



De zoute dinsdag van 21 december 2004 was een bijzonder geslaagde avond. Walter Dorriné uit Antwerpen heeft mezelf en bijna dertig andere aanwezigen op een subtiële wijze kunnen boeien met een hoogstaande voordracht met een minimum aan ingewikkelde formules. Voordat hij zijn uiteenzetting over calciumtoevoeging aansneed werden we vergast op een 10 tal minuten durende videomontage over de koraalriffen van Sharm el-Sjeikh. Na dit blitzbezoek aan de Rode Zee doken we nog even mee in de bak van de spreker zelf. Bovenstaande foto is een opname uit zijn imposante bak.

De hoofdbrok van de avond werd live gebracht en ondersteund met powerpoint en na afloop beloofde Walter de hiernavolgende bijdrage voor de HE-lezers.

Theo Luyten Red.H-E's

De kalkreactor in theorie en praktijk.

door **Walter Dorriné**

Waarom een kalkreactor?

In een goed draaiend rifaquarium verbruiken kalkwieren en steenkoralen aanzienlijke hoeveelheden calcium (Ca) voor het bouwen van hun kalkskelet. Samen met het calcium wordt bicarbonaat (HCO_3^-) verbruikt om kalk (CaCO_3) te vormen waardoor ook de alkaliniteit daalt.

Alkaliniteit, ook wel carbonaathardheid (KH) of zuurbindend vermogen genoemd, is een maat voor het vermogen van het aquariumwater om zich te verzetten tegen verzuring. Een lage alkaliniteit betekent dat het water weinig gebufferd is en de pH dus snel te laag zal worden. In aquaria wordt de alkaliniteit grotendeels bepaald door de bicarbonaatconcentratie vandaar dat ze samen met de calciumconcentratie zal dalen. Als we dus het calciumverbruik gaan compenseren doen we dat best met een methode die ook de alkaliniteit herstelt, de zogenaamde gebalanceerde methodes. Onder de gebalanceerde methodes vinden we o.a. calciumhydroxide (Ca(OH)_2), de kalkreactor en sommige kant-en-klare additieven. Een voorbeeld van een niet-gebalanceerde methode is calciumchloride (CaCl_2) omdat hier geen bicarbonaat

toegevoegd wordt. Welke methode de beste is hangt af van de omstandigheden en het soort aquarium.

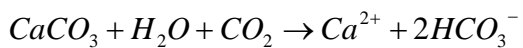
- * CaCl_2 wordt meestal gebruikt om een ernstig calciumtekort snel te compenseren, het is niet geschikt om op lange termijn te gebruiken omdat de alkaliniteit niet wordt hersteld.
- * Commerciële gebalanceerde additieven, meestal bestaande uit 2 vloeistoffen, zijn uitstekend geschikt. Voor grotere systemen wordt dit echter snel een dure aangelegenheid.
- * Ca(OH)_2 of kalkwater is waarschijnlijk de beste methode omdat het hydroxyl-ion (OH^-) samen met het vrije CO_2 -gas bicarbonaat zal vormen. De methode is dus niet enkel gebalanceerd maar neutraliseert bovendien het overtollige CO_2 . Helaas is deze werkwijze beperkt door de hoeveelheid water die uit het systeem verdampt en dus voor aquaria met veel rifbouwende koralen ontoereikend. Bovendien is het kalkwater beperkt

houdbaar en moet dus geregeld een nieuwe oplossing gemaakt worden, een onaangename en niet volledig ongevaarlijke karwei.

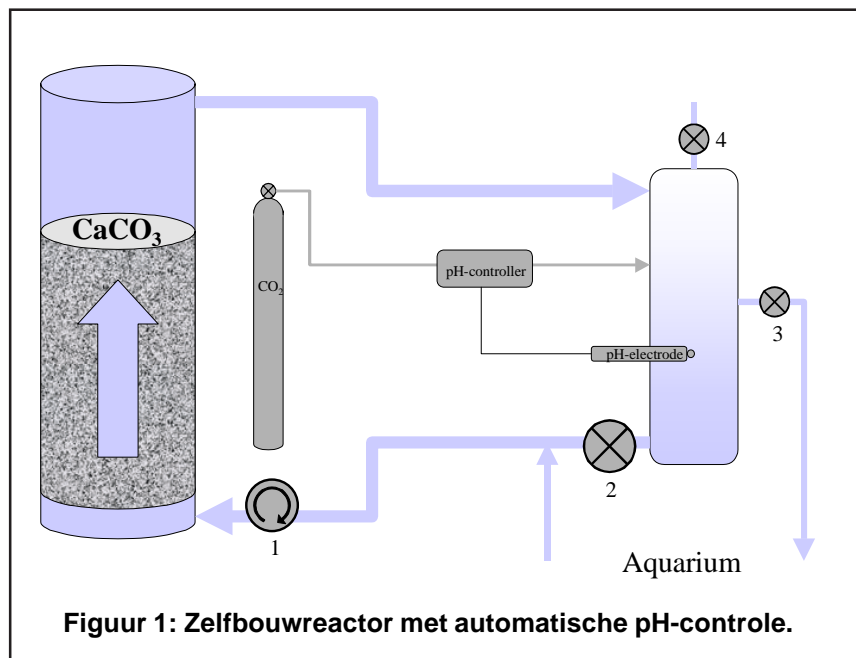
- * De kalkreactor is aanvankelijk weliswaar duurder, maar op termijn zeker het eenvoudigste systeem. Een goed afgeregelde reactor van voldoende capaciteit kan maandenlang draaien zonder enige interventie. Een nadeel van de kalkreactor is dat er altijd CO₂ meegevoerd wordt naar het aquarium, wat vooral bij (te) kleine reactoren wel eens voor problemen kan zorgen. In dit artikel wordt nagegaan hoe we dit probleem tot een minimum kunnen beperken.

Hoe werkt een kalkreactor?

Of het nu om een commerciële of om een zelfbouwreactor gaat, het werkingsprincipe is altijd hetzelfde. Aquariumwater wordt in een reactor aangezuurd met CO₂-gas tot een pH waarbij het in staat is kalk op te lossen. Dit zure water wordt over een kalkmassa gecirculeerd zodat het calcium kan opnemen. Het met calcium verrijkte water wordt tenslotte druppelsgewijs terug naar het aquarium geleid.



Mijn aquarium (foto op vorige blz) wordt van calcium voorzien door een zelfbouw-kalkreactor die enerzijds uit een grote PVC-buis bestaat en anderzijds uit een glazen reactorvaatje. De PVC-buis heeft een inhoud van 50 liter en is gevuld met 60 kg zuiver CaCO₃. Het glazen vaatje herbergt alle toe- en afvoeren, de CO₂-inlaat en de pH-electrode.



Figuur 1: Zelfbouwreactor met automatische pH-controle.

De inwendige circulatie wordt verzorgd door een kleine Eheim-1048 pomp (1). Door kraan (2) gedeeltelijk te sluiten ontstaat een lichte overdruk vòòr de kraan en een lichte onderdruk erachter waardoor het water automatisch van en naar het aquarium gaat lopen. Met het naaldventiel (3) kan de druppelsnelheid nauwkeurig ingesteld worden. Bovenaan het reactorvaatje is er nog een ontluftingskraan (4) die enkel tijdens de opstartfase gebruikt wordt. Gedurende de

normale werking gebeurt de ontluftung automatisch langs de afvoer naar het aquarium. De pH van de reactor wordt door middel van een controller constant gehouden.

Theorie en experiment.

Een nadeel van de kalkreactor is dat er altijd een beetje CO₂ meegevoerd wordt naar het aquarium met ongewenste gevolgen als pH-daling en algengroei. Er dient dus voor gezorgd te worden dat de calciumconcentratie in de uitloop van de reactor zo hoog mogelijk is zodat de druppelsnelheid zo laag mogelijk kan gehouden worden en dus ook de hoeveelheid CO₂ die in het aquarium gebracht wordt. Al te dikwijls tracht men de calciumafgifte van een kalkreactor te verhogen door de uitloopsnelheid te verhogen. Aanvankelijk zal dit inderdaad helpen, maar vanaf een bepaald debiet zal de calciumconcentratie in de uitloop teruglopen omdat het water simpelweg niet lang genoeg in de reactor blijft om zich te verzadigen met calcium. Bovendien wordt er steeds meer ongebruikt CO₂ in het aquarium gebracht. De limiet van de reactor is bereikt! Enkel een groter reactorvolume kan hier uitkomst bieden.

Om een idee te krijgen van het benodigde reactorvolume is het nodig de opnamesnelheid van het calcium te kennen. Hiervoor werd een kleine proefreactor gebouwd met een gelijkaardig reactorvaatje en met een potfilter in plaats van de PVC-buis en de pomp. De buis werd ongeveer half gevuld met substraat. Het experiment werd uitgevoerd met twee veel gebruikte substraten, CalciaLith en Hydrocarbonaat. Met behulp van electronenmicroscopie werd de structuur

en de chemische samenstelling van beide producten vergeleken. Figuur 2 op de volgende pagina toont opnamen bij een vergroting van 1000x, wat we hier zien is dus de microscopische structuur van één individuele korrel, CalciaLith blijkt een iets fijnere structuur te hebben. Naast de foto's zien we de bijhorende X-straalspectra waaruit blijkt dat beide producten vrijwel zuiver CaCO₃ zijn, bij CalciaLith vinden we zeer kleine hoeveelheden aluminium (Al), silicium (Si) en ijzer (Fe) terug. Merk op dat dit een logaritmische voorstelling is en dat deze hoeveelheden dus nagenoeg verwaarloosbaar zijn.

De pH van het systeem werd door middel van een controller op 6.25 ± 0.02 gehouden. Eerst werd de reactor, met gesloten CO₂-toevoer, langdurig gespoeld met aquariumwater totdat pH en alkaliniteit ongeveer gelijk waren aan die van het

aquarium. Daarna werd de uitloop naar het aquarium afgesloten zodat de reactor enkel intern verder circuleerde. De CO₂-toevoer werd geopend en door middel van de controller werd de pH snel op 6.25 gebracht. Het reactorwater begint nu onder invloed van de CO₂ het substraat op te lossen en door nu op regelmatige tijdstippen de calciumconcentratie in de reactor te meten kunnen we de opnamesnelheid van het calcium bepalen. Aanvankelijk



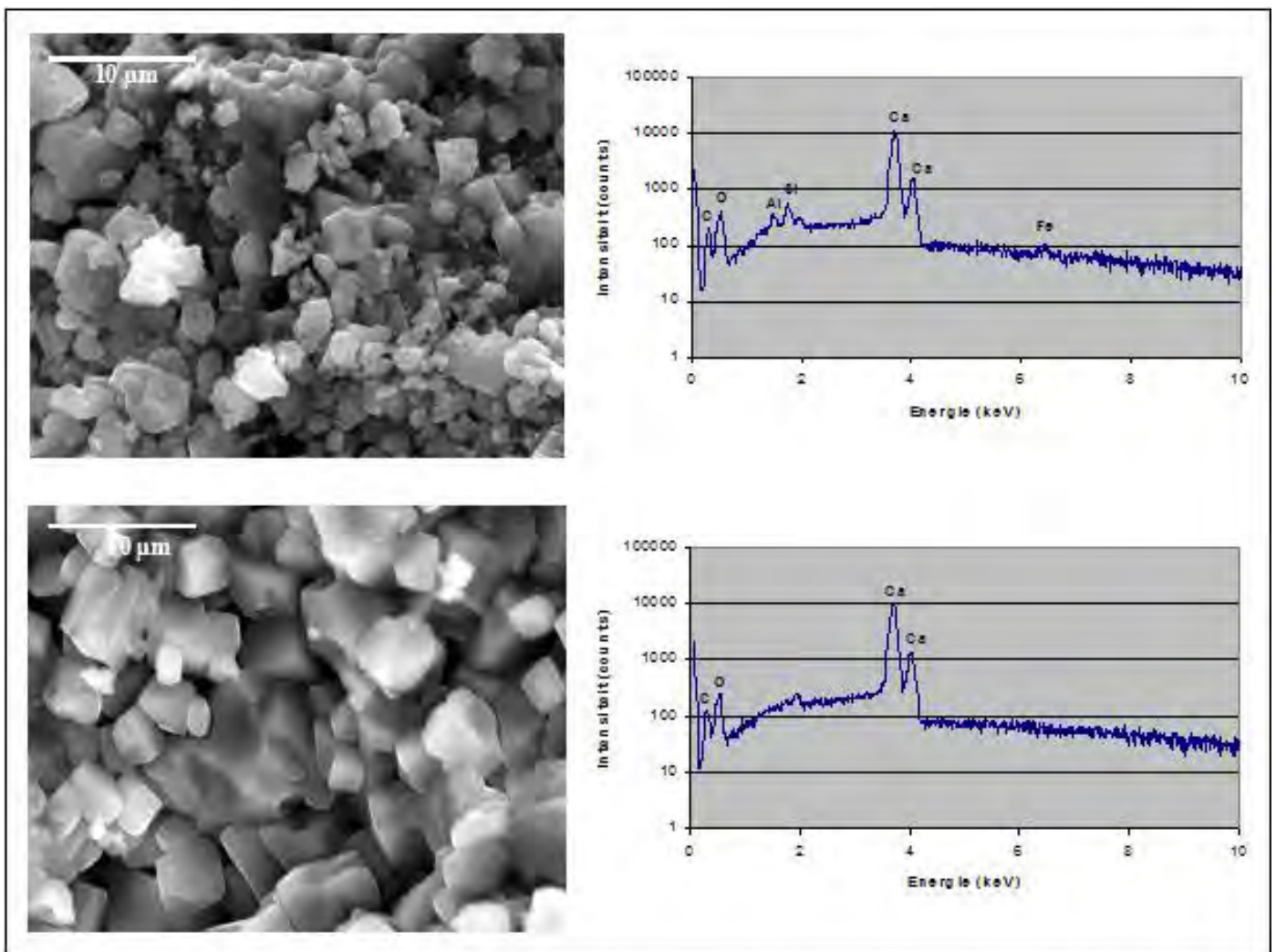
Foto 2: Om de opnamesnelheid van het calcium te bepalen werd een experimentele reactor gebouwd.

De resultaten.

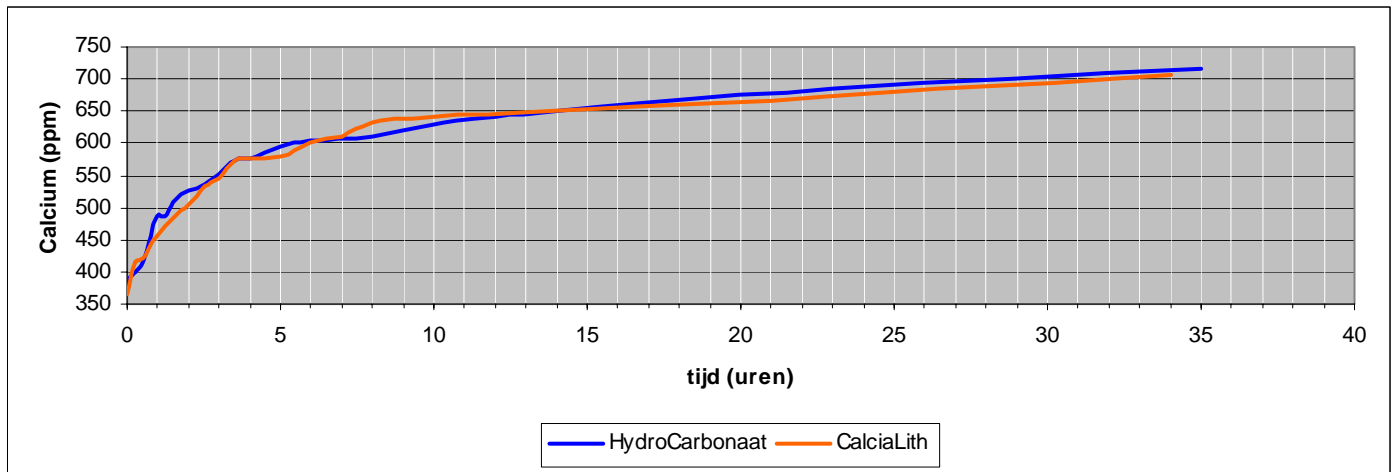
Uit figuur 3 blijkt dat de calciumopname aanvankelijk vrij snel verloopt maar dat het substraat steeds langzamer oplost en dat de uiteindelijke verzadiging slechts na meer dan 30 uren bereikt wordt. Eerder concludeerden we dat we moeten streven naar een zo hoog mogelijke calciumconcentratie in de reactoruitloop om de CO₂-belasting zo laag mogelijk te houden. Het is dus wenselijk een zo groot mogelijk reactorvolume te gebruiken om een zo lang mogelijke verblijftijd te bekomen. Vanaf een bepaalde verblijftijd wegen de praktische bezwaren van een steeds grotere reactor echter niet meer op tegen de geringe

calciumwinst die we boeken. Een verblijftijd van 5 uren lijkt een goed compromis, er is dan al een toename van 200 ppm calcium en vanaf dit punt begint de curve sterk af te vlakken. We nemen dus het reactorvolume zo groot als praktisch mogelijk is, waarbij een minimum verblijftijd van 5 uren wenselijk is.

werd om het kwartier het calcium gemeten, later werden deze tussenpozen langer. Zoals kon verwacht worden aan de hand van het elektronenmicroscopisch onderzoek bleek de opnamesnelheid vrijwel identiek te zijn voor beide substraten. De calciumopname in functie van de tijd werd voorgesteld in figuur 3.



Figuur 2: Elektronenmicroscopisch onderzoek van beide substraten, boven CalciaLith, onder HydroCarbonaat.



Figuur 3: Calciumopnamesnelheid voor beide substraten.

Mijn reactor heeft een uitloopsnelheid van 50 liter per dag, het netto watervolume van de reactor is ongeveer 25 liter wat resulteert in een verblijftijd van 12 uren. De calciumconcentratie in de uitloop ligt dan ook steeds in de buurt van 650 ppm.

Hoeveel calcium moet er toegevoegd worden?

Het antwoord hierop is eenvoudig: net zoveel als er verbruikt wordt. Met andere woorden, de calciumafgifte van de reactor moet zodanig ingesteld worden dat de calciumconcentratie in het aquarium constant blijft. Een éénmalige calciummeting is slechts een momentopname en heeft eigenlijk weinig waarde. Belangrijker is dat de concentratie constant blijft, alleen dan zijn we zeker dat er een evenwicht is tussen aanvoer en verbruik. Hoeveel dat verbruik precies is verschilt voor elk aquarium. De meeste natuurlijke riffen hebben een calcificatiesnelheid van 10 à 20 kg per m² per jaar. Dit betekent dat per vierkante meter belicht oppervlak er een jaarlijkse aangroei is van 10 à 20 kg. In een aquarium kan deze calcificatiesnelheid zelfs nog hoger zijn omdat er in vergelijking met natuurlijke riffen veel meer voedingsstoffen aanwezig zijn, een situatie die overigens naar mijn mening dient vermeden te worden door het water zo min mogelijk te belasten.

De calcificatiesnelheid in een aquarium kan eenvoudig berekend worden aan de hand van volgende parameters:

- de oppervlakte van het aquarium
- de calciumopname in de reactor
- de uitloopsnelheid van de reactor

Nemen we als voorbeeld mijn aquarium. De calciumconcentratie in het aquariumwater is 400 ppm, in de uitloop van de reactor is dat 650 ppm, een toename dus met 250 ppm.

Conclusies.

De conclusies zou ik willen samenvatten in een aantal tips om de kalkreactor zo efficiënt mogelijk te maken.

- * Zorg dat het reactorvolume voldoende groot is. Is dat niet zo dan hoeft niet noodzakelijk de ganse reactor vervangen te worden, soms is het al voldoende een tweede vat in serie te plaatsen met de bestaande reactor.
- * Gebruik als vulling gewoon calciumcarbonaat. Koraalbreuk is volgens mij minder geschikt omdat de verhouding van de verschillende elementen te zeer verschilt van die in natuurlijk zeewater. Calciumverbindingen die bij normale aquarium-pH oplosbaar zijn horen niet thuis in een kalkreactor.
- * Het overtollige CO₂ in de uitloop zorgt ervoor dat het calcium in oplossing blijft. Indien we dit CO₂ willen verwijderen kunnen we dat dus best doen nadat het water bij het aquariumwater gedruppeld is. We kunnen bijvoorbeeld de uitloop van de kalkreactor in de eiwitafschuimer leiden of in een goedbelucht compartiment van de sump.
- * Mocht de pH 's nachts toch nog teveel dalen dan kan eventueel de uitloop van de reactor 's nachts gesloten worden, laat in dat geval wel de inwendige circulatie gewoon verder lopen zodat het water zich verder kan aanrijken met calcium. Het gebruik van een pH-controller is dan wel noodzakelijk. Meet regelmatig, maak de berekening zoals ze in dit artikel werd voorgedaan en krijg op die manier een idee van het kalkverbruik en de groeisnelheid van de koralen.

Bij een uitloopsnelheid van 50 liter per dag geeft dit: $250 \text{ mg/l} \times 50 \text{ l/dag} = 12500 \text{ mg/dag} = 12.5 \text{ gram Ca per dag}$

Aangezien CaCO₃ slechts voor 40% uit Ca bestaat: $(12.5 : 40) \times 100 = 31.25 \text{ gram CaCO}_3 \text{ per dag}$

Dus per jaar: $31.25 \times 365 \text{ H} = 11.5 \text{ kg CaCO}_3 \text{ per jaar}$

Voor een aquarium van $1.3 \times 0.6 = 0.78 \text{ m}^2$ of: $11.5 : 0.78 = 14.7 \text{ kg per m}^2 \text{ per jaar}$