

EK-7.A

Balıkçılık Mevcut Durum Raporu

Türkiye

Balıkçılık Mevcut Durum Raporu



Bu rapor MRAG Ltd şirketi tarafından South Stream Transport B.V. adına hazırlanmıştır.

İçindekiler

Özet	4
1 Karadeniz'in Türkiye Sularında Balıkçılık	5
1.1 Genel Bilgiler.....	5
1.2 Balıkçılıkta ekonomik değer, pazarlama ve istihdam	10
1.2.1 Avlanan balıkların ekonomik değeri	10
1.2.2 Balıkçılık sektöründe istihdam	11
1.2.3 Su ürünlerinin pazarlanması	12
1.3 Balıkçılık Filosu	13
2 Proje Kapsamında İncelenen Türler	15
2.1 Türkiye MEB'indeki Proje Alanı için önemli göç yolları, yumurtlama ve beslenme yatakları	16
2.1.1 Hamsi	16
2.1.2 Çaçı	18
2.1.3 Karadeniz İstavriti.....	19
2.1.4 Palamut	20
2.2 İncelenen türlerin balıkçılık alanları	21
2.2.1 Hamsi, <i>Engraulis encrasicolus</i>	21
2.2.2 Çaçı, <i>Sprattus sprattus</i>	22
2.2.3 Karadeniz İstavriti, <i>Trachurus mediterraneus ponticus</i>	24
2.2.4 Palamut, <i>Sarda sarda</i>	25
3 Değerlendirme	27
3.1 İnşaat Aşaması.....	27
3.1.1 Balıkçılık faaliyetleri üzerindeki etkiler	27
3.1.2 Hamsinin göç yolu üzerindeki etkiler	28
3.2 İşletme aşaması	29
3.3 Sınırışan Etkiler	29

Sözlük

Terim	Açıklama
Anoksik	Oksijensiz
Demersal	Demersal balıklar denizin dibinde veya dibine yakın yerlerde yaşar ve beslenir. Deniz tabanlarını işgal ederler. Kıyı sularında kıta sahanlığının üzerinde veya yakınlarında bulunurlar; derin sulardaysa kıtasal yamaçların üzerinde veya yakınlarında veya kıtasal yükselti boyunca bulunurlar. Genel olarak abisal derinlikler veya abisal düzlük gibi en derin sularda bulunmazlar, ancak deniz dağlarının ve adaların çevrelerinde görülebilirler.
Küçük ölçekli balıkçılık	Küçük ölçekli balıkçılık veya zanaat balıkçılığı ile uğraşanlar, az miktarda sermaye/enerji ve (eğer varsa) küçük bir balıkçı teknesi kullanan, kıyıya yakın ve kısa yolculuklar yapan, avladıkları balıkları büyük oranda yerel tüketicilere satan veya onlarla takas eden balıkçılıkla uğraşan haneleri (ticari şirketlerden ziyade) kapsamaktadır.
Pelajik	Pelajik türler, deniz tabanı veya deniz tabanı yakınları yerine, su yüzeyinin yakınında veya su kolonunun içinde yaşarlar. Demersal balıklarla zıt özelliklerde oldukları düşünülebilir.

Kısaltmalar

Terim	Açıklama
AK	Avrupa Komisyonu
EWG	Karadeniz Stoklarının Değerlendirmesinde Çalışan Uzman Grup
GSYİH	Gayri Safi Yurtiçi Hasıla
GT	Gros Ton
HP	Beygir Gücü
MEB	Münhasır Ekonomik Bölge
TU	Toplam Uzunluk
STECF	Balıkçılık Bilimsel, Teknik ve Ekonomik Komitesi

Özet

Bu raporda, Karadeniz balıkçılığının Türkiye'deki mevcut durumu sunulmaktadır. Türkiye, Karadeniz balıkçılığında en önde gelen ülkedir. Türkiye'de deniz balığı yakalama miktarları, çeşitli çevresel nedenler ve aşırı avlanma nedeniyle yıllar içerisinde büyük dalgalanmalar göstermiştir. Karadeniz'de ve Türkiye sularında gerçekleştirilen balıkçılık faaliyetleri, büyük oranda balık türlerinin yoğunluklarının yüksek olduğu kıta sahanlığı bölgelerinin sığ sularıyla sınırlıdır. Hamsi, hem yakalanan balık miktarı hem de ekonomik değeri bakımından Karadeniz balıkçılığına egemen konumdadır; Türkiye için Karadeniz'deki en önemli deniz balığıdır.

Proje Alanındaki boru döşeme faaliyetlerinin Türkiye'deki balıkçılık faaliyetlerini etkilemesi muhtemel değildir. Önerilen boru hattı Proje Alanının Türkiye Münhasır Ekonomik Bölgesi'nde (MEB) kıyıya olan uzaklığı 100 km'den daha fazladır. Proje Alanının kıyıdan uzak olması, balık dağılımının büyük oranda daha sığ olan kıyı sularında olması ve balıkçılık faaliyetlerinin bu alanlarda yoğunlaşması nedeniyle, Proje Alanının içinde veya yakınlarında balıkçılık faaliyetleri gerçekleştirilmesi muhtemel görülmemektedir. Ayrıca, balıkçılık faaliyetlerinin yoğunluğu, balık topluluklarının en fazla olduğu kışlama yataklarını hedeflemektedir.

Bu raporda, göç eden balıklardan yalnızca hamsinin göç yolunun önerilen boru hattı koridoruyla kesiştiği tespit edilmektedir. Hamsi yılda iki defa Karadeniz'den geçerek göç eder, ancak boru döşeme faaliyetlerinden kaynaklanan rahatsızlık, 125 km'lik göç koridoruna kıyasla önemsiz olan, gemi filosu etrafında 15 km çapında, göreceli olarak küçük bir etki alanıyla sonuçlanacağından, söz konusu faaliyetlerin bu göçleri etkilemesi muhtemel görülmemektedir. Ayrıca, verilen rahatsızlık bir ürkme tepkisinden daha fazlasına yol açmayacağından, hamsi balığı rahatsızlık kaynağından kaçınacak ve göçüne etkilenmeden devam edecektir.

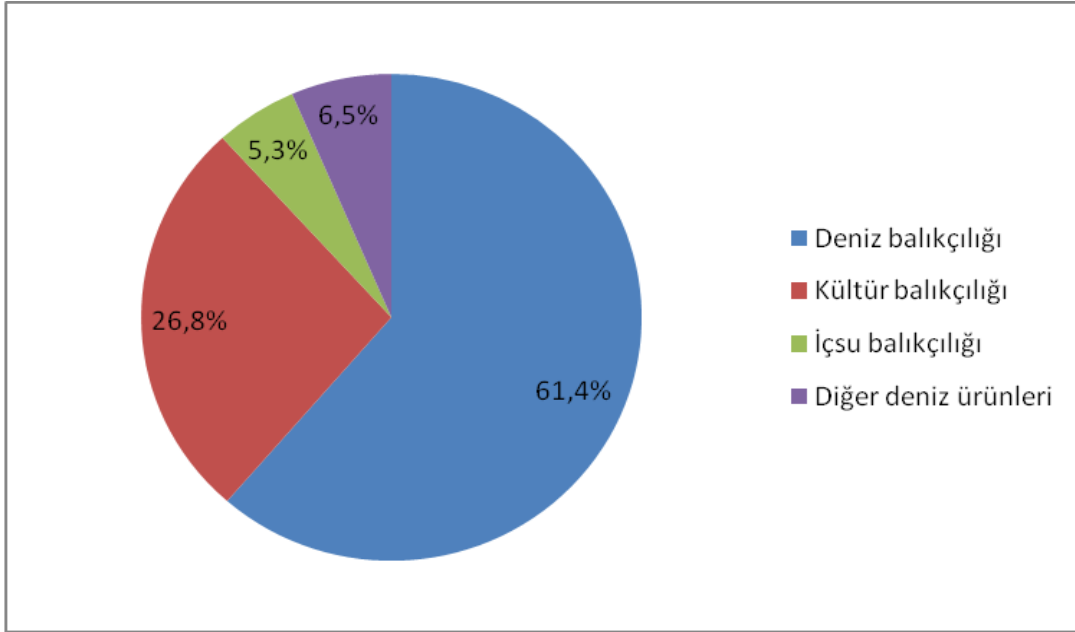
Özetle, Projenin Türkiye sularındaki balıkçılık faaliyetlerini veya hamsinin göç güzergahlarını etkilemesi muhtemel değildir.

1 Karadeniz'in Türkiye Sularında Balıkçılık

1.1 Genel Bilgiler

Türkiye'de ticari balıkçılık üretiminde dört sektör bulunmaktadır; deniz balıkçılığı, kültür balıkçılığı, içsu balıkçılığı ve diğer deniz ürünleri (örn. kabuklu hayvanlar ve yumuşakçalar). Şekil 1-1'de görülebileceği üzere deniz balıkçılığı, Türkiye'deki balık üretiminden en büyük payı almaktadır.

Şekil 1-1: Sektörlere göre 2011'de balık üretiminin dağılımı (Ref. 1.1)



Türkiye'nin deniz balıkçılığı bölgeleri Akdeniz, Karadeniz, Ege Denizi ve Marmara Denizi'dir. Bu bölgelerden Karadeniz, 2011'de Türkiye'de avlanan toplam balığın %77,2'sini karşılamıştır. Karadeniz balıkçılık bölgesi, Batı Karadeniz ve Doğu Karadeniz olarak kendi içinde iki ayrı balıkçılık bölgesine ayrılmaktadır ve Şekil 1-2'de görülebileceği üzere 15 ilin kıyıları boyunca uzanmaktadır. Doğu Karadeniz Bölgesi Artvin'den Sinop'a olan kıyı illerini ve Batı Karadeniz Bölgesi de Kastamonu'dan Kırklareli'ye kadar olan illeri içermektedir.

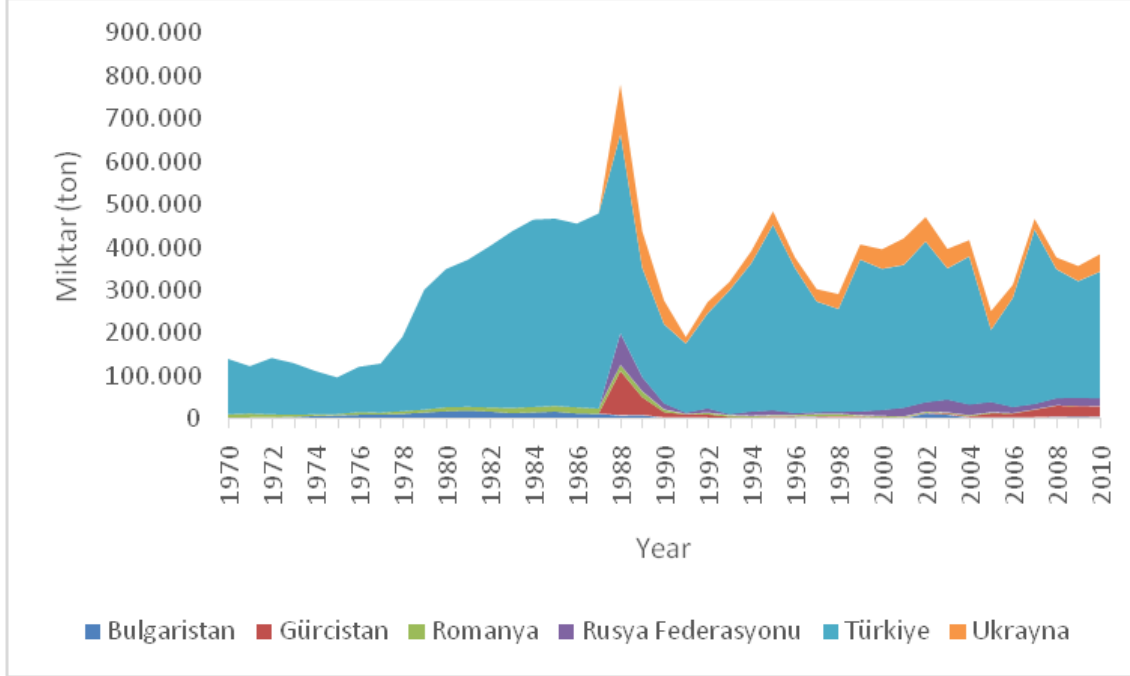
Şekil 1-2: İlleri gösteren Türkiye haritası.



Türkiye Haritası Bölgeler ve İller | www.lafsozluk.com

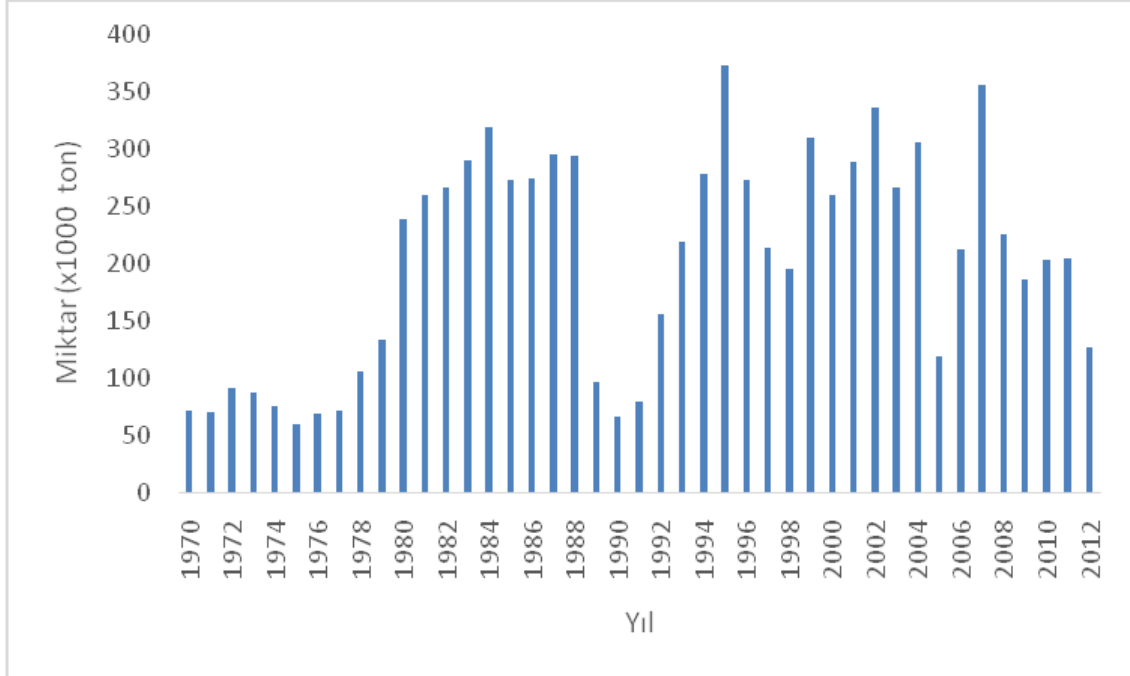
Balıkçılık faaliyetlerinin gerçekleştirildiği ana bölgeler, balıkların beslenme, yumurtlama ve kışlama yataklarının konumlarına göre belirlenmektedir. Bu alanlar, Karadeniz'i çevreleyen kıta sahanlığının sığ sularında yoğunlaşmıştır (Şekil 1-3) ve aniden 2.000 metrenin üzerindeki abisal derinliklere inen deniz havzası nedeniyle büyük oranda kısıtlanmış durumdadır. Karadeniz'in yarı kapalı doğası, diğer denizler ile su alışverişinin olmamasına ve 150 m'nin altındaki derinliklerde balık yaşamından tamamen arınmış olan anoksik (oksijensiz) bir havzanın gelişmesine yol açmıştır. Bu nedenle, 150 m'lik derinlik eğrisi Karadeniz'deki Türkiye Münhasır Ekonomik Bölgesi'ndeki (MEB) balıkçılık faaliyetleri için temsili bir sınır olarak kullanılabilir.

Şekil 1-4: Ükelere göre Karadeniz'de avlanan deniz balıklarının miktarları, 1970-2010 (Ref. 1.2)



Şekil 1-5, Türkiye'de 1970-2011 yılları arasında avlanan balık miktarlarını ve bu miktarlardaki değişkenliği göstermektedir. 1970 ile 1988 arasında balıkçılık gelişim göstermiş ve avlanan balık miktarı genel olarak yükselerek en yüksek av miktarı 465.054 tonla 1988'de kaydedilmiştir. Bunun ardından, aşırı avlanma, istilacı bir yırtıcı tür olan ktenoforun (*Mnemiopsis leidyi*) kazara Karadeniz'e girmesi, besin maddesi yüklenmesi ve Karadeniz'in kirlenmesi sonucunda küçük pelajik balık türü stoklarının çökmesiyle avlanan balık miktarında büyük bir düşüş görülmüştür (Ref. 1.3). *M. leidyi* türünün Karadeniz'e girmesi hayvansal planktonun bolluk düzeyinde büyük bir düşüşe yol açmıştır (Ref. 1.20). Bu durum, 1997-1998 yıllarına dek, muhtemelen bir geminin balast suyundan diğer bir tür ktenoforun (*Beroe ovata*) girişine kadar devam etmiştir (Ref. 1.21). Bu tür, *M. leidyi* türünün temel avcısı olduğundan, Karadeniz'e girişinden sonra hayvansal plankton topluluğu, hem tür kompozisyonu hem de bolluk düzeyi açısından eski haline dönmüştür (Ref. 1.22). *Mnemiopsis leidyi*, hem çeşitli balık türleri için besin kaynağı olan planktonla, hem de balık larvalarıyla beslenir; bu nedenle, Karadeniz'de ticari olarak önem taşıyan tüm önemli balık türlerinin bolluk düzeylerini doğrudan etkilemiştir. Avlanan balık miktarı 1992 yılından sonra tekrar artmaya ve yaklaşık 150.000 ile 400.000 ton arasında değişmeye başlamıştır. Avlanan balık türleri de yıllar içinde değişkenlik göstermiş ve kalkan (*Psetta maxima*), lüfer (*Pomatomus saltator*) ve palamut (*Sarda sarda*) gibi "gıda olarak değerli" olan büyük boyutlu balıklarda azalma görülmüştür. Bu türlerin yerini hamsi (*Engraulis encrasicolus*) ve çaça (*Sprattus sprattus*) gibi daha küçük pelajik balık türleri almıştır. Bu balık türleri daha düşük birim fiyata sahiptir ve doğrudan tüketilmek yerine yağ elde etmek ve balık yemi üretmek için kullanılabilir (Ref. 1.3).

Şekil 1-5: Türkiye tarafından Karadeniz'de avlanan deniz balıkları 1970 – 2011 (Ref 1.1 ve Ref 1.2)



Karadeniz'de 200 civarında balık türü bulunmaktadır, ancak bunların 12'den daha azı bir ekonomik değere sahiptir ve bu türler 1996-2008 yılları arasında avlanan toplam balık miktarının %98'ine karşılık gelmektedir (Ref. 1.3). Karadeniz'in Türkiye kısmı, bazıları göç eden türler olan, ancak hamsi ve çaça balığı gibi küçük pelajik türlerin hakim olduğu pelajik ve demersal türleri içermektedir. 2007–2011 yılları arasında elde edilen balıkçılık verilerine göre Karadeniz'in Türkiye kısmında en çok görülen türler Tablo 1.1'de verilmektedir).

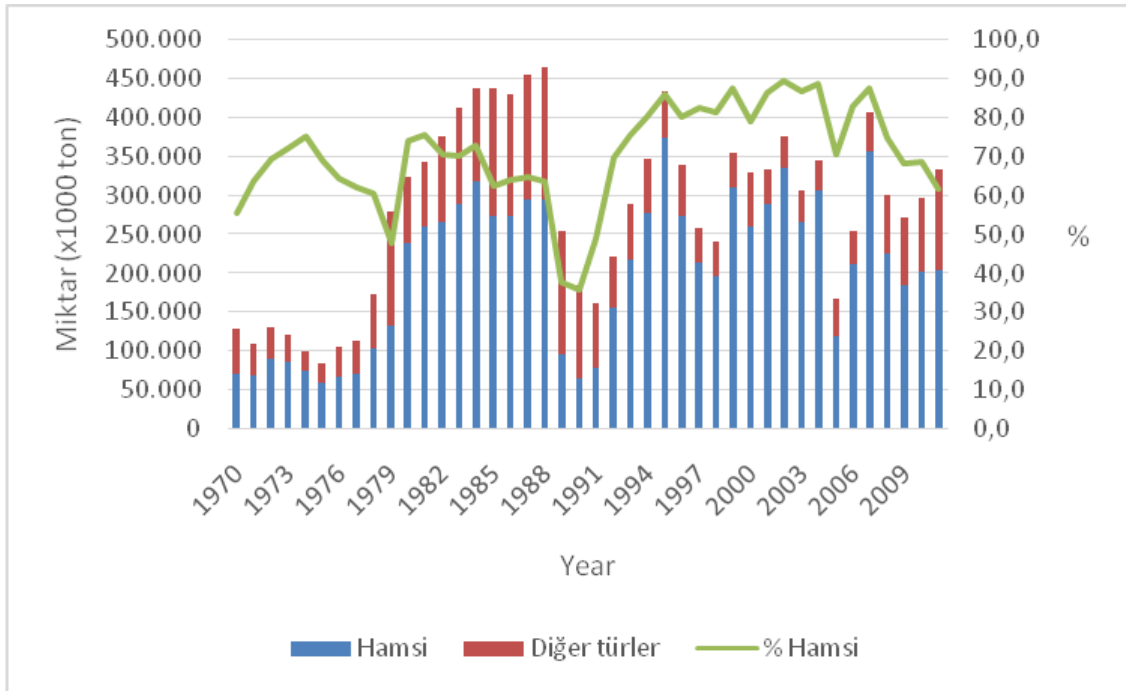
Tablo 1.1: Karadeniz'in Türkiye sularında en çok avlanan 10 tür (Ref 1.1)

İngilizce Adı	Bilimsel adı	Tür	Türkçe adı	2011'de avlanma yüzdesi
European anchovy	<i>Engraulis encrasicolus</i>	Pelajik Göçmen	Hamsi	61,5
Sprat	<i>Sprattus sprattus</i>	Pelajik Göçmen	Çaça	26,0
Black Sea horse mackerel	<i>Trachurus mediterraneus ponticus</i>	Pelajik Göçmen	Karadeniz İstavriti	4,3
Whiting	<i>Merlangius merlangus</i>	Demersal Göçmen	Mezgit	2,4
Atlantic bonito	<i>Sarda sarda</i>	Pelajik Göçmen	Palamut-Torik	2,0
Scad (Atlantic horse mackerel)	<i>Trachurus trachurus</i>	Pelajik Göçmen	Karagöz istavrit	1,0
Striped red Mullet	<i>Mullus surmuletus</i>	Demersal	Tekir	0,9
European pilchard	<i>Sardina pilchardus</i>	Pelajik	Sardalya	0,6

İngilizce Adı	Bilimsel adı	Tür	Türkçe adı	2011'de avlanma yüzdesi
Bluefish	<i>Pomatomus saltator</i>	Pelajik Göçmen	Lüfer	0,5
Grey mullet	<i>Mugil cephalus</i>	Demersal	Kefal	0,3

Türkiye'nin Karadeniz'de en çok avladığı balık Şekil 1-6'da görülebileceği gibi hamsidir. Hamsi, 2011'de Türkiye'de yakalanan toplam balıkların %61,5'ine karşılık gelmektedir (Ref 1.4).

Şekil 1-6: Karadeniz'de Türkiye tarafından avlanan hamsinin ve diğer balık türlerinin dağılımı (Ref 1.1 ve Ref 1.2)



1.2 Balıkçılıkta ekonomik değer, pazarlama ve istihdam

1.2.1 Avlanan balıkların ekonomik değeri

Türkiye'de balıkçılık sektörü (içsu balıkçılığı, kültür balıkçılığı ve işleme ve imalat gibi yan sektörler dahil olmak üzere), Gayri Safi Yurtiçi Hasıla'nın %0,3'ünü temsil etmekte ve ulusal ekonominin önemli bir parçası olarak görülmemektedir (Ref. 1.5). Balıkçılığın Karadeniz kıyısındaki illerin ekonomisine olan katkısı ve bu iller için önemi, ulusal ekonomiye göre daha büyüktür. 2011 yılında, Türkiye'deki deniz balığı ürünlerinin toplam değeri 927,88 milyon Türk Lirası olarak tespit edilmiş olup, Karadeniz'den gelen deniz balığı ürünleri bu toplamın %57'sine karşılık gelmektedir. Karadeniz'de avlanan en değerli türler ve bu türlerin Türkiye'nin toplam deniz balıkçılığı değeri içindeki payları, Tablo 1.2'de sunulmaktadır. Hamsi, avlanan miktar ve bunun değeri bakımından Karadeniz'deki en önemli türdür, ancak buna rağmen bu tür Türkiye'deki toplam deniz su ürünlerinin %25'inden daha azını temsil etmektedir.

Tablo 1.2: Ekonomik değerine göre Karadeniz'deki ilk 10 Tür (Ref. 1.1)

Tür	Fiyat (Türk Lirası (TL/Kg))	Karadeniz'de avlanan türlerin değeri (TL)	Türkiye'deki toplam deniz balıkçılığı ürünleri değerinin %si
Hamsi*	**	221,94 milyon***	23,9
Çaça	0,73	63,27 milyon	6,8
Palamut	8,05	54,14 milyon	5,8
Karagöz istavrit	3,75	53,97 milyon	5,8
Mezgit	5,47	44,42 milyon	4,8
Tekir	9,67	28,94 milyon	3,1
Lüfer	12,07	21,96 milyon	2,4
Çaça	4,65	15,58 milyon	1,7
Tekir (<i>Mullus barbatus barbatus</i>)	17,46	5,69 milyon	0,6
Kalkan (<i>Psetta maxima</i>)	35,23	5,09 milyon	0,5
Diğer türler	-	13,69 milyon	44,6
Karadeniz'deki deniz balığı ürünlerinin toplam değeri	528,83 milyon		56,9
Türkiye'nin deniz balığı ürünlerinin toplam değeri	927,88 milyon		

*Balık yemi ve balık yağı için kullanılan hamsi dahildir

** Hamsi ile balık yemi veya yağı için kullanılan hamsinin fiyatı değişkenlik göstermektedir

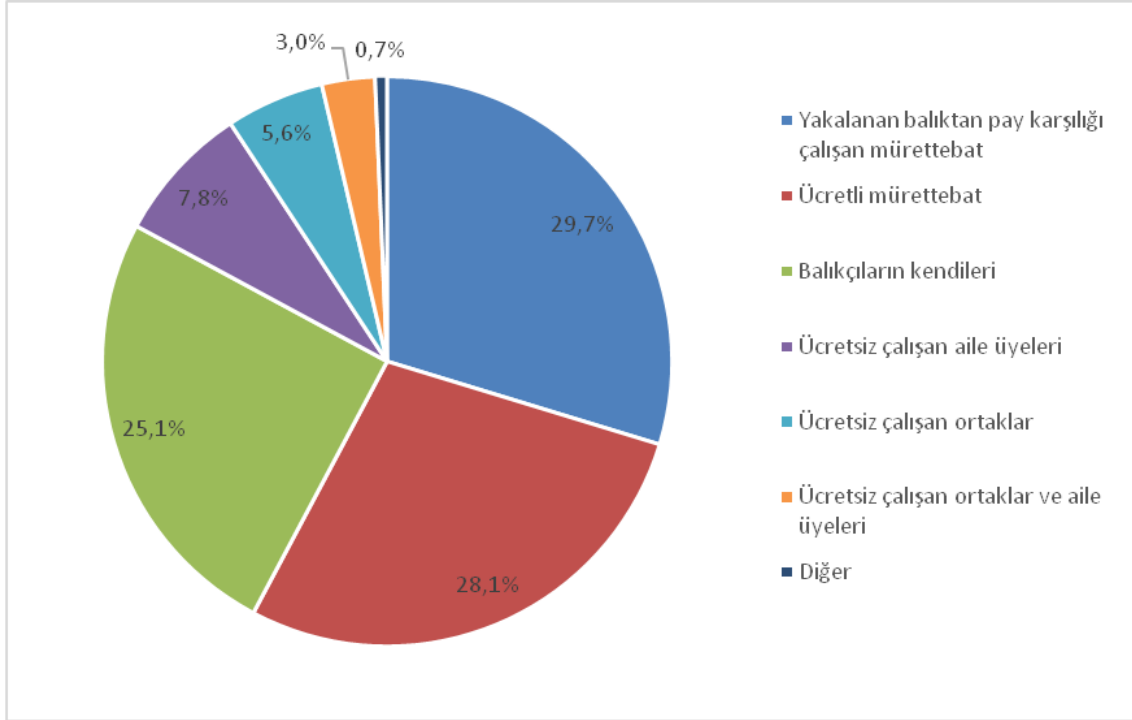
*** Karadeniz'de avlanan hamsinin yüzdesi ve hamsinin toplam değerine dayanan yaklaşık bir rakamdır (Ref. 1.1)

1.2.2 Balıkçılık sektöründe istihdam

Karadeniz'deki balıkçılık faaliyetleri, 2011 yılı itibarıyla, Türkiye'de balıkçılık sektöründe çalışan toplam işgücünün yaklaşık %44'ünü temsil eden 16.486 Türk çalışanını istihdam etmekteydi (Ref. 1.1). Karadeniz balıkçılık bölgesi 15 ilin kıyıları boyunca uzanmaktadır (Bkz. Bölüm 1.1). Karadeniz'in kıyı illerinde (İstanbul dahil) balıkçılık faaliyetlerine katılan işgücü, bu alandaki toplam istihdamın yaklaşık olarak %0,22'sini temsil etmektedir (Ref. 1.1 ve Ref. 1.4). Balıkçılık faaliyetlerine katılan çalışanların nüfusa oranı %0,16'dır (Ref. 1.1 ve Ref.1.4). Balıkçılık sektöründe çalışanlar, balıkçılık gemilerinde ücretli mürettebat, balıkçıların ücretsiz çalışan ortakları ve aile bireyleri gibi çeşitli gruplardan oluşmaktadır. Çalışan grupları ve bunların dağılımı Şekil 1-7'de verilmektedir. Tam zamanlı çalışanlar, Karadeniz'de çalışan balıkçıların %96'sını oluşturmaktadır; bunların %85'i 20-55 yaşları arasında, %11'i 55 yaşından büyük ve %4'ü 20 yaşın altındadır (Ref. 1.1). Ancak, bu istihdam rakamları işleme, paketlenme, pazarlama ve dağıtım, balık malzemeleri, ağ ve takımların imalatı, buz üretimi ve tedariği, gemi ve tekne imalatı ve bakımı gibi ikincil faaliyetlere katılan kişileri içermemektedir (Ref. 1.19). Çalışanların yaklaşık %17'si balıkçıların ücretsiz çalışan aile bireyleri veya ortaklarıdır ve bu çalışanların balıkların temizlenmesi ve işlenmesi gibi ikincil hizmetlere katılması muhtemeldir, ancak kesin sayılar belirlenememektedir. Birleşmiş Milletler'in (BM) Gıda ve Tarım Örgütü (FAO), 2010'da küresel olarak su ürünleri üretimine doğrudan katılan her bir kişi için ikincil faaliyetlerde üç-dört ilgili iş yaratıldığını varsaymaktadır (Ref. 1.19). Bu rakamlar kılavuz olarak alındığında,

Karadeniz'in kıyı bölgelerinde balıkçılık sektörüne katılan çalışanların sayısının yaklaşık olarak 65.000'e ulaşabileceği ortaya çıkmaktadır.

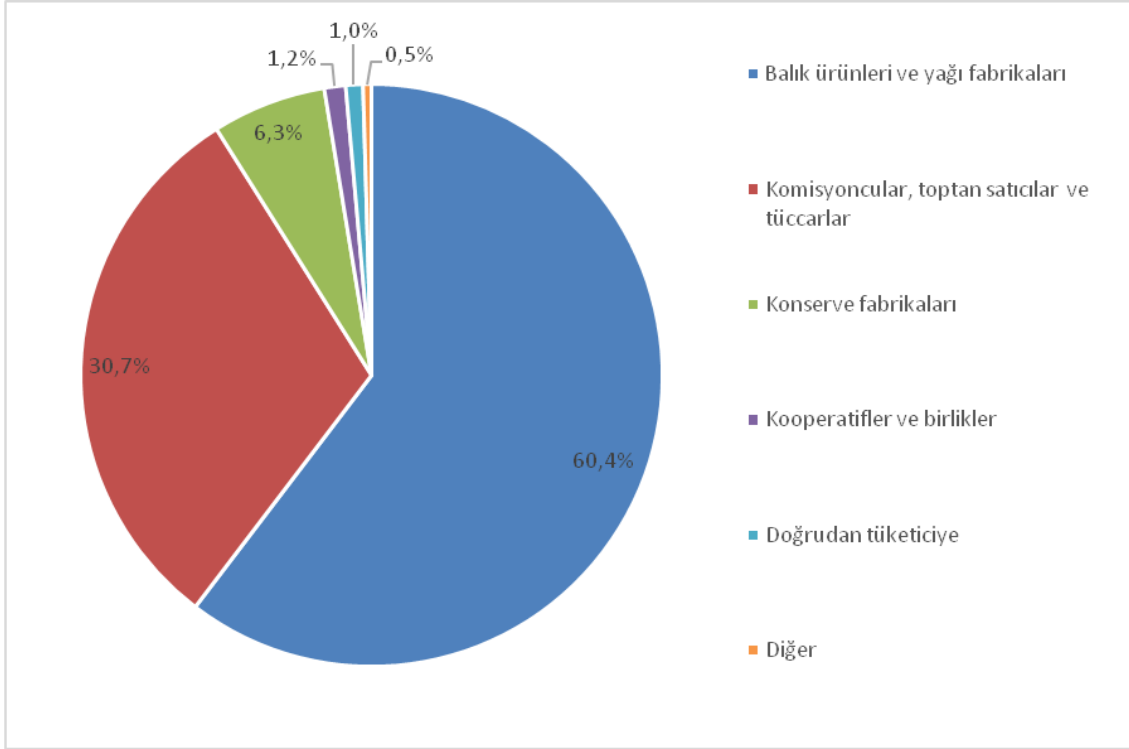
Şekil 1-7: 2011 yılında Karadeniz'de balıkçılık sektöründeki Türk çalışanların kategorileri ve dağılımı (Ref 1.1)



1.2.3 Su ürünlerinin pazarlanması

Türkiye balıkçılık filosu tarafından Karadeniz'de avlanan balıkların, %98,4'ü çeşitli pazarlama kanallarına aktarılmaktadır. Bunların %0,4'ü balıkçılar tarafından tüketilmektedir; diğer bir deyişle herhangi bir pazara girmemektedir ve %1,2'si herhangi bir şekilde işlenmemekte veya tüketilmemektedir (bunlara yan avlar, yem için kullanılan ve genel olarak israf edilen balıklar dahildir) (Ref 1.1). Deniz avları için çeşitli pazarlama kanalları bulunmaktadır. Bu pazarlar ve her bir pazara dağıtılan av yüzdesi Şekil 1-8'de sunulmaktadır.

Şekil 1-8: 2011'de avlanan balıkların farklı pazarlama sektörlerine göre dağılımı (Ref 1.1)



1.3 Balıkçılık Filosu

Türk Su Ürünleri Kanunu kapsamında, Türk sularında ticari balıkçılık faaliyetleri gösteren tüm gemilerin (teknelerin) ruhsatlı olması gerekmektedir. Tekne ruhsatı belirli bir balıkçılık teknesine yalnızca belirli balıkçılık faaliyetlerini yürütmesi için yetki vermektedir. Bu ruhsat filo kaydında belirtilir ve iki yıl için geçerlidir (Ref. 1.5). Ticari balıkçılık faaliyeti gösteren balıkçıların da resmi kayıt yaptırmaları ve beş yıl için geçerli olan bir balıkçılık lisansı alması gerekmektedir (Ref 1.5). 1991 yılında, 12 m'den uzun yeni teknelerin inşa edilmesine ve bu gemilere ruhsat verilmesine ilişkin sınırlamalar getirilmiş ve 1997'de yeni teknelere ruhsat verilmesine tamamen son verilmiştir. Türk filusunun genişlemesini engellemek için 2002'den bu yana yeni teknelerin filoya ancak mevcut bir teknenin filodan çıkarılması halinde dahil edilmesine, diğer bir deyişle mevcut bir teknenin yerine geçmesine izin verilmektedir. Bu değiştirme işlemlerinde tekne uzunluğunun en fazla %20 artmasına izin verilmektedir (Ref. 1.6).

2012 itibarıyla, Karadeniz'de faaliyet gösteren 5.133 tekne bulunmaktadır (Ref 1.4). Tablo 1.3'te görülebileceği gibi, küçük ölçekli balıkçılık tekneleri toplam tekne sayısının %86'sına karşılık gelmekte ve kalan %14 ticari teknelerden oluşmaktadır. Ticari tekne grubuna troller (%6), gırgırlar (%3), çok amaçlı tekneler (%3) ve taşıyıcı tekneler (%2) dahildir (Ref 1.4). Teknelerin büyük kısmı 10 m'den kısa (%80) ve 10 gros tondan (GT) (%83) hafiftir. Teknelerin yarıdan fazlasında (%60) 100 beygir gücünden (HP) zayıf motorlar kullanılmaktadır. Teknelerin yüzde seksen beşi görevlendirilmiş mürettebat olmadan faaliyet göstermektedir; %9'u bir ila dört arasında mürettebata ve %5'i beşten fazla mürettebata sahiptir. Bu rakamlar Türk balıkçılık

filosunun büyük oranda küçük ölçekli teknelerden oluştuğunu göstermektedir. Öte yandan, Türkiye tarafından Karadeniz'de avlanan balıklar arasındaki hakim tür olan hamsiyi avlayan troller ve gırgırlar avlanan balıkların büyük yüzdesini karşılamaktadır.

Tablo 1.3: 2012 yılı itibarıyla Karadeniz'deki mevcut balıkçılık filosunun özellikleri (Ref. 1.1)

Özellik	Kategoriler	Gemi (Tekne) sayısı	Gemilerin %'si
Faaliyet türü	Trol (>12m)	289	5.7
	Trol-gırgır	158	3.1
	Gırgır (>12m)	181	3.5
	Taşıyıcı tekne	112	2.2
	Diğer tekne	4,373	85.5
İnşaat Malzemesi	Ahşap	4,638	90.7
	Metal	442	8.6
	Fiberglas	33	0.6
Tonaj (gros ton)	1-4	3,645	71.3
	5-9	610	11.9
	10-29	334	6.5
	30-49	146	2.9
	50-99	177	3.5
	100-199	119	2.3
	200+	82	1.6
Motor gücü (HP/kW)	1-9.9	1,367	26.7
	10-19.9	689	13.5
	20-49.9	979	19.1
	50-99.9	1,000	19.6
	100-199.9	489	9.6
	200-499.9	346	6.8
	500+	243	4.8
	Motorsuz	0	0
Uzunluk (m)	1 - 4.9	0	0
	5 - 7.9	2,758	53.9
	8-9.9	1,333	26.1
	10-11.9	217	4.2
	12-14.9	222	4.3
	15-19.9	160	3.1
	20-29.9	276	5.4
	30-49.9	140	2.7
	50+	7	0.1
Karadeniz'de faaliyet gösteren gemilerin toplam sayısı		5,113	

2 Proje Kapsamında İncelenen Türler

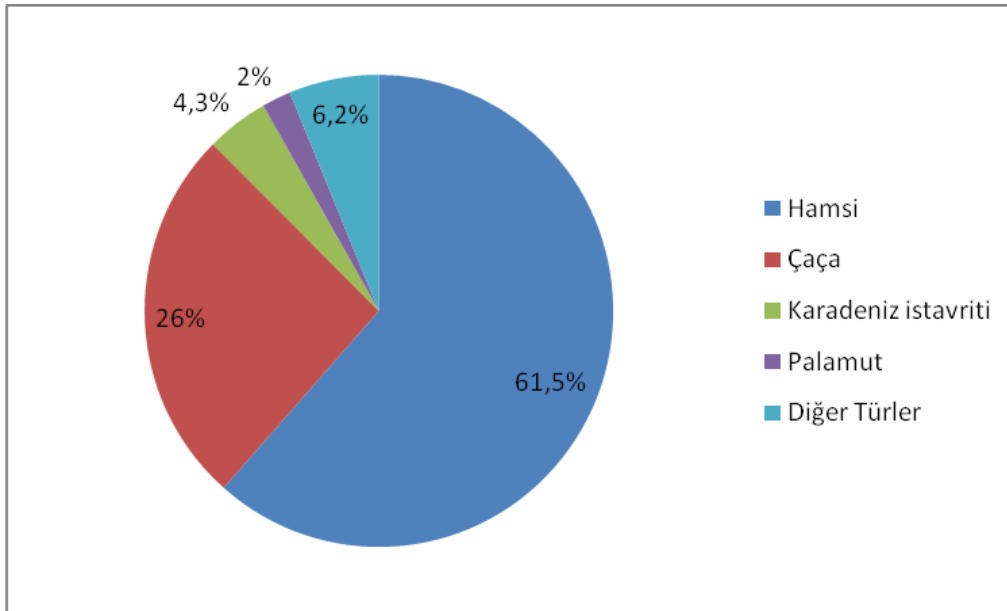
Projenin Türkiye Münhasır Ekonomik Bölgesi'ndeki (MEB) konumu ve en yakın olduğu noktada Türkiye kıyılarına 100 km'den uzak olması nedeniyle, demersal balıkçılık alanlarının etkilenmesi olasılığı son derece düşüktür. Türkiye kıyı çizgisi boyunca 100 ila 150 metre (Balıkçılık faaliyetlerinin gerçekleştirildiği ana bölgeler, balıkların beslenme, yumurtlama ve kışlama yataklarının konumlarına göre belirlenmektedir. Bu alanlar, Karadeniz'i çevreleyen kıta sahanlığının sığ sularında yoğunlaşmıştır (Şekil 1-3) ve aniden 2.000 metrenin üzerindeki abisal derinliklere inen deniz havzası nedeniyle büyük oranda kısıtlanmış durumdadır. Karadeniz'in yarı kapalı doğası, diğer denizler ile su alışverişinin olmamasına ve 150 m'nin altındaki derinliklerde balık yaşamından tamamen arınmış olan anoksik (oksijensiz) bir havzanın gelişmesine yol açmıştır. Bu nedenle, 150 m'lik derinlik eğrisi Karadeniz'deki Türkiye Münhasır Ekonomik Bölgesi'ndeki (MEB) balıkçılık faaliyetleri için temsili bir sınır olarak kullanılabilir.

Şekil 1-3) su derinliklerinde demersal balıkçılık faaliyetleri yapılmakta, ancak bu derinlikten sonra anoksik (oksijensiz) koşullar demersal türlerin yaşamasını engellemektedir. Bu nedenle, bu bölümde pelajik türler ve bunların balıkçılık alanlarına odaklanılacaktır.

Karadeniz'in Türkiye sularında avlanan ve hem yakalanan miktar hem de ekonomik değer açısından önem taşıyan dört küçük pelajik tür Tablo 1.1 ve Tablo 1.2'de görülebileceği üzere hamsi, çaça, istavrit ve palamuttur. Diğer tüm türler (demersal ve pelajik), toplam avın %6,2'sini temsil etmektedir. Şekil 2-1, 2011 yılında Karadeniz'de avlanan balıkların tür dağılımını göstermektedir.

Bu bölümde, hamsi, çaça, Karadeniz istavriti ve palamutun göç yollarının, yumurtlama ve beslenme yataklarının dağılımı açıklanmakta ve ardından bu türlerin avlandığı bölgeler, av mevsimleri ve avlanma yöntemleri açıklanarak bu türlerin balıkçılığı hakkında bilgiler sunulmaktadır.

Şekil 2-1: 2011 yılında Karadeniz'de avlanan balıkların tür dağılımı (Ref. 1.1)



2.1 Türkiye MEB'indeki Proje Alanı için önemli göç yolları, yumurtlama ve beslenme yatakları

Önemli ticari pelajik türler, Karadeniz'de göç davranışı sergiler. Hamsinin göç yolunun kuzey-güney doğrultusunda Karadenizin ortasından geçiyor olması Proje açısından önemli bir ayrıntıdır. Karadeniz'deki diğer pelajik türlerin göç yolları, yumurtlama ve beslenme yatakları Türkiye MEB'indeki Proje Alanının yakınlarında bulunmamaktadır.

2.1.1 Hamsi

Karadeniz'de iki hamsi stoğu bulunmaktadır: Azak hamsisi (*Engraulis encrasicolus Maeoticus*) ve hamsi (*Engraulis encrasicolus*) (Ref. 1.14). Azak hamsisi Mayıs ile Ağustos ayları arasında Azak Denizi'nde yumurtlar ve beslenir, daha sonra Eylül ve Ekim aylarında düşen deniz sıcaklıklarının

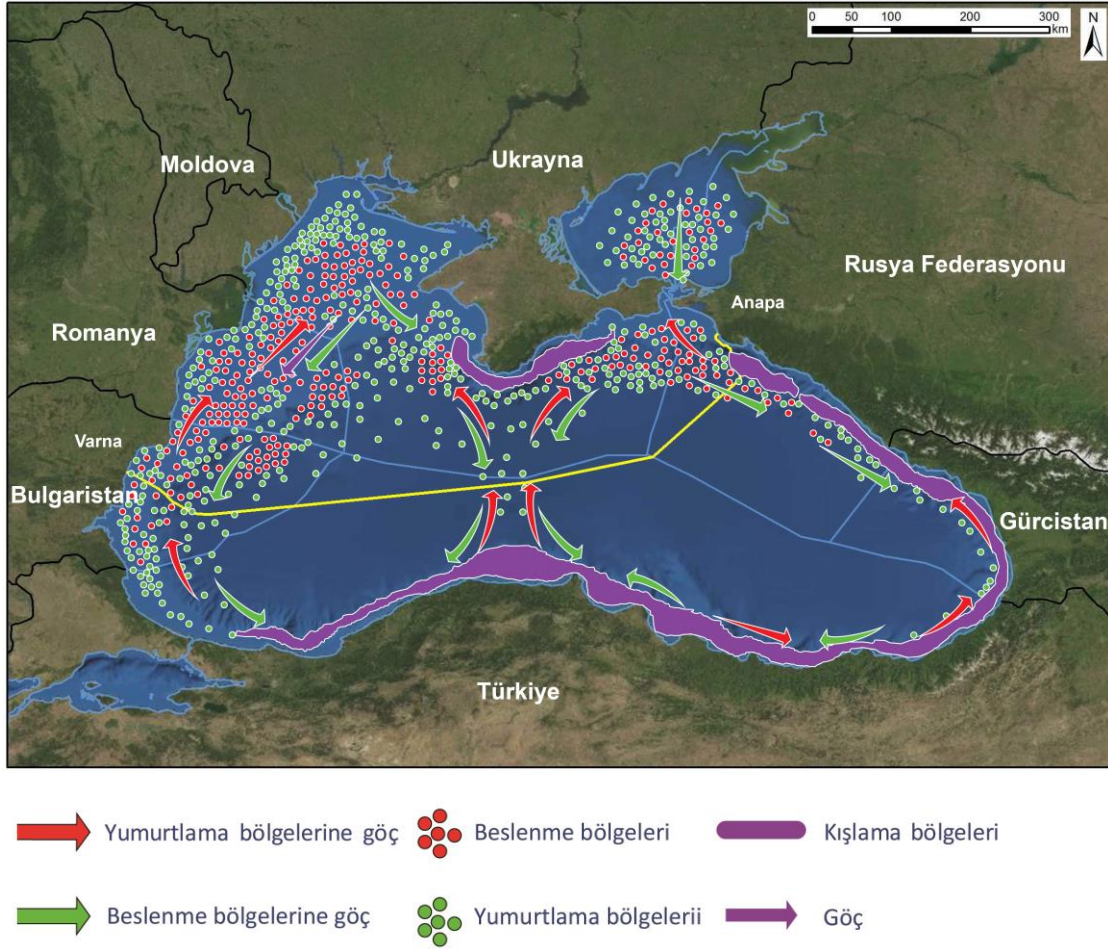
da etkisiyle, Kerç Boğazı'ndan Karadeniz'e, Kırım Yarımadası'nın ve Rusya Federasyonu'nun kıyı alanlarında bulunan ve Şekil 2-2'de gösterilen kışlama yataklarına göç eder (Ref. 1.14).

Hamsi tüm Karadeniz'e dağılmıştır ve ana yumurtlama ve beslenme yatakları Karadeniz'in kuzeybatı ve batı kıta sahanlığında Bulgaristan, Romanya ve Ukrayna'nın kıyı sularıdır (Ref. 1.8). Yumurtlama, Mayıs ile Ağustos ayları arasında gerçekleşir (Ref. 1.11). Güney Karadeniz'in kıyı sularında da yumurtladığı düşünülmektedir (Ref. 1.12). Ana beslenme ve büyüme mevsimleri de yaz aylarıdır. Hamsi, ticari balıkçılık faaliyetlerinin hedefi olduğu Türkiye ve Gürcistan'ın kıyı sularında kışlar. Ana yumurtlama, beslenme ve kışlama yatakları Şekil 2-2'de verilmektedir.

Hamsi Şekil 2-2'de görülebileceği üzere yılda iki defa mevsimsel göç gerçekleştirir. Sonbaharda düşen sıcaklıklarla birlikte, Ekim ile Kasım ayları arasında Karadeniz boyunca ve kıyı sularından Türkiye ve Gürcistan kıyılarına doğru güneye göç eder ve buralarda yoğun kışlama toplulukları oluşturur (Ref. 1.8 ve Ref. 1.14). Baharda, hamsi güney kıyısındaki kışlama yataklarından kuzeybatı kıyısındaki yumurtlama yataklarına göç eder. Bu göç yolları, Karadeniz'in kuzey kıyılarından güney kıyılarına ve daha sonra tekrar güney kıyılarından kuzey kıyılarına doğru uzanmaktadır ve bu yüzden de Proje Alanından da geçecektir. Ancak bu göçlerin tam zamanlamaları yıldan yıla değişmektedir ve güncel bilgi mevcut değildir. Orta Doğu Teknik Üniversitesi'ndeki Deniz Bilimleri Enstitüsü, Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı ile işbirliği içinde, Karadeniz'de hamsinin yumurtlama yataklarının dağılımı, kışlama davranışı ve göç davranışını belirlemek için devam eden bir balıkçılık araştırma projesi yürütmektedir. Ancak, bu çalışmanın sonuçları bu raporun yazıldığı sırada henüz açıklanmamıştır (Ref. 1.15).

Şekil 2-2, hem Azak hamsisinin hem de hamsinin yumurtlama, kışlama ve beslenme yataklarını göstermektedir. Azak hamsisi, Kırım Yarımadası'nın ve Rusya Federasyonu'nun yakınlarında kışlarken, hamsi Karadeniz'in güneyinde Türkiye ve Gürcistan kıyılarında kışlar. Azak hamsisinin göç yolu, Azak Denizi'nden Ukrayna ve Rusya kıyılarındaki kışlama yataklarına doğru ve ters yöndedir; hamsi ise Türkiye ve Gürcistan'daki güney kışlama yataklarından Bulgaristan, Romanya ve Ukrayna'nın kıyı sularına göç eder. Hamsinin göç yolu Karadeniz'in ortasından veya batı kıyısından geçer.

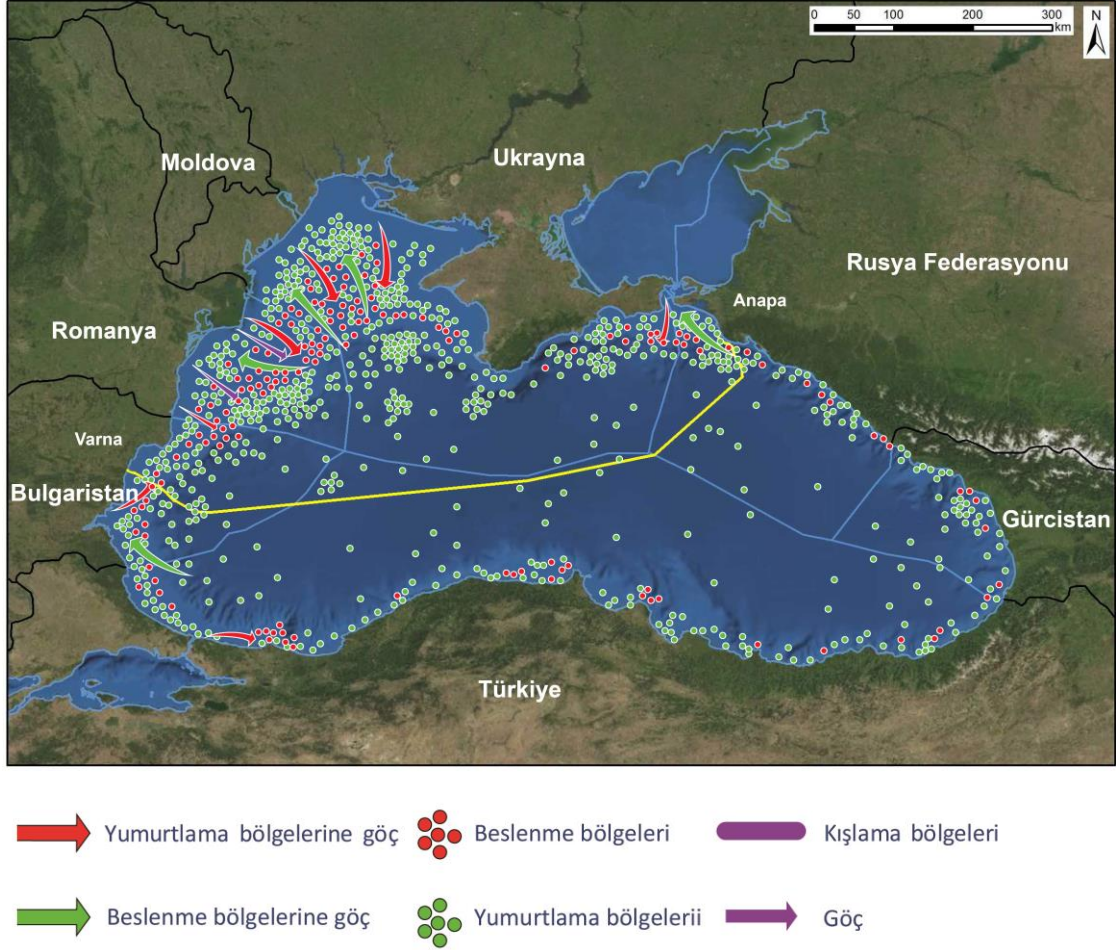
Şekil 2-2: Hamsinin Karadeniz'deki göç yolları, yumurtlama yatakları ve beslenme yatakları (Ref.1.8)



2.1.2 Çaçı

Çaçı (*Sprattus sprattus*) tüm Karadeniz'e dağılmıştır ve tek bir tür olarak kabul edilir. Çaçı, kıyıya yakın beslenme yataklarından, açık denizde 10 ila 20 metre derinlikteki yumurtlama yataklarına (Ref. 1.8) Şekil 2-3'de görülebileceği üzere mevsimsel göçler gerçekleştirir. Göçler kıyı sularında gerçekleşmez ve çaçının belirli kışlama yatakları yoktur. Beslenme yatakları, yumurtlama yatakları ve göç yolları, Türkiye MEB'indeki Proje Alanının yakınlarında değildir. Proje Alanının Bulgaristan ve Rusya Federasyonu kıyısına yakın bölümleri, çaçının yumurtlama ve beslenme yatakları ile örtüşmektedir.

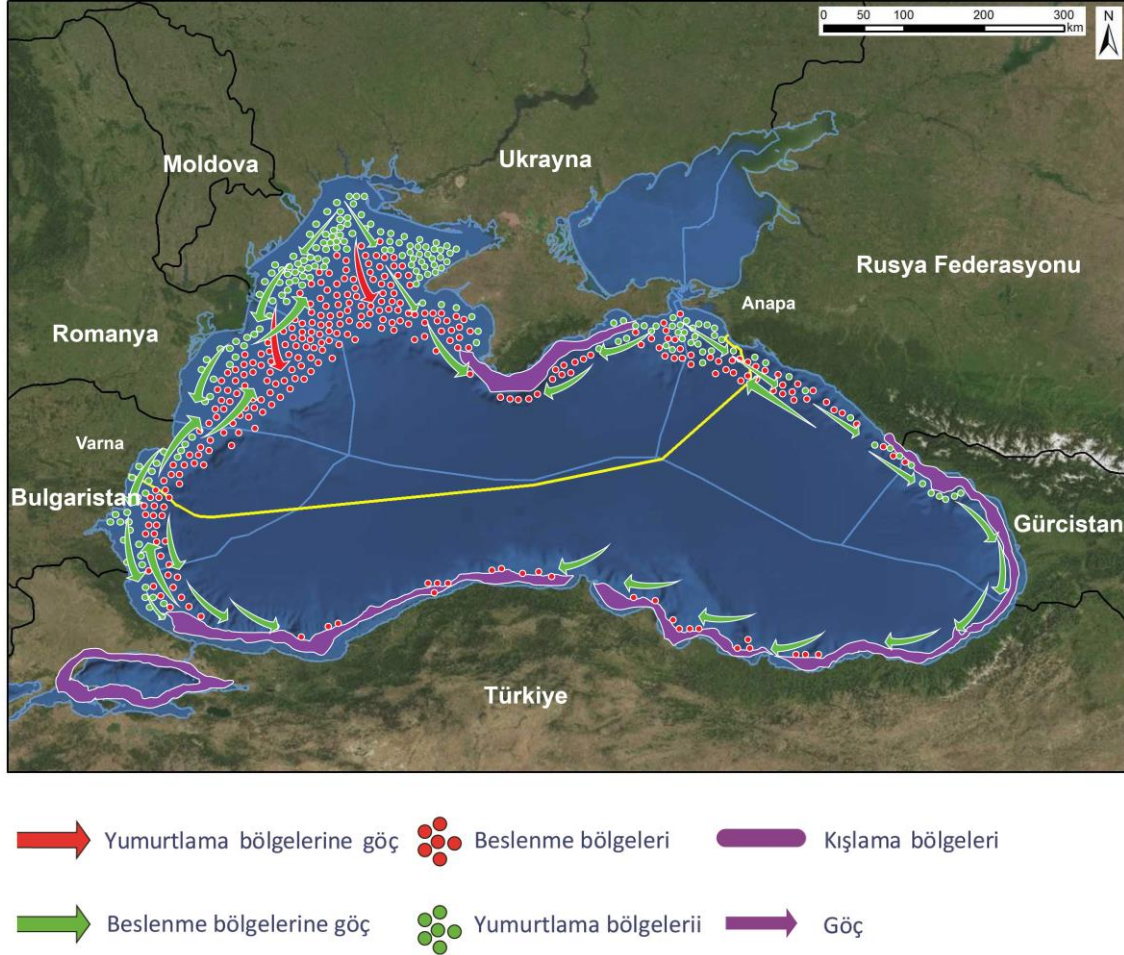
Şekil 2-3: Çaçanın Karadeniz'deki dağılımı, göç yolları, yumurtlama ve beslenme yatakları (Ref. 1.8)



2.1.3 Karadeniz İstavriti

Karadeniz istavriti Karadeniz'in tamamına yayılmıştır ve Şekil 2-4'te görülebileceği üzere büyük mevsimsel göçler gerçekleştirir. Ana yumurtlama ve beslenme yatakları, Karadeniz'in kuzey batı ve batı kıta sahanlığı bölgeleridir, ancak Şekil 2-4'te görülebileceği gibi Karadeniz'in kuzey doğusunda Rusya Federasyonu kıyılarında ve Türkiye kıyılarında da yumurtlar. Sonbaharda (Eylül-Kasım) kıyı suları boyunca Türkiye, Gürcistan, Rusya ve Kırım Yarımadası'nın kıyı sularında yer alan kışlama yataklarına göç eder. Baharda (Nisan ortası) beslenme ve yumurtlama yataklarına geri göç eder (Ref. 1.3) Beslenme yatakları, yumurtlama yatakları ve göç yolları, Türkiye MEB'indeki Proje Alanının yakınında değildir; ancak Proje Alanının Bulgaristan ve Rusya Federasyonu kıyısına yakın bölümleri, yumurtlama ve beslenme yataklarıyla ve göç yollarıyla örtüşmektedir.

Şekil 2-4: Karadeniz İstavritinin Karadeniz'deki dağılımı, göç yolları, yumurtlama ve beslenme yatakları (Ref. 1.8)



2.1.4 Palamut

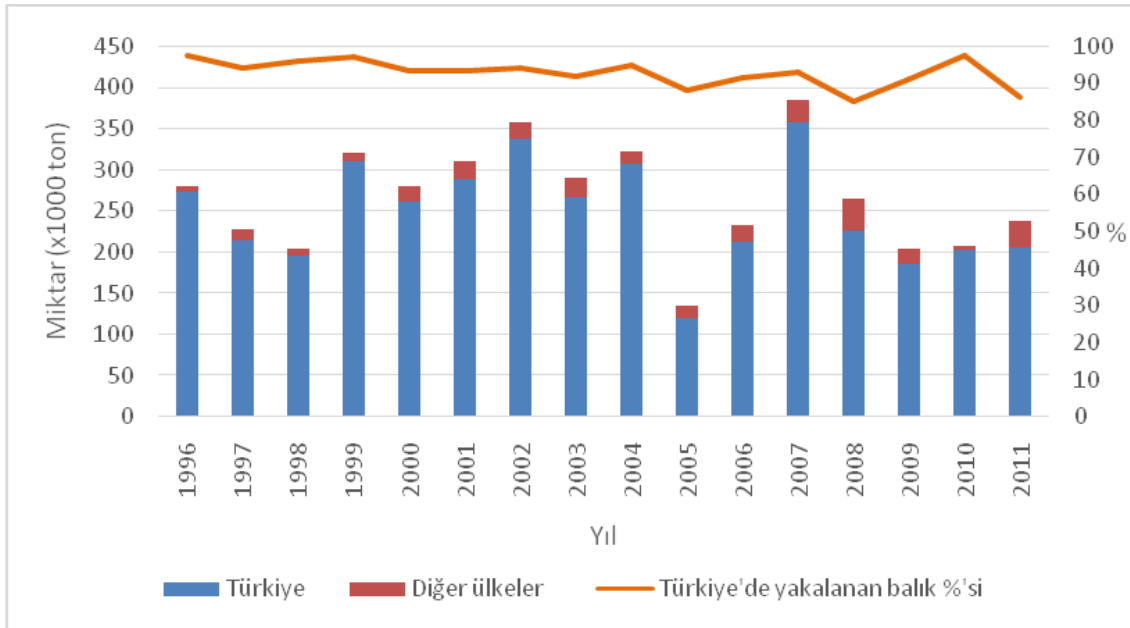
Karadeniz, Nisan ile Ağustos ayları arasında yumurtlama ve beslenme için Ege ve Marmara Denizi'nden Karadeniz'e göç eden palamut balığı için geniş yumurtlama yataklarına sahiptir (Ref. 1.3). Palamut, Mayıs sonundan Temmuz ortasına kadar Karadeniz'in kuzeybatı ve batı kısımlarında yumurtlar (Ref. 1.10). Sonbaharda, yetişkin palamut Marmara Denizi'ne geri göç eder. Bu stoğun bir kısmı da Karadeniz'in güney kıyısı boyunca sürüler halinde göç eder ve Mart ayının başında kuzeye yumurtlama yataklarına göç etmeye başlayana kadar bu kışlama yataklarında kalır (Ref. 1.16). Yumurtlama yatakları, beslenme yatakları ve göç yolları kıyı sularındadır ve Türkiye MEB'indeki Proje Alanının yakınlarında değildir. Ancak, Proje Alanının Bulgaristan kıyısına yakın bölümleri, yumurtlama yataklarıyla ve göç yollarıyla örtüşmektedir.

2.2 İncelenen türlerin balıkçılık alanları

2.2.1 Hamsi, *Engraulis encrasicolus*

Hamsi göçmen bir pelajik türdür ve Karadeniz'de en bol bulunan balık türüdür (Ref. 1.7). Türkiye, tüm Karadeniz'de yakalanan hamsinin Şekil 2-5'de görülebileceği üzere oran olarak ortalama %92,8'i oluşturmaktadır. (Ref 1.4 ve Ref. 1.8). 2011 yılı verilerine göre, hamsi, Türk filoları tarafından Karadeniz'de avlanan tüm deniz balıklarının %61,5'ini oluşturmaktadır (Ref 1.1).

Şekil 2-5: Türkiye ve diğer Karadeniz ülkelerinde avlanan hamsi miktarı, 1996 – 2011 (Ref 1.4 ve Ref. 1.8)

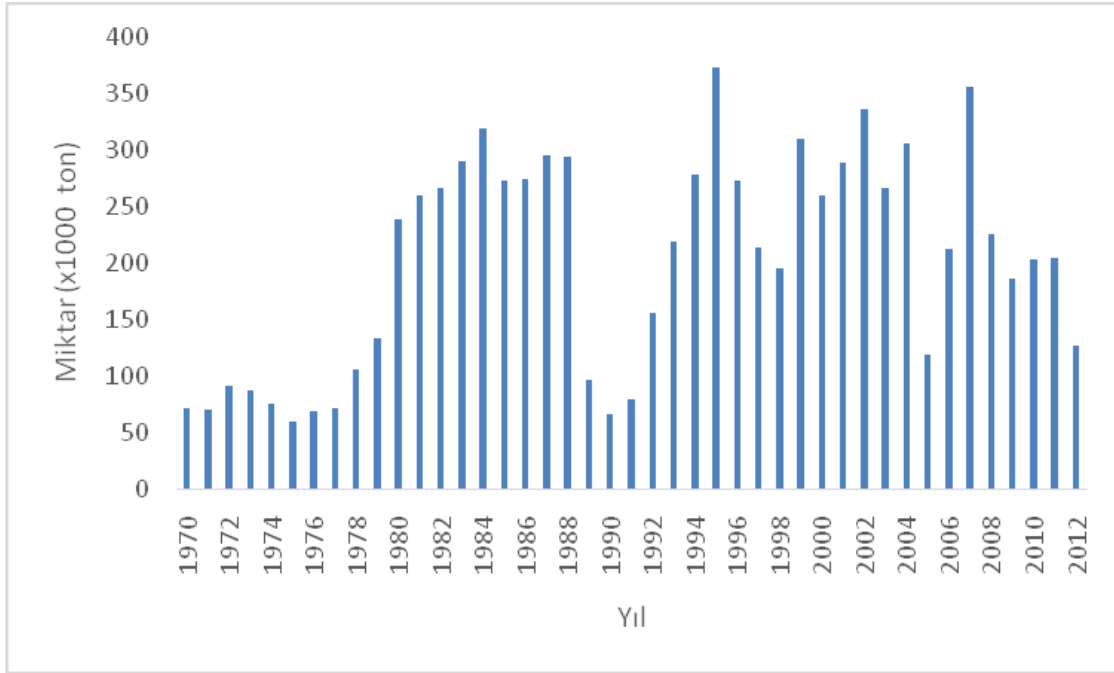


1970 ile 2012 yılları arasında Türkiye tarafından Karadeniz'de gerçekleştirilen hamsi avına ilişkin veriler Şekil 2-6'da sunulmaktadır¹. Hamsi avcılığı 1980'lerde en üst düzeye ulaşmış, ancak 1980'lerin sonunda Bölüm 1.1'de açıklanan etkenler nedeniyle stoklar daralmıştır. Karadeniz stoğu, 1995 ile 2005 arasındaki dönem içerisinde kısmen yenilenmiştir (Ref. 1.9). 2005 yılında, hamsi avı 119.000 ton civarına düşmüştü; bu durum, hem hamsi, hem de palamut avını hedefleyen gırgır teknelerinin daha yüksek kilogram fiyatı nedeniyle palamut avlamayı tercih etmesine bağlanmıştır. 2005 yılında, palamut avı 70.000 tonun üzerinde zirveye ulaşmış ve bu da çabaların hamsi balıkçılığı yerine palamut balıkçılığına yoğunlaştırıldığına ve bunun hamsi avının azalmasına yol açtığına işaret etmiştir (Ref. 1.8). Ancak, 2007 yılından sonra yakalanan balık miktarı yeniden düşüş göstermiştir. Bu durum iklim değişikliklerinin, yırtıcı bolluğundaki artışın veya aşırı avlanmanın sonucu olarak gerçekleşmiş olabilir (Ref. 1.8). Azalan miktarların gerçek nedeni bilimsel çevreler tarafından henüz açıklanmamıştır. Ancak, hamsinin aşırı miktarlarda avlandığı düşünülmektedir ve Avrupa Komisyonu bünyesindeki Balıkçılık Bilimsel, Teknik ve Ekonomik Komitesi'nin (STECF) Karadeniz Stoklarının Değerlendirmesi çalışmalarını

¹ 2012 yılı verileri, TÜİK tarafından belirtildiği üzere geçicidir.

yürütmesi amacıyla kurduğu Uzman Çalışma Grubu'nun hamsi avının 2013 yılında %41 oranında azaltılması ile ilgili tavsiyeleri bulunmaktadır (Ref. 1.8).

Şekil 2-6: 1970 – 2012 yılları arasında Karadeniz'de Türkiye tarafından avlanan hamsi miktarları (Ref. 1.2 ve Ref. 1.4).



Hamsi avı, hamsinin kışlama yataklarında büyük topluluklar oluşturduğu Türkiye'nin kıyı sularında gerçekleşir (Şekil 2-2). Proje Alanının Türkiye kıyısına olan uzaklığı, bu alana ulaşmak için gereken çaba, hamsinin bu açık denizlerde bulunuşunun geçici olması (yalnızca göç sırasında) nedeniyle Proje Alanında hamsi avlanması muhtemel değildir. Bu durum, Gemi Takip Sistemleri verileri ve gemi seyir defteri verileri incelenerek doğrulanabilir. Bu tür veriler Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı'ndan talep edilmiş ancak ulaşılamamıştır.

Hamsi av sezonu Ekim'de başlar, ancak tam başlangıç tarihi yıldan yıla değişir ve Nisan'a kadar devam eder (Ref. 1.8). Hamsi büyük çoğunlukla Türkiye'nin kıyı sularındaki kışlama toplanmalarını hedefleyen ticari gırgır tekneleri ile avlanır, ancak son yıllarda açık deniz trol avcılığı ile de avlanmaya başlamıştır (Ref. 1.8).

2.2.2 Çaça, *Sprattus sprattus*

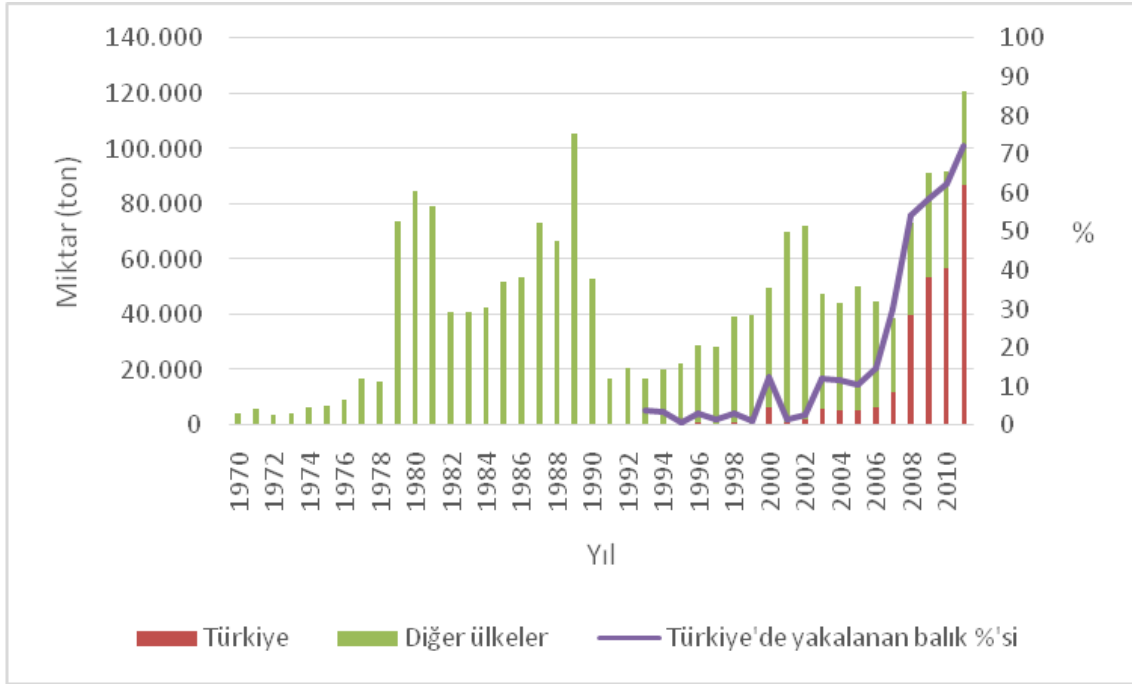
Çaça sürüler halinde hareket eden pelajik bir balık türü olup Karadeniz'de hamsiden sonra en çok rastlanan türdür (Ref. 1.9). 2012 yılında çaça Türk gemileri tarafından Karadeniz'de en fazla avlanan ikinci pelajik tür olmuştur Tablo 1.1) (Ref. 1.8).

Karadeniz'de çaça balıkçılığı ile ilgili tarihsel veriler

Şekil 2-7'de sunulmuştur ve son yıllarda Türkiye'nin bu türün avlanmasındaki artan hakimiyeti görülmektedir. Son on yıllarda stokta dalgalanmalar olmuş ve Bölüm 1.1'de açıklanan etkenler

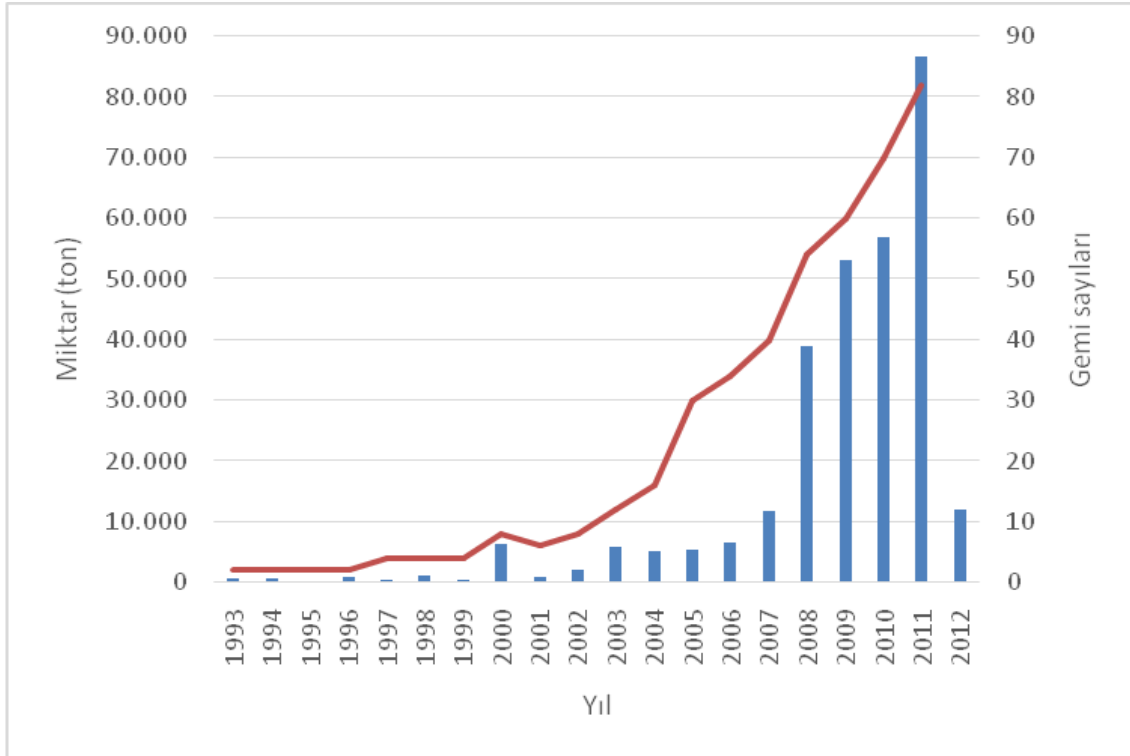
nedeniyle 1990 yılında büyük bir düşüş yaşanmıştır. Daha sonra, av miktarlarında tekrar artış gözlenmiştir (Ref. 1.8). Son yıllarda Türkiye’de çaça balıkçılığının yoğunlaşması ile av miktarı artarak 2007’den bu yana iki katına çıkmıştır; 2011 yılında 120.710 ton ile en yüksek düzeyine ulaşmıştır (Ref. 1.8). AB Balıkçılık Bilimsel, Teknik ve Ekonomik Komitesi’nin (STECF) Uzman Çalışma Grubu, çaça balığının artık sürdürülebilir düzeyin üzerinde avlandığını belirtmektedir (Ref. 1.8).

Şekil 2-7: 1970 ila 2011 yılları arasında Türkiye’de ve diğer Karadeniz ülkelerinde avlanan çaça balığının dağılımı (Ref 1.8)



Şekil 2-8, 1993-2012 yılları arasında Türkiye tarafından Karadeniz’de avlanan çaça miktarlarını ve çaça balıkçılığı yapan Türk gemilerinin sayısını göstermektedir. Tekne sayısı 2008 yılında 8 iken, 2011 yılında 82’ye çıkmıştır (Ref. 1.8); bu gelişme, balık avcılığı girişimlerinde büyük bir artışa işaret etmektedir ve diğer balıkçılık alanlarında faaliyet gösteren gemilerin veya kullanılmayan ancak kayıtlı olan gemilerin çaça balıkçılığına girmesinden kaynaklanmış olabilir. Türk çaça balıkçılığının yakın zamanda bu şekilde güçlenmesi, Su Ürünleri Genel Müdürlüğü tarafından tanıtımının yapılması nedeniyle gerçekleşmiştir (Ref. 1.8).

Şekil 2-8: 1993 – 2012 yılları arasında Karadeniz'de Türkiye tarafından avlanan çaça miktarları (Ref. 1.4 ve Ref. 1.8)

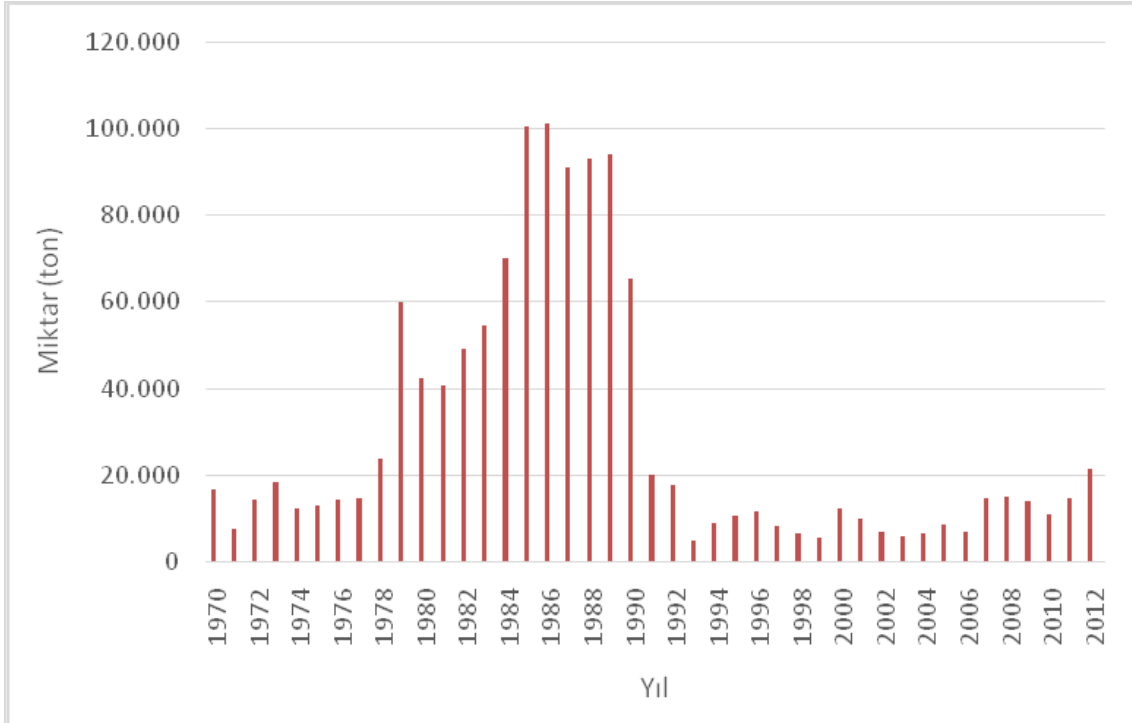


Çaça balığı, Türkiye sularında kıta sahanlığı üzerinde 15 ila 110 metre derinlikte avlanmaktadır. Avlanma faaliyetleri, toplanmaların daha yoğun olduğu gündüz saatlerinde gerçekleştirilir (Ref. 1.8). Av sezonu Eylül ayında başlayarak Mayıs ayına dek devam eder ve kıyı kuşağında bulunan yumurtlama dönemindeki yetişkinlerin ve juvenillerin korunması için bazı tarihlerde derinlik kısıtlamalarına tabidir (Ref. 1.8). Çaça balıkçılığında kullanılan Türk balıkçı tekneleri, ilkbaharda 20 ila 40 m ve sonbaharda 40 ila 80 m derinliklerde çalışan açık deniz çift trol tekneleridir (Ref 1.8). Açık deniz trol tekneleri tarafından çaça balıkçılığına yalnızca Samsun sahanlığında izin verilmektedir ve bu nedenle Proje yakınlarında balıkçılık faaliyeti yapılmamaktadır.

2.2.3 Karadeniz İstavriti, *Trachurus mediterraneus ponticus*

Karadeniz İstavriti (*Trachurus mediterraneus ponticus*), Akdeniz sarıkuşuk istavritinin (*Trachurus mediterraneus*) alt türüdür. Göçmen pelajik bir türdür ve kısa süre öncesine kadar Türkiye'nin Karadeniz kıyısı boyunca ikinci en önemli pelajik av olmuştur (Ref 1.8). Türkiye, Karadeniz'de avlanan istavrit miktarlarının yaklaşık %97'sinden sorumludur (Ref 1.3). Şekil 2-9, Türkiye'de 1970-2012 yılları arasında avlanan istavrit miktarlarını göstermektedir. İstavrit stokları, Bölüm 1.1'de açıklanan etkenler nedeniyle 1990'lı yılların başında çöküş yaşamıştır ve stoklar hala düşük durumdadır (Ref 1.9).

Şekil 2-9: 1970 ile 2012 yılları arasında Türkiye tarafından Karadeniz'de avlanan istavrit miktarı (Ref 1.2 ve Ref. 1.4)

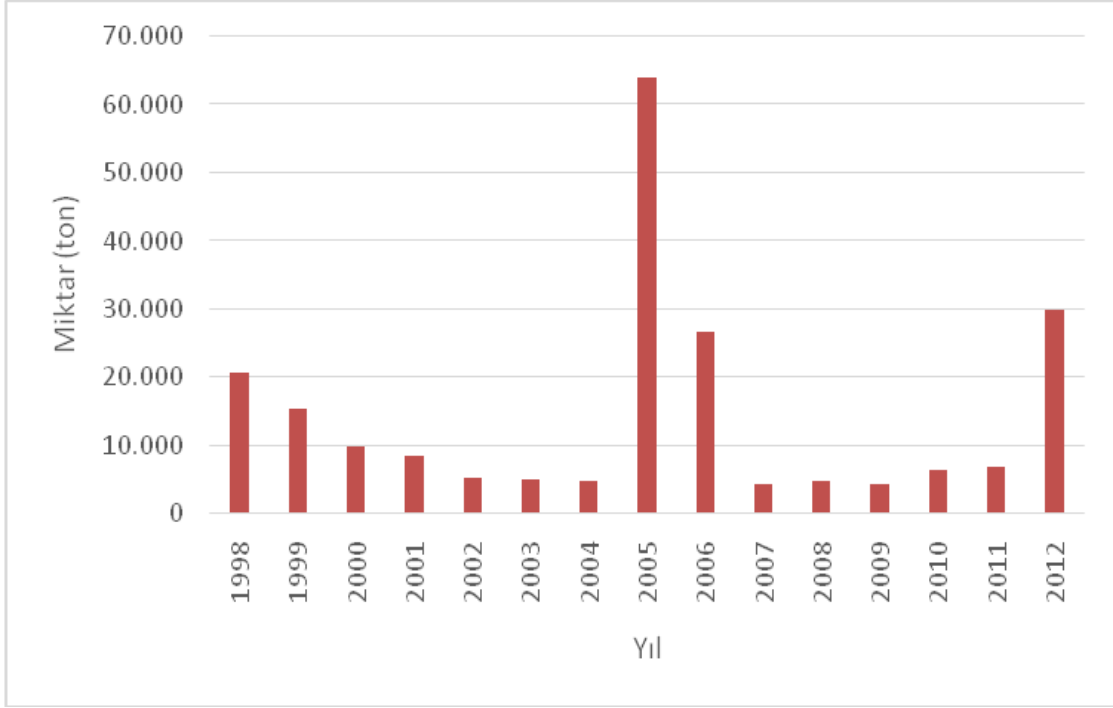


İstavrit kışlama yataklarında yoğun olarak toplandığı Türkiye kıyı sularında avlanır (Şekil 2-4); Proje yakınlarında balıkçılık faaliyeti yapılmamaktadır (Şekil 2-4). Bu tür, öncelikli olarak kış aylarında ve genellikle gırgır tekneleriyle avlanır, ancak dip trolü, açık deniz trolü, galsama ağları ve uzunyol tekneleri de kullanılır (Ref 1.8).

2.2.4 Palamut, *Sarda sarda*

Palamut (*Sarda sarda*) Karadeniz'deki pelajik balık türleri arasında en yüksek ikinci ekonomik değere (8,05 TL/kg, Tablo 1.2) sahip olan türdür (Ref. 1.1). Karadeniz'deki palamut avının çoğu Türk balıkçıları tarafından gerçekleştirilmektedir (Ref 1.3). Palamut avı seviyesindeki dalgalanmaların nedeni ile ilgili bilimsel bir açıklama henüz yapılmamıştır, ancak çevresel etkenlerle ve aşırı düzeyde avlanmayla bağlantılı olabilir (Ref. 1.3). Şekil 2-10, 1998'den 2012'ye kadar Türkiye tarafından Karadeniz'de avlanan palamut miktarlarını göstermektedir (1998 öncesine ait veriler mevcut değildir).

Şekil 2-10: 1998 ile 2012 yılları arasında Türkiye tarafından Karadeniz'de avlanan palamut miktarı (Ref 1.2 ve Ref. 1.4)



Palamut avcılığı, kıslama yataklarında yoğun topluluklar oluşturduğu Türkiye'nin kıyı sularında yapılır; palamutun en çok kıyı sularında görülmesi nedeniyle Proje Alanında palamut avlanıyor olması muhtemel değildir. Küçük ve büyük ölçekli Türk tekneleri, sırasıyla gırgır ve galsama ağı kullanarak palamut avlamaktadır. Palamut avı, Ağustos'tan Şubat'a kadar sürer ve Eylül ve Ekim'de en yüksek seviyesine ulaşır (Ref 1.10).

3 Değerlendirme

Bu rapor bir mevcut durum incelemesidir; ancak, yukarıda incelenen bilgilerden, Projenin etkilerinin değerlendirilmesiyle doğrudan ilgili birtakım çıkarımlarda bulunulabilir. Bu çıkarımlar, Projenin hem inşaat hem de işletme aşamalarında dikkate alınabilir.

3.1 İnşaat Aşaması

Projenin inşaat aşaması Türkiye MEB'indeki balıkçılık faaliyetlerine iki şekilde etki edebilir: 1) Proje alanındaki balıkçılık faaliyetleri üzerindeki etkiler ve 2) Proje Alanından geçen hamsi göç yolu üzerindeki etkiler.

3.1.1 Balıkçılık faaliyetleri üzerindeki etkiler

Pelajik balık türleri için ana balıkçılık faaliyetleri alanları, kıyı ile 150 metre derinlik eğrisi arasında yer alır. Çaç balıkçılığı, yalnızca Samsun sahanlığında 80 metreye kadar olan derinliklerde gerçekleşir. Hamsi, Karadeniz istavriti ve palamut, Türkiye'nin daha sığ sularında yer alan kışlama yataklarında avlanır. Proje Alanı Türkiye kıyı çizgisine 110 km'den daha uzaktır ve 2.000–2.200 m derinliktedir (Şekil 3-1). Proje Alanında balıkçılık faaliyetleri yapılması beklenmemektedir ve bu nedenle Proje, Türkiye MEB'indeki balıkçılık faaliyetleri üzerinde etki oluşturmayacaktır.

Şekil 3-1: Güney Akım açık deniz boru hattı



3.1.2 Hamsinin göç yolu üzerindeki etkiler

Hamsi, Bölüm **Hata! Başvuru kaynağı bulunamadı.**'de açıklandığı gibi Ekim ve Kasım ayları arasında Karadeniz'in kuzeybatı kıta sahanlığında yer alan yumurtlama ve beslenme yataklarından Türkiye'nin kıyı sularındaki beslenme alanlarına göç eder. Nisan ve Haziran ayları arasında ise ters yönde göç gerçekleşir. İnşaat takvimi, Tablo 3.1'de görüldüğü gibi dört boru hattının döşeme faaliyetlerinin de hamsinin göç yoluyla çakışması potansiyeli taşıdığını göstermektedir.

Tablo 3.1: İnşaat Takvimi ve Balık Göçü

İnşaat	Kış 2014	İlkbahar 2015	Yaz 2015	Sonbahar 2015	Kış 2015	İlkbahar 2016	Yaz 2016	Sonbahar 2016	Kış 2016	İlkbahar 2017	Yaz 2017
1. Boru Hattı											
2. Boru Hattı											
3. Boru Hattı											
4. Boru Hattı											

Proje için hazırlanan gürültü raporu (Ref. 1.17), boru döşeme faaliyetlerini gerçekleştirecek olan gemilerin oluşturacağı inşaat filosunun, faaliyetler sırasında önemli bir gürültü kaynağı oluşturacağını göstermiştir. Hamsi, sesi algılamaya duyarlı bir balık olarak sınıflandırılmıştır² ve sualtındaki gürültülere karşı hassastır. En ihtiyatlı tahminlere göre, boru döşeme gemisi filosundan kaynaklanan gürültü hamsi gibi sesi algılamaya duyarlı bir türde 2,1 km yarıçapında bir alanda hafif bir kaçınma tepkisine ve yaklaşık 500 m yarıçapında bir alanda güçlü bir kaçınma tepkisine neden olacaktır (Tablo 3.2). Kaçınma tepkileri tipik olarak ürkme davranışı içerir, ancak yolundan sapmaya veya göç davranışının terk edilmesine yol açmaz.

Tablo 3.2: Sualtı Gürültü Değerlendirmesinin Özeti (Ref. 1.17)

Balık Ses Algılama Tipi	Hafif Kaçınma	Güçlü Kaçınma	Hafif Kaçınma	Güçlü Kaçınma
	Tek Gemi		Birden Fazla Gemi	
Genel ses algısına sahip	2 m	-	330 m	55 m
Sesi algılamaya duyarlı	29 m	5 m	2,1 km	436 m

Türkiye MEB'indeki Proje Alanı 470 km uzunluğundadır ve boru döşeme gemisi günde 2,5 km ila 2,75 km hızında ilerleyerek geçişini yaklaşık 6 ayda tamamlayacaktır. Gemi filosu, hareketli bir gürültü kaynağı oluşturacak ve bundan kaynaklanan etki kuşağı gemi filosunun etrafında

² Balıklar, sualtındaki seslere karşı hassasiyetlerine göre sesi algılamaya duyarlı veya genel ses algısına sahip olarak sınıflandırılabilir. Sınıflandırma, balıkların içi fizyolojisi tarafından belirlenir ve hava keseciği olup olmamasıyla ve bu keseciğin iç kulakla bağlantısıyla ilişkilidir (Ref. 1.17)

yaklaşık 4,2 km çapında olacaktır. Bu etki alanı geçicidir ve yaklaşık 125 km olan hamsi göç koridorunun çok küçük bir kısmına karşılık gelmektedir (Ref. 1.14; Ref. 1.25 ve Ref. 1.26). Bu nedenle, göç yolunun genişliği göz önüne alındığında, etki alanı önemsiz büyüklüktedir ve balıkların boru döşeme faaliyetlerinden etkilenmeden koridorun her iki tarafında göç yoluna devam edebileceği bol miktarda alan olacaktır.

Etkiyi azaltan bir diğer özellik de, balığın tekrar eden seslere kolayca uyum sağlamasıdır (Ref. 1.27). Böylece, geminin yavaş geçişi, azami maruz kalma anına kadar bir adaptasyon evresi sağlayacaktır. Karadeniz'de, Rusya'nın en büyük Novorossiysk limanına giden süper tankerler ve nakliye gemileri tarafından yoğun kullanılan önemli gemi trafik yolları bulunmaktadır. 10.000 DWT'lik en az 800 tankerin her yıl Proje Alanından geçtiği bilinmektedir (Ref.1.30). Batıda İstanbul Boğazı, Romanya ve Bulgaristan'dan doğuda Rusya ve Gürcistan limanlarına bir dizi ana seyir hattı bulunmaktadır. Balıkların deniz trafiğine uyum sağladığı önceden bilindiği için, hamsi stoğunun bu gibi seslere zaten adapte olmuş olması yüksek bir olasılıktır (Ref. 1.29).

Boru döşeme gemisi filosu ayrıca, balığı kendine çeken bir ışık kaynağı da oluşturacaktır. Ancak, kendine çekme etkisinin yarıçapı gürültüye nazaran çok daha sınırlı olacaktır; ayrıca kendine çekme etkileri yalnızca gece olacak ve gündüz saatlerinde balıklar hareket için serbest kalacaktır. Bu nedenle olası etkiler çok sınırlı olacaktır.

Özet olarak, yukarıdaki değerlendirmeden Türkiye MEB'indeki boru döşeme faaliyetlerinin, hamsinin mevsimsel göçlerini ve bunun sonucunda bununla ilişkili balıkçılık faaliyetlerini genel olarak kesintiye uğratabilecek, önemli bir toplam etkiye sahip olmayacağı sonucu çıkarılabilir. Bunun doğruluğunu destekleyen bir diğer gerekçe de, benzer bir boru döşeme yönteminin kullanıldığı Kuzey Akım Boru Hattı Projesi izleme programının sonuçlarından alınabilir. Balıkların ve balıkçılık alanlarının izlenmesi sonucunda, inşaat sonrasında boru hattı inşaat güzergâhında çeşitli balık türlerinin popülasyonu üzerinde önemli bir etki ortaya çıkmadığı ve aynı şekilde, çaça gibi küçük açık deniz türlerini içeren Baltık Denizi'ndeki bölgesel balıkçılık faaliyetlerinde bir değişiklik olmadığı görülmüştür (Ref. 1.29).

3.2 İşletme aşaması

Boru hattı işletim sırasında 2.000 m'nin altında derinliklerdeki abisal düzlükte, anoksik (oksijensiz) kuşakta uzanacağından dolayı, dağılımı daha önceki kısımda incelenmiş Türkiye balıkçılık alanlarıyla etkileşime girme olasılığı kesinlikle söz konusu değildir.

3.3 Sınıraşan Etkiler

Beş türün (hamsi, istavrit, palamut, mahmuzlu camgöz (*Squalus acanthias*) ve tekir), Karadeniz'in kuzeybatı ve batı kıta sahanlığındaki yumurtlama ve beslenme yataklarından Türkiye kıyı sularına göç ettiği tespit edilmiştir. Bu türlerin profilleri Ek 2'de sunulmuştur. Önerilen boru hattının Bulgaristan'daki inşaat ve işletme aşamalarının bu türlerin yumurtlama ve beslenme yatakları ve göç yolları üzerindeki etkileriyle ilgili olarak bir değerlendirme çalışması yürütülmüştür. İnşaat faaliyetlerinin ve daha sonraki boru hattı işletiminin, yumurtlama ve beslenme yatakları ile göç yollarını etkilemesinin muhtemel olmadığı sonucuna varılmıştır ve dolayısıyla belirtilen türleri Türkiye sularında etkilemesi de olası değildir. Önerilen boru hattının Rusya Federasyonu sularındaki inşaat ve işletim aşamalarıyla ilgili olarak, Rusya sularından Türkiye sularına göç eden bir tür bulunmadığı görülmüştür.

Ek 1: Kaynaklar

Sayı	Kaynak
Ref. 1.1	Türkiye İstatistik Kurumu – TÜİK, (2011) Balıkçılık İstatistikleri 2011, Yayın No. 3876, ISSN 1013-6177
Ref. 1.2	Akdeniz Genel Balıkçılık Komisyonu (General Fisheries Commission for the Mediterranean), 2013, Üretim İstatistikleri (Production Statistics), http://www.gfcm.org/gfcm/topic/17105/en
Ref. 1.3	Akdeniz Genel Balıkçılık Komisyonu (General Fisheries Commission for the Mediterranean), (2012), GFCM Karadeniz Çalışma Grubu'nun İlk Toplantısı, Constanta, Romanya, 16-18 Ocak 2012, Karadeniz'in Su Ürünleri Hakkında Arka Plan Belgesi (Background Document on the Black Sea Fisheries.)
Ref. 1.4	Türkiye İstatistik Kurumu – TÜİK, 2013, Su Ürünleri İstatistikleri, http://tuikapp.tuik.gov.tr/balikcilikdagitimapp/balikcilik.zul
Ref. 1.5	Mehmet Fatih Can ve Aydın Demirci, 2012, Türkiye'de Balıkçılık Yönetimi (Fisheries Management in Turkey), International Journal of Aquaculture 2012, Sayı. 2, No. 8, 48-58, http://ija.sophiapublisher.com
Ref. 1.6	Ertuğ Düzgüneş ve Naciye Erdoğan, 2008, Karadeniz Ülkelerinde Su Ürünleri Yönetimi (Fisheries Management in the Black Sea Countries), Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 8: 181-192
Ref. 1.7	A. Ulman, Ş. Bekişoğlu, M. Zengin, S. Knudsen, V. Ünal, C. Mathews, S. Harper, D. Zeller ve D. Pauly, 2013, Palamuttan Hamsiye: Türkiye'nin deniz balıkçılığının yeniden yapılandırılması (1950-2010) (From bonito to anchovy: a reconstruction of Turkey's marine fisheries catches (1950-2010)), Mediterranean Marine Science.
Ref. 1.8	Balıkçılık için Bilimsel, Teknik ve Ekonomik Komite (Scientific, Technical and Economic Committee for Fisheries - STECF), 2012, Karadeniz Stoklarının Değerlendirmesi (Assessment of Black Sea Stocks) (STECF-12-15), European Commission Joint Research Centre, ISBN 978-92-79-27208-0, doi:10.2788/63715.
Ref. 1.9	G. Radu, E. Anton, M. Golumbeanu, V. Raykov, M. Yankova, M. Panayotova, V. Shlyahod, M. Zengin, 2011, Ekolojik Koşullar ve Balıkçılık Girişimleri ile İlişkili Olarak Karadeniz'deki Ana Ticari Balık Türlerinin Durumu (State of the Main Black Sea Commercial Fish Species Correlated with the Ecological Conditions and Fishing Effort), Journal of Environmental Protection and Ecology 12, No 2, 549–557.
Ref. 1.10	Mustafa Zengin ve A. Cemal Dinçer, 2006, Palamut (<i>Sarda sarda</i>) Popülasyonlarının Karadeniz'in Güney Kıyılarındaki Dağılımı ve Mevsimsel Hareketleri (Distribution and Seasonal Movement of Atlantic Bonito (<i>Sarda sarda</i>) Populations in the Southern Black Sea Coasts), Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 6: 57-62.
Ref. 1.11	Eudoxia Schismenou, Marianna Giannoulaki, Vasilis D. Valavanis, Stylianos Somarakis, 2008, Uydudan alınan çevresel verilere dayanarak hamsi (<i>Engraulis encrasicolus</i>) ve sardalyanın (<i>Sardinella aurita</i>) potansiyel yumurtlama habitatının modellenmesi ve tahmini (Modeling and predicting potential spawning habitat of anchovy (<i>Engraulis encrasicolus</i>) and round sardinella (<i>Sardinella aurita</i>) based on satellite environmental information), Hydrobiologia (2008) 612:201–214, DOI 10.1007/s10750-008-9502-1

Sayı	Kaynak
Ref. 1.12	Niermann, U., F. Bingel, A. Gorban, A.D. Gordina, A.C. Gücü, A.E. Kideys, A. Konsulov, G. Radu, A.A. Subbotin, ve Z.E. Zaika. 1994. Hamsi yumurtalarının ve larvalarının (<i>Engraulis encrasicolus</i> Cuv.) 1991-1992'de Karadeniz'deki Dağılımı (Distribution of anchovy eggs and larvae (<i>Engraulis encrasicolus</i> Cuv.) in the Black Sea in 1991-1992). ICES Journal of Marine Science 51:395-406. Nümann, W. 1956. Biologische Untersuchungen über die Stocker des Bosphorus, des Schwarzen Meeres und der Marmara. Istanbul Üniversitesi (B) 4:1.
Ref. 1.13	Ahmet E. Kideys, Anna D. Gordina, Ferit Bingel ve Ulrich Niermann, 1999, Karadeniz'de hamsi (<i>Engraulis encrasicolus</i> L.) yumurtası ve larvalarının dağılımı üzerinde çevre koşullarının etkisi (The effect of environmental conditions on the distribution of eggs and larvae of anchovy (<i>Engraulis encrasicolus</i> L.) in the Black Sea), ICES Journal of Marine Science, 56 Supplement: 58-64. 1999, doi:10.1006/jmsc.1999.0605
Ref. 1.14	Alexander K. Chashchin, 1996, Karadeniz'deki hamsi popülasyonları (The Black Sea populations of anchovy), Scientia Marina, 60 (Supl. 2): 219-225
Ref. 1.15	Orta Doğu Teknik Üniversitesi'nden Prof. Ali Cemal Gücü ile kişisel görüşmeler, 2013
Ref. 1.16	Akdeniz Genel Balıkçılık Komisyonu (General Fisheries Commission for the Mediterranean), 2009, Çalışmalar ve İncelemeler No. 85: Karadeniz ve Akdeniz'deki Orkinoslar üzerine Yerel bir Araştırma (Studies and Reviews No. 85: Regional Study on Small Tunas in the Mediterranean Including the Black Sea), FAO, Roma.
Ref. 1.17	Ward, P. (2012). Sualtı Gürültü Raporu - Türkiye Sektörü. Güney Akım Açık Deniz Boru Hattı'nın Kurulumu ve İşletmesi Sırasındaki Su Altı Gürültüsünün Etkilerinin Değerlendirilmesi (Underwater Noise Report - Turkish Sector. An Assessment of the Impact of Underwater Sound during the Installation and Operation of the South Stream Offshore Pipeline)
Ref. 1.18	Knudsen, F.R., Enger, P.S. ve Sand, O, 1992, Juvenil Somonların sese karşı farkındalık ve kaçınma tepkileri (Awareness reactions and avoidance responses to sound in juvenile Atlantic salmon), <i>Salmo salar</i> L. Journal of Fish Biology. 40: 523-534.
Ref. 1.19	FAO, 2012, Dünyada Balıkçılığın ve Kültür Balıkçılığının Durumu 2012 (The State of World Fisheries and Aquaculture 2012), Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (Food and Agriculture Organization of the United Nations), Roma, 2012
Ref. 1.20	Alexei Birkun, Jr. Karadeniz Komisyonu "Çevresel Durum Raporu 2001-2006/7" (The Black Sea Commission "State of the Environment Report 2001-2006/7"). Bölüm 10. Deniz memelisi popülasyonlarının durumu. (Chapter 10 the state of cetacean populations.) Erişilebileceği adres: http://www.blacksea-commission.org/publ-SOE2009-CH10.asp [Kasım 2012'de erişildi]
Ref. 1.21	G. Minicheva, O. V. Maximova, N. A. Moruchkova, U. V. Simakova, A. Sburlea, K. Dencheva, Y. Aktan, M. Sezgin. Karadeniz Komisyonu "Çevresel Durum Raporu 2001-2006/7". (The Black Sea Commission "State of the Environment Report 2001-2006/7"). Bölüm 7. Makrofitobentosun durumu. (Chapter 7 the state of macrophytobenthos.) Erişilebileceği adres: http://www.blacksea-commission.org/publ-SOE2009-CH7.asp [Kasım 2012'de erişildi]
Ref. 1.22	İstilacı ktenoforların Karadeniz ve Hazar Denizi balıkçılık alanlarına etkileri (Impacts of invasive ctenophores on the fisheries of the Black Sea and Caspian Sea.) Oceanography Sayı.18, No.2, Haziran 2005. Erişilebileceği adres: http://www.tos.org/oceanography/archive/18-2_kideys.html#view [Şubat 2013'te erişildi]

Sayı	Kaynak
Ref. 1.23	Caddy J. F., 2008. Karadeniz'de balıkçılık değerlendirmesi ve yönetiminde yakın zamanlı deneyimler ve gelecekteki seçenekler: bir GFCM perspektifi. (Recent experiences and future options for fisheries assessment and management in the Black Sea: a GFCM perspective). GFCM 32 oturumu. Karadeniz'de İşbirliğinin Güçlendirilmesi (Strengthening Cooperation in the Black Sea). Roma, İtalya 25-29 Şubat 2008.
Ref 1.24	Prodanov, K. ve diğerleri (1997). Karadeniz'deki balık kaynaklarının yönetimi ve bunların rasyonel kullanımı (Environmental management of fish resources in the Black Sea and their rational exploitation). Studies and Reviews of GFCM 68, FAO Roma: 177pp
Ref. 1.25	Ivanov, L.S. ve Beverton, R.J.H (1985). Akdeniz'in balıkçılık kaynakları (The fishery resources of the Mediterranean). 2. Kısım: Karadeniz. (Part 2: Black Sea.) FAO Studies and Reviews 60: 135pp
Ref. 1.26	Shulman, G.E. (2002). Azak Denizi ve Karadeniz'deki Hamsiler: kışlama göçlerinin düzeni. (Anchovies in the Sea of Azov and the Black Sea: regularities of wintering migrations). Moscow Ecological Journal 1: 67-78.
Ref 1.27	Knudsen, F.R, Enger, P.S. ve Sand O. (1992). Jüvenil Somonların sese karşı farkındalık ve kaçınma tepkileri (Awareness reactions and avoidance responses to sound of juvenile Atlantic salmon). J. Fish. Biol. 40: 523-534.
Ref 1.28	Nord Stream (2012). Danimarka sularında çevresel izleme (Environmental monitoring in Danish waters), 2011. NO: G-PE-PER-MON-100-0507011. 70pp
Ref 1.29	Chapman, C.J. ve Hawkins, A.D. (1969). Trolle avlanmayla ilişkili olarak balık davranışlarında sesin önemi (The importance of sound in fish behaviour in relation to capture by trawls). FAO Fisheries Reports 62: 717-729.
Ref. 1.30	GRID Arendal. Karadeniz'de petrol nakliyatı. Erişilebileceği adres: http://www.grida.no/graphicslib/detail/oil-transport-in-the-black-sea_d73e [Ağustos 2013'te erişildi].

Ek 2: Göç eden türlerin profilleri

Tür	Hamsi (<i>Engraulis encrasicolus</i>)	Çaça (<i>Sprattus sprattus</i>)
Avlanan miktar	2011 – 205.243 ton	2011 - 86.676 ton
Ort. fiyat (TL/kg)	1,84 – Hamsi 0,48 – Yem / balık yağı	0,73
Stok durumu	SSB (Yumurtlayan Stok Biyokütlesi) 2007'den bu yana fazla değişmemiştir (600.000 – 700.000 ton). Aşırı avlanmaya maruz kalmaktadır (F=0,66)	Karadeniz'deki SSB miktarı 300.000-400.000 tondur, kısa vadeli senaryoda, mevcut avlanma düzeyinde 2014 için aynı seviye öngörülmektedir. Mevcut avlanma düzeyi sürdürülebilir değildir.
Demersal/pelajik	Pelajik	Pelajik
Tercih ettiği habitat	Kıyı türü, yumurtlamak için lagünlere, haliçlere ve göllere girer.	Kıyıya yakın bölgelerde yetişir, ara sıra haliçlere girer (özellikle juveniller).
Yumurtlama mevsimi	Mayıs – Ağustos, Haziran ortası ile Temmuz sonu arasında en üst seviyede.	Ağırlıklı olarak bahar ve yaz
Yumurtlama özellikleri	Ağırlıklı olarak kuzeybatıda olup aynı zamanda Türkiye MEB'inin güney kısımlarında yumurtlar. Sıcaklığa bağlı pelajik çoklu yumurtlama özelliği gösterir. Dişiler senede 50 defadan fazla yumurtlayabilir.	Açık denizde, 10-20m arası derinlikte yumurtlar. Yumurtalar pelajiktir, juveniller yüzeye yakın daha geniş bir alana dağılır, genç bireyler kıyıya sürüklenir.
Gürültünün etkileri	Orta: muhtemelen sesi algılamaya duyarlıdır, göçü etkileyebilir.	Düşük frekanslı seslere çok duyarlıdır.
Sedimentasyonun etkileri	Düşük: yumurtalar, juveniller ve balıklar pelajiktir.	Düşük: yumurtalar, larvalar ve balıklar pelajiktir. Avladığı türler üzerinde potansiyel etkiler olabilir.
Bulanıklığın etkileri	Görerek, plankton ile beslenir, yoğun bulanıklık avını bulma becerisini azaltabilir.	Görerek avlanır, bulanık sulardan kaçındığı bilinmektedir.
Göç	Ekim – Kasım. Karadeniz boyunca kuzeybatı kıyısındaki yumurtlama ve beslenme yataklarından Türkiye ve Gürcistan kıyılarındaki kışlama yataklarına göç eder. Baharda ters yönde göç eder.	Kışın kıyıya yakın beslenme yataklarından, yazın açık deniz yumurtlama yataklarına mevsimsel göçler gerçekleştirir.
Beslenme	Ana hayvansal plankton tüketicilerinden biridir.	Planktonik kabuklularla beslenir.
Notlar	Yıllık miktar ve değer açılarından Karadeniz'deki en önemli stoktur. Av türü olarak önemli rol oynar. Yüksek tuzluluk oranlarına tolerans gösterir.	Çok çeşitli tuzluluk oranlarına tolerans gösterebilir. Pelajik trollerle çaça balıkçılığına yalnızca Samsun Sahanelğinde izin verilir.

Tür	Karadeniz İstavriti (<i>Trachurus mediterraneus ponticus</i>)	Palamut (<i>Sarda Sarda</i>)
Tutulan miktar (2012)	2011 – 14.393 ton	2011 – 6.726 ton
Ort. fiyat (TL/kg)	3,75	8,05
Stok durumu	Sadece görelî stok trendleri değerlendirilmiştir, 2004'ten bu yana net bir trend olmamakla birlikte 2011'deki SSB önceki yıla oranla artış göstermiştir.	Değerlendirme yapılmamıştır.
Demersal/pelajik	Pelajik	Pelajik
Tercih ettiği habitat	Tüm Karadeniz'de dağılım gösterir, genellikle 50 – 100 m derinliklerde dibe yakın alanlarda, ayrıca yüzey sularında bulunur.	Epipelajik, neritiktir, zaman zaman haliçlere girer.
Yumurtlama mevsimi	Yaz	Mayıs – Temmuz
Yumurtlama özellikleri	Yumurtlama başarısı SST (Su Yüzeyi Sıcaklığı) ile negatif korelasyonludur. Yumurtalar pelajiktir.	Karadeniz'in Kuzey kesimlerinde yumurtlamak üzere Marmara Denizi'nden giriş yapar. Yumurtası ve larvası pelajiktir.
Gürültünün etkileri	Orta: sesi algılamaya duyarlıdır, 0.1 – 2 khz arasındaki düşük frekanslı seslere en yüksek ürkme tepkisini verir.	Orta: muhtemelen sesi algılamaya duyarlıdır.
Sedimentasyonun etkileri	Düşük: yumurtalar, juveniller ve balıklar pelajiktir.	Düşük: yumurtalar, larvalar ve balıklar pelajiktir.
Bulanıklığın etkileri	Görerek avlanır, yoğun bulanıklık avını bulma becerisini ve sürü içindeki iletişimi azaltabilir.	Görerek avlanır, yoğun bulanıklıktan etkilenebilir.
Göç	Karadeniz boyunca yüksek oranda göçmen tür. Nisan ortasında üreme ve beslenme için kuzeye göç eder. Eylül - Kasım aylarında Bulgaristan kıyısı boyunca Anadolu ve Kafkasya kıyılarına doğru güneye göç eder.	Yüksek oranda göçmendir, Nisan ve Ağustos ayları arasında yumurtlama amacıyla Karadeniz'e girer, sonbaharda ters yönde göç eder. Juveniller Karadeniz'in güney kıyısı boyunca göç eder ve buralarda kışlar.
Beslenme	Sardalya, hamsi gibi diğer balıklar ve küçük kabuklularla beslenir.	Kendi türüyle beslenir, ayrıca küçük balık sürüleriyle ve omurgasızlarla beslenir.
Notlar	Tüm Karadeniz istavritleri tek bir stok olarak ele alınır, ancak dört yerel alt popülasyondan meydana gelmektedir – güneybatı (İstanbul Boğazı), kuzey (Kırım), doğu (Kafkasya) ve güney (Anadolu).	Yüksek piyasa değeri nedeniyle hamsi gırgırlarının çoğunun tercih ettiği avdır.

Tür	Mahmuzlu camgöz (<i>Squalus acanthias</i>)	Tekir (<i>Mullus barbatus puncticus</i>)
Tutulan miktar	2011 – bilgi mevcut değil	2011 – 326,1 ton
Ort. fiyat (TL/kg)	Bilgi mevcut değil	17,46
Stok durumu	Yumurtlayan Stok Biyokütlesinin (SSB), 14.776 ton olduğu tahmin edilmektedir (2011), bu tarihteki en yüksek değer olan 100.000 tonun altındadır. Halen aşırı düzeyde avlanmaktadır.	Toplam stok miktarı hakkında veri mevcut değildir ancak değerlendirmeler, SSB'nin 2004-2008'deki daha yüksek seviyelerden düşüş gösterdiğine işaret etmektedir.
Demersal/pelajik	Demersal	Demersal
Tercih ettiği habitat	Demersaldır fakat ortasularda ve ara sıra yüzeyde de bulunabilir.	Kıta sahanlığının çakıllı, kumlu ve çamurlu tabanının yakınlarında yaşar (5 - 100m)
Yumurtlama mevsimi	Çiftleşme muhtemelen kışın olup, yumurtlama dönemi Mart - Mayıs'tır.	Haziran – Eylül, ağırlıklı olarak yaz ortası.
Yumurtlama özellikleri	Canlı doğurucudur (ovovivipar), dişiler erkeklerden ayrı olarak kıyıya yakın, daha sığ bölgelere göç eder. Yavrular Nisan - Mayıs ile Ağustos - Eylül arasında doğarlar.	10 ila 55m arasındaki çamurlu ve kumlu dip bölgelere yumurtlar. Mayıs'ta yumurtlamak için sığ bölgelere göç eder, sonrasında daha derin sulara döner. Yumurtası ve larvası, 1,5 aya kadar pelajiktir.
Gürültünün etkileri	Bilinmemektedir.	Bilinmemektedir.
Sedimentasyonun etkileri	Düşük: Küçük yavrular yaşar.	Düşük, yumurtaları ve larvaları pelajiktir. Avladığı türleri etkileyebilir.
Bulanıklığın etkileri	Düşük, avını bulmak için zayıf elektrik sinyalleri kullanır.	Düşük
Göç	Yüksek oranda göçmendir, sonbaharda hamsi ve istavritlerle bağlantılı olarak, beslenme için kuzeye göç eder. Kıyasal sıklıklara üreme amaçlı göçler, ilkbahar ve sonbaharda gerçekleşir.	Kış beslenmesi için, Eylül - Kasım arasında, Bulgaristan kıyıları boyunca Türk sularına ve Marmara Denizi'ne göç eder. Kışların soğuk olduğu yıllarda, sürüler Bulgaristan kıyılarında kalarak ölür.
Beslenme	Küçük pelajik, Karadeniz'de hamsi ve istavrit göçlerini takip eder.	Kabuklular, yumuşakçalar, kurtçuklar ve diğer küçük omurgasızlar.
Notlar	IUCN statüsü hassas.	Karadeniz Kırmızı Kitabındaki kategorisi: tehlikede (EN)

EK-7.B

Sualtı Gürültüsü Etki Değerlendirmesi Raporu

Sualtı Gürültüsü Etki Değerlendirmesi Raporu

**Güney Akım Açık Deniz Doğalgaz Boru Hattı'nın
İnşaat ve İşletme Aşamalarındaki Sualtı
Gürültüsünün Etki Değerlendirmesi**

Belge No:

Harici Belge No:

Yayınlanma Tarihi: 24/09/2013



Bu rapor URS Infrastructure &
Environment UK Limited tarafından South Stream Transport B.V. adına hazırlanmıştır.

Özet

Güney Akım Açık Deniz Doğal Gaz Boru Hattı'nın (Proje) İnşaat, İşletme Öncesi ve İşletme Aşamalarında gerçekleştirilecek olan çeşitli faaliyetler sualtında insan faaliyetleri kaynaklı gürültüye neden olacaktır ve bu durum, Projenin Türkiye Bölümü'nün açık deniz kesimlerindeki biyolojik/ekolojik alıcılar, özellikle de balina ve yunuslar ile balıklar üzerinde etki yaratma potansiyeline sahiptir.

Proje kapsamında öngörülen gürültü kaynağı faaliyetler aşağıdaki gibidir:

- Boru döşeme çalışmaları; ve
- İşletme ve bakım.

Karadeniz'de akustik olarak hassas çeşitli deniz alıcıları tespit edilmiştir: bu raporda ele alınan türler arasında afalina, tırtak, çaça ve hamsi yer almaktadır.

Bu raporda, akustik açıdan hassas deniz canlısı türlerinin yüksek yoğunlukta sese maruz bırakılmasının etkileri ele alınmakta ve daha sonra yapılacak analiz için çeşitli ağırlıklandırılmamış ve ağırlıklandırılmış metriklere dayanan akustik etki kriterleri seçilmiştir. Her bir alıcı üzerinde her bir gürültü kaynağından kaynaklanabilecek çeşitli etkilerin gerçekleşebileceği mesafeleri tahmin etmek için sualtı kaynağından yayılan su altı gürültüsünün bir analizi gerçekleştirilmiştir.

Yapılan analiz, boru döşeme faaliyetlerinden kaynaklanan sualtı gürültüsünün akustik etki yaratacak düzeyde olduğunu göstermiştir. Ancak, bu gürültü kaynağı ölüme veya (230 dB re. 1 μ Pa (zirve) eşik düzeyiyle tanımlanan [1]) kalıcı duyma hasarı dahil olmak üzere fiziksel hasara neden olmayacaktır. Benzer şekilde, balina ve yunuslarda geçici işitme hasarı (224 dB re. 1 μ Pa (zirve) eşik düzeyinde olarak tanımlanmıştır [1]) gerçekleşmeyecektir. Boru döşeme gürültüsüne maruz kalan balina ve yunuslarda (Ulusal Deniz Balıkçılığı Hizmetleri tarafından belirlenen 180 dB re. 1 μ Pa (RMS) eşik düzeyiyle tanımlanan [2]) işitsel hasar sınırı 2 m'dir. Daha uzun bir mesafede yalnızca (120 dB re. 1 μ Pa eşik seviyesiyle tanımlanan [3]) sürekli gürültüye maruz kalan yunus ve memelilerde B Düzeyi-Rahatsızlık tepkileri oluşabilir. Bu kriter, en fazla 5,36 km mesafe aralığında karşılanmıştır. B Düzeyi- Rahatsızlık kriterinin tanımlanmasında, hayvanları etkilemeyeceği düşünülen ses basıncı düzeyi dikkate alınmıştır [3]. Etki değerlendirmesinde tedbir amaçlı olarak böyle bir kriter kullanılabilir.

Ağırlıklandırılmış metrikler, özellikle de bir hayvanın işitme eşiği ile aynı hayvan tarafından algılanan ses düzeyi arasındaki farka dayanan dB_{ht} tekniği [4] kullanıldığında, genel ses algısına sahip balıkların boru döşeme faaliyetlerinin gürültüsüne (90 dB_{ht} eşik değeriyle verilmektedir) güçlü kaçınma tepkileri göstermesi muhtemel değildir. Hafif kaçınma davranışları (75 dB_{ht} eşik değeriyle verilmektedir) gürültü kaynağından en çok 2 m mesafeye kadar görülebilir. Sesi algılamaya duyarlı balıklar için boru döşeme faaliyetlerinin gürültüsüne karşı güçlü kaçınma tepkileri gürültü kaynağından 5 m uzaklıkta gerçekleşebilirken, hafif kaçınma tepkileri 29 m'ye kadar mesafelerde ortaya çıkabilir. Dişli balınagillerde, boru döşeme faaliyetlerinin gürültüsüne karşı güçlü ve hafif kaçınma tepkileri gürültü kaynağından sırasıyla 155 m ve 2,4 km mesafelerde görülebilir.

Akustik etkiler, hayvanlar daha düşük düzeylerde sese daha uzun süreler boyunca maruz kaldığında da oluşabilir. Bunu araştırmak için, bir hayvanda 30 dakika boyunca akustik enerjinin

oluşmasını simüle etmek için bir dizi gürültü-kaynak-hayvan senaryosu üretilmiştir. Deniz memelileri gürültünün kaynağına 36 m'den fazla yaklaşmazsa, boru döşeme faaliyeti kaynaklı gürültünün, geçici ya da kalıcı işitme hasarı bırakmasının muhtemel olmadığı görülmüştür. Vücut ağırlıkları 2 g ve üstü ve 2 g altı balıklarda, boru döşeme faaliyetine maruz kalmanın fiziksel hasara yol açmasının muhtemel olmadığı görülmüştür.

Aynı anda birkaç gemiden kaynaklanan sualtı gürültüsüne maruz kalma üzerine kurulu inşaat senaryolarında oluşacak akustik etkiler de belirlenmiştir. Her bir gemi filosu yerleşim düzeninde gemilerin tamamından kaynaklanan sualtı gürültüsü düzeylerinin, deniz memelilerinde ölüme ve kalıcı işitme hasarına ve çoğu durumda balina ve yunuslarda geçici işitme hasarına ve balıklarda fiziksel hasara yol açmaya yeterli olmadığı görülmüştür. Balıklarda fiziksel hasar oluşmasıyla ilgili etki alanı, gürültü kaynağından en fazla 10 m mesafeye dek uzanmaktadır; bunun yanı sıra balina ve yunuslarda işitsel hasar mesafesi de 60 m'yi geçmemektedir. Yalnızca sürekli gürültüye maruz kalmaya bağlı B Düzeyi-Rahatsızlık, genellikle mevsime bağlı olarak 61 km ve 110 km arasında olmak üzere önemli ölçüde daha uzun mesafelerde gerçekleşmektedir. Gemi filosu yerleşim düzenindeki örnek gemilerle ilişkili sualtı gürültü emisyonları hakkında akustik veriler bulunmadığı için, etki mesafelerini yalnızca uyarı olarak değerlendirmek gerekmektedir.

B Düzeyi-Rahatsızlık etkileri eşik değerinin (120 dB re. 1 μ Pa) Karadeniz'in arka plan gürültü düzeylerinden daha düşük olabileceğini [5] ve bu durumda da etki kriteri eşığının asla karşılanmayacağını vurgulamak gerekir. Hayvanların yüksek arka plan sesine uyum sağlamış olabileceği doğal olarak gürültülü olan bir ortamda B Düzeyi Rahatsızlık kriterinin taşıdığı önem bu nedenle belirgin değildir.

Her hayvan grubu için akustik etkiler dB_{ht} metodolojisi kullanılarak değerlendirilmiştir. Genel ses algısına sahip balıklarda, en fazla 55 m mesafede güçlü kaçınma tepkileri oluşabilirken, en fazla 330 m mesafede hafif kaçınma tepkileri oluşabilir. Sesi algılamaya duyarlı balıklar sualtı gürültüsüne karşı daha hassastır ve bu türler için mesafeler 436 m ve 2,1 km'dir. Akustik açıdan en hassas olanlar dişli balınagillerdir: güçlü kaçınma tepkileri gemi filosundan 810 m'ye kadar gerçekleşebilirken, hafif kaçınma tepkileri en fazla 4,96 km mesafeye kadar görülebilir.

Kaynaklar

- [1] Southall, B.L., Bowles, A.E., Ellison, W.T., Finneran, J.J., Gentry, R.L., Greene Jr., C.R., Kastak, D., Ketten, D.R., Miller, J.H., Nachtigall, P.E., Richardson, W.J., Thomas, J.A., Tyack, P.L., 2007. "Deniz memelilerinin gürültüye maruz kalma kriterleri: ilk bilimsel öneriler (Marine mammal noise exposure criteria: initial scientific recommendations)". *Aquatic Mammals* 33, 411–521.
- [2] Bu yazı, 1997'de Pepperdine Üniversitesi'nde yapılan Yüksek Enerji Sismik Çalıştay'ında elde edilen ve 1999'de MD, Silver Spring'de düzenlenen Silver NMFS Akustik Çalıştay'ında güncellenen bulgulara dayanmaktadır.
- [3] ABD Ulusal Deniz Balıkçılığı Hizmeti (NMFS). (1995). Belirtilen faaliyetlere yönelik küçük miktarda deniz memelisi örnekleri; Güney Kaliforniya'da açık denizde sismik faaliyetler. (Small takes of marine mammals incidental to specified activities; offshore seismic activities in southern California.) *Fed. Regist.* 60 (200, 17 Ekim.) (200, 17 Oct.): 53753-53760.
- [4] Nedwell J R (2005) 'Deniz memelisi türleri üzerinde gürültünün davranışsal etkilerini tahmin etmeye yönelik bir metrik'. ('A metric for estimating the behavioural effects of noise on marine mammal species'.) Akustik Altı Rapor Referansı: (Subacoustech Report Reference:) 59R0303, İngiltere, Teddington'da , Ekim 2005'de, Sualtı Akustiği Üzerinde Ulusal Fizik Laboratuvarı'nda sunulmuştur.
- [5] Nedwell J R, Parvin S J, Edwards B, Workman R, Brooker A G, Kynoch J E, İngiltere sularında açık denizdeki rüzgar çiftliklerinin inşaatı ve işletimi sırasında sualtı gürültülerin ölçümü ve yorumlanması. (Measurement and interpretation of underwater noise during construction and operation of offshore windfarms in UK waters), COWRIE NOISE-03-2003, 2007.

İçindekiler

Özet	ii
1 Giriş	1
2 Sualtı gürültüsünün ve değerlendirme metriklerinin tanımlanması	2
2.1 Giriş	2
2.2 Zirve Ses Düzeyi	2
2.3 RMS Ses Basınç Düzeyi	2
2.4 Sese Maruz Kalma Düzeyi	3
2.5 Kümülatif Sese Maruz Kalma Düzeyi	3
2.6 Kaynak Düzeyi	3
2.7 Alma Düzeyi	4
2.8 İletim Kaybı	4
3 Ses Kaynağı Özellikleri	5
3.1 Giriş	5
3.2 İnşaat Aşamasındaki Çalışmalar	5
3.2.1 Gemilerden Kaynaklanacak Gürültü	5
3.2.2 Boru döşeme faaliyetleri	7
3.3 İşletme Aşamasındaki Faaliyetler	8
3.3.1 Bakım ve Onarım	8
3.4 Arka Plan Gürültüsü	8
3.5 Ses Kaynağı Özelliklerinin Özeti	8
4 Karadeniz'deki Hassas Deniz Faunası	9
4.1 Giriş	9
4.2 Deniz Memelileri	9
4.3 Balıklar	9
4.4 Sonuç	10
5 Akustik Etkiler ve Eşikler	11
5.1 Giriş	11
5.2 İşitsel Hasar	11
5.2.1 Deniz Memelileri	11
5.2.2 Deniz Balıkları	12
5.3 Davranışsal Tepkiler – Giriş	12

5.3.1	Davranışsal Tepkiler – Ağırlıklandırılmamış Metrikler	13
5.3.2	Davranışsal Tepkiler – Ağırlıklandırılmış Metrikler (dBht)	13
5.4	Akustik Etki Eşiklerinin Özeti.....	14
6	Sualtı Akustik Yayılım Modellemesi.....	16
6.1	Giriş	16
6.2	Modelin Açıklanması ve Sınırları	16
6.3	Transekt Batimetrisi	16
6.4	Oşinografik Veriler	17
6.5	Deniz Tabanı Jeo-akustiği	19
6.6	Kaynak Modelleme Parametreleri	19
7	Akustik Yayılım Modellemesinin Sonuçları	20
7.1	Giriş	20
7.2	Boru Döşeme Faaliyetlerinden Kaynaklanan Gürültü	20
8	Akustik Etki Analizi – Bireysel Maruz Kalma	22
8.1	Giriş	22
8.2	Ölümcül Etki ve Hasar Mesafesi	22
8.3	İşitme Kaybı Mesafesi	22
8.4	Davranış Etkisi Aralığı	22
8.4.1	Ağırlıklandırılmamış Metrikler	22
8.4.2	Ağırlıklandırılmış Metrikler (dBht)	23
8.5	Etki Mesafelerinin Özeti.....	24
9	Akustik Etki Analizi – Çoklu Maruz Kalma	25
9.1	Giriş	25
9.2	Kümülatif Maruz Kalma	25
9.3	Gürültü Kaynağı - Hayvan Senaryosu	25
9.4	Kümülatif Maruz Kalma	27
9.5	Derin Açık Deniz (> 600 m)	28
9.5.1	Gemi Filosu Yerleşim Düzeni	28
9.5.2	Etki Modelleme Sonuçları	29
10	Özet ve Sonuçlar.....	31
Ek A	Ağırlıklandırılmamış ve Ağırlıklandırılmış Metrikler	0
Kaynaklar		1

1 Giriş

Güney Akım Açık Deniz Doğal Gaz Boru Hattı'nın (Proje) İnşaat ve İşletme Aşamaları, deniz faunasındaki hassas türleri etkileme potansiyeli olan sualtı gürültüsüne yol açabilecek çeşitli faaliyetleri kapsamaktadır.

Bu rapor, akustik bir bakış açısından Projenin İnşaat ve İşletme Aşamaları kapsamındaki faaliyetlerin kısa bir değerlendirmesi ile başlamakta ve kaynak düzeyler ile frekans spektrumlarını temsil eden değerler için mevcut literatürün incelenmesiyle devam etmektedir. Bunun ardından, Karadeniz'de deniz faunasındaki türlerin ayrıntılı bir incelemesiyle birlikte bu türlerin korunma statüleri ve sese karşı hassasiyetleri hakkında bilgiler verilmektedir. İlgili türler arasında sesi algılamaya duyarlı ve genel ses algısına sahip türlerin (bu terimlerin tanımları için bkz. Kısım 4.3) yanı sıra balina ve yunuslar da yer almaktadır. Bu jenerik gruplamaların, Projeden etkilenen alanlarda mevcut bulunabilecek, ilgili tüm deniz canlısı türlerini kapsadığı varsayılmaktadır. Akustik etki eşikleri yayınlanmış uluslararası literatürden elde edilmiştir ve hayvan odyolojisi ve davranışlarına dayanmaktadır. Her bir gürültü kaynağı tarafından oluşturulan etkinin önem değerlendirmesi, her bir etkinin maksimum mesafesini belirlemek için propagasyon modellemesine dayanmaktadır.

2 Sualtı gürültüsünün ve değerlendirme metriklerinin tanımlanması

2.1 Giriş

Bu kısımda, deniz ortamındaki sualtı gürültülerinin etkilerini ölçmek ve değerlendirmek için kullanılan metriklerin kısa bir incelemesi sunulmaktadır. Bu incelemede, Amerikan Ulusal Standartlar Enstitüsü'nün (ANSI) S12.7-1986 [1] önerdiği tanım ve parametrelerden faydalanılmıştır.

Ses, belli bir denge değerinde meydana gelen düzenli basınç değişikliği olarak tanımlanabilir. Basınç değerinin birimi, Pascal (Pa) veya metrekare başına Newton (N/m^2) olarak verilmektedir. Ancak ölçümler tipik olarak, bir dalgıç için 1 kHz'de işitme eşiği değeri olan 1×10^{-7} Pa'dan, deniz yüzeyine bir şimşek çarpmasının oluşturduğu sesin değeri olan 1×10^{-3} Pa'ya kadar uzanan, çok geniş bir yelpazeye yayılan basınç değerlerini kapsamaktadır. Bundan sonra kolaylık sağlaması bakımından ses düzeyleri, sualtında yapılan ölçümler için yaygın olarak 1 μ Pa olarak belirlenen bir sabit referans basınç değerine bağlı olarak desibel (dB) cinsinden ifade edilecektir.

2.2 Zirve Ses Düzeyi

Kazık çakma işlemi sırasındaki darbeler gibi basınçlı vuruşlar için, zirve ses düzeyi belirli bir zaman aralığında kaydedilen anlık ses basıncının maksimum mutlak değeridir. Bu nedenle:

$$\text{Zirve Düzeyi (sıfırdan zirveye)} = 20 \times \log_{10} (P_{\text{peak}} / P_{\text{ref}}) \quad \text{denk. 2-1}$$

Vuruşlar dalga formuyla yaklaşık olarak eşit pozitif veya negatif kısımlara sahip olduğunda, zirveler arasındaki aralık, zirve düzeyinin iki katına veya 6 dB veya üstüne eşittir.

2.3 RMS Ses Basınç Düzeyi

Bir ortamdaki süreklilik arz eden gürültünün düzeyini belirlemek için Karekök Ortalama (RMS) Ses Basıncı Düzeyi (SPL) kullanılır. Bu tipteki sualtı ses kaynakları gemicilik faaliyetleri, sonar iletimleri, sondaj veya kesme faaliyetlerini veya arka plan deniz gürültüsünü içerir. RMS Ses Basıncı düzeyi belirli bir zaman aralığında ölçülen basınç düzeyinin karekök ortalamasıdır; dolayısıyla verilen zaman aralığında ortalama ses basınç düzeyinin ölçümünü temsil eder. Şu şekilde ifade edilir:

$$\text{RMS Ses Basınç Düzeyi} = 20 \times \log_{10} (P_{\text{RMS}} / P_{\text{ref}}) \quad \text{denk. 2-2}$$

Geçici etkenlerden kaynaklanan gürültüleri ifade etmek için RMS Ses Basınç Düzeyleri kullanıldığında RMS değeri ortalaması alınan zaman aralığına göre değişeceği için, ölçümlerin ortalamasının alınacağı zaman aralığı belirtilmelidir. Gürültü sürekli olduğunda, yukarıda verilen örneklerde görülebileceği üzere, ölçümler ortalamaların alındığı zaman aralığından bağımsız olarak aynı sonuçları vereceğinden, bu ölçümlerin hangi zaman aralığında alındığı önemsizdir. RMS SPL değerinin, zirve SPL değerinden 3 dB düşük olacağı tahmin edilmektedir.

2.4 Sese Maruz Kalma Düzeyi

Ses Basınç Düzeylerinin ortalamasının alındığı zaman aralığıyla ilişkili sorunlar, yukarıda vurgulandığı üzere, Sese Maruz Kalma Düzeyi (SEL) cinsinden bir geçici basınç dalgası tanımlanmasıyla aşılabılır. Sese Maruz Kalma Düzeyi, basınç-zaman geçmişinin tamamını içerecek uzunlukta bir zaman penceresinde basıncın karesinin integrali alınarak hesaplanır. Bu yüzden Sese Maruz Kalma düzeyi belirli bir ölçüm dönemindeki akustik enerjinin toplamıdır ve hem ses düzeyini hem de sesin akustik ortamda mevcut bulunduğu süreyi etkin olarak dikkate alır. Sese Maruz Kalma (SE) aşağıdaki denklemle tanımlanır:

$$SE = \int_0^T p^2(t) dt \quad \text{denk. 2-3}$$

Yukarıdaki denklemde P Pascal cinsinden akustik basıncı, T saniye cinsinden sesin süresinin ve t zamanı ifade etmektedir. Sese Maruz Kalma, bir akustik enerji ölçüsüdür ve bu nedenle Pascal kare saniye ($\text{Pa}^2\text{-s}$) birimiyle ifade edilir.

Sese Maruz Kalma değeri, bir logaritmik desibel olarak ifade edilebilmesi için $1 \mu\text{Pa}^2\text{-s}$ referans akustik enerji düzeyiyle karşılaştırılır. Böylece Sese Maruz Kalma Düzeyi (SEL) şu şekilde tanımlanır:

$$SEL = 10 \log_{10} \int_0^T \frac{p^2(t) dt}{P_{ref}^2} \quad \text{denk. 2-4}$$

Sürekli kaynaklar için RMS SPL ve 1-s SEL eşittir. Bir sesin süresi bir saniyeden kısa olduğunda, RMS Ses Basınç Düzeyi, Sese Maruz Kalma Düzeyinden büyük olur. 1 saniyeden uzun sinyaller için Sese Maruz Kalma Düzeyi, RMS Ses Basınç Düzeyinden büyük olur ve aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$SEL = SPL + 10 \log_{10} T \quad \text{denk. 2-5}$$

2.5 Kümülatif Sese Maruz Kalma Düzeyi

Birden fazla geçici basınç dalga durumu gerçekleştiğinde, birden çok durumdan kaynaklanan toplam veya kümülatif Sese Maruz Kalma Düzeyi, bireysel durumların Sese Maruz Kalma Düzeylerinin toplanmasıyla hesaplanabilir. Durumların kendileri zaman, mekan veya her ikisi bakımından birbirinden ayrılabilir. Örneğin, mevcut alana bitişik alanlarda birbirini takip eden temel kazma faaliyetleri veya komşu alanlarda türbinlerin aynı anda çalışması söz konusu olabilir.

2.6 Kaynak Düzeyi

Kaynak düzeyi (SL), bir ses kaynağının bir referans mesafesindeki (genellikle kaynaktan 1 m uzaklıkta) görünür şiddetidir. Örneğin, bir kaynağın, 180 dB re.1 μPa @ 1 m şeklinde bir Ses Basınç Düzeyine sahip olduğu belirtilebilir. Uygulamada, kaynağın parametreleri nadiren bu kadar yakın bir mesafeden ölçülür ve kaynak düzeyi, gürültünün çeşitli uzak alan ölçümlerinden geri yayılımı yapılarak belirlenir.

2.7 Alma Düzeyi

Alma Düzeyi (RL), bir akustik alanın kaynağa göre belirli bir derinlikte ve belirli bir mesafedeki şiddetidir. Ses, mesafeye göre değişkenlik göstereceğinden, ölçümün alındığı veya tahmin yapıldığı mesafenin belirtilmesi önemlidir.

2.8 İletim Kaybı

İletim kaybı (TL), sesin kaynaktan alıcıya yayılması esnasında akustik alan şiddetinin yoğunluğunda veya basıncında yaşanan kaybı temsil eder. İletim kaybı genel olarak şu şekilde ifade edilir:

$$TL = N \log(r) + \alpha r \quad \text{denk. 2-6}$$

Bu denklemde, r kaynak ile alıcı arasındaki mesafe, N geometrik yayılıma bağlı sönümlenme faktörü ve α (dB.km^{-1} cinsinden) sesin su tarafından emilme faktörüdür. Bu nedenle, bir kaynaktan belirli bir mesafede (r) alınan ses düzeyi şu şekilde ifade edilir:

$$RL = SL - TL \quad \text{denk. 2-7}$$

Bu denklem şu biçimde yazılabilir:

$$RL = SL - N \log(r) - \alpha r \quad \text{denk. 2-8}$$

İletim kaybının daha kapsamlı bir açıklaması Kısım 6'da verilmektedir.

3 Ses Kaynağı Özellikleri

3.1 Giriş

Denizde boru döşeme faaliyeti, deniz ortamına insan kaynaklı seslerin girmesine yol açabilecek bir dizi süreci içeren, karmaşık bir işlemdir.

Münferit çalışmalar iki gruba ayrılabilir:

- İnşaat ve İşletme Öncesi Aşamaları (Açık denizde boru döşeme çalışmaları)
- İşletme Aşaması (Bakım ve onarım).

Proje işlerinin çalışmalarının görevlerinden birçoğu özel mühendislik görevleri işleri çalışmaları (örneğin, boru döşeme) ve bilinen gemi sınıflarını içeren lojistik destek ve hatta özel amaçlı gemiler (mevcut olup olmadıklarına bağlı olarak) açısından iyi detaylı bir şekilde tanımlanmış olsa da, Projeye ilişkili olarak Karadeniz'de dair kesin akustik bilgiler şu anda mevcut değildir. Bu nedenle, her görev bir iş için kesin kaynak ses düzeyleri ve frekans spektrumları atamak belirlemek mümkün değildir. Bu eksikliğin üstesinden gelmek için, özellikle Kuzey Akım boru hattının Baltık Denizi'ne döşenmesiyle ilişkili çevresel etki değerlendirmelerini destekleyen belgeler olmak üzere yayınlanmış literatür incelenmiştir [2,3,4]. Bu bakış açısından, her görev işfaaliyet oluşturabilecekleri akustik özellikleri açısından tartışılmıştır değerlendirilmiştir. Her faaliyet için temsili ses düzeyleri ve frekans spektrumları belirlenmiş ve bunlar aşağıda incelenmiştir tartışmaya açılmıştır.

3.2 İnşaat Aşamasındaki Çalışmalar

3.2.1 Gemilerden Kaynaklanacak Gürültü

Açık deniz Proje faaliyetlerinin en önemlisi gemilerin kullanımıdır. Proje mühendisleriyle yapılan görüşmelerde, Projede kullanılması gereken bir dizi gemi sınıfı belirlenmiştir; bunların arasında, diğerlerinin yanı sıra, araştırma gemileri, mürettebat tekneleri ve lojistik destek için diğer genel amaçlı gemiler, boru döşeme gemileri ve römorkörler bulunmaktadır. Geçici olarak özel amaçlı gemiler belirlenmiştir, ancak bunların Projede kullanımı mevcut olup olmamalarına bağlı olacaktır. Gemi gürültüsü ile ilgili literatürün taranması neticesinde, görece az miktarda akustik verinin mevcut olduğu görülmüştür. Bu iki etken nedeniyle, Proje gemilerinden kaynaklanan gürültünün potansiyel akustik etkilerinin değerlendirilmesi kolay olmamıştır. Gemi gürültüsünden kaynaklanan akustik etki hakkında kapsamlı bir değerlendirme yapabilmek için, bunların yerine örnek olarak kullanılacak gemilerden elde edilen verileri kullanmak ve sonuçları buna uygun çerçevede birer uyarı niteliğinde değerlendirmek gerekmektedir (bkz. Kısım 9).

Gemilerden kaynaklanan gürültü; özellikle çok sayıda geminin bulunması, bunların geniş bir alana dağılmış olması ve hareketlilikleri nedeniyle belirli bir deniz alanındaki genel gürültüye önemli derecede katkıda bulunmaktadır. Ses düzeyleri ve frekans özellikleri; yaklaşık olarak motorun gücü, geminin boyu ve hızıyla ilişkilidir, ancak benzer sınıflardaki gemiler için dahi önemli ölçüde değişkenlik söz konusudur [4].

Gemi gürültüsü, enerjileri belirli dar bant frekanslarındaki tonallerle üst üste binmiş bir dizi frekansa yayılmış olan geniş bant seslerin bir kombinasyonudur. Geniş bant gürültü, pervane kaviteye ve akış gürültüsüne bağlı olabilir ve 100 kHz'e kadar genişleyip 50-150 Hz aralığında zirve yapabilir [5].

Sualtı Gürültü Raporu - Türkiye Bölümü

Dar bant ses veya tonal bileşenler; pervane kanadının hızından, motor silindirin ateşlemesinden ve krank milinin dönüşünden kaynaklanabilir. Bu bileşenler için tipik frekanslar 10 - 100 Hz aralığındadır.

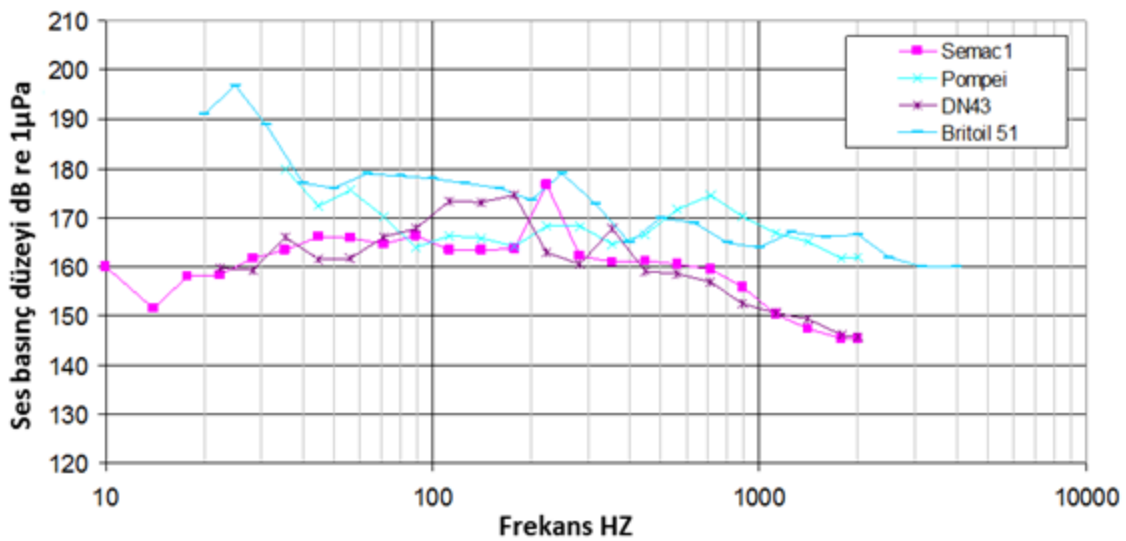
Gürültüye sebep olan gemiler için sınırlı miktarda akustik veri grubu mevcuttur [4,6,7,8] ve mevcut değerlendirmede bu veriler yoğun olarak kullanılmıştır. Veriler, geniş bant düzeylerinden ve belli bir bant genişliğinde ölçülen 1/3 oktav bant düzeylerinden oluşmaktadır. Tüm durumlarda, 10 kHz üzerindeki frekanslar için yüksek frekanslı gürültü verileri bulunmamaktadır. Bu durum, özellikle bu frekanslardaki seslere tepki verdikleri bilinen deniz türleri üzerindeki gürültü etkisinin değerlendirilmesiyle ilgili olarak yayınlanmış verilerde önemli bir eksiklik yaratmaktadır. Bu çalışmada bu sorunu gidermek amacıyla her geminin gürültü düzeyi belirlenirken -10 dB/oktav düzeyinde bir bant frekansı azaltma işlemi yapılarak 160 kHz frekans için hesaplama yapılmıştır. Bu yükseltilmiş frekanslarda gürültü düzeyleri ölçülene kadar, öngörülen bu hesapların belirsizlik düzeyi bilinmezliğini koruyacaktır.

Etki analizinde kullanılan gemilerin her biri için geniş bant kaynak düzeyleri Tablo 3.1'de verilmiştir. Bu tablo, inşaat sahasında en fazla bulunacak gemileri içermektedir (diğer bir deyişle, gidip gelen veya yalnızca acil durumlarda gereken gemiler dahil edilmemektedir). Bu gemiler için öngörülen frekans spektrumları Şekil 3.1'de verilmektedir.

Tablo 3.1: Çeşitli gemi sınıfları için tahmini geniş bant kaynak düzeyleri

Gemi tipi	Örnek gemi	Geniş bant kaynak ses basıncı düzeyi, dB re. 1 μ Pa @ 1 m
Boru döşeme	<i>Semac 1</i>	179,3
Genel destek	<i>Britoil 51</i>	213,7
İnceleme gemisi	<i>Pompei</i>	184,0
Römorkör	<i>DN43</i>	180,3

Şekil 3.1: Çeşitli gemi sınıfları için sualtı gürültüsünün öngörülen 1/3 oktav bant kaynak düzeyleri



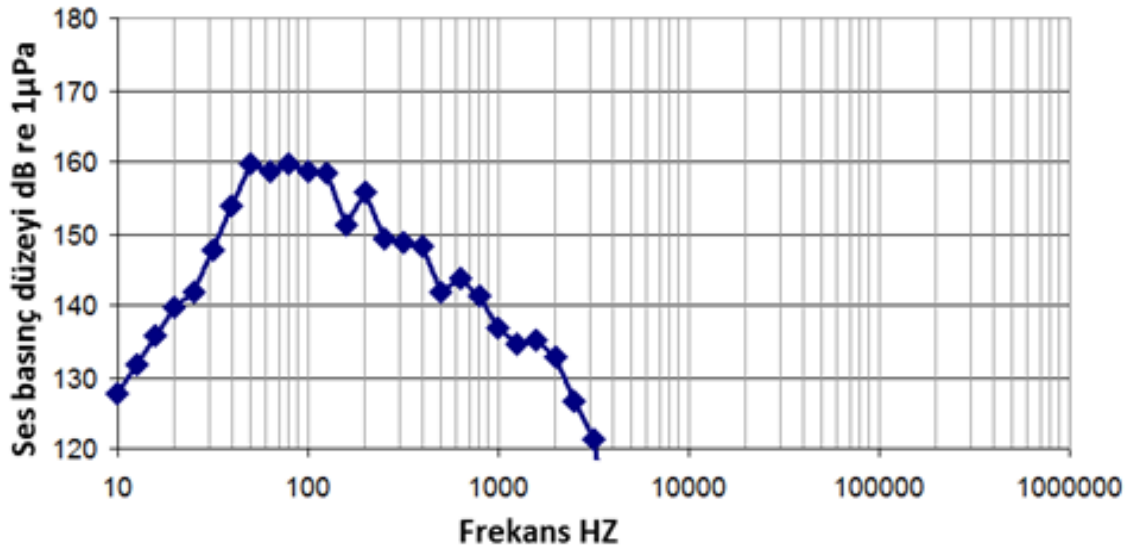
3.2.2 Boru döşeme faaliyetleri

Boru döşeme işlemleri sırasında boru döşeme gemisinin yanı sıra bir dizi tedarik ve destek gemisi de faaliyette olacaktır. Geminin kıç tarafındaki ekipman yardımı ile suya indirilen boru hattı üzerinde aşırı gerilim yaratmamak için gemi yavaş hareket eder. Önemli gürültü bileşenleri arasında, muhtemelen güvertedeki jeneratörler, motor ve kaldırma düzeneği bulunacaktır.

Schiehallion sahasında gerçekleştirilen boru döşeme faaliyetleri sırasında, Shetland civarındaki bazı konumlarda *Solitaire* gemisi için ayrıntılı sualtı gürültüsü ölçümleri yapılmıştır [9]. Kaydedilen gürültünün, geminin motor sesinden ve boru döşeme faaliyetinden kaynaklandığı varsayılmıştır. Gemiden çeşitli uzaklıklarda 10 Hz ile 100 kHz arası frekans bandında tüm spektrumda veriler kaydedilmiştir. Sığ su konumlarında, 0,17 km mesafede, 100 Hz ile 1000 Hz frekans aralığında, 120 dB re. 1 $\mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$ maksimum güç spektrum yoğunlukları ölçülmüştür. Bu frekansların üzerinde, ses düzeyleri arka plan gürültü düzeylerinden yaklaşık 30 dB daha yüksek olarak tespit edilmiştir. Boru döşeme faaliyetlerinden kaynaklanan gürültü, 50 kHz'in üzerinde arka plan gürültü seviyesine düşmüştür. Ana gürültü kaynağı mekanizmanın dinamik konumlandırma pervaneleri olduğu düşünülmüştür. Tanımlanabilir başka bir özel kaynak tespit edilmemiştir. Daha derin sularda, gürültü düzeylerinin başka yerlerde kaydedilen ses düzeylerine göre yaklaşık 10 dB daha düşük olduğu görülmüştür. Bunun da, derin sulardaki ses yayılımı özelliklerinden kaynaklandığı sonucuna varılmıştır.

Baltık Denizi'nde Kuzey Akım faaliyetleri sırasında kaydedilen boru döşeme işlemi kaynaklı gürültüler [8], Shetland'da kaydedilenlere göre 2-9 dB daha düşük düzeylerdedir. Genel kaynak düzeyinin, 20 Hz ile 3500 Hz arası bir frekans bandında yaklaşık 182 dB re. 1 μPa @ 1 m olduğu tahmin edilmiştir. Temsili bir frekans spektrumu Şekil 3.2'de verilmektedir. Boru döşeme işleminin, kanal kazısı ile karşılaştırıldığında daha düşük frekanslı gürültüye neden olduğu görülmüştür ve en yüksek bant düzeyleri 30 Hz ila 160 Hz frekans aralığındadır.

Şekil 3.2: 182 dB re. 1 μPa genel kaynak düzeyinde boru döşeme için öngörülen spektrum seviyeleri



3.3 İşletme Aşamasındaki Faaliyetler

3.3.1 Bakım ve Onarım

Bu aşamada gerçekleştirilecek faaliyetlerin, İnşaat Aşaması sırasında gerçekleştirilecek olan faaliyetlere benzer veya daha sınırlı olacağı düşünülmektedir. Bu nedenle, gürültü düzeyleri yukarıda incelenenlere muhtemelen benzer olacaktır.

3.4 Arka Plan Gürültüsü

Yayınlanmış literatürde, Karadeniz'deki arka plan gürültüsü hakkında veri bulunamamıştır. Aşağıda derin sulardaki ortam gürültüsü hakkında kısa bir değerlendirme yer almaktadır ve temsili gürültü düzeylerine ilişkin tahminler buna bağlı olarak yapılabilir.

Denizdeki arka plan gürültüsü, herhangi bir tanımlanabilir kaynağın bulunmadığı durumlarda kalan gürültü olarak tanımlanmıştır. Bu nedenle, yaygın, süregelen arka plan gürültüsünün, insan kaynaklı tüm ses kaynaklarını bastırma etkisi vardır: Bu durumda insan kaynaklı gürültü arka plan gürültüsünün altına düşerek artık işitilemez hale gelir.

Özel bir insan kaynaklı faaliyetin olmadığı derin sularda, gürültü kaynakları frekans spektrumları incelenerek belirlenebilir [10]. 1 Hz'in altında, gürültünün nedeni büyük oranda gelgit ve dalgalar gibi hidrostatik olaylar veya deniz tabanının çok altından kaynaklanan jeolojik hareketleri izleyen sismik olaylardır. 1 Hz ile 20 Hz arasında hakim ses kaynağı okyanus türbülansıdır ve yaklaşık 500 Hz'e kadar olan frekanslarda hakim gürültü kaynağı uzaktaki gemi trafiğidir. Burada, gürültünün her yönde eşit olduğu uzak gemi trafiğiyle, gürültünün belirli bir yönde daha belirgin olduğu yakın gemi trafiği arasındaki ayrım vurgulanmalıdır. 50 Hz ile 50 kHz arasında gürültü, asıl olarak, dalgalar yükseldiğinde rüzgarın su yüzeyi üzerindeki etkisinden kaynaklanmaktadır. 50 kHz'in ötesinde, denizin moleküler hareketinden kaynaklanan termal gürültü hakimdir.

Derin sularda, farklı gemi trafiği düzeyleri ve farklı deniz koşulları için gürültü spektrumlarını belirlemek amacıyla Wenz eğrileri [11] kullanılabilir. Düşük gemi trafiği düzeyleri ve görece sakin havalar için, 30 Hz ile 10 kHz frekans aralığında arka plan gürültü düzeyleri maksimum 65 dB re. 1 $\mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$ değerine ulaşır. Yoğun gemi trafiği ve fırtınalı havalar aynı anda söz konusu olduğunda, maksimum gürültü düzeyi 95 dB re. 1 $\mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$ değerine ulaşabilir. Karadeniz'in derin sularında, arka plan gürültüsü düzeyi aralığı için minimum ve maksimum değerler olarak sırasıyla 70 dB re. 1 μPa ve 100 dB re. 1 μPa kullanılması önerilmektedir.

3.5 Ses Kaynağı Özelliklerinin Özeti

Literatür verilerinin incelenmesi ile, bir denizaltı boru hattının inşaatı ve işletimi sırasında söz konusu olabilecek faaliyetlerin bir listesi oluşturulmuştur. Daha önce yayınlanan verilere dayanılarak, boru döşeme faaliyetleri için kaynak düzeyinin 182 dB re. 1 μPa olduğu varsayımı yapılmıştır.

İlgili verilerin yokluğunda, Karadeniz'deki sualtı arka plan gürültü düzeyleri, derin su konumları için Wenz eğrilerine ve daha sığ konumlar için Kuzey Denizi'nde yapılan ölçümlere dayanarak belirlenmiştir. Bu kısımda belirtilen veriler, sualtı akustik yayılım modellemesi için girdi parametreleri olarak kullanılacaktır.

4 Karadeniz'deki Hassas Deniz Faunası

4.1 Giriş

Güney Akım Açık Deniz Doğal Gaz Boru Hattı için daha önce yapılan incelemelerde, Proje Alanında bulunma potansiyeli olan çeşitli balık, kuş ve memeli türleri tanımlanmıştır [12]. Proje Alanı, 2009 ile 2013 yılları arasındaki fizibilite ve tasarım aşamaları sırasında Proje için yürütülen incelemelerin yapıldığı yerler olarak tanımlanmaktadır [12]. Bu kısımda, ilgili türlerin sualtı gürültüsüne akustik hassasiyetine bir genel bakış sunulmakta ve ayrıca bu türlerin Uluslararası Doğal Hayatı Koruma Birliği (IUCN) [13] Kırmızı Listesi ve Karadeniz Kırmızı Veri Kitabı'na [14] göre koruma statüleri belirtilmektedir.

4.2 Deniz Memelileri

Yukarıda belirtilen üç geçmiş incelemede üç tür deniz memelisi gözlemlenmiş ve bunlar IUCN Kırmızı Listesi [13] ile Bulgaristan ve Karadeniz Kırmızı Veri Kitabı koruma statüleriyle [14] birlikte Tablo 4.1'de listelenmiştir.

Afalina ve tırtağın Karadeniz popülasyonları yunusun alt türleri olarak tanımlanmakta ve IUCN tarafından da bu şekilde değerlendirilmektedir. Balina ve yunusların işitme duyuları oldukça gelişmiştir ve iletişim kurmak için sestten yararlanırlar [4]. Yüksek düzeyde sualtı sesinden kaynaklanan etkilere karşı hassastırlar. Bu durum Kısım 5'te daha ayrıntılı olarak ele alınacaktır.

Tablo 4.1: Karadeniz'de bulunan deniz memelisi türleri

Memeliler	Koruma durumu
Karadeniz afalinası (<i>Tursiops truncatus ponticus</i>)	IUCN Tehlikede (En) Karadeniz Kırmızı Veri Kitabı Verileri Yetersizdir (DD)
Karadeniz tırtağı (<i>Delphinus delphis ponticus</i>)	IUCN Hassas (Vu) Karadeniz Kırmızı Veri Kitabı Verileri Yetersizdir (DD)

4.3 Balıklar

Tablo 4.2'de, Proje Alanında bulunan balık türleri ve bu türlerin IUCN Kırmızı Listesi [13] ve Karadeniz Kırmızı Veri Kitabı [14] koruma statüleri listelenmiştir. Ayrıca, bu balıkların Fay ve Popper [15] tarafından önerilen terimlere dayanarak "sesi algılamaya duyarlı" veya "genel ses algısına sahip" olarak sınıflandırması da sunulmuştur. Bu iki kategori arasındaki fark, balığın sualtı sesine karşı göreceli hassasiyetlerinin karşılaştırmasına ve bu da balığın iç fizyolojisine dayanır. "Genel ses algısına sahip" türlerin genellikle hava kesecikleri yoktur ve bu balık türlerinin işitme duyuları görece zayıftır. Buna karşılık, bazı balık türlerinde hava keseciği bulunmaktadır. Bu gaz dolu kesecik, balığın sudaki dengesini sağlayan bir yüzme kesesi, akciğer ve ses üreten organ olarak da farklı işlevleri gerçekleştirir. Buna ek olarak, hava keseciği sualtı sesini güçlendirerek balık türünün işitme kapasitesini artırabilir, ancak yalnızca bu keseciğin varlığı bir balığın "sesi algılamaya duyarlı" olması için yeterli değildir. Bazı türlerde (örneğin, ringa ve diğer sardalye türleri), iç kulak ile hava keseciği arasında ses algılama becerisini artıran bir bağlantı bulunur ve bu özellik "sesi algılamaya duyarlı" olarak sınıflandırılmalarına yol açar. "Sesi algılamaya duyarlı" olarak nitelenen balıklar bu nedenle sualtı gürültüsüne karşı daha hassastır.

4.4 Sonuç

Proje Alanında yaşayan çeşitli deniz faunası türlerinin sualtında veya havada yayılan sese karşı duyarlı olduğu ve bu nedenle rahatsız olabileceği tespit edilmiştir. Bu gibi hassas hayvanlar için, sese maruz kalmalarının ardından karşı karşıya kalabilecekleri riskleri hesaplamak için sağlam bir metodoloji belirlenmesi önemlidir. Bu konu bir sonraki kısımda ele alınmaktadır.

Tablo 4.2: Projeye ilgili olarak Karadeniz'de bulunan balık türleri

Balıklar	Koruma Statüsü	Sesi Algılama Yeteneği
Hamsi (<i>Engraulis encrasicolus</i>)	IUCN Hassas (Karadeniz'in Türkiye kesimi)	Olası sesi algılamaya duyarlı
Palamut (<i>Sarda sarda</i>)	IUCN Asgari Endişe Karadeniz Kırmızı Veri Kitabı Kritik (DD)	Olası sesi algılamaya duyarlı
Karadeniz sarıkuyruk istavriti (<i>Trachurus mediterraneus ponticus</i>)	IUCN Hassas (Karadeniz'in Türkiye kesimi)	Olası sesi algılamaya duyarlı
Uskumru (<i>Scomber scombrus</i>)	IUCN Asgari Endişe	Olası sesi algılamaya duyarlı
Mahmuzlu camgöz (<i>Squalus acanthias</i>)	IUCN Hassas	Olası genel ses algısına sahip
Çaça (<i>Sprattus sprattus</i>)	IUCN Hassas (Karadeniz'in Türkiye kesimi)	Olası sesi algılamaya duyarlı
Mezgit (<i>Merlangius merlangus</i>)	IUCN Değerlendirilmedi	Olası sesi algılamaya duyarlı, ancak ultrasona duyarlı

5 Akustik Etkiler ve Eşikler

5.1 Giriş

Bir türün sualtı gürültüsünden ne derece etkileneceği, ilgili türün işitme becerisine, bireylerin sese maruz kaldığı sıradaki faaliyetlerine/davranışlarına ve sesin seviye, frekans ve süresine bağlıdır.

Raporun bu kısmında, Proje için sualtı gürültüsünün etkisini değerlendirmek üzere çeşitli araştırmacılar tarafından önerilen değerlendirme kriterleri kısaca tanımlanmaktadır. Daha sonra bu kriterler, sualtı akustik yayılım modellemesinin sonuçları kullanılarak, gürültü kaynaklarına ilişkin etki alanlarını tahmin etmekte kullanılmıştır.

Burada ele alınan kriterlerin açık deniz koşullarında henüz çok az miktarda doğrulandığını ya da doğrulamasının yapılmadığını da belirtmek gerekmektedir. İşitsel hasar kriterlerinin geliştirilmesi için, az sayıda hayvanın yerleştirildiği laboratuvar tanklarıyla yapılan kontrollü testlerden elde edilen işitsel hasar verileri temel alınmıştır. Eş zamanlı akustik ölçümlerle davranışsal kaçınma gözlemleri çok az sayıda olduğundan, davranışsal kaçınma kriterleri tartışmaya açıktır. Hiçbir yaklaşımın yararı veya yetersizliği hakkında, burada ya da müteakip olarak etki azaltma bölgelerinin hesaplanması sırasında, bir yargıda bulunulmamaktadır.

5.2 İşitsel Hasar

5.2.1 Deniz Memelileri

Deniz memelileri, ölüme ya da fiziksel hasara yol açacak düzeyin altındaki ses basıncına maruz kaldıklarında kalıcı ya da geçici işitme kaybına uğrayabilmektedirler. Memelilerdeki kalıcı işitme kaybı, iç kulaktaki işitme kılı hücrelerinin ölümünden kaynaklanmaktadır. Bu, belli frekanslardaki duyarlılık eşliğinde kalıcı bir artışa yol açmakta ve Kalıcı Eşik Kayması (PTS) olarak adlandırılmaktadır.

Geçici Eşik Kayması (TTS) geçici bir işitme kaybıdır ve bir hasar olarak kabul edilmemektedir [3]. TTS sırasında işitme eşiği yükselir ve bir sesin işitilebilmesi için daha güçlü olması gerekir. En azından kara memelilerinde TTS dakikalar, saatler ya da (güçlü TTS söz konusuysa) günler sürebilir. TTS eşiğindeki ya da üzerindeki seslere maruz kalındığında hem kara hem de deniz memelilerinin işitme hassasiyetleri, sese maruz kalma sona erdikten sonra hızlı bir şekilde iyileşir. Deniz memelilerinde hafif TTS ortaya çıkması için gereken ses düzeyleri ve süreleri hakkında az miktarda veri mevcuttur. Deniz memelileriyle ilişkili TTS hakkında mevcut bilgiler Southall *ve diğerleri* tarafından detaylı bir şekilde incelenmiştir [17].

Southall *ve diğerleri* [17] memelileri işitme yetilerinin frekans tepkisine göre sınıflandırmıştır. Southall *ve diğerleri* hasar (ve davranışsal tepki) için eşiklerin beş işlevsel işitme grubu için ayrı ayrı incelenebileceğini öne sürmektedir: düşük frekanslı balina ve yunuslar (işlevsel işitme aralığının 7 Hz ila 22 kHz olduğu belirlenen dişsiz balinagiller); orta frekanslı balina ve yunuslar (dişli balinagillerin çoğu, 150 Hz ila 160 kHz); yüksek frekanslı balina ve yunuslar (diğer dişli balinagiller, 200 Hz ila 180 kHz); su yüzgeçayaklıları (75 Hz ila 75 kHz) ve hava yüzgeçayaklıları (75 Hz ila 30 kHz). Afalinalar ve tırtıklar, orta frekans anlamına gelecek şekilde M_{of} olarak sınıflandırılmıştır [18].

Southall *ve diğerleri* [17] tarafından incelenen çalışmalar, işitme hasarının yüksek sese bir kez maruz kalma sonrasında ya da daha düşük düzeyde bir sese birden fazla maruz kalma sonucunda ortaya

çıkabileceğine işaret etmektedir. İlk durumda eşik, maksimum ses basıncı tarafından belirlenirken ikinci durumda eşik, bir zaman diliminde enerjinin birikimini gösterecek şekilde sese maruz kalma düzeyi (SEL) tarafından belirlenmektedir.

Değerlendirme kriterleri aynı zamanda, kazık çakma sırasında ortaya çıkan çoklu darbe ve seyir ya da sondajdan kaynaklanan darbesiz ya da sürekli gürültü gibi gürültü türlerine dayanmaktadır. Buna bağlı olarak, maksimum düzey metriği kullanılarak PTS için eşik 230 dB re. 1 μPa olarak belirlenmiştir. Enerji metrikleri kullanılarak ise, ilgili eşikler, çoklu darbeye maruz kalma için 198 dB re. 1 μPa^2 s SEL M-Ağırlıklandırılmış ve darbesiz sese maruz kalma için 215 dB re. 1 μPa^2 s SEL M-Ağırlıklandırılmış şeklinde belirlenmiştir. Çoklu darbe ve darbesiz sesler için TTS oluşturan eşik düzeyleri sırasıyla 224 dB re. 1 μPa (zirve) ve 183 dB re. 1 μPa^2 s SEL M-Ağırlıklı ve 200 dB re. 1 μPa^2 s SEL M-Ağırlıklandırılmış şeklindedir.

ABD Ulusal Deniz Balıkçılığı Hizmetleri (NMFS) balina ve yunuslar için hasar oluşmaması sınırı olarak 180 dB re. 1 μPa (RMS) düzeyini belirlemiştir [19,20]. Yukarıda verilen eşik düzeyleriyle karşılaştırıldığında, bu tedbir amaçlı bir değer olarak nitelendirilebilir.

5.2.2 Deniz Balıkları

Balıklar için belirlenmiş olan akustik etki kriterleri azdır. Kaliforniya Eyaleti Ulaştırma Dairesi (Caltrans), ABD Federal Otoyol İdaresi (FHWA) ve Oregon ve Washington'daki eyalet ulaştırma daireleriyle birlikte, bir Balıkçılık Hidroakustik Çalışma Grubu (Fisheries Hydroacoustic Working Group - FHWG) oluşturmuştur [21]. Bunun amacı sualtı kazık çakma çalışmalarından kaynaklanan ses basıncının balıkçılık üzerindeki etkilerine ilişkin rehberlik sağlamaktır. Bu amaçla, kazık çakma gürültüsünün balıklara zararının ölçülebilmesi için ara kriterler önerilmiştir. Bu kriter, vücut ağırlığı 2 gram ve üzeri olan balıklar için maksimum düzeyi 206 dB re. 1 μPa (zirve) ve kümülatif SEL seviyesi 187 dB re. 1 μPa^2 (SEL) olan veya ağırlığı 2 gramdan düşük balıklar için SPL (zirve) değişmeden kalmak koşuluyla kümülatif SEL değeri 183 dB re. 1 μPa^2 (SEL) olan ikili bir kriterdir.

5.3 Davranışsal Tepkiler – Giriş

Düşük ses basınç düzeylerinde, balıkların ve deniz memelilerinin normal davranışlarında değişimler meydana geldiği gözlenmiştir. Bu değişimler ses karşısında irkilme tepkisinden mevcut faaliyetlerinin (örn. beslenme, büyüme, üreme) durmasına kadar değişebilmekte ya da hayvanlar alanı bir süre için terk edebilmektedir. Genellikle davranışsal etkiler bağlama göre değişmekte ve kolay göze çarpmamaktadır. Gözlenen sonuçların istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığına karar vermek için titiz deneysel prosedürlere ve çok sayıda analize gereksinim vardır. Davranışsal değişiklikleri destekleyen bazı çalışmalar aşağıda belirtilmiştir.

Goold [22], İrlanda Denizi'ndeki sismik incelemelerin öncesinde, incelemeler sırasında ve sonrasında tırtağın (*Delphinus delphis*) inceleme gemisinin 1 ila 2 km uzağındayken kaçınma tepkisi verdiğini gözlemlemiştir. Bu çalışmada, gözlemlenen tepkilere neden olan ses basınç düzeyleri verilmemiştir, ancak tahmini ses basınç düzeyleri kaynak seviyesinden 60 – 80 dB düşük, muhtemelen yaklaşık 120 - 130 dB re. 1 μPa seviyesindedir.

Bir dizi deney sonucunda, Nedwell ve diğerleri [23] kafesteki deniz alalarının (*Salmo trutta*) vibrasyonlu kazık çakmaya maruz kaldıklarında, 25 m mesafede herhangi bir davranışsal tepki göstermediklerini tespit etmiştir. Bu aralıktaki ses basıncı kaydedilmemiştir. Benzer şekilde darbeli kazık

çakma işlemine maruz kalan balıklarda, kaynaktan 400 m uzaklıkta davranışsal değişiklikler gözlenmemiştir. Bu aralıkta ses basıncının 134 dB re. 1 μ Pa düzeyinde olduğu tahmin edilmektedir.

Alıcı ortamlardaki ses düzeylerinin ölçülmesi ve bununla birlikte davranışsal tepkilerin analizi, davranışsal tepkilerin öneminin değerlendirilmesi için etki kriterlerinin geliştirilmesini sağlamıştır. Bunlar, eşiklerin hedef türlerin işitme hassasiyetlerini hesaba katmadığı ağırlıklandırılmamış metrikler ve hassasiyetlere yer verilen ağırlıklandırılmış metrikler şeklinde iki sınıfa ayrılmaktadır (ağırlıklandırılmış ve ağırlıklandırılmamış metrikler arasındaki fark Ek A'da özet olarak verilmiştir).

5.3.1 Davranışsal Tepkiler – Ağırlıklandırılmamış Metrikler

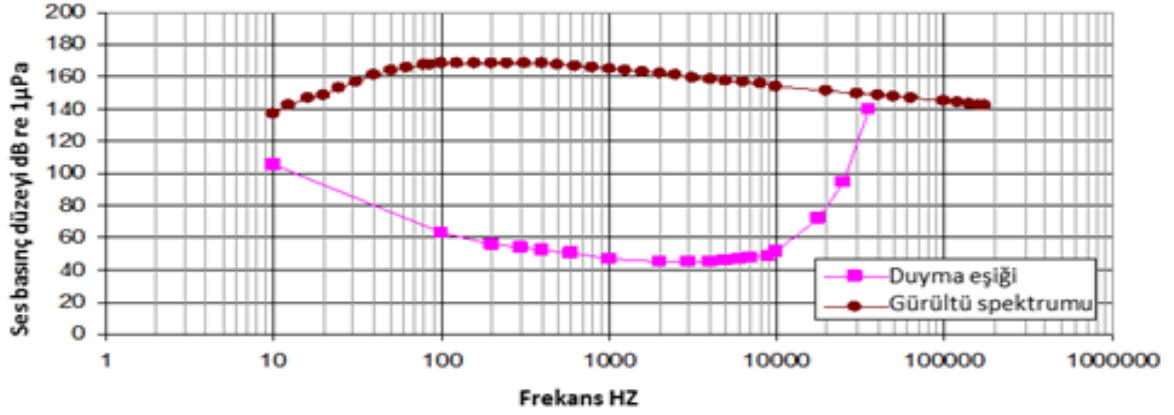
Ağırlıklandırılmamış metriklerden yararlanan davranışsal eşikler aşağıdakileri içermektedir:

- B Düzeyi-Rahatsızlık (ABD Federal mevzuatındaki 1972 tarihli Deniz Memelilerinin Korunması Kanunu'nda 1994 yılında yapılan değişiklikle tanımlanmıştır), "*doğadaki bir deniz memelisinin ya da deniz memelisi stoğunun, göç, solunum, bakım, üreme, beslenme, ya da barınmayı da içeren ancak bunlarla sınırlı olmayan davranış kalıplarını bozacak şekilde rahatsız etme potansiyeli olan; ancak bir deniz memelisinde ya da deniz memelisi stoğunda sakatlığa yol açma potansiyeli olmayan ses düzeyi*" olarak tanımlanmaktadır. Darbe etkili sesler için bu eşik 160 dB re. 1 μ Pa (RMS), sürekli sesler için ise 120 dB re. 1 μ Pa (RMS) olarak tanımlanmıştır [24];
- Eşiğin 140 dB re. 1 μ Pa (RMS) düzeyinde tanımlandığı darbe etkili seslere karşı Düşük Seviyeli Huzursuzluk [24].

5.3.2 Davranışsal Tepkiler – Ağırlıklandırılmış Metrikler (dB_{ht})

Ağırlıklandırılmış metriğe dayalı davranışsal eşikler dB_{ht} metodolojisini temel alır [25]. dB_{ht} tekniği, ele alınan gürültünün frekans spektrumu ile hedef türün işitme eşiğinin karşılaştırılmasına dayanır. Bir gürültü kaynağının frekans spektrumu ile genel ses algısına sahip bir balığın işitme hassasiyeti eğrisi Şekil 5.1'de verilmiştir. İki eğri arasındaki fark, balığın algıladığı şekliyle gürültünün görünür ses şiddetini vermektedir. Ses yayılımındaki kayba ilişkin veriler (yapılan akustik modelleme kullanılarak hesaplanmış ve Kısım 6'da ele alınmıştır) her tür için kaynağın görünür ses şiddetine uygulanmıştır. Bunu takiben, SPL'nin her bir davranışsal etki için eşiğe denk düştüğü aralık kolaylıkla bulunabilir.

Şekil 5.1: Hayvan işitme hassasiyeti ile gürültü spektrumu seviyelerinin karşılaştırılması



Bir sese karşı oluşan tepkinin, türün işitme eşiğinin üzerindeki bir düzey olarak verildiği dB_{ht} ölçeği, sesin insanlardaki davranışsal etkilerini derecelendirmekte kullanılan $dB(A)$ ölçeğinin bir benzeridir. Doğada bir türün tepkisinin olasılıksal olduğu dikkate alınmıştır, örn. alıcıyı etkileyen belirli bir ses basınç düzeyine bir türden bir birey tepki verirken diğer bir birey vermeyebilmektedir. Yaygın olarak kullanılan iki etki seviyesi vardır:

1. 90 dB_{ht} (tür) bireylerin çoğunda önemli bir kaçınma tepkisi yaratacak bir düzeyi temsil etmektedir;
2. 75 dB_{ht} (tür) bireylerin çoğunda daha hafif bir kaçınma tepkisi yaratacak bir düzeyi temsil etmektedir.

Yukarıdaki eşikler kullanılarak, her bir etki kriterinin karşılandığı ses kaynağına uzaklıklar belirlenebilir.

dB_{ht} tekniği işitme eşik eğrisi mevcut olan tüm türlere uygulanabilir. Bu yüzden hem deniz memelileri hem de balıklar için geçerlidir.

5.4 Akustik Etki Eşiklerinin Özeti

Karadeniz'deki deniz memelileri ve balıklar üzerindeki akustik etkinin önemini değerlendirmek için kullanılan kriterler Tablo 5.1'de özetlenmektedir. Etki kriterlerinin çoğu deniz memelileriyle ilgilidir. Hedef tür belirtilmediği durumlarda etkiler hem deniz memelileri hem de balıklara uygulanabilir.

Tablo 5.1: Akustik etki eşik kriterlerinin özeti

Maruziyet sınırı	Etki	Çalışma
240 dB re 1 μPa (Zirve)	Öldürücü etki	Yelverton ve Richmond (1981)
230 dB re. 1 μPa (Zirve) Ağırlıklandırılmamış	Balina ve yunuslarda PTS başlangıcı	Southall ve diğerleri (2007)
215 dB re.1 μPa^2 s SEL M-Ağırlıklı	Darbeleri olmayan seslere maruz kalan balina ve yunuslarda PTS başlangıcı	Southall ve diğerleri (2007)
198 dB re.1 μPa^2 s SEL M-Ağırlıklı	Çok darbeleri sese maruz kalan balina ve yunuslarda PTS başlangıcı	Southall ve diğerleri (2007)
224 dB re. 1 μPa (Zirve) Ağırlıklandırılmamış	Balina ve yunuslarda TTS başlangıcı	Southall ve diğerleri (2007)
200 dB re. 1 μPa^2 s SEL M-Ağırlıklı	Balıklarda hasar başlangıcı	Kaliforniya DOT

Maruziyet sınırı	Etki	Çalışma
200 dB re. 1µPa ² s SEL M-Ağırlıklı	Darbeli olmayan seslere maruz kalan balina ve yunuslarda TTS başlangıcı	Southall <i>ve diğerleri</i> (2007)
187 dB re. 1µPa ² s SEL Ağırlıklandırılmamış	Vücut ağırlığı 2 g ve daha fazla olan balıklarda hasar başlangıcı	Kaliforniya DOT
183 dB re. 1µPa ² s SEL Ağırlıklandırılmamış	Vücut ağırlığı 2 g altında olan balıklarda hasar başlangıcı	Kaliforniya DOT
183 dB re. 1µPa ² s SEL M-Ağırlıklı	Çok darbeli sese maruz kalan balina ve yunuslarda TTS başlangıcı	Southall <i>ve diğerleri</i> (2007)
180 dB re. 1 µPa (RMS)	İşitsel hasar kriterleri – balina ve yunuslar	NMFS, (1995)
160 dB re. 1 µPa (RMS)	Çok darbeli sese maruz kalan balina ve yunuslarda B Düzeyi Rahatsızlık	NMFS, (1995)
140 dB re. 1 µPa (RMS)	Çok darbeli sese maruz kalan balina ve yunuslarda düşük seviye rahatsızlık	NMFS, (1995)
120 dB re. 1 µPa (RMS)	Sürekli sese maruz kalan balina ve yunuslarda B Düzeyi-Rahatsızlık	NMFS, (1995)
90 dB _{ht} türe özel işitme eşiğinin üzeri	Güçlü kaçınma tepkisi	Nedwell <i>ve diğerleri</i> (2005)
75 dB _{ht} türe özel işitme eşiğinin üzeri	Hafif kaçınma tepkisi	Nedwell <i>ve diğerleri</i> (2005)

6 Sualtı Akustik Yayılım Modellemesi

6.1 Giriş

Sualtı sesinin deniz yaşamına etkilerini değerlendirmek için, yayılımın gürültü kaynağından uzak bir noktaya dek modellenmesi gerekmektedir. Doğruluğun sağlanması için, süreç değişmez bir şekilde karmaşık modelleme teknikleri ve konuma özel Proje verileri gerektirir. Bu kısımda, kullanılan akustik modeller ve modeller için girdi parametreleri olarak gerekli olan jeo-akustik ve oşinografik veriler ele alınmaktadır.

6.2 Modelin Açıklanması ve Sınırları

Deniz çevresindeki akustik yayılımı belirlemek için çeşitli modeller mevcuttur. Her modelin, girdi gereklilikleri ve hesaplama yöntemleri açısından güçlü ve zayıf yanları bulunmaktadır, ancak tümünde su sütunu ses hızı profili (SSP) ve sediman akustik özellikleri gibi çeşitli çevre parametreleri tanımlanmıştır.

Yayılım modellemesi için kullanılan çeşitli bilgisayar yazılımlarının değerlendirilmesi Buckingham [26], Jensen *ve diğerleri* [27] ve Etter [28] tarafından yapılmıştır. Bunların birkaç adedi kodlanmış ve Akustik Araç Kutusu'na [29] dahil edilmiştir. Yazılımlar; ışın izleme, normal mod, parabolik denklem ve fast field tekniklerine dayanır. Bu raporda uygulanan analizle ilgili modeller ışın izleme yöntemine dayanan BELLHOP ve parabolik denkleme dayanan RAM'dir. Her iki yazılım da mesafeye bağımlı, akustik açıdan emici deniz tabanı sedimanının üzerindeki bir okyanus dalga kılavuzundaki belirli bir ses hızı profili için 2-D analiz yürütür. Her yazılım, sınırlı bir frekans, su derinliği ve mesafe rejiminde geçerli bir çözüm sunar: parabolik denklem düşük frekansları (<1 kHz) kapsarken, ışın izleme yüksek frekanslar (=>1 kHz) için uygundur. Gürültü kaynakları (bkz. Kısım 3) çok geniş frekans aralığını kapsar ve bu nedenle ilgilenilen tüm frekans aralığının kapsanması için birden fazla türde yazılım kullanılması kabul edilebilir.

Çıktı verilerinin kalitesi, yüksek oranda, konuma özel oşinografik ve jeoakustik verilerin elde edilmesine bağlıdır. Yayılım modelleme sürecinin girdileri olarak kullanılan veri kaynakları aşağıda ele alınmaktadır.

6.3 Transekt Batimetrisi

Su derinliği verileri ETOP01 batimetri veritabanından [30] alınmıştır. Bu, tüm dünyayı kapsayan bir 1 dakikalık ark çözünürlüğünde (Proje Alanında 1,8 km civarında mekansal ayrıma karşılık gelir) bir su derinlikleri veritabanıdır.

Proje Alanında ses yayılımını modellemek amacıyla, bir modelleme konumu seçilmiştir. Modelleme merkezindeki nominal koordinatlar ve bunlara karşılık gelen su derinlikleri Tablo 6.1'de verilmektedir. Su derinliği verileri, nominal merkezden yayılan 12 transekt boyunca alınmış ve böylece her transekt için azimut ayrımı 30° olmuştur.

Karadeniz merkez konumu, Kırım yarımadasının yaklaşık 90 km güneyinde, su derinliklerinin 2.000 m'nin üzerinde olduğu, Karadeniz'in daha derin kesimindedir.

Tablo 6.1: Modelleme konumları

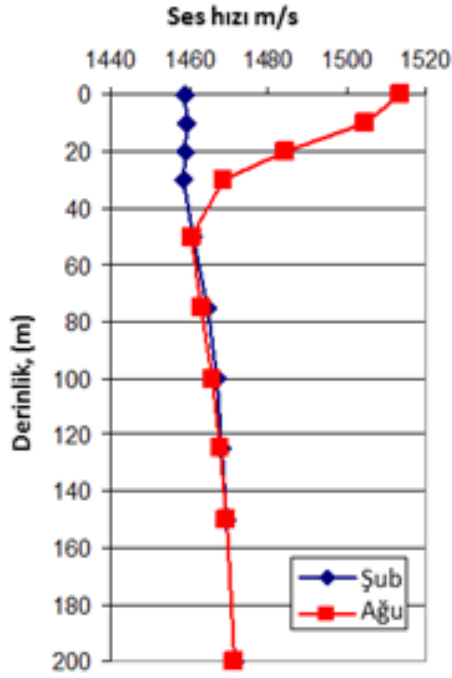
Yer	Enlem	Boylam	Su derinliği
Karadeniz'in merkezi	43°24.41'N	036°0.23'E	2,171 m

6.4 Oşinografik Veriler

Oşinografik veriler, Dünya Okyanus Atlası'ndan (WOA 2009) [31] alınmıştır. Bu veriler, gridli aylık sıcaklık, tuzluluk ve derinlik örneklerinden oluşur ve bunlardan yola çıkılarak Proje Alanının ses hızı profilleri, Chen-Millero [32] ilişkisi kullanılarak oluşturulabilir.

Bir yıl süresince, en üst katmanlar ısınıp soğudukça ses hızı profilinin niteliği değişir. Kış sırasında, en üst katmanların sıcaklığı 8° C civarındadır ve bu sıcaklık düzeyi nispeten düşük ses hızlarına neden olur. Su sütununda derine indikçe ve bu nedenle basınç arttıkça, ses hızı da artar ve bu da ses hızının yukarı doğru, en üstteki 200 m boyunca kırılmasına yol açar. Bahar ve yaz aylarında, güneşin artan ısıtma düzeyleriyle, en üst katmanlar ısınır ve böylece ses hızı artar. Isınma etkisi, 50 m civarına kadar ulaşır ve yüze yakın kısımlarda (0-50 m arası) yukarı doğru kırılan bir katman, mevsimsel termokline (50-200 m) işaret eden aşağı doğru kırılan bir profil ve son olarak deniz tabanına doğru artan ses hızı oluşturur. Sonbahar ve kışın başında, mevsimsel fırtınalar ve güneşin azalan ısıtma düzeyleri, kış profiline ulaşılan kadar zamanla azalan yüzey kanalı ve mevsimsel termoklinle sonuçlanır. Bu nedenle ılık sularda, Şubat ve Ağustos ayları aşırı ses yayılımına yol açan ses hızı profilleri sağlar ve Karadeniz merkezi modelleme konumu için bu profiller Şekil 6.1'de verilmektedir. Şekil 6.1 belirli bir ay için profilde dikkate değer benzerlik göstermektedir. Şubat sırasında, ses hızı profili tüm su sütunu boyunca güçlü bir şekilde yukarı doğru kırılır. Bu profilde, ses deniz tabanından denizin yüzeyine doğru yönlenecektir. Deniz yüzeyinden yansıma nedeniyle gerçekleşen kayıplar, deniz tabanından yansıma sırasında ortaya çıkabilecek kayıplardan çok daha azdır ve bundan dolayı su sütunundaki herhangi bir konumun SPL'leri yılın daha sonrasıyla karşılaştırıldığında kış sırasında biraz yüksek olabilir. Ağustos itibarıyla, ilkbahar ve yaz boyunca yüzey katmanlarının ısınması yaklaşık 50 m derinliğe aşağı doğru kırılan bir profile ve bunun ardından yukarı doğru kırılan bir profile yol açar. Batı konumunda, 10 m derinliğe doğru genişleyen zayıf bir yüzey kanalı bulunduğu dair bulgular mevcuttur. Sığ kaynaklarda, enerji aşağıya doğru yönlenebilir ve burada su-sediman arayüzünde kısmen yansıdığından ve emildiğinden enerji kaybı yaşanır [27]. Bu nedenle ses yılın daha öncesiyle kıyaslandığında Ağustos sırasında çok uzun mesafelere yayılmaz.

Şekil 6.1: Karadeniz için ses hızı profilleri – merkezi konum



Deniz yüzeyi düzlemsel, pürüzsüz bir katman olarak modellenenebilir, bu da rüzgar veya dalga hareketlerinden etkilenmeyen bir sınır oluşturur. Bu koşulla ilişkili yansıma kayıpları, yüzey kabardığındaki kayıplarla karşılaştırıldığında asgari düzeydedir [10]. Buna bağlı olarak, belirli bir derinlikteki ve mesafedeki genel ses düzeyleri, yüzey kabardığında oluşabilecek ses düzeylerinden daha yüksek olur: bu, 'önleyici koşul' olarak anılmaktadır. Alternatif bir yaklaşım, klimatolojik ortalama yüzey rüzgar hızı kullanımına dayanan 'tipik koşulu' ele almaktır; bundan bir yüzey kabarma parametresi türetilebilir. Bu da, yayılım modelinde ek akustik kayıplara yol açar ve belirli bir mesafedeki ses basıncı düzeylerinin, deniz yüzeyinin düz ve pürüzsüz modellenmesi durumunda oluşabilecek değerden daha düşük olmasıyla sonuçlanır.

Şubat ve Ağustos ayları için Karadeniz'in derin merkez kesiminin üzerindeki tipik rüzgar hızlarını elde etmek için uydu verileri incelenmiş [33] ve bunlar Tablo 6.2'de özetlenmiştir. Richardson *ve diğerleri* [4], açık denizde tam gelişmiş temsili dalga yükseklikleri için rüzgar hızını parametrize etmiştir (Tablo 6.2) ve bunlar da yukarıda açıklanan akustik yayılım modelleri için uygun girdi verileri sağlamıştır.

Tablo 6.2: Karadeniz'deki tipik rüzgar hızları ve dalga yükseklikleri

Yer	Ay	Rüzgar hızı, knot	Olası dalga yüksekliği
Karadeniz – Merkez	Şubat	12.6 knot	1 m
	Ağustos	8,2 knot	0.6 m

6.5 Deniz Tabanı Jeo-akustiği

Daha önceden hazırlanmış ve bu Proje için de kullanılan raporlar ve ayrıca deniz jeolojisi ve jeofiziği hakkında hakemli dergilerde yayınlanmış makaleler, Karadeniz tabanındaki sedimanların niteliği hakkında bilgiler sağlamaktadır [12,34,35]. Tüm bu kaynaklar, daha derin sularda çamurun hakim olduğuna işaret etmektedir. Derin suda, sediman katmanı kalınlığı 3-4 km'dir. Akustik analizi amacına yönelik olarak, kumtaşı üzerindeki çamur sedimanı ele alınmıştır. Hamilton [36,37,38] deniz tabanı sediman parametreleri için kılavuzluk sağlamaktadır ve bunlar kullanılarak ses hızı ve zayıflama verileri elde edilmiştir. Bu veriler Tablo 6.3'te özetlenmektedir. BELLHOP ve RAM'da ifade edilen klasik 3 katmanlı akustik modelin, kalınlığı yarı sonsuz bir taban varsayımı yaptığı belirtilmelidir.

Tablo 6.3: Derin suda deniz tabanı sediman özellikleri

Katman	Kompresyon dalgası hızı Vp m/s	Yoğunluk kg/m ³	Zayıflama dB/m/kHz	Kalınlık m
Kalkerli çamur	1559	1774	0.471	100
Kumtaşı taban	3913	2360	0.411	Geçerli değil

6.6 Kaynak Modelleme Parametreleri

Kısım 3'te ele alınan ses kaynaklarının tümü sürekli ve geniş bir frekans aralığını kapsar. Bu nedenle, kaynak ve sualtı akustik çevresini temsil etmesi için ideal olarak bir geniş bantlı, zaman alanlı model kullanılmalıdır. Ancak, bunların kullanımı zordur ve bununla ilişkili olarak önemli ölçüde ek zaman gereksinimi ortaya çıkmaktadır [27].

Alternatif bir yaklaşım kaynak frekansı bant genişliğini 1/3 oktavlık bantlara ayırmaktır; burada, her bandın belirlenmiş bir spektrum düzeyi, merkez frekansı ve bant genişliği olmalıdır. Sonraki aşamada, yayılım modellemesi için frekans alanı tipinde (Kısım 6.2'de incelenenlere benzer) bir yazılım kullanılmalıdır.

Akustik kaynaklar için girdi parametreleri Tablo 6.4'te özetlenmektedir.

Tablo 6.4: Akustik modelleme girdi parametreleri

Parametre	Kaynak derinliği	Frekans Hz
Boru döşeme	6 m	10, 12.5, 16, 20, 25, 31, 40, 50, 63, 80,
İşletme sırasında gaz akışı	Deniz tabanı	100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1k, 1.25k, 1.6k, 2k, 2.5k, 3.15k, 4k, 5k, 6.3k, 8k, 10k, 12.5k, 16k, 20k, 25k, 31.5k, 63k, 80k, 100k, 125k, 160k

7 Akustik Yayılım Modellemesinin Sonuçları

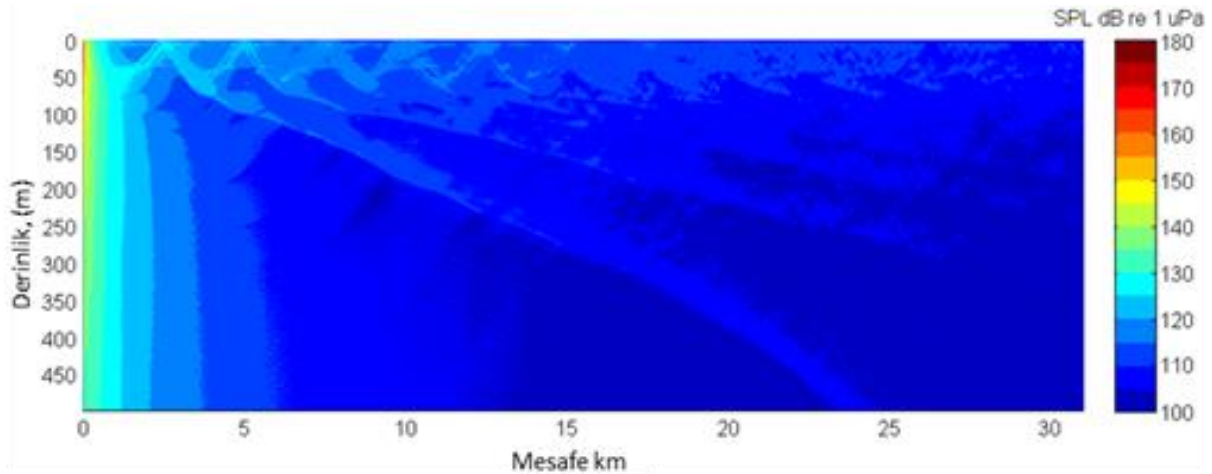
7.1 Giriş

Raporun bu kısmında, mesafeye göre değişen ağırlıklandırılmamış ses düzeylerini belirlemek için Kısım 6'da uygulanan akustik yayılım modellemesi açıklanmaktadır.

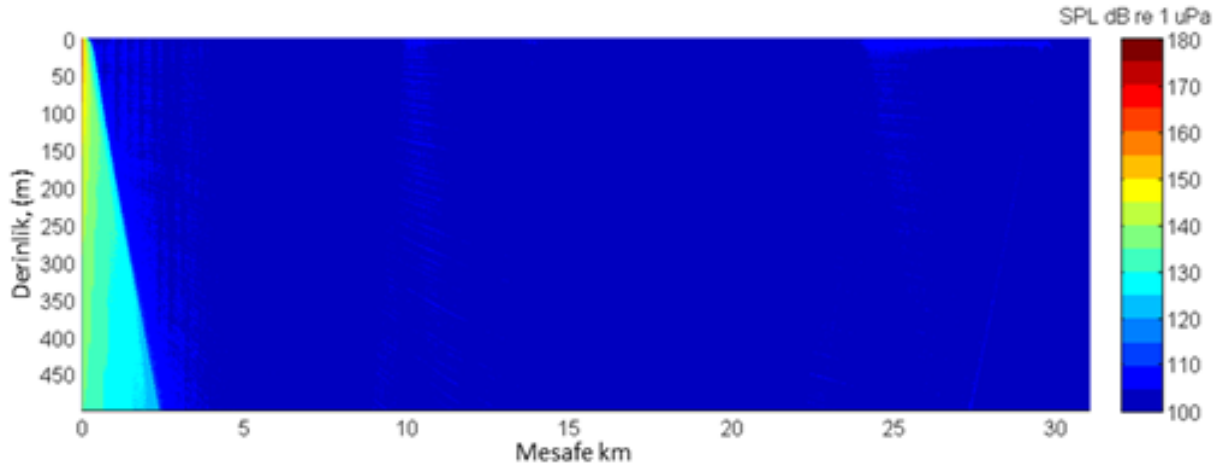
7.2 Boru Döşeme Faaliyetlerinden Kaynaklanan Gürültü

Boru döşeme faaliyetlerinden kaynaklanan gürültü, Şubat ve Ağustos ayları için oşinografik koşullar ve 6 m kaynak derinliği kullanılarak 12 transektin her biri boyunca mesafe ve derinliğin bir fonksiyonu olarak modellenmiştir. Tipik bir sonuç, 180° açılı bir transekt boyunca Şubat oşinografik koşulları kullanılarak hesaplanan ve derinlik ile mesafenin bir fonksiyonu olarak ses basınç düzeyini (SPL) gösteren Şekil 7.1'de verilmektedir. SPL'nin yaklaşık 15 km'lik bir mesafede, 182 dB re. 1 μ Pa değerinden yaklaşık 110 dB re. 1 μ Pa değerine düştüğü görülmektedir. En üstteki 50 m'lik tabakada görülen SPL'lerin, su sütununun alt kısımlarındaki SPL'lerden biraz daha yüksek olduğu görülmektedir. Sesin deniz yüzeyinden aşağı doğru yansıdığı ve sonra 2 km'lik bir döngü mesafesi boyunca yeniden yukarıya doğru kırıldığı ses alanında belirgin bir yapı göze çarpmaktadır. Bu özel davranış, en yüksek SPL'lerin su yüzeyine yakın yerlerde görülme olasılığını artırmaktadır. Ağustos ayında aşağı doğru kırılan ses hızı profili (Şekil 7.2), yayılan sesi deniz yüzeyinden uzağa yönlendirmekte ve yılın daha önceki zamanlarında açıkça görülen "döngü" yapısının kaybolmasını sağlamaktadır. Bunun sonucunda, belirli bir mesafe ve derinlikteki SPL'ler, kış ayları sırasında ortaya çıkanlarla karşılaştırıldığında yaz aylarında daha düşük olmaya yatkın olmaktadır.

Şekil 7.1: 180° derece açıda ve Şubat oşinografi koşulları kullanılarak derin suda hesaplanan boru döşeme gürültüsü için mesafe ve derinliğin bir fonksiyonu olarak SPL kontur grafiği



Şekil 7.4: 180° derece açıda ve Ağustos oşinografi koşulları kullanılarak derin suda hesaplanan boru döşeme gürültüsü için mesafe ve derinliğin bir fonksiyonu olarak SPL kontur grafiği



8 Akustik Etki Analizi – Bireysel Maruz Kalma

8.1 Giriş

Boru döşeme faaliyetlerinin oluşturduğu sualtı gürültüsü düzeyleri, burada çeşitli hedef deniz canlıları türleri için etki mesafelerini tahmin etmek amacıyla kullanılmaktadır. Bu türler balina ve yunuslar (afalina ve muturları temsilen) ve balıklardır (hem sesi algılamaya duyarlı hem de genel ses algısına sahip türler). Ağırlıklandırılmamış her etki kriterinin karşılandığı mesafeler, Kısım 7.A'da tartışılan akustik propagasyon modelleme sonuçlarından faydalanılarak belirlenir. Her etki kriteri için mesafenin incelenmesi Kısım 8.2'den 8.4'e dek aşağıda verilmektedir.

8.2 Ölümcül Etki ve Hasar Mesafesi

Projeyle ilişkilendirilmiş tüm kaynaklar tarafından üretilen gürültü düzeyleri yakın mesafede dahi balıklarda ve deniz memelilerinde ölüme sebebiyet verecek düzeyde değildir (240 dB re. 1 μ Pa (zirve) eşiğiyle temsil edilir [16]).

Balıklar için hasarsızlık kriteri (206 dB re. 1 μ Pa (zirve) eşik değerine karşılık gelir [21]) hiçbir Proje faaliyetinde bu düzeye ulaşmayacaktır.

8.3 İşitme Kaybı Mesafesi

Projeyle ilgili tüm ses kaynaklarının oluşturduğu gürültü düzeyleri, balina ve yunuslarda işitme kaybına sebebiyet verecek düzeyde değildir (Southall ve diğerleri [17] tarafından önerilen 230 dB re. 1 μ Pa (zirve) değerindeki Kalıcı Eşik Değişimi (PTS) ve 224 dB re. 1 μ Pa (zirve) değerindeki Geçici Eşik Değişimi (TTS) kriterleri ile temsil edilir). Ancak, balina ve yunuslarda işitme kaybı için ABD Ulusal Deniz Balıkçılığı Hizmetleri (NMFS) tarafından belirlenmiş olan eşik değere [19] (180 dB re. 1 μ Pa (RMS)) boru döşeme faaliyetleri için 2 m mesafede ulaşılmaktadır.

8.4 Davranış Etkisi Aralığı

8.4.1 Ağırlıklandırılmamış Metrikler

Davranış etkileri çok daha düşük eşik değerlerinde oluşsa da, faaliyetlerin çoğuyla ilişkilendirilen düşük kaynak düzeyleri sayesinde, gerçekleştikleri mesafeler hala görece kısadır.

Etki kriterlerinin karşılandığı kısa mesafelerin, çevrenin akustik yayılım üzerindeki etkisine karşı hassasiyeti görece azdır. Buna karşılık, boru döşeme faaliyetlerinin gürültüsü için sürekli gürültüye maruz kalma B Düzeyi–Rahatsızlık kriteri (120 dB re. 1 μ Pa [24] eşik düzeyi), biraz daha uzun mesafelerde karşılanır ve sualtı sesinin akustik yayılımı Şubat ve Ağustos ayları arasında ortaya çıkan oşinografik değişimlerden daha fazla etkilenir. Boru döşeme gürültüsü için, sürekli gürültü durumunda B Düzeyi–Rahatsızlık etkisinin karşılandığı mesafeler aşağıda Tablo 8.1'de özetlenmektedir. Boru döşeme gürültüsü için etki kriterinin karşılandığı mesafelerin, kış ve yaz ayları için sırasıyla 2,42 km ve 5,36 km şeklinde olduğu görülecektir.

Sürekli gürültü için B Düzeyi–Rahatsızlık etkisi eşiği 120 dB re. 1 μ Pa olarak belirlenmiştir ve arka plan gürültü düzeyleri 100-130 dB re. 1 μ Pa aralığında olmalıdır (bkz. Kısım 3). Arka plan gürültü düzeyleri

bu aralığın üst seviyelerine yaklaşırsa, belirlenmiş bir etki kriteri için eşik düzeyini aşacaktır: insan kaynaklı gürültü düzeyleri asla 120 dB re. 1 μ Pa gibi bir değere düşmeyecektir. Bunun sonucunda, uzun süreler için bölgede bulunan deniz canlıları için sürekli yüksek gürültü düzeylerine uyum sağlama potansiyeli mevcuttur. Bu gibi çevrelerde B Düzeyi-Rahatsızlık kriterinin önemi bu nedenle net değildir. B Düzeyi-Rahatsızlık kriterinin tanımlanmasında, hayvanları etkilemeyeceği düşünülen ses basıncı düzeyleri dikkate alınmıştır (bkz. Kısım 5). Etki değerlendirmesinde tedbir amaçlı olarak böyle bir kriter kullanılabilir.

Tablo 8.1: Boru döşeme gürültüsüne (sürekli gürültü)maruz kalan deniz memelilerinde B Düzeyi-Rahatsızlık etki mesafeleri

Gürültü	Yer	Ay	Etki mesafeleri
	Merkez	Şubat	5,36 km
Boru döşeme		Ağustos	2,42 km

8.4.2 Ağırlıklandırılmış Metrikler (dB_{ht})

Davranış etkisi kriterleri için ağırlıklandırılmış sonuçlar, dB_{ht} tekniğine dayanmaktadır (bkz. Kısım 5.4) ve bu nedenle balina ve yunuslar ile balık türleri (hem sesi algılamaya duyarlı, hem de genel ses algısına sahip türler) için geçerlidir. Tablo 8.2, her tür grubu için boru döşemeden kaynaklanan gürültünün hissedilen ses şiddetini vermektedir ve Şekil 5.1'de görülebilen sesin şiddeti ile hayvanın işitme eşiği arasındaki farka dayanmaktadır. Hayvanın maruz kaldığı sesin hissedilen şiddeti, belirli bir etki kriterini temsil eden eşik değerinden düşük ise, bu davranış özelliği hayvan tarafından deneyimlenmeyecektir. Dolayısıyla, 90 dB_{ht} eşik değerine bağlı olan önemli kaçınma tepkilerinin, boru döşeme gürültüsüne maruz kalan genel ses algısına sahip balıklarda görülmeyeceği anlaşılabılır. Ancak, boru döşeme gürültüsünün diğer tüm türlerde güçlü veya hafif kaçınma tepkilerine neden olması muhtemeldir.

Tablo 8.2: Her hedef tür grubu tarafından deneyimlenen boru döşeme gürültüsünün hissedilen ses şiddeti

Tür	Boru döşeme gürültüsünün hissedilen ses şiddeti dB _{ht}
Balık - genel ses algısına sahip	77,8
Balık - sesi algılamaya duyarlı	104,2
Dişli balınagiller	131,7

Tablo 8.3'de görülebileceği üzere, genel ses algısına sahip balıklar boru döşeme faaliyetlerinden kaynaklanan seslere maruz kaldıklarında, en fazla 2 m mesafede 75 dB_{ht} eşiğinde meydana gelen hafif davranış değişiklikleri söz konusu olacaktır.

Tablo 8.3: Boru döşeme gürültüsüne maruz kalan genel ses algısına sahip balıklar için etki mesafeleri

Gürültü	Yer	Ay	Eşik	
			90 dB _{ht}	75 dB _{ht}
Boru döşeme	Merkez	Şubat	<1 m	2 m
		Ağustos	<1 m	2 m

Sesi algılamaya duyarlı balıklar, genel ses algısına sahip balıklara göre sualtı gürültüsüne karşı daha hassastır ve etki kriterlerinin karşılandığı mesafelerdeki artış da bu durumu doğrulamaktadır. Tablo 8.4'te görülebileceği üzere, boru döşeme gürültüsüne maruz kalındığında 5,1 m'ye kadar güçlü davranış tepkileri ortaya çıkabilir. Hafif davranış tepkileri 29 m'de görülebilir. Tüm durumlarda, Tablo 8.3 ve 8.4'te verilen mesafelerin çok kısa olduğu ve bu nedenle yıl boyunca oşinografik değişimlerden etkilenmedikleri görülecektir.

Tablo 8.4: Boru döşeme gürültüsüne maruz kalan sesi algılamaya duyarlı balıklar için etki mesafeleri

Gürültü	Yer	Ay	Eşik	
			90 dB _{ht}	75 dB _{ht}
Boru döşeme	Merkez	Şubat	5,1 m	29 m
		Ağustos	5,1 m	29 m

Dişli balinagillerin boru döşeme gürültüsüne karşı oldukça hassas olduğu tespit edilmiştir. Buna uygun olarak, 90 dB_{ht} etki eşiği, gürültü kaynağından 155 m mesafede karşılanmaktadır. Şubat ayı boyunca, 2,3 km'ye kadar hafif kaçınma tepkileri görülebilecek olup, Ağustos ayı sırasında, buna karşılık gelen mesafe 2,4 km olacaktır. Bu özel etki kriterinin yılın hangi zamanında olunduğundan bağımsız olduğu görülmektedir. Ağustos ayı sırasında ortaya çıkan marjinal artış önemsiz olarak değerlendirilmektedir.

Tablo 8.5: Boru döşeme gürültüsüne maruz kalan dişli balinagiller için etki mesafeleri

Gürültü	Yer	Ay	Eşik	
			90 dB _{ht}	75 dB _{ht}
Boru döşeme	Merkez	Şubat	155 m	2325 m
		Ağustos	155 m	2418 m

8.5 Etki Mesafelerinin Özeti

Bu kısımda, tekil seslere maruz kaldıklarında deniz canlılarında ortaya çıkan etkilerin analizine odaklanılmıştır. Etki analizi, Proje Alanındaki boru döşemeyle ilişkili faaliyetlerin oluşturduğu ses düzeylerinin, bu alana özgü deniz türlerinde ölüme veya işitme hasarına neden olacak düzeyde olmadığını göstermiştir. Çok yakın mesafelerde, geçici işitme hasarı oluşma potansiyeli mevcuttur, ancak pratikte bunun gerçekleşme olasılığı çok düşüktür.

Uzun mesafelerde, yalnızca sürekli gürültüye maruziyetten kaynaklanan B Düzeyi–Rahatsızlık etkileri oluşabilir. Boru döşeme gürültüsü için etki kriteri, yılın hangi zamanında olunduğuna bağlı olarak 2,42 km ile 5,36 km mesafelerde karşılanmaktadır. Ağırlıklandırılmış metrikler, özellikle dB_{ht} tekniği kullanıldığında, boru döşeme gürültüsüne maruz kalan genel ses algısına sahip balıklarda güçlü kaçınma tepkileri oluşmayacaktır. Hafif kaçınma tepkileri, gürültü kaynağından en fazla 5 m mesafede görülebilir. Sesi algılamaya duyarlı balıklarda, boru döşeme faaliyetlerine 5 m mesafede güçlü kaçınma tepkileri oluşabilirken, 29 m mesafede hafif kaçınma tepkileri oluşabilir. Dişli balinalarda, boru döşeme gürültüsüne 155 m mesafede güçlü kaçınma tepkileri oluşabilirken, gürültü kaynağına 2,4 km mesafede hafif kaçınma tepkileri oluşabilir. Daha uzun mesafede etkiler için, su katmanlarının güneşle ısınması sonucu su sütununun oşinografik özelliklerinin etkilenmesinden kaynaklanan mevsimsel akustik yayılım değişimleri, etki düzeyinin mevsime bağlı olarak değişmesine neden olur.

9 Akustik Etki Analizi – Çoklu Maruz Kalma

9.1 Giriş

Çoklu maruz kalma iki şekilde değerlendirilmektedir. İlki, bir alıcının bir sualtı gürültüsüne geniş bir zaman diliminde maruz kalması halinde ortaya çıkmaktadır. Bu genellikle kümülatif maruz kalma olarak adlandırılmaktadır. İkincisi ise, tamamı birbirine yakın faaliyet gösteren ve tekil gürültü kaplama alanları örtüşen birden fazla gürültü kaynağından yayılan seslerle ilgilidir. Bu genellikle kümülatif (çoğalan) maruz kalma olarak adlandırılmaktadır.

Her iki kavram da aşağıda ele alınmış ve çeşitli etkilerin gerçekleşme mesafeleri, Kısım 5'te yer alan kriterler kullanılarak hesaplanmıştır.

9.2 Kümülatif Maruz Kalma

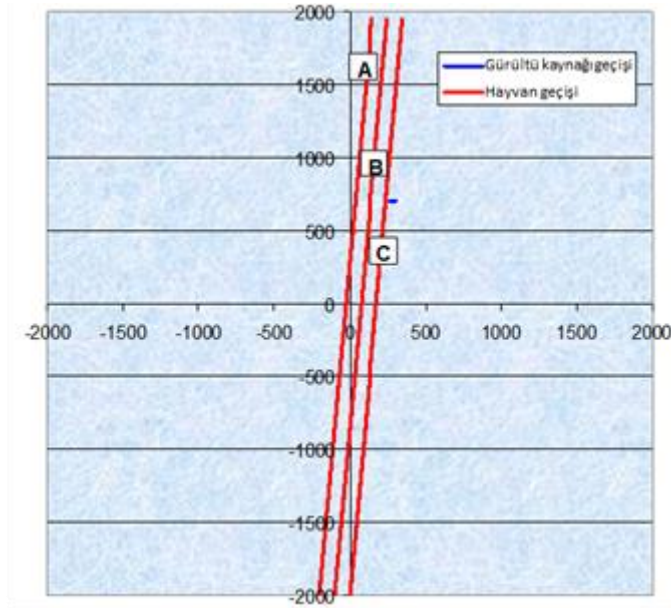
Kısım 5'te, bir hayvanda kalıcı ya da geçici işitme kaybına ya da davranışsal bir tepkiye tek başına neden olacak kadar yüksek olmayan, ancak bir zaman diliminde biriken maruz kalmalar söz konusu olduğunda belirtilen sonuçlara yol açabilecek seslerin akustik etkileri ele alınmıştır. Southall *ve diğerleri* [17] bu etkinin düzeyini belirlemek amacıyla sese maruz kalma düzeyi (SEL) metriği oluşturmuş ve bunların balina ve yunuslar için M-ağırlıklı eşikleri Tablo 5.1'de verilmiştir. Gürültünün kümülatif birikimi, hayvanların gürültü alanı içinde gürültü kaynağından farklı mesafelerde bir zaman dilimi boyunca hareket ettikleri temsili bir gürültü-hayvan senaryosu kullanılarak araştırılmıştır [39]. Zamanın bir fonksiyonu olarak kümülatif doz, Southall ve diğerleri [17] tarafından verilen çeşitli akustik etkilerin karşılandığı eşik seviyeleriyle karşılaştırılmıştır.

9.3 Gürültü Kaynağı - Hayvan Senaryosu

Bir hayvana etki eden kümülatif doz, sadece hayvanın işitsel hassasiyetine değil, aynı zamanda ses kaynağına yakınlığına ve maruz kalma süresine de bağlıdır. Gürültü kaynağı - hayvan senaryosundan çıkan herhangi bir sonuç, sadece o spesifik modele özgüdür. Bununla birlikte, modelleme sonuçları akustik birikim seviyesi ve belirli eşik değerlerini karşılamak için gereken süreye ilişkin bir fikir sağlamaktadır.

Şekil 9.1, bir boru döşeme gemisini temsil eden bir gürültü kaynağının geçiş çizgilerini ve 2.000 m x 2.000 m'lik bir kare grid içindeki hayvanın göreceli konumlarını göstermektedir. Gürültü kaynağı, X,Y (275, 700) koordinatlarında konumlanmış olup saatte 150 m hızla batıya yol almaktadır [4]. Kırmızı çizgiler, güneyden kuzeye saniyede 4 m hızla hareket eden bir hayvanın üç farklı geçiş yolunu temsil etmektedir. Her yol için Şekil 9.1'de A, B ve C ile işaretlenmiş olan en yakın yaklaşım noktaları (CPA) sırasıyla 234 m, 135 m ve 36 m'dir. Hayvan akustik alan içerisinden geçerken, her ikisi de zaman içinde değişiklik gösteren anlık birer SPL ve SEL'ye maruz kalmaktadır. Bu ilişki, her birinde hayvanın toplam 30 dakikalık bir maruziyet süresince hareket ettiği üç yol için Şekil 9.2'de verilmektedir.

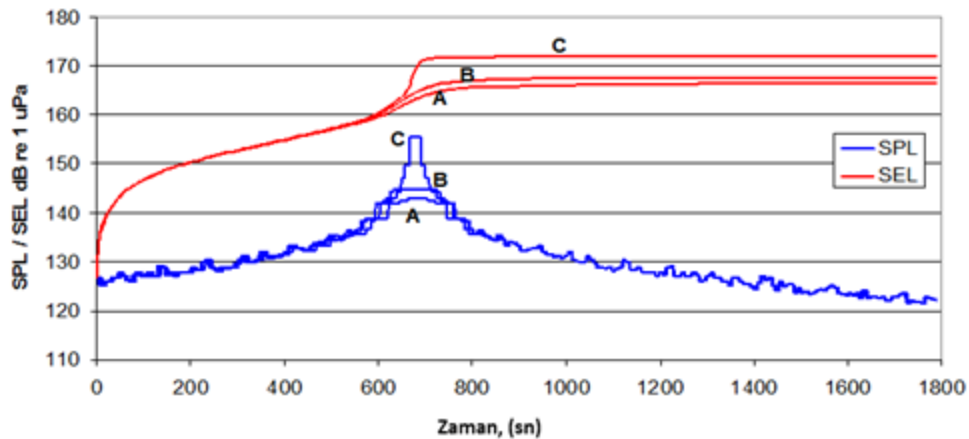
Şekil 9.1: Hareket eden bir gürültü kaynağı ve hayvan için 2000 m x 2000 m'lik bir dilimdeki geçiş çizgileri



Tablo 9.1 ve 9.2, her biri boru döşeme gürültüsüne maruz kalan iki hayvan grubu (afalinayı ve tırtağı temsil eden orta frekanslı deniz memelileri (bkz. Kısım 5) ve vücut ağırlığı 2 g ve üzerinde olan (ve 2 g'dan düşük olan balıklar)) için Şekil 9.2'den türetilmiş verileri içermektedir. Buradaki kilit değerler, her bir hayvan grubu için tüm etki kriterleriyle karşılaştırılan maksimum SEL değerleri ve eşik değerin karşılanması için gerekli zamandır.

Her durumda, afalina ve tırtaklar için Kalıcı Eşik Kayması (PTS) ve Geçici Eşik Kayması (TTS) oluşmasının muhtemel olmadığı görülecektir. Boru döşeme gürültüsüne maruz kalan herhangi bir vücut ağırlığına sahip balıklar için de hasarsızlık eşiğine ulaşılmamaktadır.

Şekil 9.2: Anlık SPL ve 30 dakikalık maruz kalma süresi için kümülatif SEL



Tablo 9.1: Kanal açma sesine maruz kalınmasıyla ilgili iki ses kaynağı-hayvan simülasyonundan elde edilen veriler (geçiş çizgileri A, B ve C)

Eşik	Balina ve Yunus Mmf		Balık >2g	Balık <2g
	PTS	TTS	Hasarsızlık	Hasarsızlık
	215 dB	195 dB	187 dB	183 dB
CPA_A	234,5 m	234,5 m	234,5 m	234,5 m
Maksimum SEL_A	158,4 dB	158,4 dB	158,4 dB	158,4 dB
Zaman	> 1800 s	> 1800 s	> 1800 s	> 1800 s
CPA_B	135,0 m	135,0 m	135,0 m	135,0 m
Maksimum SEL_B	159,5 dB	159,5 dB	159,5 dB	159,5 dB
Zaman	> 1800 s	> 1800 s	> 1800 s	> 1800 s
CPA_C	35,6 m	35,6 m	35,6 m	35,6 m
Maksimum SEL_C	164,2 dB	164,2 dB	164,2 dB	164,2 dB
Zaman	> 1800 s	> 1800 s	> 1800 s	> 1800 s

Tablo 9.2: Boru döşeme sesine maruz kalınmasıyla ilgili iki ses kaynağı-hayvan simülasyonundan elde edilen veriler (geçiş çizgileri A, B ve C)

Eşik	Balina ve Yunus Mmf		Balık >2g	Balık <2g
	PTS	TTS	Hasarsızlık	Hasarsızlık
	215 dB	195 dB	187 dB	183 dB
CPA_A	234,5 m	234,5 m	234,5 m	234,5 m
Maksimum SEL_A	167,5 dB	167,5 dB	167,5 dB	167,5 dB
Zaman	> 1800 s	> 1800 s	> 1800 s	> 1800 s
CPA_B	135,0 m	135,0 m	135,0 m	135,0 m
Maksimum SEL_B	168,7 dB	168,7 dB	168,7 dB	168,7 dB
Zaman	> 1800 s	> 1800 s	> 1800 s	> 1800 s
CPA_C	35,6 m	35,6 m	35,6 m	35,6 m
Maksimum SEL_C	173,9 dB	173,9 dB	173,9 dB	173,9 dB
Zaman	> 1800 s	> 1800 s	> 1800 s	> 1800 s

9.4 Kümülatif Maruz Kalma

Tek başına faaliyet gösteren kaynakların deniz yaşamı üzerinde oluşturduğu etkiler, Kısım 8'de ele alınmıştır. Bu kısımda ise boru döşeme çalışmalarıyla ilgili olarak birbirlerine görece yakın mesafede hareket eden çok sayıda geminin dahil olduğu belirli faaliyetlerin oluşturduğu ses etkileri ele alınmaktadır. Bu etkiler akustik bir bakış açısından, Kısım 3 ve 6'daki verilere dayanarak, belirli bir geminin akustik kaplama alanının alınıp her çoklu gemi faaliyetinde olması beklenen örnek gemi uzaklıkları kullanılarak, belirli mesafedeki diğer bir geminin kaplama alanıyla örtüştürülmesiyle modellenmiştir. Gemiler arasındaki tipik uzaklıklar, Proje mühendislerine danışılarak temin edilmiştir. Kaplama alanlarının üst üste bindiği bölgelerde artan ses basıncı, Kısım 5'te verilmiş olan eşik değerleriyle karşılaştırılmıştır. Bundan sonra, her bir eşik kriterinin karşılandığı mesafeler tespit edilmiştir.

Bir senaryo ele alınmış ve hem yaz hem de kış şartlarına uygun akustik yayılım koşulları kullanılarak sonradan ortaya çıkan deniz etkileri belirlenmiştir. Gemi filosu düzeni ve çeşitli akustik etkiler için mesafe aralıkları, aşağıda ele alınmaktadır.

Her gemi filosu yerleşim düzeninden kaynaklanan akustik etkilerin miktarının belirlenmesi için, çalışmaya, ilgili faaliyette yer alan her geminin gürültü özellikleriyle başlamak gerekmektedir. Her faaliyet için örnek gemi tipleri Proje mühendisleri tarafından temin edilmiştir. Her gemi için ilgili gürültü spektrum verilerinin belirlenmesi amacıyla, gemi gürültüsü üzerine yayınlanmış literatür kapsamlı şekilde taranmıştır. Projede kullanılması muhtemel gemilerin hiçbirisi için gürültü mesafesi tespiti yapılmamış olduğu ortaya çıkmıştır. Bu nedenle (mümkün olduğunda) benzer büyüklükteki gemilere ait gürültü verileri, temsili veri olarak kullanılmıştır. Gemi gürültüsünün, geminin gücüyle ve toplam gemi büyüklüğüyle orantılı olduğu varsayılmıştır. Bununla birlikte, aynı ya da benzer sınıfta yetersiz sayıda geminin gürültü mesafesi tespit edilmiş olduğundan, gürültüyle büyüklük arasındaki ilişki bilinmezliğini korumaktadır.

Her senaryo için yapılan varsayımlar ve bunların sonuçlar üzerine etkileri aşağıda ele alınmaktadır.

9.5 Derin Açık Deniz (> 600 m)

9.5.1 Gemi Filosu Yerleşim Düzeni

Derin açık deniz bölümünde boru döşemek için, 9 farklı gemi sınıfının kullanılabileceği önerilmiştir. Boru döşeme gemisine muhtemelen, birisi 300 m önünde ve diğeri 300 m arkasında olacak şekilde iki inceleme gemisi eşlik edecek, bu arada bir genel destek ve boru hattı tedarik gemisi de tüm süre boyunca yakınlarda olacaktır. Operasyon limanı ile boru döşeme alanı arasında ek gemiler düzenli olarak sefer yapacak ve genel lojistik destek, mürettebat değişimi gibi faaliyetlerde bulunacaktır. Önerilen gemi filosu yerleşim düzeninin özeti Tablo 9.1'de sunulmaktadır.

Önerilen yerleşim düzenindeki örnek gemilerden hiçbirinin gürültü özelliklerinin bilinmediği göz önünde bulundurulmalıdır. Önerilen boru döşeme gemisi 70.000 – 100.000 kW arası güç üretmektedir ve gürültü verileri bulunan tek boru döşeme gemisinin verileri 13.200 kW ile bunun son derece altında kalmaktadır. Temsili geminin (*Semac 1*) ürettiği gürültü seviyelerinin, önerilen gemilerden düşük olduğu muhtemeldir. Karşılaştırmalı akustik verilerin yokluğunda ortaya çıkabilecek hatalar bilinmemektedir. *Tug_4500* etiketli temsili gürültü kaynağının, genel destek gemilerini temsil edebileceği düşünülmektedir. Güç bakımından, temsili gemi *Pompei*, örnek gemi *GSP Prince*'e oranla yaklaşık %70 daha büyüktür. Akustik etkileri modellemekte kullanılan ve *Pompei*'ye dayandırılan gürültü seviyeleri, muhtemelen aksi takdirde yayılacak olanlardan biraz daha yüksektir. Buna karşın, *Britoil 51*, daha küçük olan *Normand Flipper*'i temsil eden gemi olarak kullanılmış olduğundan, modellenen gürültü seviyelerinin aksi takdirde yayılacak olanlardan biraz daha düşük olması olasıdır.

Tablo 9.1: Açık deniz gemi yerleşim düzeninin özeti - derin deniz faaliyetleri

Gemi Türü	Örnek gemi	Görev	No.	Uzunluk x genişlik	Brüt gros ton (GRT)	Güç kW	Temsili kaynak
Boru döşeme gemisi	<i>Saipem 7000</i> <i>Castorone</i>	Derin denizde boru döşeme	1	80 x 18 330 x 39	3664	70.000	<i>Semac 1</i>
Römorkörler	<i>Normand Neptun</i>	Genel destek	1	80 x 18	3664	13.880	<i>Tug_4500</i>

İnceleme Gemisi	<i>GSP Prince</i>	Boru döşeme gemisinin önündeki ve arkasındaki deniz tabanının incelenmesi	2	84 x 17	4398	7.604	<i>Pompei</i>
Boru Döşeme Tedarik Gemisi (BDTG)	<i>Normand Flipper</i>	Boru döşeme gemisine boru tedariki	5	88 x 18	3396	7.160	<i>Britoil 51</i>
Mürettebat tekneleri, hız tekneleri	<i>GSP Lyra</i>	Mürettebat değişiklikleri	1	27,5 x 6	123	2.520	-
Çoklu Hizmet Gemisi (MSV)	<i>Normand Mermaid</i>	Dalgıç ve lojistik desteği	2	90 x 20	4060	10.000	-
Yakıt / atık su toplama gemisi	<i>Bryansk</i>	Yakıt/atık su toplama gemisi	1			610	-
Kurtarma gemisi	<i>GSP Lyra</i>	Kurtarma gemisi	1			9.548	-
Bakım gemisi	-	Yedek parça / ekipman teslimi	1			7.160	-

9.5.2 Etki Modelleme Sonuçları

Etki modelleme sonuçları, ölümcüllük ve PTS'nin, derin sulardaki açık deniz boru döşeme gemi filosundan kaynaklanabilecek olanlardan daha yüksek SPL'lerde gerçekleştiğini göstermektedir. Balıklarda hasara yol açan, kalan ağırlıklandırılmamış etkiler 10 m gibi çok yakın mesafede ortaya çıkmaktadır. Balina ve yunuslarda hasar oluşması bir gemiden yaklaşık 60 m mesafede söz konusu olabilmektedir. Bu etkinin, mevcut hayvanların yüksek gürültü seviyesine adapte olmuş olabileceği gürültülü bir çevredeki önemi, Kısım 8.4.1'de ele alınmıştır. Önerilen gemi filosuna ilişkin akustik verilerin eksikliği nedeniyle, bu şekilde belirlenmiş olan etki mesafelerinde önemli bir belirsizlik payı olduğunun vurgulanması da gerekmektedir. Aynı şekilde, bunları izleyen varsayımlar da bu belirsizliğe sahiptir.

Açık deniz gemi filosu için, ağırlıklandırılmamış metriklerin kullanıldığı tüm akustik etki aralıkları, Tablo 9.2'de özetlenmektedir.

Gemi filosundan kaynaklı akustik etkiler dB_{ht} yöntemiyle değerlendirildiğinde, genel ses algısına sahip balıkların, 55 m'de ortaya çıkan güçlü kaçınma davranışları ve 330 m'de ortaya çıkan hafif kaçınma davranışlarıyla, sualtı seslerine en az duyarlı oldukları görülecektir. Sesi algılamaya duyarlı balıklar için ise tepkilere karşılık gelen mesafeler 436 m ve 2,1 km'dir. Hayvan grupları içerisinde en hassas olanlar, şiddetli ve hafif kaçınma davranışları sırasıyla 810 m ve 4,96 km'ye kadar görülebilen dişli balınagillerdir.

Açık deniz gemi filosu için, dB_{ht} ölçümlerinin kullanıldığı tüm akustik etki mesafeleri Tablo 9.3'te özetlenmektedir.

Sualtı Gürültü Raporu - Türkiye Bölümü

Tablo 9.2: Açık denizde derinde gerçekleşen faaliyetlerin ağırlıklandırılmamış akustik etkilerinin özeti

Maruziyet sınırı	Etki	Kış	Yaz
206 dB re. 1 µPa pk-pk	Balıklarda hasar başlangıcı	10 m	10 m
180 dB re. 1 µPa (RMS)	İşitsel hasar kriterleri – balina ve yunuslar	60 m	60 m
120 dB re. 1 µPa (RMS)	Sürekli gürültüye maruz kalan balina ve yunuslarda B Düzeyi Rahatsızlık	110 km	61 km

Tablo 9.3: Açık denizde derinde gerçekleşen faaliyetlerin dB_{ht} yöntemiyle ağırlıklandırılmış akustik etkilerinin özeti

Hayvan grubu	Maruz Kalma sınırı	Etki	Kış	Yaz
Dişli balinagiller	90 dB _{ht}	Güçlü Kaçınma	730 m	810 m
	75 dB _{ht}	Hafif Kaçınma	4960 m	2728 m
Balık - Sesi algılamaya duyarlı	90 dB _{ht}	Güçlü Kaçınma	436 m	436 m
	75 dB _{ht}	Hafif Kaçınma	1922 m	2108 m
Balık - genel ses algısına sahip	90 dB _{ht}	Güçlü Kaçınma	55 m	55 m
	75 dB _{ht}	Hafif Kaçınma	330 m	330 m

10 Özet ve Sonuçlar

Projenin Türkiye Bölümü için önerilen boru döşeme çalışmaları ve ilişkili faaliyetler sırasında sualtı gürültüsü oluşacaktır. Bu gürültünün deniz çevresindeki biyolojik alıcılara etki etme potansiyeli vardır.

Çeşitli deniz türlerinin boru döşeme faaliyetlerinden etkilenebileceği tespit edilmiştir. Bunlar tırtak, afalina gibi deniz memelileri ve çaça ve hamsi gibi balık türleridir. Deniz yaşamı üzerinde oluşabilecek akustik etkilerle ilişkili eşik değerlerini belirlemek için yayınlanmış literatüre başvurulmuştur. Dikkate alınan etkiler arasında geçici işitme kaybı ve davranışsal tepkiler bulunmaktadır.

Sualtı akustik yayılım modellemesi Karadeniz’le ilişkili yer ve zamana özel çevresel veriler için gerçekleştirilmiş ve sonuçlar her Proje faaliyeti için gürültü kaynak verilerine uygulanmıştır.

Proje faaliyetlerinin boru döşeme ve bakım faaliyetleri olduğu tespit edilmiştir. Mevcut literatürün incelemesinde, her iş akustik özellikleri açısından ele alınmış ve yalnızca boru döşeme faaliyetlerinin akustik etkiye yol açacak seviyede gürültü düzeyleri oluşturabileceği görülmüştür.

Etki analizi, Karadeniz’de boru döşeme faaliyetlerinin oluşturduğu ses düzeylerinin, bu alana özgü deniz türlerinde ölümlere yol açacak düzeyde olmadığını göstermiştir. Bu nedenle, balina ve yunuslarda PTS veya TTS oluşma olasılığı düşüktür. Aynı şekilde, balıklar için hasarsızlık eşiği aşılmamaktadır. Balina ve yunuslar boru döşeme gürültüsüne maruz kaldıklarında, bu türlerde işitme hasarı oluşması için limit 2 m’dir.

Ağırlıklandırılmış metrikler, özellikle dBht tekniği, hedef türlerin işitme hassasiyetine ve hayvanın deneyimlediği sesin şiddetine dayanmaktadır. Boru döşeme gürültüsüne maruz kalan genel ses algısına sahip balıklarda güçlü kaçınma tepkileri oluşmayacağı görülmüştür. Hafif kaçınma tepkileri, gürültü kaynağından en fazla 2 m mesafede görülebilir. Sesi algılamaya duyarlı balıklarda, boru döşeme gürültüsüne 5 m mesafede güçlü kaçınma tepkileri oluşabilirken, 29 m mesafede hafif kaçınma tepkileri oluşabilir. Dişli balinalarda, boru döşeme gürültüsüne 155 m mesafede güçlü kaçınma tepkileri oluşabilirken, gürültü kaynağına 2,4 km mesafede hafif kaçınma tepkileri oluşabilir. Daha uzun mesafede etkiler için, su katmanlarının güneşle ısınması yoluyla su sütununun oşinografik özelliklerinin etkilenmesinden kaynaklanan mevsimsel akustik yayılım değişimleri, etki düzeyinin mevsime bağlı olarak değişmesine neden olur.

Akustik etkiler, hayvanlar uzun süreler boyunca düşük düzeylerde sese maruz kaldığında da oluşabilir. Bunu araştırmak amacıyla, bir hayvanda 30 dakika boyunca akustik enerjinin oluşmasını simüle etmek için bir dizi gürültü-kaynak-hayvan senaryosu üretilmiştir. Deniz memelileri gürültünün kaynağına 36 m’den fazla yaklaşmazsa, boru döşeme gürültüsünün, geçici ya da kalıcı işitme hasarı bırakmasının muhtemel olmadığı görülmüştür. Vücut ağırlıkları 2 g ve üstü ve 2 g altı balıklarda, boru döşeme faaliyetlerine maruz kalmanın fiziksel hasara yol açmasının muhtemel olmadığı görülmüştür.

Akustik etki modelleme, birden fazla gemi içeren operasyonlar için yapılmıştır. Her bir gemi filosunda yer alan tüm gemilerden kaynaklanan sualtı gürültüsünün ölüm, PTS veya TTS’ye yol açmak açısından yetersiz olduğu sonucuna varılmıştır. Balıklar için, hasarsızlık kuşağının münferit gemilerden 10 m mesafeye uzandığı bulunurken, balina ve yunuslar için işitme hasarı limiti 60 m’ye çıkmaktadır. Çeşitli etki kriterlerinin karşılandığı mesafelerin, her yerleşim düzeninde bitişik gemilere olan uzaklıktan genellikle düşük olduğu kaydedilmiştir. Yerleşim düzenindeki örnek gemilerle ilişkili sualtı gürültü emisyonları için akustik veriler bulunmadığından, etki mesafelerini yalnızca uyarı olarak değerlendirmek gerektiği dikkate alınmalıdır. Bu etki için eşik değeri (120 dB re. 1 µPa), Karadeniz’in arka plan gürültü düzeylerinden düşük olabileceği için, etki kriteri için eşik değerinin karşılanmayabileceği de

Sualtı Gürültü Raporu - Türkiye Bölümü

vurgulanmalıdır. Hayvanların yüksek arka plan sesine uyum sağlamış olabileceği doğal olarak gürültülü olan bir ortamda B Düzeyi Rahatsızlık kriterinin taşıdığı önem bu nedenle belirgin değildir. B Düzeyi-Rahatsızlık kriteri hasar vermeyen bir etki olarak kabul edilir ve bu yüzden akustik etkileri hesaplamak için kullanılması önlemleri olarak düşünülebilir. Her hayvan grubu için akustik etkiler dB_{ht} metodolojisi kullanılarak değerlendirilmiştir. Genel ses algısına sahip balıklarda, en fazla 55 m mesafede güçlü kaçınma tepkileri oluşabilirken, en fazla 330 m mesafede hafif kaçınma tepkileri oluşabilir. Sesi algılamaya duyarlı balıklar sualtı gürültüsüne daha hassastır: bunlar için mesafeler 436 m ve 2,1 km'dir. Akustik açıdan en hassas olanlar dişli balınagillerdir: güçlü kaçınma tepkileri gemi filosundan 810 m mesafeye kadar gerçekleşebilirken, hafif kaçınma tepkileri en fazla 4,96 km mesafeye kadar görülebilir.

Balıklar ve memeliler için boru döşeme gürültüsü etki mesafeleri, Tablo 10.1 ve 10.2'de özetlenmektedir.

Tablo 10.1: Sualtı Gürültü Değerlendirmesinin Özeti - Balık

Balık Ses Algı Tipi	Tek Gemi		Birden Fazla Gemi	
	Hafif Kaçınma	Güçlü Kaçınma	Hafif Kaçınma	Güçlü Kaçınma
Genel ses algısına sahip	2 m	-	330 m	55 m
Sesi algılamaya duyarlı	29 m	5 m	2,1 km	436 m

Tablo 10.2: Sualtı Gürültü Değerlendirmesinin Özeti - Yunuslar

Tek Gemi				Birden Fazla Gemi				Hareketli senaryo
Geçici İşitme Hasarı	B Düzeyi Rahatsızlık	Güçlü Kaçınma	Hafif Kaçınma	Geçici İşitme Hasarı	B Düzeyi Rahatsızlık	Güçlü Kaçınma	Hafif Kaçınma	Geçici İşitme Hasarı
2 m	5,4 km	155 m	2,4 km	60 m	110 km (kış) 61 km (yaz)	810 m	4,96 km	36 m

Ek A - Ağırlıklandırılmamış ve Ağırlıklandırılmış Metrikler

Sualtı akustik etkileri söz konusu olduğunda, "ağırlıklandırılmamış" terimi ele alınan hayvanın akustik hassasiyetiyle ilişkili olarak bir şekilde değiştirilmemiş ses basıncı düzeylerini niteler. Bunu kavramanın bir yolu da, "ağırlıklandırılmış" ses basıncı düzeylerini, sesölçer ile doğrudan kaydedilmiş ve herhangi bir şekilde değiştirilmemiş ses düzeyleri olarak düşünmektir. Buna karşılık, "ağırlıklandırılmış" eşikler, hayvanın odyolojik özelliklerinin anlaşılması gerektirir.

Bazı örnekler verilerek daha kapsamlı bir açıklama sağlanabilir. Balina ve yunuslarda, geçici işitme kaybı için eşik değerleri (Geçici Eşik Kayması veya TTS), 224 dB re. 1 μ Pa olarak belirlenmiştir. Bir deniz memelisinin maruz kaldığı gürültü düzeyi bu seviyeye ulaşırsa, geçici işitme kaybı meydana gelecektir. Bu mutlak bir düzeydir ve hayvanın sesi algılama yeteneğiyle ilişkili değildir.

Buna karşılık, dBht yöntemi hayvan tarafından algılanan sesin frekans spektrumu ile ses algılama eşikleri aynı frekans spektrumundan yüksek hayvanlar arasındaki farka dayanan ağırlıklı bir metrik kullanır. Farklı işitme hassasiyetleri olan hayvanlar aynı sese farklı şekillerde tepki verecektir. Örneğin, aynı sese genel ses algısına sahip bir balıkla (görece duyarsız, bu nedenle örneğin 10 Hz ile 200 Hz arası frekanslar için görece yüksek sesi algılama eşikleri vardır) sesi algılamaya duyarlı türde bir balığın (daha geniş bir frekans aralığında daha düşük bir sesi algılama eşğine sahiptirler) aynı tepkiyi vermesi muhtemel değildir. Davranış etkisini belirleyen bir eşik aynı görece düzeye, örneğin, 90 dBht değerine (diğer bir deyişle, hayvanın sesi algılama eşğinden 90 dB yukarıya) ayarlanabilir, ancak ağırlıklandırılmamış yöntemde, mutlak basınçlar sesi algılamaya duyarlı balıkta genel ses algısına sahip balığa göre çok daha yüksektir.

"Ağırlıklandırılmamış" metriğin "ağırlıklandırılmış" metriğe göre tercih edilebilir olduğu söylemek, bunların ikisi farklı etki yaklaşımlarıyla ilgili olduğundan, mümkün değildir. Ağırlıklandırılmamış eşikler çeşitli etki türleri için hala geçerli olsa da, ağırlıklandırılmış eşiklerin kullanımına doğru bir yönelim görülmektedir (bkz. Southall ve diğerleri (23) tarafından yapılan deniz memelisi işitme filtrelerine ilişkin değerlendirme). Deniz canlılarının odyolojisi hakkındaki bilimsel kavrayışın gelişmesiyle, hayvanların işitme hissiyle ilişkili etki eşikleri daha fazla kullanılmaya başlanacaktır.

Kaynaklar

¹ANSI S12.7-1986, "Dürtün gürültünün ölçümü için yöntemler" ("Methods for measurement of impulse noise"), Amerikan Ulusal Standartlar Enstitüsü yayını, 20 Şubat 1986

²Destekleyici belgeler Ekim 2012'de www.nord-stream.com adresinden indirilmiştir.

³Mavi Akım boru hattı için yapılan çevresel etki çalışmalarıyla ilişkili herhangi bir akustik veri bulunmamıştır.

⁴Richardson, W. J., Green Jr, C. R., Malme, C. I., Thomson, D. H., (1995), Deniz Memelileri ve Gürültü (Marine Mammals and Noise). Academic Press, New York.

⁵Ross D., (1987) Sualtı gürültüsü mekaniği (Mechanics of underwater noise), Los Altos: Peninsula Publishing.

⁶Hannay, D.E. 2004. Gürültü (Noise). Karşılaştırmalı Çevresel Analiz (Comparative Environmental Analysis) (CEA), Bölüm 4. Sakhalin Energy Investment Corporation. Erişildiği adres: http://www.sakhalinenergy.com/documents/doc_33_cea_chp4.pdf

⁷Kiggavik Römork ve Mavna Gürültü Modelleme (Kiggavik Tug and Barge Noise Modelling), JASCO Applied Sciences, June 2011.

⁸A. Torbjörn Johansson and Mathias H. Andersson, "Kuzey Akım Boru Hattının İnşaatı Sırasında Norra Midsjöbanken'de Ortam Sualtı Gürültü Düzeyleri" ("Ambient Underwater Noise Levels at Norra Midsjöbanken during Construction of the Nord Stream Pipeline"), Report for Nord Stream AG and Naturvårdsverket, 2012.

⁹Nedwell, J. ve Edwards B., 2004, "Subacoustech Ltd tarafından yürütülen insan yapısı gürültü ölçümlerinin incelemesi" ("A review of measurements of man-made noise carried out by Subacoustech Ltd"), Subacoustech Report 534R0109

¹⁰Urlick, Robert J. (1983), Sualtı Gürültüsünün Temel İlkeleri (Principles of Underwater Sound), 3rd Edition. New York. McGraw-Hill.

¹¹Farklı kaynaklardan alınan genelleştirilmiş ortam gürültü spektrumlarından oluşan bir grafiğe verilen ad, ilk olarak birçok referanstan faydalanılarak Wenz tarafından derlenmiştir – bkz. Wenz G. M., "Okyanusta akustik ortam gürültüsü: Spektrumlar ve kaynaklar" ("Acoustic ambient noise in the ocean: Spectra and sources", Journal of the Acoustical Society of America 34(12):1936-1956.

¹²"Güney Akım" Doğal Gaz Boru Hattı Deniz Bölümü Proje Uygulaması Çerçevesinde "Tasarım Dokümantasyonu" Aşamasındaki Kompleks Mühendislik İncelemeleri (Complex Engineering Surveys At The Phase "Design Documentation" Within The Framework Of The "South Stream" Gas Pipeline Marine Sector Project Implementation), Teknik Dokümantasyon (Technical Documentation), 5. Sayı, Çevresel İnceleme ve Arkeolojik Çalışmalar (Environmental survey and archaeological studies), 1. Kısım, Çevresel inceleme. Türkiye Bölümü (Environmental survey. The Turkish sector), 3. Kitap, Teknik Rapor (Technical report). Metin kısmı, P. 1–228, 6976.101.004.21.14.05.01.03(1)-1 yerine 6976.101.004.21.14.05.01.03(1)-2, Sayı 5.1.3, 2011

¹³IUCN Red List of Threatened Species™ 2013, (IUCN Kırmızı Liste Tehdit Altındaki Türler 2013) http://www.iucn.org/about/work/programmes/species/red_list/index.cfm. Ağustos 2013'te erişilmiştir.

¹⁴Karadeniz Kırmızı Veri Kitabı web sitesi, Karadeniz Çevre Programı çerçevesinde oluşturulmuştur, <http://www.grid.unep.ch/bsein/redbook/index.htm> Ağustos 2013'te erişildi

¹⁵Fay R. R., Popper A. N., (1997), Karşılaştırmalı İşitme: Balık ve Amfibiyenler (Comparative Hearing: Fish and amphibians), ©Springer Verlag, New York

¹⁶Yelverton, J. T., Richmond, D. R., Hicks, W., Saunders, K. ve Fletcher, E. R. (1975). "Balıkların Boyutuyla Sualtı Patlamalarına Tepkileri Arasındaki İlişki (The Relationship Between Fish Size and Their Response to Underwater Blast)." Rapor DNA 3677T (Report DNA 3677T), Direktör (Director), Nükleer Savunma Dairesi (Defense Nuclear Agency), Washington, DC. Kontrollü patlamalar ya da deniz memelileri üzerine darbe niteliği olan etkiler hakkında konuyla daha ilişkili ya da güncel basılı veriler bulunmamaktadır. Bugünlerde, herhangi bir etik komitenin bu şekilde bir deney dizisinin gerçekleştirilmesine onay vermesi mümkün gözükmemektedir.

¹⁷Southall, B.L., Bowles, A.E., Ellison, W.T., Finneran, J.J., Gentry, R.L., Greene Jr., C.R., Kastak, D., Ketten, D.R., Miller, J.H., Nachtigall, P.E., Richardson, W.J., Thomas, J.A., Tyack, P.L., 2007. "Deniz memelilerinde sese maruz kalma kriterleri: ilk bilimsel öneriler (Marine mammal noise exposure criteria: initial scientific recommendations)". Aquatic Mammals 33, 411–521.

¹⁸Muturlar Myf ve çubuklu balinalar Mdf olarak sınıflandırılmıştır; yf ve df sırasıyla yüksek frekanslı ve düşük frekanslı anlamına gelmektedir. Bununla birlikte bu balina ve yunus gruplarının hiçbiri orta Karadeniz'de bulunmamakta, bu yüzden Proje etki değerlendirmesi için önem taşımamaktadır.

¹⁹Bu, 1997'de Pepperine Üniversitesi'nde gerçekleşen Yüksek Enerjili Sismik Çalıştay'ının, 1999'da Silver Spring, MD'de düzenlenen NMFS Akustik Çalıştay'ı tarafından güncellenen bulgularını temel almaktadır.

²⁰Bu bağlamda, ortalama karekök (RMS) bir ses dalgasının büyüklüğünün zamana göre ortalamasına karşılık gelmektedir.

²¹Kaliforniya Ulaştırma Dairesi (California Department of Transport - DOT) web sayfası, http://www.dot.ca.gov/hq/env/bio/fisheries_bioacoustics.htm

²²Goold, J.C. (1996). Tırtak (Delphinus delphis) popülasyonlarının sismik incelemeyle bağlantılı olarak akustik değerlendirilmesi. Journal of the Marine Biology Association. 76, 811-820.

²³Nedwell, J., Turnpenny, A., Langworthy, J. ve Edwards, B. (2003). Southampton Red Funnel Terminal'de kazık çakma sırasındaki sualtı gürültüsünün ölçülmesi ve kafesteki balıklar üzerindeki etkisinin gözlemlenmesi. (Measurements of underwater noise during piling at the Red Funnel Terminal, Southampton, and observations of its effect on caged fish.) Subacoustics Ltd. Report 558R0207.

²⁴Ulusal Deniz Balıkçılık Hizmetleri (NMFS). (1995). Deniz memelilerinin belirli faaliyetlere özgü küçük tepkileri; güney Kaliforniya'daki sismik aktiviteler. (Deniz memelilerinin belirli faaliyetlere

özgü küçük tepkileri; güney Kaliforniya'daki sismik aktiviteler.) Fed. Regist. 60(200, 17 Oct.):53753-53760.

²⁵Nedwell J R (2005) 'Gürültünün deniz memeli türlerine davranışsal etkilerinin tahmini için bir ölçüm (A metric for estimating the behavioural effects of noise on marine mammal species)'. Akustik Altı Rapor Referansı: (Subacoustech Report Reference:) 59R0303, Birleşik Krallık, Teddington'da , Ekim 2005'de, Sualtı Akustiği Üzerinde Ulusal Fizik Laboratuvarı'nda sunulmuştur.

²⁶Buckingham M.J., "Okyanus-akustik yayılım modelleri" ("Ocean-acoustic propagation models"). Journal d'Acoustique: 223-287 Haziran 1992

²⁷Finn Jensen, William Kuperman, Michael Porter ve Hernik Schmidt, Computational Ocean Acoustics, Springer-Verlag (2000)

²⁸Etter Paul C., Sualtı Akustik Modelleme ve Simülasyon (Underwater Acoustic Modeling and Simulation), 3. baskı, Spon Press, New York, 2003, ISBN 0-419-26220-2

²⁹ABD Deniz Araştırma Dairesi tarafından fonlanan ve bir dizi sualtı akustik yayılım kaybı yazılımı içeren bir çevrimiçi depo. <http://oalib.hlsresearch.com/Modes/AcousticsToolbox/> adresindedir.

³⁰Amante, C. and B. W. Eakins, (2009), ETOPO1 1 Yay-Dakika Küresel Rölyef Modeli: Prosedürler, Veri Kaynakları ve Analiz (ETOPO1 1 Arc-Minute Global Relief Model: Procedures, Data Sources and Analysis). NOAA Technical Memorandum NESDIS NGDC-24, s. 19, Mart 2009.

³¹WOA (2009), Dünya Okyanus Atlası veri kümesi www.nodc.noaa.gov/OC5/WOA09/pr_woa09.html adresinden indirilebilir.

³²Chen C-T ve Millero F. J., 1977, Yüksek Basınlarda Deniz Suyunda Ses Hızı (Speed of Sound in Seawater at High Pressures). J. Acoust Soc Am, 32(10), s. 1357

³³Onea F., Rusu E., "Karadeniz Alanındaki Rüzgar Enerjisi Kaynaklarının Değerlendirilmesi" ("Evaluation of the Wind Energy Resources in the Black Sea Area"), Recent Researches in Environment, Energy Systems and Sustainability, 2002. <http://www.wseas.us/e-library/conferences/2012/Algarve/EEESD/EEESD-02.pdf> adresinden indirilmiştir.

³⁴Ross, Stoffers and Trimonis, KARADENİZ SEDİMAN ÇERÇEVESİ (BLACK SEA SEDIMENTARY FRAMEWORK), Deep Sea Drilling Project, May 2007. İndirildiği adres: http://www.deepseadrilling.org/42_2/dsdp_toc.htm Eylül 2012

³⁵Gheorghe Oaie, Dan Secrieru, Kazimiras Shimkus, Karadeniz Havzası: Sediman Tipleri ve Dağılımı, Sedimentasyon Süreçleri (Black Sea Basin: SedimentTypes and Distribution, Sedimentation Processes), Proceedings of Euro-EcoGeoCentre-Romania, GEO-ECO-MARINA 9-10/2003-2004. İndirildiği adres: www.geoecomar.ro/website/publicatii/Nr.9-10-2004/4.pdf Eylül 2012

³⁶E.L. Hamilton: Batiskaf TRIESTE'den Yerinde yapılan Sediman Ses Hızı Ölçümleri (Sediment Sound Velocity Measurements made In Situ from Bathyscaph TRIESTE), Journal of Geophysical Research 68 (1963) s. 5991-5998.

³⁷E.L. Hamilton: Deniz sedimanlarının ses hızı ve ilgili özellikleri (Sound velocity and related properties of marine sediments), North Pacific, Journal of Geophysical Research 75 (1970) s. 4423-4446.

³⁸E.L. Hamilton: Deniz sedimanlarında kompresyon dalgası zayıflaması (Compressional-wave attenuation in marine sediments), Geophysics 37 (1972) s. 620-646.

³⁹Theobald P., Lepper P., Robinson S., Hazelwood D., (2009), "Sese Maruz Kalma Seviyesi Ölçümleri Kullanılarak Deniz Memelileri için Kümülatif Gürültü Maruziyetinin Değerlendirilmesi (Cumulative Noise Exposure Assessment For Marine Mammals Using Sound Exposure Level As A Metric)", UAM Konferans Belgeleri (UAM Conference Proceedings) 2009.