

EGE ÜNİVERSİTESİ BİLİMSEL ARAŞTIRMA
PROJE KESİN RAPORU
EGE UNIVERSITY SCIENTIFIC
RESEARCH PROJECT REPORT

PROJE NO: 2013/SAUM/002

**YAPAY RESİF ALANLARINDA KULLANILACAK AKUSTİK İZLEME
SİSTEMLERİNİN PERFORMANSININ BELİRLENMESİ**

PROJE YÖNETİCİSİ

Dr. Aytaç ÖZGÜL

ARAŞTIRMACILAR

Prof. Dr. Altan LÖK
Prof. Dr. Cengiz METİN

Sualtı Araştırma ve Uygulama Merkezi

Research and Application Center
of Underwater

**Bornova-İZMİR
2015**

ÖNSÖZ

İkinci dünya savaşının ardından gelişen teknoloji ile birlikte akustik telemetri sistemleri de yaygınlaşarak tüm alanlarda kullanılmaya başlamıştır. Teknolojik gelişmeler ile birlikte, alıcıların kapasitesindeki artışla beraber daha küçük vericilerin üretilmesi birçok canlının izlenmesine olanak sağlamıştır. Gerek denizel gerekse iç sular da birçok sucul canlının hareket ve davranışlarını incelemek için yaygınlaşan akustik telemetri sistemlerinin yapay resif alanlarında kullanılmaya başlanması son yirmi yıla dayanır. Son yıllarda gerek yapay resifler gerekse deniz koruma alanların da sıkça kullanılmaya başlanan akustik telemetri sistemlerinin yapay resif alanlarındaki performansı ve bu performansa etki eden çevresel etkenler hakkındaki çalışma sayısı oldukça sınırlıdır. Akustik telemetri projelerin başarıya ulaşabilmesi için daha yazım aşamasında çok iyi planlanması ve özellikle de kullanılacak yöntemin literatüre dayandırılması gerekmektedir. Bu kapsamda bu projenin ileride yapay resif alanlarında yapılacak telemetri çalışmalarına gerekli katkıyı sağlamasını umut ediyoruz.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖNSÖZ	I
İÇİNDEKİLER	II
ŞEKİL DİZİNİ	III
ÖZET	IV
ABSTRACT	V
1 Giriş	1
2. Literatür Özeti	3
3. Materyal ve Yöntem	8
4. Bulgular	14
5 Tartışma ve Sonuç	23
6 Teşekkür	26
7 Kaynaklar	26

ŞEKİL DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil.1 Çalışma Bölgesi Olarak Seçilen Yapay Resif Alanı	8
Şekil.2 Yapay Resif Alanın Tasarımı ve Kullanılan Resif Dizaynı	9
Şekil.3 Akustik Sistemi Oluşturan Bileşenler	9
Şekil.4 VPS Sisteminin Çalışma Prensibi	10
Şekil.5 Range Test Tasarımı	11
Şekil.6 Range Test Sonuçları	11
Şekil.7 Yapay Resif Alanında Kullanılan VPS Tasarımı	12
Şekil.8 VPS Sistemini Meydana Getiren Alıcılar ve Demirleme Sistemi	13
Şekil.9 Çalışmada Kullanılan YSI-6600 V2 multi-prob	13
Şekil.10 Yapay Resif Alanında Yaz Mevsiminde VPS Sisteminin Performansı	15
Şekil.11 Yaz Mevsiminde Yapay Resif Alanında Fiziko –Kimyasal Parametreler	16
Şekil.12 Yapay Resif Alanında Sonbahar Mevsiminde VPS Sisteminin Performansı	17
Şekil.13 Sonbahar Mevsiminde Yapay Resif Alanında Fiziko –Kimyasal Parametreler	18
Şekil.14 Yapay Resif Alanında Kış Mevsiminde VPS Sisteminin Performansı	19
Şekil.15 Kış Mevsiminde Yapay Resif Alanında Fiziko–Kimyasal Parametreler	20
Şekil.16 Yapay Resif Alanında İlkbahar Mevsiminde VPS Sisteminin Performansı	21
Şekil.17 İlkbahar Mevsiminde Yapay Resif Alanında Fiziko–Kimyasal Parametreler	22
Şekil.18 Akustik Alıcıların Üzenindeki Fouling Organizmalar	24

ÖZET

Yapay resif alanındaki canlılarının davranışları, hareket modelleri ve birbirleriyle olan etkileşimleri hakkındaki veriler, yapay resif alanlarının yönetiminde son derece önemlidir. Bu kapsamdaki bilimsel çalışmalarda son yıllarda akustik telemetri sistemleri kullanılmaktadır. Akustik telemetri sistemlerinin yapay resif alanındaki performansı çalışmaların başarısında son derece önemlidir. Bu çalışmanın amacı, yapay resif alanlarında yapılacak telemetri çalışmalarında kullanılacak akustik sistemlerinin performansını belirlemektir. Akustik vericilerden gelen sinyallerin su altına yerleştirilmiş alıcılar tarafından tespit edilme mesafesi ve bu mesafeye etki eden fiziko-kimyasal parametrelerin (su sıcaklığı, tuzluluk, vb.) belirlenmesi de proje kapsamı içerisindedir.

Çalışma 2013-2105 yılları arasında Edremit Körfezi'nde yer alan Balıkesir-Altınoluk yapay resif alanında yürütülmüştür. Mevsimlik olarak sürdürülen çalışmada akustik telemetri sistemi olarak Vemco VPS (Vemco Positioning System) kullanılmıştır. Bölgedeki fiziko-kimyasal parametreler YSI_6600 multiprob kullanılarak belirlenmiştir. Çalışmada, VPS sistemini meydana getiren alıcıların vericilerden gelen sinyalleri tespit etme mesafesi 600 m olarak hesaplanmıştır. Sistem en iyi performansı sonbahar ve yaz mevsimlerinde göstermiştir. Su sıcaklığının düşmesi ile VPS sisteminin performansı etkilemiş, en düşük performansa ilkbahar mevsiminde ulaşılmıştır. Akustik telemetri sisteminin performansına, su sıcaklığının yanı sıra ortamdaki askı madde, denizin dalgalı yada sakin oluşu ve fouling organizmaların etkili olduğu görülmüştür. Ülkemiz için bir ilk olma özelliği taşıyan bu çalışmanın, yapay resif alanlarında yapılacak bilimsel çalışmalar için gerekli literatür katkısını sağlaması beklenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Yapay Resif, Akustik Telemetri, VPS, Performans, Çevresel Koşullar

ABSTRACT

Behaviour of animals in artificial reef areas, motion models and datas about their influence is very important in managing artificial reef areas. Acoustic telemetry systems are being used in scientific researches recent years. Performance of acoustic telemetry systems in artificial reef areas is very important in the success of studies. The aim of this research is to find out performance of acoustic systems in telemetry studies that conducted in artificial reef areas. This research also includes determinate the of distance of detection of signals that comes from acoustic transmitters which deployed underwater and physicochemical parameters (water temperature, salinity etc.) which effects this distance.

This study was conducted in 2013-2015 at artificial reef area in Edremit Bay, Altinoluk, Balıkesir. Vemco VPS (Vemco Positioning System) is used as acoustic telemetry system for this seasonal study. Physicochemical parameters was measured with YSI_6600 multi-parameter water quality sonde. In the study, the distance of the receiver to detect signals from the transmitters forming the VPS system was calculated as 600 m. The system showed the best performance in the autumn and summer. The performance of VPS system have affected with the decrease of the water temperature and lowest performance has been observed in spring. Besides water temperature it was observed to be effective suspended solids, waves and fouling organisms. It is expected to provide the necessary contribution to literature for future artificial reef studies that is a first of its kind for Turkey.

Keywords: Artificial reef, acoustic telemetry, VPS performance, environmental parameters

1. Giriş

Hassas ekosistemlerin korunması, denizel biyo-çeşitliliğin artırılması, dalış turizminin geliştirilmesi ve küçük ölçekli balıkçılığın desteklenmesi gibi amaçlarla deniz tabanına yerleştirilen her türlü yapı *yapay resif* olarak isimlendirilmektedir (Bohnsack and Sutherland, 1985). İlk kez 1600'lü yıllarda Japonya'da kullanılmaya başlanılan yapay resiflere (Ito, 2011), İtalya, Fransa, İspanya ve Portekiz gibi Akdeniz ülkelerinde, 1960'lı yıllardan itibaren rastlanılmaktadır (Bombace, 1989). Dünya denizlerinde uzun yıllardır kullanılan yapay resifler, Türkiye'de yaklaşık 30 yıllık bir geçmişe sahiptir. Türkiye'de ilk bilimsel yapay resif çalışması, 1991 yılında İzmir'de gerçekleştirilmiştir (Lök and Tokaç, 2000). Günümüze kadar Türkiye'de, üniversitelerin güdümünde, yerel yönetimler (kaymakamlıklar, belediyeler, vb.) ve sivil toplum kuruluşları tarafından gerçekleştirilen 25 adet yapay resif projesi kapsamında, 2210 adet blok denize bırakılmış, 10086 adet resif bloğunun ise denize atılması planlanmıştır. Bununla birlikte, 2010-2012 yılları arasında Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı tarafından *Su Ürünleri Kaynaklarının Yapay Resifler ile Korunması ve Geliştirilmesi* projesi kapsamında Edremit Körfezi'ne yaklaşık 6000 adet yapay resif bloğu yerleştirilmiştir (Lök et al., 2013).

Yapay resif alanında bulunan balıkların hareketleri, davranışları ve birbirleriyle olan etkileşimleri hakkındaki veriler, resif projelerinin başarı ve verimliliğini belirlemede hayati önem taşımaktadır. Bu kapsamdaki araştırmalarda görsel sayım, küçük ölçekli av araçları (uzatma ağları, paragat, olta vb.), geleneksel markalama çalışmaları, sualtı video-fotoğraf teknikleri gibi farklı yöntemler kullanılmaktadır (Bortone and Kimmel, 1991; Bortone et al., 2000; Ulaş vd., 2007). Bu örnekleme yöntemleri, çevresel koşullar (düşük görüş mesafesi, türbidite, ışık yoğunluğunun yetersizliği vb.), dalış limitleri, balık davranışlarının türlere göre farklılık göstermesi gibi nedenlerle bazı durumlarda yetersiz kalmaktadır. Bu kapsamda son yıllarda yapılan sucul canlıların davranışlarını, hareket modellerini ve birbirleriyle olan etkileşimlerini incelemek için akustik izleme yöntemleri kullanılmaktadır (Thorne et al., 1989; Bortone and Mille, 1999; Nakamura and Hamano, 2009). Son elli yılda gelişen teknoloji ile birlikte markalama ve izleme çalışmalarında, akustik ve bio-telemetrik yöntemler tercih edilmektedir. Özellikle iç sularda somon ve alabalık, denizlerde

ise orkinos, kılıç gibi büyük pelajik balıkların davranışlarını ve göç yollarını incelemek için akustik verici-alıcı teknolojisi kullanılmaktadır (Carey and Lawson, 1973; Carey and Robinson, 1981; Yuen, 1970; Laurs et al.,1977). Akustik telemetri yönteminin yapay resif alanlarında kullanılması daha çok Pasifik ve Hint Okyanusunda yüzen yapay resifler çevresinde görülmektedir (Josse and Bertrand, 2000; Doray et al., 2006 ; Hallier and Gaertner, 2008). Akdeniz’de yapay resifler ile balık türleri arasındaki etkileşimi ortaya koymak için akustik telemetri teknolojisinden yararlanılmaktadır (Sala et al., 2007; Manoukian et al., 2011). Araştırmalarda kullanılan akustik cihazların (alıcı-verici) performansı (vericilerin tespit edilebilme mesafesi), çalışmaların planlanmasında ve başarısında son derece önemlidir. Özellikle dip yapısı, deniz koşulları (rüzgar, akıntı, dalga vb.) ve fiziko-kimyasal parametreler (su sıcaklığı, tuzluluk, pH vb.) gibi değişkenler ve yapay resif kümeleri bu sistemlerin performansını etkilemektedir (Ammann et al., 2007; Loher et al., 2010).

Bu çalışmada, yapay resif alanlarındaki balık ve diğer sucul canlıların davranış ve hareket modellerinin incelenmesinde kullanılan akustik telemetri (izleme) sistemlerin performansını belirlemek ve bu performansa etki eden çevresel etkenleri (akıntı, rüzgar, su parametreleri vb.) incelemek amaçlanmıştır. Bu kapsamda akustik vericilerden (marka/etiket) gelen sinyallerin su altına yerleştirilmiş alıcılar tarafından etkili algılanma mesafesi (>%80) belirlenecektir.

2. Literatür Özeti

İlgili literatür incelendiğinde, yapay resif alanlarında akustik telemetri yöntemi kullanılarak birçok bilimsel çalışmanın yapıldığı görülmektedir. Bununla birlikte, yapay resif alanlarında kullanılan akustik sistem performansını belirlemek ve bu performans üzerine etki eden parametreleri (dalga, akıntı, fiziko-imyasal parametreler) inceleyen çalışma sayısı oldukça sınırlı olduğu görülmektedir.

Giacalone et al., 2005; Alıcıların sinyal tespit mesafesini belirlemek ve bu mesafeyi yapay resiflerin etkisini incelemek için Kuzey-batı Sicilya kıyılarında gerçekleştirdikleri çalışmalarında 5 adet VR2 akustik alıcı, verici olarak Vemco -V8SC-1L kullanılmıştır. Çalışma sonunda alıcıların etkili mesafesi 500 m olarak tahmin edilmiştir. Verici yapay resif kümeleri içerisine yerleştirildiğinde sinyal alınamaz iken vericiden gelen sinyaller yapay resif kümesinden kaynaklanan yansıma veya soğurulma etkilerine maruz kaldığı bu durumda alıcıların menzilini etkilediğini bildirmektedir.

D'Anna et al., 2011; Batı Akdeniz'de Sicilya'daki yapay resif alanında gerçekleştirdiği çalışmalarında *Diplodus sargus* türünün hareket modellerini, habitat tercihlerini ve home range alanlarını belirlemeyi amaçlamışlardır. Balıkların izlenmesinde aktif ve pasif telemetri yöntemleri kullanılmıştır. Balıklar gece yapay resiflerin çevresinde gündüz resif kümeleri içerisinde gözlemlenmiştir. Bu davranışın besin arama ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Sonuç olarak akustik telemetri yöntemi kullanılarak bu balık türü için habitat seçimi, home range parametreleri belirlenmiş, gece ve gündüz hareket modelleri tespit edilmiştir.

Andrews et al., 2011; Yaptıkları çalışmada, iki hassas ölçeklendirme sistemini karşılaştırmışlardır. *Ophiodon elongatus* türünün kullanıldığı çalışmada, balığın izlenmesinde, VPS (VR2W Positioning System) ve VRAP (Vemco Radio Acoustic Positioning) konumlandırma sistemleri kullanılmıştır. Her iki sistem tarafından hesaplanan konum sayısı, konumların hassasiyeti karşılaştırılmıştır. Ayrıca her iki sistem tarafından izlenen balıkları için home range parametreleri hesaplanmıştır. Sonuç olarak her iki sistem tarafından hesaplanan home range parametreleri birbirine benzer iken konum belirlemede

VPS sistemi, VRAP sistemine göre daha hassas bulunmuş, ayrıca gerek maliyet gerekse kullandığı yeni teknoloji ile VPS sistemi öne çıkmıştır.

Espinoza et al., 2011; Yaptıkları çalışmada VPS olarak isimlendirilen sistemi test etmişlerdir. Yazarlar 16 VR2W alıcıdan ve 8 adet senkronizasyon vericisinden oluşan sistemi Güneydoğu Kaliforniya'daki lagüner alanda test etmişlerdir. Çalışmada ilk olarak verici (Vemco V13-1L-R64K, 69 kHz) tekne ile çekilmiş vericinin konumu d-GPS kullanılarak kaydedilmiş ve sonuçlar VPS sistemi ile karşılaştırılmıştır. Çalışmanın ikinci bölümünde vericiler *M. californicus* ve *R. productus* türü balıklara yerleştirilerek aktif olarak izlenmiştir. Sonuçlar yine VPS sistemi ile elde edilen konum verileri ile karşılatılmıştır. VPS ile elde edilen sonuçlar ile her iki yöntem arasında istatistiksel bir farklılık bulunmamıştır. Çalışmada VPS sisteminin aktif izleme yöntemine benzer olarak kullanılabileceğini fakat VPS ile çalışılırken çevresel ve biyolojik değişkenleri göz önünde tutmamız gerektiği vurgulanmıştır. Ayrıca VPS sistemini oluşturan alıcı ve senkronizasyon vericilerinin sayısının arttırılması, alıcıların birbirine yakınlaştırılması ve VPS tasarımının sistem performansını arttırdığı, VPS sisteminin gerek kısa gerekse uzun vadeli çalışmalarda önemli verilere ulaşmada diğer yöntemlere göre daha ucuz ve başarılı bir yöntem olduğu ifade edilmektedir.

Piraino 2011; Çalışmasında *Lutjanus campechanus* türünün yapay resif alanındaki davranış ve hareket modellerini incelemiştir. Çalışmada gerek bu türe ait habitat kullanımı gerekse yapay resiflerin bu tür üzerindeki ekolojik fonksiyonu araştırılmıştır. Çalışmada yöntem olarak Vemco firmasına ait VPS (VR2W Positioning System) konumlandırma sistemi kullanılmıştır. Markalanmış balıklar 1 m hassasiyet ile 44-326 gün arasında izlemiştir. Çalışma sonunda *Lutjanus campechanus* türünün yapay resiflerle etkileşim içinde olduğu, home range değerlerinin gündüzleri geceye oranla daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Kış mevsiminde suların soğumasıyla birlikte balıkların hareketlerinin azaldığı ve en düşük home range değerlerinin kaydedildiği görülmüştür. Bu çalışmada VPS sistemi yapay resif alanında başarıyla kullanılmıştır.

Topping and Szedlmayer, 2011; Meksika Körfezinde gerçekleştirdikleri çalışmalarında *Lutjanus campechanus* türünün yapay resifleri kullanım alanını belirlemeyi hedeflemişlerdir. Aktif ve pasif telemetri yöntemlerinin bir arada kullanıldığı çalışmada, balıkların gündüze oranla gece resiflere çok yaklaştığı tespit edilmiştir. Verici yerleştirilen her bir balık için gece ve gündüz farklı farklı home range değerleri hesaplanmıştır. Bu çalışma, kullanılan yöntemin bu balık türü için küçük yapay resif kümeleri çevresindeki hareket modellerini belirlemek anlamında başarıyla kullanılabileceğini gerek kısa vadede gerekse uzun vadede ortaya koymuştur.

How and Lestang 2012; Çalışmalarında denizel canlıların hareket ve davranışlarını incelemede akustik telemetri sistemlerinin kullanımının giderek yaygınlaştığını fakat bu teknoloji ile ilgili metodolojik ve analitik çalışmaların azlığını vurgulamışlardır. Yazarlar farklı güçlere sahip vericiler üzerinde akıntı, sıcaklık, ay döngüsü ve gün saati gibi farklı değişkenlerin etkisini test etmişlerdir. Akıntı ve su sıcaklığındaki artış tespit edilme oranını düşürürken; gündüz ve dolunay döneminde yüksek tespit edilme oranlarına ulaşılmıştır. Algılanma mesafesi vericinin düşük yada yüksek güçte olup olmamasına bağlı olarak değişim göstermiştir.

Welsh et al., 2012; Avusturalya Great Barrier Reef 'te yaptıkları çalışmalarında mercan resiflerinin bulunduğu bölgeye yerleştirilen akustik alıcıların performansını incelemişlerdir. Çalışmada, 5 adet VR2W alıcı 125 m aralıklarla resif alanının en üst ve en alt bölümüne yerleştirilmiş, tespit etme mesafesi ve bu mesafenin gün içerisindeki değişimi incelenmiştir. Eş zamanlı yürütülen çalışma sonunda resifin üstüne yerleştirilen alıcıların tespit mesafesi 60m resifin altına yerleştirilen alıcılarda ise 90m olarak bulunmuştur. Tespit mesafesi gün içerisinde değişim göstermemiştir. Araştırmacılar mercan resiflerinin bulunduğu alanda yapılacak çalışmalarda alıcılar deniz tabanına yakın ve en fazla 100 m aralıklara yerleştirilmesi gerektiğini vurgulamışlardır.

Biesinger et al., 2013; Florida kıyılarında yaptıkları çalışmada, farklı konumlandırma sistemlerinin performansını belirlemeye çalışmışlardır. Çalışmada kullanılan Lotek konumlandırma sistemi 300 m bir alanda 2 m hassasiyetle konum belirlemiştir. Sonuç

olarak Lotek konumlandırma sisteminin balıkların izlenmesinde doğru ve hassas veriler sağladığı ayrıca bu sistemin performansının temelde balığa yerleştirilen vericinin gücü ile sınırlı olduğu ifade edilmektedir. Bununla birlikte, genel olarak sistemin güvenilir sonuçlar ürettiği fakat ekolojik çalışmalarda akustik telemetri kullanımı arttıkça sistemin daha fazla geliştirilmesi gerektiği ve özellikle çevresel etkenler ile olan etkileşimini açıkça ortaya konması gerekliliği vurgulanmıştır.

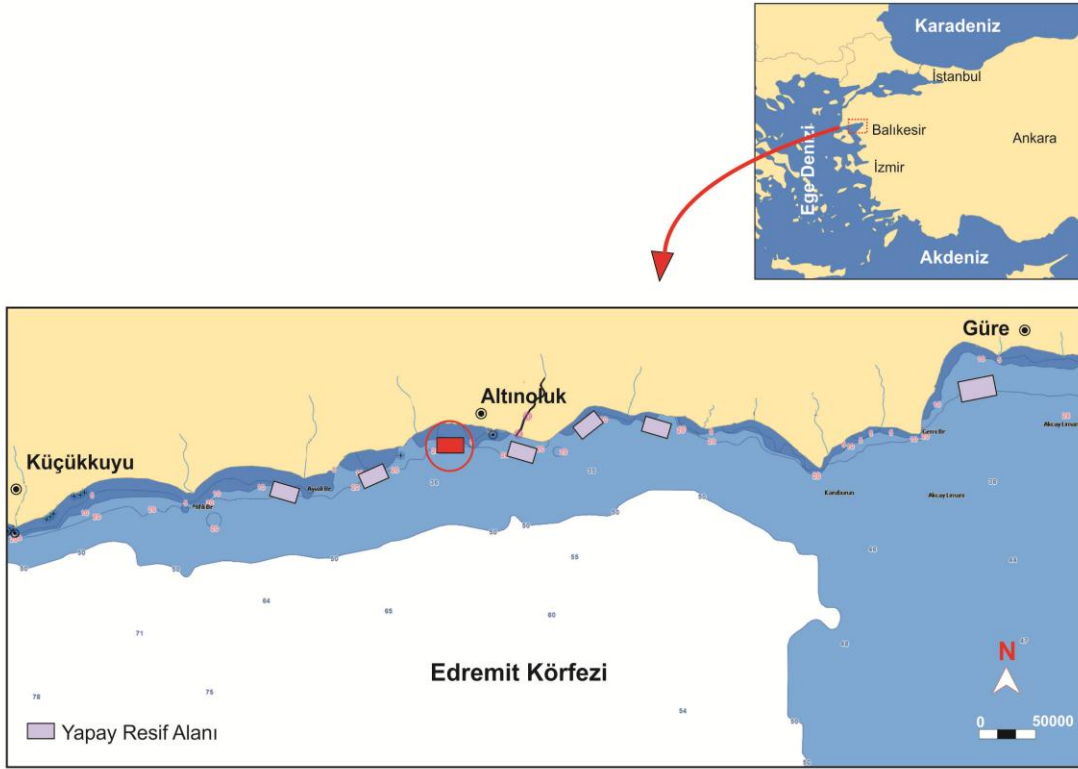
Roy et al., 2014; Bariousses baraj gölünde yaptıkları çalışmada, 40 adet VR2W kullanarak oluşturdukları VPS sisteminin hata payını test etmişlerdir. Alıcılar baraj gölüne ortalama 150m aralıklarla, 6m derinliğe yerleştirilmiştir. Verici (Vemco, V9P-2L; 69 kHz, 25 s) tekne yardımıyla 1 m derinlikten ortalama 1,6 km/saat hızla çekilmiştir. Vericinin konumu her saniye d-GPS kullanılarak ölçülmüş ve VPS sisteminin belirlediği konumlar ile karşılaştırılmıştır. 3 kez tekrar edilen çalışma sonunda VPS sistemi ortalama 5,0 m hata payı ile 628 konum belirlemiştir. Sonuç olarak bu çalışma için VPS sisteminin kabul edilebilir bir konumlandırma hatası ile çalıştığı tespit edilmiştir. Sonuç olarak bu tarz ön çalışmaların, VPS ve benzeri akustik sistemler ile yapılacak çalışmalara kaynaklık edebileceği ortaya konmuştur.

Smedbol et al., 2014; Sucul ekosistemdeki canlıların doğal davranışlarını incelemek için geliştirilen yeni bir konumlandırma sisteminin (VPS; Vemco Positioning System) geliştirilmesini ve çalışmasını açıklamaktadır. Araştırmacılar VPS sisteminin maliyet açısından avantajlarını ve diğer konumlandırma sistemi teknolojilerine göre avantajlarını vurgulamaktadırlar. VPS'in bugüne kadar başarıyla göller, denizler ve nehirlerde kullanıldığını bildiren araştırmacılar VPS sistemini aktif izleme ve VRAP konumlandırma sistemi ile detaylı olarak karşılaştırmışlardır. Bu güne kadar VPS kullanılarak 168 çalışmanın yapıldığı vurgulanan çalışmada VPS hata payının diğer yöntemlere göre daha az olduğu belirtilmektedir. Sonuç olarak VPS sisteminin sucul canlıların davranışlarının belirlenmesinde son derece başarılı olduğunu ileri çalışmalarda zamansal ve mekânsal anlamda yapılacak iyileştirmeler ile gerçek zamanlı VPS sisteminin hayata geçirilebileceği vurgulanmaktadır.

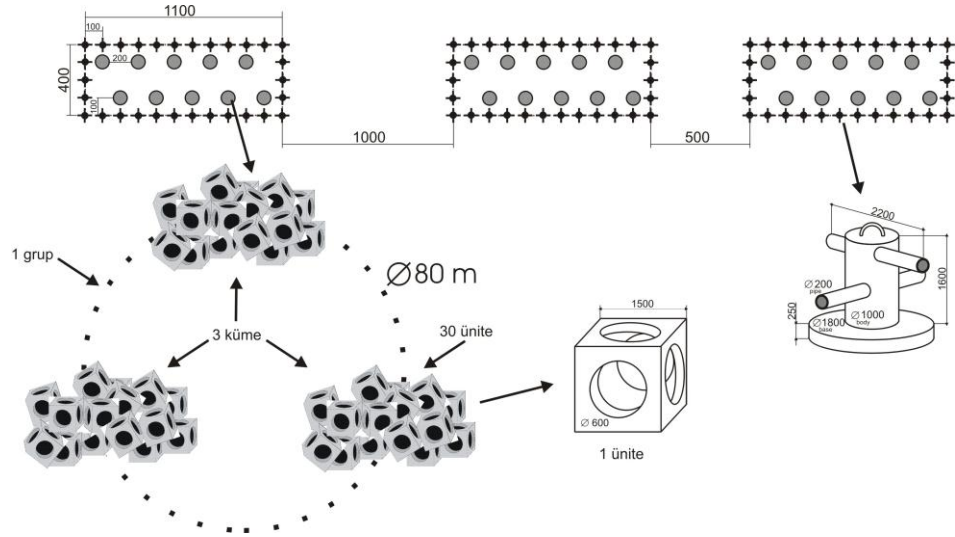
Steel et al., 2014; Yaptıkları çalışmada farklı çevresel koşullarda ultrasonik telemetri sisteminin performansının incelemişlerdir. Tatlı su, acı su ve deniz ortamında denemelerin yürütüldüğü çalışmada, Vemco VPS sistemi kullanılmıştır. Denizel ortamında Eylül ve Ekim aylarında güneyli rüzgarlar düşük dalga yüksekliği ve su sıcaklığının yüksek olması sebebiyle konumlandırma hatasının en düşük seviyede olduğu fakat Kasım ayı sonunda su sıcaklığının düşmesi, batıdan esen rüzgârlar ve dalga yüksekliğinin artması nedeniyle konumlandırma hatalarının daha değişken hale geldiği görülmektedir. Lagüner alanda ise genellikle Nisan ve Mayıs aylarında akarsuların getirdiği alüvyon ve besleyici elementlerden kaynaklanan büyük konumlandırma hataları tespit edilmiştir. Çevresel etkilerin akustik sistemlerin performansı üzerine en büyük etkisi nehirlerde görülmektedir. Akıntı hızı ve su sıcaklığının sürekli olarak değişmesi akustik sistemlerin performansını etkilediğini bildirmektedir.

3. Materyal ve Yöntem

2.1 *Çalışma Sahası:* Proje, Balıkesir il sınırları içerisinde Edremit Körfezi'nde yer alan Altınoluk Yapay Resif Alanı'nda yürütülmüştür. Yapay resif alanı, 2011-2012 yıllar arasında, Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı tarafından Ulusal Yapay Resif Master Plan'ı kapsamında, 5810 adet beton yapay resif bloğu kullanılarak oluşturulmuştur (Şekil.1 ve Şekil.2).



Şekil. 1 Çalışma Bölgesi Olarak Seçilen Yapay Resif Alanı



Şekil.2 Yapay Resif Alanının Tasarımı ve Kullanılan Resif Dizaynı

2.2 Yöntem: Yapay resif alanındaki canlıların izlenmesinde kullanılan akustik sistemler alıcı ve verici olarak isimlendirilen 2 temel elemandan meydana gelmektedir. Bunlardan verici, canlıların üzerine ya da vücut içerisine yerleştirilir ve ultrasonik ses sinyalleri üretir. Alıcılar, vericilerden gelen sinyallerin tespit ederek, gelen sinyalleri zaman ile eş güdümlü olarak toplar ve kaydeder (Şekil.3).

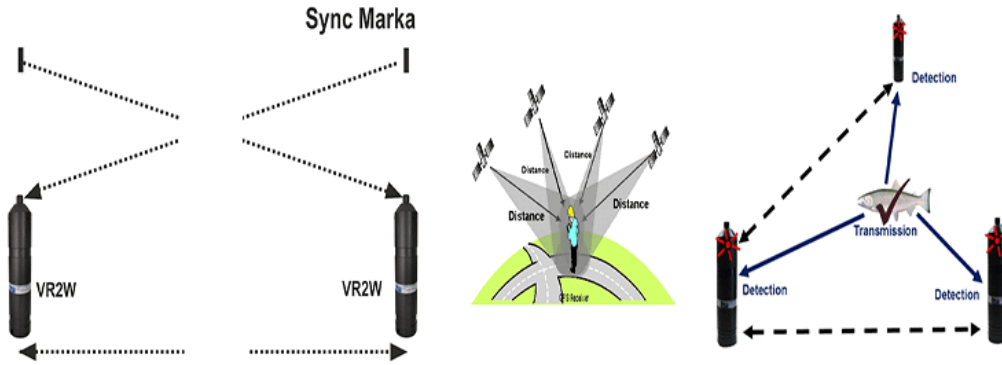


Şekil.3 Akustik Sistemi Oluşturan Bileşenler

Çalışmada akustik sistemlerin yapay resif alanındaki performansının (vericilerden gelen sinyallerin tespit edilme mesafesi) belirlenebilmesi için mevsimlik denemeler gerçekleştirilmiştir.

Sucul ortamda sıkça kullanılmaya başlanılan telemetri çalışmalarında son yıllarda pasif izleme yöntemleri tercih edilmektedir. Bir pasif izleme yöntemi olan VR2W

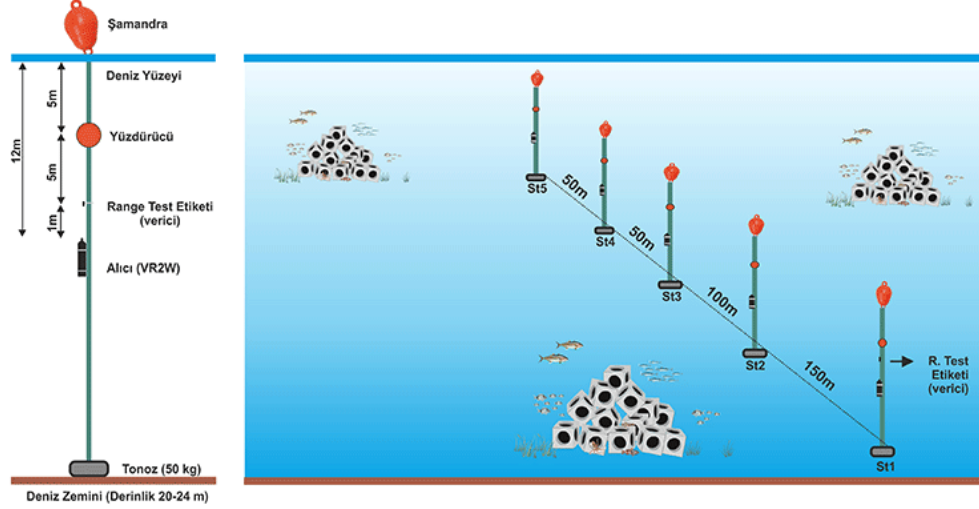
konumlandırma sistemi (VR2W Positioning System-VPS) son yıllarda literatürde yaygın olarak kullanılmakta ve verici yerleştirilen canlıların sucul ortamdaki davranışlarına yönelik veri toplanmaktadır (Şekil.4). Proje de bu yöntemin yapay resif alanındaki performansı test edilmiştir. VPS, eş güdümlü olarak kullanılan alıcılar (VR2W), senkronizasyon ve kontrol markaları yardımıyla sinyal tespit edilme alanı kapsamında, verici yerleştirilmiş canlıların hareketini (koordinatlarıyla birlikte) zaman ile eşgüdümlü olarak izlenebilmesine olanak sağlamaktadır. VPS sisteminde, deniz tabanına yerleştirilen alıcılar (VR2W), senkronizasyon ve referans markaları yardımıyla sinyal tespit edilme alanı kapsamında, markalanmış her balığın hareketi (koordinatlarıyla birlikte) zaman ile eşgüdümlü olarak izlenebilmektedir. VPS GPS-uydu mantığıyla çalışmaktadır. Koordinatların belirlenebilmesi için markalanmış balığın (yada vericinin) en az 3 adet alıcı tarafından tespit edilmesi gerekmektedir. Bu yüzden VPS sistemi tasarlanırken çok sayıda üçgenleri içerebilecek çokgenler tercih edilmektedir.



Şekil.4 VPS Sisteminin Çalışma Prensibi

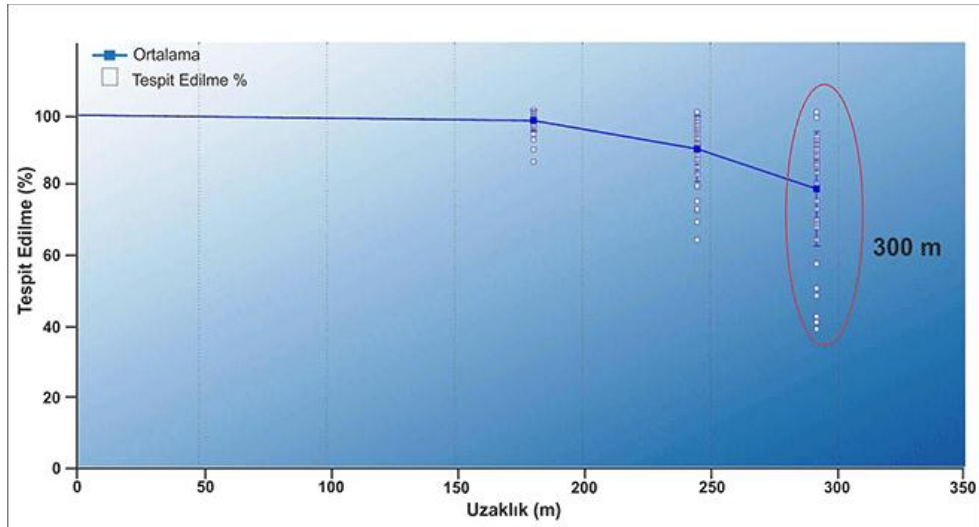
Yapay resif alanında kullanılacak VPS sistemini meydana getirecek alıcılar arasındaki optimum belirlenmesi için ‘Range Test’ olarak isimlendirilen akustik sistem menzil testi gerçekleştirilmiştir. Bu testte vericilerden gelen sinyallerin tespit edilme mesafesi belirlenerek, yapay resif alanına yerleştirilecek alıcılar arasındaki mesafe belirlenmiştir. Range testte alıcılar (Vemco, VR2W), yapay resif alanında artarda

sıralanmış (150m-100m-50m-50m), ilk alıcının üzerine yerleştirilen akustik vericiden (Vemco, V9-2H) gelen sinyallerin tespit edilme mesafesi incelenmiştir (Şekil.5).



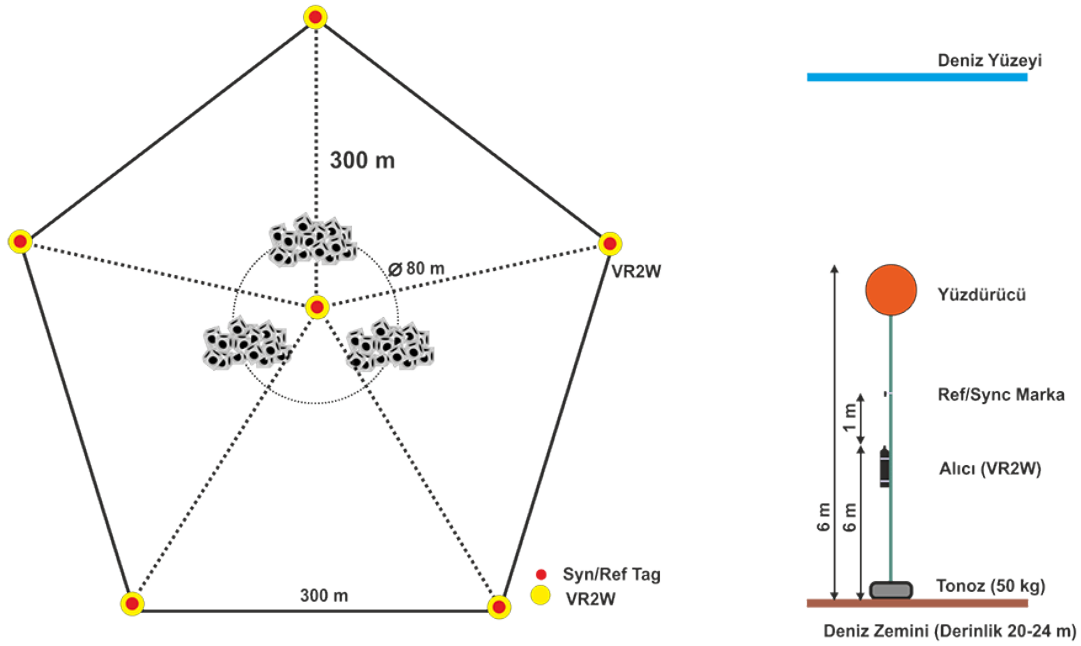
Şekil.5 Range Test Tasarımı

Sistem bir hafta boyunca suda bırakılmış, deneme sonunda alıcılar sudan çıkarılmıştır. Vemco, VUE programı ile alıcılardan alınana veriler analiz edilmiştir. Analiz sonunda Altınoluk Yapay Resif Alanında, akustik vericiden gelen sinyallerin optimum ($\geq 80\%$) tespit edilme mesafesi 300m olarak belirlenmiştir (Şekil.6).



Şekil. 6 Range Test Sonuçları

Range test sonrasında yapay resif alanında VPS sisteminin yerleştirilme çalışmalarına başlanmıştır. Çalışmada mevcut altyapı olanaklarında yer alan 6 adet akustik alıcı kullanılmıştır. Alıcılar (VR2W) yerleştirilmesinde, yapay resif kümelerini kapsayacak şekilde, beşgen bir tasarımdan yararlanılmıştır. Resif kümeleri, beşgen şekilli VPS sisteminin merkezini meydana getirmiştir. Alıcı ve senkronizasyon vericisinden (Sync tag) oluşan sistemin ilki beşgenin merkezine, diğerleri ise beşgenin herbir köşesine balıkadamlar yardımıyla yerleştirilmiştir (Şekil.7 ve Şekil.8). VPS sisteminin verimli bir şekilde çalışması için alıcıların ve Sync tag'lerin yapay resif bloklarından daha yukarıda konumlandırılmasına özen gösterilmiştir. Bu yüzden yapay resif kümelerinin ortalama 5 m yüksekliğe sahip olduğu için alıcılar deniz tabanından 6m, Sync tag'ler ise 7m yükseklikte konumlandırılmıştır.



Şekil. 7 Yapay Resif Alanında Kullanılan VPS Tasarımı



Şekil. 8 VPS Sistemini Meydana Getiren Alıcılar ve Demirleme Sistemi

Yapay resif alanındaki su kolonunda zeminden yüzeye kadar fiziko-kimyasal parametrelerinin tespitinde YSI-6600 V2 multi-prob (CTD) kullanılmıştır. Zeminden yüzeye kadar tüm su kolonunda sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$), çözülmüş oksijen (mg/l), tuzluluk (ppt) ve pH ölçümleri yapılmıştır (Şekil.9).

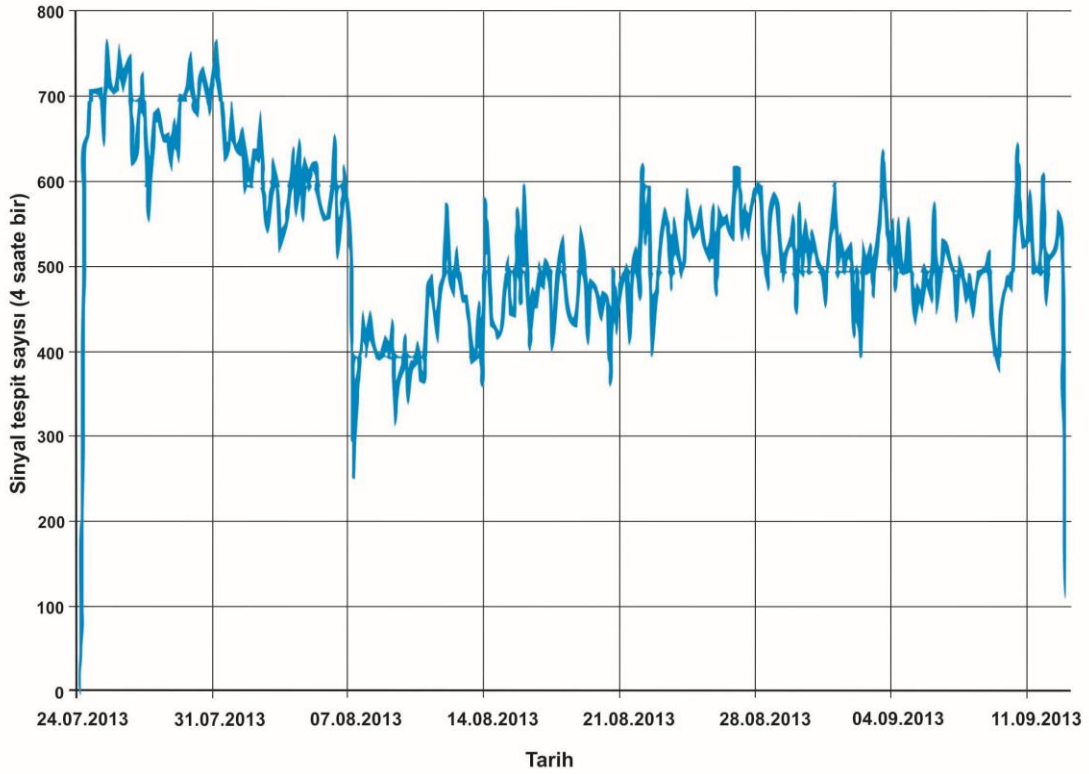


Şekil.9 Çalışmada Kullanılan YSI-6600 V2 multi-prob

4. Bulgular

Altınoluk Yapay resif Alanında sürdürülen çalışmada 2013-2015 yılları arasında sürdürülmüştür. Çalışmada VPS sisteminin performansı mevsimsel olarak test edilmiştir. Çalışma süresince alıcılar senkronizasyon markalarından gelen 529196 adet sinyal kaydetmişlerdir. Alıcıların sinyal tespit etme sayısı 71279 (St_6) ile 108460 (St_4) arasında değişirken ortalama 88199 adet sinyal kaydedilmiştir. VPS sisteminde alıcılar arasında senkronizasyonu sağlayan vericilerin tespit edilme sayısı 92325 (Syn_5) ile 109921 (Syn_1) arasında değişirken ortalama 22049 kez alıcılar tarafından belirlenmiştir.

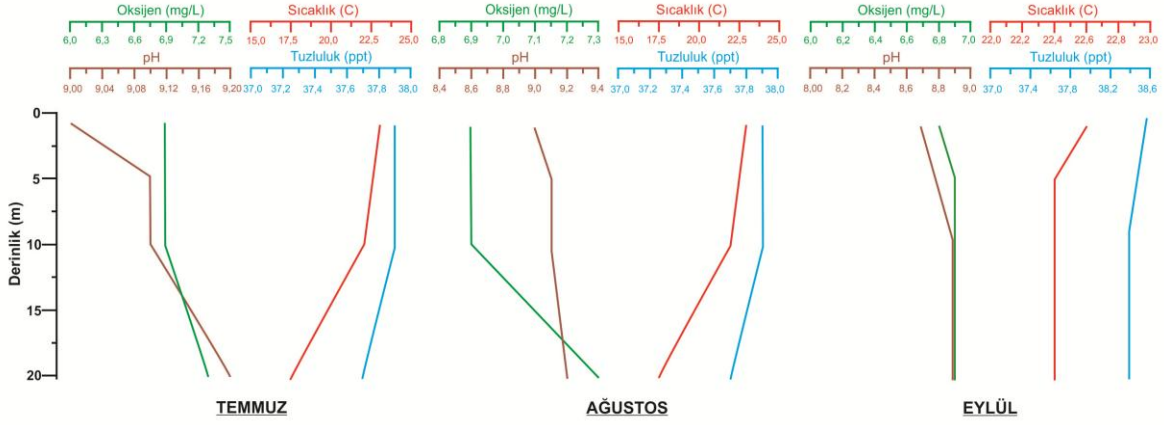
4.1 Yaz Mevsiminde Yapay Resif Alanında Akustik Sistem Performansı: Yaz mevsiminde yapay resif alanında kullanılan VPS sistemini meydana getiren alıcılar senkronizasyon vericilerini toplam 163167 kez tespit etmişlerdir. Alıcıların sinyal tespit etme sayısı 25398 (St_6) ile 28090 (St_3) arasında değişim göstermiştir. Alıcılar bu dönemde 1226,3 saat suda bırakılmış, ortalama saatte 133,05 adet sinyal algılanmıştır. Alıcılar senkronizasyon markalarını tespit etme sayısı 21140 (Syn_3) ile 31729 (Syn_1) arasında değişirken ortalama tespit sayısı 27194'tür. Yaz mevsiminde senkronizasyon markalarından gelen sinyallerin %89,9'u 3 yada daha fazla alıcı tarafından belirlenmiştir. Yaz mevsiminde bu sinyallerin %62,1'i 600 m bir alanda en az bir alıcı tarafından tespit edilmiştir (Şekil.10).



* Tespit edilen sinyaller 4 saatlik olarak gruplanmıştır.

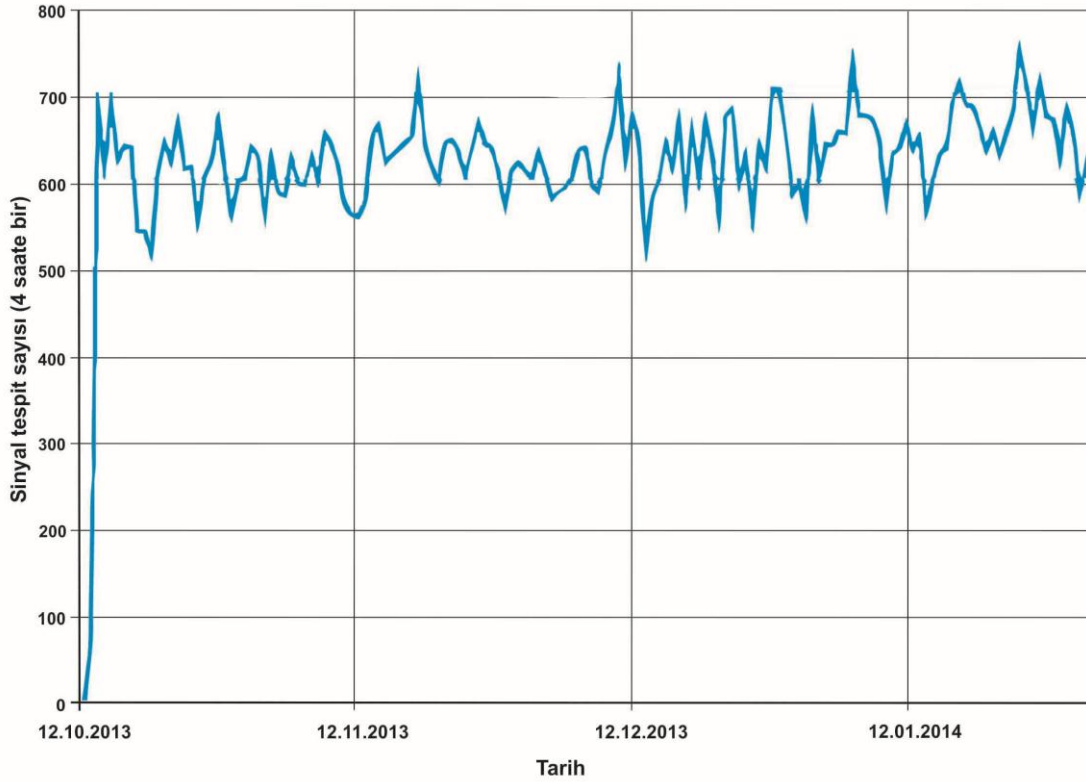
Şekil.10 Yapay Resif Alanında Yaz Mevsiminde VPS Sisteminin Performansı

Yapay resif alanında, yaz mevsiminde su sıcaklığının derinliğe bağlı olarak azaldığı görülmektedir. Yaz mevsiminde en düşük sıcaklık Temmuz ayında 17,5 °C iken en yüksek sıcaklık Ağustos ayında 23,0 °C olarak kaydedilmiştir. Eylül ayından itibaren yüzey ile dip arasındaki sıcaklık farkı azalmıştır. Yaz mevsiminde çözünmüş oksijen değerleri, 6,9-7,4 mg/l arasında değişmiştir. Dip sularının yüzey sularına oranla çözünmüş oksijen bakımından daha zengin olduğu görülmektedir. Yapay resif alanında tuzluluk ‰37,9-39,7 arasında değişim göstermiş, ortalama pH değeri 9 olarak belirlenmiştir (Şekil.11).



Şekil.11 Yaz Mevsiminde Yapay Resif Alanında Fiziko –Kimyasal Parametreler

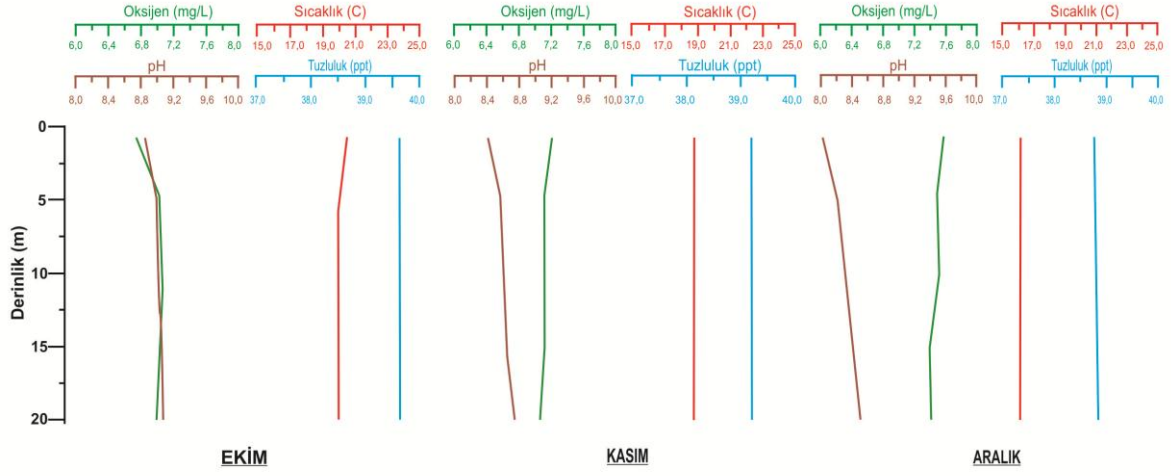
4.2 Sonbahar Mevsiminde Yapay Resif Alanında Akustik Sistem Performansı: Sonbaharda VPS sistemini meydana getiren alıcılar senkronizasyon vericilerini toplam 93984 kez tespit etmişlerdir. Alıcıların sinyal tespit etme sayısı 13012 (St_1) ile 17795 (St_6) arasında değişim göstermiştir. Alıcılar bu dönemde 600,0 saat suda bırakılmış, ortalama saatte 156,64 adet sinyal algılanmıştır. Alıcılar senkronizasyon markalarını tespit etme sayısı 12769 (Syn_3) ile 17715 (Syn_1) arasında değişirken ortalama tespit sayısı 15664'tür. Sonbahar mevsiminde senkronizasyon markalarından gelen sinyallerin %94,7'si 3 yada daha fazla alıcı tarafından belirlenmiştir. Bu sinyallerin %72,5'i 600 m bir alanda en az bir alıcı tarafından tespit edilmiştir (Şekil.12).



* Tespit edilen sinyaller 4 saatlik olarak gruplanmıştır.

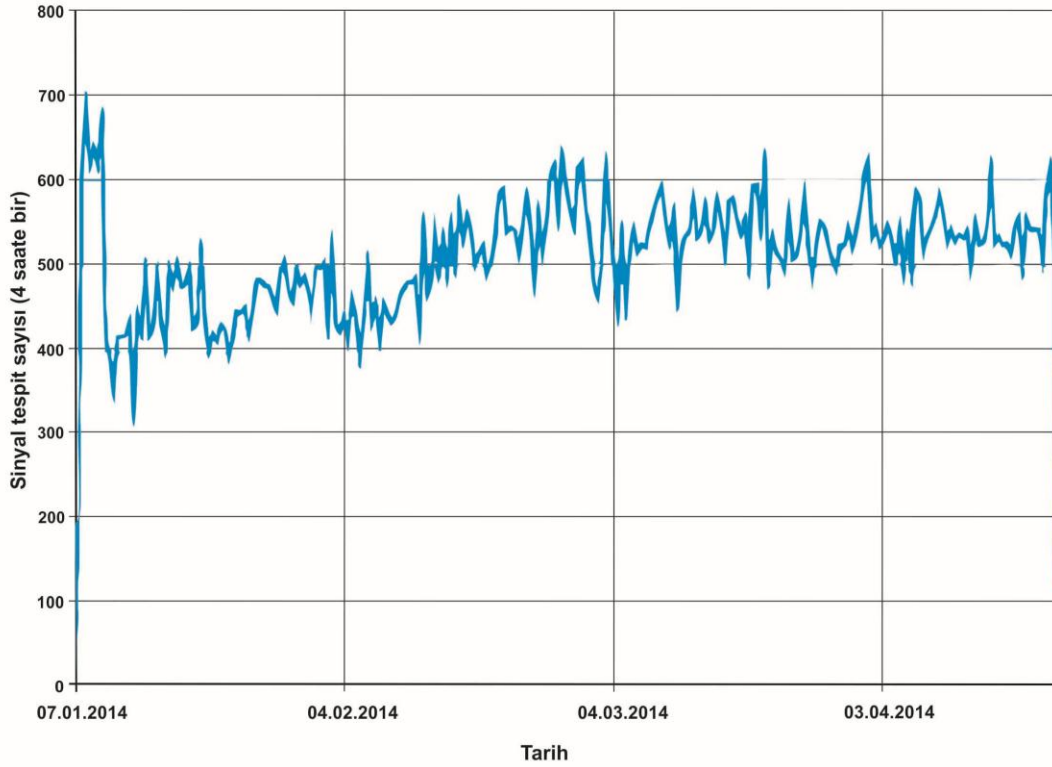
Şekil.12 Yapay Resif Alanında Sonbahar Mevsiminde VPS Sisteminin Performansı

Sonbahar mevsiminde ekim ayından itibaren su sıcaklığının azalmaya başladığı görülmektedir. Sonbahar mevsiminde en düşük sıcaklık aralık ayında 16,16 °C, en yüksek sıcaklık ise ekim ayında 20,53 °C olarak tespit edilmiştir. Ortalama pH 8,6, tuzluluk ise ‰ 38,78 olarak belirlenmiştir. Tuzluluğun yağmurlar ve bölgedeki derelerin etkisiyle sonbahar mevsiminin sonunda düştüğü görülmektedir. Çözülmüş oksijen değerleri 6,77 - 7,56 mg/l arasında değişirken suların soğumasıyla birlikte aralık ayında artış göstermiştir (Şekil.13).



Şekil.13 Sonbahar Mevsiminde Yapay Resif Alanında Fiziko –Kimyasal Parametreler

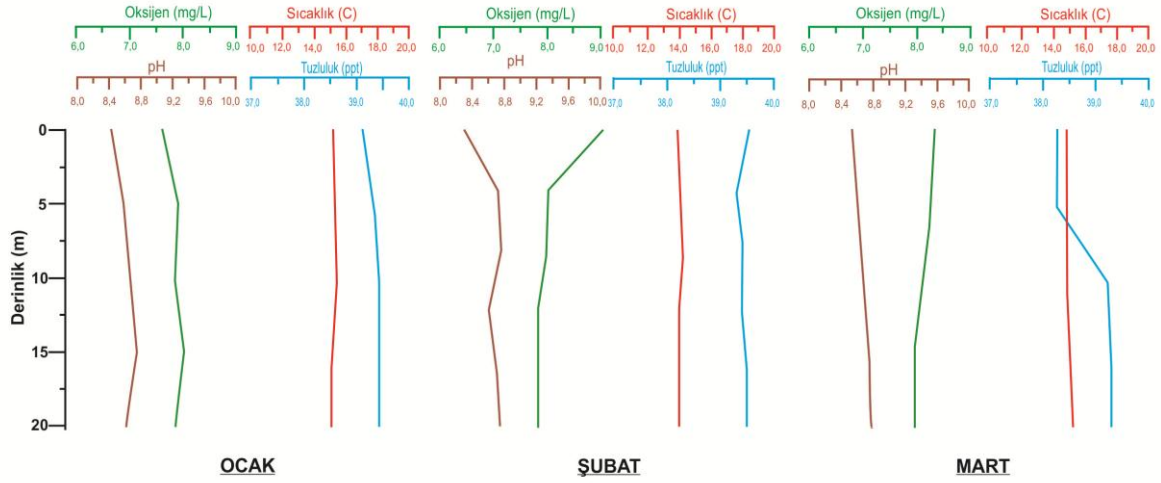
4.3 Kış Mevsiminde Yapay Resif Alanında Akustik Sistem Performansı: Kış mevsiminde VPS sistemini meydana getiren alıcılar senkronizasyon vericilerini toplam 106505 kez tespit etmişlerdir. Alıcıların sinyal tespit etme sayısı 2671 (St_6) ile 27175 (St_4) arasında değişim göstermiştir. Alıcılar bu dönemde 986,3 saat suda bırakılmış, ortalama saatte 107,98 adet sinyal algılanmıştır. Alıcılar senkronizasyon markalarını tespit etme sayısı 13426 (Syn_3) ile 21484 (Syn_1) arasında değişirken ortalama tespit sayısı 17750'dir. Kış mevsiminde senkronizasyon markalarından gelen sinyallerin %83,8'i 3 yada daha fazla alıcı tarafından belirlenmiştir. Bu sinyallerin %59,2'si 600 m bir alanda en az bir alıcı tarafından tespit edilmiştir (Şekil.14).



* Tespit edilen sinyaller 4 saatlik olarak gruplanmıştır.

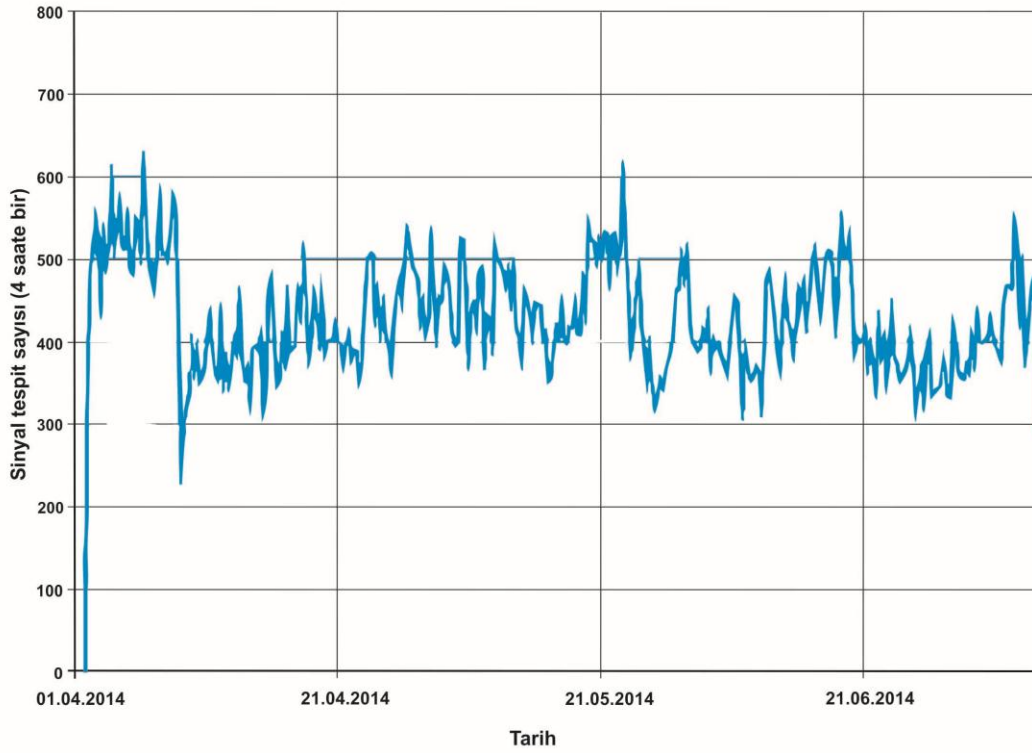
Şekil.14 Yapay Resif Alanında Kış Mevsiminde VPS Sisteminin Performansı

Kış mevsiminde en düşük sıcaklık şubat ayında 14,00 °C, en yüksek sıcaklık ise mart ayında 14,99 °C olarak tespit edilmiştir. Ortalama pH 8,24 ve ortalama tuzluluk ‰ 39,24 olarak belirlenmiştir. Çözünmüş oksijen değerleri 7,85–8,88 mg/l arasında değişirken suların soğumasıyla birlikte sonbahar mevsimine göre artış göstermiştir (Şekil.15).



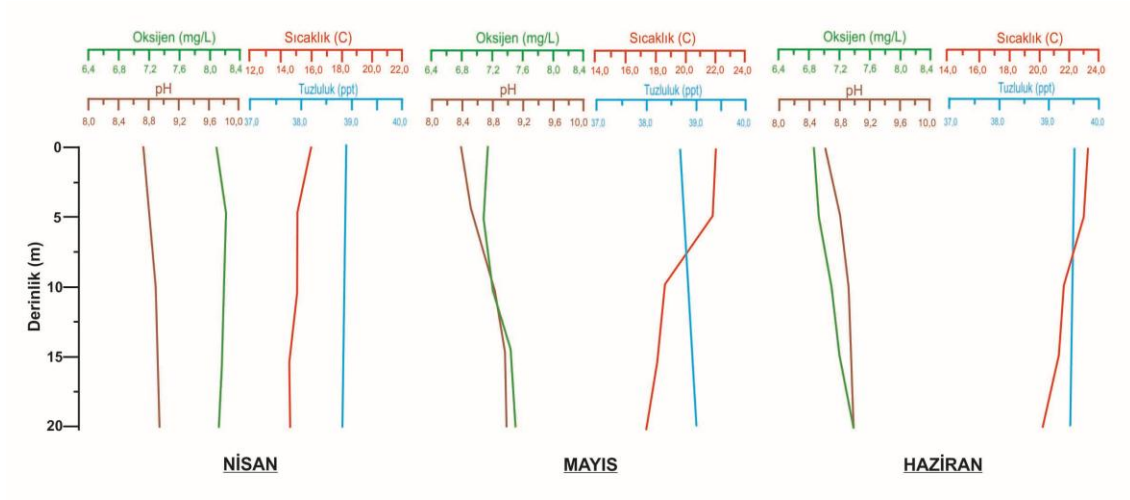
Şekil.15 Kış Mevsiminde Yapay Resif Alanında Fiziko–Kimyasal Parametreler

4.4 İlkbahar Mevsiminde Yapay Resif Alanında Akustik Sistem Performansı: İlkbahar mevsiminde VPS sistemini meydana getiren alıcılar senkronizasyon vericilerini (Sync tag) toplam 165540 kez tespit etmişlerdir. Alıcıların sinyal tespit etme sayısı 24286 (St_3) ile 36679 (St_4) arasında değişim göstermiştir. Alıcılar bu dönemde 1442,3 saat suda bırakılmış, ortalama saatte 114,77 adet sinyal algılanmıştır. Alıcılar senkronizasyon markalarını tespit etme sayısı 10851 (Syn_2) ile 41413 (Syn_6) arasında değişirken, ortalama tespit sayısı 27590'dır. İlkbahar mevsiminde senkronizasyon markalarından gelen sinyallerin %82,7'si 3 yada daha fazla alıcı tarafından belirlenmiştir. Bu sinyallerin %59,6'sı 600 m bir alanda en az bir alıcı tarafından tespit edilmiştir (Şekil.16).



Şekil.16 Yapay Resif Alanında İlkbahar Mevsiminde VPS Sisteminin Performansı

İlkbahar mevsiminde nisan ayından itibaren su sıcaklığının artmaya başladığı görülmektedir. İlkbaharda en düşük sıcaklık nisan ayında 14,9 °C, en yüksek sıcaklık ise haziran ayında 23,6 °C olarak tespit edilmiştir. İlkbahar mevsiminde ortalama pH 8,7 ve ortalama tuzluluk ‰ 39,6 olarak belirlenmiştir. Çözünmüş oksijen değerleri 7,03 - 8,14 mg/l arasında değişirken suların ısınmasıyla birlikte mayıs ayında düşüş göstermiştir (Şekil.17).



Şekil.17 İlkbahar Mevsiminde Yapay Resif Alanında Fiziko –Kimyasal Parametreler

5. Tartışma ve Sonuç

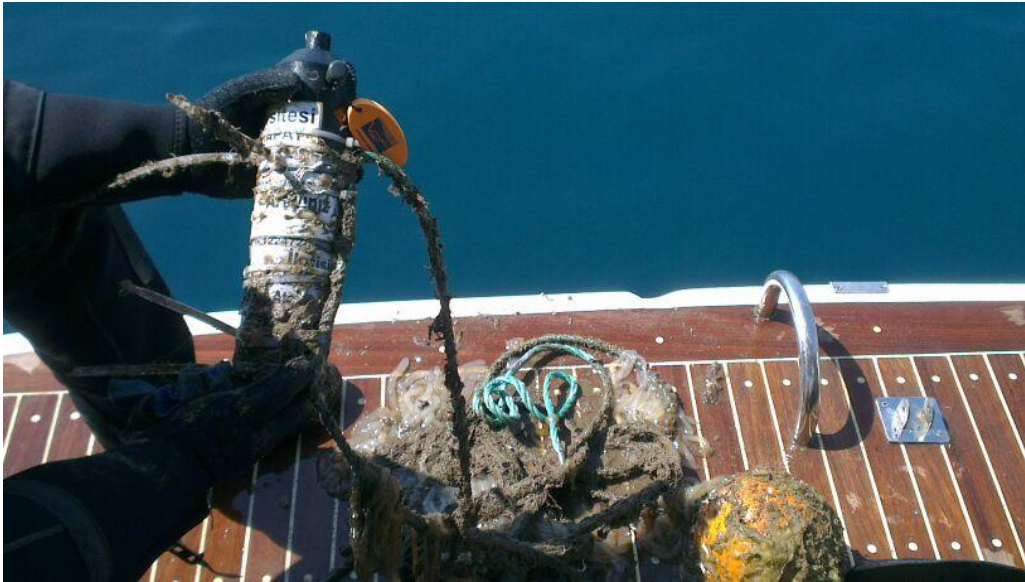
Genellikle iç sular veya lagüner alanlar gibi kapalı havzalarda sürdürülen telemetri çalışmalarının yapay resif alanlarında kullanılması oldukça yenidir (Piraino, 2011; Piraino and Szedlmayer 2014). Türkiye’deki en büyük yapay resif alanının da yürütülen bu çalışmada, yapay resif kümeleri çevresinde Vemco VPS konumlandırma sisteminin performansı incelenmiştir. VPS sistemindeki alıcılar, mevsimlere bağlı olarak değişiklik göstermekle birlikte 600m bir mesafede vericilerden gelen sinyalleri tespit edebilmişlerdir.

Projede, sucul canlıların davranış ve hareket modellerini incelemek için kullanılan akustik telemetri sistemlerinin yapay resif alanlarındaki performansı ve bu performans üzerine etki eden fiziko-kimyasal parametreler incelenmiştir. Su sıcaklığının dışında tuzluluk, çözünmüş oksijen ve pH gibi diğer fiziko-kimyasal parametrelerin akustik sistem üzerine bir etkisi tespit edilememiştir. Su sıcaklığının sistem performansı üzerine olan anlamlı bir etkisi bulunmaktadır. Su sıcaklığının düştüğü kış mevsiminde en düşük performans tespit edilirken en yüksek performans su sıcaklığının en yüksek seviyede olduğu yaz ve sonbahar mevsimlerinde görülmüştür. Çalışmada kullanılan VPS sisteminin çalışma prensibinde sesin sualtındaki hızı önemli rol oynamaktadır (How and Lestang 2012; Biesinger et al., 2013). Derinliğe bağlı olarak su sıcaklığının aniden değiştiği termoklin olarak isimlendirilen tabakanın da akustik sinyallerin tespit edilmesinde olumsuz yönde etkisi bulunmaktadır (Heupel et al. 2006; Voegeli and Pincock 1996). Projede ilkbahar ve yaz mevsimlerinde termoklin oluşumuna rastlanılmıştır. İlkbaharda su sıcaklığının yükselmesine rağmen VPS sisteminin performansındaki düşüşte bu tabakanın da etkili olduğu düşünülmektedir.

Akustik sistem performansına etki eden diğer etkenler arasında meteorolojik olaylar ve denizdeki akustik gürültü kaynaklarıdır. Denizel ortamdaki gürültü, insanlardan (tekne motor ve echo-sounder kaynaklanan ses ve titreşim), doğal yapılardan (sualtı topuk, doğal resifsel oluşumlar), canlılardan (üreme, beslenme vb. aktiviteler) ve meteorolojik aktivitelerden (rüzgâr ve fırtına nedeniyle oluşan su hareketleri ve dalgalar) kaynaklanmaktadır (Voegeli and Pincock 1996; Klimley et al. 1998; Heupel et al. 2006; Simpfendorfer et al. 2008; Stell et al., 2014). Çalışmada, Kış ve ilkbahar mevsiminde

şiddetli rüzgâr ve fırtına nedeniyle ortaya çıkan yüksek dalga ve akıntı hareketlerinin alıcıları olumsuz yönde etkilediği düşünülmektedir. Benzer sonuçlara diğer çalışmalarda da rastlanılmaktadır (Thorstad et al. 2000; Lacroix et al. 2005; Heupel et al., 2006).

Akustik telemetri sistemlerinin performansına fouling organizmalarda olumsuz yönde etkili olmaktadır (Heupel et al., 2008). İlkbaharda suların ısınmasıyla birlikte gerek alıcıların gerekse vericilerin üzerinde artan fouling organizmalar sistem performansında düşüşe neden olmuştur (Şekil.18). Özellikle bu dönemde suda bırakılacak alıcıların sık sık temizlenmesi ya da anti-fouling boyalar ile boyanması sistem performansına olumlu yönde etki yapacaktır.



Şekil.18 Akustik Alıcıların Üzenindeki Fouling Organizmalar

Akustik telemetri sistemlerinin yaygınlaşması ile birlikte, alıcıların farklı ortamlardaki performansı ve bu performansa etki eden etkenlerin incelenmesi çalışmalar da önem kazanmıştır (Simpfendorfer et al. 2008). Bu yüzden her izleme çalışmasından önce yapılacak range test çalışmaları sistem performansının tahmin edilmesi gerekmektedir. Range test sonuçları kullanılan alıcı-verici, ortam ve üretici firma ve fiziko-kimyasal etkenler nedeniyle değişiklik gösterebilmektedir (Voegeli and Pincock 1996; Heupel et al. 2006). Çalışmada VPS sisteminin yerleştirilmesinden önce yapılan Range Test sonuçlarının

kullanılması ve VPS sisteminin verimli çalışması bu testin gerekliliğini göstermektedir. Özellikle VPS sistemini meydana getiren alıcılar arasındaki mesafenin belirlenmesinde range test çalışmaları oldukça faydalıdır. Daha iyi sonuçlara ulaşılabilmek için range test çalışmalarının tüm yılı kapsamı gerekmektedir.

Akustik konumlandırma sistemlerinin (Vemco VRAP, VPS yada Lotek ALPS) performansı alıcıların yerleştirilmesinde kullanılan geometri ile ilişkilidir. Akustik konumlandırma sistemleri vericilerin en azından 3 alıcı tarafından tespit edilmesi mantığına göre çalışır. Sistemin çalışma mantığı GPS-Uydu-Konum belirleme yöntemiyle oldukça benzerdir. Konumlandırma sistemlerinde kullanılan alıcı sayısının da artırılması sistem performansı ve konum belirlemede doğruluğu arttırmaktadır (Klimley et al., 2001; Payne et al., 2010; Andrews et al., 2011; Espinoza et al., 2011). Bu yüzden alıcıların yerleştirilmesinde çokgenler kullanılarak mümkün olduğunca fazla üçgen elde edilmeye çalışılmaktadır (Smedbol et al., 2014). Alıcıların yerleştirilme geometrisi dışında diğer bir konuda alıcıların yerleştirildiği derinliktir. Mercan resiflerinin bulunduğu alanlarda yapılan çalışmalarda akustik alıcıların resiflerden etkilendiği ve özellikle alıcıların yerleştirme derinliğinin önemli olduğu vurgulanmaktadır (Lacroix and Voegeli 2000; Welsh et al., 2012). Projede yapay resif kümeleri çevresinde mevcut alıcı sayısına bağlı olarak beşgen şeklinde bir tasarım kullanılmıştır. Alıcılar yapay resif bloklarından minimum düzeyde etkilenmesi için deniz tabanından 6 m yüksekliğe yerleştirilmiştir. Bu çalışmada VPS sisteminin vericileri tespit etme mesafesi mevsimlere bağlı değişmekle birlikte ortalama 600 m olarak hesaplanmıştır. Bu değer VPS sisteminin gerek yerleştirme geometrisi gerekse ortam şartlarına göre oldukça iyi çalıştığını göstermektedir. Vemco VRAP (Vemco Radio Acoustic Positioning) sistemine göre daha ucuz ve basit bir sistem olan VPS özellikle yapay resif alanlarında başarıyla kullanılabilir. VRAP' a göre gerek maliyet gerekse dalga ve akıntıdan daha az etkilenme gibi avantajları bulunduran VPS ile daha geniş alanda çalışabilmektedir (Andrews et al., 2011; Espinoza et al., 2011).

Çalışmada kullanılan Vemco VPS konumlandırma sistemi yapay resif alanında başarılı bir şekilde kullanıma potansiyeli barındırmaktadır. Sistem daha önceki çalışmalarda yapa resif alanlarında kullanılmasına rağmen bu çalışmada olduğu gibi büyük

hacimli yapay resif alanında ilk kez kullanılmaktadır. Yapay resif bloklarından kaynaklanan yansıma ve soğurulma etkisi minimum düzeydedir. Projede kullanılan VPS sistem tasarımı yapay resiflerdeki balıkların hareket modellerinin belirlenmesine yönelik çalışmalarda başarıyla kullanılma potansiyeli bulunmaktadır.

6. Teşekkür

Bu çalışma Ege Üniversitesi Sualtı Araştırma ve Uygulama Merkezi (SAUM) ve TÜBİTAK-TOVAG 112O383 Nolu proje kapsamında desteklenmiştir. Çalışmada alıcıların yerleştirilmesi aşamasında yardımcı olan Canberk Pelister, Doç. Dr. Ali Ulaş ve Doç. Dr. Ozan Düzbastılar'a, ve Altınoluk Su Ürünleri Kooperatifi Başkanı Halil Ataç'a; gerek VPS sisteminin tasarımı gerekse veri analizinde destekleri için Frank Smith, Stephanie Smedbol ve Ainsley Hilliard'a teşekkür ederiz.

7. Kaynaklar

- Andrews, K.S., Tolimieri, N., Williams, G.D., Samhouri, J.F., Harvey, C.J., Levin, P.S., (2011). Comparison of fine-scale acoustic monitoring systems using home range size of a demersal fish. *Marine Biology*, 158:2377–2387.
- Ammann, A.J., Sandstrom, P., Chapman, E., Michel, C., Klimley, A.P., Lindley, S., Macfarlane, R.B. (2007). The performance of VEMCO V7, V9 and V16 transmitters and VR2 receivers under varying environmental conditions. Poster. Oakland, CA: A Greener Shade of Blue: 8th Biennial State of the San Francisco Estuary Conference, October 16–18, 2007.
- Biesinger, Z., Bolker, B.M., Marcinek, D., Grothues, T.M., Dobarro, J.A., Lindberg, W.J. (2013). Testing an autonomous acoustic telemetry positioning system for fine-scale space use in marine animals. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 448: 46–56.
- Bohnsack, J.A., and Sutherland, D.L. (1985). Artificial Reef Research: A Review with Recommendations for Future Priorities. *Bulletin of Marine Science*, 37, 11-39.

- Bombace, G. (1989). Artificial Reefs in the Mediterranean Sea, *Bulletin of Marine Science*, 44, 1023-1032.
- Bortone, S.A. and Kimmel, J.J. (1991). Environmental assessment and monitoring of artificial habitats. In: W. Seaman and L.M. Sprague (eds.), *Artificial habitats for marine and freshwaters fisheries*, Academic Press, Inc., San Diego-California, pp. 177-236.
- Bortone, S.A., Samoilys, M.A., Francour, P. (2000). Fish and macro invertebrate evaluation methods. In: *Artificial reef evaluation with application to natural habitats*, Boca Raton, Fla., CRC Press, pp. 127-164.
- Bortone, S.A. and Mille, K.J. (1999). Data needs for assessing marine reserves with an emphasis on estimating fish size in situ. *Naturalista Siciliano* (Suppl.): 13-31.
- Carey, F.G., and Lawson K.D. (1973). Temperature Regulation in Free-Swimming Bluefin Tuna, *Comparative Biochemistry and Physiology*, 44 (2), 375-92.
- Carey F.G., and Robinson, B.H. (1981). Daily Patterns in the Activities of Swordfish (*Xiphias gladius*) Observed by Acoustic Telemetry, *Fisheries Bulletin*, NOAA/NMFS, 79 (2), 277-92.
- D'Anna, G., Giacalone, V.M., Pipitone, C., Badalamenti, F., 2011. Movement pattern of white seabream, *Diplodus sargus* (L., 1758) (Osteichthyes, Sparidae) acoustically tracked in an artificial reef area. *Ital J Zool.*, 78: 255-263.
- Espinoza, M., Farrugia, T.J., Webber, D.M., Smith, F., Lowe, C.G. (2011). Testing a new acoustic telemetry technique to quantify long-term, fine-scale movements of aquatic animals. *Fisheries Research*, 108:364–371.
- Doray, M., Josse, E., Gervain, P., Reynal, L., Chantrel, J. (2006). Acoustic characterization of pelagic fish aggregations around moored fish aggregating devices in Martinique (lesser antilles), *Fisheries Research*, 82, 162–175.
- Giacalone VM, D'Anna G, Garofalo G, Collins K, Badalamenti F. (2005). Estimation of positioning error from an array of automated omni-directional receivers in an artificial

- reef area. In: Spedicato MT, Lembo G, Marmulla G, editors. *Aquatic telemetry: advances and applications: Proceedings of the Fifth Conference on Fish Telemetry held in Europe, Ustica, Italy, 9–13 June 2003*. Rome, Italy: FAO/COISPA, pp. 245–253.
- Hallier, J., and Gaertner, D. (2008). Drifting fish aggregation devices could act as an ecological trap for tropical tuna species. *Marine Ecology Progress Series*, 353:255–264.
- Heupel, M.R., Semmens, J.M., Hobday, A.J. (2006). Automated acoustic tracking of aquatic animals: scales, design, and deployment of listening station arrays. *Marine and Freshwater Research*, 57, 1–13.
- Heupel, M.R., Reiss, K.L., Yeiser, B.G., and Simpfendorfer, C.A. (2008). Effects of biofouling on performance of moored data logging acoustic receivers. *Limnology and Oceanography*, 6:327–335.
- How, J.R., De Lestang, S. (2012). Acoustic tracking: issues affecting design, analysis and interpretation of data from movement studies. *Marine and Freshwater Research*, 63:312–324.
- Ito, Y. (2011). Artificial reefs function in fishing grounds off Japan. In: Bortone, S.A., Brandini, F.P., Fabi, G., Otake, S. (Eds.), *Artificial Reefs in Fisheries Management* CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, pp. 239–264.
- Josse, E., and Bertrand, A. (2000). *In situ* acoustic target strength measurements of tuna associated with a fish aggregating device, *ICES Journal of Marine Science*, 57: 911–918.
- Klimley, A.P., Voegeli, F., Beavers, S.C., Le Boeuf, B.J. (1998) Automated listening stations for tagged marine fishes. *Marine Technology Society Journal*, 32: pp 94–101.
- Klimley, A., Le Boeuf, B., Cantara, K., Richert, J., Davis, S., Van Sommeran, S. (2001) Radio acoustic positioning as a tool for studying site-specific behavior of the white shark and other large marine species. *Marine Biology*, 138(2):429–446

- Lacroix, G. L., and Voegeli, F. A. (2000). Development of automated monitoring systems for ultrasonic transmitters. In 'Advances in Fish Telemetry; Proceedings of the Third Conference on Fish Telemetry in Europe'. (Eds A. Moore and I.Russell.) pp. 37–50. (CEFAS: Suffolk,UK.)
- Lacroix, G. L., Knox, D., and Stokesbury, M.J.W. (2005). Survival and behaviour of post-smolt Atlantic salmon in coastal habitat with extreme tides. *Journal of Fish Biology*, 66: 485–498.
- Laurs, R.M., Yuen, H.S.R., Johnson, J.H. (1977). Small-Scale Movements Of Albacore *Thunnus alalunga* in Relation to Ocean Features as Indicated by Ultrasonic Tracking and Oceanographic Sampling, *Serv. NMFS*, 75 (2), 347-55.
- Loher, T., Leaman, B.L., Hare, S.R., Carlile, D.W, Lunsford, D.W., Brylinski, C.K. (2010). Range test for a deepwater acoustic tag listening array. Int. Pac. Halibut Comm. Report of Assessment and Research Activities 2009: 445-448.
- Lök, A., and Tokaç, A. (2000). Turkey: A New Region for Artificial Habitats, *In Artificial Reefs in European Seas*, Ed. by A. C. Jensen, K. J. Collins, and A. P. M. Lockwood, Kluwer, pp. 21–30.
- Lök, A., Düzbastılar, F.O., Gül, B., Özgül, A., Ulaş, A. (2011). The Role of Artificial Reefs in Fisheries Management in Turkey. In S. A. Bortone, F.P. Brandini, G. Fabi and S. Otake (Eds.), *Artificial Reefs in Fisheries Management* (Chap. 10, pp: 155-166), CRC Press, USA.
- Manoukian, S., Fabi, G., Naar, D. (2011). Multibeam investigation of an artificial reef settlement in the Adriatic Sea (Italy) 33 years after its deployment, *Brazilian Journal of Oceanography*, 59 (special issue CARAH):145-153.
- Nakamura, T., and Hamano, A. (2009). Seasonal differences in the vertical distribution pattern of Japanese jack mackerel, *Trachurus japonicus*: changes according to age? *ICES Journal of Marine Sciences*, 66 (6): 1289-1295.

- Payne, N.C., Gillanders, B.M., Webber, D.M., and Semmens, J.M. (2010). Interpreting diel activity patterns from acoustic telemetry: the need for controls. *Marine Ecology Progress Series* 419, 295–301.
- Piraino, M.N., (2011). Fine-scale Movements and Home Ranges of Red Snapper *Lutjanus campechanus* Around Artificial Reefs in the Northern Gulf of Mexico. Master's thesis, University of Auburn, Alabama, 12 December, 2011, pp:36.
- Piraino, M.N., and Szedlmayer, S.T., (2014) Fine-Scale Movements and Home Ranges of Red Snapper around Artificial Reefs in the Northern Gulf of Mexico. *Transactions of the American Fisheries Society*, 143:4, 988-998.
- Roy, R., Beguin, J., Argillier, C., Laurence, T., Smith, F., Smedbol, S., De-Oliveira, E. (2014). Testing the VEMCO Positioning System: spatial distribution of the probability of location and the positioning error in a reservoir. *Animal Biotelemetry*, 2: 1.pp:1-6.
- Sala, A., Fabi, G., Manoukian, S. (2007). Vertical diel dynamic of fish assemblage associated with an artificial reef (northern Adriatic Sea), *Scientia Marina*, 71: 355–364.
- Simpfendorfer, C.A., Heupel, M.R., Collins, A.B., (2008). Variation in the performance of acoustic receivers and its implication for positioning algorithms in a riverine setting. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 65, 482–492.
- Smedbol, S.J., Smith, F., Webber, D.M., Vallée, R.E., King, T.D. (2014). Using underwater coded acoustic telemetry for fine scale positioning of aquatic animals. 20th Symposium of the International Society on Biotelemetry Proceedings, Kyoto University–Japan, pp:9-11.
- Steel, A., Coates, J.A., Hearn, A.R., Klimley, A.P. (2014). Performance of an ultrasonic telemetry positioning system under varied environmental conditions. . *Animal Biotelemetry*, 2: 15.pp:1-17.
- Thorne, R.E., Hedgepeth, J.B. and. Campos, J.A. (1989). Hydroacoustic observations of fish abundance and behavior around an artificial reef in Costa Rica. *Bulletin of Marine Science*, 44(2):1058-1064.

- Thorstad, E. B., Okland, F., Roswell, D., and McKinley, R. S. (2000). A system for automatic recording of fish tagged with acoustic transmitters. *Fisheries Management and Ecology* 7, 281–294.
- Topping, D. T., Szedlmayer, S.T. (2011). Home range and movement patterns of Red Snapper (*Lutjanus campechanus*) on artificial reefs. *Fisheries Research*, 112:77–84.
- Ulaş, A., Düzbastılar, F.O., Lök, A., Metin, C. (2007). Yapay resiflerde balık örnekleme yöntemlerinin etkinliğinin belirlenmesi üzerine bir ön çalışma, *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 24, 3-4, 287-293.
- Voegeli, F.A., Pincock, D.G. (1996) Overview of underwater acoustics as it applies to telemetry. In Underwater Biotelemetry. Edited by Baras E, Philippart JC. Liege: University of Liege; pp: 22-30.
- Welsh, J.Q., Fox, R.J., Webber, D.M., Bellwood, D.R. (2012). Performance of remote acoustic receivers within a coral reef habitat: implications for array design. *Coral Reefs*, 31, pp: 693-702.
- Yuen, H.S. (1970). Behaviour of Skipjack Tuna (*Katsuwonus pelamis*), as Determined by Tracking with Ultrasonic Devices, *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 27, 2071-2079.