



Doğanın Sesi, Haziran 2023 Cilt: 6 Sayı: 11, 15-23

OCCURRENCE OF *UNIO HUETI* BOURGUIGNAT, 1855 IN KARALEYLEK CANYON, EASTERN ANATOLIA, TÜRKİYE

Türkiye'nin Doğu Anadolu Bölgesi Karaleylek Kanyonu'nda
Unio hueti Bourguignat, 1855'nin Bulunuşu

6 TEMİZ SU VE
SANİTASYON



Hülya ŞEREFİŞAN

Iskenderun Technical University
Marine Sciences and Technology
Faculty,
31200, Iskenderun,
Hatay, Türkiye
ORCID: 0000-0002-2510-3714
hulya.sereffisan@iste.edu.tr

Research Article

Received: 06.04.2023

Accepted: 19.06.2023

Anahtar kelimeler

Unio hueti, unionid, Karaleylek
Kanyonu

Keywords

Unio hueti, unionid,
Karaleylek Canyon

Yazıların tüm teknik ve hukuki sorumluluğu yazarlarına aittir. İleri sürülen fikir ve iddialar Doğa ve Sürdürülebilirlik Derneğinin görüşünü yansıtmayabilir.

U*nio hueti* Bourguignat, 1855 specimens were found in the Saklıkapı Karaleylek canyon, in the Kumlutarla village of the Baskil district of Elazığ. On July 18, 2022, mussel samples were collected randomly from an area of approximately 1000 square meters from the entrance and exit areas of Karakaya Dam Saklıkapı Karaleylek Canyon. All collected specimens were located in the littoral zone (0-10 m). A total of 80 mussels were examined from the entrance and exit of the canyon. The average length and weight of the mussel shells collected from the entrance and the exit of the canyon were 8.07 ± 0.42 cm, 7.92 ± 0.35 cm, 49.01 ± 4.78 g, and 47.55 ± 5.03 g, respectively. Although the occurrence of *U. hueti* was reported from the Karasu and Murat Rivers in the Erzurum province of Türkiye, this study is the first confirmed report of Karaleylek canyon in Elazığ which is located in Türkiye's East Anatolian Region. This study fills the information gap in terms of showing the distribution range of *U. hueti*.

ÖZET

Unio hueti Bourguignat, 1855'in bir örneği, Elazığ'ın Baskil ilçesi Kumlutarla köyü Saklıkapı Karaleylek kanyonunda tespit edilmiştir. Midye örnekleri 18 Temmuz 2022'de, Karakaya barajı Saklıkapı Karaleylek kanyonu'nun giriş ve çıkış bölgesinde, yaklaşık 1000 m²'lik alanın, littoral zon tabakasından (0-10 m) toplanmıştır. Kanyon giriş ve çıkışından toplam 80 adet midye incelenmiştir. Kanyon giriş ve çıkışından toplanan midye kabuklarının ortalama uzunluk ve ağırlıkları sırasıyla $8,07 \pm 0,42$ cm, $7,98 \pm 0,35$ cm, $49,01 \pm 4,78$ g ve $48,55 \pm 5,03$ gr olarak bulunmuştur. *U. hueti*, Türkiye'nin Erzurum ilindeki Karasu ve Murat Nehirlerinden bildirilmiş olmasına rağmen, bu çalışma Türkiye'nin Doğu Anadolu Bölgesi'nde yer alan Elazığ'daki Karaleylek kanyonundan doğrulanmış ilk rapordur. Bu çalışma, *U. hueti*'nin dağılım aralığını göstermesi açısından bilgi eksikliğini gidermektedir.

Şereflışan H. (2023). "Occurrence of *Unio hueti* Bourguignat, 1855 in Karaleylek Canyon, Eastern Anatolia, Türkiye". Nature and Sustainability Association, Voice of Nature, 6 (11): 15-23



DOĞANIN SESİ



Unio hueti © H. Şereflişan

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Araştırmanın amacı ve literatür:

Unionida takımı içinde tatlı su çift kabukluları olarak bilinen tatlı su midyeleri önemli ekosistem işlevleri ve hizmetleriyle tanınır (Vaughn, 2018). Benzersiz bir yaşam döngüsü ile balıklarda parazit evresi geçirirler (Modesto, Ilarri, Souza, Lopes-Lima, Douda, Clavero & Sousa, 2018; Şereflişan, 2021). Küresel olarak zayıf koruma statüsünde yer almaktadırlar (Lopes-Lima, Teixeira, Froufe, Lopes, Varandas & Sousa, 2014; Lopes-Lima, Burlakova, Karatayev, Mehler, Seddon, & Sousa, 2018). Kararlı biyocoğrafyaları nedeniyle geçmiş jeolojik ve hidrolojik olayları anlamak için olağanüstü faydalıdırlar (Zieritz ve diğerleri, (2020, 14). Ülkemizde tatlı su midyelerinin ekolojisi, konkolojisi, popülasyonu ve biyoindikatör özelliği ile ilgili çalışmalar bulunmaktadır (Ercan, Gaykusuz, Tarkan, Reichard, & Smith, 2013; Küçükyılmaz ve Şahin, 2017; Atıcı, 2022).

U. hueti ilk olarak 19. yüzyılda tanımlandı (Bourguignat, 1855), ancak yakın tarihli kapsamlı morfolojik ve moleküler çalışmalar, *U. hueti*'yi geçerli bir tür olarak tanımlayana kadar *U. tigridis* ile sinonim olarak bilinmekteydi (Lopes-Lima ve diğerleri, (2021, 20). Mevcut çalışmaya kadar, bu tür yalnızca Türkiye'de Erzurum yakınlarındaki Karasu ve Murat nehirlerinden kaydedilmiştir (Lopes-Lima ve diğerleri, (2021, 20). Genellikle sediment tabakasının üzerinde ve 20-30 cm derinliğinde yaşayan (Lopes-Lima ve diğerleri, (2017, 49); Şereflişan, 2014) bu tür, Elazığ, Saklıkapı Karaleylek kanyonundan sunulmuş doğal ortamındaki ilk kayıdır.



DOĞANIN SESİ

Materyal ve Yöntem:

U. hueti örnekleri, 18 Temmuz 2022 tarihinde, Saklıkapı Karaleylek Kanyonu'nun giriş ve çıkış bölgesinde, yaklaşık 1000 m²'lik bir alanda, rastgele ve dağınık olarak 0-10 m'de SCUBA dalışı yapılarak toplanmıştır (Koordinat; 38.733134 N; 38.475566 E). Örnek toplamada çeşitli büyüklükte kepçe ile 3 m uzunluğunda fiber tekne kullanılmıştır. Midyelerin toplanmasında SCUBA yapılmıştır. Midyeler eleklerde yıkanmış ve çamurdan arındırılmış ve 80 olgun midye örneği toplanmıştır. Suyun fiziksel analizleri (çözünmüş oksijen, pH, sıcaklık, Seki diski ile suyun bulanıklığı) örnek toplama noktalarında, çok parametrelili cihaz (YSI 556 MPS portable) kullanılarak yerinde yapılmıştır.

Karaleylek kanyonunun giriş ve çıkış noktasında littoral zonda (0-10 m) yapılan dalış ve bentik yüzey araştırmaları sırasında, *U. hueti* türüne ait midye örnekleri gözlemlenmiş ve araştırma için ölmüş midyeler örnek olarak toplanmıştır. Midyelerin kabuk uzunluğu; valfin anterior kenarından posterior kenarına olan mesafesidir. Kabuk yüksekliği; valfin dorsal kenarından, ventral kenarına kadar olan mesafesidir. Kabuk genişliği ise, yatay olarak tutulan midyenin iki valf arası umbo yüksekliği olarak Czerniejewski, Dabrowski, Wawrzyniak, Brysiewicz, & Surma, (2021)'ne göre ölçülmüştür. Bu ölçümlerde 0,05 mm hassasiyetli kumpas kullanılmıştır. Canlı ağırlık alınmadan önce, her bir midye örneğinin kurutma kâğıdı ile suyu alınmış, daha sonra valflerin anterior ve posterior kapama kasları kesilerek et ve kabuğun birbirinden ayrılması sağlanmıştır. Kabuk ve et ağırlık ölçümü 0,01g hassasiyetli dijital terazi ile yapılmıştır.

Bulgular:

Midyelerin toplandığı alanda (kanyon giriş ve çıkış noktası) suyun fiziksel analizi; oksijen, pH, sıcaklık ve Secchi Disk ölçümleri yerinde yapılmıştır. Kanyon girişi ile çıkışı arasında ölçüm değerleri arasında büyük farklılık görülmemiştir. *U. hueti*'nin kabuğu dış tabaka (outer layer) yapısı nitelik olarak incelendiğinde, umbo noktası açık krem renginde olup kabuğun yaş halkaları belirgin olduğu görülmüştür. Genel olarak kabuk rengi açık ve koyu kahverengi tonlarında olduğu gözlenmiştir. Midye kabukları inner layer olarak incelendiğinde tamamen naceden oluştuğu gözlenmiştir. Kanyon giriş ve çıkışında toplanan midye kabuklarının, ortalama boy ve ağırlıklarının sırasıyla 8,07±0,42 cm, 7,92±0,35 cm, 49,01±4,78 gr ve 47,55±5,03 gr olduğu belirlenmiştir. Midye kabukları (cansız) kanyonun hem girişindeki hem de çıkışındaki littoral bölgede yoğun olduğu tespit edilmiştir.

Tartışma ve Sonuç:

U. hueti'nin Türkiye'deki dağılımında, Doğu Anadolu daha ön plandadır (Geldiay ve Bilgin, 1969; Bilgin, 1980; Bilgin, 1987; Şeşen ve Bilgin, 1988; Schütt, 1988; Soylu, 1990; Schütt, 1992; Öktener, 2004). Yapılan son çalışmalar da, *U. hueti*'nin Karasu'da daha yaygın olduğunu ve aynı bölgede Karasu Nehri'nden eski kayıtlar olmasına rağmen Erzurum yakınlarındaki Murat nehrinde de bulunduğu bildirilmiştir (Lopes-Lima ve diğerleri, (2021, 20). Bu gözlem Karasu ve Murat nehirlerinin habitat yapısının bu türün yaşam döngüsü için daha elverişli olduğunu göstermektedir. Burada *U. hueti*'nin morfolojik yapısı ve habitatları hakkında sağlanan bilgiler, yer değiştirme, çoğaltma ve destekli göç gibi koruma ve yönetim eylemleri için popülasyonların gelecekte önceliklendirilmesine rehberlik etmesi açısından da önemlidir (Lopes-Lima ve diğerleri, (2017, 49).

Türün tespit edildiği kanyonun girişindeki sediment tabakasının taşlı ve çamurlu olduğu, çıkışta ise alt yapının genel olarak çamurlu olduğu belirlenmiştir. Lopes-Lima ve diğerleri (2021, 20) tarafından daha önce bildirildiği gibi Karasu ve Murat nehirlerinin dip yapısı bu araştırma ile benzerlik göstermektedir. Bu çalışma endemik türlerden olan *U. hueti*'nin yayılış alanlarının belirlenmesi açısından önemlidir.



DOĞANIN SESİ

Gözlem sonucu, *U. hueti*'nin Türkiye'nin Doğu Anadolu bölgesinde dağılımlarını genişlettiğini ve yeni popülasyonlar oluşturduğunu göstermektedir. Ayrıca Saklıkapı Karaleylek Kanyonu ve Karakaya Barajının girişindeki sığ bölgeler, bu türün yayılımı için uygun nişler olarak görünmektedir. Bu türün göl ve nehir ekosistemine etkisinin belirlenmesi için daha ileri çalışmalarla yakından izlenmesi önemlidir.

INTRODUCTION

Freshwater mussels, known as freshwater bivalves in the order of *Unionida*, are known for their important ecosystem functions and services (Vaughn, 2018). They differ from other bivalves by having a unique life cycle with a parasitic stage in fish (Modesto, Ilarri, Souza, Lopes-Lima, Douda, Clavero & Sousa, 2018; Şereflişan, 2021). Globally, they are in poor conservation status (Lopes-Lima, Teixeira, Froufe, Lopes, Varandas & Sousa, 2014; Lopes-Lima, Burlakova, Karatayev, Mehler, Seddon, & Sousa, 2018). Due to their stable biogeography, they are extraordinarily useful for understanding past geological and hydrological events (Zieritz et al., (2020, 14). In our country, there are studies on the ecology, conchology, population and bioindicator feature of freshwater mussels (Ercan, Gaykusuz, Tarkan, Reichard, & Smith, 2013; Küçükylmaz and Şahin, 2017; Atıcı, 2022).

U. hueti was first described in the 19th century (Bourguignat, 1855) but remained in the synonymy of *U. tigridis* until recent extensive morphological and molecular studies elevated and recognized *U. hueti* as a valid species (Lopes-Lima et al., (2021, 20). Until the current study, the species has been only recorded from the Karasu and Murat rivers near Erzurum in Turkey (Lopes-Lima et al., (2021, 20) where it generally lives above the sediment layer and at a depth of 20-30 cm (Lopes -Lima et al., (2017, 49); Şereflişan, 2014). This species had never been reported from the Saklıkapı Karaleylek canyon, Elazığ, Turkey. Therefore, this study is the first record of *U. hueti* in the natural environment of Eastern Anatolia.

MATERIALS AND METHODS

Collection of mussels

On July 18, 2022, 0-10 m SCUBA dives were made from the entrance and exit area of Saklıkapı Karaleylek Canyon, and *U. hueti* samples were collected randomly in an area of 1000 square meters (38.733134 N; 38.475566 E) (**Figure 1**). Various-sized scoops and a 3 m-long fiber boat were used for sample collection. The SCUBA was conducted to examine the deep water availability and sediment position of mussels. The mussels were washed in sieves and cleared of mud and 80 adult specimens were collected. Physical analysis of water (dissolved oxygen, pH, temperature, Secchi disk) were conducted in-situ at the sampling locations by using multiparameter device (YSI 556 MPS portable).



DOĞANIN SESİ

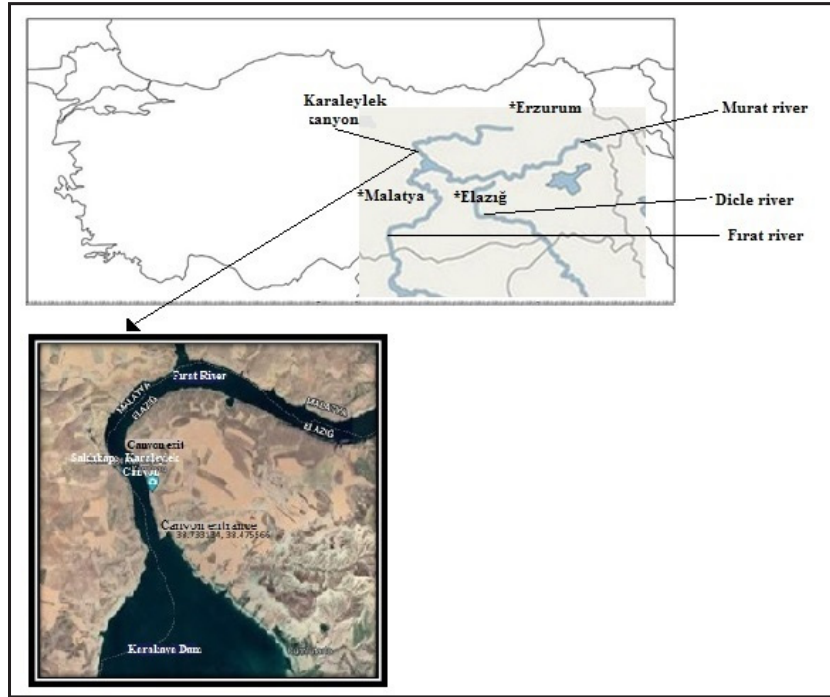


Figure 1. Study area

Biometric measurements

During benthic surveys carried out in the littoral zone (0-10 m) of the Karaleylek canyon, mussel samples belonging to *U. hueti* species were observed and adult mussels were collected for research. Shell length of mussels; i.e. the distance from the anterior edge of the valve to the posterior margin was measured. Shell height; is the distance from the dorsal edge to the ventral edge of the valve was measured. Shell width was measured according to Czerniejewski, Dabrowski, Wawrzyniak, Brysiewicz, & Surma, (2021) as the umbo height between two valves of the mussel held horizontally (**Figure 2**). A caliper with a precision of 0.05 mm was used for these measurements. Before taking the live weight, each mussel sample was dehydrated with blotting paper, then the anterior and posterior muscles of the valves were cut to separate the meat and shell. Shell and meat weight measurements were made with a digital scale with a precision of 0.01 g.

RESULTS

The physical measurements of water (dissolved oxygen, pH, temperature, turbidity) are presented in **Table 1**. When the outer layer structure of the shell of *U. hueti* was examined qualitatively, it was observed that the umbo region was light cream in color and the age rings of the shell were evident. In general, the color of the shell is observed to be light and dark brown tones. When the mussel shells were examined as an inner layer, it was observed that they were completely composed of nacre. It was determined that the average length of the mussel shells collected at the entrance and exit of the canyon were 8.07 ± 0.42 cm, 7.92 ± 0.35 cm, 49.01 ± 4.78 g, and 47.55 ± 5.03 g, respectively (**Table 2**). Mussel shells (non-living) were dense in the littoral zone of both the entrance and exit of the canyon.



DOĞANIN SESİ

Table 1. Physical measurement values of water in the entrance and exit region of Karaleylek Canyon (mean±StdError)

Study field	pH	Dissolved Oxygen (mg/L)	Temperature (°C)	Transparency (m)
Canyon entrance	8.73±0.04 ^a	6.47±0.04 ^a	28.04±0.12 ^a	1.85±0.02 ^a
Canyon exit	8.48±0.08 ^a	6.69±0.09 ^a	28.3±0.22 ^a	1.9±0.03 ^a

Table 2. Morphometric measurement values of mussels collected from Karaleylek Canyon entrance and exit points (mean±StdError)

Study field	Length (cm)	Height (cm)	Width (cm)	Weight (g)
Canyon entrance	8.07±0.42 ^a	3.96±0.28 ^a	3.06±0.12 ^a	49.01±4.78 ^a
Canyon exit	7.98±0.35 ^a	3.89±0.31 ^a	3.04±0.23 ^a	48.55±5.03 ^a

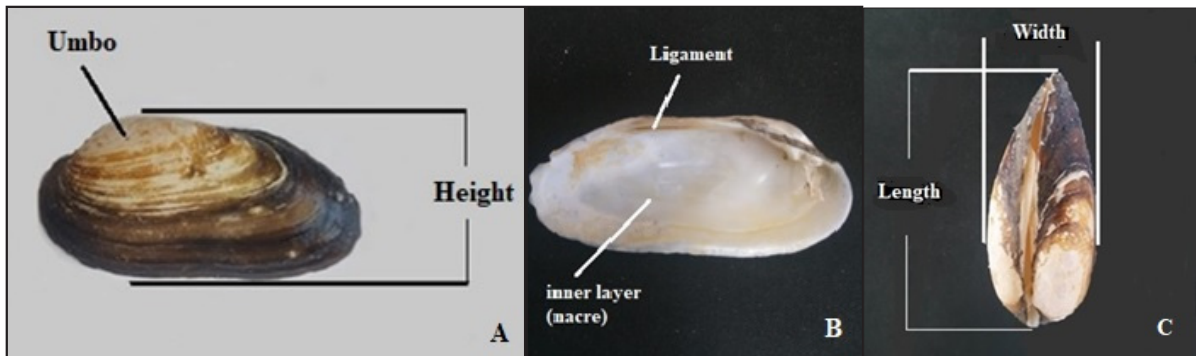


Figure 2. Schematic view of *U. hueti* shell length, height and width A) Height and umbo region of the shell B) Inner layer (nacre) and ligament hinge of the shell C) Length and width of the shell. © H. Şereflişan).



DOĞANIN SESİ

DISCUSSION

Eastern Anatolia is more prominent in the distribution of *U. hueti* in Türkiye (Geldiay and Bilgin, 1969; Bilgin, 1980; Bilgin, 1987; Şeşen and Bilgin, 1988; Schütt, 1988; Soylu, 1990; Schütt, 1992; Öktener, 2004).

There are old records showing that *U. hueti* is more common in the Karasu and Murat rivers near Erzurum (Lopes-Lima et al., (2021, 20). This observation shows that the habitat structure of Karasu and Murat rivers is more favorable for the life cycle of this species. Information provided here on the morphological structure and its habitats of *U. hueti* is also important to helpguide in future prioritization of populations for conservation and management actions, such as translocations, propagation, and assisted migration (Lopes-Lima et al., (2017, 49).

It was determined that the sediment layer at the entrance of the canyon, where the species was identified, was stony and muddy, and the that bottom structure at the exit was generally muddy. The bottom structure of the Karasu and Murat rivers, as previously reported by Lopes-Lima et al. (2021, 20), is similar with to this research. This study is important in determining the distribution area of the endemic species *U. hueti*.

CONCLUSION

The observation result shows that *U. hueti* has a wider distribution than initially thought. In addition, shallow areas at the entrance of Saklıkapı Karaleylek Canyon and Karakaya Dam seem to be suitable niches for the spread of this species. It is important to closely monitor this species with further studies to determine its effect on the lake and river ecosystems.



DOĞANIN SESİ

REFERENCES

- Atıcı, A.A. (2022). "The first evidence of microplastic uptake in natural freshwater mussel, *Unio stevenianus* from Karasu River, Turkey". *Biomarker*, 27 (2):118–126
- Bilgin, F.H. (1980). "Batı Anadolu'daki Bazı Önemli Tatlı Sulardan Toplanan Mollusca Türlerinin Sistematiği ve Dağılışı". *Dicle Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi*, 8 (2): 1-64.
- Bilgin, F.H. (1987). "Kuş Gölü'nde Tespit Edilen Bivalvia Türleri Üzerinde Taksonomik Bir Çalışma". 2. Bandırma Kuş Cenneti ve Kuş Gölü Sempozyumu, T.O.K.B., Bandırma, Turkey, Proceedings Book, 73-79.
- Czerniejewski, P., Dabrowski, J., Wawrzyniak, W., Brysiewicz, A. & Surma, O. (2021)." Shell morphology, growth and longevity of *Unio tumidus* (Bivalvia: Unionidae) from an archaeological site and contemporary population inhabiting the Oder estuary". *Hydrobiologia*, 848:3555–3569.
- Ercan, E., Gaykusuz, Ö., Tarkan, A.S., Reichard, M. & Smith, C. (2013). "The ecology of freshwater bivalves in the Lake Sapanca basin, Turkey". *Turkish Journal of Zoology*, 37: 730-738.
- Geldiay, R. & Bilgin, F.H. (1969). "Türkiye'nin Bazı Bölgelerinde Tespit Edilen Tatlı Su Molluskları". *Ege Üniv. Fen Fak. İlimi Raporlar Serisi*, 90: 1-3.
- Küçükyılmaz, M. & Şahin, A.G. (2017). "Determination of the Conchological Features of *Unio elongatulus eucirrs* (Bourguignat, 1860) (Mollusca: Bivalvia) Living in Karakaya Dam Lake". *Int. J. Pure Appl. Sci.*, 3(1): 1-7.
- Lopes-Lima, M., Teixeira, A., Froufe, E., Lopes, A., Varandas, S. & Sousa, R. (2014). "Biology and conservation of freshwater bivalves: past, present and future perspectives". *Hydrobiologia*, 735: 1–13.
- Lopes-Lima, M., Sousa, R., Geist, J., Aldridge, D.C., Araujo, R., Bergengren, J., Bernal, Y., Bodis, E., Burlakova, L., Van Damme, D., Douda, K., Froufe, E., Georgiev, D., Gumpinger, C., Karatayev, A., Kebapçı, Ü., Killeen, I., Lajtner, J., Larsen, B.M., Lauceri, R., Legakis, A., Lois, S., Lundberg, S., Morkens, E., Motte, G., Nagel, K.O., Ondina, P., Outeiro, A., Paunovic, M., Prie, V., von Proschwitz, T., Riccardi, N., Rudzite, M., Rudzitis, M., Scheder, C., Seddon, M., Şereflisan, H., Simić, V., Sokolova, S., Stoeckl, K., Taskinen, J., Teixeira, A., Thielen, F., Trichkova, T., Varandas, S., Vicentini, H., Zajac, K., Zajac, T. & Zogaris, S. (2017). "Conservation status of freshwater mussels in Europe: state of the art and future challenges". *Biological Reviews*, 92: 572–607.
- Lopes-Lima, M., Burlakova, L.E., Karatayev, A.Y., Mehler, K., Seddon, M. & Sousa, R. (2018). "Conservation of freshwater bivalves at the global scale: diversity, threats and research needs". *Hydrobiologia*, 810: 1–14.
- Lopes-Lima, M., Gürlek, M.E., Kebapçı, Ü., Şereflisan, H., Yanık, Y., Mirzajani, A., Neubertij, E., Prie, E., Teixeira, A., Gomes-dos-Santos, A., Barros-García, D., Bolotov, I.N., Kondakov, A.V., Vikhrev, I.V., Tomilova, A.A., Ozcan, T., Altun, A., Gonçalves, D.V., Bogan, A.E. & Froufe, E. (2021). "Diversity, biogeography, evolutionary relationships, and conservation of Eastern Mediterranean freshwater mussels (Bivalvia: Unionidae)". *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 163: 107261.
- Modesto, V., Ilarri, M., Souza, A.T., Lopes-Lima, M., Douda, K., Clavero, M. & Sousa, R. (2018). "Fish and mussels: Importance of fish for freshwater mussel conservation". *Fish and Fisheries*, 19: 244–259.



DOĞANIN SESİ

- Öktener, A. (2004). "A Preliminary Research on Mollusca Species of Some Freshwaters of Sinop and Bafra". G.Ü. Fen Bilimleri Dergisi, 17(2): 21-30.
- Schütt, H. (1988). "The Danubian Character of The Mollusc Fauna of The Sapanca Gölü (Marmara Region, Turkey)". Zoology in The Middle East, 2: 79-85.
- Soylu, E. (1990). "Sapanca Gölü Mollusk Faunası". İstanbul Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Dergisi, 4 (1): 73-89.
- Schütt, H. (1992). "Die Groben Sübwassermuscheln Von Dalaman (Türkei) (Eulamellibranchiata: Unionacea)". Malakol. Abh. Mus.Tierkd, Dresden, 8: 59-63.
- Şereflişan, H. (2014). "Gölbaşı Gölü'nde (Hatay) Bulunan Tatlısu Midyelerinin (Unionidae) Çevresel Koşullarının Belirlenmesi". Yunus Araştırma Bülteni, 4: 29-36
- Şereflişan, H. (2021). "Host Selection of *Potomida semirugata* (Unionidae: Bivalvia) in Reproduction Strategy". Aquatic Sciences and Engineering, 36(3): 109-115.
- Şeşen, R. & Bilgin, F.H. (1988). "Hatay İli Bazı Tatlı Sularında Tespit Edilen Mollusca Türlerinin Taksonomisi ve Dağılışı Üzerine Araştırmalar". X. Ulusal Biyoloji Kongresi, Sivas, Proceedings Book, 97-110.
- Vaughn, C.C. (2018). "Ecosystem services provided by freshwater mussels". Hydrobiologia, 810:15–27.
- Zieritz, A., Froufe, E., Bolotov, I., Gonçalves, D. V, Aldridge, D.C., Bogan, A.E., Gan, H.M., Gomes-Dos-Santos, A., Sousa, R., Teixeira, A., Varandas, S., Zanatta, D. & LopesLima, M. (2020). "Mitogenomic phylogeny and fossil-calibrated mutation rates for all F- and M-type mtDNA genes of the largest freshwater mussel family, the Unionidae (Bivalvia)". Zoological Journal of the Linnean Society, 193(3): 1088-1107.