Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi
Ordu Üniv. Bil. Tek. Derg.

Ordu University Journal of Science and Technology
Ordu Univ. J. Sci. Tech.

E-ISSN: 2146-6459 2026, 16 (ISRIS 2026) Araştırma Makalesi / Research Article
Makale Sayısı / Article Number: 1 http://doi.org/10.54370/ordubtd.1956032

Kuzeydoğu Akdeniz (İskenderun Körfezi) *Saurida lessepsianus* Russell, Golani & Tikochinski, 2015 Popülasyonunun Sagittal Otolitlerinde Dalgalı Asimetrinin Araştırılması*

Serdar Yedier[1], Seda Kontaş Yalçınkaya[2], Derya Bostancı[1], Nazmi Polat[3]

[1]Ordu Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, Ordu, Türkiye
[2]Ordu Üniversitesi, Fatsa Deniz Bilimleri Fakültesi, Balıkçılık Teknolojisi Mühendisliği Bölümü, Ordu, Türkiye
[3] Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Samsun, Türkiye

Geliş Tarihi / Received Date: 22.05.2026 Kabul Tarihi / Accepted Date: 16.09.2026

Öz

Dalgalı asimetri; bir organizmanın iki taraflı mükemmel simetrisinden rastgele ve küçük derecede sapmalar olarak tanımlanır. Çevresel stresle birlikte balığın iki taraflı özelliklerinde oluşabilen dalgalı asimetri, stresin ve gelişimsel istikrarın tespiti amacıyla kullanılmaktadır. Bu çalışmada, İskenderun Körfezi'nde yaşayan *Saurida lessepsianus* Russell, Golani & Tikochinski, 2015 popülasyonunun sagittal otolitlerindeki dalgalı asimetrinin incelenmesi amaçlanmıştır. Yedi boy grubuna ayrılan *S. lessepsianus* (n=63) bireylerinin sagital otolit çiftleri ölçülmüş, otolit boyu (OB) ve genişliği (OG) için asimetri değişim katsayısının karesi (CV_a^2) olan dalgalı asimetri düzeyleri değerlendirilmiştir. Balık bireylerinin sol ve sağ otolit genişliği değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmiştir (P<0,05). OG için en yüksek asimetri değeri IV. boy grubunda 7,325 ve en düşük asimetri değeri ise I. boy grubunda 0,214 olarak tespit edilmiştir. OB için en yüksek asimetri değeri III. boy grubunda 1,964 ve en düşük asimetri değeri ise II. boy grubunda 0,296 olarak tespit edilmiştir. Total boy (TB) ve (CV_a^2) değerleri arasındaki ilişkiler OG için y = 0,2582x - 2,56; OB için y = 0,0326x + 0,4259 olarak hesaplanmıştır. Akdeniz'deki iklimsel değişiklik ve insan faaliyetleri bölgedeki ekosistemi olumsuz yönde etkilemektedir. *S. lessepsianus* popülasyonunda asimetrik otolite sahip birey sayısının fazla olması, bireylerin stres altında olabileceğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: dalgalı asimetri, İskenderun Körfezi, sagitta, *Saurida lessepsianus*, otolit karakterleri

Investigation of Fluctuating Asymmetry in the Sagittal Otoliths of *Saurida lessepsianus* Russell, Golani & Tikochinski, 2015 Population on the Northeastern Mediterranean (Gulf of Iskenderun) Coasts

Abstract

Fluctuating asymmetry is defined as random, minor deviations from an organism's bilateral perfect symmetry. Fluctuating asymmetry, which can occur in the bilateral characteristics of fish in response to environmental stress, is used to assess stress and developmental stability. The aim of this study was to investigate the fluctuating asymmetry in the sagittal otoliths of the *Saurida lessepsianus* Russell, Golani & Tikochinski, 2015 population inhabiting the Gulf of Iskenderun. The sagittal otolith pairs of *S. lessepsianus* individuals (n=63), divided into seven total length groups, were measured, and levels of fluctuating asymmetry, named the square of the coefficient of variation for asymmetry (CV_a^2) for otolith length (OL) and width (OW), were assessed. A statistically significant difference was detected between the left and right otolith width values of fish individuals (P < 0.05). The highest asymmetry value for OG was 7.325 in IV. length group, and the lowest asymmetry value was 0.214 in I. length group. The highest asymmetry value for OB was 1.964 in III. length group, and the lowest asymmetry value was 0.296 in II. length group. The relationships between total length (TB) and (CV_a^2) values were calculated as y = 0.2582x – 2.56 for OG and y = 0.0326x + 0.4259 for OB. Climate change and human activities in the Mediterranean Sea are negatively impacting the ecosystem. The high number of individuals with asymmetrical otoliths in the *S. lessepsianus* population suggests that the individuals may be under stress.

Keywords: fluctuating asymmetry, Gulf of Iskenderun, sagitta, *Saurida lessepsianus*, otolith characters

Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Seda Kontaş Yalçınkaya sedakontas@gmail.com

** Bu makale, 28–30 Nisan 2026 tarihlerinde Azerbaycan'ın Bakü kentinde düzenlenen 3. Uluslararası Bütünleşik Sosyal Araştırmalar ve Disiplinlerarası Çalışmalar Kongresi'nde sözlü bildiri olarak sunulmuştur.*

Giriş

Synodontidae familyası, geniş bir coğrafyada yaygın olarak görülen bir balık grubudur ve Süveyş Körfezi'ndeki trol balıkçılığında çok önemli bir yere sahip olduğu bildirilmiştir (El-Halfawy vd., 2007). Bu familyada 4 cins ve dünya genelinde yaklaşık 57 tür bulunmaktadır (Choi vd., 2024). *Saurida lessepsianus*, Synodontidae familyasından Kızıldeniz kökenli, Süveyş kanalı vasıtasıyla Kızıldeniz'den Akdeniz'e göç eden lesepsiyen bir dip balığı türüdür (Lotfy vd., 2025; Mahmoud vd., 2014). Basra Körfezi, Kızıldeniz, Doğu Afrika ile Japonya ve Arafura Denizi arasında dağılım gösteren *S. lessepsianus*, Türkiye kıyıları ve açıklarında popülasyon oluşturmuş yabancı bir türdür ve ilk kez 1951 yılında rapor edilmiştir (Kosswig, 1951; Mahmoud vd., 2014). *S. lessepsianus* türünün, Süveyş Körfezi'nde ekonomik açıdan büyük öneme sahip bir tür olduğu da bildirilmiştir (Lotfy vd., 2025). Özellikle Doğu Akdeniz bölgesinde sürdürülebilir popülasyonlar oluşturmasının ardından ekonomik açıdan önem kazanmıştır (Öztürk, 2010). *Saurida lessepsianus* türüyle ilgili dünyada ve Türkiye'de yapılmış çeşitli çalışmalar mevcuttur (Al-Hassan ve Shwafi, 1997; Çiçek vd., 2008; El-Halfawy vd., 2007; Golani, 1993; Kadharsha vd., 2026; Mahmoud vd., 2014; Reis vd., 2026; Yildirim ve Vurmay, 2017). Son zamanlarda yapılan çalışmalarla, bu tür hakkında balıkçılığın etkili ve sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesine yardımcı olabilecek sınırlı sayıda yeni biyolojik bilgiye ulaşılmıştır.

Dalgalı asimetri (FA), organizma genotipinin çevresel bozulmalara karşı kendini etkili bir şekilde koruyamaması sonucunda, organizmaların gelişim süreçleri boyunca ortaya çıkan "hataları" yansıtan, iki taraflı kusursuz simetriden uzaklaşan küçük sapmalar şeklinde meydana gelir (Somarakis vd., 1997). Dalgalı asimetri, araştırıcılar tarafından çeşitli organizma türlerinde incelenen ve farklı habitatlardaki doğal ya da insan kaynaklı stres faktörlerinin yararlı bir biyoindikatörü olarak yaygın şekilde kullanılan bir parametredir (Allenbach vd., 1999; Allenbach, 2011). Dalgalı asimetri basit bir yöntem olması sebebiyle, organizmanın gelişimsel hassasiyetini ve durumunu ölçmek için çekici bir araç olarak kullanılmaktadır (Somarakis vd., 1997). Belirli bir sucul habitatın sağlığının göstergesi olarak balık türleri gibi belirli bir organizma grubu kullanılabilmektedir. Yapılan çalışmalar, dalgalı asimetrinin görüldüğü balıkların etkili bir biyomonitör aracı olabileceğini göstermiştir (Trach vd., 2022). Hatta, otolitlerdeki dalgalı asimetrinin larval balıkların durumunun da bir göstergesi olarak kullanılabileceği bildirilmiştir (Somarakis vd., 1997).

Otolitler, kemikli balıkların akustik ve denge sistemlerinde rol oynayan (Paxton, 2000), kalsiyum karbonat ($CaCO_3$) yapısındaki "kulak taşları"dır. Kemikli balıklarda iç kulakta sagitta, lapillus ve asteriskus adı verilen bu kemiksi yapılar üç çift halinde bulunur (Panfili vd., 2002). Genel olarak, otolit çiftleri balığın yaşam döngüsündeki durumları yansıtmaktadır. Balıkların yaşam alanlarıyla ilişkilerinin değerlendirilmesinde ise deniz balıklarında en fazla kullanılan kemiksi yapılar sagittalardır (Tuset vd., 2008).

İskenderun Körfezi, yaklaşık 2.275 km²'lik bir alana sahiptir ve Türkiye'nin Doğu Akdeniz kıyılarının kuzeydoğu köşesinde yer almaktadır. Körfez, buharlaşma yoluyla açık denizden gelen suyun ve kuvvetli rüzgarların etkisindedir (Çiçek vd., 2008). Deniz sıcaklığı 15°C ila 32°C aralığında değişmekte ve tuzluluk ise yazın 39,8 ppt'ye kadar yükselmektedir (Çiçek vd., 2008; MacPherson vd., 1988).

Su ekosistemlerinde ağır metaller ve pestisit gibi kimyasal madde konsantrasyonlarının artması, genel olarak su kütlelerinin durumunu ve dolayısıyla balıkların üreme ve gelişmelerini etkilemektedir (Trach vd., 2022). Evsel ve endüstriyel atık sular, petrol ve sintine suları, tarımsal aktivitelerden kaynaklı pestisit ve son zamanlarda sularımızda miktarı artan mikroplastikler kirliliğin başlıca kaynaklarıdır. İskenderun Körfezi'ndeki endüstriyel tesislere bitişik alanlarda kirlilik seviyelerinin yüksek olduğu bildirilmiştir (Çiçek vd., 2008; Türk Çulha vd., 2025).

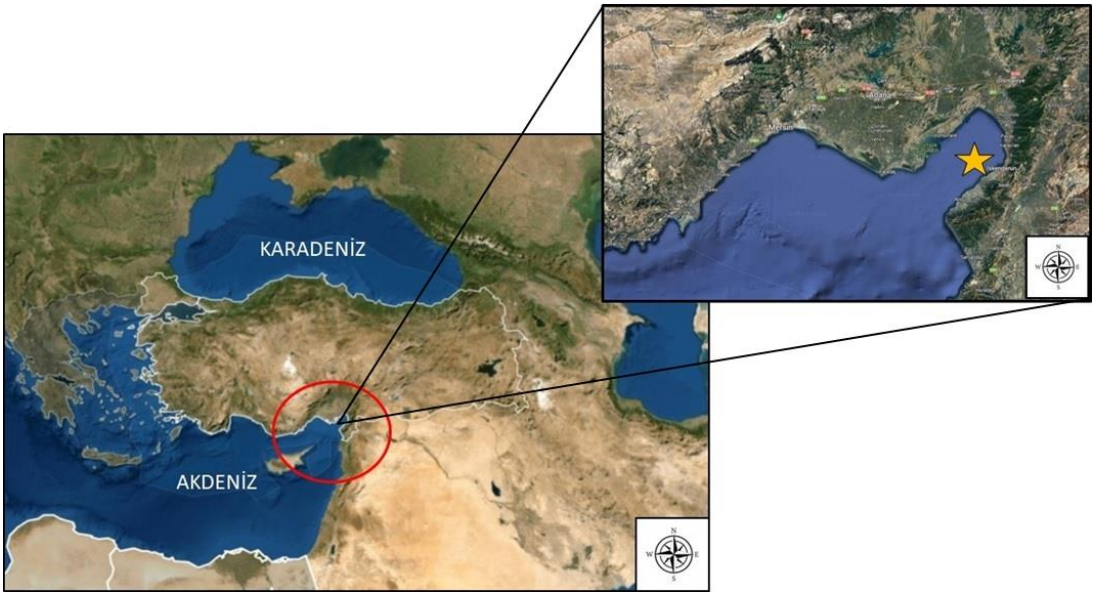
Kimyasal olarak kirli bir ortamda bulunan ve vücutlarında ağır metaller biriktirmiş balıkların insanlar tarafından tüketilmesi, toksikolojik tehlikelere yol açabilir (Trach vd., 2022). Dahası, bu tür balıkların tüketiminin insan sağlığını kaçınılmaz bir şekilde tehlikeye atabileceği bildirilmiştir (Çiçek vd., 2008). Bu konunun önemli olması ve Türkiye'deki balık türlerinin dalgalı asimetri düzeylerine ilişkin sınırlı sayıda çalışma bulunması (Bostancı vd., 2018; Kontaş vd., 2018; Reis vd., 2026; Yedier vd., 2018), bu

çalışmanın temel amacını belirlemiştir. Bu çalışmanın amacı; İskenderun Körfezi'nde yaşayan *Saurida lessepsianus* popülasyonunun çevresel stresin bir biyoindikatörü olup olmadığını otolitlerindeki dalgalı asimetri değerlerine bağlı olarak tespit etmektir.

Materyal ve Yöntem

Çalışma Bölgesi ve Örnekleme

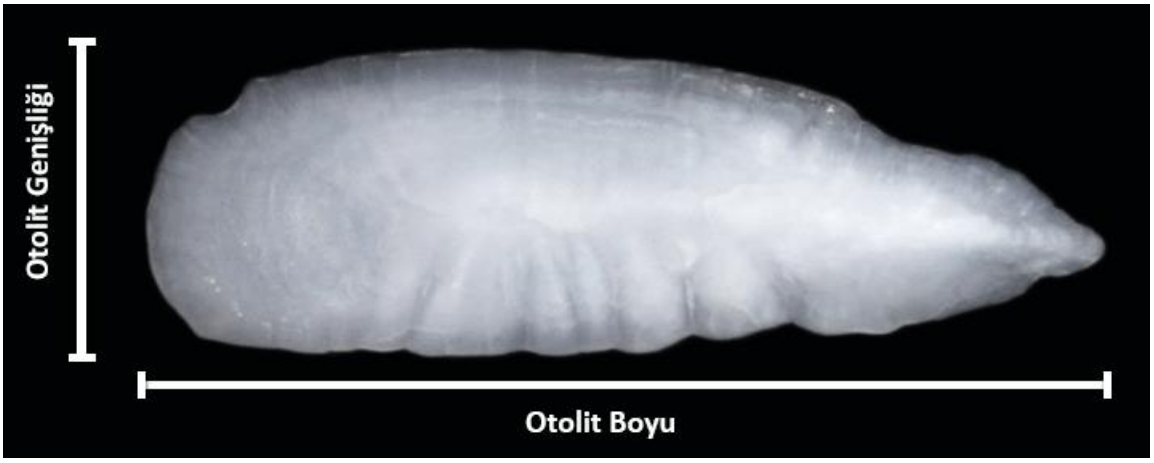
Akdeniz'in İskenderun Körfezi'nde yaşayan *Saurida lessepsianus* bireyleri (n=63) balıkçılardan temin edilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. İskenderun Körfezi'nde Yaşayan *Saurida lessepsianus*'un Örnekleme Bölgesi

Laboratuvar Çalışmaları

Saurida lessepsianus bireylerinin total (TB) boyları ± 0,1 cm ve ağırlıkları ± 0,01 g hassasiyetle ölçülmüş ve kaydedilmiştir. Diseksiyonları esnasında her bir bireyden sagital otolit çiftleri dikkatlice çıkarılarak temizlenmiş ve analizlere kadar saklanmıştır. Sagittal otolitlerin hasarsız ve çiftler halinde olmasına dikkat edilmiştir. Sol ve sağ sagittal otolitler, Leica S8APO marka mikroskop ile bilgisayara bağlı bir kamera sisteminden yararlanılarak fotoğraflanmıştır. Sagittal otolitlerin otolit boyu (OB, mm) ve otolit genişliği (OG, mm) ±0.0001 mm hassasiyetle Leica Application Suite (Ver. 3.8) programı kullanılarak ölçülmüştür (Şekil 2).



Şekil 2. *Saurida lessepsianus* Bireylerinde Sagittal Otolit Ölçümleri

S. lessepsianus bireylerinin sagittal otolitlerindeki otolit dalgalı asimetrisi değerlerini hesaplamak amacıyla otolit genişliği ve otolit boyu olmak üzere iki farklı otolit karakteri kullanılmıştır. *S. lessepsianus* bireyleri yedi total boy grubuna (17,0-18,9 cm; 19,0-20,9 cm; 21,0-22,9 cm; 23,0-24,9 cm; 25,0-26,9 cm; 27,0-28,9 cm; 29,0-30,9 cm) ayrılmıştır. Boy grupları oluşturulurken aralarındaki farkın eşit olmasına ve her boy grubunda en az bir bireyin olmasına dikkat edilmiştir. Her iki otolit karakterinin (otolit genişliği ve otolit boyu) dalgalı asimetri değişim katsayısının karesi (CV_a^2) olan değer aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır (Valentine vd., 1973):

$$CV_a^2 = (S_{r-1}*100/X_{r+1})^2$$

Formülde (S_{r-1}), belirtilen farkın standart sapmasını, (X_{r+1}), karakter ortalamasını ifade etmektedir.

İstatistiksel Analizler

Balık boyu ve ağırlığı değerleri ile sol ve sağ sagittal otolitlerin boy ve genişlik değerlerinin tanımlayıcı istatistikleri hesaplanmıştır. Bireylerin sol ve sağ otolitlerinin genişlik ve boyları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olup olmadığı paired-t testi ile belirlenmiştir. Dalgalı asimetri hem tüm bireyler için hem de boy grubuna ayrılmış bireyler için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Ayrıca, yedi boy grubu için otolit genişliği ve otolit boyunda hesaplanan (CV_a^2) değerleri, total boy ile ilişkilendirilmiştir. Total boy grupları ile (CV_a^2) arasındaki ilişkiler doğrusal regresyon modeli (y=ax+b) kullanılarak tespit edilmiştir. Bu çalışmada istatistiksel değerlendirmelerin tümü Minitab 22.0 istatistik programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmada *Saurida lessepsianus* türünün sagittal otolitlerinin iki otolit karakterindeki dalgalı asimetri durumu ortaya konmaya çalışılmıştır. İskenderun Körfezi'nden yakalanan toplam 63 adet *S. lessepsianus* bireyinin ortalama total boyları 23,27 ± 3,392 cm, minimum ve maksimum boyları 17,1-31,2 cm olarak belirlenmiştir. Tüm bireylerin ortalama ağırlıkları ise 92,70 ± 5,39 g'dır. Boy gruplarına göre değerlendirilen bireylerin ortalama, minimum ve maksimum total boyları ise Tablo 1'de sunulmuştur.

Tablo 1. İskenderun Körfezi'nde Yaşayan *Saurida lessepsianus* Bireylerinin Boy grupları ve Ortalama, Minimum ve Maksimum Total Boy Değerleri

Total Boy Grupları (cm)	N	Ortalama (±S.S.) Min.-Mak. (cm)
17,0-18,9	6	17,9 ± 0,753 17,1 - 18,9
19,0-20,9	8	19,8 ± 0,616 19,0 - 20,5
21,0-22,9	18	21,7 ± 0,611 21,0 - 22,7
23,0-24,9	11	24,0 ± 0,582 23,0 - 24,9
25,0-26,9	8	25,8 ± 0,710 25,0 - 26,8
27,0-28,9	9	27,5 ± 0,581 27,0 - 28,7
29,0-30,9	3	30,7 ± 0,643 30,0 - 31,2

S. lessepsianus bireylerinde sol otolitler sağ otolitlerden daha geniş, sağ otolitler ise sol otolitlerden daha uzundur. *S. lessepsianus* bireylerinin sol ve sağ otolit genişliği değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunurken ($P<0,05$), otolit boyları arasında istatistiksel olarak bir fark tespit edilmemiştir ($P>0,05$) (Tablo 2).

Tablo 2. *Saurida lessepsianus*'in Otolit Karakterleri

Sagittal Otolit Karakterleri	Sol Ortalama ± S.S. (Min. - Maks.)	Sağ Ortalama ± S.S. (Min. - Maks.)	P Değeri
Otolit Boyu	7,740 ± 1,084 5,769 - 10,101	7,742 ± 1,064 5,773 - 10,323	P > 0,05
Otolit Genişliği	2,578 ± 0,234 2,112 - 3,137	2,556 ± 0,229 2,109 - 3,108	**P < 0,05**

S. lessepsianus örneklerinde total boy gruplarına göre hesaplanan otolit boyu ve genişliği değerleri için karakter ortalamaları ve dalgalı asimetri değişim katsayısının karesi (CV_a^2) değerleri Tablo 3'te sunulmuştur. İncelenen bireylerin otolit özelliklerinde asimetri gözlemlenmiştir. Otolit boyu ve genişliği için karakter ortalaması değerleri, tüm otolitler için sırasıyla 7,741 ± 1,069 ve 2,567 ± 0,231 olarak hesaplanmıştır. CV_a^2 değerleri incelendiğinde, tüm bireyler için otolit genişliğindeki asimetrinin (4,442) otolit boyundaki asimetriden (1,479) daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Otolit genişliği için en yüksek asimetri (CV_a^2) değeri 7,325 ile IV. boy grubunda (23,0-24,9) yer alan bireylerde görülmüş, bunu 7,149 ile VI. boy grubundaki (27,0-28,9) bireyler izlemiştir. Asimetrinin görüldüğü birey sayısını yansıtan otolit genişliğindeki asimetri yüzdesi değeri ise tüm bireyler için %66 olarak hesaplanmıştır (Tablo 3). Otolit boyu için en yüksek asimetri (CV_a^2) değeri, III. boy grubunda 1,964; VII. boy grubunda 1,941 ve I. boy grubunda 1,498 olarak hesaplanmıştır. Otolit boyundaki asimetri yüzdesi değerleri ise tüm bireyler için %69,8 olarak tespit edilmiştir (Tablo 3).

Tablo 3. Total Boy Gruplarına göre Otolit Boyu ve Genişliği için Karakter Ortalamaları ve Dalgalı Asimetri Değişim Katsayısının Karesi (CV_a^2) Değerlerinin Tanımlayıcı İstatistikleri

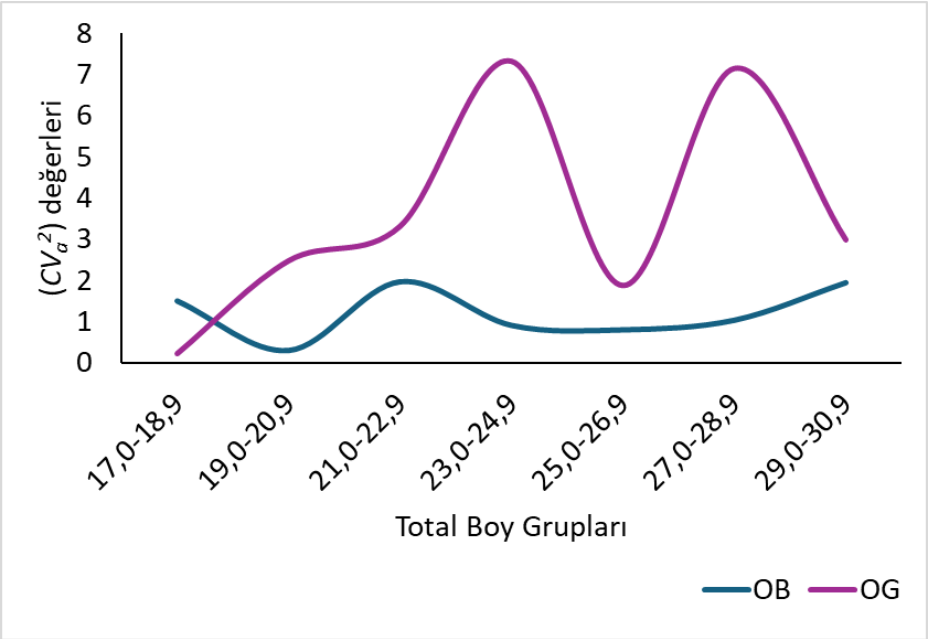
Otolit Karakteri	Grup	Total Boy Aralığı (cm)	N	CV_a^2	Karakter Ortalaması Ort. ± S.S.	Karakter Min.-Maks.	Asimetri Yüzdesi (%)
Otolit Boyu	I	17,0 - 18,9	6	1,498	6,589 ± 0,519	5,772 - 7,437	66,6
	II	19,0 - 20,9	8	0,296	6,642 ± 0,558	5,772 - 7,663	62,5
	III	21,0 - 22,9	18	1,964	7,274 ± 0,532	6,216 - 8,214	83,3
	IV	23,0 - 24,9	11	0,906	7,790 ± 0,783	6,993 - 9,657	72,7
	V	25,0 - 26,9	8	0,797	8,555 ± 0,505	7,881 - 9,213	62,5
	VI	27,0 - 28,9	9	1,032	8,904 ± 0,251	8,436 - 9,326	55,5
	VII	29,0 - 30,9	3	1,941	9,934 ± 0,370	9,324 - 10,323	66,6
	Toplam	17,1 - 31,2	63	1,479	7,741 ± 1,069	5,772 - 10,323	69,8
Otolit Genişliği	I	17,0 - 18,9	6	0,214	2,334 ± 0,147	2,109 - 2,553	50,0
	II	19,0 - 20,9	8	2,473	2,313 ± 0,081	2,109 - 2,445	62,5
	III	21,0 - 22,9	18	3,312	2,492 ± 0,159	2,220 - 2,775	66,6
	IV	23,0 - 24,9	11	7,325	2,614 ± 0,163	2,442 - 2,998	72,7
	V	25,0 - 26,9	8	1,871	2,643 ± 0,147	2,331 - 2,886	62,5
	VI	27,0 - 28,9	9	7,149	2,824 ± 0,078	2,775 - 2,997	75,0
	VII	29,0 - 30,9	3	2,983	3,015 ± 0,083	2,886 - 3,109	66,6
	Toplam	17,1 - 31,2	63	4,442	2,567 ± 0,231	2,109 - 3,109	66,6

S. lessepsianus türü bireylerinin sagittal otolitlerinde en yüksek asimetri değerleri genel olarak otolit genişliğinde gözlenmiştir. Otolit genişliğinde görülen asimetri daha önceki çalışmalarda da bildirilmiştir (Bostancı vd., 2018; Gao vd., 2025; Jawad vd., 2012; Jawad, 2012; Jawad ve Al-Shwafi, 2025; Kontaş vd., 2018; Qasim vd., 2025; Sadighzadeh vd., 2011; Shi vd., 2026) ve mevcut çalışmada elde edilen bulguların literatür ile uyumlu olduğu tespit edilmiştir. Benzer şekilde, Orta Karadeniz'de yaşayan *Merlangius merlangus* türünün sagittal otolitlerinde, otolit uzunluğunda görülen asimetrinin en düşük değere sahip olduğunu bildirilmiştir (Kontaş vd., 2018). Mevcut çalışmada, *Saurida lessepsianus* bireylerinin otolit boyunda gözlemlenen asimetri değeri de en düşük değerlere sahiptir (Tablo 3). Bu çalışma sonuçlarının aksine, Ege Denizi'nin Muğla kıyılarında yapılan bir çalışmada, burada yaşayan *S. lessepsianus* türünde tüm bireylerde en yüksek asimetri seviyesinin otolit uzunluğunda tespit edildiği

bildirilmiştir (Reis vd., 2026). Otolit boyu karakteri için asimetrinin varlığı da diğer araştırıcılar tarafından çeşitli balık türleri için rapor edilmiştir (Al-Mamry vd., 2011; Abu El-Regal vd., 2016; Yedier vd., 2018). Köycegiz Lagün Sistemi'nde gerçekleştirilen bir çalışmada (Reis vd., 2023), *Mugil cephalus*, *Chelon labrosus*, *C. auratus* ve *C. saliens* türlerinin sagittal otolitlerinde otolit uzunluğunda görülen asimetrinin otolit genişliğinde görülen asimetriden daha yüksek olduğu belirtilmiş ve asimetrinin balığın total boyunun artmasıyla yükseldiği bildirilmiştir.

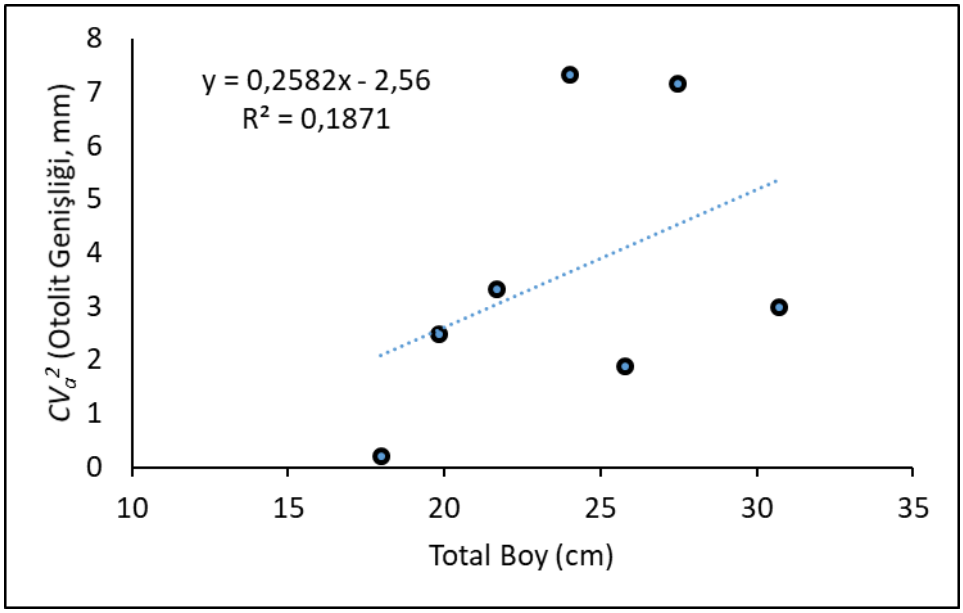
Bilateral simetriye sahip organizmaların, olumlu çevre koşullarında, biyo-yapılarının simetrik olması beklenir. Ancak, bazı organizmalar çevre koşulları ideal olsa bile mükemmel bir simetriye sahip olmazlar. Besine ulaşma, aşırı sıcaklık, parazitler ve hastalıklar sonucunda organizmalarda oluşabilecek stres ve diğer faktörlerin sonucunda meydana gelebilecek küçük tutarsızlıklar, canlıların gelişim sürecini etkileyebilir. Bu durumda canlının bazı yapılarında asimetri görülebilir (Markow, 1995; Palmer ve Strobeck, 1992). Balıkların morfometrik karakterleri çevresel etkilere karşı açık ve hassastır. Dolayısıyla çevresel strese maruz kaldıklarında doğrudan ve dolaylı olarak etkilenirler (Yedier vd., 2018). Bu etkinin ve oluşan asimetrinin düzeyi dalgalı asimetri ile ifade edilmektedir (Ludwig, 1932). Dalgalı asimetri, sucul sistemlerde oluşabilecek akut kirliliklerin tüm organizma toplulukları veya ekosistemi etkilemeden önce bir popülasyonun adaptasyon durumunu değerlendirmek için ilginç bir potansiyele sahip, geleneksel çevresel sağlık değerlendirme yöntemlerine alternatif bir araçtır (Seixas vd., 2016). Dalgalı asimetri değerlendirme yöntemi, ölçüm hatası veya potansiyel boyut bağımlılığı gibi olumsuz durumlar barındırmaktadır. İki taraftan birinde görülebilecek hafif asimetrik durum, yani birey düzeyinde bir özelliğin iki taraf arasındaki farklılığı, her zaman durumun göstergesi olmayabilir. Dolayısıyla, dikkatli bir şekilde yorumlanmalıdır. Otolitlerin erken dönemlerinde elde edilecek büyüme kayıtları da, birey düzeyinde asimetrilerin gelişimini incelemek amacıyla güçlü bir araç olabilir (Somarakis vd., 1997).

Otolit genişliği ve otolit boyu karakterlerinin ortalama CV_a^2 değerleri incelendiğinde, balık boyunun artışıyla karakter değerlerinin de genel olarak artış gösterdiği belirlenmiştir (Şekil 3).

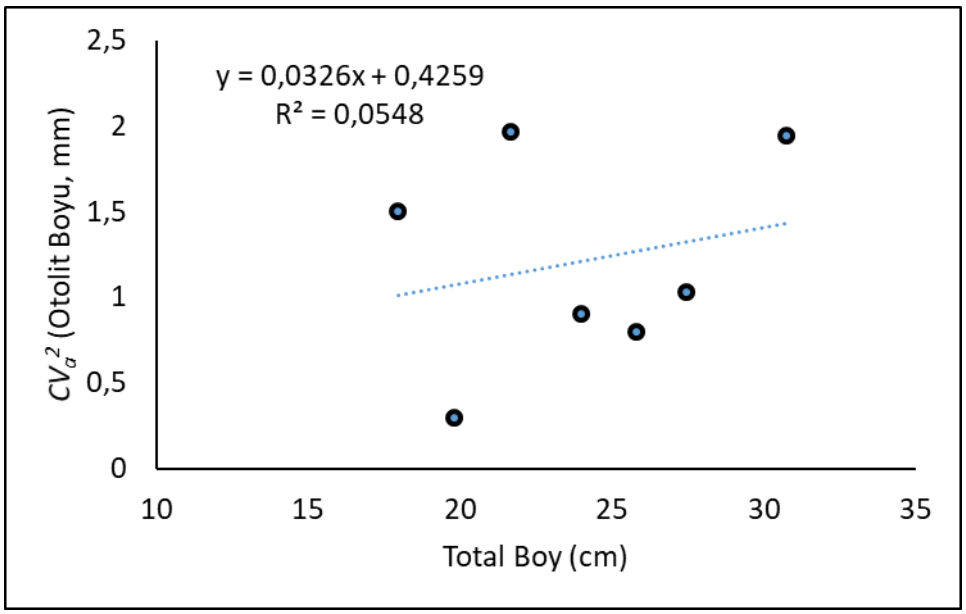


Şekil 3. İki Otolit Karakteri için Total Boy Grupları Ve Dalgalı Asimetri Değişim Katsayısının Karesi (CV_a^2) Değerleri Arasındaki İlişkiler

Ayrıca, total boy (TB) ve boy gruplarının sagittal otolit karakterlerinin CV_a^2 değerleri arasındaki ilişki denklemleri sırasıyla otolit genişliği için y = 0,2582x - 2,56 (R^2 = 0,1871) ve otolit boyu için y = 0,0326x + 0,4259 (R^2 = 0,0548) olarak belirlenmiştir. Total boy ile boy gruplarının sagittal otolit genişliği CV_a^2 değerleri ve total boy ile boy gruplarının sagittal otolit boyu CV_a^2 değerleri arasında regresyon katsayısının düşük olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4-5).



Şekil 4. Otolit Genişliği için Total Boy – CV_a^2 Değeri İlişkisi



Şekil 5. Otolit Boyu için Total Boy – CV_a^2 Değeri İlişkisi

S. lessepsianus bireylerinin total boyları ile dalgalı asimetri değişim katsayısının karesi (CV_a^2) arasındaki ilişki incelendiğinde, aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmamıştır. Bu sonuç, Orta Karadeniz'de yaşayan *Trachurus mediterraneus* türü için elde edilen sonuçlarla benzerdir (Yedier vd., 2018). Benzer şekilde, Orta Karadeniz'de yaşayan *Merlangius merlangus* türünde incelenen dört otolit özelliğinin (boy, genişlik, alan ve çevre) asimetri düzeyleri ile balığın total boyu arasında anlamlı bir bağlantı olmadığı bildirilmiştir (Kontas vd., 2018). Yapılan bir çalışmada ise, total boy ve morfometrik karakterlerin asimetrisi arasında bir ilişki olduğu bildirilmiştir (Jawad, 2001). Çalışma sonuçları arasındaki bu farklılığın nedeninin, tür, örnek sayısı, örnekleme bölgesinin kirlilik seviyesi ve oluşturulan boy gruplarındaki birey sayısı farklılığından kaynaklanabileceği bildirilmiştir (Yedier vd., 2018).

Literatür incelendiğinde, farklı habitatlarda yaşayan farklı balık türlerinin asimetri durumları ile ilgili hem birbiri ile uyumlu, hem de birbirine uymayan sonuçlar olduğu görülmektedir (Tablo 4). Bu durum genetik olabileceği gibi (Panfili vd., 2005) türün yaşadığı habitattaki baskı ile de tetiklenmiş olabilir (Mejri vd., 2020). Ayrıca, balığın yaşının artışıyla asimetrik durumların ortaya çıkabildiği ve asimetri seviyesinin kirliliğin artışıyla ilişkili olduğu da belirtilmiştir (Abu El-Regal vd., 2016). Yapılan bir toksisite

çalışmasında (Allenbach vd., 1999), stresli ortamlarda gelişen balıklarda dalgalı asimetrinin arttığı belirtilmiştir. Köyceğiz Lagünü'nde yapılan bir çalışmada, lagün sisteminin su sıcaklığı, tuzluluğu, derinliği ve farklı kirletici kaynaklarının varlığı sonucu oluşan stresin balıklarda ortaya çıkan asimetrinin sebebi olduğu bildirilmiştir (Reis vd., 2023). Muğla açıklarından örneklenen *S. lessepsianus*'un otolitlerindeki asimetrinin, bölgedeki insan kaynaklı kirleticilerin varlığından kaynaklandığı da bir başka çalışmada ortaya konulmuştur (Reis vd., 2026). *S. lessepsianus*'un sagittal otolitlerinde görülen asimetri durumu, ortamdaki çeşitli kirletici kaynakların varlığından etkilenmiş olabilir. İskenderun Körfezi'ni tehdit eden evsel atıklar, petrol atıkları ve fabrika atıkları ile pestisit bölgedeki kirlilik kaynaklarıdır (Çiçek vd., 2008; Türk Çulha vd., 2025). Ayrıca, İskenderun Körfezi'ndeki sanayi tesislerine bitişik alanlarda kirlilik seviyeleri de çok yüksektir (Çiçek vd., 2008).

Tablo 4. Farklı Deniz Türlerine Ait Dalgalı Asimetri Değişim Katsayısının Karesi (CV_a^2) Değerleri

Tür	Otolit Karakteri (CV^2_a)		Yapılan Çalışmalar
	Otolit Genişliği (OG)	Otolit Boyu (OB)	
Rastrelliger kanagurta	41,75	88,71	Al-Mamry vd., 2011
Lutjanus bengalensis	10,29	5,06	Jawad, 2012
Sardinella sindensis	9,00	2,10	Jawad vd., 2012
Sillago sihama	21,60	2,90	Jawad vd., 2012
Chlorurus sordidus	10,436	14,049	Abu El-Regal vd., 2016
Trachurus mediterraneus	2,130	1,727	Bostancı vd., 2018
Merlangius merlangus	4,772	4,710	Kontaş vd., 2018
Trachurus mediterraneus	4,337	8,717	Yedier vd., 2018
Platycephalus indicus	96,42	49,85	Qasim vd., 2025
Lethrinus borbonicus	55,47	53,54	Jawad ve Al-Shwafi, 2025
Lethrinus letnjan	58,55	54,78	Jawad ve Al-Shwafi, 2025
Lethrinus mahsena	57,34	51,77	Jawad ve Al-Shwafi, 2025
Thryssa kammalensis	6,24	10,37	Gao vd., 2025
Johnius belangerii	1,92	1,84	Gao vd., 2025
Cynoglossus joyneri	20,10	14,06	Gao vd., 2025
Callionymus beniteguri	6,99	4,38	Shi vd., 2026
Repomucenus olidus	15,13	8,19	Shi vd., 2026
Saurida lessepsianus (Juvenil bireyler)	87,45	90,88	Reis vd., 2026
Saurida lessepsianus (♂)	88,13	91,33	Reis vd., 2026
Saurida lessepsianus (♀)	92,71	94,55	Reis vd., 2026
Saurida lessepsianus (♂+♀)	94,12	95,60	Reis vd., 2026
Saurida lessepsianus	4,442	1,479	Bu çalışma

Sonuç ve Öneriler

Çeşitli kaynaklardan dolayı oluşan kirlilik veya tarımsal faaliyetler sonucu suya doğru gerçekleşen pestisit akıntısı nedeniyle İskenderun Körfezi'nde risklerin ortaya çıkabileceği bir gerçektir. Bu nedenle, balıkçılık alanlardaki koşulların ve kirlilik seviyelerinin yakından takip edilmesi gerekmektedir. Bu çalışma, *Saurida lessepsianus* türünün sagittal otolitlerindeki asimetriyi ortaya çıkaran ilk çalışmadır. Dolayısıyla, bu çalışmada *S. lessepsianus* bireylerinin sagittal otolitlerinde tespit edilen dalgalı asimetri değerlerinden bir biyoindikatör olarak yararlanılabileceği sonucu ortaya çıkmaktadır.

Yazar Katkısı

Serdar Yedier, örnekleme, laboratuvar çalışmaları ve istatistiksel analizleri gerçekleştirdi. *Seda Kontaş Yalçınkaya*, laboratuvar çalışmalarını, verilerin toplanmasını ve istatistiksel analizleri gerçekleştirdi.

Derya Bostancı, sonuçların değerlendirilmesi ve istatistiksel analizleri gerçekleştirdi. *Nazmi Polat*, sonuçların değerlendirmesini gerçekleştirdi. Yazarlar makaleyi birlikte yazdı, okudu ve onayladı.

Etik

Bu makalenin yayınlanmasıyla ilgili herhangi bir etik sorun bulunmamaktadır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını belirtmektedir.

ORCID

Serdar Yedier https://orcid.org/0000-0003-0017-3502

Seda Kontaş Yalçınkaya https://orcid.org/0000-0002-6582-6722

Derya Bostancı https://orcid.org/0000-0003-3052-9805

Nazmi Polat https://orcid.org/0000-0001-9785-9927

Kaynaklar

Abu El-Regal, M., Jawad, L., Mehanna, S. ve Ahmad, Y. (2016). Fluctuating asymmetry in the otolith of two parrotfish species, *Chlorurus sordidus* (Forsskål, 1775) and *Hipposcarus harid* (Forsskål, 1775) from Hurghada, Red Sea Coast of Egypt. *International Journal of Marine Science*, *6*, 1-5. https://doi.org/10.5376/ijms.2016.06.0037

Al-Hassan, L. A. J., Shwafi ve N. A. A. (1997). Asymmetry analysis in two marine teleost fishes collected from the Red Sea coast of Yemen. *The Journal of Animal Morphology and Physiology*, *44*, 83-87.

Allenbach, D. M., Brown Sullivan, K. ve Lydy, M. J. (1999). Higher fluctuating asymmetry as a measure of susceptibility to pesticides in fishes. *Environmental Toxicology and Chemistry*, *18*(5), 899-905. https://doi.org/10.1002/etc.5620180512

Allenbach, D. M. (2011). Fluctuating asymmetry and exogenous stress in fishes: a review. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, *21*(3), 355-376. https://doi.org/10.1007/s11160-010-9178-2

Al-Mamry, J. M., Jawad, L. A. ve Ambuali, A. (2011), Fluctuating asymmetry in the otolith length and width of adult Indian mackerel *Rastrelliger kanagurta* (Cuvier, 1817) collected from Muscat waters at the Sea of Oman. *Journal of the Black Sea / Mediterranean Environment*, *17*, 254-259. https://izlik.org/JA59BC88LC

Bostanci D., Türker D., Yedier S., Kontaş S. ve Kurucu G. (2018). Investigating the fluctuating asymmetry in the otolith characters of Mediterranean Horse Mackerel, *Trachurus mediterraneus* (Steindachner 1868) Inhabiting Edremit Bay, North Aegean Sea. *Ordu University Journal of Science and Technology*, *8*, 69-78. https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/502968

Choi, S., Yu, H. ve Kim, J. (2024). Comparative ontogeny and phylogenetic relationships of eight lizardfish species (Synodontidae) from the Northwest Pacific, with a focus on *Trachinocephalus monophyly*. *Journal of Fish Biology*, *104* (1), 284-303. https://doi.org/10.1111/jfb.15595

Çiçek, E., Avşar, D., Yeldan, H. ve Manaşırlı, M. (2008). Heavy metal concentratıons in fish (*Mullus barbatus*, *Pagellus erythrinus* and *Saurida undosquamis*) from İskenderun Bay, Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, *17*(9a), 1251-1256. https://www.researchgate.net/publication/286122550_Heavy_metal_concentrations_in_fish_Mullus_barbatus_Pagellus_erythrinus_and_Saurida_undosquamis_from_Iskenderun_Bay_Turkey

El-Halfawy, M. M., Amin, A. M. ve Ramadan, A. M. (2007). Growth and reproduction of female Brushtooth Lizardfish *Saurida undosquamis* (Richardson) from the Gulf of Suez, Egypt. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, *24*(1), 143-148. https://izlik.org/JA73ZW52EF

Gao, S., Yi, D., Zhang, S., Fu, G. ve Lu, J. (2025). Comparison of otolith fluctuating asymmetry in relation to standard length and habitats of three different species in Haizhou Bay, China. *Marine Pollution Bulletin*, *217*, 118056. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2025.118056

Golani, D. (1993). The biology of the Red Sea migrant, *Saurida undosquamis* in the Mediterranean and comparison with the indigenous confamilial *Synodus saurus* (Teleostei: Synodontidae). *Hydrobiologia*, *271*(2), 109–117. https://doi.org/10.1007/BF00007547

Jawad, L. A. (2001). Preliminary asymmetry analysis of some morphological characters of *Tilapia zilli* (Pisces: Cichlidae) collected from three localities in Libya. B*ollettino Museo Regionale di Scienze Naturali Torino*, *18*, 251-257.

Jawad, L. A. (2012). Fluctuating asymmetry in the otolith dimensions of *Lutjanus bengalensis* (Lutjanidae) collected from Muscat coast on the sea of Oman. *Biological Journal of Armenia*, *2*, 117-121. https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=en&user=wHWrCekAAAAJ&citation_for_view=wHWrCekAAAAJ:hqOjcs7Dif8C

Jawad, L. A., Sadighzadeh Z. ve Al-Mamary, D. (2012). Fluctuating asymmetry in the otolith length, width and thickness in two pelagic fish species collected from the Persian Gulf near Bandar Abbas. *Annales Series Historia Naturalis Archives*, *22*(1), 83-88. https://zdjp.si/wp-content/uploads/2012/07/Annales-Series-historia-naturalis-22-2012-1-Jawad_et-al_3.pdf

Jawad, L. A. ve Al-Shwafi, N. A. A. (2025). Investigation of asymmetry in sagitta otolith features in relation to total length in Lethrinus species from the Red Sea coast of Yemen. *Oceanological and Hydrobiological Studies*, *54*(2), 99-108. https://doi.org/10.26881/oahs-2025.1.09

Kadharsha, K., Ansari, K. G. M. T., Nandhakumar, R., Kamesh, H. ve Thiyagarajan, C. (2026). Feeding ecology and dietary preferences of *Saurida undosquamis* (Lizardfish) in the trawling grounds of Parangipettai, southeast coast of India: Insights into resource partitioning and seasonal feeding patterns. J. Ayyappan ve V. Murugan (Ed.), *Ocean Series: Marine Biodiversity and Sustainability* (s. 248-274) içinde. Conscious Publication. https://doi.org/10.5281/zenodo.18563502

Kontaş, S., Bostanci D., Yedier S., Kurucu G. ve Polat, N. (2018). Investigation of fluctuating asymmetry in the four otolith characters of *Merlangius merlangus* collected from middle Black Sea. *Turkish Journal of Maritime and Marine Sciences*, *4*(2), 128-138. https://izlik.org/JA27CM74HY

Kosswig, C. (1951). Contributions to the knowledge of the zoogeographical situation in the near and Middle East. *Experientia*, *7*, 401-440.

Lotfy, A. M., Hussein, M. S., Allam, H. Y. ve Desouky, M. G. (2025). Age and growth patterns of the lizard fish, *Saurida undosquamis* (Richardson, 1848), from the Gulf of Suez, Red Sea, Egypt. *Al-Azhar Journal of Agricultural Research*, *50*, 1: (37-44). https://doi.org/10.21608/ajar.2025.337182.1386

Ludwig, W. (1932). *Das rechts-links-problem im tierreich und beim menschen: Mit einem Anhang Rechts-Links-Merkmale der Pflanzen* (1 Baskı). Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 496 s.

MacPherson, N. J., Cittolin, G., Cook, H. ve Beşiktepe, Ş. (1988). The farming of sea bass, sea bream and shrimp in Iskenderun Bay, Turkey. An assessment of technical and economic feasibility. S8479/E. FI:DP/TUR/87/033, Field Document Series, FAO, Rome, 89s. https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/s8479e

Mahmoud, H. H., El Haweet, A. A. K. ve Dimech, M. (2014). Stock assessment of the alien species Brushtooth lizard fish, *Saurida undosquamis* (Richardson, 1848) in the Egyptian Mediterranean

coast. *Egyptian Journal of Aquatic Research*, *40*, 443–450. https://doi.org/10.1016/j.ejar.2014.12.003

Markow, T. A. (1995), Evolutionary ecology and developmental instability. *Annual Review of Entomology*, 40, 105-120. https://doi.org/10.1146/annurev.en.40.010195.000541

Mejri, M., Trojette, M., Jmil I., Ben Faleh, A., Chalh, A., Quignard, J.-P. ve Trabelsi, M. (2020). Fluctuating asymmetry in the otolith shape, length, width, and area of *Pagellus erythrinus* collected from the Gulf of Tunis. *Cahiers de Biologie Marine*, *61*, 1–7. https://doi.org/10.21411/CBM.A.4738CCD6

Öztürk, B. (2010). Status of alien species in the Black and Mediterranean Seas. Studies and Reviews. General Fisheries Commission for the Mediterranean, FAO, Rome, No. 87, 104 s. https://gfcmsitestorage.blob.core.windows.net/documents/web/GFCM/37/GFCM_XXXVII_2013_Dma.6.pdf

Palmer, A. R. ve Strobeck, C. (1992). Fluctuating asymmetry as a measure of developmental stability: Implications of non-normal distributions and power of statistical tests. *Acta Zoologica Fennica*, 191, 57-72. https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=22149

Panfili, J., Pontual, H. (de)., Troadec, H. ve Wright, P.J. (ed). (2002). *Manual of fish sclerochronology*. Brest, France: Ifremer-IRD coedition, 464 s. https://archimer.ifremer.fr/doc/00017/12801/9742.pdf

Panfili, J., Durand, J.-D., Diop, K., Gourene, B. ve Simier, M. (2005). Fluctuating asymmetry in fish otoliths and heterozygosity in stressful estuarine environments (West Africa). *Marine and Freshwater Research*, *56*, 505–516. https://doi.org/10.1071/MF04138

Paxton, J. R. (2000). Fish otoliths: Do sizes correlate with taxonomic group, habitat and/or luminescence?" *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences, 355*(1401), 1299-1303. https://doi.org/10.1098/rstb.2000.0688

Qasim, A. M., Al-Zaidy, F. M., Waryani, B. ve Jawad, L. A. (2025). Investigation of asymmetry in the sagitta of the bartail flathead *Platycephalus indicus* (Linnaeus, 1758) in the marine waters of Iraq. *Oceanological and Hydrobiological Studies*, *54*(4), 243-251. https://doi.org/10.26881/oahs-2025.1.21

Reis, İ., Ateş, C. ve Jawad, L. (2023). The asymmetry in the sagitta of four mugilid species obtained from Koyceğiz Lagoon, Aegean Sea, Turkey. *Journal of Fish Biology*, *103*(3), 666–674. https://doi.org/10.1111/jfb.15484

Reis, İ., Jawad, L. ve Ateş, C. (2026). The asymmetry in the sagitta of *Saurida lessepsianus* Russell, Golani and Tikochinski, 2015 collected from the coast of Muğla Province, Aegean Sea, Türkiye. *Acta Zoologica*, *107*, 233-242. https://doi.org/10.1111/azo.12551

Sadighzadeh, Z., Jawad, L. A., Al-Marzouqi, M. S. (2011). Fluctuating asymmetry in the otolith length, width and thickness of the mugilid fish, *Liza klunzingeri* (Day, 1888) collected from Persian Gulf near Bandar Abbas. *Thalassia Salentina*, *33*, 95-102. https://doi.org/10.1285/i15910725v33p95

Seixas, L. B., dos Santos, A. F. G. N. ve dos Santos, L. N. (2016). Fluctuating asymmetry: A tool for impact assessment on fishpopulations in a tropical polluted bay, Brazil. *Ecological Indicators*, *71*, 522-532. http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.07.024

Shi, H., Gao, S., Zhao, Z., Gifari, A. D., Lu, J., Fu, G. ve Zhang, S. (2026). Study on fluctuation asymmetry of otoliths in two Callionymidae species in Haizhou Bay, China. *Regional Studies in Marine Science*, *97*, 104969. https://doi.org/10.1016/j.rsma.2026.104969

Somarakis, S., Kostikas, I. Ve Tsimenides, N. (1997). Fluctuating asymmetry in the otoliths of larval fish as an indicator of condition: conceptual and methodological aspects. *Journal of Fish Biology*, *51*, 30-38. https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1997.tb06091.x

Trach, Y., Chernyshev, D., Biedunkova, O., Moshynskyi, V., Trach, R. ve Statnyk, I. (2022). Modeling of water quality in west Ukrainian Rivers based on fluctuating asymmetry of the fish population. *Water*, *14*, 3511. https://doi.org/10.3390/w14213511

Tuset, V.M., Lombarte, A., Assis, C. A. (2008). Otolith atlas for the western Mediterranean, north and central eastern Atlantic. *Scientia Marina*, *72*(S1), 7-198. https://scientiamarina.revistas.csic.es/index.php/scientiamarina/article/view/1018

Türk Çulha, S., Yabanlı, M. ve Çulha, M. (2025). Akdeniz'den Karadeniz'e: Türkiye deniz ekosistemlerindeki mikroplastik araştırmalarının güncel panoraması. In S. Hamzaçebi ve F. Öztürk (Ed.), *Blue Ecosystems and Sustainable Aquatic Products: Scientific Approaches from Past to Present* (pp. 133). Duvar Design. https://www.duvaryayinlari.com/icerik/e-kitaplar/blue-ecosystems-and-sustainable-aquatic-products-scientific-approaches-from-past-to-present-editors-assoc-prof-dr-sevim-hamzacebi-assoc-prof-dr-fatma-ozturk-isbn-978-625-8734-13-3

Valentine, D. W., Soule, M. E. ve Samollow, P. (1973). Asymmetry in fishes: a possible statistical indicator of environmental stress. *Fishery Bulletin*, *71*, 357-370. https://spo.nmfs.noaa.gov/sites/default/files/pdf-content/1973/712/valentine.pdf

Yedier, S., Bostancı, D., Kontaş, S., Kurucu, G. ve Polat N. (2018). Fluctuating asymmetry in otolith dimensions of *Trachurus mediterraneus* collected from the Middle Black Sea. *Acta Biologica Turcica*, *31*(4), 152-159. https://www.actabiologicaturcica.com/index.php/abt/issue/view/29

Yildirim, Y.B. ve Vurmay, H. T. (2017). Antibiotic resistance profiles of the bacteria ısolated from some finfish species in Iskenderun Bay, (Northeastern Mediterranean Sea), Turkey, *Pakistan Journal of Zoology*, *49*(4), 1353-1358. http://dx.doi.org/10.17582/journal.pjz/2017.49.4.1353.1358