

**T.C.  
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ANTALYA KÖRFEZİ'NDE *Posidonia oceanica*' NİN  
AKUSTİKSEL TANIMLANMASI VE KALİBRASYONU**

**Cansu BALABAN**

**DOKTORA TEZİ  
SU ÜRÜNLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**2016**

**T.C.  
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ANTALYA KÖRFEZİ'NDE *Posidonia oceanica*' NİN  
AKUSTİKSEL TANIMLANMASI VE KALİBRASYONU**

**Cansu BALABAN**

**DOKTORA TEZİ  
SU ÜRÜNLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**(Bu tez TÜBİTAK tarafından 110Y232 nolu proje ile desteklenmiştir.)**

**2016**

T.C.  
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ANTALYA KÖRFEZİ'NDE *Posidonia oceanica*' NİN  
AKUSTİKSEL TANIMLANMASI VE KALİBRASYONU

Cansu BALABAN

DOKTORA TEZİ  
SU ÜRÜNLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu tez 14/ 12 /2016 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından **Oybirliği** ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Erhan MUTLU

Doç. Dr. Ergün TAŞKIN

Doç. Dr. Mehmet GÖKOĞLU

Doç. Dr. Ali Cemal GÜCÜ

Yrd. Doç. Dr. Emine Şükran OKUDAN ASLAN



Handwritten signatures of the jury members, each followed by a dotted line for the name.

## ÖZET

### ANTALYA KÖRFEZİ'NDE *Posidonia oceanica*' NİN AKUSTİKSEL TANIMLANMASI VE KALİBRASYONU

Cansu BALABAN

Doktora Tezi, Su Ürünleri Mühendisliği Anabilim Dalı  
Danışman: Prof. Dr. Erhan MUTLU  
Aralık 2016, 149 sayfa

Bu doktora tez çalışması, Antalya Körfezi'nde 206 kHz frekansa sahip bilimsel ekosounder ile 2011–2012 yılları arasında 7 ayrı ayda gerçekleştirilen deniz çalışmasının akustik verileri kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Çalışma bölgesi *Posidonia oceanica* çayırlarının Türkiye'nin Batı Akdeniz kıyılarında yoğun olarak bulunurluğunun tespit edilmesi bakımından ayrı bir öneme sahiptir. Tez çalışmasının ana amacı; EcoSAV (Eco Submerged Aquatic Vegetation) ve VBT (Visual Bottom Typer) ticari yazılım programlarını kullanarak, *P. oceanica* türünün akustiksel olarak tanımlanması, bu tanımlanmayı sağlayacak program içerisindeki parametrelerin türe özgü olarak kalibre edilmesi neticesinde; türün mevsimsel olarak tahmini biyokütle miktarlarına ve yaprak yüksekliğine bağlı dağılım haritalarının oluşturulması ve yetiştiği ortamın dip yapısal özelliğinin araştırılmasıdır.

Dünyada ilk defa olarak uygulanmış bir metotla VBT üzerinden *P. oceanica*'dan gelen enerji tespiti gerçekleştirilerek biyokütle miktarları tahmin edilmiştir. Hesaplamalar sırasında mevsimsel farklılık da gözlemlenerek, biyokütle hesabı sırasında kullanılmak üzere boy-ağırlık verilerinden regresyon analizleri yapılmıştır. Bu veriler üzerinden hesaplanan biyokütle ile alansal akustik enerji (sa) üzerinden yapılan kalibrasyon işleminden elde edilen regresyon denklemi, daha sonrasında akustik enerjinin biyokütleye çevriminde kullanılmıştır. Böylece türün yoğunluk değişimlerinin ve mevsimsel dağılımlarının belirlenmesi ve haritalandırılmasına temel teşkil etmiştir. Ayrıca türün derinliğe ve mevsimlere bağlı akustiksel olarak tahmin edilen biyokütle miktarları ve boy-ağırlık ölçümlerinde farklılık olup olmadığı ANOVA ve ANCOVA ile test edilmiştir. Buna sonuçlara göre mevsimsel olarak farklılık gözlenmezken, derinliğe göre farklılık gözlenmiştir ve derinlik arttıkça biyokütle miktarında azalmanın meydana geldiği belirlenmiştir.

Çalışma alanının mevsimsel olarak elde edilen biyokütle bağlı dağılım haritaları incelendiğinde, türün çalışma sahasında 3 farklı yatak oluşturduğu tespit edilmiştir. Tahmin edilen en yüksek biyokütle miktarı iki mevsimde; Temmuz'da 4000 (g/m<sup>-2</sup>) üzeri ve Nisan/Mayıs ayında 2000 (g/m<sup>-2</sup>) üzeri, en düşük biyokütle miktarı ise Ocak ayında 800 (g/m<sup>-2</sup>) olarak belirlenmiştir.

EcoSAV ile türün çalışma sahasında dağılım gösterdiği alanlardaki vejetasyon yüksekliği tespit edilmiştir. Çalışma alanında mevsimsel olarak türün yaprak boyuna

bağlı dağılımında 3 ayrı yatağın varlığı belirlenmiştir. Türün alansal ve zamansal dağılım sonuçlarının biyokütleyle bağlı sonuçlarla birebir örtüştüğü görülmüştür. Bu sonuçlara göre en yüksek yaprak boyu Temmuz ve Nisan/Mayıs ayında 80–90 cm civarlarında belirlenmiş, en minimum boya da Ocak ayında ortalama 30–40 cm olarak tespit edilmiştir.

Çalışma alanının hidrolojik özelliklerinden deniz suyu sıcaklığı ve tuzluluk verileri, bu tezin materyallerinin elde edildiği çalışmada her ay örneklenmiş ve ölçüm kayıtları alınmıştır. Bu verilerden yararlanarak ayrıca türün dağılımı üzerine değerlendirmelerde bulunulmuştur. Bu kayıtlar doğrultusunda *Posidonia oceanica* deniz çayırlarının büyüdüğü alanda en yüksek sıcaklık 29–30°C, tuzluluk ise maksimum ‰ 39–40 ile Ağustos ayı olarak belirlenmiştir. Bu sıcaklık değerleri, türün yaşamını devam ettirmesi bakımından olumsuz bir durum henüz teşkil etmediği anlaşılmıştır. Ek olarak VBT ile dip sedimanının yapısal özelliği belirlenmeye çalışılmış ve türün yetiştiği dip yapısının tayini neticesinde, *P. oceanica*'nın sert kayalık zemin üzerinde dağılım gösterdiği belirlenmiştir.

Son olarak bu çalışmadan elde edilen sonuçlar, çalışma alanında yaşayan *P. oceanica* türünün akustiksel olarak tayin edilebilecek kadar kuvvetli bir saçıcı olduğu anlaşılmış ve akustik scattering'i etkileyen akustiksel karakterleri belirlenmiştir. Belirlenen bu özellikleri sayesinde türün çalışma alanında, her mevsim bulunurluğu ortaya konmuştur. Akustiksel olarak türün dağılımını, yaşam alanını ve dinamiklerini belirlemek amacıyla 3 farklı analiz ve yöntem uygulamalarıyla gerçekleştirilen araştırmada, ortaya çıkan sonuçların birbirlerini destekler nitelikte uyumlu oldukları görüşüne varılmıştır. Şunu da belirtmede fayda var ki, yaprak yapısına ilişkin yapısal dinamiklerinin belirlenmesi (CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, fotosentez oranı, genç-yaşlı olması vb.) akustik olarak vejetasyonların anlaşılmasında katkı sağlayacak önemli bilgiler içerdiği ve buna benzer araştırmalarda bu verilerin kullanılması tavsiye edilebilir.

**ANAHTAR KELİMELER:** Antalya Körfezi, akustiksel tanımlama, biyokütle tahmini, EcoSAV, *Posidonia oceanica*, VBT, yaprak yüksekliği

**JÜRİ:** Prof. Dr. Erhan MUTLU (Danışman)  
Doç. Dr. Ergün TAŞKIN  
Doç. Dr. Mehmet GÖKOĞLU  
Doç. Dr. Ali Cemal GÜCÜ  
Yrd. Doç. Dr. Emine Şükran OKUDAN ASLAN

## ABSTRACT

### ACOUSTICAL IDENTIFICATION AND CALIBRATION OF *Posidonia oceanica* IN ANTALYA BAY

**PhD Thesis in Aquaculture Engineering**  
**Supervisor: Prof. Dr. Erhan MUTLU**  
**December 2016, 149 pp.**

This PhD thesis has been carried out in the Gulf of Antalya using a scientific ecosounder with a frequency of 206 kHz and acoustical data of the marine survey made in 7 different months between 2011-2012.

The study area of *Posidonia oceanica* meadows in the western Mediterranean coast of Turkey, as intense in terms of determining the presence has a different significance. The aim of the thesis is; acoustical identification of the *P. oceanica* species using EcoSAV (Eco Submerged Aquatic Vegetation) and VBT (Visual Bottom Typer) commercial software. Based on the calibrating species-specific parameters in the software that will provide this definition; estimated biomass quantities and leaf height. End of this result draw of distribution maps based on seasonally. The same time the investigation of the bottom structural feature of the environment it is growing.

For the first time with a method applied in the world, biomass quantities were estimated by performing energy detection from *P. oceanica* via VBT. During the calculations by taking seasonal differences into consideration, regression analyzes were performed from the length-weight data for use in the biomass calculations. The regression equation obtained by calibrating the biomass and the acoustic energy (sa) calculated from these data was used in the biomass cycle of the acoustic energy. Thus, it forms the basis for the determination and mapping of density variations and seasonal distributions. In addition, ANOVA and ANCOVA were used to test for differences for acoustically estimated biomass due to the depth and season. According to these results, there was a difference according to depth when seasonal difference was not observed, and it was determined that as the depth increased, the amount of biomass decreased.

When the seasonally obtained biomass-related distribution maps of the study area were examined, it was determined that the study area formed 3 different beds. The highest estimated biomass is in two seasons; in July above 4000 (g/m<sup>-2</sup>) and in April / May above 2000 (g/m<sup>-2</sup>), the lowest biomass quantity was 800 (g/m<sup>-2</sup>) in January respectively.

The vegetation height in the area determined by EcoSAV where it is distributed. The presence of 3 beds in the study area was determined by seasonal distribution of leaf length. The results of the spatial and temporal distribution have been found to be correlated with biomass-related outcomes. According to these results, the highest leaf size was determined at 80–90 cm in July and April/May, and the minimum was determined as 30–40 cm in January.

The seawater temperature and salinity data from the hydrological properties of the study area were sampled and recorded monthly where the materials of this thesis were obtained. Evaluations were also made on the distribution of the specimen using these data. In line with these records, the highest temperature in the area where *Posidonia oceanica* meadows grew was determined to be 29–30 °C and salinity was maximum 39–40 ‰ in August. It has been understood that these temperature do not yet constitute a negative situation in order to maintain the survival of the species. In addition, the structural characteristics of bottom sediment were tried to be determined with VBT and it was determined that *P. oceanica* was distributed on hard rocky ground due to the determination of the bottom structure of the bottom sediment.

Finally, within the results obtained from this study, it was found that the *P. oceanica* species living in the study area was a strong scatterer that can be acoustically identified and the acoustic characteristics affecting the acoustic scattering were determined. With this type of features identified in the workspace, it has revealed the species' availability in all seasons. It was concluded that in the research conducted with 3 different analysis and method applications in order to determine the distribution, dynamics and the living area of the acoustically, the results are compatible with each other in supporting the results. In the research carried out with 3 different analyzes and methods in order to determine the acoustical distribution, habitat and the dynamics, it is concluded that the results are compatible with each other. It is also worth noting that it may be advisable to identify the structural dynamics of the leaf structure (CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, photosynthesis rate, young-aged etc.) acoustically containing important information to aid in the understanding of vegetation and to use this data in similar investigations.

**KEY WORDS:** Antalya Bay, acoustical identification, biomass estimate, EcoSAV, leaf length, *Posidonia oceanica*, VBT.

**COMMITTEE:** Prof. Dr. Erhan MUTLU (Supervisor)  
Assoc. Prof. Dr. Ergün TAŞKIN  
Assoc. Prof. Dr. Mehmet GÖKOĞLU  
Assoc. Prof. Dr. Ali Cemal GÜCÜ  
Asst. Prof. Dr. Emine Şükran OKUDAN ASLAN

## ÖNSÖZ

Deniz çayırları dünyanın pek çok yerinde bulunabilen deniz bitkileridir. Birçok ekolojik, jeolojik, biyolojik görevleri vardır ve önemli katkılar sağlarlar. Geniş alanlarda dağılım gösteren bu hassas nitelikteki deniz çayırlarının miktarları, sağlık durumları ve yayılımları hakkında en kısa sürede veri elde etmek önemlidir. Yaklaşık 60 civarında türü bulunan deniz çayırlarının içlerinde önemli sayılabilecek türler vardır. Bunlardan biri denizlerin akciğerleri olarak bilinen *Posidonia oceanica*'dır. Bu bakımdan dünyada pek çok hükümet tarafından koruma altına alınmıştır. Türün öneminden dolayı ve biyo-  
indikatör bir organizma olması nedeniyle türe olan çalışmalar artmış fakat kullanılan teknikler yüzünden kısıtlı alanlarda çalışmaların yapılmasına neden olmuştur.

Türün tespit edilmesi ve dağılımına ilişkin bilgiler bu zamana kadar daha çok geleneksel metotların (SCUBA, video, trol vs.) kullanılmasıyla gerçekleştirilmiştir. Bu yöntemlerle sınırlı verinin elde edilebilmesi, türün geniş alanlarda biyokütle ve çayır örtüsünün yüksekliğine dair bilginin edinilmesine izin vermemiştir. Uluslararası çalışmalarda akustiksel metotlar yaygın olarak kullanılarak deniz tabanı tanımlaması ve sınıflaması ile bitki örtüsü ve vejetasyon özellikleri üzerine birçok çalışma yapılmıştır, fakat daha çok tanımlanmaları ile yoğunlukları üzerine durulmuştur. Türkiye Denizer'inde ise deniz çayırları ile ilgili araştırmalar, genelde SCUBA dalışları ile gerçekleştirilen, türünün dağılımı üzerine yoğunlaşmıştır. Oysaki araştırmalar ve gelişen teknoloji akustik metotları, sucul ortamdaki vejetasyon ve substrat tanımlama çalışmalarını daha kolay bir şekilde mümkün kılar hale gelmiştir. Uygulama yönünden hızlı, büyük bir ekibe gereksinim duymadan, geniş alanlarda kısa sürede örnekleme yapılabilmesi bakımından diğer örnekleme metotlarına göre akustik metotları daha avantajlı kılmaktadır. Ancak gerçekleştirilen vejetasyon akustiği çalışmalarında daha çok araştırmacının kendisi tarafından yazılan özel yazılımlara dayalı sonuçların elde edilmesi gerçekleştirilmiştir. Vejetasyon akustiği çalışmalarında üretilen ticari yazılım programlarını kullanarak türün dağılımı ve teşhisi yanında, popülasyon dinamiğine ilişkin bilgilerin de elde edildiği bir çalışma mevcut değildir.

Bu amaçla yürüttüğümüz bu çalışma, koruma altında olan *P. oceanica*'nın akustiksel olarak dinamiklerini incelemek ve bu yolda izlenen metodoloji bakımından bilim dünyasına büyük katkı sağlayacaktır. Vejetasyon akustiği çalışmalarında uyulması gereken protokoller, dikkat edilmesi gereken noktalar dâhilinde ışık tutacaktır. Özellikle türün dağılım gösterdiği Türkiye kıyılarının Batı Akdeniz kıyılarındaki türün varlığına ilişkin bilgi eksikliğinin bir kısmını giderecektir. Yaptığım bu çalışmanın başka alanlarda uygulanması sırasında türün akustiksel tanımlanmasında ve teşhisinde yardımcı bilgiler sunarak elde edilen bulguların yapılacak olan çalışmalara katkı sağlamasını ve temel oluşturmasını dilerim.

Tez konumun belirlenmesinde beni yönlendiren, her aşamasında desteğini esirgemeyen, bana bu araştırma konusunda doktora yapma imkânı veren çok değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Erhan MUTLU'ya,



Tezimin savunulmasındaki katkılarından dolayı değerli jüri üyeleri Sayın Doç.Dr. Ergün TAŞKIN'a Sayın Doç.Dr. Ali Cemal GÜCÜ'ye, Sayın Doç.Dr. Mehmet GÖKOĞLU'na ve Sayın Yrd.Doç.Dr. Emine Şükran OKUDAN ASLAN'a,

Tez çalışmam süresince beni her konuda destekleyen ve hiçbir yardımı esirgemeyen, içten desteğini ve katkılarını aldığım çalışma arkadaşım Arş. Gör. M. Tunca OLGUNER'e ve değerli hocam Öğr. Gör. Dr. Ahmet ŞAHİN'e, bu tezin materyallerinin temin edilmesi sırasında katkı sağlayan tüm araştırma ekibine ve R/V "Akdeniz SU" Araştırma Gemisi Personeli'ne, tez döneminde bana eğitim desteği sağlayarak Seattle gitmeme vesile olan ve hayatımda önemli deneyimler kazanmama sebep olan Selah KANIK'a,

Hayatımın her aşamasında benim yanımda olan, beni koşulsuz seven sevgili aileme, beni her daim cesaretlendiren ve benim varlığımın bir parçası olan canım babam Mustafa BALABAN'a ve şuan hayatta olmayan ama varlığını hep hissettiğim varlığımın diğer parçası sevgili annem Sebahat BALABAN'a teşekkürü bir borç bilirim.

## İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	iv
ABSTRACT .....	vi
ÖNSÖZ .....	viii
İÇİNDEKİLER.....	x
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	xii
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xx
1.GİRİŞ .....	1
1.1. <i>Posidonia oceanica</i> Hakkında Genel Bilgi .....	1
1.2. <i>Posidonia oceanica</i> 'nın Önemi.....	3
1.3. <i>Posidonia oceanica</i> 'nın Azalmasının Nedenleri .....	4
1.4. <i>Posidonia oceanica</i> 'nın Durumunun İzlenmesi ve Takip Edilmesi .....	5
1.5.Akustik Yöntemlerin Avantajları, Dezavantajları ve Önemi .....	11
1.5.1.Avantajları .....	11
1.5.2.Dezavantajları .....	11
1.6.Akustik Sistemlerin Diğer Araştırma Teknikleriyle Karşılaştırılması .....	12
1.7.Amaç ve Kapsam .....	14
2.KURAMSAL BİLGİLER VE KAYNAK TARAMALARI .....	22
2.1. <i>Posidonia oceanica</i> ile Dünya ve Yerli Sularımızda Yapılan Çalışmalar .....	22
3.MATERYAL VE METOD .....	28
3.1.Saha Çalışması Dizaynı .....	28
3.1.1.Saha çalışması alanının yeri ve seçimi .....	28
3.1.2.SCUBA örnekleme alanının yeri ve seçimi .....	30
3.1.3.Akustik çalışma hatları ve seçimi .....	30
3.2.Veri Toplama .....	32
3.2.1.Hidroakustik verilerin toplanması .....	32
3.2.2.SCUBA dalış verilerinin toplanması .....	32
3.3.Veri Analizi .....	32
3.3.1.Hidroakustik veri analizi ve yöntemleri .....	32
3.3.1.1.EcoSAV analizi .....	33
3.3.1.2.VBT analizi.....	37
4.BULGULAR .....	51
4.1.EcoSAV Analizi.....	51
4.1.1.EcoSAV parametrelerinin konfigürasyonu .....	51
4.1.2.PAST (PAleontological STatistics) ile <i>Posidonia oceanica</i> 'nın .....	
ayıklanması.....	53
4.1.3.EcoSAV ile <i>Posidonia oceanica</i> 'nın yaprak boyunun zamansal ve .....	
mekânsal dağılımı .....	54
4.2.VBT Analizi .....	67
4.2.1.VBT'nin Biyokütle İçin Analizi .....	67
4.2.1.1.VBT parametrelerinin konfigürasyonu .....	67
4.2.1.2. <i>Posidonia oceanica</i> 'nın biyokütle tahmini için kalibrasyonu .....	68

4.2.1.3.	<i>Posidonia oceanica</i> 'nın yaprak alanı (LA) ile yaş ağırlık (W).....	
	arasındaki ilişki .....	70
4.2.1.4.	Regresyon denklemi .....	80
4.2.1.5.	VBT ile <i>P. oceanica</i> 'nın tahmini biyokütle miktarlarının .....	
	zamansal ve mekânsal dağılımı .....	81
4.3.	VBT 'nin dip sınıflandırması için analizi.....	98
4.3.1.	VBT parametrelerinin dibin yapısal tayini için konfigürasyonu .....	98
4.3.2.	Dip tipinin tayini için kalibrasyon .....	99
4.3.3.	Çalışma sahasının dip tipinin zamansal ve mekânsal dağılımı.....	101
5.	TARTIŞMA.....	115
5.1.	Akustik Uygulamalar ve Etkinliğinin Diğer Yöntemlerle Karşılaştırması .....	115
5.2.	VBT Ticari Yazılım Programının Değerlendirmesi .....	122
5.2.1.	<i>Posidonia oceanica</i> 'nın biyokütle tahmininde LA-W-L ilişkisinin .....	
	zamansal ve mekânsal değişimi .....	123
5.2.2.	<i>Posidonia oceanica</i> 'nın biyokütle tahmininde alansal akustik enerji .....	
	katsayısı (sa) ile biyokütlesi arasındaki ilişki.....	124
5.2.3.	<i>Posidonia oceanica</i> 'nın tahmin edilen biyokütle miktarlarının zamansal .....	
	ve mekânsal dağılımları.....	128
5.2.4.	Çalışma sahasındaki dibin yapısal sınıflandırılması.....	136
5.3.	EcoSAV Ticari Yazılım Programının Değerlendirilmesi .....	139
5.3.1.	EcoSAV ile <i>Posidonia oceanica</i> 'nın yaprak boyunun zamansal ve .....	
	mekânsal dağılımı .....	139
5.4.	Sınırlayıcı etmenler .....	145
6.	SONUÇ.....	147
7.	KAYNAKLAR .....	150
8.	EKLER .....	191
	EK-1 AIBEP – (Acoustical Identification and Biomass Estimate of <i>Posidonia</i> ).....	
	Algoritması.....	191
	EK-2 AIPH - (Acoustical Identification of <i>Posidonia</i> Height) Algoritması.....	205
	ÖZGEÇMİŞ.....	213

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### Simgeler

%	Yüzde
°C	Santigrat
‰	Binde
AIBEP	Acoustical Identification and Biomass Estimate of <i>Posidonia</i>
AIPH	Acoustical Identification of <i>Posidonia</i> Height
cm	Santimetre
dB	Desibel
E1	İlk dip ekosunun ikinci kısmı
E1'	İlk dip ekosunun ilk kısmı
g	Gram
Hz	Hertz
kHZ	Kilo hertz
m	Metre
m <sup>-2</sup>	Metrekare
ms <sup>-1</sup>	Mili saniye
nm	Nautical mile
R	Yarıçap
r <sup>2</sup>	Korelasyon katsayısı
V <sup>2</sup>	Voltajın karesi

### Kısaltmalar

BLA	Yaprak alanı üzerinden hesaplanan biyokütle
DW/dw	Kuru ağırlık
EcoSAV	Eco Submerged Aquatic Vegetation
L	Length (boy)
LA	Yaprak alanı
LAI	Yaprak alan indeksi
MATLAB	<b>M</b> atrix <b>L</b> aboratory
MBS	Multi Beam Sonar
PAST	<b>P</b> Aleontological <b>S</b> Tatistics
sa	Akustical scattering coefficient
Sa	Alansal geri-yansıma katsayısı
SAV	Submerged Aquatic Vegetation
Sv	Hacimsel geri-yansıma katsayısı
TS	Target strength
TVG	Time Varied Gain
VBT	Visual Bottom Typer
W	Weight (ağırlık)

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. <b>a)</b> Doğu Akdeniz’de <i>P. oceanica</i> ’nın dağılımının detayları ..... (Giakoumi vd 2013), <b>b)</b> (Telesca vd 2015) .....	7
Şekil 1.2. Levanten havzası içerisinde yer alan Antalya Körfezi’nin (siyah ..... nokta ile belirtilmiş) Akdeniz içerisindeki konumu (Vacchi vd 2016)	9
Şekil 3.1. Antalya (Lara) – Manavgat arasındaki bölgede gerçekleştirilen ..... çalışma sınırları (Mutlu vd 2014’ten alıntılanmıştır) .....	29
Şekil 3.2. SCUBA dalışı ile diğer örnekleme noktalarının alan üzerindeki ..... dağılımı (Mavi + olan yerler kıyıdan itibaren 5, 10, 15, 20 30, 40 ve 50 m derinliklerini göstermektedir, Mutlu vd 2014’ten .....	30
Şekil 3.3. Proje çalışma sahasındaki akustik hatlar ve SCUBA örnekleme ..... noktaları.....	31
Şekil 3.4. Örnek alanın ekogram görüntüsü ve şematik gösterimi ile ..... oscilloscope penceresinden S, E1', E1, E2’nin sınırları .....	40
Şekil 3.5. Pürüzsüz zemin üzerinde gösterilen pürüzlülük bileşenlerinin oranları <b>a)</b> pürüzsüz, <b>b)</b> pürüzlü, <b>c)</b> çok pürüzlü yüzey (Hajnesk ve ..... Papathanassiou (2005)’ten modifiye edilmiştir).....	42
Şekil 3.6. Near Field ve Dead zone alanlarının şematik gösterimi.....	43
Şekil 3.7. Transducer kaynağından çıkan sesin dip üzerindeki <i>Posidonia</i> ’dan .... gelen akustiksel enerji katsayısı (sa)’nın hesaplanmasında kullanılan parametreler ve şematik gösterimi.....	44
Şekil 3.8. <b>a)</b> <i>Posidonia</i> çayırları üzerinde yaşayan balıkların ekogramda ..... görünen ekoları <b>b)</b> <i>Posidonia</i> çayırlarının üzerinde bulunduğu farklı süngerimsi tabakalarının ekogram görüntüsü .....	45
Şekil 3.9. <b>a)</b> <i>Posidonia</i> çayırlarının üzerinde bulunduğu farklı süngerimsi ..... tabakalarının ekogram görüntüsü, <b>b)</b> Derin bölgelerdeki <i>Posidonia</i> . hariç diğer hedef olmayan bitki türlerinin ekogram görüntüsü .....	46
Şekil 3.10. X2 ve Y2 lere göre X,Y ve Z değerleri kullanılarak Z2 değerleri ..... farklı metotlara göre çizilmesi .....	49
Şekil 3.11. VBT dip izleme sinyal analiz görüntüsü .....	50

Şekil 4.1. a) Yaprak yüksekliğini tespit etmek amacıyla EcoSAV ticari ..... programı kullanılarak elde edilen analiz sonucu, b) <i>P. oceanica</i> 'nın . diğer vejetasyonlardan ve hedef dışı türlerden ayıklanması amacıyla kullanılan PAST programının analiz sonucu .....	53
Şekil 4.2. Temmuz 2011 dönemi <i>P. oceanica</i> 'nın a) EcoSAV üzerinden ..... hesaplanan bitki yüksekliğine bağlı alansal dağılımı, b) Mutlu vd .... (2014)'nın ticari vejetasyon programı EcoSAV ile elde ettikleri ..... yaprak boy (m) dağılımları.....	56
Şekil 4.3. Kasım/Aralık 2011 dönemi <i>P. oceanica</i> 'nın a) EcoSAV üzerinden .. hesaplanan bitki yüksekliğine bağlı alansal dağılımı, b) Mutlu vd .... (2014)'nın ticari vejetasyon programı EcoSAV ile elde ettikleri ..... yaprak boy (m) dağılımları.....	57
Şekil 4.4. Ocak 2012 dönemi a) <i>P. oceanica</i> 'nın EcoSAV üzerinden ..... hesaplanan bitki yüksekliğine bağlı alansal dağılımı, b) Mutlu vd .... (2014)'nın ticari vejetasyon programı EcoSAV ile elde ettikleri ..... yaprak boy (m) dağılımları.....	59
Şekil 4.5. Mart 2012 dönemi a) <i>P. oceanica</i> 'nın EcoSAV üzerinden hesaplanan bitki yüksekliğine bağlı alansal dağılımı (Kırmızı daire içerisinde ..... belirtilen yerler maksimum boya ulaşılan noktaları göstermektedir), . b) Mutlu vd (2014)'nın ticari vejetasyon programı EcoSAV ile elde . ettikleri yaprak boy (m) dağılımları.....	60
Şekil 4.6. Nisan/Mayıs 2012 dönemi a) <i>P. oceanica</i> 'nın EcoSAV üzerinden .... hesaplanan bitki yüksekliğine bağlı alansal dağılımı, b) Mutlu vd .... (2014)'nın ticari vejetasyon programı EcoSAV ile elde edilen deniz . çayırlarının yaprak boy (m) dağılımları .....	62
Şekil 4.7. Ağustos 2012 dönemi a) <i>P. oceanica</i> 'nın EcoSAV üzerinden ..... hesaplanan bitki yüksekliğine bağlı alansal dağılımı, b) Mutlu vd .... (2014)'nın ticari vejetasyon programı EcoSAV ile elde ettikleri ..... yaprak boy (m) dağılımları.....	64
Şekil 4.8. Tüm veriler birleştirilerek <i>Posidonia oceanica</i> 'nın EcoSAV ..... programı ile elde edilen deniz çayırlarının yaprak boy (m) ..... dağılımları .....	65
Şekil 4.9. Tüm veriler birleştirilerek <i>P. oceanica</i> 'nın EcoSAV programı ile ..... elde edilen deniz çayırlarının yaprak boy (m) dağılımlarının ..... büyütülmüş hali.....	66
Şekil 4.10. a) Visual Acquisition 6.1 programında <i>Posidonia</i> olduğu tespit ..... edilen bir pingin ekran görüntüsü, b) Aynı pingteki <i>Posidonia</i> 'lı ..... bölgenin VBT üzerinden izole edildiği kümede yer alan ..... kalibrasyonunun ekran görüntüsü.....	69

Şekil 4.11. <b>c)</b> Şekil 4.10a’da verilen aynı pingteki <i>Posidonia</i> ’lı bölgenin VBT . üzerinden izole edildiğinin sinyal analiz görüntüsü, <b>d)</b> Aynı pingteki VBT üzerinden elde edilen sonuçların özet rapor görüntüsü .....	70
Şekil 4.12. <i>Posidonia oceanica</i> : Ağırlık (W) - yaprak alanı (LA)’nın örnekleme ..... ayları arası regresyon ilişkisi ve analizi .....	71
Şekil 4.13. <i>Posidonia oceanica</i> : Mevsimlere göre yaprak ağırlık (W) – yaprak alan (LA)’nın %95’lik güvenilirlik sınırları içerisinde kesişme değeri a’ya göre farklılığı (Tukey’s LSD Post-hoc testi) .....	72
Şekil 4.14. <i>Posidonia oceanica</i> : Mevsimlere göre yaprak ağırlık-alan (LA)’ı .... ilişkisinin %95’lik güvenilirlik sınırları içerisinde eğim b’ye göre ..... farklılığı (Tukey’s LSD post-hoc testi) .....	73
Şekil 4.15. <i>Posidonia oceanica</i> : Ağırlık (W) - yaprak alanı (LA)’nın örnekleme noktaları ile su derinlikleri arasındaki regresyon ilişkisi ve analizi .....	74
Şekil 4.16. <i>Posidonia oceanica</i> : Su derinliğine göre yaprak ağırlık (W) – ..... yaprak alan (LA)’ın kesişme değeri a’nın %95’lik güvenilirlik ..... sınırları içerisindeki farklılığı (Tukey’s LSD Post-hoc testi) .....	75
Şekil 4.17. <i>Posidonia oceanica</i> : Su derinliğine göre yaprak ağırlık-alan ..... (LA)’nın üssi değeri eğimin b’nin %95’lik güvenilirlik sınırları ..... içerisindeki farklılığı (Tukey’s LSD Post-hoc testi) .....	76
Şekil 4.18. <i>Posidonia oceanica</i> : istasyonlardan alınan örneklerden elde edilen . yaprak alanının (LA)’nın yaş ağırlıkla (W) olan ilişkilerinden elde ..... edilen regresyonun, mevsimlere ve istasyonlara göre değişimi ..... <b>a)</b> Temmuz 2011, <b>b)</b> Kasım/Aralık 2011 .....	77
Şekil 4.19. <i>Posidonia oceanica</i> : istasyonlardan alınan örneklerden elde edilen . yaprak alanının (LA)’nın yaş ağırlıkla (W) olan ilişkilerinden elde ..... edilen regresyonun, mevsimlere ve istasyonlara göre değişimi ..... <b>c)</b> Ocak 2012, <b>d)</b> Mart 2012.....	78
Şekil 4.20. <i>Posidonia oceanica</i> : istasyonlardan alınan örneklerden elde edilen . yaprak alanının (LA)’nın yaş ağırlıkla (W) olan ilişkilerinden elde ..... edilen regresyonun, mevsimlere ve istasyonlara göre değişimi ..... <b>e)</b> Nisan/Mayıs 2012, <b>f)</b> Ağustos 2012 .....	79
Şekil 4.21. Tüm mevsimler için elde edilen alansal akustik enerji katsayısı (sa) ile yaprak alanı üzerinden hesaplanan biyokütle (LABio; g/m <sup>2</sup> ) ..... arasındaki regresyon ilişkisi.....	80

- Şekil 4.22. Tüm mevsimler için akustik enerji katsayısı (sa) ile yaprak boyu (L) üzerinden elde edilen biyokütle (LBio;  $g/m^2$ ) arasındaki regresyon .. ilişkisi ..... 81
- Şekil 4.23. Tüm mevsimler için elde edilen alansal akustik enerji katsayısı ..... (sa)'na karşılık yaprak boyu (L) ve yaprak alanı (LA) üzerinden elde edilen biyokütlenin ( $g/m^2$ ) kıyaslanması ..... 81
- Şekil 4.24. Temmuz 2011 dönemi *P. oceanica*'nın **a)** VBT üzerinden ..... hesaplanan biyokütle tahmin sonuçları ve alansal dağılımı **b)** SCUBA verileri üzerinden hesaplanan biyokütle sonuçları ve dağılımı (BLA;  $g/m^2$ ) ..... 83
- Şekil 4.25. Kasım/Aralık 2011 dönemi *P. oceanica*'nın **a)** VBT üzerinden ..... hesaplanan biyokütle tahmin sonuçları ve alansal dağılımı **b)** SCUBA verileri üzerinden hesaplanan biyokütle sonuçları ve dağılımı (BLA;  $g/m^2$ ) ..... 84
- Şekil 4.26. Ocak 2012 dönemi *P. oceanica*'nın **a)** VBT üzerinden hesaplanan .. biyokütle tahmin sonuçları ve alansal dağılımı **b)** SCUBA verileri .... üzerinden hesaplanan biyokütle sonuçları ve dağılımı (BLA;  $g/m^2$ ) .. 87
- Şekil 4.27. Mart 2012 dönemi *P. oceanica*'nın **a)** VBT üzerinden hesaplanan .. biyokütle tahmin sonuçları ve alansal dağılımı, **b)** SCUBA verileri ... üzerinden hesaplanan biyokütle sonuçları ve dağılımı (BLA;  $g/m^2$ ) .. 89
- Şekil 4.28. Nisan/Mayıs 2012 dönemi *P. oceanica*'nın **a)** VBT üzerinden ..... hesaplanan biyokütle tahmin sonuçları ve alansal dağılımı, **b)** SCUBA verileri üzerinden hesaplanan biyokütle sonuçları ve dağılımı (BLA;  $g/m^2$ ) ..... 90
- Şekil 4.29. Nisan/Mayıs 2012 döneminde VBT üzerinden elde edilen *Posidonia* çayırının bulunduğu noktalarda ölçülen akustiksel enerjisinin [dB] alansal dağılımı ..... 91
- Şekil 4.30. Ağustos 2012 dönemi *P. oceanica*'nın **a)** VBT üzerinden hesaplanan biyokütle tahmin sonuçları ve alansal dağılımı **b)** SCUBA verileri .... üzerinden hesaplanan biyokütle sonuçları ve dağılımı (BLA;  $g/m^2$ ) .. 93
- Şekil 4.31. Tüm veriler birleştirilerek *Posidonia oceanica*'nın akustik metotla . elde edilen verilerinin VBT üzerinden hesaplanan biyokütle ..... sonuçlarının dağılımı (BLA;  $g/m^2$ ) ..... 95
- Şekil 4.32. Tüm veriler birleştirilerek *Posidonia oceanica*'nın akustik metotla . elde edilen verilerinin VBT üzerinden hesaplanan biyokütle ..... sonuçlarının dağılımı büyütülmüş hali (BLA;  $g/m^2$ ) ..... 96



Şekil 4.33. Tüm veriler birleştirilerek <i>P. oceanica</i> 'nın akustik metotla elde edilen verilerinin VBT üzerinden hesaplanan biyokütle sonuçlarının hatlar üzerindeki dağılımı (BLA; g/m <sup>2</sup> ) ve örnekleme istasyonları ... (Kırmızı: Temmuz, Pembe: Kasım/Aralık, Yeşil: Ocak, Cyan: Mart, Mavi: Nisan/Mayıs, Sarı: Ağustos).....	97
Şekil 4.34. <b>a)</b> Visual Acquisition 6.1 programında, dip üstünde <i>Posidonia</i> olduğu tespit edilen bir noktadaki (bir pingteki) ekran görüntüsü, <b>b)</b> Aynı ping'e karşılık gelen noktanın VBT üzerinden yapılan kalibrasyonun ekran görüntüsü (mavi- kaba kum, yeşil- ince kum, kırmızı- kayalık ve/veya <i>Posidonia</i> ile kaplı kayalık, bordo- kaba çamur ve mor- daha derin sularda bulunan ince çamur), <b>c)</b> Visual Acquisition 6.1 programında, dip üstünde <i>Posidonia</i> olduğu tespit edilen bir noktadaki Fractal Dimension metodunda dip yapısının sinyal analizi, <b>d)</b> Aynı pingten elde edilen sonucun özet rapor görüntüsü.....	100
Şekil 4.35. Akustik ölçümeden elde edilen çalışma alanının batimetrisi .....	101
Şekil 4.36. Temmuz 2011 döneminde VBT ile elde edilen dip yapısı sonuçlarının hat üzerindeki dağılımları.....	102
Şekil 4.37. Kasım/Aralık 2011 dönemi VBT ile elde edilen dip yapısı sonuçlarının hat üzerindeki dağılımları.....	104
Şekil 4.38. Ocak 2012 döneminde VBT ile elde edilen dip yapısı sonuçlarının hat üzerindeki dağılımları .....	105
Şekil 4.39. Mart 2012 döneminde VBT ile elde edilen dip yapısı sonuçlarının hat üzerindeki dağılımları .....	107
Şekil 4.40. Nisan/Mayıs 2012 döneminde VBT ile elde edilen dip yapısı sonuçlarının hat üzerindeki dağılımları.....	108
Şekil 4.41. Ağustos 2012 döneminde VBT ile elde edilen dip yapısı sonuçlarının hat üzerindeki dağılımları.....	110
Şekil 4.42. Tüm aylarda VBT ile yapılmış dip tayini ve sınıflaması sonuçlarının birleştirilmiş hali .....	111
Şekil 4.43. <i>Posidonia oceanica</i> 'nın su derinliğine göre tahmin edilen biyokütle miktarlarının %95'lik güvenilirlik sınırları içerisindeki farklılığı (Tukey's LSD Post-hoc testi) .....	112
Şekil 4.44. <i>Posidonia oceanica</i> 'nın tahmin edilen biyokütle miktarının %95'lik güvenilirlik sınırları içerisinde mevsimlere göre farklılığı (Tukey's LSD Post-hoc testi). .....	113

Şekil 4.45. Biyokütle miktarlarının mevsimlere göre derinlik değişiminin ..... %95’lik güvenirlilik sınırları içerisindeki farklılığı (Tukey’s LSD ..... Post-hoc testi).....	114
Şekil 5.1. <b>a)</b> Referans derinlikte (D0) aynı sediment tipinde bir kaynağın ..... ensonifying (akustik sinyalin hacmi). Derin (D1) ve kıyı derinlik ..... (D2) için spesifik bir açı (q). Derinlik artışıyla pingin ilk çarptığı ..... dip (LE(t0)’in ön kenarı (Leading Edge (LE)), ve zamanla ..... ensonify’a göre aldığı yol (LE(t1)) gösterilmiştir. Örneğin; ..... LE(t0)’dan LE(t1)’e geçen zaman (t1) > zaman (t0)’dır. <b>b)</b> Sabit ..... örnekleme penceresi içerisinde aynı dip örneğinde farklı ..... derinliklerden gelen eko şeklinin gösterimi (Dommise vd 2015) .....	123
Şekil 5.2. <i>Posidonia oceanica</i> : Aylara göre akustik enerji katsayısı (sa) – yaprak alan üzerinden hesaplanmış biyokütle (LABio)’nin kesişme değeri ... a’nın %95’lik güvenirlilik sınırları içerisindeki farklılığı (Tukey’s ..... LSD Post-hoc testi).....	125
Şekil 5.3. Calvi Körfezi (kuzeybatı Akdeniz)’nde <i>P.oceanica</i> ’nın yaprak ..... biyokütlesinin mevsimsel ve derinliğe bağlı dağılım grafiği (Elkalay vd 2003).....	130
Şekil 5.4. Calvi Körfezi (kuzeybatı Akdeniz)’nde <i>P. oceanica</i> ’nın yaprak ..... biyokütlesinin mevsimsel ve derinliğe bağlı <b>a)</b> 10 m, <b>b)</b> 30 m ..... dağılım grafiği (Bay 1984).....	131
Şekil 5.5. Temmuz dönemi “SheatFinder” algortiması ile akustik veri ..... üzerinden Antalya Körfezi’nde dağılım gösteren <i>P. oceanica</i> ’nın ..... biyokütleye bağlı dağılım haritası (Mutlu vd 2014).....	131
Şekil 5.6. Nisan/Mayıs dönemi “SheatFinder” algortiması ile akustik veri ..... üzerinden Antalya Körfezi’nde dağılım gösteren <i>P. oceanica</i> ’nın ..... biyokütleye bağlı dağılım haritası (Mutlu vd 2014).....	132
Şekil 5.7. Ağustos dönemi “SheatFinder” ile akustik veri üzerinden Antalya .... Körfezi’nde dağılım gösteren <i>P. oceanica</i> ’nın biyokütleye bağlı ..... dağılım haritası (Mutlu vd 2014).....	132
Şekil 5.8. <i>Posidonia oceanica</i> ’nın 10 m derinlikteki yaprak biyokütlesinin ..... aylık ortalama değerleri (kuzeybatı Akdeniz, Revellata Körfezi, ..... Corsica) .....	133
Şekil 5.9. Her shoot için (yapraklar ve yaprak kılıfları dâhil) biyokütlenin ..... mevsimsel değişimi .....	134
Şekil 5.10. Kasım/Aralık döneminde “SheatFinder” ile akustik veri üzerinden . Antalya Körfezi’nde dağılım gösteren <i>P. oceanica</i> ’nın biyokütleye .. bağlı dağılım haritası (Mutlu vd 2014).....	134

Şekil 5.11. Ocak döneminde “SheatFinder” ile akustik veri üzerinden Antalya . Körfezi’nde dağılım gösteren <i>P. oceanica</i> ’nın biyokütleyle bağlı .....	135
Şekil 5.12. Mart dönemi “SheatFinder” ile akustik veri üzerinden Antalya .....	136
Şekil 5.13. Temmuz 2011 döneminde “SheatFinder” algoritmasıyla elde .....	140
Şekil 5.14. Nisan/Mayıs 2011 döneminde “SheatFinder” algoritmasıyla elde ....	140
Şekil 5.15. Ağustos 2011 döneminde “SheatFinder” algoritmasıyla elde edilen	141
Şekil 5.16. Kasım/Aralık 2011 döneminde “SheatFinder” algoritmasıyla elde ..	141
Şekil 5.17. Ocak 2012 döneminde “SheatFinder” algoritmasıyla elde edilen .....	142
Şekil 5.18. Mart 2012 döneminde “SheatFinder” algoritmasıyla elde edilen .....	142
Şekil 5.19. Antalya Körfezi’nde yaşayan <i>P. oceanica</i> ’nın VBT ve EcoSAV .....	143
Şekil 5.20. <i>P. oceanica</i> çayırlarının vejetasyon yüksekliğinin (m) mevsimsel ...	144
Şekil 6.1. Çalışma döneminde SST değerlerinin haritada gösterimi .....	148
Şekil 6.2. SSS ( <a href="http://gnoo.bo.ingv.it/mfs/B4G_indicators/SSS.htm">http://gnoo.bo.ingv.it/mfs/B4G_indicators/SSS.htm</a> ) .....	149

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1.EcoSAV program parametrelerinin konfigürasyon ayarları .....	51
Çizelge 4.2.VBT program parametrelerinin konfigürasyon ayarları .....	67
Çizelge 4.3. <i>Posidonia oceanica</i> 'nın yaprak ağırlığı (W) – yaprak alan (LA) ..... ilişkinin mevsimlere göre ANCOVA test tablosu .....	71
Çizelge 4.4. <i>Posidonia oceanica</i> 'nın yaprak ağırlığı (W) - yaprak alan (LA)'nın ilişkinin regresyon denklemindeki kesişme değeri a ( $\text{Log}_{10}$ ..... alınmıştır) ve eğim b değerlerinin mevsimlere göre tahmin tablosu ....	71
Çizelge 4.5. <i>Posidonia oceanica</i> 'nın yaprak ağırlığının (W) - yaprak alanı (LA) arasında elde edilen regresyon denkleminin su derinliğine bağlı ..... olarak farklılığının ANCOVA metodu ile test tablosu.....	74
Çizelge 4.6. <i>Posidonia oceanica</i> 'nın yaprak ağırlığı ile yaprak alanı arasında .... ilişkinin regresyon sabitlerinin derinliklere göre tahmini $a=\text{Log}_{10}(a)$ ..	75
Çizelge 4.7.VBT program parametrelerinin konfigürasyon ayarları .....	98
Çizelge 4.8. <i>Posidonia oceanica</i> 'nın elde edilen biyokütle miktarının su ..... derinliğine ve mevsime bağlı olarak farklılığının ANOVA metodu ... ile test tablosu .....	112
Çizelge 5.1.Akustik enerji katsayısı (sa) – yaprak alan üzerinden hesaplanan .... biyokütle (LABio; $\text{g}/\text{m}^2$ ) arasındaki ilişkinin mevsimlere göre ..... ANCOVA test tablosu .....	125

## 1. GİRİŞ

### 1.1. *Posidonia oceanica* Hakkında Genel Bilgi

Deniz çayırları sıklıkla çevresel değişikliğin açıkça algılandığı geçişler boyunca meydana gelen heterojen çevrelerde, derinlik boyunca eğimin olduğu ve/veya eğilimlere maruz kaldığı yerlerde koloni oluştururlar. Bu eğimlerin (gradyentlerin) pek çoğunun içerdiği değişiklikler, deniz çayırları için büyüme koşullarını oluşturmada ve onların bolluğunu etkilemektedir. Bu bilgiler deniz çayırlarının bolluk ve dağılımlarının tanımlanmasında önemli bir faktör olarak karşımıza çıkmaktadır. Deniz çayırlarının dağılımı derinlik artışıyla beraber tipik bir parabolik desen gösterir ki, en derin olan üst sınırlara doğru düşük bolluk, orta derinliklerde maximum bollukta artış, sonrasında ise katlanarak azalır (Duarte 1991). Bu özellikler incelendiğinde; denizlerde bulunan bu çayırlar infralittoral seviyenin bir özelliği olduğu ve bu seviyede koloniler kurmayı tercih ederler (United Nations Environment Programme 2001).

Akdeniz’de deniz fanerogamlarının lepidokronolojik analizine göre 1983–1992 yılları arasında 22 noktada (Corsica, Fransa, İtalya, Sardinia ve Türkiye) yedi türünün olduğu bildirilmiştir (Pergent-Martini vd 1994, Short ve Neckles 1998, Spalding vd 2003). En yaygın türlerden ilki *Posidonia* genusuna ait olup, dokuz türü bilinmektedir. Littoral alanda geniş çayırlar oluşturan ve bentik biyotayı çok büyük ölçüde etkileyen bu genusun Akdeniz’de bulunan son türü ise *Posidonia oceanica*’dır (Kuo ve Den Hartog 2000). Bu nedenle Akdeniz’in dominant endemik türüdür (Procaccini vd 2003). *P. oceanica* çayırlarının maksimum batimetrik genişliği (veya en düşük seviyesi) 30–50 metre derinlikteki temiz sulardır ve deniz tabanının yaklaşık % 20-25’ni, 37.000 km<sup>2</sup> alanı kaplayabilmektedir (Pasqualini vd 1998, Boudouresque vd 2006, Pergent-Martini 2013).

Genel özellikleri incelendiğinde; yaprakları şerit benzeri yapıda 1 cm genişliğinde en fazla 1 m uzunluğunda olup (Buia vd 2004), bitki sert yatay ve dikey rizomları ile karakterize edilir. Ürettiği meyvesi “denizlerin zeytini” olarak bilinir (Mezcua 2012). *P. oceanica* sonbaharda (Eylül-Kasım) çiçeklenir. Çiçekleri hermafroditir. 4-10 adet çiçek, 10-30 cm uzunluğundaki bir sap üzerinde grup oluştururlar. Fakat her yıl açmaz, özellikle soğuk sularla bağlantılı olarak gelişim gösterir. Akdeniz’de bazı yıllarda yıl boyunca yoğun çiçeklenme gösterdiği, 1971, 1982, 1993, 1997, 2003 yıllarında yapılan çalışmalarla sunulmuştur (Giraud 1977c, Boudouresque ve Meinesz 1982, Mazzella vd 1983, 1984, Caye vd Meinesz 1984, Pergent vd 1985, Thelin ve Boudouresque 1985, Pergent vd 1989a, Acunto vd 1996, Piazzini vd 1999, Gobert vd 2005). Fakat çiçeklenmenin yüksek yaz sıcaklığında ve Ekim’de sıcaklığın 20°C üzerine çıktığı zamanlarda da meydana geldiği rapor edilmiştir (Caye ve Meinesz 1984, Thelin ve Boudouresque 1985, Pergent vd 1989a, Stoppelli ve Peirano 1996). Tüm rizom kütleleri, sheath, kökler ve aralarına sediment ve/veya tortu birikmesiyle “mat” adı verilen kompoz bir yapı oluştururlar. Rizomlar, kökler ve kılıf (sheath)’lar uzun zaman sonra bile çürüyebilen maddeler değildir; bu nedenle yıllarca hatta yüzyıllarca bu şekilde “mat” içerisinde muhafaza edilirler (Boudouresque vd 1980d, Boudouresque ve Jeudy de Grissac 1983). Böylece bu mat resiflerinde kök sistemlerinin bir topluluğu olan eski bitkiye ait rizomlar, sediment içinde büyüyebilir (Ballesta vd 2000). Eski yapraklar ilkbahar rüzgârları boyunca yaşlanır ve rizomlarından ayrılırlar (Mateo vd 2003).

Ortalama yaprak uzunluğu mevsimsel olarak değişir, sağlıklı bir çayırken zaman içerisinde yoğunluğunda azalmalar meydana gelebilir (Gacia ve Duarte 2001). *Posidonia oceanica*'nın yoğunluğu kıyıda uzaklaştıkça derinliğin artmasıyla beraber azalarak değişim göstermektedir. Mutlu vd (2014)'nin çalışmalarında da belirttikleri üzere Anamur Burnu'nda yapılan bir çalışmada (Gücü kişisel iletişim), *Posidonia oceanica*'nın 20 – 25 m derinliğe kadar lineer bir azalma gösterdiği, sonraki derinliklerde ise seyrelmenin yavaşlayarak azaldığı gözlenmiştir. Fakat derinlik ve yoğunluk değişimi ile yaprak boyları arasında her ne kadar net bir ilişki olmadığı gözükse de, uzun yaprakların daha çok 10 – 20 m derinlikler arasında bulunduğu ve yoğunlukla beraber, yaprak uzunluklarının da arttığı görülmüştür. Beş ayrı istasyonda yapılan bu çalışmada deniz çayırlarının maksimum görülme derinliği 20 – 32 m arasında kaydedilmiştir. Benzer yoğunluk azalması İspanya kıyılarından da bildirilmiştir (Marba vd 2002).

*P. oceanica* çayırları sığ sularda genellikle yamalı dağılım (patchy) gösterirler ve dip sularda ağsı bir yapı oluşturarak çayır alt sınırına kadar devam ederler, sonra tekrar yamalı dağılım göstererek devam ederler (Borg vd 2005). Buia vd (2004)'na göre temiz açık su koşullarında 50 m derinliğine kadar yayılabilenleri kayıt edilmiştir. *Posidonia* kolonileri substratın farklı tiplerinde yaşayabilir: kumlu yataklar (De Falco vd 2000, Lasagna vd 2006) ve/veya kayalık-sert kıyılarda (Cancemi vd 2000).

Deniz çayırları arasında en büyük bitki olan *P. oceanica*, sürgün başına en çok yaprak, en geniş yaprak yüzeyi, Yaprak Alan İndeksi (LAI) ve en fazla sürgün biyokütlesine sahip olup ( $1895.9 \pm 180.2$  g kuru ağırlık \*m<sup>-2</sup>)'dir. Benzer şekilde, sürgün yoğunluğu, yaprak yüzeyi, Yaprak Alan İndeksi (LAI) ve sürgün ağırlığı gibi diğer özellikler, mevsimsel olarak diğer deniz çayırlarına göre *P. oceanica*'da daha az farklılık göstermekte iken, yaprak uzunluğu *P. oceanica*'da en yüksek mevsimsel değişimi göstermektedir (Guidetti vd 2002).

Yaşadığı ortam şartları meristik karakterlerinde ufak değişikliklere neden olsa da, yapısal özellikleri ve yaprak biyometrisi incelendiğinde genel olarak; yaprak sayısı 5–8 arası olan *P. oceanica*'nın, yaprak ömürleri 8–13 aydır. Yaprak uzunluğu 40–140 cm ve eni 7–10 mm arasında değişir. Yaprak kırılmalarının olduğu sonbaharda genelde Ekim'de kısa yapraklar gözlenirken, üremeye hazır uzun yapraklar Mayıs ve Ağustos ayları arasında gözlenir. Yaprak ömürleri 295 gün iken sürgün ömürleri 4373 gündür (Borum vd 2004). Eşsiz üremeye yatay büyüme, matın deniz dibinde yayılımı şeklinde olup, büyüme hızı yılda 3–10 cm kadardır (Marbà ve Duarte 1998). Yıl boyunca yaprakları düşer (Pergent ve Pergent-Martini 1990) ve genelde yazın tuzluluk değişimi ile yaprak ölümleri olur ve sonbaharda yapraklar düşer (Boudouresque ve Meinesz 1982, Díaz-Almela ve Duarte 2008).

*P. oceanica* için, optimum koşullarda eşeyli üreme Ağustos-Kasım ayları arasında gerçekleşir. Ağustos-Ekim aylarında 3-5 adet çiçek oluşumu meydana gelir (Harrisson 1993) ve Kasım ayı itibarıyla meyveler olgunlaşmaya başlar. Olgunlaşan meyveler ilkbahar aylarında kopup suda dağılır.

Minimum % 33 ve maksimum % 39 tuzluluk aralığında yaşadığı kaydedilse de, farklı denizlerde oldukça değişken koşullarda yaşayabildiği de bildirilmiştir (Ege Denizi'nde % 35: Beşiktepe 2003, Díaz-Almela ve Duarte 2008, Marmara Denizi'nde %

20-29: Meinesz vd 2009). Sıcaklık aralığı ise 11-29 °C olarak kaydedilmiştir (Cinelli vd 1995). Bu durum, türün tuzlu ve temiz sularda yaşayabilmesi bakımından önemli bir özelliğidir. Minimum ışık ihtiyacı 0.1 - 2.8 mol PAR foton gün<sup>-1</sup> m<sup>-2</sup>, % 4.5 (Díaz-Almela ve Duarte 2008). Çok farklı substratumlarda yer alırken gevrek organik maddece zengin substratların olduğu berrak suları tercih ederler. Genellikle epifitik organizmlar olarak mikroskobik ototrof bitkileri ve bryzoa, ascidian ve hydrozoidleri konuk ederler.

*P. oceanica* çayırlarının deniz kıyı ekosistemi içerisindeki rolü çoğunlukla karasal sistemdeki eşleniği olan ormanlarla kıyaslanır. 0-50 m derinliğinde deniz yatağının % 20-25'ni oluşturduğunu göz önünde bulundurursak, Akdeniz kıyı suları için önemli bir zenginliktir. Sadece temiz sularda yaşaması nedeniyle deniz sağlığının bir ölçüsü olarak “iyi bir indikatör organizma” olarak tanımlanmasına neden olmuştur ve UNESCO tarafından “ekosistemde pek çok faydası olarak tanındığı” ifade edilmiştir (Mezcua 2012).

## 1.2. *Posidonia oceanica*'nın Önemi

Tropikal kıyılar boyunca dağılım gösteren bu deniz çiçekli bitkilerinin, kıyı ekosistemi içerisinde temel ekolojik, jeolojik, biyolojik ve ekonomik rolleri vardır (Spalding vd 2003):

1. Majör ekolojik rollere sahip çok önemli Akdeniz kıyı ekosistemini oluştururlar. Birbirine karışmış dikey ve yatay büyüyen rizomların arasında biriken tortular ile sedimentin kaynaşması sonucu “mat” adı verilen bir yapı inşa ederler. Öyle ki; bu yapı besin zincirinde çok önemli yer tutar (Francour vd 2006).
2. Biyoçeşitliliğin bir kutbu olup, Akdeniz türlerinin % 20-25'inin barınması, ekonomik açıdan önemli türlerin üremesinin teşviki (yumurtlama alanları ve bakımı için) (Boudouresque ve Meinesz 1982) gibi biyo-ekolojik roller üstlenirler. Yüksek primer üreticiler olup, her yıl metrekarede 130 ila 1280 g arasında değişen kuru ağırlık (yılda 2 ila 10 ton/hektar) üretimine sahiptirler (Pergent-Martini vd 1994). Bu miktar herbivorlar tarafından doğrudan üretilen primer üretimin (% 3-10)'nu oluştururlar. Aynı zamanda bu yönüyle diğer deniz çayırları sistemlerinden de daha çok üreticilerdir (Duarte ve Chiscano 1999). Bu üretim, hem büyümede kullanılır hem de sedimanla tampon olarak kumsalların üzerinde depolanır. Daha sonradan sirkalittoral seviyedeki ve kıta sahanlığı yeterince dar büyük derinliklerdeki organizmalar için, önemli gıda kaynağı olarak nutrient döngüsünde de yer alırlar.
3. Deniz yatağının stabilizasyonunun bir parçası olarak, kabarmasını ve dalgalanmasını yavaşlatır ve sedimente partiküllerinin depolanmasını sağlayarak özellikle “mat” oluşturmasıyla önemli jeolojik roller üstlenirler (Boudouresque ve Meinesz 1982, López vd 2016). Özellikle hidrodinamiği düzenleyerek, kıyı dengesinin korunmasına yardımcı olmak suretiyle doğal bir bariyer yaratırlar (Clarke ve Kirkman 1989, Montefalcone 2009).

4. Kıyı çevrelerde balık stok yönetiminin bir parçasıdır. Büyük miktarlardaki hayvan türleri için beslenme, korunma ve barınma alanları da oluşturarak önemli biyo-ekonomik roller üstlenirler (Boudouresque ve Meinesz 1982). Ayrıca oksijen üretimiyle de *P. oceanica* çayırları, fotosentezle suyun oksijenlenmesi için önemli bir faktördür. Bu nedenle denizlerimizin akciğerleri olarak kabul edilirler (Prado vd 2010). Günlük metrekarede 4 - 20 litre oksijen üretmektedir. Üretilen bu oksijenden bir kısmı sonradan Dünya atmosferine yayılır (Mezcua 2012). Örneğin, Corsica (İtalya)'da 10 metre derinlikte deniz çayırlarının 10 metrede metrekarede verdiği oksijen miktarı 14 litre/gün olarak kaydedilmiştir (Boudouresque ve Meinesz 1982, Boudouresque vd 2006).

Uzun ömürlü, vejetasyon büyümesi yavaş, sporodik eşeyli üremeye sahip ve düşük genetik çeşitlilik gösteren bir tür olan *Posidonia oceanica* (Buia ve Mazella 1991, Buia vd 1992, Mateo vd 1997, Procaccini ve Mazzella 1998), indikatör organizma olarak 3 seviyede çalışır (Montefalcone 2009):

► Büyüme koşulları ve statüsü hakkında önemli bilgilerin sağlandığı, bitki fenolojisini yansıtan kısım (özellikle yaprak biyometrisi) “bireysel seviye” (Buia vd 2004, [Leoni vd 2006](#), [Marbà vd 2006](#)),

► Çevresel koşulların karakteristik izlerini temsil ettiği, çayır karakterini (örneğin, yoğunluk ve/veya örtüsü) ve morfolojisini (geriye giden yapıların varlığı gibi: ölü mat, matlar arası kanal vs.) yansıttığı kısım “popülasyon seviyesi” (Pergent vd 1995, Montefalcone vd 2008)

► Çevresel değişikliklere benzer şekilde duyarlı flora ve faunayla ortak (özellikle yaprak epifitleri) olduğu ve özelliklerini yansıttığı kısım “kommunité seviyesi” dir (Ruiz vd 2001, Cancemi vd 2003, Balata vd 2007).

Bu derece öneme sahip *Posidonia oceanica* çayırlarında özellikle 20. yüzyıl boyunca önemli oranda gerileme kaydedilmiştir. Özellikle büyük kent merkezleri ve liman civarlarında yoğunlaştığı yapılan çalışmalarla sunulmuştur (Peres ve Picard 1975, Boudouresque ve Meinesz 1982, Peres 1984, Boudouresque 1996, 2003, Romero 2004b, Sous-Weiss vd 2004).

### 1.3. *Posidonia oceanica*'nın Azalmasının Nedenleri

*P. oceanica* popülasyonundaki azalışın nedenleri arasında; yavaş büyüyen vejetasyon üzerinde trollerden gelen mekanik hasarlar, tekne demirleme (Milazzo vd 2004, Montefalcone vd 2008), kıyı gelişimi, ötrofikasyon ve kirliliğin diğer formları (Balestri vd 2004, Orth vd 2006, Burkholder vd 2007), akuakültür (Pergent-Martini vd 2006, Apostolaki vd 2009), insana bağlı olarak hidrolojik rejim modifikasyonları ve littoral taşınım (Ruiz ve Romero 2003), iklim değişikliği (Short ve Neckles 1998, Duarte vd 2008), hayatta kalan kılıflarının (sheath) üzerindeki yüksek sıcaklığa bağlı şok etkilerinin artan etkisi (Duarte 2002, Marbà ve Duarte 2010) sayılabilir. Fakat bir konu şüphesizdir ki; insan faaliyetlerinin (turizm etkisindeki artış, yerleşik nüfus büyüme



etkileri, tarım, deniz tarımı vs.) neden olduğu antropojenik gücün olumsuz etkilerinin daha yüksek olduğu aşikârdır (Björk vd 2008, Marbà vd 1996, Ramade 1990).

Yakın zamanda yapılan çalışmalar, dağılım alanında bozulma ve azalmaların son 50 yılda % 34 seviyesinde olduğunu göstermiştir (Telesca vd 2015). Elbette ki mevcut veriler hala yetersiz olmakla beraber, oldukça yavaş büyüyen türün yok olan yerlerde tekrar yenilenmesi, yerlerini yeniden almaları uzun bir zaman gerektirdiği için bu yerlerin korunması, durum takibinin yapılması gereklidir.

#### 1.4. *Posidonia oceanica*'nın Durumunun İzlenmesi ve Takip Edilmesi

Ekosistem yaklaşımları içerisinde *Posidonia oceanica* çayırlarını da içeren Bern Sözleşmesiyle (Convention on the conservation of European wildlife and natural habitats, 1979) resmi olarak koruma altına alınmıştır (Boudouresque 1996, Platini 2000, Francour vd 2006). Akvatik sistemlerin çevresel sağlığının izlenmesinde biyo-indikator organizma olarak tanınmış ve Avrupa Birliği tarafından korunması gerektiği kararı alınmıştır. Deniz çevresi kalitesinin ekolojik olarak yeniden kurtarılması için yeni stratejiler ve projeler geliştirilmiş, kampanyalar yürütülmüştür. Bu amaçlara en kısa yoldan ulaşmak için de Su Çerçeve Direktifi (Water Framework Directive (WFD)) kurulmuştur ve üye devletler tarafından *Posidonia oceanica*'nın korunması, izlenmesi, geliştirilmesine yönelik politikaların temeli atılmıştır.

WFD'nin ana hedefi, 2015 yılında en azından bütün Avrupa suları için "iyi su statüsü"nü almayı başarmak olmuştur. Buna göre her su kütlelerinin durumunun değerlendirilmesi, bazı organizmalar ve/veya insan baskısına duyarlı organizma gruplarının kullanımına dayanmaktadır. Bu statüye sahip türlerin listesinde yer alanlardan biri de *P. oceanica*'dır (Foden ve Brazier 2007). Bu bakımdan da *P. oceanica* türü Akdeniz alanı için biyo-indikatör olarak seçilen bir türdür (Augier 1985, Pergent 1991, Pergent-Martini ve Pergent 2000, Bhattacharya vd 2003, Med-GIG, 2007). *Posidonia oceanica* "IUCN Red Listes Tehlike Altında Olan Türler Listesi" altında yerini almış (Boudouresque vd 1990, Pergent 1991, EC 1992, Gobert vd 2009, IUCN 2016) ve 2016'ya göre de (Least Concern, Lc) sınıflandırmasına tabii olmuştur. Bu önemle dünya çapında da farklı hükümet ve kurumlar tarafından koruma altına alınmıştır. Örneğin;

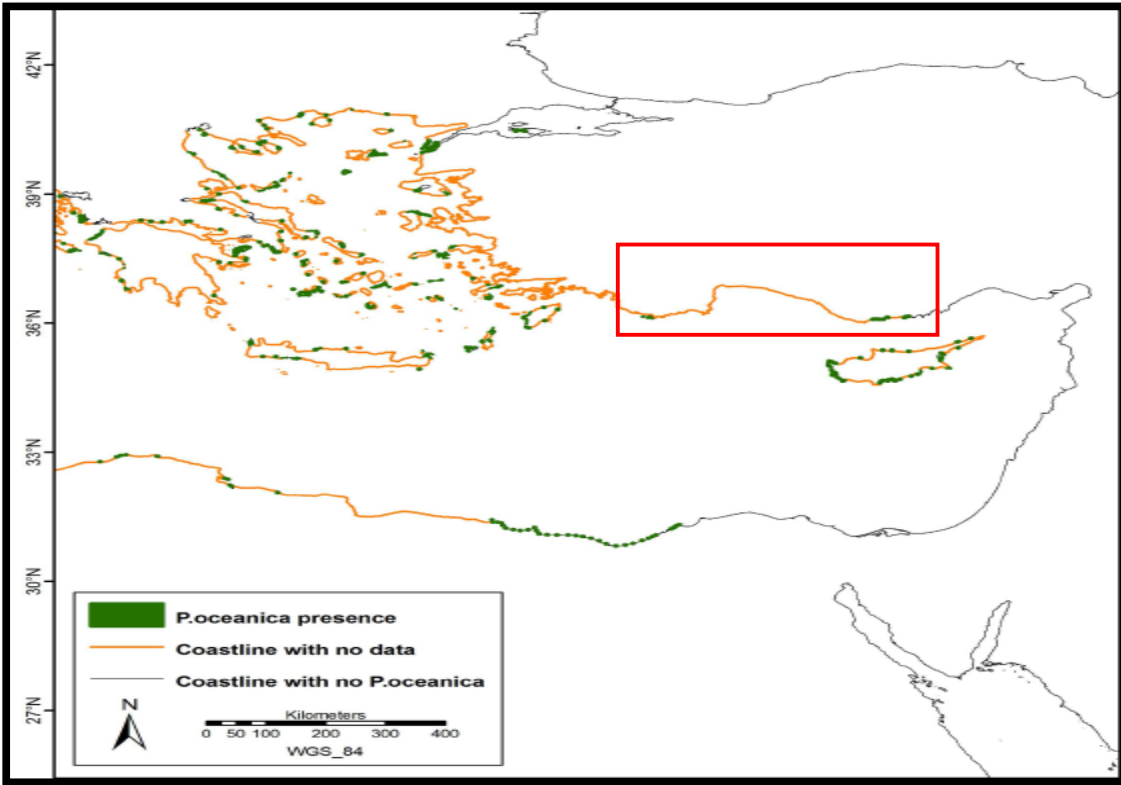
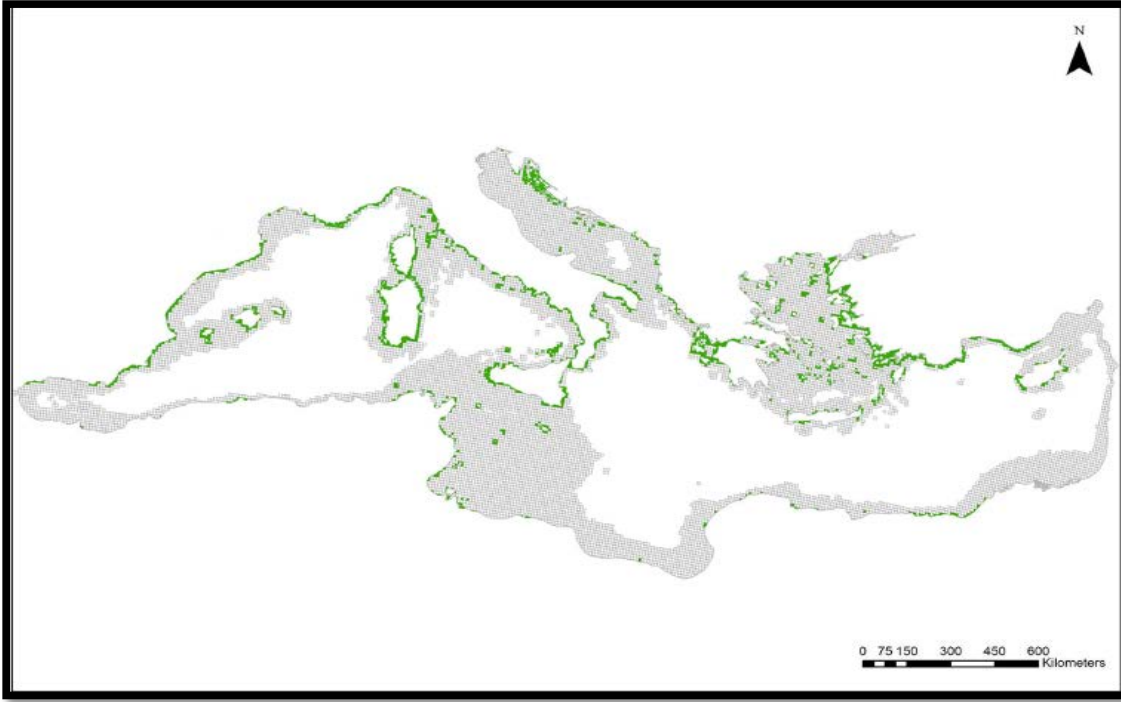
- ♣ Avustralya Hükümetleri Su Reformu Çerçeve Konseyi (Council of Australian Governments Water Reform Framework) 1994,
- ♣ Yeni Zelanda Su Çerçeve Direktifi 2000/60/EC sayılı, Avrupa Birliği (New Zealand, Water Framework Directive 2000/60/EC, European Union),
- ♣ AB mevzuatı (Habitat Direktifi),
- ♣ Bern ve Barselona Sözleşmeleri ile bazı ulusal mevzuatlar tarafından korunmaktadır.

Türkiye kıyılarından da kaydı verilen türün, Doğu Akdeniz (Levanten) ekosistemi içerisinde yer alan birkaç noktada türün dağılım gösterdiği tespit edilmiştir (Şekil 1). Mevcut olan ve erişilebilen kayıtlar içerisinde Giakoumi vd (2013)'nin yapılan çalışmalardan derledikleri bilgiler ve araştırmacıların kendi gözlemleri neticesinde, *P. oceanica*'nın dağılım gösterdiği yerleri 10 X 10 km'lik gridler çizerek haritada göstermişlerdir. Türün dağılımında Doğu Akdeniz'in Türkiye kıyılarında sadece birkaç noktada dağılımını vererek yeşil renk ile işaretlenmiştir (Şekil 1a). Bu çalışmadan sonra

Telesca vd (2015)'nin benzer şekilde yapılan çalışmalardan derledikleri raporda (Şekil 1b) ise, Akdeniz Bölgesi'nde *P. oceanica* türünün dağılım gösterdiği alanları, yapılan bilimsel çalışmalardan derledikleri doğrultusunda dağılımını vermiş ve var olan yerleri yeşil renk ile işaretlemişlerdir. Şekil 1b'de de gösterildiği gibi kırmızı daire içerisinde *P. oceanica*'nın dağılım gösterdiği alanları işaret etmektedir. Türün dağılımı Türkiye kıyı sularında kesin sınırlar ile bu çalışmada 36°09'12" N, 33°26'39" E olarak belirtilmiştir. Güney Türkiye kıyıları boyunca sadece ulaşılabilen 2 rapor sonucuna göre *P. oceanica*'nın Mersin Körfezi ve civarında kaydı verilmiştir (Cirik 1991, Gucu ve Gucu 2002). Bu raporlarda türün artık mevcut olmadığını ve çayırların Levanten Havzasında kesin bir sınırla bittiği bildirilmiştir (Gucu ve Gucu 2002). Ancak türün yayılım alanlarının genişlediği, dalışlardan elde edilen gözlemlere dayalı olarak gerçekleştirilen Giakoumi vd (2013)'nin çalışmalarında da açıkça görülmektedir. Levanten Havzası'nın bir başka kesimi olan Antalya Körfezi'nde gerçekleştirilen bir başka çalışmada da (Mutlu vd 2014) akustik sistemle yerinde doğrulama tekniğiyle entegre olarak gerçekleştirdikleri çalışmada, türün 3 ayrı noktada dağılım gösterdiğini kaydetmişlerdir. Bu sonuçlara bakıldığında, türün Doğu Akdeniz Türkiye kıyılarındaki dağılımına ilişkin hala önemli boşlukların olduğu ve yapılan çalışmaların yetersiz kaldığı açıkça görülmektedir.

Telesca vd (2015)'nin derledikleri çalışmalarında önemle vurgu yapılan bir nokta var ki, Türkiye'nin güney kıyıları boyunca ortalama sıcaklığın doğudan batıya doğru gittikçe azaldığı ve biraz daha ılık olduğu bildirilmiştir. Yani, su kolonundaki sıcaklık değişim aralığının 30 m ve yukarısı için, yapılan ölçümlere göre ortalama sıcaklığın, batı bölgeye nazaran doğu bölgede biraz daha sıcak olduğu (Pèrès 1984), batı bölgelerdeki maksimum sıcaklığın (sırasıyla 27–29 °C ve 23–28 °C) olduğu yapılan bir başka çalışmayla da ortaya konmuştur (Celebi vd 2006, Celebi vd 2007). Hatta bu profil dikkate alındığında doğu ve batı taraf için sıcaklık aralığının ayırıcı noktasının yaklaşık olarak 27.5 °C civarında olduğu ve bu sıcaklığın Levanten Denizi'nde *P. oceanica* büyümesinde sınırlayıcı etken olarak görüldüğü kaydedilmiştir. Ancak bu tez çalışmanın verilerinin toplandığı çalışmada alınan ölçüm sonuçlarına göre, *P. oceanica*'nın yaşadığı yerlerdeki sıcaklık değeri 28,4 °C olarak ölçülmüştür ve bu değer maksimum tolere edilebilir sıcaklık sınırı olduğu, dolayısıyla Levanten havzasında *P. oceanica*'nın büyümesinde maksimum sıcaklık olabileceği not edilmiştir. Benzer şekilde *P. oceanica*'nın büyümesini ve yayılımını etkileyen bir diğer faktör olarak tuzluluğun etkisi de yapılan bazı çalışmalarla ortaya konulmuştur.

*P. oceanica* stenohalin olarak tabir edilen, yani yüksek tuzlulukta yaşayabilen, tuzu seven manasına gelen bir bitki türüdür. Genel olarak yaşam olanı bakımından tuzlu ve temiz suları tercih eder ve yaşayabileceği tuzluluk aralığı ‰ 36.5 ila 39.5 olarak belirtilmiştir (Ramirez vd 2005). Bu konuda yapılan çalışmalar incelendiğinde, özellikle sıcaklığın yanında tuzluluğun deniz çayırının karakteristiğinde, üretiminde ve dağılımını etkileyen kritik bir faktör olduğu yapılan bir takım çalışmalarla ortaya konmuştur (McMillan ve Moseley 1967, Zieman 1974, Walker ve McComb 1990, Vermaat vd 2000, Fernández-Torquemada ve Sánchez-Lizaso 2005). Ancak deniz çayırlarının tuzluluk değişimine karşı gösterdikleri tolerans üzerine ulaşılabilen çok az deneysel çalışma mevcuttur. Bunların pek çoğu düşük tuzlulukta verdiği cevaba odaklanmıştır (Drysdale ve Barbour 1975, Pinnerup 1980, Benjamin vd 1999, Hellblom ve Björk 1999, van Katwijk vd 1999, Vermaat vd 2000). Bu çalışmaların kiminde, *P. oceanica*'nın tuzluluk artışına karşı oldukça hassas olduğu bildirilmiş ve tuzluluk değerinin genel olarak ‰ 39.1



Şekil 1.1 a) Doğu Akdeniz’de *P. oceanica*’nın dağılımının detayları (Giakoumi vd 2013),  
b) (Telesca vd 2015)

ve üstü olması halinde, bitkide ölmelerin başladığını not etmişlerdir. Hatta *P. oceanica*'nın tuzluluk artışıyla beraber, önem derecesinde yaprak büyümesinin düştüğünü not etmişlerdir (Marín-Guirao vd 2011, Sandoval-Gil vd 2012a). Ancak bahsi geçen % 39.1 ve % 38.4 arasındaki tuzluluk değerleri, Batı Akdeniz için türün tolerans sınırı olarak belirlenirken, Doğu Akdeniz'de daha yüksek tuzluluk eşik seviyesi (threshold) olabileceği (Sánchez-Lizaso vd 2008)'in yaptıkları çalışmalarında vurgulanmıştır.

Aynı bulgu Celebi vd (2006) tarafından da ortaya konmuştu. Yüksek tuzluluğun *P. oceanica*'nın büyümesi üzerinde negatif etkisi olduğunu bildiren bir diğer çalışma da (Fernández-Torquemada ve Sánchez-Lizaso 2005), kılıf (shoot) büyümesindeki azalmayla beraber yüksek tuzlulukla üzerinde yaşayan epifit biyokütlesinin dahi cevap vermediğini bildirmiştir. Ayrıca bu çalışmada, ideal bitki büyümesinde % 39'un kritik bir değer olduğu, Batı Akdeniz'de ortalama + % 4 artışın mortaliteyi arttıracığı da ilave edilmiştir. Aynı fikri savunan başka çalışmalarda mevcuttur (Kendrick vd 1988, Dunton ve Tomasko 1994, Fernández-Torquemada ve Sánchez-Lizaso 2005, Gacia vd 2007, Ruíz vd 2009, Alcoverro vd 2001). Maksimum yaprak büyümesinin % 25 ila %39 aralığında olduğunu, şayet tuzluluk seviyesinin % 42'nin üzerine veya % 29'un altına düşmesi durumunda %100 mortalitenin olacağını göstermişlerdir. Yapılan bir başka çalışma da da, % 37 seviyesinde bir kontrol grubu oluşturularak sırayla % 39, % 41 ve % 43 tuzluluk seviyesinde *P. oceanica*'nın büyümesi üzerine olan etkileri incelenmiş ve yaprak su miktarının tuz artışıyla düştüğü, fakat bu arada farklı bir fizyolojik mekanizma kullandıklarını bildirmişlerdir. Aşırı tuz stresi altında fotosentez ve respirasyon aktivitesinin artmasıyla karbon dengesinin bozulduğunu ve sonunda shootların öldüğünü bildirmişlerdir (Tyerman 1989, Kuo ve den Hartog 2000, Short vd 2007, Touchette 2007, Marín-Guirao vd 2011, Sandoval-Gil vd 2012a, 2012b, Marín-Guirao vd 2013a). Ancak bu konuda Akdeniz'in deniz çayırlarıyla ilgili detaylı yapılan bir çalışma mevcut değildir (Sandoval-Gil vd 2012a).

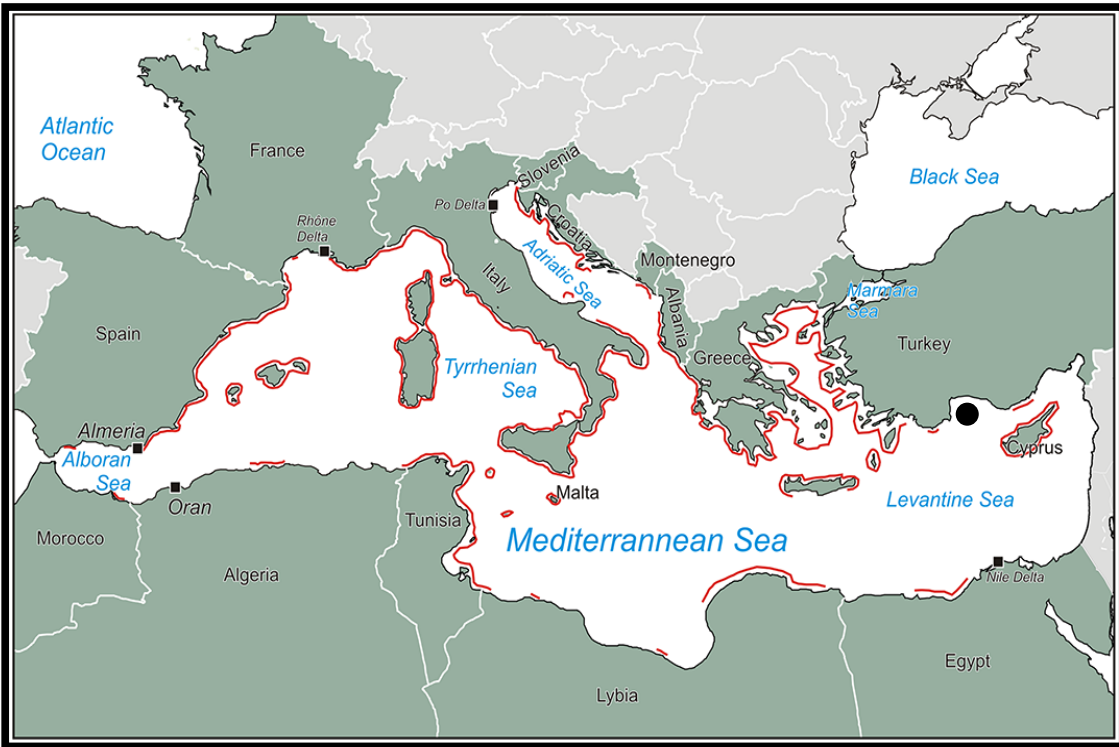
Türkiye kıyılarında Marmara Denizi (Çanakkale Boğazı), Ege Denizi ve Akdeniz'den kaydı verilen *P. oceanica*'nın bulunduğu ortam tuzluluk değerleri sırasıyla daha öncede belirtildiği gibi % 21.5 – % 28 arasında (Meinesz vd 2009), Ege Denizi'nde % 36.5- % 39.5 arasında (Besiktepe 2003, Diaz-Almela ve Duarte 2008) ve Akdeniz'de de % 37- % 39.5 arasında değiştiği bildirilmiştir (Meinesz vd 2009). Bu derece farklı tuzluluk değerlerine sahip sularda aynı türün yaşamasının kaynağı ise türün adaptasyonuna bağlı izole olmasıyla ilgili olduğu belirtilmiştir (Ramirez vd 2005).

Akdeniz kapalı bir denizdir (Mojetta 1996). Atlantik'in soğuk suları Cebelitarık Boğazı yoluyla Akdeniz'e girer ve düşük yoğunluğu nedeniyle yüzeyden doğuya doğru akar. Buna karşın daha ılık ve tuzlu Akdeniz suyu aşağıdan dışarı akar. Bu sirkülasyon Akdeniz üzerinden besin açısından zengin olan orta ve derin suyu almasına neden olur (Krom vd 1991) ve Akdeniz'in "Leventen Denizi" olarak adlandırılan bu kesimi Akdeniz'in en sıcak bölgesidir (Mojetta 1996). Levanten Havzası'nda ayrıca dört farklı su kütlelerinin var olması (Özsoy vd 1991), bu havzanın subtropikal karakteristiğe sahip, yüksek sıcaklık, yüksek tuzlulukla karakterize olan extreme oligotrofik bir yapıda olmasına sebebiyet vermektedir. Bu özelliklere sahip subtropikal iklimin hâkim olduğu bölgede ekolojik toleransı yüksek olan türler bakımından çok zengindir. Bu durum İndo-Pasifik orijinli birçok organizmanın Süveyş Kanalı aracılığıyla Akdeniz'e göç etmesine

sebeplere olmuştur (Şekil 1.2). Bu nedenlerden ötürü çalışmanın seçildiği Antalya Körfezi Akdeniz foku, orfoz, orkinos *Posidonia* gibi önemli deniz canlıları için bir yaşama alanı olmuştur.

*P. oceanica*'da Akdeniz alanı için biyo-indikator olarak seçilen bir tür olduğundan, bu tez çalışmasında Doğu Akdeniz (Levanten) ekosistemi içerisinde yer alan Antalya Körfezi'nde baskın olan deniz çayırı türünün dağılım gösterdiği alanların tespit edilmesi üzerine bu çalışılması hedeflenmiştir. Ancak yine de Türkiye'nin Akdeniz kıyılarında türün dağılımı ve teşhisine yönelik yapılan çalışma sayısı ne yazık ki çok azdır.

Bu tez kapsamında dünyada ilk defa uygulanan bir metot ile akustiksel olarak türe özgü tanımlama gerçekleştirilmiş olup, buna bağlı biyokütle miktarına ve yaprak yüksekliğine bağlı çalışma alanının mevsimsel haritalandırılması gerçekleştirilmiştir. Şekil 1.2'de de görüldüğü üzere, bizim çalışmayı hedeflediğimiz alan siyah nokta ile gösterilmiştir. Literatür kayıtları incelendiğinde Antalya Körfezi'ni ve civarlarında bu çalışmanın verilerinin elde edildiği Mutlu vd (2014)'nin çalışmalarından başka herhangi bir kayda rastlanmamış olmakla beraber akustik sistemlerle ülkemiz kıyılarında vejetasyon akustiği üzerine yapılan tek çalışmadır. Bu çalışmada, bizim bu tez çalışmasından farklı olarak *P. oceanica*'nın yoğun olarak yatak oluşturduğu yerlerin tespiti ve biyokütleyle bağlı dağılım haritaları mevsimsel olarak kendi özel yazdıkları algoritma sayesinde elde edilmiştir.



Şekil 1.2. Levanten havzası içerisinde yer alan Antalya Körfezi'nin (siyah nokta ile belirtilmiş) Akdeniz içerisindeki konumu (Vacchi vd 2016)

Bu tez kapsamında da farklı yöntem uygulamalarıyla aynı alan üzerinde türün biyokütle ve yaprak yüksekliğine bağlı dağılım haritaları çıkartılmıştır. Sonuç olarak farklı iki metodoloji izlenerek Gucu ve Gucu (2002), Giakoumi vd (2013), Telesca vd (2015), Vacchi vd (2016)'nın çalışmalarında işaret ettikleri *P. oceanica* çayırlarının dağılım sınırlarının dışında da varlığı ortaya konmuştur. Yani türün dağılımını sadece doğu kıyılar da birkaç noktayla sınırlı kalmadığı ispatlanmıştır. Ayrıca çalışmanın yapıldığı dönemlerdeki sıcaklık ve tuzluluk değişimleri de bu çalışma sırasında kaydedilmiştir. Bu sonuçlar incelendiğinde *P. oceanica*'nın dağılım gösterdiği alanlardaki maksimum sıcaklık 29°C, tuzlulukta maksimum ‰ 39–40 olarak kaydedilmiştir (Mutlu vd 2014). Akdeniz'in diğer bölgelerine oranla bu bölgenin (batı kesim) kısmen daha sıcak ve daha tuzlu karasularını bünyesinde barındırması bu çeşitliliği arttıran bir diğer etmen olduğu yapılan (Gökoğlu ve Teker 2015)'in çalışmalarında bildirilmiştir. Dolayısıyla yukarıda bahsedilen türün dağılımında sıcaklığın sınırlayıcı etkisi, bu bölgede çok etkin olarak gözükmemekte ve hatta türün dağılımında yayılcı bir etkiye sahip olmasına da destek olacak nitelikte etkilediği görülmektedir. Fakat şuan dengede olan sistemin, sudaki sıcaklığın ve tuzluluğun artmasıyla birlikte çözünen gazlar ve nutrient ile arasındaki dengenin bozulması halinde, büyüme üzerinde sınırlayıcı bir etmen olacağı da aşikârdır.

Deniz canlıları açısından önemli yaşam alanları oluşturan ve denizlerin akciğerleri olarak bilinen deniz çayırlarının Antalya Körfezi ve civarında yoğun olarak bulunuyor olması ve barındırdığı diğer önemli türler bakımından Özel Çevre Koruma Bölgesi altında Deniz Koruma Alanı olarak ilan edilmesine sebep olmuştur. Türkiye'de de *Posidonia oceanica* çayırları, Tarım Gıda Hayvancılık Bakanlığı tarafından Deniz ve İç Sulara İlişkin Genelge n°37/1" ile ulusal hukuk çerçevesinde ve ülkemizin de dâhil olduğu uluslararası antlaşmalarla (Barselona 1976, Dir/92/43/CEE, Díaz-Almela ve Duarte 2008) koruma altında almıştır. (<http://www.iucnredlist.org/details/153534/0>)

*P. oceanica* çayırları ekonomik ve ekolojik değer bakımından önemli bir mirastır. Koruma ve kıyı yönetimi çalışmalarının ne kadar etkili olduğunun bir ölçüsü olarak deniz çayırlarının izlemelerinin yapılmasına gerek vardır. Kapladığı alanlarının (örtü) ve dağılım alanlarının tespit edilmesi bu açıdan önemli olmakla beraber, yapılan aştırmalar ve/veya çalışmalar Romero (1985), Buia vd (2004), Pergent vd (2005) ve Boudouresque vd (2006)'nın önerdiği standart metotlardan biri kullanılarak gerçekleştirilmektedir.

Bugün oldukça geniş bir yelpazede izleme araçları mevcuttur. Bu araçlar, yerel amaçlara ve durumlara uygun olarak denetleme sistemleri oluşturmak üzere çeşitli şekillerde kombine edilebilir (Boudouresque vd 2012). *P. oceanica* çayırlarının korunmasına ve izlenmesine yönelik tüm Akdeniz havzasında karşılaştırılabilir sonuçlar sağlayacak şekilde, araştırmacılar ve yöneticiler tarafından uygulanacak çalışmalarda standardize bir metodolojinin geliştirilmesine ve uygulanmasına gereksinim vardır (Pergent-Martini vd 2005). Seçilecek metodolojinin, gelişmekte olan teknolojiyle beraber entegre edilmiş sistemlerle, daha etkili ve pratik uygulamalar ışığında hayat geçirilmesi gerektiği her geçen gün kabul görmektedir.

Kıyı yönetimiyle eş zamanlı olarak çayırların sağlığını da ölçen, kullanıcı dostu, nispeten ucuz ve etkili araçlar ile bu mümkün kılınabilir. İşte bu noktada hidroakustik

teknikler; günümüz şartlarında en gelişmiş teknolojiyle donatılmış sistemler olma özelliğine sahip ve tüm beklentilere cevap verebilecek nitelikteki araçlardır.

Hidroakustik yöntemler, akuatik bitki komunitasında 30 yılı aşkın süredir uygulanmaktadır (Maceina ve Shireman 1980). Bu uzaktan algılama tekniğinin önemli avantajlarından biri, sesin suyun içerisinde çok hızlı hareket ediyor olması (yaklaşık olarak tatlı suda ( $1480 \text{ ms}^{-1}$ ), tuzlu suda ( $1500 \text{ ms}^{-1}$ )), su sütununun neredeyse tamamının anında numune olarak analiz edilebilmesini sağlar. Böylece mobil araştırma teknikleriyle anında örnekleme yapılabilmektedir. Yine akuatik vejetasyonun varlığı/yokluğu, biyokütle ve/veya bitki yüksekliği çalışılacaksa dip derinliğinin tanımlanmasına gerek vardır. Dağılımın derinlere indiği noktada da, insan faktörü çalışmayı imkânsızlaştırabilmektedir.

## 1.5. Akustik Yöntemlerin Avantajları, Dezavantajları ve Önemi

### 1.5.1. Avantajları

• Hidroakustik ekosounder sistemleri, geniş bir alanda ve uzun sürecek çalışmalarda öncelikle etkin bir maliyet sunar.

• Akustik aletin yüksek örnekleme gücüne bağlı olarak, daha fazla veri hemen hemen herhangi bir başka su ürünleri değerlendirme tekniği ile verilen zamandan daha kısa sürede toplanabilmektedir. Büyük miktarlarda verinin temin ediliyor olması, karşılaştırılabilir olarak da kıyaslanabilmesine de olanak sağlamaktadır.

• Araştırılacak olan canlıya zarar verilmeden, öldürmeden ve canlılığının yaşamını tehlikeye sokacak bir tehdit oluşturmadan doğrudan örnekleme yapmak mümkündür.

• Seçicilikle ilgili bir sınırlama getirilmeden herşeyi izleme olanağı vardır. Gerçek zamanlı veri temin ediliyor olması sistemin en büyük avantajıdır.

### 1.5.2. Dezavantajları

• Çok büyük miktarlarda verinin toplanması söz konusu olduğundan, geniş bir depolama alanına ihtiyaç vardır.

• Hidroakustik sistemlerle doğrudan türün tanımlaması yapılamaz. Örneğin balık büyüklüğü tahmin edilecekse, multi frekans ve yerinde doğrulama (ground-truth) tekniklerinden faydalanılarak gerçekleştirilmesi gerekmektedir (Ellingsen vd 2002, Walree vd. 2005, Brown ve Coggan 2007, Mahmud ve Juwit 2009, Méléder vd 2010, McGonigle vd 2011, Eidem ve Landmark 2013, Stephens ve Diesing 2014, Aleksandra vd 2015).

• Diğer yandan hidroakustik sistemlerin kapasitesi dâhilinde çalışılan örneğin dibe çok yakın veya su yüzeyine çok yakın olması, sistemin sınırlarına yaklaşacağından, tanımlama yapmak zorlaşır. Bu gibi sorun teşkil eden durumlarda gece boyunca sefer yapmak gerekebilir. O nedenle, örneklemenin dikkatlice yapılması gerekir (Komatsu vd 2003).

• Yine kıyı sularında çalışmak veya küçük botlarla çalışmak zor bir iştir.

• Bu sistemlerin ileri teknoloji ile çalışıyor olması nedeniyle, yapılan ilk baştaki yatırımlar maliyetli olabilmektedir. Fakat daha sonrasında, herhangi bir harcama yapmaya gerek yoktur.

• Sistem, çalışma prensibi itibarıyla diğer çalışma tekniklerine göre karmaşıktır. O nedenle konusunda deneyimli ve işini bilen kişilerce çalışmak avantaj olacaktır. ([http://www.htisonar.com/hydroacoustic\\_advantages.htm](http://www.htisonar.com/hydroacoustic_advantages.htm)).

## 1.6. Akustik Sistemlerin Diğer Araştırma Teknikleriyle Karşılaştırılması

Araştırmalar ve gelişen teknoloji akustik metotları, sucul ortamdaki canlı, vejetasyon ve substrat tanımlama, biyokütle ölçümleri ve dip topografisinin çıkarılması amacıyla yapılan çalışmaları daha kolay bir şekilde mümkün kılmıştır. Akustik vejetasyonun değerlendirilmesi hususunda uygulanan teknikleri fiziksel, optik ve akustik metotlar olmak üzere 3 sınıfta gruplandırabiliriz:

◆ **Fiziksel metotlar**; bunlardan en sık uygulanan teknik SCUBA dalışıyla dalgıçların kuadratlarla yaptıkları örneklemelerdir (Hewitt vd 1998, Van Rein vd 2009). Bitki biyokütlesi için yapılan örneklemelerde uygulanan en kesin ve doğru yöntemdir (Sheldon ve Boylen 1978, Downing ve Anderson 1985, Madsen 1993, Wetzel ve Likens 2000). Ancak dalgıç kuadrat örneklemeleri sırasında, ekipmanların pahalı olması, hava şartlarının ve çevre koşullarının durumu, suyun açık olması, SCUBA dalış sertifikasının gerekmesi ve dalışın doğası gereği güvenlik riskleri gibi bir takım sakıncaları vardır (Vahtmäe ve Kutser 2007). Dolayısıyla dalış güvenliğindeki kaygılar, zaman ve çabayı kısaltarak örneklemelerin yapılmasına engel olur (McCauley 1975, Schloesser ve Manny 1984, Crowell vd 1994, Capers 2000, Rodusky vd 2005, Kenow vd 2007, Skogerboe vd. 2008). O nedenle dalgıç kuadrat örneklemeleriyle daha küçük alanların çalışılması söz konusudur. Ancak, büyük ölçekli bitki çalışmalarında çok sayıda numune almak ve zamandan kazanmak için daha hızlı toplama gerekir ki, insan gücüyle bu durum ne yazık ki sınırlanır (Johnson ve Newman 2011).

◆ **Optik metotlar**; uydu veya havadan görüntüleme ile gelgitin az olduğu zaman diliminde yapılabilir. Fakat su yüzeyinin pürüzlülüğü, su berraklığı, havanın bulutlu olması uygulamayı sınırlandırıcı etmenlerdendir (Vis vd 2003). Alternatif bir seçenek olarak sualtı video kameralarının kullanımı da söz konusudur ki; bolluk ve tür kompozisyonunun kaydı alınarak, vejetasyon hakkında bir fikir edinilebilir (Norris vd 1997, McDonald vd 2006). Uygulanan fotoğrafik teknik ve/veya video yönteminde kalıcı kayıtların yapılabilir olması sistemin avantajlarından. Fakat burada verinin kalitesi, suyun netliği ile doğru orantılıdır ve videonun yorumlanması zaman alıcı bir iştir ve subjektiftir. Yani kişinin yorumuna bağlı olarak değişebilir (Crawford vd 2001, Short vd 2007). Ancak ekipman, film ve resim geliştirme giderleri nedeniyle dezavantajlarının da olduğu açıktır (Lang ve Baldwin 1996).

◆ **Akustik metotlar**; kullanılmasının arkasındaki temel ilke sesin ortamdaki yolculuğu sonucunda güçlü akustik geri saçılım (backscattering) ile ortamdaki değişimlerin ortaya çıkmasıdır. Bu değişimler dip ile bitki yüzeyi arasından meydana



gelir ama diğer yansıtıcı kaynaklarında katkısını unutmamak gerekir (baloncuk, organizmalar, askıdaki maddeler vs.). Bu güçlü sistemlerin içinde kullanılan akustik tabanlı side-scan sonarlar, multi-beam sonarlar, echosounderler ve diğer sistem elemanlarını etkinlikleri açısından değerlendirecek olursak:

\* Side-scan sonarlar; deniz çayırının dağılımlarının haritalandırılmasında kullanılabilir. Vejetasyonun kapladığı alan miktarı üzerine bilgi verirken, batimetrik derinliği ve bitki yüksekliği hakkında bir ölçüm yapmamaktadır (Pasqualini vd 1998). Özellikle side-scan sonarlarda, yandan tarama gerçekleştirildiğinden birincisi suyun dalgalanmasına bağlı pürüzlülüğünden etkilenme söz konusudur. Böylece kaliteli veri temini bakımından ve verinin doğru pozisyonunu belirlemek açısından zor olduğu bildirilmiştir (Kenny vd 2003). Fakat multi-beam sonarlarla yüksekliği belirlemek mümkündür. Ancak bu aletin maliyetinin artacak olması ile su derinliği azaldıkça aletin alansal etkinliğinin azalacak olması sistemin dezavantajıdır (Komatsu vd 2003).

\* Ekosounderlar ve ADCP'ler; akuatik vejetasyonun yüksekliğini ve kapladığı alan (örtü)'nin varlığını tahmin etmede kullanılmaktadır (SAV, Warren ve Peterson 2007, Sabol vd 2009). Her iki alette bir boyutludur ve altında dar bir alanda tarama yapar. Örneğin; Caloosahatchee halicinde yapılan bir çalışmada yüksek frekanslı narrow beam dijital ekosounderlar ile 3 deniz çayırı türünün örtü geometrisinin ölçümü yapılabılırken, bunların arasındaki ayırım yapılamamıştır (Sabol vd 2002a).

\* ADCP'ler de aslen su kolonu boyunca hız profillerini ölçmek için dizayn edilmiştir. Ancak, SAV tanımlama ve örtü yüksekliğini ölçmek için uygun olduğu Warren ve Peterson (2007)'in yaptıkları çalışma ile ortaya konulmuştur. Fakat pek çok ADCP'nin dikey çözünürlüğü eksik olduğundan örtü yüksekliğini cm olarak ölçemez.

\* Sediment görüntüme sonarları (SIS); yüksek çözünürlüklü akustik görüntüleme sayesinde, su derinliği ve mekânsal olarak örtü alanı hakkında bilgi edinilmekte, örtü yüksekliği de doğrudan ölçülebilmektedir (Lefebvre vd 2009).

Bu şekilde uzun yıllardır gelişmiş ve hala gelişmekte olan son derece teknolojik sistemlerin etkin kullanılabilirliği oldukça açıktır. Uygulama yönünden hızlı, büyük bir ekibe gereksinim duymadan, geniş alanlarda kısa sürede örnekleme yapılabilmesi bakımından ve diğer örnekleme metotlarına (video/fotoğrafik teknikler, SCUBA, troller vb.) göre akustik metotları daha avantajlı kılmaktadır. Ayrıca yerinde gözlem, görsel sayım, görsel izleme vs. zahmetli ve zaman alıcı bir iştir. Oysaki uzaktan algılama sistemlerinde insan gücü ve zaman kullanımı daha azdır (Komatsu vd 2003, Buchet 2015).

Özellikle *P. oceanica* gibi derinliği 40–50 m kadar dağılım gösteren ve hızla azalma eğilimi gösteren bu hassas deniz çayırının üzerindeki mevcut değişiklikleri izlemek ve korumak için yeni stratejiler geliştirmek adına hızlı, uygun maliyetli ve onaylanmış yöntemlerle dağılımını gözlemlemeye ve izlemeye ihtiyaç vardır. Koruma altındaki deniz çayırına örnekleme sırasında zarar verilmeden daha hassas çalışılması, sürekli yatay ve dikey örnekleme olanağı sunmasıyla istenilen bilgiye ulaşılması, diğer metotlara kıyasla masrafların daha etkili kullanımını sağlaması gibi nedenler bu yöntemlerin kullanımını daha tercih edilir hale getirmiştir.

### 1.7. Amaç ve Kapsam

Yapılan çalışmalar göstermektedir ki SAV türlerinin spesifik yansımaya mekanizması hakkında çok az şey bilinmektedir. Akustik metotlar daha ayrıntılı, hassas ve yaygın hale geldikçe, SAV'ların dağılımını ve kıyı habitatlar ile nehir ağızlarında SAV'ların bolluğunu izlemek için bilim adamları ve yöneticilere güçlü bir araç sunacaktır (Warren ve Peterson 2007).

Küresel düzeyde deniz yatağından yansıyan akustik enerjinin mekanizması, vejetasyon yansımaları (scattering) tam olarak bilinmemektedir. Akustik veriyi doğru yorumlamak için, su kolonunda ve deniz dibinden yansımanın prensibini anlamaya gerek vardır. Yapılan çalışmalarda akustik vejetasyonlar üzerinde yansımanın mekanizmasına ilişkin bir takım yaklaşımlar sunulmuştur, lakin yeterli değildir. Örneğin; farklı ses frekans değişimleriyle yapılan çalışmalarda farklı sonuçların elde edilmesinin altında akustiksel olarak yansımanın içerdiği etkiler, dikey çözünürlük ve dip sedimentine nüfus etmesi etken görülmüştür (Winfield vd 2007).

Su kolonunun içerisinde yansımaya neden olabilecek pek çok kaynak (sıcaklık ve/veya tuzluluk gradientleri, askıda katı madde, biyolojik organizmalar (balık, bitki, plankton, baloncuk vs.)) vardır (Medwin ve Clay 1998, Lavery vd 2003, Warren vd 2003). Ancak sualtı vejetasyonu ile çalışırken geri yansıyan enerji yoğunluğunda iki önemli parametre devreye girmektedir: Dip sedimentinin tipi ve dibin üzerinde bulunan vejetasyon yüzeyinin pürüzlülüğü (roughness) (Sevaldsen 1994, Siccardi vd 2007). Yapılan çalışmalar vejetasyon ile kaplı dip ile çıplak yapıdaki dip sedimentinin farklı yansımaya özelliklerine sahip olduğunu göstermiştir. Bu özellikler, eko farkı (Noel vd 2006) ve materyalin (bitki) akustik yoğunluğu (impedance) farkı olarak söylenebilir. Çünkü her bir katmandaki akustik enerjinin yansıtma yüzdesi, onun yoğunluğuyla, ses hızıyla, materyal tipi, morfolojisi ve iki katman arasındaki açısal oran ile doğru orantılı olduğu Shenderov (1994), Sabol vd (1994), Simmonds ve MacLennan (2005, Randall vd (2014)'nin yaptıkları çalışmalarında açıkça gösterilmiştir. Sabol vd (2002a, 2002b)'nin yaptıkları vejetasyon çalışmalarında, sualtı makrofitlerinin yaprakları içerisinde bulunan gaz varlığının ve bitki köklerinin, akustik yansıtıcı elementler olduğu hatta bu nedenle suya batmayan bitki türlerinin daha fazla akustik yansımaya sebep olduğu not etmiştir.

Türkiye'de ise akustik sistemlerle sualtı canlılarının tespiti, deniz yatağının haritalandırılması, balık tanımlama ve stok çalışmalarına dair çalışmalar yapıldığı halde (Stepnowski vd 1993, Turgut 1994, Gönener ve Özdemir 2012) deniz çayırlarına yönelik yapılan çalışmanın yok denecek kadar az olduğu ve yapılan çalışmalarda SCUBA ile sınırlı kaldığı görülmüştür. Dolayısıyla bu konuda literatürlerdeki veri eksikliğini gidermek ve çok az sayıda sualtı vejetasyonu ve yansımaya özellikler ile ilgili yapılan çalışmalar dikkate alındığında, söz konusu tez çalışması akustik çalışmalara önemli katkı sağlayacağı öngörüsüyle çalışmanın konusu oluşturulmuştur.

Bu kapsamda tezde amacımız; EcoSAV (Eco Submerged Aquatic Vegetation, [www.biosonicsinc.com](http://www.biosonicsinc.com)), VBT (Visual Bottom Typer) ticari yazılım ve programlarını kullanarak (Bezdek 1981, Bakiera ve Stepnowski 1996, Stepnowski vd 1996, Burczynski 1999) *P. oceanica* türünün, akustiksel olarak tanımlanması, bu tanımlanmayı sağlayacak algoritmanın içerisinde yer alan parametrelerin türe özgü kalibre edilmesi ve bu faktörler

ışığında spesifik olarak akustiksel tanımlanmanın yapılması hedeflenmiştir. Bu sayede aslında hem EcoSAV hem de VBT'nin kalibrasyonu da gerçekleştirilmiştir.

Yapılan çalışmaların vejetasyon tanımlama programları kullanılarak (Quester Tangent QTC View, QTC Sideview, Sonavision RoxAnn, Echoplus, EcvoView, EcoSAV) daha çok tanımlama, varlığı/yokluğu ve dağılım haritalarının çıkartılmasıyla sınırlı kaldığı, biyokütle tahminine ilişkin az sayıda çalışmanın olduğu ve direk miktar tahminlerine ilişkin çalışmalarında hiç olmadığı ancak özel yazılımlarla mümkün olduğu görülmüştür. Oysaki bu tez çalışmasında, dip tanımlama programı olan VBT ile dip yapısının sınıflandırılması yapılmış ve aynı zamanda dünyada ilk defa uygulanmak suretiyle VBT üzerinden *P. oceanica*'dan yansıyan enerjinin tespiti yapılarak biyokütle hesabına gidilmiştir. Elde edilen verilerin derinliğe ve mevsimlere bağlı dağılımında farklılık olup olmadığı da test edilmiş ve ANOVA ve ANCOVA analizleri yapılmıştır. Sonuç olarak; türün yoğunluk değişimlerinin ve mevsimsel dağılımlarının belirlenmesi, haritalandırılması gerçekleştirilmiş ve tutundukları sediment yapısına ilişkin veri kaynağı oluşturulmuştur. Böylelikle benzer başka alanlarda da uygulama olanağı sunulmuştur.

## 2. KURAMSAL BİLGİLER VE KAYNAK TARAMALARI

### 2.1. *Posidonia oceanica* ile Dünya ve Yerli Sularımızda Yapılan Çalışmalar

Sucul vejetasyonun izlenmesi ve haritalandırılması için birçok uluslararası proje yürütülmektedir. Artan antropojenik baskılar nedeniyle azalan deniz çayırlarının dağılımları ve sağlık durumları hakkındaki veriler, kıyı yönetimi ve araştırmalarında da esas teşkil ettiği için, her geçen gün önemi daha da artmaktadır. Değerli habitatın korunması için alansal haritalandırılması yapılmakta ve izlenmektedir. *Posidonia oceanica* çayırlarının izlenmesinde de yerinde gözlemlerden, uzaktan algılama teknikleri arasında değişen çeşitli metotlar uygulanmaktadır.

Deniz çayırlarının haritalanmasında kullanılan uzaktan algılama teknikleri, metoduna göre kendi içerisinde 2 gruba ayrılabilir (Komatsu vd 2003):

#### - Optik tabanlı sistemler:

Deniz çayırlarının haritalandırılmasında dünyada sıkça kullanılan optik tabanlı yöntemler şu şekilde sıralanabilir:

- \*Yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri (high-resolution satellite imagery), Landsat, SPOT, Quickbird, IKONOS (Fornes vd 2006, Vela vd 2008, Hashim vd 2014),
- \*Kompakt havadan spektrografik görüntüleyici (compact airborne spectrographic imagery),
- \*Taşınabilir Uzaktan Görüntüleme Spektrometresi (Portable Remote Imaging Spectrometer (PRISM)) (Phinn vd 2008),
- \*Işık tanımlama ve sıralama (Light Detection and Ranging, LİDAR)( Kotchenova vd 2004, Maltamo vd 2004)

#### - Akustik tabanlı sistemler:

- \*Ekosounderlar (single, split ve multi-beam echosounder) (Sabol ve Burczyn'ski 1998, Sabol vd 2002a, 2002b, Duarte vd 2011, Hamilton 2014),
- \*Yandan taramalı sonarlar (Side-scan sonarlar) (Newton ve Stefanon 1975, Meinesz vd 1981, Lefevre vd 1984, Gloux, 1984, Ramos ve Ramos-Espla 1989, Pasqualini vd 1998),
- \*Dar açılı multi-beam sonarlar (Narrow multi-beam sonarlar (NMBS)) (Komatsu vd 2003, Komatsu vd 2004),
- \*Sualtı videografi (underwater videography or towed underwater video) (Holme 1982, Rhoads vd 2001, Harper and Berry 2001, Kvernevik vd 2002),

- \*Telemetri (Garrood 1981, Kilfoyle ve Baggeroer 2000),
- \*Sualtı akustik networkler (Underwater acoustic (UWA) networks) (Sozer vd 2000),
- \*Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP) (Warren ve Peterson 2007, Sabol vd 2009),
- \*Çift frekanslı tanımlama sonarı (DIDSON - **D**ual-frequency **I**Dentification **S**ONar) (XU vd 2013),

deniz tabanı özelliklerinin tanımlanması ve haritalandırılmasında kullanılan akustik tabanlı yöntemlerdendir. Özellikle sualtının 3D haritalanması, akustik multi-beam sonarlar ile side-scan sonarların entegre kullanımıyla mümkün hale gelmiştir (Paul vd 2011, Micallef vd 2012, Montefalcone vd 2013, Campos vd 2014).

Geçtiğimiz birkaç yıl içerisinde deniz tabanının sınıflandırılması ve dip tanımlama için çeşitli özel ticari yazılımların geliştirilmesi, akustik tekniklerin daha etkin kullanımını sağlamakla birlikte, sucul bitki hidroakustikliğinin değerlendirilmesi için DGPS özellikli bilimsel ekosounderlar ile deniz tabanına tutunmuş büyük makrofitlerin haritalandırılması yapılabilmektedir. Sıklıkla kullanılan bu programlar; Quester Tangent QTC View, QTC Sideview, Sonavision RoxAnn, Echoplus, EcvoView, Biosonics EcoSAV, Visual Bottom Typer (VBT) şeklinde sayılabilir. Örneğin; Sabol vd (2003)'nın geliştirdikleri öncü bir program olan EcoSAV ile farklı bölgelerde bitki komünitelerinin tanımlanmasını sağlamış ve EcoSAV ile yapılan çalışmalardan oldukça başarılı sonuçlar alınmıştır. Bu yazılımları kullanarak gerçekleştirilen ve başarıyla sonuçlanan birçok çalışma mevcuttur (Maceina ve Shireman 1980, Orłowski 1984, Duarte 1987, Chivers vd 1990, Thomas vd 1990, Pouliquen ve Lurton 1992, Fortin vd 1993, Tegowski vd 2003, Tegowski 2005, Duarte vd 2011, Mutlu vd 2014). Bu tür yazılımların ışığında modern sinyal işleme teknolojisiyle birlikte hidroakustik sistemler, artık akuatik vejetasyonun bolluğu ve varlığı/yokluğuna ilişkin tanımlamalarda da kullanılmaktadır (Bezdek 1981, Bakiera ve Stepnowski 1996, Stepnowski vd 1996, Burczynski 1999, www.biosonicsinc.com). Bu bakımdan hidroakustik teknikler, deniz tabanı habitat karakterlerinin değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılan ve etkinlikleri kanıtlanmış olan tekniklerdir. Böylece bitki komünitelerine ilişkin daha ayrıntılı veriler alınabilmektedir (Valley vd 2005, Spears vd 2009).

Örneğin; EcoSAV kullanılarak yapılan bir başka çalışma, Schneider vd (2001)'nin 208 kHz ile *Zostera marina*'nın tanımlanması üzerine çalışmışlardır. 430 kHz kullanılarak New York, George Gölü'nde (Farrell vd 2013)'nin yaptıkları bir başka çalışmada ise *Myriophyllum spicatum* türünün tanımlanması ve bolluğu üzerine çalışılmıştır. EcoSAV kullanılarak yapılan bir başka çalışma da Hoffman vd (2002)'nin kullandıkları iki farklı frekansla 70 kHz–420 kHz karşılaştırmalı olarak vejetasyon akustiği çalışmışlardır. Yapılan çalışmalarda da görülmüştür ki, yüksek frekanslı sistemler 400–430 kHz kullanılarak yapılan çalışmalar daha hassas sonuçlar vermiştir (Hoffman vd 2002, Sabol vd 2002a, Valley vd 2005). Her ne kadar yüksek frekansların makrofit tanımlamada en etkili frekans olduğu kanıtlanmış olsa da, düşük frekans (70–200 kHz) kullanılarak da gerçekleştirilen makrofit çalışmalarının etkili olduğu sonucuna

varılmış ve makrofit tanımlamada 200–400 kHz'in optimum frekans olarak kullanılabilceği yapılan çalışmalarla ön görülmüştür (Jurvelius 1991, Elliott vd 1996, George ve Winfield 2000, Wanzenböck vd 2003, Schmidt vd 2005, Winfield vd 2007, Mahmud ve Juwit 2009). Daha sığ sularda ise yüksek frekanslı MHz sonar sistemleri kullanılmakta, yüksek çözünürlüklü bu sistemler sayesinde akuatik vejetasyonun biyokütle tahminleri de yapılabilmektedir (Lefebre vd 2009).

Bu tür teknolojik alet ve cihazlarla birlikte uygun yazılımlar kullanılarak deniz çayırılarının yoğunluk ve dağılımlarının belirlenmesi ve buldukları deniz tabanının tanımlanması amacıyla farklı ülkelerde pekçok çalışma başarı ile yürütülmüştür. Dünyada bu konuda deniz (Spratt 1989, Miner 1993, Carbó ve Molero 1997, Sabol vd 1997, Bozzano vd 1998, Sabol ve Burczynski 1998, 2002a) ve tatlı su ortamında (Maceina ve Shireman 1980, Maceina vd 1984, Duarte 1987, Thomas vd 1990) yapılmış birçok çalışma mevcuttur. Bu çalışmaların kapsamı;

➤ Sucul ortam tabanında yer alan makrofitlerin tanımlanması ve dağılım haritalarının oluşturulması (Hatakeyama ve Maniwa 1978, Duarte 1987, Komatsu ve Tatsukawa 1998, Lee Long vd 1998, Sabol ve Burczyn'ski 1998, Moreno vd 1998, Guan vd 1999, McCarthy ve Sabol 2000, Sabol vd 2002, Hoffman vd 2002, Komatsu vd 2002, Pickrill ve Todd 2003, Foster vd 2006, Warren ve Peterson, 2007, Jones vd 2007, Freitas vd 2008, Noel vd 2008, Stevens vd 2008, Bilkovic vd 2008, XU vd 2013),

➤ Boy ve yoğunluklarının tespiti (Sabol ve Burczyn'ski 1998, Pasqualini vd 1998, Duarte vd 2001, Sabol ve Johnston 2001, 2002b, Kenny vd 2003, Komatsu vd 2003, Valley ve Drake 2005, Warren ve Peterson 2007, Kuus vd 2008, Sabol vd 2009, Thomas vd 2011, Wilson 2011, Batista vd 2012, Rotta vd 2012, Layman 2015),

➤ Biyokütle tahmini (Stent ve Hanley 1985, Carbo ve Molero 1997, Guan vd 1999, Wetzel ve Likens 2000, Sabol vd 2002b, Riegl vd 2005, Madsen vd 2007, Sabol vd 2009, Quintino vd 2010, Duarte vd 2011, Wilson 2011),

➤ Dip habitat tipinin karakterizasyonuna ilişkin (Forsgren vd 1993, Komatsu ve Tatsukawa 1998, Wewetzer 1999, Smith vd 2001, Wienberg ve Bartholomä 2005, Paul vd 2011),

➤ Kapladığı alan (örtü) ve/veya miktarlarının tahmini (Maceina ve Shireman 1980, Duarte 1987, Thomas vd 1990, Fortin vd 1993, Sabol ve Johnston 2001, 2002b, Tegowski vd 2003, Buia vd 2004, William vd 2004, Warren ve Peterson 2007, Zhu vd 2007, Winfield vd 2007, Depew vd 2011, Rotta vd 2012),

➤ Diğer metotlarla kıyaslanması (Maceina vd 1984, Winfield vd 2007, Radomski ve Holbrook 2015),

➤ Akustik enerjinin sualtı vejetasyonu üzerindeki yansımanın tanımlayıcı özellikleri (Shenderov 1994, Sabol vd 1994, Sabol vd 2002b, Simmonds ve MacLennan 2005),

➤ Farklı bölgelerdeki aynı vejetasyona ait akustik karakterlerin karşılaştırılması üzerine (McCarthy 1997, Sabol vd 1998, Lyons vd 1998, Hermand vd 1998, Buia vd 2004, Randall vd 2014) üzerine yoğunlaşmıştır.

### **Akustik sistemler kullanılarak *Posidonia oceanica* türüyle ilgili yapılan çalışmalar ise;**

※ Deniz çayırları yataklarının haritalandırılması NMBS (narrow multibeam sonarlar) kullanılarak (Komatsu vd 2003, Komatsu vd 2004, Di Maida vd 2011) yapılmıştır. Dip yapısının haritalandırılmasında side-scan sonar ve ekosounder kullanılarak yapılan çalışmalarda mevcuttur (Meinesz ve Laurent 1978, Colantoni vd 1982, Cinelli vd 1995, Adela vd 1998, Pasqualini vd 1998, 2000, Piazzini vd 2000, Bozzano vd 2002, Ardizzone vd 2006, Donda 2008, Sletten vd 2009, Kiparissis vd 2011, Sánchez-Carnero vd 2012, Montefalcone vd 2013, Noel vd 2014, Savini 2014). Diğer taraftan SSS ile MBS tekniklerini birleştirerek sığ sulardaki *Posidonia oceanica* çayırlarının haritalandırılması (Luzzu vd 2014, Noel vd 2014) tarafından gerçekleştirilmiştir. Haritalandırmada uygulanan akustik yöntemlerden biri de telemetridir. Fransa kıyılarında çeşitli türler ile birlikte *P. oceanica* çayırlarının farklı tiplerinin (genç, yaşlı, ölü vs.) pozisyonunun izlenmesi için akustik telemetriyi kullanarak yapılan çalışmalar başarılı olmuştur (Siljeström vd 1996, Ruiz vd 2010, Descamp vd 2011). Türün haritalandırılmasında diğer metotları kıyaslayarak da yapılan çalışmalar mevcuttur (Pasqualini vd 1998, Piazzini vd 2000, Anderson vd 2008). Bunların dışında;

※ *Posidonia oceanica* matının (matte) özelliklerinin tayini üzerine (Rey ve Diaz del Rio 1989, Guasch vd 2007, Tomasello vd 2007, Lo Iacono vd 2008, Tomasello vd 2009, Endler 2009, Lo Iacono vd 2010),

※ *Posidonia* çayırlarının tortu tutma ve partikül akışının ölçümüne dair akustik doppler velocimeter (ADV) kullanılarak yapılan çalışmalar da mevcuttur (Gacia vd 1999, Folkard 2005, Hendriks vd 2008, Infantes vd 2012, Manca vd 2012),

※ Büyüme dinamikleri ve oksijen üretimi üzerine (Bay 1984, Hermand vd 1998, Caiti vd 2006, Paul vd 2011),

※ *Posidonia* deniz yatağı vejetasyonunun tanımlanması (Norris vd 1997, Lyons ve Pouliquen 1998, McDonald vd 2006, Schultz vd 2014, Felisberto vd 2015),

※ Deniz tabanının sınıflandırılması (Colantini vd 1982, Siccardi vd 1997, Bozzano vd 1998, Fornes vd 2006, Noel vd 2006, Monpert vd 2012, Pühr vd 2014),

※ Dip habitat karakterizasyonunun tanımlanması (Colantini vd 1982, Norris vd 1997, McDonald vd 2006, Schultz vd 2014) üzerine gerçekleştirilmiştir.

Türkiye denizlerinde ise deniz çayırları vejetasyonu üzerine yapılan akustik çalışmaların ülkemizde bu tür analizler ile desteklendiği pek görülmemiştir. Ülkemiz sularında maalesef bu konulara yönelik sadece söz konusu bu tezin verilerinin temin edildiği, Mutlu vd (2014)'nın yaptıkları çalışma mevcuttur. Onun dışında *P. oceanica*

çayırlarının izlenmesinde kullanılan standart metodolojilerinin pek çoğu dalgıçların doğrudan sualtı çalışmalarıyla (SCUBA) gerçekleştirilmiştir. Özellikle gerekli biyolojik örneklerin toplanması sırasında ve genellikle türün dağılımı üzerine yoğunlaşmıştır. Bu tür çalışmalar, İzmir Körfezi'nde (Pergent 1985, Cirik vd 1987, Hoşsucu vd 1997, Dural vd 2000, Dural vd 2001, Dural 2003, Boyacıoğlu ve Dural 2009, Çandarlı- Aliğa'da (Thelin ve Boudouresque 1985), Sığacık Körfezi'nde (Dural 1998, 2003, Dural ve Pergent 2001, Dural 2010, Dural vd 2012), Gümüldür (Dural ve Aysel 2007), Gökçeada'da (Tavlaşoğlu vd 2000), Ayvalık ve Bodrum (Dural 1998–99, basılmamış araştırma notları), Kilikya Havzası'nda (Moran 2004, Bozyazı-Kızılliman Koruma Alanı'nda (Çelebi 2007), Karadeniz'de (Dural vd 2006), Çanakkale Boğazı ve Marmara Denizi'nde (Yüksek ve Okuş 2004, Cirik vd 2006, Alaçam vd 2007, Meinesz vd 2009) ve Edremit Körfezi'nde (Çelebi vd 2005a), Gümüldür (Dural ve Aysel 2007, Datça-Bozburun'da (Okuş vd 2007), Akdeniz-Mersin'de (Celebi vd 2006), Akdeniz-Alanya'da (Atik 2013) gerçekleştirilmiştir.

Dağılımsal çalışmaların dışında, balık çiftliklerinde *Posidonia* çayırlarının durumu (Dural vd 2009, ODTÜ-SAT ve SAD-EKOG 2007), *P. oceanica*'nın ekolojik yapısı ve önemi üzerine (Gücü ve Gücü 2002, Çelebi vd 2005b, 2006, Taşkın ve Öztürk 2006), dağılımı üzerine (Dural 1998, Pergent- Martini vd 2005, Dural vd 2013b, Cirik and Akcali 2013) çiçeklenmesi (Pergent 1985, Dural ve Pergent 2001, Thelin ve Boudouresque 1985), dağılımında genetik özellikleri (Meinesz vd 2009), transplantasyonu (Çelebi vd 2007), fenolojik ve biyokimyasal özellikleri; (Cirik vd 1987, Haznedaroğlu 1999, Haznedaroğlu ve Akarsu 2000, Haznedaroğlu ve Zeybek 2000, Dural ve Pergent 2001, Dural 2003, Dural 2010, Dural vd 2012, Dural vd 2013a), anatomik özellikleri (Haznedaroğlu ve Akarsu 2009), biyometri ve biyokütle (Pergent-Martini vd 2005, Dural vd 2012) üzerindeki epifitler ve poliketler (Ergen 1986, Ergen vd 1988, Çınar 2006, Koçak ve Aydın-Önen 2014), demirlemenin verdiği zararlar (Hoşsucu vd 1997, Okudan vd 2011) üzerine çalışmalar bulunmaktadır.

Kısaca akustik sistemlerin kullanılarak vejetasyon çalışmalarında gelinen noktayı özetleyecek olursak; akustik sistemlerin kullanıldığı uygulamalarda, deniz çayırları ve/veya makrofitleri üzerine çalışmalar son yıllarda hız kazanmış ve farklı ticari bilgisayar yazılımları geliştirilmiştir. Bu tür çalışmalar göllerde de yaygın kullanılmaktadır. (Maceina ve Shireman 1980, Maceina vd 1984, Duarte 1987, Thomas vd 1990). Çalışmalar daha çok genel vejetasyon dağılımı, kapladıkları alanlardaki mekânsal ve zamansal değişimlerin takip edilmesi, yaprak boylarının ve biyolojik popülasyon dinamiklerindeki değişimleri temel alan konulardır. Bu veriler kullanılarak aynı zamanda dip yapısı ve ekolojik yönleri üzerine ilişkiler kurularak vejetasyonun dağılımını etkileyecek sonuçlar elde edilmiştir. (Spratt 1989, Miner 1993, Carbó ve Molero 1997, Sabol vd 1997, Bozzano vd 1998, Sabol ve Burczinski 1998, Sabol vd 2002a, 2002b). Kullanılan diğer video teknikleri genelde haritalama/fotoğraflama ile sınırlı olup, biyokütle tahminleri ve tür ayrışması mümkün kılınmamıştır (Ferguson ve Woods 1993, Fornes vd 2006). Deniz çayırlarını örnekleme metot ve tekniklerini içeren bir çalışmada, avantajları ve dezavantajları ortaya konmuştur (Pergent-Martini vd 2005). Bugün en yaygın olarak kullanılan ticari yazılım EcoSAV (BioSonics inc, USA) vejetasyonun dağılımlarını ve boylarını ölçmede kullanılmaktadır. Bizimde bu tezde kullandığımız bir program olan EcoSAV ile *P. oceanica*'nın yaprak yüksekliği hesaplanmış ve dağılım haritası çıkartılmıştır.



Bu tür çalışmaların ışığında birçok teori ve algoritmalar üretilerek (örneğin SAVEWS, Submerged Aquatic Vegetation Early Warning System) daha hassas veriler elde edilebilmektedir. Ayrıca deniz çayırlarının miktarlarını veya biyokütlesini tespit etmek, hedef türlerin ekolojik yönden önemli önemli bulguları ortaya koymak bakımından gereklidir. Bu tür ticari yazılımlar kullanılarak akustik verilerden ve yerinde doğrulama çalışmalarıyla ki birçok değişik yöntem uygulanabilmekte (video, scuba, troller vs.), kapladığı yüzde alan (Winfield vd 2007) ve kapladığı alan (canopy - örtü) tespit edilmektedir. Ancak ne yazık ki mevcut çalışmalar sadece makrofitlerin yoğunlukları tespiti ile hacimsel ve/veya alansal büyüklerinin belirlenmesi ile sınırlı kalmıştır (Tomasello vd 2009).

EcoSAV ve SAVEWS kullanılarak akustiksel olarak biyokütle tahmin çalışmaları, deniz çayırlarının kapladığı alan bilgisi ve sahadan toplanan deniz çayırları arasındaki regresyon denklemlerinin elde edilmesi ile haritalanması teşebbüsleri başlamıştır (Sabol vd 2009), fakat buradan da yine direk biyokütle tahminine ulaşamamıştır. Oysaki bu tez kapsamında, EcoSAV programı ile *P. oceanica*'nın vejetasyon yüksekliği tahmin edilirken, VBT promlamıyla da doğrudan türe özgü biyokütle hesabı gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma sırasında anlaşılmıştır ki, yerinde doğrulama (ground-truth) teknikleri olmadan hedef türü doğru tespit etmek mümkün değildir. Çünkü doğrudan tür tanımlaması hala akustik sistemlerle mümkün kılınmamıştır. Bunun yanı sıra özellikle ticari yazılımların bazı durumlarda iyi çalışmadığı, örneğin; EcoSAV'da düzensiz tabanın olması ve dip derinliğinin ani değiştiği durumlarda birtakım özel yazılımlara ihtiyaç duyulmaktadır (Stevens vd 2008, Depew vd 2009, Mutlu vd 2014). Benzer durum bu tez çalışması sırasında da gerekli görülmüş ve gerek EcoSAV gerek VBT ticari programlarının çıktılarını görüntülemek için ihtiyaçlar doğrultusunda özel algoritmalar (AIBEP-Acoustical Identification and Biomass Estimate of *Posidonia* ve AIPH- Acoustical Identification of *Posidonia* Height, EK 1-2) yazılmıştır.

Son yıllarda yaprak boylarının tespiti ve kapladığı alan ve hacim üzerine tahmin çalışmaları hızlanmıştır (Paul vd 2011). Fakat tür tanımlaması veya biyokütle hesabını gerçekleştirebilen çalışmalar mevcut değildir. Biyokütle miktarlarının tahmini üzerine yapılan önceki çalışmalar hep empirik metotlarla elde edilmiştir (McRoy ve McMillan 1977, Zieman ve Wetzel 1980, Hillman vd 1989). Bu zamana kadar akustik üzerinden gerçekleştirilen tek çalışma daha önce de belirtildiği üzere (Mutlu vd 2014)'nın yaptıkları çalışmalarında kendi özel yazılımlarını geliştirerek, vejetasyon içerisinde türe özgü sınıflama yaparak biyokütle miktarlarının tahminini gerçekleştirmişlerdir. Bu tez kapsamında ise, mevcut çalışmadan farklı olarak, yaygın olarak kullanılan iki ticari yazılım programını (VBT ve EcoSAV) kullanmak suretiyle türe özgü tanımlama, teşhis, kapladığı alan ile mevsimsel olarak hem vejetasyon yüksekliğine bağlı hem de biyokütleye bağlı dağılım haritasının çıkarılması gerçekleştirilmiştir.

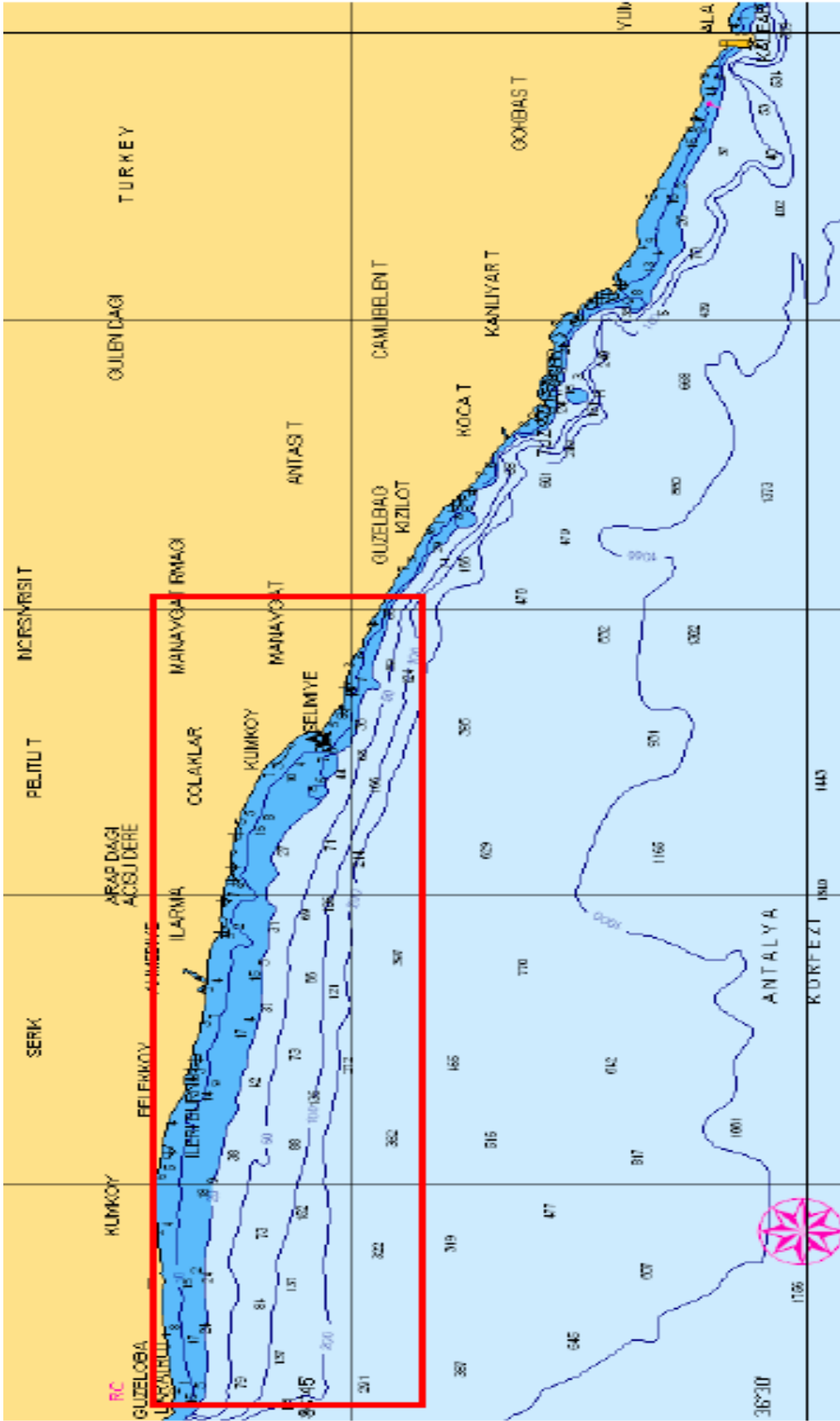
### 3. MATERYAL VE METOD

Bu tez çalışmasının verilerinin elde edildiği çalışmada 3 farklı örnekleme metodolojisinden faydalanılmıştır: 1. Direk olarak SCUBA dalışlarıyla örnek materyalin toplanması, 2. *P. oceanica*'nın akustik örneklemeleri ve 3. Yaşadığı çevre şartlarını değerlendirmek üzere çevresel parametre örneklerinin (su, sediman, toprak, fotosentetik ışık miktarı, secchi disk) toplanması ve ölçülmesi olarak sıralanabilir. Ancak bu bölümde sadece tez çalışması kapsamında tezin verilerini içeren kısımlar dâhil edilmiştir.

#### 3.1. Saha Çalışması Dizaynı

##### 3.1.1. Saha çalışması alanının yeri ve seçimi

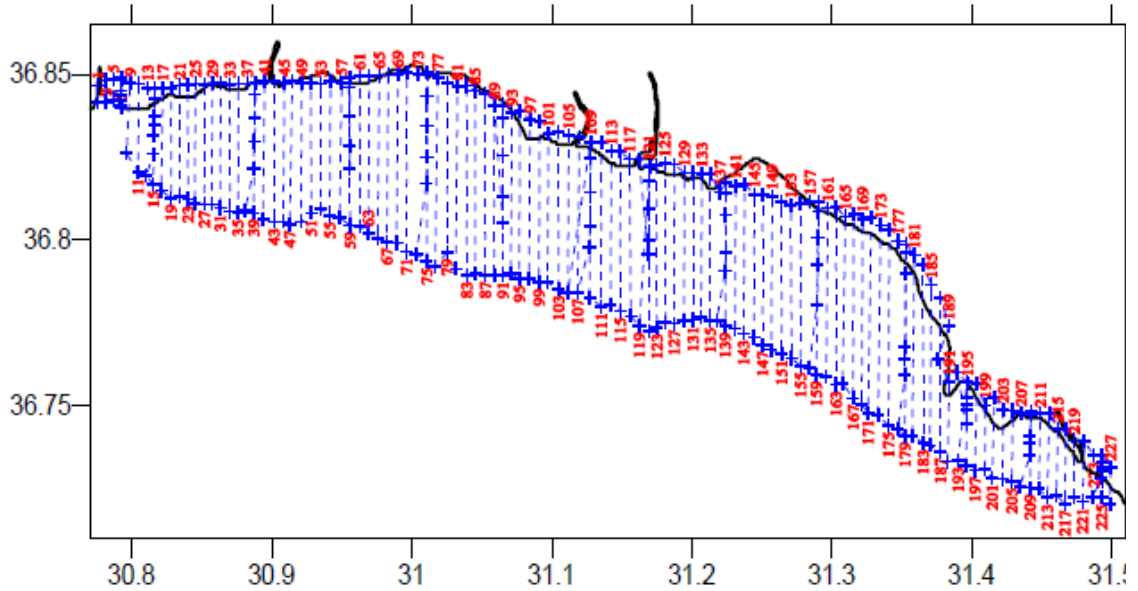
Uygulama alanı olarak deniz çayırlarının yoğun olduğu ve deniz tabanının aniden derinleşmediği bir bölge hedeflenmiştir. Rahat ve kolay çalışma imkânı sağlayacak (gemi trafiği ve balıkçılık aktivitesi açısından), gemi barınma yerine yakın olan ve gelecekte deniz çayırlarının izlenmesi için pilot bölge teşkil edebilecek uygun alanlar dikkate alınarak seçilmiştir. Bu kriterler dâhilinde ön-dalışlarda elde edilen gözlemler neticesinde Antalya Körfezi'nde yoğunlukları, bulunurlukları ve dip derinliğinin azalış eğimi bakımından en uygun alan olarak, Antalya (Lara) – Manavgat arası bölgenin en uygun alan olduğu, kıta sahanlığının 70 m derinliğe kadar olan kısmı seçilmiştir (Şekil 3.1). Toplam kıyı uzunluğu 35 deniz milidir (Mutlu vd 2014).



Şekil 3.1. Antalya (Lara) – Manavgat arasındaki bölgede gerçekleştirilen çalışma sınırları (Mutlu vd 2014'ten alınmıştır)

### 3.1.2. SCUBA örnekleme alanının yeri ve seçimi

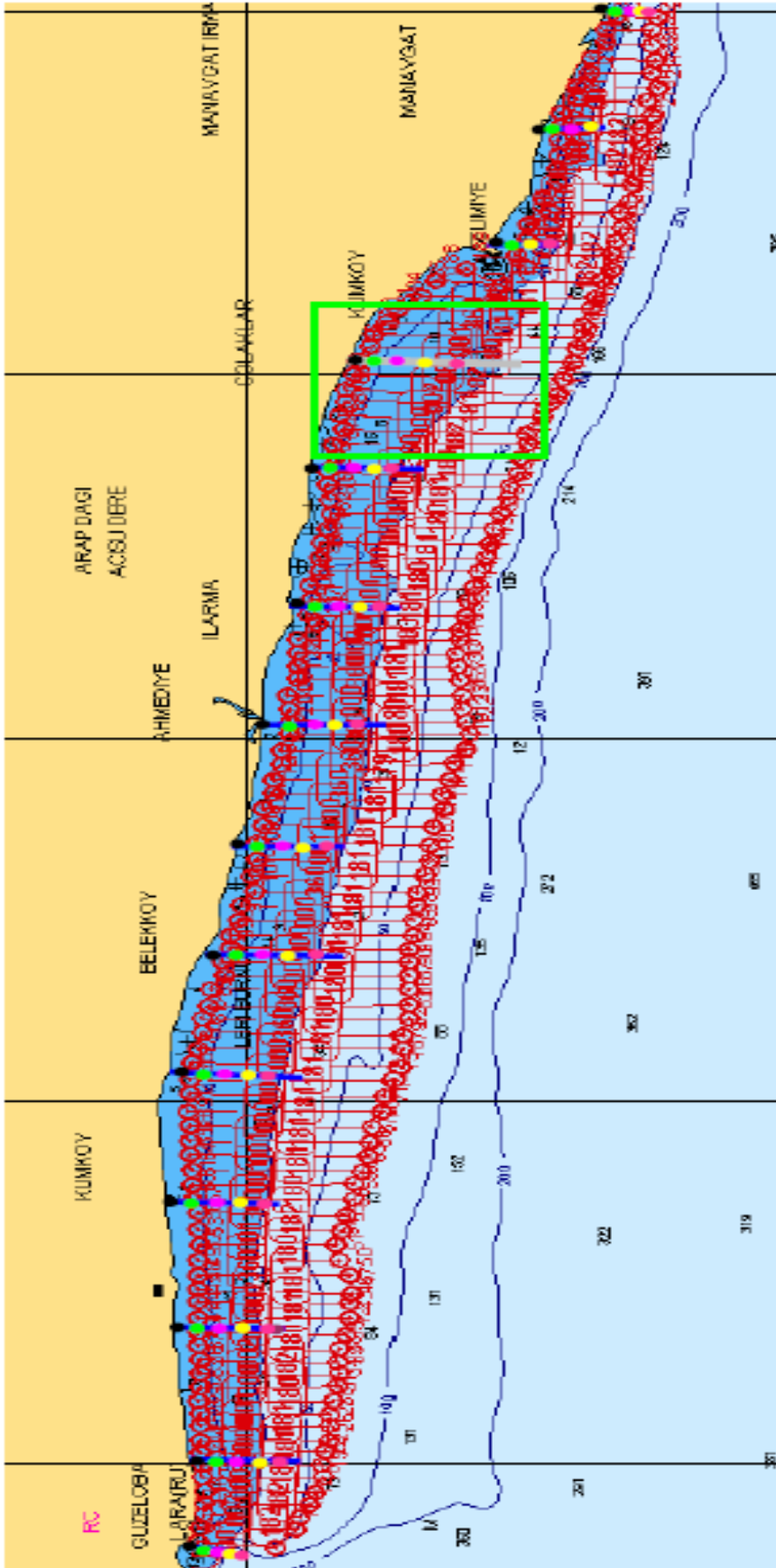
Örnekleme alanının seçiminde, mümkün olduğunca deniz çayırlarının yoğun ve bulunurluklarının yüksek, deniz tabanı eğiminin 5-50 m derinlik aralığında düşük olduğu bölgeler dikkate alınmıştır. Bu özelliklerinin yanı sıra, geniş ve uzun bir çalışma bölgesi olan Manavgat ve etrafındaki sahiller uygun kalibrasyon alanı olarak belirlenmiştir. Bu nedenle, deniz çayırlarına doğal seyrelme olanağı verecek 5, 10, 15, 20 30, 40 ve 50 m standart derinlikler olmak üzere toplam 14 hatta 98 noktada çalışılmıştır. Bitki örnekleme için 5-30 m derinlikler arası toplam 70 noktada çalışılırken, diğer 40 ve 50 m derinliklerde ise van been grab kullanılarak sadece dip çamur örnekleme yapılmıştır. Fakat tüm noktalardan aynı zamanda çevresel parametreyi değerlendirecek örneklemler ve ölçümler de gerçekleştirilmiştir. Deniz çalışması öncesinde dalgıçlar tarafından kalibrasyon alanına kıydan gidilerek hedef deniz çayırlarının durum ve yoğunluğunun tespiti yapılmıştır (Mutlu vd 2014) (Şekil 4).



Şekil 3.2. SCUBA dalışı ile diğer örnekleme noktalarının alan üzerindeki dağılımı (Mavi + olan yerler kıydan itibaren 5, 10, 15, 20 30, 40 ve 50 m derinliklerini göstermektedir, Mutlu vd 2014'ten alıntılanmıştır)

### 3.1.3. Akustik çalışma hatları ve seçimi

Çalışma sahası nokta ve hatları, deniz çayırlarının dip derinliğine göre yoğunlukları, yamalı (patchy) dağılımları ve yatak alanlarının büyüklüğü göz önünde bulundurularak optimize edilmiştir. Çayır yataklarının alansal büyüklüğü ve değişimi dikkate alınarak 5-70 m derinlikler arasında 0.25 nm aralıklarla hatlar düzenlenmiştir. Bu sayede çayır alanlarının sınırları mümkün olduğunca hassas bir şekilde belirlenmeye çalışılmıştır. Seçilen bu hatlar haritada işlenip (Şekil 3.3), çalışma noktaları ile birlikte rotalar önceden belirlenmiştir. Mevsimsel olarak yapılan örneklemlerde, her seferinde hat aralarının proje örneklemleri boyunca daha sık olması için, her deniz çalışması



Şekil 3.3 Proje çalışma sahasındaki akustik hatlar ( — ) ve SCUBA örnekleme noktaları

- (5, 10, 15, 20, 30 m derinliklerdeki dalış noktaları farklı renklerle gösterilmiş olup, çalışma hatları ve kalibrasyon hattı gösterilmiştir (yeşil çerçeveli alan kalibrasyon alanını göstermektedir, Mutlu vd 2014'ten alınmıştır)
- (5, 10, 15, 20, 30 m derinliklerdeki dalış noktaları farklı renklerle gösterilmiş olup, çalışma hatları ve kalibrasyon hattı gösterilmiştir (yeşil çerçeveli alan kalibrasyon alanını göstermektedir, Mutlu vd 2014'ten alınmıştır)

zamanında 80 m doğuya kaydırılmıştır. Sonuçta örnekleme hat hassasiyeti 80 metre aralıklarla oluşturularak, akustik hat taramalarına devam edilmiştir. Şekil 3.3’de verilen toplam hattın uzunluğu 400 m olup, yaklaşık olarak 228 akustik hattan oluşmaktadır ([Mutlu vd 2014](#)).

## 3.2. Veri Toplama

### 3.2.1. Hidroakustik verilerin toplanması

Mevsimsel olarak 7 farklı ayda (Ocak, Mart, Nisan/Mayıs, Temmuz, Ağustos, Eylül, Kasım/Aralık) gerçekleştirilen saha çalışmasında, akustik veriler Biosonics marka 206 kHz frekansa sahip, split beam teknolojisiyle üretilmiş, DT-X Dijital Bilimsel Ekosounder (Digital Scientific Ekosounder) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ancak Eylül ayında cihazın bozulması nedeniyle akustik veri elde edilemediğinden bu ay analizlere dâhil edilmemiş ve geri kalan 6 ay üzerinden değerlendirmeler yapılmıştır.

### 3.2.2. SCUBA dalış verilerinin toplanması

Her hatta 5 dalış ile örnekleme noktası 5-10-15-20-30 m derinliklerinden oluşan SCUBA dalışlarında, deniz çayırları 3’er kez tekrarlamalar ile (40 cm X 40 cm)’lik kuadratlar (frame, çerçeve) kullanılarak dalgıçlar tarafından kesilip güverteye getirilmiştir. Kalibrasyon çalışmasının yapıldığı noktalarda ise (1 m X 1 m)’lik kuadratlardan faydalanılmış ve 6 kesimde seyreltme işlemi yapmak suretiyle örnekler toplanmıştır.

Güvertede önce deniz çayırları elekler içerisinde tek tek yıkanarak üzerinde bulunan canlılar toplanıp saklama kaplarına alınmış, daha sonra güvertede sürgün sayıları, sürgün arası mesafeler, sürgün kılıf boyu ve her sürgündeki yaprakların sayısı ve her birinin yaprak boyu ve eni ölçülmüştür. Laboratuvarında yaprak ağırlık (W) - yaprak alan (LA) ve ağırlık (W) - boy (L) ilişkisinin saptanması için, tekne üzerinde farklı boy grupları seçilerek örnekler saklanmış ve daha sonra elde edilen bu veriler biyokütle hesaplanmasında kullanılmıştır.

## 3.3. Veri Analizi

### 3.3.1. Hidroakustik veri analizi ve yöntemleri

Bu çalışmada akustik verilerin post-prosesi boyunca Biosonics EcoSAV™ 1, VBT (Visual Bottom Typer 1.10), Visual Acquisition Version 6.0 ve Visual Analyzer 4 ticari yazılım programları kullanılmıştır (Biosonics 2001). Ayrıca çıktılarının haritalandırılmasında her programa özgü olarak ihtiyaçlar ve istekler doğrultusunda Matlab (Matlab R2010a) kullanılarak yeni algoritmalar (AIBEP ve AIPH, EK 1–2) yazılmıştır.

### 3.3.1.1. EcoSAV analizi

Sualtı bitki vejetasyonunun ölçülmesi ve tanımlanması için bir proses programıdır. EcoSAV algoritması, DGPS verilerini kullanarak her ping (sinyal) için eko sinyalinin özelliğini belirler ve ping durumunu 5 kategoriye ayırır: unclassified (sınıflandırılmamış), noisy (gürültü), out\_of\_water (su dışı kaynaklar), too\_deep (çok derin), bare (çıplak), plant (bitki). EcoSAV prosesi, deniz tabanından bitkinin en uç yüksekliğine kadar, referans alınan bölgeye göre eko şeklinin anahtar özelliklerini hesaplayarak işlemeye başlar. Bu işlem her 8-10 pingde bir rapor edilir ve bu şekilde bir döngü başına düşen işlemler, her döngü için tekrarlanır.

Tez kapsamında EcoSAV programı kullanılarak, *P. oceanica*'yı tanımlayıcı konfigürasyon ayarları yapılmış ve PAST (PAleontological STatistics) istatistik programı kullanılarak, *P. oceanica*'nın diğer canlılardan ayıklanması ile yaprak boylarının tahmin edilmesi gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda 3 basamakta hedeflenen sonuca ulaşılmıştır:

1. EcoSAV parametrelerinin konfigürasyonu
2. PAST istatistik metodu ile diğer türleri de içeren vejetasyon tabanından *Posidonia oceanica*'nın arındırılması ve ayıklanması
3. EcoSAV ile *Posidonia oceanica*'nın yaprak boyunun zamansal ve mekânsal dağılımını

içermektedir.

#### 1. EcoSAV parametrelerinin konfigürasyonu

*P. oceanica*'nın vejetasyon yaprak yüksekliğinin alansal ve zamansal dağılımlarını elde etmek amacıyla türü diğer hedef dışı türlerden ayırt edecek, filtrelemeyi sağlayacak olan parametrelerin türe özgü olarak kalibrasyonu gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla kullanılan parametreler aşağıda sıralanmıştır. Bu anahtar parametreleri kendi içerisinde 3 gruba ayırabiliriz:

[A.Yer özelliklerini tanımlayan parametreler \(Site spesifik\): Yere özgü parametreler, veri toplama sırasında örnekleme ve saha koşulları için kullanılan parametrelerdir.](#)

- Her döngüde maksimum sayıda su yüzeyi ping sayısı (Maximum number of OUT OF WATER pings per cycle): Her döngü öncesinde “zayıf kalitedeki (poor quality)” olarak etiketlenen pinglerin elimine edilmesine yarar.
- Her döngüde maksimum sayıda gürültü ping sayısı (Maximum number of NOISY pings per cycle): Her döngüde zayıf kalitedeki “gürültü (noisy)” olarak etiketlenen pinglerin elimine edilmesine yarar.
- Maksimum bitki derinliği (Maximum Plant Depth): EcoSAV’da bitki varlığının tanımlanamayacağı derinlik (m), yani diğer bir ifadeyle bitkinin bulunmayacağı derinlik limiti belirlenir. Bu parametre, ping için bitki kolonizasyonunda “çok derin (Too Deep)” olarak sınıflandırılmasına neden olur.

B.Sistem özelliklerini tanımlayan parametreler (System specific parameters): Veri toplama sırasında ekosounder tarafından sistem için kullanılan parametrelerdir.

- Alpha (alfa): Soğurulma katsayısı (Coefficient of attenuation (dB/m))'dır. Sıcaklık ve tuzluluğun bir fonksiyonudur.
- Katman kalınlığı (Layer Height / Depth Increment (Linear measure of depth increment)): Derinlik artışının lineer bir ölçüsüdür. Yani analiz için ulaşılabilen veri çözünürlüğünün üst sınırıdır. Görsel verinin en küçük birimi “akustiksel piksel” olarak da düşünüldüğünde, ses hızının temelinde zaman mesafeye dönüştürülür. O nedenle ses hızının bir fonksiyonu olarak ifade edilebilir. Örneğin; derinlik artışı 1400 m/s’de 1.65 cm iken, 1520 m/s’de 1.83 cm’dir.
- Yakın alan (Near Field /Near Zone): Transducenin yüzeyinde örneklerin hariç tutulduğu aralık olup, analiz için uygun olmayan bu alanın sınırını belirler.

C.Bitkiyi tanımlayan gelişmiş parametreler (Advanced parameters): Dip boyunca EcoSAV’ın bitkileri nasıl tanımladığını belirleyen parametreleri içerir. Bu parametreler, sualtı vejetasyonunun türüne ve veri toplama süresince karşılaşılan dip tipine bağlı olarak çalışır.

- Gürültü denetleme için eşik seviyesi (Threshold for noise checking): Bitkiyi tanımlamak için arka plan gürültü seviyesi üzerinde olan eşik seviyesidir. Gürültü olarak tanımlanan ping sayısının aşırı miktardaki varlığı, bitki varlığını maskeleyeceğinden, gürültü seviyesinin üzerinde bir eşik seviyesi (threshold) ayarlanarak, “gürültü (Noisy)” olarak adlandırılan pinglerin elimine edilmesine yarar.
- Gürültü denetleme mesafesi (Noise checking distance): Kaliteli olduğu düşünülen pingin Near Field ile bitki yüksekliğinin en üstü arasındaki derinlik artışlarıyla olan sayısıdır. Ayarlanan bu limit ile ping “çok gürültülü (Too Noisy)” olarak adlandırılır.
- Bitki tarama mesafesi (Plant detection distance): Bitkiyi tanımlamak için, en üst sınırı hesaplar. Bu parametre pingin “bitki (Plant)” olarak tanımlanmasını sağlayan parametredir.
- Bitki yüksekliği tarama eşik seviyesi (Plant height detection threshold): Dip derinliği ile bitki örtüsünün en yüksek noktası arasında bitki olarak tanımlanacak ping için minimum sayıdaki derinlik artışını ifade etmektedir.
- Dip kalınlığı eşik seviyesi (Bottom thickness threshold): Bir pingin çıplak (Bare) olarak sınıflandırılmaması için gerekli dip sinyalinin içindeki dip kalınlığının minimum sayısını ifade eder.



D.İlave parametreler (Additional parameters): Her döngü için tekrarlanacak ve bitki tanımlamada ince ayarların yapıldığı parametrelerdir. İleri düzey kullanıcılar için EcoSAV’da diğer sualtı özelliklerinden bitkiyi ayırt etmeyi sağlar.

- B1. Pikin takip eden kenarı (The trailing edge of peak): Dip derinliği hesaplandığı zaman, dibin sonunda derinlik olarak tanımlanan noktadır. Dip sinyalinin takip eden kenarın başlangıç noktasıdır.
- B2. Dip pinginin kararı (The ping bottom decision): Dip en yüksek ve en keskin eko sinyaliyle kendini gösterir ve voltajın karesi ( $V^2$ ) ile orantılıdır. Voltajın karesinde en keskin yükselti ile hemen kendisini takip eden yükselti arasında izin verilen derinlik artışının miktarıdır. Çünkü takip eden yükselti dibin üzerindeki bitki örtüsüne ait olacağı için, dip ile bitki sinyali arasındaki farkı tanımlayacak parametrelerden biridir.
- B4. Döngüdeki dip kararı (The cycle bottom decision): İzin verilen voltajın karesindeki en keskin yükselti modu ile ping döngüsü için takip eden kenarın arasındaki derinlik artışının miktarıdır. “Dip pingi” olarak tanımlanmanın yapılmasına yardımcı bir parametredir.
- Bitkiyi tanımlayan eko şiddeti ve mesafesi (Plant feature echo intensity and distance): Bitkiyi tanımlamak ve tanımlama içerisinde bitki yüksekliğinin hesaplanması için kullanılır.
- Bitkiyi tanımlayan şiddet ve mesafe (Plant feature intensity and distance): Çıplak (Bare) ve bitki (Plant) testi için dip kalınlığı hesap edildiği zaman dip sinyalinin ön kenarı olarak belirtildiği noktadır. Yani dip sinyalinin üzerinde bitkinin varlığını tanımlamaya yarayan parametredir.
- Bitkiyi tanımlamada kullanılan dip kalınlığı (Plant feature used in bottom thickness): Çıplak (Bare) ve bitki (Plant) testinde minimum dip kalınlığı için bitki yüksekliğini karşılaştırdığı zaman, dibin devam eden kenarı için kullanılan noktadır. Yani “bitki” olarak tanımlanan dibi, çıplak dip yapısından ayırmak için kullanılan parametredir.
- Sessiz eşik seviyesi ve mesafesi (Quiet threshold and distance): Çıplak (Bare) dip tanımlaması için kullanılır. Çıplak dip taraması boyunca aşırı sessiz bölge (ultra quiet zone) için arama yapmak için kullanılan bir değerdir.
- Kaliteli pingin minimum sayısı (Minimum number of good pings): Bitki tanımlamada özet için, bir döngüdeki kaliteli pingin (Gürültü veya su dışı olmayan) minimum sayısıdır.

Tüm bu ayarlamalardan sonra eko sinyalinin özelliği belirlenir ve dip derinliği, bitki varlığı/yokluğu, bitki yüksekliği, bitki örtüsü/kapladığı alan bilgileri rapor halinde özetlenir. Böylece EcoSAV programı kullanılarak öncelikle *Posidonia*’yı diğer türlerden ayıracak olan kalibrasyon işlemi gerçekleştirilmiştir.

Bu kalibrasyon işlemi için öncelikle *Posidonia*'lı bölgeler ile *Posidonia*'nın hiç olmadığı çıplak bölgeler ve diğer türlerin olduğundan emin olunan bölgelerin analizi ile başlanmıştır. Sadece *Posidonia*'lı bölgelerin analizini sağlayan programın içerisinde yer alan tanımlama parametrelerinin, türe özgü kalibrasyonu neticesinde ile *Posidonia oceanica*'nın tanımlanması ve ayıklanması sağlanmıştır. Ancak kalibrasyonla elde edilen veri setinin grafiği çizdirilip incelendiğinde, hedef dışı türlerin ekolarının da karıştığı görülmüştür. Bu hedef dışı ve/veya istenmeyen diğer etmenler, "Cluster Analizi" yapılarak bertaraf edilmiştir. Bunun için PAST 3.05 (PAleontological STatistics) isimli bir istatistik programı kullanılmış ve böylelikle sadece *Posidonia* olduğu bilinen yerlerin analizi ve bu alandaki bitki yüksekliği ile kapladığı alana ait veriler elde edilebilmiştir.

## 2. PAST (PAleontological STatistics) ile *Posidonia oceanica*'nın ayıklanması

EcoSAV ticari yazılım programından elde edilen sonuçlar incelendiğinde, her ne kadar *Posidonia oceanica*'ya özgü kalibrasyon yapılmaya çalışılsa da program içerisinde yer alan parametrelerin, programın kendi sistem özelliklerinden kaynaklanan sınırlayıcı etkisi nedeniyle istenmeyen hedef dışı canlı/cansız varlıkların mevcut akustiksel enerjilerinin tam olarak filtrelenemediği, dolayısıyla bu filtrelemeyi yaparak *P. oceanica*'nın ayıklanmasını sağlayacak olan istatistiki bir metodolojiye gereksinim duyulmuştur.

Bu amaç doğrultusunda ortak özellikte olanların bir araya toplanarak oluşturacakları bir kümeleşmenin, bu ayrımı kolaylaştırabileceği fikrinden hareketle, PAST 3.05 istatistik programında yer alan "K-means Kümeleme Analizi (Clustering K-Means)" tek bir değişkene bağlı olarak, yükseklik verisi üzerinde, kullanılmıştır. Kalibrasyon işlemi sonrasında filtrelemeden kaçan hedef dışı türlerin, ikinci bir filtreleme daha yapılarak bu istenmeyen hedef türlerin elimine edilmesi sağlanmıştır.

Söz konusu analiz, uygulanan en eski metotlardan olup, kümelenme analizleri ile sınıflandırma analizleri arasında en küçük farklılıkları bulur. Kümelenme algoritmaları, otomatik olarak verileri daha küçük kümelere ya da alt kümelere ayırmaya yarayan bir algoritmadır. Algoritma istatistiki olarak benzer nitelikteki kayıtları aynı gruba sokar. Böylece bir elemanın sadece bir kümeye ait olmasına izin verir. Yani "n" sayıdaki veri seti "K" tane kümeye en az hata fonksiyonunu en aza indirgeyecek şekilde yerleştirir. Bu nedenle küme benzerliği kümedeki değerlerin ortalama yakınlıkları ile ölçülür. Benzer olanların kümeleşmesinden hareketle, *Posidonia* grubuna dâhil olanlar bir kümede toplanırken, diğer farklı bir seviyede dağılım gösteren hedef dışı türler, bu kümelenmenin dışında kalarak hedeflenen ve istenilen sonuca ulaşmıştır.

## 3. EcoSAV ile *Posidonia oceanica*'nın yaprak boyunun zamansal ve mekânsal dağılımı

PAST ile elde edilen veri seti incelendiğinde, her dosya için farklı bir kodlamadan başlanıldığı ve bir standardizasyonunun olmadığı görülmüştür. Bu nedenle bu veri seti üzerinden tekrar düzenleme yoluna gidilerek Matlab için standart hale getirilmiş ve Matlab'da EcoSAV için yeni bir algoritma yazılmıştır. AIPH (Acoustical Identification of *Posidonia* Height, EK 2) adı verilen bu yazılım neticesinde bitki yüksekliğiyle beraber alansal dağılımının mevsimsel olarak haritalandırma işlemi yapılmıştır.

### 3.3.1.2. VBT analizi

VBT (Visual Bottom Type) bir dip yapısı tanımlama programı ve algoritmasıdır. Program içerisinde dip eko sinyallerini kullanarak analiz yapan algoritması sayesinde dijital ekosounderdan gelen ekodan dibi izleyerek (bottom tracking) dip tipinin (bottom type) sınıflandırılması yapılır. Gelen sinyallerin karakterizasyonuna göre deniz yatağının dip tipini tayin eder. Program içerisinde yer alan parametrelerden de faydalanarak referans örneğe göre bir etiketleme yapıldıktan ve algoritmanın nasıl takip edeceği belirlendikten sonra, bilinmeyen dip örneğinin bu referans örnekle kıyaslamalı tanımlama yapmasıyla sınıflandırma işlemi başlatılır. Program içerisinde yer alan 4 farklı metottan birisi ihtiyaç duyulan veri şekline ve yöntemine göre hangisinin kullanılacağını belirledikten sonra prosese başlanır. Ancak bu program bu tez çalışmasında iki farklı amaç için kullanılmıştır:

1. VBT'nin biyokütle için analizi
2. VBT'nin dip yapısı sınıflandırması için analizi

#### 1. VBT'nin biyokütle için analizi

VBT üzerinden *Posidonia* çayırlarının enerjisinin elde edilmesi hedeflenmiş ve bu doğrultuda biyokütle hesabına gidilmiştir. VBT ile *P. oceanica*'nın diğer deniz canlılarından arındırılması, tanımlanması ve filtre edilmesi için, programın ilgili parametrelerinin *P. oceanica*'ya özgü konfigürasyon ayarları yapılmıştır. Buna ilaveten; alansal akustik enerji katsayısı (sa) ile yaprak alanı (LA, m<sup>2</sup>)'dan elde edilen yaş yaprak biyokütlesi arasındaki ilişkiden regresyon denklemi elde edilmiştir. Bu denklem, her mevsim için VBT'den elde edilen akustik enerjinin alansal biyokütle çevriminde kullanılmıştır ki, bu denklem *P. oceanica*'nın yaprak biyokütle dağılımlarını vermektedir. Bu noktada 7 ayrı işlem basamağı uygulanmıştır:

- I. VBT parametre ayarlarının konfigürasyonu
- II. *Posidonia oceanica*'nın biyokütle tahmini için kalibrasyon işlemi
- III. *Posidonia oceanica*'nın alansal akustik enerji katsayısı (sa)'nın hesaplanması
- IV. *Posidonia oceanica*'nın yaprak alanı (LA) ile yaş ağırlık (W) arasındaki ilişki
- V. Regresyon denklemi
- VI. İstatistikî analizler ve algoritmanın yazılması
- VII. VBT ile *P. oceanica*'nın tahmini biyokütle miktarlarının zamansal ve mekânsal dağılımı

**I. VBT parametre ayarlarının yapılması:** Bu düzenlemeyi sağlayan parametreleri kendi içerisinde gruplandırarak, proses sırasında ne amaçla kullanıldığından bahsedecek olursak;

1. [Veri Dosyası / Transducer Özellikleri \(Data File / Transducer Properties\):](#)

- 1a. Gelişmiş Parametreler (Advanced Parameters<sup>1</sup>): Veri toplanması sırasında ayarlanan ve sistem tarafından, verinin toplanma kriterlerini gösteren parametreleri içerir. Çok fazla değişiklik yapılamazken, çalışılması hedeflenen türe göre bir ön filtreleme yapmak için kullanılır.
- Veri prosesi filtre eşik seviyesi (Data processing filter threshold [dB]): Çalışılacak türe göre proses edilmek istenen enerji aralığında filtreleme işleminin yapılmasını sağlayarak, verinin proses esnasında belirlenen o kriterlerde değerlendirilmesine olanak sağlar.
2. Dip Örnekleme Penceresi (Bottom Sampling Windows): Kullanıcıya örnekleme özelliklerini belirlemesini ve hangi kriterlerde analizin yapılması gerektiği kararının verildiği kısımdır. Doğru örnekleme analizi için bu kısım çok önemlidir. Tezde dip yerine dip üzerindeki vejetasyonun örneklenmesi hedeflendiği için, bitki örtüsünü dipten ayırmak adına, bu kısmın doğru analiz edilmesi oldukça önemlidir.
- İlk dip ekosunun ilk kısmı (First bottom first part (E1')): (E1'), dibin sertliği (hardness) ile ilgili bilgi verir (Şekil 3.4).
- İlk dip ekosunun ikinci kısmı (First bottom second part (E1)): (E1), dibin pürüzlülüğü (roughness) olmasıyla ilişkilidir (Şekil 3.4).
- İkinci Dip Ekosu (Second bottom (E2)): Aynı pingin devamında ilk ekodan sonra meydana gelen ikinci ekodur (Şekil 3.4).
- Sediment Penceresi (S, Sediment Window): Metotlardan biri olup, sediment katmanına göre dip sınıflandırması yapılmaktadır (Şekil 3.4).
3. Dip İzleme Parametreleri (Bottom Tracking Parameters): Manuel olarak da ayarlanabilen spesifik dip tanımlaması ve izlemesi için kullanılan parametre grubudur.
- Pik eşik seviyesi (Peak threshold, [dB]): Bir dip ekosunda (örneklerin sayısının pik genişliği (peak width için) ulaşılacak istenen minimum eko şiddetini tanımlar. Yani dibi tanımlayacak eko sinyalinin en yüksek seviyesinin sınırını gösterir.
- Pik genişliği (Peak width): Bir dip ekosunda ulaşılacak istenen pik eşik seviyesi üzerinde ardışık örnek sayısının minimum sayısıdır (Şekil 3.4).
- Dip belirleme eşik seviyesi (Bottom detection threshold): Dip ekosunun son noktasına ulaşmak için maksimum eko şiddetidir. Belirlenecek değer, dip üstü kör bölgesinin (Above Bottom Blanking Zone) üzerinde olmak zorundadır (Şekil 3.4).

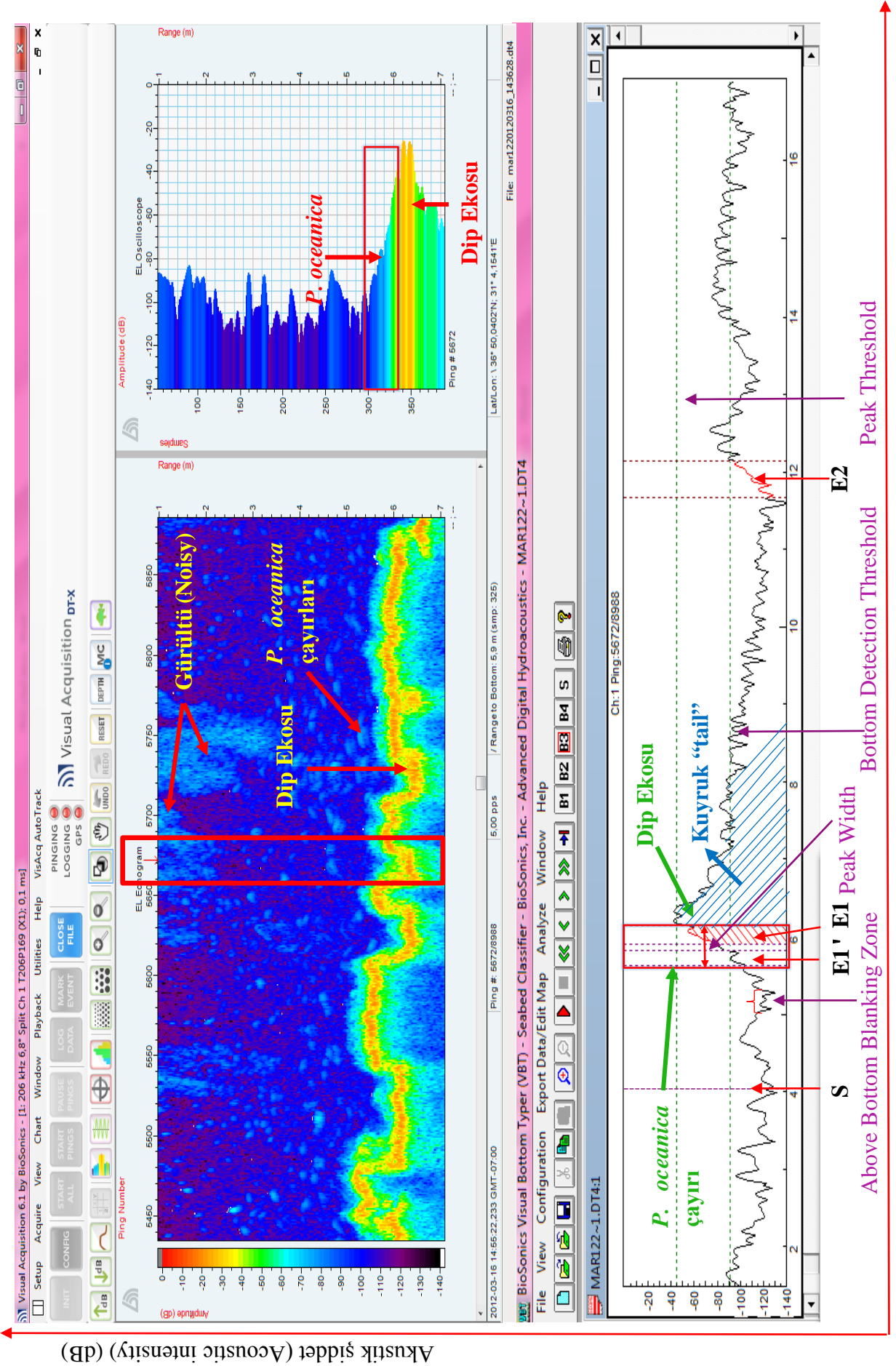
<sup>1</sup> EcoSAV ve VBT ticari yazılımların ana dili İngilizce olması nedeniyle şekil ve metin içerisinde yer alan program ile ilgili açıklamalarda orijinal dili kullanılmıştır.

- Dip üstü kör bölge (Above bottom blanking zone): Bir dip ekosunda ulaşılmak istenen “dip belirleme eşik seviyesi (bottom detecting threshold)” olarak tanımlanan seviyenin altında, ardışık örneklerin minimum miktarını ifade eder (Şekil 3.4).
- Uyarı sınırı (Alarm limit): Dip izleme algoritmasında ardışık olarak meydana gelebilecek kayıp dip pinglerinin sınırını belirler. Belirlenen bu parametre ile eğer limit aşılabacak olursa analiz işlemi yeni baştan başlatılır.
- Dip takip penceresi (Bottom tracking window): Bir sonraki dip ekosu için dip çizgisini takip eder ve bir sonraki dibi takip ederek iki yönlü olarak arada bağlantıyı sağlar. Dip izleme algoritması (Bottom Tracking Algorithm) içindir.
- Kayıp dip (Lost bottom): Eğer dip takip penceresinde (Bottom Tracking Window) bir dip ekosu tanımlanmazsa, o zaman kayıp dip (Lost Bottom) olarak tanımlanır.
- Takip alanı (Tracking domain): TVG hesaplaması için tek yönlü iletim (gidiş) üzerinden “20logR” seçilmiştir.

Yukarıda bahsi geçen parametreler dibi tanımlayacak esas parametre grubudur. Özellikle dibi izole etmek iki parametrenin kontrolünde gerçekleştirilir. Bunlar: dip belirleme eşik seviyesi (Bottom Detection Threshold) ve pik eşik seviyesi (Peak Threshold)’dir. Bu noktada ilk olarak eşik seviyesi (threshold) belirlenerek, verinin nereden itibaren toplanacağını sınırı çizilir. Daha sonra belirlenen dip belirleme eşik seviyesi (Bottom Detection Threshold) ile düşük veri toplama eşik seviyesi (threshold) nedeniyle gürültünün neden olduğu durumlar filtrelenerek elimine edilir. Dip üzerindeki vejetasyonun tanımlanması içinde aynı parametreler kullanılarak *Posidonia* vejetasyonunun izolasyon işlemi gerçekleştirilmiştir.

#### 4. Çıktı Raporları Filtreleme (Output Reports Filter): Daha hassas çalışmak amacıyla analiz sonuçlarını etkileyecek bir ön filtreleme parametre grubudur.

- Rapor başına ping sayısı (Pings per report): Raporun kaç pingte bir yayınlanması isteniyorsa o hassasiyette ayarlama yapılır. Örneğin *P. oceanica*’yı daha hassas çalışmak adına 2 pingte bir ortalama sonuçların rapor edilmesi istenmiş ve ona göre ayarlanmıştır.
- Enerji filtresi (Energy filter): Bir ping için rapor edilmesi gereken minimum enerjiyi ifade eden matematiksel bir işlemdir. Biz kendi çalışmamızda % 60 olarak belirledik. Yani enerjisi % 60 üzerinde olan tüm pinglerin raporlanması anlamına gelir.



Akustik şiddet (Acoustic intensity) (dB)

Şekil 3.4. Örnek alanın ekogram görüntüsü ve şematik gösterimi ile oscilloscope penceresinden S, E1, E1, E2'nin sınırları

## **II. *Posidonia oceanica*'nın biyokütle tahmini için kalibrasyon işlemi**

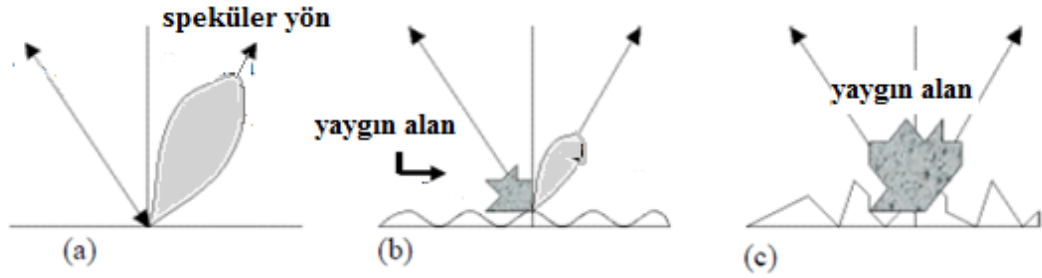
Öncelikle *Posidonia* olduğundan emin olunan bir bölgenin Visual Acquisition 6.1'de boy ve derinlik bilgileri oscilloscope'ta takip edildikten sonra (Şekil 3.4'de üst bölüm), VBT 1.10 üzerinden de aynı takibin yapılabilmesi için aynı ping aralığına denk kelen *Posidonia*'lı kesit (Şekil 3.4'de alt bölüm), B3 (First Echo Division Method (ilk ekonun bölümlerinin oranı ( $E1'/E1$ )) metodu kullanılarak analiz edilmiştir. Bu örnek bölgeye göre program içerisinde yer alan parametrelerin, türe özgü kalibrasyonunu oluşturacak şekilde bir kalibrasyon oluşturulmuştur. Daha sonra oluşturulan kalibrasyon dosyası, diğer tüm akustik taramalardan elde edilen veriler üzerinden okutulup analizleri yapılarak, biyokütle hesaplaması ve buna bağlı dağılım haritalarının oluşturulması için hazır hale getirilmiştir.

## **III. *Posidonia oceanica*'nın alansal akustik enerji katsayısı (sa)'nın hesaplanması**

VBT'den elde edilen sonuçlar üzerinden hesaplamalara geçildiğinde, *Posidonia*'lı kısımdan geri dönen (yansıyan) enerji eğrisinin integrali alınmış ve toplam enerji kesiti [ $E1' + E1$ ] elde edilmiştir. Ancak biyokütle çevriminde kullanılan sa enerjisinin hesaplanmasında toplam enerji [ $E1' + E1$ ] yerine [ $E1' \times 2$ ] üzerinden hesaplanarak biyokütle hesabına gidilmiştir.  $E1'$  ve  $E1$  parametrelerinin karşılık geldiği ifadeleri incelediğimizde  $E1'$ ; sertlik (hardness)'ı  $E1$ ; pürüzlülüğü (roughness) ifade etmektedir. *Posidonia*'lı enerji kesitinin izole edildiği VBT'nin sinyal analizi incelendiğinde (Şekil 3.4'de kırmızı çerçerçeve kısmı)  $E1'$  ve  $E1$  kısımlarının birbirine eşit olduğu dikkati çekmektedir. Oysaki Şekil 3.4'de  $E1$  parametresinin devamı olan ve mavi kısımla taranmış “kuyruk (tail)” diye tabir ettiğimiz uzantının varlığı her analizde farklılık gösterdiği görülmüştür.

Normalde bir dip tanımlama programı olan VBT'de bu metod seçildiği takdirde, dibin sertliğini (hardness,  $E1'$ ) ve pürüzlülüğünü (roughness,  $E1$ ) tanımlayarak birbirine oranının temeline dayanan sınıflama yapmak için tayin işlemi gerçekleştirilmektedir. Ancak söz konusu parametreleri dipten ayırarak *Posidonia*'nın enerjisini elde etmek amacıyla kullandığımızda geriye dipten ayrılarak, dip üzerinde yer alan yapraklardan gelen toplam akustik enerji kalmaktadır. Dolayısıyla tanımlayıcı  $E1'$  ve  $E1$  parametrelerini *Posidonia* yapraklarından gelen enerjinin özelliği üzerinde modifiye ettiğimizde  $E1'$ ; yaprak sertliği (hardness),  $E1$  ise yaprak pürüzlülüğü (roughness)'ne karşılık gelmektedir. Bu konuyla ilişkili olarak Ma vd (1990)'nın Kirchhoff pürüzlü yüzey yansıma teorisindeki yansıma modellemesi üzerine yaptıkları deneysel çalışmalarında, kaba yüzeylerden gelen yansımanın önemli bir doku sınıfını temsil ettiği ve değişken yüzey pürüzlülüğünün etkisi, speküler (aynasal) ve dağınık yansımanın toplam yansıma oranına göreceli katkıları değiştirdiği belirtilmiştir. Ayrıca rasgele düzensiz yüzeye sahip tek bir yaprak üzerinde yaptıkları deneyde, yüzey pürüzlülüğü özellikleri ve üst epidermisin kutikular balmumunun kırılma indeksinin yansımayı kontrol ettiği ve yüzeye saçılma hava mumu katmanında (air-wax layer) gerçekleştiği belirtilmiştir. Yüzey mumları, optik olarak pürüzsüzdür, ancak mumlar küçük akiküler yapıları desteklediğinden büyük ölçekte dalgalıdır. Işık yaprak yüzeyine girdikten sonra, yaprağın içyapılarıyla etkileşime girer. Dolayısıyla yapraklardaki elektromanyetik dalganın saçılması, yaprak iç dokusundaki karmaşık sitoplazmik içerikler, kırılma indisi farklılıkları, düzensiz hücresel şekiller ve dokuların çeşitli geometrik organizasyonlarının

içine girdiği bir sistemde meydana gelen olaylar oldukça karmaşıktır. Yaprığın iç yapılarının neden olduğu saçılma süreçlerinin karmaşık doğası nedeniyle, hacim ve yüzey saçılması kombinasyonu olan dağılma problemlerinin genel bir çözümü yeterince geliştirilmemediğinden pürüzlü yüzeylerin analizi halen önemli bir zorluk teşkil etmektedir. Ancak sonuç olarak pürüzsüz bir yüzeye gelen bir elektromanyetik dalga, bilinen Snell yasasına göre tek bir yönde yansıtılır. Yüzey düzensiz bir yüzeyse, saçılım her yöne olacağını bildirmişlerdir (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Pürüzsüz zemin üzerinde gösterilen pürüzlülük bileşenlerinin oranları **a)** pürüzsüz, **b)** pürüzlü, **c)** çok pürüzlü yüzey (Hajnesk ve Papathanassiou (2005)'ten modifiye edilmiştir)

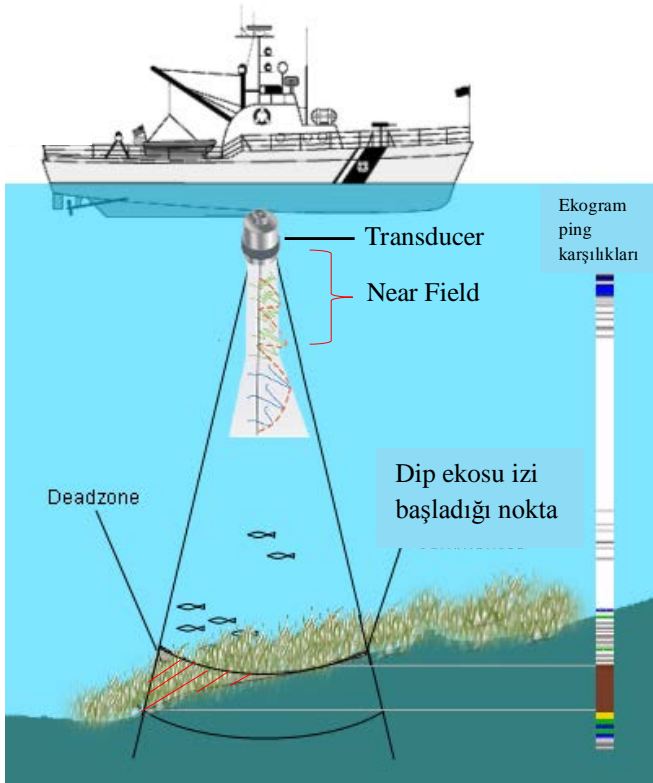
Bu noktadan hareketle, bizim de analizlerimiz sırasında dikkatimizi çeken  $E1$  parametresinin devamındaki kuyruk yapısının çok bilinmeyenli bir parametre olması, yapılan pek çok deneysel ölçüm ve yaklaşımlarda da pürüzlü yüzeylerin dağılık saçılımındaki (multiple scattering) bilinmeyenlerin hala tam olarak çözülemeyen analitik bir problem olmasından ötürü, bu kısmın berataraf edilmesi gerekli görülmüştür. Buna ilaveten derinlik farklılığından dolayı dip normalizasyonunun program algoritmasında yer almaması (Dommissse 2015) bu kısım üzerindeki bilinmezliği arttıran bir diğer etki olarak karşımıza çıkmıştır. Ayrıca ideal şartlar altında homojen bir ortamda yansımının kuralları düşünüldüğünde eşit açıyla simetrik bir yansımaya sebep olacağı, dolayısıyla simetrik bir ekonun olacağı göz önünde bulundurularak  $[E1' X 2]$  üzerinden, ideal şartlar altında yansımının olacağı varsayılmıştır. Buna rağmen hem  $[E1' + E1]$  hem de  $[E1' X 2]$  üzerinden hesaplanan akustik enerjinin biyokütleyle bağlı dağılım grafiği çizdirilip incelendiğinde  $[E1' + E1]$ 'e nazaran  $[E1' X 2]$ 'le daha iyi bir korelasyon sağlanarak her mevsim için ortak bir lineerite elde edilebilmiştir. Böylece  $[E1' X 2]$  üzerinden gerçekleştirilen hesaplamalar neticesinde yaprağın yaşlı, orta-yaşlı, genç, vb. olmasına göre yaprağın sertliğine bağlı yapısal değişimle gelen akustiksel yansıma özelliği hakkında bir fikir sahibi olmamıza neden olmuştur. Yapılan değerlendirmeler, dağılımdaki farklılıkların yaprak sertliğindeki değişimlerin bir sonucu olarak gerçekleştirilmiştir.

$[E1' X 2]$  üzerinden elde edilen enerji EL (echo level; eko seviyesi) olduğu için elde edilen bu veri seti üzerinde bir takım farklı işlem basamakları uygulanmıştır. Söz konusu bu işlem basamakları sırasıyla uygulanarak sahadaki biyokütle miktarlarının tahmin edilmesinde kullanılan akustik enerji katsayısı ( $sa$ )'nın hesaplanması amacıyla gerçekleştirilmiştir. Uygulanan işlem basamakları:



### a. Near Field:

Öncelikle “Near Field” hesaplanmıştır. Near Field; ses dalgalarının yapıcı (constructive) ve yıkıcı (destructive) girişimlerinin (interference) çakışması nedeniyle transducer’ın yüzeyinde enerjinin düzensiz olduğu bir alan oluşur. Bu sebeple bu alanda target (hedef) sayımı yapmak tavsiye edilmez (Şekil 3.5). Bu nedenlerden ötürü veri üzerinde öncelikle “Near Field” hesaplanmış, bu değer altında kalan derinlikler elimine edilmiş ve sonraki proselere dâhil edilmemiştir. Bu sonuca göre, 5 m derinlik örneklemelerinin hepsi “Near Field” altında kaldığından dolayı analizlere dâhil edilmemiştir.



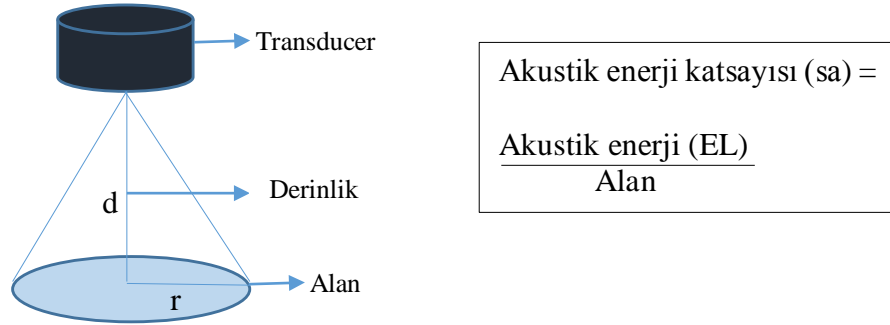
Şekil 3.6.Near Field ve Dead zone alanlarının şematik gösterimi<sup>2</sup>

### b. Dead Zone:

Dipte ses dalgasıyla dip (bottom) arasında yanlarda kalan bölgelerde oluşan, dip üzerindeki “Dead Zone” hesaplanmıştır. Adından da anlaşılacağı gibi “Dead Zone” bölgeleri ölü bölge olup, burası ses dalgasının kör bölgesidir. Bu bölgede target (hedef) tespit etmek mümkün değildir. Güçlü derinlik sinyalinin içerisinde target (hedef) ekosu kaybolur (Şekil 3.5). Toprak üstüne çıkan kılıf (sheath)’lardan gelecek güçlü akustik enerjisini bertaraf etmek için “Dead zone” kalınlığı hesaplanarak hesaplamalardan çıkarılmıştır.

<sup>2</sup> Şekildeki ekosounder; <http://www.olympus-ims.com/en/ndt-tutorials/transducers/characteristics/>, resimde [http://support.echoview.com/WebHelp/Reference/about\\_the\\_dead\\_zone.htm](http://support.echoview.com/WebHelp/Reference/about_the_dead_zone.htm) sitelerinden alıntılanmış ve modifiye edilmiştir.

**c. Sa'nın hesaplanması:**



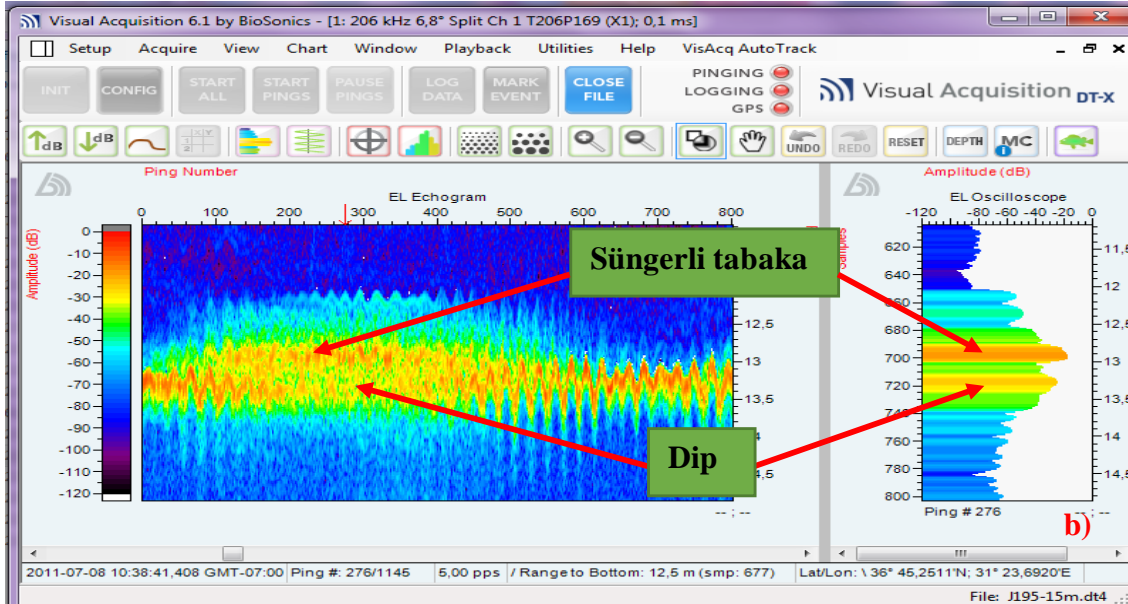
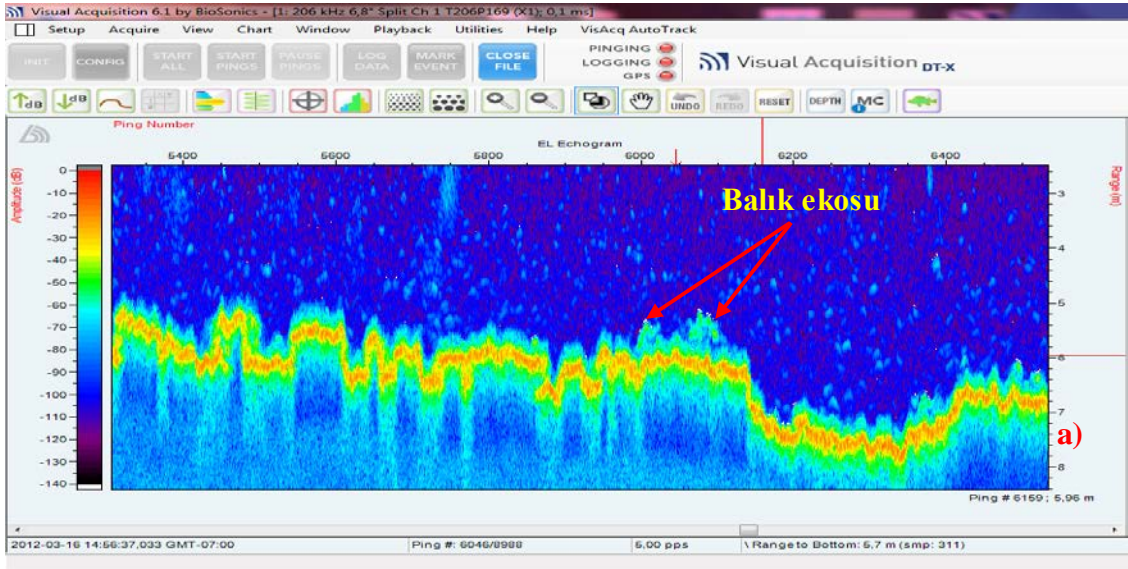
Şekil 3.7. Transducer kaynağından çıkan sesin dip üzerindeki *Posidonia*'dan gelen akustiksel enerji katsayısı (sa)'nın hesaplanmasında kullanılan parametreler ve şematik gösterimi

Yukarıda verilen formül üzerinden gerçekleştirilen hesaplamalarda EL (E1' X 2)'in alana bölünmesiyle ortalama enerjiden *Posidonia*'nın akustik enerji katsayısı (sa) hesaplanmıştır. alan hesaplaması sırasında derinlik verisi üzerinden transducer derinliği ve deadzone göz önünde bulundurulularak hesaplamalar gerçekleştirilmiştir.

Biyokütle ve yoğunluk (density) hesaplamalarında sv (hacimsel geri-yansıma katsayısı) ve sa (hacimsel geri-yansıma katsayısı) en önemli kısımdır. Örnekleme hacmi (sampling volume) “volume backscattering coefficient (sv, hacimsel geri-yansıma katsayısı)”; yani hacimde sürüden gelen toplam enerjinin hesap edilmesi için önemlidir. Transducerın yüzeyinden, transducer derinliği çıkartıldıktan sonra dibe kadar beam angle'ın oluşturduğu konik hacmin hesaplanmasıyla örneklerin elde edildiği hacim elde edilir. Özellikle balıkçılık akustüğünde, yoğunluk (density) ve biyokütle hesaplanırken mutlaka örnekleme hacmine (sampling volume) ihtiyaç vardır. Sürüden gelen toplam enerji sv:  $TS + 10 \log_{10}(\text{birey sayısı } m^3, N) \text{ dB}$  denklemiyle hesaplanırken, bu denkleğin logaritmik ölçüsü olan (Sv),  $Sv = 10 \log(sv) \text{ (dB re } 1m^{-1})$  şeklinde hesaplanır. Fakat çalıştığımız türün dipte yer alması nedeniyle sürüden gelen enerji hesaplamasında “sv” yerine “sa” kullanılmıştır. “Area back-scattering coefficient (sa, alansal geri-yansıma katsayısı)”; katman yüzeyinin  $m^2$  başına düşen örneğin bir ölçüsüdür. Alansal yoğunlukla ilgilenir. Kısaca; hacim yerine alandan gelen toplam enerjiyle ilgilidir. *Posidonia oceanica* çayırlarının da dipte yaşamaları ve birbirlerinden ayrıştırılmayacak kadar iç içe ve/veya yan yana olmaları sebebiyle sürüyü ortalama bir değer ile temsil edecek enerji hesaplanmıştır. Dolayısıyla bireyden gelen enerji yerine sürüden gelen ortalama enerjinin hesaplanması, diğer bir ifadeyle ortalama birey başına düşen ortalama enerjinin büyüklüğü bölgeye, vejetasyonun sağlık durumuna göre (genç, yaşlı), pozisyonuna vb. değişiklik göstereceğinden, hacimden (sv) ziyade, alansal enerjinin (sa) kullanılması daha uygun görülmüştür. Bu hesaplamaların yapılması için yerinde doğrulamayla (ground-truth) örneklerin alınmasına gerek duyulmuştur.

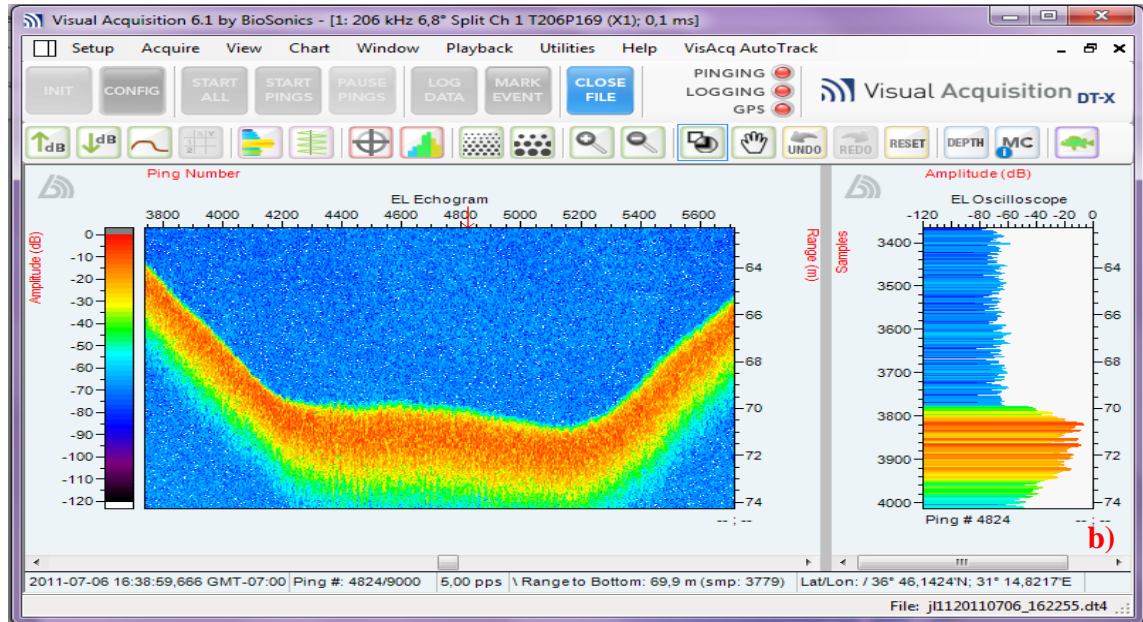
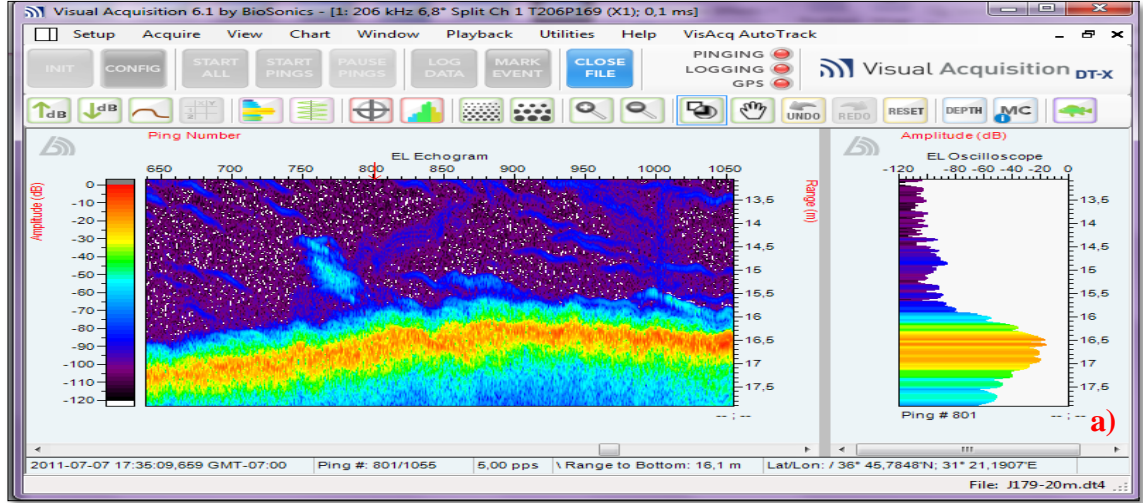
*Posidonia* türünün pek çok canlıya ev sahipliği yaptığı bilinen bir gerçektir. Bu nedenle örnekleme yaptığımız deniz çayırlarının arasında balık, diğer targetlar, gürültü (noise) vb. istenmeyen ekolarda yer alır. Doğru bir şekilde hedef türün enerjisini elde

etmek için bu istenmeyen hedef olmayan türlerin (target) bertaraf edilmesi amacıyla, veri seti üzerinde birkaç basamakta gerçekleştirilen bir filtreleme işlemi yapılmıştır. Öncelikle balıkların filtrelemesi gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.8a). sa hesaplandıktan sonra veri seti üzerinden % 95 güven sınırı (confidence limit) aralığının maksimum noktası hesaplanmış ve balık filtresi için bu değerin üstünde kalan enerji değerleri analize dâhil edilmemiştir. Çizilen grafiklerle de değerlerin öncesi ve filtre sonrası elimine edilmesi gözle takip edilmiş, ayrıca ping ping kontrol işlemi gerçekleştirilmiştir. Aynı zamanda her ne kadar program parametrelerinin konfigürasyonunda, gürültü seviyesi (noise threshold) ayarları yapılsada yine de veri seti üzerinde gözden kaçan bir enerji etkisini elimine etmek için ekogramdan görülen -90 dB seviyesinde filtrelemeye tabi tutulmuştur.



Şekil 3.8. a) *Posidonia* çayırları üzerinde yaşayan balıkların ekogramda görünen ekoları  
b) *Posidonia* çayırlarının üzerinde bulunduğu farklı süngerimsi tabakalarının ekogram görüntüsü

Ayrıca analizler sırasında görülmüştür ki, süngerimsi özelliğe sahip ve/veya yumuşak dip zemin üzerine yerleşen *Posidonia* çayırlarının, çok yüksek enerji vermesi ve enerjisel değişkenlik göstermesi sebebiyle, çıkan sonuçların güvenilir olmadığı görüşüne varılarak, bu bölgedeki deniz çayırları analizlere dâhil edilmemiştir (Şekil 3.8b, 3.9a).



Şekil 3.9. a) *Posidonia* çayırlarının üzerinde bulunduğu farklı süngerimsi tabakalarının ekogram görüntüsü, b) Derin bölgelerdeki *Posidonia* hariç diğer hedef olmayan bitki türlerinin ekogram görüntüsü

Bir başka analizlere dâhil edilmeyen durum ise, dipte *Posidonia* dışında gerek kısa mesafelerde gerekse çok derin bölgelerde hedef dışı bitki türlerinin var olmasıdır (Şekil 3.9b). Proses sırasında bu bitkilerin varlığı da göz önünde bulundurularak kalibrasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Fakat buna rağmen her ne kadar kalibrasyon sırasında filtreleme yapılsa da, bu filtrelemeye girmeyip kaçan veriler içinde ayrı bir filtrelemenin

yapılması gerekli görülmüştür. Bu nedenle balık filtrelemesi sırasında bir alt (eşik seviyesi) threshold daha koyularak, ikinci bir filtreleme gerçekleştirilmiştir. Bu işlem sırasında arka plan gürültülerinin etkisi de göz önünde bulundurulmuş, belirlenen bir başka alt threshold ile de ortam gürültülerinin bertarafı sağlanmıştır. Böylece daha öncede bahsedildiği gibi birkaç basamakta gerçekleşen filtreleme neticesinde, geriye sadece *Posidonia* enerjisinden elde edilen veri seti kalmıştır.

Yapılan tüm bu filtreleme işleminden sonra örnekleminin gerçekleştirildiği tüm aylarıda (Ocak, Mart, Nisan, Temmuz, Ağustos ve Kasım) içerisine alacak şekilde *Posidonia*'lı bölgelerin seçilmesiyle kalibrasyon işlemi başarıyla gerçekleştirilmiş ve mevsimsel olarak *Posidonia*'dan gelen ortalama akustik enerjisi hesaplanmıştır. Bu veriler daha sonra sahadaki biyokütle miktarlarının tahmin edilmesinde kullanılmıştır. Toplam 7 seferin 6'sının analizleri gerçekleştirilirken, Eylül ayında saha çalışmasında akustik aletin bozulması nedeniyle seferin akustik taramaları yapılamamış o nedenle analizlere dâhil edilmemiştir.

Benzer bir uygulamada sahadan elde edilen SCUBA verileri üzerinde de farklı işlem basamakları uygulanmıştır. Akustik sonuçları etkileyen türün morfometrik karakterlerinin de doğru ölçülmesi, hesaplamalarının doğru yapılması ve değerlendirilmesi elde edilecek sonuçların neden-sonuç ilişkilerinin açıklanmasında oldukça önemlidir. Bu bakımdan akustik veri yanında, sahadan elde edilen verilere de bir takım işlemler uygulanmıştır. Bu amaçla önemli rol oynayan bu belli başlı parametrelerin belirlenmesi, türe özgü akustik karakteristiklerinin ortaya konması gerekmektedir. Bu nedenle sahadan elde edilen örneklerin biyometrisi çalışılmış ve elde edilen veriler ışığında sahadaki biyokütle miktarlarını tahmininde kullanılacak veri seti elde edilmiştir.

#### **IV. *Posidonia oceanica*'nın yaprak alanı (LA) ile yaş ağırlık (W) arasındaki ilişki**

Özellikle biyokütle hesaplamasına gelindiğinde, türün aylara göre L-LA-W ilişkisi incelenmiş ve boy (L) üzerinden hesaplanacak biyokütle değerlerinden ziyade yaprak alanı (LA) üzerinden hesaplanan biyokütle değerlerine yer verilmiştir. Yaprak boyu üzerinden elde edilecek verilerin güvenilir olmayacağı düşüncesiyle bu veriler üzerinden biyokütle hesabına gitmek yanıltıcı olacağı düşünülerek hareket edilmiştir. Bu nedenle her istasyon için ağırlık (W)- yaprak alanı (LA) kullanılarak power-fit üzerinden elde edilen denklemler çıkartılmıştır. Çünkü 1 birim biyoküttelede akustik enerji, scattering'in (saçılma)  $R^2$  (yarıçapın karesiyle) orantılı büyümesi nedeniyle logaritmik artmaktadır. O nedenle hesaplamalar sırasında gitgide logaritmik bir eğrinin çıkması beklenir ki zaten lineerden ziyade power-fit üzerinden denklemleri çözmek daha iyi sonuç vermiştir.

Söz konusu bu verileri L-LA-W denklemleri ile kalibrasyonu yapılan akustik enerjinin, biyokütleye çevriminde kullanılmıştır. Doğal olarak deniz çayırlarından alınan akustik enerjinin mutlak miktara çevrilmesinde kalibrasyonun ve hesaplamalarda kullanılacak regresyon denkleminin iki ayağından bir olan bu verilerin doğru hesaplanmasının önemli bir unsur olduğu bir kere daha ortaya konulmuştur.

Yaprak alanına (LA) karşılık gelen ağırlık (W) değerlerinden elde edilen denklem, aynı istasyonun sahadan elde edilen ve 3 replikate halinde toplanan boy

verilerinin üzerine uygulanarak kütle değerleri hesaplanmıştır. Örneklerin aynı alandan (40 x 40 cm ve 1 x 1 m)'lik kuadratlarla toplanması ve örnek sayılarının da eşit olmaması nedeniyle hesaplamalar sırasında standardizasyona gidilmiştir. Her replikate için tekrarlanan bu işlem sonrasında ayrı ayrı toplanan kütle verisi, o replikate'den alınan alt örneklemin (subsample) shoot sayısının, elde edilen toplam shoot sayısına bölünmesiyle elde edilen alt örnekleme oranı (subsample ratio) ile çarpılmıştır. Böylece öncelikle (40 x 40 cm) içerisinde elde edilen toplam örneğin kütlesi hesaplanmış, daha sonra biyokütleyi hesaplamak için elde edilen veri,  $m^2$ 'ye çevrilmiş ve 3 replikate ortalaması alınarak ortalama biyokütle değeri ( $g/m^2$ ) cinsinden hesaplanmıştır.

## **V. Regresyon denklemi**

Mevsimsel olarak SCUBA dalışı ile örneklenen ve laboratuvar koşullarında yaprak alan (LA) - yaş ağırlık (W) hesaplamalarından elde edilen denklemlerin, aynı istasyon için sahadan elde edilen örneklere uygulanmasıyla çalışma sahasında *P. oceanica*'nın biyokütle miktarları hesaplanmıştır.

Fakat o noktaya gelmeden önce belirtmekte fayda var ki, tüm dalış istasyonlarından elde edilen çayırklar, regresyon denklemini çıkarmak için kullanılmamıştır. Sadece yukarıda bahsi geçen kriterlere uygun olan istasyonlar değerlendirmeye alınmıştır. Biyokütlelerinin hesaplandığı o istasyona karşılık, akustik veriler kullanılarak [E1' X 2] üzerinden hesaplanmış "sa" grafiği çizdirilmiştir. Daha öncede bahsedildiği gibi birey başına düşen TS ölçülemeyeceğinden ve hacimsel enerjinin (sv) kullanımı, pelajik ortamlarda daha etkin iken, regresyon denklemlerinin oluşturulmasında alansal akustik enerji (sa) kullanılmıştır. Böylece yaprak alanı üzerinden hesaplanan biyokütle, *P. oceanica*'nın sahadan ölçülen akustiksel enerjisi (sa) ve bunlardan elde edilen regresyon denklemi kullanılarak sahadaki biyokütle ( $g/m^2$ ) miktarları hesaplanmıştır.

## **VI. İstatistiksel analizler ve algoritmanın yazılması**

Matlab (matrix laboratory), MathWorks tarafından geliştirilen çok paradigmalı sayısal hesaplama yazılımı ve dördüncü nesil bir programlama dilidir (Matlab R2010a). Matlab kullanıcıya, matris işleme, fonksiyon ve veri çizme, algoritma uygulama, kullanıcı arayüzü oluşturma, C, C++, Java, ve Fortran gibi diğer dillerde yazılmış programlarla arabağlama imkânı sunar.

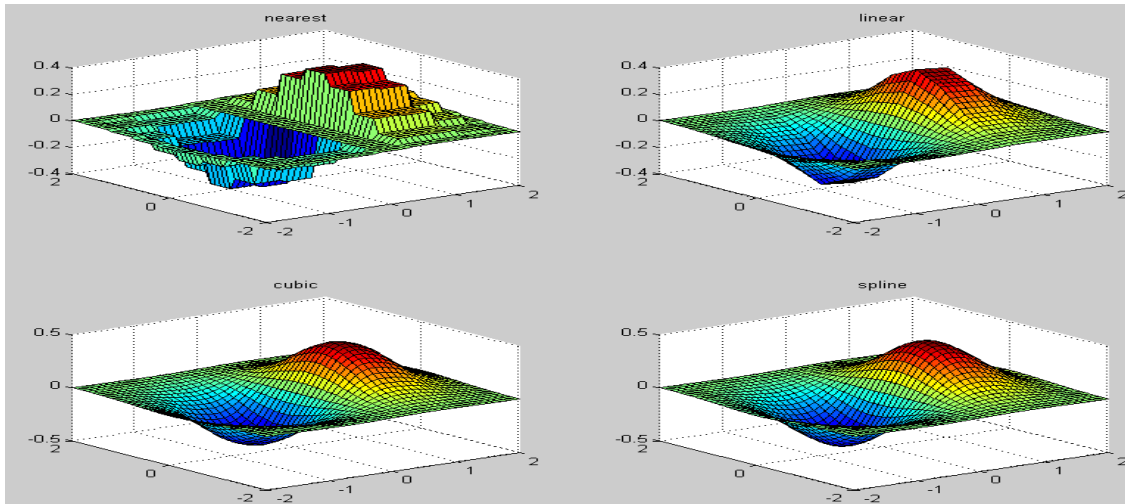
Tez kapsamında kullanılan bu program sayesinde ihtiyaçlar doğrultusunda EcoSAV ve VBT üzerinden yapılan her işlem için yeni algoritmalar yazıldı. Hedeflenen sonuçların gerçekleştirilmesi noktasında çoklu analizlerin aynı anda yapılmasına bu sayede imkân vererek tezin başarıyla sonuçlanmasına çok büyük katkı sağlamıştır. Ayrıca akustik sistemlerle çalışılırken özel yazılımlara ihtiyaç olduğu bir kere daha net olarak anlaşılmıştır.

Bu işlemler sırasında akustik verilerin sadece bir dosyasının 9000 pingten oluştuğu düşünülürse, alt alta bütün 228 akustik hattı 9000 ping üzerinden hesaplamak ve bunu yapılan her sefer için ayrı ayrı uygulayıp, birleştirmek excel ile mümkün olmayacağı aşikârdır. Uygulansa bile tek tek elle yapmanın sebep olacağı hata yanında, oldukça

zaman alıcı bir iş olması itibariyle, Matlab (Matlab R2010a) gibi bir yazılım programı kullanmak oldukça avantajlıdır. Bu algoritmalar sayesinde, tüm hesaplar ortak bir otomasyon sistemine dökülmüştür. Yeri geldiğinde algoritma üzerinde istenilen bir değişikliğin yapılması hem kolay hem de değişikliğin sonucunun hemen alınmasına da olanak sağlaması bakımından da oldukça avantajlıdır.

Yazılan algoritmanın detayları incelendiğinde, yukarıda bahsi geçen filtreleme işlemleri tek tek uygulanmış, biyokütle hesaplanmasında kullanılan regresyon denklemi hem doğrusal (lineer) hem de üstel (power-fit) model uygulanarak, ayrı ayrı olmak koşuluyla biyokütle dağılım haritaları çıkartılmıştır. Daha sonrasında kıyaslama yaparak en iyi sonucun hangi denklem ile elde edildiği görüldükten sonra hangi tip denklemin kullanılmasına karar verilmiştir.

*P. oceanica* çayırının Antalya Körfezi'nde dağılım haritasının elde edilmesi amacıyla, algoritmanın yazımı sırasında alanı çevreleyen interpolasyon işleminde “linear metod” tercih edilmiştir. Bu metod aynı zamanda programın varsayılan (default) metodudur. Diğer metodlar incelendiğinde, “Nearest” metodunda, istenilen noktaya en yakın olan veriyi verir. “Linear” metotta ise istenilen x değerinin solundaki ve sağındaki veri noktalarını alıp, bu noktalardan bir doğru geçirir. Bu doğrunun istenilen x değerine karşılık gelen y değerini verir ki bizim bu çalışmamızda en uygun olacağını düşündüğümüz bu metoda karar verilmiştir. Linear interpolasyon metodu sadece birinci derece bir polinoma uyan veri noktaları için en uygun sonucu vermektedir. “Cubic” interpolasyon metodu her iki veri noktasından geçen 3. derece bir polinom bulur ve bu polinomu kullanarak istenilen noktadaki y değerini hesaplar. “Spline”; de ise iki boyutlu ara değer bulma işlemi gerçekleştirir (Şekil 3.10). Bu şekilde, bahsi geçen metotlara göre örnek olarak elde edilen noktaların dağılımı harita üzerinde (plotting) gösterilmiştir. Böylelikle metotların neyi ifade ettiği daha kolay anlaşılabilir.



Şekil 3.10. X2 ve Y2 lere göre X,Y ve Z değerleri kullanılarak Z2 değerleri farklı metotlara göre çizilmesi<sup>3</sup>

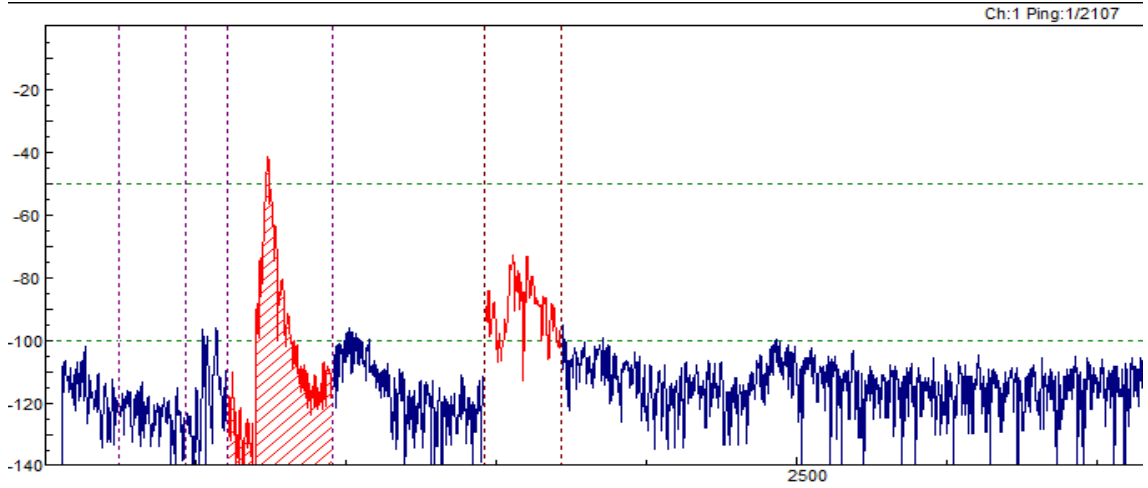
<sup>3</sup> [yazilim.gumushane.edu.tr/user\\_files/files/Ozkan/DersNotlari/bolum\\_7.pdf](http://yazilim.gumushane.edu.tr/user_files/files/Ozkan/DersNotlari/bolum_7.pdf)

## **VII. VBT ile *P. oceanica*'nın tahmini biyokütle miktarlarının zamansal ve mekânsal dağılımı**

Mevsimsel olarak *Posidonia* yataklarının Antalya Körfezi'nde kapladığı alan, yaprak yüksekliği ve tahmini biyokütle miktarlarını gösteren dağılım haritaları mevsimsel olarak elde edilmiştir.

### **2. VBT'nin dip sınıflandırması için analizi**

VBT üzerinden dip yapısının sınıflandırılması, program içerisinde yer alan B4 Fractal Dimension Metod (farklı geometrik şekillerin boyutları-yapıları)'u seçilerek ona göre proses işlemi yapılmıştır. Dip ekolarının şekillerinin karakterizasyonuna bakıldığında, dipten gelen ekonun sahip olduğu şeklin bir nevi düzensizliğinin ölçülmesi esas alınarak bu metod seçilmiştir. Çünkü dip yapısının şekline dikkat edilecek olursa, düzensiz girinti ve çıkıntılara sahip (fractal) karmaşık bir şekle sahip olduğu görülür (Şekil 3.11). Bu nedenle bu metodun seçilmesi daha uygun görülmüştür.



Şekil 3.11. VBT dip izleme sinyal analiz görüntüsü



## 4. BULGULAR

Bu bölümde, bir önceki bölümde verilen metodoloji ve izlenen işlem bacaklarına göre analiz edilmiş verilerin elde edilen sonuçları karşılaştırmalı olarak sunulmuştur.

### 4.1. EcoSAV Analizi

#### 4.1.1. EcoSAV parametrelerinin konfigürasyonu

EcoSAV prosesi sırasında programda yer alan parametrelerden, tezde hedeflenen amaca ulaşmak için kalibre edilen parametreler ve kalibrasyon için ayarlanan değerler tablo halinde aşağıda sunulmuştur (Çizelge 4.1):

Çizelge 4.1. EcoSAV program parametrelerinin konfigürasyon ayarları

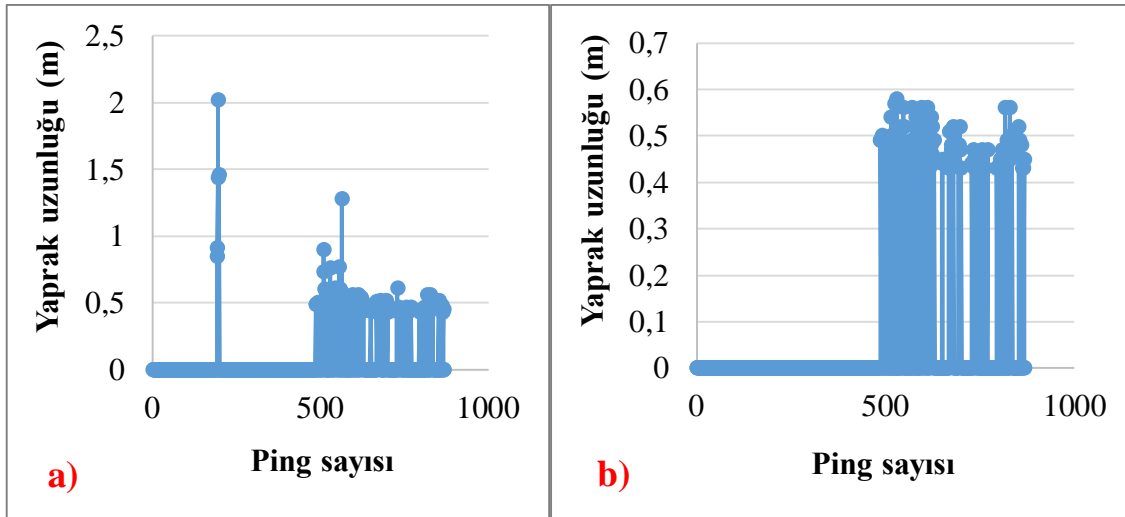
<b>Site Specific</b>	<b>Ayarlanan Değerler</b>
Maksimum number of OUT OF WATER pings per cycle	2
Maksimum number of NOISY pings allowed in output per cycle	3
Maximu Plant Depth	30
<b>System Spesific</b>	
Calibration Correction (dB)	0
Alpha (dB/m)	0.088
Layer Height (m)	0.018
Near Field (m)	1.13
<b>Advanced</b>	
Threshold noise checking and plant detection	-65
Noise checking distance depth increments	6
Plant height detection threshold	23
Bottom thickness threshold increments	22
<b>Additional Parameters</b>	
Trailing edge of peak below sharpest rise at b1	-30
Ping bottom decision	6
Ping bottom adjustment	2
Cycle bottom depth decision	6
Plant feature echo intensity	6
Plant feature distance	-50
Plant feature distance	6
Plant feature used in bottom thickness	-50
Quiet threshold for bare bottom detection	-140
Quiet threshold distance for bare bottom detection	2
Minimum number of good pings required to trigger a summary report	8

1. **“Site Spesific”** bölümü; *Posidonia*’lı bölgelerin bulunduğu yer özelliklerini belirleyen pingin değerlendirilmesinde ki ilk filtreleme basamağıdır. Buna göre bölüm içerisinde yer alan “Maximum number of OUT OF WATER pings per cycle”, minimum sayıda olacak şekilde 2 olarak ayarlanmıştır. “Maximum number of NOISY pings per cycle”- 3 ayarlanmıştır. Böylece “Out of Water” ve “Noisy” ile bu özellikte tanımlanan pinglerin elimine edilmesini sağlayacak döngüdeki sayıları belirlendi (Çizelge 4.1). Maximum Plant Depth” ise çalışma bölgesinde *Posidonia* çayırlarının en son dağılım gösterdiği maksimum derinlik olan 30 m olarak atanmıştır. *Posidonia* çayırının maksimum bulunduğu dip derinliğinin (Maximum Plant Depth) belirlenmesiyle, “Too Deep” olarak ping özelliğinin tanımlanması sağlanmıştır.
2. **“System Spesific”** bölümünde; “Alpha”, “Layer Height” ve “Near Field” parametreleri ayarlandı. “Alpha”, veri toplandığı sırada ortamın sıcaklık ve tuzluluğuna göre sistemin kendisi tarafından hesaplanan değer olan 0,088 dB/m olarak ayarlandı. Böylece prosesi yapılacak akustik verilerin, verinin toplandığı sıradaki ortam özelliğine göre ayarlanan değerleri korunarak analizlere dâhil edilmesi hedeflendi. Parametrelerden “Calibration Correction”ı ayarlamaya gerek duyulmadı. Çünkü sefer sırasında kalibrasyon noktalarında Tungusten küre kullanılarak ekosounderın kalibrasyon ayarı (dB) yapıldığı için, bu kısımda herhangi bir düzeltmeye ihtiyaç duyulmamıştır (Çizelge 4.1). “Layer Height” çalışma alanında *Posidonia*’nın bulunduğu dip kalınlığı, Visual Acquisition 6.1. programı yardımıyla gerçek kalınlık üzerinden belirlenerek 0,018 m olarak ayarlanmıştır. “Near Field” ise çalışma için kullanılan transducer boyutu üzerinden hesaplanarak 1.13 m olarak ayarlanmıştır.
3. **“Advanced”** bölümünde; “Threshold for noise checking and plant detection”- [-65 dB], “Noise checking distance number of depth increments”- 15, “Plant detection distance depth increments”- 6, “Plant height detection threshold”- 23 ve “Bottom thickness threshold increments” - 22 olarak ayarlandı. Bu parametrelerin tamamı dip boyunca *P. oceanica*’nın tanımlanması amacıyla kalibrasyonu yapılan parametrelerdir. Tanımlamayı kolaylaştırmak amacıyla türün yaşadığı dip tipinin özelliklerinden de faydalanarak kalibrasyon işlemi gerçekleştirilmiştir (Çizelge 4.1). Daha öncede belirtildiği üzere, *P. oceanica* çayırlarının TS’i bu çalışma sırasında [-70 -80] dB aralığında yer almaktadır (Bkz. Şekil 4.29). Fakat program default’unda bitki taraması yapmak üzere seçilmesi gereken threshold değeri “Threshold for Noise Checking and Plant Detection” en son -65 dB’ye kadar izin verdiği için diğer threshold ayarlamaları da bu değer üzerinden ilintilendirilerek yapılmıştır.
4. **“Additional Parameters”** bölümünde; “Trailing edge of peak below sharpest rise at b1”- [-30 dB], “Ping bottom decision” – 6, “Cycle bottom depth decision”- 2, “Plant feature echo intensity”- [-45 dB], “Plant feature distance”- 6, “Plant feature intensity”- [-50 dB], “Plant feature distance”- 6 “Plant feature used in bottom thickness”- [-50 dB], “Quiet threshold for bare

bottom detection”- [-140 dB], “Quiet threshold distance for bare bottom detection”- 2 ve “Minimum number of good pings required to trigger a summary report”- 8 olarak ayarlanmıştır. Bu kısımda bitki tanımlamayı sağlayacak hassas ayarlar yapılmıştır. Bu parametreler ile *Posidonia* türünü diğer türlerden ayıracak ve türe özgü kalibrasyonu gerçekleştirecek parametrelerin kalibre edilmesi sağlanmıştır (Çizelge 4.1). Veri toplama işlemi -140 dB’de yapıldığı için “Quiet Threshold for Bare Bottom Detection” [-140 dB] olarak seçilmiştir.

#### 4.1.2. PAST (PAleontological STatistics) ile *Posidonia oceanica*’nın ayıklanması

EcoSAV üzerinden elde edilen ham veri incelendiğinde (Şekil 4.1a), ping sayısına karşılık çizdirilen yaprak uzunluğu grafiğinde genel olarak gruplaşmanın kabaca 0.5–0.6 m civarında yoğunlaştığı ancak arada bu değer üzerinde sıçramaların meydana geldiği ve hatta 2 m’ye kadar ulaştığı görülmüştür. Oysaki türün morfometrik özellikleri incelendiğinde türün maksimum 1 m civarlarında dağılım gösterdiği ortaya konulmuştur. Ayrıca gerek çalışma sahasında SCUBA dalışından elde edilen ölçüm sonuçlarına bakıldığında gerekse bu tez kapsamında elde edilen sonuçlar incelendiğinde, mevsimsel olarak yaprak uzunluğunun ortalama 40–60 cm arasına tekabül ettiği, mevsimsel değişime bağlı olarak bu değerlerin altında veya az üstünde seyrettiği belirlenmiştir. Maksimum değer olarak ise 0.90 m ile yaz aylarında görüldüğü tespit edilmiştir. O nedenle yaprak boyunun 1 m üzerine çıkması mümkün değildir. O halde söz konusu bu durum, farklı bir akustiksel enerjiye sahip hedef dışı tür/türlerin varlığını ortaya koymaktadır.



Şekil 4.1. a) Yaprak yüksekliğini tespit etmek amacıyla EcoSAV ticari programı kullanılarak elde edilen analiz sonucu, b) *P. oceanica*’nın diğer vejetasyonlardan ve hedef dışı türlerden ayıklanması amacıyla kullanılan PAST programının analiz sonucu

PAST programı kullanılarak yapılan analiz sonrasında ise (Şekil 4.1b) ham veride (Şekil 4.1a) ortaya çıkan sıçramaların hiç birinin olmadığı ve en başta tespit edilen 0.5-0.6 m seviyesindeki gruplaşmanın gerçek seviyesinde ortaya çıktığı görülmüştür.

Böylece EcoSAV programından elde edilen sonuçların hedef dışı tür/türlere ait enerjileri de barındırabildiği, PAST programı kullanıldığında elde edilen analiz sonuçlarının sahadan çıkan sonuçlarla uyumluluk gösterdiği ve gözle görülür bir filtrelemenin bu programla mümkün kılındığı belirlenmiştir. Ayrıca *Posidonia* haricindekileri ayıklamak için belirlenen metodun doğru olduğu da ortaya koyulmuştur. Böylece *Posidonia oceanica* için gerçek yaprak uzunluğuna dair veri elde edilebilmiştir.

#### 4.1.3. EcoSAV ile *Posidonia oceanica*'nın yaprak boyunun zamansal ve mekânsal dağılımı

Yukarıda bahsedilen parametrelerin türe özgü kalibrasyonu neticesinde, *P. oceanica*'nın var olduğu yerlerdeki yaprak yüksekliği tespit edilmiş ve çalışmanın yapıldığı bölgede mevsimsel olarak bitki yüksekliğine bağlı dağılım haritasının çıkartılması başarılmıştır. *P. oceanica* çayırlarının geniş alanlarda dağılım göstermesi ve yatak oluşturması mevsimsel olarak çalışılmasına imkân vermiştir. 6 ayrı deniz çalışmasının akustik ölçümlerinden faydalanarak yukarıda bahsi geçen proseslerden sonra EcoSAV ticari yazılım programı üzerinden elde edilen sonuçlar sırasıyla ayrıntılı olarak aşağıda sunulmuştur. Ayrıca bu sonuçlar, tezin materyallerinin elde edildiği Mutlu vd (2014)'nin yaptıkları çalışmalarında, SCUBA saha verileri ve türe özgü olarak herhangi bir kalibrasyon yapmadan EcoSAV programının default'unda yer alan parametre ayarlarıyla gerçekleştirdikleri kalibrasyona göre analiz edilen verilerin sonuçlarıyla karşılaştırmalı olarak değerlendirmeleri yapılmıştır.

#### Temmuz 2011

Temmuz dönemi, vejetasyonun yaprak boyu akustik ölçümlerle en yüksek 80–70 cm civarlarında tespit edilmiştir. Boğazkent'in önünden Lara'ya doğru gittikçe, *P. oceanica* çayırlarının dağılımına rastlanmazken, Boğazkent'ten Manavgat'a doğru giden istikamette özellikle Boğazkent'in önünden başlamak suretiyle daha küçük gruplar halinde ve daha sığ sularda çayırlara rastlanmıştır. Doğuya kaydıkça daha geniş yatakların hâkim olduğu ve neredeyse 25–30 m arasındaki derinliklerde kesintisiz devam ettiği görülmüştür. Kalibrasyon noktası olarak da seçilen Side önü ve civarında yaprak boyuna bağlı dağılımın daha baskın olduğu ve orta su seviyesinde geniş yataklar oluşturduğu belirlenmiş, yer yer de maksimum boya ulaştığı tespit edilmiştir. Elde edilen dağılım haritası incelendiğinde (Şekil 4.2a), Temmuz döneminde çalışma alanı içerisinde *Posidonia oceanica*'nın üç ayrı noktada yoğun yatak oluşturduğu, hem bu yoğunluğun hem de yaprak boy dağılımının batıdan doğuya doğru gittikçe arttığı ve mekânsal olarak kapladığı alanın da büyüdüğü belirlenmiştir.

SCUBA örneklemelerinden elde edilen yaprak boy ölçümlerine bakıldığı zaman, her ne kadar SCUBA örneklemeleri ortalama bir değer olsa da, akustik ölçümlerle elde edilen boy dağılımıyla benzerlik göstermiş ve maksimum boy 74 cm olarak kaydedilmiştir. En sığ kesimde en uzun yaprak boyunun 30 cm altında en kısa olarak yer aldığı, ortalama yaprak boyunun 27,3 ila 37,8 cm arasında değiştiği ve açığa doğru yaprak boyunda artış olduğu kaydedilmiştir (Mutlu vd 2014).

Aynı çalışmanın EcoSAV ticari yazılım programı kullanılarak elde edilen yaprak boy dağılımı incelendiğinde (Şekil 4.2b), bizim bu tez kapsamında elde ettiğimiz

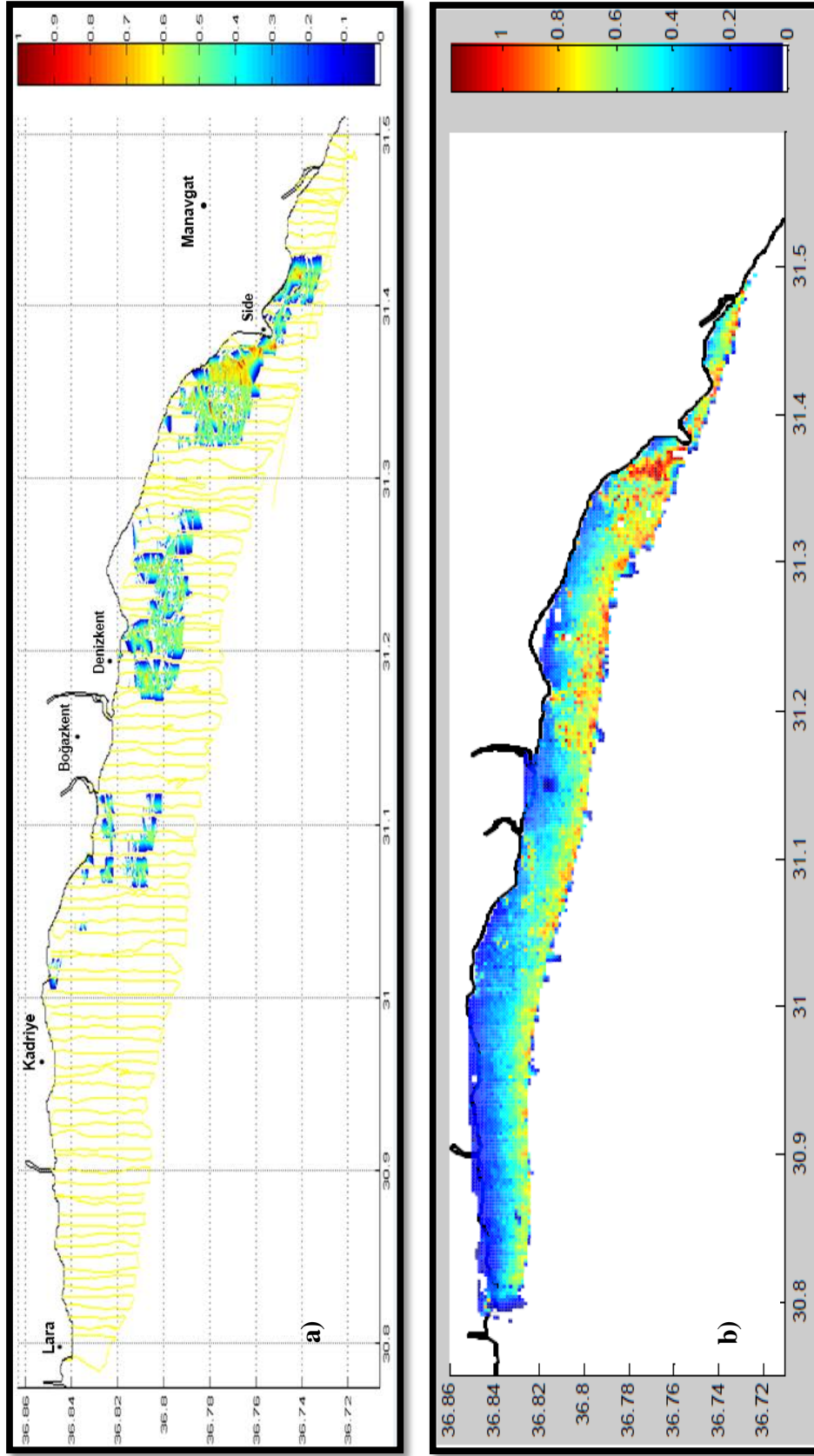
sonuçlarla uyummadığı görülmüştür (Şekil 4.2a). Mekânsal dağılım olarak bazı noktalarda benzerlik görülse de (Boğazkent ve Side önü) boya bağlı dağılımda kıyıya paralel açık su kesiminde başta olmak üzere, yaprak boyunu dağılım gösterdiği her yerde 0.8 - 1 m arasında değiştiğini vermiştir. Hatta Side önünde neredeyse 1 m'yi geçtiği görülmektedir. Bu dağılıma bakıldığında türün açık su konturunda geniş bir dağılım gösterdiği ve hatta Manavgat önüne kadar uzandığı anlaşılmaktadır. Oysaki türün çalışma sahasında dağılım sınırı littoral bölgenin sınırı olan 30 m'dir. Ayrıca türün çalışma sahası içerisinde 3 ayrı noktada dağılım gösterdiği hem VBT üzerinden hesaplanan *P. oceanica*'nın biyokütle dağılımında, hem SCUBA verilerinden elde edilen dağılım sonuçlarında, hem de VBT üzerinden yapılan dip yapısına bağlı dağılım sonuçlarıyla da ispatlanmıştır. O nedenle kalibre edilmeden gerçekleştirilen analiz sonucu ile tutarsızlık tespit edilmiştir.

### **Kasım/Aralık 2011**

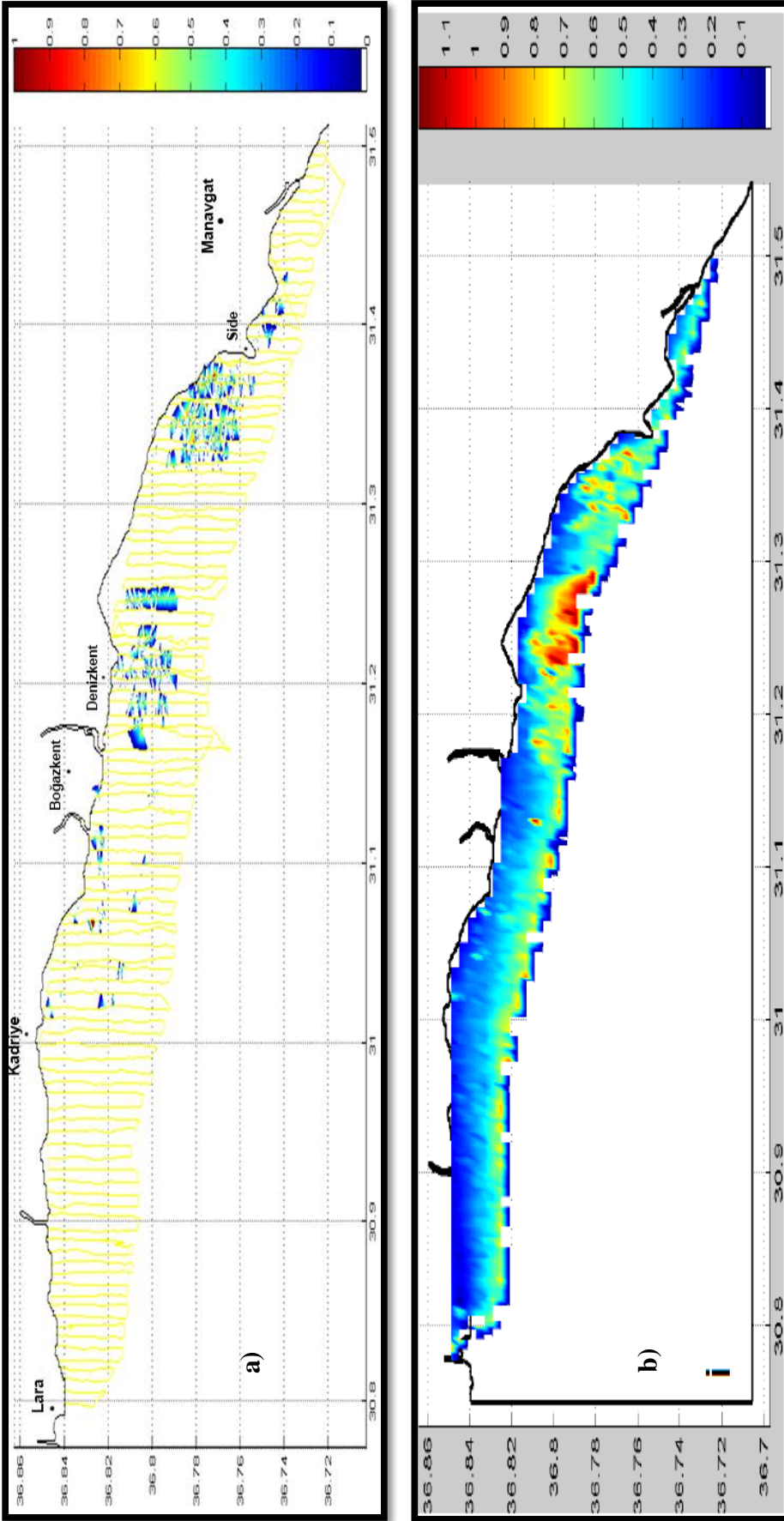
Temmuz dönemine kıyasla Kasım/Aralık ayında vejetasyonun azalmaya başladığı, dağılım alanlarının küçüldüğü ve buna bağlı yaprak boyunun da dikkati çekecek şekilde kısaldığı gözlenmiştir. Kış dönemi içerisinde gerçekleştirilen bu çalışmada, yaprak boyunun 50–60 cm aralığında olduğu ve genel olarak orta su derinliklerinde dağılım gösterdiği görülmüştür. Kıyı kesimlerde yaprak boyunun daha da kısaldığı ve 10–20 cm aralığına tekabül ettiği belirlenmiştir. Özellikle Boğazkent önünde Temmuz döneminde görülen *Posidonia* varlığının bu dönemde gözlenmediği ve doğuya doğru gittikçe de azalarak devam ettiği tespit edilmiştir (Şekil 4.3a). Elde edilen bulgular, o mevsimde SCUBA dalışından elde edilen verilerle kıyaslandığında benzer sonuçların ortaya çıktığı ve bu haliyle EcoSAV sonuçlarının doğruluğunu da kanıtlar nitelikte olduğu görülmüştür. En yüksek yaprak boyunun 53,4 cm olarak ölçüldüğü ve genel de ortalama yaprak boyunun kıyılarda 14 cm altında iken, 10–15 m derinlikteki sularda daha uzun boya sahip olduğu belirtilmiştir (Mutlu vd 2014). Böylelikle akustik verilerden elde edilen yaprak boyları (Şekil 4.3a) ile sahadan ölçülen yaprak boyları arasında iyi bir uyum olduğu gözlenmiştir.

Mutlu vd (2014)'nın EcoSAV üzerinden elde ettikleri sonuçlarla kıyaslandığında, hiçbir uyum göstermediği, yaprak boyunun neredeyse Temmuz döneminden daha yüksek olarak 1 m üzerinde verdiği görülmüştür. Ayrıca yatak dağılımı kıyıdan ziyade açık sulara doğru kaymıştır. Bir önceki dönemde de olduğu gibi kıyıya paralel olarak açık sularda dağılımın devam ettiğini göstermiştir. Dolayısıyla Temmuz döneminde olduğu gibi Kasım/Aralık ayında da elde edilen sonuçlar arasında uyumsuzluk vardır.

SCUBA dalışından elde edilen verilerin boy dağılımları incelendiğinde ise yaprak boyunun kısalarak orta su ve hatta kıyı sularda en yüksek boy dağılımına eriştiği bizim sonuçlarımızla örtüşürken, o çalışmada elde edilen EcoSAV sonuçlarının bu verilerle uyummadığı görülmüştür. Benzer sonuç Mutlu vd (2014)'nin yaptıkları çalışmalarında rapor edilmiştir (Şekil 4.3b).



Şekil 4.2. Temmuz 2011 dönemi *P. oceanica*'nın a) EcoSAV üzerinden hesaplanan bitki yüksekliğine bağlı alansal dağılımı, b) Mutlu vd (2014)'nin ticari vejetasyon programı EcoSAV ile elde ettikleri yaprak boy (m) dağılımları



Şekil 4.3. Kasım/Aralık 2011 dönemi *P. oceanica*'nın **a)** EcoSAV üzerinden hesaplanan bitki yüksekliğine bağlı alansal dağılımı, **b)** Mutlu vd (2014)'nin ticari vejetasyon programı EcoSAV ile elde ettikleri yaprak boy (m) dağılımları

### **Ocak 2012**

Bölgede su sıcaklığının minimum olduğu soğuk kış mevsiminde, vejetasyonun boyca dağılımının iyice azaldığı ve en kısa boylu bitkilerin gözleendiği dönem olarak karşımıza çıkmıştır. Kasım/Aralık dönemine benzer şekilde Boğazkent önündeki çayırlar vejetasyonunu tam olarak tamamlarken, Side'ye doğru gittikçe kalıcı yatakların yeri ve boy dağılımları belirlenmiştir. Genel olarak en yüksek boya 50 cm üzerindeki aralıkta Side önünde rastlanırken, kıyı kesimlerde yaprak boyunun çok kısaldığı ve 20 cm'in altına düştüğü görülmüştür (Şekil 4.4a).

SCUBA dalışından örneklenen bitki boylarıyla kıyaslandığında, minimum - maksimum değerleri 0,2 ila 51,2 cm arasında ölçülmüştür. Genelde ortalama yaprak boyu kıyılarda 14 cm altında tespit edilmiştir (Mutlu vd 2014). Elde edilen bu sonuçlar, bu tez çalışmasında EcoSAV üzerinden elde edilen sonuçlarla benzer bir dağılım göstermiştir (Şekil 4.4a).

Aynı çalışmada elde edilen EcoSAV sonuçları incelendiğinde (Şekil 4.4b), bu tezde elde edilen sonuçlarla uyumsuzdur. Dağılımı açık sular ile yatakların tespit edildiği noktanın tam tersi yönü olan Lara bölgesinde ve yaprak boyunu 1 m ve üzeri olarak vermiştir. Oysaki yukarıda da bahsedildiği gibi Ocak ayında vejetasyon yüksekliğinin çevre şartlarına bağlı değişimlerle beraber minimuma indiği, SCUBA dalış örneklemelerinden de edinilen verilerle doğrulanmıştır. Bu sonuçlara bağlı bilgiler, bu tez kapsamında elde edilen ve (Şekil 4.4a)'da da sunulan boya bağlı dağılım haritasındaki sonuçları da doğrular niteliktedir. O nedenle Mutlu vd (2014)'nin ticari vejetasyon programı olan EcoSAV ile elde ettikleri sonuçların gerçeklikle bir ilgisinin olmadığı ve türün alansal dağılımını saptırdığı tespit edilmiştir (Şekil 4.4b).

### **Mart 2012**

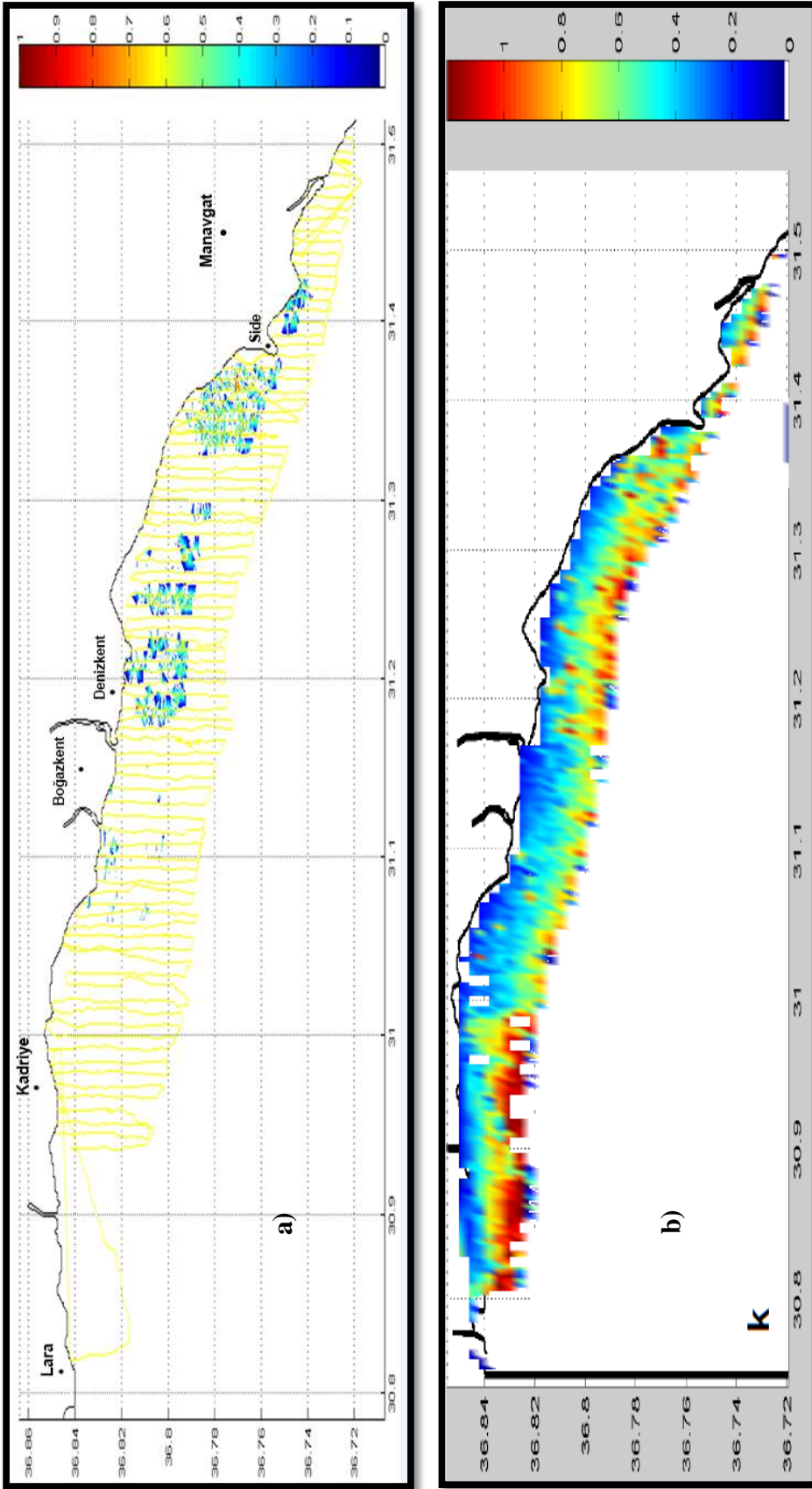
Baharın ilk aylarından biri olan Mart ayında çimlenme ve yeni sürgün çıkışları nedeni ile küçük yapraklı *Posidonia oceanica*'nın dipte kapladığı alanın genişlemeye başladığı ve Ocak'ta boşalan yerlerin yeniden dolmaya başladığı belirlenmiştir.

Mart ayında yer yer uzun boylu yapraklarında dağılım gösterdiği, 70–80 cm civarlarına ulaştığı tespit edilmiştir. Şekil 4.5'den de takip edilecek olursa kırmızı daire içerisine alınan yerlerde yaprak boyu maksimum noktalara ulaşmıştır. Kısa boylu yapraklara sığ kıyı kesimlerde rastlanırken, genel olarak dağılımın 50 cm altında 30–40 cm civarlarında değiştiği görülmüştür. Fakat kış mevsimine nazaran baharın başlangıcı olan bu ayda *Posidonia* çayırlarının daha geniş bir dağılım gösterdiği de aşikârdır.

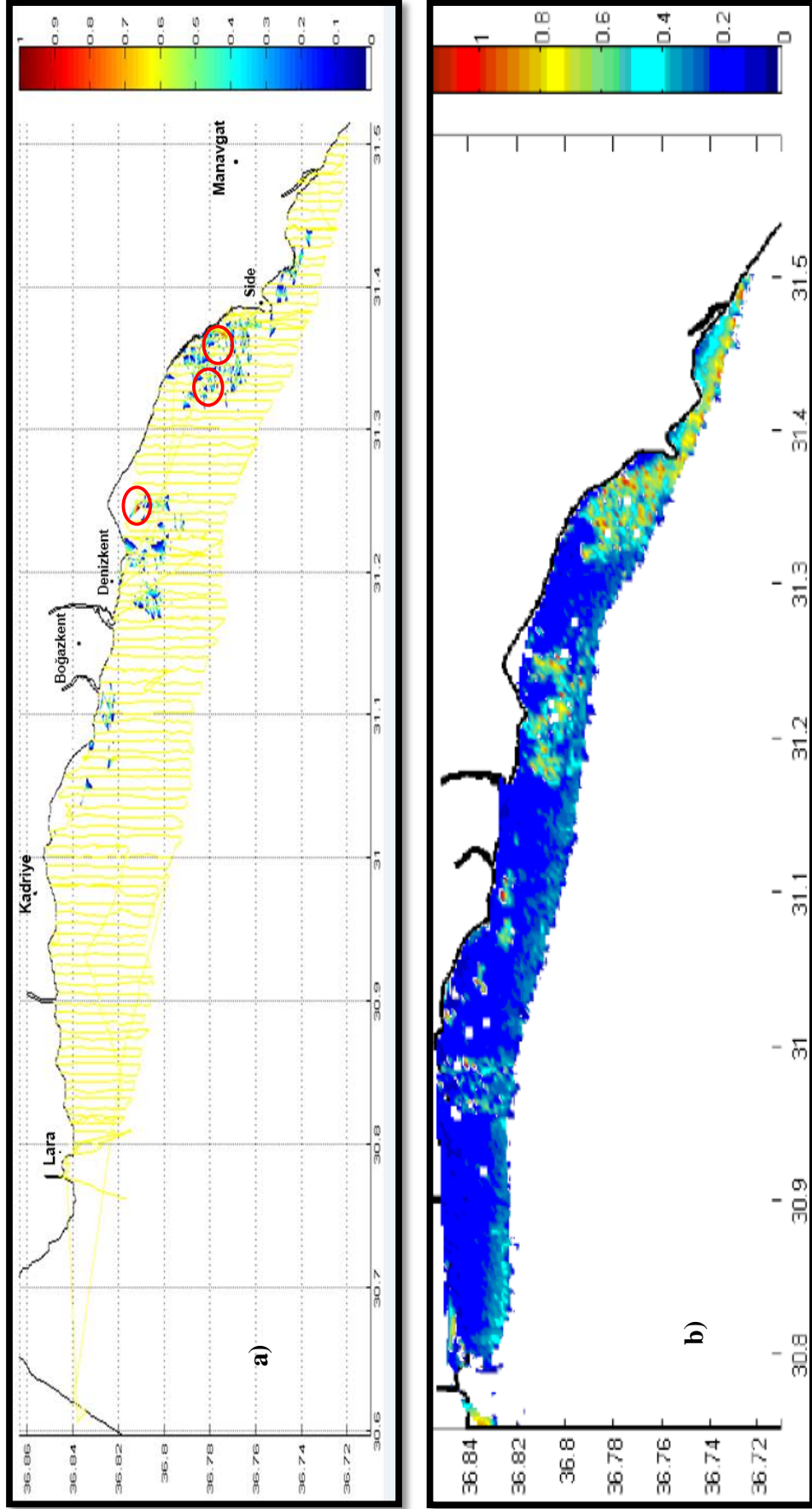
SCUBA dalış noktalarından elde edilen ölçüm sonuçlarına bakıldığında, maksimum yaprak boyu 87 cm ölçülmüş, ortalama yaprak boyu 31–42,4 cm olarak verilmiştir (Mutlu vd 2014). Bu sonuçlara göre, EcoSAV üzerinden elde edilen sonuçlarla uyumlu olduğu görüşüne varılmıştır (Şekil 4.5a).

Ancak Mutlu vd (2014)'nin çalışmalarında sundukları EcoSAV sonuçları (Şekil 4.5b) ile bir karşılaştırma yapıldığında, yatakların mekânsal dağılımı ve büyüklüğü ile bir uyumluluk görülürken, saha çalışması ve akustik çalışma sırasında elde edilen yaprak





Şekil 4.4. Ocak 2012 dönemi **a)** *P. oceanica*'nin EcoSAV'ın EcoSAV' üzerinden hesaplanan bitki yüksekliğine bağlı alansal dağılımı, **b)** Mutlu vd (2014)'ün ticari vejetasyon programı EcoSAV ile elde ettikleri yaprak boy (m) dağılımları



Şekil 4.5. Mart 2012 dönemi a) *P. oceanica*'nın EcoSAV'nin EcoSAV üzerinden hesaplanan bitki yüksekliğine bağlı alansal dağılımı (Kırmızı daire içerisinde belirtilen yerler maksimum boya ulaşan noktaları göstermektedir), b) Mutlu vd (2014)'nin ticari vejetasyon programı EcoSAV ile elde ettikleri yaprak boy (m) dağılımları

boyları dağılımı ile uyumluluk içinde olmadığı, yaprak boylarının daha uzun olarak hesaplandığı belirlenmiştir. Buna karşın, bu tez kapsamında gerçekleştirilen türe özgü kalibrasyon işlemi ile hem sadece *Posidonia* olan kesimlerin dağılım alanları doğru tespit edilmiş, hem de SCUBA verileriyle uyumlu boy dağılım sonuçları çıkartılmıştır. Vejetasyonun yeni çimlenmeye başladığı bu dönemde, çok uzun boylu yapraklara rastlanmadığı da ayrıca çıkan sonuçlar arasındadır (Şekil 4.5).

### **Nisan/Mayıs 2012**

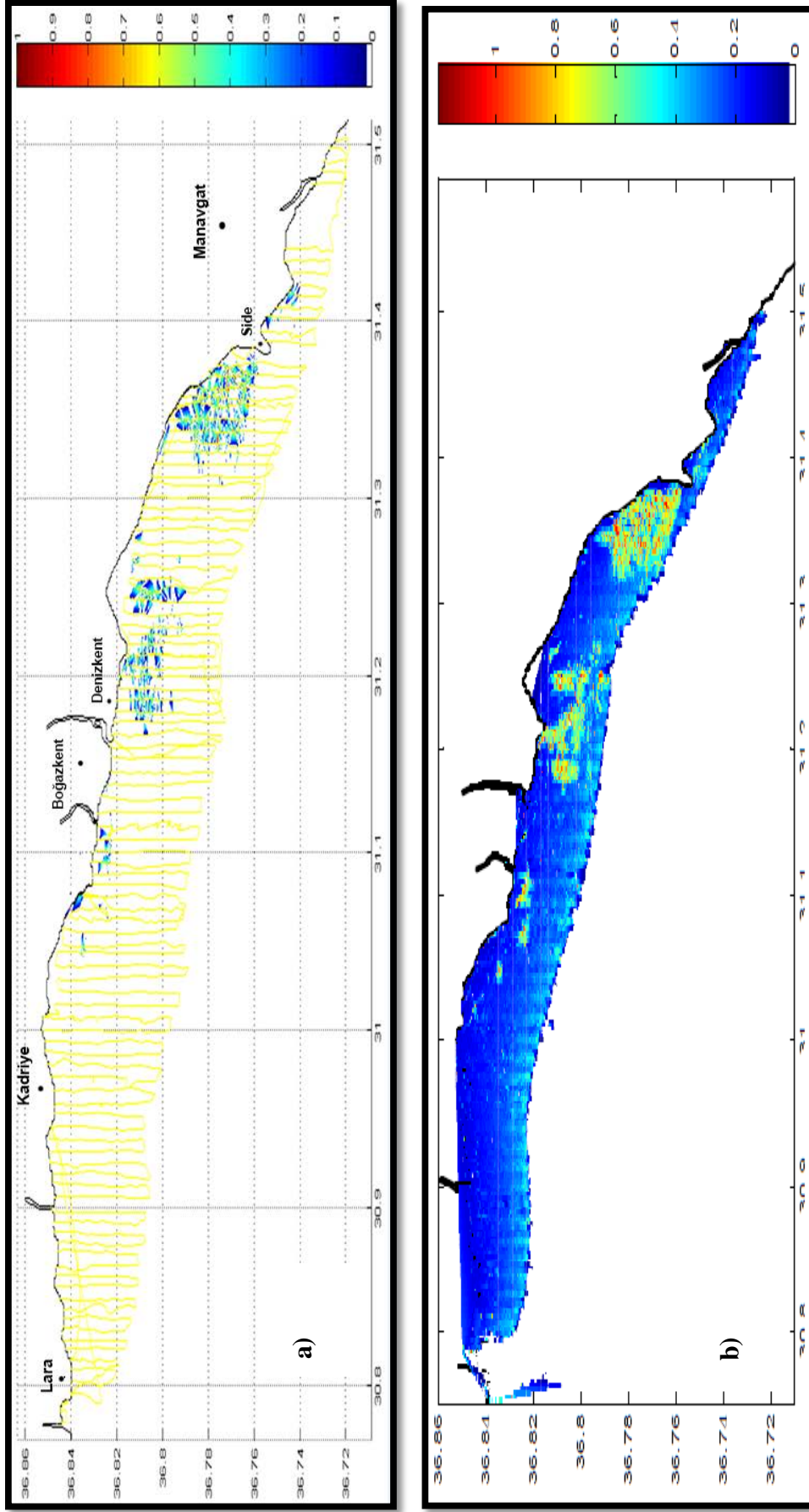
Çimlenmenin devam ettiği ve büyümenin hızla gerçekleştiği bahar ayında *P. oceanica* çayırlarının gitgide daha da yayıldığı, bir önceki döneme kıyasla oluşturduğu yatakların daha da genişleme gösterdiği görülmüştür. Özellikle Boğazkent'in önünde dağılım gösteren çayırların varlığı, bir önceki Mart dönemi ile kıyaslandığında hemen dikkati çekmektedir. En uzun boylu yaprakların Side önünde dağılım gösterdiği ve 80–90 cm aralığında değiştiği belirlenmiştir. Söz konusu bu dağılım orta su kesiminde daha yaygın iken, sığ kıyı sulara gidildikçe 40–60 cm yaprak boyunda oldukları tespit edilmiştir. Böylelikle baharın ilk ayında meydana gelen dağılımın, neredeyse yaz ayındaki Temmuz dağılımına (Bkz. Şekil 4.2) benzer bir noktaya yaklaştığı tespit edilmiştir (Şekil 4.6a)

SCUBA dalışından elde edilen veriler incelendiğinde, maksimum yaprak boyu 87,8 cm ortalama, yaprak boyu da 40–60 cm arasında ölçülmüştür. Yine orta su konturu olan 15 m derinliklerde yaprak boyunun daha uzun olduğu, kıyılara gidildikçe yaprak boyunun kısaldığı rapor edilmiştir (Mutlu vd 2014). Bu çalışmada elde edilen sonuçlar akustiksel olarak elde edilen sonuçlarla kıyaslandığında, bitki boyuna bağlı dağılımsal ilişkinin SCUBA ile gerçekleştirilen ground-truth (yerinde doğrulama) sonuçlarıyla paralel olduğu görülmüştür.

Mutlu vd (2014)'nın EcoSAV üzerinden elde ettiği dağılım sonucu incelendiğinde, diğer aylarda elde edilen verilerle bir uyum görülmezken bu ayda elde edilen sonucun, oldukça uyumlu olduğu görülmüştür. Gerek mekânsal dağılım gerekse boya bağlı dağılım bakımından bu tez kapsamında elde edilen sonuçlarla örtüşmektedir. Benzer şekilde uzun yapraklı *Posidonia*'nın bu dönemde baskın olduğu bölge, akustik ve EcoSAV sonuçlarında da izlenmiştir (Şekil 4.6b). Diğer aylarda da aynı kalibrasyon değerleriyle bir uyumsuzluk gözlenirken, bu ayda neden uyumlu olduğu veya hangi değişkenin etkili olduğu bilinmemektedir.

### **Ağustos 2012**

Bu dönemde yapılan çalışmanın, doğrudan Boğazkent mevkiinden başlamasından ötürü dağılım sonuçları bu noktadan itibaren gösterilmektedir. Buna dayalı olarak elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde *P. oceanica*'nın geniş olan çayır yataklarının, yaz/sonbahar ölümleri ile oldukça azalmaya başladığı ve yaprak boyunun da genel itibarıyla kısaldığı görülmüştür. En yüksek yaprak boyuna, Side önünde orta su konturunun olduğu 15 m civarlarına denk gelen derinliklerde rastlanırken, boy dağılımının 70–80 cm'lere ulaştığı, genel ortalama ise 30–50 cm arasında olduğu belirlenmiştir. Kıyı kesimlerde ise 30 cm altına inmiştir (Şekil 4.7a). SCUBA ile elde edilen veriler incelendiğinde ise; en yüksek yaprak boyu 81,8 cm ortalama da 32 cm olarak ölçülmüş

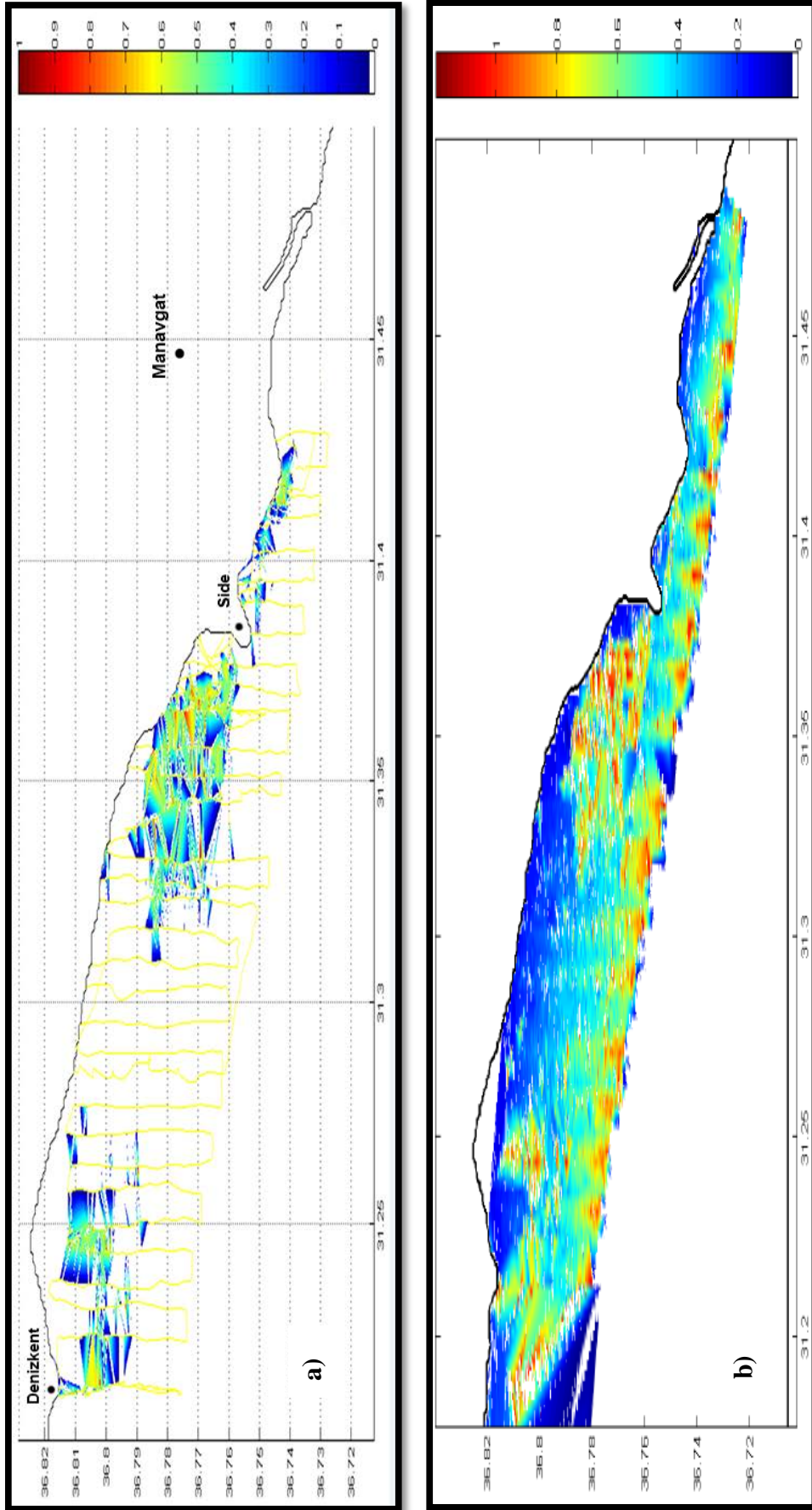


Şekil 4.6. Nisan/Mayıs 2012 dönemi **a)** *P. oceanica*'nın EcoSAV üzerinden hesaplanan bitki yüksekliğine bağlı alansal dağılımı, **b)** Mutlu vd (2014)'nin ticari vejetasyon programı EcoSAV ile elde edilen deniz çayırının yaprak boy (m) dağılımları

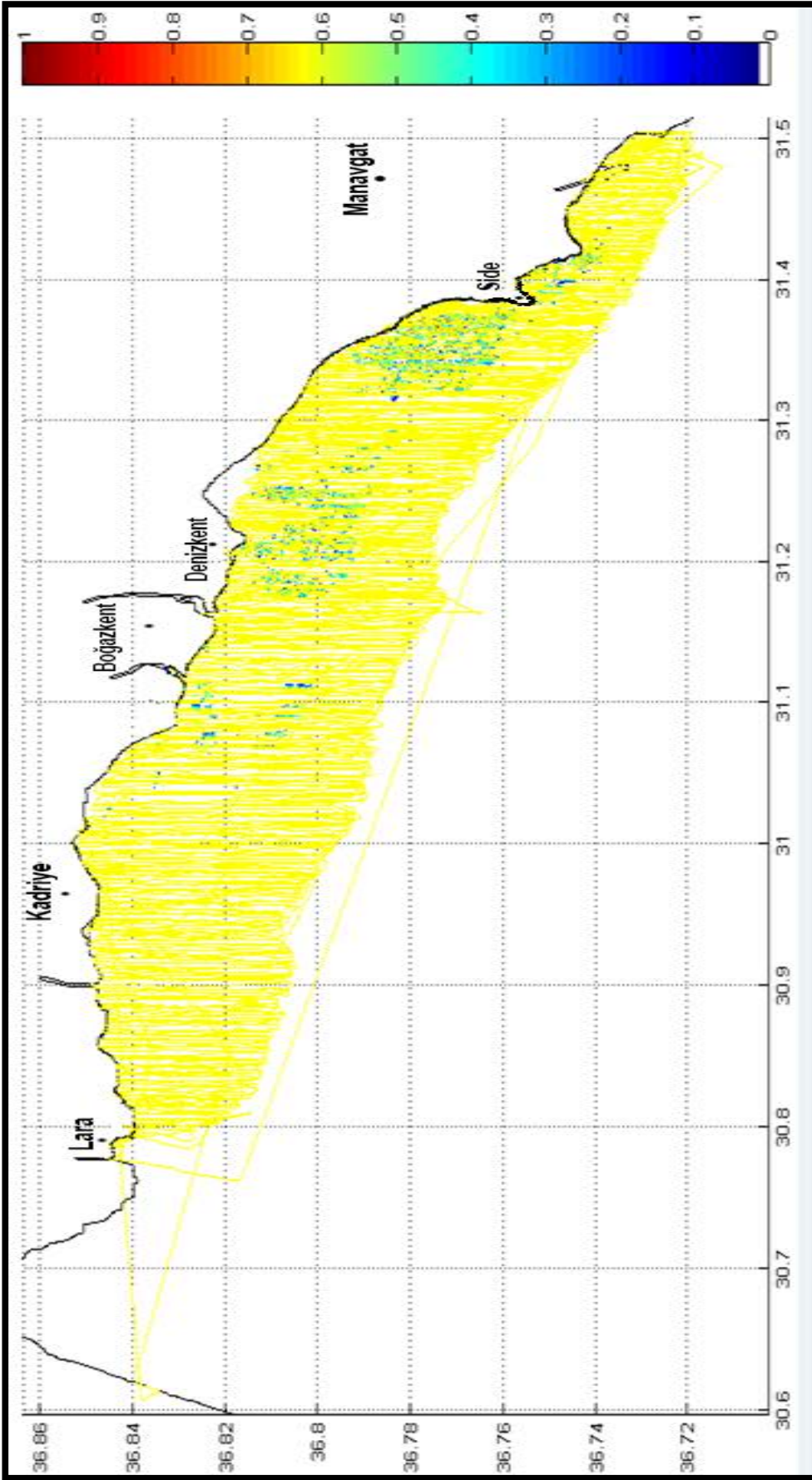
tür (Mutlu vd 2014). Mevcut bu verilerle EcoSAV üzerinden elde edilen sonuçlar kıyaslandığında, ortaya çıkan sonuçların birbirleriyle uyumlu olduğu tespit edilmiştir. Ancak aynı çalışmada elde edilen EcoSAV sonuçları karşılaştırıldığında, bir önceki ayda görülen uyumluluğun bu ayda bozulduğu, yine kıyıya paralel olarak açık su konturunda türün dağılımının devam ettiği belirlenmiştir. Ayrıca türün yaprak boyunun da genel olarak dağılımı 1 m ve üzeri olacak şekilde gösterdiği tespit edilmiştir. Ne yazık ki, bu sonuçlar bizim tez çalışmamızdan elde edilen EcoSAV sonuçlarıyla uyuşmamaktadır (Şekil 4.7a, b).

Tüm mevsimler için EcoSAV üzerinden elde edilen sonuçlar kıyaslandığında, Temmuz'dan başlayarak kış ve arkasından gelen bahar aylarında alansal olarak önce küçülüp sonra tekrar genişlediği belirlenmiştir. Bitki boyuna bağlı değişimin, vejetasyonun gelişim gösterdiği Temmuz ve Nisan/Mayıs aylarında arttığı ve neredeyse 80–90 cm ulaştığı, Kasım/Aralık ile Ocak aylarında kışın gelmeye başlamasıyla yerini kısa yapraklı bitkilere bıraktığı ve baharın gelişimiyle tekrar büyümenin gerçekleştiği tespit edilmiştir. Yazın bitip sonbaharın karşılandığı Ağustos ayında ise yer yer ama çok seyrek olmakla beraber uzun boylu yaprakların yanında orta yükseklikte, ~50–60 cm yüksekliğindeki yapraklarla beraber yer aldığı görülmüştür. Bu geçiş mevsiminde vejetasyonun dökülmeye başladığı ve uzun boylu bireylerin kaybolmaya başladığı, sonrasında gelen Kasım/Aralık döneminin sonuçlarından da izlenmektedir. Tüm aylarda ortaya çıkan sonuca göre, kış ayında bile kalıcı olan yataklardaki bitki yüksekliğinin 50 cm altına inerek, 30–40 cm'lere tekabül eden bir yüksekliğe sahip olduğu belirlenmiştir.

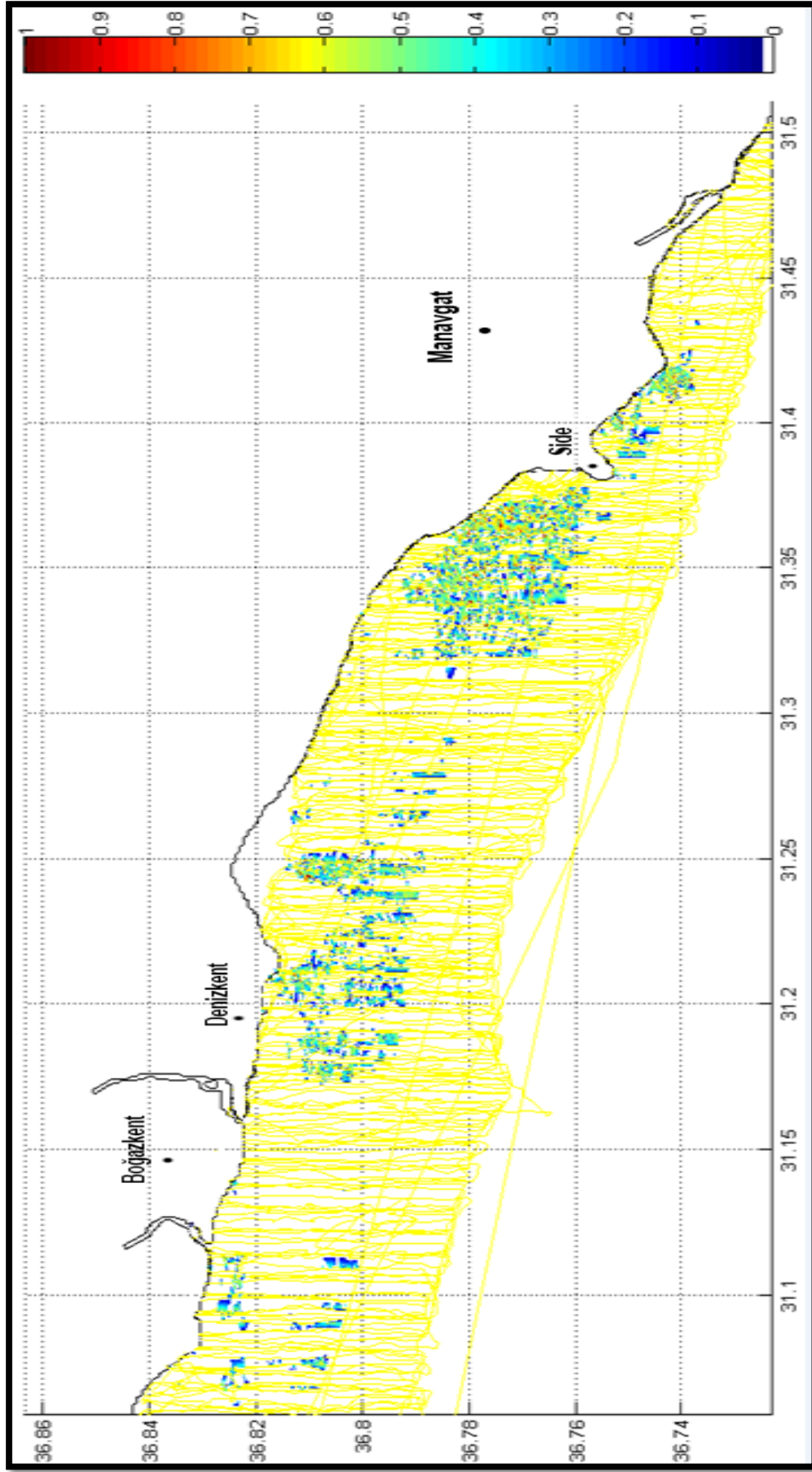
Genel bir görüntü vermek için bütün bu saha çalışmalarının akustik verilerinin birleştirilmesi ile yıl içinde zamansal farka bakılmadan *Posidonia oceanica*'nın yaprak boylarının dağılımları sunulmuştur. EcoSAV üzerinden elde edilen bu verilerle türün yıl içerisinde buldukları yerler, genel olarak oluşturdukları yataklar ve hatlar üzerindeki dağılımı yaprak yüksekliğine bağlı olarak (Şekil 4.8)'de ve büyütülmüş hali ile (Şekil 4.9)'da verilmiştir. Buna göre; Lara - Manavgat arasındaki çalışma sahasında *Posidonia oceanica*'nın dağılım gösterdiği alanlar: Boğazkent önü, Denizkent önü ve Side önü olmak üzere 3 ayrı bölgede tespit edilmiştir. Bu alanların özelliği incelendiğinde, sonuçların VBT üzerinden tespit edilen dip yapısının tayin sonuçlarıyla, “çıplak- sert kaya” olarak tespit edilen alanlarla örtüşmesinden ötürü bu sonuca varılmıştır. Zaten *Posidonia oceanica*'nın yalnız kayaların üzerinde bulunduğu ilerleyen bölümlerde detaylıca açıklanmıştır. Bu konu ile ilgili Mutlu vd (2014)'nin yaptıkları çalışmada “taban yapısının sınıflandırılması ve deniz çayırının dağılımlarını etkileyen çevresel etkenlerin tespit edildiği bölümde” daha detaylı olarak bu yerleşim yerlerini seçme nedenleri detaylıca anlatılmıştır.



Şekil 4.7. Ağustos 2012 dönemi **a)** *P. oceanica*'nın EcoSAV üzerinden hesaplanan bitki yüksekliğine bağlı alansal dağılımı, **b)** Mutlu vd (2014)'nin ticari vejetasyon programı EcoSAV ile elde ettikleri yaprak boy (m) dağılımları



Şekil 4.8. Tüm veriler birleştirilerek *Posidonia oceanica*'nın EcoSAV programı ile elde edilen deniz çayırlarının yaprak boy (m) dağılımları



Şekil 4.9. Tüm veriler birleştirilerek *P. oceanica*'nın EcoSAV programı ile elde edilen deniz çayırının yaprak boy (m) dağılımlarının büyütmüş hali



## 4.2. VBT Analizi

### 4.2.1. VBT'nin Biyokütle İçin Analizi

#### 4.2.1.1. VBT parametrelerinin konfigürasyonu

Program içeriğinde mevcut olan parametreler ve bu parametrelerin konfigürasyon işlemi için ayarlanan değerler aşağıda (Çizelge 4.2)'de sunulmuştur. Ayarlama yapılan parametreler program içerisindeki bölümlere göre incelenmiştir:

Çizelge 4.2. VBT program parametrelerinin konfigürasyon ayarları

<b>Advanced Parameters</b>	
Data Processing Filter Threshold [dB]	-80
TVG	20LogR
<b>Oscilloscope Options</b>	
Depth (X) Scale	Meters
Amplitude (Y) Scale	Log
<b>Bottom Sampling Windows</b>	
E1' (First Bottom First Part) (sample)	5
E1 (First Bottom Second Part) (sample)	13
E2 (Second Bottom Window) (sample)	26
S (Sediment Window) (sample)	11
<b>Bottom Tracking Window</b>	
Peak Threshold (dB)	-45
Peak Width (sample)	6
Bottom Detection Threshold (dB)	-91
Above Bottom Blanking Zone (sample)	1
Alarm Limit (sample)	6
Tracking Window (sample)	8
<b>Output Report Filters</b>	
Pings per Report	2
Energy filter (%)	60

1. **“Advanced Parameters”** bölümünde yer alan parametreler, sistem özelliğinde yer alan ve çok fazla ayarlamaya izin verilmeyen parametre grubudur. Bu kısımda bir tek “Data processing filter threshold (dB)” değeri *P. oceanica*'nın akustik enerjisinin minimum olarak elde edildiği [-80 dB]'ye göre ayarlanmıştır. Çalışma alanımızda tespit edilen *Posidonia* çayırlarının akustiksel şiddeti (intensity) [-70 -80 dB] aralığında yer aldığından (Bkz. Şekil 4.29) bu değer minimum değer olan [-80 dB] olarak ayarlanmıştır (Çizelge 4.2). Böylece analize dâhil edilecek verinin [-80 dB] civarlarında seçme işleminin yapılması kararlaştırılmıştır.

2. **“Oscilloscope”** seçeneklerinde, verilerin hangi kriterlerde proses edileceğinin ve nasıl görüntüleneceğinin belirlendiği bölümdür. Bu bölümde “TVG” ve “Depth Scale” parametrelerinin ayarları yapılmıştır. “TVG”de tek yöllü iletim (transmission loss) üzerinden hesaplama yoluna gidilmiş ve “20 Log R” olarak ayarlanmıştır. Vejetasyonun dipte yer alması nedeniyle, “Depth Scale”, derinlik ölçütü “metre (meters)” cinsinden ayarlanmış ve 1 m ile 120 m arasının taranması tercih edilmiştir. Diğer parametreler ise sistem default’unda yer alan ayarlar olup herhangi bir düzenlemeye gerek duyulmamıştır (Çizelge 4.2).
3. **“Bottom Sampling Window”** bölümünde esas *Posidonia*’lı bölgenin izole edilip, dipten ve diğer türlerden ayrımını sağlayacak türe özgü kalibrasyonun gerçekleştirileceği en önemli parametre grubudur. Bu bölümde “E1”, “E1”, “E2” ve “S” ayarları yapılmıştır (Çizelge 4.2). Ayarlanan değerler, “E1”- 5 [samp]<sup>4</sup>, “E1”- 13 [samp], “E2”- 26 [samp], “S”- 11 [samp] olarak ayarlanmıştır. “Pulse Width” sistem tarafından otomatik olarak tanımlanan ve değiştirilemeyen parametre olduğundan dokunulmamıştır.
4. **“Bottom Tracking Parameters”** bölümünde *Posidonia*’yı dipten ayıracak ve dip üzerinde takip edilmesini sağlayacak parametreler yer alır. Bu bölümde “Peak threshold” - [-45 dB], “Peak width”- 6 [samp], “Bottom detection threshold”- [-91 dB], “Above bottom blanking zone”- 1 [samp], “Alarm limit”- 6 [samp], “Tracking window”- 8 [samp] ve “TVG” - 20 Log R olarak ayarları yapılmıştır (Çizelge 4.2). “Pulse Width” yine sistem tarafından otomatik olarak tanımlanan ve değiştirilemeyen parametre olduğundan dokunulmamıştır.
5. **“Output Report Filters”** bölümünde “Pings per Report” minimum düzeyde “2” olarak ayarlanmış, böylelikle oldukça hassas olarak verilerin rapor edilmesi sağlanmıştır. “Energy filter (%)” ile de % 60 ve üzerindeki enerjiye sahip pinglerin analize dâhil edilmesi hedeflenmiştir. Zaten default’unda da minimum bu değerin ayarlama önerisi yer almaktadır (Çizelge 4.2).

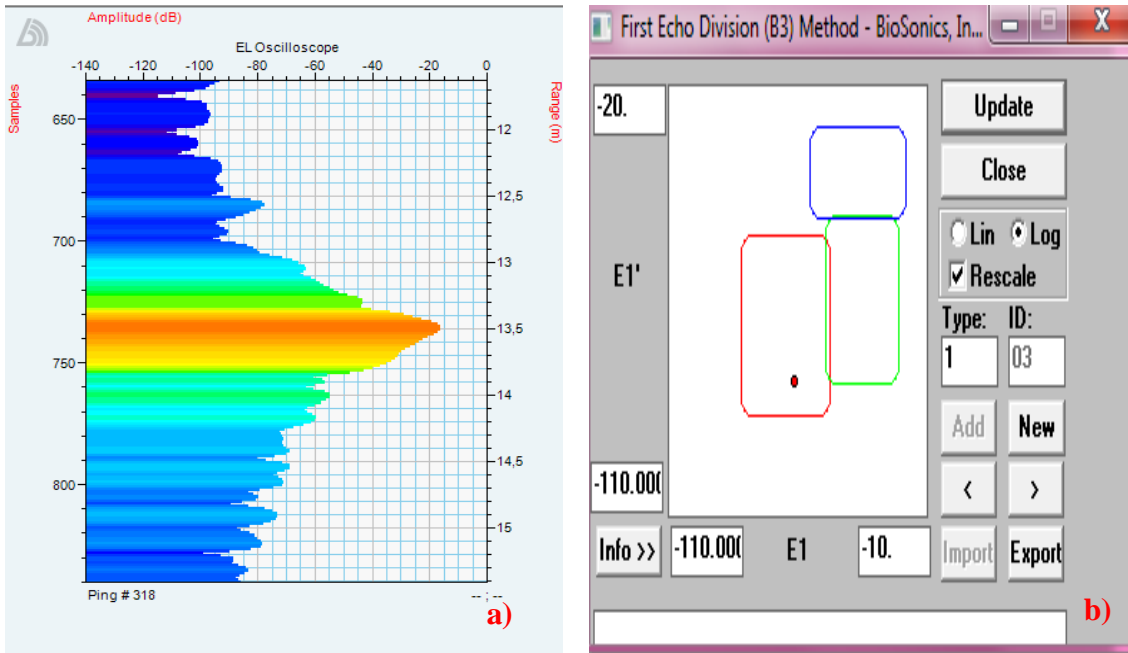
#### 4.2.1.2. *Posidonia oceanica*’nın biyokütle tahmini için kalibrasyonu

Tüm yukarıda bahsi geçen konfigürasyon ayarlamaları ve filtremeler neticesinde B3-First Echo Division Metodu kullanılarak yapılan kalibrasyon işleminin ekran görüntüsü (Şekil 4.10b)’de verilmiştir. Sınıflama temelli olan programda kırmızı kutucuk *Posidonia*’lı alanı temsil ederken, içerisindeki kırmızı noktada *Posidonia* olarak tanımlanan tek bir ping göstermektedir. Mavi kutucuk çıplak dip tipini, yeşil kutucukta diğer bitki türlerinin varlığını temsil etmektedir (Şekil 4.10b). Kırmızı noktanın tekabül ettiği ping numarası ve diğer özellikleri özet raporda çıktı olarak da sunulmuştur. Bu kümelerin her biri “Type” adı altında bir numarayla kodlanmakta ve analizi yapılan dosyaya ait tüm veriler, ping ping raporlanmaktadır. Bu raporda ayrıca yer-konum koordinat, derinlik bilgileri ile yukarıda kalibre edilen parametrelerin sonuç özetleri de

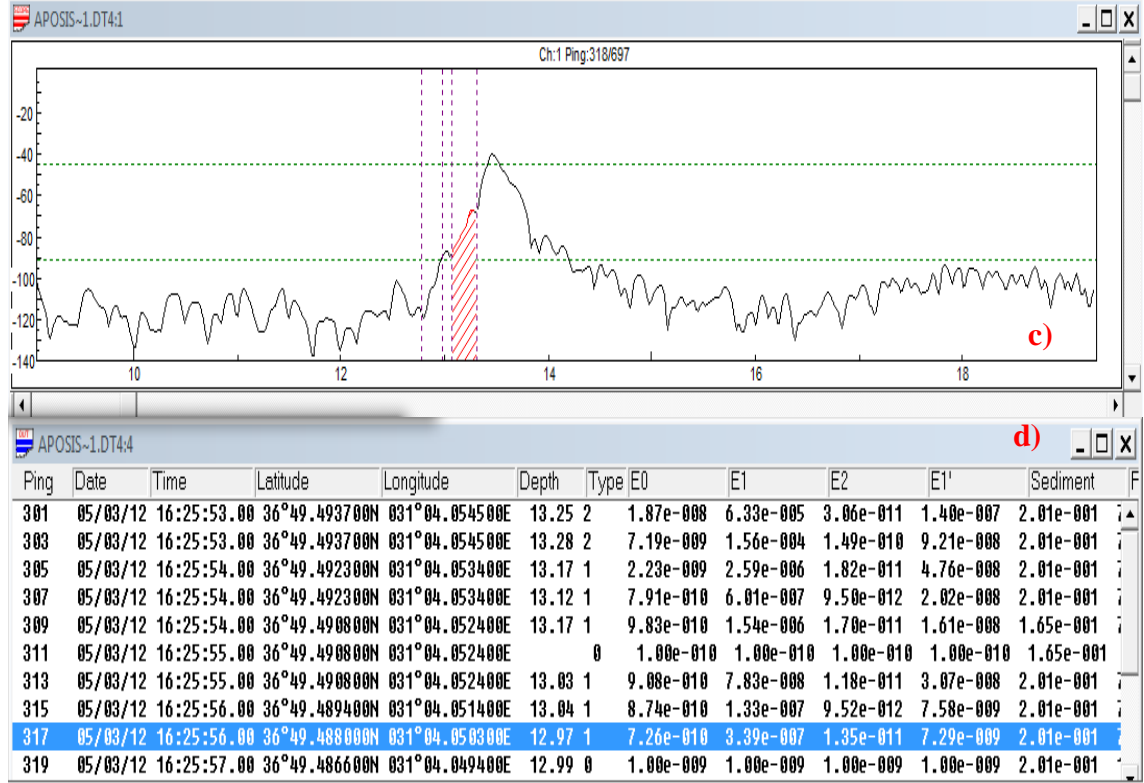
<sup>4</sup> [samp] olarak kullanılan birim; yatay ekseninde örneğin bir birimi için (1 pingteki) sample window (örnek penceresi)’un genişliğini tanımlar.

yer alır (Şekil 4.11d). Böylece hedeflenen *Posidonia oceanica* çayırlarının biyokütle tahminini gerçekleştirmek için gerekli olan E1', derinlik, koordinat ve type bilgileri kullanılarak, biyokütleyle bağlı dağılım haritası oluşturulmuştur. Elde edilen bu rapor dikkatle incelenecek olursa her 2 ping'te bir rapor edildiği görülür. Çünkü (Çizelge 4.2)'de de gösterildiği üzere, hassas bir çalışmanın yapılabilmesi amacıyla minimum sayıda ping aralığında rapor edilmesi istenmiştir. O nedenle Şekil 4.6a'da "318" no'lu bir pingin analizi, sonuç özet raporunda "317-318" no'lu pinglerin sonucunu yansıtmak kaydıyla "317" ping numarası altında özetlenmiştir. Bu nedenle "318" nolu ping numarasını aramak yersizdir.

Burada önemli olan nokta, *Posidonia*'lı bölgeyi dipten ayıracak yapısal özelliklerinden faydalanarak izole etmektir. (Şekil 4.10a) ve (Şekil 4.11c)'de de görüldüğü üzere çalışılan alandaki tüm dibe bağlı yapıları (farklı dip tipleri, dip üzerindeki diğer bitki türleri ve ayrı tutulan *Posidonia* çayırları) sınıflayarak, sadece *Posidonia*'lı bölgeyi ayırmak kolay bir iş değildir. Dikkat edilecek olursa, farklı dip yapılarının birbiri içerisinde geçmiş olduğu ve üzerinde yaşayan diğer vejetasyonların da varlığı sebebiyle, sınırların iyi belirlenmesinin gerekliliği, bu işte en can alıcı noktadır (Şekil 4.10b). Bu nedenle, parametrelerin konfigürasyonunun yapıldığı bu işlem basamağı, biokütlenin hesaplanmasında ve dağılım haritalarının oluşturulmasında oldukça önemlidir.



Şekil 4.10. a) Visual Acquisition 6.1 programında *Posidonia* olduğu tespit edilen bir pingin ekran görüntüsü, b) Aynı pingteki *Posidonia*'lı bölgenin VBT üzerinden izole edildiği kümede yer alan kalibrasyonunun ekran görüntüsü



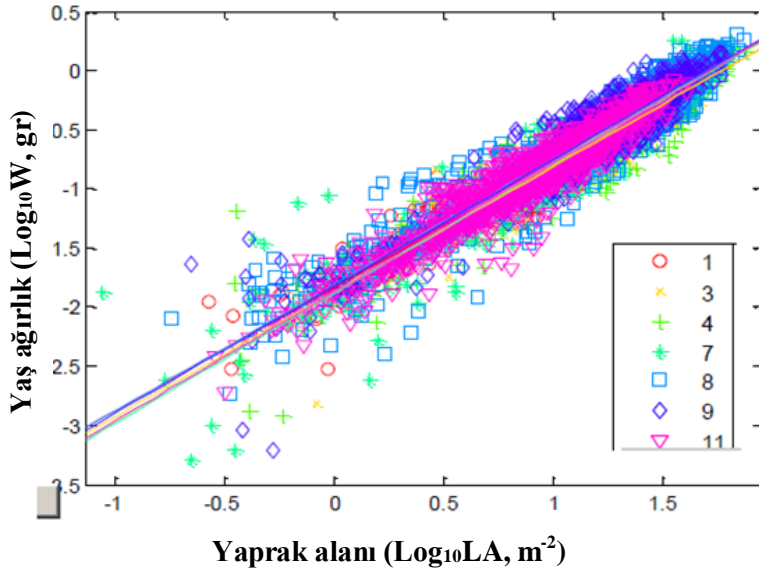
Şekil 4.11 c) Şekil 4.10a'da verilen aynı pingteki *Posidonia*'lı bölgenin VBT üzerinden izole edildiğinin sinyal analiz görüntüsü, d) Aynı pingteki VBT üzerinden elde edilen sonuçların özet rapor görüntüsü

#### 4.2.1.3. *Posidonia oceanica*'nın yaprak alanı (LA) ile yaş ağırlık (W) arasındaki ilişki

Yeterli sayıda ölçüm yapılarak yaprak boyu-yaprak alanı-ağırlık (L-LA-W) ilişki, derinlik ve mevsimler arası farklılıklarda göz önünde tutularak ayrı ayrı incelenmiştir.

##### 1. Mevsimler (aylar) arası

*Posidonia oceanica*'nın yaprak alanı (LA) - yaprak ağırlığı (W) arasındaki regresyon ilişkisinin mevsimlere göre olan ilişkisi incelendiğinde lineer bir ilişki gösterdiği belirlenmiştir (Şekil 4.12). Her ne kadar akustik verilerin değerlendirmelerinde Eylül ayı için bir veri elde edilemediğinden analizlere dâhil edilmemiş olsa da, SCUBA verileri üzerinden gerçekleştirilen istatistiksel analizlerde mevsimsel farklılığı görmek adına Eylül ayı tüm analizlere dâhil edilmiştir. Tüm mevsimlerde elde edilen veri setinin tamamı değerlendirmeye alınmış, sapma gösterenler de analizlere dâhil edilmiştir.



Şekil 4.12. *Posidonia oceanica*: Ağırlık (W) - yaprak alanı (LA)'nın örnekleme ayları arası regresyon ilişkisi ve analizi

Çizelge 4.3. *Posidonia oceanica*'nın yaprak ağırlığı (W) – yaprak alan (LA) ilişkisinin mevsimlere göre ANCOVA test tablosu

Faktör	s. d.	Kareler Topl.	Kareler Ort.	F	P
Mevsim	6	5.23	0.87	57.15	0
LA	1	1763.96	1763.96	115711.18	0
Mevsim*LA	6	0.61	0.1	6.68	0
Hata	11314	172.48	0.02		

*Posidonia*'nın yaprak yaş ağırlığı (W) ve yaprak alan (LA) ilişkisi mevsimlere göre kıyaslandığı zaman istatistiki olarak farklı bulunmuştur ( $p < 0.05$ ; Çizelge 4.3). Ayrıca yaprak yaş ağırlığı ile yaprak alanı arasındaki regresyon denklemleri de mevsimsel olarak farklılık göstermiştir.

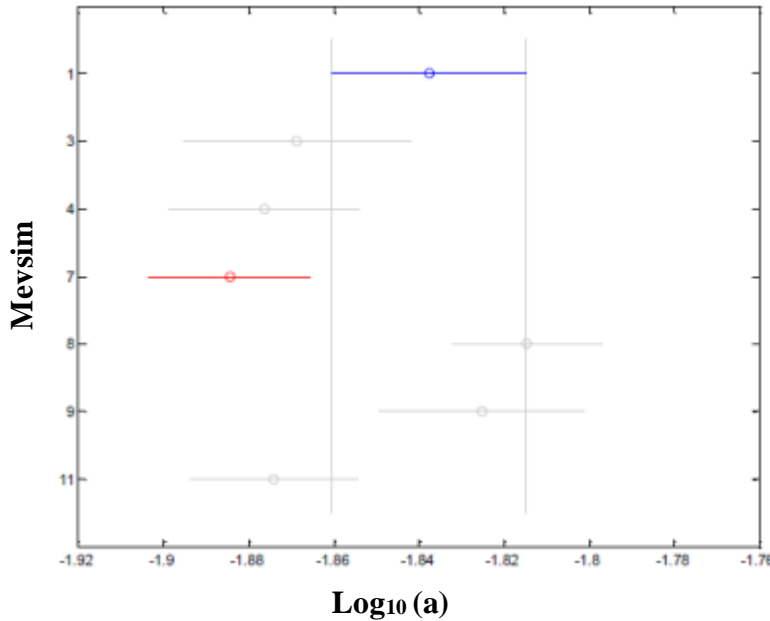
Çizelge 4.4. *Posidonia oceanica*'nın yaprak ağırlığı (W) - yaprak alan (LA)'nın ilişkisinin regresyon denklemindeki kesişme değeri a (Log10 alınmıştır) ve eğim b değerlerinin mevsimlere göre tahmin tablosu

Terim	Tahmin	Std. Hata	T	P
<b>Kesişme değeri, a</b>	1.8544	0.00394	-470.11	0
1	0.0168	0.01004	1.67	0.0943
3	-0.0142	0.01131	-1.26	0.209
4	-0.022	0.00982	-2.24	0.0253
7	-0.03	0.00864	-3.48	0.0005
8	0.0398	0.00805	4.94	0
9	0.0292	0.01052	2.78	0.0055
11	-0.0196	0.00885	-2.21	0.0268
<b>Eğim, b</b>	1.0748	0.00334	322.11	0
1	-0.0365	0.00922	-3.96	0.0001
3	-0.0163	0.00913	-1.78	0.0745
4	0.0154	0.00744	2.07	0.0386
7	0.0286	0.00678	4.23	0
8	-0.0088	0.00665	-1.32	0.186
9	0.0003	0.00879	0.03	0.976
11	0.0173	0.00876	1.97	0.0485

Çizelge 4.4'de *Posidonia oceanica*'nın her bir örnekleme ayı için yaprak yaş ağırlığı-yaprak alanı (W-LA) arasında regresyon sabitlerinin ortalamadan (ilk satır) farkları verilmiştir. Ortalama değerden herbir aya tekabül eden değişkenlerin çıkartılması (-) ve/veya eklenmesiyle (+) regresyonların üssü denklemleri oluşturulmuştur. Mevsimsel farklılık göz önünde bulundurularak elde edilen bu denklemler, her bir ay için yaprak-yaş ağırlığı tabanlı biyokütle miktarlarının hesaplamasında çok faydalı olmuştur. Böylece, akustik enerjinin mutlak biyokütleye dönüştürülmesinde mevsimlerden kaynaklanabilecek farklar ortadan kaldırılmıştır.

### **Kesişme değeri, a (Intercept)**

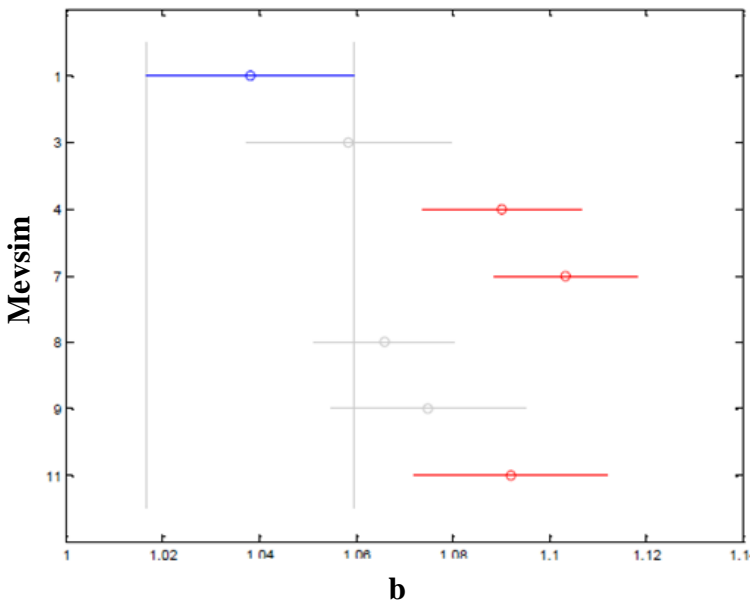
Yaprak ağırlığı (W) ve yaprak alanı (LA) arasındaki regresyon ilişkisinin Tukey's LSD Post-hoc testi ile analiz edilen sonuçları incelendiğinde, Ocak ayında hesaplanan kesişme noktası değeri Temmuz ayına göre daha büyük ve istatistiki olarak da farklı olduğu görülmüştür. Aynı zamanda Temmuz ayı kesişme değeri, Ağustos ve Eylül aylarında bulunan değerlerden de farklı bulunmuştur (Şekil 4.13). Kesişme değerleri, Ocak ayından Temmuz ayına kadar bir azalma sergilerken, yaz ve erken sonbaharda ani bir artış göstermiş ve tekrar Kasım ayında azalma gerçekleşmiştir. Bu tür artış ve azalmalar, deniz suyu sıcaklığında meydana gelen artma ile kesişme noktasında görülen azalma eğilimi ve büyüme ile paralel olarak hareket etmesinden kaynaklandığı sonucuna ulaşılmıştır. Bu durum durağan noktalarda; büyümenin durduğu ve tek bir değişkenin büyümeye devam ettiği, benzer şartlarda da örneğin; alan indeksinin durup ağırlık kazanması gibi büyüme gözlenebilir.



Şekil 4.13. *Posidonia oceanica*: Mevsimlere göre yaprak ağırlık (W) - yaprak alan (LA)'nın %95'lik güvenilirlik sınırları içerisinde kesişme değeri a'ya göre farklılığı (Tukey's LSD Post-hoc testi)

### Slope (Eğim, b)

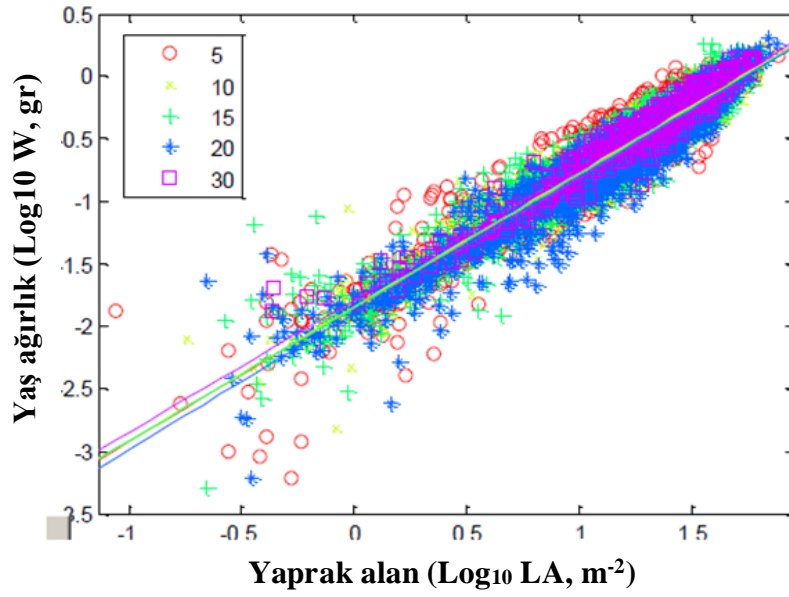
Yaprak ağırlığı (W) ve yaprak alanı (LA) arasındaki regresyon ilişkisinin benzer şekilde Tukey's LSD post-hoc testi sonucunda elde edilen çıktılar değerlendirildiğinde "b" sabitesi Ocak ayından Temmuz ayına kadar artış göstermiştir. Bu durum ağırlık artışının her ayda daha fazla olduğunu ifade etmektedir. Ocak ayı "b" üssü katsayısı Nisan, Temmuz ve Kasım aylarında hesaplanan değerlerden istatistiki olarak ( $p < 0.05$ ) seviyesine göre farklı bulunmuştur (Şekil 4.14). Regresyon katsayısı, eğim b değeri Ocak ayından Ağustos ayına kadar logaritmik artış göstermiştir. Bununla beraber Ağustos ayında ani düşüş sergileyen b katsayısının Temmuz ayından da farklı olduğu görülmüştür. Bu durum da, yaz büyümesinin tamamlandığını ve ağırlıkça büyümenin durduğu anlamına gelebilir.



Şekil 4.14. *Posidonia oceanica*: Mevsimlere göre yaprak ağırlık-alan (LA)'ı ilişkisinin %95'lik güvenirlilik sınırları içerisinde eğim b'ye göre farklılığı (Tukey's LSD post-hoc testi)

## 2. Derinlikler arası

*Posidonia*'da yaprak yaş ağırlığı (W) - yaprak alanı (LA) ilişki denklemlerinde, derinliğe bağlı olarak kritik seviyede istatistiksel farklılık bulunmamıştır (Şekil 4.15, Çizelge 4.3). Altı kırmızı çizgiyle çizilen değer istatistiksel hipotezi, kabul ve red sınırına çok yakın olduğu göz önünde bulundurulmalıdır (Çizelge 4.5). Bununla birlikte yaprak ağırlığının, derinlik ve yaprak alanı ilişkisinde istatistiksel olarak farklı olduğu görülmüştür (Çizelge 4.6).



Şekil 4.15. *Posidonia oceanica*: Ağırlık (W) - yaprak alanı (LA)'nın örnekleme noktaları ile su derinlikleri arasındaki regresyon ilişkisi ve analizi

Çizelge 4.5. *Posidonia oceanica*'nın yaprak ağırlığının (W) - yaprak alanı (LA) arasında elde edilen regresyon denkleminin su derinliğine bağlı olarak farklılığının ANCOVA metodu ile test tablosu

Faktör	s. d.	Kareler Topl.	Kareler Ort.	F	P
Derinlik	4	2.35	0.59	37.87	0
LA	1	1933.7	1933.7	124481.21	0
Derinlik*LA	4	0.15	0.04	2.34	0.0526
Hata	11318	175.81	0.02		

Derinliğe bağlı ilişkinin ise istatistiki olarak fark göstermediği fakat *Posidonia oceanica*'nın yaprak ağırlığının (W) yaprak alanı (LA) arasında elde edilen regresyon denkleminin su derinliğine bağlı olarak farklılığının ANCOVA ile yapılan testinde 0.0526 ile hipotezin red ve kabul sınırına çok yakın olduğu görülmüştür.



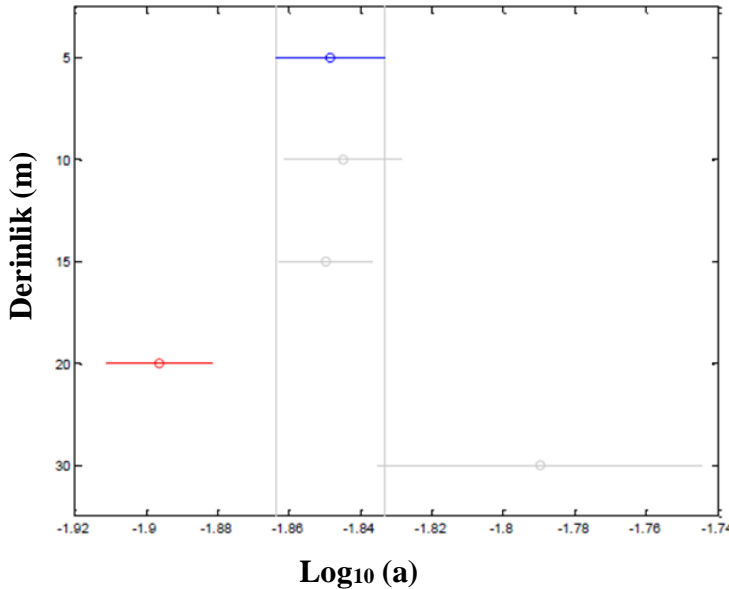
Çizelge 4.6. *Posidonia oceanica*'nın yaprak ağırlığı ile yaprak alanı arasında ilişkinin regresyon sabitlerinin derinliklere göre tahmini  $a = \text{Log}_{10}(a)$

Terim	Tahmin	Std. Hata	T	P
<b>Kesişme değeri, a</b>	<b>-1.8458</b>	<b>0.00514</b>	<b>-358.87</b>	<b>0</b>
5	-0.0026	0.00798	-0.33	0.7448
10	0.0009	0.00841	0.11	0.913
15	-0.0039	0.00718	-0.54	0.5861
20	-0.0504	0.00787	-6.4	0
30	0.056	0.01677	3.34	0.0008
<b>Eğim, b</b>	<b>1.0749</b>	<b>0.00411</b>	<b>261.74</b>	<b>0</b>
5	0.0018	0.00669	0.26	0.7931
10	-0.0014	0.00676	-0.2	0.8415
15	-0.004	0.00576	-0.7	0.4856
20	0.0186	0.00644	2.89	0.0039
30	-0.015	0.01312	-1.14	0.2537

Çizelge 4.6'da her bir örnekleme ayı için derinliğe bağlı yaprak yaş ağırlığı-yaprak alanı (W-LA) arasında regresyon sabitlerinin ortalamadan (ilk satır) farkları verilmiştir. Ortalama değerden herbir aya tekabül eden değişkenlerin çıkartılması (-) ve/veya eklenmesiyle (+) regresyonların üssi denklemleri oluşturulmuştur.

#### **Kesişme değeri, a (Intercept)**

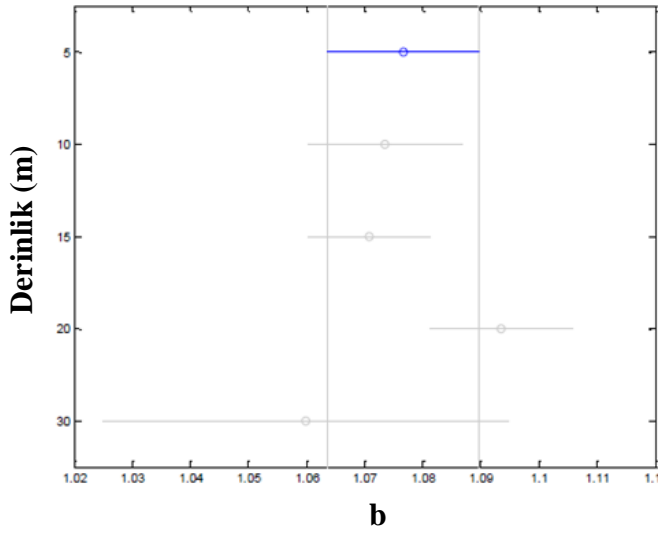
Derinliklere göre hesaplanan regresyon denklemleri sabitlerinde "a" kesişme değerinde yapılan Tukey's LSD Post-hoc testi'ne göre 5 m 20 m derinliği hariç diğerlerinde istatistiksel olarak farklı bulunmamıştır (Şekil 4.16).



Şekil 4.16. *Posidonia oceanica*: Su derinliğine göre yaprak ağırlık (W) - yaprak alan (LA)'ın kesişme değeri a'nın %95'lik güvenilirlik sınırları içerisindeki farklılığı (Tukey's LSD Post-hoc testi)

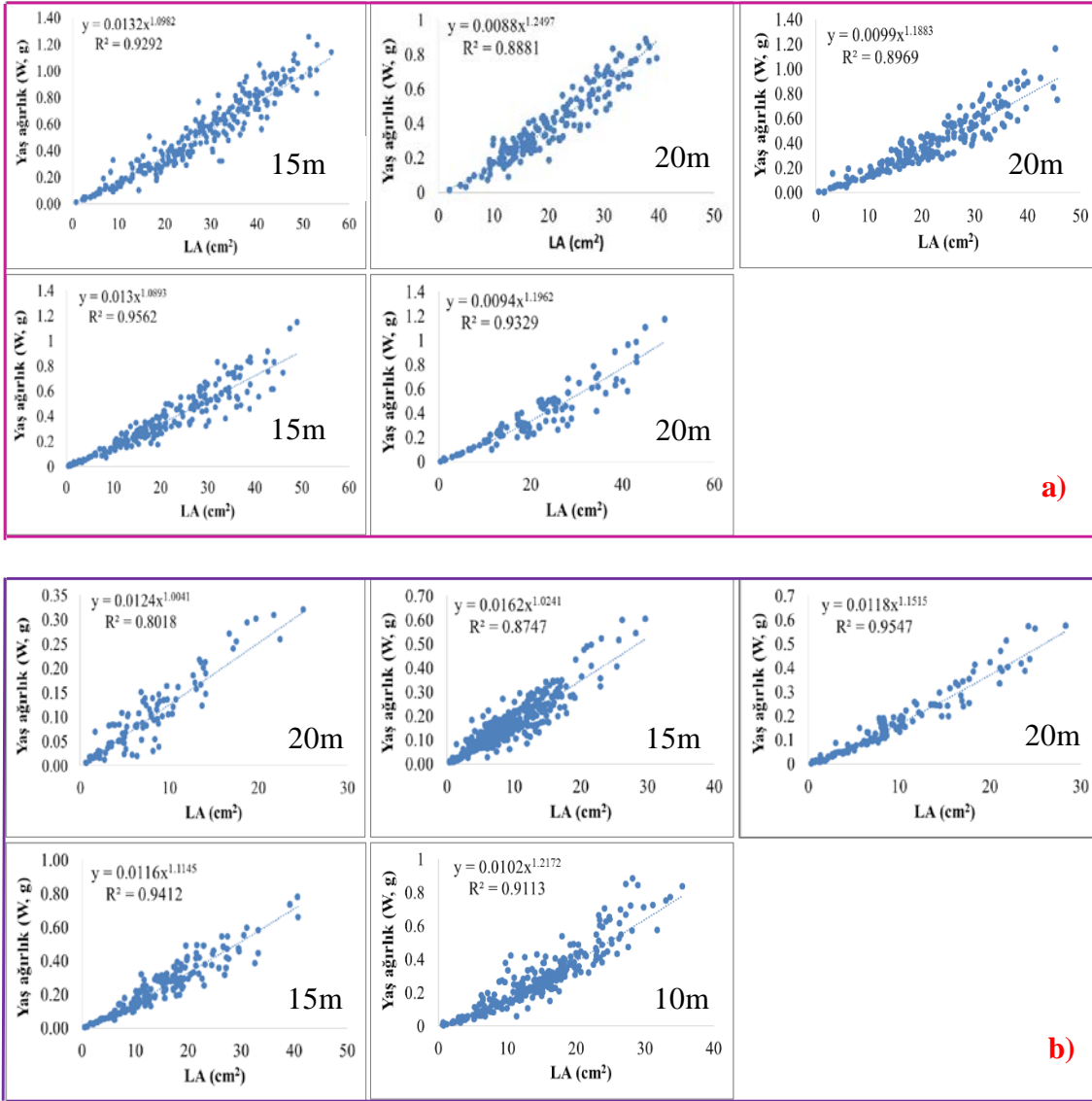
### Slope (Eğim, b)

Regresyon denklemi için hesaplanan b değerlerinde derinlik ilişkili hiçbir farklılık bulunmadığı yapılan Tukey's LSD Post-hoc testi'yle belirlenmiştir (Şekil 4.17). Dolayısıyla derinlik her ne kadar kritik seviyede bir farklılaşmama gösterse de mevsimsel olarak farklılığın söz konusu olması nedeniyle sadece mevsimsel bazda analizler gerçekleştirilmiştir. Su derinliği 30 m'deki *Posidonia* LA-W ilişkisinin denklemindeki a değeri, diğer derinliklere göre daha büyük aralıkta güvenilirlik sınırında değişkenlik göstermiştir. Hesaplanan b (slope-eğim) değerlerinde derinlik ilişkili farklılık bulunmamıştır.

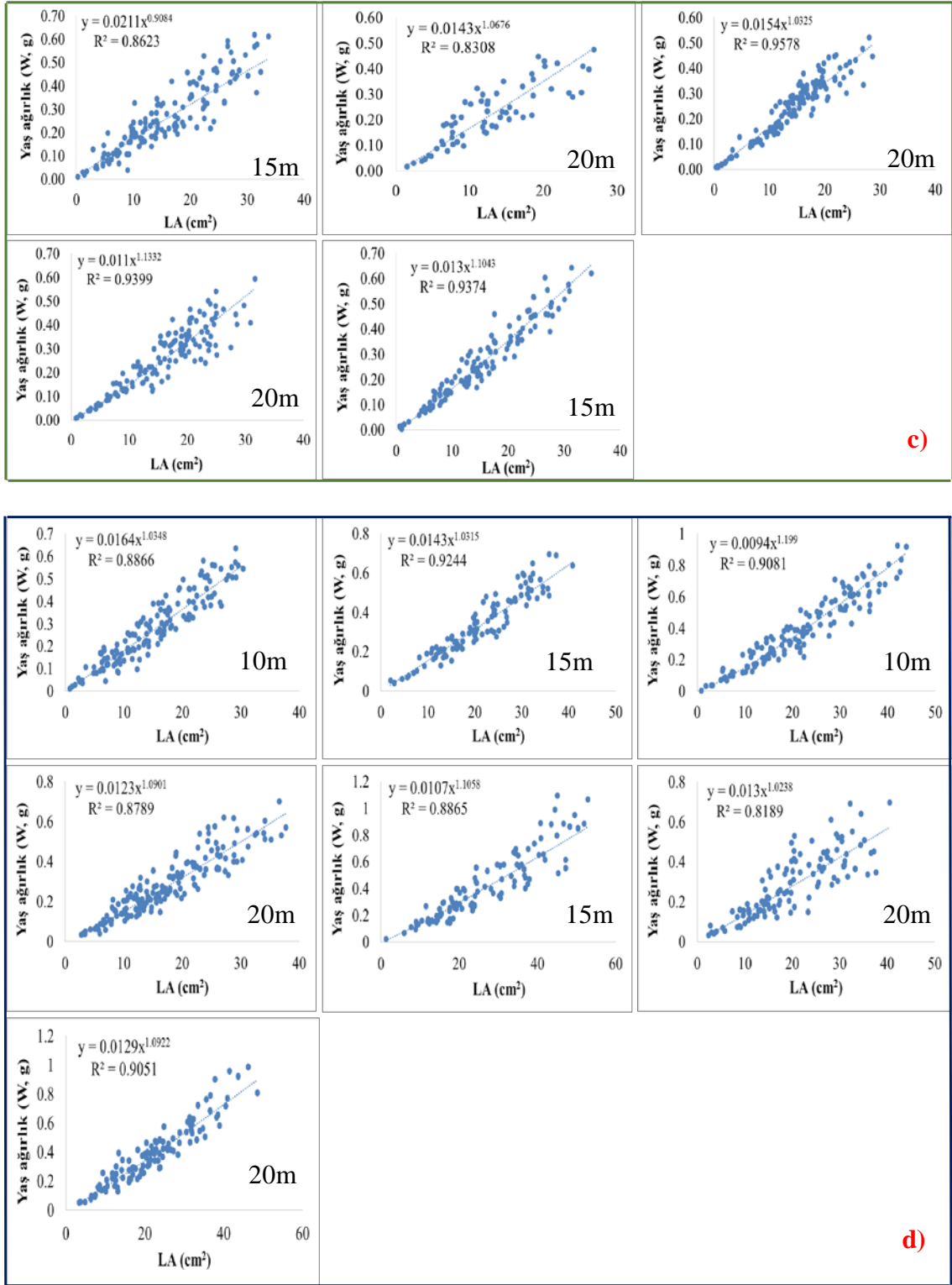


Şekil 4.17. *Posidonia oceanica*: Su derinliğine göre yaprak ağırlık-alan (LA)'nın üssi değeri eğimin b'nin %95'lik güvenilirlik sınırları içerisindeki farklılığı (Tukey's LSD Post-hoc testi)

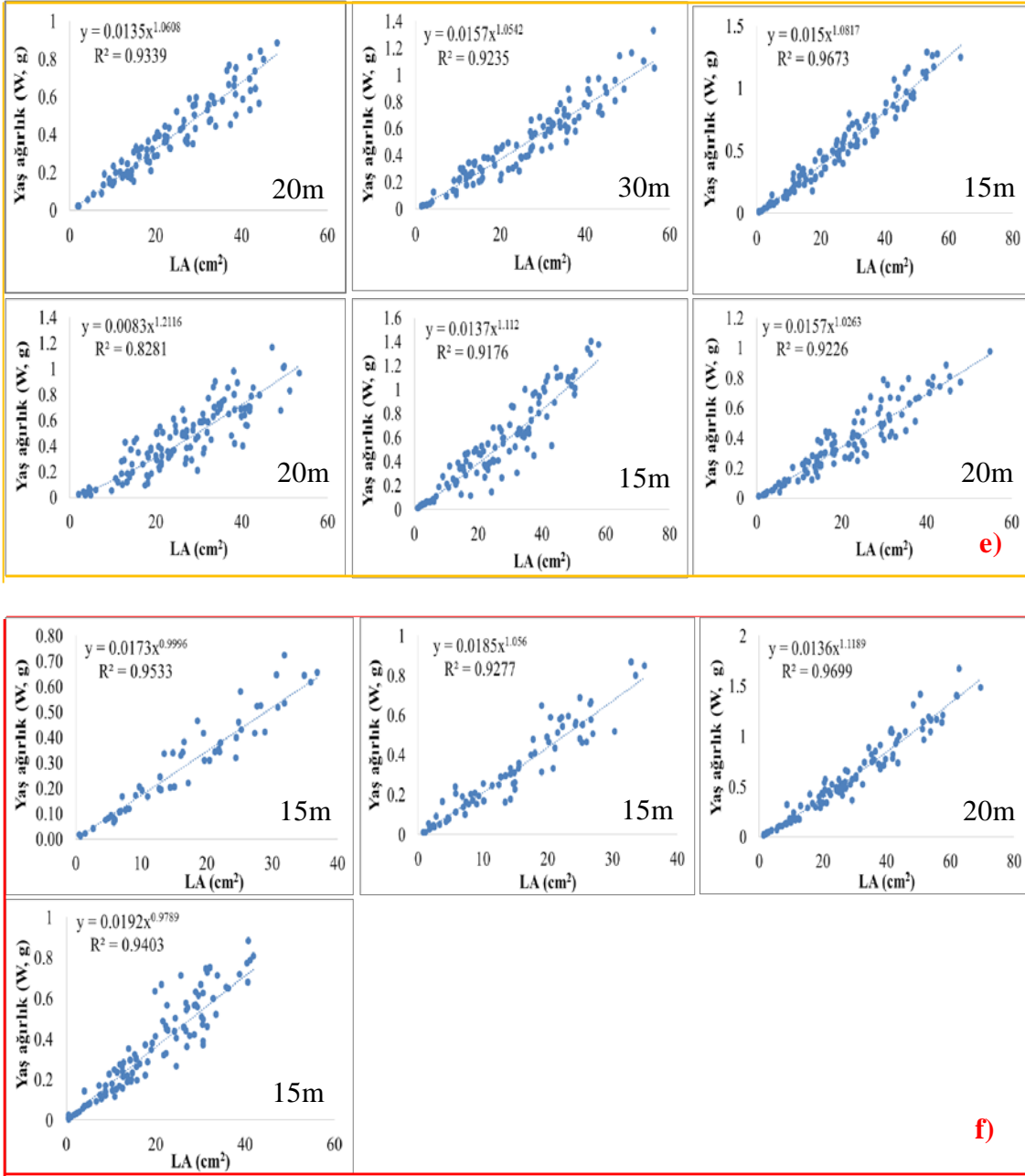
Mevsimler arası elde edilen regresyon farklılığından dolayı bu çalışmada elde edilen biyokütle miktarının tahmininde kullanılan yaprak alanı ve yaş yaprak ağırlığı (LA-W) arasındaki regresyon denklemleri mevsimsel olarak her istasyon için ayrı ayrı hesaplanmış ve aşağıda verilmiştir (Şekil 4.18, 4.19, 4.20).



Şekil 4.18. *Posidonia oceanica*: istasyonlardan alınan örneklerden elde edilen yaprak alanının (LA)'nın yaş ağırlıkla (W) olan ilişkilerinden elde edilen regresyonun, mevsimlere ve istasyonlara göre değişimi a) Temmuz 2011, b) Kasım/Aralık 2011



Şekil 4.19. *Posidonia oceanica*: istasyonlardan alınan örneklerden elde edilen yaprak alanının (LA)'nın yaş ağırlıkla (W) olan ilişkilerinden elde edilen regresyonun, mevsimlere ve istasyonlara göre değişimi c) Ocak 2012, d) Mart 2012



Şekil 4.20. *Posidonia oceanica*: istasyonlardan alınan örneklerden elde edilen yaprak alanının (LA)'nın yaş ağırlıkla (W) olan ilişkilerinden elde edilen regresyonun, mevsimlere ve istasyonlara göre değişimi e) Nisan/Mayıs 2012, f) Ağustos 2012

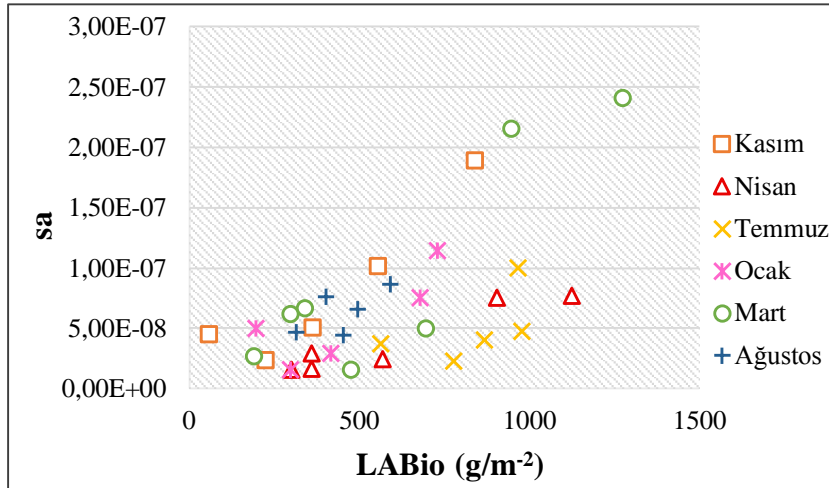
Yukarıda verilen grafikler üzerinde de gösterilen denklemler saha üzerinde ölçülen aynı istasyon ve derinlikteki veri üzerine yansıtılarak, sahadaki biyokütle miktarlarının hesaplanması için oluşturulan regresyon denklemlerinde kullanılmıştır. Regresyon denklemini elde etmek için kalibrasyonda kullanılacak olan bu hesaplamalar için her biri farklı bir istasyonu gösteren noktaların özellikle farklı derinliklerinin seçilmesinde önemle dikkat edilmiştir. Ancak yukarıda yansıtılan tüm istasyonların her bir derinliği regresyon denkleminin oluşturulmasında kullanılmamıştır. Sadece

*Posidonia*'nın akustik enerji katsayısı ( $sa$ )'nın tam ve düzgün olarak elde edilebildiği kriterlere uygun istasyonlardaki biyokütle miktarları hesaplanarak dâhil edilmiştir.

#### 4.2.1.4. Regresyon denklemi

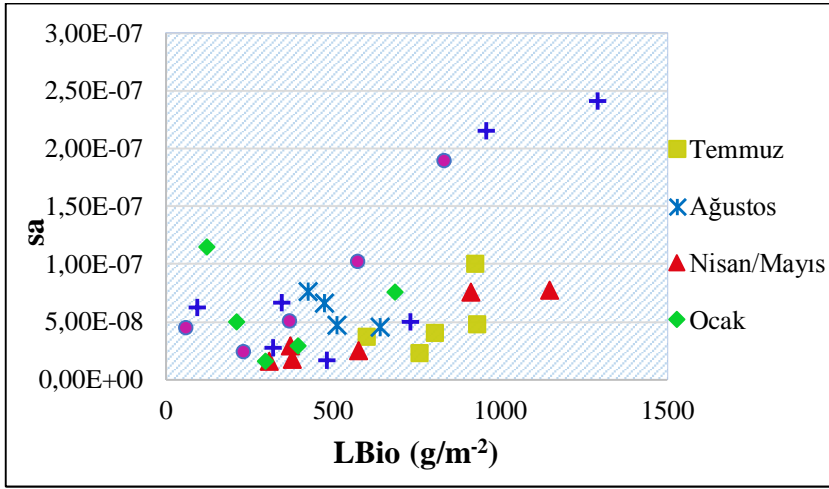
Saha üzerindeki biyokütle miktarlarının tahmin edilmesi için gerekli olan regresyon denklemi alansal akustik enerji katsayısı ( $sa$ ) ile yukarıda hesaplaması yapılan istasyonlardaki biyokütle miktarları arasındaki ilişki üzerinden hesaplanmıştır. Elde edilen bu denklem *P. oceanica*'nın VBT ile elde edilmiş akustik enerjinin biyokütle çevirimi için kullanılmıştır. Bu nedenle, en doğru biçimde tüm mevsimler için ortak regresyon denklemini elde etmek çalışmanın en önemli basamağını oluşturmaktadır ve doğru miktarların hesaplanması yine bu kalibrasyona bağlıdır.

Bu kapsamda alansal akustik enerji katsayısı ( $sa$ ) ile biyokütlesi arasındaki ilişkiye bağlı olarak çizilen grafik incelendiğinde (Şekil 4.21), (Bkz. Şekil 4.18, 4.19, 4.20)'de verilen istasyonların içinden hesaplamaya dâhil edilen noktalar tek tek yansıtılmıştır. Bu dağılım haritasında, vejetasyonun çimlenmeye başladığı ve geniş bir dağılım gösterdiği Nisan/Mayıs ile Temmuz döneminde yaprak kütlelerinde bir artış olduğu ve buna karşılık alansal akustik enerji katsayısı ( $sa$ )'nın düştüğü görülmüştür. Bahar-yaz döneminden sonbahara ve sonrasında kışa geçerken biyokütle miktarında azalma meydana gelmiş,  $sa$  enerjisinde de bir artma meydana geldiği belirlenmiştir. Mart dönemi, vejetasyonun yeni çimlenmeye başladığı dönemin başlangıç ayı olarak kabul edildiğinde, bölgesel olarak biyokütle miktarında artışların görüldüğü tespit edilmiştir. Hatta saha üzerindeki biyokütle miktarına bağlı dağılım haritasında da bu değişim açıkça görülmektedir (Bkz. Şekil 4.27). Bu ayda minimum ile maksimum enerjiye sahip olan noktaların varlığının büyümesi biten yaşlı yapraklar ile henüz çimlenmeye başlayan genç yaprakların bir arada bulunması itibarıyla aralarındaki farklı akustik scattering'in neden olabileceği görüşü ortaya konmuştur. Dolayısıyla bu özellikteki yapraklarında analize dâhil edilmesi gerektiği kanısına varılmıştır.

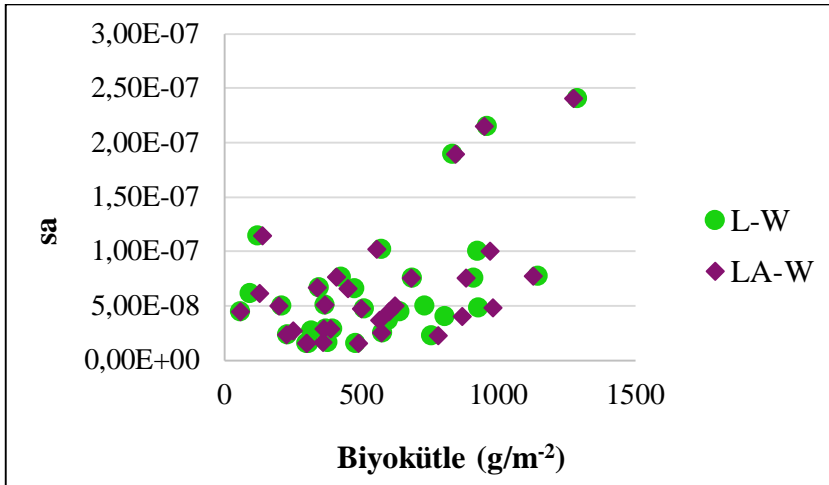


Şekil 4.21. Tüm mevsimler için elde edilen alansal akustik enerji katsayısı ( $sa$ ) ile yaprak alanı üzerinden hesaplanan biyokütle ( $LABio$ ;  $g/m^2$ ) arasındaki regresyon ilişkisi

Yaprak boyu (L) üzerinden hesaplanan biyokütle ile yaprak alanı (LA) üzerinden hesaplanan biyokütle dağılımları karşılaştırıldığında aralarında yeterince bir fark olmadığı görülmüştür (Şekil 4.22, 4.23).



Şekil 4.22. Tüm mevsimler için akustik enerji katsayısı (sa) ile yaprak boyu (L) üzerinden elde edilen biyokütle (LBio;  $g/m^2$ ) arasındaki regresyon ilişkisi



Şekil 4.23. Tüm mevsimler için elde edilen alansal akustik enerji katsayısı (sa)'na karşılık yaprak boyu (L) ve yaprak alanı (LA) üzerinden elde edilen biyokütlenin ( $g/m^2$ ) kıyaslanması

#### 4.2.1.5. VBT ile *P. oceanica*'nın tahmini biyokütle miktarlarının zamansal ve mekânsal dağılımı

Yukarıda anlatılan kalibrasyon işlemi neticesinde, dünyada ilk defa denenmiş bir metotla VBT üzerinden biyokütle hesaplama yoluna gidilmiş ve Antalya Körfezi'nde (Lara-Manavgat) arasındaki bölgede dağılım gösteren *P. oceanica*'nın biyokütle miktarlarının tahmini gerçekleştirilmiştir. Programda yer alan parametrelerin türe özgü olarak kalibrasyon işlemi yapılmış, mevsimsel olarak *P. oceanica*'nın yaprak biyokütle dağılım haritaları oluşturulmuştur. Aynı zamanda SCUBA örneklemelerinden elde edilen

verilerle kıyaslama yapılmış, izlenen yeni metodolojiyle elde edilen sonuçların birbiriyle tutarlı olup olmadıkları kontrol edilmiştir. Hem sahadan elde edilen hem de akustik veriden elde edilen biyokütle miktarlarının dağılım haritaları aşağıda ayrıntılı olarak sunulmuştur.

### **Temmuz 2011**

Temmuz'da genel olarak biyokütle dağılımı kıyı derinliklerde en yüksek noktaya ulaşırken, kıyıdan açığa doğru gidildikçe biyokütle miktarı azalmaktadır. Bu mevsimde çalışma sahası içerisinde *P. oceanica*'nın 3 ayrı yatak oluşturduğu belirlenmiştir. Boğazkent'in önü, Denizkent'in önü ve Side'nin önü olmak üzere lokal gruplaşmalar tespit edilmiştir (Şekil 4.24a).

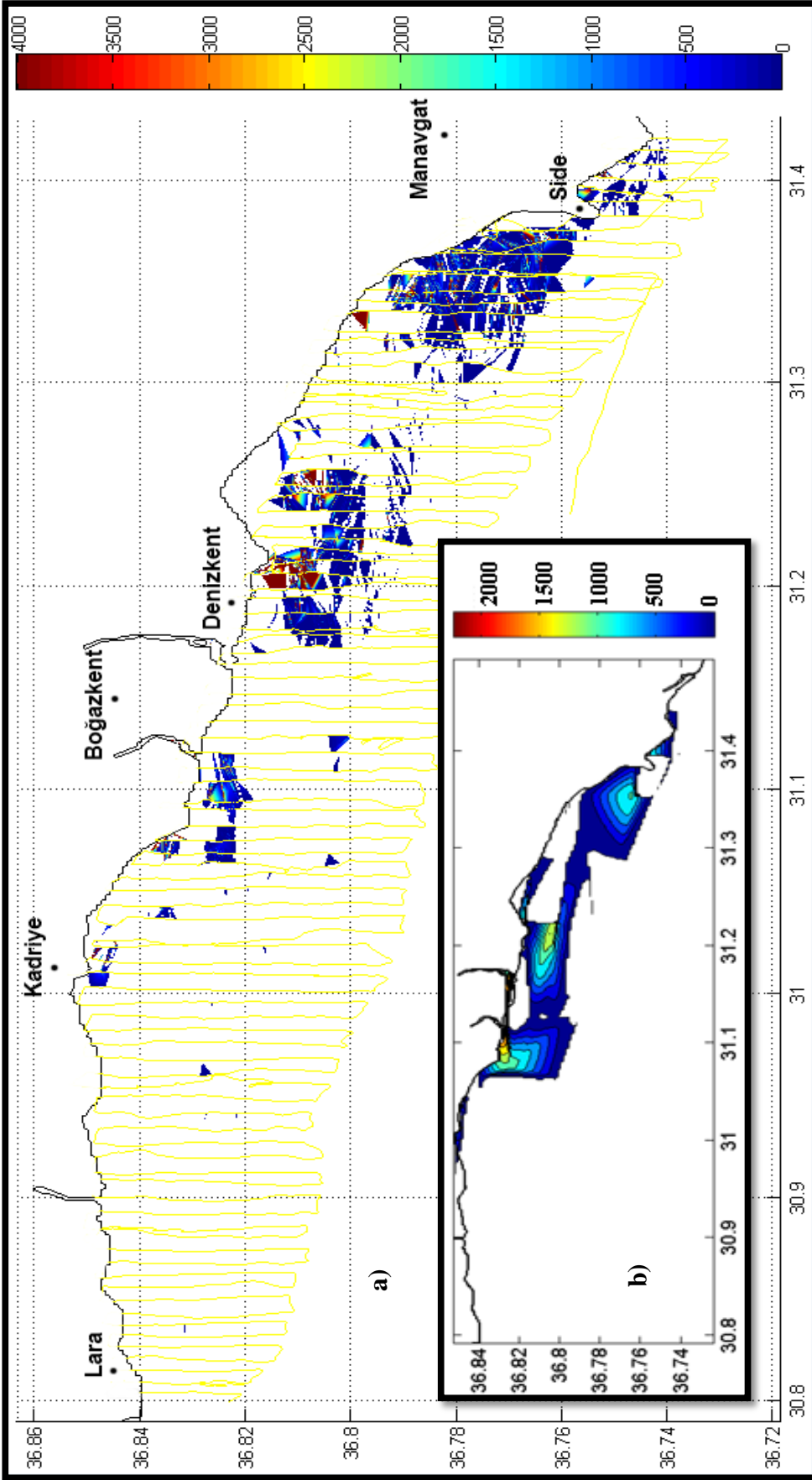
Genel olarak değerlendirildiğinde, Denizkent önü ile Side önündeki yatakların kıyı kesimlerde biyokütle miktarının en yüksek noktaya ulaştığı, açığa gidildikçe azalışa geçtiği tespit edilmiştir. Biyokütle değerlerinin dağılımını veren yaprak alanı (LA) üzerinden hesaplanan metrekaresindeki yaprakların yaş ağırlıkları (BLA;  $g/m^{-2}$ ), ortalama olarak  $4220 (g/m^{-2})$  olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.24b).

Mevcut dağılım, VBT üzerinden yapılan dip yapısının tayin analiz sonuçları ile karşılaştırıldığında (Bkz. Şekil 4.36), *Posidonia*'nın dağılım gösterdiği alanlar, dip yapısının çıplak sert kayalık olarak tanımlandığı kesimlerin dağılım alanlarıyla benzerlik gösterdiği görülmüştür. Ayrıca bu dağılımda kumluk zemin olarak tanımlanan bölgelerde de *Posidonia*'nın hiçbir dağılım göstermemesi, dip tipinin analizi sırasında hem *Posidonia*'lı dip tipine sahip zeminle, kayalık zemine sahip yapının aynı küme içerisinde dağılım göstermesini destekleyen bir sonucun ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bu sebeple, bizim çıplak sert kaya ve/veya *Posidonia*'lı kaya olarak kullandığımız tanımlama doğrudur. Buradan da anlaşılmaktadır ki; çalışma sahasında *P. oceanica*'nın kayalık sert zemin üzerinde yetiştiği açık ve net olarak ortaya konmuştur. Her iki dağılım haritası incelendiğinde (Bkz. Şekil 4.36) birbiriyle yüksek oranda benzerlik göstermektedir.

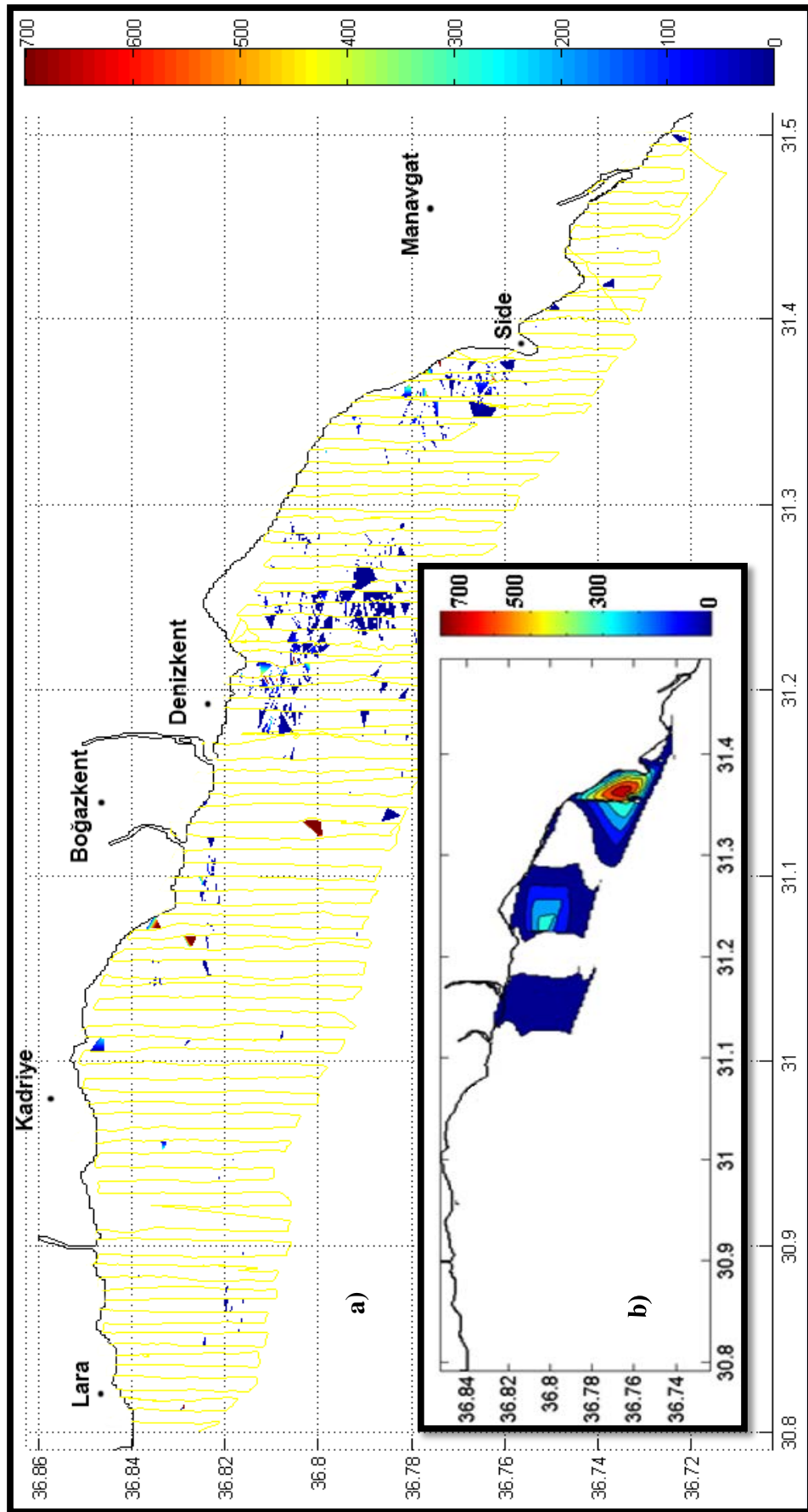
Burada *Posidonia*'lı alanların yerine sert kayalık yerlerin analizlerinin yapıldığı düşünülebilir fakat her iki analizin kalibrasyon işlemleri incelendiğinde ve sinyal analizlerine bakıldığında *Posidonia* olarak alınan bölgelerin dip ekosundan ayrıldığı ve eko şekillerinin dipten ne kadar farklı olduğu göz önünde bulundurulmalıdır. Dolayısıyla, sinyal prosesinde *Posidonia* yerine dip zemininin analiz edilmiş olma olasılığı yoktur (Bkz. Şekil 4.10c, 4.34c).

SCUBA dalışından elde edilen örneklerin biyokütle hesaplamalarının dağılım haritası (Şekil 4.24b)'de gösterilmiştir. Vegetasyonun 3 ayrı noktada yer yer geniş yataklar oluşturduğu açıkça görülmektedir. En yüksek miktar  $2000 (g/m^{-2})$  üzerinde hesaplanmıştır. VBT'den elde edilen sonuçlarla karşılaştırıldığında dağılım haritalarının benzerlik gösterdiği, SCUBA üzerinden tahmin edilen miktarların, akustiksel olarak elde edilen sonuçlarla da uygunluk içerisinde olduğu görülmüştür. Örnekleme istasyonlarından elde edilen veriler üzerinden gidilerek yapılan hesaplamaların, *P. oceanica*'nın biyokütle miktarlarını tahmin etmek için VBT üzerinden takip edilen bu yeni metodolojinin sonuçlarıyla uyumlu olması, yapılan işin ne denli başarılı olduğunu ve doğruluğunu bir kere daha ortaya koymaktadır.





Şekil 4.24. Temmuz 2011 dönemi *P. oceanica*'nın a) VBT üzerinden hesaplanan biyokütle tahmin sonuçları ve alansal dağılımı b) SCUBA verileri üzerinden hesaplanan biyokütle sonuçları ve dağılımı (BLA;  $g/m^2$ )



Şekil 4.25. Kasım/Aralık 2011 dönemi *P. oceanica*'nın a) VBT üzerinden hesaplanan biyokütle tahmin sonuçları ve alansal dağılımı b) SCUBA verileri üzerinden hesaplanan biyokütle sonuçları ve dağılımı (BLA; g/m<sup>2</sup>)

### **Kasım/Aralık 2011**

Kış mevsimine girerken *P. oceanica*'nın dağılımının gözle görülür şekilde azaldığı belirlenmiştir. Temmuz ayı ile kıyaslandığında önemli ölçüde azaldığı, Boğazkent önündeki yataklarda toprak üstü kısımlarına daha az rastlanması dikkati çekmektedir. En yüksek 800 (g/m<sup>-2</sup>) ile Side civarlarında bu miktara ulaşılırken, genel olarak dağılımın 500 (g/m<sup>-2</sup>)'nin altında kaldığı görülmüştür (Şekil 4.25a).

Aynı dönemde yapılan VBT üzerinden tespit edilen dip tipi tayin analiz sonuçlarına bakıldığında, Temmuz dönemine nazaran Denizkent ile Side arasında kalan orta su katmanındaki kayalık alanın yer yer kumla kaplandığı, hatta çamur tabakasının daha açıklardan iç sulara doğru bir taşınmış olduğu ortaya konmuştu. Buna bağlı olarak dipteki sert zeminin de kaybolduğu belirlenmiş, *Posidonia* kaplı kayalık/sert alanların daraldığı ve kıyı kesimlerde daha baskın dağılım gösterdiği analiz edilmişti (Bkz. Şekil 4.37). Bu sonuçlarla, VBT üzerinden elde edilen *Posidonia*'nın biyokütle miktarlarının dağılım sonuçları kıyaslandığında da benzer sonuçlara ulaşılmıştır. Yani *Posidonia* kaplı kayalık bölgelerin daraldığı, bununla beraber yataklardaki vejetasyon dağılımlarının küçülerek lokalize bir şekilde kaldığı belirlenmiştir. Söz konusu alansal daralma kış mevsiminin başladığı bu ayda kendini belirgin bir şekilde göstermiştir (Şekil 4.25a).

SCUBA dalış örneklemelerinden hesaplanan biyokütle tahminleri incelendiğinde de benzer sonuçlar ortaya çıkmıştır. Denizkent önünde en yüksek kütle miktarına erişildiği ve bu noktanın da *Posidonia* çayırının kalibrasyon hattı olan noktaya denk geldiği görülmüştür. Denizkent'ten Boğazkent'e doğru gidildikçe bu miktarın giderek düştüğü ve 200 (gr/m<sup>-2</sup>)'ye ulaştığı tespit edilmiştir (Şekil 4.25b). Elde edilen her iki sonuç kıyaslandığında, sahadan ölçülen veriyle akustik veri sonuçları uyumluluk göstermektedir.

Böylece hem VBT üzerinden hesaplanan biyokütle miktarları, hem SCUBA verileri üzerinden elde edilen sonuç, hem de dip yapısının tayini için elde edilen sonuçlara bağlı dağılım haritalarının 3'ü de benzerlik göstermektedir.

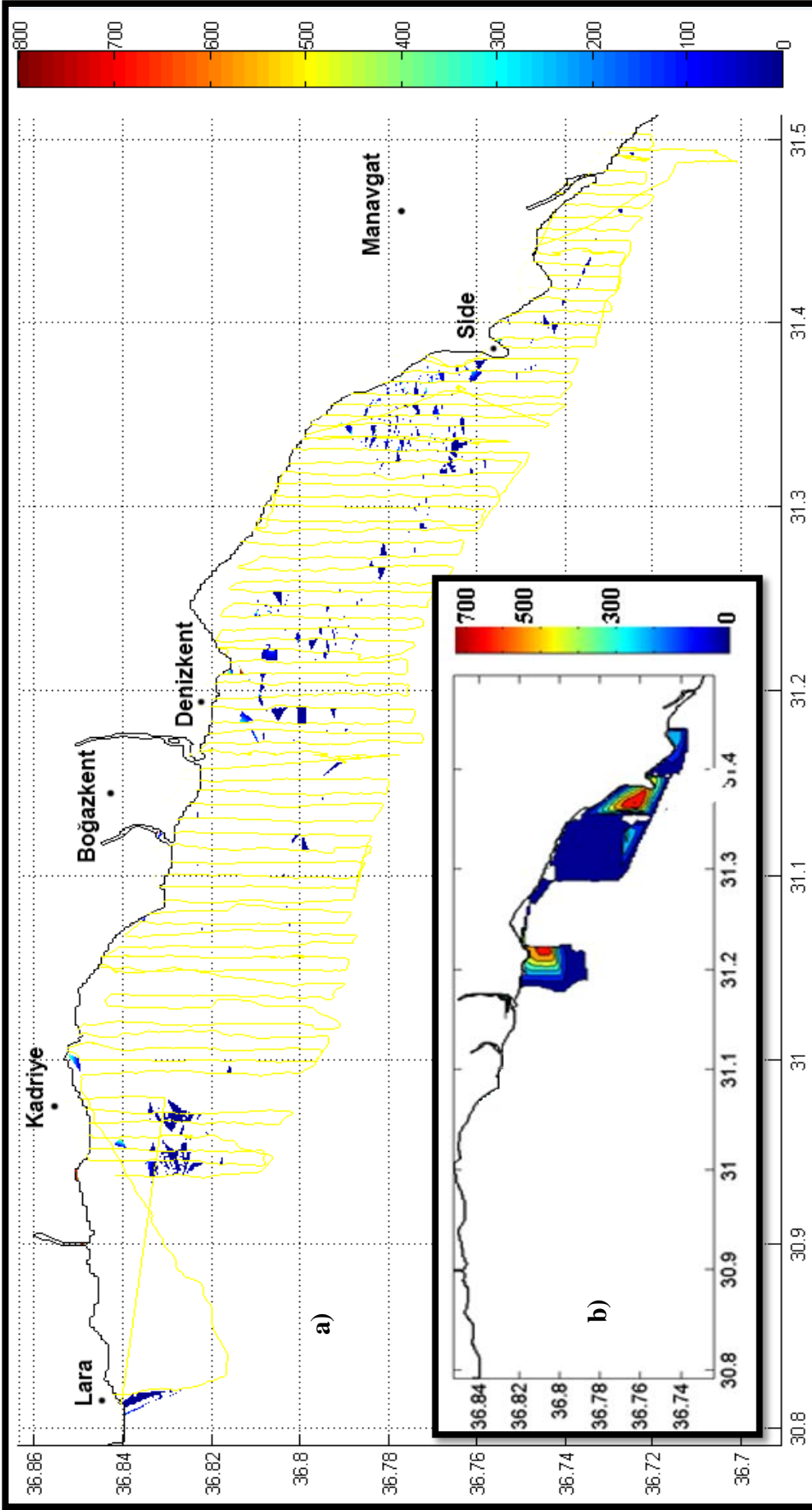
### **Ocak 2012**

Su sıcaklığının minimum olduğu bu ayda yatakların iyicene küçüldüğü, miktarın en yüksek 800 (g/m<sup>-2</sup>)'yi geçmediği, genel dağılımın ise 100 (g/m<sup>-2</sup>)'nin altında kaldığı görülmüştür. Boğazkent önünde dağılım gösteren türün, bu dönemde toprak üstü kısımlarının hiç olmadığı, diğer dağılım noktalarında ise daralmaların olduğubelirlenmiştir. Böylece mevsim itibariyle geride kalıcı olan noktaların varlığı ortaya konmuştur. Bu noktalardaki genel dağılımın kıyıda yoğunlaştığı ve kıyıda açıklara gidildikçe miktarların çok düştüğü ve kimi yerlerde ise neredeyse yaprakların kaybolduğu görülmüştür.

Burada dikkati çeken bir başka nokta da; Ocak ayında batı kesimde istasyonun başlangıç noktasında görülen lekelenmeler sadece bu ayda mevcut olup, diğer aylarda görülmemiştir. Bunun nedeni, hatlar arası geçişe bağlı olarak yazılan algoritmada kullanılan interpolasyondan kaynaklıdır (Şekil 4.26a). Yani, *Posidonia*'nın varlığı ile bir ilişkisi yoktur.

Akustik verilerin VBT kullanılarak dip yapısının belirlenmesi amacıyla yapılan analiz sonuçları incelendiğinde, *Posidonia* kaplı/sert kayalık olan dip tipinin Ocak döneminde Denizkent'ten Side'ye doğru olan istikamette orta su konturunda geniş bir alanda dağılım gösterdiği belirlenmiştir. Fakat VBT üzerinden tahmin edilen *Posidonia*'nın biyokütle miktarıyla kıyaslandığında sonuçlar arasında uyumsuzluk olduğu görülmüştür. Şöyle ki, Ocak dönemi vejetasyonun minimum biyokütleyle sahip olduğu ve neredeyse toprak üstü kısımlarının bittiği dönem olarak karşımıza çıkmaktadır. Dolayısıyla *Posidonia*'nın bu mevsimde kapladığı alan, VBT üzerinden tayin edilen sert kaya/*Posidonia*'lı kaya olarak tespit edilen alandan, daha dar bir alanda dağılım göstermiştir. Bu sonuçtan anlaşılıyor ki, VBT üzerinden *Posidonia* enerjisini elde etmek için yapılan kalibrasyon işleminde, sinyal analizi *Posidonia*'yı tanımlamaktadır. Her ne kadar *P. oceanica*'nın bu bölgede sert kayalık zemin üzerinde yaşadığı tespit edilse de, Ocak döneminde vejetasyonun yayılım alanlarının daralması, yapılan kalibrasyon işleminde ve buna bağlı sinyal analizinde dibin görülmediğinin, aksine sert kaya zemini üzerinde yaşayan *Posidonia* çayırlarını gördüğünün bir kanıtı olmuştur. Aksi halde alansal dağılım bakımından her iki sonucun benzer çıkması gerekirdi. Elde edilen bu bulgu, dip üzerinde yaşayan türü, dipten ayrılmasını sağlayacak olan parametrelerin doğru kalibre edildiğinin bir göstergesi olarak karşımıza çıkmıştır (Bkz. Şekil 4.10).

SCUBA örneklemeleri üzerinden hesaplanan miktarlar ile karşılaştırıldığında (Şekil 4.26b) en yüksek 678 (g/m<sup>2</sup>) olarak hesaplanmıştır. Yine kıyı kesimlerde biyokütle miktarında artış olduğu, kıyıda açıklara gidildikçe bu miktarın azaldığı hem VBT üzerinden hesaplanan biyokütle miktarlarında (Şekil 4.26a) hem de SCUBA'dan elde edilen biyokütle verilerinden de açıkça görülmektedir. Ayrıca Boğazkent önündeki yatakta türün varlığına dair herhangi bir kaydın olmaması, bizim akustikten elde ettiğimiz sonucu doğrulamaktadır. Ayrıca Baskın olarak Denizkent'in önü ile Side önündeki yatakların her daim var olduğu belirlenmiştir. Böylelikle her iki analiz sonucunun benzer olduğu sonucuna ulaşılmıştır.



Şekil 4.26. Ocak 2012 dönemi *P. oceanica*'nın **a)** VBT üzerinden hesaplanan biyokütle tahmin sonuçları ve alansal dağılımı **b)** SCUBA verileri üzerinden hesaplanan biyokütle sonuçları ve dağılımı (BLA; g/m<sup>2</sup>)

### **Mart 2012**

Baharın başlangıcı olan bu ayda vejetasyonun yeniden çimlenmeye başladığı gözle görülür bir şekilde fark edilmiştir. Özellikle bir önceki aya göre Boğazkent'in önünde başta olmak üzere belirgin olarak artış başlamış ve diğer yataklarda da yayılmaya başlayan dağılımla birlikte, buna bağlı biokütle miktarında da artış olduğu görülmüştür. Öyle ki maksimum 800 (g/m<sup>-2</sup>) olarak tahmin edilen miktar bu mevsimde en yüksek 1000 (g/m<sup>-2</sup>)'nin üzerinde ile Side ve Denizkent'in önündeki iki ayrı noktada gelişimin hızlı olduğu tespit edilmiştir. Genel dağılımın ise 200–300 (g/m<sup>-2</sup>) arasında olduğu gözlenmiştir (Şekil 4.27a).

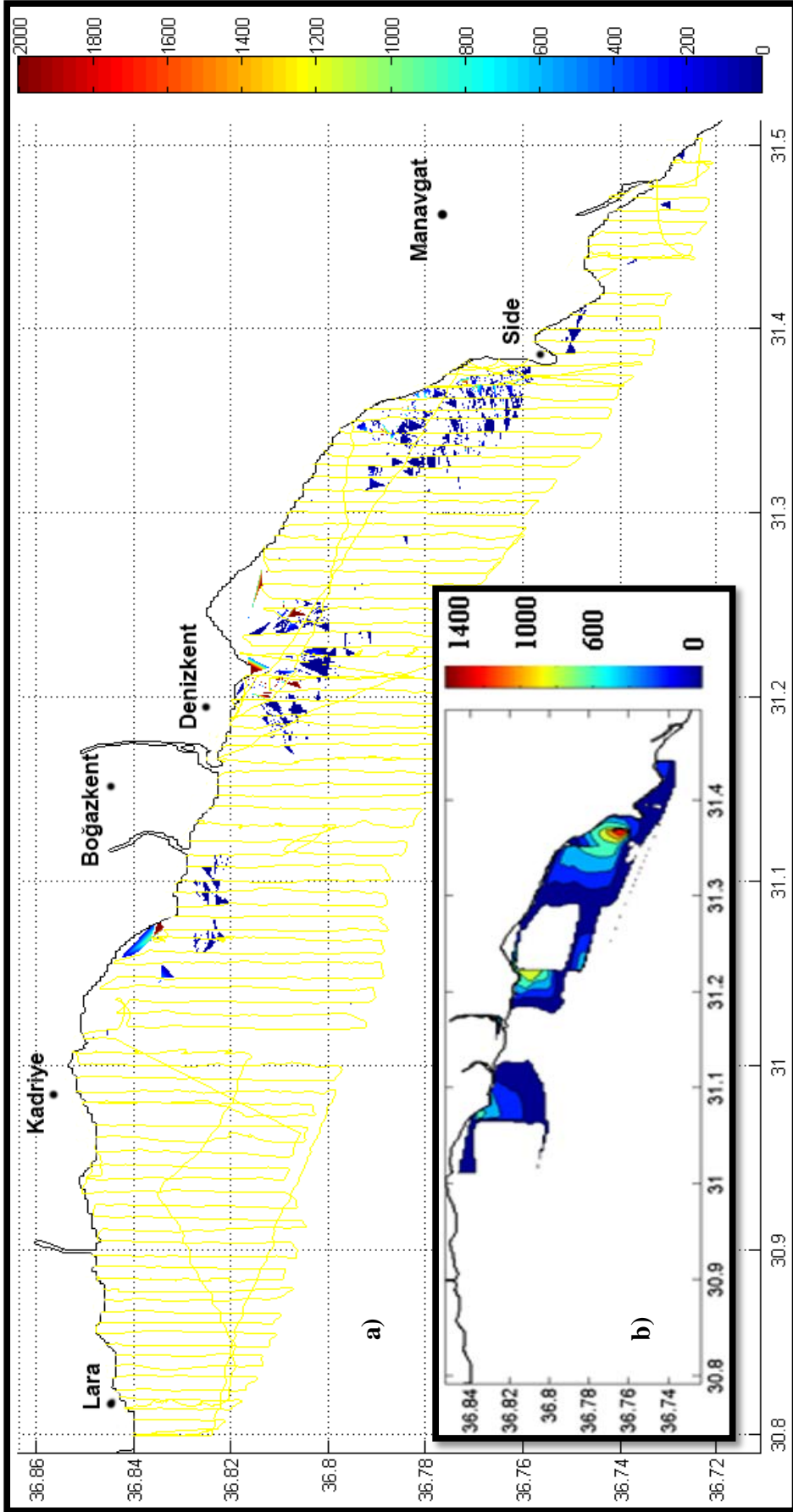
Elde edilen sonuçlar, bu dönemde dip yapısının tayin edilmesi amacıyla VBT üzerinden elde edilen analiz sonuçlarıyla kıyaslandığında, daha çok kıyı bölgelerde görülen *Posidonia* kaplı kaya ve/veya çıplak sert kaya niteliğindeki yapının dağılımı Ocak dönemiyle benzer olmasına rağmen, Denizkent'ten Side'ye doğru olan yönde yer alan iki yatak arasının kumla kaplandığı ve buna bağlı olarak kendi içerisinde daha lokal yataklar oluşturacak şekilde nispeten daraldığı belirlenmişti. Buna karşılık, Boğazkent'in önünde daha belirgin bir yapı göstermeye başladığı görülmüştü (Bkz. Şekil 4.39). VBT üzerinden tahmin edilen *Posidonia*'nın biyokütle miktarlarının dağılımında da görülmüştür. Dip analizinde iki kayalık sert zeminin arasının kumla kaplanmış olması, *Posidonia*'nın dağılımını da sınırlandırdığı düşünülmüştür. Ancak bir önceki Ocak dönemine nazaran Denizkent'in önünden başlamak suretiyle genel anlamda biyokütle miktarlarında bir artış olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.27a).

VBT üzerinden elde edilen biyokütle miktarları, SCUBA dalışından elde edilen biyokütle verileriyle kıyaslandığında da görülmüştür. Hem yataklardaki gelişim yayılmaya başlamış, hem de biyokütle miktarındaki artış açıkça bir önceki döneme nazaran belli olmaktadır. En yüksek kütle miktarı 1274 (g/m<sup>-2</sup>) olarak ölçülürken, genel dağılım 300 (g/m<sup>-2</sup>)'in altında kalmıştır (Şekil 4.27b). Oysaki Ocak döneminde maksimum ulaşılan miktar 700 (g/m<sup>-2</sup>) olarak kaydedilmiştir (Bkz. Şekil 4.26b). Benzer şekilde Boğazkent önündeki yataklarda da bir çimlenme hareketinin başladığı görülmektedir. Bu verilerle, her iki örnekleme sonucu uyum içersindedir.

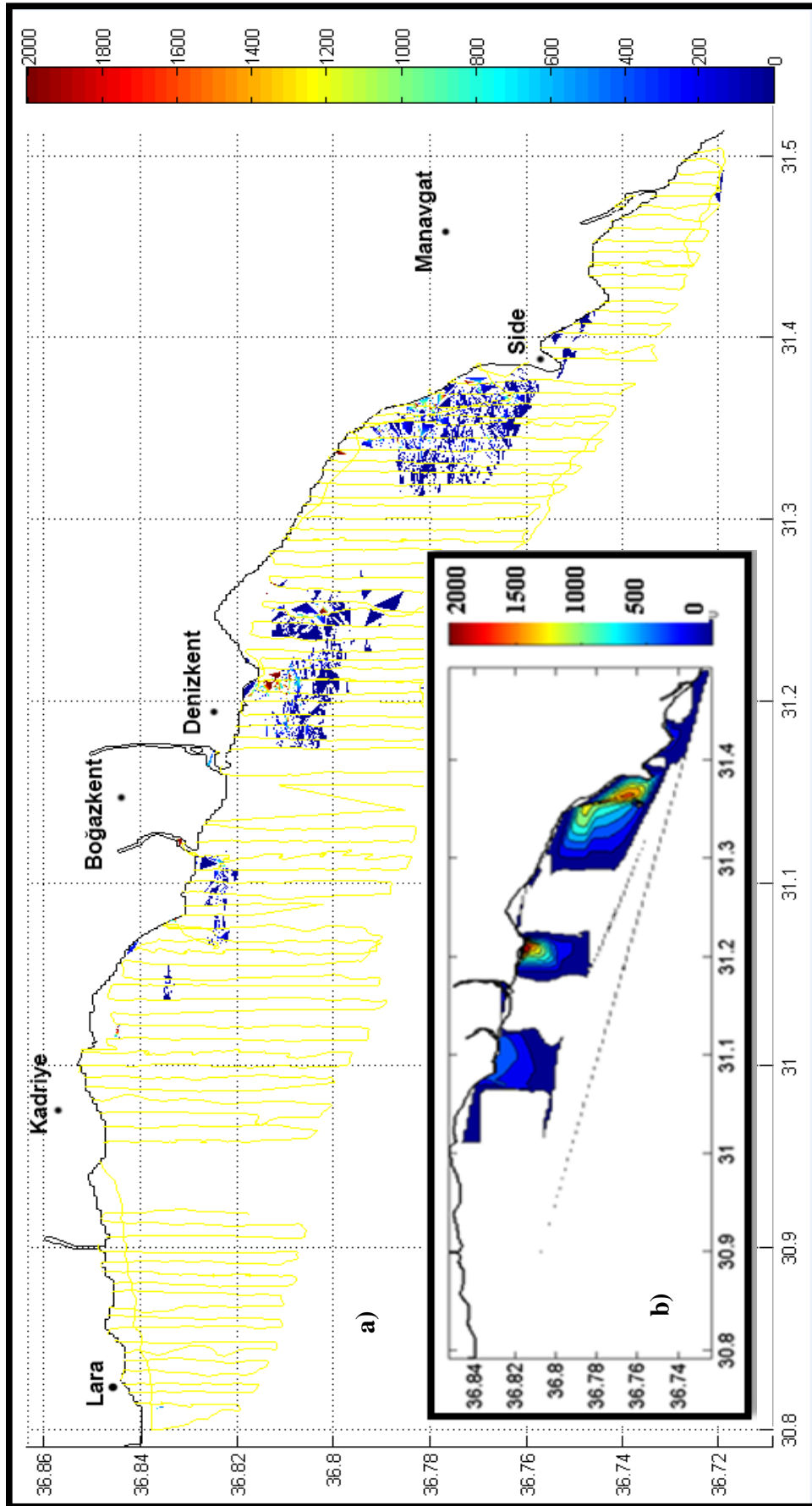
### **Nisan/Mayıs 2012**

Çimlenmenin devam ettiği bu bahar ayında, büyümeye geçen deniz çayırları vejetasyonunun iyicene gelişmeye başladığı, *Posidonia*'nın biyokütle miktarında artış olduğu ve dipte oluşturdukları yatakların da oldukça genişlediği belirlenmiştir. Bu haliyle Temmuz dönemine benzer bir dağılım gösterirken (Şekil 4.28a), bir önceki Mart dönemi ile kıyaslandığında ise henüz gelişmeye başlayan yerlerde 100 (g/m<sup>-2</sup>) olarak tespit edilen alanların, bu ay itibarıyla yükselmeye geçtiği gözlemlenmiştir. Genel ortalama da biyokütle miktarı 200–400 (g/m<sup>-2</sup>) olarak kaydedilmiş, kimi yerlerde 2000 (g/m<sup>-2</sup>)'nin üzerinde olduğu görülmüştür (Şekil 4.28a).

Elde edilen bu sonuçlar, VBT üzerinden sınıflandırılan dip yapısının tayin sonuçlarıyla karşılaştırıldığında sert kaya/*Posidonia* kaplı kayalık zemin yapısının geniş bir alanda dağılım gösterdiği ve özellikle Denizkent'ten Manavgat'a doğru giden doğu istikametinde orta su konturunda oldukça hâkim olduğu görülmüştür. Biyokütleye bağlı

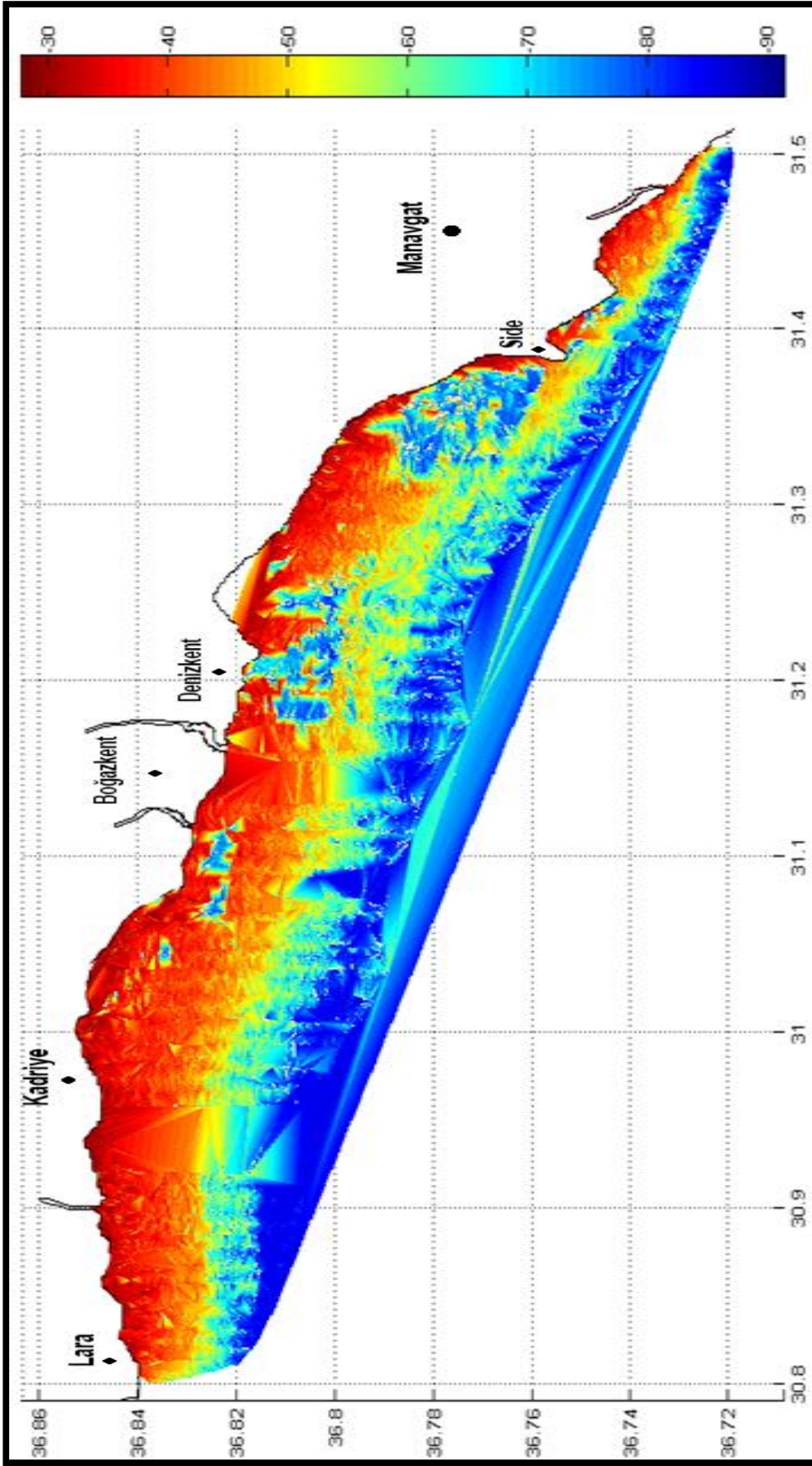


Şekil 4.27. Mart 2012 dönemi *P. oceanica*'nın a) VBT üzerinden hesaplanan biyokütle tahmin sonuçları ve alansal dağılımı, b) SCUBA verileri üzerinden hesaplanan biyokütle sonuçları ve dağılımı (BLA;  $g/m^2$ )



Şekil 4.28. Nisan/Mayıs 2012 dönemi *P. oceanica*'nın a) VBT üzerinden hesaplanan biyokütle tahmin sonuçları ve alansal dağılımı, b) SCUBA verileri üzerinden hesaplanan biyokütle sonuçları ve dağılımı (BLA;  $g/m^2$ )





Şekil 4.29. Nisan/Mayıs 2012 döneminde VBT üzerinden elde edilen *Posidonia* çayırlarının bulunduğu noktalarda ölçülen akustiksel enerjisinin [dB] alansal dağılımı

dağılım haritası incelendiğinde ise, sert kayalık olarak tespit edilen zemin üzerinin *Posidonia* ile kaplandığı bu haliyle her iki sonucun birbiriyle örtüştüğü tespit edilmiştir (Bkz. Şekil 4.40).

SCUBA örneklemelerinden elde edilen sonuçlar incelendiğinde alansal dağılım sonuçlarıyla benzerlik göstermekle beraber, en yüksek miktar 2017 ( $\text{g/m}^{-2}$ ) olarak hesaplanmıştır (Mutlu vd 2014). Kıyıdan açığa doğru gidildikçe biyokütle miktarı azalsa da Mart dönemine nazaran hesaplanan biyokütle miktarında artış olduğu gözle görülür şekilde fark edilmektedir (Şekil 4.28b).

Ayrıca daha öncede bahsedildiği üzere, *P. oceanica*'nın akustiksel enerjisi [-70 -80 dB] aralığına denk geldiği belirtilmişti. Vejetasyonun yeni çimlendiği bu dönemde *P. oceanica*'nın akustik enerjisinin (dB) alansal dağılım haritası çıkartıldığında [-70 -80 dB] aralığına tekabül ettiği (Şekil 4.29)'da gösterilmiştir. Çalışmanın yapıldığı diğer aylarda da benzer şekilde hesaplanan bu aralık, sadece bu ayda örnek gösterim olması maksadıyla verilmiştir.

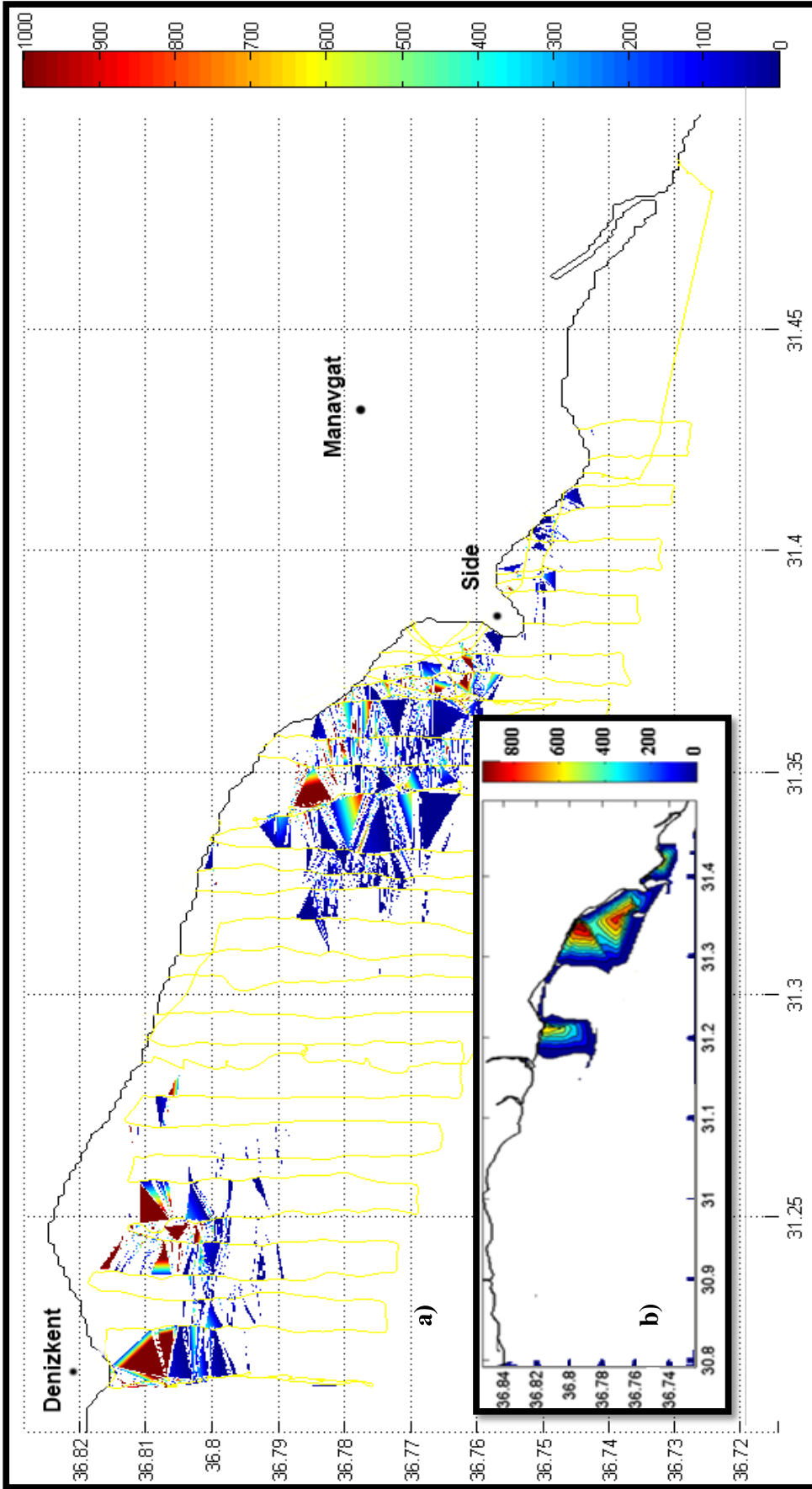
### **Ağustos 2012**

Ağustos dönemi yazın son dönemleri olduğundan, hatta sonbaharında yaklaştığı son yaz ayı olup, *P. oceanica* için artık vejetasyonun yavaş yavaş ölmeye başladığı görülmüştür. Buna bağlı olarak da Ağustos dönemi *Posidonia* çayırlarının dağılımının ve yoğunluğunun azaldığı ay olarak karşımıza çıkmıştır. Bu ay ki örnekleme doğrudan Denizkent önünden başlaması nedeniyle dağılım haritası sadece çalışma bölgesini yansıtmaktadır. Elde edilen sonuçlara göre *Posidonia* yataklarının başladığı Denizkent'ten itibaren dağılımda tekrar bir küçülmenin başladığı tespit edilmiştir. Bu bölgede en yüksek biyokütle miktarının  $1500 (\text{g/m}^{-2})$ 'nin üstünde olduğu, Side önünde  $500-600 (\text{g/m}^{-2})$ 'ye düştüğü ve kıyıdan açığa gittikçe  $400 (\text{g/m}^{-2})$  altına indiği belirlenmiştir (Şekil 4.30a).

VBT üzerinden yapılan dip tipinin analiz sonuçlarıyla kıyaslandığında, bir önceki dönemde (Nisan/Mayıs), kumluk alanların yerini kayalık sert dip yapısının aldığı ve ancak daralan kimi alanların ise kum yerine çamurla kaplandığı görülmüştür (Bkz. Şekil 4.41). Bu durumla birlikte *Posidonia*'nın yaz/sonbahar ölümleri ile biyokütle miktarlarının düştüğü, tabanda oluşturdukları dağılım alanlarının daralmaya başladığı tespit edilmiş ve bu verilerle neticesinde her iki sonucun birbiriyle uyumlu olduğu görüşüne varılmıştır.

SCUBA örneklemesinden elde edilen dağılım haritası incelendiğinde ise, en yüksek miktarın  $800 (\text{gr/m}^{-2})$  üzeri olarak hesaplanmış ve VBT üzerinden elde edilen biyokütle miktarlarına benzer bir sonuçla bu dönemde önemli bir azalışın başladığı tespit edilmiştir (Şekil 4.30b).

*P. oceanica*'nın bütün aylarda VBT üzerinden elde edilen biyokütleyle bağlı dağılım haritaları karşılaştırıldığında (Şekil 4.24, 4.25, 4.26, 4.27, 4.28, 4.30), mevsimler arası geçişle beraber yatakların durumu ve biyokütle miktarlarındaki değişim açıkça izlenebilmektedir. Yaz dönemi olan Temmuz'dan başlamak suretiyle vejetasyon



Şekil 4.30. Ağustos 2012 dönemi *P. oceanica*'nın a) VBT üzerinden hesaplanan biyokütle tahmin sonuçları ve alansal dağılımı b) SCUBA verileri üzerinden hesaplanan biyokütle sonuçları ve dağılımı (BLA; g/m<sup>2</sup>)

un geniş dağılım gösterdiği, kış mevsimiyle beraber küçülmeye başlayıp daha küçük ve lokal gruplar halinde olduğu, buna bağlı biyokütle miktarında dikkati çekecek derecede azalmaların yaşandığı belirlenmiştir. Baharla birlikte tekrar vejetasyonun çimlenmeye başladığı Nisan/Mayıs döneminde neredeyse yaz ayı olan Temmuz'a yakın bir dağılıma kavuştuğu, bu duruma paralel biyokütle miktarında da yeniden başlayan bir artışın varlığı tespit edilmiştir. Yazın bitmeye başladığı ve sonbaharın yaklaştığı Ağustos döneminde ise, tekrar biyokütleyle bağlı gerilemenin baş gösterdiği görülmüştür.

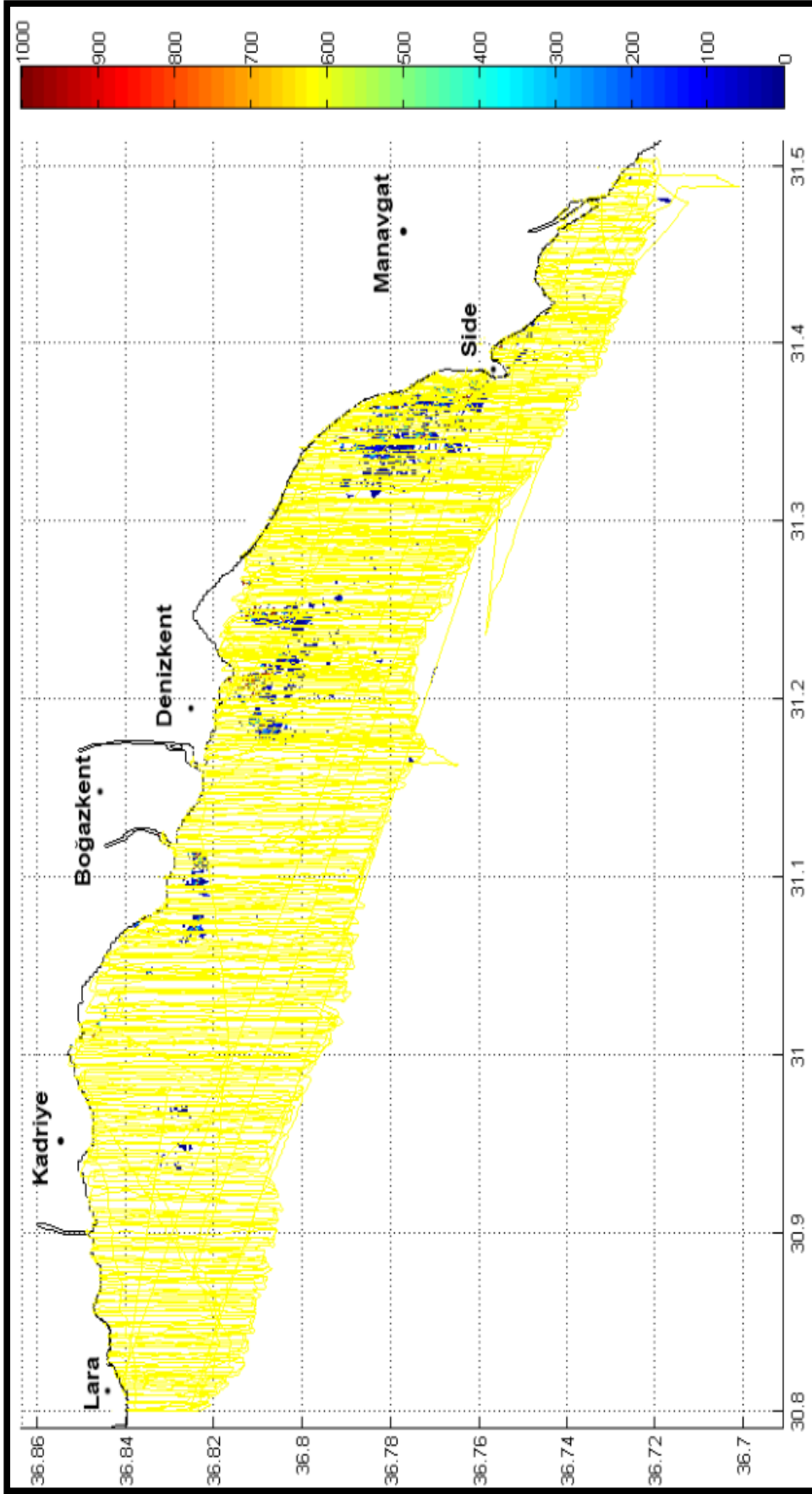
Tüm örneklemelemlerin yapıldığı aylardaki akustik veriler birleştirildiğinde *Posidonia oceanica*'nın yıl içerisinde bulunduğu yerler ve genel olarak oluşturdukları yataklar ve bu yatakların durumu Şekil 4.31 ve Şekil 4.32'de gösterildiği gibi belirlenmiştir.

En başta da bahsedildiği üzere her örneklemede akustik hat taramaları 80 m doğuya kaydırılarak gerçekleştirilmiştir (Bkz. Bölüm 3). Genel dağılım haritası incelendiğinde, hatların ne kadar sık aralıklarla oluşturulduğunu ve dolayısıyla alan üzerinde ne kadar hassas çalışılarak örnekleme yapıldığı aşikârdır (Şekil 4.31). Bu denli yoğun olarak gerçekleştirilen örneklemelemlerde, *Posidonia oceanica*'nın çalışma bölgesinde tespit edilen 3 yatağın dağılımı, VBT üzerinden elde edilen *Posidonia oceanica*'nın biyokütle tahmin sonuçlarından da açıkça görülmektedir (Şekil 4.31).

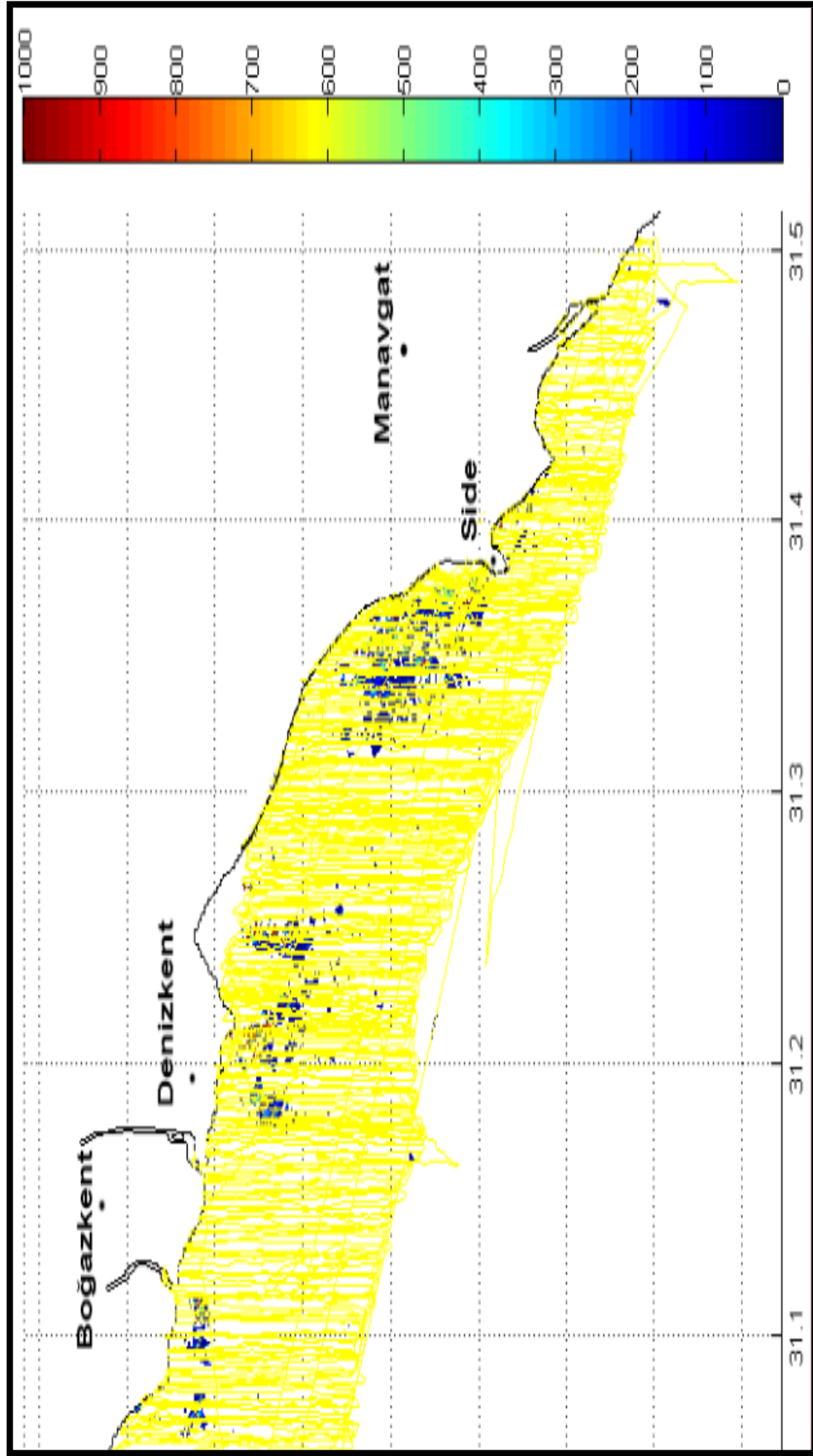
Denizkent'in hemen önündeki yatak biyokütle miktarının en yüksek elde edildiği nokta olup, bunu Side civarındaki yatak takip etmiştir. Boğazkent'in önünde ise az da olsa nispeten ayrı bir yatak oluşumunun meydana geldiği gözlemlenmiş ve bu tez kapsamında hep 3 ayrı noktadaki oluşumdan kaynaklı olarak, *Posidonia* yatağı olarak nitelendirilmiştir. Bu yönüyle de VBT üzerinden gerçekleştirilen dip tipine bağlı alansal dağılımda *Posidonia*'nın bulunduğu dip olan sert kayalık zeminin, çalışma sahasında 3 ayrı noktada varlığı ortaya konulmuştur. Dolayısıyla birbirinden bağımsız olarak ve farklı konfigürasyon ayarlarıyla gerçekleştirilen bu iki analiz sonucu birbirine benzemektedir. Bununda en önemli sebebi daha öncede açıklandığı üzere, *P. oceanica* bu bölgede sert kayalık zemin üzerinde büyüme ve yetiştirme özelliği göstermektedir.

Örneklemelemlerin yapıldığı tüm aylarda, akustik hatlar üzerinde yapılan dalış noktaları ve örnekleme istasyonları Şekil 4.33'de sunulmuştur. Zaten *Posidonia*'nın dağılım gösterdiği noktalar üzerine denk gelen SCUBA dalışlarından elde edilen sonuçların uyumlu olması, bu dalışların saha üzerindeki genel durumu yansıtacak nitelikte doğru noktalardan seçildiğini de göstermektedir.

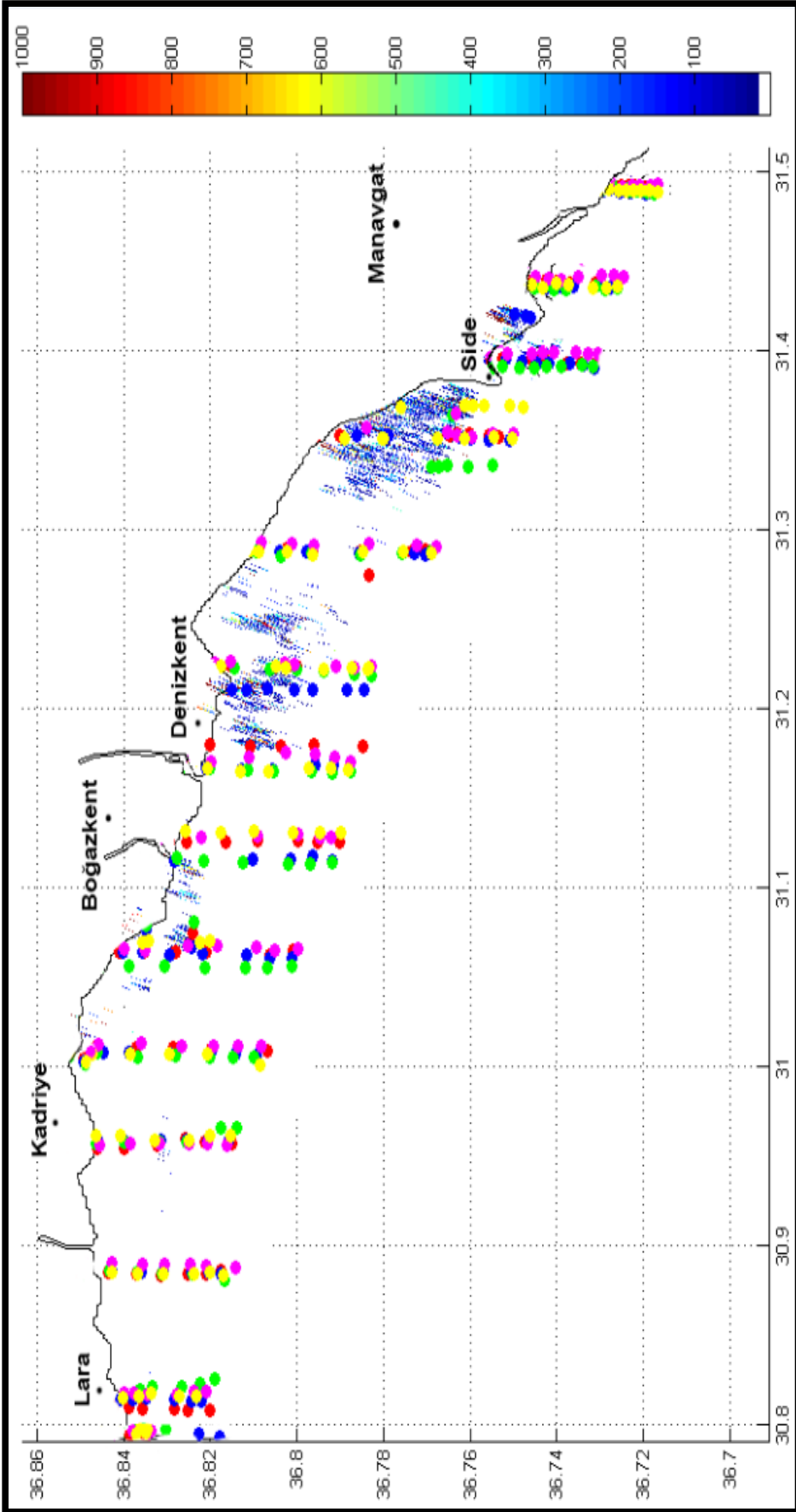
Sonuç olarak *P. oceanica*'nın VBT üzerinden tahmini biyokütle miktarları akustiksel olarak hesaplanmış ve genel dağılım haritaları çıkartılmıştır. Uygulanan metodolojinin doğruluğu, izlenen prosedürler ve çıkan sonuçların güvenilirliği, hem farklı analiz sonuçlarının uyumlu olmasından hem de ground-truth (SCUBA) verileriyle de desteklenmiştir.



Şekil 4.31. Tüm veriler birleştirilerek *Posidonia oceanica*'nın akustik metotla elde edilen verilerinin VBT üzerinden hesaplanan biyokütle sonuçlarının dağılımı (BLA;  $g/m^2$ )



Şekil 4.32. Tüm veriler birleştirilerek *Posidonia oceanica*'nın akustik metotla elde edilen verilerinin VBT üzerinden hesaplanan biyokütle sonuçlarının dağılımı büyütülmüş hali (BLA;  $g/m^2$ )



Şekil 4.33. Tüm veriler birleştirilerek *P. oceanica*'nın akustik metotla elde edilen verilerinin VBT üzerinden hesaplanan biyokütle sonuçlarının hatlar üzerindeki dağılımı ( $BLA; g/m^2$ ) ve örnekleme istasyonları (Kırmızı: Temmuz, Pembe: Kasım/Aralık, Yeşil: Ocak, Cyan: Mart, Mavi: Nisan/Mayıs, Sarı: Ağustos)

### 4.3. VBT 'nin dip sınıflandırması için analizi

#### 4.3.1. VBT parametrelerinin dibin yapısal tayini için konfigürasyonu

Program içeriğinde mevcut olan parametreler ve bu parametrelerin kalibrasyon işlemi için ayarlanan değerleri aşağıda (Çizelge 4.7)'de sunulmuştur. “Advanced parametrelerde” verinin toplandığı eşik seviyesi (threshold)'de verilerin prosesi gerçekleştirilmiş default'unda yer alan ayarlardan herhangi bir değişiklik yapılmamıştır. Ayarlama yapılan parametreler program içerisindeki bölümlere göre incelenmiştir:

Çizelge 4.7. VBT program parametrelerinin konfigürasyon ayarları

<b>Advanced Parameters</b>	
Data Processing Filter Threshold [dB]	-140
TVG	20LogR
<b>Oscilloscope Options</b>	
Depth (X) Scale	Meters
Amplitude (Y) Scale	Log
<b>Bottom Sampling Windows</b>	
E1' (First Bottom First Part) (sample)	6
E1 (First Bottom Second Part) (sample)	97
E2 (Second Bottom Window) (sample)	26
S (Sediment Window) (sample)	50
<b>Bottom Tracking Window</b>	
Peak Threshold (dB)	-64
Peak Width (sample)	5
Bottom Detection Threshold (dB)	-91
Above Bottom Blanking Zone (sample)	1
Alarm Limit (sample)	8
Tracking Window (sample)	66
<b>Output Report Filters</b>	
Pings per Report	20
energy filter (%)	60

1. **“Bottom Sampling Window”** bölümünde dibi tanımlayacak olan esas parametreler grubudur. Bu bölümde “E1”, “E1”, “E2” ve “S” ayarları yapılmıştır (Çizelge 4.7). Dip tipinin tayini ve tanımlaması için “E1”- 6, “E1”- 97, “E2”- 26, “S”- 50 olarak ayarlanmıştır. “Pulse Width” sistem tarafından otomatik olarak tanımlanan ve değiştirilemeyen parametre olduğundan dokunulmamıştır.
2. **“Bottom Tracking Parameters”** bölümünde dip olarak tanımlanan bölgenin takip edilmesini sağlayacak parametreler yer alır. Bu bölümde “Peak threshold” - [-64 dB], “Peak width”- 5, “Bottom detection threshold” - [-91 dB], Above bottom blanking zone”- 1, “Alarm limit”- 8, “Tracking window”-



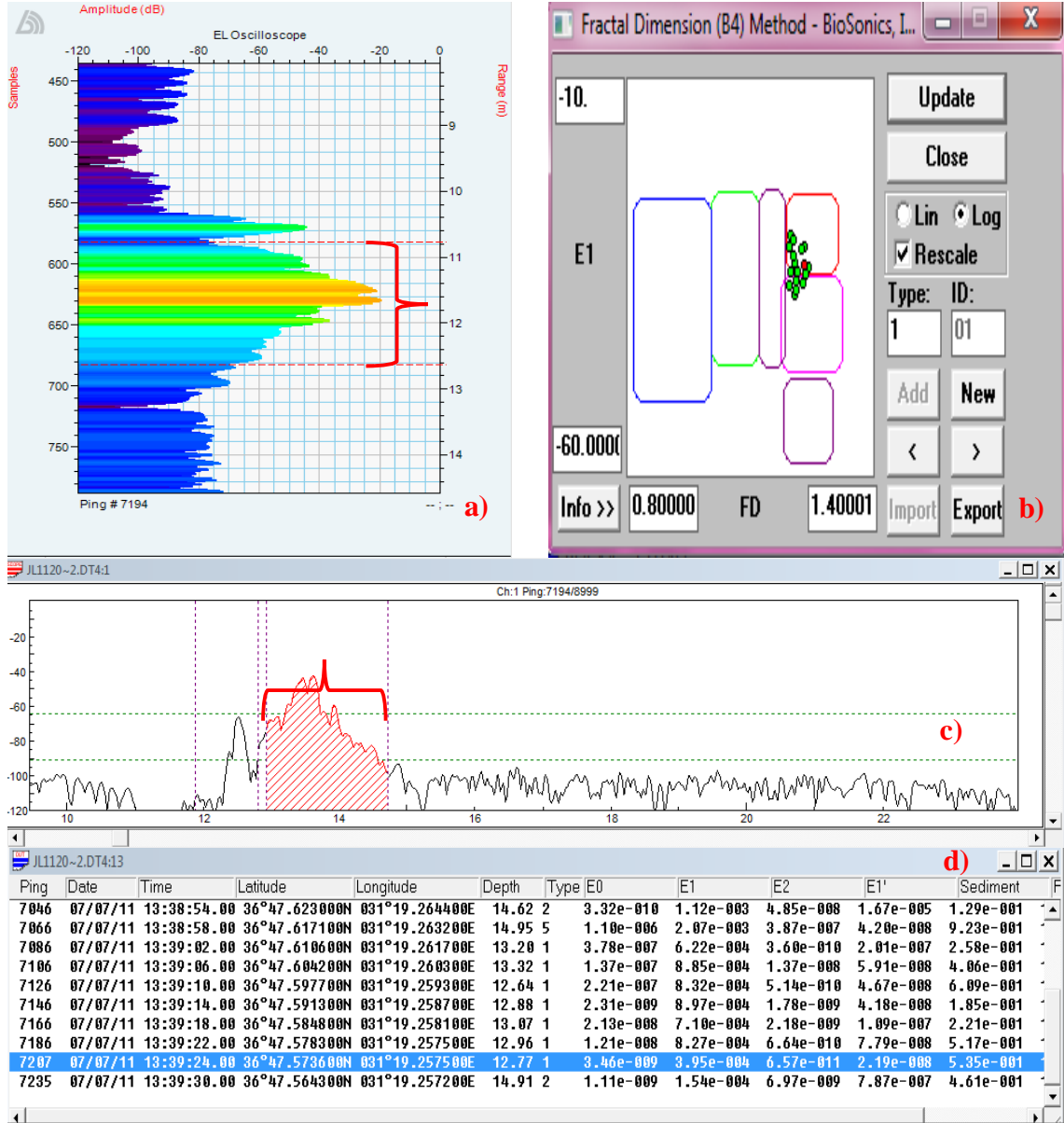
66 ve “TVG” - 20 Log R olarak ayarları yapılmıştır (Çizelge 4.7). “Pulse Width” yine sistem tarafından otomatik olarak tanımlanan ve değiştirilemeyen parametre olduğundan dokunulmamıştır.

3. **“Output Report Filters”** bölümünde “Pings per Report” “20” olarak ayarlanmış, böylece verilerin 20 pingte bir rapor edilmesi sağlanmıştır. “Energy filter (%)” ile de % 60 ve üzerindeki enerjiye sahip pinglerin analize dâhil edilmesi hedeflenmiştir. Zaten default’ta da minimum bu değerin ayarlama önerisi yer almaktadır (Çizelge 4.7).

#### 4.3.2. Dip tipinin tayini için kalibrasyon

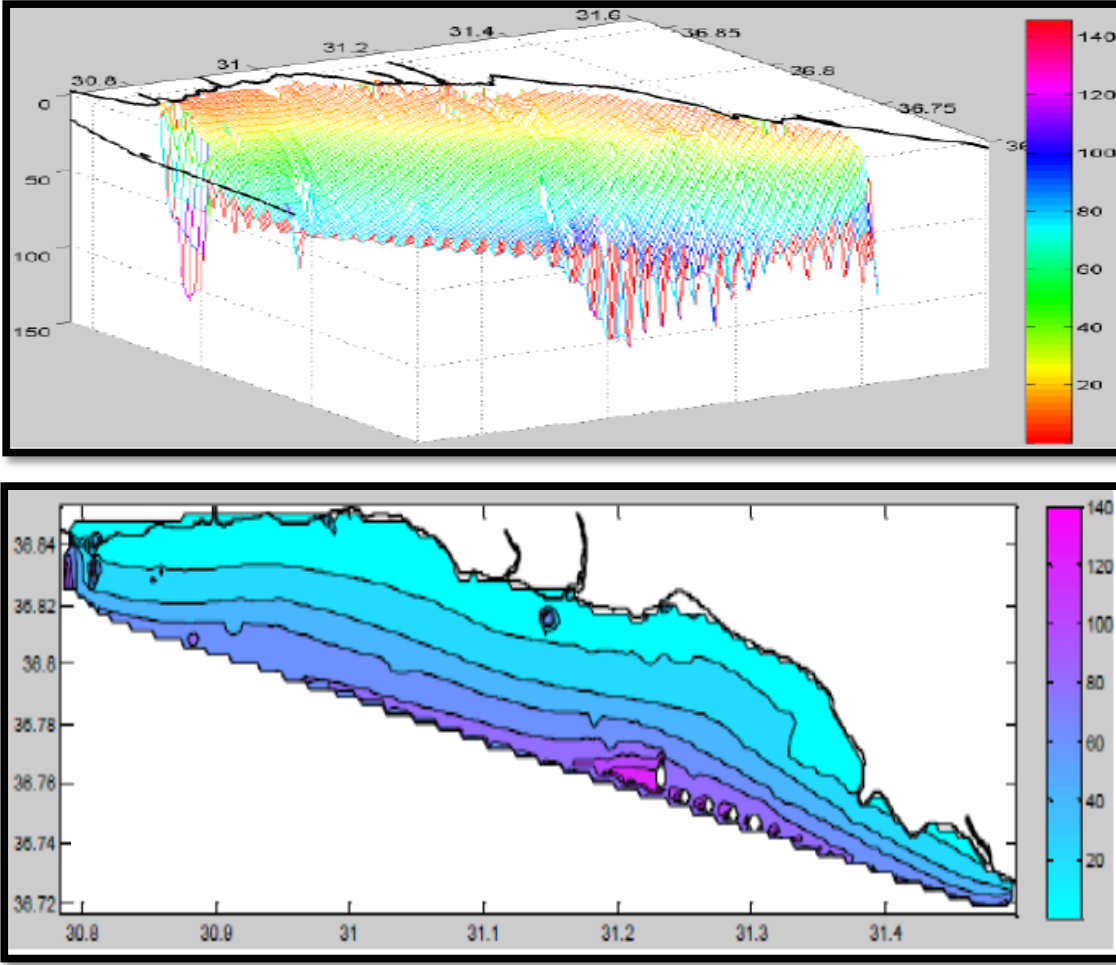
Dip tipinin tanımlaması ve sınıflandırması için kalibre edilen parametreler neticesinde, dip yapısı tespiti sonucunda 5 ayrı dip yapısı açıkça elde edilmiştir. Bunlar; mavi- kaba kum, yeşil- ince kum, kırmızı- kayalık ve/veya *Posidonia* ile kaplı kayalık, bordo- kaba çamur ve mor- daha derin sularda bulunan ince çamuru temsil etmektedir (Şekil 4.34b). Kaba ve ince tanımlaması aslında kum veya çamurun yüzde baskınlık değerine (ince >%70) göre karşılık gelmektedir (Mutlu vd 2014).

Tüm bu proses parametreleri referans örneğe göre çıkartıldıktan ve nasıl takip edeceği belirlendikten sonra (Şekil 4.34b), bilinmeyen dip örneğinin kıyaslanmasıyla kum, çakıl, kaya vb. sınıflandırma işlemi başlatılmıştır. Örneğin; ping numarası “7194” olan bilinmeyen bir örnek üzerinde yapılan analize göre (Şekil 4.34a), kalibrasyon kümesi içerisinde yer alan noktalar toplam 20 pingin vuruşunu göstermektedir (Şekil 4.34b). Bu nedenle 20 pingte bir raporun özetlenmesi istendiği için sonuç raporunda da her 20 pingin sonucu yansıtılmıştır (Şekil 4.34d). Şekil 4.34b’de *Posidonia* kaplı dip yapısına sahip bir ping vuruşunun, yan yana yer alan 5 farklı küme içerisinde çoğunlukla kırmızı kutucuk içerisinde dağılım gösterdiği görülmüştür. Aynı ping’in, oscilloscope’tan elde edilen görüntüsü ile aynı pingin sinyal analiz görüntüsü kıyaslandığında (Şekil 4.34a, 4.34c), tüm dip yapısını (dip + dip üzerinde yer alan *Posidonia* bütünüyle) kapsayacak şekilde analiz edildiği anlaşılmaktadır. Ayrıca doğru bir alanın analize tabi tutulduğu da bu sonuçlar doğrultusunda ispatlanmıştır (Şekil 4.34c). Hemen altında yer alan özet raporda da tekabül ettiği “Type” o pingin hangi dip özelliğinde olduğunu da kodlamaktadır (Şekil 4.34d). Bu şekildeki kümeleşmeye bağlı olarak kodlanan pingler, daha sonrasında Matlab’da yazılan algoritma sayesinde dip tipine bağlı alansal dağılım haritasının çıkarılmasını sağlamıştır.



Şekil 4.34. **a)** Visual Acquisition 6.1 programında, dip üstünde *Posidonia* olduğu tespit edilen bir noktadaki (bir pingteki) ekran görüntüsü, **b)** Aynı ping'e karşılık gelen noktanın VBT üzerinden yapılan kalibrasyonun ekran görüntüsü (mavi-kaba kum, yeşil- ince kum, kırmızı- kayalık ve/veya *Posidonia* ile kaplı kayalık, bordo- kaba çamur ve mor- daha derin sularda bulunan ince çamur), **c)** Visual Acquisition 6.1 programında, dip üstünde *Posidonia* olduğu tespit edilen bir noktadaki Fractal Dimension metodunda dip yapısının sinyal analizi, **d)** Aynı pingten elde edilen sonucun özet rapor görüntüsü

Ayrıca akustik verilerden çalışma sahasının topografik ve batimetrik haritaları çıkartılmıştır (Şekil 4.35). Genelde dip derinliği kıyıya paralel artarken, kıyından açığa doğru gidildikçe dip derinliğinde artış meydana gelmektedir. Karasal tatlı su girdilerinin (dere, çay, nehir vs.) kanyon şeklinde yatakları oluşturduğu dikkati çeken başka bir durumdur. Tabii ki bu çalışmada akustik veriler 100 ila 150 m arasında toplanmıştır. Çalışma sahası içinde genelde 70–80 m maksimum derinliğe ulaşılmıştır.



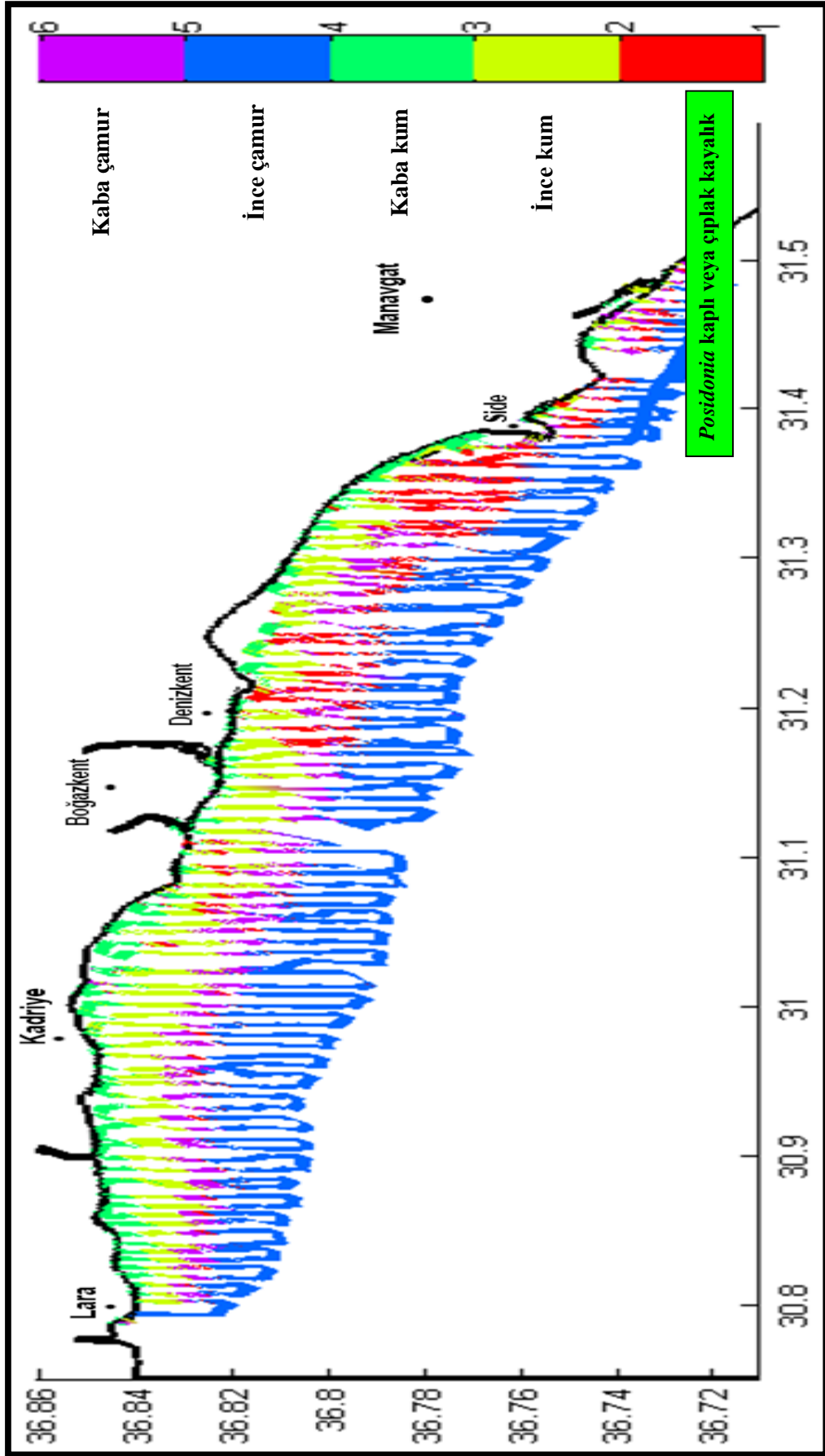
Şekil 4.35. Akustik ölçümlerden elde edilen çalışma alanının batimetrisi

#### 4.3.3. Çalışma sahasının dip tipinin zamansal ve mekânsal dağılımı

Referans örneğe göre çıkartılan kalibrasyon kümeleri, daha sonradan saha üzerinden elde edilen akustik veri üzerine uygulanarak, çalışma sahasının üzerinde dip tanımlama ve sınıflama işlemi gerçekleştirilmiştir. Mevsimsel olarak elde edilen sonuçlar ve dağılım haritaları aşağıda detaylı olarak anlatılmıştır.

##### Temmuz 2011

VBT analizinde 5 ayrı taban sınıflaması sonucu ile dane boyu analizlerinin sonuçlarındaki alansal olarak kapladıkları büyüklükler ve dağılımları örtüşmektedir (Mutlu vd 2014). Kıyı bölgelerde genel olarak kaba kum yer alırken, kıydan açıklara doğru gidildikçe ince kumun yaygınlaştığı ve arkasından yer yer *Posidonia* ile kaplı kayalık veya çıplak sert kayaların hâkim olduğu görülmüştür. Böyle denilmesinin sebebi, gerek çıplak sert kayalık sediment örneğinin *Posidonia*'lı olarak tespit edilen dip sedimanı ile analiz sırasında aynı küme içerisinde gruplaşarak ortak bir dağılım göstermesi nedeniyle “çıplak sert kaya/*Posidonia*'lı kaya” tabiri kullanılmaktadır.



Şekil 4.36. Temmuz 2011 döneminde VBT ile elde edilen dip yapısı sonuçlarının hat üzerindeki dağılımları

Orta su derinliklerinin kimi yerlerinde kaba çamur ile karışım halinde olan dip yapısı 40–50 m sonra ince çamura dönüşmektedir. Kayalık bölgeler daha çok Denizkent - Side arasında, 5 ila 28 m'ye kadar olan derinlikler ile Boğazkent önünde 5–20 m aralığındaki derinliklerde yer aldığı belirlenmiştir. Lara tarafına gidildikçe kayalık olarak tespit edilen yerlerin azaldığı, genel itibariyle ince kumun hâkim olduğu ve açıklara gidildikçe de kaba çamurun ince çamura nazaran daha geniş yer kapladığı belirlenmiştir (Şekil 4.36).

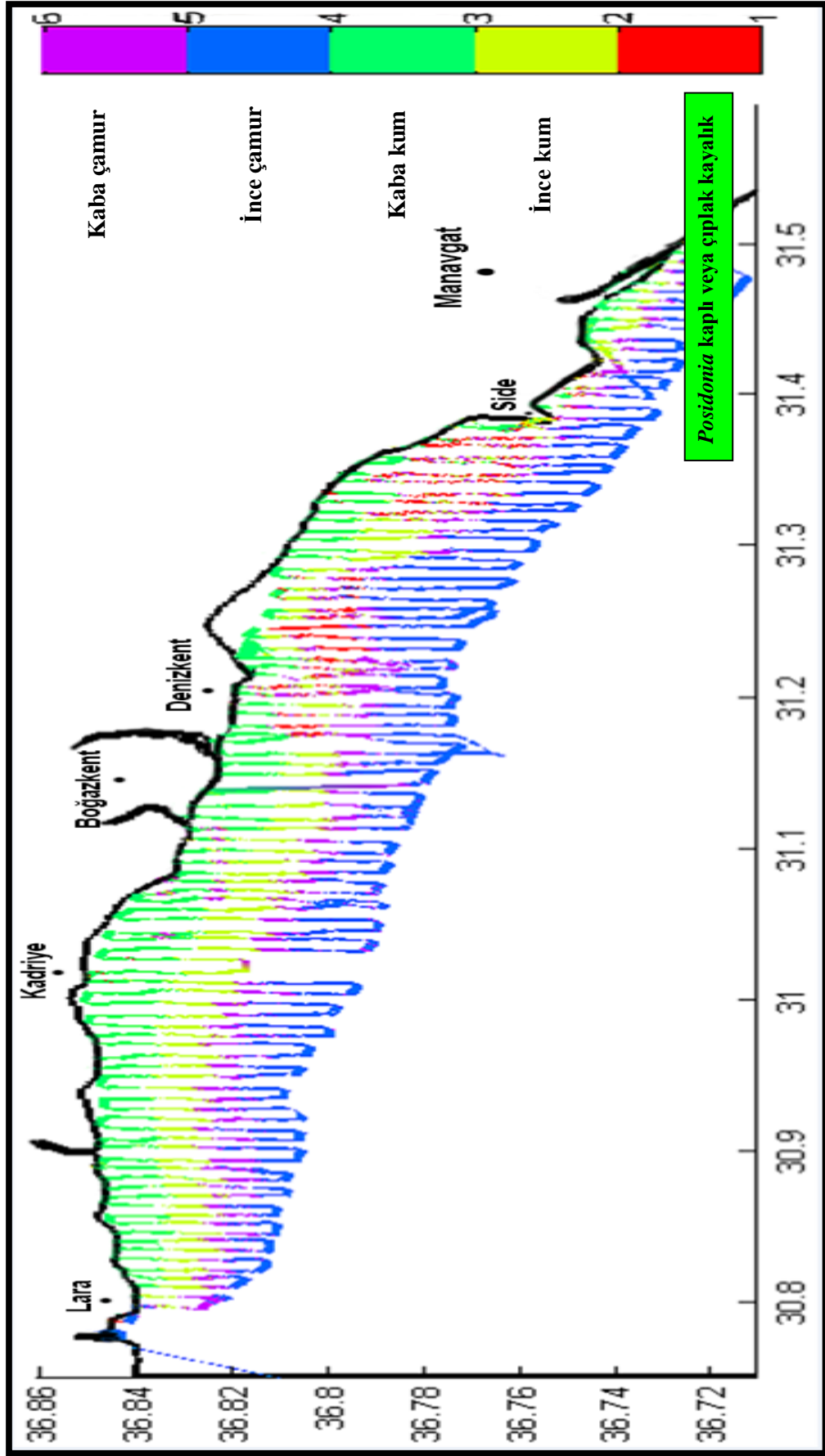
### **Kasım/Aralık 2011**

Dip tipinin tayin edilmesinde, Kasım/Aralık dönemi Temmuz dönemiyle kıyaslandığında kıyı kesimlerdeki kaba kumun kapladığı alanın genişlediği, ince kum alanının ise daraldığı gözlenmiştir. Bu geçiş arasında yer alan *Posidonia* kaplı sert kaya ve/veya çıplak kayalık alanlarının daraldığı, kimi yerde kaybolduğu ve yerini kaba kuma bıraktığı görülmüştür. Dikkatle incelenecek olursa, kaba kumla beraber üzerinin ince çamurla kaplandığı ve daha içlere doğru yayılım gösterdiği belirlenmiştir. Açıklara doğru gidildikçe de sırayla önce kaba çamur sonra ince çamurun takip ettiği görülmüştür. Kış mevsimine girerken genel olarak kaba kum ile ince çamurun daha geniş alanlarda dağılım gösterdiği, hatta Temmuz ayında kayalık olarak tespit edilen alanların yerini çamur niteliğindeki bir yapıya bıraktığı tespit edilmiştir (Şekil 4.37).

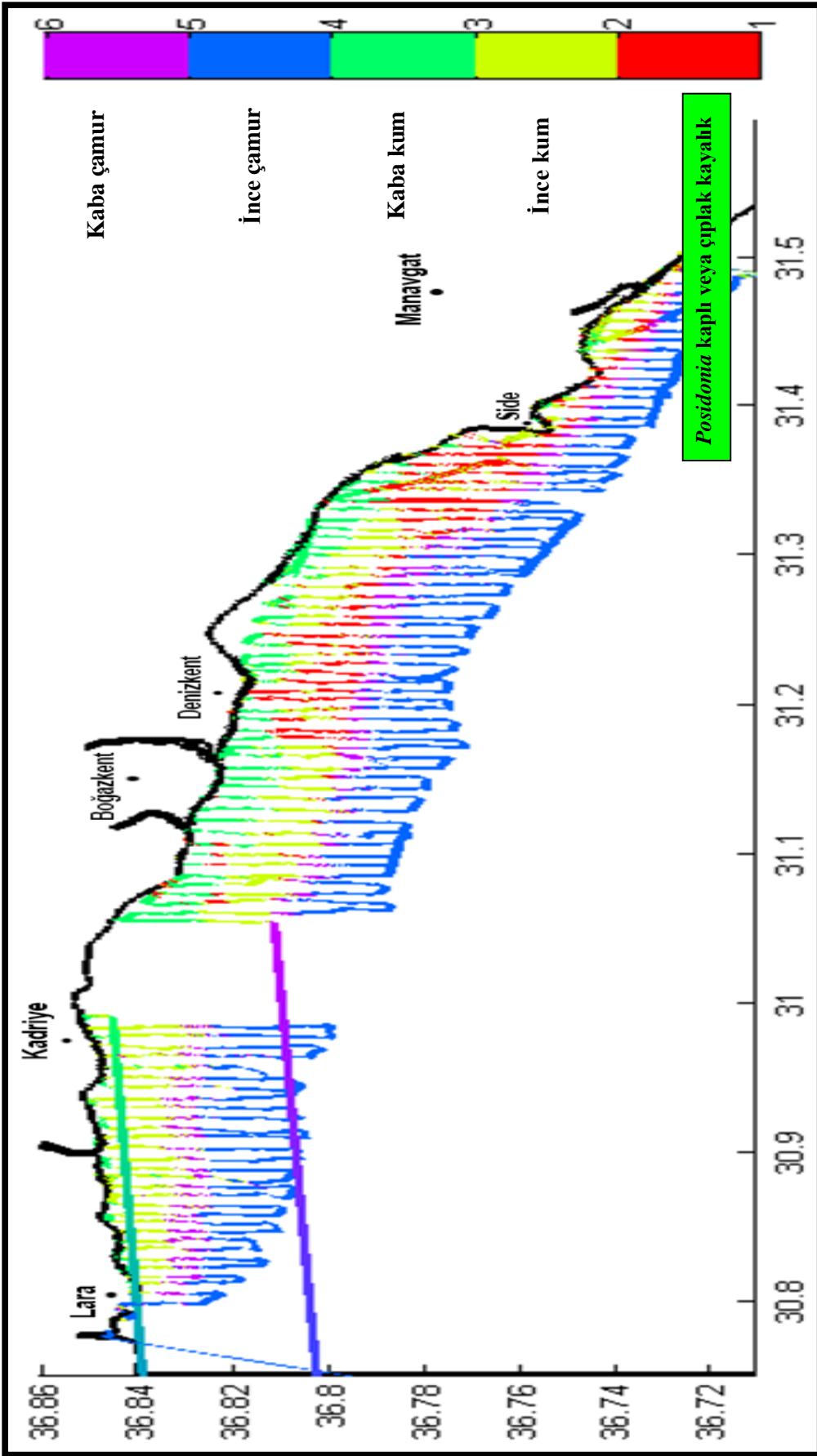
### **Ocak 2012**

Ocak 2012'de dane boyu özellikleri incelendiğinde yüzde çakıl miktarı, çalışma bölgesinde Kasım/Aralık 2011 örneklemesine göre lokal çakıl bantlarının olduğu yerden genelde % 20 daha düşük olarak bulunmuştur. Yani; yüzde kum dağılımı genelde kıyıda doğru azalırken, Kasım/Aralık 2011 örneklemesine göre daha geniş bir alana kadar yayıldığı belirlenmiştir. Gerçek kumsal (> % 90) taban 10 ila 15 m'den sığ sularda bulunmaktadır. Orta kesimde iki su girdisinin olduğu yerin arasında kum miktarı yüksek iken, genel olarak kıyı kesimde düşük oranda bulunmuştur. Çamur miktarının dağılımı, kum dağılımının tersi olarak elde edilmiştir. Kıyılarda genelde % 10'dan daha az iken açıklarda bu değer özellikle 30 m derinlik konturundan sonra % 60'dan daha yüksek bulunmuştur (Mutlu vd 2014).

Dane boyu özellikleri ile VBT üzerinden elde edilen dip tipinin yapısal özelliği kıyaslandığında, alansal dağılım benzerlik göstermekte, Denizkent'ten Manavgat'a doğru giden istikamette kıyı kesimlerde yer alan kaba kumun Kasım/Aralık dönemine göre daha baskın bir dağılım gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca kıyıda açıklara gidildikçe kaba çamur alanlarının daraldığı görülmüştür. Denizkent'den Lara'ya giden tarafta ise kıyı kesimde yer alan kaba kumun yerini tamamen ince kuma bıraktığı tespit edilmiştir. İnce kumla kaplı alanların yerini ise *Posidonia* kaplı ve/veya çıplak sert kayalık kesimin aldığı belirlenmiştir. Bu kesimlerde ince çamurun dağılımının, Kasım/Aralık dönemine (Bkz. Şekil 4.37) göre daha az olduğu görülmüştür (Şekil 4.38). Bir önceki dönemde kayalık bölgeleri örten kaba çamurun azaldığı, fakat ince ve kaba çamur arasındaki dağılım dengesinde ise kaba çamurun artış gösterdiği belirlenmiştir. Sonuç olarak dane boyu analiz sonuçları (Mutlu vd 2014), VBT sınıflaması ile karşılaştırılırken % 70 ve üzerinde dane boyu baskınlığının olduğu alanların dağılımı ile uyumluluk gösterdiği belirlenmiştir.



Şekil 4.37. Kasım/Aralık 2011 dönemi VBT ile elde edilen dip yapısı sonuçlarının hat üzerindeki dağılımları



Şekil 4.38. Ocak 2012 döneminde VBT ile elde edilen dip yapısı sonuçlarının hat üzerindeki dağılımları

### **Mart 2012**

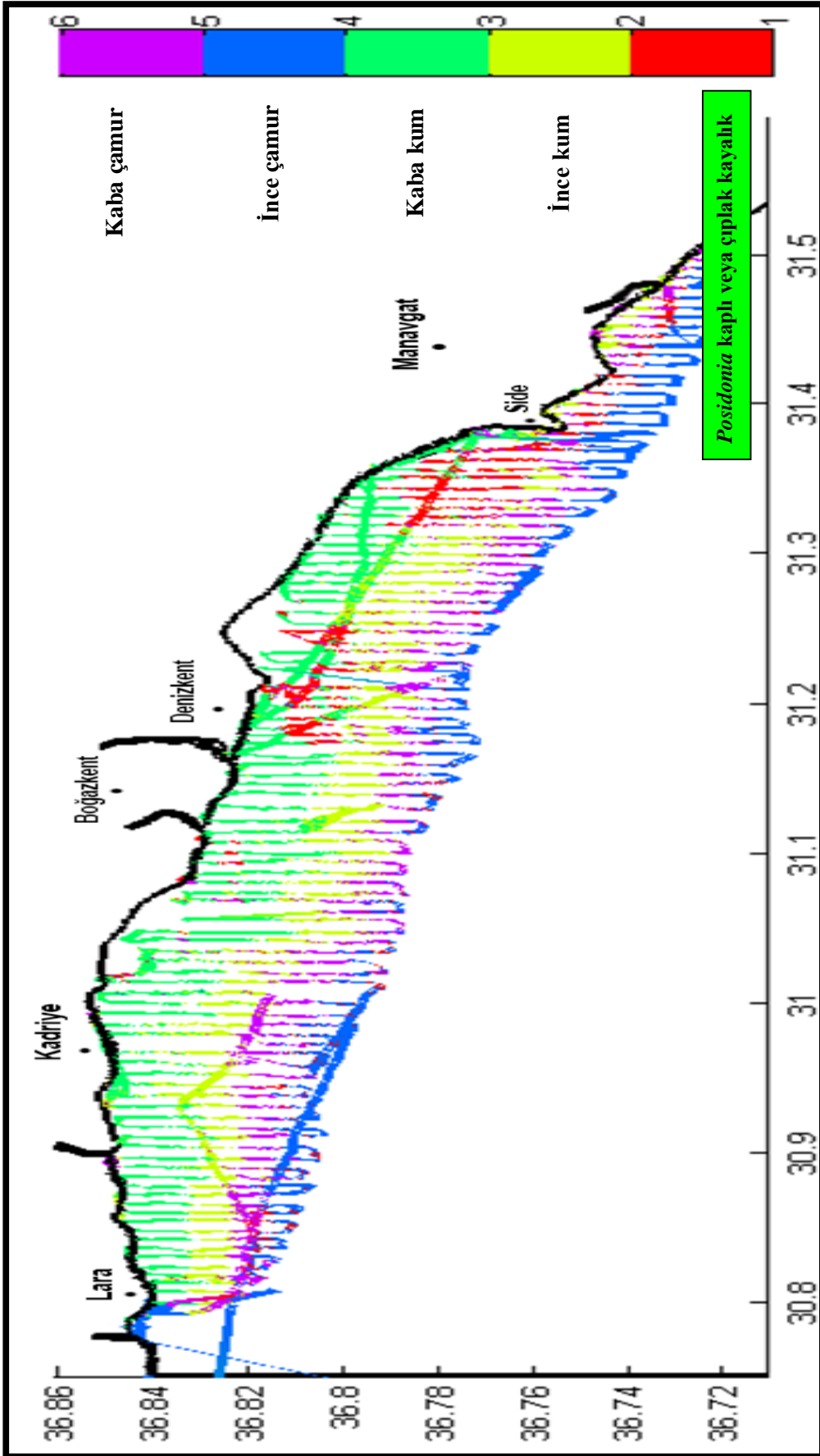
Mart döneminde sedimanın kum içerik oranı yüksek olan bölgelerin, çalışma alanına yakın kıyı boyunca geniş şeritler halinde yer aldığı dikkati çekmektedir. Manavgat'a doğru bu bantlar daralırken, orta kesimde daha derin sulara kum taşınımının olduğu tespit edilmiştir. Side-Manavgat arasındaki sediman içeriğinde kuma rastlanmamıştır. İki nehrin etkisi altındaki Boğazkent mevkiinde ise, yüksek oranda kum içeriğine rastlanmıştır. Araştırma sahasının geneline bakıldığında sedimanda bulunan çamur ve kum oranlarının ters bir dağılım sergilediği görülmüştür. Boğazkent olarak adlandırılan orta su girdisinin hâkim olduğu alanın her iki kenarında, yüksek çamur oranına sahip sedimanın kıyı şeridinde kadar uzandığı gözlenmiştir. Bu olayın meydana gelmesinin sebebi olarak; burada oluşan bir döngünün birikime neden olması ve/veya nehirlerin çok ince sediman tanelerini taşınması ile oluşmuş ihtimalin olduğu söylenebilir. Ayrıca kıyıda açıklara gidildikçe, bir önceki dönem Ocak'ta açıklarda görülen baskın ince çamurun bu mevsimde Lara'dan Denizkent'e kadar olan kesimde yerini kaba çamurun aldığı ve ince çamura hiç rastlanmadığı görülmüştür. Denizkent'ten Manavgat'a doğru olan kesimde ise artarak devam etmesine karşın, Ocak'ta elde edilen sonuçlara kıyasla büyük oranda azaldığı belirlenmiştir (Şekil 4.39).

Mart döneminde kırmızı renkle tanımlanan çıplak sert kayalık ve/veya *Posidonia* kaplı kayalık dip yapısının, daha kıyıya doğru kaydığı ve orta su kesiminde hâkim olduğu gözlenmiştir. Sadece Denizkent önü ile Side önündeki alanda baskın olarak dağılım gösterdiği belirlenmiştir. Ortaya çıkan alansal farklılıklar ile VBT analizinden elde edilen biyokütleye bağlı dağılımda ortaya çıkan alansal farklılıkların benzer şekilde uyumlu olduğuna karar verilmiştir (Bkz. Şekil 4.27).

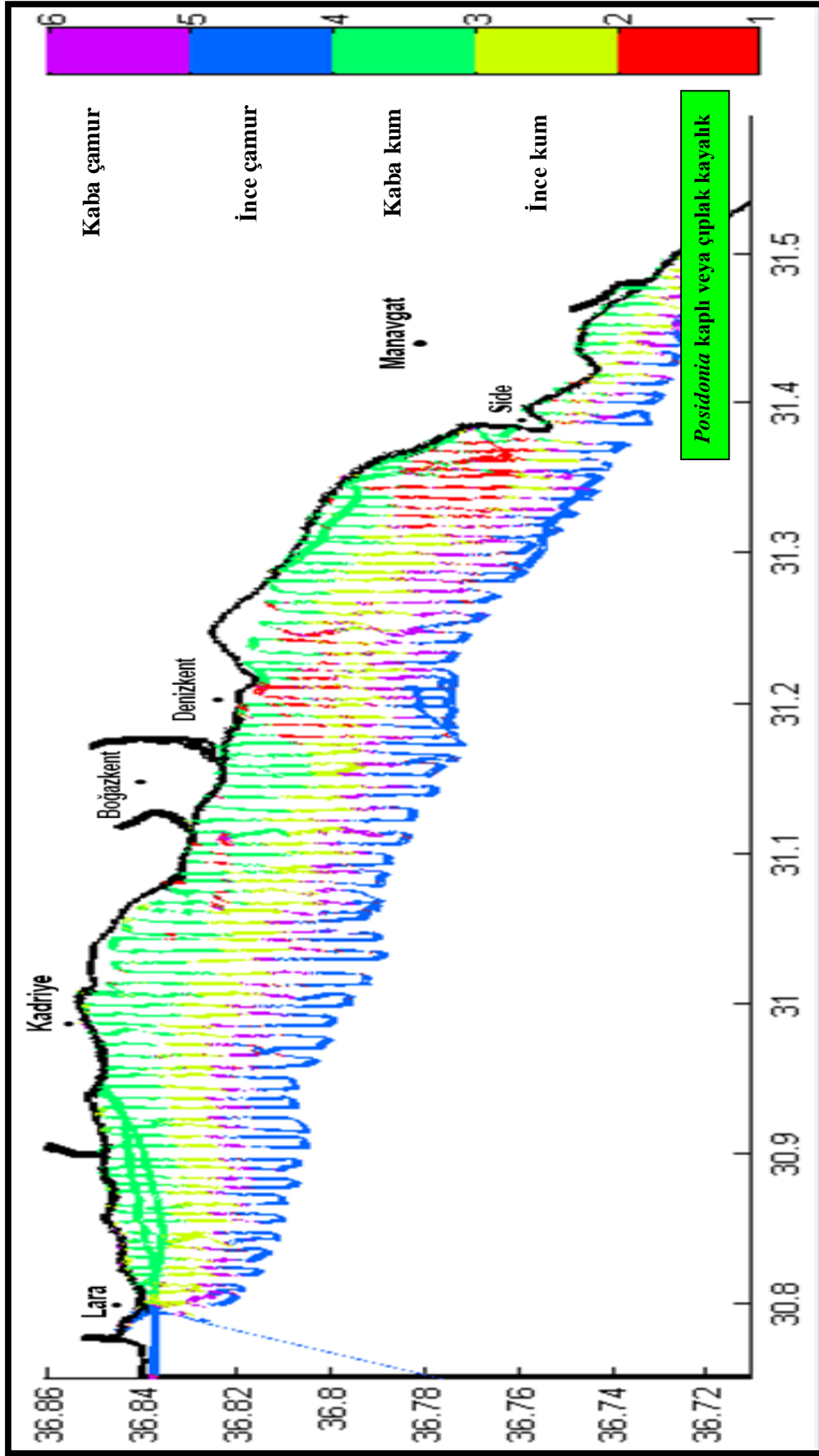
### **Nisan/Mayıs 2012**

Nisan/Mayıs döneminde yapılan çalışmada kum alanlarının genişlediği görülmüştür. Mart döneminde elde edilen sonuca göre daralmaların başlaması ile kum ve çamur alanlarının % 70 ve üzerinde olduğu alanlarda dönemsel olarak farklılıkların meydana geldiği gözlenmiştir (Mutlu vd 2014). Sedimanın kum içerik oranı yüksek olan bölgelerin, çalışma alanına yakın kıyı boyunca geniş yer tuttuğu, fakat bir önceki döneme göre (Bkz. Şekil 4.39) daha dar bölgeler oluşturduğu gözlenmiştir (Şekil 4.40). Ancak Boğazkent mevkiinde her iki nehrin denize döküldüğü alanlarda kum içeriği düşmektedir. Yaklaşık 30 m derinlik konturundan açığa doğru daha geniş bir alanda ince çamur içeriğine rastlanmış ve bir önceki Mart dönemine nazaran, daha geniş bir alanda hâkim olduğu belirlenmiştir. Denizkent'in önünden Side'ye doğru gidildikçe kum kaplı alanların yerini *Posidonia* kaplı veya çıplak sert kayaların yer aldığı ve bu alanların genişlediği gözlemlenmiştir. Elde edilen sonuçlar VBT'den elde edilen biyokütleye bağlı dağılım haritası ile benzerlik göstermektedir (Şekil 4.40, Bkz. Şekil 4.28).





Şekil 4.39. Mart 2012 döneminde VBT ile elde edilen dip yapısı sonuçlarının hat üzerindeki dağılımları

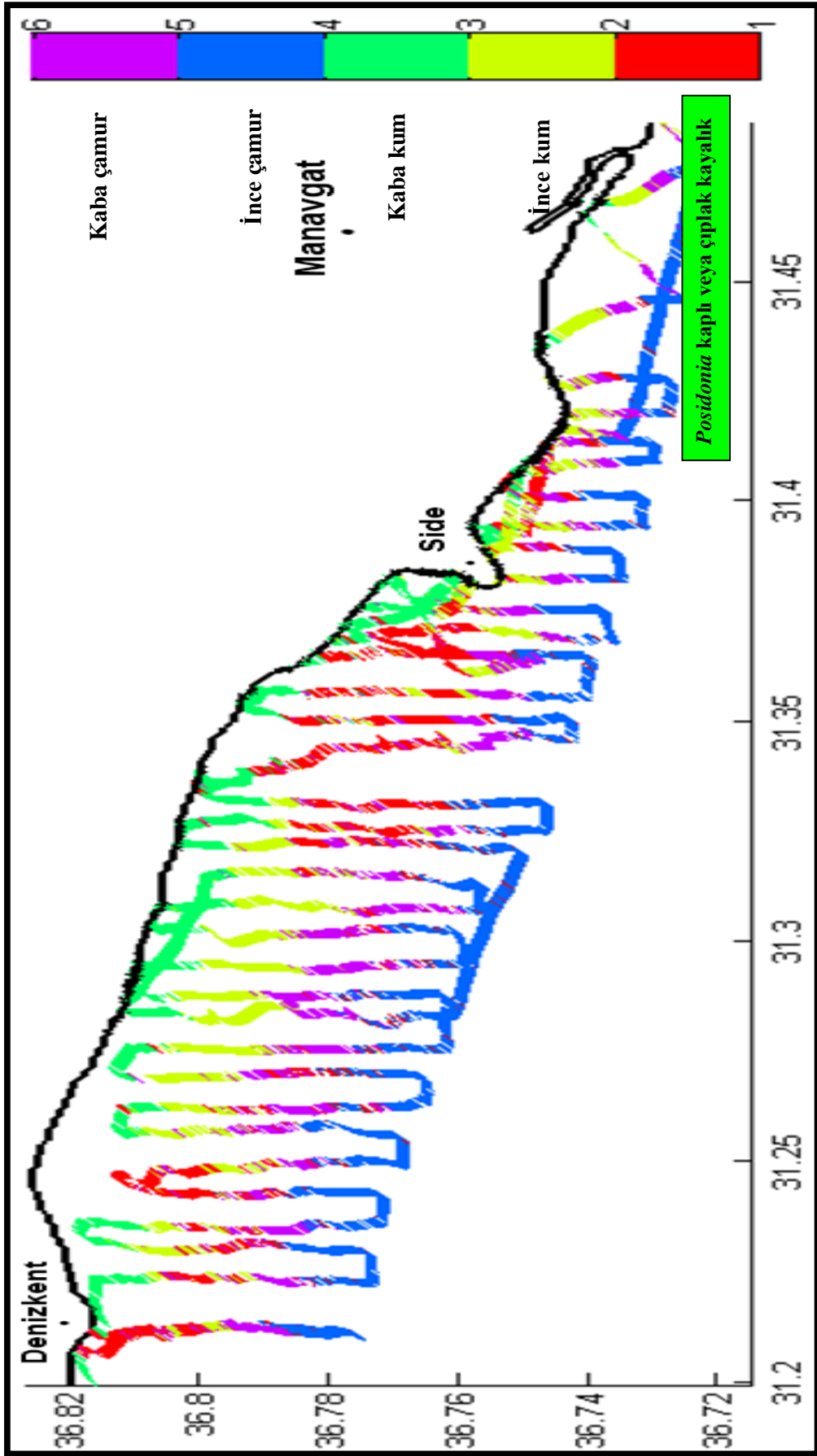


Şekil 4.40. Nisan/Mayıs 2012 döneminde VBT ile elde edilen dip yapısı sonuçlarının hat üzerindeki dağılımları

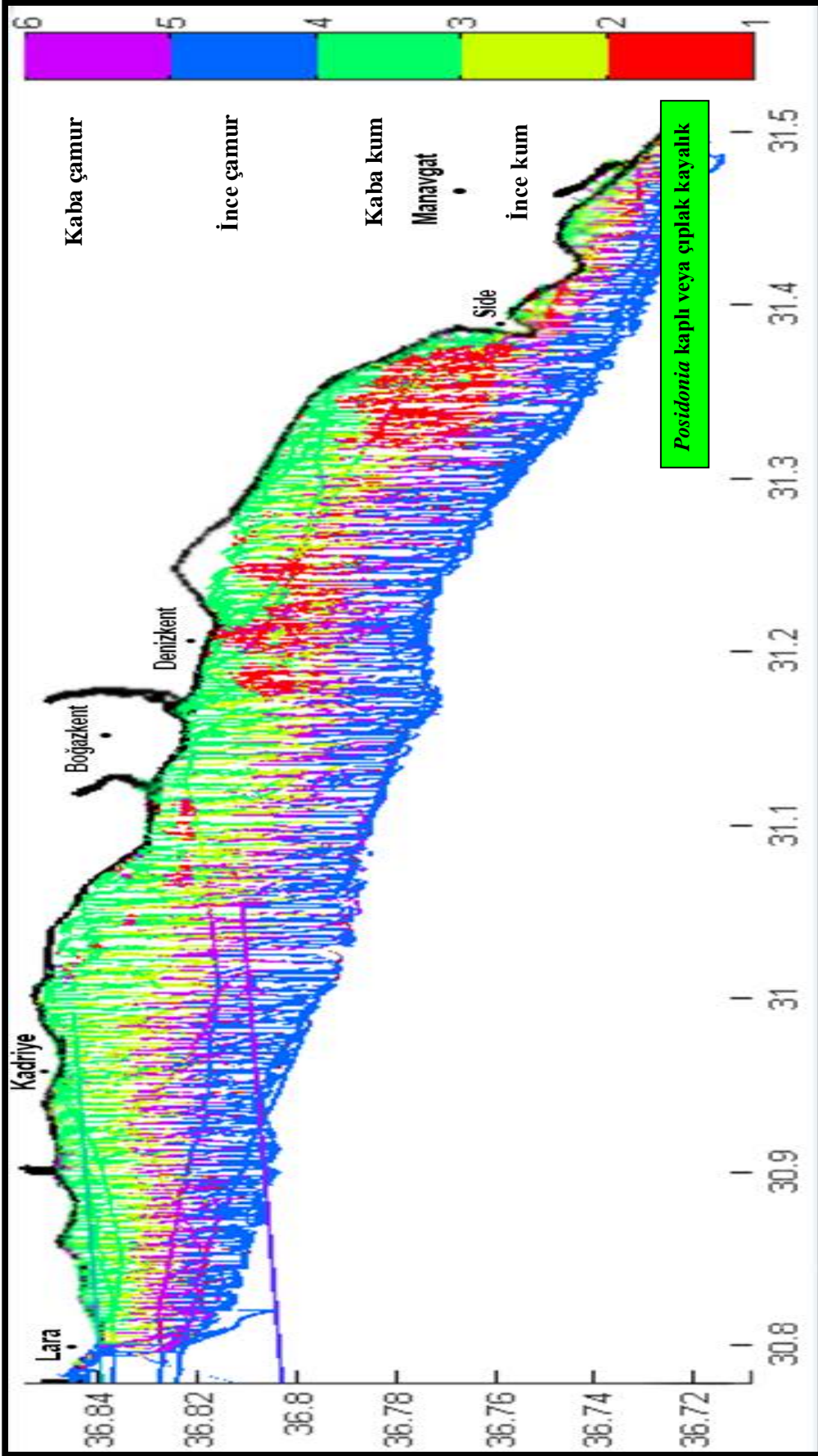
### **Ağustos 2012**

Ağustos döneminde Denizkent'ten Side'ye doğru giden kıyı kesimlerde kumluk alanların azaldığı ve özellikle Side-Manavgat arasındaki alanda kaba kuma hiç rastlanmadığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte çamur yapısına sahip alanların ise geniş yer kapladığı görülmüştür (Şekil 4.41). Nisan/Mayıs dönemiyle kıyaslandığında (Şekil 4.40), kıyı kesimlerdeki kaba kum olarak belirlenen alanların ince kumla kaplandığı belirlenmiştir. *Posidonia* kaplı ve/veya çıplak sert kayalık alanların bu dönemde azalmaya başladığı tespit edilmiştir. Ayrıca açık alanlardaki çamur alanlarının ise orta su derinliklerine doğru yayılmaya başladığı ve ince kum özelliğine sahip sedimanın yer aldığı belirlenmiştir.

Tüm aylardaki örnekleme sonuçları birleştirildiğinde ise; kıyı bölgelerin kaba kum ile kaplı olduğu, derinlik arttıkça ince kum ile iç içe geçtiği görülmüştür. Boğazkent'in önü, Denizkent'in önü ve Side'nin önü olmak üzere 3 ayrı noktada *Posidonia* kaplı ve/veya sert kayalık dip yapısına rastlanılmıştır. Ayrıca açığa doğru gittikçe sırayla önce kaba çamurun daha sonra da ince çamurun olduğu yer aldığı tespit edilmiştir (Şekil 4.42). Elde edilen tüm bu sonuçlar, VBT üzerinden *P. oceanica*'nın biokütle miktarlarının alansal dağılım sonuçlarıyla da örtüşmektedir. Çayırın 3 farklı yatağının varlığı, dip yapısı analiz sonuçlarında da açıkça desteklenmiş ve çıkan sonuçlar birbirleriyle uyumluluk göstermiştir (Bkz. Şekil 4.31, 4.32).



Şekil 4.41 . Ağustos 2012 döneminde VBT ile elde edilen dip yapısı sonuçlarının hat üzerindeki dağılımları



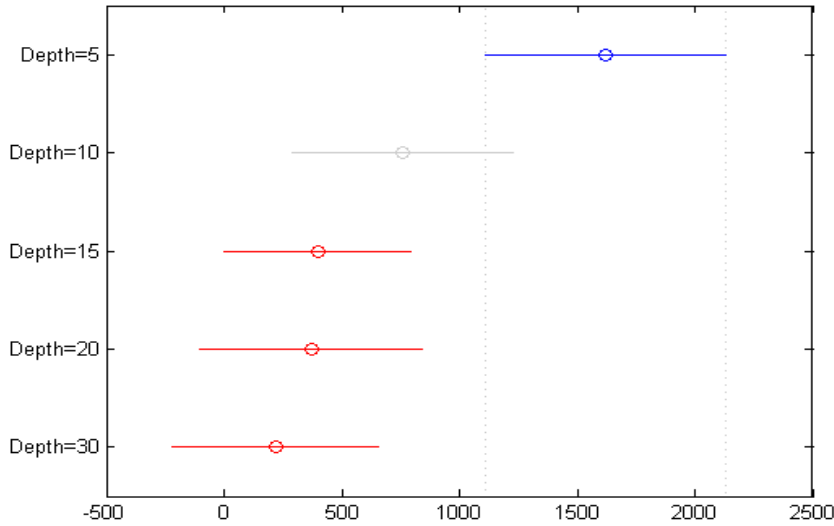
Şekil 4.42. Tüm aylarda VBT ile yapılmış dip tayini ve sınıflaması sonuçlarının birleştirilmiş hali

Türün derinliğe ve mevsimlere bağlı biyokütle miktarlarının dağılımında farklılık olup olmadığının test edilmesinde ANOVA analizleri yapılarak istatistiki olarak da sonuçların değerlendirilmesi yapılmıştır (Bkz. Şekil 4.43, 4.44, 4.45, Çizelge 4.8).

*Posidonia*'da tahmin edilen biyokütle miktarının mevsime ve derinliğe bağlı olan ilişkisinde, mevsimsel olarak istatistiksel farklılık bulunmaz iken, derinlik ilişkisinde istatistiksel olarak farklı olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.8). Hem mevsim hem de derinlik interaksiyonunda ise istatistiki fark bulunmuştur ( $p < 0.05$ ).

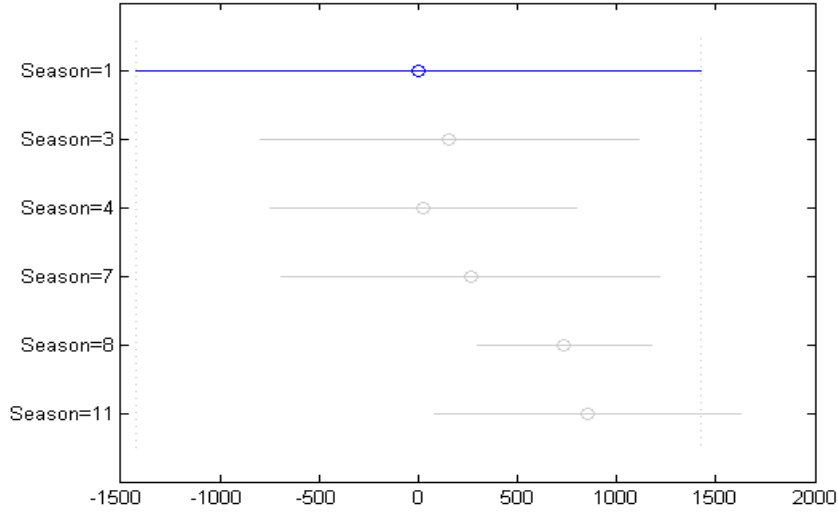
Çizelge 4.8. *Posidonia oceanica*'nın elde edilen biyokütle miktarının su derinliğine ve mevsime bağlı olarak farklılığının ANOVA metodu ile test tablosu

Faktör	Kareler Topl.	d.f.	Kareler Ort.	F	P
Mevsim	1.27013e+007	5	2.54027e+006	1.3	0.2672
Derinlik	4.11824e+007	4	1.02956e+007	5.26	0.0005
Mevsim*Derinlik	2.84316e+007	5	5.68633e+006	2.9	0.0152
Hata	3.42684e+008	175	1.9582e+006		
Toplam	4.2555e+008	189			



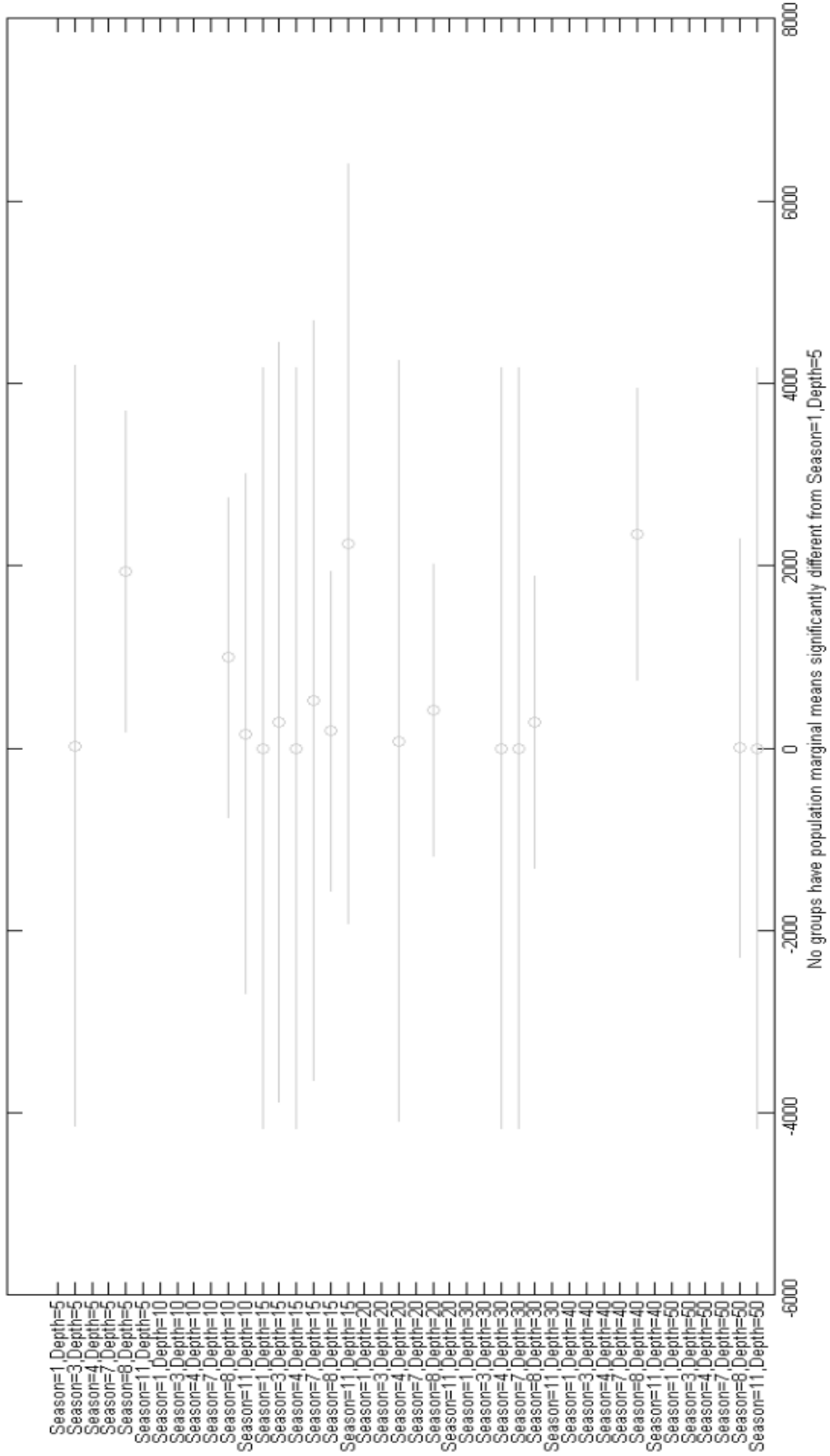
Şekil 4.43. *Posidonia oceanica*'nın su derinliğine göre tahmin edilen biyokütle miktarlarının %95'lik güvenirlilik sınırları içerisindeki farklılığı (Tukey's LSD Post-hoc testi)

Derinliklere göre hesaplanan regresyon denklemi sabitlerinde biyokütle kesişme değerinde, 5 m derinliği hariç istatistiksel olarak fark bulunmamıştır (Şekil 4.43). Mevsimlere göre derinlik farklılığının biyokütle ilişkisinde ise yapılan Tukey's LSD Post-hoc testinde istatistiksel olarak bir fark bulunmamıştır (Şekil 4.44).



Şekil 4.44. *Posidonia oceanica*'nın tahmin edilen biyokütle miktarının %95'lik güvenilirlik sınırları içerisinde mevsimlere göre farklılığı (Tukey's LSD Post-hoc testi).

Mevsimlere göre derinlik değişimi incelendiğinde, her mevsimdeki farklı derinlik noktalarına göre biyokütle miktarlarındaki değişim de istatistiksel açıdan farklılık göstermemiştir (Şekil 4.45).



Şekil 4.45. Biyokütle miktarlarının mevsimlere göre derinlik değişiminin %95'lik güvenirlilik sınırları içerisindeki farklılığı (Tukey's LSD Post-hoc testi)



## 5. TARTIŞMA

Bu bölümde Antalya Körfezi'nde yaygın bir dağılım gösteren *Posidonia oceanica*'nın alansal dağılımı ile ticari yazılım programları olan VBT ve EcoSAV kullanarak yapılan akustiksel kalibrasyon sonuçları tartışılmış ve 4 başlık altında ele alınmıştır.

1. *Posidonia oceanica* başta olmak üzere deniz çayırlarının teşhisinde, tanımlanmasında ve biyokütle tahmininde akustik yöntem uygulamaları ve diğer metotlarla kıyaslanması
2. VBT ticari yazılım programının değerlendirmesi
3. EcoSAV ticari yazılım programının değerlendirmesi
4. Tez kapsamında uygulanan yöntemlerin ve programların sınırlayıcı etkileri

### 5.1. Akustik Uygulamalar ve Etkinliğinin Diğer Yöntemlerle Karşılaştırması

Bu tez çalışmasında kullanılan verilerinin temini Biosonics marka 206 kHz frekansa sahip split beam teknolojisiyle üretilmiş DT-X Digital Scientific Ekosounder kullanılarak elde edilmiştir. Daha önce üretilen single ve dual beame göre split beam ekosounderlar bugün oldukça yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Transducer yüzeyinde dört bölmeye ayrılmış her elemanından kısa sinyaller gönderilir ve dört bölmeden dinleme yapılır. Bu durumda hedefin beamin içerisinde hareket etmesine göre yer/konum (pozisyon) özelliklerinin algılanmasını kolaylaştırmaktadır. Pozisyonun bilinmesi ise hem beam pattern'e göre eko yoğunluğunu dengelemek hem de hedefin hareketlerini tahmin etmek bakımından önemlidir. Single beam ve dual beamde ise birinde tek transducer varken diğerinde iki tane vardır. Dolayısıyla single beamde hedefin konumu, ölçülen EL seviyesi hakkında bilgi alınmazken iken, dual beam de dar ve geniş banttan dinleme yapıldığı için bu iki EL arasındaki orandan faydalanarak mesafe hesaplaması yapılır. Oysaki split beam de daha karmaşık olarak ölçüm yapılır ve 3D boyutlu olarak hedefin yeri tespit edilir. Bu bakımdan böyle bir sistem ile kısa sürede Antalya Körfezi'nde Lara-Manavgat arasındaki mesafe çok fazla çaba harcamadan dikey yönde yüksek çözünürlüğe sahip bir ekosounder ile verinin toplanması gerçekleştirilmiştir. Türe ilişkin büyük miktarlardaki verinin temin edilmesi, zamansal ve mekânsal değerlendirmenin yapılmasına olanak sağlamıştır. Çalışma 4 mevsimi kapsayacak şekilde 6 farklı ayda gerçekleştirilmiş, gerek maliyet gerek insan gücü bakımından oldukça avantajlı olmuştur.

Akustik yöntemler dünyanın pek çok yerinde geniş alanlarda balık davranışları çalışmalarında, onların dağılım ve miktarlarının tahmin edilmesinde ve/veya akuatik bitki komünite çalışmalarında dağılım, bolluk ve hatta bitki yüksekliği gibi verilerinin toplanmasından, verinin analiz edilmesine kadar yaklaşık 30 yılı aşkın süredir kullanılmaktadır. Özellikle bu teknikler daha hızlı bilgisayarların gelişmesi, yeni dönüştürücüler ve gelişen yeni teknolojiyle beraber son yıllarda önemli ilerlemeler kaydetmiştir. Bilgisayarların algılama kapasitesi ve işlemedeki iyileştirmelere dair teknolojik gelişmelerin sağladığı avantajlar sayesinde, örneklemelerin hem dikey hem de yatay boyutta daha hassas ve kısa sürede tanımlanması gibi özellikler, sistemi diğer metotlara göre daha avantajlı kılmaktadır.

Bu avantajların yanında doğrudan tür tanımlanması ve/veya teşhis edilmesi hala mümkün değildir. Bu da sistemin temel sorunu olarak kendini göstermektedir. Bu çalışma sırasında da teyit edilmiştir ki, deniz tabanında yer alan farklı vejetasyonların hangi gruba ait olduğu bilinmemesi, tür tanımlamasını oldukça zorlaştıran bir faktör olarak karşımıza çıkmasına neden olmuştur. Çalışma sırasında karşılaşılan bu sorunu çözmek için, yerinde doğrulama (ground-truth) tekniğine başvurulmuştur. Bu sayede ekranda görüntülenen ve akustiksel enerjisi kaydedilen canlının hangi tür ve/veya türlere ait olduğunu bilmek ve sonrasında doğru tanımlama, teşhis ve analizlerini yapmak adına işi kolaylaştırmıştır. Bu noktada yerinde doğrulama tekniklerinin akustik sistemlerle çalışılırken ne denli gerekli olduğunu bir kere daha belirtmekte faydalı olacaktır. Literatür kayıtları incelendiğinde, akustik sistemlerle doğrudan tür tanımlamasının zorluklarını bildiren pek çok çalışma mevcuttur ve MacLennan ve Holliday (1996), Horne (2000), Fernandes vd (2006), Trenkel vd (2008)'in yaptıkları çalışmalar bunlardan bazılarıdır. Örneğin; ekogramda balık sürüsünün büyüklüğü, lokasyonu ve/veya eko şiddeti (yoğunluğu) hakkında önemli bilgiler sağlanırken, tür kompozisyonu doğrudan bilinmemektedir (Fernandes 2009). Fakat yaptığımız bu çalışmada ticari yazılım programları kullanılarak türe özgü tanımlama mümkün kılınmıştır. Örnekleme elde edilen nesnenin canlı/cansız olarak tanımlaması açısından (Warren vd 2003), yerinde doğrulamaya ihtiyacı yönünden (Wiebe vd 1990) ve bağımlılığı yüzünden tek başına örnekleme yapılması bakımından sistemin dezavantajlı olduğu bildirilmiştir. Bu bulgu bizim çalışmamızda ortaya koyduğumuz sonuçlarla oldukça örtüşmektedir. Sistemle ilgili bir başka dezavantajlı durum da, örnekleme ortamında kullanılan frekansa bağlı olarak birçok nesneyi algılama söz konusudur. Örneğin deniz tabanında yer alan deniz çayırları pek çok canlıya ev sahipliği yapmaktadır. Önemli bir besin kaynağı ve barınma yeri sağlaması bakımından üzerinde, arasında, dibinde yaşayan canlıların da enerjisi deniz çayırlarınıninkine birleşerek toplam enerji olarak iletilmektedir. Dolayısıyla hedef türün sahip olduğu akustiksel enerji, diğer canlılardan gelen katkılarla çok daha yüksek enerjiye sahip olmasına neden olmaktadır. Bu nedenle sadece deniz çayırlarına ait akustiksel enerjiyi elde edebilmek için diğer hedef olmayan canlıların bertaraf edilmesine ihtiyaç vardır. Bu sorunla bizim çalışmamız sırasında da sık sık karşılaşılmış, ancak yapılan post-proses işlemlerinin ara basamaklarında pek çok defa filtreleme yoluna gidilerek elimine edilmesi başarıyla gerçekleştirilmiştir. Akustik sistemlerde ki bu tür çoklu algılamalar ve bunların negatif etkileri, başta bu tez çalışmada olmak üzere daha pek çok çalışmayla da ortaya konmuştur (Stanton vd 1996, Monger vd 1998, Mutlu 1996, Mutlu 2003, Lavery vd 2007). Bu çalışmalar incelendiğinde ortaya çıkan ortak görüş, akustik algılamanın birçok faktörlere ve/veya engellere bağlı olduğu, bu etmenlerinde: canlı/cansız materyalin vücut yapısı ve içerik özelliğine, kullanılan frekansa, nesnenin büyüklüğüne, şekline, özellikle akustik yansıtma katsayısı düşük olan nesnelerin yüksek katsayılı bir nesnenin yanında bulunmasına, birim hacimde bulunan birey sayısına ve ortam gürültüsü gibi birçok unsur tarafından etkilendiği yönündedir.

İşte bu noktada, tez kapsamında türlerin sahip oldukları yansıtma katsayıları farkından yola çıkarak, türün hem ortamda ki diğer hedef olmayan türlerden ayrıştırılması sağlanmış ve akustiksel karakterleri ortaya konarak tür ayırımına gidilmiştir. Nihayetinde başarıyla türe özgü akustiksel kalibrasyon ve tanımlama işlemi gerçekleştirilmiştir.

Çok az sayıda literatür sualtı vejetasyonu tarafından saçılımı (scattering) etkileyen basınç dalgasının işleyişini tanımlamayı başarmıştır (Shenderov 1998). Onun dışında

diğer pek çok çalışma temelde deniz çayırılarının ölçümü, akustik etkileşimlerinin kalitesi vb. hakkında iken, vejetasyonlar ve akustik yansıma özellikleri hakkında hala kayıp bilgiler ve büyük bilinmezlikler söz konusudur. Bu çalışma sırasında yapılan her filtreleme basamağı, tamamen çalışma sırasında karşılaşılan *Posidonia*'nın akustiksel yansıma özelliklerine göre karar verilerek işlenmiştir. Bu unsurları çözümlmek için son zamanlarda pek çok çalışma mevcuttur (De Robertis ve Higginbottom 2007, Higginbottom ve Pauly 1997, Korneliussen 2000, Kieser vd 2005). Bu noktada ilki single-frequency (tek frekans) ve single beam kullanarak morfoloji, batimetri, enerji ve coğrafik pozisyon tanımlayıcıları temelinde, akustik veri sunan yaklaşımlardır (Scalabrin vd 1996). İkinci yaklaşım da canlının coğrafik dağılımında ve morfolojik bilgisiyle ilgili kombine edilmiş multi-frekans (çoklu frekans)'dan elde edilen akustik verinin kullanılmasıdır (Korneliussen vd 2009). Fakat hangi akustik sistem kullanılırsa kullanılsın, türlerin akustik sinyallerinin post-prosesi sırasında farklı parametrelerin kullanılması ve/veya özel algoritmaların yazılması, sunulan yaklaşımların ortak noktası niteliğindedir. Bu tez çalışması sırasında da kullanılan ticari yazılım programlarının yapılan kalibrasyon işlemleri yanında, programlara özgü iki yeni algoritma yazılmış ve o şekilde kesin sonuca ulaşılmıştır. Bunun gibi özel algoritmalara gereksinim duyarak yapılan başka çalışmalarda mevcuttur (Stevens vd 2008, Depew vd 2009, Mutlu vd 2014). Ancak yapılan bu tez çalışmasının diğerlerinden farkı; söz konusu bu çalışmalarda post-proses aşamasında araştırmacılar kendi özel metodolojilerini geliştirmiş ve karşılaşılan sorunları bertaraf ederek, çözüme kavuşturmak adına akustiksel verileri üzerinden kendi özel algoritmalarını yazmışlardır. Oysaki bu tez kapsamında yaygın iki ticari yazılım programı üzerinden gidilerek doğrudan biyokütle hesabı gerçekleştirilmiş, sadece verilerin çoklu birleştirilmelerinde ve haritalarının çıkartılmasında özel yazılıma ihtiyaç duyulmuştur.

Yukarıda bahsedilen bu dezavantajlara rağmen, verinin sınırsız temin edilmesinde, araştırmanın maliyetinde, harcanan güçte, işin pratikliğinde şüphesiz ki akustik sistemler, uzun yıllardan beri sualtı çalışmalarında çok fazla emek yoğunluğu gerektiren, mekânsal boyutta sınırlı gözlemlerin oluşturularak gerçekleştirildiği, SCUBA, video gibi geleneksel yöntem uygulamalarının yanında oldukça tercih edilebilir yöntemlerdir. Geniş alanlarda geleneksel yöntemlerle yapılan çalışmaların zaman alıcı olması ve insan gücüne dayalı olması bakımından zorlayıcı olması yanında, ara ara yerinde doğrulama amaçlı olarak gerçekleştirilen çalışmanın zorluğundan bahsetmek oldukça yersiz olur. Bu yöntemlerde sınırlı miktarda detayın elde edilmesi nedeniyle, veri temininin de sınırlanmasına neden olmaktadır. Manuel olarak gerçekleştirilen geleneksel yöntemlerin performansı, yüksek oranda havanın bulutlu olması, su yüzeyinin dalgalı olması, su berraklığı-bulanıklığı gibi uygun olmayan çevre şartlarına bağlıdır. Hidro-akustik teknikler ise bu limitlemeler karşısında oldukça serbesttir. O nedenle, uygulama yönünden hızlı, büyük bir ekibe gereksinim duymadan, geniş alanlarda kısa sürede örnekleme yapılabilmesi sistemi, diğer örnekleme metotlarına (video/fotoğrafik teknikler, SCUBA, troller vb.) göre daha avantajlı kılmaktadır. Ayrıca yerinde gözlem, görsel sayım, görsel izleme vs. zahmetli ve zaman alıcı bir iştir. Oysaki uzaktan algılama sistemlerinde insan gücü ve zaman kullanımının daha az olduğu yapılan çalışmalarla da desteklenmektedir (Komatsu vd 2003, Buchet 2015). Aynı zamanda geniş alanlarda, dikey (Sabol ve Burczyn'ski 1998) ve yatay doğrultuda (Moreno vd 1998, Bozzano vd 1998) gerçekleştirilen yüksek çözünürlükle, türün dağılımını özetle ele alan bir yaklaşım sunmaktadır. Bu tez çalışmasının verilerinin elde edildiği çalışmada da, dikey yönde

yüksek çözünürlüklü bir ekosounder ile her 0.1 (ms<sup>-1</sup>) da veri akışının olduğunu düşünürsek, türün su kolonundaki dağılımı, yoğunluğu, vejetasyon yüksekliği için oldukça ayrıntılı ve güncel verinin elde edilmesine olanak sağlamıştır. Ayrıca bir hafta gibi kısa bir sürede çalışma sahasının tamamı akustik sistemle taranmış ve 7 ayrı ayda da tekrarları yapılmıştır. Bu bakımdan kısa sürede ve geniş bir alanda detaylı olarak bu çalışmanın yapılabilmesine olanak sağlamıştır.

Bu tezde de kullanılan 206 kHz vejetasyon akustiği çalışmasında bu tip çalışma konularında uygulamada tercih edilen optimum bir frekans aralığıdır. Genel olarak vejetasyon çalışmalarında yüksek frekansların tercih edilerek makrofit tanımlamada etkili frekans olduğu kanıtlanırsa da (Hoffman vd 2002, Sabol vd 2002a, Valley vd 2005, Lefebre vd 2009, Farrell vd 2013), düşük frekanslar kullanılarak 70–200 kHz ile yapılan makrofit çalışmalarının da, etkili olduğu sonucuna varılmıştır. Makrofit tanımlamada 200–400 kHz'in optimum frekans olarak kullanılabilmesi yapılan bazı çalışmalarla da bildirilmiştir (Jurvelius 1991, Elliott vd 1996, George ve Winfield 2000, Wanzenböck vd 2003, Schmidt vd 2005, Winfield vd 2007, Mahmud ve Juwit 2009). Benzer frekansa sahip yapılan bir başka vejetasyon çalışmasında ise 208 kHz kullanılmış ve *Zostera marina*'nın tanımlanması üzerine yürütülmüştür (Schneider vd 2001) ve bu çalışmada vejetasyon tanımlamalarında bu frekans aralığının kullanılabilmesi bu çalışmada ortaya konmuştur. Farklı iki frekans olarak 199 kHz ile 420 kHz'in seçildiği bir diğer çalışmada da, deniz çayırlarının kapladığı alanı tahmin etmek amacıyla kullanılmış ve bu çalışmadan olumlu sonuçlar alındığı kaydedilmiştir (Stevens vd 2008).

Bu şekilde farklı frekans ve/veya akustik aleti kullanarak gerçekleştirilen vejetasyon çalışmalarında, bu tür teknolojik alet ve cihazlarla birlikte uygun yazılımların kullanılarak deniz çayırlarının yoğunluk ve dağılımlarının belirlenmesi ve buldukları deniz tabanının tanımlanması üzerine, farklı ülkelerde pek çok çalışma başarı ile desteklenmiştir (Maceina vd 1984, Duarte 1987, Wienberg ve Bartholomä 2005, Stevens vd 2008, Bilkovic vd 2008, Duarte vd 2011, XU vd 2013, Layman 2015). Aksi halde geleneksel yöntemler ile bu denli detaylı ve anlık bilgi temin etmek, insan gücünün de sınırlı olduğunu ortaya koyarsak imkânsızdır. Çünkü sualtı makrofitlerinin bolluk tahmini üzerine yapılan çalışmalar oldukça maliyetli olup, kıyı alanları arasında da oldukça farklılık göstermektedir (Downing ve Anderson 1985). Bu nedenle akuatik ortamda yaşayan makrofitlerin bolluk tahmini hususunda kullanılan pek çok farklı örnekleme yaklaşımı vardır (Johnson ve Newman 2011). Ancak bu yaklaşımlardan pek çoğu geleneksel yöntemlerle gerçekleştirilmiş ve/veya gerçekleştirilmektedir. Genellikle littoral alanlar içerisinden derinliğe göre rasgele seçilen pilot bölgelerden örneklenen bitki biokütlesinden oluşmaktadır. Pilot tabanlı örnekleme, bitki biyokütle tahmin metotlarında en doğru metot olarak kabul edilir (Wetzel ve Likens 2000). Bu pilot bölgelerdeki örnekleme ya dalgıçlar tarafından, ya mekanik tarayıcılarla ya da core - drej gibi aletlerin kullanılmasıyla yapılabilmektedir. Bu yöntemler büyük göllerden veyahut zamanla birçok göl üzerinden yürütülen çalışmalardan doğru ve kesin bitki bolluğu tahminleri elde etmek önemli bir zaman harcamayı ve kaynak kullanımını gerektirir (Madsen vd 2007). Örneğin bu tezin materyallerinin temin edildiği çalışmada da, saha örneklemesinde bir mevsimde sadece SCUBA ile 14 dalış hattından 5 ayrı noktada 3 farklı replikate örnekleme ile alan taranabilmiştir. Akustik örnekleme ile ise toplamda 228 akustik hattan oluşan ve her biri 5 m ile 140 m derinlik aralığında değişen ve toplam uzunluğu 400 m bir alanda tarama gerçekleştirilmiştir. Elbette ki SCUBA

sayısı arttırılarak tarama alanı arttırılabilir, fakat 228 hat üzerinde de 5 ayrı dalış yapmak insan gücüyle imkânsızdır (Mutlu vd 2014).

Sonuç olarak akustik sistemlerin sağladığı avantajı diğer yöntemlerin hiç biri mevcut şartlarda sağlayamadığı açıkça ortadadır. Özellikle bir seferde çok fazla alanın taranabiliyor olması bakımından diğer yöntemlere kıyasla tercih edilmesinde önemli bir etken olduğu düşünülmektedir.

### **Hidroakustik yöntemlerin güvenilirliği**

SCUBA dalışları ile yapılan yerinde doğrulama sonuçlarıyla, bu tezin akustiksel olarak elde edilen verileri arasında yüksek oranda uyumluluk olduğu görülmüştür. Gerek biyokütleyle bağlı gerekse vejetasyon yüksekliğine bağlı olarak elde edilen dağılım haritaları incelendiğinde, çalışma sahası içersinde benzer dağılım alanları üzerinde sonuçlara ulaşılmıştır. Elde edilen bu çıktılar aynı zamanda akustik olarak elde edilen verilerin doğru olarak analiz edildiğinin ve uygulanan yöntemde güvenilir olduğunun göstergesi ve sağlaması niteliğinde olduğunu da ispatlamıştır. Burada hemen “sonuçlar arası uyumluluğun nedeni görülmesi kullanılan regresyon denklemindeki hesaplanan biyokütle verileriyle korelasyon göstermesinden dolayı mı sonuçlandırıldı” sorusu akla gelebilir. Ancak önemle vurgulanması gereken bir nokta var ki; doğrudan yaprak alanı üzerinden hesaplanan biyokütle katsayısı üzerinden değil akustik enerji katsayısı (sa)’ ya karşılık gelen denklemin kullanılması söz konusudur. Dolayısıyla bu çevirmeyi sağlayacak ve her mevsim için ortak özellikteki denklem baz alınarak hesaplamalar gerçekleştirilmektedir.

Bu sonuca ulaşılmasında etken olan en önemli nokta, sistem içerisinde yer alan parametrelerle yapılan kalibrasyon neticesinde yanlış verinin analiz edilmesi, çok düşük yoğunluğa sahip bölgelerde tanımlanmanın doğru yapılması ve yanlış sinyal ölçümünün engellenmesi gibi yanlış değerlendirmelerin önüne geçilmiştir. Örneğin VBT bir dip tipi tayini için kullanılan proses programıdır. *Posidonia*’nın yaşadığı dip yapısını tayin etmek için program içerisinde yer alan parametrelerden “Data processing filter threshold (dB)” değeri verinin toplandığı threshold sınırı ile aynı değerde [-140 dB] ayarlanırken; VBT üzerinden *P. oceanica*’nın akustik enerjisinin elde edilmesi için, akustik enerjisinin bulunduğu aralıktaki değer olan [-80 dB] olarak ayarlanmıştır (Bkz. Bölüm 3). Yine *Posidonia*’yı dipten ve diğer vejetasyonlardan ayırmak için *Posidonia*’dan geri yansıyan eko şeklinin ölçüleri her parametre için ayrı ayrı ayarlanmış ve daha hassas raporlanması sağlanarak analiz edilmiştir. Dip için her 20 ping’te bir özetlenirken, vejetasyonun toplam enerjisini izole etmek için 2 ping’e düşürülmüştür. Keza EcoSAV programı kullanılırken de *Posidonia*’yı diğer türlerden ayırmak için “plant threshold” değeri sistemin maksimum değeri olan [-65 dB] seçilmiştir. (Bu değer böyle seçilmesinin detayları “Sınırlayıcı Etmenler” başlığı altında anlatılmıştır). Diğer türlerden ayırmasını sağlayacak akustiksel karakter özellikleri: bulunduğu dip kalınlığı, yaprak yüksekliği, TS ve pencerede ne sıklıkta arama yapılacağı gibi ayarlar, sadece *Posidonia*’lı dibe sahip bölge baz alınarak belirlenmiştir. Aksi halde default’unda yer alan değerler üzerinden gidildiğinde türün tanımlanmasına imkân vermediği Mutlu vd (2014)’nın EcoSAV’den elde ettikleri sonuçlardan da görülmüştür. Oysaki program içerisinde ki parametrelerin türe özgü kalibre edilmesi, türün tanımlanmasını sağlamıştır. Bizim çalışma bölgemizde maksimum 30 m derinlik sınırında dağılım gösteren türün, dağılım sınırı 30 m olarak

ayarlandığında, analiz sırasında 40 m sınırına geldiğinde “boş-çıplak” göstermesi veya Stevens vd (2008)’nin çalışmalarında görüldüğü gibi maksimum 7 m olan dağılım sınırı, 10 m’ye gelindiğinde “çıplak” olarak nitelendirilmesine sebep olacaktır. O nedenle parametrelerden kaynaklanan sınırlayıcı etkiler doğru teşhisin yapılması bakımından oldukça önemlidir.

Bu konuda akuatik bitki komünitelerinin doğrudan özelliklerinin ölçülmesi hususunda manuel olarak gerçekleştirilen çalışmalar ve hatta hidroakustik yöntemlerle karşılaştıran pek çok çalışma mevcuttur. Hidroakustik temelli tekniklere dayalı olarak gerçekleştirilen vejetasyonun biyo-hacim tahminlerinin önemli ölçüde daha hassas olduğu ve SCUBA temelli çalışmalara kıyasla veri toplama maliyetinin daha ucuz olduğu ortaya konulmuştur (Thomas vd 1990). Yine bitki örtüsünün derinliği ve bitki yüksekliğinin tahmin edilmesinde hidroakustiği kullanarak, akuatik bitki biyokütle tahmini için çeşitli modeller geliştirmişlerdir (Maceina vd 1984). Hidroakustik yöntemler kullanılarak elde edilen verinin güvenilirliğini de ortaya koymak adına hidroakustikle tahmin edilen bitki yüksekliğinin, fiziksel olarak ölçülen maksimum bitki yüksekliğinden farklı olmadığı ortaya konmuştur (Sabol vd 2002a, Valley ve Drake 2005). Hatta EcoSAV programının baş mühendisi Sabol vd (2002b)’nin yaptıkları çalışmalarında, hidroakustik sinyal ölçücüsünün yanlış tanımlamalar için (Tip I hata) ölçülü olduğunu not etmiştir. Dolayısıyla düşük yoğunluklu vejetasyon karşısında sıklıkla “kaçmış” (missed) veya tanımlanamadı “(not detect)” olarak (Tip II hata) tespit ettiğini belirtmiştir. Böylece programın içerisinde yer alan denetleme mekanizması sayesinde yanlış veri değerlendirmesinin önüne geçildiği belirtilmiştir.

Farklı deneylerle kendi ölçüm değerlendirmelerini yapan çalışmalarda vardır. Bu çalışmalarda biri bir bota atılan çift başlı bir tırmık kullanarak gerçekleştirilen nokta örneklemelelerinde elde edilen sonuçlarla hidroakustikten elde ettikleri bitki varlığı/yokluğu kıyaslamalarının yüksek uyum gösterdiği kayıt edilmiştir (Zhu vd 2007). Bir başka çalışmada ise iki sert zemine sahip gölde akuatik makrofit örtüsünü hidroakustik yöntemi ve sualtı video yöntemiyle kıyaslamışlardır ve çalışma sonucunda elde edilen verilerin birbirleriyle yüksek bir uyumluluk gösterdiğine kanaat getirmişlerdir (Winfield vd 2007). Benzer bir çalışmada da yine bir deniz çayırı örtüsünde single beam sonar ile akustik olarak elde ettikleri sonuçları sualtı video kamera görüntülerini karşılaştırmışlardır ve akustik olarak tespit ettikleri yerlerdeki türün dağılımdaki doğruluğunun testi yapılmıştır. Çıkan sonuçların da birbirleriyle uyumlu oldukları kanıtlanmıştır (Stevens vd 2008).

### **Posidonia oceanica'nın akustik karakterleri**

Mutlu vd (2014)’nin yaptıkları çalışmalarında *Posidonia oceanica*'nin farklı kısımlarının ne denli kuvvetli bir akustik saçıcı özelliğine sahip olduklarını ortaya koymuşlardır. Örneğin; bu çalışma sırasında ilk örneklemelelerde kılıf (sheath) varken ve kılıf olmadan gerçekleştirdikleri deneylerde, akustik yansımaya önemli derecede etkileyecek kısımların varlığını tespit etmişlerdir. İlave olarak, bunların tespit edilmesinin ve bu kısımların analizler sırasında elimine edilmesinin gerekliliğini belirtmişlerdir. Benzer şekilde bu tez çalışması sırasında da farklı aylarda gerçekleştirilen örneklemelelerde, hesaplanan akustiksel enerji katsayıları (sa) incelendiğinde ne denli farklılık gösterdiği görülmüştür. Hatta aynı ayda fakat ayrı istasyonlardan alınan bireyler

arasında bile farklılık olduğu kalibrasyon için hazırlanan regresyon denkleminde açıkça görülmektedir. Bu denklem dikkatle incelendiğinde, aynı ayda ama farklı istasyonlardaki yapraklar üzerinden hesaplanan biyokütle miktarı fazla iken çok düşük bir akustiksel enerjiye sahip olabildiği ve/veya yine tam tersi çok düşük biyokütle miktarına sahip olanın çok yüksek bir akustik enerjiye sahip olabildiği görülmüştür. Bu farklılığı yaratan etmenler irdelendiğinde başta hesaplamaların  $[E1' \times 2]$  üzerinden gerçekleştirilmiş olduğu unutulmamalıdır. Dolayısıyla E1' tanımlayıcı parametresinin ifade ettiği “sertlik” üzerinden yaprağın sertliğine ilişkin farklılıkların etken olduğu göz önünde bulundurularak değerlendirmeler yapılmıştır. Bu nedenle vejetasyonun genç, orta-yaşlı ve yaşlı olmak üzere farklı dinamiklere sahip yaprakların farklı akustik yansımaya sahip olduğu ve/veya toprak üzerine çıkmış kılıf (sheath)'in de kuvvetli bir akustik yansıtıcı özellikte olması itibarıyla, yapacağı enerji katkısından kaynaklanabileceği düşünülmüştür.

Sualtı makrofitlerinin ve/veya deniz çayırlarının akustik yansımalarının yaprakların ve bitki hücresinin içerisindeki gaz varlığına bağlı olduğu not edilen başka bir durumdur (Sabol vd 2002a). Özellikle yaprak yapısına (sertlikle ilişkili genç, yaşlı vs.) bağlı olarak metabolik faaliyetlerinin ve söz konusu gazların dokulardaki miktar ve büyüklükleri bakımından da fa de çeşitlilik gösterecek olması bu farklılaşmayı yaratan bir başka etmen olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu durum bizim çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçların nedenine katkı sağlayacak niteliktedir ki, suya batmayan bitkilerin daha fazla akustik yansıtıcı özellikte olduğu da bu çalışmada belirtilmiştir. Buna dayanarak, özellikle fotosentez aktiviteleri sırasında serbest kalan gaz taşınımları deniz çayırlarının algılanmasını sağlamaktadır (McCarthy ve Sabol 2000, Lyons ve Abraham 1998). Bu durum akustik yansımayı etkileyen hücrelerdeki “gaz etkisi”nin de olabileceğini ortaya koymaktadır ve bu gaz dolu hücrelerin oldukça yüksek frekanslı saçılma neden olduğu Lyons ve Pouliquen (1998) yaptıkları çalışmalarında da belirtilmiştir. Deniz çayırlarının akustik çalışmasında ayrıca akustik dışında geminin sürati ve dibin derinlikle değişen açısı da önemli olduğu not edilen başka bir durumdur. Çünkü; örneğin 3–12 nm (deniz mili) ve 5-8 derecelik dip açısına kadar deniz çayırlarının sınıflaması yapılabilmektedir (von Szalay ve McConnaughey 2002, Scalabrin vd 1996). Özellikle çoklu-frekans ve elde edilen verilerin geliştirilmiş metotlar kullanılarak canlı/cansız nesne, ne tip bir tür olup/olmadığı ve ne kadar miktarda (ağırlıkça, sayıca ve büyüklük) olduğu tahmini edilebilmektedir (SIMFAMI 2002).

Bu bağlamda yaygın deniz çayırı türü *Posidonia oceanica*'nın akustiksel karakterlerinin tanımlanması ve farklılaşmayı sağlayan etmenlerin ortaya konularak irdelenmesi, neden sonuç ilişkilerinin değerlendirilmesi bakımından bu tez çalışması önemli bir çalışmadır.

Bugün her türün farklı yansıma özelliğinin olduğu artık bilinen bir gerçektir ancak buna rağmen bitki biyo-akustiği hakkında çok az şey bilinmektedir. Bu çalışmada da *P. oceanica* türünün akustik karakterlerinden ve onların yansıtma katsayısı farklılığından yola çıkarak farklı bitki tür toplulukları arasından tür ayırımına gidilmiştir. Yani, farklı türler arasında yaşanacak farklılığın beklenmesi normal beklenen bir durum iken, örneğin Akdeniz'de Antalya Körfezi'nin dışında başka bir noktada yaşayan *P. oceanica* türünün yapısal karakteristiği nedeniyle akustiksel karakteristiğinde de farklılık olması, yaşadığı çevre şartları, potansiyel metabolizma dinamiği vs. gibi farklılıklardan ötürü farklı

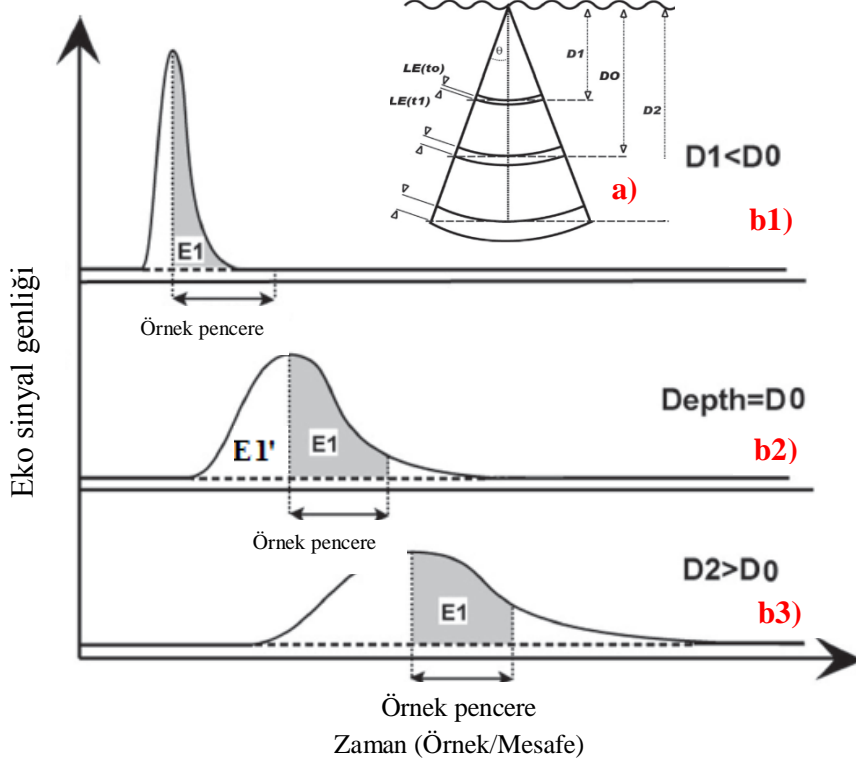
yansıma katsayılarına sahip olabileceği de düşünülmelidir. Hatırlanacak olursa, yüksek sıcaklık ve yüksek tuzlulukta türün metabolik aktivitelerinde meydana gelen değişimler, yaprak karbon dengesi değişimleri türün farklı bir akustik yansımaya sebep olacağına öngörülmesine sebep olduğu bildirilmiştir (Hay vd 1994, Mavko vd 1998). Çünkü karbonun ne kadar yüksek bir akustik saçılma (scattering) sahip olduğu daha önceden de bahsedilmiştir. Dolayısıyla birçok bilinmezlik içerisinde, deniz çayırlarının ve makrofitlerin akustiksel yöntemlerle araştırılması hem cazip hale gelmekte hem de diğer araştırma yöntemlerine kıyasla avantajlı olması öncelikli olarak araştırma yöntemi açısından tercih edilmesine sebebiyet vermektedir.

## 5.2. VBT Ticari Yazılım Programının Değerlendirmesi

VBT ticari yazılım programı aslen dip derinliğini tanımlayarak, dip tipini tayin eden ve özelliklerini çıkaran bir post-proses programıdır. Akustik olarak dip sedimanının sınıflandırılmasında kullanılan bir programdır ve dijital veri olarak veri işlemede büyük bir esneklik sağlar. Ancak, VBT yazılımının önemli bir dezavantajı, referans derinliğe göre farklı derinlikten dönen ekoları normalize edememektir. Bu sonuç VBT tarafından örneğin derinlik ile ilişkili yanlış sınıflandırmalara neden olabileceği bildirilmiştir (Dommissse vd 2005). Yine aynı çalışmada belirtildiği üzere, VBT programının TVG ayarlaması yaptığını fakat eko genişliği üzerinde dip derinlik etkisinin düzenlenmediğini belirtmiştir. (Şekil 5.1a)'da görüldüğü üzere ses, su kolonunda ilerlerken derinlik arttıkça iletilen akustik enerji, mesafenin karesiyle ( $R^2$ ; R: yarıçap) orantılı olarak geometrik olarak ilerler (geometric spreading). Dolayısıyla referans derinliğe (Şekil 5.1b2) göre daha derin sularda (Şekil 5.1b3) eko şeklinin parçasını oluşturan E1'in parametresi (dönen ilk ekonun kuyruğu) genişliği artarken, daha sığ sularda (Şekil 5.1b1) bu kuyruk kısalmaktadır. Bu nedenle doğru sınıflandırma yapmak için ve derinlik etkisini ortadan kaldırmak adına referans örneğe göre normalize etmek gereklidir. Diğer bir dikkat edilmesi gereken nokta da (Şekil 5.1)'de de görüldüğü gibi her ne kadar E1 örnek penceresi derinliğe göre kısalmış-uzarken yaptığı eko şeklinin diğer parçası olan E1' ile simetrik bir özellik göstermesidir. Dolayısıyla bizim bu tez çalışmasında ilgilendiğimiz nokta mesafenin artıp ya da azalması değil, amacımız *Posidonia*'nın toplam enerjisini elde edebileceğimiz kesiti elde etmektir. Aksi halde mesafenin değişmesi zaten yansımanın farklılığını ortaya koyan bir göstergedir. Dolayısıyla E1 parametresinin kuyruğunun çok bilinmeyenli bir denklem olarak karşımıza çıkması ve eko şeklinin ideal şartlar altında parametreler bazında simetrik bir yapı sergilemesi bizim [E1' X 2] üzerinden hesaplamaları gerçekleştirmemize neden olmuştur. Bu tez çalışması sırasında ortaya koyduğumuz hipoteze göre; hesaplaması yapılan verilerin analiz sonuçları değerlendirildiğinde, sahadaki biyokütle miktarını tahmin etmek için kullandığımız regresyon denklemi [E1' +E1]'e nazaran [E1' X 2]'de daha iyi bir korelasyon göstererek ortak bir lineer denklem elde etmemize sebep olmuştur.



Sonuç olarak VBT üzerinden *P. oceanica* türünün toplam enerjisini izole etmek için uygulanan metotta (B3), tanımlayıcı parametrelerden faydalanarak ilerlenmiştir. Yani tanımlama parametreleri olan  $E1$  ve  $E1'$  özellikleri yaprak için kullanılmış söz konusu metot ihtiyacımız olan kısmın elde edilmesi bakımından modifiye edilmiştir.



Şekil 5.1. **a)** Referans derinlikte ( $D_0$ ) aynı sediment tipinde bir kaynağın ensonifying (akustik sinyalin hacmi). Derin ( $D_1$ ) ve kıyı derinlik ( $D_2$ ) için spesifik bir açı ( $q$ ). Derinlik artışıyla pingin ilk çarptığı dip ( $LE(t_0)$ 'in ön kenarı (Leading Edge (LE)), ve zamanla ensonify'a göre aldığı yol ( $LE(t_1)$ ) gösterilmiştir. Örneğin;  $LE(t_0)$ 'dan  $LE(t_1)$ 'e geçen zaman ( $t_1$ ) > zaman ( $t_0$ )'dur. **b)** Sabit örnekleme penceresi içerisinde aynı dip örneğinde farklı derinliklerden gelen eko şeklinin gösterimi (Dommise vd 2015)

### 5.2.1. *Posidonia oceanica*'nın biyokütle tahmininde LA-W-L ilişkisinin zamansal ve mekânsal değişimi

*Posidonia oceanica* çalışma sahasında (Lara-Manavgat) içerisinde 6 farklı ay için gerçekleştirilen analiz sonuçlarına göre, mevsimsel ve derinliğe bağlı fenolojileri (yaprak boyu, yaprak eni) ile yoğunluklarında (LA, biyokütleri) meydana gelen farklılıklar değerlendirilmiştir.

Saha üzerindeki *P. oceanica*'nın biyokütlesini hesaplamak için geriye doğru çözümlenme (backward solution) yoluyla hesaplamalar gerçekleştirilmiştir. Yani sahadan örneklenen yaprakların laboratuvar koşullarında LA-W-L değerleri ölçüldükten sonra, elde edilen akustik enerji katsayısı ( $sa$ )'na karşılık çizdirilen biyokütle ( $g\ m^{-2}$ ) grafiğinden elde edilen denklem ile sahadan elde edilen akustik enerjinin biyokütleyle çevrilmesi

gerçekleştirilmiştir. Meydana gelen mevsimsel değişimler baz alınarak LA-W-L ilişkisinin zamansal ve mekânsal değişimine bakılmıştır.

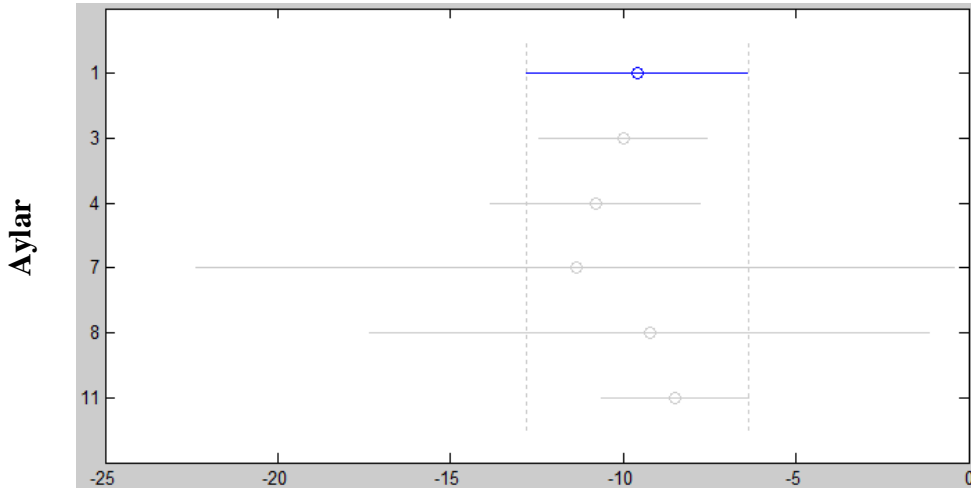
Sahadaki biyokütle miktarlarının hesaplamasında kullanılacak olan yaprak alan - ağırlık - yaprak boyu (LA-W-L) ilişkisi incelendiğinde, her iki şekilde hesaplanan biyokütle miktarları arasında bariz bir farklılık görülmemiştir. Bu durum, deniz çayırının yaprak enlerinin büyüme ile değişmediğinin bir göstergesi olmadığı ile açıklanabilir ve/veya her ne kadar 0,0001 gr hassasiyette ağırlık ölçümleri yapılmış olsa da yaprak enlerindeki küçük farklılıklar, kullanılan terazinin hassasiyeti içerisinde bunu algılamadığından da kaynaklı olabileceği düşünülmüştür. Bunun yanı sıra *Posidonia* çayırlarının su altında yaşayan bazı canlılar için besin kaynağı olması sebebiyle, yenmiş olma olasılığına karşın boya bağlı değişimin güvenilir olmayacağına kanaat getirilmiş, yaprak boyuna nazaran yaprak alanı üzerinden biyokütle hesabına gidilmesine karar verilmiştir. Daha sonra mevsimsel olarak LA-W arasındaki ilişkinin mevsimsel ve derinliğe bağlı ilişkisi test edildiğinde mevsimsel olarak istatistiki bir farklılık göstermiştir ( $p < 0.05$ ). Mevsimler arası farklılığından dolayı her mevsimdeki her istasyon ayrı ayrı değerlendirmeye alınmıştır. Elde edilen regresyon denklemleri incelendiğinde her mevsimde örneklenen istasyonlarda regresyon denklemlerinin istatistiki açıdan iyi bir doğrusal ilişki bulunmuştur. Yaprak alanı ve yaprak yaş ağırlığına bağlı verinin regresyona tabi tutulan deniz çayırı parametreleri arasından, her mevsim için en yüksek korelasyon elde edilmiştir. Korelasyon katsayısı Temmuz için ( $R^2=9562$ ), Kasım/Aralık için ( $R^2=9547$ ), Ocak için ( $R^2=9578$ ), Mart için ( $R^2=9244$ ), Nisan/Mayıs ( $R^2=9673$ ) ve Ağustos için ( $R^2=9699$ ) olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.18, 4.19, 4.20, 4.21). Bu regresyon denklemleri üzerinden gidilerek hesaplanan biyokütle değerleri saha üzerinden elde edilecek biyokütle miktarlarının tahmin edilmesinde, kalibrasyonda kullanılmak üzere referans noktalar olarak hesaplamaya katılmışlardır.

### **5.2.2. *Posidonia oceanica*'nın biyokütle tahmininde alansal akustik enerji katsayısı (sa) ile biyokütlesi arasındaki ilişki**

Sahadaki biyokütle miktarlarının tahmin edilmesinde oldukça önem arz eden regresyon denklemi, alansal akustik enerji katsayısı (sa) ile yukarıda hesaplaması yapılan istasyonlardaki biyokütle miktarları arasındaki ilişki üzerinden elde edilmiştir. Aslında VBT üzerinden elde edilen akustik enerjinin biyokütleye çevrilmesinde tüm aylar için ortak olarak tek bir regresyon denkleminin elde edilmesi hedeflenmiştir. Çünkü akustik enerji katsayısı (sa) ile yaprak alanı üzerinden hesaplanan biyokütle LABio ( $g/m^2$ ) arasındaki ilişkinin yapılan ANCOVA testinde mevsimlerin birbirlerinden farklı olmadıkları belirlenmiştir (Çizelge 5.1, Şekil 5.2). Bu nedenle ortak regresyon denklemi kullanılmıştır. Tablo 5.1 incelendiğinde aylara göre akustik enerji katsayısı (sa) ve yaprak alanı üzerinden hesaplanan biyokütle (LABio;  $g/m^2$ ) ilişkisinin istatistiki olarak fark göstermediği ANCOVA ile yapılan testinde 0.4013 ile hipotezin red olduğu görülmüştür ( $p > 0.05$ ). Şekil 5.2 incelendiğinde akustik enerji katsayısı (sa) – yaprak alanı üzerinden hesaplanan biyokütle (LABio;  $g/m^2$ ) ilişkisinin aylara göre Tukey's LSD Post-hoc testi ile analiz edilen sonuçları incelendiğinde ise benzer şekilde istatistiki açıdan fark görülmemiştir.

Çizelge 5.1. Akustik enerji katsayısı (sa) – yaprak alan üzerinden hesaplanan biyokütle (LABio; g/m<sup>2</sup>) arasındaki ilişkinin mevsimlere göre ANCOVA test tablosu

Faktör	s.d.	Kareler Top.	Kareler Ort.	F	P
Mevsim	5	0.53543	0.10709	1.27	0.3169
LA_Bio	1	0.45383	0.45383	5.39	0.0316
Mevsim*LA_Bio	5	0.4562	0.09124	1.08	0.4013
Hata	19	1.6011	0.08427		



Log<sub>10</sub> (a)

Şekil 5.2. *Posidonia oceanica*: Aylara göre akustik enerji katsayısı (sa) - yaprak alan üzerinden hesaplanmış biyokütle (LABio)'nin kesişme değeri a'nın %95'lik güvenilirlik sınırları içerisindeki farklılığı (Tukey's LSD Post-hoc testi)

Vejetasyon akustiği çalışılırken, akustik sistemlerle ancak yaprak uçları ayrı ayrı bir birey olarak ölçülebildiğinden ve bugüne kadar yapılan biyokütle ve TS çalışması da olmadığından, biyokütle hesaplamasında kullanılacak regresyon denkleminin oluşturulması için kalibrasyon yapılmasının gerekliliği vardır.

Bütün bu kriterler ve dikkat edilmesi gereken bu önemli bilgiler ışığında, bu tez kapsamında deniz çayırının popülasyon dinamiği, akustik karakterleri, ekolojileri ve akustiksel tür tanımlaması ile birlikte akustik enerjinin biyokütleyle çevrimi için kalibrasyon çalışmaları yapılmıştır. Birçok ekolojik isteklerine göre deniz çayırının, biyolojik dinamikleri ve morfometrileri derinliğe ve zamana bağlı olarak değişiklik göstermiştir ve ölçülen akustik enerjinin de farklı olmasını sağlamıştır. Ancak sualtı vejetasyonu ile çalışılırken geri yansıyan enerjinin yoğunluğunu değiştiren ve tanımlanmasını sağlayan iki önemli parametre devreye girdiği net olarak anlaşılmıştır: Dip yapısının tipi ve yaprağın yapısı.

*Posidonia* çayırının dağılımını ve büyümesini etkileyen habitat özellikleri incelendiğinde gelişimini sınırlayan bazı etmenlerin varlığı yapılan çalışmalarla ortaya konulmuştur. Örneğin çalışma sahasında türün yaşadığı zemin özellikleri incelendiğinde

kayalık sert zemin üzerinde baskın olarak yerleşim gösterirken, bunun dışındaki yapılarda bir gelişim göstermediği bu tez çalışmasında açıkça ortaya konmuştur. Bunun nedeni olabilecek durumlar irdelendiğinde Mutlu vd (2014)'nin aynı çalışma sahasında tahlil ettikleri sediment yapısının niteliği incelendiğinde  $\text{CaCO}_3$  maddesinin yoğun olduğu ve yapılan PCA'lerde dağılımını belirleyen en baş faktör olduğu not edilmiştir. Bu bakımdan, ihtiyacı olan  $\text{CaCO}_3$  temin etmek bakımından  $\text{CaCO}_3$ 'ça zengin yerleri tercih ettiği sonucuna ulaşılabilir. Bu duruma benzer şekilde türün güçlü yansıma özelliğine sahip diğer kısımlarını elimine ettiğimizde (örneğin; kılıf, yaprak pürüzlülüğü) geriye yaprak yapısına bağlı sertlik ilişkisinin geri yansıyan enerjinin yoğunluğunu değiştiren önemli bir diğer etmen olduğu görülmüştür. Özellikle yaşlanan yapraklarla birlikte artan kalkerleşmeyle meydana gelen yapraktaki sertleşmede yine karbonat etkisi açıkça görülmektedir. Ortaya koyduğumuz bu bulgular Lyons ve Pouliquen (1998)'nin yüksek frekansla vejetasyonlardaki akustik saçılım (scattering)'in ölçülmesi üzerine yaptıkları çalışmalarında da ortaya konulmuştur. Akustik karakterlerini belirleyerek tür ayırımı ve akustiksel tanımlamayı hedeflediğimiz bu çalışmada şayet yaprak sertliğine ilişkin farklılığı ölçebileceğimiz bir düzeneğimiz ve/veya sistemimiz olsaydı belki de neden mevsimler ve hatta aynı hat üzerindeki farklı istasyonlarda farklı yansımaların meydana geldiğini ve bunun seviyesini belirleme şansımız olabilirdi.

Vejetasyon akustiği çalışılırken akustiksel karakterlerin bilinmesinin önemi yukarıda bahsi geçen hesaplamaların yapılmasında ve sonuçların değerlendirilmesinde gerekli olurken, bu karakterlerin neler olabileceği çalışılan türe ve yapılan çalışmanın şekline göre de değişiklik göstereceğide şüphesizdir. Fakat genel olarak vejetasyon üzerine yapılan akustik bir çalışmada bilinmesi ve belirlenmesi gereken noktalar kısmen de olsa yapılan bu çalışmayla ortaya konulmuştur. Daha önce de açıklandığı üzere deniz bitki türlerinin akustiksel karakterleri üzerine henüz tamamlanmamış eksik bilgiler mevcuttur. Dolayısıyla spesifik olarak *Posidonia oceanica* çayırıyla da ilgili olarak çok fazla bilgi mevcut değildir. Ancak bu tez çalışmasında ortaya konulan sonuçların nedenlerini irdelediğimizde, özellikle yaprak sertliğine bağlı yapısal değişimlerin akustik yansımayı etkileyen önemli bir faktör olduğunun anlaşılması üzerine, sertlikle ilişkili akustik yansımayı etkileyen deniz çayırlarının akustiksel karakterlerinin neler olduğu ve nasıl etkilediği araştırılmış ve sonuçlarımızın değerlendirmesine katkı sağlayacağı düşüncesiyle aşağıda belirtilmiştir. Buna göre;

Mutlu vd (2014)'nin gerçekleştirdikleri çalışmalarında *Posidonia oceanica* için rizomun ve kılıfın (sheath), akustiksel olarak yaprağından gelen akustiksel enerjiye oldukça yüksek katkı sağladığı ortaya konmuştur. Deniz çayırlarının yaprak yapısına bağlı (sertlik, gaz vs.) akustik karakterlerini ve/veya yansıma katsayılarını da değiştirebildiği bu çalışmada belirlenmiştir ve buna bağlı olarak yaprakların sahip olduğu kılıflı ve kılıfsız hali ile bir takım denemelerde bulunulmuştur. Çalışma sahasında *Posidonia oceanica*'nın kumlu sedimanda yerleşmemesi, tamamen kayalar üzerinde büyüdüğü gözlenmesi, rizomların sediman içinde olmadığı tespit edilmesiyse, yeterince uzun olan rizomlarından akustiksel olarak algılanabilecek kadar yüksek enerjiye sahip olduklarının enerjinin katkısının olduğu belirlenmiştir. Bu bilgi türün dipten ayrılmasını ve kılıf (sheath)'tan itibaren tanımlanması mümkün hale gelmiştir. Karşılaşılan bu sorun, kendilerinin özel olarak geliştirdikleri "SheatFinder" algoritmasının yazılımıyla çözümlenmiştir. Bunun dışında çayır yoğunluğuna, yaprak dokusuna, taşıdığı gaz kabarcıklarına ve fotosentez aktivitesine bağlı olarak, yaprak

dışında serbest olarak meydana gelen gaz içeriğine göre de değiştiği bildirilen özellikler arasındadır (Wilson ve Dunton 2008, Haznedaroğlu ve Akarsu 2009), bu da akustik yansımaya etkileyen faktörler olarak karşımıza çıkmaktadır. Çünkü özellikle hava kabarcığının en yüksek yansımaya katsayısına sahip olduğu bilinen bir gerçektir. *Posidonia oceanica* yapraklarının akustik karakterlerinin belirlendiği bir başka çalışmada da benzer yapıların akustik saçmaya neden olduğunu tespit edilmiştir (Hermann vd 1998). Bir başka yapılan akustik çalışmada ise sediman içinde rizomu olan *Posidonia oceanica* yapraklarının kum tabandan ayırıştırmasını sağlamıştır (Di Maida vd 2011). Rizom içindeki yaprakları birleştiren kısmın bile, saf yaprak enerjisini değişik varyanslarda katkıda bulunabileceği bildirilmiştir. Aynı bulgu Mutlu vd (2014)'nın yaptıkları çalışmalarında da ortaya konmuştur. *Posidonia oceanica*'nın kalibrasyonu sırasında yapılan yaprak bağlama deneyinde, yapraklarındaki belirlenemeyen bir nedenden dolayı akustik enerjiye karşılık biyokütle ilişkisinde 3 ayrı denklem ve lineer bir dağılım çizdiği görülmüştür. Benzer şekilde *Cladophora* alginde yapılan akustik bir çalışmada da, biyokütle ve akustik enerji arasında benzer varyasyon gösteren bir regresyon ilişkisi bulunmuştur (Depew vd 2009). Bunun üzerine yapılan istatistiksel testlerde; oryantasyonun, deniz çayırının birim alandaki yoğunluğunun ve yaprak boylarına göre gelen akustik enerji üzerine fark yaratacak bir faktör olmadıkları tespit edilmiştir. Ancak yaprak sertliğindeki değişimlerin, üzerinde biriken kalkerli yapıların gözlenmesinin etkisinin araştırılması veya yaprak yaşının bilinmesi gibi faktörler ile bu tür farklı regresyon denklemlerinin açıklanması mümkün kılınabilirdi. *Posidonia oceanica*'nın gelişimi ve büyümesi için karbonata ihtiyacı olduğu, karbonat ve karbon döngüsünde oldukça önemli ekolojik görevlerde yer aldığı yapılan birtakım çalışmalarla ortaya konulmuştur (Milliman 1993, Canals ve Ballesteros 1997). Bu nedenle köklerinde, rizomlarında ve sürgünlerinde oldukça yüksek karbon biriktirdikleri belirlenmiştir (Mateo vd 1997). Dolayısıyla kılıf (sheath) ve/veya rizomlarından gelen yüksek akustiksel enerjinin kaynağı, bu yapılarında karrbonat biriktirmelerinden öte gelebileceği bildirilmiştir. Bu çalışmalardan elde edilen sonuçlar, bizim ortaya koyduğumuz bulguları desteklemektedir.

*P. oceanica*'nın kireçleşme özellikle yaprak kireçleşmesi, fotosentezde olurken, genelde Mayıs-Ağustos aylarında yoğun olarak oluşturduğu verilen bilgiler arasındadır. Özellikle inorganik karbon alımının doyuma ulaştığı sırada, fotosentezle oluşan yaprak kireçleşmesi üretimi su sıcaklığına da bağlıdır. Ayrıca fotosentez oranı ile ilgilidir. Yüksek sıcaklıkta yüksek fotosentez oranında kireçleşme tersine işlem yapmaktadır (Enriquez ve Schubert 2004). Kireçleşmeyi artıran, azaltan ve tam açıklanamayan birçok nedeni olduğu için, yaprak sertliği veya kireçleşmesi ile akustik yansımının zamansal, gelişimsel veya mekânsal değişimlerin tespit olması mümkün olmayabilir. Fakat daha öncede belirtildiği üzere, özellikle sert kayalık zemin üzerinde yaşayan türün bu alanları tercih etmesinin nedeni kireç isteğine dayandırılabilir. Dolayısıyla yaprak yaşlanmasına bağlı olarak ortaya çıkan kalkerleşmelerin, akustik yansımaya etkileyen bir faktör olduğunu ortaya koyduğumuz sonuç, bu konuyla ilgili olarak kayalık bölgelerde yaşayan deniz çayırlarından özellikle *Posidonia* türlerinin ( $60-70 \text{ g m}^{-2} \text{ yıl}^{-1}$ ) karbonat üretiminin, yumuşak zeminde bulunanlara ( $0.5 \text{ g m}^{-2} \text{ yıl}^{-1}$ ) göre daha yüksek olduğunun bulunmasıyla (Canals ve Ballesteros 1997) desteklenmektedir. O halde Antalya Körfezi'nde *Posidonia* deniz çayırları kayalık üzerinde yaşadıklarından dolayı, yapraklarındaki kireç oranının yüksek olması beklenen bir durumdur ki bu durum gelişim esnasında yapraktaki artan karbonat oranı ve sertliği akustik enerjisinde farklılaşma

yaratabileceği (Hay vd 1994)'nin yaptıkları çalışma ile ortaya konmuştur. Kireçleşme yaprakların sıklığını da arttırmaktadır (Littler ve Littler 1980). Bir diğer değişle akustik yansıtma katsayısı biyokütleri düşük olan *Posidonia*'larda bu sebeple akustik enerjinin de daha yüksek olmasına neden olabilir. Sismik çalışmalarda *Posidonia* debris ile kaplı veya karbonat tabakalarının akustik dirençlerinin yüksek ( $1.3 \text{ kg/m}^3 \times \text{m/s} - 1.7 \text{ kg/m}^3 \times \text{m/s}$ ) olduğu tespit edilmiştir (Mavko vd 1998). Karbonat, su ortamının yoğunluğuna ve ses hızına göre daha farklı olduğu için, akustik yansıtma katsayısı (R) oldukça yüksektir (Mavko vd 1998, Merriam 1999). Akustik yansımının yüksek olmasının bir diğer sebebi de, karbonat oluşumunda boşlukların artmasından kaynaklandığı ileri sürülmektedir (Aleman 2004). Bu bağlamda *Posidonia oceanica* yaprakları üzerinde kalkerli oluşumların akustik direnci veya akustik yansıtma katsayısını arttırdığı sonucuna da varılabilir. Fakat çalışma bölgesi gibi oligotrofik sularda *Posidonia* üzerinde kalkerli epifitlerde azalmalar olduğu bildirilmiştir (Ballesteros ve Zabala 1993). Bu nedenle yaprak üzerinde yaşayan kalkerli epifit yapısından değil, *Posidonia*'nın yaprak sertliğinin akustik-biyokütle denkleminde 3 ayrı regresyon eğrisini vermesine neden olabileceği ortaya konulan bir başka sonuçtur (Mutlu vd 2014). Tek boyutlu rezonatör tekniği kullanılarak bireysel yaprakların ve rizomların etkili akustik ve biyokütle özelliklerini kullanarak gerçekleştirilen bir başka çalışma da, deniz çayırlarında rezonans olduğu ve çamur kaplı zemine kıyasla kumluk zeminin yaklaşık -8 dB ile -10 dB fark yarattığı (enerjinin normalinden daha yüksek olması beklenir) (Wilson ve Dunton 2008) bildirilmiştir. Bu tür rezonans durumlarının ise çoklu frekans kullanılarak çözülebileceği bir başka çalışmada belirtilmiştir (SIMFAMI 2002).

### 5.2.3. *Posidonia oceanica*'nın tahmin edilen biyokütle miktarlarının zamansal ve mekânsal dağılımları

*P. oceanica*'nın biyokütle miktarlarını mevsimsel olarak tahmin etmek amacıyla, dünyada ilk defa VBT ticari yazılım programı üzerinden B3-First Echo Division Metodu (ilk ekonun bölümlerinin oranı ( $E1'/E1$ ))'nda tanımlama parametrelerinden faydalanarak ( $[E1' \times 2]$ ), Antalya Körfezi'nde biyokütleye bağlı dağılım haritası çıkartılmıştır. Aynı zamanda yerinde doğrulama amacıyla yapılan SCUBA dalışından elde edilen sonuçlarla da kıyaslaması gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma sırasında da uygulandığı gibi türe özgü olarak tanımlamayı yapabilmek için ortamda bulunan hedef olmayan canlı/cansız akustik saçıcılardan (gürültü (noise), süngerimsi zemin üzerinde yer alan *Posidonia*'lı bölgeler, diğer bitki türleri (*Cymodocea sp.*, *Caulerpa sp.* vs.), balık ekoları) uzaklaştırılması için pek çok filtreleme işlemi uygulanmıştır. Bunu başarabilmek için hedef türün akustik karakterinin çok iyi bilinip, türe özgü tipik kısımların akustiksel olarak verilerinin elde edilmesi gerekmektedir. Bu tez çalışmasında *Posidonia oceanica*'nın akustik karakterine ve yansıma özelliklerine bağlı olarak, kullanılan program parametrelerinin (EcoSAV ve VBT) kalibre edilmesi ile ayrıştırılması sağlanmıştır. VBT ile biyokütle miktarlarının tahmini gerçekleştirilirken EcoSAV + PAST ile yaprak boyu tahmin edilmiştir. Elde edilen tüm veri setinin birleştirilmesinde ise Matlab yazılım programı kullanılarak *Posidonia oceanica*'nın biyokütlesinin ve yaprak boylarının haritalanması otomasyona bağlanmıştır.

Özellikle biyokütle tahmini, bu tür canlıların biyolojik yönden dinamiklerini inceleme olanağı ve dolayısıyla buldukları ortamın ekolojik yönden olası değişimlerinin daha hassas takip edilmesini sağlaması bakımından önemlidir. Özellikle

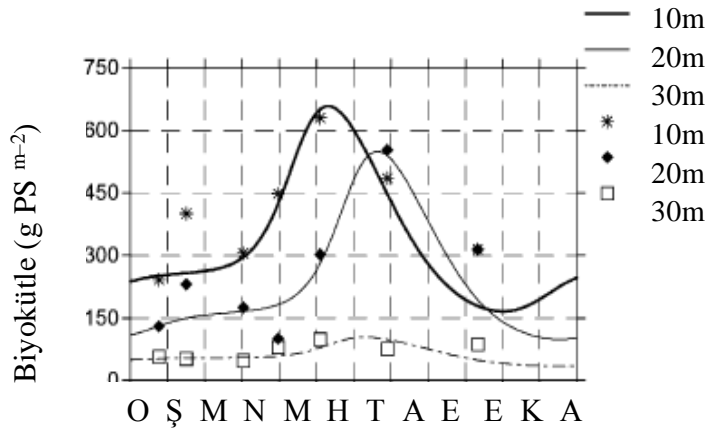
koruma altında olan *Posidonia oceanica* gibi deniz çayırlarının ekolojik yönden önemi ve deniz suyunun sağlığının göstergesi olarak temiz suları temsil etmesi bakımından, stok tahminlerini, morfometrik değişimlerini, yayılmalarını veya yok olmalarını, biyolojik dinamiklerini ve ekolojilerini kısa sürede tanımlamanın gerekliliği çerçevesinde, akustik sistemlerin de avantajlarından faydalanarak araştırmak oldukça önemli olmaktadır. Bu tür veriler stok tespiti yanında stok yönetimiyle beraber kıyı yönetimini de gerçekleştirebilecek olması bakımından da, stokları etkileyecek olan dinamikleri iyi anlamak gerekmektedir. Nasıl balık stok yönetim çalışmalarında hedef türlerin takip edilmesinin yanında stok yönetimi için ekolojik modeller yapılarak çevresel dinamiklerle ilişkili çalışmalar yürütülüyorsa, benzer şekilde deniz çayırları içinde bu tür çalışmaların yapılmasına ihtiyaç vardır. Bu konuyla aynı görüşte olan ve bu amaçla yapılmış bazı çalışmalar mevcuttur (Short 1980, Zimmerman vd 1987, Bach 1993, Madden ve Kemp 1996, Bocci vd 1997, Coffaro ve Sfriso 1997, Zupo vd 1997, Bach vd 1998, Elkalay vd 2000, Elkalay vd 2003). Bu nedenledir ki; bu tez kapsamında hedef olan deniz çayırlarının ayrıca salt akustik verilerinin dışında morfometrik, popülasyon dinamikleri, akustik karakterleri ve ekolojik yönden değerlendirmeleri, kısmen de olsa çalışmalara dahil edilerek sonuçların neden sonuç ilişkisi dahilinde değerlendirilmeleri yapılmıştır. Bu tür bilgilerin temininde elbetteki multi beam sonarlar ve bunlara entegre edilmiş side scan sonarlar daha etkili bir sonuç sağlarken, bilimsel ekosounder kullanarak farklı bir yaklaşımla bu tez kapsamında gerçekleştirilen çalışma da bu konuda önemli bir yol kaydederek oldukça kıymetli sayılabilecek veriler ortaya konmuştur.

Bizim bu çalışmamızdan elde ettiğimiz sonuçlara göre örneklemelerin yapıldığı 6 ay içerisinde en yüksek biyokütle miktarı  $4000 \text{ (g/m}^{-2}\text{)}$ 'ın üzerinde tahmin edilerek Temmuz ayında tespit edilmiştir (Şekil 4.24a). Türün Temmuz ayında en yüksek biyokütle miktarına sahip olduğu aynı çalışmada yapılan SCUBA verilerinden de açıkça görülmüştür. SCUBA'dan da  $4220 \text{ (g/m}^{-2}\text{)}$  olarak hesaplanan biyokütlenin, akustik üzerinden elde edilen verilerle de uyumlu olduğu sonucuna varılmıştır (Bkz. Şekil 4.24b). Temmuz takiben neredeyse benzer bir dağılıma sahip olarak en yüksek biyokütleyle Nisan/Mayıs ayının sahip olduğu belirlenmiştir. Vejetasyonun yeni çimlenmeye başladığı bu dönemde biyokütle miktarının kimi yerde  $2000 \text{ (g/m}^{-2}\text{)}$ 'nin üzerine çıktığı ve Temmuz ayındakine benzer bir şekilde 3 yatağın oluşmaya başladığı gözlemlenmiştir (Bkz. Şekil 4.28a). SCUBA örneklemelerinden elde edilen sonuçlara bakıldığında alansal dağılımla benzerlik göstermekle beraber, en yüksek miktar  $2017 \text{ (g/m}^{-2}\text{)}$  olarak hesaplanmıştır (Bkz. Şekil 4.28b). Bu noktada belirtilmesi gereken önemli bir husus vardır; o da akustik verilerden elde edilen biyokütle miktarlarının SCUBA dalış verileriyle uyumlu olmasının SCUBA'dan elde edilen verilerle kalibre edilmesinden kaynaklanabileceği sorusu akla gelebilir. Ancak sahadaki biyokütle miktarlarını tahmin etmek için kullandığımız regresyon denklemi sadece SCUBA'dan elde edilen yaprak alan (LA) – ağırlık (W) verilerinden değil, farklı mevsimlerden gelen akustik enerji katsayısı (sa) ile yaprak alanı üzerinden hesaplanan biyokütle (LABio) arasındaki ilişkiden elde edilmiştir. Dolayısıyla şayet SCUBA verileriyle kalibre edilmiş olsaydı her mevsimde aynı miktarın elde ediliyor olması gerekirdi. O nedenle, şayet SCUBA verileri ile yeni bir hipotez öne sürerek izlenen yöntemle elde edilen akustik biyokütle miktarları birbirleriyle uyumluluk gösteriyorsa, her mevsim için akustik enerjiyi biyokütleyle çevirecek olan ortak denklemin doğru elde edilmiş olmasından ileri gelir. İlave olarak; SCUBA ile akustikten elde edilen biyokütle miktarları karşılaştırılırken kastedilen SCUBA hatları değil, çalışma

sahası içerisinde tahmin edilen biyokütle miktarlarının alansal dağılımıdır. Yani alan üzerinde bir değerlendirme yapılmıştır.

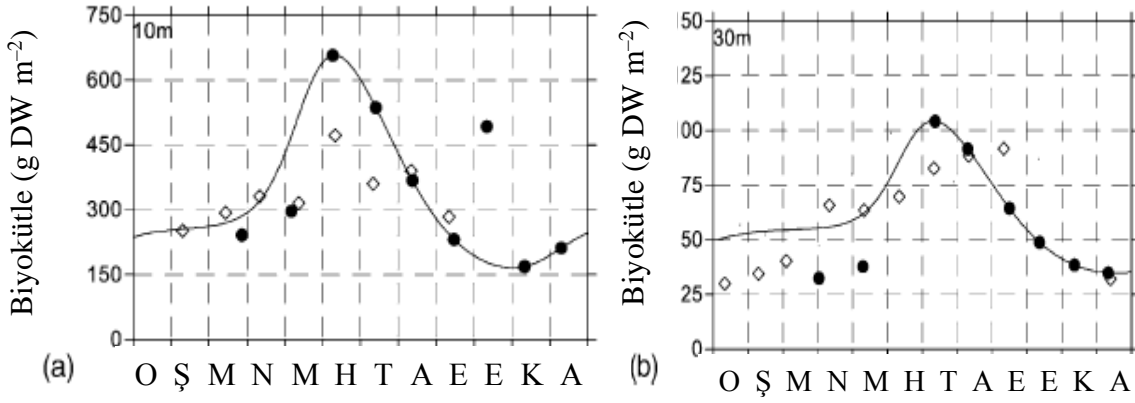
*Posidonia oceanica*'nın mevsimsel dinamiği ve biyokütlesi üzerine yapılan çok az sayıda çalışmaya rastlanmış olup, kuru yaprak ağırlığı üzerinden değerlendirmeler yapılmıştır. Bizim tez çalışmamızda ise yaş yaprak ağırlığı üzerinden hesaplamalar gerçekleştirilmiştir. Bu nedenle bu çalışmalardan elde edilen miktarlar değerlendirmeye alınmayıp sadece mevsimsel olarak genel dağılım verileri elde ettiğimiz sonuçlarla kıyaslanmıştır. Söz konusu yapılan çalışmalar incelendiğinde;

Elkalay vd (2003)'nın yaptıkları çalışmalarında kuru yaprak biyokütlesinin Haziran-Temmuz ayında 10 m, 20 m ve 30 m derinlik konturlarında sırasıyla 700, 550 ve 200 (g dw m<sup>-2</sup>) olduğu, bunu takiben de Nisan ayının izlediği ve sonrasında düştüğünü bildirmişlerdir (Şekil 5.3). Aynı bölgede Calvi Körfezi'nde (kuzeybatı Akdeniz) yapılan başka bir çalışmada ise (Şekil 5.4), 10 m ve 30 m'de ölçülen biyokütle miktarlarının mevsimsel dağılımında; 10 m'de en yüksek miktar Mayıs-Haziran arasındaki dönemde, 30 m'de ise Haziran-Temmuz arasındaki dönemde rastlanmıştır (Bay 1984). Burada dikkat çeken bir diğer husus, bizim çalışma sırasında kaydettiğimiz ve belirttiğimiz üzere, kıydan derinlere gidildikçe gerek alansal dağılımda azalışların görülmesi ve buna paralel biyokütle miktarlarında da azalmaların yaşanmasıdır. Benzer sonuç her iki yapılan çalışmada da dikkati çekmiştir. 10 m ve 30 m örneklemelerinden elde edilen biyokütle miktarları arasında ciddi bir düşüşün olduğu açıkça görülmektedir. Bu tezin çalışması sırasında da tespit edilen, derinliğe bağlı biyokütle miktarındaki azalmanın meydana geldiği, türün örneklemeleri sırasında ölçülen diğer morfometrik karakterlerinin (sheath sayısı, sürgün sayısı, sürgünler arası mesafe, yaprak sayısı vb.) ilişkileri incelendiğinde de görülmüştür. Hatta aynı türün bulunduğu lokasyon ve derinliğe göre bile çeşitlilik gösterdiği, büyümesinin ve shoot yoğunluğunun derinlikle azaldığını göstermişlerdir (Çelebi 2007, Mutlu vd 2014).



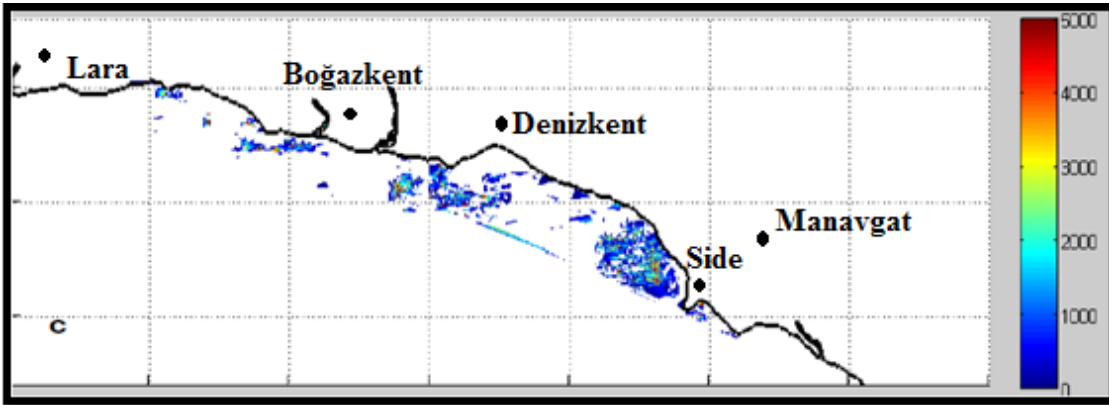
Şekil 5.3. Calvi Körfezi (kuzeybatı Akdeniz)'nde *P.oceanica*'nın yaprak biyokütlesinin mevsimsel ve derinliğe bağlı dağılım grafiği (Elkalay vd 2003)



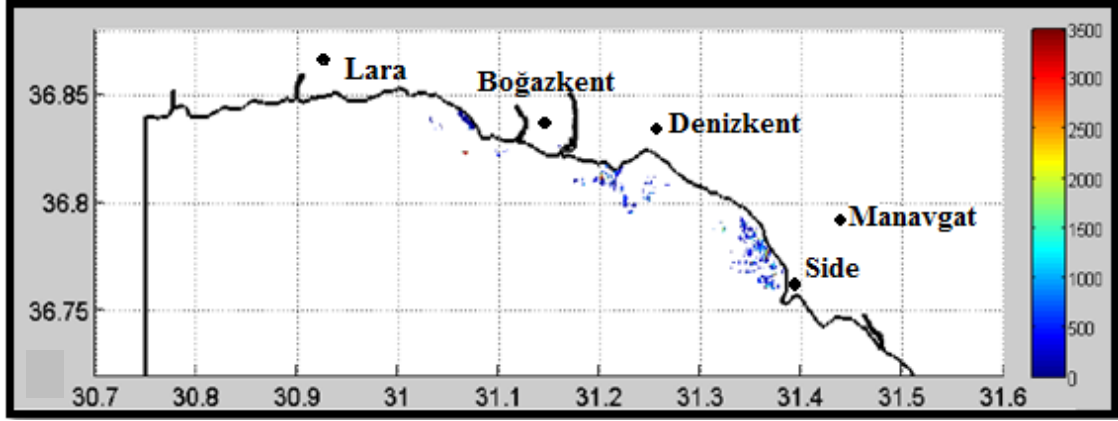


Şekil 5.4. Calvi Körfezi (kuzeybatı Akdeniz)’nde *P. oceanica*’nın yaprak biyokütlesinin mevsimsel ve derinliğe bağlı **a)** 10 m, **b)** 30 m dağılım grafiği (Bay 1984)

Yukarıda bahsi geçen çalışmalar hep empirik yöntemlerle gerçekleştirilen biyokütle miktarlarının tahmin sonuçlarını göstermektedir. Akustiksel olarak türün biyokütle miktarlarının tahmini ve alansal dağılımı üzerine sadece Mutlu vd (2014)’nin yaptıkları çalışma mevcuttur. “SheatFinder” adını verdikleri algoritmalarıyla bir takım sonuçlara ulaşmışlardır. Bu nedenle bu tez kapsamında elde edilen tahmini biyokütle miktarları ve alansal dağılım sonuçları, akustik veri üzerinden elde edilmiş tek örnek olması bakımından Mutlu vd (2014)’nin yaptıkları çalışmadaki sonuçlarla ayrıntılı olarak kıyaslanmıştır. Buna göre Temmuz (Şekil 5.5) ve Nisan/Mayıs (Şekil 5.6) ayında elde ettikleri dağılım haritası incelendiğinde, aynı alanlarda benzer dağılım ve biyokütle miktar sonuçlarına ulaştıkları belirlenmiştir. Ayrıca genel bulgularında en yüksek miktara benzer şekilde Temmuz ve sonrasında takiben Nisan/Mayıs ayında rastlanılmıştır.

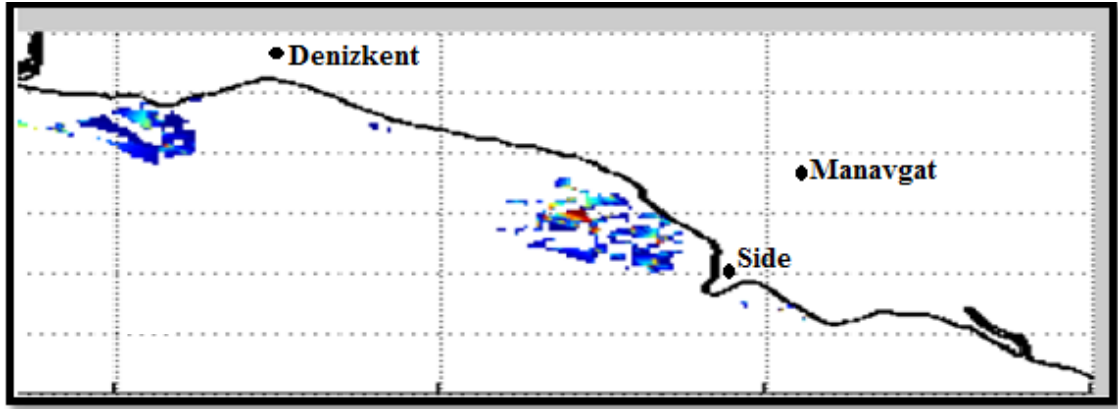


Şekil 5.5. Temmuz dönemi “SheatFinder” algoritması ile akustik veri üzerinden Antalya Körfezi’nde dağılım gösteren *P. oceanica*’nın biyokütleye bağlı dağılım haritası (Mutlu vd 2014)



Şekil 5.6. Nisan/Mayıs dönemi “SheatFinder” algoritması ile akustik veri üzerinden Antalya Körfezi’nde dağılım gösteren *P. oceanica*’nın biyokütleyle bağlı dağılım haritası (Mutlu vd 2014)

Örneklemenin takip ettiği yazın bitip sonbaharın karşılandığı Ağustos ayında, vejetasyonun yavaş yavaş ölmeye başladığı Temmuz ayına bakarak hem alansal küçülmenin başlamasından hem de biyokütle miktarlarındaki ciddi düşüşten anlaşılmaktadır. Dağılım yönünden bizim elde ettiğimiz sonuçlarla benzerlik göstermekte ve her iki örneklemede de en yüksek miktara Side önünde rastlanmıştır. Mutlu vd (2014)’nin yaptıkları çalışmalarında ise dağılım alanları bakımından benzer sonuçlarla, en yüksek miktara Side önünde rastlanmıştır (Şekil 5.7).



Şekil 5.7. Ağustos dönemi “SheatFinder” ile akustik veri üzerinden Antalya Körfezi’nde dağılım gösteren *P. oceanica*’nın biyokütleyle bağlı dağılım haritası (Mutlu vd 2014)

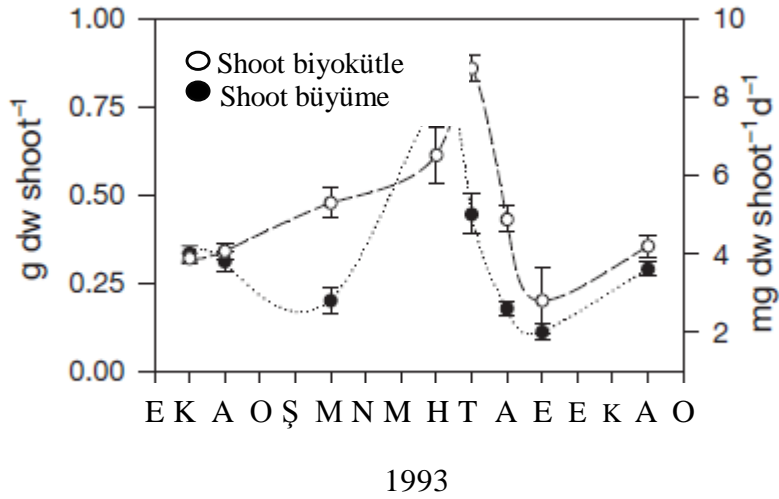
Buna karşın Buia vd (1992)’nin *P. oceanica*’nın mevsimsel olarak yaprak biyokütle dağılımlarını inceledikleri çalışmada en yüksek Ağustos ayının ( $898 \text{ mg dw sh}^{-1}$ ) ve sonrasında Temmuz ayının ( $860 \text{ mg dw sh}^{-1}$ ) takip ettiğini not etmiştir. Bu sonuçlar diğer çalışmalardan elde edilen miktarların oldukça altında görünmektedir. *P. oceanica*’nın büyümesi üzerine yapılan başka bir araştırmada da (Ott 1980), türün büyümesinde iki ayrı mevsime dikkat çekmiştir. Birincisi Ağustos, diğeri de Mayıs ayıdır. Maksimum biyokütleyle Ağustos ayında  $1300 \text{ (g dw m}^{-2}\text{)}$  olarak bildirmiştir. Ancak bunların aksine Lepoint vd (2002)’nin yaptıkları çalışmalarında ise *P. oceanica*’nın 2

yıllık süren izlemesinin ardından yaprak biyokütlesinin bizim çalışmamızla uyumlu olacak şekilde Nisan/Mayıs-Temmuz arasındaki periyotta en yüksek noktaya ulaştığı, ama takip eden Ağustos ve sonbahar döneminde minimum noktaya düştüğü görülmüştür (Şekil 5.8). Ağustos ayında azalmaya başladığını (Bay 1984, Elkalay vd 2003) yaptıkları çalışmalarında da göstermiştir (Bkz. Şekil 5.3, 5.4).



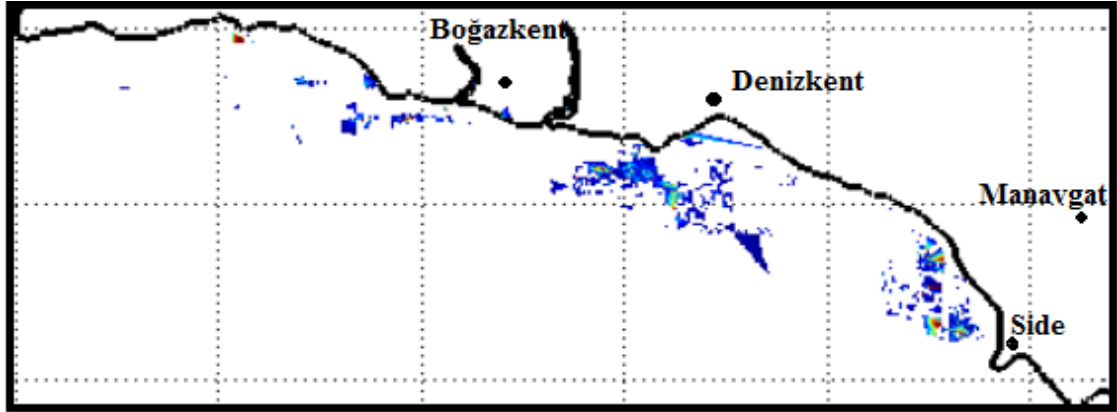
Şekil 5.8. *Posidonia oceanica*'nın 10 m derinlikteki yaprak biyokütlesinin aylık ortalama değerleri (kuzeybatı Akdeniz, Revellata Körfezi, Corsica)

Bir diğer çalışmada İspanya kıyılarında Medes adalarında (NE coast of Spain: 42° 2' N, 3° 13' E) yaşayan *Posidonia oceanica* çayırları üzerine yapılmıştır. SCUBA ile örneklenen çalışmada, örnekler üzerinde yaptıkları ölçümler neticesinde kılıf (sheath) büyüklüğünün ve büyümesinin (kılıf ve yaprakları içerirken ki hali) yüksek mevsimsel çeşitlilik gösterdiğini bildirmişlerdir (Alcoverro 1993). Ayrıca kılıfların (sheath) yaz sonu Temmuz - Ağustos arasına denk gelen bir dönemde en geniş olduğunu, kışla beraber düştüğünü belirtmiştir (Şekil 5.9). Ortaya çıkan bu sonuç, bizim bu tezde ulaştığımız verilerle oldukça benzer sonuçları içermektedir. Bir başka İspanya'da (NW Akdeniz) Gacia ve Duarte (2001)'nin yaptıkları çalışmada da yaz mevsiminden kışa girerken biyokütle miktarının azaldığı ve baharla birlikte yeniden artışa geçtiği kaydedilmiştir.



Şekil 5.9. Her shoot için (yapraklar ve yaprak kılıfları dâhil) biyokütlenin mevsimsel değişimi

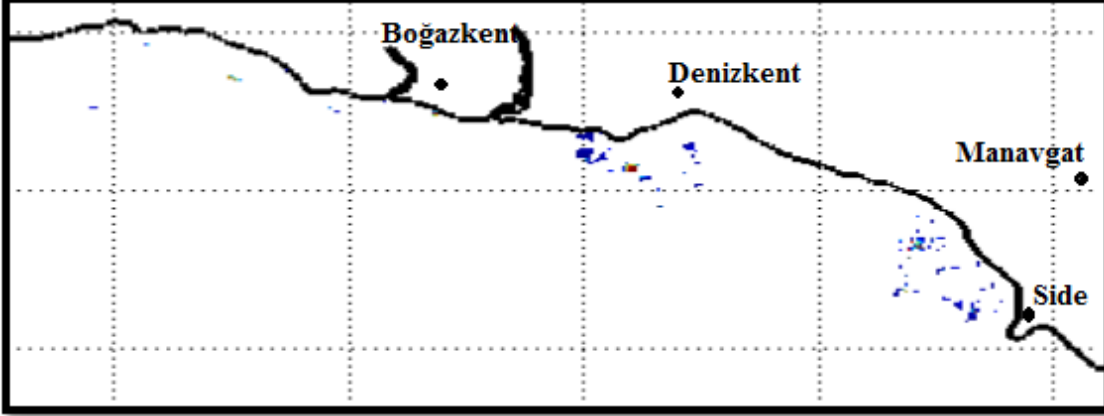
Mutlu vd (2014)'nin yaptıkları çalışmalarında ise bir önceki döneme göre benzer şekilde azalmanın başladığı anlaşılmaktadır. Side ve Boğazkent önünde küçülmelerin başladığı belirgin bir biçimde görülmektedir. Bu sonuç tez kapsamında elde edilen bulgularla oldukça benzerlik göstermektedir (Şekil 5.10). Benzer sonuçlar Bay (1984), Elkalay vd (2003), Lepoint vd (2002), Buia (2004)'nin çalışmalarında rastlanmıştır. Bu aylar türün büyümesinin minimum olduğu dönem olarak karşımıza çıkmıştır.



Şekil 5.10. Kasım/Aralık döneminde “SheatFinder” ile akustik veri üzerinden Antalya Körfezi’nde dağılım gösteren *P. oceanica*’nın biyokütleye bağlı dağılım haritası (Mutlu vd 2014)

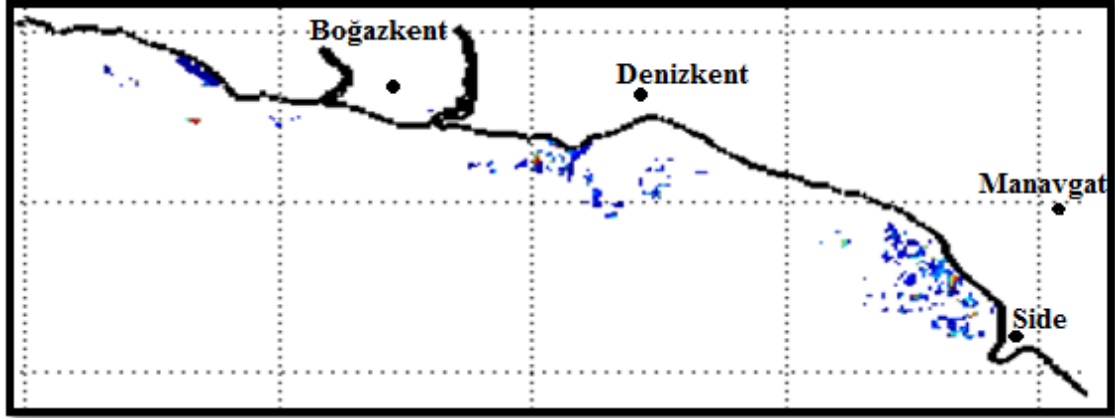
Kasım/Aralık ayında gerçekleştirilen çalışmada ise (Mutlu vd 2014) benzer bir sonuca ulaşıldığı belirlenmiştir. Bu dönemde türün dağılımında ve miktarında dikkati çekecek şekilde bir azalma söz konusudur (Şekil 5.11). Yapılan diğer çalışmalardan bu dönemdeki dağılım miktarları incelendiğinde bizim çalışmamızdan elde ettiğimiz sonuçlara kıyasla Kasım/Aralık döneminden sonra artışa geçtiği görülmektedir (Bay 1984, Elkalay vd 2003, Lepoint vd 2002). Oysaki bu tez çalışması sırasında kışın en soğuk olarak yaşandığı Ocak ayında tahmin edilen biyokütle miktarının en minimum seviyeye

düştüğü belirlenmiştir. Diğer çalışmalarda böyle bir sonucun çıkmasının nedeni olarak, kış mevsiminin en soğuk olduğu zaman diliminin mevsimsel geçişle alakalı olarak farklılık göstermesinden kaynaklı olabileceği düşünülmektedir. Çünkü subtropikal bir iklimin hâkim olduğu Antalya Körfezi'nde Ocak ayında en düşük sıcaklık değeri kaydedilmiştir. En az miktara bu ayda ulaşılmasının nedeni olarak suların daha geç soğumasının bir sonucu olarak değerlendirilmiştir.



Şekil 5.11. Ocak döneminde “SheatFinder” ile akustik veri üzerinden Antalya Körfezi’nde dağılım gösteren *P. oceanica*’nın biyokütleyle bağlı dağılım haritası (Mutlu vd 2014)

Mart ayında Mutlu vd (2014)’nın çalışmalarından elde ettikleri sonuçlarla kıyaslandığında bir önceki döneme dağılımın görülmediği kesimlerde yeniden bir genişlemenin başladığı dikkat çekmiştir (Şekil 5.12). Burada çarpıcı olan nokta, Ocak ayında Boğazkent önünde gerçekleştirilen SCUBA örneklemelerinden de hiçbir veri kaydedilmezken akustik sonuçlardan da benzer sonuca ulaşılmıştır. Mart ayına gelindiğinde aynı noktada gerçekleştirilen dalışlarda türün örneklemeleri ile veri elde edilirken, akustiksel olarak da türün varlığına ilişkin kayıtlar alınmıştır. Bu bakımdan aynı alan üzerinde türün mevsimsel farklılığa bağlı varlığı – yokluğu her iki şekilde de ispatlanmıştır. Bu durumun nedeni olarak, kılıfın (sheath) toprak üstü kısmında yer alan yaprak yapılarının Ocak ayında kalmadığı, ancak toprak altında var olan rizomların ve kılıfın Mart ayında yeniden çimlenmeye başlamasıyla gerek akustiksel gerekse dalış örneklemeleriyle algılanabilir duruma geçtiği öngörülmektedir. Diğer çalışmalarda da (Bay 1984, Elkalay vd 2003, Lepoint vd 2002) sonuçların benzer olduğu ve alansal genişlemeyle beraber biyokütle miktarının da artışa geçtiği belirlenmiştir.



Şekil 5.12. Mart dönemi “SheatFinder” ile akustik veri üzerinden Antalya Körfezi’nde dağılım gösteren *P. oceanica*’nın biyokütleye bağlı dağılım haritası (Mutlu vd 2014)

#### 5.2.4. Çalışma sahasındaki dibin yapısal sınıflandırılması

VBT ticari yazılım programı kullanılarak, *Posidonia oceanica*’nın Antalya Körfezi olarak belirlenen çalışma sahası içerisinde her mevsim bulunurluğunun olduğu sert kayalık zemin üzerinde yayılım gösterdiği ortaya konmuştur. Yaşadığı ortam özelliklerini ortaya koyan daha pek çok çalışmada da bu tez kapsamında elde edilen bulgularla benzer sonuçlar ortaya konulurken, bunun aksine farklı ortamlarda yaşadığını gösteren çalışmalara da rastlanmıştır. Örneğin; Antalya kayalık kıyılarının makrobentik biyotasının mevsimsel değişimi üzerine yapılan bir çalışmada, floristik yapı içerisinde tespit edilen türün önemli örtüler oluşturduğu, alanda baskın olarak *P. oceanica*’nın her mevsimde bulunurluğu vurgusu, çalışma sonuçlarımızla örtüşmektedir (Kuşat vd 2015). Hatta yüksek çözünürlüklü bir ekosounder kullanarak yapılan bir başka araştırmada, C ihtiyacına olan gereksinimden ötürü, kimi zaman yüksek C deposu olan ölü mat tabakasında yerleşim gösterdiği, kimi zaman C oranı yüksek “orta sertlikteki kum (medium sand)” olarak adlandırılan bir sediment üzerinde yerleştikleri kaydedilmiştir (Tomasello vd 2009, Marbà vd 2014).

Akustik sistemlerin kullanılarak *P. oceanica*’nın yaşadığı ortamı belirlemeyi amaçlayan çalışmalar incelendiğinde türün bulunduğu yere göre farklı sonuçlar çıkmıştır. MBS (multi-beam sonar) kullanarak *Posidonia oceanica* çayırlarının Sardinia (Batı Akdeniz) kıyılarında dağılımını ve sediment tane büyüklüğü üzerine yapılan çalışmada, türün kum ve çakılla karışık bir zemin içinde büyümek için sert zemini tercih ettikleri (örneğin; biyojenik karbonat - (karbonat içeriği 60 ile 90% arasında değişen))’ni belirtmişlerdir (De Falco vd 2010). Aynı araştırmacı tarafından yapılan bir başka çalışmada yine aynı bulguları ortaya koymuştur (De Falco vd 2000, De Falco vd 2003). Yüksek frekanslı side-scan sonar kullanılarak deniz tabanının görüntülenmesinin yapıldığı bir başka çalışmada, *P. oceanica*’nın kayalık sert zemin üzerinde yaşadığı bildirilmiştir (Savini 2011).

Bunların aksine her iki ortamda yayılabildiğini gösteren çalışmalarda bulunmaktadır. MBS kullanarak türün, hem kumluk hem de kayalık substratta yetiştiği kaydedilmiştir (Tonielli vd 2016). Yine MBS kullanarak Akdeniz’de deniz tabanının

karakterizasyonunu ortaya çıkarmayı hedefleyen bir başka çalışmada da “medium sand (orta kum)” olarak etiketlenen sediment tipinde ve sert kaya üzerinde *Posidonia*'nın yaşadığı bildirilmiştir (Innangi vd 2015). Multi-beam ekosounder ile deniz tabanının haritalandırılması amacıyla Akdeniz’de bir adanın yakınlarında gerçekleştirilen çalışmada da yine “medium sand” olarak nitelendirilen bir alanda türün patchy (yamalı) yataklar oluşturduğunu ama “kayalık (rocky)” olarak nitelendirilen zeminde ise daha geniş yataklar oluşturduğu kaydedilmiştir (Micallef vd 2012). Bir başka akustik teknik olan telemetrinin kullanılarak gerçekleştirilen çalışmada, türün bulunurluğunu hem kayalık hem de kumluk zemin üzerinde ortaya koymuşlardır (Descamp vd 2015). Benzer şekilde 100 kHz ile 500 kHz kullanılarak *P. oceanica*'nın yaşadığı yer özelliğini tespit etmek amacıyla side-scan sonar ile gerçekleştirilen bir başka çalışmada kayalık zemin üzerinde patchy (yamalı) dağılımlar oluşturduğunu ama kumluk sedimanda da yaşadığını ortaya koymuşlardır (Piazzi vd 2000). 3D sualtı görüntüleme tekniği uygulanarak da yapılan ve *Posidonia*'nın yaşadığı zeminin karakterini ortaya konulan çalışmalar mevcuttur (Rendea vd 2015). Bunların yanında görüntüleme tekniklerinden, “Remote Sensing Sistemler”in kullanıldığı IKONOS görüntüleme analizine dayalı olarak gerçekleştirilen Fornes vd (2006)'nın çalışmalarında da benzer sonuca ulaşmışlardır ve *P. oceanica*'nın kumluk ve kayalık sedimanda yayılım gösterdiklerini belirlemişlerdir. Akustik sistemleri kullanarak yapılan bir başka çalışmada da türün farklı sediment özelliğine sahip dip yapılarında yayılım gösterebileceği not edilmiştir (Vousdoukas vd 2010).

Sadece kum zemin üzerinde yayılım gösterdiğini bildiren çalışmalara da rastlanmaktadır. Bu tezin verilerinin toplandığı frekansa benzer bir frekans kullanılarak (38 kHz ve 200 kHz) hem single-beam hem de side-scan sonar kullanarak gerçekleştirilen bir çalışmada (Sánchez-Carnero vd 2008), türün kumluk zemin üzerinde dağılım gösterdiğini not etmişlerdir. Di Maida vd (2011) MBS kullanarak gerçekleştirdikleri çalışmalarında *P. oceanica*'nın kumlu sedimanda türün ayrımını yapmayı başarmışlardır. Yine kumluk sediman üzerinde kolonize olarak yaşadıklarını bildiren çalışmalarda mevcuttur (Calvo vd 1993, Gacia ve Duarte 2001). Bir başka farklı frekanslarla yapılan sismo-akustik bir çalışmada, kumluk zemin üzerinden ayırt edilebildiği rapor edilmiştir (LoIacono vd 2008). Single beam ekosounder kullanarak akuatik çevrenin sualtı vejetasyonunu araştıran bir çalışmada *P. oceanica*'nın kumluk zemin üzerinde yerleşim gösterdiği bildirmiştir (Lasagna vd 2006, Monpert vd 2014).

Akustik sistemlerle yapılan çalışmalar dışında geleneksel yöntemlerle *P. oceanica*'nın yaşadığı substratunu inceleyen çalışmalarda oldukça çoktur. Kum ve kaya üzerinde *P. oceanica*'nın büyümesi üzerine Alagna vd (2015)'nin yaptıkları çalışmalarında, türün yerleşim yeri olarak yüksek oranda kayaların üzerini tercih ettiği, kumu tercih etmediği, ancak kumla karışık sert çakıl-kaya karışımı kompleks yerleri de tercih ettiğini bildirmişlerdir. *Posidonia*'nın mikrohabitatı üzerine yapılan bir çalışmada, türün yaşamak için algle kaplı kayalık substratları tercih ettiği ve büyümenin algli çimli kaplı alanlara nazaran kayalık sedimanda daha iyi olduğunu rapor etmişlerdir (Alagna vd 2013). Benzer bir sonucu ortaya koyan Montefalcone vd (2014), doğrudan *P. oceanica* çayırlarının kayalık zemin üzerindeki gelişimini çalışmışlardır, fakat bunun yanında bu çayırların kumluk alanlarda da gelişim gösterebileceğini kaydetmişlerdir (Di Maida vd 2013). Del Vecchio vd (2013) tarafından yapılan çalışmada, kumdan oluşan bir deneme ortamına gerekli nutrientleri ekleyerek, *P. oceanica*'nın çimlenmesini ve büyümesini

çalıştıkları çalışmalarında, kumluk sahillerin gerekli olan nutrientlerce fakir olduğu ve yaşamak için ekstrem çevre koşullarına sahip yerlerin olması gerektiğini bildirerek kayalık / sert zeminlerde yaşamasının daha elverişli olduğunu vurgulamıştır. Öyle ki, *P. oceanica*'nın büyümesinde ve gelişiminde kayalık yerin üzerinde yaşayan bireyler ile kumluk ve çamurlu bölgelerde yaşayanlara kıyaslandığında shoot büyüklüğünün arttığını ve daha yüksek yoğunluğa eriştiğini bildiren çalışmalarda mevcuttur (Short 1980, Giovannetti vd 2008). Kayalık zemin üzerinde sürekli bir dağılım gösterdiği (Mazzella vd 1989, Giovanetti vd 2008) tarafından da rapor edilmiştir.

Her iki alanı da kullanabildiği, SCUBA dalışları ve “aerial photographs” tekniğiyle *P. oceanica* çayırlarının yatak özelliklerini belirlemeyi hedefleyen bir başka araştırmayla da ortaya konulmuştur. Buna göre sediment tane büyüklüğüne göre kayalık zeminde: sürekli, medium sand (inter-matte-reticulate): ağ gibi örülmüş ve çıplak kumda: yamalı (patchy) olmak üzere 3 farklı tipte yayılım gösterdiğini belirtmişlerdir (Borg vd 2009). Hem yumuşak hem de sert substratta yaşadığı Boudouresque vd (2009)'nın yaptıkları çalışmalarında da benzer sonuçlar ortaya konmuştur. Farklı deniz tabanı karakteristiklerinde (kayalıklarda yamalı dağılım, kesintisiz ve sürekli yumuşak zemin vb.) yaşayabileceğini ortaya koyan bir diğer çalışmada Buia vd (2004) tarafından bildirilmiştir. Farklı sediment üzerinde de yaşayabildiğini gösteren bazı çalışmalarda, *P. oceanica*'nın kayalık ve kumlu dip üzerinde yaşayabileceği fakat çamurlu substratlarda her nasılsa bitkinin yaşaması için uygun olmadığı bazı araştırmacılar tarafından kaydedilmiştir (Díaz-Almela ve Duarte 2008, Relini ve Giaccone 2009). Aynı şekilde Balestri ve Lardicci (2008)'in yaptıkları çalışmalarında her iki ortamda bulunabileceğini ve büyülebileceğini rapor etmiştir.

Bunların aksine sadece kumluk alanları tercih ettiğini bildiren çalışmalara da rastlanmıştır (Mazzella vd 1993). *P. oceanica*'nın transplantasyonu üzerine bir değerlendirmede kumluk sediman üzerinde gelişim gösterdiği kaydedilmiştir (Pirrota vd 2015). Benzer bir çalışmada Borg vd (2005) tarafından yapılmıştır ve çıplak kumluk alanlarda ağ-örgü (retikulate-sürekli olmayan) tipinde bir dağılım özelliğine sahip olduğu belirlenmiştir. Bunun dışında Croatian Denizi'nde koruma altında olan birkaç noktada türün izlenmesine yönelik gerçekleştirilen bir çalışmada, türün dip zeminin % 65'ni kapladığı ve bunun % 14'nün kum ve çamur karışımı bir zeminde ve % 0 oranında da ihmal edilebilecek düzeyde kayalık zemin üzerinde yaşadığını ortaya koymuşlardır (Guala vd 2012). Benzer bir sonuçta Hackradt vd (2014)'nin yaptıkları çalışmada belirtilmiştir. Yine kıyı sularda *P. oceanica*'nın dalga hareketine verdiği cevabı araştıran bir çalışmada, türün yaşadığı habitatı sert mat tabakasıyla kaplı kumluk alanda bulunduğunu, nadiren kayalık zemin üzerinde yaşadığını kaydetmişlerdir (Cancemi vd 2000, Cavallaro vd 2011).

Yapılan çalışmalar incelendiğinde türün ihtiyaçları doğrultusunda sert kayalık zeminleri tercih edebileceği ve böyle alanlarda daha yayılcı bir dağılım gösterebileceklerini ortaya koyan araştırmalar, bu tezde elde edilen bulgularımızı destekler niteliktedir.



### 5.3. EcoSAV Ticari Yazılım Programının Değerlendirilmesi

EcoSAV programı kullanılarak türün dağılım gösterdiği alanlardaki bitki yüksekliğine bağlı dağılım haritası çıkartılmıştır. Fakat program bu konuda tek başına yeterli olmamış, dışarıdan filtreleme müdahalesine gerek duyulmuştur. Bu noktada PAST adı verilen istatistik programından yararlanılmıştır. PAST programı içerisinde yer alan Cluster Analizi ile EcoSAV'dan elde edilen uzunluk verisinin kendi içerisinde kümeleşmesi yoluna gidilerek ayrıştırılması sağlanmıştır. Kullanılan PAST programı içerisindeki “K-Means Kümeleme Analizi” tek bir veri setinin kendi içerisindeki kümeleşmesi ve bir elemanın sadece bir kümeye ait olması esasından yola çıkarak uygulanmıştır. Kalibrasyon işlemi sonrasında filtrelemeden kaçan hedef dışı türlerin gözle dağılımlarının takip edilerek ayrıştırılması hem bütün veri seti için oldukça zor bir işlem olması hem de bir otomasyona sokularak istatistiki olarak filtrelemenin gerçekleştirilmiş olması bakımından doğru bir işlemdir. Elbette tüm veri seti için dağılım grafiği elde edildikten sonra tek tek elle ayıklanabilirdi ancak bu durumda objektif bir uygulama olmayacağı kanısına varılmıştır. Yapılan işlemin tek bir değişken üzerinden gerçekleştirilmiş olması, yapılan uygulamanın doğru olmayacağı anlamına gelmez bilakis Öklid uzaklık formülünü kullanarak mesafe hesaplandığı için bir, iki veya üç değişkene sahip olmak fark etmez. Öklidin tek boyutta uzaklık formülünü incelediğimizde  $\sum_i (y_i - x_i)$ ;  $i$ =değişken sayısı (veya sütun sayısı)'nı ifade ederken eğer 1 değişken varsa  $i=1$ , 2 değişken varsa  $i=2$ ,  $N$  sayıda değişken varsa  $i=N$ 'i ifade edeceğinden, K-Means Kümeleme Analizi bu tez çalışmasında da uyguladığımız üzere 1 değişken üzerine de uygulanabilmektedir.

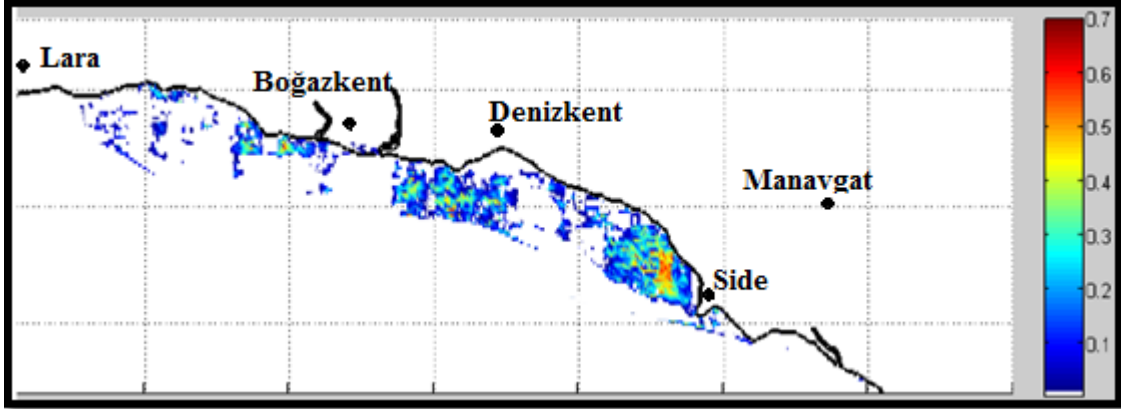
Sonuç olarak genel dağılımın içerisinde yüksek ve/veya yanlış akustik yansıma sebebiyle farklı sışramalar gösteren verinin elimine edilmesi gerçekleştirilmiştir. Oysaki doğrudan EcoSAV üzerinden *P. oceanica*'nın tanımlanmasını sınırlayıcı etmenler olmasaydı, bu ikincil işleme gerek kalmadan doğrudan Matlab'da işleme şansı olacaktı. Hele de her seferinde 80 GB'lık verinin analiz edildiği düşünülürse, bu aynı zamanda zamandan tasarruf anlamına da gelmektedir. EcoSAV post-proses programı ile çalışılırken karşılaşılan bu sorunlar “sınırlayıcı etmenler” başlığı altında ayrıca anlatılmıştır.

#### 5.3.1. EcoSAV ile *Posidonia oceanica*'nın yaprak boyunun zamansal ve mekânsal dağılımı

EcoSAV kullanılarak *P. oceanica*'nın bitki yüksekliğine bağlı dağılımını çalışan tek bir çalışma mevcuttur (Mutlu vd 2014). Bu çalışmada EcoSAV programının default'unda yer alan ayarlara göre kalibrasyon işlemi yapılmış ve veriler bu kalibrasyona göre işlenmiştir. Ayrıca yazdıkları kendi özel algoritmalarını kullanarak elde ettikleri sonuçlarda mevcuttur. Ancak bu kısımda, kendi özel algoritmaları olan “SheatFinder”dan elde edilen sonuçlar kıyaslamalı olarak değerlendirilmiştir.

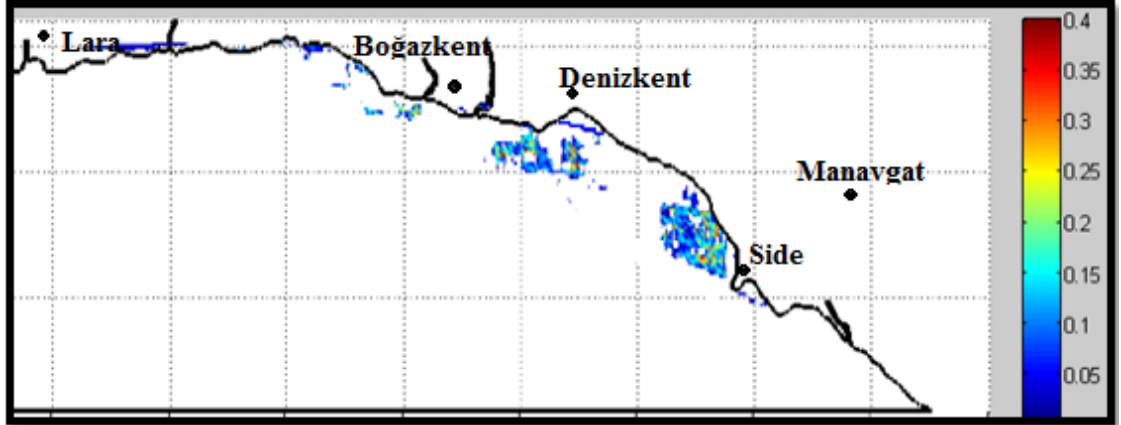
Mutlu vd 2014)'nın “SheatFinder” algoritmasına göre elde ettikleri sonuçlar incelendiğinde; maksimum yükseklik 70 cm ve üzeri ile Side önünde olmak üzere çalışma sahasında Lara'dan Side'ye giden istikamette baskın olarak dağılım gösterdiği görülmüştür. Bu sonuçlar, tamamen farklı bir metodolojiyle gerçekleştirilen analiz

sonucuyla oldukça yaprak yüksekliği bakımından benzerlik gösterebilir, alansal dağılım bakımından uyumsuzdur (Şekil 5.13).



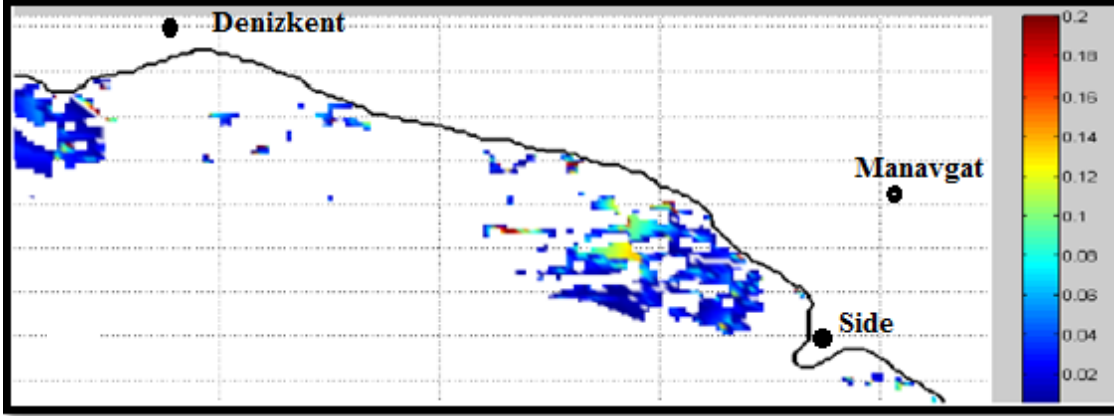
Şekil 5.13. Temmuz 2011 döneminde “SheatFinder” algoritmasıyla elde edilen ortalama yaprak boylarının (m) alansal dağılımı (Mutlu vd 2014)

Vejetasyonun çimlenmeye başladığı ve Temmuz’dan sonra ikinci en yüksek biyokütle dağılımının tespit edildiği Nisan/Mayıs ayında “SheatFinder” algoritmasıyla elde edilen sonuçlar incelendiğinde, dağılımın 40–45 cm civarlarında ölçüldüğü tespit edilmiştir. Bu veriler, bizim bu tez kapsamında EcoSAV üzerinden elde edilen verileriyle örtüşmemektedir. Bu haliyle bizim tahmin ettiğimiz değerlerin çok aşağısında kalmıştır (Şekil 5.14).



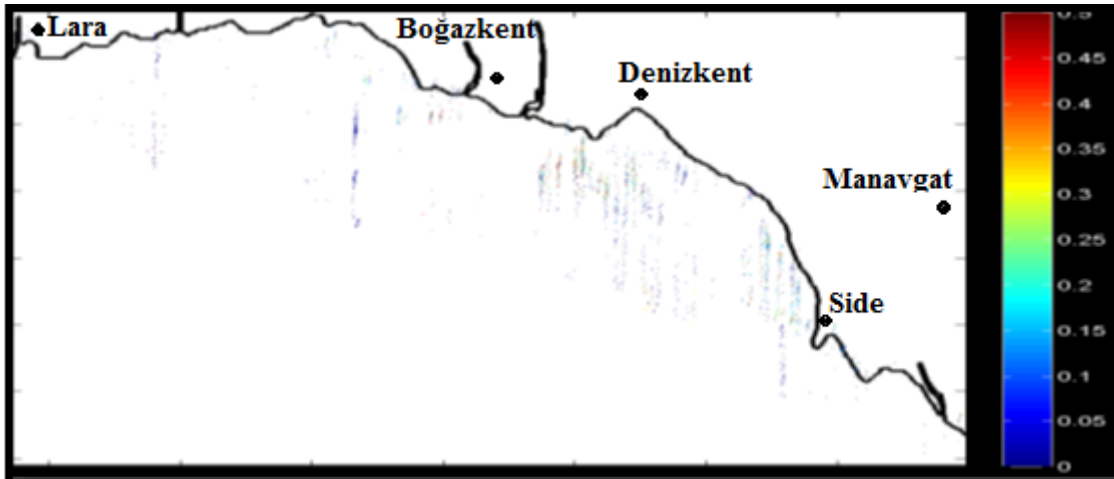
Şekil 5.14. Nisan/Mayıs 2011 döneminde “SheatFinder” algoritmasıyla elde edilen ortalama yaprak boylarının (m) alansal dağılımı (Mutlu vd 2014)

Yazın bitmeye başladığı ve yavaştan sonbaharın geldiği Ağustos ayında elde ettiğimiz bulgular “SheatFinder” algoritmasıyla elde ettikleri sonuçlar ile kıyaslandığında, yaprak boylarının 20–25 cm civarlarında ölçülmüştür. Elde edilen bu sonuçlar gerek bizim akustikten elde ettiğimiz verilerle gerek SCUBA’dan elde edilen tahminlerin oldukça altında bulunmuştur (Şekil 5.15).



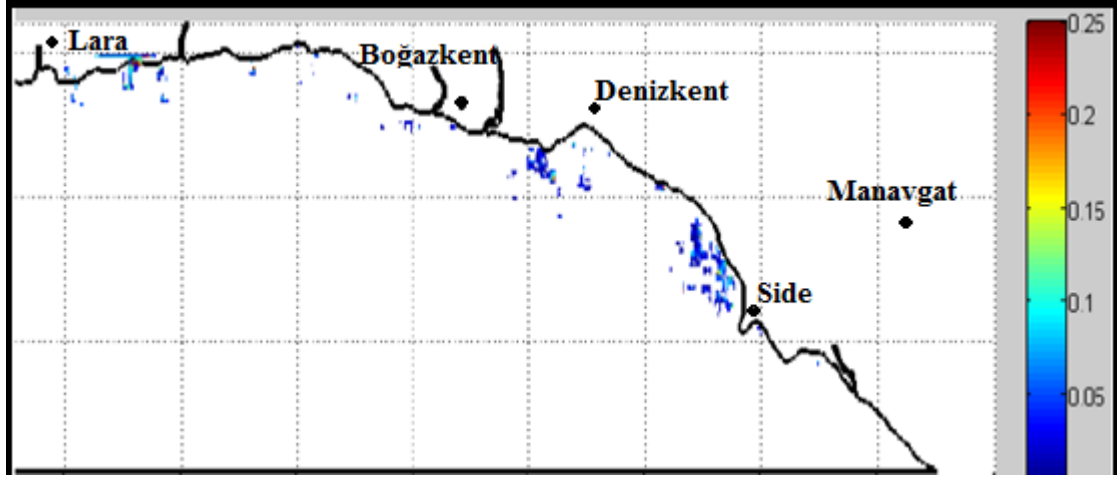
Şekil 5.15. Ağustos 2011 döneminde “SheatFinder” algoritmasıyla elde edilen ortalama yaprak boylarının (m) alansal dağılımı (Mutlu vd 2014)

Yazın tamamen bittiği ve kış ayının da gelmesiyle sıcaklığın iyice düştüğü Kasım/Aralık ayında “SheatFinder” algoritmasıyla elde edilen dağılım sonuçları incelendiğinde ise ortalama değerin 50 cm civarında olduğu belirlenmiştir. Bu bakımdan bizim elde ettiğimiz genel dağılım sonuçlarıyla bu veriler birbirleriyle örtüşmektedir (Şekil 5.16).



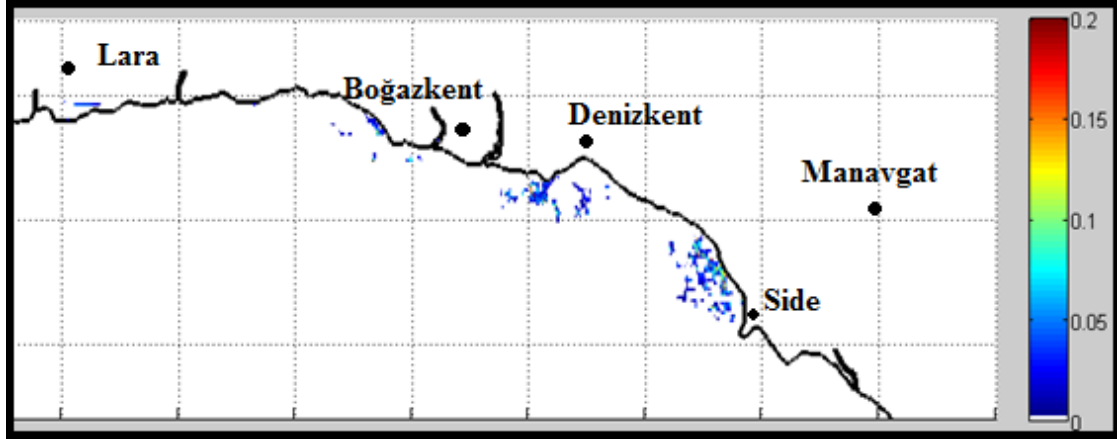
Şekil 5.16. Kasım/Aralık 2011 döneminde “SheatFinder” algoritmasıyla elde edilen ortalama yaprak boylarının (m) alansal dağılımı (Mutlu vd 2014)

Çalışma bölgesinde en soğuk kışın yaşandığı Ocak ayında “SheatFinder” algoritmasından çıkan sonuçlara göre, bir önceki aya nazaran dağılım alanlarının küçülmüş/daralmış olması hatta Boğazkent’in önünde hiç görülmemesi bakımından benzer bir sonucun elde edilmiş olmasında rağmen, genel dağılım itibariyle bizim bu çalışmadan elde ettiğimiz tahminlerin altında bir sonuca ulaşıldığı tespit edilmiştir (Şekil 5.17).



Şekil 5.17. Ocak 2012 döneminde “SheatFinder” algoritmasıyla elde edilen ortalama yaprak boylarının (m) alansal dağılımı (Mutlu vd 2014)

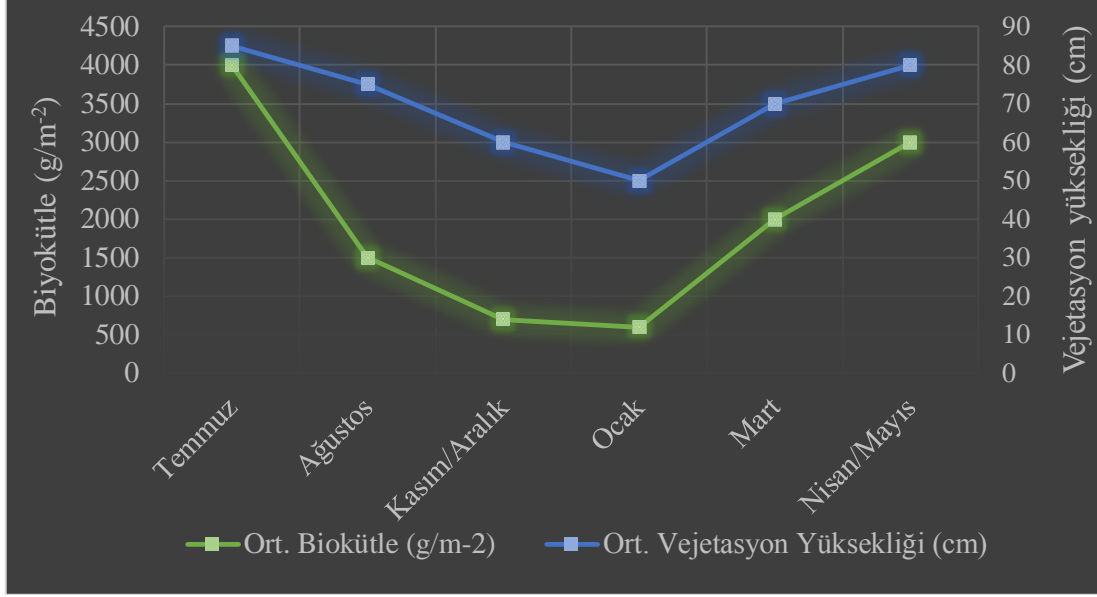
Takip eden bir sonraki örneklemenin yapıldığı Mart ayında “SheatFinder” algoritması kullanılarak tahmin edilmeye çalışılan yaprak boy dağılımının ise bizim tahmin ettiğimiz alansal dağılımla uyuşmadığı gibi, boya bağlı dağılım sonuçlarının da çok altında kaldığı belirlenmiştir (Şekil 5.18).



Şekil 5.18. Mart 2012 döneminde “SheatFinder” algoritmasıyla elde edilen ortalama yaprak boylarının (m) alansal dağılımı (Mutlu vd 2014)

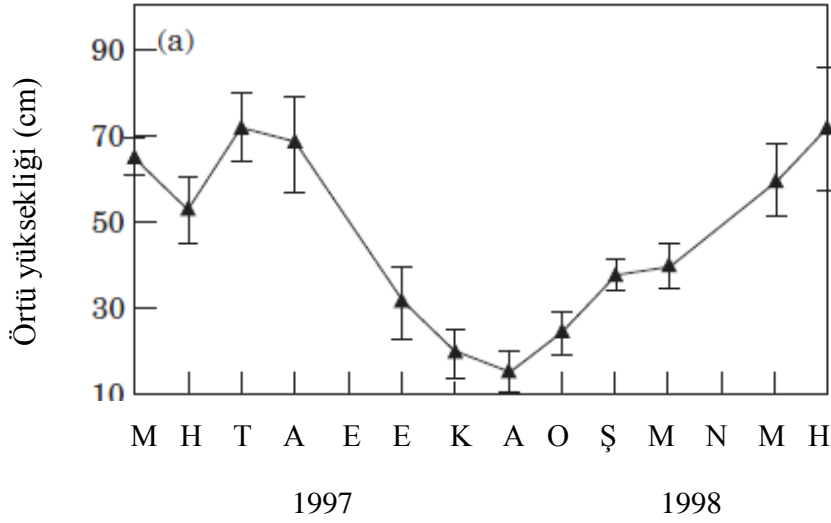
Aynı çalışma sahasında Mutlu vd (2014)'nin yaptıkları çalışmada EcoSAV sonuçlarının bu şekilde çıkmasının nedeni olarak ya ortalama değerler üzerinden dağılım sonuçların yansıtılmış olmasından ya da “SheatFinder” algoritmasının çalışma prensibinden kaynaklı olabilir. Bu algoritma, yaprağı kılıfından (sheathinden) itibaren tanımlayıp, verdiği TS değerine bakarak yaprağı en uç noktasına kadar takip etmesine dayanmaktadır. Dolayısıyla şayet oryantasyon dik değil de yatık ise, bu şekilde bir sonucun çıkmasının olası olabileceği düşünülmektedir. Çünkü biyokütle dağılımında her ne kadar oryantasyonun önemi olmasa da, dikey konumda çalışılırken vejetasyonun pozisyonu onun boya bağlı tahminini önemli derecede etkileyecektir.

Hem VBT üzerinden tahmin edilen maksimum biyokütle miktarlarının yaklaşık değerleri ile EcoSAV üzerinden elde edilen maksimum yüksekliğin yaklaşık değerlerinin mevsimsel değişimleri karşılaştırıldığında (Şekil 5.19) gerek biyokütleye meydana gelen değişim gerek yaprak boyunda meydana gelen değişimin miktarı farklılık gösterse de birbiriyle paralel giden bir değişimin olduğu açıkça anlaşılmaktadır.



Şekil 5.19. Antalya Körfezi'nde yaşayan *P. oceanica*'nın VBT ve EcoSAV üzerinden elde edilen ortalama biyokütle (g/m<sup>2</sup>) ile ortalama vejetasyon yüksekliği (m) sonuçlarının mevsimsel olarak karşılaştırılması

*P. oceanica*'nın vejetasyon yüksekliğinin mevsimsel olarak tahmin edilmesi üzerine yapılan çok az çalışma mevcuttur. Bir yıl boyunca türün gelişimi izlenen çalışmada (Gacia ve Duarte 2001), en yüksek boy 80 cm ile Temmuz ayında kaydedilirken, yazdan kışa geçerken boyca azalışın meydana geldiği belirlenmiş ve Mart ayı ile itibariyle yeniden artışa geçtiğini kaydedilmiştir (Şekil 5.20). Türkiye kıyılarında yapılan çalışma da ise yaprak boy dağılımının yaz ayında en yüksek seviyelerde olduğu ve kışla birlikte azalışa geçtiği kaydedilmiştir (Çelebi 2007). Elde edilen bu sonuç, bizim bu çalışmamızdan çıkan sonuçlarla oldukça benzerlik göstermektedir.



Şekil 5.20. *P. oceanica* çayırlarının vejetasyon yüksekliğinin (m) mevsimsel değişimi (Gacia ve Duarte 2001)

Bu tez çalışmasında kullanılan 206 kHz frekansa benzer olarak, 200 kHz kullanılarak gerçekleştirilen çalışmada türün yaprak boyunun maksimum 80 cm olarak tespit edildiği bildirilmiş (Sánchez-Carnero vd 2012) ve ulaşılan bu sonuç bizim elde ettiğimiz sonuçlarla oldukça örtüşmektedir. Side-scan sonarla farklı iki frekans (100–500 kHz) kullanarak gerçekleştirilen bir başka çalışmada da yaprak yüksekliğini 40 cm ile 62 cm arasında kayıt etmişlerdir (Piazzi vd 2000). Akustik sistemlerden MBS kullanarak sediment üzerinde yaşayan *P. oceanica*'nın yüksekliğini, kış için ortalama 9 – 43.6 cm, bahar için 15.7 – 82.3 arasında değiştiği bildirilen başka bir çalışmadır (Di Maida vd 2011). Duarte vd (1999)'nın yaptıkları çalışmalarında da, *P. oceanica*'nın genel boy dağılımının minimum ve maksimum değer olarak 30 ile 66 cm arasında değiştiği ve ortalamada da 50 cm civarında olduğu not edilmiştir. Elde edilen bu sonuçlar bizim genel ortalamada tespit ettiğimiz sonuçları da desteklemektedir. *P. oceanica*'nın genel olarak yaprak boyu 40 ile 140 cm arasında değiştiği tespit edilmiştir (Thelin ve Boudouresque 1983, Caye 1989, Pergent ve Pergent-Martini 1990, Celebi ve Gucu 2005). Mevsime göre 1 m boyuna eriştiği bazı kaynaklarda da belirtilmiştir (Mazalle vd 1993, Ciraolo vd 2006). Türün Türkiye kıyılarında dağılım gösterdiği noktalarda gerçekleştirilen çalışma sonuçları incelendiğinde, yazın daha yüksek kışın daha kısa boylu bireylere rastlandığı kaydedilse de elde edilen veriler bizim bu çalışmamız sırasında elde ettiğimiz boy değerlerinin çok altında kaldığı görülmüştür (Cirik vd 2006, Alaçam vd 2007, Akçalı vd 2008, Atik 2013).

Çeşitli araştırmalarla, fiziki saçılma mekanizmalarının altında yatanı anlamak için farklı deniz çayırı türlerinden gelen akustik cevap analiz edilmiştir. Laboratuvar deneyleri, farklı deniz çayırları türleri için bitki biyokütlesine ve doku karakteristiğine bağlı olduğunu göstermiştir (Wilson ve Dunton 2009). Söz konusu bu ayırım, akustiksel olarak deniz tabanı ile vejetasyonun varlığı/yokluğunu tanımlamak için analiz edilmiştir. Her bir ping için gerçekleştirilmiş bu analize göre, vejetasyonlu-vejetasyonsuz dip, yüzeyden geri yansıyan sinyal enerjisinin farklılığına dayandırılarak gerçekleştirilmiştir. Akustik veri içerisinde vejetasyonlu bölgenin ekosunun, dip yüzeyinden gelen geri saçılımdan (backscatter intensity) zayıf olduğu, (çünkü en yüksek

ve keskin sinyal dipten geri yansır) ancak su sütununun geri saçılımından daha güçlü geri saçılım yoğunluğu ile karakterize edilen dibe bitişik dikey yankı dönüşü ile farkedilebileceği kaydedilmiştir. Aslında bizim bu tezde gerçekleştirmiş olduğumuz işlem, bu çalışmayı bilmeden ancak tam da bu çalışmada özetlendiği gibi dip ve dip üstünde yer alan *Posidonia*'nın geri yansıyan enerji yoğunluğu farkından yararlanarak gerçekleştirilmiştir. Bu yönüyle yaptığımız çalışma aslında Wilson ve Dunton (2009)'nın yaptıkları çalışmalarını destekler niteliktedir. Bunu yanında bu çalışma sırasında izlenen yöntemin doğru temeller üzerine oturtularak uygulandığı ve sonucunda da doğru verilerin ortaya konulduğunu da göstermektedir. Ancak şunu da vurgulamak gerekir ki, kalibrasyonsuz ve yerinde doğrulama yapılmadan sualtı vejetasyonu hakkında çok az bilgiye ulaşılmaktadır. Bitkinin varlığı/yokluğu ve vejetasyon yüksekliği zorlanmadan elde edilebilir, ancak türlerin tipini tayin etmek ve yoğunluklarını belirlemek oldukça zordur.

Stevens vd (2008)'nin çalışmalarında da belirttiği üzere, deniz çayırlarının haritalanmasında sınıflama algoritmalarının tamamen otomatikleştirilmemesi gerektiği; bunun yerine, ilgili parametreleri bölgeye özgü ihtiyaçlara göre düzgün şekilde ayarlamak ve veri işleme sırasında diğer bitki örtüsü türlerini ayırmak için denetlenmesi gerektiği vurgulanmıştır. Bizim de bu çalışmada, farklı bir amaçla yaygın olarak kullanılan programın içerisinde yer alan parametreleri, türe ve bölgeye özgü olarak kalibre edilmesi ile hem dipten hem de diğer türlerden ayrımı gerçekleştirilmiştir. Bu da türe özgü akustik tanımlamayı sağlayacak ilgili parametrelerin ayarlanmasıyla mümkün kılınmıştır. Bu bakımdan yukarıda bahsi geçen öneri aslında gerçeğe dönüştürülmüştür.

#### 5.4. Sınırlayıcı etmenler

Bu bölümde tez çalışması sırasında karşılaşılan problemlerden ve buna karşılık geliştirilen çözüm önerilerinden bahsedilmiştir.

→ *P. oceanica*'nın türe özgü olarak tanımlanması ve teşhisinde akustik karakterlerinin iyi tahlil edilmesi gerektiği net olarak belirlenmiştir. Farklı akustik saçılım (scattering) farklılığını ortaya koyacak bu önemli parametreler, çalışmanın devamını da önemli derecede etkilemektedir. Vejetasyon akustiği çalışılırken, akustik yansımayı etkileyecek etmenlerin başında: yaprağın sertliği, yaprağın yaşı (genç-orta genç-yaşlı), içerdiği gaz miktarı ( $O_2$ ,  $CO_2$ ), yaprak kalınlığı vs. en başta akla gelen temel unsurlardır.

Bu çalışma sırasında akustik enerji katsayısı ( $sa$ )'na karşılık çizdirilen biyokütle ilişkisinde, yukarıda detaylıca anlatılan filtrelemelerin hiçbiri yapılmadan önce [ $E1 + E1$ ] üzerinden gerçekleştirilen hesaplamalar sonrasında 3 ayrı lineer denklem elde edilmiştir. Kesin nedeni bilinmemekle beraber, yapraktan gelen farklı akustik yansıma nedeniyle olabileceği düşünülen bu durumun, çalışma sırasında yukarıda bahsedilen temel unsurlara ilişkin bir takım bilgileri olsaydı ortaya 3 farklı lineeritenin meydana gelme sebebi açıklanabilirdi. Bu tür verilerin eksik kalması nedeniyle, VBT ve EcoSAV programı üzerinden kullanılan parametrelerin temsil ettiği özelliklerden yararlanarak bir dizi filtreleme ve post-proses işlemleri gerçekleştirilmiştir. Nihayetinde bu işlemler sonrasında tüm mevsimlerden tek bir lineer denklem elde edilebilmiştir. Ancak yine de farklı mevsimlerde farklı dağılıma sahip noktaların varlığı hala söz konusudur ve kaynağı, kaynağa bağlı etmenler vs. net olarak belirlenememiştir.

→ EcoSAV programı üzerinden her ne kadar türe özgü kalibrasyon gerçekleştirilmeye çalışılsa da, program içeriğinde yer alan “bitki tanımlama eşiği (plant detection threshold)” parametresinin program algoritması gereği limitli olmasından ötürü ([-65 dB]), bizim tam olarak türe özgü tanımlama yapmamıza izin vermemiştir. Oysaki ekogramdan bakıldığında *Posidonia oceanica*'nın akustiksel enerjisi [-70 -80 dB] aralığına tekabül etmektedir. Ancak programın buna izin vermemiş olması, EcoSAV'ın post-proses aşamasında ikinci bir filtrelemenin yapılmasına ihtiyaç duyulmuştur. Ne yazık ki, özellikle bu TS'e sahip vejetasyonla çalışırken bu program elverişsizdir ve yardımcı programlara gereksinim duyulmaktadır. Ancak bu şekilde mevcut sorun berataraf edilebilir.

→ Bu programla ilgili olarak karşılaşılan bir diğer sorun, program içerisinde yer alan tanımlama parametrelerinin, hedef kuvvet (target strength) üzerine çalışan, bireysel olarak *Posidonia*'yı hedef alacak parametrelerin (bitki genişliği (plant width) vs.) olmamasıdır. Bu çok önemli bir konudur ve söz konusu bu sorun, özellikle türün deniz tabanında yer alan diğer makrofit türlerinin akustik enerjileriyle çakışmasına neden olmaktadır. VBT programından türün dipten ayrılmasını ve sadece *Posidonia* olarak tanımlanmasını sağlayan durum, buna bağlı parametrelerin var olmasıyla ilgilidir. Bu nedenle *Posidonia*'lı bölgelerin tam olarak prosesi bu programla pek elverişli olmamıştır. Fakat proses sonrası yapılan işlemler sonucun neticelenmesine büyük katkı sağlamıştır.



## 6. SONUÇ

Bilimsel ekosounderla gerçekleştirilen 206 kHz split-beam'in kullanıldığı bu çalışmada, EcoSAV (Eco Submerged Aquatic Vegetation) ve VBT (Visual Bottom Typer) ticari yazılım programları kullanılarak *P.oceanica* türünün, spesifik olarak akustiksel tanımlanması, bu tanımlanmayı sağlayacak program parametrelerinin türe özgü kalibre edilmesi gerçekleştirilmiş ve VBT ve EcoSAV programlarının kalibrasyonu yapılmıştır. Bahsi geçen bu işlemlerin gerçekleştirilmesi tamamen *P. oceanica* yataklarından gelen açılal tepkinin eğrisinin şekli, dip yatağı ile benzerlik göstermesine dayanmaktadır. Ancak *P. oceanica* yatağından ölçülen geri saçılım yoğunluğunun (backscatter intensity) deniz çayırının bulunduğu dip yapısından bağımsız olduğu bulunması analizlerin başarıyla gerçekleştirilmesine imkân vermiştir.

VBT ile *P. oceanica*'nın yetiştiği dip yapısı tayin edilmiştir. Ayrıca dünyada ilk defa VBT üzerinden *P. oceanica*'dan gelen akustik enerjinin tespiti ile biyokütle hesabına gidilmiş ve dağılım haritası mevsimsel olarak çıkartılmıştır. Aynı şekilde mevsimsel olarak EcoSAV üzerinden de türün yaprak yüksekliğine bağılı dağılım haritaları çıkartılmıştır. Bunlara ilave olarak tez kapsamında belirtilen hedeflere ulaşmak için ihtiyaçlar doğrultusunda her iki program için ayrı ayrı Matlab'da yeni yazılımlar yazılmıştır. Bu sonuçlara göre;

Çalışma bölgesi olarak belirlenen alan, *Posidonia oceanica* türünün dağılım gösterdiği Antalya Körfezi'nin Lara-Manavgat (N 36°50'13.20"- E 30°44'50.37", N 36°45'49.71"- E 31°23'2.33") arasında kalan kesimi olup, 5 m ila 30 m derinlik aralığında detaylı olarak çalışılmıştır. Denizler için önemli olan bu çayırın, biyolojik popülasyon dinamiği ve büyüklüğü hakkında edinilen bilgiler sayesinde literatürlerde eksik olan büyük bir parçanın bir kısmı tamamlanmıştır. Bu çalışma sırasında ayrıca türün ayrıştırıcı akustik parametreleri de bulunmuş ve bu parametreler ışığında türün teşhisi ve tanımlanmasında yeni yazılımlar sayesinde otomasyona dönüştürülmüştür.

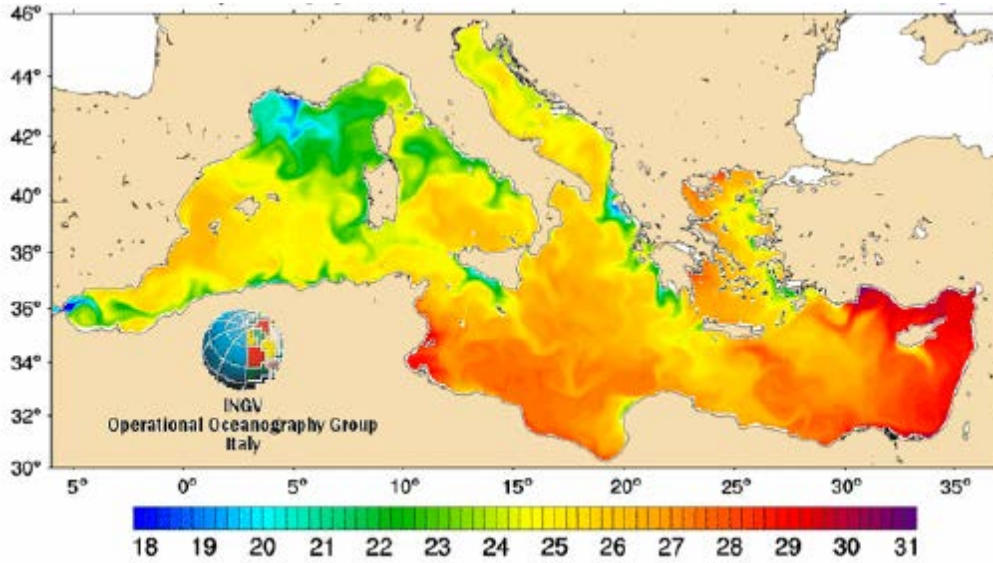
VBT üzerinden tahmin edilen en yüksek biyokütle miktarı yaz ayında görülürken, yazında bitmeye başlamasıyla bir miktar azalışa geçmiş ve kış ayının gelmesiyle önemli bir düşüş yaşanmıştır. Bununla beraber yazın geniş dağılım gösteren yatakların, kışa geçerken küçüldüğü ve en soğuk kışın yaşandığı Ocak ayında minimum seviyeye ulaştığı belirlenmiştir. Vejetasyonun yeniden çimlenmeye başladığı Mart ayında yeniden kütlece artışa geçmiş ve baharın gelmesiyle neredeyse yazın ayında tahmin edilen miktara yakın bir seyir seyretmiştir. Bu süreçteki alansal dağılımı ise kıştan bahara kadar geçen dönemde önce azalmış ve sonrasında tekrar orta su katmanından başlayarak yayılmaya devam etmiştir. Kıyıda açığa gidildikçe de biokütle miktarında azalmanın olduğu yani, derinlik arttıkça biyokütle miktarının azaldığı tespit edilmiştir. En önemli nokta türün çalışma sahasında 3 ayrı noktada yatak oluşturduğu belirlenmiştir.

Yine VBT üzerinden elde edilen dibin yapısal sınıflandırılmasında kaba kum, ince kum, sert kaya, kaba çamur, ince çamur olmak üzere 5 farklı grup tespit edilmiştir. Çalışma sahası içerisinde *P. oceanica*'nın büyümek için kayalık sert zemin üzerini tercih ettiği belirlenmiştir. Aynı program ancak farklı amaçlar için kullanılan program neticesinde elde edilen sonuçlar, çalışma sahası içerisinde türün dağılımına ilişkin çok önemli ipuçları vermiştir.

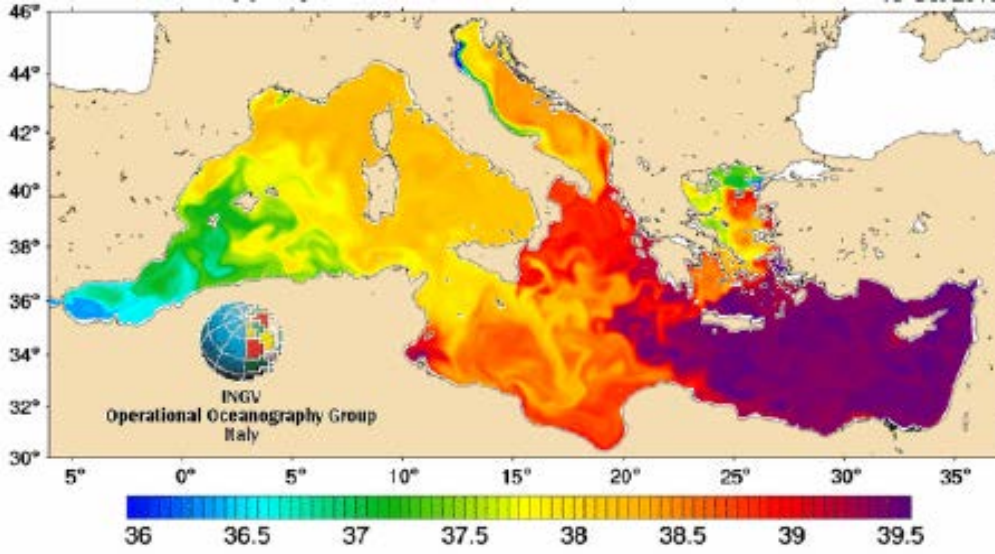
EcoSAV üzerinden hesaplanan yaprak yüksekliği, tahmin edilen biyokütle miktarlarının mevsimsel dağılımına paralel olarak geliştiği ortaya konmuştur. Yaz ayında en yüksek boylu bireylere rastlanırken, yazın sonu itibariyle yaprak boyunda kısaltmalar gözlemlenmiş ve kış ayında iyicene azalmıştır. Ocak ayına gelindiğinde minimum seviyeye ulaşan vejetasyon yüksekliği, Mart ayı itibariyle yeniden çimlenmeye başlamış ve yaprak boyunda belirgin bir artış görülmüştür. Baharın başlangıcı olan Nisan/Mayıs ayında ise neredeyse yazın tahmin edilen boy dağılımına yetişmiştir. EcoSAV üzerinden elde edilen sonuçlarda da görülmüştür ki, yapılan diğer iki analizde olduğu gibi türün 3 ayrı noktada baskın şekilde yatak oluşturduğu görülmüş ve elde edilen diğer alansal dağılım sonuçlarıyla da birebir örtüşmüştür.

Sonuç olarak bu tez kapsamında birbirinden bağımsız olarak gerçekleştirilen her 3 analizde birbiriyle aynı sonuca varmış ve gerek mekânsal gerek zamansal dağılımda 3 ayrı yatakta (Boğazkent önü, Denizkent önü ve Side önü) varlık gösteren türün değişimleri izlenmiştir.

Ayrıca çalışmanın yapıldığı dönemdeki sıcaklık ve tuzluluk değerleri Şekil 6.1'den de izlenebileceği gibi Ağustos ayında maksimum sıcaklığa ulaşılan değer 29–30 °C (Şekil 6.1), tuzluluk değeri de maksimum ‰ 39–40 (Şekil 6.2) olarak kaydedilmiştir.



Şekil 6.1. Çalışma döneminde SST değerlerinin haritada gösterimi ([http://gnoo.bo.ingv.it/mfs/B4G\\_indicators/SST.htm](http://gnoo.bo.ingv.it/mfs/B4G_indicators/SST.htm))



Şekil 6.2. SSS ([http://gnoo.bo.ingv.it/mfs/B4G\\_indicators/SSS.htm](http://gnoo.bo.ingv.it/mfs/B4G_indicators/SSS.htm)) değerlerinin haritada gösterimi

Son olarak bu tezde gerçekleştirilmesi planlanan hedefler doğrultusunda *P. oceanica*'nın akustiksel olarak tanımlanması, akustiksel tanımlanmasını kolaylaştıracak parametrelerin belirlenmesi ve kalibrasyonu ile biyokütle ve boy dağılımlarının hesaplanmasıyla elde edilen bilgiler önemli bilgi kaynağı oluşturmuştur. Denizlerimizin akciğeri olarak görev yapan deniz çayırları, denizlerimizin sağlığını ve kıyısal alanların yönetimini esas teşkil eden durumlarda, özellikle biyokütle tahmininin çok önemli bir bileşen olduğunu da göz önünde bulundurursak, türün dağılımına ilişkin elde edilen veriler son derece kıymetlidir. Bunun yanı sıra, akustik sistemle gerçekleştirilen bu çalışma ile vejetasyon akustiği çalışmalarına yeni bir ışık tutulmuş, uygulanabilir bir metodoloji daha geliştirilmiştir. Böylece benzer başka alanlarda da uygulama olanağı sunulmuştur. Özellikle Doğu Akdeniz'de yaşayan *Posidonia oceanica* hakkında bilinmeyen büyük bir boşluğun kısmen doldurulmuş olduğu ve coğrafik dağılımın sonunda onların sağlık durumları hakkında önemli bir veri tabanının oluşturulduğu düşünülmektedir. Dolayısıyla *P. oceanica* gibi koruma altında olan bir türün izlenmesi, değişen çevre şartlarına karşı *P. oceanica* çayır ekosisteminden gelen tepkilerin takip edilmesi bakımından, çalışmanın önemli olduğuna kanaat getirilmektedir. Böylece bu çalışmanın bir başlangıç olmasını, Doğu Akdeniz'de, gelecekte *Posidonia oceanica* çalışmaları için araştırmacılara referans olması ümit edilmektedir.

**7. KAYNAKLAR**

- ACUNTO, S., PIAZZI, L., BALESTRI, E. and CINELLI, F. 1996. Segnalazioni di fioriture di *Posidonia oceanica* (L) Delila lungo le coste toscane. *Biol Mar Medit*, 3(1): 437-438.
- ADELA, M., SILJESTRÓM, P. and JORGE, R. 1998. Benthic phanerogam species recognition in side scan sonar images: importance of the sensor direction. Proceedings of The Fourth European Conference 0/1 Underwater Acoustics. Rome.
- AKÇALI, B., BİZSEL, K.C., KABOĞLU, G., GÜÇLÜSOY, H. ve ALAÇAM, Ö. 2008. Foça Özel Çevre Koruma Bölgesinde Deniz Çayırını (*Posidonia oceanica*) İzleme Ön Çalışması, SBT-2008 12. Sualtı Bilim ve Teknoloji Toplantısı, BORNOVA, Kasım, SBT 08, 69-75.
- ALAÇAM, Ö., ALTAY, S., EREN, S., ERGIN, M., GENÇOĞLU, G., KIRBULUT, D. ve KOBAN, E. 2007. Küçükuyu-Assos-Bababurun Bölgesinde *Posidonia oceanica* (L) Delile Yayılımının İncelenmesi, XI. Sualtı Bilim ve Teknoloji Toplantısı, Koç Üniversitesi, İstanbul, pp: 110-4.
- ALAGNA, A., FERNÁNDEZ, T.V., TERLIZZI, A. and BADALAMENTI, F. 2013. Influence of microhabitat on seedling survival and growth of the mediterranean seagrass *Posidonia oceanica* (L.) Delile. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* (119): 119-125.
- ALAGNA, A., FERNÁNDEZ, T.V., ANNA, G.D., MAGLIOLA, C., MAZZOLA, S. and BADALAMENTI, F. 2015. Assessing *Posidonia oceanica* Seedling Substrate Preference: An Experimental Determination of Seedling Anchorage Success in Rocky vs. Sandy Substrates. *PLoS ONE* 10(4): e0125321. doi:10.1371/journal.pone.0125321.
- ALEKSANDRA, K., FANTINA, M., MARCO, S., FERRARIN, C. and GIACOMO, M.G. 2015. Assessment of submerged aquatic vegetation abundance using multibeam sonar in very shallow and dynamic environment. *RIO Acoustics 2015 IEEE/OES Acoustics In Underwater Geosciences Symposium Cprm*, Urca, Rio de Janeiro, Brazil | July 29 - 31.
- ALEMAN, P.B. 2004. Acoustic impedance inversion of lower Permian carbonate buildups in the Permian Basin, Texas, Master Thesis. The Office of Graduate Studies of Texas A&M University, Pp. 99.
- ALCOVERRO, T. 1993. Production ecology of the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica* (L.) Delile. PhD thesis. Barcelona University, Barcelona.

- ALCOVERRO, T., CERBIAN, E. and BALLESTEROS, E. 2001. The photosynthetic capacity of the seagrass *Posidonia oceanica*: influence of nitrogen and light. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 261, 107–120.
- ANDERSON, J.T., van HOLLIDAY, D., KLOSER, R. and REID, D.G. 2008. Simard, Y. Acoustic seabed classification: Current practice and future directions. *ICES J. Mar. Sci. J. Cons.* 65, 1004–1011.
- APOSTOLAKI, E.T., MARBÀ, N., HOLMER, M. and KARAKASSIS, I. 2009. Fish farming enhances biomass and nutrient loss in *Posidonia oceanica* (L.) Delile. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 81, 390-400.
- ARDIZZONE, G., BELLUSCIO, A. and MAIORANO, L. 2006. Long-term change in the structure of a *Posidonia oceanica* landscape and its reference for a monitoring plan. *Mar. Ecol.*, 27, pp. 299–309.
- AUGIER, H. 1985. L'herbier a *Posidonia oceanica*, son importance pour le littoral mediterraneen, sa valeur comme indicateur biologique de l'etat de sante de la mer, son utilisation dans la surveillance du milieu, les bilans ecologiques et les etudes d'impact. *Vie marine* 7, 85-113.
- ATİK, Ü. 2013. Deniz Çayırlarından *Posidonia oceanica* (L.) Delile'nin Alanya Kıyılarındaki Mevsimsel Değişimleri. Yüksek Lisans Tezi. Süleyman Demirel Üniversitesi, 59 p.
- BACH, H.K. 1993. A dynamic model describing the seasonal variations in growth and the distribution of eelgrass (*Zostera marina*) I. *model theory. ecol. modell.* 65, 31–50.
- BACH, S.S., BORUM, J., FORTES, M.D. and DUARTE, C.M. 1998. Species composition and plant performance of mixed seagrass beds along a siltation gradient at Cape Bolinao, The Philippines. *Mar Ecol Prog Ser.* 174:247–256.
- BAKIERA, D. and STEPNOWSKI, A. 1996. Method of the sea bottom classification with a division of the first echo signal, Proceedings of the XIIIth Symposium on Hydroacoustics, Gdynia-Jurata, pp: 55-60.
- BALATA, D., NESTI, U., PIAZZI, L. and CINELLI, F. 2007. Patterns of spatial variability of seagrass epiphytes in the north-west Mediterranean Sea. *Marine Biology* (151): 2025–2035.
- BALESTRI, E., BENEDETTI-CECCHI, L. and LARDICCI, C. 2004. Variability in patterns of growth and morphology of *Posidonia oceanica* exposed to urban and industrial wastes: contrasts with two reference locations. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 308, 1-21.

- BALESTRI, E. and LARDICCI, C. 2008. First evidence of a massive recruitment event in *Posidonia oceanica*: spatial variation in first-year seedling abundance on a heterogeneous substrate. *Estuar Coast Shelf Sci*, 76:634-641.
- BALLESTA, L., PASOUALINI, V., PERGENT, G. and PERGENT-MARTINI, C. 2000. Distribution and dynamics of *Posidonia oceanica* beds along the Albes coastline. *CR Acad Sci. Life Sci.* 323: 407-414.
- BALLESTEROS, E. and ZABALA, M. 1993. El bentos: el mar físic. In: Història Natural de l'arxipèlag de Cabrera, ed. J. A. Alcover, E. Ballesteros and J. J. Fornós (Editors), Vol. 2, pp. 663-685, CSIC-Ed. Mall, Mon. Sot. Hist. Nat. Balears, Palma de Mallorca.
- BATISTA, L.F.A., IMAI, N.N., ROTTA, L.H.S., WATANABE, F.S.Y. and VELINI, E.D. 2012. Analysis of the spatial-temporal dynamics of submerged macrophytes mapped with hydro-acoustic techniques in Taquaruçu reservoir, Paranapanema river. *Planta daninha*, vol.30 no.2. [Http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582012000200002](http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582012000200002).
- BAY, D. 1984. A field study of the growth dynamics and productivity of *Posidonia oceanica* (L.) Delile in Calvi Bay, Corsica. *Aquatic Botany*. doi:10.1016/0304-3770(84)90026-3.
- BENJAMIN, K.J., WALKER, D.I., MCCOMB, A.J. and KUO, J. 1999. Structural response of marine and estuarine plants of *Halophila ovalis* (R.Br.) Hook. f. to long-term hyposalinity. *Aquat. Bot.* 64, 1 – 17.
- BESIKTEPE, S.T. 2003. Density currents in the two-layer flow: an example of Dardanelles outflow. *Oceanol. Acta*, 26, pp. 243–253.
- BEZDEK, J.C. 1981. Pattern Recognition with Fuzzy Objective Function Algorithms, *Plenum Press*, New York.
- BHATTACHARYA, B., SARKAR, S.K. and DAS, R. 2003. Seasonal variations and inherent variability of selenium in marine biota of a tropical wetland ecosystem: implications for bioindicator species. *Ecological Indicators*, 2 (4), pp. 367–375.
- BILKOVIC, D.M., ANGSTADT, K., STANHOPE, D. and HERSHNER, C.H. 2008. Benthic Habitat Characterization within the Nearshore of Mobjack Bay, Virginia. Final report to NOAA Chesapeake Bay Office, Award Number NA06NMF4570303. Virginia Institute of Marine Science, Center for Coastal Resources Management, Gloucester Point, Virginia.
- BIOSONICS. 2001. EcoSAV™: submerged aquatic vegetation detection and analysis users manual. BioSonics. 2008 EcoSAV™ users guide. BioSonics, 2008 VBT™ users guide. BioSonics. [Http://www.biosonicsinc.com](http://www.biosonicsinc.com).

- BJORK, M., SHORT, F., MCLEOD, E. and BEER, S. 2008. Managing seagrasses for resilience to climate change. *IUCN Resilience Science Group Working Paper Series. No 3*. IUCN, Gland, Switzerland, 56 pp.
- BOCCI, M., COFFARO, G. and BENDORICCHIO, G. 1997. Modelling biomass and nutrient dynamics in eelgrass (*Zostera marina L.*): Applications to the lagoon of Venice (Italy) and Øresund (Denmark), *Ecol. Modell.*, 102(1), 67–80.
- BORG, J.A., ATIRILL, M.J., ROINDEN, A.A., SCHEMBRI, P.J. and JONES, M.B. 2005. Architectural characteristics of two types of the seagrass *Posidonia oceanica* over different spatial scales. *Est Coast Shelf Sci* 62: 667-678.
- BORG, J.A, ROWDEN, A.A., ATTRILL, M.J., SCHEMBRI, P.J. and JONES, M.B. 2009. Occurrence and distribution of different bed types of seagrass *Posidonia oceanica* around the Maltese Islands. *Mediterranean Marine Science*, Volume 10/2, 2009, 45-61.
- BORUM, J., DUARTE, C.M., KRAUSE-JENSEN, D. and GREVE, T.M. 2004. European seagrasses: an introduction to monitoring and management, The EU Project Monitoring and Managing of European Seagrasses (M&MS) EVK3-CT-2000-00044, Pp: 88.
- BOUDOURESQUE, C.F., THOMMERET, J. and THOMMERET, Y. 1980d. Surla découverte d'un bioconcretionnement fossile intercalé dans l'herbier a *Posidonia oceanica* de la baie de Calvi (Corse). *Journées Etude System. Biogeogr. medit., CIESM publ.* 139-142.
- BOUDOURESQUE, C.F. and MEINESZ, A. 1982. Découverte de l'herbier de Posidonies. *Cahier Parc nation. Port-Cros*, 4: 1-79.
- BOUDOURESQUE, C.F. and JEUDY DE GRISSAC, A. 1983. L'herbier a *Posidonia oceanica* en Mediterranee: les interactions entre la plante et le sediment. *J Rech Océanogr.* 8(2-3): 99-122.
- BOUDOURESQUE, C.F., BIANCONI, C.H. and MEINESZ, A. 1990. Live *Posidonia oceanica* in a coralligenous algal bank at Sulana Bay, Corsica. *Rapports de la Commission Internationale pour l'Exploration Scientifique de la Mer Mediterranee* 32(1): 11.
- BOUDOURESQUE, C.F. 1996. Impact de l'homme et conservation du milieu marin en Mediterranee. 2<sup>e</sup> édition. *GIS Posidonie publ.* (ISBN 2 905-54-2 1-4): 1-243.
- BOUDOURESQUE, C.F. 2003. The erosion of Mediterranean biodiversity. In: Rodriguez-Prieto C. Pardini G. (Editors.) *The Mediterranean Sea an overview of its present state and plans for future protection* Servei de Publicacions de la Universitat de Girona: 53-112.

- BOUDOURESQUE, C.F., BERNARD, G., BONHOMME, P., CHARBONNEL, E., DIVIACCO, G., MEINESZ, A., PERGENT, G., PERGENT-MARTINI, C., RUITTON, S. and TUNESI, L. 2006. Préservation et conservation des herbiers à *Posidonia oceanica*. *RaMoGe Publication*, Monaco.
- BOUDOURESQUE, C.F., BERNARD, G., PERGENT, G., SHILI, A. and VERLAQUE, M. 2009. Regression of Mediterranean seagrasses caused by natural processes and anthropogenic disturbances and stress: a critical review. *Botanica Marina*, 52 (5), 395-418.
- BOUDOURESQUE, C.F., BERNARD, G., BONHOMME, P., CHARBONNEL, E., DIVIACCO, G., MEINESZ, A., PERGENT, G., PERGENT-MARTINI, C., RUITTON, S. and TUNESI, L. 2012. Protection and conservation of *Posidonia oceanica* meadows. *RAMOGE and RAC/SPA publisher*, Tunis: 1-202 pp.
- BOYACIOGLU, H. and DURAL, B. 2009. The Statistical Investigation on *Posidonia oceanica* (L.) Delile Meadows in İzmir, Turkey, *Environmental Modeling & Assessment*, (14): 769-72.
- BOZZANO, R., MANTOVANI, R., SICCARDI, A. and CASTELLANO, L. 1998. Acoustic backscattering from marine vegetation. OCEANS '98 Conference Proceedings (Volume:2). pp. 927 – 930 doi: 10.1109/OCEANS.1998.724373.
- BOZZANO, R., MANTOVANI, R. and SICCARDI, A. 2002. Backscattering from seagrasses: An experience with a high frequency sector scanning sonar. Proceedings of the sixth European conference on underwater acoustics, ECUA'2002, 24-27 June, pp. 679-684.
- BROWN, C.J. and COGGAN, R. 2007. Verification of acoustic classes. In: Anderson, J.T., Holliday, V., Kloser, R., Reid, D., Simard, Y. (Editors.), *Acoustic Seabed Classification of Marine Physical and Biological Landscapes*. ICES, Copenhagen, pp. 127-144.
- BUCHET, V. 2015. Impact Assessment of Invasive Flora Species in *Posidonia oceanica* Meadows on Fish Assemblage: an Influence on Local Fisheries. Master's Thesis, University of Akureyri, Akureyri, Lipsi Island, Greece.
- BUIA, M.C. and MAZZELLA, L. 1991. Reproductive phenology of the Mediterranean seagrasses *Posidonia oceanica* (L.) Delile *Cymodocea nodosa* (Ucria) Aschers and *Zostera noltii* Hornem. *Aquatic Botany*, 40, 343–362.
- BUIA, M.C., ZUPO, V. and MAZZELLA, L. 1992. Primary production and growth dynamics in *Posidonia oceanica*. *PSZNI Marine Ecology*, 13, 2–16.
- BUIA, M.C., GAMBI, M.C. and DAPPIANO, M. 2004. Seagrass systems. *Biologia Marina Mediterranea*, 10 (Suppl.), 133–183.



- BURCZYNSKI, J. 1999. Bottom Classification, BioSonics.Inc. Seattle WA, USA, 14 pp.
- BURKHOLDER, J.M., TOMASKO, D.A. and TOUCHETTE, B.W. 2007. Seagrasses and eutrophication. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 350, 46-72.
- CAITI, A., CHAMPMAN, N.R., HERMAND, J.P. and JESUS, S.M. 2006. Acoustic Sensing Techniques for the Shallow Water Environment: Inversion Methods and Experiments. (Book). Springer, 2-186 pp.
- CALVO, S., FRADA'ORESTANO, C. and ABBADESSA, P. 1993 The suitability of a topographical instrument for an integrated approach to the cartography of *Posidonia oceanica* meadows. *Oceanologica acta* 16, 273–278.
- CAMPOS, R., GARCIA, R., ALLIEZ, P. and YVINEC, M. 2014. A surface reconstruction method for in-detail underwater 3D optical mapping. The International Journal of Robotics Research, *SAGE Publications*, 34 (1), pp.25
- CANALS, M. and BALLESTEROS, E. 1997. Production of carbonate particles by phytobenthic communities on the Mallorca-Menorca shelf, northwestern Mediterranean Sea. *Deep-Sea Research Part II-Topical Studies in Oceanography*, 44, 611–629.
- CANCEMI, G., BAROLI, M., DE FALCO, G., AGOSTINI, S., PIERGALLINI, G. and GUALA, I. 2000. Cartografia integrata delle praterie superficiali come indicatore dell'impatto antropico sulla fascia costiera. *Biologia Marina Mediterranea* (in Italian), 7, 509-516
- CANCEMI, G., DE FALCO, G. and PERGENT, G. 2003. Effects of organic matter input from a fish farming facility on a *Posidonia oceanica* meadow. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 56, 961–968.
- CAPERS, R.S. 2000. A comparison of two sampling techniques in the study of submersed macrophyte richness and abundance. *Aquat Bot.* 68: 87-92.
- CARBÓ, R. and MOLERO, A.C. 1997. Scattering strength of a *Gelidium* biomass bottom. *Appl. Acoust.* 51, 343–351.
- CAVALLARO, C., LO RE, C., PARATORE, G., VIVIANO, A. and FOTI, E. 2011. Response of *Posidonia oceanica* plants to wave motion in shallow-waters - preliminary experimental results. *Coastal Engineering* 2010. 10 pp.
- CAYE, G. and MEINESZ A. 1984. Observations sur la floraison et la fructification de *Posidonia oceanica* dans la baie de Villefranche et en Corse du Sud In: Boudouresque C.F. Jeudy de Grissac A., Olivier J. (Editors). International Workshop on *Posidonis oceanica* beds, GIS Posidonie publ., Fr., 1: 193-201.

- CAYE, G. 1989. Sur la morphogenèse, le cycle végétatif et la reproduction de deux phanérogames marines de Méditerranée: *Posidonia oceanica* (L.) Delile et *Cymodocea nodosa* (Ucria) Ascherson. These Sciences-naturelles, Université Nice, Fr. 229 pp.
- CELEBI, B and GUCU, A.C. 2005b. Why *Posidonia oceanica* is absent in the Eastern Levant Sea (Eastern Mediterranean) -hydrological evaluation and transplantation experiment, The Seventh International Conference on the Mediterranean Coastal Environment / Medcoast 05.
- CELEBI, B., CEMAL-GUCU, A., OK, M., SAKINAN, S. and AKOGLU, E. 2006. Hydrographic indications to understand the absence of *Posidonia oceanica* in the Levant Sea (Eastern Mediterranean). *Biol. Mar. Mediterr.* 13, 34–38.
- CELEBI, B., GUCU, A.C., OK, M., SAKINAN, S. and AKOGLU, E. 2007. Survival of The *Posidonia oceanica* Cuttings Transplanted into The Northeastern Levant Sea. Conference Paper. Rapp. Comm. Int. Mer Médit. 38. Pp. 2.
- CINAR, M.E. 2006. Polychaetes (Annelida: Polychaeta) associated with *Posidonia oceanica* (L.) Delile along the coasts of Turkey and Northern Cyprus. First National Workshop on *Posidonia oceanica* (L.) Delile on the Coasts of Turkey. 19-20 September 2013, Gökçeada, TURKEY.
- CINELLI, F., PARDI, G., PAPI, I. and BENEDETTI-CECCHI, L. 1995. Mappatura delle praterie a *Posidonia oceanica* (L.) Delile intorno alle isole minori dell' Arcipelago Toscano. *Atti Soc. Tosc. Sci. Nat.* 102: 93-110.
- CIRAULO, G., FERRERI, G. and LA LOGGIA, G. 2006. Flow resistance of *Posidonia oceanica* in shallow water. *Journal of Hydraulic Research*, 44, 189-202.
- CIRIK, S., ILYAS, M., CIHANGIR, B. and TIRAŞIN, M. 1987. Preliminary Studies of *Posidonia oceanica* (L.) Delile in the Bay of Izmir, Turkey: phenological aspects. *International Aquaculture Symposium*, 23-25 Nov., İstanbul.
- CIRIK, S. 1991. A propos de la végétation marine de la baie d' Akkuyu. *Flora Mediterr.* 1, 205–213.
- CIRIK, S. and AKCALI, B. 2013. Distribution of *Posidonia oceanica* (L.) Delile in the Sea of Marmara. First National Workshop on *Posidonia oceanica* (L.) Delile on the Coast of Turkey, Canakkale, Volume: 39.
- CİRİK, Ş., AKÇALI, B. ve ÖZALP, H.B. 2006. Çanakkale Boğazı ve Marmara Denizi'nde İşaretleme Yöntemi ile *Posidonia oceanica*'nın Sınırlarının Belirlenmesi, Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi, 23 (1/1), 45-8.
- CHIVERS, R.C. 1990. Emerson, N., Burns, D.R., New acoustic processing for underway surveying, *The Hydrographic Journal*, 56, 8-17.

- CLARKE, S.M. and KIRKMAN, H. 1989. Seagrass dynamics. In: Biology of Seagrasses, A.W.D. Larkum, A.J. McComb & S.A. Shepherd. (Editors.) Aquatic Plant Studies, *Elsevier Publ. 2*: 610-634.
- COFFARO, G. and SFRISO, A. 1997. Simulation model of *Ulva rigida* growth in shallow water of the lagoon of Venice. *Ecol. Model.* 102, 55–66.
- COLANTONI, P., GALLIGNANI, P., FRESI, E. and CINELLI, F. 1982. Patterns of *Posidonia oceanica* (L.) Delile beds around the Island of Ischia (Gulf of Naples) and in adjacent waters. *Marine Ecology* 3(1):53 - 74.
- CRAWFORD, C.M., MITCHELL, I.M. and MACLEOD, C.K.A. 2001. Video assessment of environmental impacts of salmon farms. *ICES Journal of Marine Science*, 58, pp. 445–452.
- CROWELL, W., TROELSTRUP, N.J., QUEEN, L. and PERRY, J. 1994. Effects of harvesting on plant communities dominated by Eurasian milfoil in Lake Minnetonka, MN. *J Aquat Plant Manage.* 32: 56-60.
- ÇELEBİ, B. 2005a. Bayındırlı, C., Türkmen, H., Edremit Körfezi'nde *Posidonia oceanica* yayılımının incelenmesi, IX. Sualtı Bilim ve Teknoloji Toplantısı, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- ÇELEBİ, B. 2007. Levant Denizi *Posidonia oceanica* (L.) Delile, 1813 Deniz çayırları üzerine bir çalışma, (Yüksek Lisans Tezi), ODTÜ, Deniz Bilimleri Enstitüsü.
- DE FALCO, G., FERRARI, S., CANCEMI, G. and BAROLI, G. 2000. Relationship between sediment distribution and *Posidonia oceanica* seagrass. *Geo-Marine Letters*, Vol. 20, (1):50-57.
- DE FALCO, G., MOLINAROLI, E., BAROLI, M. and BELLACICCO, S. 2003. Grain size and compositional trends of sediments from *Posidonia oceanica* meadows to beach shore, Sardinia, western Mediterranean. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. Volume 58, Issue 2, October 2003, Pp. 299–309.
- DE FALCO, G., TONIELLI, R., DI MARTINO, G., INNANGI, S. and SIMEONE, S. and PARNUM, I.M. 2010. Relationships between multibeam backscatter, sediment grain size and *Posidonia oceanica* seagrass distribution, *Continental Shelf Research*, Volume 30, Issue 18, 31 October 2010, Pp. 1941–1950.
- DEL VECCHIO, S., MARBA, N., ACOSTA, A., VIGNOLO, C. and TRAVESET, A. 2013. Effects of *Posidonia oceanica* Beach-Cast on Germination, Growth and Nutrient Uptake of Coastal Dune Plants. *PLoS ONE* 8(7): e70607. doi:10.1371/journal.pone.0070607.

- DEPEW, D.C., STEVENS, A.W., SMITH, R.E.H. and HECKY, R.E. 2009. Detection and characterization of benthic filamentous algal stands (*Cladophora* sp.) on rocky substrata using a high-frequency echosounder. *Limnology and Oceanography: Methods* 7: 693–705.
- DEPEW, D.C., HOUBEN, A.J., OZERSKY, T., HECKY, R.E. and GUILDFORD, S.J. 2011. Submerged aquatic vegetation in Cook's Bay, Lake Simcoe: Assessment of changes in response to increased water transparency. *Journal of Great Lakes Research*. Volume 37, Supplement 3, pp. 72–82.
- DESCAMP, P., HOLON, F., BALLESTA, L., GUILBERT, A., GUILLOT, M., BOISSERY, P., RAIMONDINO, V. and DETER, J. 2011. Fast and easy method for seagrass monitoring: application of acoustic telemetry to precision mapping of *Posidonia oceanica* beds. *Mar Pollut Bull.* 62(2):284-92. doi: 10.1016/j.marpolbul.2010.10.012. Epub 2010 Nov 20.
- DESCAMP, P., PERGENT, G., BALLESTA, L. and FOULQUIÉ, M. 2015. Underwater acoustic positioning systems as tool for *Posidonia oceanica* beds survey. *C. R. Biologies*, 328 :75–80.
- DE ROBERTIS, A. and HIGGINBOTTOM, I. 2007. A post-processing technique to estimate the signal-to-noise ratio and remove echosounder background noise. – *ICES Journal of Marine Science*, 64: 1282–1291.
- DI MAIDA, G., TOMASELLO, A., LUZZU, F., SCANNAVINO, A., PIRROTTA, M., ORESTANO, C. and CALVO, S. 2011. Discriminating between *Posidonia oceanica* meadows and sand substratum using multibeam sonar. *ICES J. Mar. Sci. J. Cons.* 68, 12–19.
- DI MAIDA, G., TOMASELLO, A., SCIANDRA, M., PIRROTTA, M., MILAZZO, M. et al. 2013. Effect of different substrata on rhizome growth, leaf biometry and shoot density of *Posidonia oceanica*. *Marine Environmental Research*, 87-88, 96-102.
- DÍAZ-ALMELA, E. and DUARTE, C.M. 2008. Management of Natura 2000 habitats. 1120 \**Posidonia* beds (*Posidonion oceanicae*). European Commission.
- DÍAZ-ALMELA, E., MARBÀ, N., ÁLVAREZ, E., SANTIAGO, R., HOLMER M., GRAU, A., DANOVARO, R., ARGYROU, M., KARAKASSIS I. and DUARTE, C.M. 2008.. Benthic inputs as predictors of seagrass (*Posidonia oceanica*) fish farm-induced decline. *Marine Pollution Bulletin*. Previous manuscript version available at *Los Álamos database*. Nº: qbio. QM/0611006. [Http://www.arxiv.org](http://www.arxiv.org). doi: 10.1109/OCEANS.2000.882226. (in press).
- DOMMISSE, M., URBAN, D., FINNEY, B.P. and HILLS, S. 2005. Potential Depth Biasing Using the Biosonics VBT Seabed Classification Software. *Marine Technology Society Journal*, Volume 39, Number 2, Pp. 58–61.

- DONDA, F., GORDINI, E., REBESCO, M., PASCUCCI, V., FONTOLAN, G., LAZZARI, P. and MOSETTI, R. 2008. Shallow water sea-floor morphologies around Asinara Island (NW Sardinia, Italy). *Continental Shelf Research*, Volume 28, Issue 18, Pp. 2550–256.
- DOWNING, J.A. and ANDERSON, M.R. 1985. Estimating the standing biomass of aquatic macrophytes. *Can. J Fish Aquat Sci.* 42: 1860-1869.
- DRYSDALE, F.R. and BARBOUR, M.G. 1975. Response of the marine angiosperm *Phyllospadix torreyi* to certain environmental variables: a preliminary study. *Aquat. Bot.* 1, 97– 106.
- DUARTE, C.M. 1987. Use of echosounder tracings to estimate the aboveground biomass of submerged plants in lakes. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 44: 732– 735.
- DUARTE, C.M. 1991. Seagrass depth limits. *Aquat. Bot.* 40: 363-377.
- DUARTE, C.M. and CHISCANO, C.L. 1999. Seagrass biomass and production: A reassessment. *Aquatic Botany* 1334:1–16.
- DUARTE, C.M. and KIRKMAN, H. 2001. Methods for the measurement of seagrass abundance and depth distribution. In: Carlos M. Duarte, Hugh Kirkman (Editors), Chapter 7: Measuring Seagrass Abundance 3. 13 p.
- DUARTE, C.M. 2002. The future of seagrass meadows. *Environmental Conservation*, 29, 192-206.
- DUARTE, C.M., BORUM, J., SHORT, F.T. and WALKER, D.I. 2008. Seagrass ecosystems: their global status and prospects. In: Polunin, N.V.C. (Editors.), *Aquatic Ecosystems. Cambridge University Press*, Cambridge, UK, pp. 281-294.
- DUARTE, C.M. 2011. Use of Echosounder Tracings to Estimate the Aboveground Biomass of Submerged Plants in Lakes, *Can. J Fish Aquat Sci*, 1987, Vol. 44, No. 4: pp. 732-735. (doi: 10,1139/f87-088).
- DUNTON, K.H. and TOMASKO, D.A. 1994. In situ photosynthesis in the seagrass *Halodule wrightii* in a hypersaline subtropical lagoon. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 107, 281–293.
- DURAL, B. 1998. Akkum Plajı (Sığacık Körfezi) Açıklarındaki *Posidonia oceanica* (L.) Delile Vegetasyonunun Derinliğe Bağlı Değişimi, 98 Fen/003 Kesin Rapor, Pp. 39.
- DURAL, B., LÖK, A., METİN C. ve GÜL, B. 2000. İzmir Körfezi'nin Bazı İstasyonlarındaki *Posidonia oceanica* (L.) Delile Yataklarının Aletli Dalış Yöntemi ile Alt ve Üst Limitlerinin Belirlenmesi, 1. Bölüm, TBAG-1638 (197T032) no'lu Proje Raporu, pp: 77.

- DURAL, B. and PERGENT, G. 2001. Phenology of *Posidonia oceanica* along the İzmir coastline (Turkey), Fifth International Conference on the Mediterranean Coastal Environment, MEDCOAST 01, Hammamet-Tunisia, pp: 579-84.
- DURAL, B. 2003. İzmir Körfezi'ndeki Deniz Çayırlarının Stok Tespiti, Epifitik Flora ve Vegetasyonu Vertikal Dağılımı ile Uzaktan Kumandalı Video Kamera Yöntemi ile Alt Limitlerinin Belirlenmesi, 2. Bölüm, TBAG-1638 (197T032) no'lu Proje Raporu, pp: 253.
- DURAL, B., AYSEL, V., DEMİR, N., YAZICI, I., KARAÇUHA, A., OKUDAN, E.Ş., ATALAY, G. ve KELEŞ, H. 2006. Batı Karadeniz (Türkiye) Deniz Çiçekli Bitkilerinin Dağılım Sınırları, Fenolojisi, Epifitik Alg Florası ile Sinop Kıyıları Boyunca *Zostera marina*'nın - Haritalanması ve Çiçeklenmesinin Belirlenmesi, TBAG-2332 (103T140) no'lu Proje Raporu, pp: 156.
- DURAL, B. and AYSEL, V. 2007. Role of benthic algae and the seagrass in the Turkish Aegean and Mediterranean. *Acta Pharmaceutica Scientia*. 49: 85-115.
- DURAL, B., BÜYÜKİŞİK, H.B., DEMİR, N., ÖZDEN, O., SUNLU, U., ÖZGÜL, A. ve YAZICI, I. 2009. Deniz Çiçekli Bitkilerinden *Posidonia oceanica* Topluluğunun Tahribinde Balık Üretim Tesislerinin Rolü ve Organik Yükün Azaltılmasında Bazı Alg Türlerinin Kullanımı, ÇAYDAG - 105Y148 no'lu Proje Raporu, pp: 266.
- DURAL, B. 2010. Phenological observations on *Posidonia oceanica* (L.) Delile meadows along the coast of Akkum (Sığacık Bay, Aegean Sea, Turkey), *J.Black Sea/Mediterranean Environment*, 16 (1), 133-44.
- DURAL, B., AYSEL, V., DEMİR, N., YAZICI, I. ve ERDUGAN, H. 2012. The Status of sensitive ecosystems along the Aegean coast of Turkey: *Posidonia oceanica* (L.) Delile meadows. *J.Black Sea/Medit. Environ.* 18(3): 360-379.
- DURAL, B., AYSEL, V. and DEMİR, N., 2013b. *Posidonia oceanica* (L.) Delile on the coasts of Turkey. First international workshop on *Posidonia oceanica* (L.) Delile on the coasts of Turkey. Aktan Y., Aysel V. (Editors.), Turkish Marine Research Foundation publ., Istanbul: 1-19.
- EC. 1992. Council Directive 92/43/EC on the conservation of natural habitats and of wild fauna and flora. Official Journal of the European Communities, L 206, 22/07/1992. 52 pp.
- EIDEM, E.J. and LANDMARK, K. 2013. Acoustic seabed classification using QTC IMPACT on single-beam echo sounder data from the Norwegian Channel, northern North Sea. *Continental Shelf Research* 68:1-14.

- ELLINGSEN, K.E., GRAY, J.S. and BJØRNBOM, E. 2002. Acoustic classification of seabed habitats using the QTC VIEW System. *ICES Journal of Marine Science*, 59: 825–835.
- ELLIOTT, J.M., FLETCHER, J.M., ELLIOTT, J.A., CUBBY, P.R. and BAROUDY E. 1996. Changes in the population density of pelagic salmonids in relation to changes in lake enrichment in Windermere (northwest England). *Ecology of Freshwater Fish* 5: 153–162.
- ELKALAY, K., SKLIRIS, N., FRANGOULIS, C., GOFFART, A., GOBERT, S., LEPOINT, G. and HECQ, J.-H. 2000. A model describing the *P. oceanica* growth. *Biol. Mar. Medit.* 7 (2), 47–50.
- ELKALAY, K., FRANGOULIS, C., SKLIRIS, N., GOFFART, A., GOBERT, S., LEPOINT, G. and HECQ, J.-H. 2003. A model of the seasonal dynamics of biomass and production of the seagrass *Posidonia oceanica* in the Bay of Calvi (Northwestern Mediterranean). *Ecological Modelling*, 167, 1–18.
- ENDLER, R. 2009. Sediment physical properties of the DYNAS study area. *J. Marine Syst.* 75: 317-329.
- ENRIQUEZ, S. and SCHUBERT, N. 2004. Direct contribution of the seagrass *Thalassia testudinum* to lime mud production. *Nature Communications* I, 5, 3835.
- ERGEN, Z. 1986. The polychaeta fauna of *Posidonia oceanica* meadows of Izmir Bay (Turkey). *Rapp. Comm. int. Mer. Medit.* 30, 2.
- ERGEN, Z., KOCATAS, A., KATAGAN, T. and ONEN, M. 1988. The distribution of Polychaeta and Crustacea fauna found in *Posidonia oceanica* Meadows of Aegean Coast of Turkey. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, 31, 2.
- FARRELL, J.L., HARRISON, J.P., EICHLER, L.W., SUTHERLAND, J.W., NIERZWICKI-BAUER, S.A. and BOYLEN, C.W. 2013. Identification of Eurasian watermilfoil using Hydroacoustics. *J. Aquat. Plant Manage.* 51: 15–21.
- FELISBERTO, P., JESUS, S.M., ZABEL, F., SANTOS, R., SILVA, J., GOBERT, S., BEER, S., BJORK, M., MAZZUCA, S., PROCACCINI, G. et al. 2015. Acoustic monitoring of O<sub>2</sub> production of a seagrass meadow. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. Volume 464, Pp. 75–87. doi:10.1016/j.jembe.2014.12.013.
- FERGUSON, R.L., WOOD, L.L. and GRAHAM, D.B. 1993. Monitoring spatial change in seagrass habitat with aerial-photography. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 59: 1033-1038.

- FERNÁNDEZ-TORQUEMADA, Y. and SÁNCHEZ-LIZASO, J.L. 2005. Effects of salinity on leaf growth and survival of the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica* (L.) Delile. *J. Exp Mar Biol Ecol.* 320:57–63.
- FERNANDES, P.G., KORNELIUSSEN, R.J., LEBOURGES-DHAUSSY, A., MASSE, J., IGLESIAS, M., DINER, N., ONA, E., et al. 2006. The SIMFAMI project: species identification methods from acoustics multifrequency information. Final report to the EC Number Q5RS-2001-02054.
- FERNANDES, P.G. 2009. Classification trees for species identification of fish-school echotraces. *ICES J. Mar. Sci.* 66, 1073–1080.
- FODEN, J. and BRAZIER, D.P. 2007. Angiosperms (seagrass) within the EU water framework directive: a UK perspective. *Marine Pollution Bulletin* 55, 181–195.
- FOLKARD, A.M. 2005. Hydrodynamics of model *Posidonia oceanica* patches in shallow water. *Limnol. Oceanogr.* 50(5), 1592–1600.
- FORNES, A., BASTERRETXEA, G., ORFILA, A., JORDI, A., ALVAREZ A. and TINTORE, J. 2006. Mapping *Posidonia oceanica* from IKONOS. *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing* 60: 315–322.
- FORSQREN, G., MALMGREN, L., BRYDSTEN, L., JANSSON, M. 1993. Characterization of sediments by high frequency echo sounding. *Environmental Geology*, 21, 14-18.
- FORTIN, G., SAINT-CYR, L. and LECLERC, M. 1993. Distribution of submersed macrophytes by echo-sounder tracings in Lake Saint-Pierre, Quebec, *J. of Aqu. Plant Manag.*, 31, 232–40.
- FOSTER, J.G., RIEGL, B., PURKIS, S.J. and DODGE, R.E. 2006. Mapping of Tropical Shallow Water Benthos (Algae, Seagrass, Corals) Using Three Single-Beam Acoustic Ground Discrimination Systems (QTCView, Echoplus, Biosonics), *Eos Trans. Ocean Sci. Meet. Suppl. AGU*, 87(36).
- FRANCOUR, P., MAGRE´AU, J.F., MANNONI, P.A., COTTALORDA, J.M. and GRATIOT, J. 2006. Management guide for Marine Protected Areas of the Mediterranean Sea, Permanent Ecological Moorings. Universite´ de Nice-Sophia Antipolis & Parc National de Port-Cros, Nice, 68 pp.
- FREITAS, R., RODRIGUES, A.M., MORRIS, E., PEREZ-LLORENS, J.L. and QUINTINO, V. 2008. Single-beam acoustic ground discrimination of shallow water habitats: 50 kHz or 200 kHz frequency survey. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 78, 613-622.



- GACIA, E., GRANATA, T.C. and DUARTE, C.M. 1999. An approach to measurement of particle flux and sediment retention within seagrass (*Posidonia oceanica*) meadows. *Aquatic Botany*. Volume 65, Issues 1–4, pp. 255–268. doi:10.1016/S0304-3770(99)00044-3.
- GACIA, E. and DUARTE, C.M. 2001. Sediment Retention by a Mediterranean *Posidonia oceanica* Meadow: The Balance between Deposition and Resuspension. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 52, 505–514. doi:10.1006/ecss.2000.0753, available online at <http://www.idealibrary.com> on.
- GACIA, E., INVERS, O., MANZANERA, M., BALLESTEROS, E. and ROMERO, J. 2007. Impact of the brine from a desalination plant on a shallow seagrass (*Posidonia oceanica*) meadow. *Estuar Coast Shelf Sci.* 72:579–590.
- GARROOD, D.J. 1981. Applications of the MFSK acoustical communication system, *Oceans' 81*. pp. 67 – 71. doi: 10.1109/OCEANS.1981.1151697.
- GEORGE, D.G. and WINFIELD, I.J. 2000. Factors influencing the spatial distribution of zooplankton and fish in Loch Ness, UK. *Freshwater Biology*, 44: 557–570.
- GLOUX, B. 1984. Methode acoustiques et informatiques appliquees a la cartographie rapide et detaillee des herbiers. In International Workshop on *Posidonia oceanica* Beds. Boudouresques, C.F., Jeudy de Grissac, A. and Olivier, J. (Editors.), pp. 45-48, GIS Posidonie Press, Marseille.
- GIAKOUMI, S., SINI, M., GEROVASILEIOU, V., MAZOR, T., BEHER, J., et al. 2013. Ecoregion-Based Conservation Planning in the Mediterranean: Dealing with Large-Scale Heterogeneity. *PLoS ONE* 8(10): e76449. doi:10.1371/journal.pone.0076449.
- GIRAUD, G. 1977c. Recensement des floraisons de *Posidonia oceanica* (Linne) Delile en Mediterran le. *Rapp P v Reun Commiss internation Exp/or sci Medit* 24(4): 126-130.
- GIOVANNETTI, E., LASAGNA, R., MONTEFALCONE, M, BIANCHI, C.N., ALBERTELLI, G., et al. 2008. Inconsistent responses to substratum nature in *Posidonia oceanica* meadows: an integration through complexity levels. *Chemistry and Ecology*, 24 (1), 145-153.
- GOBERT, S., LEJEUNE, P., LEPOINT, G. and BOUOUEGNEAU, J.M. 2005. C, N, P concentrations and requirements of flowering *Posidonia oceanica* shoots. *Hydrobiologia* 533: 253-259.

- GOBERT, S., SARTORETTO, S., RICO-RAIMONDINO, V., ANDRAL, B., CHERY, A., LEJEUNE, P. and BOISSERY, P. 2009. Assessment of the ecological status of Mediterranean French coastal waters as required by the Water Framework Directive using the *Posidonia oceanica* Rapid Easy Index: PREI. *Mar. Pollut. Bull.* doi:10.1016/j.marpolbul.2009.06.012.
- GÖKOĞLU, M. ve TEKER, S. 2015. Biodiversity: New Egzotic Fish Species in the Gulf of Antalya. VI. International Scientific Agricultural Symposium. Jahorina. 15-18 October 2015. Bosnia & Herzegovina. [Poster Presentation].
- GONENER, S. and OZDEMIR, S. 2012. Investigation of the Interaction Between Bottom Gillnet Fishery (Sinop, Black Sea) and Bottlenose Dolphins (*Tursiops truncatus*) in Terms of Economy. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 12: 115-126.
- GUALA, I., DI CARLO, G., JAKL, Z. et al. 2012. Monitoring of *Posidonia oceanica* meadows in Croatian Protected Areas, 2nd year of survey. Association Sunce Technical Report, October 2012, 55 pp. + Annexes.
- GUAN, W., ROBERT, CHAMBERLAIN, H., SABOL, B.M. and DOERING, P.H. 1999. Mapping Submerged Aquatic Vegetation with GIS in the Caloosahatchee Estuary: Evaluation of Different Interpolation Methods. *Marine Geodesy*. Volume 22, Issue 2, pp 69-91.
- GUASCH, M.A., MATEO, C., LO IACONO, E., GRÀCIA, R.C. 2007. Geophysical Research Abstracts, Vol. 9, 03992.
- GUCU, G. and GUCU, A.C. 2002. Ecological significance of sea grass meadows (*Posidonia oceanica* (L.) Delile) in Bozyazi-Kızilliman Marine Protected Area, Second International Conference on Oceanography of the Eastern Mediterranean and Black Sea: Similarities and Differences of Two Interconnected Basins, 1, pp: 924-932.
- GUIDETTI, P., LORENTI, M., BUIA, M.C. and MAZZELLA, L. 2002. Temporal dynamics and biomass partitioning in three Adriatic seagrass species: *Posidonia oceanica*, *Cymodocea nodosa*, *Zostera mariana*, P.S.Z.N. *Marine Ecology*, 23 (1), 51-67.
- HACKRADT, C.W., GARCIA-CHARTON, J.A., PÉREZ-RUZAFÁ, A., HARMELIN-VIVIEN, M., LE DIRÉACH, L., BAYLE-SEMPERE, J., CHARBONNEL, E., ODY, D., REÑONES, O., SÁNCHEZ- JEREZ, P. and VALLE, C., 2014. Response of rocky reef top predators (Serranidae: Epinephelinae) in and around marine protected areas in the Western Mediterranean Sea. *PLoS One* 9 (6), e98206. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0098206>.

- HAJNESK, I. and PAPATHANASSIOU, K. 2005. Rough surface scattering models. Pp.11. <https://tr.scribd.com/document/306174762/Rough-Surface-Scattering-Models>.
- HATAKEYAMA, Y. and MANIWA, Y. 1978. On the investigation of seaweed distribution by utilizing the fish finder. *Tech. Rep. Fish. Boat* (in Japanese) 73: 155-168.
- HAMILTON, L.J. 2014. Real-time echosounder based acoustic seabed segmentation with two first echo parameters. *Methods Oceanogr.* 11, 13–28.
- HARPER, J.R. and BERRY, H.D. 2001. Examples of application of ShoreZone mapping data from the state of Washington. Proceedings of the 2001 Puget Sound Research Conference, Seattle, Washington [Abstract].
- HARRISON, P.G. 1993. Variations in demography of *Zostera marina* and *Z. noltii* on an intertidal gradient. *Aquat. Bot.* 45: 63–77.
- HASHIM, M., YAHYA, N.N., AHMAD, S., KOMATSU, T., MISBARI, S., REBA, M.N. 2014. Determination of seagrass biomass at Merambong Shoal in Straits of Johor using satellite remote sensing technique. *Malay. Nat. J.*, 66, 20–37.
- HAY, M.E., KAPPEL, Q.E. and FENICAL, W. 1994. Synergisms in plant defenses against herbivores: interactions of chemistry, calcification, and plant quality, *Ecology*, 75(6), 1714-1726.
- HAZNEDAROĞLU, M.Z. 1999. Ege Denizi'inde Yayılış Gösteren *Posidonia oceanica* (L.) Delile Bitkisi Üzerinde Araştırmalar. Ege Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü.
- HAZNEDAROĞLU, M.Z. and AKARSU, F. 2000. Localization of Tannin Cellular Structures in *Posidonia oceanica* (L.) Delile, 6th International Symposium on Pharmaceutical Sciences ISOPS-6, 27-29. 06. 2000, Ankara – Türkiye. Poster sunum.
- HAZNEDAROĞLU M.Z. and ZEYBEK, U. 2000. Chromatographic Analysis of Phenolic Compounds of *Posidonia oceanica* (L.) Delile. 6th International Symposium on Pharmaceutical Sciences ISOPS-6, 27-29. 06. 2000, Ankara – Türkiye. Poster sunum.
- HAZNEDAROĞLU, M.Z. ve AKARSU, F. 2009. Anatomical Features of *Posidonia oceanica* (L.) Delile Growing in Turkey. *Hacettepe University Journal of the Faculty of Pharmacy*, Volume 29 / Number 1 / pp. 37-43.
- HELLBLOM, F. and BJORK, M. 1999. Photosynthetic responses in *Zostera marina* to decreasing salinity, inorganic carbon and osmolality. *Aquat. Bot.* 65, 97– 104.

- HENDRIKS, I.E., TOMÀS, S., TJEERD, B.J. and DUARTE, C.M. 2008. Experimental assessment and modeling evaluation of the effects of the seagrass *Posidonia oceanica* on flow and particle trapping. *Marine Ecology Progress Series*, 356: 163-173. doi: 10.3354/meps07316.
- HERMAND, J.P., NASCETTI, P. and CINELLI, F. 1998. Inversion of acoustic waveguide propagation features to measure oxygen synthesis by *Posidonia oceanica*. OCEANS '98 Conference Proceedings. Environ. Res. Div., SACLANT Undersea Res. vol. 2. 919-926. Centre, La Spezia, Italy. <http://dx.doi.org/10.1121/1.422172>.
- HEWITT, J.E., THRUSH, S.F., CUMMINGS, V.J. and TURNER, S.J. 1998. The effect of changing sampling scales on our ability to detect effects of large-scale processes on communities. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 227, 251-264.
- HIGGINBOTTOM, I. and PAULY, T. 1997. Echo integration in low signal to noise regimes: methods of noise estimation and removal. CCAMLR Working Group on Ecosystem Monitoring and Management paper, WG-EMM-97/74.
- HILLMAN, K., WALKER, D.I., LARKUM, A.W.D. and MCCOMB, A.J. 1989. Productivity and nutrient limitation. In: Larkum, A.W.D., McComb, A. J., Shepherd, S. A. (Editors.) *Biology of seagrasses A treatise on the biology of seagrasses with special reference to the Australian region*. Elsevier, Amsterdam, p. 635-685.
- HOFFMAN, J.C., BURCZYNSKI, J., SABOL, B. and HEILMAN, M. 2002. Digital acoustic system for ecosystem monitoring and mapping: Assessment of fish, plankton, submersed aquatic vegetation, and bottom substrata classification. White Paper. BioSonics, Seattle, WA.
- HORNE, J.K. 2000. Acoustic approaches to remote species identification: a review. *Fish. Oceanogr.* 94, 356–371.
- HOSSUCU, H., TOKAC, A., DURAL, B., TOSUNOGLU, Z., ULAŞ, A., OZEKINCI, U., UNAL, V., DUZBASTILAR, O., AKYOL, O. 1997. Studies on the effects of coastal trawl nets on young fish populations and the littoral zone. YDABÇAG-297, Final Report, 76 p.
- HOLME, N.A. 1982. Photography and television. In: Holme, N.A. and McIntyre, A.D. (Editors.), *Methods for the Study of Marine Benthos*. London: *Blackwell Scientific Publications*, pp. 66–98.
- INFANTES, E., ORFILA, A., SIMARRO, G., TERRADOS, J., LUHAR, M. and NEPF, H. 2012. Effect of a seagrass (*Posidonia oceanica*) meadow on wave propagation. *Mar Ecol Prog Ser*, (456): 63-72. ISBN N° 2-905540-3 T-1 (RAC/SPA and GIS Posidonie publ., Marseille).

- INNANGI, S., BARRA, M., DI MARTINI, G., PARNUM, I.M., TONIELLI, R. and MAZZOLA, S. 2015. Reson SeaBat 8125 backscatter data as a tool for seabed characterization (Central Mediterranean, Southern Italy): Results from different processing approaches. *Applied Acoustic*, (87): 109–122.
- IUCN. 2016. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2016-1. Available at: [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org). (Accessed: 30 June 2016).
- JOHNSON, J.A and NEWMAN, R.M. 2011. A comparison of two methods for sampling biomass of aquatic plants. *J. Aquat. Plant Manage.* 49: 1-8.
- JONES, M.E., MILLER, L., WOODRUFF, D.L. and EWERT, D.W. 2007. Mapping of Submerged Aquatic Vegetation Using Autonomous Underwater Vehicles in Nearshore Regions. OCEANS 2007. pp: 1 – 7. doi: 10.1109/OCEANS.2007.4449331.
- JURVELIUS, J. 1991. Distribution and density of pelagic fish stocks, especially vendace (*Coregonus albula* (L.)), monitored by hydroacoustics in shallow and deep southern boreal lakes. *Finnish Fish. Res.* 12: 45–63.
- KENDRICK, G.A., WALKER, D.I. and MCCOMB, A.J. 1988. Changes in distribution of macro-algal epiphytes on stems of the seagrass *Amphibolis antarctica* along a salinity gradient in Shark Bay, Western Australia. *Phycologia*, 27 (2), 201– 208.
- KENNY, A.J., CATO, I., DESPREZ, M., FADER, G., SCHUTTENHELM, R.T.E. and SIDE, J. 2003. An overview of seabed-mapping technologies in the context of marine habitat classification. *ICES Journal of Marine Science* 60, 411–418.
- KENOW, K.P., LYON, J.E., HINES, R.K. and ELFESSI, A. 2007. Estimating biomass of submersed vegetation using a simple rake sampling technique. *Hydrobiologia*. 575:447-454.
- KIESER, R., REYNISSON, P. and MULLIGAN, T.J. 2005. Definition of signal-to-noise ratio and its critical role in split-beam measurements. *ICES Journal of Marine Science* 62: 123–130.
- KILFOYLE, D.B. and BAGGEROER, A.B. 2000. The State of the Art in Underwater Acoustic Telemetry. *Ieee Journal of Oceanic Engineering*, Vol. 25, No. 1.
- KIPARISSISA, S., FAKIRIS, E., PAPTAEODOROU, G., GERAGA, M., KORNAROS, M., KAPARELIOTIS, A. and FERENTINOS, G. 2011. Illegal trawling and induced invasive algal spread as collaborative factors in a *Posidonia oceanica* meadow degradation. *Biological Invasions*, March 2011, Volume 13, pp. 669-678.

- KOCAK, F. and AYDIN-ONEN, S. 2014. Epiphytic bryozoan community of *Posidonia oceanica* (L.) Delile leaves in two different meadows at disturbed and control locations. *Mediterranean Marine Science*, Vol 15, No 2.
- KOMATSU, T. and TATSUKAWA, K. 1998. Mapping of *Zostera marina* L. beds in Ajino Bay, Seto Inland Sea, Japan, by using echosounder and global positioning systems. *J. Rech. Oceanogr.* 23: 39-46.
- KOMATSU, T., IGARARASHI, C., TATSUKAWA, K., NAKAOKA, N., HIRAISHI, T. and TAIRA, A. 2002. Mapping of seagrass and seaweed beds using hydro-acoustic methods. *Fisheries science*. Vol. 68. No. sup1, Pp. 580-583.
- KOMATSU, T., MIKAMI, A., SULTANA, S., ISHIDA, K., HIRAISHI, T. and TATSUKAWA, K. 2003. Hydro-acoustic methods as a practical tool for cartography of seagrass beds. *Otsuchi Mar. Sci.* 28, 72–79.
- KOMATSU, T., BEN MUSTAPHA, K., SHIBATA, K., HANTANI, K., OHMURA, T., SAMMARI, C., IGARASHI, C. and EL ABED, A. 2004. Mapping *Posidonia* Meadows on Messioua Bank off Zarzis, Tunisia, Using Multi-Beam Sonar and GIS. In GIS/Spatial Analyses in Fisheries and Aquatic Sciences; Nishida, T., Kaiola, P.J., Hollingworth, C.E. (Editors). Fishery-Aquatic GIS Research Group: Saitama, Japan, pp. 83–100.
- KORNELIUSSEN, R.J. 2000. Measurement and removal of echo integration noise. *ICES Journal of Marine Science* 57: 1204–1217.
- KORNELIUSSEN, R.J., HEGGELUND, Y., ELIASSEN, I.K. and JOHANSEN, G.O. 2009. Acoustics species identification of schooling fish. *ICES J. Mar. Sci.* 66, 1111–1118.
- KOTCHENOVA, S.Y., SONG, X., SHABANOV, N.V., POTTER, C.S., KNYAZIKHIN, Y. and MYENI, R.B. 2004. Lidar remote sensing for modeling gross primary production of deciduous forests. *Remote Sens. Environ.* 92, 158–172.
- KROM, M.D., KRESS, N., BRENNER, S. and GORDON L.I. 1991. Phosphorus limitation of primary productivity in the Eastern Mediterranean Sea. *Limnology and Oceanography*, 36, 424- 432.
- KUO, J. and DEN HARTOG, C. 2000. Seagrasses: a profile of an ecological group. *Biol. Mar. Mediterr.* 7: 3–17.
- KUŞAT, M., TURNA, İ.İ, KOCA, H.U ve YILDIRIM, U.G. 2015. Antalya Kayalık Kıyıları Makrobentik Biyotasının Mevsimsel Değişimi. *Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 11(1): 28-36.

- KUUS, P., HUGHES CLARKE, J. and BRUCKER, S. 2008. SHOALS3000 Surveying Above Dense Fields of Aquatic Vegetation – Quantifying and Identifying Bottom Tracking Issues. Proceedings of the Canadian Hydrographic Conference and National Surveyors Conference 2008.
- KVERNEVIK, T.I., AKHIR, M.Z.M. and STUDHOLME, J. 2002. A low- cost procedure for automatic seafloor mapping, with particular reference to coral reef conservation in developing nations. *Hydrobiologia*, 474, 67–79.
- LANG, M.A. and BALDWIN C.C. 1996. Methods and Techniques of Underwater Research. Proceedings of the American Academy of Underwater Sciences Scientific Diving Symposium, October 12-13, Smithsonian Institution, Washington OC. 236 pp.
- LASAGNA, R., MONTEFALCONE, B., ALBERELLI, C., BIANCHI, N., CORRADI, N. and MORRI, C. 2006. Distribuzione dei sedimenti in una prateria di *Posidonia oceanica*. Ecologia. In: Atti del XV Congresso Nazionale della Società Italiana di Ecologia Torino (in Italian). Available at: <http://www.ecologia.it/congressi/XV/articles/Lasagna-233.pdf>.
- LAVERY, A.C., SCHMITT, R.W. and STANTON, T.K. 2003. High-frequency acoustic scattering from turbulent oceanic microstructure: the importance of density fluctuations. *J. Acoust. Soc. Am.* 114, 2685–2697.
- LAVERY, A.C., WIEBE, P.H., STANTON, T.K., LAWSON, G.L., BENFIELD, M.C. and COPLEY, N. 2007. Determining dominant scatterers of sound in mixed zooplankton populations, *J. Acoust. Soc. Am.* 122, 3304–3326.
- LAYMAN, A.J. 2015. Modeling The Impacts of Lake Level Control Structure Management Scenarios on Aquatic Vegetation Distributions in Higgins Lake, Michigan. (MSc. Thesis). Natural Resources and Environment and Master of Science in Engineering College of Engineering, The University of Michigan. pp. 64
- LEE LONG, W.J., HUNDLEY, A.J., RODER, C.A. and MCKENZIE, L.J. 1998. Preliminary Evaluation of an Acoustic Technique for Mapping Tropical Seagrass Habitats. *Great Barrier Reef Marine Park Authority Research Publication* 52, 30 pp.
- LEFEBVRE, A., THOMPSON, C.E.L., COLLINS, K.J. and AMOS, C.L. 2009. Use of a high-resolution profiling sonar and a towed video camera to map a *Zostera marina* bed, Solent, UK. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 82, (2), 323-334. ([doi:10.1016/j.ecss.2009.01.027](https://doi.org/10.1016/j.ecss.2009.01.027)).
- LEFEVRE, J.R., MEINESZ, A. and GLOUX, B. 1984. Premieres donnees sur la comparaison de trois methodes de cartographie des biocenoses marines. *Rapp. P. V. Reunion Comm. Int. Explor. Sci. Mer Mediterr.* 29: 209-211.

- LEONI, V., PASQUALINI, V., PERGENT-MARTINI, C., VELA, A. and PERGENT, G. 2006. Morphological responses of *Posidonia oceanica* to experimental nutrient enrichment of the canopy water. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 339, 1–14.
- LEPOINT, G., MILLET, S., DAUBY, P., GOBERT, S. and BOUQUEGNEAU, J.M. 2002. An annual nitrogen budget of the seagrass *Posidonia oceanica* as determined by in situ uptake experiments. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 237: 87-96.
- LITTLER, M.M. and LITTLER, D.S. 1980. The evolution of thallus form and survival strategies in benthic marine macroalgae: field and laboratory tests of a functional form model, *American Naturalist*, 116, 25-44.
- LO IACONO, C., MATEO, M.A., GRÀCIA, E., GUASCH, C., CARBONELL, R., SERRANO, L., SERRANO, O. and DAN, J. 2008. Very high-resolution seismo-acoustic imaging of seagrass meadows (Mediterranean Sea): Implications for carbon sink estimates. *Geophys. Res. Lett.*, 35: L18601, doi:10.1029/2008GL034773.
- LO IACONO, C., GRÀCIA, E. and DAÑOBEITIA, J. 2010. Very high -resolution seismo-acoustics in the study of seagrasses . The case of *Posidonia oceanica* (Mediterranean Sea). *Instrumentation Viewpoint*, issue (8), 51 pp.
- LÓPEZ, M., LÓPEZ, I., ARAGONÉS, L., SERRA, J.C. and ESTEBAN, V. 2016. The erosion on the east coast of Spain: Wear of particles, mineral composition, carbonates and *Posidonia oceanica*. *Science of the Total Environment*. 572, 487–497. [Http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.08.076](http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.08.076).
- LUZZU, F., DI MAIDA, G., TOMASELLO, A., PIRROTTA, M., SCANNAVINO, A., BELLAVIA, C., BELLISSIMO, G., COSTANTINI, C., ORESTANO, C., SCLAFANI, G. and CALVO, S. 2014. Mapping *Posidonia oceanica* Lower Limit Combining High Resolution Instruments (Sss And Mbs). 5th Mediterranean Symposium on Marine Vegetation (Portorož, Slovenia, 27-28 October), 226-227 pp.
- LYONS, A.P. and POULIQUEN, E. 1998. Measurements of high-frequency acoustic scattering from seabed vegetation. In Proc. 16th Int. Congress of Acoustics and the 135th Meeting of the Acoustical Society of America (AIP, Woodbury, NY, 1998) pp. 1627–1628.
- LYONS, A.P. and ABRAHAM, D.A. 1999. Statistical characterization of high-frequency shallow-water seafloor backscatter, *J. Acoust. Soc. Am.* 106, pp. 1307–1315.
- MA, Q., NISHIMURA, A., PHU, P. and KUGA, Y. 1990. Transmission, reflection and depolarization of an optical wave for a single leaf. *IEEE Trans. on Geoscience and Remote Sensing* 28, 5 (september), 865 – 872.



- MACEINA, M.J. and SHIREMAN, J.V. 1980. The use of a recording fathometer for determination of distribution and biomass of hydrilla. *J. Aquat. Plant Manage.* 18: 34–39.
- MACEINA, M.J., SHIREMAN, J.V., LANGLAND, K.A. and CANFIELD, D.E. 1984. Prediction of submerged plant biomass by use of a recording fathometer. *J. Aquat. Plant Manage.* 22, 35–38.
- MacLENNAN, D.N. and HOLLIDAY, D.V. 1996. Fisheries and plankton acoustics: past, present and future. *J. of Mar. Sci.* vol. 53, No. 2, p. 513–516.
- MADDEN, C.J. and KEMP, W.M. 1996. Ecosystem model of an estuarine submersed *Estuaries* 19: 457–474.
- MADSEN, J.D. 1993. Biomass techniques for monitoring and assessing control of aquatic vegetation. *Lake Reserv Manage.* 7: 141-154.
- MADSEN, J.D., WERSAL, R.M. and WOOLF, T.E. 2007. A new core sampler for estimating biomass of submersed aquatic macrophytes. *J. Aquat. Plant Manage.* 45:31–34.
- MAHMUD, M.R. and JUWIT, M.K. 2009. Classification of Seafloor Habitats Using Acoustic Backscattering of Multibeam Echosounder Systems. In: 7th International Symposium & Exhibition on Geoinformation (ISG 2008), 13-15 October, Putra World Trade Centre(PWTC), Kuala Lumpur, Malaysia, 11 pp.
- MALTAMO, M., EERIKAINEN, K., PITKAINEN, J., HYPPA, J. and VEMAS, M. 2004. Estimation of timber volume and stem density based on scanner laser altimetry and expected size distribution functions. *Remote Sens. Environ.* 90, 319–330.
- MANCA, E., CÁCERES, I., ALSINA, J.M., STRATIGAKI, V., TOWNEND, I., AMOS, C.L. 2012. Wave energy and wave-induced flow reduction by full-scale model *Posidonia oceanica* seagrass. *Continental Shelf Research.* Volumes 50–51, Pages 100–116.
- MARBÀ, N., DUARTE, C.M., CEBRIÁN, J., GALLEGOS, M.E., OLESEN, B. et al. 1996. Growth and population dynamics of *Posidonia oceanica* on the Spanish Mediterranean coast: elucidating seagrass decline. *Marine Ecology Progress Series*, 137, 203-213.
- MARBÀ, N. and DUARTE, C.M. 1998. Rhizome elongation and seagrass clonal growth, *Marine Ecology Progress Series*, 174, 269-80.

- MARBÀ, N., DUARTE, C.M., HOLMER, M., MARTINEZ, R., BASTERRETXEA, G., ORFILA, A., JORDI, A. and TINTORE, J. 2002. Effectiveness of protection of seagrass (*Posidonia oceanica*) populations in Canbera National Park (Spain), *Enviromental Conservation*, 29(4), 509-18.
- MARBA`, N., SANTIAGO, R., DI´AZ-ALMELA, E., ALVAREZ, E. and DUARTE, C.M. 2006. Seagrass (*Posidonia oceanica*) vertical growth as an early indicator of fish farm-derived stress. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 67, 475–483.
- MARBÀ, N. and DUARTE, C.M. 2010. Mediterranean warming triggers seagrass (*Posidonia oceanica*) shoot mortality. *Global Change Biology* 16, 2366-2375.
- MARBÀ, N., DÍAZ-ALMELA, E. and DUARTE, C.M. 2014. Mediterranean seagrass (*Posidonia oceanica*) loss between 1842 and 2009. *Biological Conservation*, 176: 183–190.
- MARÍN-GUIRAO, L., SANDOVAL-GIL, J.M., RUIZ, J.M. and SÁNCHEZ-LIZASO, J.L. 2011. Photosynthesis, growth and survival of the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica* in response to simulated salinity increases in a laboratory mesocosm system. *Estuar Coast Shelf Sci.* doi:10.1016/j.ecss.2011.01.003.
- MARÍN-GUIRAO, L., SANDOVAL-GIL, J.M., BERNARDEAU-ESTELLER, J., RUIZ, J.M. and SÁNCHEZ-LIZASO, J.L. 2013a. Responses of the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica* to hypersaline stress duration and recovery. *Mar Environ Res*, 84:60–75.
- MATEO, M.A., ROMERO, J., PEREZ, M., LITTLER, M.M. and LITTLER, D.S. 1997. Dynamics of millenary organic deposits resulting from the growth of the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica*, *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 44, 103–110.
- MATEO, M.A., SA NCHEZ-LIZASO, J.L. and ROMERO, J. 2003. *Posidonia oceanica* \_banquettes\_: a preliminary assessment of the relevance for meadow carbon and nutrients budget. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 56, 85–90.
- MATLAB. R2010a. MathWorks online. <http://www.mathworks.com/>.
- MAVKO, G., MUKERJI, T. and DVORKIN, J. 1998. The rock physics handbook: Cambridge University Press.
- MAZZELLA, L., GAMBI, M.C., RUSSO, G.F. and WITTMAN, J.K. 1983. Flowering in *Posidonia oceanica* (L.) Delila prairies around the Island of Ischia (Gulf of Naples). *Rapp P V Reun Commiss intemation Explor sci M8dit* 28(3): 117-119.

- MAZZELLA, L., GAMBI, M.C., RUSSO, G.F. and BUIA, M.C. 1984. Deep flowering and fruiting of *Posidonia oceanica* beds around the Island of Ischia (Gulf of Naples). In: Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A. Olivier J.(Editors). International Workshop on *Posidonia oceanica* beds. GIS Posidonie publ. Fr . 1: 203-209.
- MAZZELLA, L., SCIPIONE, M.B. and BUIA, M.C. 1989. Spatio temporal distribution of algal and animal communities in a *Posidonia oceanica* meadow. P.S.Z.N. I: *Mar. Ecol.* 10(2): 107-129.
- MAZZELLA, L., SCIPIONE, M.B., CAMBI, M.C., BUIA, M.C., LORENTI, M., ZUPO, V. and CANCEMI, G. 1993. The Mediterranean seagrasses *Posidonia oceanica* and *Cymodocea nodosa*. A comparative overview. In: Ozhan E (Editors) First International Conference on the Mediterranean Coastal Environment, Vol 1. Med Coast, Antalya, p. 103 -116.
- McCARTHY, E. 1997. Acoustic characterization of submerged aquatic vegetation, SACLANTCEN Conference Proceedings Series CP-45, High Frequency Acoustics in Shallow Water, In: N.G. Pace, E. Pouliquen, O. Bergem, and A.P. Lyons (Editors.), Lerici, Italy, 363–369.
- McCARTHY, E.M. and SABOL, B. 2000. Acoustic characterization of submerged aquatic vegetation: military and environmental monitoring applications. OCEANS 2000 MTS/IEEE Conference and Exhibition. 1957 - 1961 vol.3.
- McCAULEY, V.J.E. 1975. Two new quantitative samplers for aquatic hytomacrofauna. *Hydrobiologia.* 47: 81-89.
- McDONALD, J.I., COUPLAND, G.T., and KENDRICK, G.A. 2006. Underwater video as a monitoring tool to detect change in seagrass cover. *Journal of Environmental Management*, 80, 148–155.
- McGONIGLE, C., BROWN, C. and QUINN, R. 2011. Detection of deep water benthic macroalgae using image-based classification techniques on multibeam backscatter at Cashes Ledge, Gulf of Maine, USA. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 91, 87-101.
- McMILLAN, C and MOSELEY, F.N. 1967. Salinity tolerances of five marine spermatophytes of Redfish Bay, Texas. *Ecology*, 48:503–506.
- McROY, P. and McMILLAN, C. 1977. Production ecology and physiology of seagrasses. In: McRoy CP, Helfferich C (Editors) Seagrass ecosystems. Dekker, New York, pp 53–87.

- MED-GIG, 2007. WFD Intercalibration technical report for coastal and transitional waters in the Mediterranean ecoregion. In: WFD Intercalibration Technical Report – Part 3: Coastal and Transitional Waters. Available from: <[http://circa.europa.eu/Public/irc/jrc/jrc\\_eewai/library?l=/intercalibration\\_2&vm=detailed&sb=Title](http://circa.europa.eu/Public/irc/jrc/jrc_eewai/library?l=/intercalibration_2&vm=detailed&sb=Title)>.
- MEDWIN, H. and CLAY, C.S. 1998. Fundamentals of Acoustical Oceanography. Academic Press, Boston.
- MÉLÉDER, V., POPULUS, J., GUILLAUMONT, B., PERROT, T. and MOUQUET, P. 2010. Predictive modelling of seabed habitats: case study of subtidal kelp forests on the coast of Brittany, France. *Marine Biology*, 157, 1525-1541.
- MEINESZ, A. and LAURENT, R. 1978. Cartographie et état de la limite inférieure de l'herbier de *Posidonia oceanica* dans les Alpes-maritimes (France). Campagne Poséidon 1976. *Botan. Mar.* 21 (8), 513–526.
- MEINESZ, A., CUVEUER, M. and LAURENT, A. 1981. Methodes recentes de cartographie et de surveillance des herbiers de Phanerogames marines. Leurs applications sur les côtes françaises de la Méditerranée. *Vie Milieu* 31 (1 ): 27-34.
- MEINESZ, A., CIRIK, Ş., BARIŞ, A., JAVEL, F., MIGLIACCIO, M., THIBAUT, T., YUKSEK, A. and PROCACCINI, G. 2009. *Posidonia oceanica* in the Marmara Sea. *Aquatic Botany*. Volume 90, Issue 1, pp 18–22.
- MERRIAM, C.O. 1999. Depositional history of lower Permian (Wolfcampian - Leonardian) carbonate buildups, Midland Basin, Upton County, Texas, M.S. thesis, Texas A&M University.
- MEZCUA, J. 2012. Online file. [Http://www.fordivers.com/en/blog/2012/11/20/por-que-necesitamos-protger-la-posidonia-oceanica/](http://www.fordivers.com/en/blog/2012/11/20/por-que-necesitamos-protger-la-posidonia-oceanica/)
- MICALLEF, A., LE BAS, T.P., HUVENNE, V.A., BLONDEL, P., HUHNERBACH, V. and DEIDUN, A. 2012. A multi-method approach for benthic habitat mapping of shallow coastal areas with highresolution multibeam data. *Continental Shelf Research*, 39, 14-26.
- MILAZZO, M., BADALAMENTI, F., SECCHERELLI, G. and CHEMELLO, R. 2004. Boat anchoring on *Posidonia oceanica* beds in a marine protected area (Italy, western Mediterranean): effect of anchor types in different anchoring stages. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 299, 51-62.
- MILLIMAN, J.D. 1993. Production and accumulation of calcium carbonate in the ocean: Budget of a nonsteady state, *Global Biogeochemical Cycles*, 7, 927–957.

- MINER, S.P. 1993. Application of acoustic hydrosurvey technology to the mapping of eelgrass (*Zostera marina*) distribution in Humboldt Bay, California. Sixth Symposium on Coastal and Ocean Management, New Orleans, LA. 19–23 July 1993.
- MOJETTA, A. 1996. Mediterranean Sea: Guide to the Underwater Life. Swan Hill Press, Shrewsbury, 168 pp.
- MONGER, B.C., CHINNA-CHANDY, S., MEIR, E., BILLINGS, S., GREENE, C.H. and WIEBE, P.H. 1998. Sound scattering gelatinous zooplankters *Aequorea victoria* and *Pleurobrachia bachei*, *Deep-Sea Res II*, 45, 1255-1271.
- MONPERT, C., LEGRIS, M., NOEL, C., ZERR, B. and LE CAILLEC, J.M. 2012. Studying and modeling of submerged aquatic vegetation environments seen by a single beam echosounder. Proceedings of Meetings on Acoustics, Vol. 17, 070044. doi: 10.1121/1.4772739.
- MONPERT, C., LEGRIS, M., NOEL, C., ZERR, B. and LE CAILLEC, J.L. 2014. Studying and modeling of submerged aquatic vegetation environments seen by a single beam echosounder. Proceedings of meetings on acoustics, AIP/Scitation, 2012, 17, pp.070044 - 070044. <hal- 00942712>
- MONTEFALCONE, M., CHIANTORE, M., LANZONE, A., MORRI, C., BIANCHI, C.N. and ALBERTELLI, G. 2008. BACI design reveals the decline of the seagrass *Posidonia oceanica* induced by anchoring. *Marine Pollution Bulletin* 56, 1637-1645.
- MONTEFALCONE, M. 2009. Ecosystem health assessment using the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica*: a review. *Ecological Indicators*, 9, 595-604.
- MONTEFALCONE, M., ROVERE, A., PARRAVICINI, V., ALBERTELLI, G., MORRI, C. and BIANCHI, C.N. 2013. Evaluating change in seagrass meadows: A time-framed comparison of Side Scan Sonar maps. *Aquatic Botany*. Volume 104, Pages 204–212.
- MONTEFALCONE, M., VACCHI, M., SCHIAFFINO, C.F., MORRI, C., CRISTINA, C., CABELLA, R., ELTER, F.M, BIANCHI, C.N. and FERRARI, M. 2014. Meadow development of the seagrass *Posidonia oceanica* on the rocky seabed: a preliminary study in the Ligurian Sea. *Geophysical Research*, Abstracts Vol. 16, EGU2014-8714, EGU General Assembly 2014.
- MORAN, G. 2004. Bozyazı-Kızıllıman Koruma Alanında Deniz Çayırları [*Posidonia oceanica* (L.) Delile], V. Ulusal Ekoloji ve Çevre Kongresi.

- MORENO, A., SILJESTRÖM, P. and REY, J. 1998. Benthic phanerogam species recognition in side scan sonar images: Importance of the sensor direction. In: Alippi A and Canelli GB (eds) Proceedings of the 4th European Conference on underwater Acoustics. Italian, National Research Council, Rome, Italy: 173–178.
- MUTLU, E. 1996. Target strength of the common jellyfish (*Aurelia aurita*): a preliminary experimental study with a dual-beam acoustic system, *ICES Journal of Marine Science*, 53, 309–11.
- MUTLU, E. 2003. Acoustical identification of the concentration layer of a copepod species, *Calanus euxinus*, *Marine Biology*, 142(3), 517–23.
- MUTLU, E., GÖKOĞLU, M., ÖZVAROL, Y., BALABAN, C. ve OLGUNER, T. 2014. Yaygın deniz çayırlarının akustiksel yoğunluk kalibrasyonu ve dağılımlarının takip edilmesi. Final Raporu. TÜBİTAK Projesi (110Y232).
- NEWTON, R.S. and STEFANON, A. 1975. Application of side scan sonar in marine biology. *Mar. Biol.* 31, 287–291.
- NICHOLS, S.A. 1984. Quantitative methods for assessing macrophyte vegetation. In: Dennis WM, Isom BG, editors, Ecological assessment of macrophyton: Collection, use, and meaning of data, ASTM STP 843. Baltimore (MD): American Society for Testing and Materials. p. 7-15.
- NOEL, C., VIALA, C. and ZERR, B. 2006. Acoustic characterization of underwater vegetations". Colloque Caractérisation du Milieu Marin, Brest 16-19 oct 2006.
- NOEL, C., VIALA, C., COQUET, M., ZERR, B. and PERROT, T. 2008. Acoustic data fusion devoted to underwater vegetation mapping. Acoustics 08, Paris 6643 – 6646.
- NOEL, C., VIALA, C., MARCHETTI, S., BAUER, E. and TEMMOS, J.M. 2014. New tools for seabed monitoring using multi-sensors data fusion. Chapter Quantitative Monitoring of the Underwater Environment. Volume 6, Ocean Engineering & Oceanography, pp 25-30.
- NORRIS, J.G., WYLLIE-ECHEVERRIA, S., MUMFORD, T., BAILEY, A. and TURNER, T. 1997. Estimating basal area coverage of subtidal seagrass beds using underwater videography. *Aquat. Bot.*, 58 (3-4), pp. 269–287.
- ODTÜ Sualtı Topluluğu Ekoloji Grubu (ODTÜ-SAT) ve Sualtı Araştırmaları Derneği Ekoloji Grubu (SAD-EKOG). 2007. Alaçatı - Mersin Körfezi Balık Üretim Çiftliği Bölgesi'ndeki *Posidonia oceanica* (L.) Delile, 1813 Çayırlarının Durumu, *Türk Sucul Yaşam Dergisi*, 3-5(5-8), 287.

- OKUDAN, E.S., DEMIR, V., KALKAN, E and KARHAN, S.U. 2011. Anchoring Damage on Seagrass-Meadows (*Posidonia oceanica* (L.) Delile) in Fethiye-Göcek Specially Protected Area (Eastern Mediterranean Sea, Turkey). In: Micallef, A. (Editor.), MCCR3-2010 Conference Proceedings, Journal of Coastal Research, Special Issue, No. 61, pp. 417-420. Grosseto, Tuscany, Italy, ISSN 0749-0208.
- OKUŞ, E., YUKSEK, A., YILMAZ, I.N., YILMAZ, A.A., UNSAL KARHAN, S., OZ, M.I., DEMIREL, N., TAŞ, S., DEMIR, V. et al. 2007. Marine biodiversity of Datça-Bozburun specially protected area (Southeastern Aegean Sea, Turkey). *J. Black Sea/Mediterranean Environment*, Vol 13: 39-49.
- OLESEN, B., ENRÍQUEZ, S., DUARTE, C.M. and SAND-JENSEN, K. 2002. Depth-acclimation of photosynthesis, morphology and demography of *Posidonia oceanica* and *Cymodocea nodosa* in the Spanish Mediterranean Sea. *Mar Ecol Prog Ser*. Vol. 236: 89–97.
- ORLOWSKI, A. 1984. Application of multiple echo energy measurements for evaluation of sea bottom type, *Ocenologia*, 19, 61-78.
- ORTH, R., CARRUTHERS, T., DENNISON, W., DUARTE, C., FOURQUREAN, J., HECK, K., HUGHES, A., KENDRICK, G., KENWORTHY, W., OLYARNIK, S. et al. 2006. A global crisis for seagrass ecosystems. *BioScience*, 56, 987-996.
- OTT, J. A. 1980. Growth and production in *Posidonia oceanica* (L.) Delile. *P S Z.N. I: Mar. Ecol* 1: 47-64.
- OZSOY, E., HECHT, A. and UNLUATA, U. 1989. Circulation and hydrography of the Levantine Basin. Results of POEM coordinated experiments 1985/1986. *Prog. Oceanogr.*, 22, 125-170.
- OZSOY, E., HECHT, A., UNLUATA, U., BRENNER, S., OGUZ, T., BISHOP, J., LATIF, M.A. and ROZENTRAUB, Z. 1991. A review of the Levantine basin circulation and its variability during 1985-1988. *Dynam. Atmos. Oceans*, 15, 421–456.
- PASQUALINI, V., PERGENT-MARTINI, C., CLABAUT, P. and PERGENT, G. 1998. Mapping of *Posidonia oceanica* using aerial photographs and side scan sonar: application off the island of Corsica (France). *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 47 (3), 359–367.
- PASQUALINI, V., CLABAUT, P., PERGENT, G., BENYOUSSEF, L. and PERGENT-MARTINI, C. 2000. Contribution of side scan sonar to the management of Mediterranean littoral ecosystems. *International Journal of Remote Sensing*. Volume 21, Issue 2, pp. 367-378. doi: 10.1080/014311600210885.

- PAUL, M., LEFEBVRE, A., MANCA, E. and AMOS, C.L. 2011. An acoustic method for the remote measurement of seagrass metrics. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. Volume 93, Issue 1, Pages 68–79.
- PERES, J.M and PICARD, J. 1975. Causes de la rarefaction et de la disparition des herbiers de *Posidonia oceanica* sur les cotes francaises de la Mediterranea. *Aquat Bot*, 1 (2): 133-139.
- PERES, J.M. 1984. La regression des herbiers a *Posidonia oceanica* In: Boudou resque C.F. Jeudy de Grissac A. Olivier J. (Editors). International Workshop on *Posidonia oceanica* beds, GIS Posidonie publ., Fr. 1: 446-454.
- PERGENT, G. 1985. Floraison des herbiers a *Posidonia oceanica* dans la region d'izmir (Turquie). *Posidonia Newsletter*, 1: 15-21.
- PERGENT, G. and PERGENT, C. 1985. Cartographie de l'herbier a *Posidonia oceanica* de la baie d Urla-Iskele (Turquie). Rapp P v Reun Commiss internation Exp/or sci MMIT 29(6): 231-234.
- PERGENT, G., BEN MAIZ, N., BOUDOURESQUE, C.F. and MEINESZ, A. 1989a. The flowering of *Posidonia oceanica* CNER the past fifty years: a lepidochronological study. Irr. Boudouresque, C. F., Meinesz A. Fresi E. Gravez V. (Editors). International workshop on *Posidonia* beds. GIS Fbsidonie publ .. Fr., 2: ~76.
- PERGENT, G. 1991. La protection légale de la Posidonie en France: un outil efficace. Nécessité de son extension a d'autres pays méditerranéens in Les Espèces Marines a Protéger en Méditerranée: Rencontres scientifiques de la Cote Bleue (eds Boudouresque, C. F., Avon, M. & Gravez, V. ) 29–34 (GIS Posidonie, 1991).
- PERGENT, G. and PERGENT-MARTINI, C. 1990. Some applications of lepidochronological analysis in the seagrass *Posidonia oceanica*. *Botanica marina*, 33, 299-310 pp.
- PERGENT-MARTINI, C., RICO-RAIMONDINO, V. and PERGENT, G. 1994. Primary production of *Posidonia oceanica* in the Mediterranean Basin. *Marine Biology*. 120: 9-15.
- PERGENT, G., PERGENT-MARTINI, C. and BOUDOURESQUE, C.F. 1995. Utilisation de l'herbier a *Posidonia oceanica* çomme indicateur biologique de la qualite´ du milieu littoral en Me´diterrane´ e: e´ tat des connaissances. Me´soge´e 54, 3–27.
- PERGENT-MARTINI, C. and PERGENT, G. 2000. Are marine phanerogams a valuable tool in the evaluation of marine trace-metal contamination: example of the Mediterranean sea? *Int. J. Environ. Pollut.* 13 (1-6), 126-147.



- PERGENT-MARTINI, C., LEONI, V., PASQUALINI, V., ARDIZZONE, G.D., BALESTRI, E., BEDINI, R., BELLUSCIO, A., BELSHER, T., BORG, J., BOUDOURESQUE, C.F. et al. 2005. Descriptors of *Posidonia oceanica* meadows: use and application. *Ecological Indicators*, 5, 213–230.
- PERGENT-MARTINI, C., BOUDOURESQUE, C.F., PASQUALINI, V. and PERGENT, G. 2006. Impact of fish farming facilities on *Posidonia oceanica* meadows: a review. *Marine Ecology*, 27, 310-319.
- PERGENT-MARTINI, C. 2013. Atténuer l'impact des changements climatiques: quel rôle pour les herbiers de *Posidonies*? Institut océanographique.
- PHINN, S., ROELFSEMA, C., DEKKER, A., BRANDO, V. and ANSTEE, J. 2008. Mapping seagrass species, cover and biomass in shallow waters: An assessment of satellite multispectral and airborne hyper-spectral imaging systems in Moreton Bay (Australia). *Remote Sens. Environ.* 112, 3413–3425.
- PIAZZI, L., ACUNTO, S. and CINELLI, F. 1999. In situ survival and development of *Posidonia oceanica* (L) Delile seedlings. *Aquat Bot*, 63: 103- 112.
- PIAZZI, L., ACUNTO, S. and CINELLI, F. 2000. Mapping of *Posidonia oceanica* beds around Elba Island (western Mediterranean) with integration of direct and indirect methods. *Oceanologica Acta*. Volume 23, Issue 3, pp. 339–346.
- PICKRILL, R.A. and TODD, B.J. 2003. The multiple roles of acoustic mapping in integrated ocean management, Canadian Atlantic continental margin. *Ocean & Coastal Management*, 46, 601-614.
- PINNERUP, S.P. 1980. Leaf production of *Zostera marina* L. At different salinities. *Ophelia*, Suppl. 1, 219– 224.
- PIRROTTA, M., TOMASELLO, A., SCANNAVINO, A., DI MAIDA, G., LUZZU, F., BELLISSIMO, G., BELLAVIA, C., COSTANTINI, C., ORESTANO, C., SCLAFANI, G. and CALVO, S. 2015. Transplantation assessment of degraded *Posidonia oceanica* habitats: site selection and long-term monitoring. *Medit. Mar. Sci.*, 16/3, 591-604.
- PLATINI, F. 2000. La protection des habitats aux herbiers en Mediterranee. Rapport PNUE, PAM, CAR/ASP publ.: 1-65.
- POULIQUEN, E. and LURTON, X. 1992. Sea-bed identification using echosounder signal, European Conference on Underwater Acoustics, *Elsevier Applied Science*, London and New York, pp: 535-38.
- PRADO, P., ALCOVERRO, T. and ROMERO, J. 2010. Influence of nutrients in the feeding ecology of seagrass (*Posidonia oceanica* L.) consumers: a stable isotopes approach. *Marine Biology*, Volume 157(4), 715-724.

- PROCACCINI, G. and MAZZELLA, L. 1998. Population genetic structure and gene flow in *Posidonia oceanica* (L.) Delile populations from the West Mediterranean basin: a microsatellite analysis. *Marine Ecology Progress Series*, 169, 133–141.
- PROCACCINI, G., BUIA, M.C., GAMBI, M.C., PEREZ, M., PERGENT, G., PERGENT-MARTINI, C. and ROMERO, J. 2003. Seagrass status and extent along the Mediterranean coasts of Italy, France and Spain. In: Green, E.P., Short, F.T., Spalding, M.D. (Editors.), *World Atlas of Seagrass: Present Status and Future Conservation*. University of California Press Publ. pp 56-66.
- PUHR, K., SCHULTZ, S., PIKELJ, K., PETRICIOLI, D. and BAKRAN-PETRICIOLI, T. 2014. The performance, application and integration of various seabed classification systems suitable for mapping *Posidonia oceanica* (L.) Delile meadows. *Science of The Total Environment*. Volumes 470–471, Pages 364–378.
- QUINTINO, V., FREITAS, R., MAMEDE, R., RICARDO, F., RODRIGUES, A. M., MOTA, J., PÉREZ-RUZAFÁ, Á. and MARCOS, C. 2010. Remote sensing of underwater vegetation using single-beam acoustics. – *ICES Journal of Marine Science*, 67: 594–605.
- RADOMSKI, P. and HOLBROOK, B.V. 2015. A comparison of two hydroacoustic methods for estimating submerged macrophyte distribution and abundance: A cautionary note. *J. Aquat. Plant Manage.* 53: 151–159.
- RAMADE, F. 1990. Conservation des Ecosystèmes méditerranéens –Enjeux et Perspectives. Les Fascicules du Plan Bleu, PNUE/PAM, 3:1-144.
- RAMIREZ, T., CORTES, D., MERCADO, J.M., VARGAS-YANEZ, M., SEBASTIAN, M. and LIGER, E. 2005. Seasonal dynamics of inorganic nutrients and phytoplankton biomass in the NW Alboran Sea. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 65, 654–670.
- RAMOS, M.A. and RAMOS-ESPLA, A. 1989. Utilization of acoustic methods in the cartography of the *Posidonia oceanica* bed in the bay of Alicante (SE, Spain). *Pos. Newslett.* 2, 17–19.
- RANDALL, J., HERMAN, J.P., ERNOULD, M.E., ROSS, J. and JOHNSON, C. 2014. Measurement of acoustic material properties of macroalgae (*Ecklonia radiata*). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 461 (2014) 430–440.
- RELINI, G. and GIACCONE, G. 2009. Priority habitats according to the SPA/BIO Protocol (Barcelona Convention) present in Italy. Identification sheets. *Biologia Marina Mediterranea*. 16(1): 1-372.

- RENDEA, F.S., IRVINGB, A.D., LAGUDIC, A., BRUNOC, F., SCALISED, S., CAPPAD, P., MONTEFALCONEE, M., BACCIA, T., PENNA, M., TRABUCCO, B., DI MENTOA, R. et al. 2015. Pilot application of 3D underwater imaging techniques for mapping *Posidonia oceanica* (L.) Delile meadows. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XL-5/W5, 2015 Underwater 3D Recording and Modeling, 16–17 April 2015, Piano di Sorrento, Italy.
- REY, J. and DIAZ DEL RIO, V. 1989. Cartografía de los fondos marinos de la bahía de Palma (Baleares, España): Distribución de las praderas vegetales y sedimentos superficiales. In: Boudouresque C.F., Meinesz A., Fresi E., Gravez V. (Editors). International Workshop *Posidonia oceanica* Beds, GIS Posidonie. Marseille, France, pp. 28-41.
- RIEGL, B.M., MOYER, R.P., MORRIS, L.J., VIRNSTEIN, R.W. and PURKIS, S.J. 2005. Distribution and seasonal biomass of drift macroalgae in the Indian River Lagoon (Florida, USA) estimated with acoustic seafloor classification (QTCView, Echoplus). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 326, 89–104.
- RHOADS, D.C., WARD, R., ALLER, J. and ALLER, R. 2001. The importance of technology in benthic research and monitoring: Looking back to see ahead. In: ALLER, J.Y., WOODIN, S.A. and ALLER, R.G. (Editors), Organism-Sediment Interactions. Columbia, South Carolina: University of South Carolina Press, pp. 1–17.
- RODUSKY, A.J., SHARFSTEIN, B., EAST, T.L. and MAKI, R.P. 2005. A comparison of three methods to collect submerged aquatic vegetation in a shallow lake. *Environ. Monit. Assess.* 110: 87-97.
- ROMERO, J. 1985. Estudio ecologico de las fanerogamas marinas de la costa catalana: produccion primaria de *Posidonia* de la Facultad de Biologia. Universitat de Barcelona, Spain, 121 pp.
- ROMERO, J. 2004b. *Posidonia*: els prats del tons del mar. La mirada del biòleg a un ecosistema mediterrani. *Escola del Mar. Centre d'Estudis Marins de Badalona publ.* Spain: 1 -159.
- ROTTA, L.H.S., IMAI, N.N., BATISTA, L.F.A., BOSCHI, L.S., GALO, M.L.B.T. and VELINI, E.D. 2012. Hydro-acoustic remote sensing in submerged aquatic macrophyte mapping. *Planta daninha*, vol.30 no.2. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582012000200001>.
- RUIZ, J.M., PEREZ, M. and ROMERO, J. 2001. Effects of fish farm loading on seagrass (*Posidonia oceanica*) distribution, growth and photosynthesis. *Marine Pollution Bulletin*, 42, 749–760.

- RUIZ, J.M. and ROMERO, J. 2003. Effects of disturbances caused by coastal constructions on spatial structure, growth dynamics and photosynthesis of the seagrass *Posidonia oceanica*. *Marine Pollution Bulletin*, 46, 1523-1533.
- RUIZ, J.M., MARÍN-GUIRAO, L., SANDOVAL-GIL, J.M. 2009. Responses of the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica* to in situ simulated salinity increase. *Bot Mar*, 52:459–470.
- RUIZ, J.M., MARCO-MÉNDEZ, C., SÁNCHEZ-LIZASO, J.L. 2010. Remote influence of off-shore fish farm waste on Mediterranean seagrass (*Posidonia oceanica*) meadows. *Marine Environment Research*, 69, pp. 118–126.
- SABOL, B.M., KASUL, R.L. and MELTON, R.E. 1994. Hydroacoustic measurement and automated mapping of submersed aquatic vegetation. Proceedings of the 27th Annual Meeting Aquatic Plant Control Research Planning and Operations Review. Miscellaneous Paper A-94-2. U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS.
- SABOL, B., MCCARTHY, E. and ROCHA, K. 1997. Hydroacoustical basis for detection and characterization of eelgrass. Fourth Conference on Remote Sensing for Marine and Coastal Environments, Orlando, FL. pp. I- 679–693.
- SABOL, B.M. and BURCZINSKI, J. 1998. Digital echo sounder system for characterizing vegetation in shallow-water environments. Proceedings of the 4th European Conference on Underwater Acoustics, Rome, Italy, pages: 165-171.
- SABOL, B.M. and JOHNSTON, S.A. 2001. Innovative techniques for improved hydroacoustic bottom tracking in dense aquatic vegetation. Report ERDC/EL MP-01-2, U.S. Army Engineer Research and Development Center, Vicksburg, MS.
- SABOL, B.M., MELTON, R.E., CHAMBERLAIN, R., DOERING, P. and HAUNERT, K. 2002a. Evaluation of a digital echo sounder system for detection of submersed aquatic vegetation. *Estuaries*. 25, 133–141.
- SABOL, B. and JOHNSON, S. 2002b. Hydrographic surveying in dense aquatic vegetation: Digital signal processing for improved bottom tracking. *Hydro Int*. 6(5):7–9.
- SABOL, B. 2003. Operating instructions manual for the acoustic-based submersed aquatic plant mapping system. U.S. Army Engineer Research and Development Center, Vicksburg, MS.
- SABOL, B.M., KANNENBERG, J. and SKOGERBOE, J.G. 2009. Integrating acoustic mapping into operational aquatic plant management: a case study in Wisconsin. *Journal of Aquatic Plant Management*, 47, 44-52.

- SÁNCHEZ-LIZASO, J., ROMERO, J., RUIZ, J., GACIA, E., BUCETA, J., and INVERS, O. et. al. 2008. Salinity tolerance of the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica*: recommendations to minimize the impact of brine discharges from desalination plants. *Desalination* 221, 602–607. doi:10.1016/j.desal.2007.01.119.
- SÁNCHEZ-CARNERO, N., ESPINOSA, V., MOSZYNSKI, M. and FREIRE, J. 2008. Open tools for benthic habitat mapping: An study of seagrass (*Posidonia oceanica*) in the Natural Park of Cabo de Gata, Spain. *Acústica*. 20 - 22 de Outubro, Coimbra, Portugal Universidade de Coimbra.
- SÁNCHEZ-CARNERO, N., RODRÍGUEZ-PÉREZ, D., COUÑAGO, E. , ACEÑA, S. and FREIRE, J. 2012. Using vertical Sidescan Sonar as a tool for seagrass cartography. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. Volume 115, Pages 334–344.
- SANDOVAL-GIL, J.M., MARÍN-GUIRAO, L. and RUIZ, J.M. 2012a. Tolerance of Mediterranean seagrasses (*Posidonia oceanica* and *Cymodocea nodosa*) to hypersalinestress: water relations and osmolyte concentrations. *Estuarine Coast. Shelf Sci.* 115, 260–271. doi:10.1016/j.ecss.2012.09.008.
- SANDOVAL-GIL, J.M., MARÍN-GUIRAO, L. and RUIZ, J.M. 2012b. The effect of salinity increase on the photosynthesis, growth and survival of the Mediterranean seagrass *Cymodocea nodosa*. *Estuar Coast Shelf Sci.* 115:260–271.
- SAVINI, A. 2011. Side-Scan Sonar as a Tool for Seafloor Imagery: Examples from the Mediterranean Continental Margin. <http://www.intechopen.com/books/sonar-systems>.
- SAVINI, A., VERTINO, A., MARCHESI, F., BEUCK, L. and FREIWALD, A. 2014. Mapping Cold-Water Coral Habitats at Different Scales within the Northern Ionian Sea (Central Mediterranean): An Assessment of Coral Coverage and Associated Vulnerability. *PLoS ONE* 9(1): e87108. doi:10.1371/journal.pone.0087108.
- SEVALDSEN, E.M. 1994. Acoustics in underwater environmental monitoring, *Proceedings of IEEE OCEANS' 94*, vol. I, 464–468.
- SCALABRIN, C., DINER, N., WEILL, A., HILLION, A. and MOUCHOT, M.C. 1996. Narrowband acoustic identification of monospecific fish shoals. *ICES J. Mar. Sci.* 53, 181–188.
- SCHLOESSER, D.W. and MANNY, B.A. 1984. Rapid qualitative method for estimating the biomass of submersed macrophytes in large water bodies. *J Aquat Plant Manage.* 22: 102-104.

- SCHMIDT, M.B., GASSNER, H. and MEYER, E.I. 2005. Distribution and biomass of an underfished vendace, *Coregonus albula*, population in a mesotrophic German reservoir. *Fisheries Management and Ecology*, 12: 169–175.
- SCHNEIDER, P., BURCZYNSKI, J., MONTEOLIVA, A. and VALLE, A. 2001. Results from submerged aquatic plant assessment using digital echosounder technique. International Council for the Exploration of the Sea, Joint Session of FTFB and FAST Working Groups, 23–27.
- SCHULTZ, S.T., BAKRAN-PETRICIOLI, T., KRUSCHEL, C. and PETRICIOLI, D. 2014. Monitoring of *Posidonia* meadows under the Ec Habitats Directive: Vehicular Videography Can Estimate Trends In Coverage At Low Cost and High Precision. 5th Mediterranean Symposium on Marine Vegetation (Portorož, Slovenia, 27-28 October 2014).
- SHENDEROV, E.L. 1994. Scattering of underwater sound by algae. *J. Acoust. Soc. Am.* 95, 3021. <http://dx.doi.org/10.1121/1.408736>.
- SHELDON, R.B. and BOYLEN, C.W. 1978. An underwater survey method for estimating submerged macrophyte population density and biomass. *Aquat Bot.* 4: 65-72.
- SHENDEROV, E.L. 1998. Some physical models for estimating scattering of underwater sound by algae, *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 104, No. 2, Pt. 1, 791–800.
- SHORT, F.T. 1980. A simulation model of the seagrass production system. In: Phillips, R. C., McRoy. C. P. (Editors.) *Handbook of seagrass biology: an ecosystem perspective*. Garland, New York, p. 277–295.
- SHORT, F.T. and NECKLES, H.A. 1998. The effects of global climate change on seagrasses. *Aquatic Botany* (63), 169-196.
- SHORT, F.T., CARRUTHERS, T., DENNISON, W. and WAYCOTT, M. 2007. Global seagrass distribution and diversity: a bioregional model. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 350, pp. 3–20.
- SICCARDI, A., BOZZANO, R. and BONO, R. 1997. Seabed vegetation analysis by a 2 MHz sonar. OCEANS '97. MTS/IEEE Conference Proceedings (Volume:1). 344–350. doi: 10.1109/OCEANS.1997.634387.
- SILJESTROM, P.A., REY, J. and MORENO, A. 1996. Characterization of phanerogam communities (*Posidonia oceanica* and *Cymodocea nodosa*) using side-scan-sonar images. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. Volume 51, Issue 6, Pages 308-315.

- SIMMONDS, J. and MACLENNAN, D. 2005. Fisheries acoustics: Theory and practice. 2nd ed. Blackwell Science, Oxford, UK.
- SIMFAMI. 2002. Species Identification Methods From Acoustic Multi-frequency Information 1 st Annual SIMFAMI Progress Report, 1-61.
- SKOGERBOE, J.G., POOVEY, A.G., GETSINGER, K.D., CROWELL, W. and MACBETH, E. 2008. Earlyseason, low-dose applications of endothall to selectively control curlyleaf pondweed in Minnesota lakes. Vicksburg (MS): US Army Engineer Research and Development Center. APCRP Technical Notes Collection. ERDC/TN APCRP-CC-08. 14 p.
- SLETTEN, M.N., ROSELLÓ, V.E., SÁNCHEZ-CARNERO, N. AND FREIRE, J. 2009. Side-scan angular setup influence in the detection of *Posidonia oceanica* fields. *Tecniacústica* 2009, Vol. 10. (Comunicaciones. Hidroacústica), ISBN 8487095173.
- SONAVISION corporate website product page,  
[http://www.sonavision.co.uk/products.asp?cat\\_id=1](http://www.sonavision.co.uk/products.asp?cat_id=1)
- SMITH, G.F., BRUCE, D.G. and ROACH, E.B. 2001. Remote acoustic habitat assessment techniques used to characterise the quality and extent oyster bottom in the Chesapeak Bay, *Marine Geodesy*, 24, 171-189.
- SOUS-WEISS, V., ALEFFI, F., BETIOSO, N. and ROSSIN, P. 2004. Gli indicatori biologici nel benthos del Golfo di Trieste. *Biol mar Medit*, 11 (2): 351-354.
- SOZER, E.M., STOJANOVIC, M. and PROAKIS, J.G. 2000. Underwater Acoustic Networks. *Ieee Journal of Oceanic Engineering*, Vol. 25, No. 1.
- SPALDING, M., TAYLOR, M., RAVILIOUS, C., SHORT, F. and GREEN, E. 2003. The distribution and status of seagrasses. p. 5-26. In: World atlas of seagrasses. Green, E.P., Short, F.T. (Editors.). Prepared by the UNEP World Conservation Monitoring Centre. University of California Press, Berkeley, USA.
- SPEARS, B.M., GUNN, I.D.M., CARVALHO, L., WINFIELD, I.J., DUDLEY, B., MURPHY, K. and MAY, L. 2009. An evaluation of methods for sampling macrophyte maximum colonization depth in Loch Leven, Scotland. *Aquat. Bot.* 91: 75–81.
- SPRATT, J.D. 1989. The distribution and density of eelgrass, *Zostera marina*, in Tomales Bay, California. *Calif. Fish Game* 75, 204–212.
- STANTON, T.K., CHU, D. and WIEBE, P.H. 1996. Acoustic scattering characteristics of several zooplankton groups, *ICES Journal of Marine Science*, 53, 289-95.

- STENT, C.J. and HANLEY, S. 1985. A recording echosounder for assessing submerged aquatic plant populations in shallow lakes. *Aquat. Bot.* 21: 377-394.
- STEPHENS, D. and DIESING, M. 2014. A comparison of supervised classification methods for the prediction of substrate type using multibeam acoustic and legacy grain-size data. *PLoS One.* 3;9(4):e93950. doi: 10.1371/journal.pone.0093950. eCollection 2014.
- STEPNOWSKI, A., GUCU, A.C. and BINGEL, F. 1993. Assessment of The Pelagic Fish Resources In The Southern Black Sea Using Echo Integration and Dual-Beam Processing. *Archiveso Acoustics.* 18, 1, 83-104.
- STEPNOWSKI, A., MOSZYŃSKI, M., KOMENDARCZYK, R. and BURCZYŃSKI, J. 1996. Visual real-time Bottom Typing System (VBTS) and neural networks experiment for seabed classification, 3rd European Conference on Underwater Acoustics, Heraklion-Crete, pp: 685-90.
- STEVENS, A.W., LACY, J.R., FINLAYSON, D.P. and GELFENBAUM, G. 2008. Evaluation of a single-beam sonar system to map seagrass at two sites in northern Puget Sound, Washington: U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2008-5009, 45 p.
- STOPPELLI, N. and PEIRANO, A. 1996. Continuous flowering of *Posidonia oceanica* (L) Delile in the Bay of Monterosso al Mare (SP) (Northwestern Mediterranean Sea). *Boll Mus /st Biol Univ, Genova* 60-61: 31-40.
- TAVLAŞOĞLU, E., ÖZGÜR, E., CANSOY, B., UNAN, E., SÜZEN, İ., ALKAN, K. and BAYRAK, A. 2000. Gökçeada Kuzey Sahili İnfra-littoralinde *Posidonia oceanica* (L) Delile'nin Dağılımı, Sualtı Bilim ve Teknoloji Toplantısı, Ankara, pp: 25-31.
- TASKIN, E. and OZTURK, M. 2006. Importance of *Posidonia oceanica* (L.) Delile to the ecological evaluation of marine waters. First National Workshop on *Posidonia oceanica* (L.) Delile on The Coasts of Turkey. 19-20 September 2013, Gökçeada, TURKEY.
- TELESCA, L., BELLUSCIO, A., CRISCOLI, A., ARDIZZONE, G., APOSTOLAKI, E.T., FRASCHETTI, S., CRISTINA, M., KNITTWEIS, L., MARTIN, C.S., PERGENT, G. et al. 2015. Seagrass meadows (*Posidonia oceanica*) distribution and trajectories of change. *Sci Rep* (5). 14 pp. doi: 10.1038/srep12505.
- THELIN, I. and BOUDOURESQUE, C.F. 1983. Longevity Des Feuilles De *Posidonia oceanica* Dans Un Herbarium Superficiel De La Baie De Port-Cros (Var, France). *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, 28, 3.
- THELIN, I. and BOUDOURESQUE, C.F. 1985. *Posidonia oceanica* flowering and fruiting: recent data from an international inquiry. *Posidonia News* 1 (1):5-14.



- THOMAS, G.L., THIESFELD, S.L., BONAR, S.A., CRITTENDEN, R.N. and PAULEY G.B. 1990. Estimation of submergent plant bed biovolume using acoustic range information. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 47: 805–812.
- THOMAS, G.L., THIESFELD, S.L., BONAR, S.A., CRITTENDEN, R.N. and PAULEY, G.B. 2011. Estimation of Submergent Plant Bed Biovolume using Acoustic Range Information. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 1990, Vol. 47, No. 4: pp. 805-812.
- TONIELLI, R., INNANGI, S., BUDILLON, F., DI MARTINO, G., FELSANI, M., GIARDINA, F., INNANGI M. and FILICIOTTO, F. 2016. Distribution of *Posidonia oceanica* (L.) Delile meadows around Lampedusa Island (Strait of Sicily, Italy). *Journal of Maps*, DOI: 10.1080/17445647.2016.1195298.
- TOMASELLO, A., CALVO, S., DI MAIDA, G., LOVISON, G., PIRROTTA, M. et al. 2007. Shoot age as a confounding factor on detecting the effect of human-induced disturbance on *Posidonia oceanica* growth performance. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 343, 166-175.
- TOMASELLO, A., LUZZU, F., DI MAIDA, G., ORESTANO, C., PIRROTTA, M., SCANNAVINO, A. and CALVO, S. 2009. Detection and mapping of *Posidonia oceanica* dead matte by high-resolution acoustic imaging. *Italian Journal of Remote Sensing*. 41 (2): 139-146.
- TURGUT, A. 1994. Determination of physical properties of a porous seabed from reflection amplitude data by using the genetic algorithm. *J. Acoust. Soc. Am.* 96, 3223; <http://dx.doi.org/10.1121/1.411206>.
- TEGOWSKI, J., GORSKA, N. and KLUSEK, Z. 2003. Statistical analysis of acoustic echoes from underwater meadows in the eutrophic Puck Bay (southern Baltic Sea). *Aquatic Living Resources*, 16, 215–221 pp.
- TEGOWSKI, J. 2005. Acoustical classification of the bottom sediments in the southern Baltic Sea, *Quaternary International*, 130, 153-61.
- TOMASELLO, A., LUZZU, F., DI MAIDA, G., ORESTANO, C., PIRROTTA, M., SCANNAVINO, A. and CALVO, S. 2009. Detection and mapping of *Posidonia oceanica* dead matte by high-resolution acoustic imaging. *Italian Journal of Remote Sensing* - 2009, 41 (2): 139-146.
- TOUCHETTE, B.W. 2007. Seagrass-salinity interactions: physiological mechanisms used by submersed marine angiosperms for a life at sea. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 350, 194–215. doi:10.1016/j.jembe.2007.05.037.
- TRENKEL, V.M., MAZAURIC, V. and BERGER, L. 2008. The new fisheries multibeam echosounder ME70: description and expected contribution to fisheries research. *ICES J. Mar. Sci.* 65, 645–655.

- TYERMAN, S.D., HATCHER, A.I., WEST, R.J. and LARKUM, A.W.D. 1984. *Posidonia australis* growing in altered salinities: leaf growth, regulation of turgor and the development of osmotic gradients. *Aust. J. Mar. Biol. Ecol.* 11, 35–47.
- UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, 2011. Draft Guidelines for the Standardization of Mapping and Monitoring Methods of Marine Magnoliophyta in the Mediterranean. Mediterranean Action Plan, UNEP(DEPI)/MED WG 359/9, RAC/SPA, Tunis. pp. 1-59.
- VACCHI, M., DE FALCO, G., SIMEONE, S., MONTEFALCONE, M., MORRI, C., FERRARI, M. and BIANCHI, C. N. 2016. Biogeomorphology of the Mediterranean *Posidonia oceanica* seagrass meadows. *Earth Surf. Process. Landforms*. DOI: 10.1002/esp.3932. Pp. 13.
- VALLEY, R.D., DRAKE, M.T. and ANDERSON, C.S. 2005. Evaluation of alternative interpolation techniques for the mapping of remotely-sensed submersed vegetation abundance. *Aquat. Bot.* 81: 13–25.
- van KATWIJK, M.M., SCHMITZ, G.H.W., GASSELING, A.P. and van AVESAATH, P.H. 1999. Effects of salinity and nutrient load and their interaction on *Zostera marina*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 190, 155–165.
- van REIN, H., BROWN, C.J., QUINN, R. and BREEN, J. 2009. A review of sublittoral monitoring methods in temperate waters: a focus on scale. *Underwater Technology* 28, 1-15.
- VAHTMÄE, E. and KUTSER, T. 2007. Mapping bottom type and water depth in shallow coastal waters with satellite and airborne remote sensing. *Journal of Coastal Research*, vol SI50, p.p. 185–189.
- VELA, A., PASQUALINI, V., LEONI, V., DJELOULI, A., HANGAR, H., PERGENT, G., PERGENT-MARTINI, C. et al. 2008. Use of SPOT 5 and IKONOS imagery for mapping biocenoses in a Tunisian coastal lagoon (Mediterranean Sea). *Estuarine and Coastal Shelf Science*, 79: 591–598.
- VERMAAT, J.E., VERHAGEN, F.C.A. and LINDENBURG, D. 2000. Contrasting responses in two populations of *Zostera noltii* Hornem. To experimental photoperiod manipulation at two salinities. *Aquat Bot.* 67:179–189.
- VIS, C., HUDON, C., and CARIGNAN, R. 2003. An evaluation of approaches used to determine the distribution and biomass of emergent and submerged aquatic macrophytes over large spatial scales. *Aquatic Bot.* 77, 187–201.
- von SZALAY, P. and McCONNAUGHEY, R. 2002. The effect of slope and vessel speed on the performance of a single beam acoustic seabed classification system. *Fisheries Research* (Amsterdam). 56: (1) 99-112.

- VOUSDOUKAS, I.M., VERNEY, R., DUFOIS, F., PINAZO, C., SAUZADE, D., MEULE, S., CANN, P. and PLOMARITIS, T.A. 2010. Sediment Dynamics in the Bay of Marseille, Gulf of Lions (France): Hydrodynamic Forcing vs. Bed Erodibility. Source: *Journal of Coastal Research*, 27(5): 942 - 958. DOI: <http://dx.doi.org/10.2112/JCOASTRES-D-10-00122.1>
- WALKER, D.I. and McCOMB, A.J. 1990. Salinity response of the seagrass *Amphibolis antarctica* (Labill.) Sonder et Aschers: an experimental validation of field results. *Aquat Bot.* 36:359–366.
- WALREE, P.A.V., TĘGOWSKI, J., LABAN, C. and SIMONS, D.G. 2005. Acoustic seafloor discrimination with echo shape parameters: A comparison with the ground truth. *Continental Shelf Research*, 18, 25, 2273-2293.
- WANZENBOCK, J., MEHNER, T., SCHULZ, M., GASSNER, H. and WINFIELD, I.J. 2003. Quality assurance of hydroacoustic surveys: the repeatability of fish-abundance and biomass estimates in lakes within and between hydroacoustic systems. *ICES Journal of Marine Science*, 60: 486–492.
- WARREN, J.D., STANTON, T.K., WIEBE, P.H., and SEIM, H.E. 2003. Inference of biological and physical parameters in an internal wave using multiple-frequency acoustic scattering data. *ICES J. Mar. Sci.* 60, 1033– 1046.
- WARREN, J.D. and PETERSON, B.J. 2007. Use of a 600-kHz Acoustic Doppler Current Profiler to measure estuarine bottom type, relative abundance of submerged aquatic vegetation, and eelgrass canopy height. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 72. 53-62 pp.
- WETZEL, R.G. and LIKENS, G.E. 2000. *Limnological Analyses*. 3rd ed. New York (NY): Springer Science+Business Media Inc. 429 p.
- WIEBE, P.H., GREENE, C.H., STANTON, T.K. and BURCZYNSKI, J. 1990. Sound scattering by live zooplankton and micronekton: empirical studies with a dual-beam acoustical system, *The Journal of the Acoustical Society of America*, 88, 2346-60.
- WIENBERG, C., and BARTHOLOMÄ, A. 2005. Acoustic seabed classification of a coastal environment (outer Weser Estuary, German Bight) - a new approach to monitor dredging and dredge spoil disposal., *Journal of Continental Shelf Research*, 25: 1143-1156.
- WEWETZER, S.F.K. 1999. Side-scan sonar mapping of bedforms in the middle Tay Estuary, Scotland. *International Journal of Remote Sensing* 20, 511-522.
- WILLIAM, C., EUGENIA BARNABA, N., FINDLAY, S.E.G., HOSKINS, S., HOLOCHUCK, N. and BLAIR E.A. 2004. Distribution and Abundance of Submerged Aquatic Vegetation and *Trapa natans* in the Hudson River Estuary. *Journal of Coastal Research: Special Issue* 45: pp. 150 – 161. doi: <http://dx.doi.org/10.2112/Si45-150.1>.

- WILSON, P.S. and DUNTON, K. 2009. Laboratory investigation of the acoustic response of seagrass tissue in the frequency band of 0.5–2.5 kHz. *J Acoust Soc Am* 125:1951–1959.
- WILSON, C.J. 2011. The Acoustic Ecology of Submerged Macrophytes. PhD Thesis, Universit of Texas, 126 p.
- WINFIELD, I.J., ONOUFRIOU, C., O'CONNELL, M.J., GODLEWSKA, M., WARD, R.M., BROWN, A.F. and YALLOP, M.L. 2007. Assessment in two shallow lakes of a hydroacoustic system for surveying aquatic macrophytes. *Hydrobiologia* 584:111–119.
- XU, C., MIZUNO, K., ASADA, A., ABUKAWA, K. and YAMAMURO, M. 2011. 3D-view Generation and Species Classification of Aquatic Plants Using Acoustic Images. *The Journal of the Marine Acoustics Society of Japan*, Vol. 40, No. 1 p. 14-26. [Http://doi.org/10.3135/jmasj.40.14](http://doi.org/10.3135/jmasj.40.14).
- YUKSEK, A. and OKUS, E. 2004. Investigations on Magnoliophyta at the South Marmara Group Islands. *Journal in Black Sea/Mediterranean Environment*, 10, 103–109.
- ZHU, B., FITZGERALD, D.G., HOSKINS, S.B., RUDSTAM, L. G., MAYER, C.M. and MILLS, E.L. 2007. Quantification of historical changes of submerged aquatic vegetation cover in two bays of Lake Ontario with three complementary methods. *J. Great Lakes Res.* 33:122–135.
- ZIEMAN, J.C. 1974. Methods for the study of the growth and production of turtle grass *Thalassia testudinum* König. *Aquaculture*, 4:139–143.
- ZIEMAN, J.C. and WETZEL, R.G. 1980. Productivity in seagrasses: Methods and rates. In: R.C. Phillips and C.P. McRoy (Editors), *Handbook of Seagrass Biology: An Ecosystem Perspective*. Garland STPM Press, New York, pp. 87-116.
- ZIMMERMANN, R.C., SMITH, R.D. and ALBERTE, R.S. 1987. Is growth of eelgrass nitrogen limited? A numerical simulation of the effects of light and nitrogen on growth Dynamics of *Zostera marina*. *Mar Ecol. Prog. Ser.*, 41: 167-176.
- ZUPO, V., BUIA, M.C. and MAZZELLA, L. 1997. A production model for *Posidonia oceanica* based on temperature, *Estuarine, Coastal Shelf Sci.*, 44, pp. 483–492.

## 8. EKLER

## EK-1

AIBEP – (Acoustical Identification and Biomass Estimate of *Posidonia*) Algoritması

```

clear all
cd C:\PosiVBT
close all

ABioM=[];
ABiomasspM=[];
ABiomassLM=[];
ALatM=[];
ALongM=[];
ADepthM=[];
ATypeM=[];
AE1=[];
AE12=[];
ASAM=[];

for p=1:6;

    ABiomassp=[];
    ABiomassL=[];
    ALat=[];
    ALong=[];
    AType=[];
    ASA=[];
    % pause (10)
    % close all

    if p==1
        Numberofiles=dir('C:\PosiVBT\julsaha\*.csv'); cd
        'C:\PosiVBT\julsaha\'
    elseif p==2
        Numberofiles=dir('C:\PosiVBT\aprsaha\*.csv'); cd
        'C:\PosiVBT\aprsaha\'
    elseif p==3
        Numberofiles=dir('C:\PosiVBT\jansaha\*.csv'); cd
        'C:\PosiVBT\jansaha\'
    elseif p==4
        Numberofiles=dir('C:\PosiVBT\decsaha\*.csv'); cd
        'C:\PosiVBT\decsaha\'
    elseif p==5
        Numberofiles=dir('C:\PosiVBT\marsaha\*.csv'); cd
        'C:\PosiVBT\marsaha\'
        %Numberofiles=dir('C:\PosiVBT\sepsaha\*.csv'); cd
        'C:\PosiVBT\sepsaha\'
    elseif p==6
        Numberofiles=dir('C:\PosiVBT\aughsaha\*.csv'); cd
        'C:\PosiVBT\aughsaha\'
    end

    Numberofiles=char(Numberofiles.name);

```

```

[NoFile,NoChar]=size(Numberofiles);
for k=1:NoFile;

    disp(['Reading ' num2str(k) ' of ' num2str(NoFile) '... '
Numberofiles(k,:)])

    Lat=[];
    Long=[];
    Depth=[];
    Type=[];
    E1=[];
    E12=[];
    SA=[];

    LineName={'Ping', 'Date', 'Time',...
              'Latitude', 'Longitude', 'Depth',...
              'Type', 'E0', 'E1', 'E2',...
              'E12', 'Sediment', 'FD'};

    p={};
    fid = fopen(Numberofiles(k,:));
    % Numberofiles(k,:)

    tline = fgetl(fid);
    while ischar(tline)
        p=[p;tline];
        tline = fgetl(fid);
        % tline
        % pause
        FndComma=findstr(char(tline(:,:))','');%character number
at a line with comma
        if isempty(FndComma)
        else
            FndComma=[0 FndComma]; %is working

            for j=1:length(FndComma)-1 % is working
                dataP=char(tline(:,:));
                DataR=[(dataP(:,FndComma(j)+1:FndComma(j+1)-1))];
                %if isspace(char(DataR))
                % DataR=NaN;
                %end else

                if j==4
                    Lat=[Lat;DataR];
                elseif j==5
                    Long=[Long;DataR];
                elseif j==6
                    if isempty (str2num(DataR));
                        DataR='0';
                    end
                    Depth=[Depth;str2num(DataR)];
                elseif j==7
                    Type=[Type;str2num(DataR)];
                elseif j==9
                    E1=[E1;str2num(DataR)];
                elseif j==11

```

```

        E12=[E12;str2num(DataR) ];

        end

    end

end

% pause

% coordinates
[Rno,Cno]=size(Lat);%fixation number sample size in row and
column
LatRev=[];

for m=1:Rno
    LatNull=Lat(m,:);

    FndPoint=find(LatNull=='.');
    if isempty (FndPoint)
    else
        LatNull(FndPoint)=[];
    end
    FndDegree=find(LatNull=='°');
    if isempty(FndDegree)
    else
        LatNull(FndDegree)='.';
    end
    FndN=find(LatNull=='N');
    if isempty(FndN)
    else
        LatNull(FndN)=[];
    end
    if isempty(FndPoint) & isempty(FndDegree) & isempty(FndN)
        LatNull='0';
    end
    LatRev=[LatRev;str2num(LatNull)];
end

%pause
[Rno,Cno]=size(Long);
LongRev=[];

for m=1:Rno
    LongNull=Long(m,:);

    FndPoint=find(LongNull=='.');
    if isempty (FndPoint)
    else
        LongNull(FndPoint)=[];
    end
    FndDegree=find(LongNull=='°');
    if isempty(FndDegree)
    else
        LongNull(FndDegree)='.';
    end
    FndE=find(LongNull=='E');

```

```

    if isempty(FndE)
    else
        LongNull(FndE)=[ ];
    end
    if isempty(FndPoint) & isempty(FndDegree) & isempty(FndE)
        LongNull='0';
    end
    LongRev=[ LongRev;str2num(LongNull) ];
end

% Convert the Coordinates / based on 100

% CLAT=((LatRev.*100)-floor((LatRev.*100))); %KÜSÜRAT
% LatRev=(floor(LatRev.*100))./100;
LatRev=(LatRev-floor(LatRev))./0.6+floor(LatRev);
% LatRev=LatRev+CLAT./100;

% CLONG=((LongRev.*100)-floor((LongRev.*100))); %KÜSÜRAT
% LongRev=(floor(LongRev.*100))./100;
LongRev=(LongRev-floor(LongRev))./0.6+floor(LongRev);
%LongRev=LongRev+ CLONG./100;

%calculate of biomass

%EL=sum([E1+E12],2);
EL=E12.*2;

TransducerDepth= 2.5; %m
BeamAngle=6.8; %angle
Pulseduration= .1; %m/s
c = 1542.08 ; %sound speed
ddZone=(Pulseduration*10^-3*c)/2;
TransducerCircle=.58 ; %cm
f=206000; %Hz
NearField=(TransducerCircle/pi())^2/(4*(c/f));
DepthR2=(Depth+TransducerDepth-ddZone);
r=tan(2*pi()*(BeamAngle/2)/360)*DepthR2;
A=pi()*r.^2 ;%tan(BeamAngle/2)=radius/depth %degrees to radian
%Ainson=r.^2*pi();
sa=EL./A;
if isinf(sa); %'1/0=inf old.için "isinf" kullandık.
    sa=NaN;
end
SA=10*log10(sa);

%confidence Limit
%X=mean(sa);
S=std(sa(:));
[x,y] = size(sa); %x:sample size
df=(x-1);

SEM = std(sa)/sqrt(length(sa)); % Standard Error
ts = tinv([0.05 0.95],length(sa)-1); % T-Score

```



```

CI = mean(sa) + ts*S;      % Confidence Intervals
if CI(1)<0
    NoiseLevel= 1.00E-09;
else
    NoiseLevel= CI(1); % 1.00E-08;
end

saFiltInx=find(sa<=NoiseLevel); %Find Noise
if isempty(saFiltInx)
else
    sa(saFiltInx)=NaN; %REmove Noise or fish in Posi
end

saFiltInx=find(sa>=CI(2)); %Find fish
if isempty(saFiltInx)
else
    sa(saFiltInx)=NaN; %Remove Noise or fish in Posi
end

saFiltInx=find(DepthR2<=NearField & Type==1);%Find filter
coast-nearfield
if isempty(saFiltInx)
else
    sa(saFiltInx)=NaN;
end

%find non-Posi

non_Posif=find(Type~=1);
if isempty (non_Posif);
else
    sa(non_Posif)=NaN;
end

% Remove mult-function zero

RemM_func=find(LatRev==0);
if isempty(RemM_func);
else
    LatRev(RemM_func)=[ ];
    LongRev(RemM_func)=[ ];
    Depth(RemM_func)=[ ];
    E1(RemM_func)=[ ];
    E12(RemM_func)=[ ];
    sa(RemM_func)=[ ];
    SA(RemM_func)=[ ];
end

RemM_func=find(LongRev==0);
if isempty(RemM_func);
else
    LatRev(RemM_func)=[ ];
    LongRev(RemM_func)=[ ];
    Depth(RemM_func)=[ ];
    E1(RemM_func)=[ ];
    E12(RemM_func)=[ ];

```

```

        sa(RemM_func)=[ ];
        SA(RemM_func)=[ ];
    end

    %regression

[JulBLA,JulBLAt]=xlsread('C:\PosiVBT\posiBLA_sesn.xlsx','Sheet1');

    %LA_Bio=[(JulBLA(1:end-4,4));(JulBLA(1:end,9))];
    % E122=[(JulBLA(1:end-4,3));(JulBLA(1:end,8))];

    LA_Bio=[(JulBLA(1:end-2,2));JulBLA(1:end-1,17);JulBLA(1:end-
2,24);JulBLA(1:end-3,30);JulBLA(1:end,36);JulBLA(1:end-3,9)];
    E122=[(JulBLA(1:end-2,4));JulBLA(1:end-1,19);JulBLA(1:end-
2,26);JulBLA(1:end-3,32);JulBLA(1:end,38);JulBLA(1:end-3,11)];

    plot(LA_Bio,E122,'b*');
    % Only July
    %LA_Bio=(JulBLA(1:end-2,2));
    %E122=(JulBLA(1:end-2,4));
    %sa=(JulBLA(1:end-2,3));

    LogLA_Bio=log10(LA_Bio);
    LogE122=log10(E122);
    %Logsa=10*log10(sa); %SA

    %power-fit trendline
    X = [ones(size(LogE122)) LogLA_Bio ];
    a1 = X\LogE122; %first one is intercept, the other slope

    intcpt=10^(a1(1)); %antilog
    Biomassp=log10(sa./intcpt).*(1/a1(2));
    %Biomassp=log10((sa./7E-13))./(1.2214);
    Biomassp=10.^(Biomassp);

    %linear trendline
    X = [ones(size(E122)) LA_Bio];
    a = X\E122;

    %intcpt=10^(a(1));
    BiomassL=(sa-intcpt)./(a(2)); %(x=y-a/b)

    %pool the data necessary distiribution plot of Lat, Long,
Biomass and SA

    %confidence Limit
    %X=mean(Biomassp);
    S1=std(Biomassp(:));
    [x,y] = size(Biomassp); %x:sample size
    df=(x-1);

    SEM = std(Biomassp)/sqrt(length(Biomassp)); % Standard Error

```

```

ts = tinv([0.05 0.95],length(Biomassp)-1);      % T-Score
CI = mean(Biomassp) + ts*S1;      % Confidence Intervals
if CI(1)<0
    NoiseLevel= 2000;
else
    NoiseLevel= CI(1);
end

BiomasspFiltInx=find(Biomassp<=NoiseLevel);
if isempty(BiomasspFiltInx)
else
    Biomassp(BiomasspFiltInx)=NaN;
end

BiomasspFiltInx=find(Biomassp>=CI(2));
if isempty(BiomasspFiltInx)
else
    Biomassp(BiomasspFiltInx)=NaN;
end

ALat=[ALat;LatRev];
ALong=[ALong;LongRev];
ASA=[ASA;SA];
ABiomasspM=[ ABiomasspM;Biomassp];
ABiomassLM=[ ABiomassLM;BiomassL];
ALatM=[ ALatM;ALat];
ALongM=[ ALongM;ALong];
ASAM=[ ASAM;ASA];

% whos ALat
fclose(fid);

end % end of all file in a season

ABioInx= find(isnan(ABiomasspM));
if isempty (ABioInx)
else
    ABiomasspM(ABioInx)=0;
end

ABioInx= find(isnan(ABiomassLM));
if isempty (ABioInx)
else
    ABiomassLM(ABioInx)=0;
end

FndCoord=find(ALong<30.8);
if isempty(FndCoord)
else
    ALatM(FndCoord)=[ ];
    ALongM(FndCoord)=[ ];
    ABiomasspM(FndCoord)=[ ];
    ABiomassLM(FndCoord)=[ ];
    ASAM(FndCoord)=[ ];

```

```

end

%grid of data

MinLat=nanmin(ALatM);
MaxLat=nanmax(ALatM);
MinLong=nanmin(ALongM);
MaxLong=nanmax(ALongM);

%spacing Lat&Long

Latspace=linspace(MinLat, MaxLat, 500);
Longspace=linspace(MinLong, MaxLong, 1000);
[LongSX, LatSY]=meshgrid(Longspace,Latspace);

Biomasspcon=griddata(ALongM,ALatM,ABiomasspM,LongSX,LatSY,'linear');
BiomassLcon=griddata(ALongM,ALatM,ABiomassLM,LongSX,LatSY,'linear');
ASAcon=griddata(ALongM,ALatM,ASAM,LongSX,LatSY,'linear');

% Load coast of Turkey
load Turkey.dat

%plot the distribution
CansuColor=[1 1 1;jet]; %start white color,u are adding white

BiomassLfig=figure;
set(BiomassLfig,'Position',[20 370 1316 296]);
colormap(jet);

Biomasspfig=figure;
set(Biomasspfig,'Position',[20 64 1316 296]);
colormap(jet);

ASAfig=figure;
set(ASAfig,'Position',[8 209 1316 296]);
colormap(jet);

Biomassmultiplier=1;
figure(BiomassLfig);
nonZero=find(BiomassLcon==0);
if isempty(nonZero)
else
    BiomassLcon(nonZero)=NaN;
end

BiomassLSurf=surf(LongSX,LatSY,BiomassLcon.*Biomassmultiplier);
%surfer from griddata
hold on
view(2) %for 2D
shading interp %interpolate color
plot(Turkey(:,1),Turkey(:,2),'k-'); %Turkey map
plot(ALong,ALat,'y-');

```

```

MinLat=nanmin(nanmin(LatSY));
MaxLat=nanmax(nanmax(LatSY));
MinLong=nanmin(nanmin(LongSX));
MaxLong=nanmax(nanmax(LongSX));
set(gca, 'XLim', [MinLong-0.01 MaxLong+0.01], 'YLim', [MinLat-0.01
MaxLat+0.01]);
caxis([0 1000])

colorbar

figure(Biomasspfig);
nonZero=find(Biomasspcon==0);
if isempty(nonZero)
else
    Biomasspcon(nonZero)=NaN;
end

%draw of polygon
load antgrsblk.bln
[in,on] = inpolygon(LongSX,LatSY,antgrsblk(:,1),antgrsblk(:,2));
%the first one is inside points,the other outside
findout=find(in==0);
if isempty(findout)
else
    Biomasspcon(findout)=NaN;
end

BiomasspSurf=surf(LongSX,LatSY,Biomasspcon.*Biomassmultiplier);
hold on
view(2)
shading interp
plot(Turkey(:,1),Turkey(:,2), 'k-');
plot(ALong,ALat, 'y-')
set(gca, 'XLim', [MinLong-0.01 MaxLong+0.01], 'YLim', [MinLat-0.01
MaxLat+0.01]);
caxis([0 1000])

colorbar

%draw line to line on the map
LatLine=[ALatM ALatM+0.004];
LongLine=[ALongM ALongM+0.004];
BioRepp=[ABiomasspM ABiomasspM];
BioRepL=[ABiomassLM ABiomassLM];

BioReppfig=figure;
set(BioReppfig, 'Position', [20 64 1316 296]);
%colormap(jet);
colormap(CansuColor);
BioRepLine=surf(LongLine,LatLine,BioRepp.*Biomassmultiplier);
hold on
plot(Turkey(:,1),Turkey(:,2), 'k-');
set(gca, 'XLim', [MinLong-0.01 MaxLong+0.01], 'YLim', [MinLat-0.01
MaxLat+0.01]);
view(2)

```

```

shading interp
colorbar
caxis([0 4000])

BioRepLfig=figure;
set(BioRepLfig,'Position',[20 364 1316 296]);
colormap(jet);
BioRepLLine=surf(LongLine,LatLine,BioRepL.*Biomassmultiplier);
hold on
plot(Turkey(:,1),Turkey(:,2),'k-');
set(gca,'XLim',[MinLong-0.01 MaxLong+0.01],'YLim',[MinLat-0.01
MaxLat+0.01]);
view(2)
shading interp
colorbar
caxis([0 1000])

figure (ASAFig);
ASALine=surf(LongSX,LatSY,ASAcon);
hold on
plot(Turkey(:,1),Turkey(:,2),'k-');
set(gca,'XLim',[MinLong-0.01 MaxLong+0.01],'YLim',[MinLat-0.01
MaxLat+0.01]);
view(2)
shading interp
colorbar
caxis([nanmin(nanmin(ASAcon)) nanmax(nanmax(ASAcon))]);

%draw scuba-dive line on the map%

[julScuX,julScuY]=xlsread('C:\PosiVBT\scudivecoord.xlsx');

%season Lats&Longs
ScubaLineLat=julScuX(:,2);
ScubaLineLong=julScuX(:,3);
ScubaLineLatA=julScuX(:,6);
ScubaLineLongA=julScuX(:,7);
ScubaLineLatJan=julScuX(:,10);
ScubaLineLongJan=julScuX(:,11);
ScubaLineLatDec=julScuX(:,14);
ScubaLineLongDec=julScuX(:,15);
ScubaLineLatMarch=julScuX(:,17);
ScubaLineLongMarch=julScuX(:,18);
ScubaLineLatAug=julScuX(:,20);
ScubaLineLongAug=julScuX(:,21);

LatScu=(ScubaLineLat-
floor(ScubaLineLat))./0.6+floor(ScubaLineLat);
LongScu=(ScubaLineLong-
floor(ScubaLineLong))./0.6+floor(ScubaLineLong);
LatScuA=(ScubaLineLatA-
floor(ScubaLineLatA))./0.6+floor(ScubaLineLatA);
LongScuA=(ScubaLineLongA-
floor(ScubaLineLongA))./0.6+floor(ScubaLineLongA);
LatScuJan=(ScubaLineLatJan-
floor(ScubaLineLatJan))./0.6+floor(ScubaLineLatJan);

```

```

    LongScuJan=(ScubaLineLongJan-
floor(ScubaLineLongJan) ) ./0.6+floor(ScubaLineLongJan);
    LatScuDec=(ScubaLineLatDec-
floor(ScubaLineLatDec) ) ./0.6+floor(ScubaLineLatDec);
    LongScuDec=(ScubaLineLongDec-
floor(ScubaLineLongDec) ) ./0.6+floor(ScubaLineLongDec);
    LatScuMarch=(ScubaLineLatMarch-
floor(ScubaLineLatMarch) ) ./0.6+floor(ScubaLineLatMarch);
    LongScuMarch=(ScubaLineLongMarch-
floor(ScubaLineLongMarch) ) ./0.6+floor(ScubaLineLongMarch);
    LatScuAug=(ScubaLineLatAug-
floor(ScubaLineLatAug) ) ./0.6+floor(ScubaLineLatAug);
    LongScuAug=(ScubaLineLongAug-
floor(ScubaLineLongAug) ) ./0.6+floor(ScubaLineLongAug);

    %for July
    figure(BioReppfig)
    hold on

    scuDiveLineMap=scatter(LongScu,LatScu, 'Marker', 'o', 'MarkerFaceColor', '
red', 'MarkeredgeColor', 'r');

    %for april
    figure(BioReppfig)
    hold on

    scuDiveLineMap=scatter(LongScuA,LatScuA, 'Marker', 'o', 'MarkerFaceColor'
, 'blue', 'MarkeredgeColor', 'b');

    %for jan
    figure(BioReppfig)
    hold on

    scuDiveLineMap=scatter(LongScuJan,LatScuJan, 'Marker', 'o', 'MarkerFaceCo
lor', 'green', 'MarkeredgeColor', 'g');

    %for dec
    figure(BioReppfig)
    hold on

    scuDiveLineMap=scatter(LongScuDec,LatScuDec, 'Marker', 'o', 'MarkerFaceCo
lor', 'magenta', 'MarkeredgeColor', 'm');

    %for march
    figure(BioReppfig)
    hold on

    scuDiveLineMap=scatter(LongScuMarch,LatScuMarch, 'Marker', 'o', 'MarkerFa
ceColor', 'cyan', 'MarkeredgeColor', 'c');
    %for aug
    figure(BioReppfig)
    hold on

```

```

scuDiveLineMap=scatter(LongScuMarch,LatScuMarch,'Marker','o','MarkerFaceColor','yellow','MarkerEdgeColor','y');

%%match biomass values with CTD and ANOVA test%

cd 'C:\PosiVBT\CTD'

APosibio=[];
ABioM=[];

for tt=1:6;

    if tt==1
        [DD,TXT]=xlsread('July_CTD.xlsx',1);
    elseif tt==2
        [DD,TXT]=xlsread('April_CTD.xlsx',1);
    elseif tt==3
        [DD,TXT]=xlsread('Jan_CTD.xlsx',1);
    elseif tt==4
        [DD,TXT]=xlsread('Nov_CTD.xlsx',1);
    elseif tt==5
        [DD,TXT]=xlsread('March_CTD.xlsx',1);
    elseif tt==6
        [DD,TXT]=xlsread('Aug_CTD.xlsx',1);
    end

    %%coordinates

    Lat=DD(:,1);
    Long=DD(:,2);

    Lat1=(Lat-floor(Lat))./0.6+floor(Lat);
    Long1=(Long-floor(Long))./0.6+floor(Long);

    Posibio=DD(:,3);
    %% pause
    PosiFndZero=find(isnan(Posibio));
    if isempty(PosiFndZero)
    else
        Posibio(PosiFndZero)=0;
    end

    for i=1:length(Lat1) %length(TXT(2:end,1));

        CodeSea=[];

        Station=char(TXT(i+1,1));
        StaSea=Station(:,1:3);

        if StaSea=='JAN';
            CodeSea=1;
        elseif StaSea=='MAR';

```



```

        CodeSea=3;
    elseif StaSea=='APR';
        CodeSea=4;
    elseif StaSea=='JUL';
        CodeSea=7;
    elseif StaSea=='AUG';
        CodeSea=8;
    elseif StaSea=='NOV';
        CodeSea=11;

    end

    kk=find(Station=='-');
    Depth=Station(kk+1:end-1);
    Depth=str2num(Depth);

    [BioXX, BioYY]=find( ALatM>=Lat1(i)-0.001 &
    ALatM<=Lat1(i)+0.001 & ALongM>=Long1(i)-0.001 &
    ALongM<=Long1(i)+0.001);
    % [BioXX, BioYY]=find( Lat1(i)-0.001>=ALatM & Lat1(i)+0.001<=ALatM &
    Long1(i)-0.001>=ALongM & Long1(i)+0.001<=ALongM);

    BioM= nanmean (ABiomasspM(BioXX));
    ALatMM= nanmean (ALatM(BioXX));
    ALongMM= nanmean (ALongM(BioXX));

    %ALL=[CTD1 CTD2 APosibio];
    ABioM=[ABioM; ALatMM ALongMM BioM CodeSea Depth];
end

APosibio=[APosibio; Posibio];
end
end

%ANOVA and multcompare

BioM=ABioM(:,3);
Season=ABioM(:,4);
CodeDepth=ABioM(:,5);

BioMFndNoN=find(isnan(ABioM(:,3)));
if isempty (BioMFndNoN)
else
    BioM(BioMFndNoN)=[ ];
    Season(BioMFndNoN)=[ ];
    CodeDepth(BioMFndNoN)=[ ];
end

BioMFndNoN=find(CodeDepth==40 | CodeDepth==50);
if isempty (BioMFndNoN)
else
    BioM(BioMFndNoN)=[ ];

```

```
Season(BioMFndNoN)=[ ];
CodeDepth(BioMFndNoN)=[ ];
ABioM(BioMFndNoN,:)=[];
end

%for season
figure
[P,T,STATS,TERMS] = anovan(BioM, {Season}, ...
    'model',2, 'sstype',2, ...
    'varnames',strvcat('Season'));
figure
[c,m,h,nms]= multcompare(STATS,'display','on');

%for depth
[P,T,STATS,TERMS] = anovan(BioM, {CodeDepth}, ...
    'model',2, 'sstype',2, ...
    'varnames',strvcat('Depth'));
figure
[c,m,h,nms]= multcompare(STATS,'display','on');

%both season & depth
[P,T,STATS,TERMS] = anovan(BioM, {Season CodeDepth}, ...
    'model',2, 'sstype',2, ...
    'varnames',strvcat('Season', 'Depth'));
figure
results = multcompare(STATS,'Dimension',[1 2]);

%Paired t-test
[H,P,CI,STATS] = ttest(ABioM(:,3),Aposibio);
```

## EK-2

AIPH - (Acoustical Identification of *Posidonia* Height) Algoritması

```

clc
clear all
close all
cd C:\PosiVBT\ECOSAV\

%NumberoffilesECO=dir('C:\PosiVBT\ECOSAV\april\*.csv'); cd
'C:\PosiVBT\ECOSAV\april\'
NumberoffilesECO=dir('C:\PosiVBT\ECOSAV\jul\*.csv'); cd
'C:\PosiVBT\ECOSAV\jul\'
%NumberoffilesECO=dir('C:\PosiVBT\ECOSAV\march\*.csv'); cd
'C:\PosiVBT\ECOSAV\march\'
%NumberoffilesECO=dir('C:\PosiVBT\ECOSAV\jan\*.csv'); cd
'C:\PosiVBT\ECOSAV\jan\'
%NumberoffilesECO=dir('C:\PosiVBT\ECOSAV\aug\*.csv'); cd
'C:\PosiVBT\ECOSAV\aug\'
%NumberoffilesECO=dir('C:\PosiVBT\ECOSAV\nov\*.csv'); cd
'C:\PosiVBT\ECOSAV\nov\'

NumberoffilesECO=char(NumberoffilesECO.name);

AReport=[];
ALatt=[];
ALongt=[];
ATime=[];
ADay=[];
AMonth=[];
AYear=[];
APingNumber=[];
ABottom=[];
AHeight=[];
ACover=[];
ABare=[];
APlant=[];
AOutofWater=[];
ANoisy=[];
AUnclassified=[];
ATooDeep=[];
AQuality=[];
Acluster=[];

[NoFile,NoChar]=size(NumberoffilesECO);
for m=1:NoFile;

    disp(['Reading ' num2str(m) ' of ' num2str(NoFile) '... '
NumberoffilesECO(m,:)])
    Report=[];
    Latt=[];
    Longt=[];
    Time=[];
    Dayy=[];
    Month=[];
    Year=[];

```

```

PingNumber=[];
Bottom=[];
Height=[];
Cover=[];
Bare=[];
Plant=[];
OutofWater=[];
Noisy=[];
Unclassified=[];
TooDeep=[];
Quality=[];
cluster=[];

r={};
fid=fopen(NumberOffilesECO(m,:));
NumberOffilesECO(m,:)

for i=1:77 % first 76 line
    tline = fgetl(fid);
    if i==76 %reading 76.row
        Type=tline(:,end-1);
        %pause, break
        Type=str2num(Type);
    end
end

while ischar(tline)
    r=[r;tline];
    % disp(tline);
    tline = fgetl(fid);
    % dataR=char(tline(:,:));
    CommaECO=findstr(char(tline(:,:)),';');
    if isempty(CommaECO)
    else
        CommaECO=[0 CommaECO CommaECO(end)+2];

        for j=1:length(CommaECO)-1
            dataR=char(tline(:,:));
            DD=[(dataR(:,CommaECO(j)+1:CommaECO(j+1)-1))];

            if j==1
                Report=[Report;str2num(DD)];
            elseif j==2
                Latt=[Latt;str2num(DD)];
            elseif j==3
                Longt=[Longt;str2num(DD)];
            elseif j==4
                Time=[Time;str2num(DD)];
            elseif j==5
                Dayy=[Dayy;(DD)];
            elseif j==6
                Month=[Month;(DD)];
            elseif j==7
                Year=[Year;(DD)];
            elseif j==8
                PingNumber=[PingNumber;str2num(DD)];
            elseif j==9
                Bottom=[Bottom;str2num(DD)];
            end
        end
    end
end

```

```

elseif j==10
    Height=[Height;str2num(DD)];
elseif j==11
    Cover=[Cover;str2num(DD)];
elseif j==12
    Bare=[Bare;str2num(DD)];
elseif j==13
    Plant=[Plant;str2num(DD)];
elseif j==14
    OutofWater=[OutofWater;str2num(DD)];
elseif j==15
    Noisy=[Noisy;str2num(DD)];
elseif j==16
    Unclassified=[Unclassified;str2num(DD)];
elseif j==17
    TooDeep=[TooDeep;str2num(DD)];
elseif j==18
    Quality=[Quality;str2num(DD)];
elseif j==19
    % cluster=find(dataR('" "') & str2num(DD) );
    clstr=find(dataR==' ');
    if isempty(clstr)
        cluster=[cluster;str2num(DD)];
    else
cluster=[cluster;str2num(dataR(clstr(1)+1:clstr(end)-1))];

        end
    end
end
end
end
end

%coordinates

LattN=Latt;
LongtN=abs(Longt);
BottomN=abs(Bottom);

% Convert the Coordinates / based on 100

LattRev=(LattN-floor(LattN))./1+floor(LattN);
LongtRev=(LongtN-floor(LongtN))./1+floor(LongtN);
%nanmin(LattRev)
%nanmin(LongtRev)
%pause(1)

%1.filtered coordinates

FndLeafHeight=find(LattRev==0);
if isempty(FndLeafHeight)

```

```

else
    LattRev(FndLeafHeight)=[ ];
    LongtRev(FndLeafHeight)=[ ];
    BottomN(FndLeafHeight)=[ ];
    Height(FndLeafHeight)=[ ];
    Cover(FndLeafHeight)=[ ];
    cluster(FndLeafHeight)=[ ];

end

FndLeafHeight=find(LongtRev==0);
if isempty(FndLeafHeight)
else
    LattRev(FndLeafHeight)=[ ];
    LongtRev(FndLeafHeight)=[ ];
    BottomN(FndLeafHeight)=[ ];
    Height(FndLeafHeight)=[ ];
    Cover(FndLeafHeight)=[ ];
    cluster(FndLeafHeight)=[ ];

end

%2. filtered Type, Bottom

TransducerDepth= 2.5; %m
BeamAngle=6.8; %angle
Pulseduration= .1; %m/s
c = 1542.08 ; %sound speed
ddZone=(Pulseduration*10^-3*c)/2;
TransducerCircle=.58 ; %cm
f=206000; %Hz
NearField=(TransducerCircle/pi())^2/(4*(c/f));
Bottom2=(BottomN+TransducerDepth-ddZone);

FndLeafHeight=find(Bottom2<=NearField); %for Nearfield depth
if isempty(FndLeafHeight)
else
    LattRev(FndLeafHeight)=[ ];
    LongtRev(FndLeafHeight)=[ ];
    BottomN(FndLeafHeight)=[ ];
    Height(FndLeafHeight)=[ ];
    Cover(FndLeafHeight)=[ ];
    cluster(FndLeafHeight)=[ ];
end

FndLeafHeight=find(BottomN>30); %if depth is above 30m
if isempty(FndLeafHeight)
else
    % LattRev(FndLeafHeight)=[ ];
    % LongtRev(FndLeafHeight)=[ ];
    % BottomN(FndLeafHeight)=[ ];
    Height(~FndLeafHeight)=0;
    % Cover(FndLeafHeight)=[ ];
    % cluster(FndLeafHeight)=[ ];
end

```

```

%3. filtered cluster

FilterTypeOn=1;
if FilterTypeOn==1;
    refstring=Type;
    FndLeafHeight=find(cluster==refstring);    %find match
    if isempty(FndLeafHeight)
        %LattRev(:)=[]; %all of them
        %LongtRev(:)=[];
        %BottomN(:)=[];
        Height(:)=0;
        %Cover(:)=[];
        %cluster(FndLeafHeight)=[];
    else
        % LattRev(FndLeafHeight)=[ ];
        % LongtRev(FndLeafHeight)=[ ];
        % BottomN(FndLeafHeight)=[ ];
        % Height(FndLeafHeight)=[ ];
        % Cover(FndLeafHeight)=[ ];
        % cluster(FndLeafHeight)=[ ];
        %LattRev=LattRev(FndLeafHeight);
        %LongtRev=LongtRev(FndLeafHeight);
        %BottomN=BottomN(FndLeafHeight);
        %Height=Height(FndLeafHeight);
        %Cover=Cover(FndLeafHeight);
        %LattRev(~FndLeafHeight)=LattRev(FndLeafHeight);
        %LongtRev(~FndLeafHeight)=LongtRev(FndLeafHeight);
        Height(~FndLeafHeight)=0;
    end
end

ALatt=[ALatt; LattRev];
ALongt=[ALongt; LongtRev];
AHeight=[AHeight; Height];
%ABottom=[ABottom; BottomN];

fclose(fid)

end

%pause

AHeightInx= find(isnan(AHeight));
if isempty(AHeightInx)
else
    AHeight(AHeightInx)=0;
end

FindCord=find(ALongt<30.8);
if isempty(FindCord)
else
    ALatt(FindCord)=[ ];
    ALongt(FindCord)=[ ];
    AHeight(FindCord)=[ ];
end

```

```

end
%grid of data

MinLatt=min(ALatt);
MaxLatt=max(ALatt);
MinLongt=min(ALongt);
MaxLongt=max(ALongt);

%spacing Lat&Long
Lattspace=linspace(MinLatt, MaxLatt, 500);
Longtspace=linspace(MinLongt, MaxLongt, 1000);

[LongtSX, LattSY]=meshgrid(Longtspace,Lattspace);

LeafHeightcon=griddata(ALongt,ALatt,AHeight,LongtSX,LattSY,'linear');

%DepthFilterOn1=0;
%if DepthFilterOn1==1
%LimDepth=30; %in m
%BottomFnd=find(ABottom>=LimDepth);
%if isempty(BottomFnd)
%else
% ALatt(BottomFnd)=[];
% ALongt(BottomFnd)=[];
% AHeight(BottomFnd)=[];
%end
%end

% Load coast of Turkey
load Turkey.dat

%plot the distribution
CansuColor=[1 1 1;jet];

LeafHeightfig=figure;
set(LeafHeightfig,'Position',[16 46 1316 296]);
colormap([1 1 1;jet]);

figure(LeafHeightfig);
nonZero=find(LeafHeightcon==0);
if isempty(nonZero)
else
    LeafHeightcon(nonZero)=NaN;
end

%draw of polygon
load antgrsblk.bln
[in,on] = inpolygon(LongtSX,LattSY,antgrsblk(:,1),antgrsblk(:,2));
%the first one is inside points,the other outside
findout=find(in==0);
if isempty(findout)
else
    LeafHeightcon(findout)=NaN;
end

```



```

%surfer from griddata
LeafHeightSurf=surf(LongtSX, LattSY, LeafHeightcon);
hold on
view(2)
shading interp
plot(Turkey(:,1),Turkey(:,2),'k-'); %Turkey map
plot(ALongt,ALatt,'y-');

MinLatt=min(min(LattSY));
MaxLatt=max(max(LattSY));
MinLongt=min(min(LongtSX));
MaxLongt=max(max(LongtSX));
set(gca,'XLim',[MinLongt-0.01 MaxLongt+0.01],'YLim',[MinLatt-0.01
MaxLatt+0.01]);
caxis([0 1])

colorbar
drawnow

%draw of polygon
load antgrsblk.bln
[in,on] = inpolygon(LongtSX,LattSY,antgrsblk(:,1),antgrsblk(:,2));
%the first one is inside points,the other outside
findout=find(in==0);
if isempty(findout)
else
    LeafHeightcon(findout)=NaN;
end

%draw line to line on the map
LattLine=[ALatt ALatt+0.004];
LongtLine=[ALongt ALongt+0.004];
HeightLeaf=[AHeight AHeight];

HeightLeafLine=figure;
set(HeightLeafLine,'Position',[19 389 1316 296]);
%colormap(jet);
colormap(CansuColor);

HeightLeafLine=surf(LongtLine,LattLine,HeightLeaf);
hold on
plot(Turkey(:,1),Turkey(:,2),'k-');
set(gca,'XLim',[MinLongt-0.01 MaxLongt+0.01],'YLim',[MinLatt-0.01
MaxLatt+0.01]);
view(2)
shading interp

%minLeaf=nanmin(nanmin(LeafHeightcon));
%maxLeaf=nanmax(nanmax(LeafHeightcon));

colorbar
caxis([min(min(LeafHeightcon)) max(max(LeafHeightcon))]);

```

```
drawnow

%draw line to line on the map
LattLine=[ALatt ALatt+0.004];
LongtLine=[ALongt ALongt+0.004];
HeightsizeLine=[AHeight AHeight];

sizeLine=surf(LongtLine,LattLine,HeightsizeLine);
hold on
plot(Turkey(:,1),Turkey(:,2),'k-');
set(gca,'XLim',[MinLongt-0.01 MaxLongt+0.01],'YLim',[MinLatt-0.01
MaxLatt+0.01]);
view(2)
shading interp

%minLeaf=nanmin(nanmin(LeafHeightcon));
%maxLeaf=nanmax(nanmax(LeafHeightcon));

%plot(ALongt,ALatt,'y-');

%caxis([minLeaf maxLeaf]);

colorbar
caxis([min(min(LeafHeightcon)) max(max(LeafHeightcon))]);
drawnow
```

## ÖZGEÇMİŞ



1985 yılında Bingöl’de doğdu. İlköğretim ve lise öğrenimini Bursa’da tamamladı. 2004 yılında girdiği Balıkesir Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü’nden 2008 yılında Biyolog olarak dereceyle mezun oldu. Ekim 2008 - Haziran 2010 yılları arasında, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Hidrobiyoloji Anabilim Dalı’nda Tezli Yüksek Lisans öğrenimini tamamladı. 2010 yılında aynı üniversitede doktorasını devam ettirdiği öğrenimini bırakarak, 2010 Ocak ayında Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Mühendisliği Anabilim Dalı’na geçiş yapmıştır. 2010 yılında başladığı doktora eğitimini 2016 Aralık ayında tamamlamıştır.