

Bacterie bedreigt koraal rondom Curaçao



B. M. Janssen
Curaçao
4-12-2023
Examnummer: 118107
ED-nummer: 452777
Biologie
6v

Inhoudsopgave

1.	Inleiding.....	4
1.1	Aanleiding tot onderzoek.....	4
1.2	Onderzoeksvraag en deelvragen.....	5
1.3	Hypothese.....	5
2.	Theorie.....	6
2.1	Koraal rondom Curaçao.....	6
2.1.1	Welke koraalsoorten op Curaçao zijn geïnfecteerd door de koraalziekte SCTLD?.....	8
2.2	Wat is SCTLD en wat doet het met koraal?.....	9
2.2.1	De oorzaak van SCTLD op Curaçao.....	10
2.2.2	Symptomen koraalziekte.....	10
2.2.3	Hoe ziet SCTLD eruit?.....	12
2.2.4	Locatie SCTLD.....	12
2.2.5	Overdracht koraalziekte.....	13
2.2.6	De toekomst beschermen.....	13
2.2.7	Oceaanverzuring.....	14
2.3	Wat zijn de effecten van koraalverlies?.....	15
2.3.1	Koraalgenetica.....	15
2.3.2	Stormvloedbeveiliging.....	15
2.3.3	Bleaching.....	15
2.4	Hoe behandelt het medicijn de ziekte?.....	17
2.4.1	Amoxicilline.....	20
3.	Experiment.....	22
3.1	Plan van aanpak.....	22
3.2	Hulpmiddelen en materialen.....	22
3.3	Resultaten van het experiment.....	23
3.3.1	DUIK 1.....	23
3.3.2	DUIK 2.....	25
3.3.3	DUIK 3.....	27
3.4	Conclusie experiment.....	32
3.5	Discussie experiment.....	33
4	Samenvatting.....	34
5	Bibliografie.....	36
6	Bijlage.....	38

6.4	Enquête	38
6.5	Videodocumentatie	42
7	Dankwoord.....	42

1. Inleiding

Stony Coral Tissue Loss Disease (SCTLD) is een verwoestend ziekteverschijnsel in de Caribische riffen. De ziekte zorgt voor het ontstaan van weefselverlies bij koraal en ruïneert ons mariene ecosysteem. Ontdekt in Zuid-Florida in 2014, bereikte SCTLD de riffen van het Caribisch gebied in 2018 en Curaçao in 2023. SCTLD treft vele soorten koralen. De ziekte doodt de koralen door ervoor te zorgen dat het gezonde weefsel van het skelet van het koraal loslaat. In tegenstelling tot andere koraalziekten die in dit gebied worden aangetroffen, is SCTLD uitgestrekt en doodt koralen snel, in slechts een paar dagen of maximaal een paar weken, afhankelijk van de grootte van het koraal.

Het koraalrif is niet alleen belangrijk voor de gezondheid van het onderwaterleven, maar ook voor het leven boven water. Steenkoralen bouwen een calciumcarbonaatskelet dat dienstdoet als de basis voor al het leven in de oceaan. Het koraal gebruikt koolstofdioxide uit de oceaan voor de productie van dit skelet, waardoor rifbouwende koralen een enorme koolstofput worden die de gevolgen van de mondiale klimaatverandering helpt minimaliseren. Ook biedt het barrièrerif stormbescherming tijdens orkanen, waardoor er aan land wordt bespaard en beschermt. De koraalriffen zijn voor velen ook een thuis en kraamkamer en ook leven er de commerciële vissoorten, die voedsel en werkgelegenheid bieden voor de lokale bewoners. Toerisme aan de riffen is niet te vergeten; ze vormen een belangrijk aspect van de lokale economie door middel van duiken, snorkelen, vissen en andere watersporten. Een stervend rif betekent dat veel van deze fysieke bescherming en middelen van bestaan aanzienlijk in gevaar zouden kunnen komen of misschien al in gevaar zijn.

Na onderzoek blijkt dat SCTLD niet alleen een probleem is voor de riffen die worden bezocht en beïnvloed door directe menselijke activiteit, maar zelfs in ongerepte, afgelegen delen hiervan, zoals het grootste barrièrerif in de Atlantische Oceaan. Als de koraalriffen zonder controle worden achtergelaten, kan de verspreiding van deze ziekte destructief zijn voor rif-ecosystemen wereldwijd en verwoestend voor de mensen die deze riffen ondersteunen.

1.1 Aanleiding tot onderzoek

Naast het feit dat ik persoonlijk ontzettend van het oceaandleven hou, wilde ik graag iets onderzoeken waar nog vrij weinig bekend van is. De koraalziekte is bedreigend voor het Caribisch gebied en het verlies van koraalriffen gaat mij aan het hart. Het is belangrijk dat er veel onderzoek naar SCTLD wordt gedaan. Met kennis kunnen biologen en scheikundigen immers verder komen in de bestrijding tegen deze bedreiging. Ik zal de ziekte alleen op Curaçao onderzoeken omdat dit niet alleen mijn huidige woonplaats is, maar ook omdat de ziekte hier vrij recent is aangetroffen en we daardoor vroeg in moeten grijpen om de koralen te helpen. Als de ziekte niet vroeg genoeg verholpen wordt, kan het leiden tot een groot maatschappelijk probleem. Met dit onderzoek hoop ik te bereiken dat ik mensen kan leren over de

koraalziekte, dat ik duikscholen en onderzoekscentra verder kan helpen met hun eigen onderzoeken en dat ik meer aandacht trek voor de grote bedreigingen in de oceaan van het Caribisch gebied.

1.2 Onderzoeksvraag en deelvragen

Dit profielwerkstuk wordt uitgevoerd door antwoord te geven op de onderzoeksvraag: 'In hoeverre is het medicijn amoxicilline effectief op de ziekte SCTLD bij koraal rondom Curaçao?' Deze vraag beantwoord ik aan de hand van de volgende deelvragen:

- Koraal rondom Curaçao
- Wat is SCTLD en wat doet het met koraal?
- Wat zijn de effecten van koraalverlies?
- Hoe behandelt het medicijn de ziekte?

1.3 Hypothese

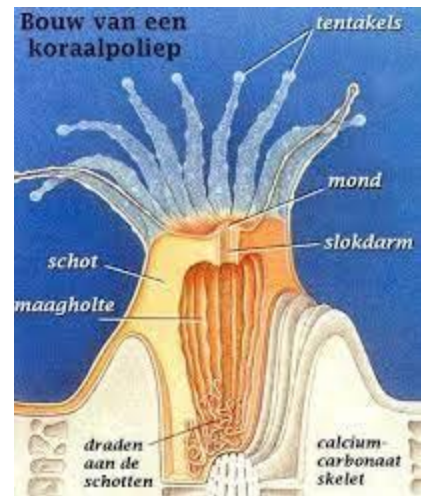
Ik verwacht als antwoord op mijn onderzoeksvraag dat het medicijn amoxicilline positief zal inwerken op de zieke koralen. Er is al eerder geconstateerd dat bij goed aanbrenge van het medicijn, deze na zo'n twee weken zijn werk kan verrichten. Ik verwacht veel zieke koralen aan te treffen in de wateren rondom Curaçao omdat ik er al veel over heb gelezen en gehoord. Ook wordt er verwacht te leren hoe de koralen te genezen om dit groot maatschappelijke probleem deels te kunnen verhelpen. Daarnaast verwacht ik dat dit onderzoek veel duikscholen, onderzoekscentra en koraalstichtingen zal bereiken zodat er op die manier meer bewustzijn over de koraalziekte op Curaçao wordt gecreëerd. Tijdens het onderzoek voorspel ik veel samenwerkingen met biologen en deskundigen die bereid zijn te helpen met het samenstellen van een betrouwbaar en interessant onderzoek over de dringende hulpnodig hebbende koraalziekte Stony Coral Tissue Loss Disease.

2. Theorie

2.1 Koraal rondom Curaçao

De koraalriffen van Curaçao, waar talloze zeedieren leven, zijn het meest opvallende natuurlijke kenmerk van het eiland onder water. Korallen zijn geen planten of stenen, zoals de meeste mensen denken, maar bestaan uit duizenden kleine diertjes aan elkaar vast, genaamd poliepen. (Perry-Garnette, 2021) Deze poliepen bevatten een mond, een maag en tentakels, te zien in figuur 1.

Figuur 1. *Bouw van een koraalpoliep. Deze foto toont de basisstructuur van poliepen op korallen.*



Er zijn twee hoofdsoorten korallen: zachte korallen en steenkorallen (ook wel 'harde' korallen genoemd). Steenkorallen zijn de korallen die primair verantwoordelijk zijn voor rif vorming door de productie en afscheiding van calciumcarbonaat, bijvoorbeeld CaCO_3 of kalksteen. Het zijn de rifbouwende korallen die grote, dichte calciumcarbonaatskelleten produceren. Zie de figuren 2 t/m 7 op pagina 8. De meeste rifbouwende korallen hebben een symbiotische relatie (interactie tussen twee levensvormen) met fotosynthetische dinoflagellaatalgen genaamd zoöxanthellae. (Portier, 2018) De relatie wordt als mutualisme beschouwd, waarbij het koraal een beschermde omgeving, koolstofdioxide (CO_2) en voedingsstoffen (stikstof en fosfor) aan de algen biedt, waarbij de algen op hun beurt zuurstof (O_2) en koolstof naar het koraal via fotosynthese leveren, goed voor 95% van de energiebehoeften van het koraaldier. Ook zorgen de algen voor de kleur van de korallen. (Perry-Garnette, 2021)

Modulaire organismen hebben doorgaans een vertakkingsstructuur en een algehele vorm die zeer variabel is en voornamelijk wordt bepaald door omgevingsinvloeden. (Allaby, 2010) Koraalkolonies worden als modulaire organismen beschouwd omdat ze bestaan uit herhaalde morfologische eenheden of poliepen. De manier waarop deze poliepen zijn gerangschikt, dicteert de verschillende groeivormen of morfologie van koraalkolonies. Waterbeweging beïnvloedt zowel de koraalgrootte als de relatieve vorm. Gebieden met een ruigere waterstroom en krachtige stroming zullen voor vlakke en rondere koraalstructuren kiezen, vergeleken met rustigere wateren met volumineuze korallen en grote takken die zich uitstrekken vanaf de hoofd koraalstructuur. Dat komt omdat grote, uitstekende korallen met een ruige waterstroom zullen afbreken en korallen in een rustigere waterstroom de ruimte hebben zich te ontwikkelen en oppervlakte te creëren. (Perry-Garnette, 2021)

Veel steenkorallen hebben symbiotische zoöxanthellen, hoewel de korallen zich ook zullen voeden met zoöplankton dat in de omringende wateren drijft. De meeste korallen voeden zich 's nachts, wanneer het zoöplankton het meest aanwezig is. Zoöplankton wordt gestoken en geïmmobiliseerd door de nematocysten in de

tentakels als ze te dichtbij zwemmen. Het zoöplankton wordt dan in de mond van het koraal getrokken waar het zal worden verteerd vanwege zijn voedingsstoffen. Gedurende de dag of wanneer het koraal zich niet voedt, trekken de poliepen zich samen in de coralliet voor bescherming tegen roofdieren.

Zachte koralen worden overal op riffen aangetroffen waar een plek is om te groeien, mede omdat deze koralen kunnen groeien op plaatsen waar steenkoralen dat niet kunnen. In tegenstelling tot harde koralen produceren zachte koralen de calciumcarbonaat skeletten in sterachtige structuren, die zorgen voor de stevige structuur waarin het zachte weefsel kan groeien. (Perry-Garnette, 2021)

Kalksediment is alles wat overblijft wanneer koralen sterven. Koraalriffen bedekken slechts 0,2 procent van het aardoppervlak, maar herbergen wel 25 procent van al het oceaandleven. Wereldwijd zijn honderden miljoenen mensen niet alleen inkomensafhankelijk van het rif, maar ook afhankelijk voor hun voedsel met als makkelijkste voorbeeld de vissen in de riffen. (Portier, 2018)

In vroegere tijden zorgde verzuring van zeewater voor een afname van steenkoralen en een explosie aan zacht koraal, een ontwikkeling die ook in de nabije toekomst valt te verwachten als gevolg van SCTL. Het verlies van koralen als gevolg van een koraalziekte heeft aanzienlijke ecologische gevolgen voor het mariene ecosysteem van de regio. Een ziekte kan grote schade toebrengen aan koralen met negatieve effecten op de gehele rif ecosystemen. De sterfte van koralen kan onder andere leiden tot de achteruitgang van belangrijke vispopulaties en daarnaast de aantrekkingskracht voor toerisme beïnvloeden. De ziekte verspreidt zich snel onder steenkoralen, waardoor het noodzakelijk is om koraal te beschermen, zowel tegen ziekten als de bedreiging van de mens. (Perry-Garnette, 2021)

2.1.1 Welke koraalsoorten op Curaçao zijn geïnfecteerd door de koraalziekte SCTLD?



Figuur 2. Brain Coral



Figuur 3. Pineapple Coral



Figuur 4. Pilar Coral



Figuur 5. Greater Star Coral



Figuur 6. Smooth Flower Coral



Figuur 7. Maze Coral

(Vermeij, 2023)

2.2 Wat is SCTLD en wat doet het met koraal?

In dit profielwerkstuk staat de ziekte Stony Coral Tissue Loss Disease centraal. Stony Coral Tissue Loss Disease (SCTLD) is een zeer besmettelijke koraalziekte die zich de afgelopen jaren snel heeft verspreid over het Caribisch gebied, zorgend voor een hoge koraalsterfte. Hoewel ziekten op koraalriffen niet ongewoon zijn, vormt SCTLD een bijzonder belangrijke bedreiging voor Caribische riffen vanwege het grote geografische bereik. Een ander groot probleem is dat SCTLD, voor het eerst gemeld in Florida in 2014, veel verschillende soorten koralen aantast. De ziekte heeft invloed op 20 soorten harde koralen in het Caribisch gebied. Het komt wel eens voor dat een koraalziekte alleen een bepaalde koraalsoort aantast zoals hersenkoralen, maar het feit dat SCTLD meerdere verschillende soorten koralen aantast, is een groot probleem. SCTLD is een zeer dodelijke ziekte omdat een klein wit besmetting plekje binnen twee weken het volledige koraal kan bedekken.

Binnen het Nederlands Caribisch gebied is SCTLD nu bevestigd op vijf van de zes eilanden, beginnend op St. Maarten in 2018, St. Eustatius in 2019, Saba in 2021 en meest recentelijk op Bonaire en Curaçao in de maanden maart en april van 2023. (Stony Coral Tissue Loss Disease in het Nederlands Caribisch gebied, 2023)

Sinds 2014 zijn uitbraken van SCTLD in 28 landen/territoria in het Caribisch gebied bevestigd: Antigua en Barbuda, Aruba, Barbados, Belize, Bonaire, British Virgin Islands, Kaaiman eilanden, Colombia, Curaçao, Dominica, Dominicaanse Republiek, Florida, Grenada, Guadeloupe, Honduras, Jamaica, Martinique, Mexico, Puerto Rico, Saba, Saint Barthélemy, Sint Maarten, Sint Eustatius, St. Kitts & Nevis, St. Lucia, St. Vincent & the Grenadines, The Bahamas, Turks and Caicos Islands, and U.S. Virgin Islands. (Coral Disease Outbreak, 2023)



Figuur 8. Kaart van SCTLD uitbraak in het Caribisch gebied (Coral Disease Outbreak, 2023)

2.2.1 De oorzaak van SCTL D op Curaçao

Omdat SCTL D een vrij nieuwe ziekte is, is er nog geen 100% bevestiging te geven over hoe de ziekte op Curaçao is gekomen. Echter is er een groot vermoeden dat de ziekteverspreiding te maken heeft met de zeestromen. In omgeving Annabaai, waar de Curaçaose haven ligt en schepen dag en nacht varen zijn tot zover de symptomen van de koraalziekte het heftigst en best waarneembaar. Daarnaast is de ziekte hier ook voor het eerst aangetroffen. Scheepvaart zou dus weldegelijk met behulp van zeestromen SCTL D kunnen verspreiden.

Jan Thiel, een plek aan het oosten van het eiland, is een gebied waar nog geen SCTL D is aangetroffen, omdat dit ook niet in de zeestroom ligt. Omgeving Pietermaai daarentegen wel. (Zie figuur 10 op pagina 12.)

Tot op heden is SCTL D alleen gezien in steenachtige koralen en veroorzaakt het aanzienlijk weefselverlies bij de aangetaste gastheer. De ziekte verspreidt zich snel en kan verwoestende gevolgen hebben voor riffen als het niet onmiddellijk wordt behandeld. Dr. Andy Bruckner, onderzoekcoördinator bij *Florida Keys National Marine Sanctuary*, verklaarde: "Stony Coral Tissue Loss Disease treft enkele van de langzaamst groeiende en langst levende koralen voor koraalrifbouw, waaronder de iconische hersenkoralen, sterkorale en pijlerkorale." (Aanpak dodelijke koraalziekte Caribisch Nederland, 2023)

2.2.2 Symptomen koraalziekte

Wanneer een koraal SCTL D oploopt, begint de ziekte met zichtbare beschadigingen die zich verspreiden vanaf de rand van het aangetaste koraal. Het koraalweefsel kan gedeeltelijk of geheel losraken, waardoor het koraal achterblijft als een kaal skelet, dat vaak binnen een week bedekt raakt met algen. Deze ziekte is vastgelegd in meer dan twintig verschillende koraalsoorten, waaronder vijf soorten die zijn vermeld onder de Endangered Species Act, dat wil zeggen dat deze bedreigde koraalsoorten zijn. Bij aanvang lijken eerst zeer gevoelige soorten geïnfecteerd te raken. De ziekte verspreidt zich razendsnel met een totale uitsterving van geïnfecteerde exemplaren binnen 1 week tot 2 maanden. Een maand nadat de ziekte is geconstateerd bij de zeer gevoelige soorten, zal de ziekte minder gevoelige soorten aantasten. Binnen deze soorten bleken kleinere kolonies in de loop van maanden af te sterven en grotere kolonies bleken jarenlang de ziekte te huisvesten zonder volledig af te sterven. (Aanpak dodelijke koraalziekte Caribisch Nederland, 2023)

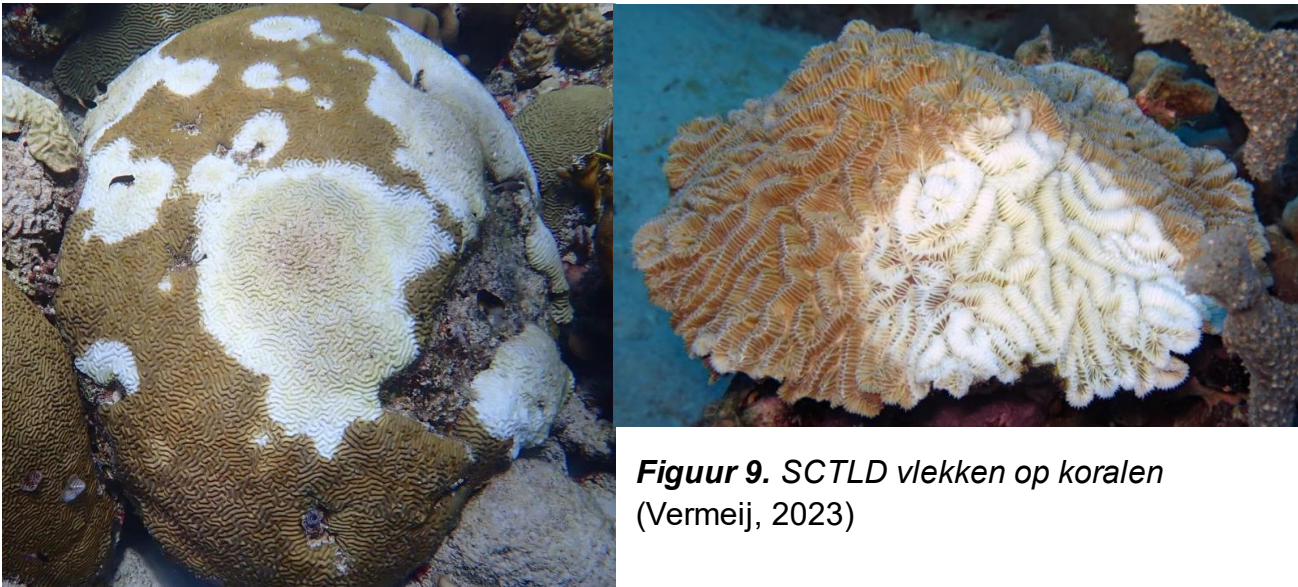
Een belangrijk kenmerk van SCTL D dat het onderscheidt van andere koraalziekten die acuut weefselverlies veroorzaken, is de meedogenloze geografische expansie. Oorspronkelijk beperkt tot het gebied rond de haven van Miami en Biscayne Bay, heeft SCTL D zich continu noord en zuid verspreid langs bijna het gehele *Florida Reef Tract*. Terwijl andere weefselverliesziekten tijdelijk beperkt zijn of seizoenscycli volgen, heeft SCTL D in de getroffen gebieden geen tekenen van afname laten zien. Op locaties in Florida waar de ziekte voor het eerst opdook in 2014-2015 blijven zelfs jaren na de eerste uitbraak nieuwe gevallen voorkomen (Muller et al., 2020). De voortdurende uitbreiding van de ziekte in tijd en ruimte zijn sleutelfactoren die SCTL D tot een van de grootste bedreigingen voor moderne Caribische riffen maken.

Andere belangrijke kenmerken van SCTLD die het onderscheiden van andere weefselverliesziekten zijn de reeks soorten die erdoor worden aangetast en de ontwikkelingspatronen van de laesies. Laesies zijn beschadigingen van weefsel in organismen. Volgens de huidige casusdefinitie (SCTLD Case Definition, 2018) omvatten de soorten die voor het eerst door SCTLD op een locatie worden getroffen het pijlerkoraal (*Dendrogyra cylindrus*), hersenkoralen (*Pseudodiploria strigosa*, *Pseudodiploria clivosa*, *Colpophyllia natans* en *Diploria labyrinthiformis*) en de doolhofkoraal (*Meandrina meandrieta*). Deze worden beschouwd als indicatorsoorten van de ziekte die een locatie aantast. (Brandt, 2021)

Morfologische kenmerken van de ziekte verschillen ook van andere koraalziekten doordat de ziekteverschijnselen zich doorgaans manifesteren als multifocale, zich uitbreidende laesies die op elk deel van het koraal kunnen voorkomen (SCTLD Case Definition, 2018). Deze laesies breiden zich zo snel uit dat er soms kleine stukjes weefsel aan de laesieranden hangen. Laesies door andere koraalziekte kunnen daarentegen multifocaal en samenvloeiend zijn, maar ontstaan aan de basis of rand van een koraal (Sutherland et al., 2004). De uitbreiding van deze laesies zijn ook minder snel dan laesies geassocieerd met SCTLD, die zich meerdere malen sneller uitbreiden. (Brandt, 2021)

Wetenschappers leren meer over de oorzaken van koraalziekte, vooral in termen van het identificeren van de betrokken pathogenen. Biotische koraalziekten worden veroorzaakt door een groot aantal micro- en macro-organismen, waaronder pathogene bacteriën, door cyanobacteriën gedomineerde microbiële consortia, ciliaten en parasieten. Tot op heden worden de meest besmettelijke koraalziekten veroorzaakt door bacteriën. (Oorzaken van Coral Disease, 2023)

2.2.3 Hoe ziet SCTL D eruit?



Figuur 9. SCTL D vlekken op koralen (Vermeij, 2023)

2.2.4 Locatie SCTL D

Uit onderzoek en het afleggen van een enquête blijkt dat Stony Coral Tissue Loss Disease erg bekend is bij duikscholen op Curaçao. (Zie bijlage enquête, vraag 3, pagina 31.)



Figuur 10. De kaart van Curaçao

Deze duikscholen vertellen dan ook in de enquête dat vooral op de centrale duikstekken rondom de stad en dus in het stroomgebied van Willemstad de ziekte heftig te zien is.

Ook wordt het gebied rondom de Annabaai vaak genoemd, omgeving Pietermaai dus. Duikstekken in deze regio heten

bijvoorbeeld Doublereef en Superior en worden hoogstwaarschijnlijk zo erg aangetast door de scheepsvaart, aangezien de haven in deze plek in de stad ligt. Deze regio bevindt zich in de linker cirkel. (Zie figuur 10) Rondom de rechter cirkel wordt ook veel SCTL D waargenomen. (Zie figuur 10) Riffen in deze omgeving heten Tugboat en Directors Bay. (Zie bijlage enquête, vraag 5 en 6 op pagina 31 en 32.)

2.2.5 Overdracht koraalziekte

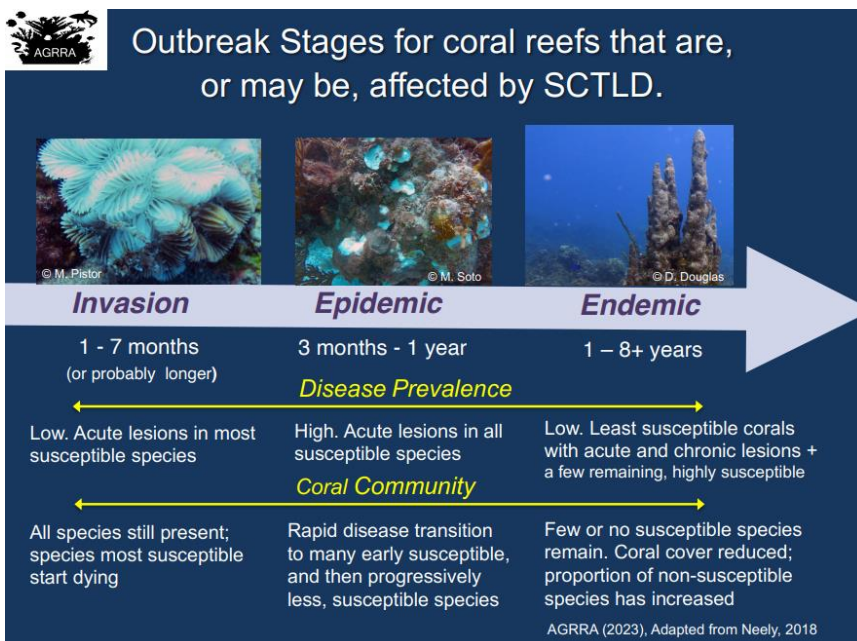
Er wordt nu aangenomen dat de koraalziekte SCTLD wordt overgedragen via direct contact en watercirculatie. Ook kan het worden overgedragen door bijvoorbeeld vissen die het koraal aanraken en naar het volgende koraal gaan of door duikers. Om de verspreiding van de ziekte te minimaliseren, raden de autoriteiten duikers aan om uiterst voorzichtig te zijn rond geïnfecteerde koralen.

Daarnaast worden duikers aangespoord om hun uitrusting tussen duiklocaties volledig te ontsmetten om verspreiding van de ziekte te voorkomen. Bij het vermoeden van geïnfecteerde koralen wordt eenieder verzocht dit onmiddellijk te melden bij de competente autoriteiten zodat die gelijk kunnen ingrijpen. (Perry-Garnette, 2021)

2.2.6 De toekomst beschermen

De steeds verslechterende milieumomstandigheden veroorzaken verhoogde druk op koralen, waardoor deze koraalsoorten in de toekomst vatbaarder blijven voor ziekten. De ziekte SCTLD is met name zorgwekkend omdat het een langdurige ziekte is die een groot gebied bestrijkt en zeer besmettelijk lijkt te zijn voor een groot aantal

langzaam groeiende koraalrif bouwende soorten.



Zoals in figuur 11 te zien is SCTLD momenteel al uitgegroeid tot een epidemie en valt het alleen maar te hopen dat het wordt geholpen om niet ook nog eens door te groeien tot een endemische ziekte. Bovendien is gebleken dat de ziekte leidt tot totale afsterving van de kolonie. (Aanpak dodelijke koraalziekte Caribisch Nederland, 2023)

Figuur 11. Uitbraak stadia (Agrra)

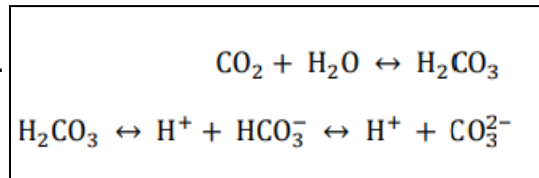
Uit de enquête volgt dat veel duikers op Curaçao bezig zijn met de ziekte onderwater en dan ook erg bang zijn voor de gevolgen in de toekomst. (Zie enquête in bijlage, vraag 10 en 11, pagina 32 en 33.)

Het uitbreken van deze koraalziekte kan niet alleen aanzienlijk ecologische, maar ook economische en sociale gevolgen hebben binnen het Nederlands Caribisch gebied. Denk bijvoorbeeld aan de negatieve impact op de visserij of de dalende populariteit in de toeristische sector. De koraalriffen worden niet alleen door ziektes bedreigd, maar hebben nog vele andere bedreigingen. (Perry-Garnette, 2021)

2.2.7 Oceaanverzuring

Koralen over de hele wereld worden voortdurend bedreigd door klimaatverandering en mens gerelateerde activiteiten zoals vervuiling en overbevissing. Het effect van deze stressoren op koralen omvat verminderde levensvatbaarheid, lagere reproductie en een toename van ziekten. De verzuring van de oceanen wordt een steeds grotere bedreiging voor koralen. Verzuring van de oceaan beïnvloedt koralen die nieuwe skeletten vormen. Sinds het begin van de industriële revolutie is de pH van het oceaanwater met 0,1 gedaald.

Wanneer CO₂ wordt opgelost en reageert met water, wordt koolzuur gevormd. Koolzuur wordt afgebroken tot bicarbonaat, wat weer af wordt gebroken tot carbonaat. De koralen kunnen carbonaat gebruiken om calciumcarbonaatskeletten te vormen. (Mees, 2021)



Figuur 12. De reactievergelijking van oceaanverzuring (Mees, 2021)

Naarmate er meer CO₂ in de oceaan wordt opgelost, ontstaat er ook meer waterstof. Er ontstaan ionen die de pH van het water verlagen in een verhouding van 1:2 CO₂ tot H⁺ ionen. De toename van waterstofionen voorkomt het afbreken van bicarbonaten waardoor de koralen dit niet kunnen gebruiken om hun skeletten te bouwen. Met industrieën waarbij een grote hoeveelheid koolstofdioxide is geproduceerd, is een groot deel van de ontstane CO₂ opgenomen in het oceaanwater. Naarmate er meer CO₂ in de oceaan wordt opgenomen, wordt er meer bicarbonaat gevormd. Bicarbonaat verhongert de koralen van carbonaat wat de koralen zwak maakt en de dood veroorzaakt. (Perry-Garnette, 2021)

Andere bedreigingen voor de koraalriffen zijn bijvoorbeeld overbevissing en vismateriaal. Niet alleen de vissen, maar ook de koralen worden hiermee bedreigd, want verloren vistuig veroorzaakt de overgroei van algen en vernietiging van kolonies, wat de dood van vele koralen veroorzaakt.

Daarnaast is vervuiling een gigantisch probleem. De kunststoffen van het plastic afval kunnen de koralen irriteren, omdat ze het zonlicht kunnen blokkeren of gewikkeld zijn rond een koraalkolonie waardoor het koraal verhongert van gebrek aan voedingsstoffen of nieuwe waterstroom. Chemicaliën lekken in het water waardoor koralen deze in de weefsels op kunnen nemen. Chemische vervuiling zoals afvalwater kan de koralen ook beschadigen.

Naast de niet te vergeten invasieve, gevaarlijke soorten zoals de lionfish en de doornenkroonzeester komen we aan bij de laatste en belangrijkste bedreiging voor onze koraalriffen, verschillende soorten koraalziekten. Of specifiek, SCTLD. (Perry-Garnette, 2021)

2.3 Wat zijn de effecten van koraalverlies?

2.3.1 Koraalgenetica

De gezondheid van de koraalriffen kan ons veel informatie geven over hoe de ecosystemen van de planeet overleven in de moderne tijd. Het verliezen van koraal betekent een grotere mogelijkheid om een hele soort of kolonie van steenkoralen te verliezen. Elke koraalkolonie vertegenwoordigt een individu met zijn eigen genetische verschillen. Met SCTLD zullen grote aantallen individuele kolonies wegvagen. Dit zal onvermijdelijk leiden tot een lagere diversiteit waardoor een grotere vatbaarheid voor ziekten ontstaat. Het is aangetoond dat de lage diversiteit binnen koralen de algehele gezondheid van het rif ecosysteem vermindert.

Weefseloverlevingspercentages en het vermogen om deze snelheid te onderdrukken, blijken sterk beïnvloed te worden door het totaal aantal soorten koraal in een gebied. Koralen die als monoculturen groeien, lijken minder te groeien en hebben moeite om te overleven in vergelijking met de diverse koraalsoorten die in hetzelfde soort ecosysteem groeien.

De overlevende steenkoralen in een getroffen gebied moeten misschien wel concurreren met andere organismen om middelen om hun koloniën weer op te kunnen bouwen. Deze concurrentie kan toegang tot zonlicht, een goede waterstroom of gewoon bewoonbare ruimte zijn. De vermindering van de koraaldichtheid verkleint de kans op succesvolle seksuele reproductie, wat zal leiden tot een vermindering van de genetische diversiteit binnen koraalsoorten en een hogere gevoeligheid voor ziekteverwekkende organismen. (Perry-Garnette, 2021)

2.3.2 Stormvloedbeveiliging

Het verlies van de koraalriffen als barrière heeft niet alleen gevolgen voor het ecosysteem, maar ook voor de mens levend op de eilanden nabij de riffen. Met orkanen die de meeste eilanden verwoesten in het Caribisch gebied komen stormvloeden veel voor en kunnen verwoestende gevolgen hebben. De globale opwarming zal ook het aantal en de energie van orkanen doen toenemen. Wat veel mensen waarschijnlijk niet zullen weten, is dat koraalriffen helpen om de hoeveelheid kinetische energie die golven hebben voordat ze de kust bereiken te verminderen. Het verlies van de barrièreriffen zal meer schade aanrichten aan de bewoners langs de kust, de stranden en laaggelegen gebieden tijdens een sterke orkaan. (Perry-Garnette, 2021)

2.3.3 Bleaching

De koraalriffen van Curaçao hebben momenteel veel last van *bleaching*, of in de Nederlandse taal, verbleking genoemd. Door de verhoogde temperatuur in de oceaan, mede door de opwarming van de aarde maar momenteel vooral door de zomerhitte, vertrekken de algen die met het koraal samenwerken omdat die algen

niet tegen een snelle stijging van de watertemperatuur kunnen. Ze verdwijnen dus van het koraal omdat het te warm is. De koralen worden dan wit/doorzichtig omdat de algen de koralen ook van kleur voorzien. De kleur keert normaal gesproken terug als de temperatuur van het water weer daalt, maar wanneer dat te lang op zich laat wachten, sterft het koraal. (Bleaching Biology, 2023)

Zonder de zoöxanthellen om hun metabolische processen te ondersteunen, beginnen koralen te verhongeren. Als de watertemperatuur snel genoeg weer normaal wordt, kunnen koralen een verbleking overleven. Waar het bleken niet te ernstig is, kunnen de zoöxanthellen zich opnieuw bevolken vanuit de kleine aantallen die in het weefsel van het koraal achterblijven, waardoor het koraal over een periode van weken tot maanden zijn normale kleur terugkrijgt. Sommige koralen kunnen, zoals veel vertakkende koralen, niet langer dan 10 dagen overleven zonder zoöxanthellen. (Bleaching Biology, 2023)

Het verschil tussen bleaching en SCTLN is dat bij bleaching, wanneer de algen verdwijnen, de poliepen in leven blijven. Als de temperatuur in de oceaan weer daalt, zullen de algen terugkeren, waarna de symbiose kan hervatten en de poliep dus in leven blijft. Zodra een koraal besmet is met SCTLN zal het weefsel van de koraal loslaten en zal de poliep sterven. Omdat zowel bleaching zorgt voor grote stukken spierwit koraalrif en SCTLN ook zorgt voor witte plekken op de koralen, kan het soms vrij ingewikkeld zijn om bleaching en SCTLN-symptomen te onderscheiden.

De organismen in de koraal ecosystemen zijn sterk afhankelijk van de koralen voor hun voedsel, onderdak en als locaties voor kinderdagverblijven. Verlies van koraalriffen zal dus ook deze organismen in gevaar brengen. (Perry-Garnette, 2021)

2.4 Hoe behandelt het medicijn de ziekte?

Om de ernstige koraalziekte te bestrijden, heeft de Curaçaose overheid aan alle duikscholen en koraalstichtingen antibiotica gegeven. Al tien duikscholen op Curaçao hebben een training gekregen hoe ze antibiotica moeten aanbrengen op het aangetaste koraal, dat meldt het ministerie van GMN (Gezondheid Milieu Natuur) (Redactie, 2023). Er wordt antibiotica gebruikt voor deze koraalziekte omdat de koralen in dit geval besmet zijn door een bacterie. Antibiotica is namelijk een medicijn tegen bacteriën en werkt niet tegen virussen. Het medicijn bestaat uit amoxicilline. Dit is een poeder en zal vanzelfsprekend oplossen in water. Daarom wordt er een pasta aan de poeder toegevoegd. Dit is plakkerige oliepastava van het merk Ocean Alchemists.

Deze koraalzalf, CoralCure Zalf Base2B genoemd, wordt gemengd met amoxicilline om SCTLD aan de zieke koraalrand te behandelen met een succespercentage van ~85%. Deze resultaten kunnen variëren afhankelijk van de specifieke activiteit van de ziekte in elke regio, aangezien deze informatie over de ziekte momenteel onbekend is. CoralCure ointment is speciaal gemaakt voor in de zee en is onschadelijk voor het ecosysteem. De verhouding tussen Amoxicilline en de CoralCure Zalf Base2B is 1 : 8.

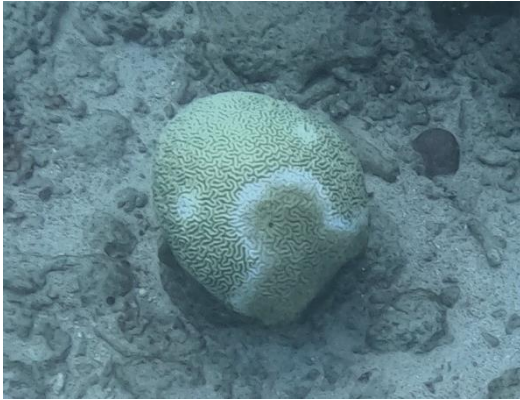
Amoxicilline moet afzonderlijk worden aangeschaft en het is dan de bedoeling dat de amoxicilline heel goed door het ziektebestrijding team in de zalf wordt gemengd. De zalf is ontworpen om zich aan de koraalziektedge te hechten en de amoxicilline in het koraal af te geven met een vaste dosering gedurende ongeveer drie dagen, wat de meest effectieve afgiftesnelheid voor amoxicilline is gebleken. (Alchemists, 2023)



Als het mengsel van poeder en pasta klaar is, gaat deze in een katheter spuit, bijvoorbeeld van het merk Caretouch. Op deze manier kun je onderwater makkelijk de pasta uit de spuit spuiten en zal de structuur als een soort sliert in je handen 'drijven', totdat je deze aanbrengt op het koraal. Het is de bedoeling dat de pasta wordt aangebracht op de randen van de zieke plek op het koraal, zodat deze zich niet uit kan breiden. Het mengsel zal dan zo'n twee weken op de juiste plek op het koraal blijven zitten, zonder los te laten, waardoor het koraal wordt geholpen.

Figuur 13. Katheter spuiten
(Janssen)

Als het koraal al voor een derde of tot de helft is aangetast, zoals op figuur 14 hieronder, is medicijn aanbrengen vrijwel nutteloos, omdat het koraal dan al langzaam aan het sterven is. Daarom moet je de koralen kiezen waarbij de ziekte nog effect kan hebben. (Alchemists, 2023)



Figuur 14. Een koraal met een grote SCTL-plek. (Janssen)

Bij koraalsoorten, die het kwetsbaarst zijn voor de ziekte, sterven de besmette kolonies doorgaans binnen enkele weken of maanden af. Het toepassen van antibiotica is tot nu toe de enige effectieve behandeling. Daarmee neemt de overlevingskans van behandelde koralen tot 85 procent toe. (Alchemists, 2023)

Deskundige Katie Leeper vertelt in haar berichten naar mij via mail hoe zij met haar team twee duiken per week maakt op dezelfde plek, waarbij ze acht spuitjes medicijn per week verbruikt. Dit is in verhouding ontzettend veel. Frequentie is dus erg belangrijk tijdens het behandelen van koralen.

Ongeveer twee maanden geleden was Katie Leeper met haar crew veel meer gefocust op het behandelen van elk koraal dat ze tegenkwamen tijdens het duiken. Nu de ziekte zich heeft verspreid en in een epidemie is veranderd, is de aanpak nu verschoven naar het geven van prioriteit aan het prioriteren van kolonies die nog maar net zijn geïnfecteerd, en zo het maximaliseren van het aantal kolonies dat tijdens een duik kan worden behandeld.

Instructies voor zalfverzorging	Amoxicilline-instructies	Zalftoepassingsinformatie
Bewaar potten CoralCure Zalf Base2B in de koelkast	Amoxicilline moet apart worden gekocht en op dezelfde dag als de applicatie in de zalfbasis worden gemengd. Zodra amoxicilline aan de zalfbasis wordt toegevoegd, begint de afbraak ervan met een snelheid van ongeveer 2% per dag.	Na succesvolle verwerking van amoxicilline in CoralCure Zalf Base2B, breng de zalf aan 50cc katheter spuiten met een lepel of ander voorwerp voor toepassing op koralen.
Elke pot bevat 400 g of 2 kg koraalzalf-placebo basis	Amoxicilline maakt deel uit van de bèta-lactamklasse* van antibiotica, dit zijn krachtige allergenen: Sta niet toe dat iemand in uw team met dit product werkt als hij of zij allergisch is voor de bèta-lactamklasse van antibiotica!	Voor dickere toepassingen knipt u de punt van de spuiten af om de openingsdiameter te vergroten.
De houdbaarheid van het product is minimaal 2-3 maanden, maar kan worden gebruikt zolang het product buigzaam is. Als het oplosmiddel in de zalf verdampt, kunnen de polymeren in de zalf vulkaniseren en begint het product uit te harden. Als de zalf hard of korstig is, niet gebruiken.	Voeg Amoxicilline Trihydraat uit de goedgekeurde bron toe aan de zalfbasis in een verhouding van 1:8 Amoxicilline: Zalf; dit komt overeen met 50 g amoxicilline per pot van 400 g of 250 g amoxicilline per pot van 2 kg placebo Base2B-zalf. Meng goed gedurende minimaal 5 minuten.	Zalf is ontworpen om alleen aan het skelet van het koraal te hechten, niet aan het levende weefsel. Breng zalf alleen aan langs de laesielijnen van de ziekte. Al het weefsel onder de zalftoepassing gaat verloren. Breng geen zalf aan op gezond koraalweefsel.
Koraalzalf niet invriezen of verwarmen, omdat dit de fysieke eigenschappen van de zalf kan veranderen		Indien nodig levert het verwijderen van eventuele niet-koraalgroei uit het skeletweefsel door gebruik van een schrobborstel vaak betere hechtingsresultaten op.
Wanneer u het product meeneemt op een boot, plaats de zalf dan in een koeler met wat ijs voor optimaal transport		(Alchemists, 2023)

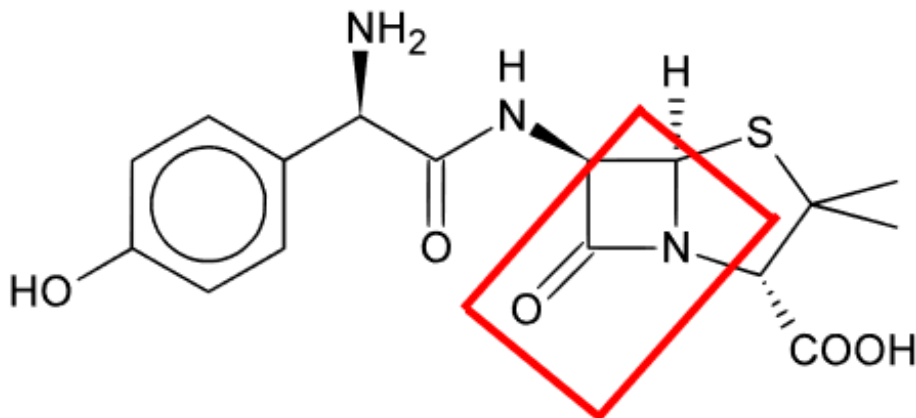
In dit schema is informatie over de verzorging, instructie en toepassing van het medicijn te lezen. Zowel de zalf als de amoxicilline worden duidelijk beschreven en ook wordt er goed verteld hoe het medicijn toegepast moet worden op de koralen.

2.4.1 Amoxicilline

De β -lactams¹ zijn wereldwijd de meest gebruikte antibacteriële middelen. Deze antibiotica zijn covalente remmers die zich richten op bacteriële eiwitten. (Lohans, 2021) Covalente remmers zijn in het algemeen verbindingen die door hun ontwerp bedoeld zijn om een covalente binding te vormen met een specifiek moleculair doelwit, het doelwit is in dit geval het bacteriële eiwit. De covalente remmer verbindt zich met het bacteriële eiwit waardoor dit eiwit een bepaalde reactie niet meer kan katalyseren. De covalente binding kan omkeerbaar of onomkeerbaar zijn, afhankelijk van de gekozen kernkop. (Domling, 2020)

De bèta-lactamantibiotica doden bacteriën door de productie van celwandcomponenten te remmen/stoppen. Deze antibacteriële middelen danken hun naam aan de chemische structuur bètalactam. In het bètalactammolecuul is een heterocyclische² ringstructuur aanwezig met drie koolstofatomen en één stikstofatoom. Bovendien bevat een van de koolstofatomen naast het stikstofatoom een dubbel gebonden zuurstofatoom. Eigenlijk bestaat een lactam uit twee aminozuren, cysteïne en valine, die een peptidebinding³ met elkaar gevormd hebben. De toevoeging β betekent dat de aminogroep niet op het eerste, maar op het tweede koolstofatoom naast de zuurgroep zit. (Pinkhof-Hilfman, 1923)

Omgeven in de rode rechthoek is een bèta-lactam te zien. Deze wordt gemaakt uit twee aminozuren.



Figuur 15. Een bèta-lactam

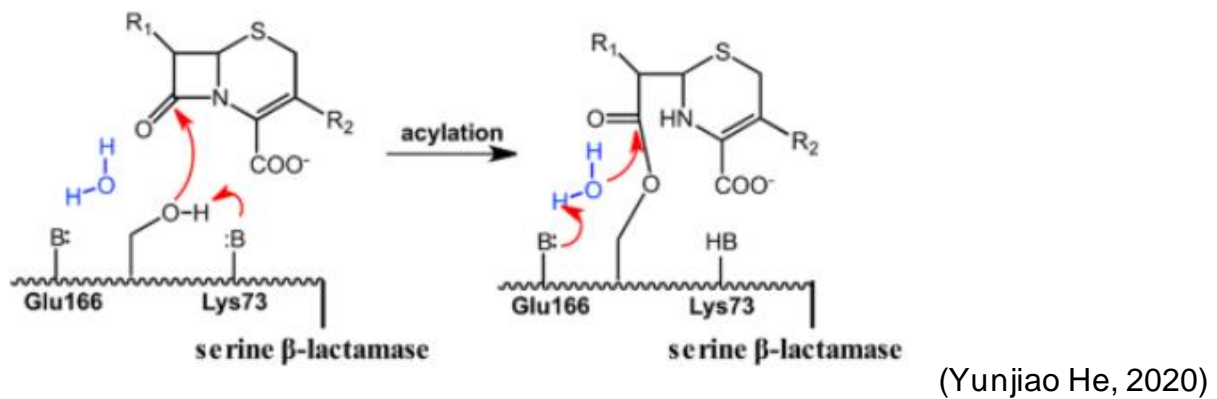
(Fvasconcellos, 2007)

¹ Bètalactamantibiotica behoren tot een groep geneesmiddelen die bacteriën doodt door de productie van celwandcomponenten te remmen/stoppen. Deze geneesmiddelen danken hun naam aan de chemische structuur bètalactam.

² Heterocyclisch: een cyclische chemische verbinding waarin twee of meer verschillende elementen voorkomen.

³ Peptidebinding: een covalente chemische binding tussen een carboxygroep (-COOH) en een aminogroep (-NH₂). Hierdoor kunnen twee of meer aminozuren zich verbinden tot een peptide (keten van aminozuren). De binding ontstaat tussen de carboxygroep (-COOH) van één aminozuur en de aminogroep (-NH₂) van een volgend aminozuur. Alle aminozuren van een proteïne (eiwit) zijn bijvoorbeeld met peptidebindingen aan elkaar gekoppeld.

In het onderstaand figuur is het mechanisme van een omkeerbare covalente remmer te zien. Dit is een variant van een bèta-lactamantibiotica. Er is te zien dat een alcoholgroep of hydroxylgroep in het actieve centrum een covalente binding met de kernkop van de bèta-lactam. In sommige gevallen is deze covalente binding onomkeerbaar waardoor het bacteriële eiwit voor altijd haar werking verliest.



Figuur 16. Het mechanisme van een omkeerbare covalente remmer

3. Experiment

3.1 Plan van aanpak

Voor dit profielwerkstuk wordt onderwater de effectiviteit van medicijn amoxicilline op de zieke koralen onderzocht. Om dit te doen wordt zelf het medicijn gemaakt en voorbereid om vervolgens op de zieke koralen aan te brengen. Het plan is om dit op twee verschillende locaties te doen: Jan Thiel Baai en Pietermaai. Het is de bedoeling het medicijn op geneesbare koralen aan te brengen en sommige zieke koralen met rust laat om vervolgens te kunnen vergelijken of de amoxicilline echt effectief is om de ziekte te verhelpen.

Eerst zullen er een aantal zieke maar geneesbare koralen uitgekozen en gefotografeerd worden. Vervolgens wordt onderwater het medicijn aangebracht op de randen van de koralen zoals eerder uitgelegd. Na een tijd wordt er teruggekeerd, waargenomen en constatering gemaakt over wat er te zien is om te kunnen vergelijken wat er gebeurt als een ziek koraal het medicijn aangebracht gekregen heeft en wat er gebeurt als je de ziekte uit laat groeien zonder de koralen te verhelpen.

3.2 Hulpmiddelen en materialen

- Duikuitrusting
- Buddy
- Medicijn
 - o Amoxicilline
 - o Oilbase
 - o Een bak
 - o Katheter spuiten
 - o Vork of lepel
 - o Vijzel
 - o Schaar
- GoPro

Zie paragraaf 2.4 voor bereiding van het medicijn.

Alle gemaakte duiken hebben rond de 60 minuten geduurd. De lengte van de duik hangt voornamelijk af aan de golfstroom en hoe ontspannen de duiker is. Als je namelijk harder moet zwemmen of niet rustig genoeg ademt loopt de zuurstoftank sneller leeg en zul je eerder naar boven moeten. Het is tijdens dit onderzoek dus ook van belang dat je rustig blijft en zuinig omgaat met de zuurstof, zodat het duikplan volledig af kan worden gerond.

Er is twee keer gedoken in Pietermaai en één keer in Jan Thiel Baai. Bij alle duiken zijn we tussen de 6 en 10 meter diep gebleven met als hoofdreden dat op deze hoogte het koraalrif aanwezig is.

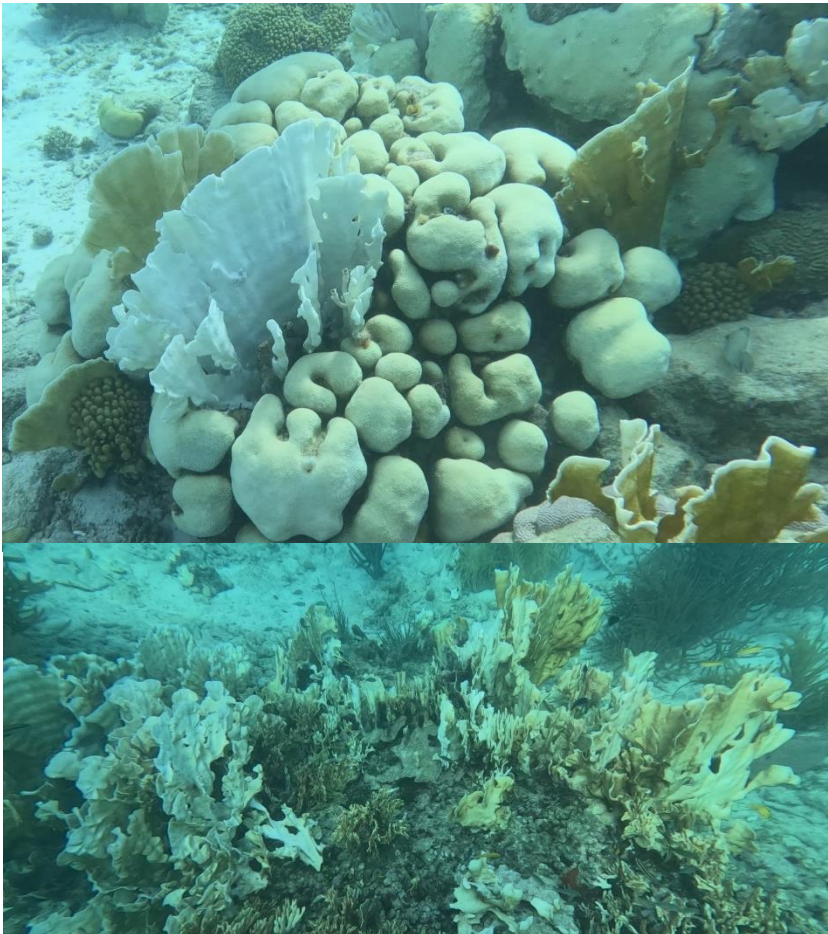
3.3 Resultaten van het experiment

3.3.1 DUIK 1.

Op 6 november 2023 heb ik samen met mijn buddy Max van 15:30 uur tot 16:30 uur gedoken op 8 meter diepte. We hebben gedoken bij Jan Thiel Baai om te onderzoeken of hier überhaupt SCTLD aanwezig was, als een soort introductie- of verkenningsduik.

We hebben een deel van de duikuitrusting kunnen lenen van duikschool Dive Centre Scuba Do Diving Curaçao en zijn het water in gegaan om te ontdekken dat er in deze baai geen SCTLD aanwezig was. Dit was zowel goed als slecht nieuws. Slecht omdat ik op deze locatie de ziekte dan niet kan onderzoeken, maar goed omdat ik op deze manier de baai kan gebruiken als referentie, om te kunnen checken of de ziekte in de komende weken wordt aangetroffen in Jan Thiel Baai of niet en hoe dat zich dan verspreidt.

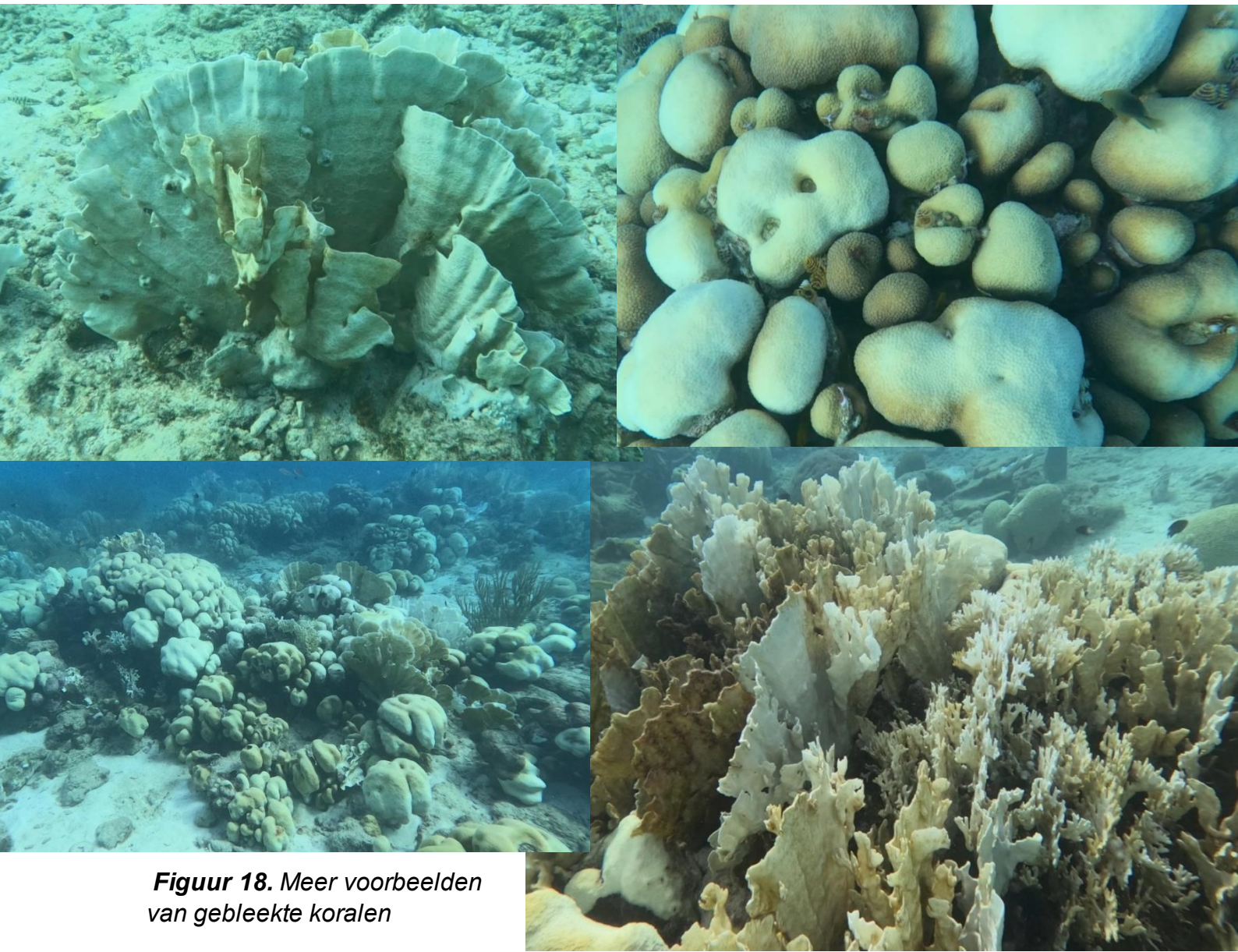
Naast het feit dat ik op 6 november 2023 geen Stony Coral Tissue Loss Disease heb aangetroffen in Jan Thiel Baai, heb ik veel bleaching gezien (zie pagina 16). Hoewel dit fenomeen niet onderzocht wordt in dit onderzoek is het belangrijk te vermelden dat bleaching van koraal het lastiger maakt om symptomen van SCTLD te vinden, omdat bleaching en SCTLD-symptomen veel op elkaar lijken.



Het is hartverscheurend om al deze bleaching te zien, omdat grote delen van het koraalrif haar volledige kleuren verliezen. Hierbij foto's van de situatie van de koraalriffen in de wateren rondom Curaçao, deze foto's specifiek in de Jan Thiel Baai.

Figuur 17. Voorbeelden van gebleekte koralen

(Janssen)

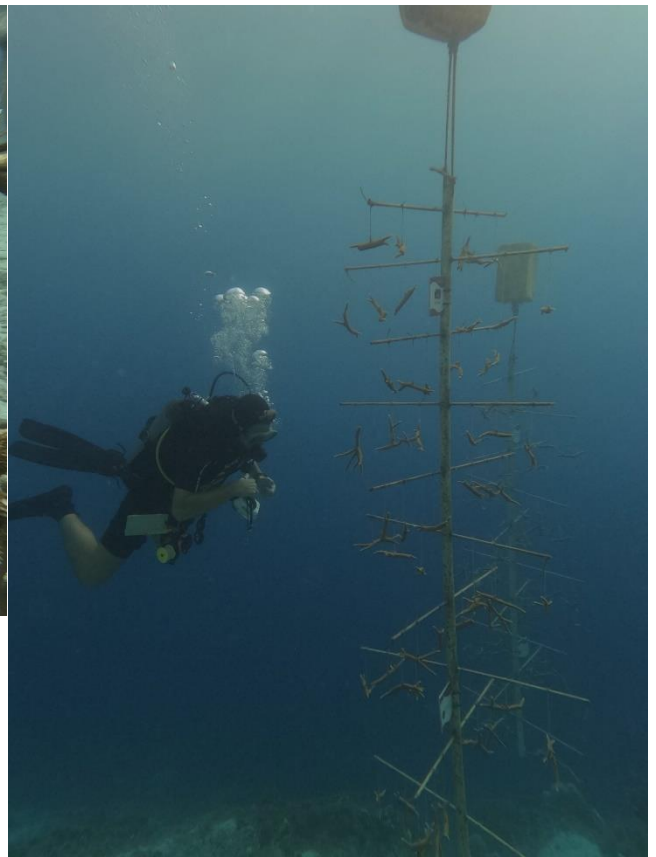


Figuur 18. Meer voorbeelden van gebleekte koralen

*Alle foto's onder 'Resultaten' heb ik zelf gemaakt

(Janssen)

Ook zijn we tijdens deze duik langs de aanwezige *Coral Nursery* geweest om deze te checken en sommige koralen weer op de goede plek te zetten.



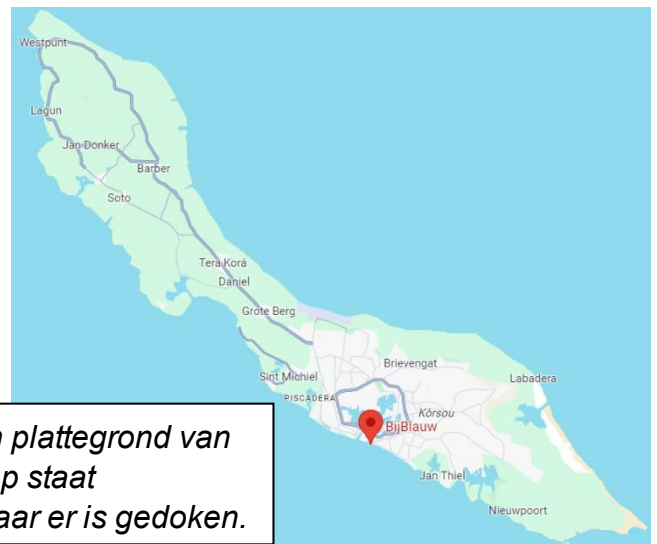
Figuur 19. Coral Nurseries

Concluderend was er op 6 november 2023 rond 16:00 uur op 8 meter diepte dus geen SCTLD in de Jan Thiel Baai.

(Janssen)

3.3.2 DUIK 2.

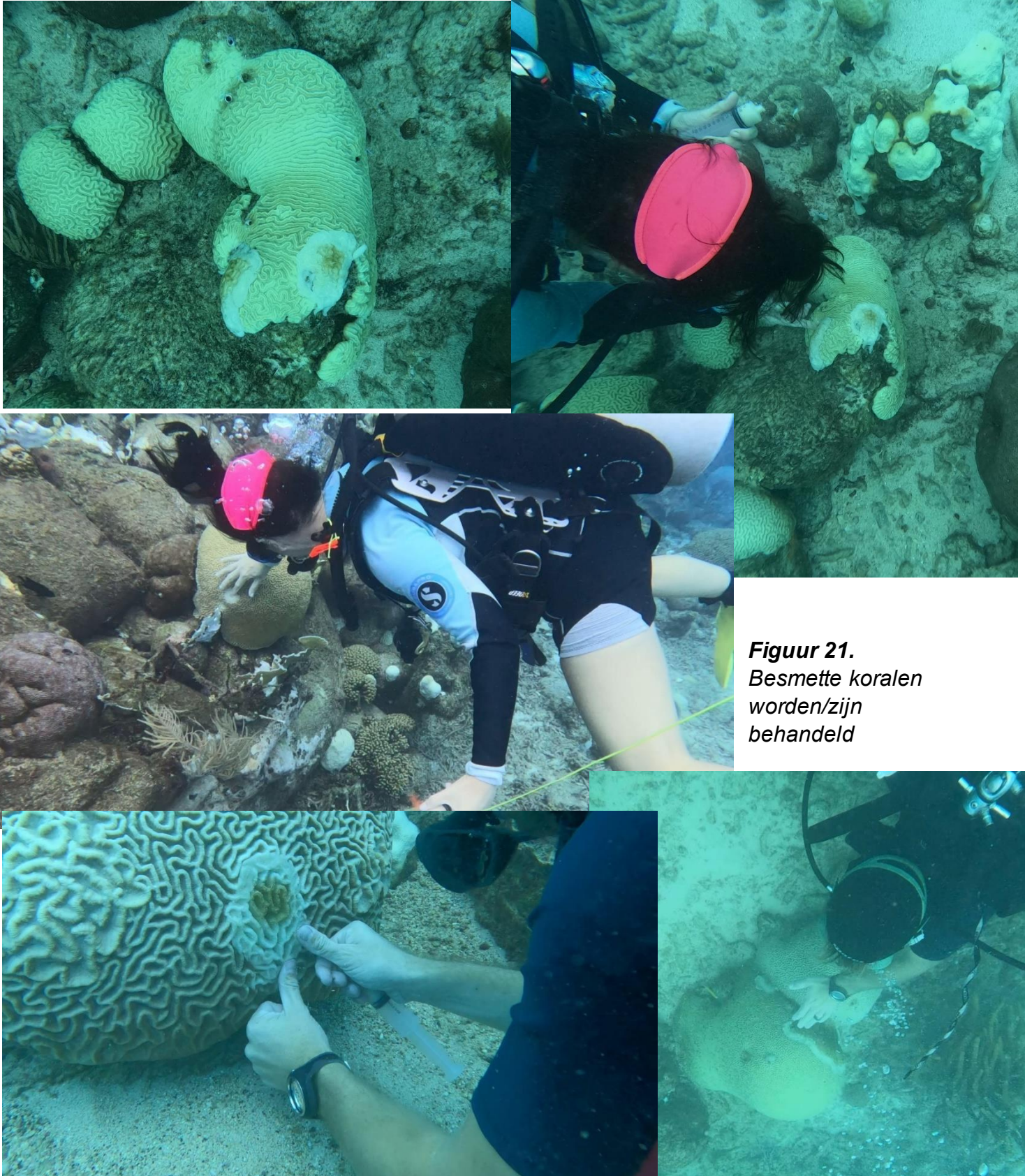
Op 11 november 2023 heb ik met buddy's Max en Daniëlle van 11.00 uur tot 11.45 uur op 8 meter diep gedoken bij Pietermaai. In medewerking met Dive Centre Pietermaai heb ik deze duik gemaakt. De locatie van de duik is aangegeven in figuur 20 hiernaast, aan de zuidkant van het eiland. Voordat ik het water in ging heb ik de samenstelling van het medicijn gemaakt en twee spuiten voorbereid voor de zieke koralen onderwater.



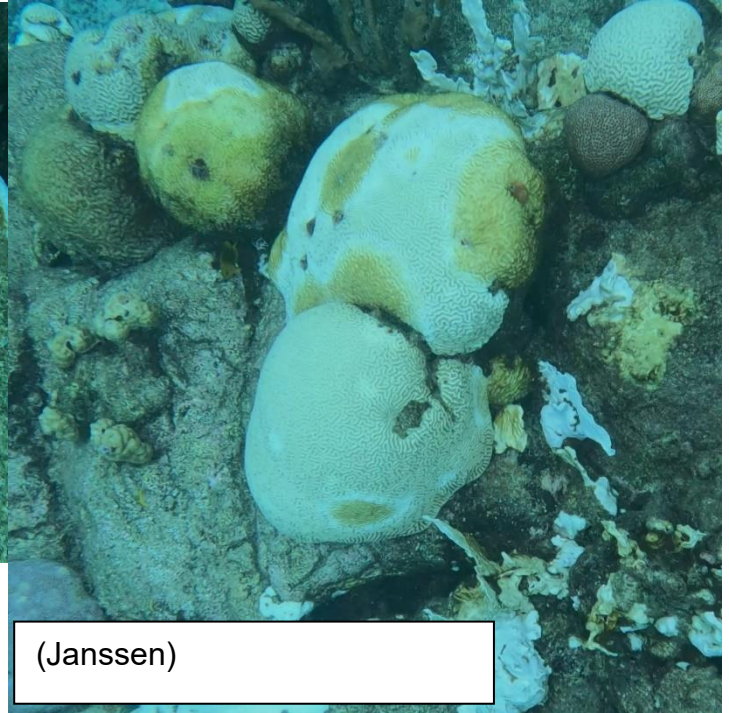
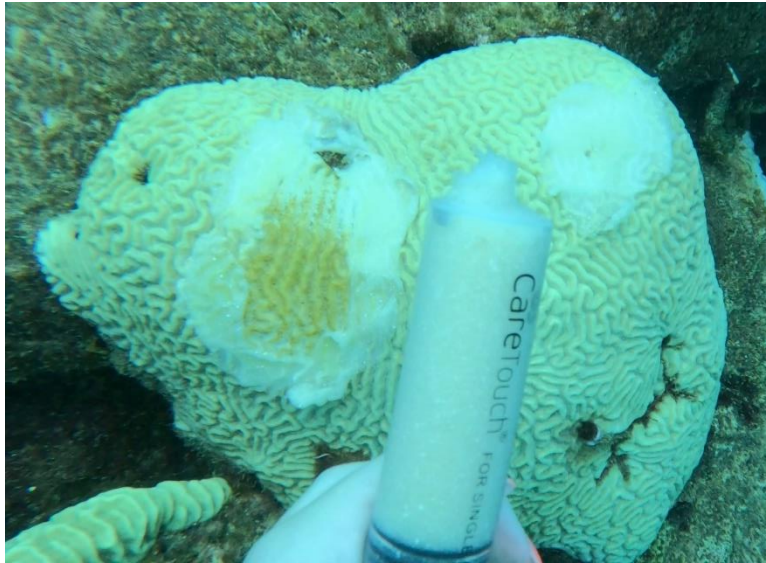
Figuur 20. Een plattegrond van Curaçao waarop staat aangegeven waar er is gedoken.

Tijdens deze duik heb ik ontzettend veel zieke koralen waargenomen. Helaas waren er al vele koralen die niet meer geholpen konden worden, dus heb ik samen met mijn buddy's gezocht naar koralen die nog wel genezen konden worden. Op deze koralen hebben wij het medicijn aangebracht. We hebben koralen uitgekozen op hoogte van

restaurant BijBlauw, in de buurt van de Coral Nursery die wij overigens ook deels hebben opgezet tijdens deze duik. Ik heb beelden gemaakt van de vijf koralen waar medicijn is op aangebracht en over een aantal weken zal ik terugkeren om te constateren wat er is gebeurd met deze koralen!



Figuur 21.
Besmette koralen
worden/zijn
behandeld



Figuur 22. Een duidelijke close-up van een zojuist behandeld koraal

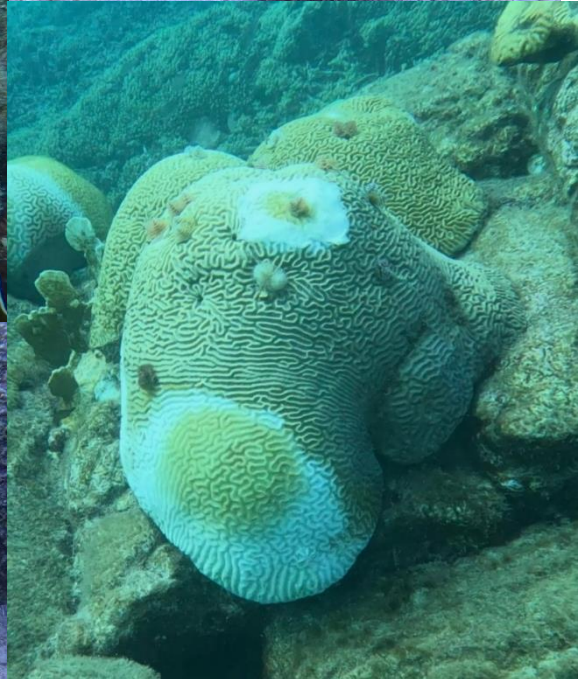
3.3.3 DUIK 3.

Op 12 december 2023 ben ik teruggekeerd naar Pietermaai. Van 15:00 uur tot 16:00 uur heb ik samen met mijn buddy Daniëlle gedoken. Ik was van plan de vijf koralen terug te zoeken om te controleren hoe deze zijn veranderd of hetzelfde zijn gebleven. Toen ik onderwater aan kwam trof ik aan dat het volledige rif onder de ziekte zit. Overal waar ik keek zag ik vlekken op koralen. Het rif zag er vreselijk uit. Ik ben teruggekeerd naar de plek waar ik de koralen afgelopen keer heb behandeld met medicijn amoxicilline en omdat het rif in een tijd van vier weken zo ontzettend is geëxplodeerd met betrekking tot de koraalziekte heb ik de behandelde koralen niet terug kunnen vinden, behalve één... (Zie pagina 31)

Naast dat ik naar mijn koralen heb gezocht, heb ik ook gezocht naar koralen waar nog maar kleine plekjes SCTLN op zaten. Ook al waren dat er helaas nog maar een paar, heb ik deze behandeld. Ik had namelijk boven water weer een nieuwe spuit medicijn gemaakt. De kleine plekjes zagen er zo uit:



Figuur 23. De gevulde katheterspuiten met amoxicilline

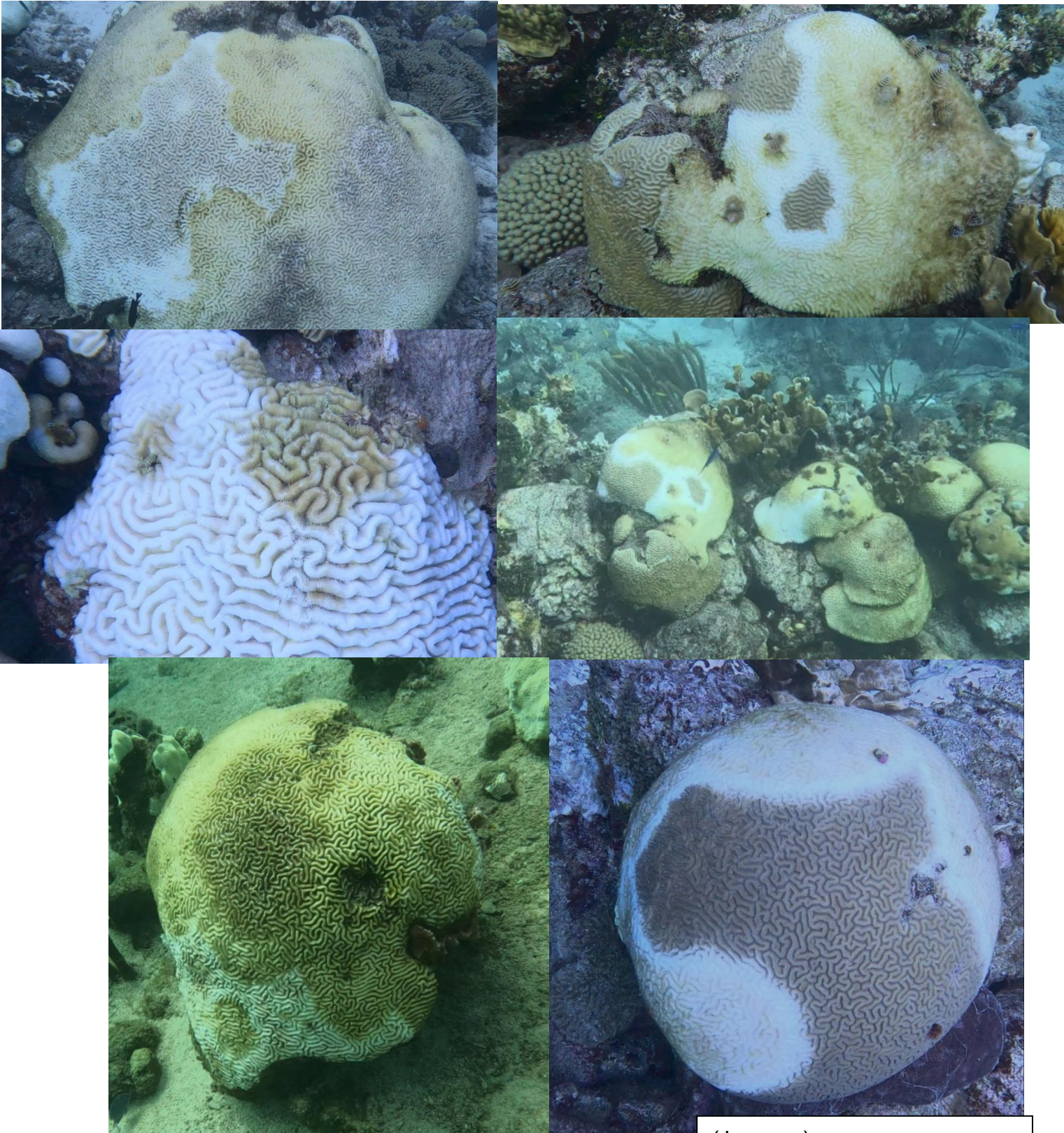


(Janssen)

Figuur 24. De kleine plekjes die we nog konden vinden en behandeld hebben



Figuur 25. Een aantal van de zwaar aangetroffen korallen



(Janssen)



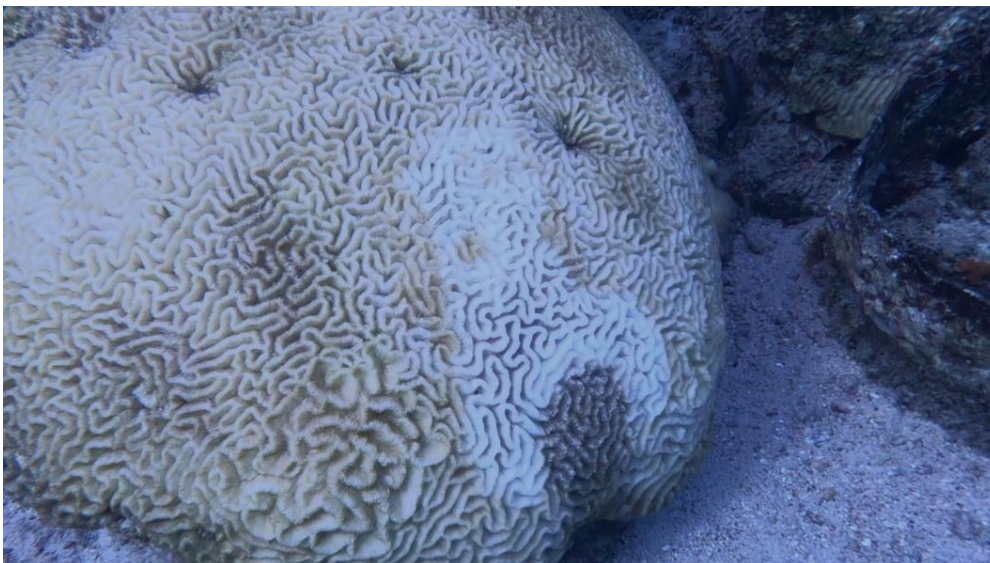
Figuur 26. Meer zwaar getroffen koralen

(Janssen)

De verwijzing op pagina 27 naar deze bladzijde heeft betrekking tot de volgende ontdekking. Hier is één van mijn vijf uitgekozen koralen te zien. De foto van de duik op 11 november wordt hier vergeleken met een foto van de duik op 12 december. Er is te zien dat de SCTLV-vlek op het koraal in vier weken tijd is gegroeid.



Figuur 27. Een waarneming van één van de vijf uitgekozen koralen op 11 november 2023



Figuur 28. Een tweede waarneming van hetzelfde koraal, vier weken later op 12 december 2023. Hier is te zien dat de SCTLV-vlek is gegroeid in vergelijking met de eerste waarneming

Er is duidelijk te zien dat dit hetzelfde koraal is aan de vlek die in de cirkel in figuur 27 is afgebeeld, want deze vlek is ook te zien op het koraal in figuur 28.

3.4 Conclusie experiment

De onderzoeksvraag van dit profielwerkstuk luidt als volgt: 'In hoeverre is het medicijn amoxicilline effectief op de ziekte SCTLD bij koraal rondom Curaçao?'

Aan de hand van de resultaten van dit experiment valt te concluderen dat het antwoord op deze vraag lastig te geven is. Op basis van eerder onderzoek is bewezen dat het medicijn zeker op de ziekte inwerkt. Dit experiment heeft dat niet kunnen bewijzen. Echter, zouden deze resultaten met meerdere factoren te maken kunnen hebben. De discussie op pagina 33 gaat hier verder op in.

Hoe kan het dat de ziekte in een tijd van een aantal weken zo is verspreid zonder dat er op het medicijn is aangeslagen? Dit komt waarschijnlijk doordat de bacterie al zo veel meer was verspreid dan zichtbaar was. Het is te vergelijken met een doodsbedreigende ziekte bij de mens. Als je lever verholpen wordt tegen bijvoorbeeld kanker, maar er later wordt gezien dat de ziekte al was uitgezaaid over het hele lichaam, valt er niets meer te redden.

De hypothese van dit profielwerkstuk verwachtte een positieve uitkomst en een hoge effectiviteit van het medicijn. Niets was minder waar. Ik heb een negatieve uitkomst waargenomen want de ziekte is niet gestopt met groeien op de koralen, sterker nog, de ziekte heeft zich alleen nog maar meer verspreid over het rif. Ook verwachtte ik veel zieke koralen aan te treffen. Deze verwachting is wel degelijk uitgekomen.

Daarnaast werd er verwacht in het onderzoek veel duikscholen, onderzoekscentra en koraalstichtingen te bereiken om op die manier meer bewustzijn over de koraalziekte op Curaçao te brengen. Dit is absoluut gelukt! Er heeft ontzettend veel samenwerking plaatsgevonden met duikers, duikscholen en deskundigen op dit gebied waar ik dan ook veel van heb geleerd. Ik merkte dat ik veel mensen over het probleem heb kunnen leren en inlichten, mede omdat er veel interesse werd getoond en het onderwerp belangrijk gevonden wordt. Kortom is een deel van de hypothese correct, en een deel niet.

Om terug te komen op de onderzoeksvraag moet ik dus concluderen dat ik de effectiviteit van medicijn amoxicilline op ziekte Stony Coral Tissue Loss Disease bij koraal rondom Curaçao dus niet met een 100% betrouwbaarheid vast kan stellen. Ter bevestiging van deze conclusie heb ik twee foto's van een uitgekozen koraal kunnen maken waarin duidelijk te zien is dat de SCTLD-vlek is gegroeid en de behandeling op 11 november 2023 het groeien van de SCTLD-vlek niet heeft kunnen stoppen. Zie deze resultaten in de figuren 27 en 28 op pagina 31.

3.5 Discussie experiment

De resultaten van dit onderzoek hebben met een aantal factoren te maken. Deze worden hier uitwerkt in de discussie.

Ten eerste heeft de uitkomst van dit onderzoek hoogstwaarschijnlijk met frequentie te maken. Ik ben na vier weken teruggekeerd naar de duikstek waar ik toen de verschrikkelijke uitbraak van SCTLD aantrof. Zoals Katie Leer vertelde (zie pagina 18) komt zij met haar team twee keer per week bij de koralen terug. Dit valt haast niet te vergelijken met mijn vier weken die tussen de twee duiken inzaten.

Daarnaast moet ik erbij vermelden dat ik in de experiment periode drie weken ziek ben geweest. Ter verduidelijking voor onervaren duikers; als je verkouden bent of last van je holttes hebt, is het afgeraden om te duiken.

Omdat de mogelijkheid er dus niet was om frequent terug te keren naar de koralen is het experiment niet helemaal uitgevoerd naar verwachting en plan.

Ook heb ik een fout gemaakt door de behandelde koralen tijdens de eerste duik in Pietermaai niet aan te geven met bijvoorbeeld een kleurtje of vlaggetje onderwater. Op deze manier had ik ze veel gemakkelijker terug kunnen vinden en in beeld kunnen brengen om de exacte koralen met elkaar te vergelijken, want in verband met de explosie van SCTLD is er maar één van de koralen teruggevonden, wat ik persoonlijk erg zonde vind.

Voor volgend onderzoek zou ik dus aanraden om deze punten te corrigeren om de betrouwbaarheid van de resultaten te verbeteren.

4 Samenvatting

De vele getroffen koraalriffen door de epidemie Stony Coral Tissue Loss Disease gaan mij aan het hart en ik wilde graag meer aandacht op deze vreselijke koraalziekte vestigen, niet alleen voor mezelf, maar ook voor de bewoners van Curaçao, de duikscholen, de duikers en onderzoekscentra.

In dit profielwerkstuk is de effectiviteit van een medicijn genaamd amoxicilline op de koraalziekte onderzocht. Zo luidt dan ook de onderzoeksvraag: 'In hoeverre is medicijn amoxicilline effectief op ziekte SCTLD bij koraal rondom Curaçao?'

Om deze vraag te beantwoorden zijn er in het theoretisch kader de volgende deelvragen beantwoord: 1. 'Koraal rondom Curaçao'. In deze deelvraag is de samenstelling van koralen duidelijk geworden, is het verschil tussen zachte koralen en steenkoralen uitgelegd, wordt er verteld wat de rol is van koralen in het ecosysteem en is er laten zien welke koralen geïnfecteerd zijn door SCTLD op Curaçao.

Deelvraag 2. 'Wat is SCTLD en wat doet het met koraal?', beantwoordt deze vraag aan de hand van informatie over de uitbraken van SCTLD. Ook wordt er uitgelegd hoe SCTLD op Curaçao is gekomen. De symptomen worden verduidelijkt, net als de locatie van de infecties op Curaçao. Ten slotte wordt er ingegaan op het beschermen van de toekomst.

Vervolgens legt deelvraag 3. 'Wat zijn de effecten van koraalverlies?' de effecten van koraalverlies uit. Ook wordt er een belangrijk begrip uitgelegd genaamd *bleaching*.

Tot slot verdiept deelvraag 4. 'Hoe behandelt het medicijn de ziekte?' zich volledig in het medicijn, wordt het recept hiervan behandeld en wordt de samenstelling van amoxicilline aan het licht gebracht.

Om nog meer over de koralen te weten te komen in de praktijk, heb ik zelf geëxperimenteerd met de koralen en het medicijn. Aan de hand van eerder onderzoek was de kennis aanwezig over het feit dat het medicijn voor SCTLD werkt. Er is voor dit profielwerkstuk echter onderwater geëxperimenteerd met de zieke koralen met behulp van medicijn amoxicilline om vervolgens de verandering van het koraal in beeld te brengen en zo dus de effectiviteit te onderzoeken. Er werd een positieve waarneming van de reactie op het medicijn verwacht. Er werd verwacht dat na toediening van het medicijn de SCTLD vlekken op de koralen niet verder zouden groeien waardoor de koralen in leven zouden blijven. De uitvoering van dit experiment is samen met het plan van aanpak en de resultaten beschreven in paragraaf 3.

Naast het experiment is er ook een enquête uitgevoerd. Deze concludeerde onder andere dat de ziekte erg bekend is en veel duikers en duikscholen op het eiland ermee bezig zijn naast het feit dat de resultaten veel duidelijkheid boden over de locaties van de SCTLD-uitbraken.

De basis van dit onderzoek is gelegen in de baai van Pietermaai, vóór BijBlauw, Scuba Lodge, Saint Tropez. Er is onderwater medicijn aangebracht op vijf zieke koralen om ze een tijd later te bekijken om te zien wat er veranderd zou zijn. Helaas is dit experiment op een andere manier afgelopen dan dat ik had verwacht. De ziekte heeft zich in een aantal weken over het volledige koraalrif verspreid, zo erg dat er maar één van de behandelde koralen teruggevonden kon worden (figuur 33 en 34). De waarneming van dit ene koraal bevestigde dan ook dat de behandeling van de eerste duik in Pietermaai de SCTL-vlekken niet heeft gestopt van het groeien.

Hierdoor valt er te concluderen dat de betrouwbaarheid van amoxicilline in twijfel wordt gebracht. (Zie conclusie experiment op pagina 32) Dit resultaat kan liggen aan een aantal factoren.

Ten eerste ligt dit mogelijk aan de frequentie. Omdat ik persoonlijk in de onderzoeksperiode drie weken ziek ben geweest heb ik niet de mogelijkheid gehad om elke week/twee weken terug te keren naar de koralen. Ten tweede hadden de koralen beter aan moeten worden gegeven onderwater met bijvoorbeeld een kleurtje zodat ze wél teruggevonden hadden kunnen worden om exact dezelfde foto's, maar dan een aantal weken later te maken van de koralen. Op deze manier zou er weldegelijk een betrouwbaarder resultaat waar zijn genomen. (Zie discussie experiment op pagina 33)

Al met al is precies het omgekeerde van de hypothese uitgekomen, heb ik ontzettend veel geleerd over dit onderwerp en heeft er veel samenwerking plaatsgevonden met duikers, duikscholen en deskundigen. Ondanks dat is het belangrijkste dat ik aandacht voor het onderwerp heb kunnen trekken en hopelijk meer mensen mee zullen werken met het bestrijden van Stony Coral Tissue Loss Disease.

5 Bibliografie

- Aanpak dodelijke koraalziekte Caribisch Nederland. (2023). Opgehaald van Duiken: <https://duiken.nl/aanpak-dodelijke-koraalziekte-caribisch-nederland/>*
- Afweersysteem - complementsysteem. (2023). Opgehaald van Nationale Vereniging Reumazorg Nederland: <https://reumazorgnederland.nl/afweersysteem-complementsysteem/#:~:text=Ze%20kunnen%20direct%20bacteri%C3%ABn%20doden,herkenbaar%20voor%20fagocyten%20te%20maken.>*
- Agrra. (sd). Outbreak Stages for coral reefs that are, or may be, affected by SCTL D. Agrra.*
- Alchemists, O. (2023). General Information about CoralCure™ Ointment Base2B. Opgehaald van Ocean Alchemists: <https://www.oceanalchemists.com/>*
- Allaby, M. (2010). A Dictionary of Ecology (4 ed.). In M. Allaby, A Dictionary of Ecology (4 ed.) (p. 418). Oxford University Press.*
- Bleaching Biology. (2023). Opgehaald van Reef Resilience Network: <https://reefresilience.org/nl/stressors/bleaching/bleaching-biology/>*
- Brandt, M. E. (2021, augustus 18). The Emergence and Initial Impact of Stony Coral Tissue Loss Disease (SCTL D) in the United States Virgin Islands. Opgehaald van Frontiers in Marine Science: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmars.2021.715329/full>*
- Coral Disease Outbreak. (2023). Opgehaald van Agrra.org: <https://www.agrra.org/coral-disease-outbreak/>*
- Domling, A. (2020, juli 2). Covalent inhibitors: a rational approach to drug discovery. Opgehaald van National Library of Medicine: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7557570/#cit1>*
- Fvasconcellos. (2007, oktober 23). Bètalactam is de vierkante structuur in het midden van penicille. Opgehaald van UTC: [Bètalactamantibiotica#/media/Bestand:Beta-lactam_antibiotics_example_1.svg](#)*
- Lohans, C. (2021, augustus 4). β-Lactam antibiotic targets and resistance mechanisms: from covalent inhibitors to substrates. Opgehaald van National Library of Medicine: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8528271/#:~:text=These%20antibiotics%2C%20a%20group%20that,proteins%20and%20disrupt%20peptidoglycan%20synthesis.>*
- Mees, J. (2021). Klimaat en de oceaan: Oceaanverzuring. België: Vlaams Instituut voor de Zee.*
- Oorzaken van Coral Disease. (2023). Opgehaald van Reef Resilience Network: <https://reefresilience.org/nl/stressors/coral-disease/causes-of-coral-disease/>*

- Perry-Garnette, G. C. (2021). *Stony Coral Tissue Loss Disease (SCTLD) on the Reefs of North and Middle Caicos, Turks and Caicos Islands*. Department of Biology.
- Pinkhof-Hilfman, M. M. (1923). *Pinkhof Geneeskundig woordenboek (12de druk)*. In M. M. Pinkhof-Hilfman, *Pinkhof Geneeskundig woordenboek (12de druk)* (p. 1522). Nederland: Bohn Stafleu van Loghum.
- Portier, R. (2018, januari 3). *Het koraal sterft uit: zes dingen die je moet weten*. Opgehaald van nos.nl: <https://nos.nl/artikel/2210308-het-koraal-sterft-uit-zes-dingen-die-je-moet-weten>
- Redactie. (2023, september 20). *Duikscholen krijgen antibioticastraining witte koraalpest*. Opgehaald van Paradise FM: <https://paradisefm.cw/duikscholen-krijgen-antibioticastraining-witte-koraalpest/>
- Stony Coral Tissue Loss Disease. (2023). Opgehaald van Reef Resilience Network: <https://reefresilience.org/nl/management-strategies/managing-local-threats/managing-coral-disease/stony-coral-tissue-loss-disease/>
- Stony Coral Tissue Loss Disease in het Nederlands Caribisch gebied. (2023, april 26). Opgehaald van Nature Today: <https://www.naturetoday.com/intl/nl/nature-reports/message/?msg=30690>
- Vermeij, D. M. (2023). *ORIGIN AND DISTRIBUTION OF SCTLD IN THE CARIBBEAN*. *ORIGIN AND DISTRIBUTION OF SCTLD IN THE CARIBBEAN*, (p. 19). Curacao.
- Wingelaar, T. (2020, september 11). *Waarom mag je met een verkoudheid niet duiken?* Opgehaald van Duiken in beeld: <https://duikeninbeeld.tv/scubapedia-waarom-mag-je-met-een-verkoudheid-niet-duiken/>
- Yunjiao He, J. L. (2020, juni 23). *The hydrolytic water molecule of Class A β -lactamase relies on the acyl-enzyme intermediate ES* for proper coordination and catalysis*. Opgehaald van Scientific reports: <https://www.nature.com/articles/s41598-020-66431-w>

6 Bijlage

6.4 Enquête

SCTLD op Curaçao



Goedendag, mijn naam is Berni Janssen en ik zit in klas 6vwo op het Vespucci College. Voor mijn profielwerkstuk onderzoek ik de koraalziekte Stony Coral Tissue Loss Disease. Deze enquête is een vragenlijst ten behoeve van een inventarisatie met betrekking tot de koraalziekte Stony Coral Tissue Loss Disease in de wateren rondom Curaçao.

Vraag 1.

Op welke duikschool werkt u/bent u vrijwilliger?

7 antwoorden

red snapper diving

The Happy Hippo

Central Dive Curacao BV

Porto Mari Sports

Curacao Divers / No I'm the owner

Scuba Do

CURious 2 DIVE

Vraag 2.

Hoelang bent u werkzaam op deze duikschool?

7 antwoorden

7 jaar

Eigenaar/ Duikinstructeur/Duikgod! ;-)

6 years

4 jaar

11 years

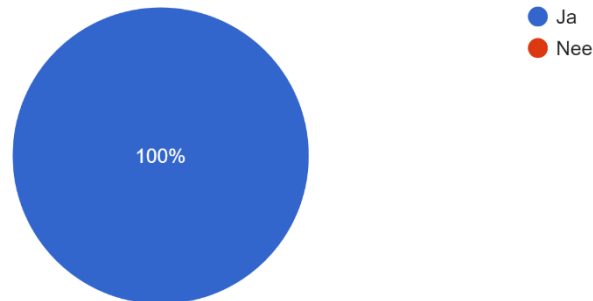
7 jaar

16 jaar

Vraag 3.

Bent u bekend met de koraalziekte Stony Coral Tissue Loss Disease (SCTLD)?

7 antwoorden



Vraag 4.

Zo ja, wanneer heeft u deze ziekte tijdens het duiken voor het eerst aangetroffen?

6 antwoorden

vorig jaar 2022

Beginning of September 2023

Nog niet

about 1 year ago

sinds een paar weken

2-5-2023

Vraag 5.

Op welk(e) duikplaats(en) heeft u SCTLD aangetroffen?

6 antwoorden

dat was bij de tugboot beach

Double Reef

Heb het nog niet zelf gezien; wel over gehoord. Is gelukkig nog niet op Porto Mari.

Double Reef first

Alle stekken rondom de annabaai. double reef, superior etc

Tugboat, Directorsbay, Superior, Double Reef

Vraag 6.

Met betrekking tot de vorige vraag, zijn er gebieden waar u de ziekte meer of minder aantreft dan bij andere gebieden?

6 antwoorden

ik was vorige week op oostpunt om te duiken maar ook daar is het koraal erg aangetast.

Yes, I think (this is my personal opinion) it is worse around the harbor basin of Willemstad than in other areas

Vooral op de centrale duikplaatsen, rond de stad.

Yes, as further away from the Mega Pier as less it is

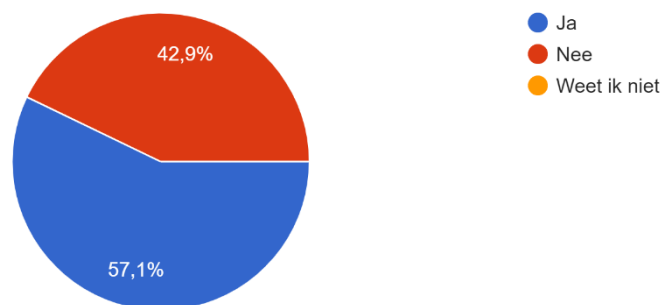
Alle duikstekken ten oosten van de annabaai waar wij veel duiken komen we het bijna niet tegen

Double Reef en Superior zijn erg zwaar geraakt.

Vraag 7.

Werkt uw duikschool mee aan het project om SCTLN met behulp van een medicijn tegen te gaan?

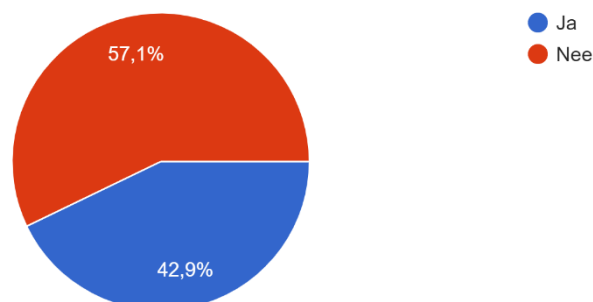
7 antwoorden



Vraag 8.

Heeft u wel eens meegeholpen met het bestrijden van de ziekte met behulp van het medicijn?

7 antwoorden



Vraag 9.

Zo ja, is er een specifieke reden waarom u meehelpt met de bestrijding?

4 antwoorden

As the owner of a diving school, my workplace is very important to me and is also my source of income.

-

Het is onze toekomst

Het is ons Rif,
Het is onze toekomst,
Het is onze verantwoordelijkheid.

Zo kunnen we wat terug doen vaar de natuur.

Vraag 10.

In hoeverre bent u bezig met de ziekte als u onderwater bent? Let u bijvoorbeeld op nieuwe plekken, maakt u veel videobeelden of noteert u kenmerken?

7 antwoorden

nee ik ben daar niet mee bezig omdat ik weet dat er al heel veel personen mee bezig zijn om dit te doen, ook denk ik dat het nu ook een probleem is dat de water temperatuur erg hoog is waardoor je ook bleeking krijgt van andere koralen waardoor het er erger uit ziet dan het is.

Ja, noteer afwijkingen en lokaties. adviseer om acties te ondernemen om verspreiding tegen te gaan.

Photos, videos (monitoring) the treatment with medication (Amoxicillin Trihydrate)

Ja, we letten er wel op.

I am very conserned!!!! That's about our business, health and planet!!!!

Wij letten tijdens elke duik op, komen we wat tegen dan gaan we terug om te documenteren

Wij houden data bij van plaats diepte en maken fotos om de aantasting te volgen.

Vraag 11.

Bent u bang voor de gevolgen van de koraalziekte in de toekomst, en zo ja, waarom?

7 antwoorden

Ja, Koralen zijn kwetsbaar en met klimaatverandering(warmer water), overbevissing, rioolwater en afval die het water instroomt. Nu een extra klap doordat onder druk staan voor extra schade.

The environment concerns us all and we should do much more to ensure that it is also doing well. For us it is linked to tourism, who wants to see broken reefs?

Ja, is wel eng.

Yes of course, It will destroy all our reef's in Curacao. No more fish, no mor diving, no more snorkeling, no more fishin, no more tourist's.... Death of the economy of Curacao.

Met de kennis die we nu hebben weten we dat dit heel snel gaat en dit grote gevolgen zal hebben voor het rif.

Nee want bij leven hoort ook ziekte. En we hebben een immuunsysteem die zich aanpast naar de omstandigheden. Alleen soms kost het veel slachtoffers. De afgelopen 4 jaar hebben we verschillende ziektes voorbij zien komen, waarbij verschiend soorten bijna geheel verdwenen, maar ze komen ook weer terug.

6.5 Videodocumentatie

Alle foto documentatie heeft u in de voorgaande resultaten al kunnen bekijken. Echter heb ik ook nog twee korte films gemaakt over de duiken. Hierbij de links.

SCTLD-onderzoek: <https://youtu.be/XVWmNKQM1q0>

SCTLD-explosie: <https://youtu.be/8-86GqgLgWY>

7 Dankwoord

Graag wil ik een aantal mensen en bedrijven bedanken die mij ontzettend hebben geholpen met dit profielwerkstuk. Om te beginnen met de bedrijven wil ik ten eerste Dive Center Scuba Do Curaçao bedanken. Deze duikschool heeft mij duikspullen geleend tijdens de duiken en veel meegewerkt. Ook Pietermaai Dive Center stond klaar om mij te helpen, met dank aan Daan Drechsel, de eigenaar.

Daarnaast zijn mijn duikbuddy's niet te vergeten, Daniëlle Kaashoek die mij te hulp schoot als ik het nodig had en het onderzoek ook zelf heel leuk vond. Ten slotte de man waar ik veel aan te danken heb, Max van Aalst. De mariene bioloog, duiker, eigenaar van Branch Coral Foundation die mij heeft geholpen aan informatie te komen, contacten te leggen, samen met mij te duiken en alles uit te leggen. Hij heeft mij ongelooflijk veel geleerd en daar ben ik hem zeer dankbaar voor.