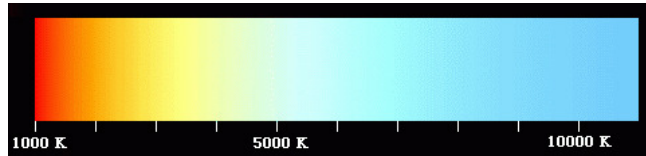




trum omdat dit de golflengten zijn die voor planten het best bruikbaar zijn. Ook voor de zee-wateraquistiek zijn speciale lampen ontwikkeld met een spectrum dat de natuurlijke kleur van vissen en koralen zo getrouw mogelijk weergeeft. Bovendien werd het spectrum aangepast aan de lichtbehoeften van de fotosynthetische koralen.

Omdat spectra moeilijk te vergelijken en te interpreteren zijn werd de term **kleurtemperatuur** ingevoerd. Kleurtemperatuur wordt uitgedrukt in graden Kelvin (K), hoe hoger de kleurtemperatuur van een lamp, hoe blauwer het licht dat ze produceert. Stel U in dit verband een



**Figuur 4: Kleurtemperatuurschaal**

zwartlichaam (bvb ijzer) voor dat langzaam verhit wordt, naarmate het lichaam warmer wordt zal het beginnen gloeien en zijn kleur zal evolueren van rood over wit tot blauw. Lage kleurtemperaturen worden meestal geassocieerd met 'warm' licht, hogere K-waarden worden als 'kouder' ervaren. Het is moeilijk om de kleurtemperatuurschaal grafisch voor te stellen, in figuur 4 wordt getracht het verband te tonen tussen kleur en kleurtemperatuur. Ter vergelijking: kaarslicht is ongeveer 2000 K, een gloeilamp produceert ongeveer 3000 K, daglicht is gemiddeld 5400 K, in de sneeuw of op het water kan dit oplopen tot 8000 K.

### Enkele begrippen

**Watt** is het elektrisch vermogen dat de lamp verbruikt. Dit verbruik is doorgaans evenredig met de hoeveelheid licht die geproduceerd wordt, toch kunnen 2 lampen met hetzelfde vermogen een verschillende hoeveelheid licht uitstralen. De verliezen die optreden zijn het gevolg van warmteontwikkeling in de lamp of de ballast. Zowel buislampen als HQI's veroorzaken bovendien een elektrisch faseverschil waardoor de stroom gaat voor- of naïjlen. Het gevolg hiervan is dat een grotere hoeveelheid elektriciteit verbruikt wordt dan normaal. Dit meerverbruik wordt weliswaar niet geregistreerd door de elektriciteitsmeter, en dus ook niet betaald, maar het dient wel geleverd te worden door de elektriciteitsmaatschappij. Bovendien loopt deze hogere stroom ook daadwerkelijk door onze elektrische installatie zodat leidingen en zekeringen onnodig belast worden. Hieraan kan verholpen worden door de juiste capaciteit in de installatie op te nemen, meestal staat het schema en de benodigde capaciteit vermeld op de ballast.

**Lumen** of lichtsterkte is de totale hoeveelheid licht die een lamp uitstraalt, ongeacht het spectrum. Om de meest efficiënte lamp te vinden zoeken we dus naar de hoogste verhouding Lumen/Watt.

**Lux** is de verlichtingssterkte, de hoeveelheid licht die op een bepaald oppervlak valt. Lux wordt uitgedrukt in Lumen per vierkante meter. Als het gaat over lichtbehoefte bij koralen is dus Lux de belangrijkste parameter omdat het aangeeft hoeveel licht werkelijk het koraal bereikt. Lumen zegt enkel hoeveel licht er door de lamp geproduceerd wordt, maar het hangt van een aantal andere factoren af hoeveel daarvan ook het koraal bereikt.

**PAR**, of Photosynthetically Active Radiation, is dat gedeelte van het licht dat beschikbaar is voor de fotosynthese. Het is vergelijkbaar met Lux, het verschil is dat PAR het volledige gebied van het zichtbaar licht bestrijkt, bij Lux ligt de nadruk op het centrale groen-gele gedeelte van het spectrum.

**PUR**, of Photosynthetically Usable Radiation, is het gedeelte van het licht dat ook werkelijk gebruikt wordt bij de fotosynthese. Koralen, of hun symbiosealgen, gebruiken slechts een ge-

deelte van het spectrum voor de fotosynthese, meestal in het blauwe en rode gebied, PUR brengt enkel deze straling in rekening. Probleem is dat dit gebied niet enkel verschillend is voor diverse koralen, maar bovendien kunnen de symbiosealgen zich aanpassen aan een bepaald soort licht waardoor de PUR dus gaat stijgen.

### Licht in het aquarium

Wat dit allemaal betekent voor ons zeeaquarium hangt in de eerste plaats af van het soort aquarium. Voor een bak met enkel vissen en geen levende koralen maakt het soort en de hoeveelheid licht eigenlijk weinig uit. De keuze zal dan vooral bepaald worden op basis van esthetische en financiële overwegingen.



**Figuur 5: Het aquarium van de auteur meet 130x60x60 cm en wordt verlicht met 2 x 250W HQI, 2 x 150W HQI en 2 x 30W TL.**

Wat het houden van koralen betreft zijn er twee opties: fotosynthetische koralen, die het grootste deel van hun energiebehoefte uit licht halen of

niet-fotosynthetische koralen die aangewezen zijn op voeding of chemische processen. Omdat het gericht voederen van koralen nog steeds een moeilijke en tijdrovende bezigheid is worden in het merendeel van de aquaria voornamelijk fotosynthetische koralen gehouden. Deze dieren zijn voor hun energiebehoefte afhankelijk van de symbiose-

algen of zooxanthellen in hun weefsel, die met behulp van licht de benodigde suikers produceren voor het koraal. In dit soort aquaria is licht dus een heel belangrijke factor, hierna zullen enkele aspecten van de aquariumverlichting nader besproken worden.

### HQI of TL?

HQI's zijn ontladingslampen die een zeer intens licht produceren, waarvan de kleur bepaald wordt door de metaal-halogeniden die in de lamp aanwezig zijn (vandaar de Engelse benaming *metal halides*). De kleur van TL-buizen wordt bepaald door de fluorescerende laag die op de binnenkant van de buis aangebracht is. In beide gevallen kan dus het spectrum van het geproduceerde licht precies afgestemd worden op het toepassingsgebied van de lamp. Toen de eerste HQI's ontwikkeld werden voor de zeewateraquaristiek hadden die een duidelijke voorgrond op de toenmalige TL's, waarvan het merendeel eigenlijk ontwikkeld was voor de zoetwateraquaristiek. Het belangrijkste voordeel van HQI was de hogere lichtintensiteit die kon bereikt worden. Met de komst van T5-lampen is inmiddels dit verschil grotendeels verdwenen, en koralen worden nu succesvol gehouden onder beide lamptypes. Toch zijn er nog enkele punten om in overweging te nemen:

- Voor hoge bakken (> 60 cm) is HQI toch iets beter geschikt om de eenvoudige reden dat de lichtbundel meer geconcentreerd kan worden en zodoende dieper in het water kan doordringen.
- HQI geeft, door het feit dat het een puntbron is, de typische rimpeling in het licht die we ook terugvinden op natuurlijke riffen. Sommige aquarianen vinden dit dan weer een storend element in de woonkamer.
- HQI geeft meer stralingswarmte af aan het aquariumwater en bij het gebruik van hoge lichtintensiteiten zal men dan ook snel genoodzaakt zijn één of andere vorm van koeling te voorzien.
- TL's kunnen gemakkelijker in een lichtkap verwerkt worden, HQI's worden vanwege de hoge warmteontwikkeling meestal vrij opgehangen boven het aquarium.

### Hoeveel lampen en van welke wattage?

De benodigde lichtintensiteit wordt vooral bepaald door de soort dieren die we op welke diepte in het aquarium willen houden. De meeste lps-koralen, zoals blaasjes-, hamer- en hersenkoralen, kunnen bij lagere intensiteiten gehouden worden. We kunnen deze dieren dus houden in aquaria met minder licht, maar we kunnen ze ook plaatsen op grotere diepte of in overschaduwde gebieden.



**Figuur 6 : Fel gekleurde Acropora's hebben grote hoeveelheden licht nodig om die kleur te behouden.**

Lps-koralen zoals Acropora-soorten vragen aanzienlijk meer licht, vooral als we hun prachtige kleuren willen behouden. Zij zijn in staat om het aantal symbiosealgen in hun weefsel aan te passen aan de lichtomstandigheden. Is er weinig licht dan zal het koraal meer symbiosealgen ontwikkelen om toch aan zijn energiebehoefte te voldoen. Zoals de meeste algen zijn deze symbiosealgen bruin en zullen dus met hun bruine kleur de werkelijke kleur van het onderliggende koraalweefsel overheersen. Krijgt het koraal meer licht dan zal een minimum aan symbiosealgen volstaan en zal de werkelijke kleur van het koraalweefsel beter zichtbaar worden. Exacte lichtsterkten geven in functie van de aquariumgrootte is onbegonnen werk, de volgende aanbevelingen zijn een gemiddelde van wat doorgaans geadviseerd wordt in combinatie met een lange persoonlijke ervaring. De wattages voor HQI's kunnen naar mijn mening ook voor TL's gehanteerd worden.

Voor een bak met voornamelijk spskoralen moet minimaal voor elke 60

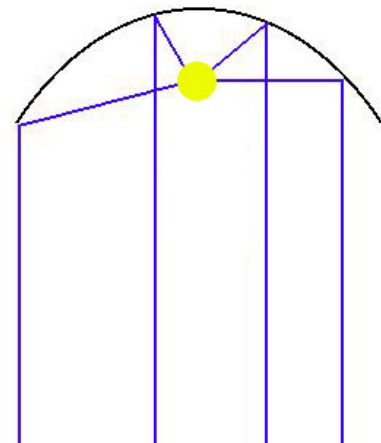
cm lengte een HQI-straler voorzien worden, we gaan er dan vanuit dat reflectoren en ophanghoogte zo gekozen worden dat elke lamp een oppervlak van ongeveer 60 x 60 cm verlicht. Bij een waterpeil tot 40 cm kunnen 150 Watt lampen gebruikt worden, tot 60 cm volstaan 250

Watt lampen en boven de 60 cm zullen 400 Watt of zelfs 1000 Watt lampen moeten gebruikt worden. Noteer hierbij dat bvb een lamp van 150 Watt en één van 250 Watt samen minder diep doordringen dan één lamp van 400 Watt. Anderzijds zullen meerdere kleine lampen minder schaduwen veroorzaken en bovendien kan dan een soort lichtcyclus opgezet worden met op het middaguur een maximum lichtsterkte. Mijn aquarium (figuur 5) wordt verlicht door 4 HQI's, van links naar rechts 150 Watt, 250 Watt, 250 Watt, 150 Watt en 2 TL's van 30 Watt. Het verlichtingsschema is als volgt:

8u30	TL's aan
9u30	HQI 1 en 3 aan
13u30	HQI 2 en 4 aan
17u30	HQI 1 en 3 uit
21u30	HQI 2 en 4 uit
22u30	TL's uit

Op die manier wordt 's ochtends en 's avonds een schemering gecreëerd van 1 uur en wordt tijdens de dag de verlichtingssterkte opgebouwd van 400 naar 800 en terug naar 400 Watt . Tot nu toe hebben we enkel over lichtsterkte (Lumen) gesproken, belangrijk is echter hoeveel licht uiteindelijk de koralen bereikt (Lux). Hierbij spelen enkele elementen een rol:

- *Reflectoren* kunnen het licht verspreiden of juist in een nauwere straal bundelen. Figuur 7 toont de weerkaatsing in een perfecte parabool, als de lichtbron in het brandpunt van de parabool staat, zal alle straling in een evenwijdige bundel in het aquarium belanden. Andere reflectorvormen zorgen voor andere lichtbundels, zij kunnen het ganze aquarium homogeen verlichten, of juist zorgen voor een nauwe lichtbundel om een bepaald koraal extra te belichten. Zorg er in elk geval voor dat het reflectoroppervlak zo glanzend mogelijk is en dat zoveel mogelijk licht in het aquarium terecht komt. Merk op dat de aquariumruiten onder water als spiegels fungeren, licht dat invalt op de ruiten zal terug in het aquarium gekaatst worden. Dit laat ons toe om op de bodem waar door overhangende koralen geen rechtstreeks licht invalt toch nog lichtbehoefte dieren te houden. De inleidende foto van dit artikel toont een Tridacna die vrijwel geen rechtstreeks licht krijgt, zij heeft zich echter naar de aquariumruut toegekeerd en maakt gebruik van het gereflecteerde licht. Bijkomend voordeel is hier dat we als het ware met het licht meekijken naar deze Tridacna en zodoende de mooiste kleurweergave zien.



**Figuur 7: paraboolreflector**

- *De afstand tussen de lampen en het wateroppervlak* heeft uiteraard ook een invloed op de Lux . In principe is het zo dat de verlichtingssterkte kwadratisch afneemt met de afstand, als dus de afstand van 10 naar 20 cm verhoogt wordt de Lux 4 keer kleiner. Gelukkig wordt een deel van dit effect opgevangen door de reflector, bij een perfect parabolische reflector is de afstand zelfs van geen belang omdat al het licht in een evenwijdige bundel naar beneden valt.
- *UV-afscherming.* Sommige lampen zenden een kleine hoeveelheid UV-A, UV-B en soms zelfs UV-C uit. Men is het er nog niet over eens of dit UV-licht schadelijk is voor de kora-

len of integendeel zorgt voor een intensere kleuring. In elk geval is dit licht schadelijk voor onze ogen en is een afscherming in de meeste gevallen raadzaam. Gewoon glas houdt het merendeel van het UV-licht tegen, enkel kwartsglas is perfect doorlaatbaar voor UV. De buislampen die voor koralengroei ontwikkeld zijn stralen geen UV uit, bij de HQI's zijn het enkel de zogenaamde double-ended lampen (TS-vattingen) die UV-licht uitstralen omdat het lamplichaam uit kwarts vervaardigd is. Bij de HQI's met schroefvatting wordt het UV afgeschermd door de extra glazen mantel die rond deze lampen zit.

- *Afdekruiten* kunnen een aanzienlijke portie van het licht tegenhouden, vooral als ze niet zorgvuldig schoongehouden worden, ze kunnen dan ook best vermeden worden indien mogelijk. Hetzelfde geldt voor glazen steunstrips, probeer steeds de lampen tussen de strips te hangen of opteer voor steunstrips die niet dwars over het aquarium gekleefd worden.
- *De helderheid van het water* is een vaak onderschatte factor in verband met de verlichtingssterkte. Ook al lijkt het niet zo, vaak is het aquariumwater lichtjes geel gekleurd en worden belangrijke golflengten op een diepte van enkele centimeter al geabsorbeerd. Een goede test hiervoor is naar een stuk wit plastic te kijken door een zo lang mogelijke waterkolom. Als het plastic er lichtjes geel uitziet betekent dit dat er geelkleuring in het water is, het filteren over kool brengt dan meestal uitkomst. Regelmatige waterverversing is een alternatief voor wie liever geen houtskool gebruikt zoals ikzelf.
- Zowel voor HQI's als TL's blijkt de voorschakelapparatuur een invloed te hebben op het rendement van de lamp, raadpleeg hiervoor de voorschriften van de fabrikant die meestal een bepaald type zal aanbevelen. Uit recente studies blijkt zelfs dat sommige 400 Watt HQI's nauwelijks meer licht produceren dan 250 Watt HQI's omdat deze laatste elektrisch efficiënter werken.

### **Welke kleurtemperatuur?**

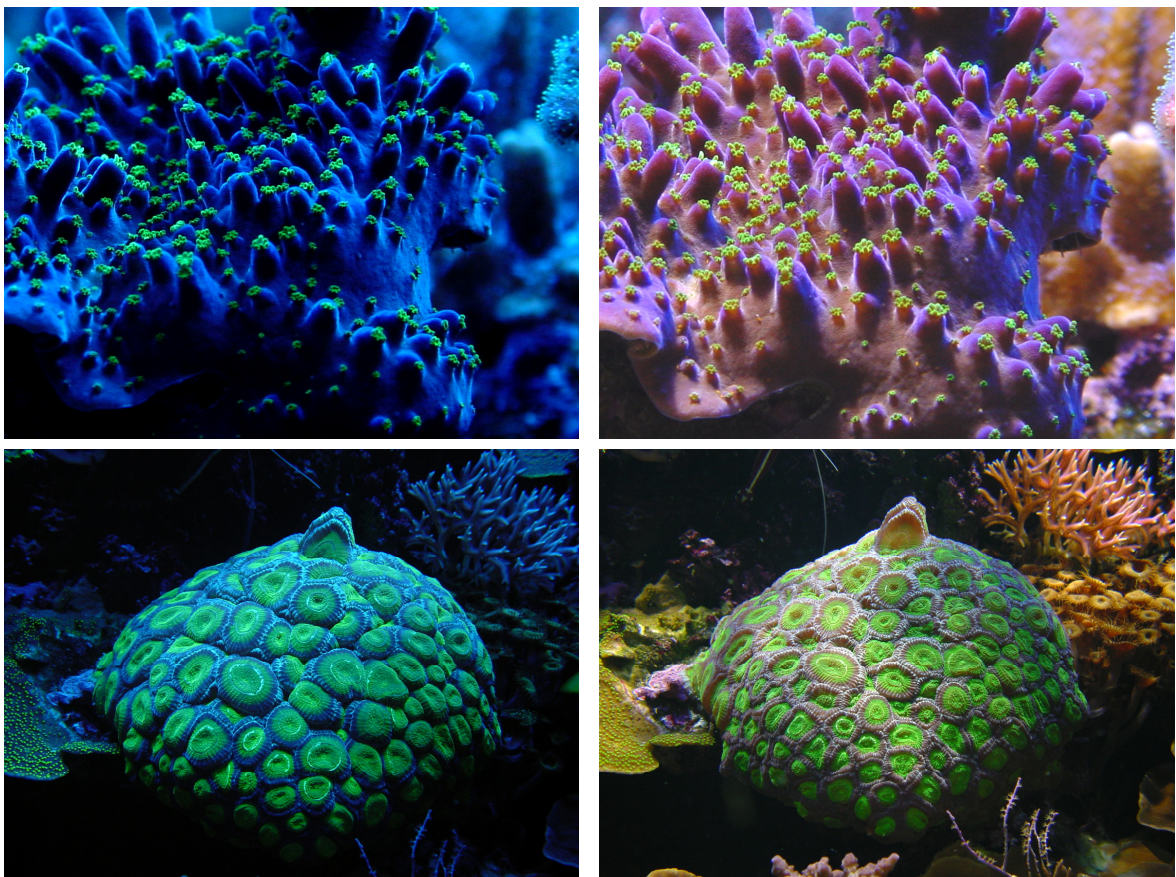
Recent is er zowel bij TL's als HQI's een trend naar steeds hogere kleurtemperaturen waarneembaar. Het achterliggende idee is dat koralen in de natuur op enkele meter diepte leven en dat op die diepte een deel van het rode en gele licht reeds geabsorbeerd is. Het overblijvende licht bevat dan een relatief groter blauwaandeel en heeft dus een hogere kleurtemperatuur. Ook hier moeten enkele punten in overweging genomen worden:

- Vele koralen leven in de natuur op het rifdak, wat betekent dat ze bij eb nauwelijks een meter onder water staan en dat ze bij vloed zelfs tijdelijk boven water komen te staan. Het zonlicht, dat zoals gezegd een kleurtemperatuur van 5400 K heeft, zal hier niet of nauwelijks geabsorbeerd worden.
- De meeste lampen van meer dan 10000 K hebben een beduidend lager PAR-aandeel dan de 6500 K types. Dikwijls is de hogere kleurtemperatuur enkel het gevolg van een lager aandeel in het geel-groene bereik waardoor de lamp relatief blauwer wordt. Voor koralen maakt het echter weinig uit welke kleurtemperatuur het licht heeft, intensiteit is voor hen belangrijker dan kleur. Anders zou het zijn als het spectrum kon worden aangepast aan de PUR-behoefte van de koralen, als met andere woorden precies die golflengten zouden kunnen aangeboden worden die het koraal gebruikt voor de fotosynthese. Door de verschillende en steeds veranderende behoeften blijft dit echter voorlopig onmogelijk.

- Naast de lichtbehoefte van de koralen is er natuurlijk ook het esthetische aspect, koralen zien er anders uit onder verschillende lichtomstandigheden. Blauwe kleuren zullen niet of nauwelijks zichtbaar zijn als het licht weinig blauw bevat, anderzijds zullen rode kleuren vrijwel zwart lijken onder blauw licht. Los van de kleurtemperatuur is het daarom belangrijker dat alle kleuren in meer of mindere mate aanwezig zijn in het spectrum. Daarom is het veelal beter een combinatie van lampen met verschillende kleurtemperaturen te gebruiken dan uitsluitend lampen van één type. Zo is bijvoorbeeld de combinatie van 10000 K HQI's met actine buislampen zeer populair.
- Vele koralen hebben groene of gele fluorescerende kleuren, die fluorescentie is het hoogst onder kortgolvig, blauw licht zoals actine TL's. Figuur 7 toont opnamen van 2 koralen met fluorescerende poliepen, aan de linkerzijde belicht met Osram 67 TL's en aan de rechterzijde met Aqualine 10000 K HQI's.

### Conclusie

Wat de koralen betreft is de verlichtingssterkte belangrijker dan het spectrum. Zowel HQI als



**Figuur 7 : Fluorescentie onder kortgolvig licht bij Acropora en Favia koralen**

T5 kunnen tot goede resultaten leiden met een lichte voorkeur voor HQI bij zeer lichtbehoeftige koralen of hoge aquaria. Een combinatie van meerdere lampen, eventueel met verschillend spectrum, is beter dan een kleiner aantal lampen met een hogere lichtsterkte. De keuze van de kleurtemperatuur is vooral een esthetische en financiële overweging.