

DIVERSIFY

Forschungsprojekt zur Förderung des europäischen Aquakultursektors durch Nutzung ausgesuchter Fischarten zur Gewinnung innovativer Aquakulturerzeugnisse und zur Beseitigung von Produktionseinschränkungen

Am 29. und 30. Januar 2014 fand im Hellenic Center for Marine Research (HCMR) in Heraklion, Griechenland, die Eröffnungsveranstaltung für das Projekt DIVERSIFY (FP7-KBBE-2013, GA 603121) statt, das im Rahmen des 7. Forschungsprogramms der Europäischen Kommission durchgeführt und finanziert wird. Das Forschungsprojekt wird von Dr. Constantinos C. Mylonas vom Institut für Marine Biologie, Biotechnologie und Aquakultur (IMBBC), einem von drei Forschungsinstituten des HCMR, koordiniert. Das DIVERSIFY-Projekt mit einer Laufzeit von fünf Jahren verfügt über ein Gesamtbudget von 11,8 Millionen Euro und zählt damit zu einem der umfangreichsten Forschungsprojekte im Bereich Aquakultur, das von der Europäischen Kommission finanziert wird. Die Teilnehmer am Projekt DIVERSIFY (siehe Tabelle 1) setzen sich aus zwanzig Forschungs- und Hochschul-einrichtungen, drei großen Unternehmen, neun kleineren und mittleren Unternehmen (KMU), fünf Fachverbänden und einer Verbraucher-NGO zusammen.

Als deutscher Projektteilnehmer begleitet der Bundesverband der deutschen Fischindustrie und des Fischgroßhandels e.V. dieses Projekt und hat die Aufgabe übernommen, wichtige Erkenntnisse der Projektarbeit in Deutschland bekannt zu machen.

Mit dem Projekt DIVERSIFY (<http://www.diversifyfish.eu>) soll das Potenzial bestimmter Fischarten zur Förderung des europäischen Aquakultursektors ermittelt werden. Neben Arten für Zuchtanlagen speziell im Mittelmeerraum werden auch Fischarten in das Projekt mit einbezogen, die für Kaltwasser-, Teich- und Süßwasserzucht geeignet sind. Bei diesen Arten handelt es sich um rasch wachsende Fische, die ganz oder als verarbeitete Produkte vermarktet werden können. Zu den Fischarten, die erforscht werden sollen, gehören der **Adlerfisch** (*Argyrosomus regius*) und die **Gelbschwanzmakrele** (*Seriola dumerili*), die beide für marine Aquakultur mit Schwimmkäfigen in wärmerem Wasser geeignet sind. Der **Steinbarsch** (*Polyprion americanus*) eignet sich für die marine Aquakultur mit Schwimmkäfigen in wärmeren oder kälteren Gewässern und der **Weißer Heilbutt** (*Hippoglossus hippoglossus*) ist für die marine Aquakultur in kalten Gewässern geeignet. Die **graue Meeräsche** (*Mugil cephalus*), ein euryhaliner Pflanzenfresser, eignet sich für die Aufzucht im Teich und der **Zander** (*Sander lucioperca*) ist für die Süßwasserzucht in Kreislaufsystemen geeignet.

Diese Arten sind wegen ihres biologischen und wirtschaftlichen Potenzials sowie ihrer Zuchtmöglichkeiten im gesamten europäischen Raum ausgewählt worden. In Zusammenarbeit mit den teilnehmenden Unternehmen will DIVERSIFY die bislang gewonnenen Ergebnisse aus nationalen Projekten zur Diversifizierung von Aquakulturfischarten einbeziehen und Lösungen zur Beseitigung von Produktionsengpässen erarbeiten. Forschungsschwerpunkte sind die Bereiche Fortpflanzung und Genetik, Ernährung, Aufzucht, Tiergesundheit, Produktqualität und Sozioökonomie. Durch die Kombination der Bereiche Biologie, Technologie und Sozioökonomie im Projekt DIVERSIFY sollen Vielfalt und Erschließung neuer Märkte für Aquakulturprodukte gefördert und Produktionskapazitäten erweitert werden. Um die Umsetzung der gewonnenen Erkenntnisse sicherzustellen, ist eine Reihe von Maßnahmen geplant, die sich auf Aquakulturbetriebe und daran angeschlossene Bereiche (d. h. Lebensmittelverarbeitung und Handel) sowie auf den europäischen Verbraucher konzentrieren.

Tabelle 1. DIVERSIFY-Teilnehmer**Griechenland:**

Institute of Marine Biology, Biotechnology and Aquaculture (HCMR/IMBBC); ARGOSARONIKOS FISHFARMS AE; AQUACULTURE FORKYS AE; IRIDA AE; Hellenic Research House AE; VAS. GEITONAS & Co Ltd; Federation of Greek Maricultures.

Spanien:

Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentaries (IRTA-San Carles de la Rapita); Parque Científico y Tecnológico de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria; Centro Tecnológico de la Acuicultura de Andalucía (CTAQUA); Universidad de la Laguna; Instituto Español de Oceanografía; Asociación Empresarial de Productores de Cultivos Marinos-APROMAR; Consellería do Medio Rural e do Mar-Xunta de Galicia; Ayuntamiento de A Coruña (Museos Científico Coruñeses); CULMAREX SAU; CANEXMAR SL; ANFACO-CECOPECA.

Frankreich:

French Research Institute for the Exploitation of the Sea (IFREMER); Université de Lorraine; ASI-ALOR Sarl

Israel:

Israel Oceanographic and Limnological Research-National Center for Mariculture; DOR AQUACULTURE Ltd

Norwegen:

Institute of Marine Research, National Institute of Nutrition and Seafood Research; Skretting Aquaculture Research Center AS; Stirling White Halibut AS

Niederlande:

LEI-Wageningen UR (DLO/LEI); Eindhoven University of Technology

Vereinigtes Königreich:

The University of Aberdeen

Italien:

Università degli Studi di Bari «Aldo Moro»; AZIENDA AGRICOLA ITTICA CALDOLI Srl

Belgien:

Université de Namur; European Food Information Council

Dänemark:

Technical University of Denmark, Aarhus University (MAPP Center)

Deutschland:

German Association of Fish Processors (Bundesverband der deutschen Fischindustrie und des Fischgroßhandels (BVF) e.V.

Ungarn:

Hungarian Aquaculture Association (Mayar Akvakúltra Szövetség, MASZ)

Adlerfisch

Der Adlerfisch kommt im Mittelmeer und im Schwarzen Meer sowie entlang der östlichen Atlantikküste vor (Haffray Et Al., 2012). Vermarktungseigenschaften sind seine **Größe, der hohe Verarbeitungsertrag, der niedrige Fettgehalt sowie sein festes und schmackhaftes Fleisch** (Monfort, 2010). Biologische Merkmale sind sein **schnelles Wachstum von ca. 1 kg pro Jahr** (Duncan et al., 2013) und der **geringe Futterbedarf mit einem Umwandlungsverhältnis von 0,9-1,2** (Duncan et al., 2013; Monfort, 2010), vergleichbar mit dem des Atlantischen Lachses. Die Larvenaufzucht ist recht einfach (Papadakis et al., 2013; Roo Et Al., 2010; Vallés & Estévez, 2011, 2013) und die Überlebensrate der Eier ist durch Laichprotokolle bestätigt (Duncan et al., 2012, 2013; Mylonas et al., 2013a, b). Adlerfische wurden erstmals 1997 in Frankreich gewerblich gezüchtet. Seitdem sind die Produktionszahlen jährlich um das bis zu 7-Fache angestiegen (FAO, 2012). Im Jahr 2010 betrug der Anteil von Adlerfisch aus Zuchtanlagen in Europa 2.387 Tonnen, der hauptsächlich in Spanien erzeugt wurde. Kleinere Mengen wurden in Frankreich, Portugal, Italien, Griechenland, Zypern und Kroatien produziert (FAO, 2012). Adlerfische werden auch in Ägypten gezüchtet, dort jedoch ausschließlich zur Rogengewinnung.

Eine Umfrage unter Adlerfisch-Zuchtbetrieben im Vorfeld des Projektes DIVERSIFY hat die vier größten Probleme aufgezeigt. Diese bestehen zum einen aus dem **schwankenden Wachstum**, das sich negativ auf den Ertrag auswirkt (Duncan et al., 2013). Genetik und Ernährung müssen hier weiter erforscht werden – insbesondere die Bedürfnisse an die Nahrung während der Entwöhnung, der Aufzucht und des Heranwachsens und das generelle Fressverhalten während der Haltung. Zum anderen spielt die Verbreitung dieser Fischart eine Rolle, da sie bisher nur in bestimmten Gebieten des Mittelmeerraums angesiedelt wurde, was zu einer begrenzten Anzahl von Brutbeständen aus ebenso begrenzten Quellen (eine Zuchtanlage in Frankreich) führt. Dies kann zu einer **stark eingeschränkten genetischen Vielfalt der verfügbaren Brutbestände führen** und negative Auswirkungen auf neue Zuchtbestände haben, die für eine Effizienzsteigerung notwendig sind. Zudem muss sich der Aquakultursektor mit den Themen **Fischgesundheit**, Krankheiten, Parasiten (Koyuncu et al., 2012; Probleme Merella et al., 2009; Ternengo et al., 2010; Toksen et al., 2007) und dem Auftreten des systemischen Granuloms (Elkesh et al., 2012) sowie der geeigneten Ernährung auseinandersetzen.

Abschließend werden **sozioökonomische Faktoren**, einschließlich der Anforderungen eines wachsenden Marktes und der Sortimentserweiterung, neben der Vermarktung als ganzen Fisch als Engpässe genannt (Monfort, 2010). Nationale Versuchsreihen zur Domestizierung des Adlerfisches gibt es zurzeit in Spanien und Griechenland (<http://www.kranios.weebly.com>). DIVERSIFY wird die bisher gesammelten Erfahrungen nutzen, um Produktionshemmnisse zielgerichtet auszuräumen.

Große Bernsteinmakrele

Bei der großen Bernsteinmakrele handelt es sich um eine weltweit verbreitete Fischart (Andaloro & Pipitone, 1997; Cummings et al., 1999; Thompson et al., 1999). Wegen ihrer hervorragenden **Fleischqualität und der hohen Verbraucherakzeptanz** (Nakada, 2000) ist sie sehr interessant für den Aquakultursektor. Rasches Wachstum (d. h. **Erreichung der Vermarktungsgröße in kurzer Zeit**) und mittlere Größe machen die Bernsteinmakrele zu einer sehr gut geeigneten Art für die Herstellung zahlreicher **hochwertiger Fischerzeugnisse**. Im Mittelmeerraum (Lovatelli & Holthus, 2008) begann die Zucht mit der Verwendung von Jungfischen aus Wildbeständen (Crespo et al., 1994). Fische mit einem Gewicht von ca. 90 g erreichten in einem Jahr ein Gewicht von ca. 1 kg und ein Gewicht von 6 kg in einem Zeitraum von 2,5 Jahren (Jover et al., 1999; Mazzola et al., 2000). Die gute Wachstumsrate gezüchteter Bernsteinmakrelen und ihre aus minderwertigen Fischen bestehende Ernährung machen ihre Zucht ertragreich. Bei einer Ernährung mit normalem Trockenfutter zeigten wild gefangene Fische mit einem Gewicht von 50 – 100 g ein schnelles Körperwachstum von 1,8 bis 4 kg hin zu einem Gewicht von bis zu 7,5 kg über einen Zeitraum von 1, 2 und 3 Jahren (Jover et al., 1999; Mazzola et al., 2000). Die Produktion im Mittelmeerraum betrug im Jahr 2012 jedoch nur ca. 2 Tonnen, während der Verkaufspreis – hauptsächlich für Zuchtfische – bei >14 € kg lag. **Gegenwärtig gibt es einen überschaubaren Absatzmarkt für diesen Zuchtfisch auf Malta**. Mittlerweile sind

allerdings erste Ansätze für eine Verwendung dieser Art in Aquakulturen im Mittelmeerraum vorhanden.

Die **größten Schwierigkeiten** bei der Verwendung der Bernsteinmakrele für die europäische Aquakulturindustrie liegen in den **(a) mangelhaften Fortpflanzungsergebnissen** und **(b) dem geringen Bestand an Jungfischen**. Die Fortpflanzung in Gefangenschaft ist recht schwierig (Kozul et al., 2001). **In Gefangenschaft aufgezogene Brutbestände haben sich jedoch nach Hormonbehandlungen fortgepflanzt** (Fernandez-Palacios et al. 2013; Mylonas et al., 2004). In einigen Fällen geschah dies aber auch spontan (Jerez et al., 2006). Außerdem konnten Erkenntnisse über den Nahrungsbedarf zur Fortpflanzung gewonnen werden (Rodríguez-Barreto et al., 2012). **DIVERSIFY wird Fortpflanzungsmechanismen von Zucht- und Wildfischen erforschen und die Ernährung von Brutfischen optimieren.**

Die Larvenaufzucht der Bernsteinmakrele erfolgte zunächst mit semiintensiven Methoden (Papandroulakis et al., 2005). Die Überlebensrate war zuerst begrenzt (3 %), verbesserte sich aber durch Anpassung des Fütterungssystems und der Futterqualität (Anonymous, 2008). Da die große Bernsteinmakrele (Matsunari et al., 2012) und ihre Artverwandten, die japanische Bernsteinmakrele (*S. Quinqueradiata*) (Nakada, 2000), die Gelbschwanzmakrele (*S. Lalandi*) (Ma et al., 2012) und die Augenstreifen-Bernsteinmakrele (*S. Rivoliana*) (Roo et al., 2012) in Brutanlagen gezüchtet werden, konnte die Eierverfügbarkeit erhöht und die daraus gewonnenen Resultate für die Larvenaufzucht der großen Bernsteinmakrele verwendet werden.

Ein weiteres wichtiges Thema der gewerblichen Zucht von Bernsteinmakrelen ist die **Fischgesundheit**. Bakterielle Erreger wie *Photobacterium Damsella* (Crespo et al., 1994), *Epitheliocystis* (Rigos und Katharios, 2010) und *Cryptocaryon Irritans*, die in der Fachliteratur als potenziell bedrohlich eingestuft werden, verursachten bereits große Schäden unter Brutfischen (Rigos et al., 2001). In der Wachstumsphase verursachten Monogenea-Parasiten in einigen Fällen ein Massensterben der Fische (Grau et al., 2003; Montero et al., 2004). Während eines Ausbruchs von *Neobenedenia spp.* wurden hohe Verluste, sowohl bei Jungfischen als auch bei Brutfischen, festgestellt. DIVERSIFY wird die möglichen Ursachen erforschen und **Mittel zur Frühdiagnose sowie verfügbare veterinärtechnische Lösungen und vorbeugende tierärztliche Maßnahmen** zur Unterstützung einer nachhaltigen Zucht dieser Arten zu entwickeln.

Zander

Dieser Süßwasserfisch hat die besten Voraussetzungen für eine Ansiedlung in Aquakulturen in europäischen Binnengewässern (Wang et al., 2008). Durch die EU-Projekte „LUCIOPERCA“ und „LUCIOPERCIMPROVE“ wurden die Kontrollierbarkeit der Fortpflanzung (Kucharczyk et al., 2007) und die wirtschaftliche Durchführbarkeit der intensiven Zanderzucht unter Berücksichtigung biologischer Gesichtspunkte nachgewiesen (Steenfeldt & Lund, 2008; Steenfeldt et al., 2010a, b). Die **Nachfrage nach Zander** hat sich, bedingt durch den starken Rückgang von Wildfängen in Russland, Estland und Finnland, von 50.000 Tonnen im Jahr 1950 auf aktuell 20.000 Tonnen **erhöht** (FAO, 2009). In den letzten zehn Jahren sind zehn neue Zander-Zuchtbetriebe mit Kreislaufanlagen (RAS – Recirculating Aquaculture System) in Europa entstanden (Fontaine et al., 2012), die ungefähr 300 bis 400 Tonnen Fisch produzieren (1. Workshop der Europäischen Percid Fisch-Kultur-Gruppe, 1. September 2012, Prag). Hinzugekommen sind zahlreiche derartig konzipierte Gewerbebetriebe (z. T. noch im Aufbau befindlich) in Belgien, Tschechien, Dänemark, Frankreich, Deutschland, Ungarn, Italien, Polen, Portugal und den Niederlanden. Die ganzjährige Züchtung von Zander erfordert eine gleichbleibende Wassertemperatur von 24 – 26 °C, die nur mit einer Kreislaufanlage (RAS) möglich ist, damit gute Wachstumsraten erzielt werden können (d. h. **Produktion von 1,2 kg Fisch in 15 – 18 Monaten** aus nicht ausgewählten Stämmen). Kreislaufanlagen erlauben ferner eine höhere Besatzdichte von 80 – 100 kg m⁻³ (Dalsgaard et al., 2013). Das Fleisch des Zanders hat einen neutralen Geschmack und eignet sich somit gut für verschiedene Zubereitungsformen. Die Filets sind grätenfrei – im Gegensatz zum Karpfen, der im gleichen Marktsegment konkurriert. Derzeit wird Zander als ganzer Fisch mit einem Gewicht von 600 – 3.000 g oder als Filet mit einem Gewicht zwischen 100 und 800 g in Europa (vor allem West-, Ost- und Nordeuropa) und Nordamerika vermarktet und dort

auch stark nachgefragt. Der Marktwert ist mit 8 bis 11 € pro Kilogramm Erzeugerpreis für einen ganzen Fisch relativ hoch.

Nach einer Umfrage unter Erzeugerbetrieben im Vorfeld des Projektes DIVERSIFY liegen die **meisten Probleme im Hinblick auf den Ausbau der Zanderzucht (a) in der großen Stressanfälligkeit und der Haltungsmethode**, die hohe und plötzlich eintretende Todesfälle zur Folge haben können, und **(b) der geringen Larvenüberlebensrate** (in der Regel 5 bis 10 %) sowie einer **hohen Missbildungsrate**. **Ferner gibt es (c) nur mangelhafte Kenntnisse über die genetische Veränderlichkeit der verwendeten Brutfische**. Darüber hinaus sind die Feststellung der genetischen Verwandtschaft verschiedener Brutfische sowie der Inzuchtgefahr und des Verlusts der Mischerbigkeit wichtig, da es infolgedessen später zu Fortpflanzungs- und somit zu Produktionsausfällen kommen kann (geringe Überlebenschancen des Nachwuchses, geringeres Wachstum, Umsatzeinbußen und erhöhte Missbildungsraten). Ebenfalls ist es wichtig zu wissen, wie Zuchtfischbestände sich von Wildbeständen unterscheiden, die möglicherweise in Zukunft als Zuchtfische genutzt werden könnten. Ziel des Projekts DIVERSIFY ist es, die Produktionskosten der Zanderzucht zu senken, damit die Zucht in der EU wettbewerbsfähig ist.

Weißer Heilbutt

Der **Weißer Heilbutt ist der größte Plattfisch** und kann ein Gewicht von über 300 kg erreichen. Sein **Fleisch ist hochwertig**, aber sein Vorkommen geht weiter zurück. Der Weiße Heilbutt ist als gefährdete Spezies auf der **Roten Liste der gefährdeten Arten der Weltnaturschutzunion aufgeführt** (IUCN = International Union for Conservation of Nature and Natural Resources). Vor zwei Jahren wurde ein vollständiges Fangverbot für isländische Heilbutt-Fischereien verhängt. Ferner stehen die geringen Bestände des Weißen Heilbutts vor der norwegischen Küste unter strikter Beobachtung und Kontrolle. Diese Umstände führten zu einer **steigenden Nachfrage nach Weißem Heilbutt**, die nicht mehr nur allein durch die Fischerei getilgt werden kann. Gezüchteter Weißer Heilbutt genießt einen hervorragenden Ruf, ist aber wegen der geringen jährlichen Produktionsmengen – außer in Spezialitäten-Restaurants – nur selten erhältlich. Der Weiße Heilbutt ist ein halbfetter Fisch, ist reich an Omega-3-Fettsäuren und besitzt ein charakteristisches, gefächertes helles Fleisch mit wenigen Gräten. In Bezug auf die Produktpalette wird Weißer Heilbutt traditionell als großes Fischsteak oder in Scheiben sowie geräuchert oder mariniert im typisch skandinavischen Stil angeboten. Mit diesen Eigenschaften **eignet sich der Weiße Heilbutt gut zur Erweiterung der Arten- und Produktvielfalt in der europäischen Aquakultur und wurde daher in das Projekt DIVERSIFY aufgenommen**.

Mit der Erforschung und der Zucht des Weißen Heilbutts wurde bereits in den 1980er Jahren begonnen. Derzeit liegt die **jährliche Produktion an Weißem Heilbutt aber nur bei ungefähr 1.600 Tonnen** (Norwegian Directorate of Fisheries). In Europa wird Weißer Heilbutt in Zuchtanlagen in Norwegen und Schottland produziert. Die Vermarktungsgröße liegt bei 5 bis 10 kg und die Heranwachszeit liegt gegenwärtig bei 4 bis 5 Jahren. Trotz intensiver Forschung von 1985 bis ins Jahr 2000 verlangsamte der komplizierte Lebenszyklus des Weißen Heilbutts einen signifikanten Fortschritt bei der Zucht. Danach standen außerdem nur noch wenige finanzielle Mittel zur Verfügung. Trotzdem war nach dieser Zeit ein langsamer, aber stetiger Fortschritt seitens der Zuchtunternehmen erkennbar, aufgrund dessen die Produktionsstabilität verbessert wurde. Ferner steigt die **Nachfrage nach Käfighaltung weiterhin an**.

Die Probleme im Zusammenhang mit ertragreichen Zuchterfolgen liegen in der Rogenverfügbarkeit und der Notwendigkeit eines schnelleren Wachstums. Durch die Zucht „rein weiblicher“ Jungfische könnten sie gelöst werden (Babiak et al., 2012; Hendry et al., 2003). Dies hätte einen erheblichen Einfluss auf die Produktionszeit, da weibliche Tiere schneller wachsen und später geschlechtsreif werden – bei geschlachteten Fischen sind 80 % erwachsene Männchen von <5 kg (unveröffentlichte Daten). DIVERSIFY wird sich dieser Problematik widmen und sich auf die **Forschungsschwerpunkte Fortpflanzung, Larvenernährung und Haltung konzentrieren**.

Steinbarsch

Steinbarsche sind die größten Fische aus der Familie der Sägebarsche und können ein **Körpergewicht von ungefähr 100 kg** erreichen. Dieser Tiefseefisch **kommt fast überall auf der Welt vor** und zeichnet sich speziell durch seine lange Jugendphase in der Tiefsee aus (Ball Et Al., 2000; Deudero et al., 2000; Sedberry Et Al., 1999). Der Steinbarsch ist eine der interessantesten neuen Arten für die Aquakultur. Beachtenswert sind sein **rasches Wachstum** (Rodriguez-Villanueva et al., 2011; Suquet & La Pomélie, 2002), seine **späte Geschlechtsreife** (Sedberry et al., 1999), sein **hoher Marktpreis und seine geringen Anlandemengen**. Die Fangquoten in den USA sind im Jahr 2012 um 90 % zurückgegangen (NOOA, <http://www.fishwatch.com>). Seine Haltung in Gefangenschaft ist recht simpel (Papandroulakis et al., 2008; Rodriguez-Villanueva et al., 2011). Wegen seiner Körpergröße eignet sich der Steinbarsch gut für die Herstellung einer **Vielzahl hochwertiger Produkte für den weltweiten Export**.

Steinbarsche gewöhnen sich trotz ihrer großen Körpergröße schnell an ein Leben in Gefangenschaft und es wurde bisher keine haltungsbedingte Mortalität bekannt. Als gefräßiger Fleischfresser akzeptiert der Steinbarsch Trockenfutter. In einer neuen Studie über in freier Wildbahn gefangene Fische konnte gezeigt werden, dass Fische mit einem Anfangsgewicht von **1 kg in einem Zeitraum von 10 Monaten ein Gewicht von 5 kg** erreichten (Rodriguez-Villanueva et al., 2011). Die späte Geschlechtsreife der Steinbarsche, die in Gefangenschaft im Alter von 5 bis 10 Jahren eintritt, stellt möglicherweise ein Problem bei der Aufzucht und Haltung von Brutfischen dar. Dafür ist **seine lange Jugendphase aus Aquakultursicht von Vorteil**, weil sie eine Vermarktung bereits vor der Geschlechtsreife ermöglicht und damit Probleme im Zusammenhang mit dem Heranwachsen, wie z. B. verringertes Wachstum oder Einbußen bei der Qualität des Fleisches und den sensorischen Eigenschaften, vermieden werden können.

Fehlende Erfahrungen in Fortpflanzung und Larvenaufzucht stellen ein großes Problem bei der Zucht von Steinbarschen dar. Es konnten nur wenige Eier von in Gefangenschaft lebenden Brutfischen nach dem Verabreichen von Hormonen (Papandroulakis et al., 2008) oder durch das Abstreifen wilder geschlechtsreifer Fische erhalten werden (Peleteiro et al., 2011). Untersuchungen Die Embryoentwicklung und der ersten Lebenszyklen (Papandroulakis et al., 2008, Peleteiro et al., 2011) deuten darauf hin, dass die **Größe der Eier dieses Fisches (ca. 2 mm im Durchmesser) erhebliche Vorteile im Hinblick auf die Larvenaufzucht birgt**. Eine erfolgreiche Fortpflanzung und Larvenaufzucht eines engen Verwandten, des neuseeländischen Zackenbarsches (*Polyprion oxygeneios*), wurde kürzlich in Neuseeland erreicht (Anderson et al., 2012). Der **Mangel an Brutfischen ist ein Nachteil für diese Fischart**, aber das **biologische und wirtschaftliche Potenzial befürwortet eine Aufnahme in das Projekt DIVERSIFY**. Es bündelt die Erfahrungen nahezu aller involvierten Züchter in Europa. So können die **Probleme in den Bereichen Fortpflanzung und Larvenaufzucht überwunden werden**, um eine ausreichende Menge an Jungfischen für die gewerbliche Aquakultur zu erhalten.

Graue Meeräsche

Meeräschenzucht wird bereits seit Jahrhunderten durchgeführt, jedoch ist die Produktion dieser außerordentlich wertvollen Quelle tierischen Eiweißes in Europa klein und nicht sehr intensiv (Nash & Koningsberg, 1981; Pillay, 1993). Die graue Meeräsche ist ein weltweit vorkommender **Salz- und Süßwasserfisch** (Oren, 1981). Dieser **rasch wachsende, pflanzenfressende Fisch** eignet sich besonders zur **Zucht im Mittelmeerraum**. Da sich die graue Meeräsche in freier Wildbahn von abgestorbenen organischen Stoffen ernährt, wurde sie in Fischteichen gehalten, um die Bodenqualität zu verbessern und um Sauerstoffarmut vorzubeugen (Milstein et al., 1991). Daher **eignet sich die graue Meeräsche hervorragend zur Fischzucht in Teichen, Meeresbuchten, Lagunen und alten Salzseen**, die es in allen Mittelmeerländern gibt. Weibliche Jungfische aus Zuchten wuchsen mit Fischmehlpellets als Nahrung zu einem **Körpergewicht von 1.9 kg in 2 Jahren** heran. Die Entwicklung eines fischmehlfreien Futters könnte die Produktionskosten senken und **nachhaltiger und umweltfreundlicher** sein. Dadurch könnte die graue Meeräsche eine größere Akzeptanz beim zunehmend umweltbewussten Verbraucher erreichen, der eine nachhaltige Zucht mit wenig Umweltbeeinflussung fordert. Aquakultur mit grauen Meeräuschen kann nicht nur kostengünstigen Fisch und Fischfilets produzieren, sondern auch **Fischrogen (italienisch "bottarga"), ein**

hochpreisiges Erzeugnis (>100 € kg⁻¹), dessen Marktpotenzial sich im Mittelmeerraum konzentriert. Die graue Meeräsche hat das **biologische und wirtschaftliche Potenzial für die Erzeugung hochwertiger und vielfältiger Fischprodukte.**

Ein gut etablierter Absatzmarkt für die graue Meeräsche befindet sich wie bereits erwähnt im Mittelmeerraum, obwohl dieser immer noch ein Nischengeschäft ist. Wahrscheinlich wird die Nachfrage auf dem europäischen Markt für diese Fischart in den kommenden Jahren steigen, da diese von Einwohnern mit Herkunft Nordafrika, dem Nahen Osten und Asien sowie Einwanderern aus diesen Regionen kommen wird. Gegenwärtig wird die **Zucht auf Basis von Wildfängen durchgeführt und ist ausschließlich auf wilden Fischlaich angewiesen** (ca. 1.000.000.000), aus dem die Tiere dann in Aquakulturanlagen in Lagunen oder Teichen bis zu ihrem Vermarktungsgewicht (600-1.200 g) heranwachsen. Die Nachhaltigkeit eines solchen Vorgehens ist fragwürdig und der **Ausbau der Zucht von grauen Meeräuschen hat hierbei eine Reihe von Hürden zu nehmen,** die im Projekt DIVERSIFY erforscht werden sollen. Zuerst muss der **Fortpflanzungszyklus gesteuert und die Eiqualität verbessert** werden. Dies muss durch Brutfischmanagement und eine angepasste Ernährung der Fische erreicht werden, um robuste Larven sowie hochwertigen Fischrogen (bottarga) zu erhalten. Ferner muss ein **Larvenaufzuchtprotokoll** erstellt werden, um Frühsterblichkeit und Veränderungen der Körpergröße zu minimieren sowie ein einheitliches Wachstum zu erreichen. Damit können qualitativ hochwertige Jungfische erzeugt werden. Letztlich muss ein umweltverträgliches, kostengünstiges, **fischmehlfreies Futter** entwickelt werden, das unter unterschiedlichsten Umweltbedingungen, z. B. bezüglich Wassertemperatur, Gewässerart und Wasserqualität, einsetzbar ist.

Sozioökonomie (auch bei der Produktentwicklung)

Neben der technischen Verbesserung bei der Haltung der ausgewählten Fischarten beinhaltet der sozioökonomische Teil des Projektes DIVERSIFY die Marktentwicklung für Aquakulturerzeugnisse im Hinblick auf Nachfrage, Käufervorlieben, Produktentwicklung, Produktaufwertung und Absatzförderung. Die Ergebnisse werden dem europäischen Aquakultursektor und seiner Zulieferindustrie helfen, Absatzziele und Konkurrenzfähigkeit im internationalen Wettbewerb zu verbessern.

Nachfolgende sozioökonomische Schlüsselthemen hinsichtlich der Anforderungen des europäischen Marktes sind zu beachten:

- **Nachfrage nach Fisch und Meeresfrüchten in der EU steigt.** Während EU-Fänge gleich bleiben oder sich sogar verringern, steigt der Gesamtbedarf an Fisch und Meeresfrüchten in der EU, der derzeit durch Einfuhren aus Drittländern gedeckt wird. Um die Abhängigkeit von Fisch und Meeresfrüchten, die auf dem stark umkämpften internationalen Markt erworben werden müssen, zu verringern, müssen nachhaltige und sichere Produkte auf regionaler Ebene erzeugt werden, die den Ansprüchen der EU-Verbraucher entsprechen.
- **Negative Verbrauchereinstellung in der EU gegenüber Erzeugnissen aus Aquakultur.** Hier müssen wirksame Kommunikationsstrategien für bestehende und neue Produkte geschaffen werden (hochwertige Produkte neuer Fischarten). Es ist erforderlich, dass sich Wahrnehmung und Haltung der Verbraucher gegenüber der gesamten Aquakultur und den Produkten hieraus ändern.
- **Steigerung der Nachfrage nach Aquakulturprodukten in der EU und weltweit.** Neue qualitativ hochwertige Produkte für neue Absatzmärkte müssen entwickelt werden und speziell auf potenzielle Marktsegmente zugeschnitten sein, um die Nachfrage innerhalb der EU und auf dem Weltmarkt zu steigern. Neue Fischarten müssen auf den Markt gebracht werden, um die Sortimentsvielfalt der Aquakulturerzeugnisse zu erweitern, damit ein eventueller Imageschaden einer bestimmten Fischart nur geringe Folgen für die gesamte Branche hat.
- **Europäische Aquakulturerzeugnisse für den Weltmarkt.** Steigender globaler Verzehr von Fisch aus Aquakultur stellt die europäische Aquakulturbranche vor eine große Herausforderung und

bietet zugleich eine große Chance. Die Fischarten im Projekt DIVERSIFY, die nachhaltig gezüchtet werden und zu hochwertigen Produkten verarbeitet werden, können eine treibende Kraft für europäische Aquakulturerzeugnisse hin zu einem höheren Marktanteil auf lokaler sowie globaler Ebene sein.

- **Angebot und Wertigkeit von Aquakulturerzeugnissen müssen gesteigert werden.** Die Verbraucher sind bei Fisch- und Meeresfrüchteprodukten sehr preisbewusst. Allerdings müssen Wertschöpfung und Herstellungskosten solcher Produkte im Vergleich zu anderen Eiweißquellen richtig angesetzt werden. Hier muss die Preisspanne für Fisch ähnlich der Preisspanne anderer Eiweißquellen sein. Der Mehrwert europäischer Aquakulturerzeugnisse entlang der Wertschöpfungskette muss so generiert werden, dass die erwirtschafteten Erträge für eine verbesserte Existenzgrundlage der Erzeugerbetriebe sorgen.
- **Verbesserung der Nachhaltigkeit des Aquakultursektors.** Nachhaltig erzeugte Fischprodukte rücken mehr und mehr in den Fokus europäischer und weltweiter Verbraucher sowie gewerblicher Einkäufer und Behörden. Investitionen in ein nachhaltigeres Image des europäischen Aquakultursektors werden einen Wettbewerbsvorteil für die europäische Aquakulturbranche zur Folge haben. Hier müssen technische Neuerungen durchgesetzt werden, die durch die Nachfrage (Verbraucher und Einzelhändler) und Nachhaltigkeitsforderungen von NGOs gefordert werden.

Die oben erwähnten Themen zeigen, dass das Image der Aquakulturbranche verbessert werden muss. Neue, nachhaltige – sowie hochwertige – Produkte mit einer längeren Haltbarkeit müssen entwickelt werden und kleine und mittlere Unternehmen (KMU) müssen noch innovativer sein, was die Einführung und Absatzentwicklung dieser neuen Fischarten betrifft.

Jede Fischart, die für das Projekt DIVERSIFY ausgewählt wurde, hat großes Marktpotenzial und kann als Mehrwertprodukt angeboten werden. **Vom biologischen und wirtschaftlichen Potenzial wird erwartet, dass es dem europäischen Aquakultursektor Wachstum beschert.**

Hier eine Übersicht zum wirtschaftlichen Potenzial jeder einzelnen Fischart im Verhältnis zu den sozioökonomischen Hindernissen und zu geplanten Maßnahmen zur Beseitigung dieser:

Adlerfisch ist ein **großer Fisch von ausgezeichnetem Geschmack**. Da Fänge im Mittelmeer recht selten sind, ist er den Verbrauchern nicht sehr bekannt und immer noch ein Nischenprodukt auf dem europäischen Markt. Markterschließung und Verbraucherakzeptanz verwandter Arten wurden in Japan, Australien und den USA erfolgreich umgesetzt. **Eine Markterschließung in der EU ist dringend notwendig** und sollte sich hauptsächlich auf das Verbraucher- und Einzelhandelsbewusstsein und eine bessere Platzierung in Bezug auf Dorade und europäischen Wolfsbarsch. **Neue Produkte** würden die Markterschließung unterstützen.

Die **große Bernsteinmakrele** ist ein **großer Fisch mit hoher Fleischqualität und hohem Marktwert**. Neben ihrem wirtschaftlichen Potenzial für den europäischen Markt eignet sich die Bernsteinmakrele aus Aquakultur ferner gut für den **Export**, das sie weltweit abgesetzt werden kann und verwandte Arten auch andernorts gewerbsmäßig gezüchtet werden. Dieser Zuchtfisch hat sein Potenzial auf anderen Absatzmärkten bereits bewiesen. In Europa gab es in letzter Zeit ein intensives Interesse seitens des Aquakultursektors, jedoch sind die bislang gezüchteten Mengen unbedeutend. Deswegen ist eine **verbraucherorientierte Markteinführung von gezüchteter Bernsteinmakrele notwendig**. Außerdem ist die **Markterschließung** wichtig, unter Erhaltung des Mehrwertes und des Preises, sobald sich die Produktion erhöht.

Zander ist ein mittelgroßer, wohlschmeckender Süßwasserfisch mit **hohem Marktwert**. Es gibt bereits Absatzmärkte in Europa und Nordamerika mit einer stabilen Nachfrage. In den kommenden Jahren wird mit einem starken Anstieg der Produktionskapazität dieses Fisches gerechnet. Um den hohen Marktwert beizubehalten, **sind Produktentwicklung und Markterschließung nötig** für ein

abgestimmtes Wachstum. Auch müssen potenzielle Absatzmärkte und Verbrauchersegmente erkannt werden, um den Mehrwert beizubehalten oder zu steigern.

Weißer Heilbutt ist ein **großer Fisch mit sehr gutem Ruf** in Nordeuropa und einem hohen Handelswert. Die Nachfrage übersteigt die gegenwärtige Produktionsmenge. Markterschließung und Produktentwicklung sind gegenwärtig nicht nötig, aber eine zukunftsweisende **Vermarktungsstrategie** wäre von Vorteil, da wahrscheinlich neue Wettbewerber aufgrund des hohen Wertzuwachspotenzials des Weißen Heilbutts hinzukommen werden.

Steinbarsch ist ein **großer Fisch mit exzellentem Fleisch**, der aber noch nicht als Zuchtfisch erhältlich ist. Er wird weltweit vertrieben und Erzeugnisse aus Wildfang sind hoch geschätzt. Ein enger Verwandter wird versuchsweise in Neuseeland gezüchtet, wo er als einer der besten Speisefische gilt. Wegen seines ausgezeichneten Potenzials könnte der Steinbarsch für den europäischen Markt interessant sein. Für diesen Fisch müssen erst noch technische Anforderungen überwunden werden. Zuerst ist eine **Marktpositionierung gegenüber anderen Fischarten** von Bedeutung. Langfristig soll das **Marktpotenzial abgeschätzt werden**.

Graue Meeräsche ist ein **mittelgroßer pflanzenfressender Fisch, der überall in der Welt gezüchtet wird, aber in der Verbrauchergunst nicht sehr hoch angesiedelt ist**. Ihr Fleisch und teurer Rogen bedienen nur einen Nischenmarkt im Mittelmeerraum. Wegen ihres guten Geschmacks und der günstigen Zuchtbedingungen hätte die graue Meeräsche großes Marktpotenzial in ganz Europa, besonders in Mitgliedstaaten mit Bevölkerungsanteilen mit Herkunft aus Nordafrika, dem Nahen Osten oder Asien. **Eine Markterschließung und Entwicklung neuer Produkte sind notwendig**, um auf dem einheimischen europäischen Markt zu wachsen und die Nachfrage durch Zuwanderer zu bedienen.

Um diese Hemmnisse zu beseitigen, stehen die Einführung dieser Fischarten, die Markterschließung und Produktentwicklung innerhalb des Projekts DIVERSIFY an vorderster Stelle. Im ersten Jahr werden Wettbewerbs- und Umweltanalysen erstellt und eine Untersuchung der Verbrauchervorlieben im Hinblick auf Aquakulturfische durchgeführt.

Beide Studien dienen als Basis zur Entwicklung von neuen Produktprototypen, die in diesem Projekt entwickelt werden sollen. Diese Prototypen werden auf ihre Sicherheit, Haltbarkeit und Verbraucherakzeptanz getestet. Kommunikationsforschung wird Wege finden, das negative Image der Aquakultur zu überwinden. Die Ergebnisse dieser Studien werden als Grundlagen für die Geschäftspläne für jede Fischart dienen, die gemeinsam mit den Partner-KMUs entwickelt werden.

Die geplante Verbindung von biologischer, technischer und sozioökonomischer Forschung im Projekt DIVERSIFY wird die **Vielfältigkeit des Aquakultursektors unterstützen und beim Ausbau der Aquakulturproduktion und bei der Markterschließung helfen**.

Kontakt:

Dr. Constantinos C Mylonas, coordinator
Institute of Marine Biology, Biotechnology and Aquaculture
Hellenic Center for Marine Research
Iraklion, Crete, Greece
E-Mail: mylonas@hcmr.gr
Phone: +30 2810 337878
Web: www.diversifyfish.eu

Literaturnachweise

- Andaloro, F., Pipitone, C., 1997. Food and feeding habits of the amberjack, *Seriola dumerili*, in the Central Mediterranean Sea during the spawning season. *Cahier de Biologie Marine* 38: 91-96.
- Anderson, S.A., Salinas, I., Walker, S.P., Gublin, Y., Pether, S., Kohn, Y.Y., Symonds, J.E., 2012. Early development of New Zealand hapuku *Polyprion oxygeneios* eggs and larvae. *Journal of Fish Biology* 80: 555-571.
- Anonymous, 2008. Innovative Methodologies for the reproduction and larval rearing of fast growers. Final Report. OPF 2000-2006 Measure 4.6, 66 pp.
- Babiak, J., Babiak, I., Harboe, T., Haugen, T., van Nes, S. and Norberg, B., 2012. Induced sex reversal using an aromatase inhibitor, Fadrozole, in Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*). *Aquaculture* 324-325: 276-280.
- Ball, A.O., Sedberry, G.R., Zatzoff, M.S., Chapman, R.W., Carlin, J.L., 2000. Population structure of wreckfish *Polyprion americanus* determined with microsatellite genetic markers. *Marine Biology* 137: 1077-1090.
- Crespo, S., Grau, A., Padrós, F., 1994. The intensive culture of 0+ amberjack in the western Mediterranean is compromised by disease problems. *Aquaculture International* 2: 1-4.
- Cummings, N.J., Turner, S.C., McClellan, D.B., Legault, C.M., 1999. Atlantic greater amberjack abundance indices from commercial handline and recreational charter, private, and headboat fisheries through fishing year 1997. *National Oceanic and Atmospheric Sciences*, 77 pp.
- Dalsgaard, J., Lund, I., Thorarinsdottir, R., Drengstig, A., Arvonen, K., Pedersen, P.B., 2013. Farming different species in RAS in Nordic countries: Current status and further perspectives. *Aquacultural Engineering*. 53: 2-13.
- Deudero, S., Morales-Nin, B., 2000. Occurrence of *Polyprion americanus* under floating objects in western Mediterranean oceanic waters, inference from stomach contents analysis. *Journal of the Marine Biological Association of the UK*. 80: 751-752.
- Duncan, N.J., Estévez, A., Fernández-Palacios, H., Gairin, I., Hernández-Cruz, C.M., Roo, J., Schuchardt, D., Vallés, R., 2013. Aquaculture production of meagre (*Argyrosomus regius*): hatchery techniques, ongrowing and market. In: Allan, G., Burnell, G. (Eds.), *Advances in aquaculture hatchery technology*. Woodhead Publishing Limited, Cambridge, UK.
- Duncan, N., Estévez, A., Porta, J., Carazo, I., Norambuena, F., Aguilera, C., Gairin, I., Bucci, F., Valles, R., Mylonas, C.C., 2012. Reproductive development, GnRHa-induced spawning and egg quality of wild meagre (*Argyrosomus regius*) acclimatized to captivity. *Fish Physiology and Biochemistry* 38: 1273-1286.
- Elkesh, A., Kantham, K.P.L., Shinn, A.P., Crumlish, M., Richards, R.H., 2012. Systemic necrocardiosis in a Mediterranean population of cultured meagre, *Argyrosomus regius* Asso (Perciformes: Sciaenidae). *Journal of Fish Diseases*. 36: 141-149.
- FAO, 2009. The state of the world fisheries and aquaculture 2008. FAO, OUN. Rome, 216 pp.
- FAO, 2012. The State of World Fisheries and Aquaculture: 2012. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 209 pp.
- Fernández-Palacios, H., Schuchardt, D., Roo, J., Hernández-Cruz, C.M., Izquierdo, M., 2013 (in press). Multiple GnRHa injections to induce successful spawning of wild caught greater amberjack (*Seriola dumerili*) matured in captivity. *Aquaculture Research* DOI: 10.1111/are.12330
- Fontaine, P., Wang, N., Teletchea, F., 2012. Domestication of new species and diversification in inland aquaculture, the example of Percid fish. Third workshop on fish culture, 3-4th July, Paris, France (in French).
- Grau, A., Crespo, S., Pastor, E., Gonzalez, P., Carbonell, E., 2003. High infection by *Zeuxapta seriola* (Monogenea: Heteraxinidae) associated with mass mortalities of amberjack *Seriola dumerili* Risso reared in sea cages in the Balearic Islands (western Mediterranean). *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists* 23: 139-142.
- Haffray, P., Malha, R., Sidi, M.O.T., Prista, N., Hassan, M., Castelnaud, G., Karahan-Nomm, B., Gamsiz, K., Sadek, S., Bruant, J.S., Balma, P., Bonhomme, F., 2012. Very high genetic fragmentation in a large marine fish, the meagre *Argyrosomus regius* (Sciaenidae, Perci

- formes): impact of reproductive migration, oceanographic barriers and ecological factors. *Aquatic Living Resources* 25: 173-183.
- Hendry, C.I., Martin-Robichaud, D.J., Benfey, T.J., 2003. Hormonal sex reversal of Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.). *Aquaculture* 219: 769-781.
- Jerez, S., Samper, M., Santamaría, F.J., Villamados, J.E., Cejas, J.R., Felipe, B.C., 2006. Natural spawning of greater amberjack (*Seriola dumerili*) kept in captivity in the Canary Islands. *Aquaculture* 252: 199-207.
- Jover, M., Garcia-Gomez, A., Tomas, A., De la Gandara, F., Pérez, L., 1999. Growth of Mediterranean yellowtail (*Seriola dumerilii*) fed extruded diets containing different levels of protein and lipid. *Aquaculture* 179: 25-33.
- Lovatelli, A., Holthus, P.F., 2008. Capture-based aquaculture; Global overview. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 298 pp.
- Koyuncu, C. E., Castro Romero, R., Karaytug, S., 2012. *Lernanthropus indefinitus* N. Sp (Copepoda, Siphonostomatoida, Lernanthropidae) parasitic on *Argyrosomus Regius* (Asso, 1801) (Pisces, Sciaenidae). *Crustaceana* 85: 1409-1420.
- Kozul, V., Skaramuca, B., Glamuzina, B., Glavic, N., Tutman, P., 2001. Comparative gonadogenesis and hormonal induction of spawning of cultured and wild Mediterranean amberjack (*Seriola dumerili*, Risso 1810). *Scientia Marina* 65: 215-220.
- Kucharczyk, D., Kestemont, P., Mamcarz, A., 2007. Artificial reproduction of pikeperch. Practical manual, Polish Ministry of Science, 80 pp.
- Ma, Z., Qin, J.G., Hutchinson, W., Chen, B.N., 2012. Food consumption and selectivity by larval yellowtail kingfish *Seriola lalandi* cultured at different live feed densities. *Aquaculture Nutrition*.
- Matsunari, H., Hashimoto, H., Oda, K., Masuda, Y., Imaizumi, H., Teruya, K., Furuita, H., Yamamoto, T., Hamada, K., Mushiake, K., 2012. Effects of different algae used for enrichment of rotifers on growth, survival, and swim bladder inflation of larval amberjack *Seriola dumerili*. *Aquaculture International* 20: 981-992.
- Mazzola, A., Favalaro, E., Sara, G., 2000. Cultivation of the Mediterranean amberjack, *Seriola dumerili* (Risso, 1810), in submerged cages in the Western Mediterranean Sea. *aquaculture* 181: 257-268.
- Merella, P., Cherchi, S., Garippa, G., Fioravanti, M.L., Gustinelli, A., Salati, F., 2009. Outbreak of *Sciaenacotyle panceri* (Monogenean) on cage-reared meagre *Argyrosomus regius* (Osteichthyes) from the western Mediterranean Sea. *Diseases of Aquatic Organisms* 86: 169-73.
- Milstein, A., Alkon, A., Avnimelech, Y., Kochba, M., Hulata, G., Schroeder, G., 1991. Effects of manuring rate on ecology and fish performance in polyculture ponds. *Aquaculture* 96 (2): 119-138.
- Monfort, M.C., 2010. Present market situation and prospects of meagre (*Argyrosomus regius*), as an emerging species in Mediterranean aquaculture, *Studies and Reviews, General Fisheries Commission for the Mediterranean* No. 89, FAO, Roma, pp. 28.
- Montero, F.E., Crespo, S., Padrós, F., De la Gándara, F., García, A., Raga, J.A., 2004. Effects of the gill parasite *Zeuxapta seriolae* (Monogenea: Heteraxinidae) on the amberjack *Seriola dumerili* Risso (Teleostei: Carangidae). *Aquaculture* 232: 153–163.
- Mylonas, C.C., Papandroulakis, N., Smboukis, A., Papadaki, M., Divanach, P., 2004. Induction of spawning of cultured greater amberjack (*Seriola dumerili*) using GnRH_a implants. *Aquaculture* 237: 141-154.
- Mylonas, C.C., Mitrizakis, N., Castaldo, C., Cerviño, C., Papadaki, M., Sigelaki, I., 2013a. Reproduction of hatchery-produced meagre *Argyrosomus regius* in captivity II. Hormonal induction of spawning and monitoring of spawning kinetics, egg production and egg quality. *Aquaculture* 414-415: 318-327.
- Mylonas, C.C., Mitrizakis, N., Papadaki, M., Sigelaki, I., 2013b. Reproduction of hatchery-produced meagre *Argyrosomus regius* in captivity I. Description of the annual reproductive cycle. *Aquaculture* 414-415: 309-317.
- Nakada, M., 2000. Yellowtail and related species culture. In: Stickney, R. (Ed.), *Encyclopedia of Aquaculture*, Wiley, pp. 1007–1036.

- Nash, C.E., Koningsberg, R.M., 1981. Artificial propagation. In: Oren, O.H. (ed.), *Aquaculture of Grey Mullet*, Cambridge University Press, pp. 265-312.
- Oren, O.H., 1981. *Aquaculture of Grey Mullet*, Cambridge University Press, 506 pp.
- Papadakis, I., Kentouri, M., Divanach, P., Mylonas, C.C., 2013. Ontogeny of the digestive system of meagre *Argyrosomus regius* reared in a mesocosm, and quantitative changes of lipids in the liver from hatching to juveniles. *Aquaculture* 388-391: 76-88.
- Papandroullakis, N., Mylonas, C.C., Syggelaki, E., Katharios, P., Divanach, P., 2008. First reproduction of captive-reared wreckfish (*Polyprion americanus*) using GnRH implants. *Aquaculture Europe* 08, September 15-18, Krakow, Poland, European Aquaculture Society Special Publication 37, pp. 507-508.
- Papandroulakis, N., Mylonas, C.C., Maingot, E., Divanach, P., 2005. First results of greater amberjack (*Seriola dumerili*) larval rearing in mesocosm. *Aquaculture* 250: 155-161.
- Papandroulakis, N., Suquet, M., Spedicato, M.T., Machias, A., Fauvel, C., Divanach, P., 2004. Feeding rates, growth performance and gametogenesis of wreckfish (*Polyprion americanus*) kept in captivity. *Aquaculture International* 3: 1-13.
- Peleteiro, J.B., Saavedra, C., Perez-Rial, E., Soares, E.C., Álvarez-Blázquez, B., Vila, A., 2011. Diversificación de especies en acuicultura marina. Desarrollo de técnicas de cultivo de la cherna (*Polyprion americanus*). XIII Congreso Nacional de Acuicultura, Castelldefels, Barcelona, Spain.
- Pillay, T.V.R., 1993. *Aquaculture. Principles and Practices*. Fishing News Books, Oxford, UK, 575 pp.
- Rigos, G., Katharios, P., 2010. Pathological obstacles of newly-introduced fish species in Mediterranean mariculture; a review. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 20: 47-70.
- Rigos, G., Pavlides, M., Divanach, P., 2001. Host susceptibility to *Cryptocaryon sp.* infection of Mediterranean marine broodfish held under intensive culture conditions: a case report. *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists* 21: 33-36.
- Rodríguez-Barreto, D., Jerez, S., Cejas, J.R., Martín, M.V., Acosta, N.G., Bolaños, A., Lorenzo, A., 2012. Comparative study of lipid and fatty acid composition in different tissues of wild and cultured female broodstock of greater amberjack (*Seriola dumerili*). *Aquaculture* 360-361: 1-9.
- Rodríguez-Villanueva, J.L., Peleteiro, J.B., Perez-Rial, E., Soares, E.C., Álvarez-Blázquez, B., Mariño, C., Linares, F., Mañanós, E., 2011. Growth of wreckfish (*Polyprion americanus*) in Galicia, Spain. *Aquaculture Europe 2011 (EAS)*, 18-21 October, Rhodes, Greece.
- Roo, F. J., Hernández-Cruz, C.M., Borrero, C., Schuchardt, D., Fernández-Palacios, H., 2010. Effect of larval density and feeding sequence on meagre (*Argyrosomus regius*; Asso, 1801) larval rearing. *Aquaculture* 302: 82-88.
- Roo, J., Fernández-Palacios, H., Hernández-Cruz, C.M., Mesa-Rodríguez, A., Schuchardt, D., Izquierdo, M., 2012 (in press). First results of spawning and larval rearing of longfin yellowtail *Seriola rivoliana* as a fast-growing candidate for European marine finfish aquaculture diversification. *Aquaculture Research*. doi: 10.1111/are.12007.
- Sedberry, G.R., Andrade, C.A.P., Carlin, J.L., Chapman, R.W., Luckhurst, B.E., Manooch, C.S. III, Menezes, G., Thomsen, B., Ulrich, G.F., 1999. Wreckfish *Polyprion americanus* in the North Atlantic: fisheries, biology and management of a widely distributed and long-lived fish. *American Fisheries Society Symposium. Life in slow lane: ecology and conservation of long lived marine animals*, 23: 27-50.
- Steenfeldt, S., Lund, I., Höglund, E., 2010a. Is batch variability in hatching time related to size heterogeneity and cannibalism in pikeperch (*Sander lucioperca*)? *Aquaculture Research* 42(5): 727-732.
- Steenfeldt, S.J., Vestergaard, M., Overton, J.L., Lund, I., Paulsen, H., Larsen, V.J., Henriksen, N.H., 2010b. Further development of intensive pikeperch rearing in Denmark. DTU Aqua Research Report no. 228-2010, Technical University of Denmark, Denmark (in Danish).
- Steenfeldt, S.J., Lund, I., 2008. Development of methods of production for intensive rearing of pikeperch juveniles. DTU Aqua Research Report no. 199-2008, Technical University of Denmark, Denmark (in Danish).

- Suquet, M., La Pomèlie, Ch., 2002. Le cernier (*Polyprion americanus*): biologie, pêche, marché et potentiel aquacole. Plouzané: IFREMER, cop. 2002. 279 h. (Ressources de la mer). ISBN 2-84433075-4.
- Ternengo, S., Agostini, S., Quilichini, Y., Euzet, L., Marchand, B., 2010. Intensive infestations of *Sciaenocotyle pancerii* (Monogenea, Microcotylidae) on *Argyrosomus regius* (Asso) under fishfarming conditions. *Journal of Fish Diseases* 33: 89–92.
- Toksen, E., Buchmann, K., Bresciani, J., 2007. Occurrence of *Benedenia sciaenae* van Beneden, 1856 (Monogenea: Capsalidae) in cultured meagre (*Argyrosomus regius* Asso, 1801) (Teleost: Sciaenidae) from western Turkey. *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists* 27(6): 250.
- Wang, N., Milla, S., Fontaine, P., Kestemont, P., 2008. Abstracts of the Percid fish culture workshop: From research to production, January 23-24, Namur, Belgium.
- Vallés, R., Estévez A. 2011. Effect of different DHA concentrations on the growth and survival of meagre (*Argyrosomus regius*) larvae under intensive culture. XIII National Congress of Aquaculture, Casteldefells, Spain
- Vallés, R., Estévez, A., 2013. Light conditions for larval rearing of meagre (*Argyrosomus regius*). *Aquaculture* 376-379: 15-19.