

Over kantelpunten en de kweek van zee-egels

Door Jan-Willem Henfling

De HBO opleidingen presenteren zich steeds nadrukkelijker als centra voor toegepast onderzoek, naast hun traditionele rol als onderwijsinstelling. Bij Van Hall Larenstein te Leeuwarden, binnen de opleiding Kust- en Zeemanagement, wordt baanbrekend onderzoek gedaan naar mogelijkheden om de koraalriffen in de Cariben, die net als de koralen elders zwaar lijden onder de klimaatcrisis, te laten hergroeien. Onderdeel van deze poging is het herstel van de populatie van *Diadema*, een zee-egel soort, die als grazer van microalgen cruciaal lijkt te zijn bij het onderhoud van levende riffen. Tom Wijers met studenten (foto 1) waren de eersten die zee-egels continu konden produceren in kweek. Een redactielid van *Aquacultuur* bezocht daarom het lab van Wijers, sprak met de onderzoeker en keek rond.

Aanleiding

Enkele weken geleden attendeerde NGvA voorzitter Jeroen Schuphof mij op intrigerend onderzoek aan Van Hall Larenstein (VHL), waar zee-egels worden gekweekt. Ik werd meteen enthousiast, doordat ik me herinnerde hoe ik in China en Japan genoot van zee-egel gonaden als sushi. Natuurlijk kennen we de zee-egels ook als smaakmaker in veel mediterrane keukens. De Russische vloot is goed voor 50% van de vangsten en Japanners kopen bijna 90% van de wereldwijde productie. Jaarlijks wordt wereldwijd zo'n 40.000 ton zee-egels verhandeld (€ 250 miljoen), de totale vraag is waarschijnlijk zo'n 70.000 ton. Een groot gat dus tussen aanbod en vraag, met als gevolg hoge kiloprijzen. Niet vreemd dus dat ik meteen dacht aan de aquacultuur van een nieuwe soort, omdat nog slechts 1% wordt gekweekt, vooral op basis van invangen van

juvenielen en opkweken in bassins met zee-water.

Per omgaande maakte ik een afspraak met de leider van het kweekonderzoek: Tom Wijers (foto 2). Dat kon snel, en ik stelde vast dat Leeuwarden, met een comfortabele intercity, niet ver weg is van onze Randstad. Om het lange verhaal nu maar meteen kort te sluiten: nee, Wijers bood geen sushi aan voor lunch, maar wel ontmoette ik een bijzonder enthousiast team van docent en twee studenten dat heel serieus werkt aan de kweek van de zee-egel *Diadema antillarum*. Deze soort, die de koraalriffen in de Cariben begraast, was tot 1980 zeer algemeen, maar is sedertdien zo zeer in aantal afgenomen dat hij nu zeldzaam is. Dit verhaal gaat dan ook over koralen, zee-egels en de kantelpunten die ertoe kunnen leiden dat koralen en zee-egel populaties de klimaatcrisis net wel of net niet overleven.



Afbeelding 1. Het team van onderzoeker en studenten met van links naar rechts: Femke van Nimwegen (5de jaars student WUR Marine Animal Ecology), Tom Wijers (onderzoeker VHL), Isa van Mourik (3de jaars student VHL Kust en Zee) [foto: JWH]

De onderzoeker bij VHL

Tom Wijers studeerde mariene biologie aan de Universiteit van Groningen van 2006 tot 2013. Na zijn studie werkte hij enkele jaren bij Omega Green, een micro-algenproducent. Daar werkte hij onder meer samen met Pierre Hakkesteegt. In 2016 accepteerde hij een benoeming als onderzoeker aan VHL bij de opleiding Kust- en Zeemanagement.

Wat maakt het aantrekkelijk om hier docent en onderzoeker te worden? Wijers: "De uitdaging die een mix van fundamenteel en toegepast onderzoek biedt, de stimulerende invloed van studenten met hun onbevangen en originele ideeën, de vrijheid die ik ervaar in de keuze van mijn onderzoek." En in vrijwel een adem nuancerend: "Wel jammer dat bestuurders zo weinig oog hebben voor de lange termijn. Ik heb een vaste aanstelling en geef maar een dag per week les, maar de opbouw van een

kenniscentrum op welk gebied dan ook wordt bemoeilijkt doordat jonge onderzoekers worden aangetrokken voor een of enkele jaren. Je investeert dan enorm in ze en in no time zijn ze weer weg, omdat geen perspectief wordt geboden. Ieder praktijkonderzoek start met fundamentele vragen, dat zouden ze daar boven uiteindelijk eens moeten begrijpen. Maar versta me goed, ik ben enorm blij met het werk hier en de kansen die ik krijg."

Altijd die discussie over te veel fundamenteel onderzoek.



Afbeelding 2: Tom Wijers [foto: JWH]

Voordat hij zijn aandacht richtte op de zee-egels, was Wijers betrokken bij het Zeevivo Project en een project om veevoer te halen uit eendenkroos. Het Zeevivo Project (VHL met NIOZ, Wageningen University & Research, Danvos en Hortimare) heeft als doel om, eiwitten te extraheren uit zeewier ten behoeve van de visvoer industrie. Dit project is een separaat verhaal waard. In een ander project, onderzocht hij samen met een veehouder hoe eendenkroos (gekweekt op mest en vergistingswarmte van mest) kan bijdragen aan de productie van eiwitten voor veevoer en zo aan een meer circulaire vlees- en melkproductie.

Bijdrage aan herstel van koraalriffen

In 2019 verwierf VHL een NWO-RAAK subsidie ter waarde van bijna € 1 miljoen voor het Diadema project om te bekijken of het mogelijk is de populatie van deze zee-egel op de Caribische riffen te herstellen. Vanaf ongeveer 1990 verschenen vanuit verschillende uithoeken van de wereld onheilspellende berichten over blekende en afstervende koralen. Het fenomeen werd in eerste instantie gekoppeld aan een sterkere El Niño, een warme golf-

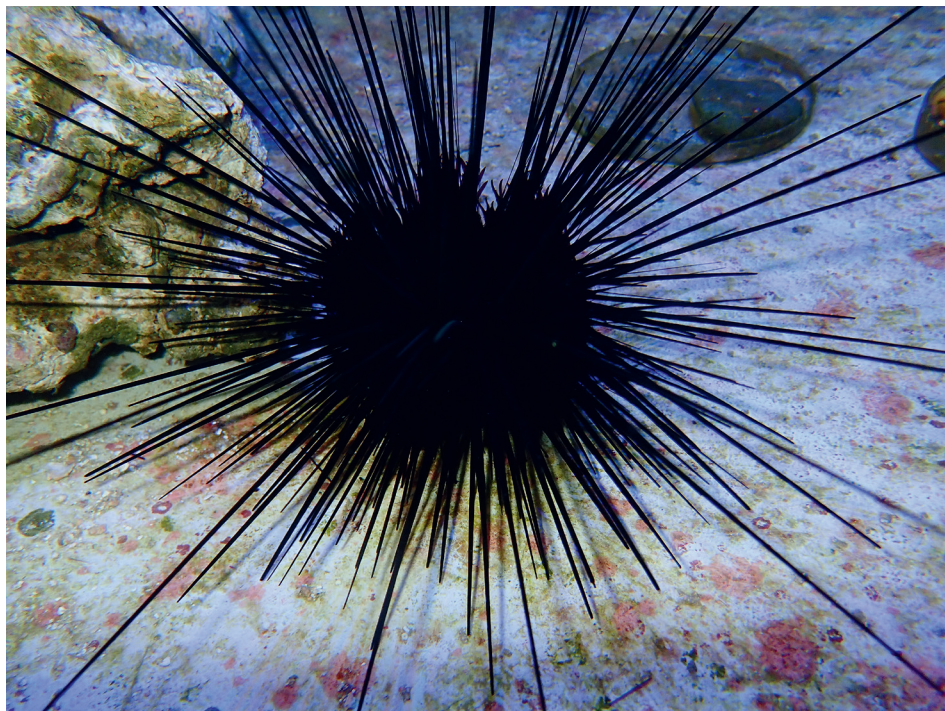
stroom die periodiek en relatief onvoorspelbaar het weer boven en rond de Stille oceaan beïnvloedt, en de vangsten van b.v. ansjovis en dus de marktprijs van vismeel. Na 2010 bereikten marien biologen consensus dat de verblekende koralen een symptoom zijn van de opwarming van de oceanen, en dat de toenemende opslag van kooldioxide in de oceanen en de daardoor afnemende pH, de versnellen van de afbraak van koralen veroorzaken.

Het bleken van koralen, zoals het Great Barrier Reef (NO Australië) werd eerst gezien als een bedreiging voor het toerisme, want de variatie aan vissen, schaal- en schelpdieren, waar snorkelaars zo op kicken, nam dramatisch af. De geschatte bijdrage van koralen aan de toeristische sector is € 30 miljard. De ecosystemen rond koralen zijn zeer rijk aan soorten en in en tussen de koralen vinden behalve de beroemde Nemo (*Amphiprion ocellaris*) nog zeer veel andere dieren in verschillende levensstadia een schuilplaats. Koralen zijn daardoor niet alleen van belang als kustbescherming en voor toerisme, maar dragen jaarlijks bij aan de visserij voor een waarde van tenminste € 7 miljard door visserij rond de riffen, maar waarschijnlijk veel meer, omdat belangrijke pelagische soorten in de riffen hun kinderkamer vinden.

Op dit moment is meer dan de helft van de koralen, wereldwijd, aangetast door “bleaching” en is tenminste 10% dood. Koralen groeien langzaam, zeer langzaam, en de zeespiegelstijging gaat de afgelopen decennia sneller dan zelfs een gezond koraal kan bijgroeien. Zijn de koralen reddeloos verloren? Of doen we er iets aan, zoals de Wageningense vakgroep Mariene Dierecologie die koralen succesvol kweekt en “pootgoed” beschikbaar stelt voor koraalherstel?

Hoe Diadema zee-egels bijna uitstierven

En nu komen de zee-egels in beeld (foto 3). De koralen hebben algen etende zee-egels nodig om niet overgroeid te worden. Ze hebben ook Nemo en al die andere dieren nodig, maar zee-



Afbeelding 3: De diadema zee-egel van de Cariben (*Diadema antillarum*). Het volwassen dier is, met stekels meegerekend, net iets groter dan de hand van een volwassen man [foto VHL].

egels lijken in ieder geval een noodzakelijk ingrediënt van het complexe rif ecosysteem, dat qua soortenrijkdom een tropisch regenwoud evenaart.

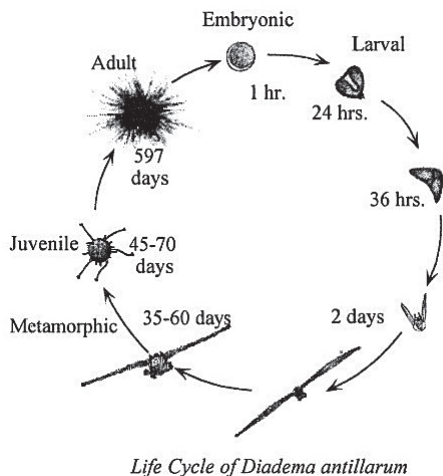
Wijers legt uit dat een massale sterfte van de zee-egel *Diadema antillarum* nabij Panama, in januari 1983, zich over de hele Cariben verspreide in een patroon dat de stromingen in zee tot augustus van dat jaar volgde [1]. Daarna ontstonden her en der tussen Florida en Venezuela nieuwe haarden, los van beschreven stromingen. Eind 1983 leek deze 'long-spined sea urchin' (in Nederlands soms de lange zwartstekelige zee-egel genoemd) vrijwel uitgestorven. Na uitsluiten van chemische contaminanten en mogelijk fysische oorzaken concluderen de auteurs dat de sterfte wel moet zijn veroorzaakt door een pathogeen (ziek-

teverwekker) dat specifiek is voor deze soort zee-egel, want een zestal andere soorten in het gebied werden niet aangetast. Helaas is het pathogeen tot op heden niet geïdentificeerd.

Wijers: "We moeten vrezen dat in veel gebieden het aantal zee-egels nu zo laag is, dat een kantelpunt is bereikt. Zee-egels zitten overal en laten zaad en eieren los in de zee en dan moeten er op hetzelfde moment wel genoeg bij elkaar in de buurt zijn om bevruchte eicellen en daarna larven te krijgen. Het is dus van belang om de riffen te bevolken met voldoende zee-egels voldoende dicht bij elkaar om larven te krijgen daar in die buurt."

Waarom Diadema's zo belangrijk zijn

Maar goed, denk ik hardop, waarom dan zo concentreren op die zee-egel en niet op een



Afbeelding 4: De schematisch weergegeven levenscyclus van de zee-egel [3]

willekeurig ander dier in dat biotoop? Wijers wijst op het Raak project van VHL collega Alwin Hylkema, tevens promovendus aan WUR, dat op Saba experimenteert met kunstmatige riffen en stukken gekweekt koraal als pootgoed. Wijers: *"Kort door de bocht: Alwin bestudeert in de zee rond Saba drie soorten kunstmatige riffen en hun effectiviteit om diversiteit te bevorderen. Hij kijkt dus naar vissen, andere dieren, koralen die zich vestigen en de biomassa die ontstaat. Per slot, we plempen van alles in zee en denken dat het werkt, maar doet dat ook iets? Dat is de essentie van zijn onderzoeksvraag."*

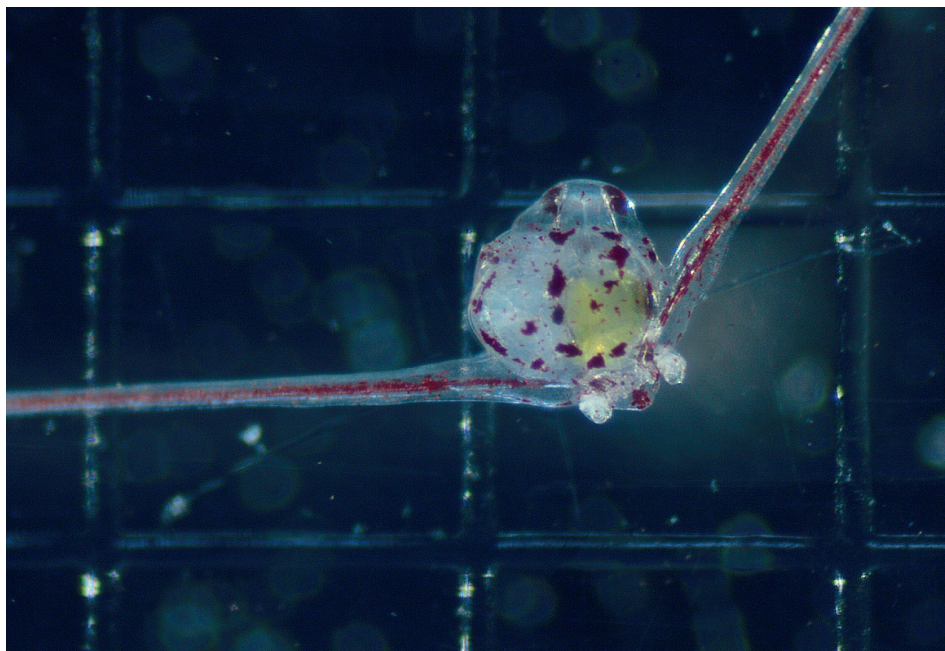
Hylkema merkte dat jonge *Diadema*'s zich vestigden op speciale "settlement traps" in zee, dus dat larven kennelijk nog steeds van elders worden aangevoerd, maar dat stukken levend koraal gepoot op riffen zonder *Diadema* of andere herbivoren, waaronder ook vissen, snel overwoekerd zijn door algen. Hylkema plaatste zee-egels op de koralen en zag dat ze hun werk doen, maar ook dat lipvissen ze regelmatig letterlijk te grazen nemen. Om echter vast te stellen dat de zee-egel inderdaad

cruciaal is voor een stabiel systeem moeten er heel veel zijn, net zoals vóór de komst van het onbekende pathogeen, zodat genoeg zee-egels de predatoren overleven. Wijers: *"Wij waren niet de eersten en zijn niet de enigen die Diadema kunnen kweken, maar ik durf wel te beweren dat wij er als eerste in zijn geslaagd om een continue kweek op te zetten. Dit was ook het doel van dit project, maar omdat het zo vlot zo goed ging denken we nu zelfs om de kweek zo op te schalen dat we de riffen kunnen herbevolken. Dit wordt de doelstelling van een nieuwe projectaanvraag. We willen zien of we zo de steen weer terug kunnen rollen over de berg, over het tipping point heen de andere kant uit. Het project startte in 2019 en binnenkort vertrek ik naar Saba waar we de techniek van Leeuwarden gaan vertalen naar de situatie daar en kijken naar opschaling van de productie. Daarvoor heb ik binnen dit project nog ruim een jaar. Dat lijkt eigenlijk te kort om tot een schaal te komen die nodig is voor het onderzoek waar het echt om gaat, maar een vervolgproject is dus ingediend."*

Het leven van een zee-egel

In het laboratorium waar Wijers en zijn studenten werken leer ik meer over de uitdagingen bij de kweek van deze zee-egel. Om die te begrijpen, eerst iets over de ontwikkeling van de zee-egel (afb. 4), die met de zeester en zeekomkommer tot de orde van de stekelhuidigen behoort. Net als de zeester vertoont de zee-egel een radiale, vijfstralige, symmetrie, maar als embryo en larfje is hij (net als wij) bilateraal, ofwel tweezijdig symmetrisch (links / rechts, boven en onder). De radiale symmetrie is een secundair verschijnsel. De eicel deelt

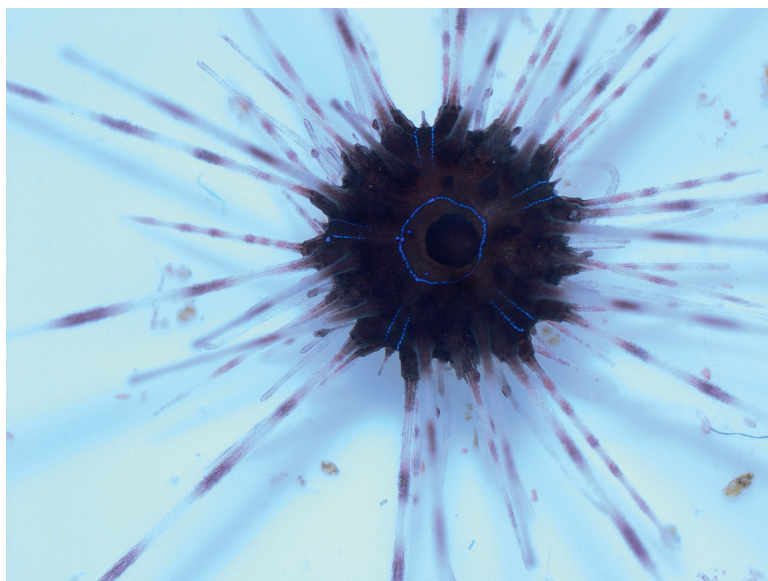
**Zonder zee-egels sterven
koralen wellicht**



Afbeelding 5: Deze lateraal symmetrische larve toont reeds de aanleg van de toekomstige radiaal symmetrische zee-egel en heeft de twee eerste pedicellen, waarmee ze voedsel grijpen. Het groenige blaasje is de maag [foto VHL].

zich, net als bij vissen tot een blastula (een holle bol van cellen), die indeukt zodat een gastrula ontstaat (eigenlijk een zak met een binnenste en buitenste laag cellen). Die zak ontwikkelt tot de pluteus larve, die gekenmerkt wordt door twee (en in anders zee-egelsoorten tot vier) armen. Die larven zijn klein, meten zo'n 0,1 tot uiteindelijk 0,7 mm) en zweven in de waterkolom. Ze voeden zich met microalgen en waarschijnlijk bacteriën, die ze actief vangen met behulp van zweepharen op de huid langs de stekels. De zweepharen brengen ze naar de mond en darm (ontstaan uit de binnenkant van de gastrula). Het diertje groeit en organen differentiëren zich net zoals bij andere dieren. Maar dan gebeurt iets bijzonders. In een hoekje van de pluteuslarve gaat een groep cellen zich hergroeperen tot een nieuw diertje dat de cellen en structuren van de pluteuslarve resorbeert en vijfzijdig symmetrisch is. Uit

de tweezijdig symmetrische pluteuslarve ontstaat een micro zee-egeltje kleiner dan 0,7mm met onder een soort vijftallige snavel als bek en een anus bovenop, en nog maar enkele stekels en reeds enkele tubuli of pootjes waarop ze lopen en waarmee ze voedsel verzamelen (foto 5). Op een bepaald moment, tegen het einde van de pluteusfase, moet de larve zich settelen en een geschikt substraat vinden, waar voedsel en schuilplaatsen te vinden zijn. Tot de settlement fase zweven de larven en zijn ze zeer kwetsbaar (foto 6). De Diadema larve is in deze fase veeleisender dan de larven van veel andere soorten zee egels: ze kunnen niet actief zwemmen, slechts positie bepalen, en als de stroming van het zeewater te traag is vallen ze naar beneden voordat ze kunnen settelen. Als de stroming te snel is zullen ze bij de minste botsing beschadigen en dat voorval niet altijd overleven. Dit wist Wijers allemaal



Afbeelding 6: Twee maanden oud, al een complete zee-egel maar nog slechts 1 cm groot. [foto VHL].

toen hij begon, grotendeels op basis van een uitgebreid relaas van de eerste Diadema kwekers [2].

De kweek van Diadema

Ouderdieren worden gehouden in een ruim zeewater aquarium. Man en vrouw zijn uitwendig niet te onderscheiden. Als zaad en eieren nodig zijn worden daarom meerdere dieren overgebracht in een bak, waarin de watertemperatuur drie kwartier tot een uur met enkele graden wordt verhoogd en meteen weer verlaagd. Kort daarna komen eieren en zaad vrij en die doen wat ze horen te doen (foto 7). De larven worden uit het water gezeefd zoals bij veel andere zeevissen en de ouderdieren gaan terug in de grote bak tot ze weer nodig zijn.

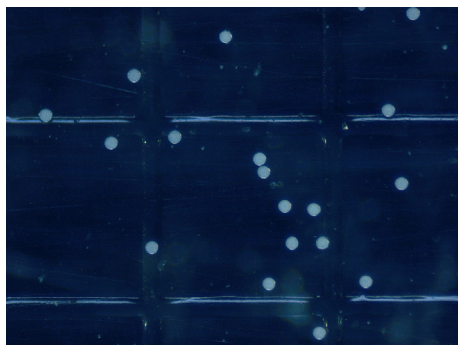
Met vallen en opstaan en dankzij de inventiviteit van zijn studenten ontwikkelde Wijers de continue productietechniek. Door voor de helft met zeewater gevulde laboratoriumflessen vast te zetten op een laboratorium schudtafel wordt een stroming gegenereerd die ideaal is voor deze larven: ze blijven zweven, botsten niet tegen elkaar en de wand en setelen na 30 tot 60 dagen (foto 8). Van de bodem

en wanden van de flessen worden de minuscule zee-egels overgebracht naar kweekbakken met vast substraat waar ze rondscharrelen op zoek naar de algen die ze begrazen (foto 9a en 9b). Na 300 tot 500 dagen zijn ze volwassen. De roodalgén die ze eten kweekt Wijers in zijn lab.

Opschalen en toekomst

De uitdaging is nu de schaal. Per fles worden 50 tot 100 zee-egels geproduceerd in 40 dagen en zo levert het lab van Wijers per maand enkele honderden zee-egels. Dat klinkt indrukwekkend, maar om de raffen van Saba te bevolken heeft hij er duizenden per week nodig voor een fractie van de huidige prijs. Na de opschaling kan de echte vraag worden

Een tweezijdig symmetrische larve transformeert naar een radiaal vijfstralig symmetrische zee-egel.



Afbeelding 7: Bevruchte zee-egel eieren op een raster van 1 x 1 mm [foto VHL].

beantwoord: is *Diadema antillarum* de sleutel tot een succesvol herstel van de koraalriffen in de Cariben?

Wijers werkt niet geïsoleerd daar in het verre noorden: “Mijn werk hier en straks op Saba is verbonden met de vakgroep Mariene Dierecologie van Professor Tinka Murk. Ik werk ook samen met onder andere de onderzoeksgroep van Joshua Patterson aan de Florida University te Gainesville. Op dit moment werk ik aan de methodiek, en die is bijna af, en ik bereid nu mijn presentatie voor bij het komende International Coral Reef Symposium. Net de afgelopen dagen kreeg ik de bevestiging dat VHL garandeert dat ik aan een promotietraject kan gaan beginnen, uiteraard bij Tinka Murk.

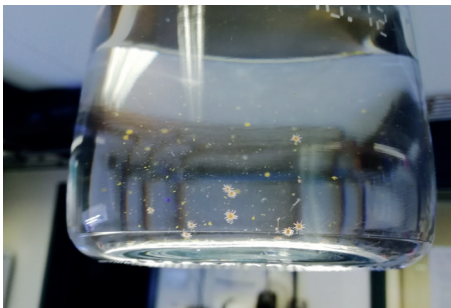


Afbeelding 8: Laboratorium schudapparaat voor de kweek van *Diadema* larven: 40 larven per 500 ml zeewater [foto VHL].

Natuurlijk proberen we vervolgfianciering te krijgen voor het zee-egel project, maar die garantie door het VHL bestuur is van groot belang en daar ben ik dankbaar voor.”

Referenties

- [1] Lessios, Robertson & Cubit, 2015. Spread of *Diadema* Mass Mortality Through the Caribbean, *Science* 226: 335-337.
- [2] MOE N.K., 2020. History of *Diadema antillarum* Culture, 200 pagina's. Niet gepubliceerd document.
- [3] Leber et al, 2009. Developing restoration methods to aid in recovery of a key herbivore, *Diadema antillarum*, on Florida Coral Reefs, 36 pp, 2008/2009 final report.



Afbeelding 9 en 10: Twee kweekflessen, de linker met pluteus larven en de rechter na zo'n 50 dagen met de miniscule zee-egels, klaar voor aquaria met substraat [foto VHL].