

Barbun (*Mullus barbatus* L., 1758)'un zaman-mekansal dağılım modellemesi, İzmir Körfezi

Modelling spatio-temporal distribution of red mullet (*Mullus barbatus* L., 1758), İzmir Bay

Esin Yalçın^{1*} • Raşit Gurbet²

¹Mersin Üniversitesi, Denizcilik Meslek Yüksekokulu, Deniz Ulaştırma ve İşletme Programı, Tece Kampüsü, 33290, Mezitli, Mersin, Türkiye

²Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Temel Bilimler Bölümü 35100, Bornova, İzmir, Türkiye

*Corresponding author: esin.yalcin@mersin.edu.tr

Abstract: In this study, the relationships between the environmental factors with fishing pressure and abundance of red mullet spatio-temporal distribution was aimed to determine in the İzmir Bay. This study characterizes the interactions that control the short term spatio-temporal variability in the red mullet distribution process in terms of abundance. The distribution and relative abundance of the red mullet including the influence of environmental factors and fishing pressure were analyzed using a Generalized Additive Model (GAM) and a Geographic Information System (GIS) based approach to investigate relationships. The results obtained from the model estimates and evaluations provide important information about local fisheries management. As a result of the work, it supposed that lower abundance of the red mullet was associated with cold and saline bottom waters especially in deeper areas of İzmir Bay. Additionally, the stock is considered to be heavily exploited and the fishing pressure on the species considerable throughout the deeper area of İzmir Bay where bottom trawling is allowed. In conclusion, the prediction model indicates a large abundance of species in the Gülbahçe Bay and vicinity corresponding roughly to the observed data. Temporally, the species was found to be more abundant in winter and autumn mainly in December.

Keywords: Red mullet, *Mullus barbatus*, Spatio-temporal distribution, Environmental factors, GAM, GIS, İzmir Bay

Özet: Çalışmada, İzmir Körfezi'ndeki çevresel faktörler ile balıkçılık baskısı ve barbun bolluğunun zaman-mekansal dağılımı arasındaki ilişkilerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma, barbun bolluğu açısından incelenen balık türünün, dağılım prosesinde kısa süreli zaman-mekansal değişkenliği kontrol eden etkileşimleri nitelemektedir. Barbun bolluğunun zaman-mekansal dağılımı üzerinde etkisinin olduğu kabul edilen tüm çevresel faktörlere ait ölçüm değerleri ve balıkçılık baskısı Genelleştirilmiş Toplamsal Model (GAM) ve Coğrafi Bilgi Sistemi (GIS) tabanlı bir yaklaşımla ilişkileri incelenerek analiz edilmiştir. Model sonuçlarından elde edilen tahminler ve değerlendirmeler yerel balıkçılık yönetimi açısından önemli bilgiler ortaya koymaktadır. Çalışma sonucunda düşük bolluk değerlerine sahip barbunun İzmir Körfezi'nin soğuk ve tuzlu olan, özellikle derin yerleri ile ilişkili olduğu kabul edilmiştir. Ayrıca, dip trolünün serbest olduğu İzmir Körfezi'nin derin bölgelerinde türün aşırı derecede sömürüldüğü ve tür üzerinde oldukça büyük ölçüde balıkçılık baskısı olduğu dikkat çekmektedir. Sonuç olarak, sunulan çalışmanın tahmin modeli sonucu gerçek zamanlı ölçüm verisi analizleri ile benzerlik sergileyerek, barbunun Gülbahçe Körfezi'nde ve çevre sularında büyük bolluk değerlerine sahip olduğunu göstermiştir. Zamansal olarak, türün özellikle Aralık ayında, mevsim olarak ise kış ve sonbahar aylarında daha bol olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Barbun, *Mullus barbatus*, Zaman-mekansal dağılım, Çevresel faktörler, GAM, GIS, İzmir Körfezi

GİRİŞ

Balık stoklarının sürdürülebilirliği etkili balıkçılık yönetimi ile mümkündür. Ancak doğru balıkçılık yönetimi planlaması ve etkin olabilmesi için balık biyolojisi ve populasyon çalışmalarının yanı sıra, balık dağılımı ve bunu etkileyen çevresel faktörlerin bilinmesi ve ilişkilendirilmesi önemlidir. Çevresel faktörlerden özellikle derinliğe bağlı sıcaklık, tuzluluk, çözülmüş oksijen, pH, derinlik gibi fiziko-kimyasal parametreler ile plankton gibi biyolojik parametrelerin her biri balık topluluklarının dağılım ve bolluklarını doğrudan ya da dolaylı olarak kontrol eden faktörlerin başında gelirler ve önemli bir baskıya sahiptirler. Bu parametreler dünya üzerinde önemli balıkçılık alanlarında, balıkçılık açısından değerlendirilmektedir ve aralarındaki etkileşimi anlamak, yorumlamak son yıllarda yapılan birçok multidisipliner

çalışmanın temel hedefi olmuştur. Birçok ekonomik balık türünün dağılımı ile su sıcaklığı, tuzluluğu, dip yapısı ve derinliği ilişkilidir (Mahon ve Smith, 1989). Demersal balıkların belirli bölgelerde topluluk oluşturmalarında öncelikle derinlik ve sediment tipi baskın etkenlerdir. Balık topluluklarının dinamik yapısı üzerinde su kütlesinin fiziko-kimyasal parametreleri; temelde sıcaklık, tuzluluk ve çözülmüş Oksijen değerleri etkindir (Koranteng, 2001). Akdeniz'deki çalışmaların çoğu derinlik, su sıcaklığı, Oksijen konsantrasyonu, sediment tipi gibi çevresel faktörlerle ilişkilidir (Colloca vd., 2003; Gaertner vd., 1999; Jackson ve Harvey, 1992).

Sunulan çalışmada, çevresel faktörlerin barbun populasyonu zaman-mekansal dağılımı üzerinde etkili

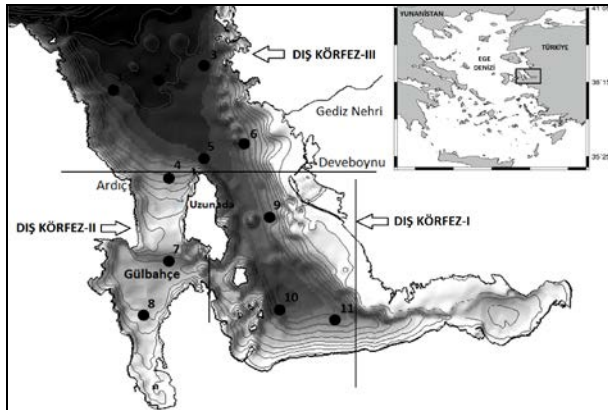
olabileceği öngörülmüş ve İzmir Körfezi'ndeki çevresel faktörler ile balıkçılık baskısı ve barbun bolluğunun zaman-mekansal dağılımı arasındaki ilişkilerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma süresince elde edilen çevresel parametre ölçümleri ile balık materyali elde etmek için yapılan trol avcılığı eşzamanlı olarak planlanmış ve tüm elde edilen değerler model çalışmalarında kullanılmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmanın yapıldığı İzmir Körfezi, Ege Denizi'nin ortasında yer alan kapalı bir körfez konumundadır. Örnekleme yapıldığı istasyonlar yaklaşık olarak 25 m ile 75 m arası derinliklerdedir (Şekil 1). İzmir Körfezi fiziksel özelliklerine göre şu şekilde bölümlere ayrılmıştır: Uzunada'nın kuzey ucu-Homa Dalyanı arasındaki hattın güneyi ile Çilazmak Burnu-Güzelbahçe hattının batı kesiminden, Urla-Menteşe'e kadar olan bölge "Dış Körfez I" olarak adlandırılır, Uzunada'nın batısındaki Mordoğan Geçidi ile güneyde Gülbahçe Körfezi "Dış Körfez II" olarak adlandırılır, Karaburun Yarımadası ile Gediz Deltası arasında kalan daha geniş ve derin kesimi "Dış Körfez III" olarak adlandırılır (Sayın, 2003). İzmir Körfezi içerisinde 0 ile 1 m arasında kalan sığ sular dışında toplam alan ArcGIS 9.2 programı ile hesaplanmıştır; 787 km²'dir (Yalçın, 2009). T.C., Tarım ve Köyişleri Bakanlığı tarafından yayınlanan ve Denizlerde ve İçsularda Ticari Amaçlı Su Ürünleri Avcılığını Düzenleyen 2006-2008 Av Dönemine Ait 37/1 No'lu Sirküler'e göre; İzmir Körfezi'nin Ardıc Burnu (38° 31' 58" N - 26° 37' 22" E) ile Deveboynu'nu (38° 39' 24" N - 26° 43' 42" E) birleştiren hattın güneydoğusunda kalan saha trole yasaktır. Sunulan çalışmanın Dış Körfez III'de yer alan, Karaburun-Foça arasındaki hat boyunca yer alan 1, 2 ve 3 nolu istasyonlar trole serbest bölgede yer almaktadır. Diğer istasyonların tümü ise yıl boyunca trole kapalı alan içerisinde yer almaktadır.

Çalışma alt alanları ve kapsadıkları trol ve çevresel parametre ölçüm istasyonları şöyledir:

- Dış Körfez I: 9-10-11 numaralı istasyonlar,
- Dış Körfez II: 4-7-8 numaralı istasyonlar,
- Dış Körfez III: 1-2-3-5-6 numaralı istasyonlar (Şekil 1).



Şekil 1. Dış Körfez'deki çalışma alt alanları ve örnekleme istasyonları.

Çalışma kapsamındaki abiyotik çevresel parametreler; sıcaklık, tuzluluk, çözülmüş oksijen ve pH, CTD (Conductivity, Temperature, and Depth) cihazı ile ölçülerek modele girilmiştir.

İzmir Körfezi'nde mezozooplankton türlerini elde etmek için 50 cm yarıçaplı ve 280 µm göz açıklığına sahip stramin bezden yapılmış standart Hensen tipi plankton kepçesi ile ve fitoplankton örneklerin toplanması; 20 cm yarıçaplı ve 55 µm göz açıklığına sahip plankton kepçesi ile vertikal olarak gerçekleştirilmiştir. Örnekler laboratuvar koşullarında işlenerek değerler modele girilmiştir.

Örnekler gün ışığında 25 m derinlikten 1 m/s hızla vertikal olarak çekilerek elde edilmiştir. Toplanan plankton örnekleri %4'lük formalin solüsyonu içerisinde saklanarak laboratuara getirilmiş ve örnekler filtrasyon düzeneğinde filtre kâğıdından süzülerek örneklerin yaş ağırlıkları elde edilmiştir. Daha sonra filtre kâğıdı üzerindeki yaş örnekler etüvde kurutularak kuru ağırlıkları elde edilmiştir. Plankton biyokütle (kuru ağırlık) değerleri aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır (Strickland ve Parsons, 1972).

$$b = \frac{Dt}{v} \quad v = \pi r^2 x h$$

Formülde;

b = biyokütle (mgm⁻³)

Dt = toplam kuru ağırlık (mg)

v = süzülen suyun hacmi (m³)

r = kepçenin ağız açıklığının yarıçapı (m)

h = çekimin yapıldığı derinlik aralığı (m)

Genelleştirilmiş toplamsal modellerde (GAM; Hastie ve Tibshirani, 1986, 1990) veri; normal, binomial, Poisson, negatif binomial veya gamma dağılımları gibi birçok ekolojik verinin normal olmayan hata yapılarını uygun şekilde dönüştürerek, birçok yüksek olasılığa sahip veri setleri dağılımlardan elde edilir. Model sonucunda elde edilen bu veri setleri farklı amaçlara hizmet edebilir. Bu yöntem, balık bolluk ve dağılım çalışmaları gibi balıkçılık çalışmasında yaygın olarak kullanılmaktadır.

GAM (Zuur vd., 2007):

$$g(E[CPUE_{i|j}]) = \alpha + s_1(X_1) + s_2(X_2) + s_3(X_3) \dots + \epsilon_i$$

g = bağlantı fonksiyonu

α = populasyon kesişim sabiti

$s_i()$ = yumuşatılmış eğri fonksiyonu

X_i = açıklayıcı bağımsız değişken

ϵ_i = model kalıntısı

Sunulan çalışmada, GAM için R (R Development Core Team, 2010) istatistik programı kullanılmıştır. Modelde diferansiyel denklemler kullanarak veri noktalarından geçen eğriyi bulmak için yumuşatılmış eğri fonksiyonu $s_i()$ olarak kübik spline fonksiyonu seçilmiştir. GAM, bağımsız değişkenlere bağlı farklı fonksiyonları eklemeli olarak işlemek suretiyle, CPUE değerlerini tahmin etmemize imkan verir.

Modelde kullanılan açıklayıcı değişkenler; enlem ve boylam, derinlik, dip suyu sıcaklığı, dip suyu tuzluluğu, zooplankton ve fitoplanktondur. Nominal değişkenler ise aylar, izinli ve yasaklı balıkçılık alanları ve bu alanların zaman bilgileridir. Modelin işlem basamaklarında Akaike Bilgi Kriteri (Akaike Information Criterion, AIC) ile parametreler kriter değer gözünde bulundurulurken adım-adım yöntemiyle azaltılarak seçilmiştir (Hastie and Tibshirani, 1990). Yanısıra, model için varsayılan Poisson düzleştirici seçimi için tarafsız risk tahmin (Un-biased Risk Estimator, UBRE) değerleri kullanılmıştır (Wood, 2006). En iyi model seçimi karşılaştırmalı olarak yapılmış, buna göre; en yüksek sapma seviyesi değeri (%0-100), en düşük AIC ve en düşük UBRE değerlerini sağlayan model tercih edilmiş ve istatistiksel önem derecesi (p -değeri) ile birlikte verilmiştir.

Komple bir coğrafi bilgi sistemi (GIS) olan ESRI ArcGIS yazılım ürünleri kullanılmıştır. Program üzerinde farklı katmanlarda hazırlanan balık türlerinin göreceli bolluk değerleri (CPUE) ve çevresel faktörler aynı harita üzerine çakıştırılarak zaman-mekansal değişimleri analiz edilmiştir. Yanısıra, istatistiksel model girdisi olan tüm çalışma alanına ait çevresel faktör değerleri Inverse Distance Weighted (IDW) interpolasyon çalışması sonucunda GIS ile elde edilmiştir. İstatistiksel model çalışmasının son aşamasında elde edilen tahmini balık bolluk değerleri, GIS ile barbunun zaman-mekansal dağılım haritaları olarak sunulmuştur.

BULGULAR

GAM uygulamasında barbunun dağılımında bağımsız değişkenlerden abiyotik çevresel parametreler olan sıcaklık, tuzluluk, pH, çözülmüş oksijen değerlerinin yüzey değerlerinin, yanısıra, biyotik çevresel parametreler grubunda yer alan fitoplankton ve zooplankton parametrelerinin yeterli önem derecesinde olmadıklarına karar verilmiş ve bu parametreler model adımlarında çıkartılmıştır. Bağımsız değişkenlerden dip suyuna ait pH ve çözülmüş oksijen

değerleri de aynı sebepten modelden çıkartılmıştır. Ek olarak, indikatör değişkenler olarak belirlenmiş olan balıkçılığa kapalı ve açık alanlardaki süre bilgileri yeterli önem derecesinde olmadıkları için model adımlarında çıkartılmıştır. Her bir parametre için ki-kare testi (χ^2) temelinde, %95 önem seviyesindeki testler değerlendirilmiştir. Barbun bolluk dağılımında CPUE için açıklayıcı çevresel parametreler; derinlik, dip suyu sıcaklığı ve dip suyu tuzluluğudur (Tablo 1). En etkin çevresel parametre %35,1 sapma seviyesi, 344,08 UBRE ve 34797,73 AIC skorları ile derinliktir ($p < 0,001$).

Tablo 1. GAM'a dahil edilen parametre değerleri.

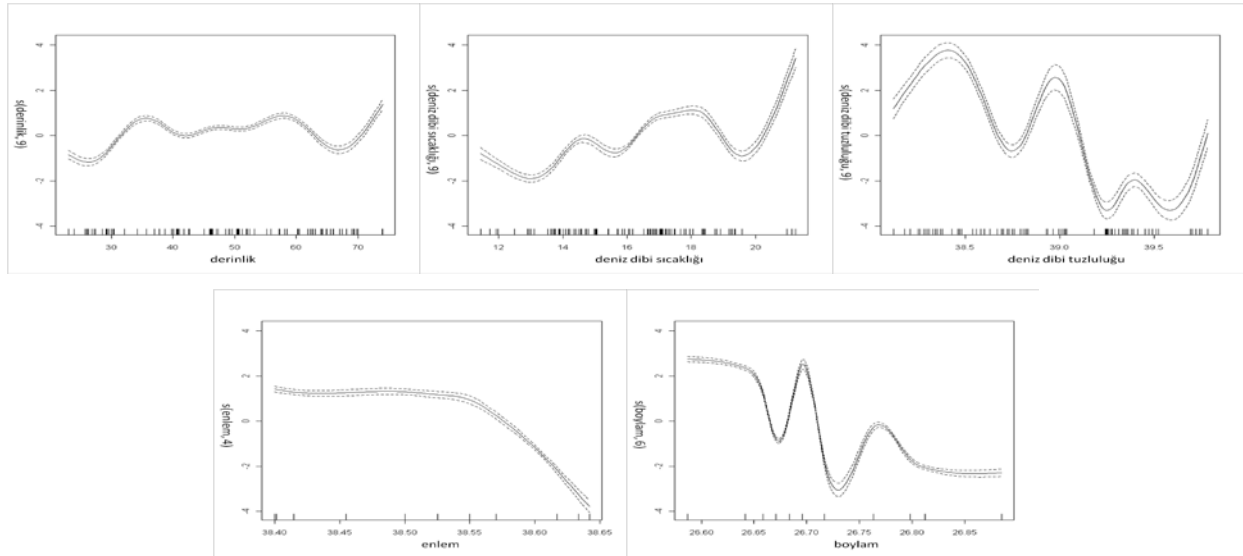
Parametre	% Sapma Seviyesi	UBRE	AIC	p -değeri
Derinlik (m)	35,1	344,08	34797,73	<0,001
Dip Suyu Sıcaklığı (°C)	32,6	357,37	36113,38	<0,001
Dip Suyu Tuzluluğu (psu)	13	461,62	46434,22	<0,001
Enlem	40,2	317,1	32127,07	<0,001
Boylam	40	318,14	32230,16	<0,001

Sunulan çalışmada, elde edilen balıkların bolluk değerleri (CPUE) ile balık dağılımında etkili olduğu düşünülen çevresel faktörler dahil edilerek en uygun GAM modeli hazırlanmıştır:

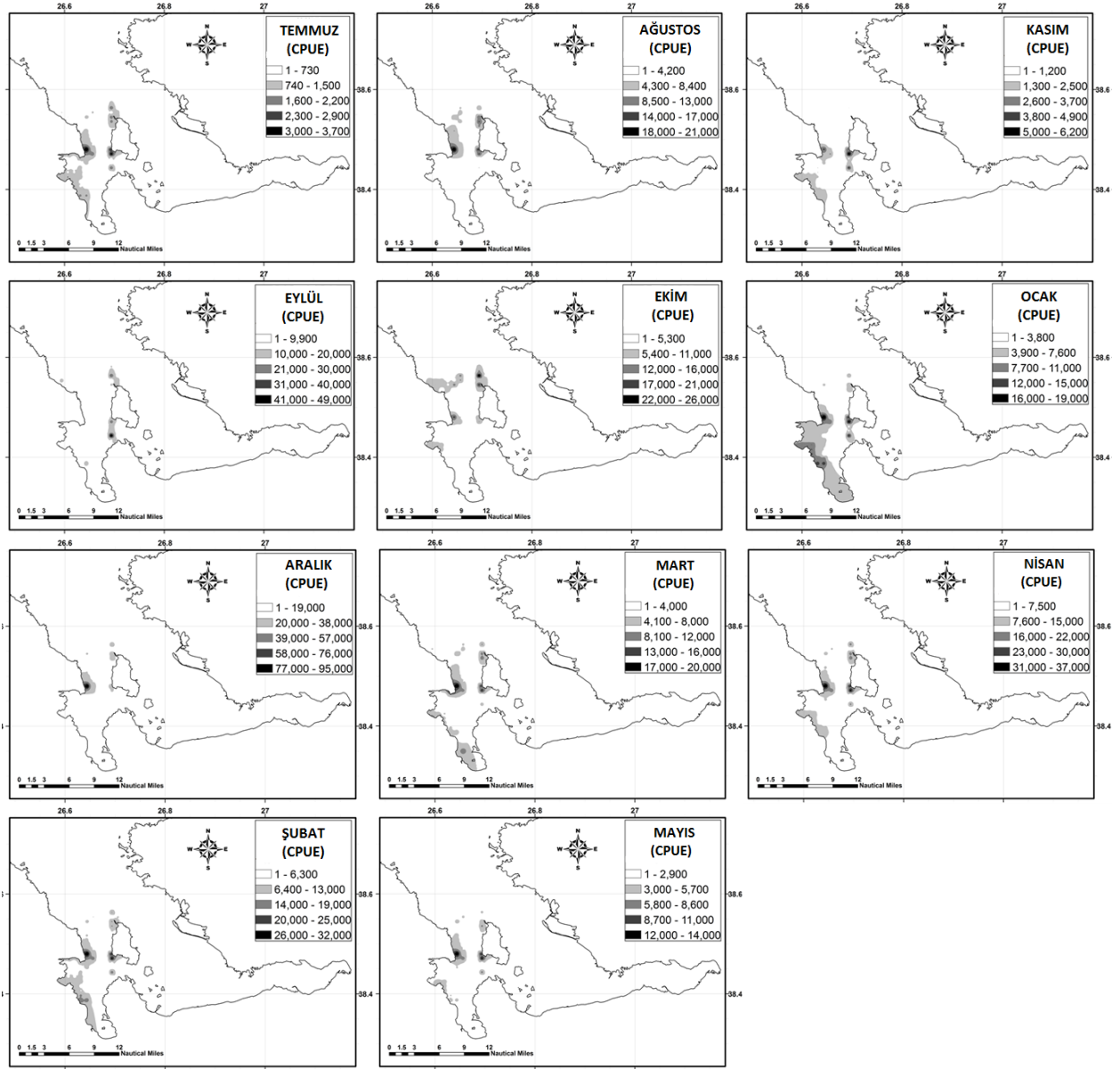
$$M. barbatus \text{ CPUE} \sim \alpha + s_1(\text{derinlik}) + s_2(\text{dip suyu sıcaklığı}) + s_3(\text{dip suyu tuzluluğu}) + s_4(\text{enlem}) + s_5(\text{boylam}) + \text{ay} + \text{balıkçılık alanı} + \varepsilon_i$$

Modelde optimum bağımsızlık derecesi için çapraz-validasyon uygulanmış ve barbun bolluk dağılımı CPUE; %92,3 sapma seviyesi değeri, 41,132 UBRE ve 4806,316 AIC skorları ile hesaplanmıştır ($p < 0,001$). Model çıktılarında bağımsız değişkenler ile barbun bolluk dağılımı arasındaki ilişkiler ortaya konmuştur (Şekil 2).

Barbun için seçilen parametreler ile oluşturulan GAM sonucunda elde edilen tahmin değerlerinin doğruluğu test edilmiş ve bolluk dağılımları GIS ile zaman-mekansal olarak haritalandırılmıştır (Şekil 3).



Şekil 2. Barbun için GAM model katsayılarına karşın modele eklenen terimler; derinlik, deniz dibi sıcaklığı, deniz dibi deniz suyu tuzluluğu, enlem ve boylam



Şekil 3. GAM sonucu elde edilen tahmin değerlerinin GIS ile haritalandırılmasıyla elde edilen aylık barbunun tahmini zaman-mekansal bolluk dağılımları

TARTIŞMA VE SONUÇ

Balıkçılık baskısı dahil olmak üzere çevresel değişkenler ve barbun bolluğu arasındaki zaman-mekansal ilişkilerdeki değişimler, GAM kullanılarak verilere uygun şekilde belirlenerek ortaya konulmuştur.

GAM sonuçlarına göre; barbun 60 m'den daha sığ sular tercih etmektedir, bolluk gösterdiği derinlikler ~30-60 m'dir. 16,5-19 °C dip suyu sıcaklık aralığında ve <39,1 dip suyu tuzluluk değerinin olduğu sulara yüksek bolluk değerleri sergilemektedir. Ayrıca, barbun sıcaklık alt sınırı 16,5 °C olarak tespit edilmiştir. Diğer taraftan, türün düşük bolluk değeri özellikle İzmir Körfezi'nin derin bölgelerinde, çevresel

sulara göre daha soğuk ve daha tuzlu dip sularıyla ilişkilidir. Türün bolluğu İzmir Körfezi'nde mekansal olarak değerlendirildiğinde 38,6 °N ile 26,7°E arasında bolluk sergilemiştir (Şekil 2).

Model tahminlerine göre; barbun yıl boyunca Gülbahçe Körfezi'ni ve Uzunada Adası'nın batısını kapsayan alanda Dış Körfez-II'de yüksek değerlerde tespit edilmiştir. Zamana bağlı olarak değerlendirildiğinde sonbahar ve kış aylarında, özellikle Eylül ayında yoğunlaşma tahmin edilmiştir (Şekil 3). Seçilen GAM sonuçları ve deniz çalışmalarından elde edilen gerçek barbun bolluk değerleri zaman-mekansal olarak uyumludur.

Sunulan çalışmanın amacı, barbunun potansiyel bolluk

sergilediği alanları açıklayan genel bir model inşa etmektir. Oluşturulan bu model temelinden yola çıkarak, uygulanabilirliği mümkün olan Ege Denizi sularımızda barbunun potansiyel zaman-mekansal bolluk dağılım haritaları hazırlanması bir sonraki çalışmanın amacını oluşturmaktadır. Model tahmin yöntemi sayesinde, daha geniş alanlarda çevresel parametrelere ait çok yıllık veri setleri toplanırsa, model çalışması ile barbun zaman-mekansal bolluk alanlarının tespiti mümkün olacaktır. Çalışma göstermiştir ki; büyük oranlarda avcılığı yapılan ekonomik açıdan büyük öneme sahip olan barbun türü çevresel parametrelere bağlı olarak kıyısız sularda geniş dağılımlar sergilemektedir ve model temelli tahmin çalışmaları balıkçılık yönetimi perspektifinde önemlidir.

İzmir Körfezi'nde uygulanmakta olan trol yasağının, genç bireyler üzerindeki av baskısını azaltması ve büyümelerine olanak sağlaması açısından uygun olduğu bilinmektedir.

KAYNAKLAR

- Colloca, F., Centilioni, P., Belluscio, A., Ardizzione, G.D., 2003. Analysis and validation of annual increments in otoliths of European hake (*Merluccius merluccius*) in the central Mediterranean Sea. *Archieve Fisheries Marine Resources*, 50(2):23-30.
- Gaertner, J.C., Mazouni, N., Sabatier, R., Millet, B., 1999. Spatial structure and habitat associations of demersal assemblages in the Gulf of Lions: a multicompartamental approach. *Marine Biology*, 135:199-208. doi:10.1007/s002270050617
- Hastie, T.J., Tibshirani, R.J., 1986. Generalized Additive Models. *Statistical Science*, 1(3):297-310. doi:10.1214/ss/1177013604
- Hastie, T.J., Tibshirani, R.J., 1990. *Generalized Additive Models*. Chapman&Hall/CRC, New York, 329 p.
- Jackson, D.A., Harvey, H.H., 1992. Fish and benthic invertebrates: community concordance and community-environment relationships. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 50:2641-2651. doi:10.1139/f93-287
- Koranteng, K.A., 2001. Structure and dynamics of demersal assemblages on the continental shelf and upper slope off Ghana, West Africa. *Marine Ecology Progress Series*, 220:1-2. doi:10.3354/meps220001

Sunulan çalışma raporu ile önemi bir kez daha vurgulanan körfezde yasa dışı avcılığa ciddi cezai yaptırımlar uygulanmalıdır. Özellikle Gülbahçe Körfezi'nde ve körfez geneline göre çok farklı habitat özelliklerine sahip olan Mordoğan Geçidi ve Uzunada çevresinde balık popülasyonlarının korunması için cezai yaptırımlara devam edilmelidir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın veri setleri "İzmir Körfezi'nde Çevresel Faktörlerin Barbunya (*Mullus barbatus*) ve Bakalyaro (*Merluccius merluccius*) Balıklarının Popülasyonları Üzerine Etkilerinin İncelenmesi" isimli Bilimsel Araştırma Projesi (BAP) kapsamında elde edilmiştir. Projeyi destekleyen E.Ü. BAP Komisyonu, proje ekibine ve R/V Egesüf personeline teşekkür ederiz.

- Mahon, R., Smith, R.W., 1989. Demersal Fish Assemblages on the Scotian Shelf, Northwest Atlantic: Spatial Distribution and Persistence. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 46(S1):134-152. doi:10.1139/f89-285
- Sayın, E., 2003. Physical features of the İzmir Bay. *Continental Shelf Research*, 23:957-970. doi:10.1016/S0278-4343(03)00083-9
- Strickland, J.D.H., Parsons, T.R., 1972. A Practical Handbook of Seawater Analysis. *Fisheries Research Board of Canada*, 167 p.
- Wood, S.N., 2006. Generalized Additive Models: An introduction with R. *Chapman&Hall/CRC*, New York, 391 p.
- Yalçın, E., 2009. İzmir Körfezi'nde abiyotik çevresel faktörlerin barbunya (*Mullus barbatus*) ve bakalyaro (*Merluccius merluccius*) balıklarının popülasyonları üzerine etkilerinin incelenmesi. E.Ü. Fen Bilimleri Ens., Doktora Tezi, 184 s.
- Zuur, A.F., Ieno, E.N., Smith, G.M., 2007. Analysing Ecological Data. *Springer*, New York, 680 p.