

Teelt van Europese rivierkreeft (*Astacus astacus*) in recirculatiesystemen



De invloed van kunstlicht op zoötechnische prestaties en gedrag



Odisee Campus Waas
Agro- & biotechnologie

Odisee
HOGESCHOOL

Thomas Abeel
Promotor: Stef Aerts
Februari 2017



AQUA-ERF

**ASSOCIATIE
K.U. LEUVEN**

Inhoudstafel

Samenvatting.....	3
Projectgegevens.....	4
1 Situering en doelstellingen.....	5
2 Licht en zoötechnische prestaties.....	6
2.1 Kleurtemperatuur en verlichtingssterkte.....	6
2.2 Fotoperiode.....	7
2.3 Maancyclus en vervellingssynchronisatie.....	8
3 Stress en welzijn.....	11
3.1 Fysiologische stressmaten.....	11
3.2 Gedragsobservatie.....	11
4 Lichtmetingen.....	14
Bijlage: Referenties output PWO ASTAgood.....	16

Samenvatting

Wereldwijd is er een toenemende interesse in de intensivering van "astacicultuur" - de teelt van rivierkreeften. In onze contreien ontstond de laatste jaren interesse voor de intensieve teelt van Europese rivierkreeft. Deze soort heeft een groot potentieel als lokaal aquacultuurproduct omwille van haar eenvoudige levenscyclus, hoge marktwaarde, lekkere smaak en het feit dat ze met laagwaardig voeder kan worden gekweekt.

In Aqua-ERF onderzochten we in welke mate verschillende lichtomstandigheden in een intensief kweekstelsel de zoötechnische prestaties en het gedrag van deze dieren beïnvloeden. Het teelttechnisch onderzoek gebeurde in een recirculatiesysteem, voorzien van computergestuurde TL-verlichting. Gedragsobservaties werden uitgevoerd met behulp van een aangepast plusdoolhof. Om ons toe te laten de verlichting accuraat af te stellen voor deze experimenten, werd een methode ontwikkeld om de lichtcondities onder water te meten.

De rivierkreeften werden in een eerste experiment blootgesteld aan twee verlichtingssterktes (38 lux en 761 lux) en drie kleurtemperaturen (5500K, 3800K en 2600K). In een tweede experiment werden vijf fotoperiodes uitgetest: uren licht:donker (L:D) 24:0, 8:16, 12:12, 16:8 en 0:24. Uit dit onderzoek bleek dat Europese rivierkreeften het best groeien onder zwakke belichting (38 lux) en bij lange fotoperiodes (L:D 16:8 en 24:0). Onder deze omstandigheden vertonen ze ook de minste stressgerelateerde gedragingen. De kleurtemperatuur van wit licht (koud, neutraal of warm) heeft geen invloed op de groei of op het gedrag.

De vervellingscyclus van Europese rivierkreeften wordt beïnvloed door de maanfasen. Daarbij doet het grootste aantal vervellingen zich voor rond nieuwe maan. In een derde experiment onderzochten we in welke mate we de vervelling kunnen sturen door de maancyclus te manipuleren. Het doel hiervan was te achterhalen of we de vervellingsfase meer konden synchroniseren. Daardoor zou het kannibalisme onder de rivierkreeften drastisch kunnen afnemen. Kannibalisme vindt immers hoofdzakelijk plaats tijdens het kwetsbare vervellingsstadium. In het experiment zagen we echter geen effect van de gesimuleerde maanfasen op de vervellingsynchronisatie. Bijgevolg ziet het er naar uit dat het manipuleren van de maancyclus niet kan worden gebruikt om de vervellingscyclus te synchroniseren.

We kunnen concluderen dat vooral verlichtingssterkte en fotoperiode een belangrijke invloed hebben op de groei en het gedrag van rivierkreeften. Ons onderzoek toonde aan dat Europese rivierkreeften best presteren onder zwak licht en lange daglengte. Afgaand op de gedragsobservaties, blijken deze condities ook minder stressgeïnduceerd gedrag te veroorzaken. Deze resultaten geven een eerste indicatie van de vereiste lichtomstandigheden in de intensieve teelt van Europese rivierkreeft. Diepgaander onderzoek is echter aangewezen om de lichtomstandigheden verder te optimaliseren.

Projectgegevens

Projecttitel:

Optimalisatie van de teelt van *Astacus astacus*: invloed van teeltparameters op smaak, vervelling en welzijn (ASTAgood)

Looptijd: september 2013 - september 2016

Projectleider: Stef Aerts

Medewerkers: Thomas Abeel, Jurgen Adriaen, Wouter Meeus, Inge Platteaux, Guy Durinck, Jan Aude-naert, Laurens Van de Perre, Ella Roelant, Hilde Vervaecke

Contact: stef.aerts@odisee.be

Opleiding: Agro- & biotechnologie

Partner: ESAT/Light & Lighting Laboratory KU Leuven

Dit onderzoek werd gesteund met de PWO-middelen van Odisee

1 Situering en doelstellingen

In september 2011 startte Odisee - toen nog onder de naam HUB-KAHO - met een PWO-project rond de intensieve teelt van Europese rivierkreeft. Deze soort beschikt over een aantal kenmerken die haar tot een interessante kandidaat maken voor aquacultuur in Vlaanderen. De inheemse rivierkreeft is een lokaal product met een hoge marktwaarde, een lekkere smaak en ze kan bovendien duurzaam gekweekt worden met goedkoop voeder. In kader van dat onderzoek werd in het onderzoekscentrum Aqua-ERF gewerkt aan de optimalisatie van de teelt in recirculatiesystemen. Er werd samengewerkt met het studiegebied handelswetenschappen en bedrijfskunde voor de uitvoering van een markt- en rendabiliteitsstudie¹.

In het vervolgproject "PWO ASTAgood" onderzochten we de effecten van verschillende lichtomstandigheden op de zoötechnische prestaties en het gedrag van Europese rivierkreeften. De resultaten daarvan worden besproken in dit rapport.

Licht en vervelling

Hoewel geweten is dat belichting de groei en het gedrag van rivierkreeften beïnvloedt, zijn de optimale lichtomstandigheden voor intensieve teelt van Europese rivierkreeften niet gekend. Daarom werden in samenwerking met het Laboratorium voor Lichttechnologie (ESAT, KULeuven) drie experimenten opgestart om te achterhalen of we met aangepast kunstlicht de zoötechnische prestaties van rivierkreeften kunnen verbeteren of zelfs kannibalisme kunnen reduceren.

Stress en welzijn

Gezien de solitaire en kannibalistische aard van de Europese rivierkreeft, zouden intensieve teeltomstandigheden stress kunnen veroorzaken. Dit kan een nefaste impact hebben op hun welzijn en zoötechnische prestaties. Om eventuele welzijnsproblemen aan het licht te brengen, werd stress- en gedragsonderzoek geïmplementeerd in de teelttechnische proeven. We zochten naar een verband tussen de zoötechnische prestaties en gedragsmatige stressindicatoren.

Lichtmetingen

Om bovenstaande experimenten uit te voeren, was het noodzakelijk dat de gecreëerde lichtomstandigheden accuraat werden gemeten, afgesteld en opgevolgd. Om te weten in welke lichtomstandigheden de kreeften zich precies bevonden, wilden we de belichting meten onder water, vlak bij de tankbodem. Gezien voor deze toepassing geen kant-en-klare meetapparatuur voorhanden is, werkte het Laboratorium voor lichttechnologie een opstelling uit voor het meten van absolute irradiantie onder water.

¹ Zie ook: Abeel, T., Adriaen, J., Meeus, W., Himpe, W., Roelant, E., Sannen, A., Laevens, H., Van Der Elst, J., Aerts, S. (2014). Eindrapport PWO-project: Technische en economische evaluatie van de productie van Europese rivierkreeft (*Astacus astacus*) in recirculatiesystemen.

2 Licht en zoötechnische prestaties

In samenwerking met het Laboratorium voor Lichttechnologie werden drie experimenten opgestart om te achterhalen of we door middel van aangepast kunstlicht de prestaties van rivierkreeften kunnen optimaliseren en zelfs kannibalisme kunnen reduceren.

Het teelttechnisch onderzoek werd uitgevoerd in Aqua-ERF, het onderzoekcentrum voor aquacultuur van Odisee. Het bestaande kweekstelsel voor rivierkreeften werd voor deze lichtproeven voorzien van computergestuurde TL-verlichting (Aquastar, IKS GmbH). Zo werd het mogelijk om de tanks van verschillende kleurtemperaturen, lichtintensiteiten, fotoperiodes en maanlichtsimulatie te voorzien (zie figuur 1).



Fig. 1: de proefopstelling in Aqua-ERF

2.1 Kleurtemperatuur en verlichtingssterkte

Om te achterhalen in welke mate de kleurtemperatuur van wit licht en de verlichtingssterkte een effect hebben op de groei en overlevingskans van de rivierkreeften, werd een experiment uitgevoerd. Europese rivierkreeften werden gedurende 200 dagen blootgesteld aan drie kleurtemperaturen (5500K, 3800K en 2600K) en twee verlichtingssterktes (38 lux en 761 lux) getest.

Materiaal en methoden

Er werd gebruik gemaakt van drie verschillende Philips T8-lamp types om de verschillende kleurtemperaturen te bekomen. De twee verlichtingssterktes werden verkregen door gewone TL-armaturen en afgeschermd armaturen te gebruiken. Op deze manier werden zes behandelingen verkregen (zie tabel 1). De tanks werden afgeschermd met zwarte zeilen om lichtinval uit andere behandelingen te vermijden. Iedere behandeling werd uitgevoerd in drievoud. Om de groei te bepalen, werden zowel het gewicht als de occipitale carapaxlengte (OCL) opgevolgd (zie figuur 2).

Lichtconditie	Lamp type	Cover	Intensit.	Spectrum
koud fel licht	Philips T8 36W 865	nee	761 lux	CCT ≈ 5500 K
neutraal fel licht	Philips T8 36W 840	nee	761 lux	CCT ≈ 3800 K
warm fel licht	Philips T8 36W 827	nee	761 lux	CCT ≈ 2600 K
koud zwak licht	Philips T8 36W 865	ja	38 lux	CCT ≈ 5500 K
neutraal zwak licht	Philips T8 36W 840	Ja	38 lux	CCT ≈ 3800 K
warm zwak licht	Philips T8 36W 827	ja	38 lux	CCT ≈ 2600 K

Tabel 1: de zes lichtomstandigheden in het experiment rond kleurtemperatuur en verlichtingssterkte



Fig. 2: meting occipitale carapaxlengte

Resultaten

De gemiddelde gewichtstoename tijdens het experiment bedroeg $0,900 \pm 0,112$ g (gem. \pm stdev). Er werd geen significant verschil gevonden tussen de zes behandelingen. Wanneer we de behandelingen echter groeperen per verlichtingssterkte, blijken kreeften uit 38 lux een significant hogere groei te vertonen dan die uit de behandeling met 761 lux (Mann-Whitney-test, $p=0,040$). Naarmate de kleurtemperatuur hoger wordt zien we dat de groei enigszins toeneemt onder fel licht en afneemt onder zwak licht. Dit effect van kleurtemperatuur bleek echter niet significant (Kruskal-Wallis-test, $p=0,998$). De resultaten worden weergegeven in figuur 3.

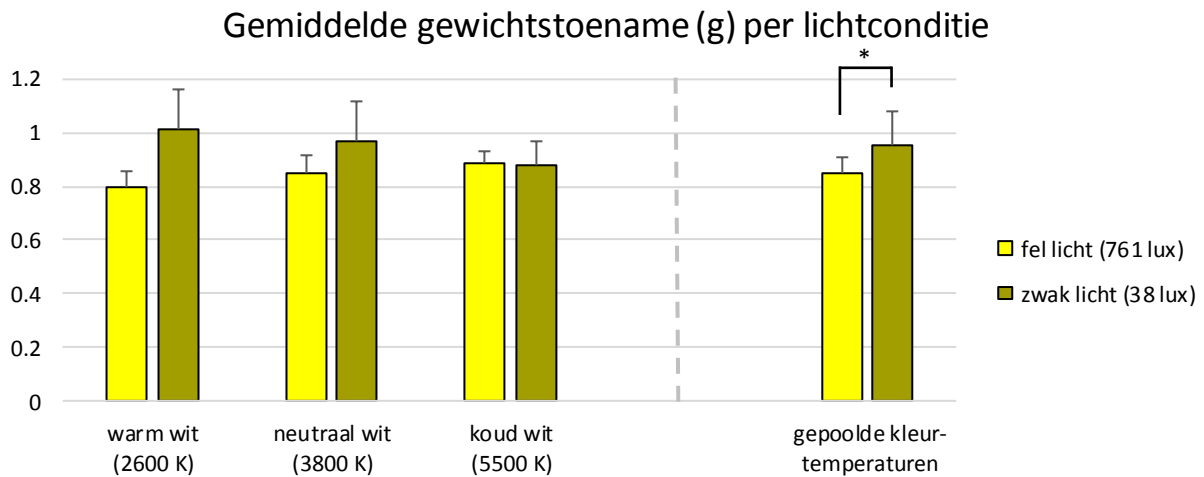


Fig. 3: gewichtstoename voor de verschillende lichtomstandigheden (asterisk duidt op een significant verschil)

Conclusie

In dit experiment bleek de kleurtemperatuur van wit licht geen significant effect te hebben op de groei van Europese rivierkreeften. Desondanks lijkt er toch een subtiel verschil te zijn tussen de behandelingen met verschillende kleurtemperaturen. Verlichtingssterkte blijkt dan weer wel een belangrijke invloed te hebben op de groei, waarbij zwak licht tot betere groei leidt dan fel licht. Er werden slechts twee verlichtingssterktes uitgetest: 38 en 761 lux. Om de optimale verlichtingssterkte te achterhalen zou de invloed van meerdere luxwaarden tussen 0 en 750 lux moeten worden onderzocht.

2.2 Fotoperiode

Voor verschillende soorten van rivierkreeft werd reeds aangetoond dat daglengte de groei beïnvloedt. Welke daglengte precies optimaal is voor de intensieve productie van Europese rivierkreeften is echter niet bekend. Om dit te achterhalen, onderworpen we rivierkreeften aan vijf verschillende dag-nachtregimes.

Materiaal en methoden

468 Europese rivierkreeften werden gedurende 200 dagen blootgesteld aan onderstaande fotoperiodes. Iedere behandeling werd uitgevoerd in drievoud:

- 0 uur licht : 24 uur donker
- 8 uur licht : 16 uur donker
- 12 uur licht : 12 uur donker
- 16 uur licht : 8 uur donker
- 24 uur licht : 0 uur donker

Resultaten

Er werd een significant verschil gevonden tussen de behandelingen voor gewichtstoename (Kruskal Wallis test, $p = 0,049$). Twee aan twee post hoc testen vonden echter geen significant verschil. Er werd wel een significant verschil gevonden tussen de behandelingen met 12 en 24 uur licht voor de toename in occipitale carapaxlengte (Kruskal Wallis test, $p = 0,047$). In de figuren 4 en 5 worden de resultaten voor gewicht en OCL getoond.

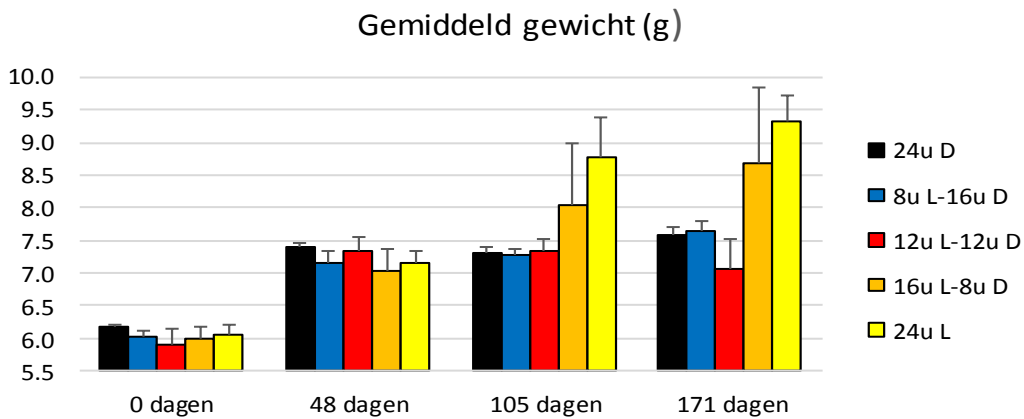


Fig. 4: gemiddeld gewicht per fotoperiode

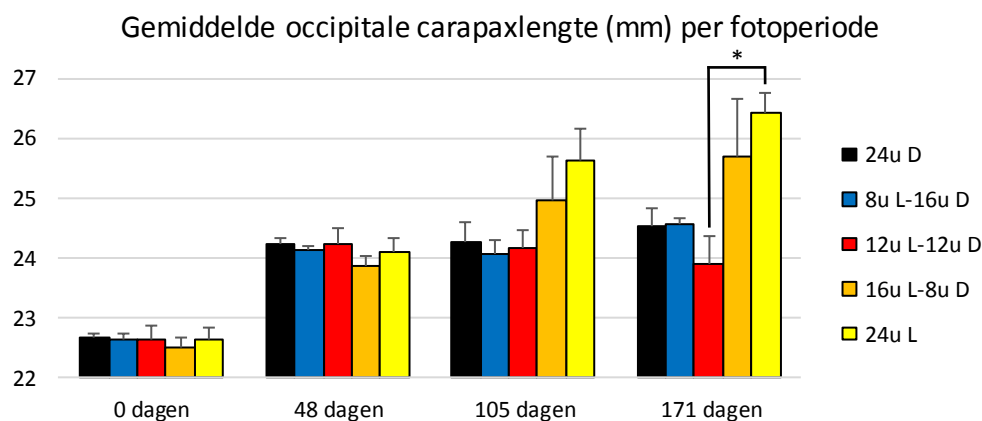


Fig. 5: toename occipitale carapaxlengte onder invloed van verschillende fotoperiodes (asterisk duidt op een significant verschil)

Conclusie

Daglength heeft een belangrijke impact op de groei van Europese rivierkreeften in recirculatiesystemen. Rivierkreeften die werden blootgesteld aan 0, 8 of 12 uren licht per dag, stopten na enkele weken met groeien. Een zomerregime van 16u licht per dag leidde tot aanvaardbare groei, terwijl continue belichting de beste resultaten opleverde. De fotoperiode lijkt als *Zeitgeber* voor het groeiseizoen te functioneren. Ondanks de optimale kweekomstandigheden in het recirculatiesysteem (watertemperatuur van 21°C en ad libitum voeder), blijkt de fotoperiode bepalend te zijn voor de groei. Uitsluitend dieren die onder langere daglength of continu licht werden gehouden vertoonden een noemenswaardige groei. Het manipuleren van de fotoperiode blijkt dus een bepalende factor te zijn voor de succesvolle intensivering van de teelt.

2.3 Maancyclus en vervellingsynchronisatie

De vervellingscyclus van Europese rivierkreeften wordt beïnvloed door de maanfasen. Franke en Hoerstgen-Schwarz toonden in 2013 aan dat bij nieuwe maan een piek in het aantal vervellingen plaatsvindt. Door de maancyclus kunstmatig om te draaien, verschuift ook deze vervellingspiek.

Kannibalisme vormt een belangrijk probleem voor de ontwikkeling van intensieve teelt van rivierkreeften. De dieren zijn zeer kwetsbaar tijdens de vervellingsfase of ecdysis, waardoor ze vaak ten prooi vallen aan hun soortgenoten. Indien de vervellingspiek meer gesynchroniseerd kan verlopen, kan dit leiden tot minder kannibalisme. Daarom onderzochten we in welke mate een gemodificeerde maancyclus kan leiden tot een betere synchronisatie van de vervellingen bij Europese rivierkreeft.

Materiaal en methoden

540 Europese rivierkreeften werden gedurende 115 dagen blootgesteld aan zes verschillende maanfasesimulaties. Iedere behandeling werd uitgevoerd in drievoud:

- Simulatie synchroon met de werkelijke maancyclus van **vier weken**. De zes dagen rond volle maan branden 's nachts gedimde TL-lampen aan 1,75 lux. Buiten die periode wordt 's nachts geen maanlicht gesimuleerd (0 lux);
- Ingekorte maancyclus van **drie weken**;
- Ingekorte maancyclus van **twee weken**;
- **Verlengde volle maansimulatie**, waarbij drie weken per maand 's nachts maanlicht aan 1,75 lux wordt gesimuleerd;
- **Geen volle maansimulatie**, waarbij het 's nachts altijd donker is (0 lux);
- **Realistische** computergestuurde maansimulatie (IKS Aquastar), waarbij dagelijks rekening wordt gehouden met de reële maansopkomst, -ondergang en de verlichtingssterkte.

Resultaten

Om te achterhalen of de maansimulatie een effect had op de vervellingssynchronisatie, bekeken we per behandeling het gemiddeld aantal vervellingen op dagen met en zonder maanlichtsimulatie. In figuur 6 worden de resultaten van deze analyse weergegeven. De behandeling met de computergestuurde maansimulatie werd niet opgenomen in deze resultaten, omdat hier geen duidelijk onderscheid kon worden gemaakt in dagen met en zonder maanlicht. De overgang van volle maan (1,75 lux) naar nieuwe maan (0 lux) verliep immers geleidelijk, waardoor het enkel bij nieuwe maan compleet donker was.

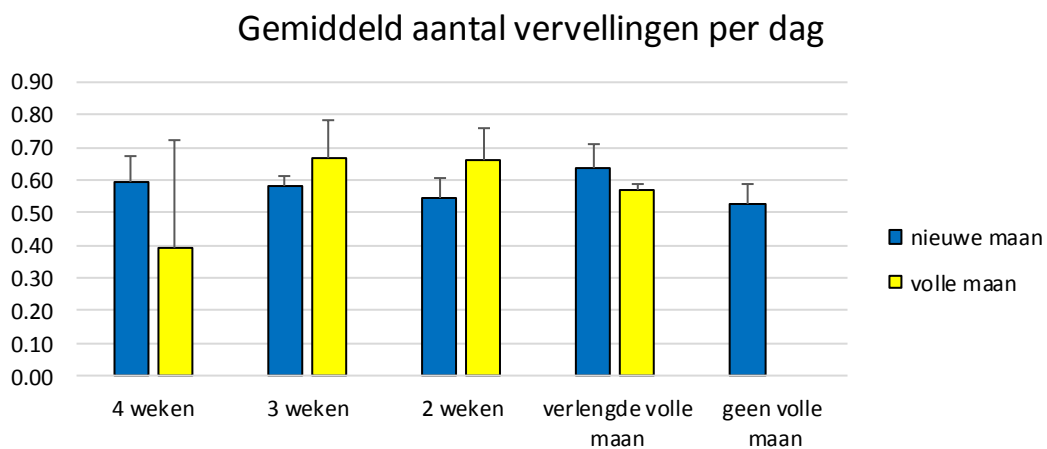


Fig. 6: aantal vervellingen per dag bij gemodificeerde maancycli

Voor de statistische verwerking van de resultaten, gebruikten we een 'linear mixed model' voor het aantal vervellingen. We namen de behandeling en de aanwezigheid van maanlicht als 'fixed effects' en de tank (replica) als 'random effect'. Hierbij zagen we dat er geen significante invloed is van zowel de behandeling ($p=0,785$) als van de aanwezigheid van maanlicht ($p=0,88$) op het aantal vervellingen per dag.

Conclusie

De gesimuleerde maancycli hadden geen invloed op de synchronisatie van de vervellingen. Dit is tegenstrijdig met de bevindingen van Franke en Hoerstgen-Schwark (2013). Mogelijk is het verschil in resultaten te wijten aan subtiele verschillen in de proefopzet. Hoewel we onze maansimulatie qua timing en verlichtingssterkte gebaseerd hebben op de methode van voornoemde onderzoekers, verschilde de lichtbron die ge-

bruikt werd voor de maanlichtsimulatie. Franke en Hoerstgen-schwark gebruikten namelijk een gloeilamp voor de simulatie van volle maan, terwijl wij om praktische redenen werkten met T8-lampen met een kleurtemperatuur (CCT) van 2600 K (warm wit licht).

Mogelijk hebben deze kleine verschillen een invloed gehad op de resultaten van het experiment. Toch lijkt het onwaarschijnlijk dat een synchronisatie van de vervellingsperiode kan worden versterkt of gemanipuleerd onder invloed van een aangepaste maancyclus. Het effect is misschien wel groter bij juvenielen.

Referentie

Franke, R. Hoerstgen-Schwark, G. (2013). Lunar-Rhythmic molting in Laboratory Populations of the Noble Crayfish *Astacus astacus* (Crustacea, Astacidea): An Experimental Analysis. PLoS ONE. 8(7): e68653.

3 Stress en welzijn

Gedurende het teelttechnisch onderzoek wilden we de impact van teeltomstandigheden op stressniveaus en dierenwelzijn monitoren. Dit deden we op twee manieren. Enerzijds maten we fysiologische stressindicatoren in het hemolymfe of 'bloed' van de rivierkreeften. Daarnaast gingen we op zoek naar stressgerelateerde gedragingen, waarbij we observaties uitvoerden zowel in de kweektanks als in aparte experimentele opstellingen.

3.1 Fysiologische stressmaten

Uit de literatuur blijkt dat bij schaaldieren het eiwitgehalte, glucose, lactaat en (pro)phenoloxidase in het hemolymfe gehanteerd worden als stressindicatoren. Na afloop van het experiment met verschillende kleurtemperaturen en verlichtingssterktes namen we hemolymfestalen ter bepaling van de fysiologische stressniveaus.

Materiaal en methoden

Met behulp van microliterspuiten (Hamilton, model 1710 TLL-XL, 100 µl) werden bij rivierkreeften uit de verschillende lichtomstandigheden hemolymfestalen genomen door extractie uit de ventrale sinus. Het gebruikte anticoagulans werd aangeleverd door João Dantas Lima (Imaqua/UGent) en werd ontwikkeld voor toepassingen bij reuzengarnalen (*Macrobrachium rosenbergii*). Door het kleine formaat van de rivierkreeften kon slechts een beperkte hoeveelheid hemolymfe worden onttrokken. Daarom beslisten we om de stalen van drie kreeften te poolen, om zo een totaal staalvolume van 600 µl te bekomen. De stalen werden opgeslagen in eppendorfs van 1,5 ml bij -20°C. De analyses werden uitgevoerd door SPHERE (Universiteit Antwerpen).

Resultaten en conclusie

Er werd geen verband gevonden tussen de verschillende lichtomstandigheden en de concentraties van proteïne, glucose en lactaat in het hemolymfe. Er zat bovendien veel variatie op de resultaten. Allicht beïnvloedde het vangen en de manipulatie van de kreeften de meetresultaten. Doorgaans worden de gebruikte stressindicatoren ingezet om acute stress te evalueren. Uit onze ervaring blijkt dat deze indicatoren niet geschikt zijn voor het meten van chronische stress, veroorzaakt door subtiele stressoren als verlichtingssterkte en kleurtemperatuur.

3.2 Gedragsobservatie

Lichtomstandigheden kunnen het gedrag van kreeftachtigen beïnvloeden en hebben mogelijk een impact op het stressgehalte bij deze dieren. Het effect van verlichtingssterkte, kleurtemperatuur en fotoperiode op het - al dan niet stressgerelateerd - gedrag van de rivierkreeften werd geëvalueerd. Het onderzoek gebeurde enerzijds door activiteit, voederreactie, nachtactiviteit en specifieke gedragingen te scoren in de kweektanks (in situ-observatie). Daarnaast werden kreeften uit de verschillende experimenten onderworpen aan een licht-donker voorkeurstest in een plusdoolhof, volgens het protocol van Fossat et al. (2014) voor het meten van stressgeïnduceerd angstgerelateerd gedrag bij rivierkreeften.

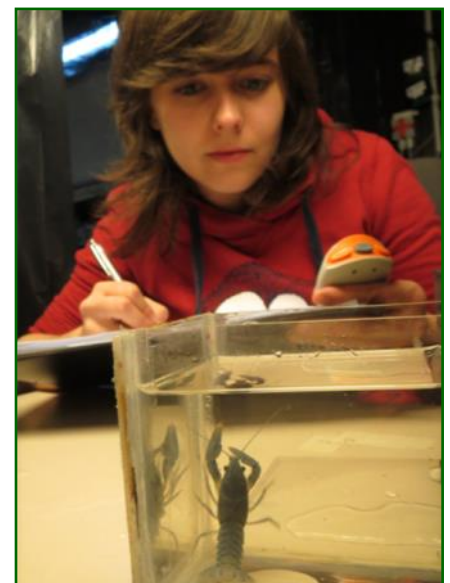


Fig. 7: observatie van rivierkreeften

Materiaal en methoden

In situ-observaties

Tijdens het experiment met verschillende verlichtingssterktes en kleurtemperaturen (zie p. 6) werd het gedrag van de rivierkreeften gedurende veertig dagen geobserveerd in de kweektanks:

- **Schuilgedrag:** het aantal dieren dat zich overdag buiten zijn schuilplaats bevindt;
- **Nachtactiviteit:** de latentietijd tussen het vallen van de nacht en het verlaten van de schuilplaats;
- **Voederreactie:** de latentietijd tussen de dagelijkse voederbeurt en het komen zoeken van voeder.



Fig. 8: opstelling van de plusdoolhof

Licht-donker voorkeur

De rivierkreeften uit zowel het experiment rond verlichtingssterkte en kleurtemperatuur als het experiment rond fotoperiode, werden onderworpen aan een licht-donkervoorkeurstest in een plusdoolhof. De test is gebaseerd op het protocol voor het meten van stressgeïnduceerd gedrag bij rivierkreeften, zoals dit werd omschreven door Fossat et al. (2014).

Rivierkreeften uit alle behandelingen werden los gelaten in een plusdoolhof met twee verlichte en twee verduisterde armen. Voor ieder individu werd gedurende tien minuten genoteerd waar ze zich bevonden, zodat hun licht-donkervoorkeur kon worden bepaald.

Resultaten

In situ-observaties

Verlichtingssterkte en kleurtemperatuur hadden geen effect op de nachtactiviteit of voederreactie. Schuilgedrag werd echter significant beïnvloed door de verlichtingssterkte (Mann-Whitney-test, $p = 0,002$). Onder zwakke belichting (38 lux) bevonden 71,9 % meer rivierkreeften zich buiten hun schuilplaats dan onder felle belichting (761 lux).

Licht-donker voorkeur

De test met de plusdoolhof werd uitgevoerd met zowel rivierkreeften uit de proef rond verlichtingssterkte en kleurtemperatuur als uit de proef met fotoperiodes. Uit deze gedragsexperimenten bleek dat rivierkreeften die onder zwak licht werden gehouden zich meer in de verlichte armen van het doolhof begaven. Hoewel het slechts ging om een tendens (Mann-Whitney-U-test, $p = 0,098$), wijzen deze resultaten in dezelfde richting als die van de in situ-observaties. De kleurtemperatuur had geen effect op de licht-donkervoorkeur bij de Europese rivierkreeft (Kruskal-Wallis-test, $p = 0,715$).

De fotoperiode had een invloed op de licht-donkervoorkeur en de activiteitsgraad van de rivierkreeften. Dieren uit de behandeling met 24 uur licht verplaatsten zich meer doorheen het doolhof. Diezelfde

Aantal rivierkreeften dat zich buiten de schuilplaats bevindt (%)

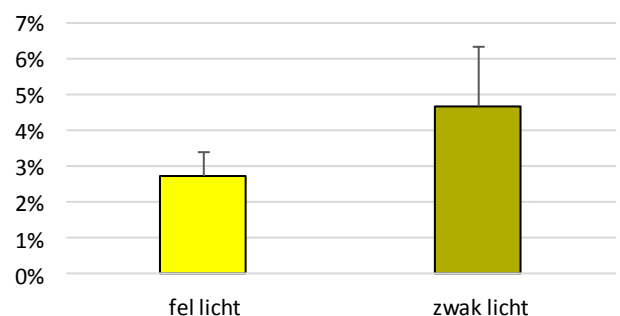


Fig. 9: schuilgedrag van rivierkreeften bij verschillende verlichtingssterkte

kreeften brachten ook meer tijd door in de verlichte armen van de doolhof in vergelijking tot dieren die in continu donker werden gehouden. De resultaten van deze observaties zie je in onderstaande grafieken.

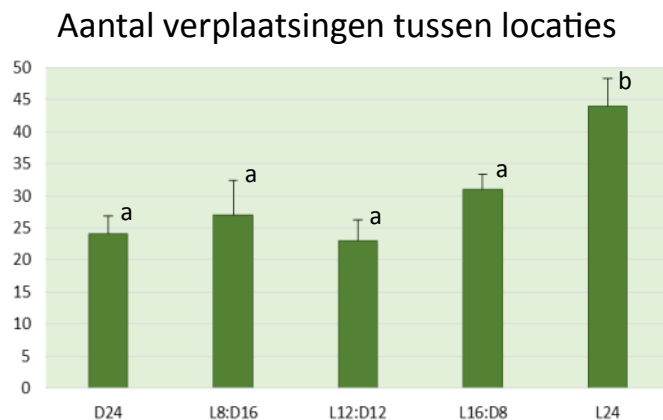


Fig. 10: Activiteit uitgedrukt in aantal verplaatsingen tussen verschillende locaties in de doolhof. Verschillende superscripten duiden statistische significantie aan. L:D = aantal uren licht:donker.

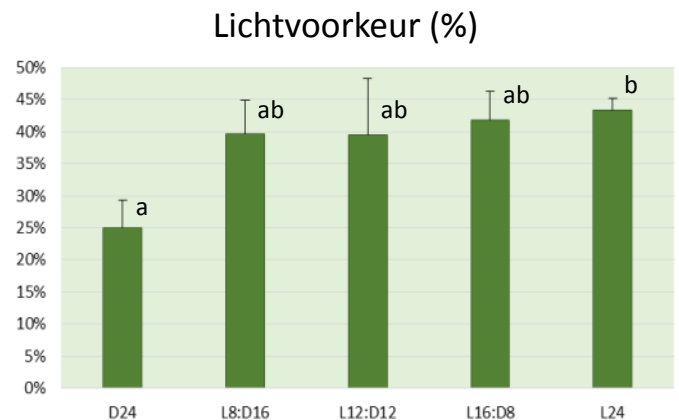


Fig. 11: Voorkeur voor de verlichte armen van de doolhof. Verschillende superscripten duiden statistische significantie aan. L:D = aantal uren licht:donker.

Conclusie

De lichtomstandigheden in onze experimenten hadden wel degelijk een effect op het gedrag van de rivierkreeften. Belangrijk hierbij is dat ook de activiteit en de licht-donkervoorkeur werden beïnvloed. Volgens Fossat et al. (2014) zijn een afgenomen activiteit en toegenomen voorkeur voor donker stressgeïnduceerde gedragingen. Dit betekent dat we aan de hand van onze gedragsobservaties een - weliswaar voorzichtig - besluit kunnen trekken wat de impact van kunstlicht op het welzijn van Europese rivierkreeften betreft.

Zowel uit in situ-observaties als uit de plusdoolhoftest bleek dat rivierkreeften onder zwakke belichting zich minder verscholen. Deze afgenomen aversie van licht zou een indicator kunnen zijn voor een laag stressniveau. Als we kijken naar de groeieresultaten binnen datzelfde experiment (zie p. 6-7) dan zien we dat de kreeften ook beter presteerden onder zwak licht. In dat opzicht lijken zowel de groeiprestaties als de gedragsobservaties aan te tonen dat Europese rivierkreeften best onder zwak licht worden gekweekt.

Wat fotoperiode betreft kunnen we stellen dat continue belichting zowel qua groei (zie p. 7-8) als qua gedrag de beste resultaten opleverde. Rivierkreeften die onder 24 uur belichting werden gehouden, toonden een opvallend hogere activiteit in de plusdoolhof, en vertoonden de hoogste gewichtstoename.

Algemeen kunnen we stellen dat lichtomstandigheden het gedrag en mogelijk ook het stressgehalte bij rivierkreeften beïnvloeden. Betere groeiprestaties lijken samen te hangen met een afname van stressgeïnduceerde gedragingen zoals aversie voor licht en verminderde activiteit.

De uitgeteste observatiemethodes hebben beide hun nut bewezen voor het monitoren van activiteit en schuilgedrag bij rivierkreeften. De in situ-observaties waren tijdrovend en soms omslachtig. Het was moeilijk om een eventuele invloed van de observator volledig uit te sluiten. De doolhoftest daarentegen had als voordeel dat we steekproefsgewijs te werk konden gaan. In een beperkte tijdspanne verkregen we gedetailleerde informatie over de invloed van de verschillende behandelingen op het gedrag van de rivierkreeften.

Referentie

Fossat, P., Bacqué-Cazenave, J., De Deurwaerdère, P., Delbecque, J., Cattaert, D. 2014. *Anxiety-like behaviour in c rayfish is controlled by serotonin*. Science. 344(6189): 1293-1297.

4 Lichtmetingen

Om de lichtomstandigheden in bovenvermelde experimenten optimaal te kunnen afstellen, moesten we lichtmetingen uitvoeren op de plaats waar de rivierkreeften zich bevonden: op de tankbodem, zo'n 26 cm onder het wateroppervlak.

Hiervoor bestaat geen kant-en-klare meetapparatuur. Daarom ontwikkelde het Labo voor Lichttechnologie een opstelling waarmee de absolute irradiantie gemeten kan worden onder water.

Meetapparatuur

De gebruikte meetapparatuur bestaat uit een Ocean Optics CCD-based spectrograaf (Redtide USB650) die door middel van een optische vezel (Ocean Optics UV-VIS, core-diameter: 200 μm , lengte 1.5 m) wordt gekoppeld aan een waterbestendige cosinus-gecorrigeerde meetkop (CC-3-UV-T) met behulp van een tussenstuk (90° custom probe). Dit tussenstuk (figuur 13) laat toe om zo dicht mogelijk bij de bodem van een watertank een lichtmeting uit te voeren (4 cm van de bodem).

Zowel de spectrograaf, optische vezel, tussenstuk en meetkop worden bevestigd op een speciaal ontworpen frame (figuur 12 en 15) dat toelaat om de onderwatermetingen uit te voeren in de specifieke watertanks van Aqua-ERF. Het frame zelf is zwart geverfd met waterbestendige verf om reflecties te vermijden, en zo de invloed van de meetapparatuur op het meetresultaat te beperken.

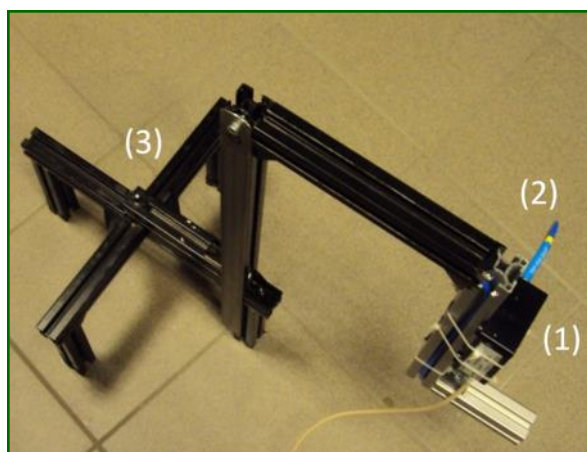


Fig. 12: frame met spectrograaf (1), optische vezel (2) en cosinus-gecorrigeerde meetkop (3)



Fig. 13: custom probe met waterbestendige meetkop op gemonteerd (3)

Het gebruikte meettoestel werd op het Laboratorium voor Lichttechnologie gekalibreerd in lucht om de golflengteafhankelijke correctiefactoren te bepalen, noodzakelijk om absolute irradianties [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{nm})$] in lucht te kunnen meten. Vervolgens werd het meettoestel ook gekalibreerd om onderwatermetingen uit te voeren. De kalibratie gebeurde volgens een methode beschreven door Kawana (1975). De onderwaterkalibratie corrigeert voor het feit dat de brekingsindex van water verschillend is dan die van lucht. Hierdoor is de reflectie en refractie aan de grenslaag water-meetkop verschillend dan aan de grenslaag lucht-meetkop.

Meetomgeving

De metingen werden uitgevoerd in het kreeftenweekstelsel van Aqua-ERF. Het betreft een opstelling met 24 rechthoekige tanks, verdeeld over twee stellingen in telkens twee niveaus, en dus zes tanks per niveau (zie fig 1). De gemiddelde hoogte tussen de lichtbron en het wateroppervlak bedroeg $36,37 \pm 2,11$

cm (gem. \pm stdev.). Het waterniveau in de tanks was $26,11 \pm 0,68$ cm hoog.

Meetresultaten

Uit de gemeten absolute irradianties werden voor onderstaande parameters de waarden onder water, op 4 cm van de tankbodem, berekend:

- xy-kleurcoördinaten;
- kleurtemperatuur of CCT (K);
- verlichtingssterkte of illuminantie (lux of lm/m^2);
- irradiantie (geïntegreerd van 380 nm tot 780 nm, W/m^2).

De verlichtingssterkte (lux) net boven het wateroppervlak werd gemeten met een gekalibreerde fotometer (GigaHertz-Optik P-9710). Deze meetwaarden werden vergeleken met de verlichtingssterkten die berekend werden uit het opgemeten spectrum. Op deze manier werd de werking van de meetopstelling geïntegreerd.

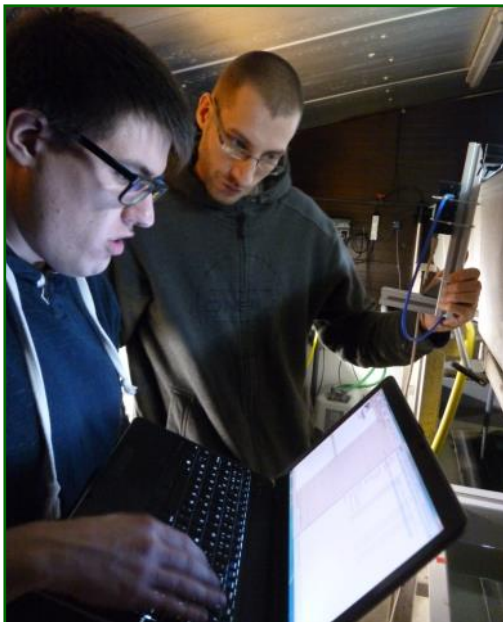


Fig. 14: absolute irradiantiemeting in het Aqua-ERF

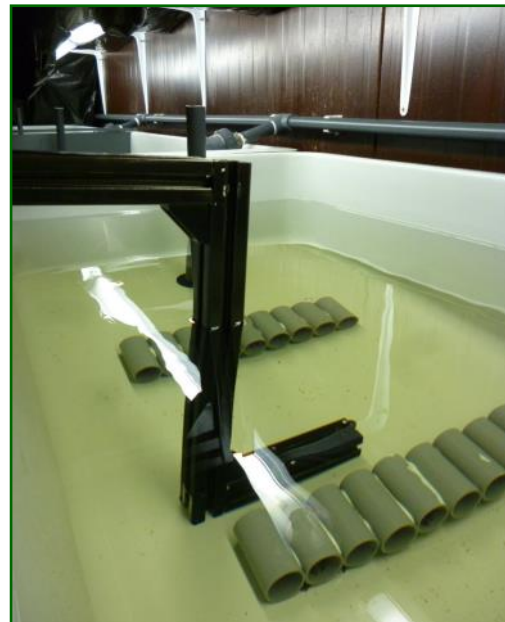


Fig. 15: onderwatermeting in een kreeftentank

Voor gedetailleerde informatie over de meetopstelling, verwijzen we graag naar de posterpublicatie van Audenaert et al. (2016) (zie bijlage voor volledige referentie). Een compleet overzicht van de meetresultaten kan je terugvinden in de meetrapporten van het Laboratorium voor Lichttechnologie.

Bijlage: referenties output PWO ASTAgood

Posterpresentaties op congressen:

Abeel, T.; Platteaux, I.; Roelant, E.; Van de Perre, L.; Meeus, W.; Vervaecke, H. (2015) *Assessing the effect of different light conditions on crayfish welfare using a dark-light preference maze*. BIAZA conference 7-8 July 2015, Dublin, Ireland.

Abeel, T., Platteaux, I., Roelant, E., Adriaen, J., Vervaecke, H. (2016 a) *Photoperiod affects light-dark preference and exploratory behaviour in noble crayfish (Astacus astacus)*. IAA21. Madrid, Spain. September 5-8, 2016.

Abeel, T., Meeus, W., Adriaen, J., Audenaert, J., Roelant, E., Aerts, S. (2016 b) *Effect of illuminance and white light spectrum on growth performance in noble crayfish (Astacus astacus L.)*. Aquaculture Europe, Edinburgh, UK, September 20-23, 2016.

Audenaert, J., Van de Perre, L., Vervaecke, H., Abeel, T., Aerts, S., Hanselaer, P., Durinck, G. (2016) *A low cost set-up to measure underwater spectral irradiance in aquaria*. BIAZA conference. Yorkshire, UK. June 28-29, 2016.

Hendrycks, W.; Abeel, T.; Vermeersch, X.; Roelant, E.; Vervaecke, H. (2014) *Nociception and pain perception in noble crayfish (Astacus astacus) using the novel object paradigm*. International Conference on the Assessment of Animal Welfare at Farm and Group Level edition: 6th location: Clermont-Ferrand, France date: September 3-5, 2014 .

Mondelinge presentaties op congressen:

Abeel, T., Vervaecke, H., Roelant, E., Platteaux, I., Adriaen, J., Durinck, G., Meeus, W., Van de Perre, L., Aerts, S. (2016 c) *Evaluation of the influence of light conditions on crayfish welfare in intensive aquaculture*. Eursafe conference. Porto, Portugal. September 28 - october 1, 2016.

Vervaecke, H.; Roelant, E.; Hendrycks, W.; Abeel, T.; Vermeersch, X.; Aerts, S. (2015) *Pain perception in crayfish (Astacus astacus): empirical observations and ethical consequences*. Eursafe conference. Cluj-Napoca. May 28-30, 2015.

Artikels in conference proceedings:

Abeel, T., Vervaecke, H., Roelant, E., Platteaux, I., Adriaen, J., Durinck, G., Meeus, W., Van de Perre, L., Aerts, S. (2016 c) *Evaluation of the influence of light conditions on crayfish welfare in intensive aquaculture*. Proceedings Eursafe: Food Futures. Ethics, Science & Culture, vol: 13, pp. 244-250. Wageningen, The Netherlands: Wageningen Academic Publishers.

Vervaecke, H.; Roelant, E.; Hendrycks, W.; Abeel, T.; Vermeersch, X.; Aerts, S. (2015) *Pain perception in crayfish (Astacus astacus): empirical observations and ethical consequences*. Know your food. Food ethics and innovation, pp. 157-162. Wageningen, The Netherlands: Wageningen Academic Publishers.

Krantenartikelen:

De Bleser, K., Abeel, T. (2015) *Rivierkreeft moet opnieuw op menukaart*. Het Laatste Nieuws. 28 juli 2015.

Van Overstraeten, S.; Abeel, T. (2015) *Hogeschool Odisee kweekt rivierkreeftjes in Zele*. Het Nieuwsblad. 2 september 2015.

Voor een overzicht van de output binnen het **eerste PWO-project rond Europese rivierkreeft** verwijzen we naar onderstaand rapport:

Abeel, T., Adriaen, J., Meeus, W., Himpe, W., Roelant, E., Sannen, A., Laevens, H., Van Der Elst, J., Aerts, S. (2014). Eindrapport PWO-project: Technische en economische evaluatie van de productie van Europese rivierkreeft (Astacus astacus) in recirculatiesystemen.