

Su Sıcaklığı ve Balık Boyunun İsparoz'un (*Diplodus annularis* L., 1758) Yüzme Performansı Üzerine Etkileri

*Yeliz Doğanyılmaz Özbilgin, Fatih Başaran

Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, 35100, İzmir, Türkiye
*E mail: ydoganyilmaz@yahoo.com

Abstract: Effects of water temperature and fish length on swimming performance of annular sea bream (*Diplodus annularis* L., 1758). In this study, critical swimming speed (CSS) for *Diplodus annularis* L., 1758 (annular sea bream) which is common catch components of the Aegean Sea demersal trawl and have commercial importance, was measured to investigate the effect of water temperature and fish length. It was found that increasing water temperature and fish length increased the absolute CSS (m/s). Mean absolute CSS values measured at 13, 17, and 25 °C of water temperatures were 0,59, 0,68 and 0,85 m/s, respectively. Results were discussed in a way to improve our understanding of fish behaviour in relation to trawl operation.

Key Words: *Diplodus annularis*, CSS, temperature, length.

Özet: Bu çalışmada, Ege Denizi dip trol ağı kompozisyonunda sıklıkla rastlanan ve ticari öneme sahip olan *Diplodus annularis* L.1758 (ısparoz) türünün Kritik Yüzme Hızı (KYH) değeri boy ve su sıcaklığı etkisini incelemek amacıyla ölçülmüştür. Yapılan denemelerde artan su sıcaklığının ve balık boyunun mutlak KYH'nı (m/sn) artırdığı tespit edilmiştir. Ortalama mutlak KYH 13, 17 ve 25 °C'lerde sırasıyla 0,59, 0,68 ve 0,85 m/sn olarak ölçülmüştür. Sonuçlar trol operasyonu sırasındaki balık davranışı bilgilerimizi geliştirmek amacıyla tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Diplodus annularis*, Kritik Yüzme Hızı, Sıcaklık, Boy.

Giriş

Yüzme performansı birçok balık türü ve diğer sucul hayvanlar için hayatta kalmayı belirleyici temel karakter olarak düşünülmektedir (Plaut, 2001). Birçok balık predatörlere karşı diğer silahlardan yoksundur ve bu yüzden yüzme yetenekleri predatör saldırılarından sakınmak ve hayatta kalmak için temel araçtır (Videler, 1993).

Balıkların yüzme performansları sürdürülebilir, uzatılmış ve atılım yüzme olarak üç kategori altında sınıflandırılmıştır (Beamish, 1978). Sürdürülebilir yüzme hızı, balığın deneysel olarak yorulmadan 200 dakika veya daha fazla sürdürebildiği yüzme hızıdır (Beamish, 1978; He and Wardle, 1988). Gerekli olan enerji kırmızı kas liflerinden (oksijenli) sağlanmaktadır (Webb, 1978). Sürdürülebilir yüzme hızının (SYH), genel olarak, balığın sınırsız yüzme yeteneğini belirlediği varsayılmaktadır (Özbilgin, 1998). Uzatılmış yüzme hızı balığın 15 saniye ile 200 dakika arasında sürdürebildiği hızdır (Beamish, 1978). Bu hız için gerekli olan enerji hem kırmızı kas liflerinden (oksijenli) hem de beyaz kas liflerinden (oksijensiz) sağlanmaktadır (Webb, 1978; Hammer, 1995). Atılım yüzme hızı balığın yüzebildiği en yüksek yüzme hızı olarak tanımlanmaktadır (Wardle, 1975; Wardle, 1980). Tüm hareket kaslarının katılımıyla gerçekleşmektedir ve beyaz kas liflerindeki glikojen süratli bir şekilde tükenmesi nedeniyle 15 saniyeden fazla sürdürülemez (Beamish, 1978; Webb, 1978). Atılım yüzme oksijensiz olarak gerçekleştirilmektedir (Jobling, 1995; Hammer, 1995).

Uzatılmış yüzme hızının özel bir kategorisi olan Kritik

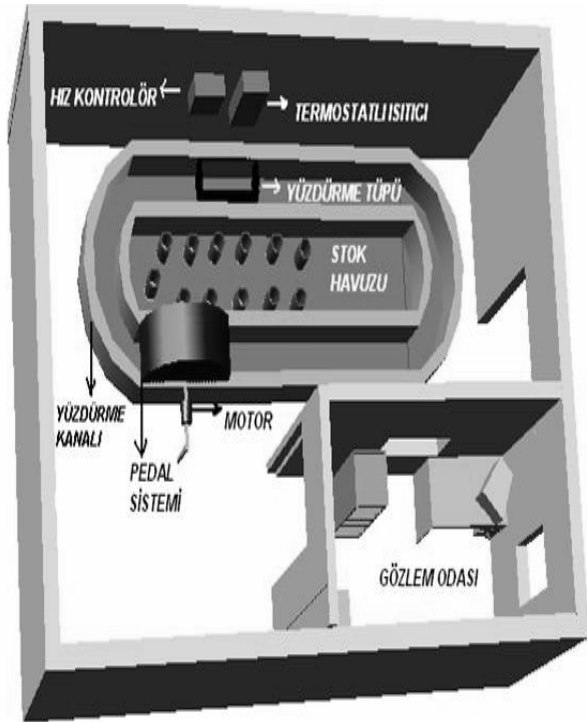
yüzme hızı (KYH) ilk defa Brett (1964) tarafından geliştirilmiş ve kullanılmıştır. Balıkların (veya diğer sucul hayvanların) yüzme performanslarını ölçmek için kullanılan en yaygın yöntem olarak bilinmektedir (Beamish, 1978; Hammer, 1995; Kolok, 1999). Balıkların oksijenli yüzme kapasitelerini ölçmek amacıyla kullanılan KYH ayrıca farklı boyda ve türde balıkların yüzme yeteneklerini karşılaştırmak için de kullanılmaktadır (Hammer, 1995).

Bu ölçümü yapmak için balıklar, hızı araştırmacı tarafından kontrol edilebilen bir su tüneline konulur. Balıklar su tüneli içerisinde akıntıya karşı konumlarını yorulana kadar korumaya meyillidirler. Su hızı (buna bağlı olarak yüzme hızı) ölçümün başlangıcında düşüktür (genel olarak saniyede bir balık boyu kadar), daha sonra bireyler yorulana kadar kademeli olarak (10 dakikada bir 0,1 m/sn) belirli periyotlarla artırılır (Özbilgin, 2005, Özbilgin ve diğ., 2004). KYH'nın hesaplanmasında balığın yorulduğu zaman ve akıntı hızı kullanılmaktadır.

KYH birçok çevresel ve fiziksel faktörlere bağlıdır (Hammer, 1995). Bu nedenle KYH, çoğunlukla balığın yüzme performansını etkileyen farklı faktörlerin değerlendirilmesinde kullanılmaktadır (Plaut, 2001). Bu faktörler, sıcaklık ve mevsim farkı (Brett, 1964 in: Hammer, 1995; Adams and Parsons, 1998; Kieffer *et al.*, 1998), vücut boyu (Plaut, 2000b; Nicoletto, 1991), ışık (Pavlov *et al.*, 1972 in: Hammer, 1995), beslenme (Beamish *et al.*, 1989; Gregory and Wood, 1998), tuzluluk (Nelson *et al.*, 1996; Kolok and Sharkey, 1997; Plaut, 2000a), kirlilik (Kennedy *et al.*, 1995) gibi çevresel koşulları içermektedir.

Materyal ve Yöntem

Denemeler 2004 Ocak, Nisan ve Haziran aylarında sırasıyla 13, 17 ve 25 °C su sıcaklığında, Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Urla-İskele Balık Davranışları Laboratuvarında yürütülmüştür. Şekil 1'de görülen akıntı kanalı 680 cm. uzunluğunda, 243 cm. genişliğinde kenarları yuvarlatılmış bir dikdörtgen havuz ile bunun içerisinde bulunan 590 cm. uzunluğunda 123 cm. genişliğinde yine kenarları yuvarlatılmış bir dikdörtgen havuz arasında oluşturulmuştur. Oluşturulan kanalın genişliği 45 cm., derinliği 60 cm'dir. Deney anında kanaldaki su yüksekliği 40 cm'dir. İç havuz stok havuzu olarak kullanılmıştır. Balıkların deney öncesinde stok havuzunda bekletilmeleri için, 40 L. hacimli ve yanlarından su geçişine olanak sağlayacak şekilde kesilmiş ve içine havalandırma hatları çekilmiş PVC kovalar kullanılmıştır. Stok havuzu ile yüzdürme kanalı arasında su geçişi olduğundan her iki bölgede de su kriterleri aynıdır.



Şekil 1. Balık davranışları ünitesi ve Kritik Yüzme Hızı denemelerinin yapıldığı tank sistemi.

Deneyler akıntı kanalı içerisinde çarkın karşı tarafına yerleştirilen 40 cm. çaplı 1 m. uzunluğundaki siyah PVC borudan yapılmış olan yüzdürme tüpü içerisinde gerçekleştirilmiştir. Bu tüp kanalın tabanı ve yan duvarlarındaki nispeten daha zayıf akıntı bölgelerinden sakınmak amacıyla, tabandan 10, yan duvarlardan 2,5 cm. mesafe sağlayacak ayaklar üzerine oturtulmuştur. Tüpün üst kısmı balıkları yerleştirebilmek ve deney sırasında yüzme tarzındaki değişiklikleri gözlemleyebilmek amacıyla 29 cm. genişliğinde kesilip çıkartılmıştır. Deney anında tüpün tabanı

ile su yüzeyi arasındaki derinlik 30 cm'dir.

Tüpün zeminine, balığı net bir şekilde görebilmek amacıyla beyaz yansıtıcı yapıştırılmıştır. Bu yansıtıcı üzerinde 2 cm. aralıklarla çizgiler bulunmaktadır ki bu gerektiğinde balığın büyüklüğü hakkında fikir edinilmesini sağlamaktadır. Tüpün ön ve arka uçlarına balıkların kaçmamaları için 36 mm. göz açıklığında 0 numara ağ donatılmıştır.

Kanaldaki akıntı 2,2 beygir gücündeki bir elektrik motoru tarafından döndürülen 6 kanatlı bir pedal sistemi tarafından sağlanmıştır. Motora gelen akımın miktarı hız kontrolör vasıtasıyla ayarlanabilmektedir. Böylece hız kontrolörden çıkan akımın miktarı ayarlanarak istenilen akıntı hızına ulaşılmaktadır. Tüpün içerisindeki akıntı hızı deneylere başlamadan makro muline (DUMAS-NEYPRIL 2117 AA) kullanılarak ölçülmüştür. Bu ölçümler sırasında her akıntı hızı için hız kontrolörden çıkması gereken akım kaydedilmiş ve deneyler sırasında istenilen akıntı hızı hız kontrolör vasıtasıyla sağlanmıştır.

Denemelerde kullanılan ısparoz (*Diplodus annularis*) EGESÜF araştırma gemisiyle İzmir körfezinde yapılan dip trolü operasyonlarından 45 dakikalık çekimler sonunda elde edilmiştir. Güverteye canlı gelen balıklar direkt su dolu tanklara alınmıştır. Balıklar Urla - İskele'deki akuakültür ünitesinde 2 - 3 hafta süreyle tank ortamına adapte edilmiştir. Adaptasyon aşamasında balıklar taze sardalya ve hamsiyle beslenmişlerdir.

Denemeye alınacak balıklar denemelerden 2 gün önce akıntı tünelinin iç kısmında bulunan stok havuzundaki 40 L.lik PVC kovalara nakledilmiştir.

Balıklar yüzdürme tüpüne büyüklüklerine bağlı olarak 7-20 birey arasında değişen gruplar halinde alınmışlardır. Balıklar yüzdürme tüpüne alındıktan kısa bir süre sonra akıntı hızı 0,1 m/sn'ye çıkarılmış ve son birey yorulana dek her 10 dakikada 0,1 m/sn artırılmıştır. Yorulan balıklar tüpün arka kısmındaki ağa yaslandıklarında bir çubuk vasıtasıyla ya da elle hafif dokunulmasına rağmen yüzmeye devam etmiyorlarsa tüpten çıkarılıp balığın tam boyu (mm), akıntı hızı ve bu hızda yüzdükleri süre kaydedilmiştir. Bir kez denemeye alınan balıklar aynı su sıcaklığında tekrar kullanılmamıştır.

Kritik yüzme hızı (KYH) Brett (1964)'e göre hesaplanmıştır.

$$KYH = V_i + (T_i / T_{ii} \times V_{ii})$$

Kullanılan formülde V_i , zaman aralığının (T_{ii}) tamamında sürdürülebilmiş en yüksek hız, V_{ii} balığın yorgun düştüğü hız, T_i ise balığın yorgun düştüğü hızda yüzebildiği süredir.

Çalışmada kullanılan balıkların; total boy, mutlak (m/sn) ve nispi (boy/sn) kritik yüzme hızlarının tanımlayıcı istatistikleri verilmiştir. Elde edilen verilerin, normal dağılıma uygunluk testleri tek örneklem Kolmogorov-Smirnov testi ile varyansların homojenlik testi Levene testi ile değerlendirilmiştir. Gruplar arasındaki farklılıkların belirlenmesinde ANOVA testi ve grup içi karşılaştırmalarda Tukey HSD testi kullanılmıştır. Kritik yüzme hızı ve total boy verileri arasındaki ilişkinin tespiti için regresyon analizleri yapılmıştır. Verilerin analizleri bilgisayarda SPSS (9,0) istatistik programı kullanılarak yapılmıştır.

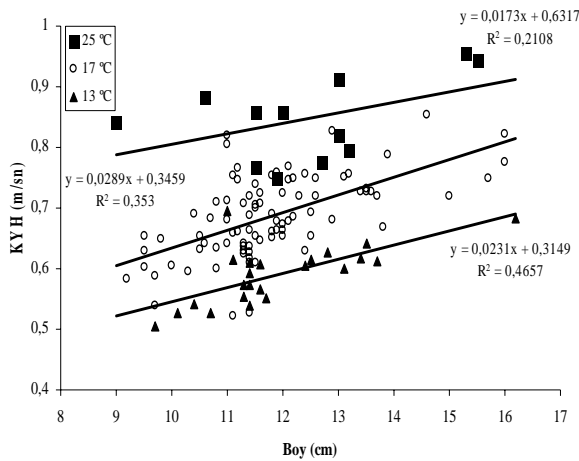
Bulgular

İsparoz (*Diplodus annularis*) için yapılan KYH denemelerinde toplam 123 adet denekten geçerli veri elde edilmiştir. Denemeler 13, 17 ve 25 °C su sıcaklıklarında gerçekleştirilmiştir. Denemeye alınan balıkların sıcaklığa bağlı örnek sayısı ve bu örneklere ait total, en küçük ve en büyük boy değerleri (cm), mutlak KYH (m/sn) ve nispi KYH (boy/sn) değerlerinin ortalamaları ve standart hataları Tablo 1'de özetlenmiştir.

Tablo 1. Denemeye alınan balıkların mutlak (m/sn) ve nispi (boy/sn) Kritik Yüzme Hızları (KYH). Boy değerleri ortalama \pm standart hata (minimum boy – maksimum boy) olarak gösterilmiştir.

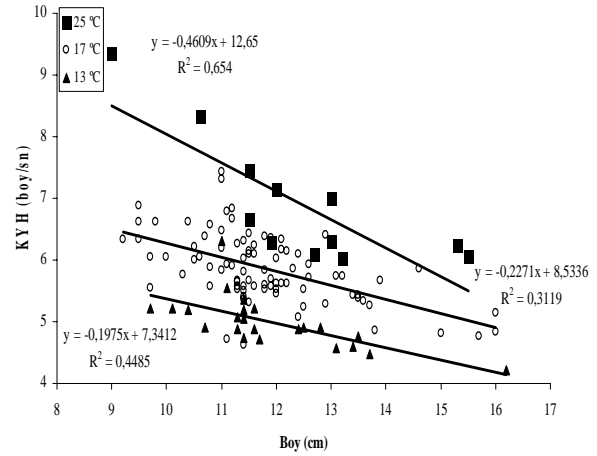
Sıcaklık (°C)	Örnek sayısı	Boy (cm)	KYH (m/sn)	KYH (boy/sn)
13	23	11,09 \pm 0,30 (9,7–16,2)	0,59 \pm 0,010	4,99 \pm 0,09
17	88	11,79 \pm 0,14 (9,2–16,0)	0,68 \pm 0,007	5,85 \pm 0,06
25	12	12,04 \pm 0,52 (9,0–15,5)	0,85 \pm 0,020	6,92 \pm 0,30

On üç, on yedi ve yirmi beş °C su sıcaklıklarında denemeye alınan isparoz balıklarına ait mutlak KYH veri noktaları ve verileri tanımlayıcı doğrusal regresyon çizgileri ve eşitlikleri Şekil 2'de görülmektedir. Bu gruplara ait balıkların ortalama boyları arasında istatistiksel bir fark bulunmamıştır ($P>0,05$). Grupların sıcaklığa bağlı mutlak KYH'ları arasında istatistiksel olarak belirgin farklılıklar vardır ($P<0,05$). Ortalama mutlak KYH 13, 17 ve 25 °C'lerde sırasıyla 0,59, 0,68 ve 0,85 m/sn olarak ölçülmüştür. Bu değerler su sıcaklığı 13 °C'den 17 °C'ye çıkarken KYH'nın % 15,3, 13 °C'den 25 °C'ye çıkarken ise %25 kadar arttığını göstermektedir.



Şekil 2. Farklı su sıcaklıklarında (13, 17, 25 °C) denemeye alınan isparoz balıklarına ait mutlak KYH veri noktaları ve regresyon çizgileri.

Şekil 3 On üç, on yedi ve yirmi beş °C su sıcaklıklarında denemeye alınan isparoz balıklarına ait nispi KYH veri noktalarını ve verileri tanımlayıcı doğrusal regresyon çizgilerini ve eşitliklerini göstermektedir. Şekilde, nispi KYH'nın küçük balıklarda büyük balıklara göre her üç sıcaklıkta da ortalama olarak daha yüksek olduğu görülmektedir.



Şekil 3. Farklı su sıcaklıklarında (13, 17, 25 °C) denemeye alınan isparoz balıklarına ait nispi KYH veri noktaları ve regresyon çizgileri.

Tartışma

Bu çalışmayla ilk defa Türkiye sularında yaşayan ve ekonomik değere sahip olan isparozun (*Diplodus annularis*) KYH hakkında veri toplanmıştır. Bununla birlikte KYH'nın denemeye alınan balıkların tam boyu (total boy) ve su sıcaklığı farklılıklarından nasıl etkilendiği şekillerle ortaya konmuştur. Literatürde bu türe ait KYH verilerine rastlanmamıştır.

Denemelerde kullanılan tank sistemi açık kanal sistemidir. Farklı araştırmacılar tarafından kullanılan (Lowe, 1996; Peake, 2004) değişik kapalı kanal sistemlerine göre (Brett, 1964; Blaxka *et al.*, 1960 in: Beamish, 1978) açık kanal sisteminin öncelikle temizliğinin daha kolay ve denemelerin gerçekleştirildiği yüzdürme tüpünün test edilen balıkların boyutlarına göre oldukça geniş olması büyük avantaj olarak görülmektedir. Bununla birlikte yüzdürme tüpünün üstünün açık olması, deney alanında balıkları gözleme imkanı tanımaktadır. Bainbridge and Brown (1958) ve Brett *et al.* (1958) tarafından tasarlanan ve geliştirilen bir başka kanal sisteminde, daire şeklinde oluşturulan kanal içerisine yerleştirilen balıkların *opto-motor tepkisi* (görsel olarak hareket eden geri plandaki objeler ile uyum içinde hareket etmek) kullanılarak (süregelen akıntı hızında) hareket eden bir objeyi takip etmesi sağlanmış ve yüzme kapasitelerine bakılmıştır. Daire şeklindeki yüzdürme kanalında akıntı hızının homojen olmama riski ve balıkların daha az akıntı hızı olan bölgelerde yüzme olasılığı bulunmaktadır (Plaut, 2001). Bu çalışmada balıklar akıntı kanalına yerleştirilmiş ve içerisindeki akıntı hızı önceden ölçülmüş olan yüzdürme tüpünde denemeye alınmışlardır. Akıntı hızı ölçümlerinde tüpün farklı bölgelerinde önemli bir hız değişikliği olmadığı görülmüştür. Böylelikle balıkların farklı akıntı hızlarında yüzmelerinin önüne geçilmeye çalışılmış olması yüzme deneylerinin güvenilirliği açısından oldukça önemlidir. Bununla birlikte, denemeler öncesinde yapılan akıntı ölçümlerini deney sırasında kontrol edilememiş, fakat denemeler sonrasında tekrar edilen ölçümler akıntı

hızlarında ilk ölçümlere göre önemli sapmalar olmadığını göstermiştir. Yüzdürme kanalları ile ilgili daha geniş açıklamalar Beamish (1978) tarafından derlenmiştir. Özetle bu çalışmada kullanılan açık kanal sisteminin denemeye alınmış olan tür ve boy grupları için yeterli bir deney düzeneği olduğu görülmüştür.

Genel olarak balığın yüzme performansının sıcaklık ile doğru orantılı olduğu kabul edilmesine rağmen, çevresel ve anatomik olarak birbirlerine çok yakın olan türlerde bile sıcaklık değişimlerinin KYH üzerinde farklı etkilere yol açabileceği bilinmektedir (Hammer, 1995).

Duthie (1982), *Platichthys flesus* (L. 1758) türünün KYH'nın 5-15 °C arasında %36 arttığını ölçmesine rağmen *Microstomus kitt* (Walbaum, 1792) türünün KYH'nın 10 °C'nin üstündeki sıcaklıklarda azaldığını kaydetmiş, ancak sıcaklığın *Limanda limanda* (L., 1758) türünün KYH'na hemen hemen etkisi olmadığını bulmuştur. Diğer taraftan, Beamish (1980), birbirine çok yakın iki tür olan *Salvelinus fontinalis* (Mitchill, 1814) ve *Salvelinus namaycush* (Walbaum, 1792) arasında sıcaklık artışının KYH'ları üzerinde farklı tepkilere yol açtığını ortaya koymuştur.

Bu çalışmada, farklı su sıcaklıklarında denemeye alınan balıkların ortalama KYH değerleri sıcaklığa bağlı olarak artış göstermiştir (Bkz. Şekil 2, 3). Bu artış boy gruplarında benzerlik gösteren ve farklı sıcaklıklarda denemeye alınmış ısparozda (13-17-25 °C) istatistiksel olarak test edilmiş ve hepsinde P= 0,000 düzeyinde belirgin bulunmuştur. Bu sonuçlar genel olarak literatürdeki çalışmalarla paralellik göstermekte (Beamish, 1978; Hammer, 1995; Koumoundouros *et al.*, 2002) ve bir türün yüzme performansında mevsimsel farklılıklar olabileceği yorumunu ortaya çıkarmaktadır.

Bugüne kadar yapılan araştırmalar sonucunda balığın mutlak yüzme hızının boyla birlikte arttığı, nispi yüzme hızının ise boyla birlikte azaldığı ortaya konmuştur (Hammer, 1995). Brett ve Glass (1973), *O. nerka* türünün KYH üzerine sıcaklık ve boy etkisi araştırmalarında, KYH'na balığın boyunun iki katına çıkarılmasının sıcaklığı iki katına çıkarmaktan daha büyük bir etkisi olduğunu hesaplamışlardır. Waiwood and Beamish (1978), *O. mykiss* türünün boyu ile KYH arasında pozitif bir ilişki tespit etmişlerdir. Öyle ki balığın 1 cm çatal boy artışının KYH'nı yaklaşık 3,5 m/sn, bir başka deyişle yaklaşık 0,5 Ç.B/sn arttırdığını belirlemişlerdir (Plaut, 2000b).

Bu çalışmada, boya bağlı mutlak KYH artışı ve nispi KYH azalışı tüm deneme gruplarında gözlenmiş ve ilgili sonuçlar bulgular kısmında ki şekillerde ve Tablo 1'de sunulmuştur.

Bu çalışmada deney uygulaması (10 dakika zaman aralığı ve 0,1 m/sn kademe) test edilen boy ve sıcaklık kompozisyonlarında başarılı sonuçlar vermiştir. Bulunan sonuçlar ve yine benzer yöntemler kullanılarak diğer ticari türlerle yapılacak denemeler literatürdeki önemli bir boşluğu dolduracak; a) Balıkların tür, boy ve mevsime bağlı olarak özellikle trol ve gırgır gibi aktif av araçlarının etki alanı içerisinde davranışları konusundaki bilgi birikimini artırıp daha seçici ve etkin av araç ve metodu geliştirmede, b) Kültür

ortamından doğaya kaçan balıkların ekosisteme etkilerini öngörüp gerekli önlemlerin alınmasında, ihtiyaç duyulan temel davranış bilgisini sağlayacaktır.

Teşekkür

Çalışma süresince değerli bilgileriyle yanımda olan Doç. Dr. Hüseyin ÖZBİLGİN'e, maddi desteklerinden dolayı TÜBİTAK (102Y126) ve Ege Üniversitesi'ne (2004/SÜF/007), canlı balık teminindeki katkılarında dolayı EGESÜF Araştırma Gemisi personeline ve yardımcı olan öğretim elemanlarına teşekkür ederiz.

Kaynakça

- Adams, S.R., G.R. Parsons. 1998. Laboratory-based measurements of swimming performance and related metabolic rates of field-sampled small mouth buffalo (*Ictiobus bubalus*) – a study of seasonal changes. *Physiol. Zool.* 71: 350 – 358.
- Bainbridge, R., R. H. J. Brown. 1958. An apparatus for the study of the locomotion of fish. *J. exp. Biol.* 35: 134 – 137.
- Beamish, F. W. H. 1978. Swimming capacity, p. 101 – 187. In *Fish Physiology*. W. S. Hoar and D. J. Randall (eds.), Academic Press. Vol. VII. New York.
- Beamish, F. W. H. 1980. Swimming performance and oxygen consumption of the charrs, p. 739 – 748. In *Charrs. Salmonid Fishes of the Genus Salvelinus*, Balon E. K (eds.), Dr W. Junk, Publ. The Hague.
- Beamish, F. W. H., J.C. Howlett, and T.E. Medland. 1989. Impact of diet on metabolism and swimming performance in juvenile lake trout, *Salvelinus namaycush*. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 46: 384-388.
- Blaxka, P. M., M. Volf, and M. Cepela. 1960. A new type of respirometer for the determination of metabolism of fish in an active state. *Physiol. Bohemoslov.* 9: 553-558.
- Brett, J. R., M. Hollands, and D. R. Alderdice. 1958. The effect of temperature on the cruising speed of young sockeye and coho salmon. *J. Fish. Res. Bd. Can.* 15: 587 – 605.
- Brett, J. R. 1964. The respiratory metabolism and swimming performance of young sockeye salmon. *J. Fish. Res. Bd. Can.* 21: 1183-1226.
- Brett, J. R., N. R. Glass. 1973. Metabolic rates and critical swimming speeds of sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) in relation to size and temperature. *J. Fish. Res. Bd. Can.* 30: 379-387.
- Duthie, G.G. 1982. The respiratory metabolism of temperature adapted flatfish at rest and during swimming activity and the use of anaerobic metabolism at moderate swimming speeds. *J. Exp. Biol.* 97: 359 – 373.
- Gregory, T. R., C. M. Wood. 1998. Individual variation and interrelationships between swimming performance, growth rate, and feeding in juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 55: 1583-1590.
- Hammer, C. H. 1995. Fatigue and exercise tests with fish. *Comparative Biochemistry and Physiology*. 112A: 1 – 20.
- He, P., C. S. Wardle. 1988. Endurance at intermediate swimming speeds of Atlantic mackerel, *Scomber scombrus* L. herring, *Clupea harengus* L. and saithe *Pollachius virens* L., *J. Fish Biol.* 33: 255-266.
- Jobling, M. 1995. *Environmental biology of fishes*. Chapman & Hall. London.
- Kennedy, C.J., R.M. Sweeting, J.A. Johansen, A.P. Farrell, and B.A. Mckeown. 1995. Acute effects of chlorinated resin acid exposure on juvenile rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Environ. Toxicol. Chem.* 14: 977-982.
- Kieffer, J.D., D. Alsop, and C.M. Wood. 1998. A respirometric analysis of fuel use during aerobic swimming at different temperatures in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *J. Exp. Biol.* 201: 3123-3133.
- Kolok, A.S., D. Sharkey. 1997. Effect of freshwater acclimation on the swimming performance and plasma osmolality of the euryhaline gulf killifish. *Trans. Am. Fisher. Soc.* 26: 866-870.
- Kolok, A. S. 1999. Inter-individual variation in the prolonged locomotor performance of ectothermic vertebrates: a comparison of fish and herpetofaunal methodologies and a brief review of the recent fish literature. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 56: 700-710.
- Koumoundouros, G., D.G. Sfakianakis, P. Divanach, and M. Kentouri. 2002. Effect of temperature on swimming performance of sea bass juveniles.

- Journal of Fish Biology. 60: 923-932.
- Lowe, C. G. 1996. Kinematics and critical swimming speed of juvenile Scalloped Hammerhead Sharks. The Journal of Experimental Biology. 199: 2605-2610.
- Nelson, J. A., Y. Tang, and R. G. Boutilier. 1996. The effect of salinity change on the exercise performance of two Atlantic cod (*Gadus morhua*) populations inhabiting different environments. J. Exp. Biol. 199: 1295-1309.
- Nicoletto, P.F. 1991. The relationship between male ornamentation and swimming performance in the guppy, *Poecilia reticulata*. Behav. Ecol. Sociobiol. 28: 365-370.
- Özbilgin, H. 1998. The seasonal variation of trawl codend selectivity and the role of learning in mesh penetration behaviour of fish. PhD thesis. University of Aberdeen. 206 pp.
- Özbilgin Doğanıılmaz, Yeliz. 2005. Experiments on fish swimming capacities, (in turkish). PhD thesis. Ege University. Fisheries Faculty. 113 pp.
- Özbilgin, H., F. Başaran., and Y. D. Özbilgin. 2004. Measurements of swimming endurance and maximum voluntary swimming speeds of red mullet, annular sea bream, sea bream and common pandora. TÜBİTAK, No: 102Y126.
- Pavlov, D. S., Yu. N. Sbirin., A. Ye. Vashchinnikov, and A. D. Mochek. 1972. The effect of light intensity and water temperature on the current velocities critical to fish. J. Ichthyol. 12: 703-711.
- Peake, S. 2004. An evaluation of the use of critical swimming speed for determination of culvert water velocity criteria for smallmouth bass. Transactions of the American Fisheries Society. 133: 1472-1479.
- Plaut, I. 2000a. Resting metabolic rate, critical swimming speed, and routine activity of the euryhaline cyprinodontid, *Aphanius dispar*, acclimated to a wide range of salinities. Physiol. Biochem. Zool. 73(5): 590-596.
- Plaut, I. 2000b. Effects of fin size on swimming performance, swimming behaviour and routine activity of zebrafish *Danio rerio*. J. Exp. Biol. 203: 813-820.
- Plaut, I. 2001. Critical swimming speed: its ecological relevance. Comp. Biochem. Physiol. 131(A): 41-50.
- Videler, J. J. 1993. Fish swimming. Chapman and Hall. London. 260p.
- Waiwood, K. G., F. W. H. Beamish. 1978. Effect of copper, ph and hardness on the critical swimming performance of rainbow trout (*Salmo gairdneri* Richardson). Water Res. 12: 611-619.
- Wardle, C. S. 1975. Limit of fish swimming speed. Nature. Vol. 255. No. 5511. 725-727 p.
- Wardle, C. S. 1980. Effects of temperature on the maximum swimming speeds of fishes, p. 519-532. Environmental Physiology of Fishes. Ali, M.A. (eds.). NATO Advanced Study Institute. Series A Vol. 35.
- Webb, P.W. 1978. Fast-start performance and body form in seven species of teleost fish. J.exp. Biol. 74: 211-26.