

Güneydoğu Karadeniz'de dağılım gösteren kahlüllü horozbina balığı *Parablennius tentacularis* (Brünnich, 1768)'de yaş tahmini ve en uygun büyüme modelinin seçimi

Age estimation and the best growth model selection of the tentacled blenny *Parablennius tentacularis* (Brünnich, 1768) in the southeastern Black Sea

Ayşe Van^{1*} • Aysun Gümüş² • Melek Özpiçak³ • Serdar Süer⁴

¹ Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Samsun, Türkiye

² Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Samsun, Türkiye

³ Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Samsun, Türkiye

⁴ Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Samsun, Türkiye

 <https://orcid.org/0000-0002-8100-4462>

 <https://orcid.org/0000-0002-0217-6494>

 <https://orcid.org/0000-0003-3506-4242>

 <https://orcid.org/0000-0002-4254-4845>

*Corresponding author: van_55.1986@hotmail.com

Received date: 21.10.2020

Accepted date: 15.03.2021

How to cite this paper:

Van, A., Gümüş, A., Özpiçak, M. & Süer, S. (2021). Age estimation and the best growth model selection of the tentacled blenny *Parablennius tentacularis* (Brünnich, 1768) in the southeastern Black Sea. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 38(2), 229-236. DOI: 10.12714/egejfas.38.2.13

Öz: Bu çalışmada kapsamında, Güneydoğu Karadeniz kıyıları boyunca dağılım gösteren kahlüllü horozbina balığı (*Parablennius tentacularis* (Brünnich, 1768))'na ait 522 birey, Mayıs 2010-Mart 2012 tarihleri arasında dip trolü çalışmaları (ticari balıkçılık ve deniz saha araştırmaları) ile yakalanmıştır. Örneklerin boy dağılım aralığı 4,8-10,8 cm arasında değişmektedir. Eşeylerin boy (K-S test, $Z=3,729$, $P=0,000$) ve ağırlık frekans dağılımları (K-S test, $Z=3,605$, $P=0,000$) arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Boy-ağırlık ilişkisi modelini erkek bireylerde $W=0,009L^{3,034}$ ile izometrik ve dişi bireylerde $W=0,006L^{3,226}$ ile pozitif alometrik olarak tanımlanmıştır. Otolit ve omur örnekleri yaşın belirlenmesinde kullanılacak en doğru sert yapının seçimi için karşılaştırılmış ve otolit en uygun sert yapı olarak seçilmiştir. Mevcut veri seti, en iyi büyüme modelinin tahmini için kullanılmıştır. Bu amaçla, yaygın olarak kullanılan von Bertalanffy, Gompertz ve Lojistik büyüme fonksiyonları ile büyüme parametreleri tahmin edilmiştir. Bu fonksiyonlar aracılığıyla kurulan büyüme modellerinden en doğrusunu seçmek için Akaike'nin Bilgi Kriteri (AIC), L_{\max}/L_{∞} oranı ve R^2 ölçütleri kullanılmıştır. Çoklu model çıkarımı ile model ortalamalı parametreler hesaplanmıştır: $L'_{\infty}=15,091$ cm, S.E.(L'_{∞})=3,966, $K'=0,232$ yıl⁻¹, S.E.(K')= 0,122.

Anahtar kelimeler: *Parablennius tentacularis*, kahlüllü horozbina balığı, yaş, büyüme, Akaike'nin bilgi kriteri, çoklu model çıkarımı

Abstract: By the study's coverage, 522 individuals of tentacled blenny (*Parablennius tentacularis* (Brünnich, 1768)), were caught with the bottom trawl operations (commercial fisheries and scientific field surveys) between May 2010 and March 2012 from the southeastern Black Sea. The size distribution range of the sample varied between 4.8-10.8 cm. The difference between sex length (K-S test, $Z=3.729$, $P=0.000$) and weight frequency distributions (K-S test, $Z=3.605$, $P=0.000$) was found to be statistically significant. The length-weight relationship models were defined as isometric with $W = 0.009L^{3.034}$ in male individuals and positive allometric with $W = 0.006L^{3.226}$ in female individuals. Otolith and vertebra samples were compared for the selection of the most accurate hard structure that can be used to determine the age. Otolith was chosen as the most suitable hard structure. The current data set was used to predict the best growth model. For this purpose, the growth parameters were estimated with the widely used von Bertalanffy, Gompertz and Logistic growth functions. Akaike's Information Criterion (AIC), L_{\max}/L_{∞} ratio, and R^2 criteria were used to select the most accurate growth models established through these functions. Model averaged parameters were calculated with multi-model inference (MMI): $L'_{\infty} = 15.091$ cm, S.E. (L'_{∞}) = 3.966, $K' = 0.232$ year⁻¹, S.E. (K') = 0.122.

Keywords: *Parablennius tentacularis*, tentacled blenny, age, growth, Akaike's information criterion, multi model inference

GİRİŞ

Horozbina türleri (Blenniidae ailesinde) littoral alanlarda yaşayan küçük bentik balıklardır. Vücut boyutu, renk, büyümüş dorsal yüzgeçler, farklı tipteki tentaküller ya da orta yüzgeç üzerinde bulunan özelleşmiş bezler ve sefalik süsler gibi eşeysel dimorfik özelliklere sahip familyalardan biridir (Giacomello ve Rasotto, 2005). Bu familyanın erkeklerinde diğerlerinden farklı olarak testis ve sperma kanalı ile ilişkili testikular beze ve kör keseler gibi yardımcı organlar mevcuttur (Richtarski ve Patzner, 2000). Yumurtalar, demersaldır ve yuvanın iç yüzeyine tek katman halinde bırakılır. Erkeklerde yuva bakımı vardır ve yumurtalar açılıncaya kadar yumurtalara bekçilik yapar.

Blenniidae familyasının bir üyesi olan *Parablennius tentacularis* bireylerinde, siyahımtırak, kırmızı, siyah veya esmer çizgili, küçük lekeli ve bariz 7-8 tane enine siyah çizgi ve çene üzerinde ise ekseriya zikzak şeklinde olan siyahımtırak esmer renkte 3 çizgi bulunmaktadır. Tuzlu ve acı su habitatlarına uyum sağlayabilen Atlanto Mediterranean kökenli demersal bir türdür. Karadeniz, Marmara, Ege ve Akdeniz'de dağılım gösteren tür (Mater vd., 2002) Karadeniz'in özellikle kumlu ve kayalık littoral alanlarında bulunmaktadır (Bat vd., 2005). *Parablennius tentacularis* üzerine yapılan çalışmalar özellikle türün eşeysel dimorfizm özellikleri, üremeye yardımcı organ yapıları, üreme taktikleri ve başarıları hakkındadır (Richtarski ve Patzner, 2000; Giacomello ve Rasotta, 2005; Giacomello vd., 2006; Giacomello vd., 2008; Pizzolon vd., 2010).

Balık büyümesi populasyon dinamiklerini belirleyen en önemli süreçlerden biridir. Balığın bireysel büyümesi birbirine ters olan iki yaklaşımın (anabolizma ve katabolizma) sonucudur (von Bertalanffy, 1938). Populasyon analizi için balığın ortalama bireysel büyümesinin açıklanması matematiksel bir ifadeye ihtiyaç duyar ki bu ifade yaşa karşı türlerin boyutu ile bağlantılıdır (Katsanevakis, 2006). Büyüme oranı ve yaş ya da boy arasındaki ilişkiler her biri teorik hesaplamalar ya da ampirik gözlemler vasıtasıyla türetilen formüller ile hesaplanabilir. Bu parametreler arasındaki çeşitli ilişkiler için birkaç model önerilmiştir. Von Bertalanffy balıklarda büyüme tanımlayan en popüler modeldir. Bununla birlikte alternatif modeller hesaba katılmaksızın bu modelin kullanılması, modelleme içine kaynağı belli olmayan hatalar ekleyebilir ve bu belirsizlik sonraki stok değerlendirmesini etkileyebilir. Ayrıca, görmezden gelinen alternatif modeller eksik değerlendirilmiş standart hata gibi katsayı tahminlerini ortaya çıkarabilir (Lin ve Tzeng, 2009). Bu modeller genellikle diferansiyel eşitliklerle temsil edilir ve çözümler balık büyümesi modellemesinde kullanılır (Katsanevakis, 2006; Katsanevakis ve Maravelias, 2008; Lin ve Tzeng, 2009). Büyüme çalışmalarında en güçlü ya da en doğru modeli seçmek için veri setine birden fazla model uygulanabilmektedir. Model ise bir kritere bağlı olarak seçilebilmektedir. MSE (the mean squares errors), R^2 (the coefficient of determination), AIC (Akaike's Information Criterion), APE (the least average prediction error), X^2 (chi-square) $\ln L$ values (the loglikelihood) gibi katsayılar model seçiminde tercih edilebilmektedir (Lin ve Tzeng 2009; Zhu vd., 2009).

Bilgi teorisine dayanan model seçimi, biyolojik bilimlerde göreceli yeni bir paradigmadır ve sıfır hipotezine dayanan genel metotlardan oldukça farklıdır (Johnson ve Omland, 2004; Katsanevakis, 2006; Lin ve Tzeng, 2009). Son zamanlarda omurgalı ve omurgasız hayvanların büyümesini tanımlayan en iyi modelin seçimi için kullanılmaktadır. Seçim süreç verilerin toplanması, doğru veri/örnek büyüklüğünün oluşturulması ile başlar. Modelin yapısının doğru kurulum kurulmadığının sınanmasında araştırmacıya yardımcı olacak teknikler ise model yapı testleridir. Bu aşamada, diğer kriterlerin aksine güçlü bir teorik alt yapıya sahip olan, Kullback-Leibler (Kullback ve Leibler, 1951) uyumsuzluğuna ve bilgi teorisine dayanan Akaike'nin Bilgi Kriteri (AIC) (Akaike, 1973; Katsanevakis, 2006) geleneksel yaklaşımlardan daha uygun ve daha güçlü bir alternatif sunmaktadır (Akaike, 1981; Burnham ve Anderson 2002) ve model karşılaştırma çalışmalarında da sıklıkla tercih edilmektedir (Katsanevakis ve Maravelias, 2008; Burnham vd., 2011; D'Alberto vd., 2017). Ortalama büyüme modelinin yanı sıra, veriyi en iyi modele uydurmak için bilgi kriterlerini kullanan çoklu model çıkarımı [Multi-Model Inference (MMI)] önerilir çünkü bu çıkarım model seçimindeki belirsizliği giderebilme yeteneğine sahiptir.

Çalışma, model seçimi ve MMI 'ye dayalı olarak balık büyüme çalışmalarında bir fenomen olan von Bertalanffy

modelinin, seçilen tür için uygun olup olmadığını göstermeyi amaçlamaktadır.

MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada araştırma materyalini oluşturan *P. tentacularis* türüne ait 522 örnek, Kızılırmak – Yeşilirmak ve Melet Irmağı şelf sahalarından Mayıs 2010-Mart 2012 tarihleri arasında, ticari trol balıkçı tekneleri ve gerçekleştirilen deneysel saha sörveyleri aracılığıyla 0 ila 60 m derinlikten dip trolü ile yakalanmıştır.

Laboratuvara getirilen örneklerin toplam boyları (TL, cm; $\pm 0,1$ mm) ve ağırlıkları (W, $\pm 0,01$ g) ölçülmüş, eşeyleri kaydedilmiştir. Yaş tayininde kullanılacak iki sert yapı (otolit ve omur) bireylerden çıkarılarak, prosedürlere uygun olarak okuma için hazır hale getirilmiştir. Her iki yapıda binoküler mikroskop ile üstten aydınlatma altında, sırasıyla X40 ve X20'lik büyütmede incelenmiştir. Yaş verileri iki okuyucunun üç tekrarlı okumaları neticesinde elde edilmiştir. İki okuyucunun tekrarlı okumaları ve güvenilir yapının seçimi için hesaplanan katsayı CV (değişim katsayısı) ve uygulanan istatistik testler APE (ortalama yüzde hata) sert yapıların değerlendirilmesinde kullanılmıştır.

Erkek ve dişi bireylerde gözlenen morfolojik farklılıklar nedeniyle yapılan işlemler eşeyler için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Eşeylerin boy ve ağırlık ortalamaları bağımsız iki örneklem t-testi ($\alpha=0,05$), boy, ağırlık ve yaş frekans dağılımları Kolmogorov-Smirnov Z testi ($\alpha=0,05$) (K-S test) ve eşeylerin yaş ortalamaları Mann-Whitney U testi ile karşılaştırılmıştır.

Boy- ağırlık ilişkisinin hesabında $W = a \times L^b$ eşitliği kullanılmıştır (Bagenal ve Tesch, 1978). b değerinin 3'ten farklılığı t-testi ile karşılaştırılmıştır. Eşeyler için hesaplanan a ve b sabitleri arasındaki farklılık ise ANCOVA ($\alpha = 0.05$) ile test edilmiştir.

Otolitler Leica marka stereo mikroskoba bağlı kamera-monitör ve Leica IM50 görüntü analiz programı kullanılarak görüntülenmiştir. Balık boyutu – yaş, otolit boyutu (genişlik ve boy)- yaş arasındaki ilişkiler doğrusal ve eğrisel regresyon tekniği ile açıklanmıştır.

Von Bertalanffy, Gompertz ve Lojistik büyüme fonksiyonları yaş-boy verisine uygulanmıştır. Parametreler, tüm modellere doğrusal olmayan regresyon için kalıntı kareler toplamının (RSS) bir kriter olduğu Levenberg-Marguardt algoritması uygulanmasıyla hesaplanmıştır. Bu üç büyüme modelinin fonksiyonu aşağıdaki gibidir;

$$\text{Von Bertalanffy Model } L_t = L_\infty (1 - e^{-k(t-t_0)}),$$

$$\text{Gompertz Model } L_t = L_\infty e^{-e^{-k(t-t_0)}},$$

$$\text{Lojistik Model } L_t = \frac{L_\infty}{(1 + e^{-k(t-t_0)})}$$

Formüllerde, L_t yaşa karşı hesaplanan ortalama boyu, L_∞ asimptotik boyu, K büyüme katsayısını, t_0 sıfır boyundaki balığın yaşını ifade eder. Munro'nun büyüme performans indeksi; $\Phi = \text{Log}(K) + 2\text{Log}(L_\infty)$ eşitliğinden faydalanılarak hesaplanmıştır (Pauly ve Munro, 1984).

Doğru ya da veriyi en iyi şekilde yansıtan modelin seçimi için AIC (Akaike, 1973), R² kriteri (Cameron ve Frank, 1995) ve L_{mak}/L_∞ oranı kullanılmıştır. Akaike bilgi kriterinin formülü aşağıda verilmiştir;

$AIC = n \ln(\hat{\sigma}^2) + 2k$, $\hat{\sigma}^2 = RSS/n$, RSS kalıntı kareler toplamı, n toplam örnek sayısı, k parametre sayısıdır. Her bir model için bir AIC değeri hesaplanmıştır. Kural olarak en düşük AIC değerine sahip olan model seçilmelidir. Ancak AIC göreceli bir ölçümdür ve AIC değeri için atanan sınır keyfi olabilir, bu nedenle problemi ortadan kaldırmak ve temelde modellerin olasılık miktarını belirlemek için her bir modelin "Ağırlıklı Akaike" (w_i) (Burnham ve Anderson, 2002) değeri hesaplanmıştır. Formül aşağıdaki gibidir;

$$w_i = \frac{\exp(-0.5\Delta_i)}{\sum_{k=1}^R \exp(-0.5\Delta_k)}$$

burada w_i, Ağırlıklı Akaike değerini, Δ_i = AIC_i - minAIC (AIC_i, model için hesaplanan AIC değeri, min AIC, tüm modeller için düşük AIC değeri) ifade eder. R test edilen modellerin sayıdır. Eğer Δ_i > 10 ise model karşılaştırma için kullanılmaz, red edilir. Δ_i < 2 ve 4 < Δ_i < 7 arasında ise modelin desteğe ihtiyacı vardır, karşılaştırma için kullanılabilir. Bu aşamadan sonra doğru modelin seçilebilmesi için ağırlıklı akaike değerinin 0,9 'ün üzerinde olması gerekmektedir. Eğer bu kabulü sağlayan model yoksa Çoklu Model Çıkarımı (MMI) (Burnham ve Anderson, 2002) yapılmalıdır. Ağırlıklı Akaike'ye dayalı ortalanmış model olan çoklu model çıkarımı, güçlü parametre tahminleri yapmak için önerilmektedir. Bu, veri birden daha çok modelle desteklenmesi gerektiğini ifade eder. MMI model ortalamalarıyla sağlam bir büyüme eğrisi çıkarmaktadır. Bu terim, yalnızca en iyi modelle parametre tahmininin yerine, parametrenin tahmini tüm modeller hesaba katıldığında yapılabilişliğinin ifadesidir. MMI formülü şöyledir;

$$TL_s(A) = \sum_{k=1}^R w_i \times TL_i(A)$$

burada, TL_s(A) yaş üzerinden balığın toplam boyunu veren yapay fonksiyonu, k MMI ye dahil güvenilir model(ler)in sayısını ve TL_i(A) tek bir modele göre hesaplanan yaşa karşı toplam boy değerini ifade eder.

MMI yaklaşımdan sonra, model-ortalama asimptotik boy L_∞ ve büyüme katsayısı K' her bir modelin hesaplanan w_i değeri ile üç model kullanılarak ağırlıklı bir ortalamadan tahmin edilmiştir. Model-ortalama asimptotik boy aşağıdaki gibi formüle edilir:

$$\hat{L}_\infty = \sum_{i=1}^R w_i L_{\infty,i}$$

L_∞'un koşulsuz standart hatası şu formülle tahmin edilir (Burnham ve Anderson, 2002); S.E. (\hat{L}_∞) = $\sum_{i=1}^R w_i (\text{var}(L_{(\infty, i|i)}) + (L_{\infty,i} - \hat{L}_\infty)^2)^{1/2}$

burada var(L_{∞,i|i}) i. modele göre hesaplanmış asimptotik boyun varyansını ifade eder. (L_{∞,i} - \hat{L}_∞)² model seçim varyansıdır. Koşulsuz standart hatayı hesaplamak için, model seçim varyansı koşullu varyansa eklenir. Bu toplamın karekökü Ağırlıklı Akaike' ye göre ağırlıklı hale getirilir ve toplanır. Büyüme katsayısının standart hatası da aynı formülden yola çıkarak hesaplanmıştır.

BULGULAR

Bu çalışmada, örnekleme sahaları içinde 0-60 m derinlik konturlarından dip trolü ile 522 adet *Parablennius tentacularis* elde edilmiştir. Çalışma sırasında türün eşeyleri arasında morfolojik farklılaşma vardır. Üreme dönemi olan yaz mevsiminde erkek bireylerin renklerinde koyulaşma olduğu saptanmıştır. Ocak ayında örneklenen erkek bireylerin yaz mevsimindeki bireylere göre daha açık kahve renkli olduğu kaydedilmiştir. Türde var olan supraorbital tentaküller dişi bireylerde üreme döneminde oldukça incelmış ve kısalmıştır. Ancak Ocak ayı örneklerinde, tentaküllerin oldukça uzamış ve kalınlaşmış olduğu görülmüştür. Aynı zamanda, türün dişi bireylerinde çene desenlemesi dikkat çekmiştir ve dişiler beyaz bantların varlığı ile erkek bireylerden ayırt edilebilmektedir. Bu bantlar üreme döneminde daha belirgin iken, diğer dönemlerde varlığını korumakla birlikte belirginliği yitirmektedir. Erkeklerde anal yüzgecin önünde, anüs açıklığının arkasında 'anal bez' adı verilen bir yapı bulunmaktadır. İlave olarak her ne kadar türün üreme dönemi erken yaz (Mayıs-Temmuz) olarak nitelendirilse de sonbahar döneminde (Ekim) de uygun sahadaki (safha IV) bireylere rastlanılmıştır.

Örnekleme 306 dişi birey ve 146 erkek birey belirlenmiştir. Dişi: erkek oranı 1:0,47 hesaplanmıştır ve bu orana ki-kare analizi yapılmış ve eşey oranında fark anlamlı bulunmuştur (χ^2 test, 518,509, sd=2, P=0,000). Örneklemin boy aralığı 4,8-10,8 (7,439±0,043) cm arasında değişmektedir. Ortalama total boy dişilerde 7,21 cm ve erkeklerde 8,11 cm'dir. Dişi bireylerde ortalama ağırlık 3,84 g ve erkek bireylerde 5,70 g'dır. Eşeyler arasında ortalama boy (t=10,290, sd=450, P=0,000) ve ağırlık (t=10,523, sd=450, P=0,000) arasında anlamlı farklılık bulunmuştur. Eşeylerin boy ve ağırlık frekans değerlerini karşılaştırmak için iki örneklem Kolmogorov-Smirnov Z testi uygulanmıştır. Eşeylerin boy (K-S test, Z=3,729, P=0,000) ve ağırlık (K-S test, Z=3,605, P=0,000) frekans dağılımları arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Boy-ağırlık ilişkisi, dişiler için W=0,006 L^{3,226} (b için %95 G.A. 3,108-3,345), erkekler için W=0,009 L^{3,034} (b için %95 G.A. 2,879-3,171) ve toplam örneklem için W=0,007 L^{3,180} (b için %95 G.A. 3,102-3,258) şeklinde tanımlanmıştır. LWR modeli eşeyler arasında farklı bulunmuştur (ANCOVA, F=41,314_{2, 490}, R²=0,929, P=0,000).

Çalışmada, yaş tayininde güvenilir yapı seçiminde kullanılan yapılar (otolit ve omur) iki okuyucu tarafından üç tekrarlı olarak okunmuştur. Her bir okuyucu için yapılar ortalama yaş, yüzde uyum, ortalama yüzde hata ve değişim katsayısı hesaplanmıştır. Omurda yaş okumaları sonucu 6 yaş grubu (0-V yaş), otolitte ise 5 yaş grubu (I-V yaş) tespit edilmiştir. Tablo 1'de iki okuyucunun okumaları sonucu elde edilen yaş verilerinin karşılaştırması yer almaktadır. Öncelikle değişim katsayısı değerlerine daha sonra ise değişim katsayısı ile paralel sonuçların bulunduğu yüzde uyum ve ortalama yüzde hata değerlerine bakılarak en güvenilir sert yapının otolit olduğuna karar verilmiştir.

Tablo 1. İki okuyucunun otolit ve omur yaş verilerinin karşılaştırılması**Table 1.** Comparison of age data of two readers on otolith and vertebra

	Okuyucu	Ortalama Yaş		Uyum (%)		Ortalama Yüzde Hata (%)		Değişim Katsayısı (%)	
		1.	2.	1.	2.	1.	2.	1.	2.
Sert Yapılar	N	Okuyucu		1-2		Okuyucu		Okuyucu	
		1.	2.	Okuyucu	1.	2.	1.	2.	
Otolit	100	2,61	2,49	89		10,07	14,73	5,90	8,97
Omur	100	2,33	2,08	78		15,58	14,65	14,07	13,15

397 bireyde otolit ile yaş tahmini yapılmıştır. Eşeylere göre yaş dağılım yüzdeleri şöyledir: dişi bireylerde I-V yaş gruplarına dağılım sırasıyla %3,4, %60,3, %34,2, %1,7 ve %0,4'tür. Erkek bireyler I yaş grubu tespit edilememekle birlikte II-V yaş gruplarının dağılımı %38,3, %43,9, %11,2 ve %6,5 'dir. Dişi bireylerde II yaş grubu baskın iken erkek bireylerde III yaş grubu baskındır. Eşeylerin yaş ortalamaları arasında bir farkın olup olmadığı Mann-Whitney U testi ile sınıanmıştır ve aralarında istatistikî olarak anlamlı bir fark bulunmuştur (Mann-Whitney U test, Z=-5,292, P=0,000).

Tablo 2'de otolit boyutları ile yaş arasındaki regresyon analizi ile ilişki parametreleri (keşişim noktası (a), eğim (b)), iki değişkenin birbirleriyle uyum derecesi hakkında bilgi veren korelasyon katsayısı (r) ve değişkenler arasındaki önemlilik düzeyini belirleyen P değeri hesaplanmıştır. Doğrusal ve doğrusal olmayan regresyon teknikleri uygulandığında otolit boyutu ve yaş arasında eğrisel bir ilişki olduğu sonucuna varılmıştır. Dolayısıyla, yaş artışıyla birlikte otolit boyutları artışında bir azalma söz konusudur.

Tablo 2. *P. tentacularis* örnekleminde otolit boyutu ile yaş arasındaki ilişki parametreleri**Table 2.** Relationship parameters between otolith length-age in *P. tentacularis*

	Değişken			Denklemler Parametreleri					
	Bağımlı	Bağımsız	İlişki Türü	N	a	b	b _{SE}	R ²	P
Genel	OB	Yaş	Eğrisel	522	1,708	0,283	0,015	0,750	0,000
	OG	Yaş	Eğrisel	522	1,076	0,233	0,011	0,771	0,000

Büyüme parametreleri von Bertalanffy, Gompertz ve Lojistik büyüme eşitlikleri kullanılarak hesaplanmıştır (Tablo 3). Hesaplamalar sonucu her bir model için elde edilen RSS değeri AIC hesabında kullanılmıştır. Bunun yanı sıra, R² kriteri ve L_{mak}/L_∞ oranı göz önüne alınarak tür için en uygun büyüme modelinin seçiminde kullanılmıştır.

Tablo 3. *P. tentacularis* için farklı modeller yardımıyla hesaplanan büyüme parametreleri**Table 3.** Estimated growth parameters of *P. tentacularis* with different models

Modeller	Büyüme Parametreleri			
	L _∞ (cm)	K (yıl ⁻¹)	t ₀ (yıl)	Φ
Von Bertalanffy	17,470	0,119	-2,252	1,560
Gompertz	13,819	0,261	1,163	1,698
Lojistik	12,511	0,399	1,462	1,796

Bu çalışmada, veriyi en doğru temsil eden modelin belirlenmesinde kullanılan kriterler belli kabullere dayanmaktadır. Şöyle ki, en düşük AIC, L_{mak}/L_∞ oranı ve en yüksek R² değerine sahip model seçilmez. Modellerin AIC değeri, en düşük von Bertalanffy büyüme fonksiyonu için elde edilmiştir. Sırasıyla Gompertz ve lojistik fonksiyonlar gelmektedir. En uygun modelin seçiminde ölçüt olarak kullanılan diğer parametrelerde (R² ve L_{mak}/L_∞) AIC değerini destekler niteliktedir. Çalışma burada bırakıldığında bu tür için, model seçim belirsizliği önemsenmediğinde en uygun modelin von Bertalanffy büyüme fonksiyonu olduğu kararına varılır. Ancak AIC değeri için verilen karar keyfi bir atamadır ve 'en iyi' model olma olasılığının miktarının belirlemek için her bir modelin w_i değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen w_i değerleri değerlendirilmeden önce formülde yer alan Δ_i (=AIC_i-minAIC) parametresi üzerinden modeller hakkında karar verilmesi gerekmektedir. Üç modelde de Δ_i >10 olmadığından tüm modeller seçim işlemine tabi tutulmuştur. Modellerin sahip olduğu w_i değerleri >0,9 olmadığından uygun modele karar verme işlemi bir basamak daha ileri gitmiştir (Tablo 4). Zira, modellerden biri için hesaplanan bu değer 0,9'un üzerinde olsaydı, model seçimi tamamlanmış olacaktı. Buradan çıkan sonuç, modeller tek başına türün büyümesinin tanımlanmasında yeterli değildir. Bu aşamadan sonra uygulanan MML ile her bir yaş grubuna karşı bir TL_s değeri hesaplanmış ve ortalama bir büyüme modeli elde edilmiştir. Çalışma sonunda, veri von Bertalanffy, Gompertz ve Lojistik büyüme fonksiyonlarının herhangi biriyle değil tamamının hesaba katılmasıyla sağlam bir modelle açıklanmıştır. Von Bertalanffy model büyümenin tanımlanması için güçlü bir eğrinin üretimine %43,3; Gompertz model %32,9 ve Lojistik model ise %23,8'lik bir katkı sağlamıştır.

Çoklu model çıkarımı ile elde edilen ortalama modelin model ortalamalı asimptotik boy değeri 15,091 ve standart hatası 3,966, model ortalamalı büyüme katsayısı 0,232 ve standart hatası 0,122 olarak hesaplanmıştır. Ortalama modelin asimptotik boy değeri çalışmada kullanılan üç kriter göre (model seçim belirsizliği önemsenmediğinde) en iyi model olarak nitelendirilebilen von Bertalanffy modelinden küçük olduğu görülmektedir. Von Bertalanffy modeline, model seçim belirsizliği dahil edildiğinden normalin üstünde ya da altında tahminler yapılabilir. Bu model, çıkarım için kullanıldığı zaman hatalı nokta tahminine ve uyumun yanlış değerlendirilmesine neden olabilir.

Tablo 4. *P. tentacularis*' de yaş-boy veri setine uygulanan 3 modelin karşılaştırılması. (Var. (L'_{∞}), model ortalamalı asimptotik boy varyansı; MSV, model seçim varyansı; S.E.(L'_{∞}), model ortalamalı asimptotik boy koşulsuz standart hatası; Var.(K'), model ortalamalı büyüme katsayı varyansı; S.E.(K'), model ortalamalı büyüme katsayı koşulsuz standart hatası)

Table 4. Comparison of 3 models applied to age-length data set in *P. tentacularis*. (Var. (L'_{∞}), model- averaged unconditional variance of L_{∞} ; MSV, model selection variance; S.E.(L'_{∞}), model- averaged unconditional standard error of L_{∞} ; Var.(K'), model averaged variance of K; S.E.(K'), model- averaged unconditional standard error of K)

	MODEL			
	Von Bertalanffy	Gompertz	Lojistik	
k	3	3	3	
R ²	0,646	0,645	0,644	
L _{mak} /L _∞	0,618	0,781	0,863	
RSS	153,072	153,289	153,528	
AIC	-370,400	-369,842	-369,222	
Δ _i	0,000	0,558	1,178	
w _i	0,433	0,329	0,238	
S.E.(L _∞)	5,270	1,989	1,288	
Var. (L _∞)	27,771	3,961	1,664	
MSV (L _∞)	5,673	1,611	6,641	
S.E.(L _∞)	2,504	0,777	0,686	
S.E.(K)	0,065	0,067	0,068	
Var.(K)	0,004	0,004	0,005	
MSV(K)	0,013	0,001	0,028	
S.E.(K)	0,056	0,023	0,043	
Model-ortalamalı parametreler	L _∞	S.E.(L _∞)	K	S.E.(K)
	15,091	3,966	0,232	0,122

TARTIŞMA

Genel bilgiler türün 1 ila 15 m derinlikler arasında dağılım gösterdiğini ifade etmektedir (Mater vd., 2002). Kuzey Adriyatik Denizi ve İtalya'da yapılan çalışmalarda 2 ila 6 m derinlikte kayalık alanlarda türe rastlanılmıştır (Giacomello ve Rasotto, 2005; Giacomello vd., 2008). Akdeniz sularında *D. annularis*, *Gobius sp.*, *Mullus surmuletus*, *Sarpa salpa*, *Sciaena umbra*, *S. porcus*, *Serranus cabrilla*, *S. ocellatus*, *S. rostratus*, *S. tinca*, *Synodus saurus*, *Posidonia oceanica* gibi türlerle birlikte 18-38 m derinlikten deniz çayırı alanlarından yakalandığı bildirilmiştir. Bayhan vd.(2008)'nin Gediz nehir ağızı lagünlerinde (İzmir Körfezi) balık faunası çeşitliğini araştırdıkları çalışmalarında, çamurlu habitatlardan 10-15 m derinliklerden yakaladıkları türler arasında bulunan *P.tentacularis* 'in, Muğilidae, Gobiidae, Sparidae, Labridae gibi familyalara ait bazı türler ile bir arada bulunduğu görülmektedir. Karadeniz balık kontrol listelerinde demersal-bentik habitatta yaşayan türün korunma durumu Romanya'da yok olma riski değerlendirmesini yapmak için yeterli veri

olmadığı, Türkiye'de ise hassas yani yüksek tehlike riski altında olduğu bildirilmiştir (Yankova vd., 2010). Bu çalışma, *P. tentacularis* türünün, örnekleme sahası içinde 0-60 m derinlikler arasında dağılım gösterebildiğini ve bentopelejik bir tür olduğunu ortaya koymuştur. Türün dağılımı ve bolluğunda mevsimsel bir farklılaşma olduğu belirtilerek, bu durumun yuva yapma davranışının bir sonucu olabileceği vurgulanmıştır (Deudero vd., 2008).

Çalışma sırasında erkek ve dişi bireylerin morfolojik bazı özelliklerinin farklılığı dikkat çekmiştir. Zira, Blenniidae familyasına ait türlerin eşeyleri arasında morfolojik farklılıkları istatistiki testlerle ortaya koyan çalışmalar mevcuttur (Richtarski ve Patzner, 2000; Giacomello ve Rasotto, 2005; Giacomello vd., 2006; Giacomello vd., 2008). Vücut büyüklüğü açısından bakıldığında, erkek bireylerin dişilerden daha büyük olduğu tespit edilmiştir ki, eşeylerin boy ve ağırlık ortalamaları arasında anlamlı bir farkın olması bu kanıyı doğrulamaktadır. Eşeyler arasında subraorbital tentakül boyutu ve mevsimsel (üreme dönemi boyunca) farklılaşma olduğu yönünde saptamalarımız mevcuttur. Erkeklerde tentaküllerin daha gelişmiş ve üreme periyodu (erken yaz dönemi) süresinde her iki eşeyde de uzamaya doğru bir eğilim olduğu rapor edilmiştir (Giacomello ve Rasotto, 2005; Giacomello vd., 2006). Giacomello ve Rasotto (2005) erkeklerin dişi bireylerden daha büyük, eşeyler arasında vücut boyutu açısından önemli eşeysele dimorfizm olduğu istatistiki testlerle de ifade etmişlerdir. Familyanın üyeleri üzerine yapılan çalışmalarda sıklıkla üzerinde durulan konu, 'anal bez, bulb bez ya da testicular bez' olarak adlandırılan üremeye yardımcı organlar ile ilgilidir. Çalışmamız sırasında mikroskop altında incelenen erkek bireylerde anal yüzgeç üzerindeki beze benzeri yapıların varlığı dikkat çekmiştir. Erkek anal bezler antimikrobial özelliğe sahip bir salgı üretmektedir ve bu salgıdan yoksun kalan yumurtaların hayatta kalma ihtimali çok düşüktür. Dişiler daha fazla salgı üretebilme yeteneğinde olan büyük bezlere sahip olan erkekleri tercih eder. Bunun en önemli nedeni antimikrobial üretimden doğrudan fayda sağlanmak istenmesidir (Pizzolon vd., 2010). Anal bez boyutlarında mevsimsel bir farklılaşma olduğu tespit edilmiştir (Giacomello ve Rasotto, 2005). Bu mevsimsel varyasyon hormonal kontrol altında olabileceği ve androjen ile muamele edilen anal bezler büyüme eğilimi göstermiştir (Oliveira vd., 2001). Son olarak, bir çok araştırmacı, vücut ya da supraorbital tentakül boyutu, anal bez varlığı gibi özellikler erkek bireylerin çiftleşme başarısını etkilediğini ifade etmişlerdir (Oliveira vd., 1999; Giacomello ve Rasotto, 2005; Giacomello vd., 2006).

Bu çalışmada, *P. tentacularis* eşeylerinde boy-ağırlık ilişkisi modeli farklılık göstermiştir. Dişilerde model pozitif allometrik iken erkeklerde izometriktir. Batı Karadeniz'de, boy aralığı 5,5 ile 11,0 cm'dir ve boy ağırlık ilişkisi pozitif allometrik olarak tanımlanmıştır (Yıldız vd., 2018). Marmara Denizi'nde 3,5-10,0 cm boy aralığı verilmiştir ve boy ağırlık ilişkisi izometrik olarak tanımlanmıştır (Keskin ve Gaygusuz, 2010). Kara vd. (2016) doğu Ege Denizi'nde boy aralığını 10,4-12,5

cm bildirmişler ve pozitif allometrik boy ağırlık ilişkisi tespit etmişlerdir. Bu çalışmalarda eşey ayrımı yapılmaksızın tanımlamalar yapılmıştır. Çalışmamızda genel örneklem için ilişki pozitif allometriktir.

Sert yapıların değerlendirilmesi aşamasında iki okuyucunun tekrarlı okumaları ve güvenilir yapının seçimi için hesaplanan katsayı ve uygulanan istatistik testlerin birinci amacı ortalama yaşa bakarak şayet varsa normalin altında veya üstünde hesaplamaları tespit etmektir. Nitekim omur normalin altında değerler vermiştir. Okuyucular arasındaki yüzde uyum ise, yaş yapılarının değerlendirilmesi esnasında, okuyucuların kriterlerinin benzerliğini ölçer ki, bu çalışmada en yüksek uyum otolitten elde edilmiştir. Yüksek uyum değerini ortalama yüzde hata ve değişim katsayısı da desteklemiştir. Eşeylerin ortalama yaşları arasında herhangi bir farkın olup olmadığı sınanmış ve fark anlamlı bulunmuştur. Öyleyse, örneklem içinde dişi bireyler daha küçük yaş gruplarında yoğunlaşmakta ve ileri yaşlara erişen birey sayılarının erkeklere oranla daha az olduğu görülmektedir. Familyanın bazı diğer üyelerinde yaş-büyüme, otolit yapısı, populasyon parametrelerinin tahmini gibi çalışmalar mevcuttur. Santos vd. (1995), Azores'ten örnekledikleri *Parablennius sanguinolentus parvicornis* 'in yaş ve populasyon yapısını çalışmışlardır. Yaş okumalarını otolit üzerinden yapmışlar ve büyümenin tanımlanmasında von Bertalanffy büyüme fonksiyonunu kullanmışlardır. Aynı lokalite de Azevedo ve Homem (2002)' nin *Parablennius ruber* üzerine yaptıkları çalışmada, aylık boy-frekans verisinden modal analizi yaparak boya karşı yaş verisi elde etmişler ve von Bertalanffy büyüme modelini uygulayarak parametre tahmini yapmışlardır. Kuzey-doğu İspanya'da bulunan Matarranya Nehri'nden örneklenen *Salaria fluviatilis* 'te yaş tayini operkulum kemikleri kullanılarak yapılmıştır ve Bhattacharya metodu ile yaş sınıflarını temsil eden boy kategorileri tanımlanmış sonrakinde ise güçlü yıl sınıfının izlenmesi analizi (Modal Progression Analysis) uygulanmıştır (Vinyoles ve De Sostoa, 2007).

Çalışmamız balık büyümesini modellenen alanlarda bilgi teorisine dayanan yaklaşımların nasıl uygulandığı ve model seçiminde tahmin edilen büyüme parametrelerinin nasıl hesaba katılacağını göstermiştir. Üç aday model veri setine uygulanmıştır ki, bu modeller bu alanda yapılan çalışmalarda da yaygın olarak kullanılan alternatiflerdir. En iyi model Akaike bilgi kriteri (AIC)'den biçimlenen hata-düzeltilme katsayısına göre seçilmiştir. Her bir modelin en iyi model olma olasılığı 'Ağırlıklı Akaike' w_i ile hesaplanmıştır. w_i ye dayanan ortalama model her bir durum için sınanmıştır. Bu aşamadan sonra, üç model kullanılarak, her bir modelin w_i ye göre ağırlıklı tahmini ve yaşa karşı ortalama boy değerleri ile Çoklu Model Çıkarımı (MMI) yaklaşımı uygulanmıştır.

Model seçimi özellikle markalama-yeniden yakalama ve filogenetik çalışmalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Uyum derece testleri ve model ortalaması da markalama-yeniden yakalama çalışmalarında sıklıkla kullanılmaktadır. Son

zamanlardaki eğilim biyolojik süreçleri anlamak için çok sayıda model kullanarak ilgili parametreleri tahmin etmeye doğrudur (Johnson ve Omland 2004).

Model seçim kriterleri hem uygulanabilirliği hem de karmaşıklığı dikkate alır ve çok sayıdaki modeli eş zamanlı karşılaştırma imkânı sağlar (Burnham ve Anderson, 2002; Johnson ve Omland 2004). Diğer bir ifade ile model seçimi, gözlemlere göre desteklenen en iyi hipotezin tanımlanmasını yapmak için kullanılır (Katsanevakis, 2006). Model seçimi sıklıkla sadece tek bir 'best' modeli seçen bir metod olarak düşünülmektedir ve daha sonraki çıkarsama ve parametre tahmini bu model koşuluna bağlıdır. Bu yaklaşım alternatiflerin hiçbir şekilde katkısı olmaksızın tek bir modelin keyfi toplanmasından daha iyidir, ancak hala bilgi teorisinden tam olarak yararlanılmayan basit bir yaklaşım vardır. Model seçimi sadece tek bir 'en iyi' modeli arama olarak görülmemeli; bunun yerine, daha güvenilir çıkarımlar aday modeller setine dayandırılmalıdır (Katsanevakis, 2006).

Von Bertalanffy büyüme fonksiyonu en çok çalışılan ve tüm boy-yaş modelleri arasında yaygın olarak uygulanan modeldir. Çalışmamızda bu modelle birlikte iki alternatif fonksiyon kullanılmıştır: Gompertz ve Lojistik. Büyümenin ifade edilmesi ya da verinin en doğru temsili için tek bir model kullanılması birtakım sorunları da beraberinde getirmektedir. En iyi model olmaksızın, model çıkarsama için kullanıldığında hatalı parametre tahmini ve yanlış bir değerlendirme yapacaktır. Bu durumda, sürecin en başında tek bir modelin en iyi olduğu kabulü yapılır ve daha sonra karşılaşılabilecek olan hatalar göz ardı edilebilir. Bu anlayışından yola çıkarak birçok araştırmacı farklı konularda çok sayıda modeli denemiştir. Modelin yapısının doğru kurulup kurulmadığının sınanmasında, iyi olarak tanımlanmış bir tahmini ölçmek ve analiz etmek için kullanılan birkaç kriterden biri olan AIC değeri kullanılmıştır (Katsanevakis, 2006; Katsanevakis vd., 2007; Lin ve Tzeng, 2009; Alp vd., 2011; Mercier vd., 2011; Ohnishi vd., 2012). Çoğu çalışmada büyüme parametreleri seçime gerek duyulmaksızın tek model gibi varsayılarak von Bertalanffy büyüme modeli kullanılmaktadır. Model seçimi yapılan birçok çalışmada von Bertalanffy ya aday model içine dahil edilmemiştir ya da en güçlü model olarak seçilmemiştir (Cerdenares-Ladro'n de Guevara vd., 2011; Wang ve Ma, 2016) Bununla birlikte; Katsanevakis ve Maravelias (2008)'in literatürden topladıkları 133 yaş-boy verisinde von Bertalanffy büyüme modeli durumları içinde %34.6 oranında en iyi model olarak seçilmiştir ve bu modeli %30.1 ile power model izlemiştir. Çalışmalarda ağırlıklı akaike değerlerine göre von Bertalanffy büyüme modeli ya en güçlü olarak (0,99 ya da 1) ya da en zayıf (<0,01) şekilde desteklenmiştir (Ahmed vd., 2012; Alp vd., 2011).

Çalışmalarda parametre tahminlerinde sıklıkla von Bertalanffy büyüme modelinin tercih edilmemesi, VBGM den farklı modellerin tür veri setlerine uygulanması gerekmektedir.

Genellikle, eğrinin kurulması ve şekillenmesi tek bir modele ve parametre tahminleri ve yorumları yalnızca kullanılan modele dayandırılmamalıdır. Von Bertalanffy büyüme modelinin balık büyüme çalışmalarında her zaman öncelikli ve tek model olması anlayışı terk edilmelidir. Böylece, büyümenin ve yaşam döngüsü parametrelerinin daha gerçekçi olarak tanımlanması sağlanabilir.

KAYNAKÇA

- Ahmed, Z.F., Hossain, M.Y. & Ohtomi, J. (2012). Modelling the growth of silver hatchet chela *Chela cachius* (Cyprinidae) from the Old Brahmaputra River in Bangladesh using multiple functions. *Zoological Studies*, 51(3), 336-344.
- Akaike, H. (1973). Information theory and an extension of the maximum likelihood principle. In 2nd international symposium on information theory (B. N. Petrov, and F. Csaki, eds.), p. 267-281. Akademiai Kiado, Budapest.
- Akaike, H. (1981). Likelihood of a model and information criteria. *Journal of Econometrics*, 16(1), 3-14. DOI: [10.1016/0304-4076\(81\)90071-3](https://doi.org/10.1016/0304-4076(81)90071-3)
- Alp, A., Kara, C., Üç kardeş, F., Carol, J. & Garcı'a-Berthou, E. (2011). Age and growth of the European catfish (*Silurus glanis*) in a Turkish Reservoir and comparison with introduced populations. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 21, 283-294. DOI: [10.1007/s11160-010-9168-4](https://doi.org/10.1007/s11160-010-9168-4)
- Azevedo, J.M.N. & Homem, N. (2002). Age and growth, reproduction and diet of the red blenny *Parablennius ruber* (Blenniidae). *Cybiuim*, 26(2), 129-133.
- Bagenal, T.B. & Tesch, F.W. (1978). Age and Growth. In: Methods for Assessment of Fish Production in Freshwaters, (Bagenal, T.B., Ed), Blackwell Science Publication, pp. 101-136, Oxford, UK.
- Bat, L., Erdem, Y., Ustaoglu, S., Yardim, Ö. & Satilmis, H.H. (2005). Türkiye'nin Orta Karadeniz Kıyısı Balıkları Üzerine Bir Araştırma. *Journal of the Black Sea / Mediterranean Environment*, 11, 281-296.
- Bayhan, B., Sever, T.M. & Kaya, M. (2008). Diversity of fish fauna in Gediz Estuary Lagoons (Izmir Bay/Aegean Sea). *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 7(9), 1146-1150, ISSN: 1680-5593.
- Burnham, K.P. & Anderson, D.R. (2002). Model selection and multimodel inference: A practical information-theoretic approach. Springer, New York, USA, 488 p.
- Burnham, K.P., Anderson, D.R. & Huyvaert, K.P. (2011). AIC model selection and multimodel inference in behavioral ecology: some background, observations, and comparisons. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 65(1), 23-35. DOI: [10.1007/s00265-010-1029-6](https://doi.org/10.1007/s00265-010-1029-6)
- Cameron, A.C. & Frank, A.G. (1995). An R-squared measure of goodness of fit for some common nonlinear regression models. *Windmeijer*.
- Cerdenares-Ladro'n De Guevara, G., Morales-Bojórquez, E. & Rodríguez-Sánchez, R. (2011). Age and growth of the sailfish *Istiophorus platypterus* (Istiophoridae) in the Gulf of Tehuantepec, Mexico. *Marine Biology Research*, 7(5), 488-499. DOI: [10.1080/17451000.2010.528201](https://doi.org/10.1080/17451000.2010.528201)
- D'Alberto, B.M., Chin, A., Smart, J.J., Baje, L. & White, W.T. (2017). Age, growth and maturity of oceanic whitetip shark (*Carcharhinus longimanus*) from Papua New Guinea. *Marine and Freshwater Research*, 68(6), 1118-1129. DOI: [10.1071/MF16165](https://doi.org/10.1071/MF16165)
- Deudero, S., Morey, G., Frau, A., Moranta, J. & Moreno, I. (2008). Temporal trends of littoral fishes at deep *Posidonia oceanica* seagrass meadows in a temperate coastal zone. *Journal of Marine Systems*, 70, 182-195. DOI: [10.1016/j.jmarsys.2007.05.001](https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2007.05.001)
- Giacomello, E. & Rasotto, M.B. (2005). Sexual dimorphism and male mating success in the tentacled blenny, *Parablennius tentacularis* (Teleostei: Blenniidae). *Marine Biology*, 147, 1221-1228. DOI: [10.1007/s00227-005-0023-4](https://doi.org/10.1007/s00227-005-0023-4)

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, "Karadeniz'deki Trol Balıkçılığının İzlenmesi" (TAGEM/HAYSÜD/2010/09/01/04) projesi kapsamında Ondokuz Mayıs Üniversitesi (OMU) ve Trabzon Su Ürünleri Merkez Araştırma Enstitüsü (SUMAE) işbirliği ile gerçekleştirilmiştir.

- Giacomello, E., Marchini, D. & Rasotto, M.B. (2006). A male sexually dimorphic trait provides antimicrobials to eggs in blenny fish. *Biology Letters*, 2, 330-333. DOI: [10.1098/rsbl.2006.0492](https://doi.org/10.1098/rsbl.2006.0492)
- Giacomello, E., Neat, F.C. & Rasotto, M.B. (2008). Mechanisms enabling sperm economy in blenniid fishes. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 62, 671-680. DOI: [10.1007/s00265-007-0491-2](https://doi.org/10.1007/s00265-007-0491-2)
- Johnson, J.B. & Omland, K.S. (2004). Model selection in ecology and Evolution. *TRENDS in Ecology and Evolution*, 19, 2. DOI: [10.1016/j.tree.2003.10.013](https://doi.org/10.1016/j.tree.2003.10.013)
- Kara, A., Sağlam, C. & Acarlı, D. (2016). Length-weight relationships of fish captured by wire pots in Izmir Bay (eastern Aegean Sea, Turkey). In: 2nd International Congress on Applied Ichthyology & Aquatic Environment (pp. 10-12).
- Katsanevakis, S. (2006). Modelling fish growth: model selection, multi-model inference and model selection uncertainty. *Fisheries Research*, 81, 229-235. DOI: [10.1016/j.fishres.2006.07.002](https://doi.org/10.1016/j.fishres.2006.07.002)
- Katsanevakis, S., Thessalou-Legaki, M., Karlou-Riga, C., Lefkaditou, E., Dimitriou, E. & Verriopoulos, G. (2007). Information-theory approach to allometric growth of marine organisms. *Marine Biology*, 151(3), 949-959. DOI: [10.1007/s00227-006-0529-4](https://doi.org/10.1007/s00227-006-0529-4)
- Katsanevakis, S. & Maravelias, C.D. (2008). Modelling fish growth: multi-model inference as a better alternative to a priori using von Bertalanffy equation. *Fish and Fisheries*, 9, 178-187. DOI: [10.1111/j.1467-2979.2008.00279.x](https://doi.org/10.1111/j.1467-2979.2008.00279.x)
- Keskin, Ç. & Gaygusuz, Ö. (2010). Length-weight relationships of fishes in shallow waters of Erdek Bay (Sea of Marmara, Turkey). *IUFJ Journal of Biology*, 69(2), 87-94.
- Kullback, S. & Leibler, R.A. (1951). On information and sufficiency. *The Annals of Mathematical Statistics*, 22, 79-86. DOI: [10.1214/aoms/1177729694](https://doi.org/10.1214/aoms/1177729694)
- Lin, Y.J. & Tzeng, W.N. (2009). Modelling the growth of Japanese eel *Anguilla japonica* in the lower reach of the Kao-Ping River, southern Taiwan: an information theory approach. *Journal of Fish Biology*, 75, 100-112. DOI: [10.1111/j.1095-8649.2009.02268.x](https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2009.02268.x)
- Mater, S., Kaya, M. & Bilecenoglu, M. (2002). Türkiye deniz balıkları atlası. Ege Üniversitesi Basımevi. Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi Yayınları, No:68, 169 s.
- Mercier, L., Panfili, J., Paillon, C., N'diaye, A., Mouillot, D. & Darnaude, A.M. (2011). Otolith reading and multi-model inference for improved estimation of age and growth in the gilthead seabream *Sparus aurata* (L.). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 92, 534-545. DOI: [10.1016/j.ecss.2011.02.001](https://doi.org/10.1016/j.ecss.2011.02.001)
- Ohnishi, S., Yamakawa, T., Okamura, H. & Akamine, T. (2012). A note on the von Bertalanffy growth function concerning the allocation of surplus energy to reproduction. *Fishery Bulletin*, 110, 223-229.
- Oliveira, R.F., Almada, V.C., Forsgren, E. & Goncalves, E.J. (1999). Temporal variation in male traits, nest aggregations and mating success in the peacock blenny, *Salarias pavo*. *Journal of Fish Biology*, 54, 499-512. DOI: [10.1111/j.1095-8649.1999.tb00631.x](https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1999.tb00631.x)
- Oliveira, R.F., Canario, A.V.M. & Grober, M.S. (2001). Male sexual polymorphism, alternative reproductive tactics, and androgens in combtooth blennies (Pisces: Blenniidae). *Hormones and Behavior*, 40, 266-275. DOI: [10.1006/hbeh.2001.1683](https://doi.org/10.1006/hbeh.2001.1683)
- Pauly, D. & Munro J.L. (1984). Once more on growth comparison in fish and invertebrates. *ICLARM. Fishbyte*, 2, 21.

- Pizzolon, M., Giacomello, E., Marri, L., Marchini, D., Pascoli, F., Mazzoldi, C. & Rasotto, M. B. (2010). When fathers make the difference: efficacy of male sexually selected antimicrobial glands in enhancing fish hatching success. *Functional Ecology*, 24, 141–148. DOI: [10.1111/j.1365-2435.2009.01608.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2009.01608.x)
- Richtarski, U. & Patzner, R. A. (2000). Comparative morphology of male reproductive systems in Mediterranean blennies (Blenniidae). *Journal of Fish Biology*, 56, 22–36. DOI: [10.1111/j.1095-8649.2000.tb02084.x](https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2000.tb02084.x)
- Santos, R.S., Nash, R.D.M. & Hawkins, S.J. (1995). Age, growth and sex ratio of the Azorean rock-pool blenny, *Parablennius sanguinolentus parvicornis*. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 75, 751-754. DOI: [10.1017/S0025315400039175](https://doi.org/10.1017/S0025315400039175)
- Vinyoles, D. & De Sostoa, A. (2007). Life-history traits of the endangered river blenny *Salaria fluviatilis* (Asso) and their implications for conservation. *Journal of Fish Biology*, 70, 1088–1108. DOI: [10.1111/j.1095-8649.2007.01371.x](https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2007.01371.x)
- Von Bertalanffy, L. (1938). A quantitative theory of organic growth (inquiries on growth laws. II). *Human Biology*, 10, 181–213.
- Wang, X.A. & Ma, A. (2016). Comparison of four nonlinear growth models for effective exploration of growth characteristics of turbot *Scophthalmus maximus* fish strain. *African Journal of Biotechnology*, 15(40), 2251-2258. DOI: [10.5897/AJB2016.15490](https://doi.org/10.5897/AJB2016.15490)
- Yankova, M., Raykov, V., Ivanova, P., Mgeladze, M., Diasamidze, R., Agapov, S., Grinchenko, M., Öztürk, B., Oral, M., Bat, L., Düzgüneş, E., Shlyakhov, V., Boltachev, A. & Karpova, E. (2010). Black Sea Fish Check List. Black Sea Commission Publication, 58p.
- Yıldız, T., Zengin, M., Uzer, U., Akpınar, I.O. & Karakulak, F.S. (2018). Length-weight relationships for 24 fish species collected from the western Black Sea (Turkey). *Cahiers de Biologie Marine*, 59, 159-165.
- Zhu, L., Li, L. & Liang, Z. (2009). Comparison of six statistical approaches in the selection of appropriate fish growth models. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, 27(3), 45. DOI: [10.1007/s00343-009-9236-6](https://doi.org/10.1007/s00343-009-9236-6)