

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**İSTANBUL BOĞAZI SUALTI ORTAM GÜRÜLTÜSÜNÜN
İNCELENMESİ VE MODELLENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Ufuk ÜLÜĞ**

Anabilim Dalı : Elektronik ve Haberleşme A.B.D.

Programı : Telekomünikasyon Mühendisliği

HAZİRAN 2009

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**İSTANBUL BOĞAZI SUALTI ORTAM GÜRÜLTÜSÜNÜN
İNCELENMESİ VE MODELLENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Ufuk ÜLÜĞ
(504061352)**

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 04 Mayıs 2009

Tezin Savunulduğu Tarih : 03 Haziran 2009

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Tayfun AKGÜL (İTÜ)
Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Mehmet Ertuğrul ÇELEBİ (İTÜ)
Doç. Dr. Zehra ÇATALTEPE (İTÜ)**

HAZİRAN 2009

ÖNSÖZ

Değerli danışmanım Prof. Dr. Tayfun AKGÜL'e, çalışmalarımda gösterdiği sabır, ilgi, destek ve bulunduğum seviyeye ulaşmamdaki katkıları için sonsuz teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca çalışma arkadaşlarım Süleyman BAYKUT ve Cengiz Gezer'e de yardımları ve destekleri için minnettar olduğumu belirtmek isterim. Tüm çalışmalarımda desteğini eksik etmeyen, her zaman yanımda olan ve olacak annem Kübra ÜLÜĞ, kardeşim Şafak ÜLÜĞ ve sevgilim Özge GÜNGÖR'e tüm kalbimle teşekkür ederim.

Haziran 2009

Ufuk ÜLÜĞ

(Telekomünikasyon Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	iii
İÇİNDEKİLER	v
KISALTMALAR	vii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	ix
ŞEKİL LİSTESİ.....	xi
ÖZET.....	xiii
SUMMARY	xv
1. GİRİŞ	1
2. SUALTI ORTAM GÜRÜLTÜSÜ	3
2.1 Ortam Gürültüsü Kaynakları	7
2.1.1 Rüzgar gürültüsü	7
2.1.2 Yağış gürültüsü	9
2.1.3 Gemi gürültüsü	11
2.1.4 Endüstriyel gürültü	14
2.1.5 Sonar gürültüsü	15
2.1.6 Biyolojik gürültü	16
2.1.7 Isıl gürültü	16
3. ANALİZ YÖNTEMLERİ	19
3.1 İstatistiksel Yöntemler.....	19
3.1.1 Sualtı ortam gürültüsünün rastlantı süreç modeli	19
3.1.2 Olasılık yoğunluk işlevleri	22
3.2 İzgesel Yöntemler	23
3.2.1 Welch methodu	23
3.2.2 1/3 Oktav izge	24
4. ÖLÇÜM VE MODELLEME	27
4.1 Ölçüm Sistemi	27
4.1.1 Donanım birimleri	28
4.1.2 Yazılım birimleri	32
4.1.3 Yardımcı birimler	34
4.2 İstanbul Boğazı Ortam Gürültüsü Ölçüm ve Modelleme Çalışması.....	36
4.2.1 İstanbul Boğazı'nın genel özellikleri	37
4.2.2 Sualtı ortam gürültüsünün modellenmesi	40
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	59
KAYNAKLAR	61
EKLER.....	63

KISALTMALAR

ADC	: Analog/Sayısal Dönüştürücü
BG	: Bant Genişliği
dB	: Desibel
GT	: Groston
RANDI	: Research Ambient Noise Directionality Model
SBS	: Ses Basınç Seviyesi
SOG	: Sualtı Ortam Gürültüsü

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1: Eşitlik 2.2 için Katsayılar	8
Çizelge 2.2: Farklı Frekans Bantları İçin D ve E Sabitleri	10
Çizelge 2.3: Eşitlik 2.8 için Katsayı Tablosu (Yağış Hızı=2-5 mm/h (üstte) ve 5-10 mm/h (altta))	11
Çizelge 2.4: Sualtı Canlı Seslerinin Kaynak Seviyeleri	16
Çizelge 3.1: 1/3 Oktav Filtre Merkez Frekanslar ve Bant Genişlikleri	25
Çizelge 4.1: Ölçüm Sistemi Genel Özellikleri	32
Çizelge 4.2: Meteoroloji İstasyonu Genel Özellikleri	35
Çizelge 4.2: Ölçüm Noktaları Ayrıntıları	41
Çizelge C.1: “Ölçüm Noktası 1” Gürültü Seviyesi En Düşük Kayıt için 1/3 Oktav Frekans Bantlarında Momentler	77
Çizelge C.2: “Ölçüm Noktası 1” Gürültü Seviyesi En Yüksek Kayıt için 1/3 Oktav Frekans Bantlarında Momentler	77
Çizelge C.3: “Ölçüm Noktası 2” Gürültü Seviyesi En Düşük Kayıt için 1/3 Oktav Frekans Bantlarında Momentler	78
Çizelge C.4: “Ölçüm Noktası 2” Gürültü Seviyesi En Yüksek Kayıt için 1/3 Oktav Frekans Bantlarında Momentler	78
Çizelge C.5: “Ölçüm Noktası 3” Gürültü Seviyesi En Düşük Kayıt için 1/3 Oktav Frekans Bantlarında Momentler	78
Çizelge C.6: “Ölçüm Noktası 3” Gürültü Seviyesi En Yüksek Kayıt için 1/3 Oktav Frekans Bantlarında Momentler	79
Çizelge C.7: “Ölçüm Noktası 4” Gürültü Seviyesi En Düşük Kayıt için 1/3 Oktav Frekans Bantlarında Momentler	79
Çizelge C.8: “Ölçüm Noktası 4” Gürültü Seviyesi En Yüksek Kayıt için 1/3 Oktav Frekans Bantlarında Momentler	80
Çizelge C.9: “Ölçüm Noktası 5” Gürültü Seviyesi En Düşük Kayıt için 1/3 Oktav Frekans Bantlarında Momentler	80
Çizelge C.10: “Ölçüm Noktası 5” Gürültü Seviyesi En Yüksek Kayıt için 1/3 Oktav Frekans Bantlarında Momentler	81
Çizelge C.11: “Ölçüm Noktası 6” Gürültü Seviyesi En Düşük Kayıt için 1/3 Oktav Frekans Bantlarında Momentler	81
Çizelge C.12: “Ölçüm Noktası 6” Gürültü Seviyesi En Yüksek Kayıt için 1/3 Oktav Frekans Bantlarında Momentler	82
Çizelge C.13: “Ölçüm Noktası 7” Gürültü Seviyesi En Düşük Kayıt için 1/3 Oktav Frekans Bantlarında Momentler	82
Çizelge C.14: “Ölçüm Noktası 7” Gürültü Seviyesi En Yüksek Kayıt için 1/3 Oktav Frekans Bantlarında Momentler	83
Çizelge C.15: “Ölçüm Noktası 8” Gürültü Seviyesi En Düşük Kayıt için 1/3 Oktav Frekans Bantlarında Momentler	83
Çizelge C.16: “Ölçüm Noktası 8” Gürültü Seviyesi En Yüksek Kayıt için 1/3 Oktav Frekans Bantlarında Momentler	84

Çizelge C.17: “Ölçüm Noktası 9” Gürültü Seviyesi En Düşük Kayıt için 1/3 Oktav Frekans Bantlarında Momentler	84
Çizelge C.18: “Ölçüm Noktası 9” Gürültü Seviyesi En Yüksek Kayıt için 1/3 Oktav Frekans Bantlarında Momentler	85
Çizelge D.1: “Ölçüm Noktası 1” Gürültü Seviyesi En Düşük Kayıt için 1/3 Oktav Frekans Bantlarında “t location-scale” Dağılımı Parametreleri	87
Çizelge D.2: “Ölçüm Noktası 1” Gürültü Seviyesi En Yüksek Kayıt için 1/3 Oktav Frekans Bantlarında “t location-scale” Dağılımı Parametreleri	87
Çizelge D.3: “Ölçüm Noktası 2” Gürültü Seviyesi En Düşük Kayıt için 1/3 Oktav Frekans Bantlarında “t location-scale” Dağılımı Parametreleri	87
Çizelge D.4: “Ölçüm Noktası 2” Gürültü Seviyesi En Yüksek Kayıt için 1/3 Oktav Frekans Bantlarında “t location-scale” Dağılımı Parametreleri	88
Çizelge D.5: “Ölçüm Noktası 3” Gürültü Seviyesi En Düşük Kayıt için 1/3 Oktav Frekans Bantlarında “t location-scale” Dağılımı Parametreleri	88
Çizelge D.6: “Ölçüm Noktası 3” Gürültü Seviyesi En Yüksek Kayıt için 1/3 Oktav Frekans Bantlarında “t location-scale” Dağılımı Parametreleri	88
Çizelge D.7: “Ölçüm Noktası 4” Gürültü Seviyesi En Düşük Kayıt için 1/3 Oktav Frekans Bantlarında “t location-scale” Dağılımı Parametreleri	89
Çizelge D.8: “Ölçüm Noktası 4” Gürültü Seviyesi En Yüksek Kayıt için 1/3 Oktav Frekans Bantlarında “t location-scale” Dağılımı Parametreleri	89
Çizelge D.9: “Ölçüm Noktası 5” Gürültü Seviyesi En Düşük Kayıt için 1/3 Oktav Frekans Bantlarında “t location-scale” Dağılımı Parametreleri	89
Çizelge D.10: “Ölçüm Noktası 5” Gürültü Seviyesi En Yüksek Kayıt için 1/3 Oktav Frekans Bantlarında “t location-scale” Dağılımı Parametreleri	90
Çizelge D.11: “Ölçüm Noktası 6” Gürültü Seviyesi En Düşük Kayıt için 1/3 Oktav Frekans Bantlarında “t location-scale” Dağılımı Parametreleri	90
Çizelge D.12: “Ölçüm Noktası 6” Gürültü Seviyesi En Yüksek Kayıt için 1/3 Oktav Frekans Bantlarında “t location-scale” Dağılımı Parametreleri	90
Çizelge D.13: “Ölçüm Noktası 7” Gürültü Seviyesi En Düşük Kayıt için 1/3 Oktav Frekans Bantlarında “t location-scale” Dağılımı Parametreleri	91
Çizelge D.14: “Ölçüm Noktası 7” Gürültü Seviyesi En Yüksek Kayıt için 1/3 Oktav Frekans Bantlarında “t location-scale” Dağılımı Parametreleri	91
Çizelge D.15: “Ölçüm Noktası 8” Gürültü Seviyesi En Düşük Kayıt için 1/3 Oktav Frekans Bantlarında “t location-scale” Dağılımı Parametreleri	91
Çizelge D.16: “Ölçüm Noktası 8” Gürültü Seviyesi En Yüksek Kayıt için 1/3 Oktav Frekans Bantlarında “t location-scale” Dağılımı Parametreleri	92
Çizelge D.17: “Ölçüm Noktası 9” Gürültü Seviyesi En Düşük Kayıt için 1/3 Oktav Frekans Bantlarında “t location-scale” Dağılımı Parametreleri	92
Çizelge D.18: “Ölçüm Noktası 9” Gürültü Seviyesi En Yüksek Kayıt için 1/3 Oktav Frekans Bantlarında “t location-scale” Dağılımı Parametreleri	92

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1: Derin Denizler için Sualtı Ortam Gürültüsü İzgesi (Urick, 1983).....	4
Şekil 2.2: Sualtı Ortam Gürültüsü Kaynakları ve Seviyeleri (Wenz, 1962).....	5
Şekil 2.3: Farklı Deniz Tabanları ve Su Yükseklikleri için Ses Yayılımı Kesim Frekansları.....	6
Şekil 2.4: Farklı Yağış Hızları İçin Frekansa Bağlı İzge Seviyesi.....	10
Şekil 2.5: Gemi Gürültüsü İzgesinin Genel Görünümü.....	12
Şekil 2.6: Gemilerden Yayılan Gürültünün Kaynakları ve Frekans Bantları.....	13
Şekil 2.7: Gemi Hızı Kaynak İzge Seviyesi İlişkisi.....	14
Şekil 2.8: Farklı Gemiler için Kaynak İzge Yoğunlukları.....	15
Şekil 3.1: Örnek Ortalama ve Değişinti Değerleri için Normal Dağılımlar.....	20
Şekil 3.2: Negatif (solda) ve Pozitif (sağda) Yamukluklu Dağılımlar.....	21
Şekil 3.3: Farklı Savruluk Değerlerine Sahip Dağılımlar.....	21
Şekil 3.4: Farklı Sigma (a) ve Nu (b) Parametreleri için “T location-scale” Dağılımı Frekansları.....	23
Şekil 4.1: Ölçüm Sistemi Donanım Birimi Genel Görünümü.....	29
Şekil 4.2: Elektronik Donanım Birimi Şeması.....	31
Şekil 4.3: Veri Toplama Yazılımı Arayüzü.....	34
Şekil 4.4: İstanbul Boğazı Limanlarındaki Deniz Taşıtlarının Dağılımı.....	38
Şekil 4.5: İstanbul Boğazı’ndan Boylarına (a) ve Ağırlıklarına (b) Göre Geçiş Yapan Yıllık Gemi Sayısı.....	39
Şekil 4.6: İstanbul Boğazı ve Çevresinde Ölçüm Alınan Noktalar.....	40
Şekil 4.7: “Ölçüm Noktası 1” için Ortam Gürültü Seviyeleri (a) 100 Hz (b) 500 Hz (c) 1000 Hz (d) 2000 Hz.....	42
Şekil 4.8: “Ölçüm Noktası 1” için 1/3 Oktav Ortam Gürültü Seviyesi.....	43
Şekil 4.9: “Ölçüm Noktası 2” için 1/3 Oktav Ortam Gürültü Seviyeleri.....	44
Şekil 4.10: “Ölçüm Noktası 3” için 1/3 Oktav Ortam Gürültü Seviyeleri.....	45
Şekil 4.11: “Ölçüm Noktası 4” için 1/3 Oktav Ortam Gürültü Seviyeleri.....	46
Şekil 4.12: “Ölçüm Noktası 5” için 1/3 Oktav Ortam Gürültü Seviyeleri.....	47
Şekil 4.13: “Ölçüm Noktası 6” için 1/3 Oktav Ortam Gürültü Seviyeleri.....	48
Şekil 4.14: “Ölçüm Noktası 7” için 1/3 Oktav Ortam Gürültü Seviyeleri.....	49
Şekil 4.15: “Ölçüm Noktası 8” için 1/3 Oktav Ortam Gürültü Seviyeleri.....	50
Şekil 4.16: “Ölçüm Noktası 9” için 1/3 Oktav Ortam Gürültü Seviyeleri.....	51
Şekil 4.17: “Ölçüm Noktası 4” için Rüzgar Gürültüsü Kestirimi.....	52
Şekil 4.18: “Ölçüm Noktası 6” için Rüzgar Gürültüsü Kestirimi.....	53
Şekil 4.19: “Ölçüm Noktası 9” için Rüzgar Gürültüsü Kestirimi.....	54
Şekil 4.20: “Ölçüm Noktası 4” için Yağış Gürültüsü Kestirimi.....	56
Şekil 4.21: “Ölçüm Noktası 6” için Yağış Gürültüsü Kestirimi.....	56
Şekil 4.22: “Ölçüm Noktası 9” için Yağış Gürültüsü Kestirimi.....	57
Şekil A.1: İstanbul Boğazı Günlük Rüzgar Hızı (m/s) ve Yönü Grafikleri (Florya, 2006) (Url-1).....	65
Şekil A.2: İstanbul Boğazı Günlük Yağış Miktarı (mm) Grafikleri (Url-1).....	65

Şekil B.1: “Ölçüm Noktası 1” Gürültü Seviyesi En Düşük Kayıt İçin 1/3 Oktav Frekans Bantlarında Dağılımlar	67
Şekil B.2: “Ölçüm Noktası 1” Gürültü Seviyesi En Yüksek Kayıt İçin 1/3 Oktav Frekans Bantlarında Dağılımlar	67
Şekil B.3: “Ölçüm Noktası 2” Gürültü Seviyesi En Düşük Kayıt İçin 1/3 Oktav Frekans Bantlarında Dağılımlar	68
Şekil B.4: “Ölçüm Noktası 2” Gürültü Seviyesi En Yüksek Kayıt İçin 1/3 Oktav Frekans Bantlarında Dağılımlar	68
Şekil B.5: “Ölçüm Noktası 3” Gürültü Seviyesi En Düşük Kayıt İçin 1/3 Oktav Frekans Bantlarında Dağılımlar	69
Şekil B.6: “Ölçüm Noktası 3” Gürültü Seviyesi En Yüksek Kayıt İçin 1/3 Oktav Frekans Bantlarında Dağılımlar	69
Şekil B.7: “Ölçüm Noktası 4” Gürültü Seviyesi En Düşük Kayıt İçin 1/3 Oktav Frekans Bantlarında Dağılımlar	70
Şekil B.8: “Ölçüm Noktası 4” Gürültü Seviyesi En Yüksek Kayıt İçin 1/3 Oktav Frekans Bantlarında Dağılımlar	70
Şekil B.9: “Ölçüm Noktası 5” Gürültü Seviyesi En Düşük Kayıt İçin 1/3 Oktav Frekans Bantlarında Dağılımlar	71
Şekil B.10: “Ölçüm Noktası 5” Gürültü Seviyesi En Yüksek Kayıt İçin 1/3 Oktav Frekans Bantlarında Dağılımlar	71
Şekil B.11: “Ölçüm Noktası 6” Gürültü Seviyesi En Düşük Kayıt İçin 1/3 Oktav Frekans Bantlarında Dağılımlar	72
Şekil B.12: “Ölçüm Noktası 6” Gürültü Seviyesi En Yüksek Kayıt İçin 1/3 Oktav Frekans Bantlarında Dağılımlar	72
Şekil B.13: “Ölçüm Noktası 7” Gürültü Seviyesi En Düşük Kayıt İçin 1/3 Oktav Frekans Bantlarında Dağılımlar	73
Şekil B.14: “Ölçüm Noktası 7” Gürültü Seviyesi En Yüksek Kayıt İçin 1/3 Oktav Frekans Bantlarında Dağılımlar	73
Şekil B.15: “Ölçüm Noktası 8” Gürültü Seviyesi En Düşük Kayıt İçin 1/3 Oktav Frekans Bantlarında Dağılımlar	74
Şekil B.16: “Ölçüm Noktası 8” Gürültü Seviyesi En Yüksek Kayıt İçin 1/3 Oktav Frekans Bantlarında Dağılımlar	74
Şekil B.17: “Ölçüm Noktası 9” Gürültü Seviyesi En Düşük Kayıt İçin 1/3 Oktav Frekans Bantlarında Dağılımlar	75
Şekil B.18: “Ölçüm Noktası 9” Gürültü Seviyesi En Yüksek Kayıt için 1/3 Oktav Frekans Bantlarında Dağılımlar	75

İSTANBUL BOĞAZI SUALTI ORTAM GÜRÜLTÜSÜNÜN İNCELENMESİ VE MODELLENMESİ

ÖZET

Sualtı ortam gürültüsü, çeşitli kaynaklardan yayılan akustik dalgaların toplamsal olarak oluşturduğu ve genellikle yönsüz olan gürültü türüdür. Özellikle sonar sistemlerinin performansı ve deniz canlıları üzerinde doğrudan ilişkisi olan ortam gürültüsü son yıllarda birçok araştırma grubu tarafından incelenmektedir. Sualtı ortam gürültüsünün mekana, zamana ve çevresel etkilere bağlı yapısı gereği, literatürde çeşitli denizler için türetilmiş birçok ortam gürültü modeli bulunmaktadır. İstanbul Boğazı, diğer denizlere kıyasla fiziksel özellikler ve çevresel etkiler bakımından oldukça büyük farklılıklar göstermesi nedeniyle, ortam gürültüsü modeli de diğer denizlerden farklılıklar gösterecektir.

Bu çalışmada sualtı ortam gürültüsünü kaydedebilmek için özgün bir sistem tasarlanmıştır. Sistem, 8 adet tüm-yönlü hidrofonun eşit aralıklarla dizilerek oluşturduğu 30 metre uzunluğunda düşey bir hidrofon dizisi, su sızdırmaz muhafaza içerisine yerleştirilmiş analog/sayısal dönüştürücü kartlar, gömülü bilgisayar, güç sistemleri ve veri iletim sistemlerinden meydana gelmektedir. Tüm sistem yaklaşık 1.5 metre çapında silindirik şamandıra içerisine yerleştirilmiş ve şamandıra belirlenen konumda dört noktadan beton bloklarla sabitlenerek sürekli veri toplayacak şekilde tasarlanmıştır. Sistemin kıyıdaki istasyon ile veri ve enerji bağlantısı, içerisinde fiber optik ve bakır teller bulunduran 500 metre sualtı kablosundan sağlanmaktadır.

Prototipi üretilen sistem ile İstanbul Boğazı ve çevresinde çeşitli noktalarda ölçüm çalışmaları yapılmıştır. Toplanan veriler istatistiksel ve izgesel yöntemler kullanılarak incelenmiş ve sonuçları bu tezde tartışılmıştır. Ayrıca İstanbul Boğazı'na ilişkin gürültü haritaları oluşturmuş ve çeşitli çevresel etkiler altında ortam gürültüsünün değişimi üzerine kestirimler yapılmıştır.

ANALYSIS AND MODELLING THE UNDERWATER AMBIENT NOISE OF THE BOSPHORUS

SUMMARY

Underwater ambient noise, which is generally omni directional, is the sum of the acoustic signals radiated from different sources. In recent years, many research groups work on the ambient noise characteristics and models since it has direct effects on the sonar performance and marine animals. There are various underwater ambient models in the literature, due to its highly dependence on location, time and environmental conditions. Bosphorus has unique physical structure that makes its noise model totally different compared with the models in the literature.

In this thesis, an underwater ambient noise record system is designed. The system has equally spaced and vertically located hydrophone array, which consists of 8 omni-directional hydrophones, plus ADC cards, an embedded computer, power units, data transfer boards located inside an isolated box. All the components are located in a nearly 1.5 meters diameter buoy, which is planned to be fixed its location with 4 concrete blocks. The system is designed to realize continuous 24 hours data acquisition. Data and power are transferred to the buoy over a 500 meters of underwater cable consists of fiber optic cores and copper lines.

With this ambient noise acquisition system, various underwater noise data sets are collected from different locations in and around the Bosphorus. Spectral and statistical methods are used to analyse the data and results are presented. Additionally ambient noise maps of the Bosphorus are generated and the possible effects of different environmental sources are estimated.

1. GİRİŞ

Gürültü, ister elektronik veya akustik, hangi alanda olursa olsun istenmeyen sinyal olarak tanımlanır. Sualtı ortam gürültüsü de çeşitli kaynaklardan yayılan ve akustik temelli çalışan cihazları veya sualtı canlılarının yaşamını etkileyen tüm sinyallerin toplamıdır. Sualtı ortam gürültüsünün tanımı, hangi kaynakların gürültü kaynağı olarak göz önünde bulundurulacağı çeşitli araştırma alanlarında birbirinden farklılık gösterebilir.

Sualtı ortam gürültüsü ile ilgili çalışmalar 1940'larda II. Dünya Savaşı yıllarında başlamış olup özellikle son yirmi yıldır ortam gürültüsü ve etkileri üzerine birçok okyanus ve denizde incelemeler yürütülmektedir. Günümüzde, ortam gürültüsü üzerine yürütülen çalışmalar askeri sonar sistemleri, sualtı akustik iletişim sistemleri, dip görüntüleme sistemleri, sismik araştırma sistemleri ve deniz canlılarını inceleyen çalışmalar ile paralel yürütülmektedir.

Literatür incelendiğinde sualtı ortam gürültüsü konusunda çok çeşitli deniz ortamlarında yapılmış ölçüm ve modelleme çalışmalarına ulaşılabilir. Ancak İstanbul Boğazı, birkaç nedenden ötürü diğer denizlerin ortam gürültü yapısına uymaz ve bu denizlerde oluşturulan modeller İstanbul Boğazı gürültü yapısını yansıtmaz. Öncelikle İstanbul Boğazı diğer denizlerden farklı olarak bir kanal yapısına sahiptir. Literatürdeki çalışma ortamlarının açık denizler ya da körfezler olması dolayısıyla Boğaz bunlarla karşılaştırıldığında oldukça dar ve kıvrımlı bir yapıdadır. Ayrıca diğer denizlere kıyasla İstanbul Boğazı aşırı sığ deniz yapısındadır ve akustik dalgaların yayılımı söz konusu olduğunda sığ sular derin sulara göre önemli farklılıklar getirir. Daha da ilginç, Boğaz'ın iki yönlü akıntı rejimine sahip olmasıdır. Taban ve yüzeyde farklı yönlerde hareket eden su, orta derinliklerde türbülans oluşturmakta, dolayısıyla da gürültü yapısını değiştirmektedir. Gürültü kaynakları ve dağılımı açısından da Boğaz diğer denizlerden farklıdır. Karadeniz ile Marmara Denizi arasında transit gemi geçişi açısından önemli bir su yolu olduğundan, birim zamanda geçen gemi sayısı oldukça yüksektir.

Üstelik Boğaz'ın iki yakasında gerçekleştirilen yolcu taşımacılığı ve çeşitli noktalarda yoğunlaşan balıkçılık faaliyetleri ortam gürültüsünü etkilemektedir.

İstanbul Boğazı'nın, ortam gürültü modellemesi yapılan diğer denizlerden farklılıklar göstermesi nedeniyle Boğaz'ın çeşitli noktalarında ölçüm alınarak incelenmesi, modellenmesi ve arşivlenmesi önem kazanmıştır. Bu kapsamda ortam gürültüsünün ölçülebilmesi için özgün bir ölçüm sistemi tasarlanmış, donanım birimlerinin yurtiçinden ve yurtdışından temini sağlanmış ve sistem laboratuvar ortamında kurulmuştur. Ayrıca sistemin tüm yazılım birimleri de tarafımızdan geliştirilerek sisteme bütünleştirilmiştir. Sistemin laboratuvar, havuz ve saha testlerinin ardından Boğaz ve çevresinde ölçüm çalışmaları gerçekleştirilmiş ve veriler çeşitli yöntemler ile analiz edilerek arşivlenmiştir.

Bu çalışma, İstanbul Teknik Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Fakültesi'nde yürütülen 106Y090 numaralı "İstanbul Boğazı'nın Sualtı Ortam Gürültüsünün İncelenmesi, Modellenmesi ve Arşivlenmesi" projesi kapsamında TÜBİTAK tarafından desteklenmiştir.

2. SUALTI ORTAM GÜRÜLTÜSÜ

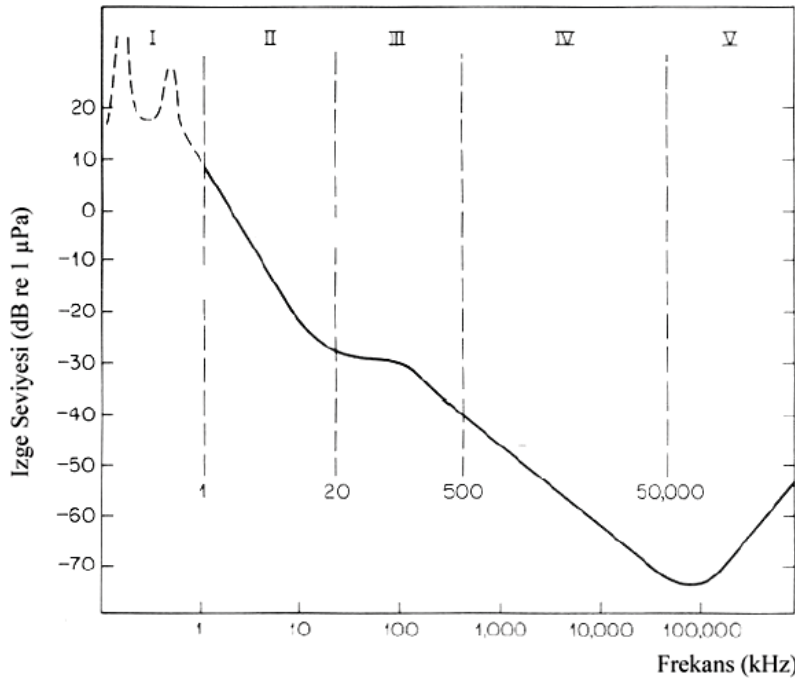
Ortam gürültüsü, yönsüz bir alıcı tarafından alınan, alıcının kendisinin veya monte edildiği platformun (şamandıra, tekne, vb.) gürültüsü harici gürültüler olarak tanımlanır. Alıcının kendisinden veya monte edildiği platformdan kaynaklanan gürültülere ise kendi-gürültüsü (self-noise) adı verilir. Ortam gürültüsü, doğal kaynaklardan oluşabileceği gibi doğrudan ya da dolaylı olarak insanlar tarafından da üretilebilir.

Bazı araştırmacılar ortam gürültüsünü, ortamda bulunan gemi gibi insan kaynaklı gürültüleri süzgeçledikten sonra arta kalan gürültü olarak tanımlarlar. Bu tezde ortam gürültüsü tanımı, yakın ve uzak tüm kaynaklardan yayılan akustik gürültüleri kapsamaktadır.

Ortam gürültüsü genellikle üç bileşenden oluşmaktadır: Geniş bant sürekli gürültü, tonaller ve darbesel gürültü. Darbesel gürültü doğada geçici olup genellikle geniş bantlı ve kısa sürelidirler. Tepe genlikleri ve tekrarlama sıklıkları ile karakterize edilirler. Sürekli geniş bant gürültü ise Hertz başına düşen güç yoğunluğunu veren izge seviyesi ile belirlenir. Bu seviye genellikle “dB” cinsinden güç yoğunluğunun 1 mikro paskal (μPa) referans seviyeye oranı şeklinde kullanılır. Tonaller ise çok dar bantlı sinyaller olup frekansa bağlı “dB ref $1\mu\text{Pa}$ ” birimiyle ifade edilirler. Sualtı akustik ortam gürültüsü 1 Hz’in altından 100 kHz’in üzerine dek tüm izgeyi kapsamaktadır.

Günümüze dek derin denizlerde ortam gürültü seviyesi ve kaynakları ile ilgili çalışmalar yapılmıştır. Literatür bu konuda oldukça zengindir, örneğin Şekil 1’de verilen Urick (1983) tarafından elde edilmiş grafik derin denizlerde ortam gürültü izgesinin genel yapısını özetlemektedir. Buna göre I ve II bölgelerinde gürültü kaynağı türbülans ve hidrostatik kaynaklardır (dalga, gelgit vb.). Bölge III’te gürültü seviyesi daha değişken olup genellikle uzak gemi kaynaklıdır. Bölge IV ise yağış, rüzgar gibi yüzey kaynaklı gürültülerden etkilenmektedir ve ölçüm noktasına yakın bölgelerde etkili olmaktadır. V. Bölge’de ise baskın gürültü termal gürültüdür. Bu

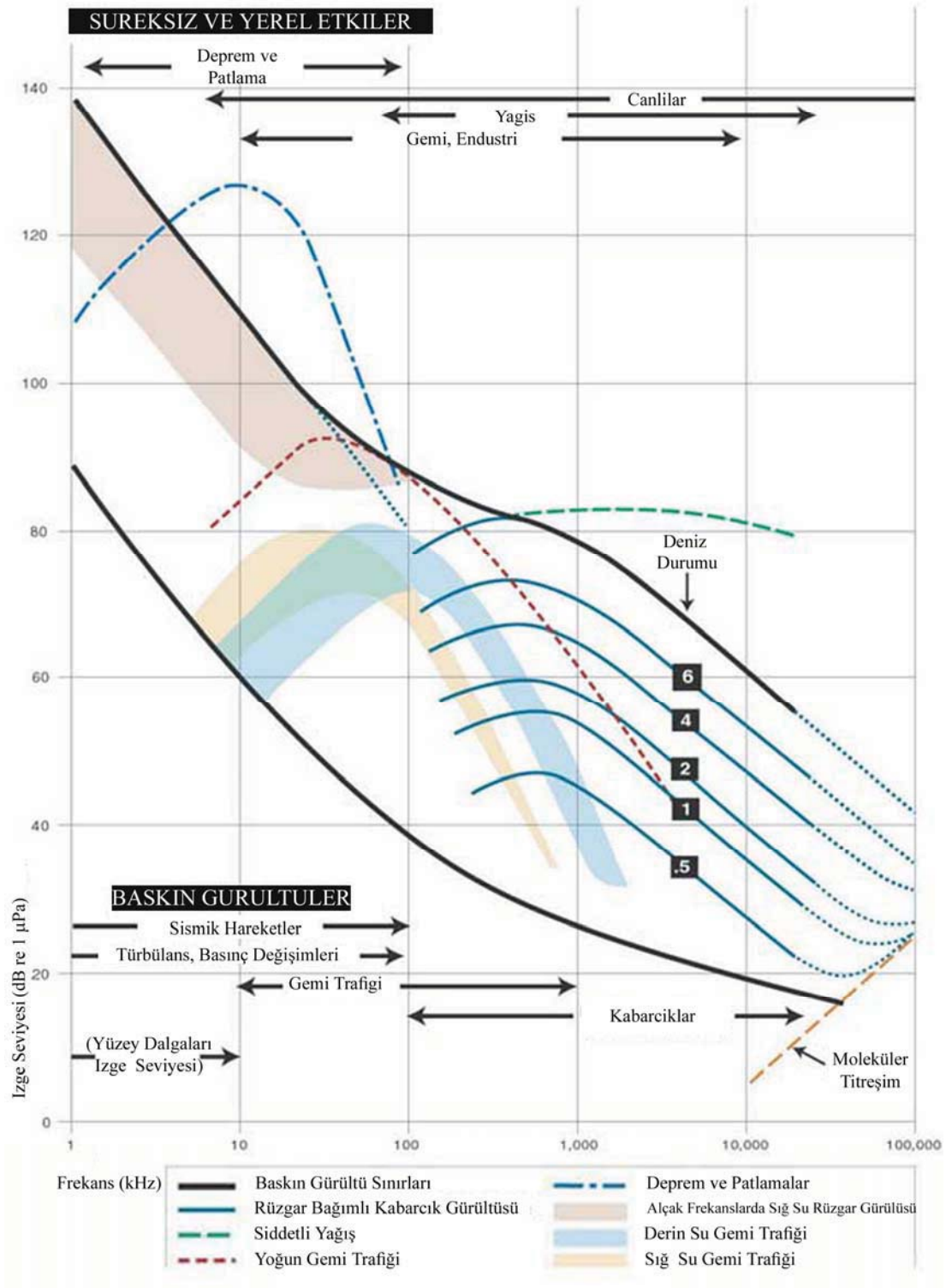
çalışmada, ölçüm sisteminin donanımsal özellikleri nedeniyle çoğunlukla II., III. ve IV. Bölge'lere yoğunlaşmıştır.



Şekil 2.1: Derin Denizler için Sualtı Ortam Gürültüsü İzgesi (Urick, 1983)

Ayrıca Wenz (1962), yaptığı araştırmalar neticesinde gürültü kaynakları ile izge seviyelerini frekansa bağlı olarak tanımlamıştır (bkz: Şekil 2.2). Ortam gürültü izgesi genellikle üstten ve alttan sınırlandırılmış bölgede bulunur ve alçak frekanslarda baskın gürültü, gemi kaynaklı gürültüler iken yüksek frekanslarda rüzgar ve yağış gürültüleri etkili olmaktadır. Bu izgedeki değişiklikler, yerel batimetri, ortam yayılım koşulları, gemi trafik seviyesi ve hava durumuna bağlıdır.

Sığ (20-200 m derinlikteki) ve aşırı sığ (0-20 m arasındaki) sularda bu grafiklerde gösterilen seviyeler gerçeği yansıtmayıp sadece bir yaklaşıklık vermektedir. İstanbul Boğazı'nın Marmara ve Karadeniz çıkışlarındaki batimetrik koşullar, grafikleri çizilen ortam koşullarına uysa da Boğaz boyunca ortam, sığ ve aşırı sığ su olarak tanımlanmaktadır. Su derinliğinin az olduğu bölgelerde akustik dalgaların yayılımı, okyanuslara veya derin sulara kıyasla daha karmaşıktır (Frisk, 1994).



Şekil 2.2: Sualtı Ortam Gürültüsü Kaynakları ve Seviyeleri (Wenz, 1962)

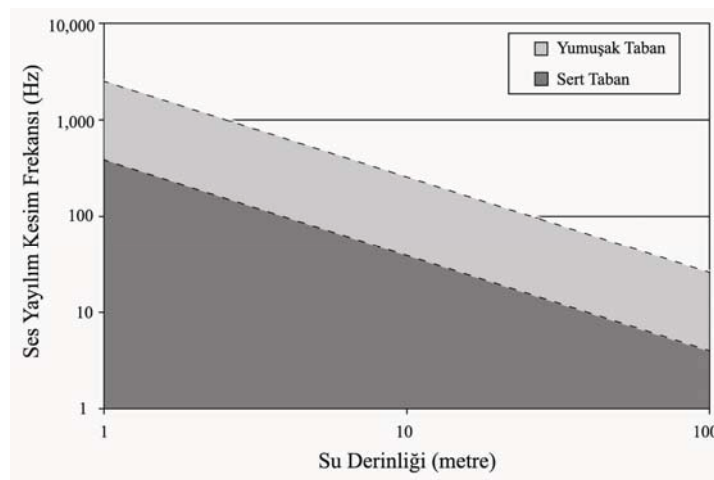
Bu tür bölgelerde akustik dalgalar su içerisinde ilerlerken sürekli yüzeyden ve tabandan yansımaya uğrar. Her yansıyan dalga orijinal dalga ile girişir ve su kolonu içerisinde bir girişim örüntüsü oluşturur. Tek bir frekansta gürültü yayan bir kaynak,

her biri birbirinden farklı sayıda maksimum ve minimum basınç seviyelerine sahip birçok ayırık düşey girişim örüntüleri oluşturacaktır (Ferris, 1972). Her bir düşey girişim örüntüsü veya duran dalga yatay düzlemde kendi hızları ile hareket eder. Ancak duran dalga, frekansı çok düşük ise hareket edemez. Bu frekans değerine kesim frekansı denir ve bunun altındaki frekansa sahip dalgalar yatay düzlemde ilerleyemezler. Bu yüzden belirli bir derinlikte mutlak kesim frekansı, en az sayıda maksimum ve minimum basınç değerine sahip olan düşey duran dalganın kesim frekansına eşittir (Rogers ve Cox, 1988).

Homojen su ve taban özellikleri varsayımı altında sığ sular için basit bir matematiksel model çıkarılabilir. Bu modelde, sığ sularda, altındaki frekanslarda hiçbir sesin ilerleyemeyeceği frekans değeri olan mutlak kesim frekansı şu formüle göre hesaplanır:

$$f_{kesim} = \frac{c_w}{4h \sqrt{1 - \frac{c_w^2}{c_b^2}}} \quad (2.1)$$

Burada c_w sudaki ses hızı, c_b taban sedimentindeki ses hızı ve h metre cinsinden su derinliğidir. Gerçek deniz tabanları, yukarıda verilen modelden çok daha karmaşık olup tabanı da ses dalgalarının yayılmasında önemli bir etmendir. Şekil 2.3'teki grafiğe göre yumuşak tabanlı bir deniz için kesim frekansı, sert tabanlı denize göre daha yüksektir. Buna göre, yumuşak tabanlı sığ su ortamında alçak frekanslı ses dalgalarının ilerlemesi daha zor olacaktır.



Şekil 2.3: Farklı Deniz Tabanları ve Su Yükseklikleri için Ses Yayılımı Kesim Frekansları

Sığ sular akustik dalgalar için yüksek geçiren özellik gösterdiğinden, ölçüm verilerinde gözlenen, ortamın kesim frekansının altındaki gürültü uzak kaynaklardan ziyade yerel kaynaklardan yayılmaktadır. Yüksek frekanslarda ise akustik dalgaların soğrulması daha fazla olacağından uzak mesafelerden bu frekanslarda gürültü ulaşması pek mümkün olmamaktadır. Dolayısıyla yüksek frekans bandında da izge seviyesi yerel kaynaklara bağlıdır. Frekansı 10 kHz civarındaki akustik dalgaların soğrulma seviyesi 1 dB/km iken 100 kHz'e çıkıldığında bu seviye 30 dB/km'yi bulmaktadır. 100 kHz'in üzerinde ise moleküler düzeyde termal gürültü baskın hale geçmektedir. Sonuçta sığ su olarak ifade edilen bölgelerde gürültü kaynakları, ortam şartları, fiziksel yapı ve batimetrik koşullara da bağlı olmak üzere genellikle yakın mesafede bulunan kaynaklardır. Aşağıda sualtı ortam gürültü kaynakları hakkında bilgi verilmektedir.

2.1 Ortam Gürültüsü Kaynakları

Sualtı ortam gürültüsünün başlıca kaynakları rüzgar, yağış, deniz taşıtları, endüstriyel kaynaklar, sonar, deniz canlıları ve ısı gürültüdür. Aşağıda bu kaynakların özellikleri ve ortam gürültüsüne etkileri hakkında bilgi verilmiştir.

2.1.1 Rüzgar gürültüsü

Ortam gürültüsü ile ilgili yapılan çalışmalar göstermektedir ki, gemi, yağış, biyolojik kaynaklara göre daha geniş bir bantta etkin ortam gürültüsü rüzgar gürültüsüdür (Urlick, 1984). Dünya üzerindeki birçok denizde on yıllardır yapılan çalışmalar çoğunlukla derin denizlerdeki ortam gürültüsü rüzgar hızı bağlantısına yoğunlaşmış, sadece birkaç çalışmada sığ sulardaki durum incelenmiştir. Bu çalışmalar ışığında oluşturulan Knudsen izgesi (bkz: Şekil 2.2) üzerinde rüzgar hızına veya deniz durumuna bağlı izge seviyeleri belirlenmiştir. Daha sonraki çalışmalar ile rüzgar hızı izge seviyesi ilişkisinin aynı zamanda ölçüm sisteminin coğrafi konumuna da bağlı olduğu anlaşılmıştır.

Rüzgara bağlı gürültü oluşumunda etkin mekanizma dalga yapısına bağlı olarak dalganın kırılma etkisidir. Laboratuvar ölçümleri, Knudsen rüzgar gürültü izgesindeki 5dB/oktav'lık eğimin dalga kırılması esnasında oluşan baloncukların titreşimi ile meydana gelen gürültülerin toplamı sonucu oluştuğunu göstermiştir

(Medwin, 1989,1990). Daha yüksek dalgaların oluştuğu deniz durumlarında, dalga kırılması ile çok daha fazla hava su içine girer ve baloncukların birleşip daha büyük balonlar oluşmasını sağlar. Buna göre baloncukların ürettiği gürültünün seviye ve frekansı, su içerisindeki hava miktarı ile orantılı olacaktır (Prosperetti, 1988).

Düşük rüzgar hızlarında, dalga kırılmasının meydana gelmediği durumlardaki ortam gürültüsünün kaynağı, rüzgarın su yüzeyine değmesiyle oluşan akış gürültüsüdür.

Piggott, çalışmasında sığ su ortamında ortam gürültüsünün yüksek frekans bandında rüzgar hızı ile ilintili olduğunu göstermiştir (Piggott, 1964). Ayrıca gürültü seviyesinin, tüm frekans bandında mevsimsel bir değişim gösterdiğini ortaya koymuştur. Walkinshaw'ın (Walkinshaw, 2005) güney Norveç denizinde yaptığı çalışmasında, ortam gürültüsünün alçak frekans bandının da rüzgar gürültüsü ile ilintili olduğunu göstermiştir. Dahası, mevsimsel olarak da gürültünün kışları yaza göre 5 dB daha yüksek olduğunu göstermiştir. Mevsimsel değişimin sebebi, gürültü kaynaklarındaki değişimin yanı sıra ortam gürültüsünü etkileyen akustik yayılım gibi etmenlerdeki farklılık olarak gösterilmiştir.

Literatürde en genel olarak, rüzgar hızının logaritması ile ortam gürültüsü arasında doğru orantı olduğu gösterilmiştir (Ramji, 2008).

$$NL = B + 20n \log(U) \quad (2.2)$$

Burada NL ortam gürültü seviyesini U ise rüzgar hızını göstermektedir. B ve n katsayıları ise ölçüm ortamına göre değişen parametrelerdir. Yapılan çalışmalarda bu doğrusal ilişkinin 500 Hz – 6 kHz bandında geçerli olduğu görölmüştür.

Çizelge 2.1: Eşitlik 2.2 için Katsayılar

Frekans (Hz)	B	n
500	78.37	0.93
2000	71.67	0.70
3000	68.30	0.63
4000	66.92	0.39
5000	65.34	0.21

Wenz tarafından ortaya konan ve derin sular için 500 Hz'den yüksek frekanslarda rüzgar hızı ile ortam gürültüsü ilişkisini ortaya koyan bağıntı,

$$NL(f, U) = 25 - 5 \log(f) + 5 \log(U / 5) \quad (2.3)$$

şeklinde verilmiştir. Burada f kHz cinsinden frekans ve U knots cinsinden rüzgar hızıdır. 500 Hz'den düşük frekanslarda rüzgar hızının gürültüye etkisi diğer etmenlerin etkileriyle karşılaştırıldığında ihmal edilebilir düzeydedir (Wenz, 1962).

Vagle, çalışmasında, yalnızca rüzgarın etkisindeki ortam gürültüsü izge seviyesinin rüzgar hızı ile ilişkisini şu şekilde ortaya koymuştur:

$$SPL_{rüzgar(1-50kHz)}(f) = e_{gim_{rüzgar}} * (\log(f) - \log(8)) + SPL_{8kHz} \quad (2.4)$$

Burada $e_{gim_{rüzgar}}$ deneysel sonuçlara dayanarak -15.7 dB/onkat olarak belirlenmiş olup f kHz cinsinden frekanstır. Bu bağıntı, 8 kHz frekansındaki rüzgar hızına bağlı gürültü seviyesini kullanarak 1-50 kHz bandındaki izgeyi hesaplamaktadır. Bu frekans değerindeki gürültü seviyesi, U m/s cinsinden rüzgar hızı olmak üzere

$$SPL_{8kHz} = \log(U * 53.91 - 104.5) * 20 \quad (2.5)$$

biçiminde bulunmuştur. Bağıntıdaki doğrusal ilişki, 14 m/s rüzgar hızına kadar geçerlidir. Bundan daha yüksek hızlarda yüzeyde oluşan kabarcık katmanı yüksek frekans gürültülerinin su altındaki yayılımını etkilediğinden 2.5 bağıntısı geçerliliğini yitirmektedir (Vagle, 1990).

2.1.2 Yağış gürültüsü

Deniz yüzeyine hızlıca düşen yağmur damlaları, frekansı 1 – 10 kHz arasında değişen gürültü oluşturlar. Yağış şiddetinin artmasıyla gürültü seviyesi de artar. Yağmur damlaları boyutunun ve yüzeye ulaşma hızlarının değişimi, izge seviyesinde değişimlere neden olur. Şiddetli yağış esnasındaki gürültü seviyesi rüzgar ve dalgaların oluşturduğu gürültüden çok daha fazladır.

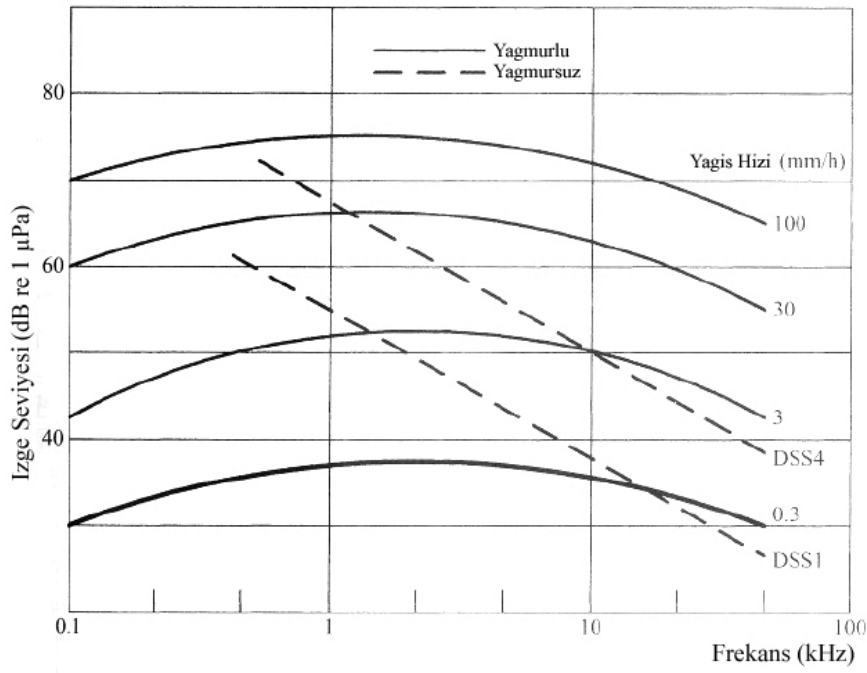
Orlic tarafından, yağış miktarı ile gürültü seviyesi arasındaki bağlantı

$$NL = D + 1.4E \log R \quad (2.6)$$

şeklinde bulunmuştur; bu eşitlikteki D ve E frekansa bağımlı birer sabit (bkz: Çizelge 2.2) olup R mm/h cinsinden yağış miktarıdır (Orlic, 2001). Örnek olarak Şekil 2.4'te yağış hızının ortam gürültü izgesine etkisi görülebilir.

Çizelge 2.2: Farklı Frekans Bantları İçin D ve E Sabitleri

Frekans Aralığı (Hz)	D	E
300-600	75,6	13,9
600-1200	74,0	14,7
1200-2400	74,5	15,8
2400-4800	74,1	16,3
4800-9600	71,9	16,1



Şekil 2.4: Farklı Yağış Hızları İçin Frekansa Bağlı İzge Seviyesi

Ma ve Nystuen yaptıkları çalışmada, yağmur kaynaklı ortam gürültüsünü iki farklı bantta incelemişlerdir. Genel olarak 2-3.5 mm çapındaki yağmur damlaları sayısı ile yağış hızının ilintilidir. Yalnızca yağmur etkisinin mevcut olduğu verilerde 5 kHz ortam gürültü seviyesi ile yağmur hızı arasında doğrusal ilişki olduğu gözlemlenmiştir. 5 kHz frekansındaki yağmur gürültüsü seviyesinden yararlanılarak 1-10 kHz bandında etkili yağmur gürültüsü şu şekilde genişletilmiştir:

$$\begin{aligned}
 SPL_{1-10kHz}(f) &= (\log(f) - \log(5)) * e_{\text{ğim}}_{\text{yağmur}} + SPL_{5kHz}(R) \\
 SPL_{5kHz} &= 15.4 * \log(R) + 42.4 \\
 e_{\text{ğim}}_{\text{yağmur}} &= 8.33 * \log(R) - 14.3
 \end{aligned}
 \tag{2.7}$$

Burada f kHz cinsinden frekans, R mm/h cinsinden yağış hızı ve $eğim_{yağmur}$ 1-10 kHz bandında geçerli yağmur gürültüsü eğimidir. Bu bağıntı 2-200 mm/h hızlarındaki tüm yağışlar için geçerlidir (Ma, 2005).

Daha düşük çaptaki (0.8-1.2 mm) yağmur damlaları sayısı ile yağış hızı arasında tutarlı bir ilinti yoktur. Bu tip yağmurlarda yağış hızı rüzgar hızına da yakından bağlıdır. Bu yüzden küçük çaplı damlalara sahip yağmur gürültüsü incelenirken rüzgarın etkisi de göz önünde bulundurulmuştur. Deneysel sonuçlar bu tip yağmurdan kaynaklanan gürültünün 2 mm/h hızının altında rüzgar gürültüsü etkisiyle kaybolduğunu, 10 mm/h hızının üstünde ise büyük damlalardan kaynaklanan gürültünün daha etkili olduğu göstermiştir. 10-25 kHz bandında küçük damlalı yağmur etkisinin ortam gürültüsüne etkisi şöyle bulunmuştur:

$$SPL_{10-50kHz} = \frac{A}{\left(1 + \left(\frac{f}{f_0}\right)^{lslope}\right) * \left(1 + \left(\frac{f}{f_0}\right)^{hslope}\right)} \quad (2.8)$$

Burada f kHz cinsinden frekans, f_0 15.5 kHz, A genlik, $lslope$ alçak frekans eğimi ve $hslope$ yüksek frekans eğimidir. Bu katsayılar çeşitli rüzgar ve yağış hızlarına bağlı olarak Çizelge 2.3'te verilmiştir (Ma, 2005).

Çizelge 2.3: Eşitlik 2.8 için Katsayı Tablosu (Yağış Hızı=2-5 mm/h (üstte) ve 5-10 mm/h (altta))

Rüzgar Hızı	0-2 m/s	2-4 m/s	4-6 m/s	6-8 m/s	8-14 m/s
A	224.9443 223.7316	217.0343 219.2085	209.0711 214.1092	206.3746 210.2187	204.8878 207.0281
Lslope	1.8199 1.2810	1.4904 1.0731	1.2577 0.7853	1.1173 0.7121	1.0084 0.4557
Hslope	-1.8993 -1.2137	-1.5843 -1.0274	-1.3486 -0.7070	-1.1938 -0.5934	-1.0421 -0.2976

2.1.3 Gemi gürültüsü

Gemilerden yayılan akustik dalgalar, izgenin 1000 Hz ve altında yer alır ve bu bölgede önemli akustik basınç seviyelerini meydana getirir. Özellikle boğazlar gibi gemi trafiğinin yoğun olduğu yerlerde, bu frekans bandı için baskın gürültü kaynağı

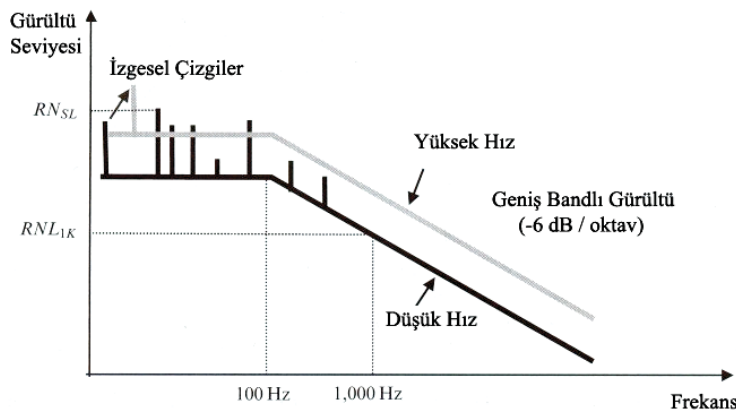
gemilerdir. Gemilerden yayılan akustik dalgaların birkaç kaynağı vardır (Lutron, 2002). Bunlar aşağıda kısaca özetlenmiştir:

Pervane Gürültüsü: Gemilerin hareketini sağlayan pervaneler, değişik çaplara, kanat sayılarına ve dönüş hızlarına sahiptirler. Dönmekte olan bir gemi pervanesi 0.1 Hz ile 10 Hz aralığında değişen izgesel çizgiler (tonaller) üretir. Pervane sesinin bu izgesel özelliğini pervanenin kanatçık sayısı, şekli ve hızı belirler. Şekil 2.5'te gemi pervanesi etkisiyle düşük frekanslarda oluşan tonaller gösterilmiştir.

Akıntı Gürültüsü: Geminin su içerisinde ilerlerken oluşturduğu türbülanslardan kaynaklanan gürültüdür. Bu gürültünün seviyesi geminin hızına ve gemi gövdesinin yapısına bağlıdır.

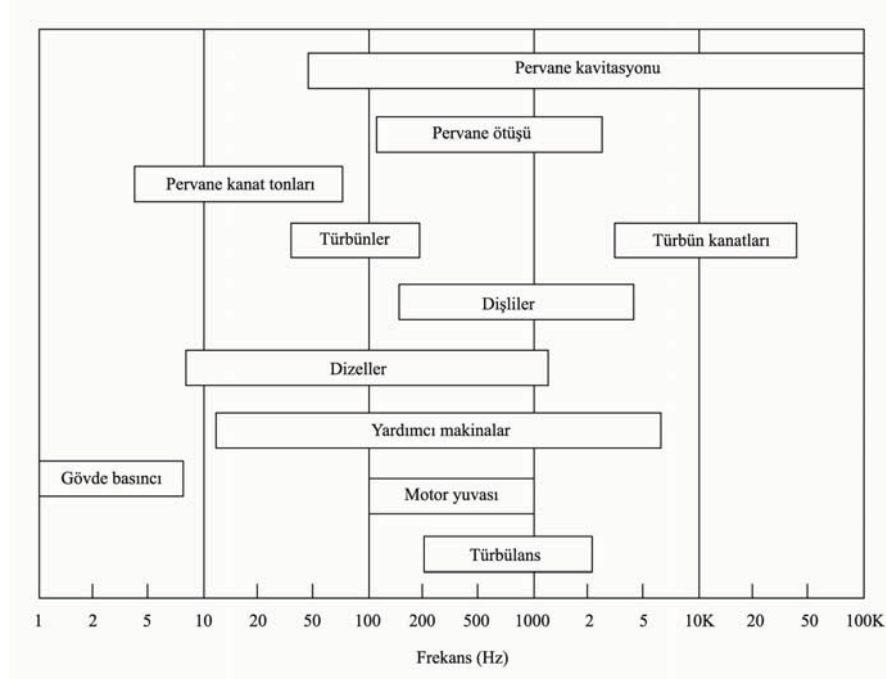
Makine Gürültüsü: Geminin ilerlemesini sağlayan motoru, şaftı, şanzımanı, jeneratörleri, hidrolik sistemleri, her biri birer akustik dalga kaynağıdır. Bunlar çalışırken oluşan titreşimler geminin gövdesinden suya geçerler ve geminin akustik gürültüsüne katkıda bulunurlar. Makine gürültüsü geminin hızıyla ilişkilidir.

Gemi akustik gürültü izgesi incelendiğinde geniş ve sürekli bir banda sahip olduğu görülebilir. Geminin oluşturduğu gürültünün farklı frekans bantlarındaki etkili kaynakları Şekil 2.6'da sunulmuştur. İzge seviyesi geminin hızındaki artışa bağlı olarak artabilir (bkz: Şekil 2.7). Genellikle 100 Hz civarında en yüksek genliğe sahiptir ve bu noktadan itibaren frekansın artmasıyla $20\log(f)$ mertebesinde düşüş gösterir. Çok düşük frekanslarda bu geniş bandlı işaret, geminin makine ve dişlilerinden kaynaklanan, çok dar bandlı bileşenler (izgesel çizgiler) içerir (bkz: Şekil 2.5). İşte bu çizgiler, gemilerin akustik imzasını belirler ve gemilerin birbirlerinden ayırt edilebilmesini sağlar (Lutron, 2002).



Şekil 2.5: Gemi Gürültüsü İzgesinin Genel Görünümü

Gemi gürültüsünü oluşturan bileşenler ve bunların izgenin hangi bölgesinde etkili olduğunu gösteren çizim aşağıda verilmiştir. Makinalardan ve pervane kanatlarından yayılan gürültüler alçak frekanslarda etkili iken yüksek hızlarda kavitasyon gürültüsü daha geniş bantta etkilidir (Ross, 1994).



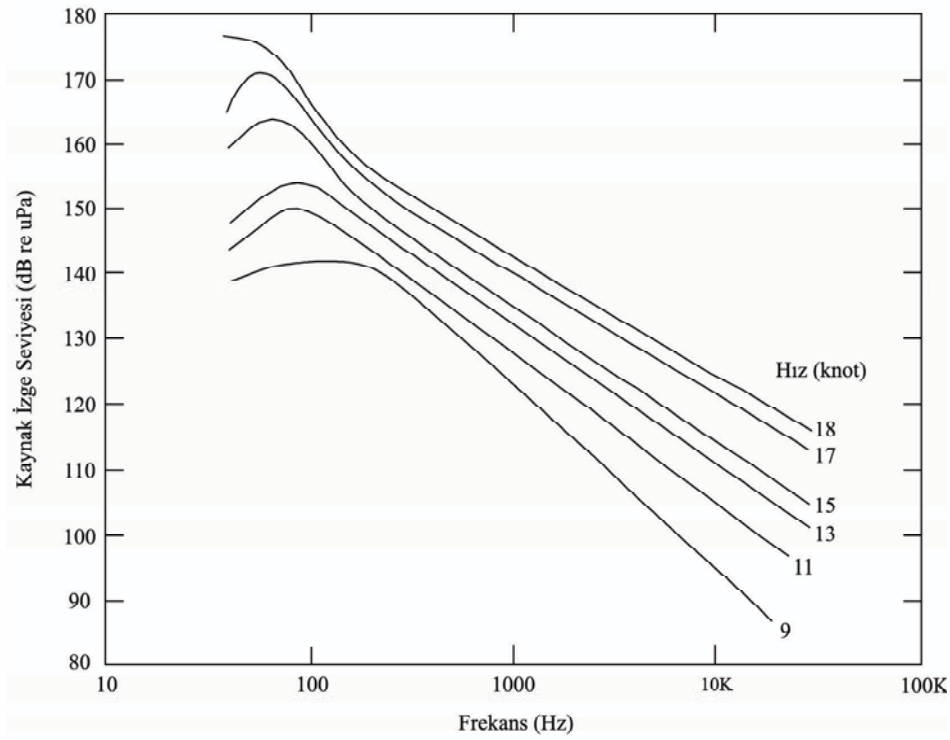
Şekil 2.6: Gemilerden Yayılan Gürültünün Kaynakları ve Frekans Bantları

Uzak mesafeli gemilerin akustik gürültüleri ise 20 Hz – 500 Hz frekansları arasında baskın olup yatay yönlü dalgalardır ve denizin durumundan ve rüzgar hızından bağımsızdır. Uygun koşullarda 100 km den daha uzak gemi trafiği gürültüsü bile kaydedilebilmektedir (Orlic, 2001).

Gemi gürültüsü kaynak seviyesi ile gemi hızı arasındaki ilişkiyi, ölçüm sonuçlarına göre açıklayan grafik Şekil 2.7’de verilmiştir (Crocker, 1998). Düşük hızlarda gemi gürültüsü seviyesinin de düşük olduğu, hızın artmasıyla makine gürültüsünün ve pervane kavitasyon etkisinin etkisiyle özellikle alçak frekans bölgesinde gürültü seviyesinin arttığı görülmektedir. Ross (Ross, 1987) çalışmasında gemi gürültüsü kaynak seviyesinin hıza ve gemi tonajına bağlı kesitirimini şu şekilde sunmuştur:

$$L_s = 134 + 60 \log \left(\frac{Ua}{10} \right) + 9 \log(DT) \quad (2.9)$$

Burada Ua knot cinsinden gemi hızını ve DT gemi tonajını göstermektedir. Bu formül, 100 Hz’in üzeri frekanslarda ve 30 GTon’un altındaki gemiler için geçerlidir.

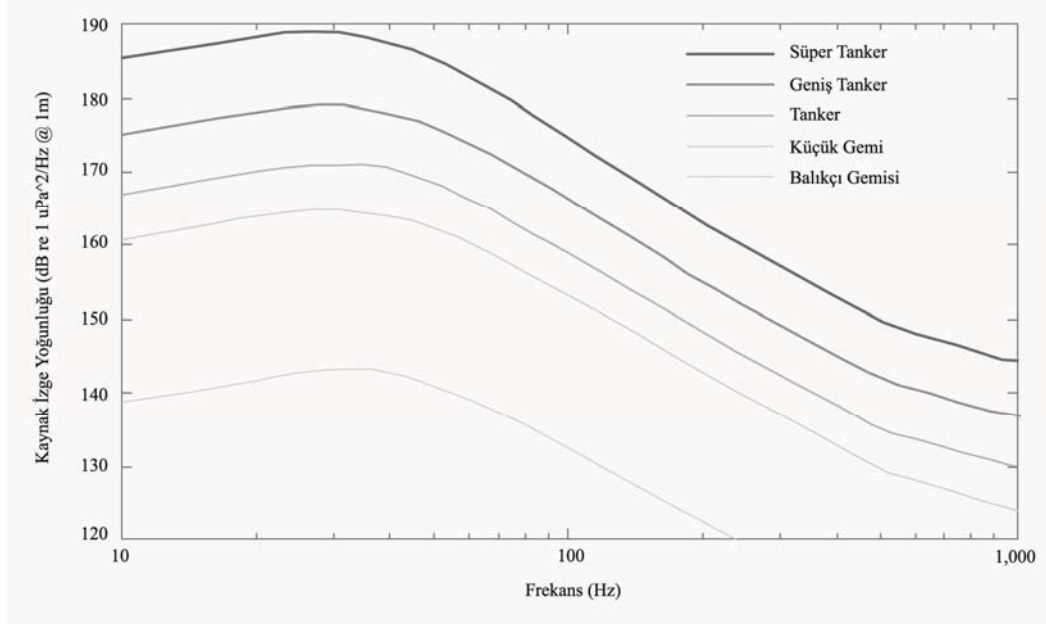


Şekil 2.7: Gemi Hızı Kaynak İzge Seviyesi İlişkisi

Tüm gemiler, gövde yapıları, büyüklükleri, motor ve pervane yapıları gereği farklı gürültü yapılarına ve seviyelerine sahiptir. Şekil 2.8’de RANDI modelinde kullanılan beş sınıf deniz taşıtı için gürültü kaynak seviyeleri verilmiştir. Verilen seviyeler farklı sınıflardaki ve boyuttaki gemiler için çeşitli hızlarda belirlenen gürültü kaynak seviyelerinin ortalamasıdır (Wagstaff, 1973).

2.1.4 Endüstriyel gürültü

Kıyıda, ölçüm noktasına yakın bölgelerdeki endüstriyel aktivitelerden kaynaklanan akustik dalgalar ve titreşimler suda yayılarak endüstriyel gürültüyü oluşturur. Özellikle sanayi alanlarına ve gemilere yükleme ve yük indirme yapan limanlara yakın ölçüm noktalarında endüstriyel gürültü ile karşılaşılır. Çok farklı izgesel seviye ve şekle sahip olabilen bu tür gürültüler genellikle 300 Hz’ in altındadır. Köprü ayaklarından veya tüp geçit gibi yapılarda oluşan titreşimlerin yaratacağı gürültüler de bu sınıfa dahil edilebilir.



Şekil 2.8: Farklı Gemiler için Kaynak İzge Yoğunlukları

2.1.5 Sonar gürültüsü

Sonarlar sualtı hedef belirlemede çok sık kullanılan aygıtlardır. Herhangi bir uyarıcı sinyal yollayarak ortamdan gelen yansımaları alan ve bunları işleyerek konum tespit edebilen sistemlere aktif sonar, herhangi bir sinyal yollamayan, sadece ortamdaki akustik dalgaları toplayan ve bunlardan bilgi çıkaran sistemlere pasif sonar denir. Herhangi bir akustik dalga yaymayan pasif sonarlar doğal olarak ortam gürültüsü için birer kaynak değildir. Buna karşın aktif sonarlar akustik yayın yaptıkları için ortam gürültüsüne de katkıda bulunurlar.

Aktif sonarlarda en çok kullanılan uyarıcı sinyal tipleri, bir t süresince sabit frekansta darbe yollayan sürekli dalgalar ve t sürelik bir darbe içerisinde frekansı değişen frekans modülasyonlu dalgalardır. Günümüzde sıkça kullanılan aktif sonarlar genellikle 1 kHz – 20 kHz arasında işaret yollarlar. Örneğin AN/SQS-53C askeri sonarı merkez frekansı 2,6 - 3,3 kHz arasında değişen 235 dB re 1 μPa seviyesinde işaret yollarken, AN/SQS/56 sonarı 6,8 – 8,2 kHz bandında 223 dB re 1 μPa seviyesinde işaret yollar.

2.1.6 Biyolojik gürültü

Sualtı canlılarının çıkardıkları sesler çok çeşitlidir ve uzun zamandan beri özellikle biyologlar tarafından incelenen bir konudur. Çoğu sualtı canlısının sesleri sualtı ortam gürültüsü açısından ihmal edilebilecek düzeydeyken, bazılarının ortam gürültüsü açısından göz önünde bulundurulmalıdır. Özellikle derin sularda yaşayan balina ve yunus gibi deniz memelileri, birbirleriyle haberleşmek için belirli frekanslarda sesler çıkarmakta ve bu akustik sinyaller sualtında kolaylıkla kaydedilebilmektedir (Urick, 1963). Çizelge 2.4'te bazı deniz canlılarının çıkardıkları seslerin seviyeleri verilmiştir.

Çizelge 2.4: Sualtı Canlı Seslerinin Kaynak Seviyeleri

Sualtı Canlısı	Sinyal Seviyesi (dB re 1 µPa, 1m)
Sperm Balinası	163-223
Beluga Balinası	206-225
Mavi Balina	155-188
Yunus	125-173
Karides Sürüsü	183-189

2.1.7 Isıl gürültü

Isıl gürültü, su moleküllerinin hareketinden kaynaklanan, yüksek frekanslarda hidrofona ölçüm hassasiyetini belirleyen bir gürültü kaynağıdır. Akustik enerjiyi en iyi şekilde elektrik enerjisine çevirebilen yönsüz bir hidrofona için gürültü seviyesini veren eşitlik şu şekildedir:

$$NL = 120 + 20 \log \left(\frac{2f}{c} \sqrt{\pi k T \rho c} \right) \quad (2.10)$$

Burada f Hz cinsinden frekans, c , m/s cinsinden sudaki ses hızı, k , Boltzman sabiti, T mutlak sıcaklık ve ρ deniz suyu yoğunluğudur.

Eğer deniz suyu sıcaklığı $0^{\circ}\text{C} - 30^{\circ}\text{C}$ arasında ise Eşitlik 2.10 yerine Eşitlik 2.11 kullanılabilir (Orlic, 2001).

$$NL = -15 + 20 \log f \quad (2.11)$$

Frekans yükseldikçe, ısı gürültünün gücü yükselmekte ve hidrofonun bant genişliğini kısıtlamaktadır.

3. ANALİZ YÖNTEMLERİ

Bu bölümde sualtı ortam gürültüsü verilerinin analizinde kullanılan istatistiksel ve izgesel yöntemler hakkında bilgi verilmiştir.

3.1 İstatistiksel Yöntemler

3.1.1 Sualtı ortam gürültüsünün rastlantı süreç modeli

Sualtı ortam gürültüsünün çok sayıda sualtı ve su üstü doğal ve yapay etkilerden kaynaklandığı göz önünde bulundurularak bir rastlantı süreç karakteristiğini taşıdığı varsayılabilir. Bir $x(n)$ ayrık zamanlı rastlantı süreci olasılık yoğunluk işlevi ile istatistiksel olarak tamamen karakterize edilebilir. Bu durumda gürültü sinyallerinin belirli pencerelerde olasılık dağılım fonksiyonlarının hangi dağılımlara uyduğunun kestirimi önem kazanmaktadır. Olasılık yoğunluk işlevinin ilk dört merkezi momenti, yani ortalama (beklenen değer), değişim (variance), yamukluk (skewness) ve savrukuk (kurtosis) yoğunluk işlevinin şeklini belirlemektedir. Bu momentler aşağıda tanımlanmaktadır.

Birinci moment : Ortalama (Beklenen değer)

Beklenen değer deneylerin sonsuz kere tekrarlanması sonucunda X rastlantı değişkeninin alacağı ortalama değerdir. Beklenen değer olasılık yoğunluk işlevinin hangi sayı civarında dağılacığını temsil etmektedir. Birinci moment aşağıdaki gibi tanımlanır:

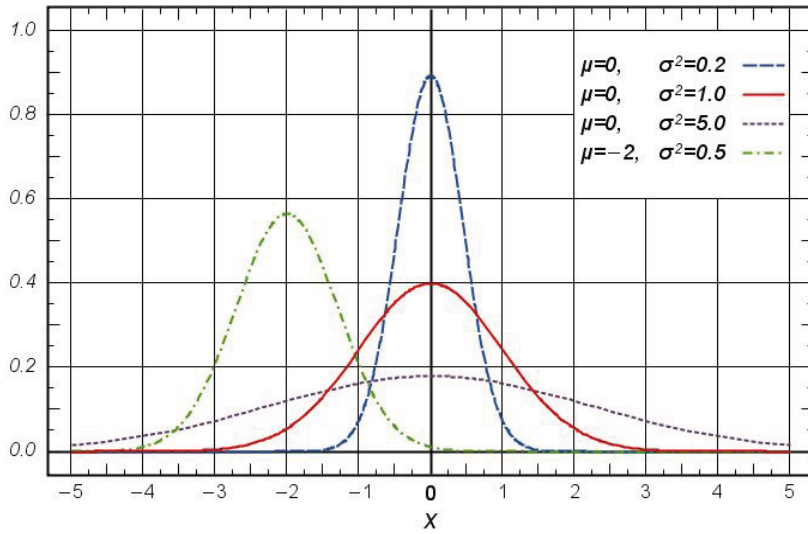
$$\mu_x = E[x(n)] = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N x(n) \quad (3.1)$$

İkinci merkezi moment: Değişinti

Değişinti, standart sapmanın (σ) karesi olup, olasılık yoğunluk işlevinin ortalama değer (μ) civarında ne ölçüde yoğunlaştığını göstermektedir. Ayrıca değişinti, sinyalin gücünü ifade etmektedir. İkincil merkezi moment şu şekilde hesaplanır:

$$\sigma_x^2 = E \left\{ [x(n) - \mu_x(n)]^2 \right\} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N [x(n) - \mu_x]^2 \quad (3.2)$$

Aşağıdaki grafikte farklı ortalama ve değişinti değerleri için Normal (Gauss) dağılıma ait olasılık yoğunluk işlevleri verilmektedir.



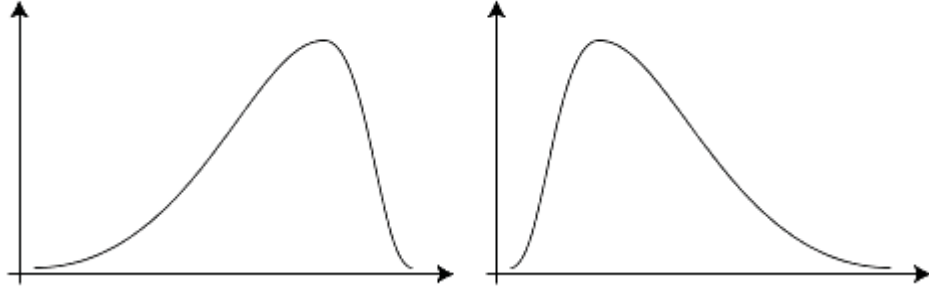
Şekil 3.1: Örnek Ortalama ve Değişinti Değerleri için Normal Dağılımlar

Üçüncü merkezi moment: Yamukluk

Yamukluk, normal dağılıma göre sürecin dağılımındaki asimetriyi belirtir. Yamukluk değeri negatif (-) ise dağılım sola doğru, pozitif (+) ise dağılım sağa doğru kaymaktadır. Gauss dağılımının yamukluğu “0”dır. Üçüncü merkezi moment şu şekilde tanımlanır:

$$K_x^{(3)} = E \left[\left(\frac{x(n) - \mu_x}{\sigma_x} \right)^3 \right] = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \left(\frac{x(n) - \mu_x}{\sigma_x} \right)^3 \quad (3.3)$$

Aşağıdaki şekilde negatif ve pozitif yamukluklu dağılımlar gösterilmiştir.



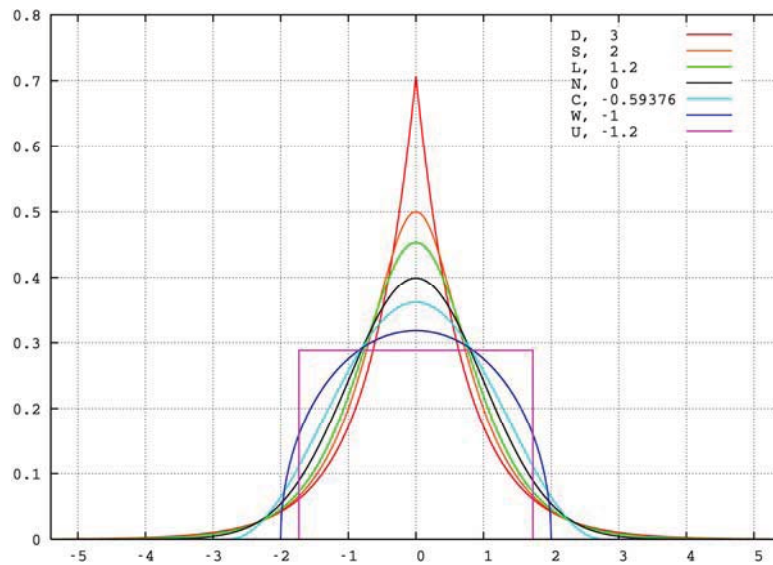
Şekil 3.2: Negatif (solda) ve Pozitif (sağda) Yamukluklu Dağılımlar

Dördüncü merkezi moment: Savruluk

Savruluk, sürecin olasılık yoğunluk işlevindeki sivriliği veya ortalama değer etrafındaki yayılma miktarını belirtir. Savruluk değeri 3'ten büyük ise dağılım Normal'e göre daha sivri, 3'ten küçük ise dağılım Normal'e göre daha yuvarlaktır. Dördüncü merkezi moment şu şekilde hesaplanır:

$$K_x^{(4)} = E \left[\left(\frac{x(n) - \mu_x}{\sigma_x} \right)^4 \right] = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \left(\frac{x(n) - \mu_x}{\sigma_x} \right)^4 \quad (3.4)$$

Literatürde savruluk tanımının Normal dağılımın savruluğu sıfır kabul edilerek yapıldığı da görülebilir. Buna göre 3'ten büyük savruluk değerleri pozitif savruluk, 3'ten küçükler negatif savruluk olarak adlandırılır. Şekil 3.3'te bu tanıma göre çizilmiş olup sağruluğun sıfıra eşit olduğu olasılık yoğunluk işlevi Normal dağılıma aittir. Görüleceği üzere, büyük savruluk değerlerine sahip dağılımlar daha sivridir.



Şekil 3.3: Farklı Savruluk Değerlerine Sahip Dağılımlar

3.1.2 Olasılık yoğunluk işlevleri

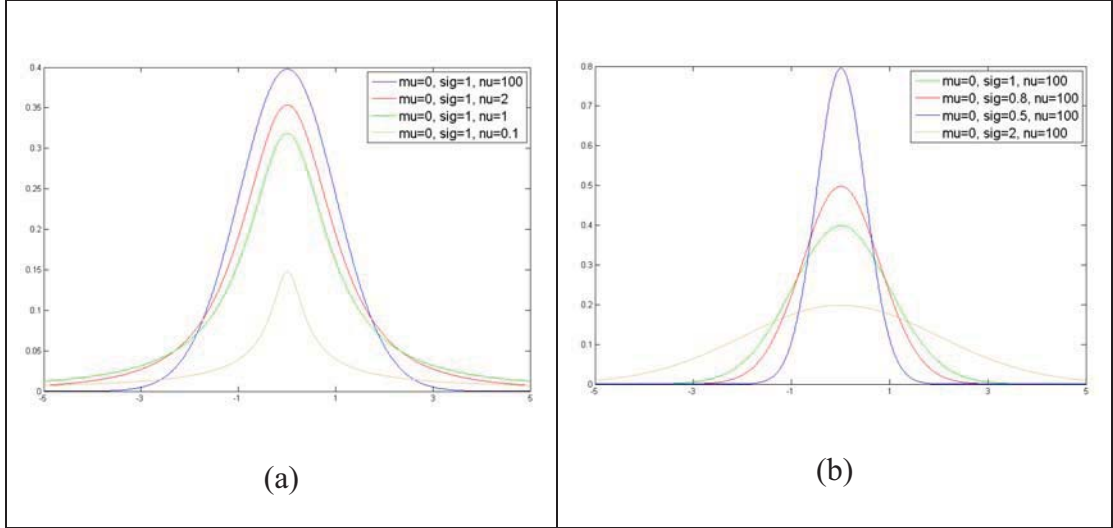
Çalışma kapsamında çeşitli ortam koşullarında toplanan sualtı ortam gürültü sinyallerinin uyduğu olasılık yoğunluk işlevleri irdelenmiştir. Literatürdeki çalışmalarda sualtı ortam gürültüsünün genellikle Normal dağılıma uyduğu belirtilmiştir. Yapılan analizlerde Normal dağılımın yanı sıra, “t scale-location” dağılımına da yüksek oranda uygunluk gözlenmiştir. Normal dağılımın olasılık yoğunluk işlevi, σ ölçek ve μ konum parametresi olmak üzere şu şekildedir:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2\right) \quad (3.5)$$

“T location-scale” dağılımı, üç parametrelili olasılık yoğunluk işlevine sahiptir ve şu şekilde tanımlanmıştır:

$$f(x) = \frac{\Gamma\left(\frac{\nu+1}{2}\right)}{\sqrt{\nu\pi}\Gamma\left(\frac{\nu}{2}\right)} \left[\frac{\nu + \left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2}{\nu} \right]^{-\left(\frac{\nu+1}{2}\right)} \quad (3.6)$$

Burada μ konum, σ ölçek, ν şekil parametresi ve Γ gama fonksiyonudur. Şekil parametresi ν sonsuza doğru büyüdükçe, “t location-scale” dağılımı Normal dağılıma yakınsar. Aşağıdaki şekilde Normal ve “t location-scale” dağılımlarının olasılık yoğunluk işlevleri farklı parametre setleri ile gösterilmiştir. Şekil 3.4 (a) ve (b)’de verilen “t location-scale” olasılık yoğunluk işlevlerinden $\mu=0$, $\sigma=1$, $\nu=100$ parametrelili çizim ile $\mu=0$ ve $\sigma=1$ parametrelili Normal olasılık yoğunluk işlevi arasındaki hata oldukça düşüktür.



Şekil 3.4: Farklı Sigma (a) ve Nu (b) Parametreleri için “t location-scale” Dağılımı

3.2 İzgesel Yöntemler

Verilerin izgesel analizi Welch methodu ile yapılmış olup ayrıntıları aşağıda verilmiştir. Ayrıca literatürdeki çalışmalar ile uyum açısından 1/3 oktav filtre bankaları da kullanılmıştır.

3.2.1 Welch methodu

Sinyalin izgesel analizini yapabilmek için temel olarak kullanılan yöntemlerin başında Fourier dönüşümlü yöntemler gelir. Ancak yüksek boyutlu veriler ile çalışılırken hesaplama zamanı önemli bir ölçüt olmakta ve analizleri etkilemektedir. Bu nedenle Welch tarafından 1967 yılında kendi adını taşıyan yöntem önerilmiştir (Welch, 1967).

Güç izge yoğunluğu kestiriminde kullanılan Welch ortalananmış periyodogram (averaged modified periodogram) yönteminde sinyal ilk olarak %50 örtüşen sekiz adet parçaya ayrılır. Her bir parça Hamming pencere ile çarpılarak ayrık Fourier dönüşümü hesaplanır. Fourier dönüşümlerinin genlik değerlerinin karelerinin ortalaması ile sinyalin güç spektral yoğunluğu kestirilir. Örneğin $x(n)$, N uzunluklu veri ve K parça sayısı olmak üzere:

$$x_i(n) = x(iD + n)w(n) \rightarrow 0 \leq n \leq L-1, \quad 0 \leq i \leq K-1 \quad (3.7)$$

Burada $w(n)$, L uzunluklu hamming pencere ve D ofset miktarıdır. Eğer $D < L$ ise veri parçaları kesişiyor, $D = L$ ise veri parçaları kesişmeden ayrılmış demektir.

Bu yöntemin avantajı, klasik izge kestirim yöntemlerine göre daha hızlı çalışması ve zaman bölgesinde daha yüksek çözünürlük sunmasıdır. Buna göre i 'nci segmentin periodogramı şu şekilde hesaplanır:

$$R_{x,i}(e^{j\omega}) = \frac{1}{L} \left| X_i(e^{j\omega}) \right|^2 = \frac{1}{L} \left| \sum_{n=0}^{L-1} x_i(n) e^{-j\omega n} \right|^2 \quad (3.8)$$

Ortalama periodogram ise:

$$R_x^{(PA)}(e^{j\omega}) = \frac{1}{K} \sum_{i=0}^{K-1} R_{x,i}(e^{j\omega}) = \frac{1}{KL} \sum_{i=0}^{K-1} \left| X_i(e^{j\omega}) \right|^2 \quad (3.9)$$

olarak bulunur (Manolakis, 2005).

3.2.2 1/3 Oktav izge

Sinyalin farklı frekans bantlarında analizini yapabilmek için uygulanan yöntem süzgeç bankaları kullanmaktır. Süzgeç bankalarının genel mantığı, birbirinden farklı merkez frekanslarına ayarlanmış bant geçiren süzgeçlerin paralel şekilde bağlanması şeklindedir. Kullanılan bant geçiren süzgeçlerin merkez frekanslarına, bant genişliklerine ve derecelerine bağlı olarak süzgeç çıkışlarında belirli bantlara ayrılmış sinyaller elde edilir.

Literatürde, özellikle ses analiz çalışmalarında sıklıkla kullanılan süzgeç bankası türü 1/3 oktav süzgeçlerdir. 1/3 oktav süzgeç bankasında bant geçiren süzgeçlerin merkez frekansları doğrusal bir biçimde sıralanmamıştır. Süzgeçlerin bant genişlikleri ise sabit olmayıp merkez frekansa göre değişmektedir. 1/3 oktav süzgeç bankası için merkez frekans değerleri ve bant genişlikleri Çizelge 3.1'de verilmiştir:

Çizelge 3.1: 1/3 Oktav Süzgeç Merkez Frekanslar ve Bant Genişlikleri

Merkez Frekans (Hz)	Band Genişliği (Hz)	Merkez Frekans (Hz)	Band Genişliği (Hz)	Merkez Frekans (Hz)	Band Genişliği (Hz)
25	5.75	251	57.73	2512	577.76
32	7.36	316	72.68	3162	727.26
40	9.2	398	91.54	3981	915.63
50	11.5	501	115.23	5012	1152.76
63	14.49	631	145.13	6310	1451.3
79	18.17	794	182.62	7943	1826.89
100	23	1000	230	10000	2300
126	28.98	1259	289.57	12589	2895.47
158	36.34	1585	364.55	15849	3645.27
200	46	1995	458.85	19953	4354

1/3 oktav süzgeç bankasının kullanıldığı analizlerde ses basınç yoğunluğu izge seviyeleri dB/Hz yerine $dB/oktav$ olarak verilir. Kullanılan süzgeçlerin derecesi yeterince yüksek olduğu durumda, $1 Hz$ band genişlikli analiz sonucu 1/3 oktav band genişliklerinde toplanarak 1/3 oktav izge elde edilebilir (Richardson, 1995). Logaritmik olarak toplama işlemi L_i toplanacak bileşenlerin dB cinsinden seviyeleri olmak üzere şu şekilde tanımlanır:

$$L_{toplam} = 10 \log_{10} \sum_{i=1}^n 10^{L_i/10} \quad (3.10)$$

Buna göre $1 Hz$ bant genişlikli izgenin 1/3 oktav merkez frekanslarında ve bant genişliklerinde (BG) seviyesi sabit kabul edilirse, bu iki ses basınç seviyesi izgesi (SBS) arasındaki dönüşüm şu şekilde basitleştirilebilir:

$$\begin{aligned} SBS_{1Hz} &= SBS_{1/3oktav} - 10 \log_{10}(BG) \\ SBS_{1/3oktav} &= SBS_{1Hz} + 10 \log_{10}(BG) \end{aligned} \quad (3.11)$$

Sualtı ortam gürültü sinyalinin frekansa bağlı gücünü analiz edebilmek ve sonuçları literatürdeki çalışmalar ile karşılaştırmak için 1/3 oktav gürültü izgeleri incelenmiştir. Özellikle yakın mesafeli ve geçici özellikteki çok dar bantlı gürültü seviyeleri oktav süzgeç ile bastırıldığından, geniş bantta ortam gürültüsünün analizi ve diğer ölçüm noktalarında elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılması bakımından oktav süzgeç etkili bir araçtır.

4. ÖLÇÜM VE MODELLEME

İstanbul Boğazı, yapısı ve konumu gereği ortam gürültüsü ölçümü ve modellemesi yapılan diğer denizlerden farklılık gösterir. Derinliğinin 100 metreyi aşmaması ve dar bir kanal olması nedeniyle literatürde bulunan açık deniz ortam gürültüsü modelleri Boğaz'da kullanılamaz. Üstelik gürültü kaynakları ve dağılımları da diğer denizlerden farklılıklar göstermektedir. Boğaz'daki başlıca gürültü kaynağı deniz taşıtları olduğundan gürültü modelinde en baskın bileşen gemi gürültüsü olacaktır. Boğaz, her iki yönde de akıntılara sahip olduğundan taban ve kıyıları genellikle sert kaya ve çakıllarla örtülüdür. Ayrıca, kıyı eğimleri çok fazla olduğundan, sığ sularda görülen yüzey-taban yansımaları ile ilerleyen ses dalgaları Boğaz'da kıyılardan da yansiyarak ilerleyebilmektedir.

İstanbul Boğazı, kapalı bir deniz olduğu için açık denizlerdeki ortam gürültüsü modellerinde öngörülen rüzgar ve yağış etkisi aynı ölçüde etkili olmayacaktır. Bunun yanı sıra Boğaz'da endüstriyel gürültü, köprü trafiğinin oluşturduğu gürültü ve suyun akışından kaynaklanan gürültü de mevcuttur.

Bu çalışmada İstanbul Boğazı'na ilişkin sualtı ortam gürültüsünün mekana ve çevresel etmenlere bağlı olarak karakteristiğini ortaya koyabilmek amacıyla özgün bir sualtı ortam gürültüsü ölçüm sistemi tasarlanmış ve gerçekleştirilmiştir. Sistemin donanım birimlerinin tümleştirilmesi ve yazılım bileşenlerinin kodlanmasının ardından sistem laboratuvar ve havuz testlerine tabi tutulmuştur. Sorunsuz şekilde çalışır hale getirilen sistem gerçek çalışma ortamında da test edilmesinin ardından veri toplama çalışmalarına geçilmiştir.

Aşağıda sistemin tüm bileşenleri ile ilgili özet bilgi sunulmuş ve modelleme çalışması çerçevesinde yapılan ölçümlere ve sonuçlara yer verilmiştir.

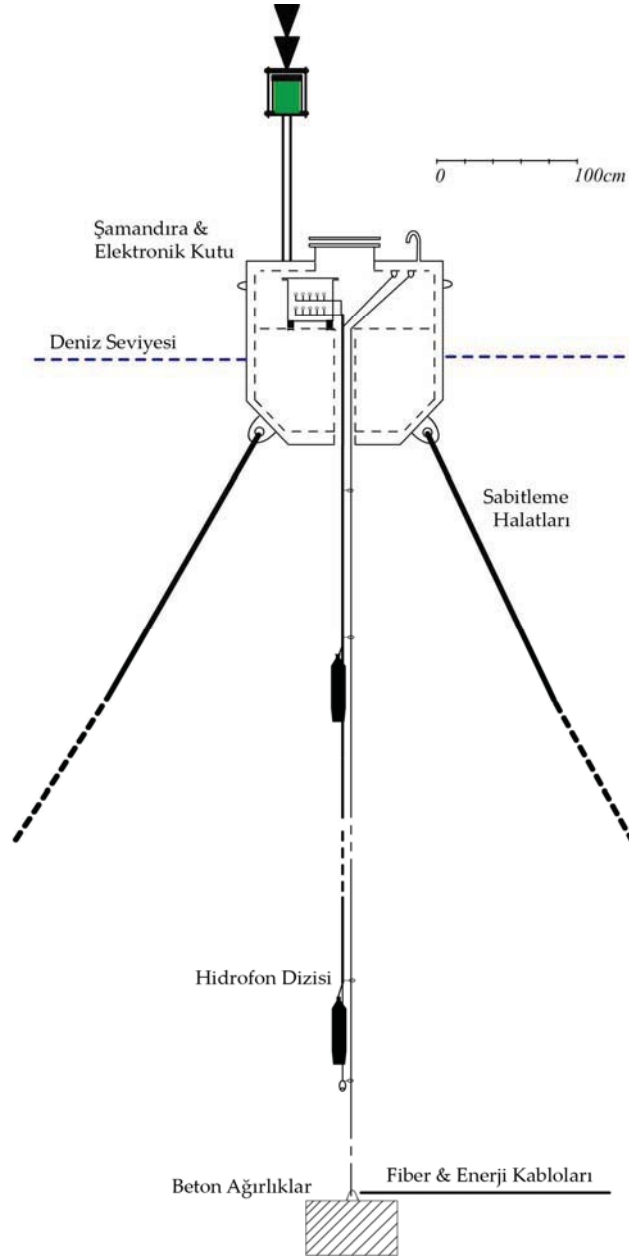
4.1 Ölçüm Sistemi

Sualtı ortam gürültüsü ölçüm sistemi, donanım birimleri, yazılım birimleri ve yardımcı birimlerin birleşiminden oluşmaktadır. Aşağıda bu birimlerden ve alt bileşenlerinden bahsedilmiştir.

4.1.1 Donanım birimleri

İstanbul Boğazı için sualtı ortam gürültüsü ölçüm sistemi tasarlanırken öncelikle literatürdeki çalışmalar incelenmiştir. Ardından sistemin çalışacağı konuma ve kullanım amacına bağlı olarak özgün bir sistem oluşturulmuştur. Boğaz'ı diğer denizlerden ayıran şiddetli akıntı yapısı, yüksek gemi trafiği, batimetrisindeki farklılık gibi çevresel etmenlerin yanında sistemin kullanım amacı ve spesifik özellikleri de gözönünde bulundurulmuştur. Şekil 4.1'de ölçüm sistemi donanım biriminin genel görünümü verilmiştir. Sistem, hidrofon dizisi, elektronik sistem kutusu, taşıyıcı şamandıra, veri ve enerji iletim kabloları ve sabitleyici unsurlardan oluşmaktadır.

Hidrofon dizisi, sekiz adet ITC-6050C model geniş bantlı hidrofonun eş mesafeli olarak birleştirilmesiyle oluşturulmuştur. Hidrofonlar 20 dB'lik ön kuvvetlendirici katına sahip olup -158 dB//1V/ μ Pa hassasiyete sahiptir. Ayrıca hidrofonlar yönsüz olduğundan tüm yönlerden ulaşan sinyalleri alabilmektedir. Dizi elemanları arasında dört metre mesafe bulunmaktadır. Bu mesafe, ışın şekillendirme amaçlı kullanımlarda hedef yönü tespiti için literatürde önerilen yarım dalgaboyluk mesafe kuralına uymaktadır. Elemanlar arası 4 m olan bir dizin için, ses hızı 1500 m/s olan bir ortamda izleme yapılabilecek kaynak frekansı 187,5 Hz'dir. Bu frekans değeri, özellikle gemilerden yayılan gürültünün en fazla olduğu bant içerisinde kaldığından gemi veya denizaltıların izlenmesi için uygundur. Hidrofon dizisi sistemde düşey doğrultuda yerleştirilmiştir. Bunun amacı bir yandan düşey doğrultuda hedef tespiti yapabilmek, diğer yandan da derinliğe bağlı sualtı gürültü profilini ve gürültü derinlik ilişkisini ortaya koyabilmektir.



Şekil 4.1: Ölçüm Sistemi Donanım Birimi Genel Görünümü

Elektronik sistem kutusu, sistemin çalışmasını sağlayan tüm elektronik donanımın bulunduğu özel imal edilmiş su geçirmez bir polyester muhafazadır. Kutu içerisindeki donanımın şeması Şekil 4.2’de verilmiştir. Sekiz adet hidrofondan şamandıraya ulaşan kablolar, su geçirmez LEMO konektörler vasıtasıyla kutu içerisine girmektedir. Her bir hidrofona sinyal kabloları, USB üzerinden veri aktarımı yapabilen analog/sayısal dönüştürücünün ilgili girişine bağlanmıştır. Kullanılan dönüştürücü, iki adet dört kanallı, 50 kHz eş zamanlı örnekleme yapabilen 24 bit delta-sigma kartlar ile USB çıkışlı taşıyıcı kasanın birleşiminden oluşmaktadır. Verilerin toplanmasında kullanılan endüstriyel bilgisayar, zorlu koşullara dayanacak

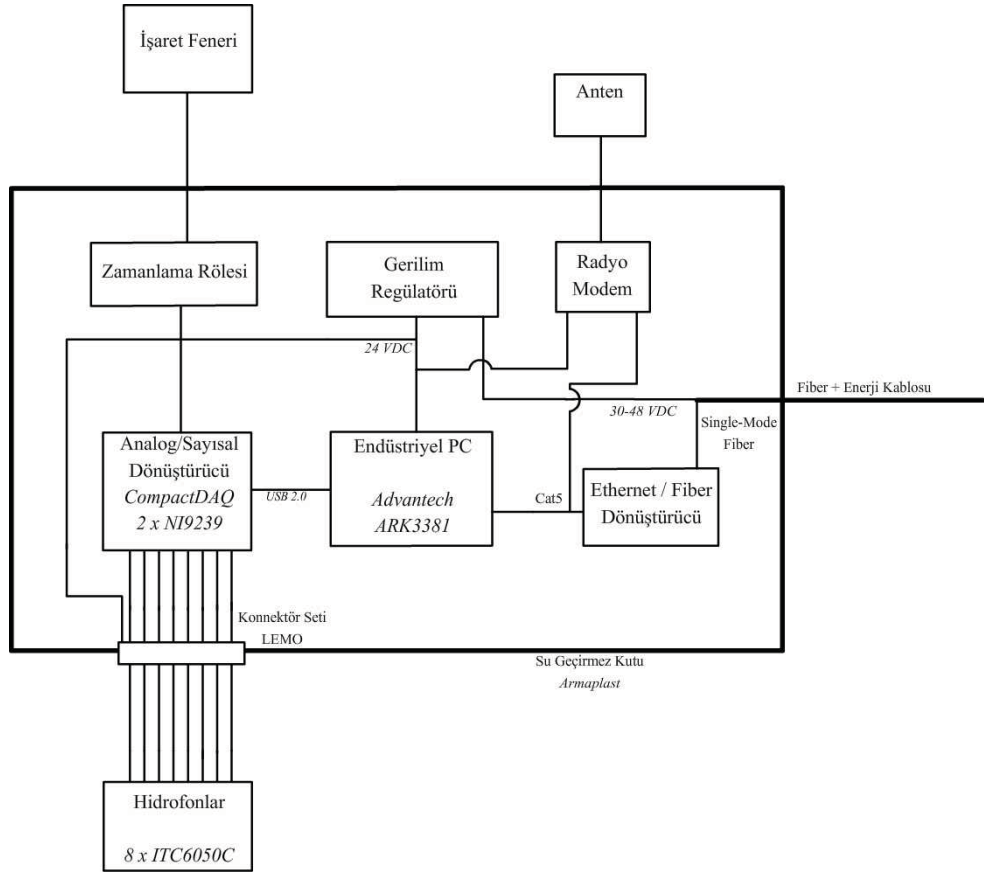
biçimde tasarlanmış olup 1,6 GHz mobil işlemciye, 1 GB belleğe ve 160 GB sabit diske sahiptir. Ayrıca, ADC kasadan endüstriyel bilgisayara USB portu üzerinden veri aktarımı için özgün bir yazılım geliştirilmiştir (bkz: Bölüm 4.1.2). Sekiz kanallı SOG verisi, toplanma zamanı, örnekleme frekansı gibi bilgileri içeren bir etiket ile bilgisayarın sabit diskinde saklanmaktadır.

Şamandıra içerisindeki sistemin kıyıdaki istasyon ile veri bağlantısı fiber optik kablo üzerinden sağlanmaktadır. Endüstriyel bilgisayarın Ethernet çıkışından alınan verinin fiber optik kablo üzerinden iletimi için 100 Mbit Ethernet/Fiber dönüştürücü kullanılmıştır. Aynı dönüştürücü kıyıdaki istasyonda Fiber/Ethernet dönüşümü yapmakta ve verileri bilgisayara aktarmaktadır. Ayrıca sistemde yedek veri iletim sistemi olarak bir adet 802.11b/g kablosuz erişim noktası ve Ethernet çoklayıcı bulunmaktadır. Fiber hat üzerinde sorun oluştuğunda şamandıranın yakınlarından kablosuz bağlantı kurulabilir veya şamandıra dışına ulaşan Ethernet kablosu üzerinden veri aktarılabilir.

Sistemin enerjisi 24 VDC gerilim regülatörü üzerinden sağlanmaktadır. Hidrofonlar, analog/sayısal dönüştürücü, endüstriyel bilgisayar, zaman rölesi ve işaret feneri gibi birimler 24 VDC gerilim ile çalıştığından, kıyıda aktarılan gerilimin bu değerde mümkün olduğunca sabit kalması sağlanmaktadır.

Sistemdeki Ethernet/Fiber dönüştürücü ve Ethernet çoklayıcı cihazlarının 5VDC gerilim ile çalıştığından, bu cihazların enerji gereksinimi endüstriyel bilgisayar üzerindeki 5VDC çıkışından karşılanmıştır.

Şamandıranın gece konumunu işaret eden işaret feneri, kıyı emniyet tarafından belirlenen renkte ve zaman rölesinden ayarlandığı sıklıkta çakmaktadır. Sistemde en büyük akımı çeken birim işaret feneri olduğundan ölçüm sistemini etkilememesi için tamamıyla ayrı bir hat ve regülatör ile beslenmektedir.



Şekil 4.2: Elektronik Donanım Birimi Şeması

Hidrofon dizisi ve elektronik sistem kutusu, özel olarak tasarlanan şamandıra vasıtasıyla belirlenen konumda sabit bir şekilde tutulmaktadır. Şamandıra yaklaşık 130 cm çapta ve 140 cm yükseklikte ve 800 kg ağırlıktadır. İki hazneli tasarıma sahip şamandıranın tamamen kapalı kısmı su geçirmeyerek güvenli bir biçimde yüzmesini sağlarken üstteki kısım elektronik sistem kutusunu içermektedir. Şamandıra, belirlenen konuma dört noktadan 2,5 tonluk beton bloklar ile sabitlenecek şekilde tasarlanmıştır. Beton bloklar ile şamandırayı bağlayan 18 mm'lik "Dyneema" halatlar özel olarak üretilmiş olup 8 tonluk yükler altında çalışabilmektedir.

Şamandıradaki elektronik sistem ile kıyı istasyonunun veri bağlantısı 500 metrelik zırlı fiber optik kablo ile sağlanmaktadır. Dört telden oluşan fiber kablodan bir çifti tek yönlü iletimler için kullanılıp diğer ikisi yedektir. Kullanılan fiberler Fiber/Ethernet dönüştürücüde sonlanmaktadır. Ayrıca sistemin enerji ihtiyacı dört adet 2,5 mm² zırlı bakır hat üzerinden sağlanmaktadır. Ölçüm sisteminin şebeke geriliminde bulunan 50Hz dalgalanmalarından etkilenmemesi için doğru gerilim iletimi uygun görülmüş, bu nedenle her iki kablo çiftine de 60 VDC gerilim uygulanmaktadır. 500 metrelik enerji kablosunda zayıflamaya ve bozulmaya uğrayan

gerilim regülatörlerde düzenlenerek sisteme verilmektedir. Çizelge 4.1’de tüm sisteme ait başlıca özellikler sunulmuştur.

Çizelge 4.1: Ölçüm Sistemi Genel Özellikleri

Hidrofon Dizisi	8 x ITC6050C
Frekans Bandı	0-100 kHz
Hassasiyeti	-158 dB//uPA/1V
Yatay Yönsellik	Yönsüz
Düşey Yönsellik	Yönsüz
Uzunluk	30 metre
Eleman Sayısı	8
Elemanlar Arası Mesafe	4 metre
Besleme	24 VDC +- 4 , 0.48 W/kanal
Analog Sayısal Dönüştürücü	2xNI 9239 ADC, CompactDaq Kasa
Kanal Sayısı	8
Örnekleme Frekansı	50000 örnek/sn//kanal
Hassasiyeti	24 bit
Veri çıkışı	USB 2.0
Besleme	12-24 VDC , 20 W
Endüstriyel Bilgisayar	Advantech 3381
İşlemci	1.6 GHz
Bellek	1 GB, 677 GHz
HDD	160 GB
Besleme	12-24 VDC, 100 W
Veri İletimi	HCS f/o Kablo, USRobotics Switch
Fiber Optik	4 Single Core, 500 metre, 100 Mbit/s
Ethernet	Cat 5, 10 metre, 100 Mbit/s
Kablosuz	802.11b, 50 metre, 100 Mbit/s
Şamandıra	Evren Zincir
Boyutlar	130 cm x 140 cm silindir
Ağırlık	800 kg (havada)
Çakar	Yeşil, 20 W
Toplam	
Ağırlık	~1000 kg (havada)
Güç Tüketimi	~200 W

4.1.2 Yazılım birimleri

Analog/sayısal dönüştürücü ile endüstriyel bilgisayar arasında veri transferi LabView ortamında geliştirilen sürücü yazılımı ile sağlanmaktadır. Veri transferinin yanı sıra veri toplama ile ilgili parametreler de arayüz üzerinden analog sayısal dönüştürücüye aktarılmaktadır. Ayrıca veri toplama zamanı ve koşulları ile ilgili bilgiler kayıt dosyası içine kaydedilebilmektedir. Sürücü Yazılımı’nın örün(web) tarayıcılar ile de

uzaktan ulaşılabilen arayüzü Şekil 4.3'te görülebilir. Şekil üzerinde numaralar ile belirlenmiş kısımların işlevlerinin ayrıntıları aşağıda anlatılmaktadır.

Örnekleme Hızı:

Analog sayısal dönüştürücünün desteklediğı örnekleme hızı aralığından istenilen değer Şekil 4.3'te 1 ile belirli yazı kutusuna girilebilir. Bu yazı kutusunun hemen sağındaki kutuda ise donanımda o an geçerli örnekleme hızı gösterilmektedir. Donanım tüm ara değerleri desteklemediğınden gösterilen değer girilen değer ile aynı olmayabilir.

Tampon Bellek:

SOG toplayıcı cihaz veri toplarken veri kaybının önüne geçebilmek için toplanan verilerin geçici tutulduğı bellektir. Bellek miktarı mevcut donanımın işlem kapasitesi ve koşturulması muhtemel eş zamanlı veri işleme algoritmalarının ihtiyaç duyabileceğı zamanlama ile ilgilidir. Şekil 4.3'te 2 ile belirli yazı kutusundan değeri girilebilir.

Dosya Boyutu:

Toplanan SOG verisi kaydedilirken oluşturulacak dosyaların kaç saniyelik veri içereceğinin seçildiğı kutu Şekil 4.3'te 3 ile belirlidir. Bu kutuya girilen değer kadar veri toplandıktan sonra bu veriler diske ya da istenilen ağı adresine tarih ve zaman dosya ismini oluşturacak şekilde yazdırılır.

Yol:

Şekil 4.3'te 4 ile belirli yazı kutusu toplanan SOG verilerinin kaydedileceğı yoldur. Bu veri toplama bilgisayar olabileceğı gibi aynı ağda bulunan uzak bir bilgisayar da olabilir.

Yorumlar:

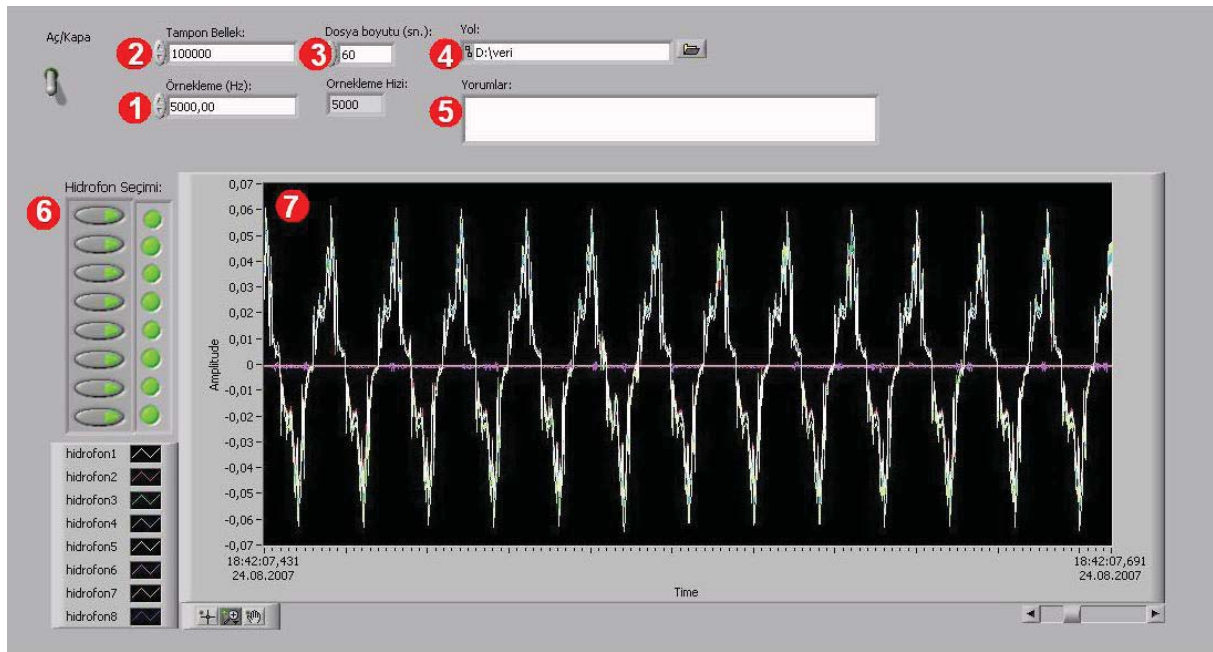
Şekil 4.3'te 5 ile belirli kutuya girilecek yorumlar kayıt edilen dosyanın içine gömülür. Bu sayede arayüzü yöneten operatörün SOG verilerini kaydederken gerçekleşen olayları kayıt dosyalarının içine gömmesi sağılanmıştır. Kaydedilen dosyalar açıldığında yorumlara da ulaşılabilir.

Hidrofon Seçimi:

Şekil 4.3'te 6 ile belirli buton ve lambalardan oluşan panelden aktif olarak kayıta olması istenilen hidrofonlar sistem kayıta devam ediyorken dahi seçilebilir. Hidrofonlar yukarıdan aşağıya doğru 1'den 8'e butonlar ile eşleştirilmiştir. Donanım gereği yapılan seçim tampon bellek dolduktan sonra işleme konulabilir bu sebepten her bir hidrofon butonunun sol tarafında kendisine ait bir lamba o anda hidrofondan kayıt alınıp alınmadığını belirtmek için yerleştirilmiştir. Lambanın yeşil renkte yanıyor olması kendisine ait hidrofonun kayıta olduğu anlamı taşımaktadır.

Grafik:

Seçili hidrofonlardan gelen verilerin tampon bellek doldukça çizdirildiği grafik Şekil 4.3'te 7 ile belirlidir. Bu grafik istenilen miktarda geçmiş veriyi de gösterebilir şekildedir.



Şekil 4.3: Veri Toplama Yazılımı Arayüzü

4.1.3 Yardımcı birimler

SOG ölçüm sistemi donanım ve yazılım birimlerinin dışında, ortam gürültüsü toplanmasında doğrudan kullanılmayan, ancak gürültü analizi ve modelleme için gerekli verileri sağlayan sistemler de içerir. Bunlar meteorolojik veri toplama istasyonu ve hareketli görüntü kayıt sistemidir.

Meteoroloji istasyonu, anlık olarak hava sıcaklığı, yağış miktarı, rüzgar hızı ve yönü gibi, ortam gürültüsünü etkileyen ortam parametrelerini ölçen ve kaydeden bir sistemdir. Kıyıdaki sunucu bilgisayara bağlı bu sistemin topladığı veriler arşivlenmekte ve veri analizi esnasında kullanılmaktadır. Meteoroloji istasyonunun sensörlerine ilişkin çalışma parametreleri Çizelge 4.2’de sunulmuştur.

Diğer yardımcı birim, MATLAB ortamında geliştirilen ve ölçüm bölgesi videosunu kaydeden hareketli görüntü kayıt sistemidir. İstanbul Boğazı ortam gürültüsünü etkileyen en önemli etmen deniz taşıt trafiği olduğundan ölçüm esnasında sistemin yakınlarındaki tüm hareketli deniz taşıtlarının görüntüsü kaydedilmektedir. Bu sistemde ayrıca bir hareket algılama algoritması bulunmaktadır. Algoritma, belirli aralıklarla görüntü arka planı modellemekte, ortamda bir değişiklik oluştuğunda belirlenen süre video kaydı almaktadır. Ortam gürültüsü verileri analizi esnasında tarih ve saat bilgisi ile etiketlenmiş görüntü verileri kullanılabilir.

Çizelge 4.2: Meteoroloji İstasyonu Genel Özellikleri

Meteoroloji İstasyonu	Oregon Scientific WMR200
Rüzgar Hızı ve Yönü Sensörü	
Hız Hassasiyeti	2 m/s ~ 10 m/s (+/- 3 m/s) 10 m/s ~ 56 m/s (+/- 10%)
Yön Hassasiyeti	16 yön (0°-360° +/- 11.25°)
Veri İletimi	14 sn aralıklarla
Sıcaklık Sensörü	
Çalışma Bölgesi	-30 °C ~ 60° C
Sıcaklık Hassasiyeti	-20°C – 0°C: +/- 2°C (+/- 4.0°F) 0°C - 40°C: +/- 1°C (+/- 2.0°F) 40°C - 50°C: +/- 2°C (+/- 4.0°F) 50°C - 60°C: +/- 3°C (+/- 6.0°F)
Nem Sensörü	
Çalışma Bölgesi	%25 ~ % 90
Nem Hassasiyeti	25% - 40%: +/- 7% 40% - 80%: +/- 5% 80% - 90%: +/- 7%
Yağış Sensörü	
Çalışma Bölgesi	0 mm/hr – 999 mm/hr
Yağış Hassasiyeti	< 15 mm/hr: +/- 1 mm 15 mm to 9999 mm: +/- 7%

4.2 İstanbul Boğazı Ortam Gürültüsü Ölçüm ve Modelleme Çalışması

Sualtı ortam gürültüsü modeli, temel gürültü kaynakları ve seviyeleri aynı kalsa dahi ölçüm ortamına bağlı olarak farklılıklar gösterebilmektedir. Literatürde farklı denizlerde yapılmış sualtı ortam gürültüsü modelleme çalışmalarında birbirinden farklı sonuçlar ile karşılaşilmektedir. Modelleme esnasında, ortamda akustik yayılımı etkileyecek etmenler ile gürültü kaynaklarının çeşitleri ve etkileri değerlendirilmelidir. Özellikle ortamın batimetrik yapısı, akustik ses hızı profili, sediment yapısı ve rüzgar, yağış, gemi trafiği gibi gürültü kaynakları ölçüm ortamı için irdelenmelidir.

Sualtı ortamı incelendiğinde, gürültü kaynaklarının izgeleri açısından belirgin farklılıklar gösterdikleri ve gürültü ölçümünü etkileyen birçok etken olduğu görülebilir. Bunun için ölçülmek istenilen gürültü türüne göre uygun koşulların sağlanması gerekmektedir. Sualtı ortam gürültüsü ölçümü esnasında bilinmesi ve dikkat edilmesi gereken koşullar arasında,

Ölçüm Yeri: Ölçüm yapılan noktadaki deniz derinliği, kıyıdan uzaklığı, deniz tabanının özellikleri, bölgedeki biyolojik çeşitlilik, gemi trafiği durumu, akıntı hızı, o bölge için akustik yayılım karakteristiği;

Ölçüm Zamanı: Tam olarak ölçümün alındığı tarih, mevsim, saat;

Meteorolojik Durum: Rüzgar hızı ve yönü, yağış, deniz yüzeyi durumu, dalgalılık, suda oluşan kabarcık durumu, denizde oluşan türbülanslar;

Ölçüm Metodu: Kullanılan hidrofon türü, band genişliği, hassasiyeti, kullanılan kablo uzunluğu, ölçüm alınan derinlik, tekil ya da dizi hidrofon kullanımı, hidrofonun yerleştirilme doğrultusu gibi parametreler bulunmaktadır.

Sualtı ortam gürültüsünün ölçümü için çeşitli teknikler mevcuttur. En basit anlamda tek bir hidrofon bir deniz taşıtından sarkıtılarak ölçüm alınabileceği gibi, birden fazla hidrofon değişik şekillerde birleştirilerek dizi yapıları oluşturulabilir. Bu projede her iki yöntemle de ölçümler alınmış, veriler analiz edilerek sonuçlar incelenmiştir.

4.2.1 İstanbul Boğazı'nın genel özellikleri

İstanbul Boğazı, Marmara Denizi ile Karadeniz'i birbirine bağlayan bir su yoludur. Derinliği 30 m ile 100 m arasında değişirken genişliği en dar noktasında 700 m, en geniş noktasında ise 3.5 km'yi bulmaktadır. Tabanı genellikle yumuşak olmayan tabakalar olan kaya ve çakıl ile kaplıdır. Boğaz'daki akıntı, yüzeyde güneye doğru, Karadeniz'den Marmara Denizi'ne, tabanda kuzeye doğru, Marmara Denizi'nden Karadeniz'e akan iki tabakalı bir yapıya sahiptir. Bu akıntılarının kalınlıkları ve hızları, zamana, derinliğe ve Boğaz'ın kıvrımlı yapısı gereği konuma bağlı olarak değişmektedir (Güler, 2006).

Boğaz'ın tabakalı yapısı iki denizin suyundaki yoğunluk farkından ve su seviyesindeki değişimden kaynaklanmaktadır. Karadeniz'in seviyesi Marmara'ya göre her zaman 20-40 cm daha yüksektir. Bunun sebebi Karadeniz'i besleyen akarsulardır. Ayrıca bu akarsulardan denize karışan tatlı su nedeniyle Karadeniz'in tuzluluğu, dolayısıyla yoğunluğu, Marmara Denizi'ne göre daha düşüktür. İki deniz arasındaki farklılığın dengelenmesi için yoğun olan tuzlu su tabandan Karadeniz'e doğru akarken daha az yoğun su yüzeyden Marmara Denizi'ne akmaktadır. İki akıntı tabakası arasında ise, Boğaz'ın Karadeniz ucunda 2 m, Marmara ucunda 10 m kalınlığında türbülans alanı oluşmaktadır (Güler, 2006).

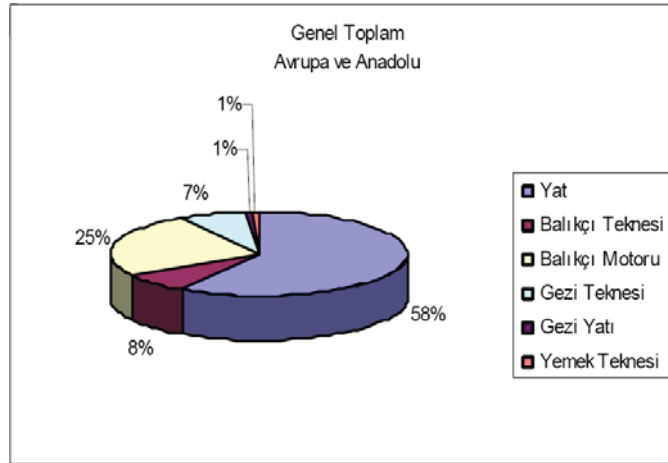
Boğaz'ın girintili çıkıntılı yapısı gereği akıntı hızı çeşitlilik göstermektedir. Özellikle koyların ardından oluşan dar geçitlerde yüzey akıntı hızı 2 m/s'ye kadar çıkmaktadır. Ortalama akıntı hızı ise 0.8-1.2 m/s olarak ölçülmüştür (Güler, 2006).

İstanbul Boğazı'nda, Akdeniz ikliminin etkisi görülmektedir. Ekteki dökümanda (bkz: Ek-A) aylara göre sınıflandırılmış yıllık yağış miktarı verilmiştir. Yağışlar genellikle yağmur şeklinde olup en fazla yağış kış aylarında görülürken yaz aylarında düşen yağış oldukça azdır. Yağışlı geçen gün sayısına bakıldığında, kış aylarında % 60-65 yağışlı gün görülürken, yaz aylarında yağışlı günlerin oranı % 15, bahar aylarında ise % 40 civarındadır (Url-1).

Boğaz'da hakim rüzgar kuzeydoğu-güneybatı doğrultusunda esen poyraz ve lodostur. Kış aylarında rüzgar hızı 10 m/s'ye kadar çıkarken yaz aylarında rüzgar genellikle 2-3 m/s hızlarla esmektedir. Boğaz açık deniz özelliği göstermediğinden rüzgara bağlı olan dalga yükseklikleri de büyük değildir. Tüm sene boyunca gözlemlenen deniz

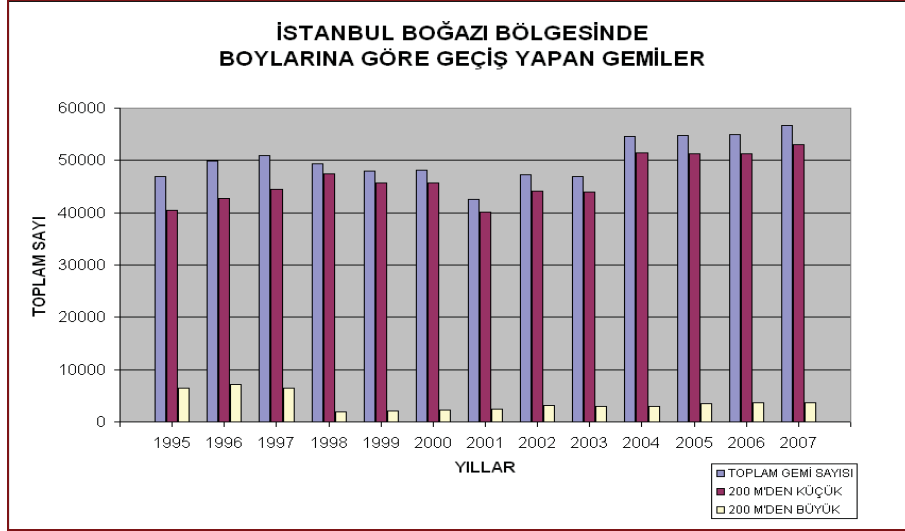
durumu seviyesi 3'ü geçmemektedir (Url-1). Ek-A'da aylara göre rüzgar hızı ve yönü grafiksel olarak sunulmuştur.

İstanbul Boğazı, Karadeniz ile Akdeniz'i birbirine bağlayan önemli bir su yolu olmasının yanı sıra şehir içi deniz trafiğine de sahip oldukça kalabalık bir denizdir. Boğaz'dan transit geçiş yapan ticaret gemilerinin sayısı ve boyutları yıldan yıla artmaktadır. Ayrıca, Boğaz'ın deniz canlıları için de bir geçiş noktası olması nedeniyle tekne ve motor balıkçılığının her mevsim faal olması Boğaz'daki trafiği oldukça yoğunlaştırmaktadır. Şekil 4.4'te İstanbul Boğazı'nın her iki yakasındaki limanlarda bulunan deniz taşıtı dağılımı verilmiştir. Toplam yaklaşık 3500 teknenin % 58'ini 6-40 m arası motorlu ve yelkenli yatlar, %25'ini 2-6 m arası küçük motorlu balıkçı motorları, %8'ini 10-40 m arası yüksek motor gücüne sahip balıkçı tekneleri ve kalanını da gezi tekneleri ve yatları oluşturmaktadır (Yonsel, 2004).

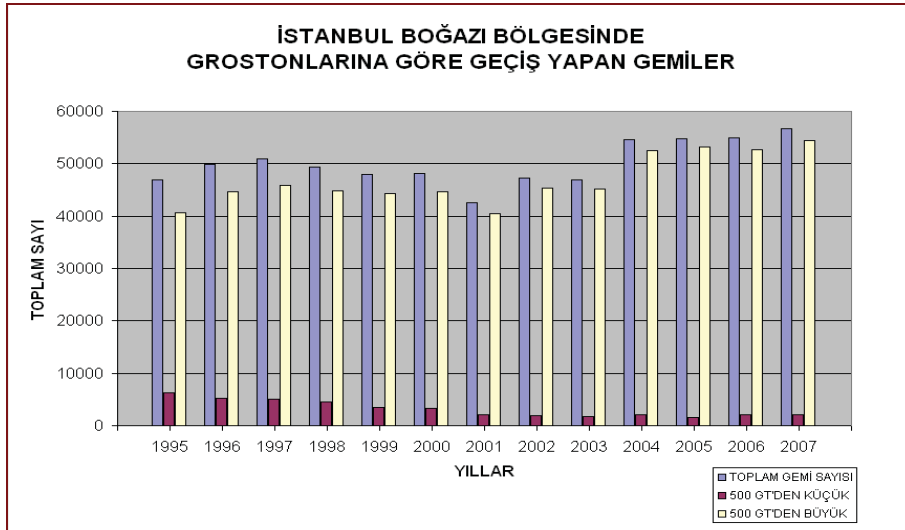


Şekil 4.4: İstanbul Boğazı Limanlarındaki Deniz Taşıtlarının Dağılımı

İstanbul Boğazı'ndan transit geçiş yapan ticari gemilerin yıllara göre değişimi boylarına ve ağırlıklarına bağlı olarak Şekil 4.5'te sunulmuştur. Buna göre özellikle son altı yıldır toplam gemi sayısında bir artış gözlenmektedir. Bu artışa paralel olarak 500GT'dan büyük gemilerin sayısında da bir artış mevcuttur. Yıl içinde aylara göre gemi geçiş sayısı yaklaşık sabit kalmaktadır (Url-2). Geçiş yapan gemilerin sayısında ve ağırlıklarındaki artış ortama yaydıkları akustik gürültü seviyesini de etkileyecektir. Ayrıca geçiş esnasında kullandıkları sonar gibi akustik yayılım yapan aygıtlar da ortam gürültüsüne katkıda bulunmaktadır.



(a)



(b)

Şekil 4.5: İstanbul Boğazı'ndan Boylarına (a) ve Ağırlıklarına (b) Göre Geçiş Yapan Yıllık Gemi Sayısı

Yağış, rüzgar ve taşıt trafiğinin yanı sıra Boğaz iki adet oldukça işlek köprüye sahiptir. Köprüler, ikişer adet ayak ile kıyıya bağlanmış olup özellikle sabah ve akşam saatlerinde yoğun araç trafiğine sahiptir. Bu yapılarda oluşacak titreşimler toprağa ve denize ulaşabilmektedir. Ayrıca yapımı süren ve denizin altına yerleştirilen tüp geçit sisteminin de ortam gürültüsüne etkisi olmaktadır.

Ölçüm çalışmalarında, Bölüm 4.1’de anlatılan ölçüm sistemi yazılımı ve donanımı yeniden düzenlenerek kullanılmıştır. Sualtı ortam gürültüsü ölçüm sistemi, sabit noktada ölçüm yapabilecek bir sistem olarak tasarlandığından hareketli olarak çeşitli noktalarda kullanıma uygun değildir. Bu nedenle ölçümlerde elektronik sistem sabit kalmak koşuluyla şamandıra kullanılmadan hidrofon dizisi veya tek hidrofon tekne güvertesinden sarkıtılarak ölçüm alınmıştır.



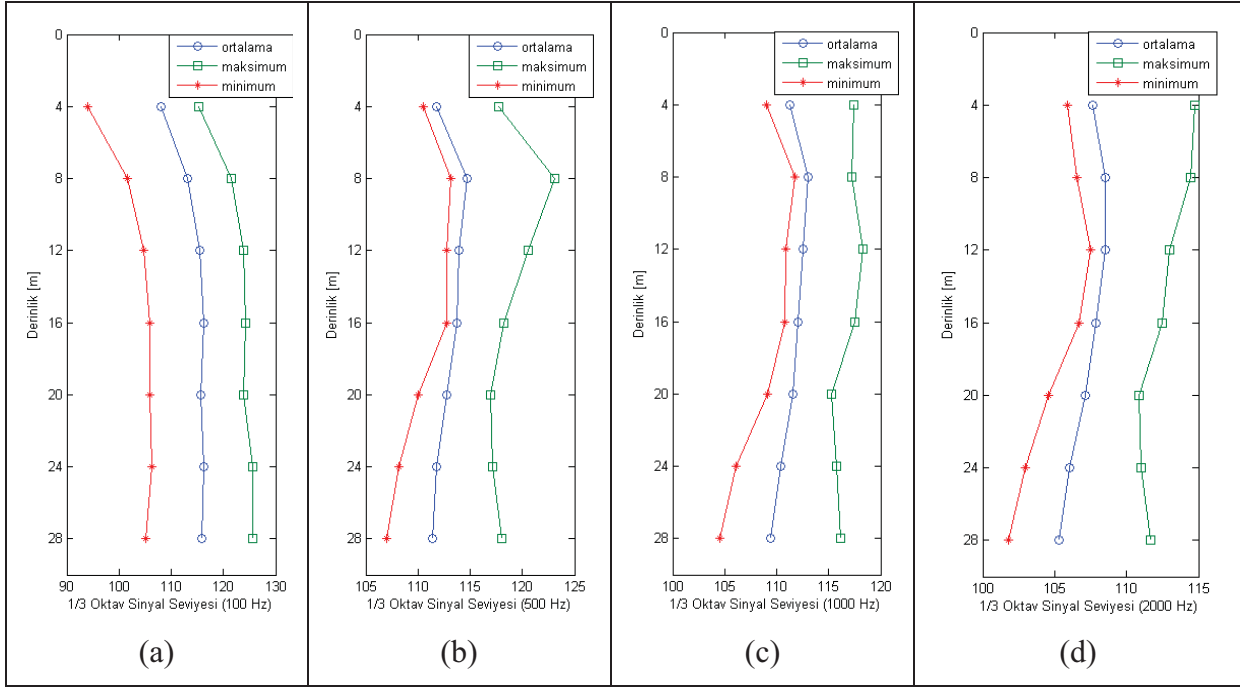
Çizelge 4.2: Ölçüm Noktaları Ayrıntıları

No	Tarih	Saat	Enlem	Boylam
1	22.01.2008	12:00-17:00	41° 7' 26.03" K	29° 5' 17.19" E
2	24.06.2008	10:00-10:30	41° 1' 36.00" K	28° 57' 48.37" E
3	24.06.2008	11:30-12:30	41° 2' 42.64" K	29° 1' 37.26" E
4	24.06.2008	13:30-15:00	41° 6' 37.56" K	29° 3' 36.93" E
5	24.06.2008	16:00-17:00	41° 9' 14.30" K	29° 3' 54.33" E
6	23.09.2008	10:00-10:30	41° 12' 5.66" K	29° 6' 16.85" E
7	23.09.2008	14:00-14:30	40° 51' 22.20" K	28° 58' 15.75" E
8	23.09.2008	15:00-15:30	40° 51' 19.43" K	29° 5' 48.55" E
9	23.09.2008	17:00-17:30	40° 43' 59.66" K	29° 14' 50.02" E

Ölçüm sonuçlarının incelenmesinde istatistiksel ve izgesel yöntemler kullanılmış olup ayrıntıları Bölüm 3’te sunulmuştur. Aşağıda ölçüm noktalarına ilişkin fiziksel özellikler ve ölçüm verilerinin analiz sonuçları verilmiştir. İzgesel analiz sonuçlarında geçen alçak frekans bölgesi terimi <100 Hz bandını, orta frekans bölgesi terimi 100-1000 Hz bandını ve yüksek frekans bölgesi terimi >1000 Hz bandını kastetmektedir.

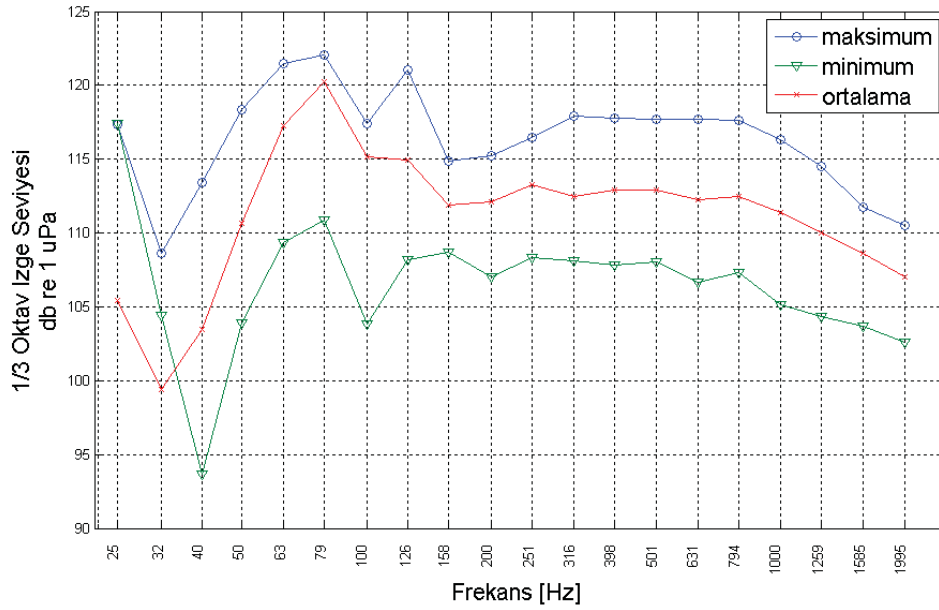
“Ölçüm Noktası 1”, Beykoz körfezi açıklarındadır. 22 Ocak tarihinde alınan ölçümde yedi elemanlı hidrofondizisi kullanılmış olup kanal başına 5 kHz örnekleme frekansında beş saat kesintisiz kayıt alınmıştır. Ölçüm noktasında derinlik 60 metre civarındadır ve rüzgar hafif şiddette esmektedir. Yağış görülmemiş olup Boğaz trafiği normal seyrindedir.

Şekil 4.7’de “Ölçüm Noktası 1” için kaydedilen en yüksek, en düşük ve ortalama 1/3 oktav ortam gürültü seviyesi 100, 500, 1000 ve 2000 Hz frekansları için derinliğe bağlı olarak verilmiştir. Rüzgar hızında bir değişim olmadığından ve yağış etkisi bulunmadığından gürültü seviyesindeki değişim gemi kaynaklı gürültülerden oluşmaktadır. 100 Hz frekansında derinlikten bağımsız olarak gürültü seviyesi 20 dB civarında değişim göstermektedir. Ayrıca ortalama gürültü seviyesi yüzeye yakın derinliklerde, derinlikle birlikte artmakta, 12 metreden itibaren yaklaşık sabit kalmaktadır. 500 Hz ve üstünde ise ortalama gürültü seviyesinde 4 metreden itibaren derinliğe bağlı olarak 0.2 dB/m civarında düşüş gözlenmektedir.



Şekil 4.7: “Ölçüm Noktası 1” için Ortam Gürültü Seviyeleri (a) 100 Hz (b) 500 Hz (c) 1000 Hz (d) 2000 Hz

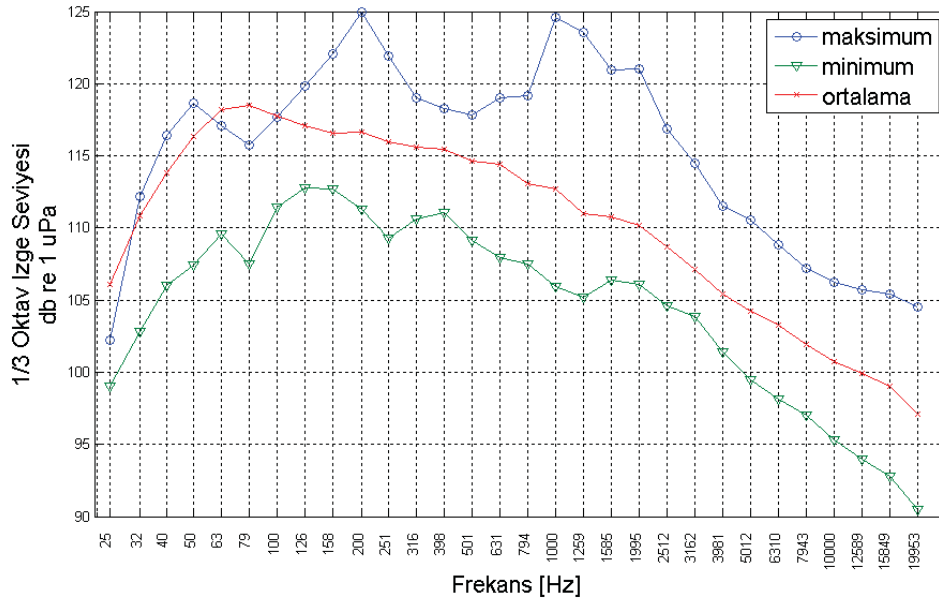
Şekil 4.8’de “Ölçüm Noktası 1” için 20 metre derinlikte kaydedilmiş en düşük, en yüksek ve ortalama 1/3 oktav ortam gürültü seviyesi verilmiştir. En düşük ve en yüksek gürültü seviyeleri arasında yaklaşık 10 dB fark geniş bir bandta sabit kalmakta ve en yüksek gürültü seviyesi orta bandta 115-120 dB arasındadır. Tek hidrofon ile ölçüm alınan diğer noktaları ile kıyaslama açısından, “Ölçüm Noktası 1” için en düşük gürültülü durumda 20 metredeki 1/3 oktav frekansa bağlı izge seviyesi 10-100 Hz bandında -4.3 dB/onkat’lık eğime, 100-1000Hz bandında -0.2 dB/onkat’lık eğime sahiptir. En gürültülü durumda ise 10-100 Hz bandında 12.6 dB/onkat’lık eğime, 100-1000Hz bandında -0.4 dB/onkat’lık eğime sahiptir.



Şekil 4.8: “Ölçüm Noktası 1” için 1/3 Oktav Ortam Gürültü Seviyesi

“Ölçüm Noktası 2”, 24 Haziran tarihinde gerçekleştirilen ölçüm çalışmasının ilk ayağıdır. Tek elemanlı hidrofon ile 20 metre sabit derinlikte Haliç’te alınan ölçüm 50 kHz örnekleme frekansında toplanmıştır. Ölçüm noktasında derinlik 40 metre civarındadır ve rüzgar hafif şiddette esmektedir. 24 Haziran günü yağış olayı ile karşılaşılmamış olup çevrede yakın mesafeden balıkçı ve yolcu tekneleri geçişleri gözlenmiştir.

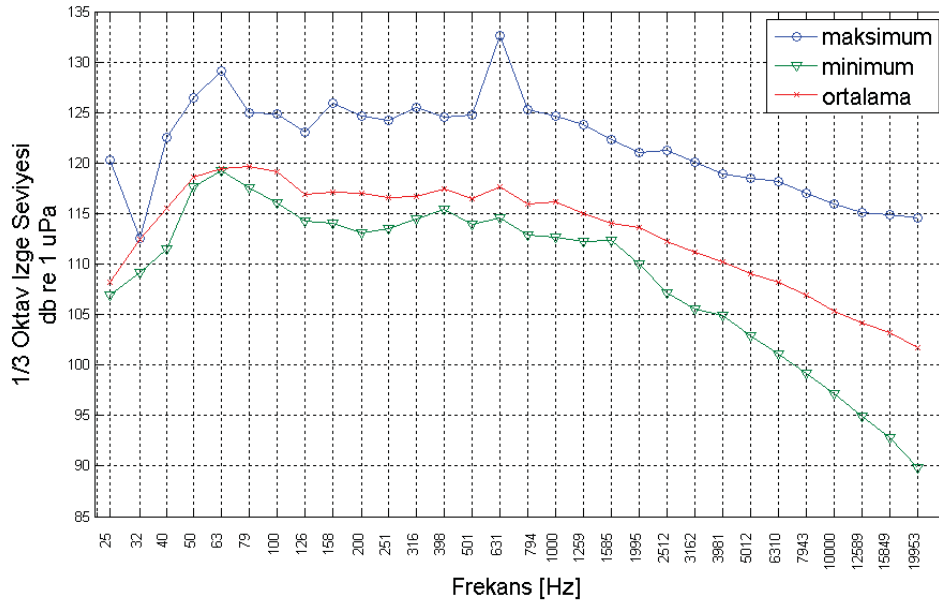
Şekil 4.9’da “Ölçüm Noktası 2” için kaydedilen en düşük, en yüksek ve ortalama 1/3 oktav ortam gürültü seviyeleri verilmiştir. En gürültüsüz durumda seviye orta frekanslarda 110 dB civarında değişmekte, yüksek frekanslarda ise 90 dB’e kadar düşmektedir. En gürültülü durumda ise gürültüsüz duruma göre fark alçak frekanslarda 5-7 dB iken orta frekanslarda fark 20 dB’e kadar çıkmakta ve maksimum gürültü seviyesi 125 dB olarak gözlemlenmektedir. Yüksek frekans bölgesinde fark 10 dB civarında sabit kalmaktadır. En düşük gürültü seviyesi alçak frekans bölgesinde 17.9 dB/onkat, orta frekans bölgesinde -5.9 dB/onkat ve yüksek frekans bölgesinde -12.8 dB/onkat eğime sahiptir. En yüksek gürültü seviyesi ise alçak frekans bölgesinde 19.3 dB/onkat, orta frekans bölgesinde 0.45 dB/onkat ve yüksek frekans bölgesinde -16.9 dB/onkat eğime sahiptir.



Şekil 4.9: “Ölçüm Noktası 2” için 1/3 Oktav Ortam Gürültü Seviyeleri

“Ölçüm Noktası 3” 24 Haziran ölçümünün ikinci noktasıdır. 20 metre derinlikte Ortaköy açıklarında alınan ölçüm 50 kHz örnekleme frekansına sahiptir. Rüzgar hafif şiddette esmekte ve yağış bulunmamaktadır. Ölçüm noktası Boğaziçi Köprüsü’ne yakın bir konumda, gemi trafiği ve gezi teknelerinin yakın geçişler yaptığı bir noktada bulunmaktadır. Ayrıca ölçüm noktası, Boğaz’ın Güney çıkışından, ölçüm noktasının 6-7 km kuzeyine kadar bir alanı direk olarak görmektedir.

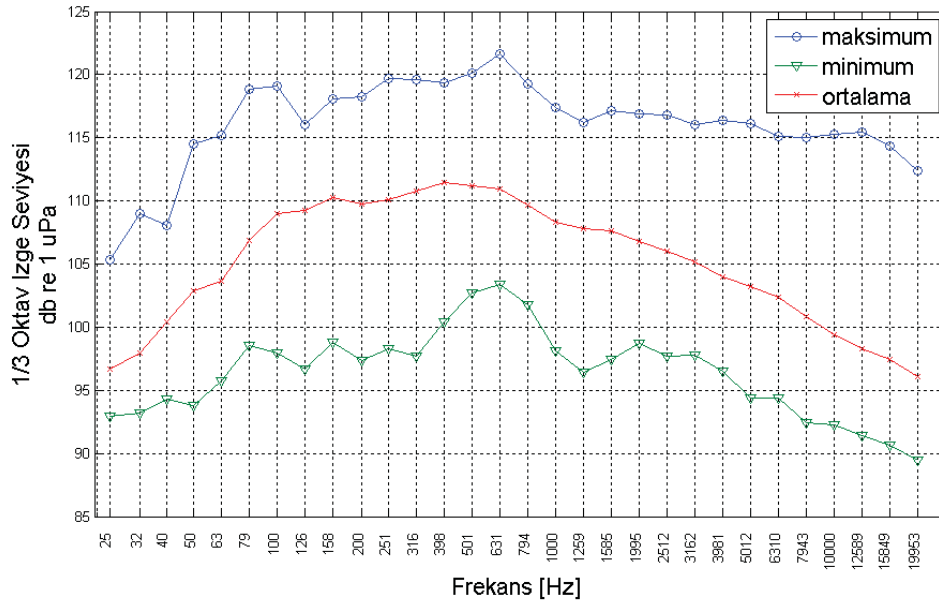
Şekil 4.10’da “Ölçüm Noktası 3” için kaydedilen en düşük, en yüksek ve ortalama 1/3 oktav ortam gürültü seviyeleri verilmiştir. Gürültünün en düşük olduğu durumda seviye orta frekanslarda 115 dB civarında değişmekte, yüksek frekanslarda ise 90 dB’e kadar yaklaşık doğrusal biçimde düşmektedir. En gürültülü durumda ise gürültüsüz duruma göre fark alçak frekanslarda 5-10 dB iken orta frekanslarda fark 15 dB’e kadar çıkmakta ve maksimum gürültü seviyesi 133 dB olarak gözlemlenmektedir. Yüksek frekans bölgesinde fark frekans ile birlikte 10 dB’den 25 dB’e kadar artmaktadır. En düşük gürültü seviyesi alçak frekans bölgesinde 18.5 dB/onkat, orta frekans bölgesinde -1.6 dB/onkat ve yüksek frekans bölgesinde -17.8 dB/onkat eğime sahiptir. En yüksek gürültü seviyesi ise alçak frekans bölgesinde 16.2 dB/onkat, orta frekans bölgesinde 2.6 dB/onkat ve yüksek frekans bölgesinde -7.9 dB/onkat eğime sahiptir.



Şekil 4.10: “Ölçüm Noktası 3” için 1/3 Oktav Ortam Gürültü Seviyeleri

“Ölçüm Noktası 4”, İstinye Koyu girişindedir. Ölçüm derinliği 20 metre olup deniz derinliği 30 metre civarındadır. Transit gemi geçiş yolu yaklaşık 600-700 metre mesafede olup yakın mesafede balıkçı ve gezi teknelerinin bulunduğu gözlenmiştir. Kıyı şeridinde yakın noktadan alınan ölçümde kara araç trafiğinin de etkisinin bulunması muhtemeldir.

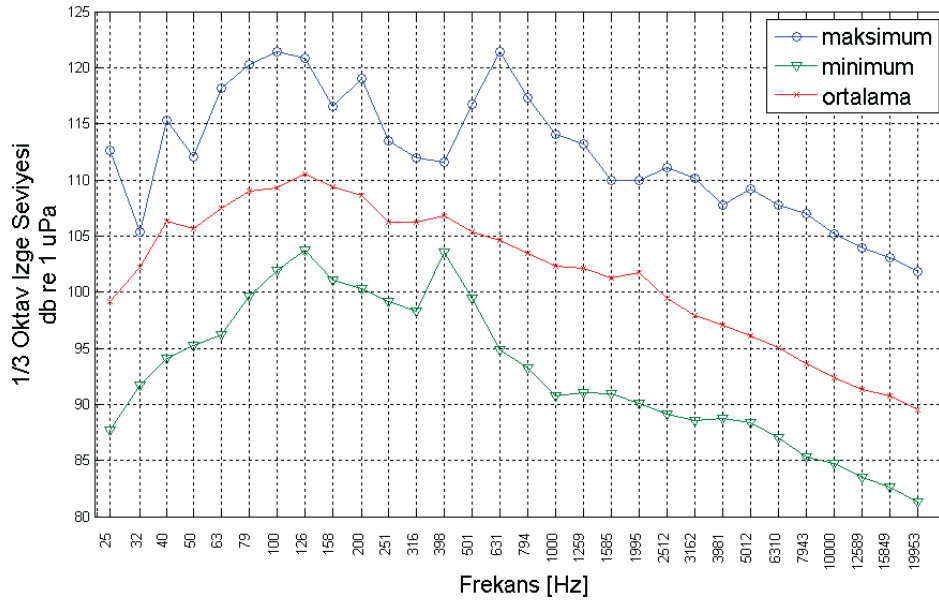
Şekil 4.11’de “Ölçüm Noktası 4” için kaydedilen en düşük, en yüksek ve ortalama 1/3 oktav ortam gürültü seviyeleri verilmiştir. Ortam gürültüsünün en düşük olduğu durumda seviye orta frekanslarda 100 dB’in altında seyretmekte, yüksek frekanslarda ise 90 dB’in altına kadar düşmektedir. En gürültülü durumda ise gürültüsüz duruma göre fark alçak frekanslarda 12-13 dB iken orta frekanslarda fark 20 dB’i aşmakta ve maksimum gürültü seviyesi 122 dB olarak gözlemlenmektedir. Yüksek frekans bölgesinde fark 20-25 dB civarında olup frekans ile birlikte fark da artmaktadır. En düşük gürültü seviyesi alçak frekans bölgesinde 9.6 dB/onkat, orta frekans bölgesinde 4.4 dB/onkat ve yüksek frekans bölgesinde -6.9 dB/onkat eğime sahiptir. En yüksek gürültü seviyesi ise alçak frekans bölgesinde 24.3 dB/onkat, orta frekans bölgesinde 1.7 dB/onkat ve yüksek frekans bölgesinde -2.7 dB/onkat eğime sahiptir.



Şekil 4.11: “Ölçüm Noktası 4” için 1/3 Oktav Ortam Gürültü Seviyeleri

“Ölçüm Noktası 5” 24 Haziran ölçümünün son noktasıdır ve Anadolu Kavağı’na yakın bir noktada alınmıştır. Ölçüm noktasında deniz derinliği 70 metreden fazladır ve ölçüm 20 metreden alınmıştır. Transit gemi geçişi yaklaşık 1 km mesafede olmasına karşın ölçüm noktasının konumu gereği direk görüş mesafesi kısıtlıdır. Rüzgar hızı diğer ölçüm noktalarına nazaran daha yüksek olup yaklaşık 2-4 m/s civarındadır. Ayrıca 1 km yarıçaplı bir alanda balıkçı teknelerinin dolaştığı gözlenmiştir.

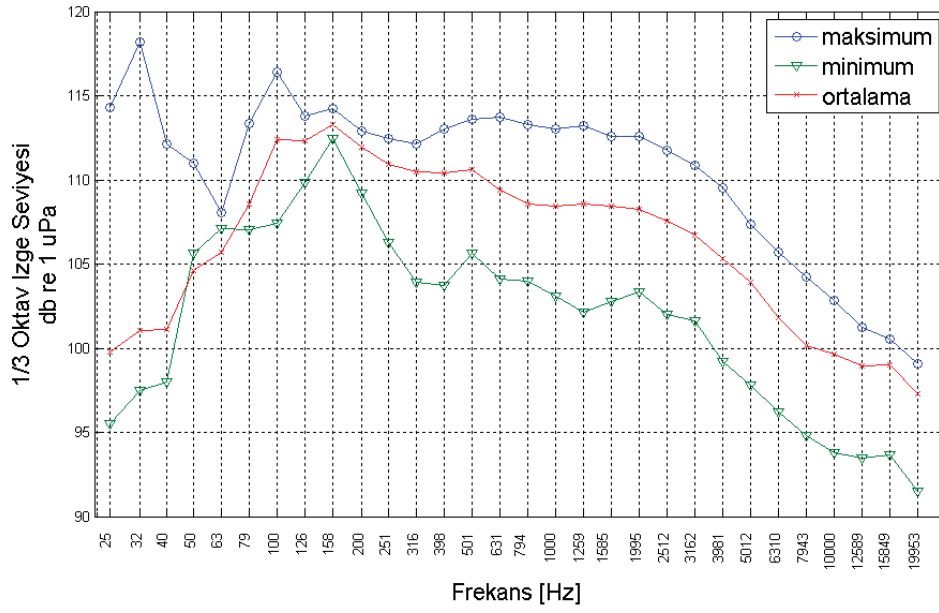
Şekil 4.12’de “Ölçüm Noktası 5” için kaydedilen en düşük, en yüksek ve ortalama 1/3 oktav ortam gürültü seviyeleri verilmiştir. Gürültünün en düşük olduğu durumda seviye orta frekanslarda 100 dB civarında değişmekte, yüksek frekanslarda ise 80 dB’e kadar hızlı düşüş görülmektedir. En gürültülü durumda ise gürültüsüz duruma göre fark alçak frekanslarda 10 dB civarında iken orta frekanslarda fark 20 dB’e kadar çıkmakta ve maksimum gürültü seviyesi 122 dB olarak gözlemlenmektedir. Yüksek frekans bölgesinde fark 20 dB civarında sabit kalmaktadır. En düşük gürültü seviyesi alçak frekans bölgesinde 21.6 dB/onkat, orta frekans bölgesinde -10.3 dB/onkat ve yüksek frekans bölgesinde -7.6 dB/onkat eğime sahiptir. En yüksek gürültü seviyesi ise alçak frekans bölgesinde 21.1 dB/onkat, orta frekans bölgesinde -3.9 dB/onkat ve yüksek frekans bölgesinde -8.5 dB/onkat eğime sahiptir.



Şekil 4.12: “Ölçüm Noktası 5” için 1/3 Oktav Ortam Gürültü Seviyeleri

“Ölçüm Noktası 6” 23 Eylül’de gerçekleştirilen ölçüm çalışmasının ilk ayağıdır ve Boğaz’ın Karadeniz çıkışındadır. Ölçüm noktasında derinlik 100 metreden fazla olup ölçüm derinliği 20 metredir. Bu noktada transit gemi geçişi haricinde çevresel gürültü kaynakları Boğaz’da ölçüm alınan diğer noktalara nazaran en düşük seviyededir ve transit gemi geçiş yolunun ölçüm noktasına uzaklığı 1 km’den fazladır. Rüzgar hızı 0-1 m/s civarında olup yağış yoktur.

Şekil 4.13’te “Ölçüm Noktası 6” için kaydedilen en düşük, en yüksek ve ortalama 1/3 oktav ortam gürültü seviyeleri verilmiştir. Ortam gürültüsünün en düşük olduğu durumda seviye orta frekanslarda 105 dB civarında seyretmekte, yüksek frekanslarda ise 95 dB’in altına kadar düşmektedir. En gürültülü durumda ise gürültüsüz duruma göre fark alçak frekanslarda 20 dB civarından birkaç dB’e düşmekte, orta frekanslarda fark yine birkaç dB seviyesinden 10 dB’e yaklaşmakta ve maksimum gürültü seviyesi orta frekanslarda 115 dB’i aşmamaktadır. Yüksek frekans bölgesinde fark 10 dB civarında olup yaklaşık sabit kalmaktadır. En düşük gürültü seviyesi alçak frekans bölgesinde 22.8 dB/onkat, orta frekans bölgesinde -7.2 dB/onkat ve yüksek frekans bölgesinde -9.8 dB/onkat eğime sahiptir. En yüksek gürültü seviyesi ise alçak frekans bölgesinde -2.7 dB/onkat, orta frekans bölgesinde -1.7 dB/onkat ve yüksek frekans bölgesinde -12.0 dB/onkat eğime sahiptir.

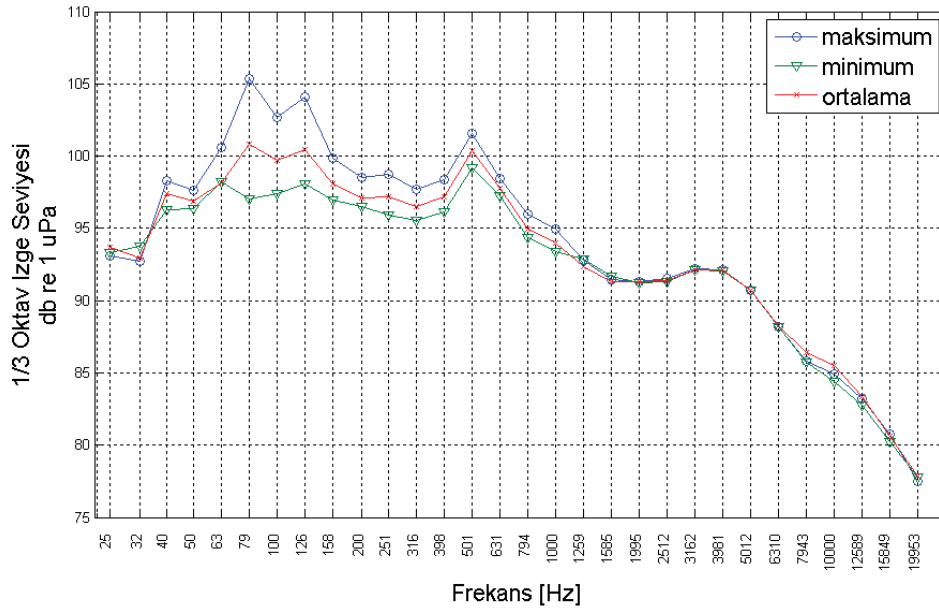


Şekil 4.13: “Ölçüm Noktası 6” için 1/3 Oktav Ortam Gürültü Seviyeleri

“Ölçüm Noktası 7”de 23 Eylül’de yapılan ölçüm çalışması kapsamında Sivriada yakınlarında veri toplanmıştır. Bu noktanın fiziksel özellikleri Boğaz’ın yapısından farklıdır. Derinlik 200 metreden fazla olup ölçüm 20 metre derinlikte gerçekleştirilmiştir. Rüzgar hızı düşük ve yağış bulunmamaktadır. Ortamda gürültü açısından yakın mesafeli herhangi bir kaynak bulunmamakta fakat Boğaz’ın güney girişine yakın bir noktada bulunduğundan transit geçiş yapan gemilerin yaklaşma ve bekleme yapması nedeniyle gemi gürültü etkisinin görüleceği düşünülmektedir. Ayrıca yaklaşık 2 km mesafeden yüksek süratli deniz otobüsünün geçişi de ölçüm kayıtlarında mevcuttur.

Şekil 4.14’te “Ölçüm Noktası 7” için kaydedilen en düşük, en yüksek ve ortalama 1/3 oktav ortam gürültü seviyeleri verilmiştir. Mesafe olarak İstanbul Boğazı’na yakın ve çevresel gürültü kaynaklarının etkisinin en düşük seviyede olduğu ortamlardan biri olarak tespit edilen ölçüm noktasında, gürültü seviyesinin zamanla değişiminin az olduğu gözlenmiştir. Orta frekans bölgesinde 95-100 dB arasında seyreden ortalama gürültü seviyesi yüksek frekans bölgesinde frekans ile hızlı düşüş göstermekte ve hem gürültülü hem de gürültüsüz ortam durumunda 77 dB’e ulaşmaktadır. En düşük gürültü seviyesi alçak frekans bölgesinde 8.2 dB/onkat, orta frekans bölgesinde -2.7 dB/onkat ve yüksek frekans bölgesinde -10.3 dB/onkat eğime sahiptir. En yüksek gürültü seviyesi ise alçak frekans bölgesinde 13.3

dB/onkat, orta frekans bölgesinde -5.0 dB/onkat ve yüksek frekans bölgesinde -10.0 dB/onkat eğime sahiptir.

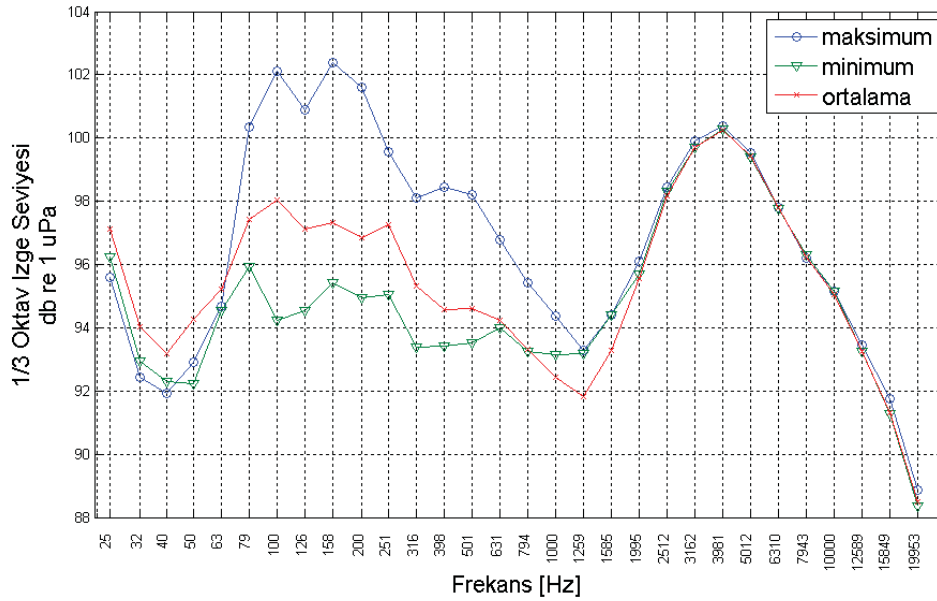


Şekil 4.14: “Ölçüm Noktası 7” için 1/3 Oktav Ortam Gürültü Seviyeleri

“Ölçüm Noktası 8” Büyükkada’ya yakın bir noktada bulunmaktadır. “Ölçüm Noktası 7” ile benzer çevresel koşulların hakim olduğu noktada, yaklaşık 3-4 km mesafede sabit ve hareketli yük gemilerinin varlığı kaydedilmiştir. Rüzgar ölçüm günü diğer noktalara göre şiddetini bir miktar arttırmış olup 3-4 m/s hız ile esmekte ve yağış bulunmamaktadır.

Şekil 4.15’te “Ölçüm Noktası 8” için kaydedilen en düşük, en yüksek ve ortalama 1/3 oktav ortam gürültü seviyeleri verilmiştir. Önceki ölçüm noktasına benzer şekilde yakın mesafe gürültü etkisinin bulunmadığı ölçümde ortam gürültüsünün en yüksek seviyesi ile en düşük seviyesi arasında fark özellikle yüksek frekanslarda kaybolmaktadır. Orta frekans bölgesindeki fark ise uzak mesafe gemi gürültüsünden kaynaklanmaktadır. Orta frekans bölgesinde 95-100 dB arasında seyreden ortalama gürültü seviyesi yüksek frekans bölgesinde frekans ile hızlı düşüş göstermekte ve hem gürültülü hem de gürültüsüz ortam durumunda yaklaşık 80 dB’e ulaşmaktadır. En düşük gürültü seviyesi alçak frekans bölgesinde -7.4 dB/onkat, orta frekans bölgesinde -4.5 dB/onkat ve yüksek frekans bölgesinde -1.6 dB/onkat eğime sahiptir. En yüksek gürültü seviyesi ise alçak frekans bölgesinde 0.8 dB/onkat, orta frekans

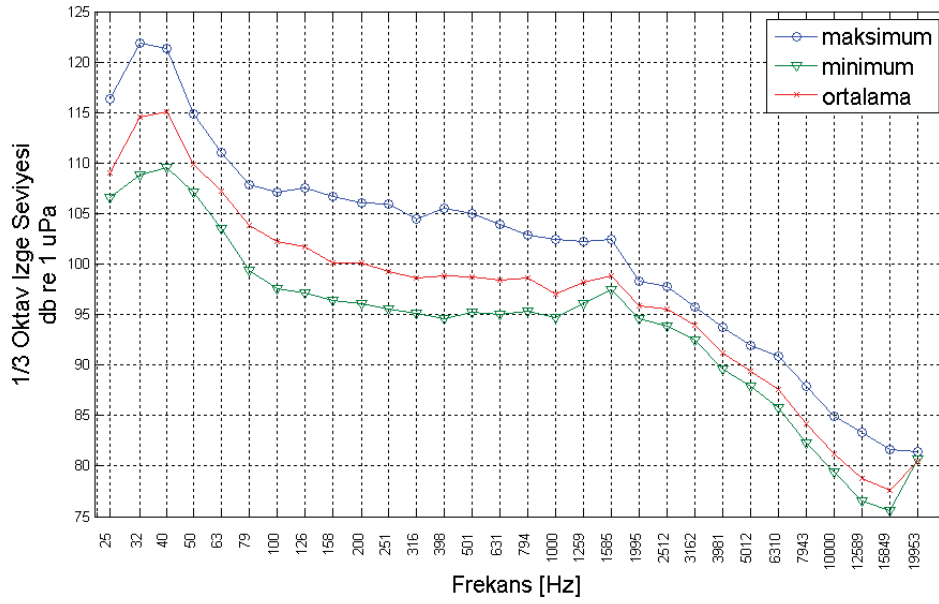
bölgesinde -1.8 dB/onkat ve yüksek frekans bölgesinde -2.5 dB/onkat eğime sahiptir.



Şekil 4.15: “Ölçüm Noktası 8” için 1/3 Oktav Ortam Gürültü Seviyeleri

“Ölçüm Noktası 9” Tuzla-Gebze arasında İzmit Körfezi girişinde bulunmaktadır. Rüzgar hızı düşük seviyede olup yağış olayı gerçekleşmemiştir. Gemi trafiğinin gerçekleştiği deniz yoluna yakın bir noktada bulunan ölçüm noktasında en belirgin gürültü kaynağı gemi kaynaklı gürültülerdir. Ancak ölçüm süresince yalnızca bir yüksek tonajlı yük gemisi geçişi gerçekleşmiştir. Derinlik 200 metreden fazla olup ölçüm 20 metre derinlikte gerçekleştirilmiştir.

Şekil 4.16’da “Ölçüm Noktası 9” için kaydedilen en düşük, en yüksek ve ortalama 1/3 oktav ortam gürültü seviyeleri verilmiştir. Gürültünün en düşük ve en yüksek olduğu durumlar arasındaki fark alçak frekanslarda 10 dB, yüksek frekanslarda ise 5 dB civarındadır. Gürültünün en düşük olduğu durumda seviye orta frekanslarda 95 dB seviyesinde sabit kalmakta, yüksek frekanslarda ise 75 dB’e kadar düşüş göstermektedir. En gürültülü durumda ise maksimum gürültü seviyesi yüksek tonajlı gemi geçişi nedeniyle alçak frekans bandında 120 dB civarındadır. En düşük gürültü seviyesi alçak frekans bölgesinde -15.1 dB/onkat, orta frekans bölgesinde -4.6 dB/onkat ve yüksek frekans bölgesinde -17.2 dB/onkat eğime sahiptir. En yüksek gürültü seviyesi ise alçak frekans bölgesinde -8.7 dB/onkat, orta frekans bölgesinde -0.6 dB/onkat ve yüksek frekans bölgesinde -16.3 dB/onkat eğime sahiptir.



Şekil 4.16: “Ölçüm Noktası 9” için 1/3 Oktav Ortam Gürültü Seviyeleri

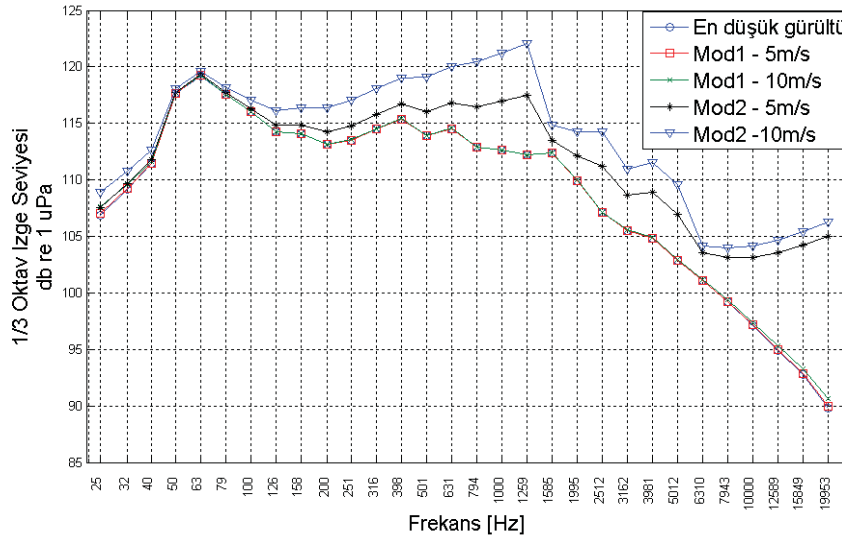
İstanbul Boğazı ve çevresinden alınan ölçümlerin çoğu rüzgar hızının 1-2 m/s ve daha aşağısında olduğu ve yağışın bulunmadığı koşullarda toplanmıştır. Literatürde verilen ortam gürültü izgesi rüzgar hızı ve ortam gürültü izgesi yağış hızı ilişkileri toplanan verilere uygulanmış ve çeşitli durumlarda beklenen ortam gürültü izgeleri çıkarılmıştır.

Ölçüm noktalarında sualtı ortam gürültüsünün rüzgar hızı ile değişimini kestirmek için Ramji ve Vagle’nin ortam gürültüsü-rüzgar hızı ilişkisini açıklayan modelleri kullanılmıştır (bkz: Bölüm 2.1.1). Ölçüm noktalarında kaydedilen en düşük ortam gürültü izgeleri, modellerden elde edilen çeşitli rüzgar hızlarında beklenen gürültü izgeleri ile logaritmik olarak taplanarak ölçüm noktalarında rüzgar etkisi altında beklenen gürültü izgeleri elde edilmiştir.

İstanbul Boğazı yıllık ortalama rüzgar hızı grafiği incelendiğinde, rüzgar hızının genellikle 0-10 m/s aralığında değiştiği gözlenir. Bu yüzden İstanbul Boğazı rüzgar gürültüsü izgesi kestirimleri 5 m/s ve 10 m/s hızlar için hesaplanmıştır.

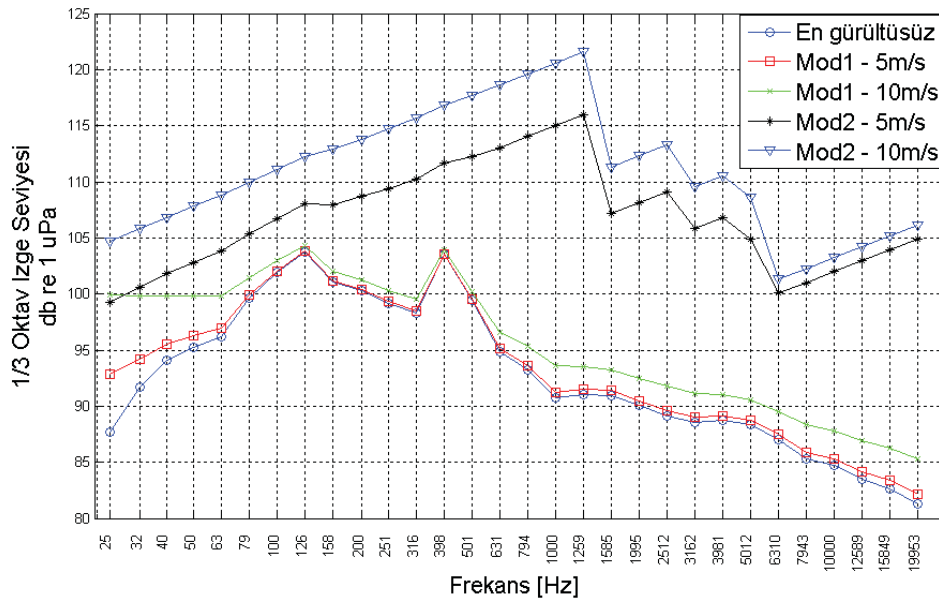
Bölüm 2’de verilen rüzgar hızı ortam gürültüsü ilişkisi ve yağış hızı ortam gürültüsü ilişkisi modelleri kullanılarak toplanan veriler analiz edilmiştir. Buna göre üç farklı ölçüm noktasında kaydedilen en düşük ortam gürültüsü seviyeleri kullanılarak farklı rüzgar ve yağış hızları için izge kestirimi yapılmıştır.

Şekil 4.17’de, İstinye Koyu’ndaki “Ölçüm Noktası 4” için Ramji’nin rüzgar gürültü modeli (Mod1) ve Vagle’nin gürültü modeli (Mod2) kullanılarak 5 m/s ve 10 m/s rüzgar hızlarında beklenen gürültü izgeleri sunulmuştur. Ölçüm noktasında başlıca gürültü kaynağı transit gemi geçişi ve yakın mesafeli yoğun tekne trafiği olduğundan genel gürültü seviyesi yüksektir. Bu nedenle rüzgarın ortam gürültüsüne etkisi çeykinik kalmaktadır. Mod1’e göre hesaplanan 5 m/s ve 10 m/s rüzgar hızları için gürültü izgesi seviyesi, ölçülen en düşük ortam gürültü seviyesinin üstüne çıkamadığından modele göre 10 m/s’ye kadar rüzgar hızları gürültü seviyesine katkıda bulunmamaktadır. 10 m/s rüzgar hızının altında ortam gürültüsü izgesi genel şeklini ve seviyesini korumaktadır. Mod2’ye göre 5 m/s ve 10 m/s rüzgar hızları için hesaplanan ortam gürültüsü izgeleri gürültüsüz ortam izge seviyesinden yüksektir. 5 m/s rüzgar hızı için kestirilen ortam gürültüsü, ölçülen en düşük ortam gürültü izgesine göre düşük frekanslarda 0-1 dB, orta frekanslarda 2-3 dB ve yüksek frekanslarda 4-6 dB daha yüksektir. Rüzgar hızının 10 m/s’ye çıkması ile ortam gürültü seviyesi farkı düşük frekanslarda pek değişmemekte, orta frekanslarda 3-4 dB ve yüksek frekanslarda 2-3 dB daha artmaktadır.



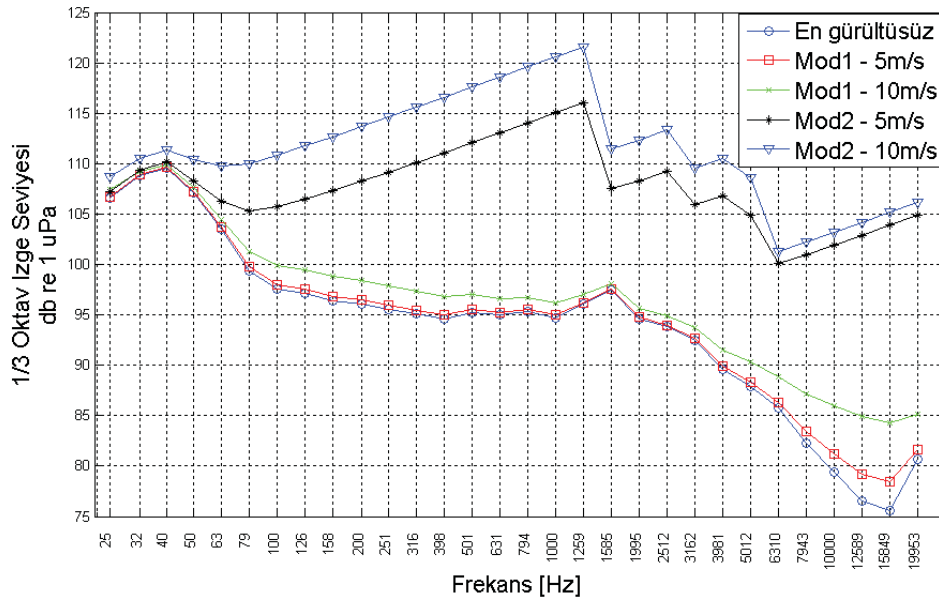
Şekil 4.17: “Ölçüm Noktası 4” için Rüzgar Gürültüsü Kestirimi

Şekil 4.18’de Boğaz’ın Karadeniz çıkışında alınan ortam gürültüsü ölçümünden yararlanarak kestirilen rüzgar hızı izgesi verilmiştir. Bu bölgede Boğaz’ın genişliği İstinye Koyu’na göre daha fazla olduğundan gemi geçişleri ölçüm noktasından daha uzakta gözlenmiştir. Ayrıca ölçüm süresince yakın mesafeli balıkçı teknesi geçişi yaşanmadığından ortalama gürültü izgesi seviyesi daha düşüktür. Model 1’e göre 5 m/s rüzgar hızı için kestirilen izge seviyesi düşük frekanslarda rüzgarsız duruma göre birkaç dB yüksek, orta frekanslarda etkisiz ve yüksek frekanslarda yaklaşık 1 dB yüksektir. Rüzgar hızı 10 m/s’ye çıktığında ise alçak frekans etkisi 5-10 dB’i bulmakta, orta frekanslarda 1 dB civarında ve yüksek frekanslarda 3-4 dB artış gözlenmektedir. Model 2’ye göre kestirilen izge seviyeleri ise Model 1’e göre oldukça yüksektir. 5 m/s rüzgar hızı için model, alçak frekanslarda 6-7 dB, orta frekanslarda 5-10 dB ve yüksek frekanslarda 10 dB’den büyük artışı önermektedir. 10 m/s rüzgar hızında ise genel izge seviyesi 5 m/s rüzgar hızı için kestirilen izgenin yaklaşık 5 dB üzerindedir.



Şekil 4.18: “Ölçüm Noktası 6” için Rüzgar Gürültüsü Kestirimi

Boğaz'ın güney yakasında, İzmit Körfezi girişinde bulunan “Ölçüm Noktası 9”dan toplanan ortam gürültüsü verilerine göre hesaplanan rüzgar hızı ortam gürültüsü kestirimleri Şekil 4.19’da verilmiştir. Ölçüm noktasının, konumu gereği balıkçı ve gezi teknelerinden uzak olması nedeniyle başlıca gürültü kaynağı Körfez’e giriş çıkış yapan ticari gemilerdir. En gürültüsüz anda yakın mesafeli gemi geçişi yaşanmasa da 1 km mesafede büyük tonajlı yük gemisinin yaklaştığı kaydedilmiştir. Buna göre Model 1’e göre 5 m/s ve 10 m/s rüzgar hızları için hesaplanan ortam gürültü izgeleri diğer noktalarda olduğu gibi 1-2 dB fark yaratmıştır. Model 2 için hesaplanan ortam gürültü seviyeleri ise 5 m/s rüzgar hızı için alçak frekanslarda 1-2 dB, orta frekanslarda 10-15 dB ve yüksek frekanslarda 10 dB civarında artış göstermiştir. Rüzgar hızının 10 m/s’ye çıkmasıyla ortam gürültüsünün 5 m/s rüzgar hızı için hesaplanan izge seviyesine göre düşük frekanslarda 1-2 dB, orta frekanslarda 4-5 dB ve yüksek frekanslarda ise 2-3 dB artacağı kestirilmiştir.



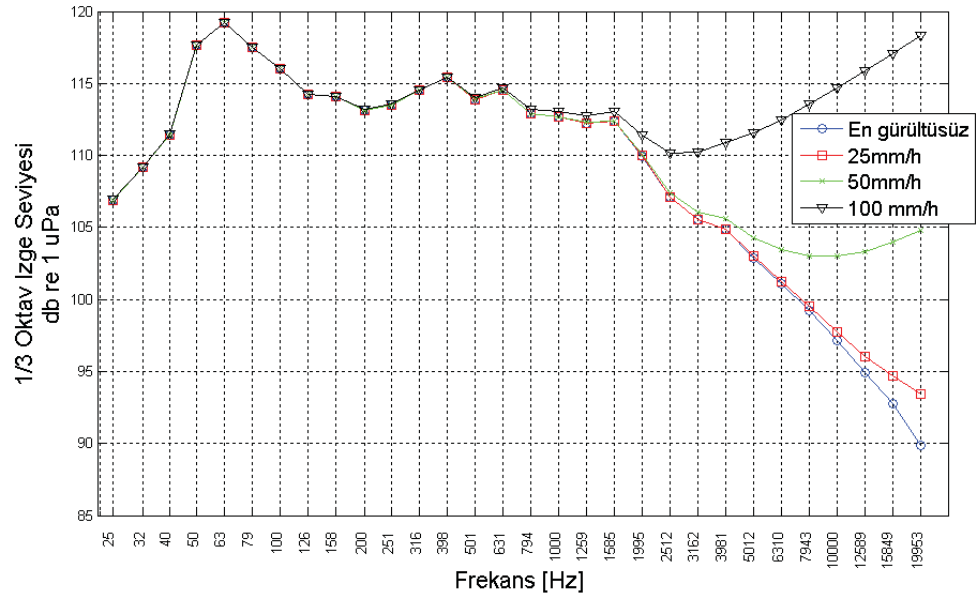
Şekil 4.19: “Ölçüm Noktası 9” için Rüzgar Gürültüsü Kestirimi

Ramji'nin ve Vagle'nin önerdiği rüzgar hızı-ortam gürültü izgesi değişimi modellerine göre Boğaz'ın çeşitli noktalarında kestirilen ortam gürültü izgeleri özellikle gürültü seviyesinin düşük olduğu noktalarda artış göstermiştir. Ancak gemi gürültüsünün baskın olduğu noktalarda her iki modele göre hesaplanan izge seviyelerinde büyük artış görülmemiştir. Genel olarak Ramji'nin gürültü modelinin genel gürültü seviyesinde büyük değişime neden olmadığı ancak Vagle'nin modelinin özellikle düşük ortam gürültüsüne sahip noktalarda büyük bir artışı öngördüğü bulunmuştur. Wenz tarafından önerilen derin su rüzgar gürültüsü izge modelinin ise Boğaz'ın fiziksel ve genel gürültü yapısına uymadığı ve Boğaz'ın rüzgar gürültüsünü modelleyemediği görülmüştür. Diğer modeller yardımıyla kestirilen gürültü izgelerinin doğruluğu ise çeşitli rüzgar hızlarında yapılacak ölçümler ile değerlendirilecektir.

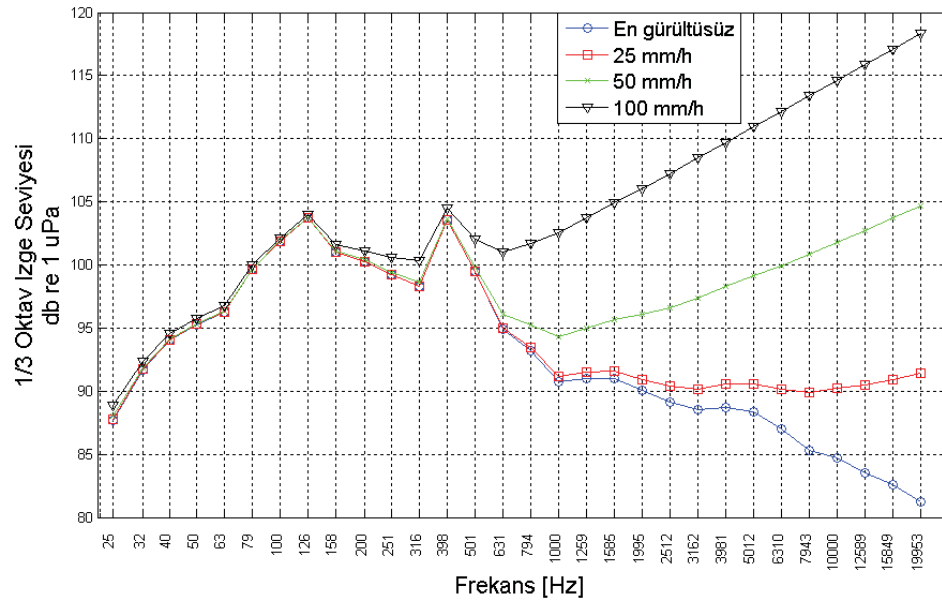
Rüzgar hızı ortam gürültüsü ilişkisini gösteren analizlere benzer çalışma yağış hızı ortam gürültüsü kestirimi için de yapılmıştır. Yağmur hızının ortam gürültüsüne etkisi üzerine Orlic ve Vagle Bölüm 2.1.2'de sunulan modelleri önermişlerdir. Bu modeller kullanılarak Boğaz ve çevresindeki ölçüm noktaları için yağış hızı-ortam gürültüsü ilişkisi çıkarılmıştır. Ancak Orlic tarafından önerilen modelin, Boğaz gürültü modelini yansıtmadığı, beklenenden çok yüksek izge seviyelerini önerdiği gözlemlenmiş, bu yüzden aşağıda Vagle'nin önerdiği gürültü modeli kullanılarak kestirilen izgeler sunulmuştur.

Şekil 4.20'de "Ölçüm Noktası 4" için 25, 50 ve 100 mm/h yağış hızlarında kestirilen ortam gürültüsü izgeleri verilmiştir. Buna göre, tüm yağış hızlarında en düşük gürültü seviyeli izgeye göre alçak ve orta frekanslarda bir etkinin bulunmadığı, yüksek frekanslarda 25 mm/h yağış hızının çok az miktarda etkili olduğu, 50 mm/h yağış hızında seviyenin 1-10 dB arasında arttığı ve 100 mm/h hızında gürültü seviyesinin 20 dB'e kadar yükseldiği görülür.

Şekil 4.21'de sunulan "Ölçüm Noktası 6" için kestirilen ortam gürültüsü izgelerine göre, 25 ve 50 mm/h hızlarındaki yağışın alçak ve orta frekanslarda etkisinin bulunmadığı, yüksek frekanslarda ise 25 mm/h için 4-5 dB, 50 mm/h için 5-10 dB artış olduğu görülür. 100 mm/h yağış hızı için ise alçak frekanslarda 1-2 dB olarak kestirilen artış, orta frekanslarda 5 dB'e kadar çıkmakta ve yüksek frekanslarda 25 dB'i bulmaktadır.

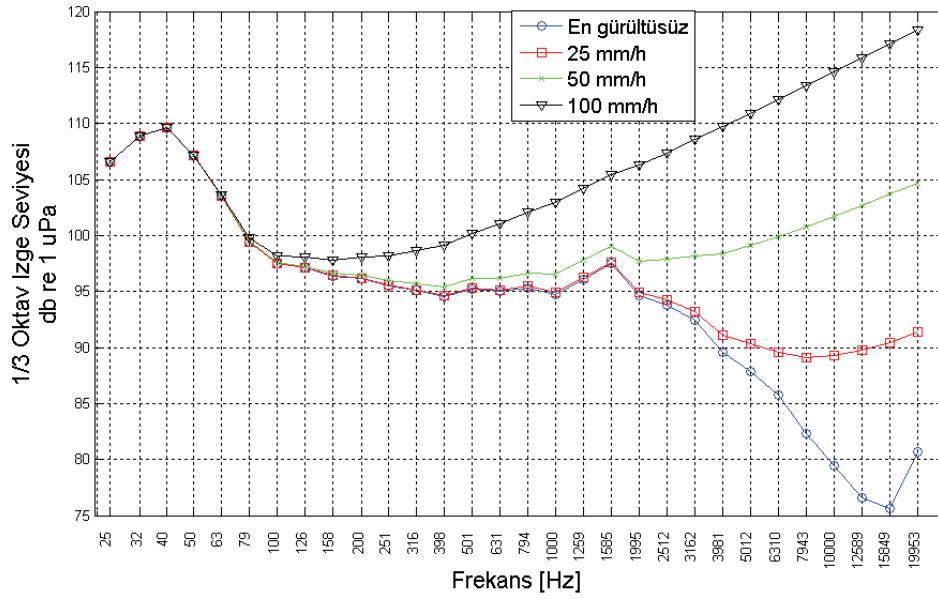


Şekil 4.20: “Ölçüm Noktası 4” için Yağış Gürültüsü Kestirimi



Şekil 4.21: “Ölçüm Noktası 6” için Yağış Gürültüsü Kestirimi

Ortalama gürültü seviyesinin diğer noktalara göre düşük olduğu “Ölçüm Noktası 9” için kestirilen yağış gürültüsü izgeleri Şekil 4.22’de verilmiştir. Buna göre 25 mm/h yağış hızı alçak ve orta frekansları etkilememekte, yüksek frekanslarda 7-8 dB’e kadar artışa neden olmakta; 50 mm/h yağış hızı orta frekanslarda 1-2 dB, yüksek frekanslarda 15 dB’e kadar artış sağlamaktadır. Ayrıca 100 mm/h yağış hızında izgenin orta frekanslarda 5-6 dB arttığı ve yüksek frekanslarda artışın 30-35 dB’i bulunduğu gözlenmiştir.



Şekil 4.22: “Ölçüm Noktası 9” için Yağış Gürültüsü Kestirimi

Vagle’nin önerdiği yağış hızı ortam gürültü izgesi ilişkisine göre Boğaz’da toplanan veriler kullanılarak kestirilen izge seviyeleri, gürültünün yüksek olduğu noktalarda alçak frekanslarda fark yaratmazken, yüksek frekanslarda artış göstermiştir. Düşük gürültü seviyesine sahip noktalarda ise özellikle yüksek yağış hızlarında frekans ile artan bir yapı gözlenmiştir. Literatürdeki modellere göre kestirilen yağış gürültü izgelerinin doğrulaması, çeşitli yağış hızlarında gerçekleştirilecek ölçüm çalışmalarının sonuçları kullanılarak yapılacaktır.

Toplanan sualtı ortam gürültüsü verilerinin en düşük seviyeli ve en yüksek seviyeli parçalarının 1/3 oktav bantlarında incelenmiş istatistikleri, histogramları ve bu histogramlara uydurulan “t location-scale” dağılımına ilişkin parametreler EK-D’de sunulmuştur. Veri setlerinin istatistiksel analizi 24 saniyelik parçalar üzerinde gerçekleştirilmiştir.

Sualtı ortam gürültüsünün 1/3 oktav bantlarındaki dağılımları incelendiğinde, en düşük gürültü seviyesine sahip veriler için alçak ve yüksek frekansların Normal dağılıma uyduğu, orta frekanslarda ise savruluk katsayılarının ve “t location-scale” dağılımı *nu* parametresinin düştüğü gözlenmiştir. Yüksek gürültü seviyeli verilerin ise tüm bantlarda savruluklarının arttığı ve Normal dağılıma yakınsadıkları bulunmuştur. Ölçüm Noktası 5, 6, 7 ve 8 için en düşük gürültü seviyesine sahip verilerin de yüksek savruluk değerlerine sahip olduğu ve Normal dağılıma yakınsadığı gözlenmiştir. Ayrıntılı çizelge ve grafikler EK-C ve EK-D’de incelenebilir.

İstanbul Boğazı ve çevresinde ölçüm alınan noktalardaki ortalama gürültü seviyeleri, alçak, orta ve yüksek frekans bantlarında incelenerek gürültü haritaları oluşturulmuştur. EK-E’de sunulan gürültü haritalarına göre en gürültülü kesim Beşiktaş-Üsküdar hattı olup Boğaz çıkışlarında itibaren seviye düşmektedir. Ayrıca Boğaz boyunca gemi kaynaklı gürültüler nedeniyle alçak frekans bölgesi gürültü seviyesinin yüksek olduğu gözlenebilir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

“İstanbul Boğazı Sualtı Ortam Gürültüsünün İncelenmesi ve Modellemesi” projesi kapsamında öncelikle özgün bir sualtı ortam gürültüsü ölçüm sistemi tüm donanım, yazılım ve yardımcı birimleri ile oluşturulmuş, testleri gerçekleştirilerek ölçüm çalışmalarında kullanıma hazır hale getirilmiştir. Ölçüm sistemi ile İstanbul Boğazı ve çevresindeki 9 ölçüm noktasından toplanan verilerin izgesel ve istatistiksel analizleri yapılmıştır.

Hidrofon dizisi ile farklı derinliklerde yapılan ölçümlerde alçak frekans gürültü seviyesinin derinlik ile değişmediği, orta ve yüksek frekanslarda ise derinlik ile gürültü seviyesinin 0.2 dB/m civarında azaldığı görülmüştür.

Tüm ölçüm noktalarındaki ölçüm sonuçları karşılaştırıldığında gürültünün mekana yüksek bağımlılık gösterdiği görülmüştür. Alçak frekanslarda ortalama gürültü seviyesinin 120 dB seviyesini aştığı ve en yüksek gürültü seviyesinin Beşiktaş-Üsküdar hattında ölçüldüğü gözlenmiştir. Orta frekans bandında ortalama gürültü seviyesinin 115 dB ve yüksek frekanslarda 100 dB civarında değiştiği incelenmiştir.

Verilerin istatistiksel analizi sonucunda genellikle Normal dağılıma uygunluk gösterdiği, ancak düşük gürültü seviyelerinde orta frekans bandında savruklu değerlerinin düştüğü ve Normal dağılıma göre hatanın arttığı incelenmiştir. Tüm ölçüm sonuçlarında, 3 parametrelili bir dağılım olan ve Normal dağılımı da ifade edebilen “t location-scale” dağılımına en iyi uygunluk gözlenmiştir.

Ortam gürültüsüne rüzgar hızının etkisi üzerine yapılan çalışmalarda, literatürde önerilen yöntemler ile yüksek gürültü seviyesine sahip noktalarda, 10 m/s rüzgar hızlarında alçak frekanslarda etkilenmediği, orta ve yüksek frekanslarda seviyenin 5-10 dB arttığı gözlenmiştir. Alçak gürültü seviyesine sahip noktalarda ise seviyenin rüzgar etkisiyle 20 dB’e kadar arttığı kestirilmiştir.

Yağış etkisiyle ortam gürültüsünün değişimi üzerine yapılan çalışmalarda alçak ve orta frekans bandının yağış hızından etkilenmediği, yüksek frekanslarda ise yağış hızının artmasıyla gürültü seviyesinin 25 dB’e kadar artış gösterdiği kestirilmiştir.

Bundan sonraki çalışmalarda, Boğaz ve çevresinde daha uzun süreli kesintisiz veri toplama çalışmaları yürütülerek gürültü karakteristiğinin zamana ve çevresel gürültü

etmenlerine göre davranışı modellenecek, mevcut gürültü modellerine göre kestirilen İstanbul Boğazı gürültü karakteristiğinin doğrulaması yapılacaktır.

KAYNAKLAR

- Crocker, M. J.**, 2005. Handbook of Acoustics. Academic Press.
- Ferris, R. H.**, 1972. Comparison of Measured and Calculated Normal-Mode Amplitude Functions for Acoustic Waves in Shallow Water. Journal of the Acoustic Society of America 52:981-988
- Frisk, G. V.**, 1994. Ocean and Seabed Acoustics: A Theory of Wave Propagation. Practice Hall, NJ.
- Güler I.**, 2006. Measurement and evaluation of the hydrodynamics and secondary currents in and near a strait connecting large water bodies—A field study. Ocean Engineering 33:1718-1748.
- Lutron X.**, 2002. An Introduction To Underwater Acoustics, Springer, Chicester.
- Ma, B. B., Nystuen, J. A., Lien, R. C.**, 2005. Prediction of Underwater Sound Levels form Rain and Wind. Journal of the Acoustic Society of America 117:3555-3565.
- Manolakis D. G., Ingle V. K., Ingle V., Kogon S. M.**, 2005. Statistical and Adaptive Signal Processing: Spectral Estimation, Signal Modeling, Adaptive Filtering and Array Processing, Artech House.
- Medwin H., Beaky M. M.**, 1989. Bubble sources of the Knudsen sea noise spectra. Journal of the Acoustic Society of America 86: 1124-1130.
- Orlic M.**, 2001. Marine Hydrodynamics and Vehicle Control, CRC Pres, LLC.
- Piggott, C. L.**, 1964. Ambient sea noise at low frequencies in shallow water of the Scotian Shelf. Journal of the Acoustic Society of America 36(11):2152–2163.
- Prospretti A.**, 1988. Bubble-related ambient noise in the ocean. Journal of the Acoustic Society of America 84: 1042-1054.
- Ramji S., Latha G., Rajendran V., Ramakrishnan S.**, 2007. Wind dependence of ambient noise in shallow water of Bay of Bengal. Applied Acoustics 69: 1294-1298.
- Richarson W. J.**, 1995. Marine Mammals and Noise. Academic Press.
- Rogers, P. H., Cox, M.**, 1988. Underwater Sound as a Biological Stimulus. Sensory Biology of Aquatic Animals. Springer-Verlag, NY.
- Ross, D.**, 1987. Mechanics of Underwater Noise. Penninsula Publishing, Los Altos, CA.
- Ross, D., Collier, R. D.**, 1994. Mechanics of Underwater Noise. Course Notes. Applied Technology Institute, CA.
- Urick, R., J.**, 1983. Principles of Underwater Sound, McGraw Hill, NewYork.

Url-1: <www.dmi.gov.tr> alındığı tarih 01.04.2009.

Url-2: <www.denizcilik.gov.tr> alındığı tarih 01.04.2009.

Vagle S., Large W. G., and Farmer D. M., 1990. An evaluation of the WOTAN technique for inferring oceanic wind from underwater sound, J. Atmos. Ocean. Technol. 7, 576–595.

Wagstaff, R. A., 1973. RANDI: Research Ambient Noise Directionality Model. Naval Undersea Center. Technical Publication.

Walkinshaw, H. M., 2005. Measurements of Ambient noise spectra in South Norwegian Sea. IEEE Journal of Ocean Engineering. 30(2):262–266.

Welch, P.D., 1967. The Use of Fast Fourier Transform for the Estimation of Power Spectra: A Method Based on Time Averaging Over Short, Modified Periodograms, IEEE Transactions on Audio Electroacoustics, Volume AU-15, pages 70-73.

Wenz G., M., 1962. Acoustic ambient noise in the ocean: Spectra and sources. Journal of the Acoustic Society of America 34: 1936-1955.

Yonsel F., 2004. İstanbul Boğazı'nda Tekne Trafığı. Gemi Mühendisliği ve Sanayimiz Sempozyumu.

EKLER

EK A : İstanbul Boğazı 2006 Yılı Rüzgar Hızı ve Yağış Miktarı Grafikleri

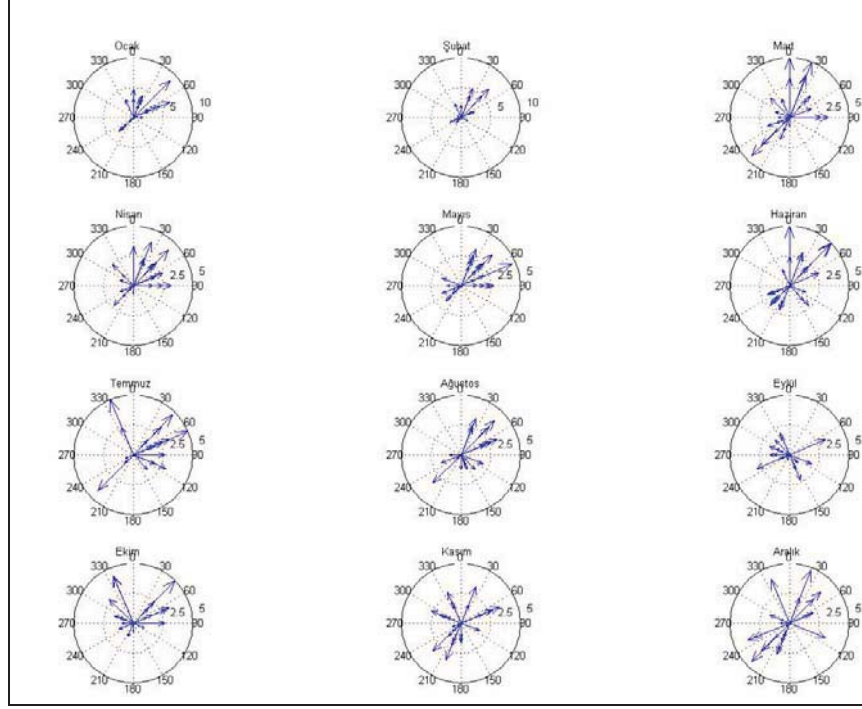
EK B : Ölçüm Noktalarına İlişkin 1/3 Oktav Frekans Bantlarında Dağılımları

EK C : Ölçüm Noktalarına İlişkin 1/3 Oktav Frekans Bantlarında Momentler

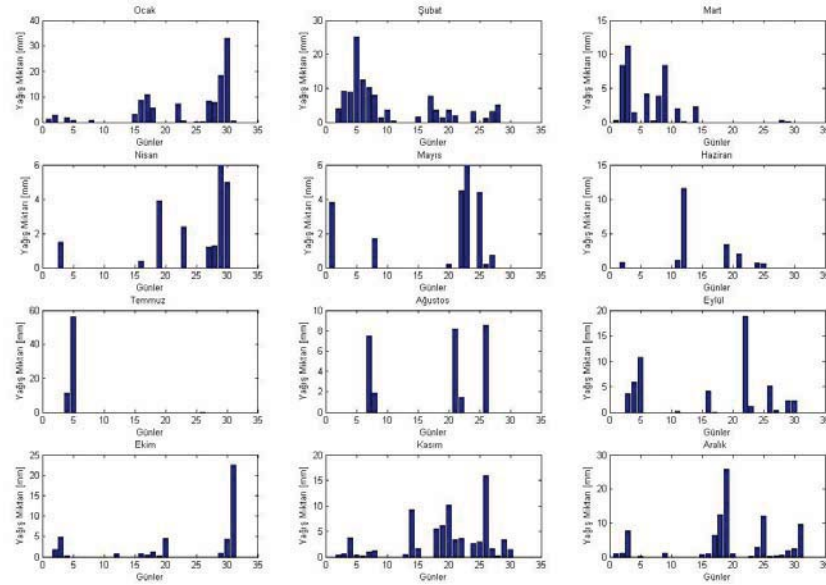
EK D : Ölçüm Noktalarına İlişkin 1/3 Oktav Frekans Bantlarında “t loation-scale” Dağılımı Parametreleri

EK E : İstanbul Boğazı ve Çevresi için Gürültü Haritaları

EK A

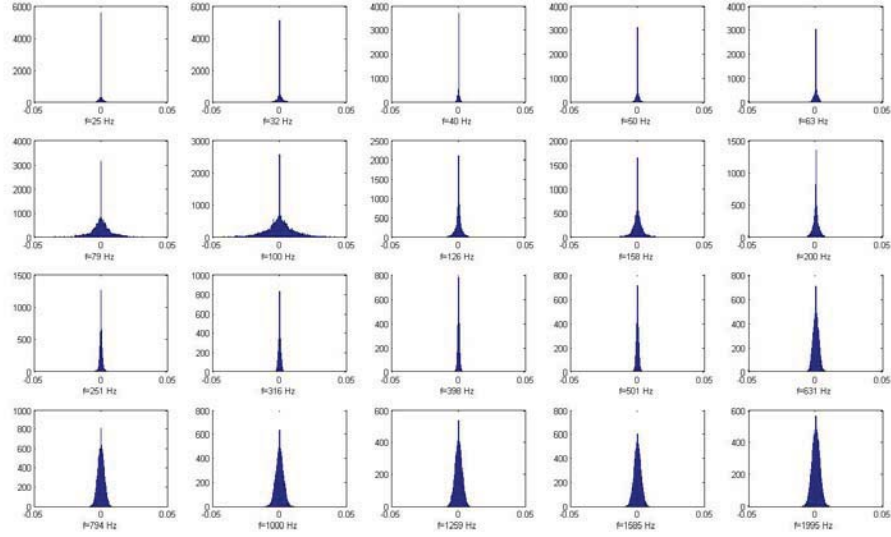


Şekil A.1: İstanbul Boğazı Günlük Rüzgar Hızı (m/s) ve Yönü Grafikleri (Florya, 2006) (Url-1)

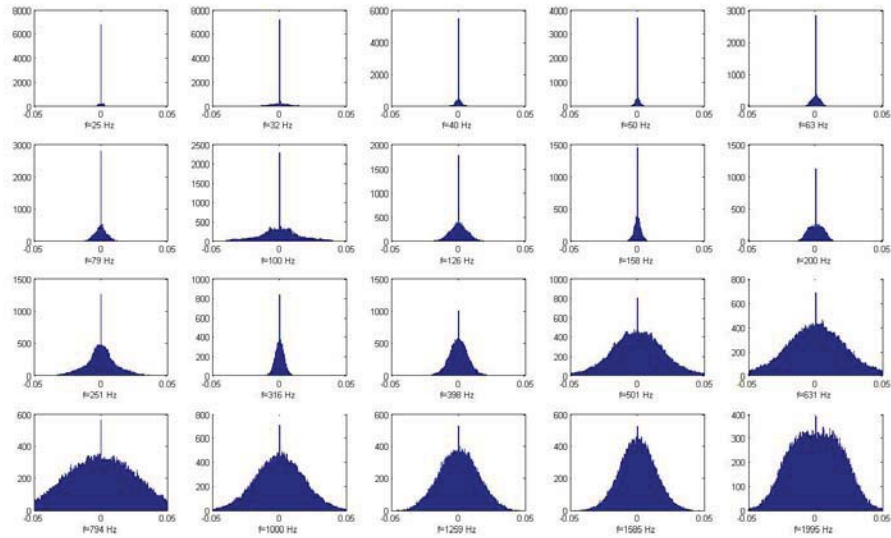


Şekil A.2: İstanbul Boğazı Günlük Yağış Miktarı (mm) Grafikleri (Url-1)

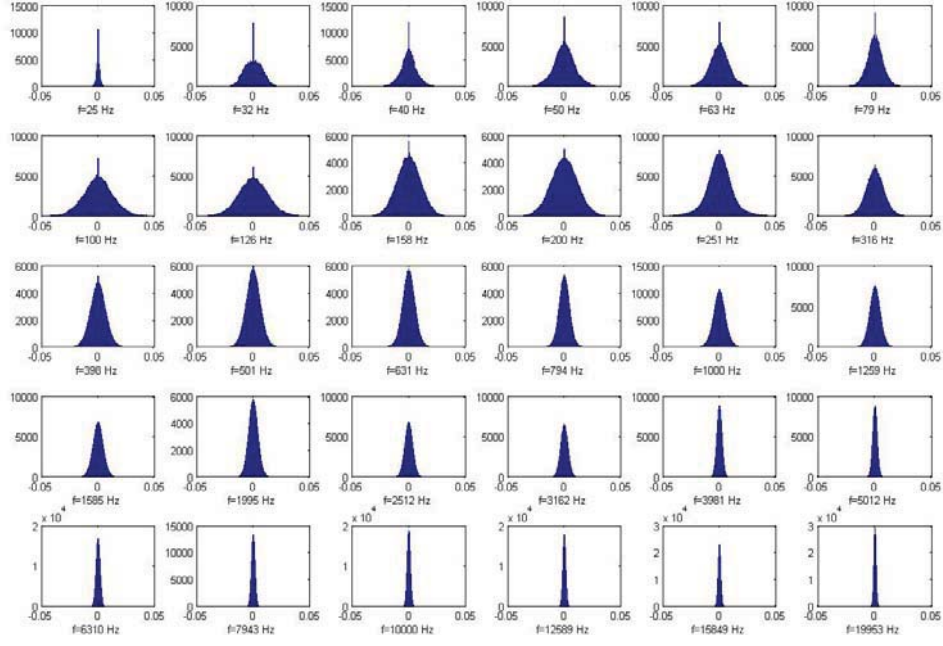
EK B



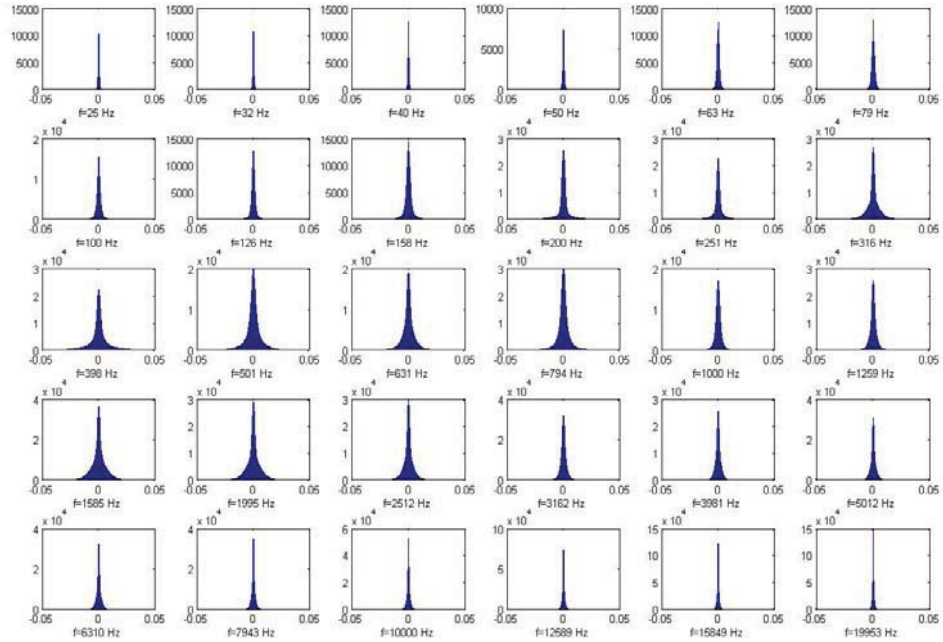
Şekil B.1: “Ölçüm Noktası 1” Gürültü Seviyesi En Düşük Kayıt İçin 1/3 Oktav Frekans Bantlarında Dağılımlar



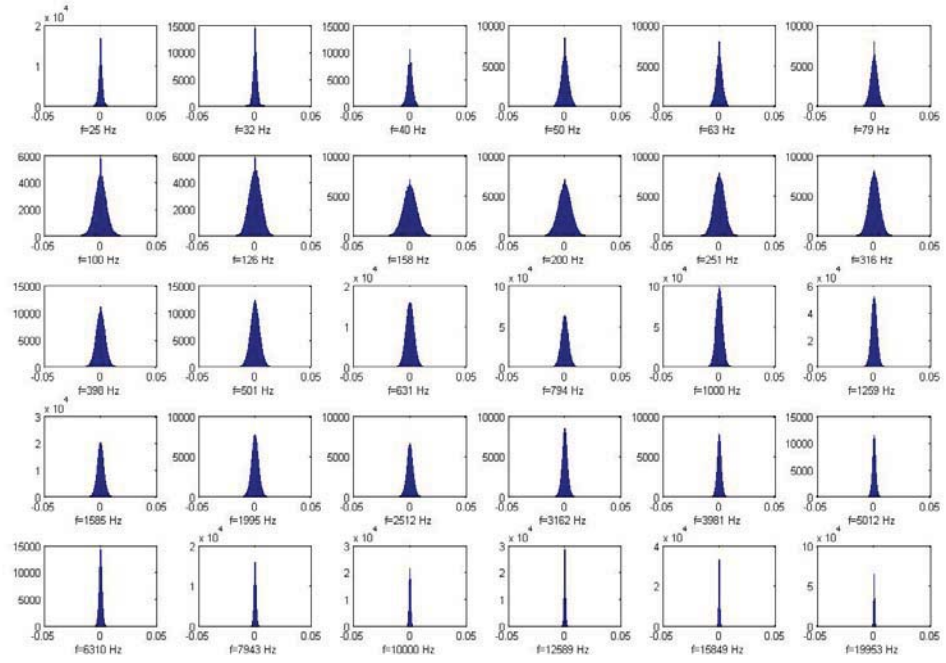
Şekil B.2: “Ölçüm Noktası 1” Gürültü Seviyesi En Yüksek Kayıt İçin 1/3 Oktav Frekans Bantlarında Dağılımlar



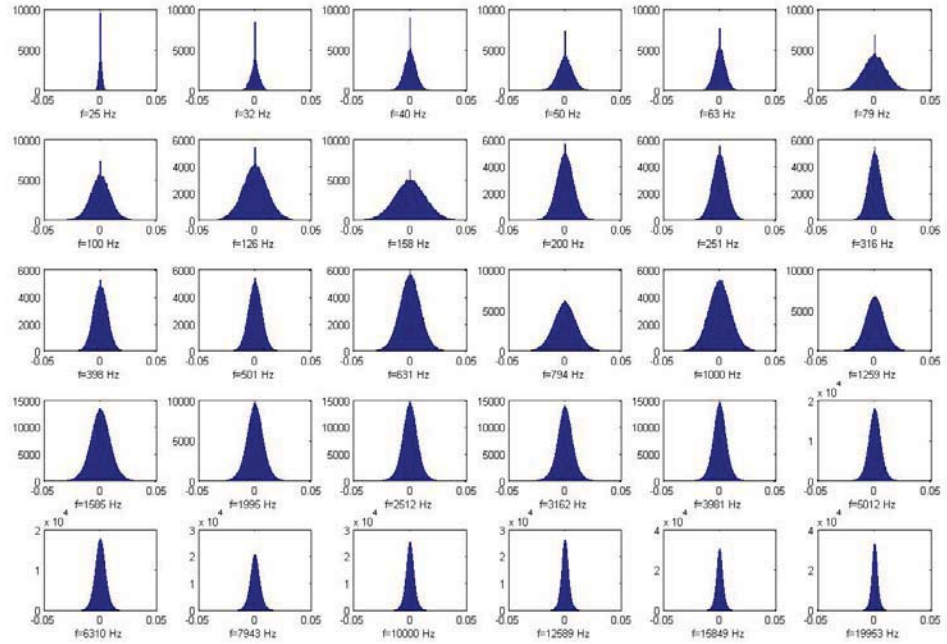
Şekil B.3: “Ölçüm Noktası 2” Gürültü Seviyesi En Düşük Kayıt İçin 1/3 Oktav Frekans Bantlarında Dağılımlar



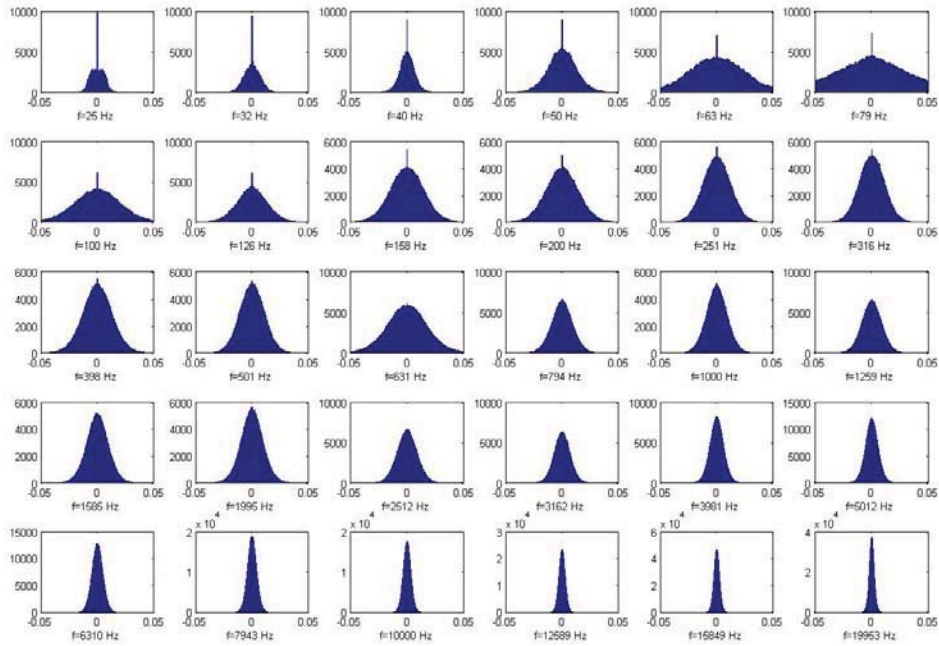
Şekil B.4: “Ölçüm Noktası 2” Gürültü Seviyesi En Yüksek Kayıt İçin 1/3 Oktav Frekans Bantlarında Dağılımlar



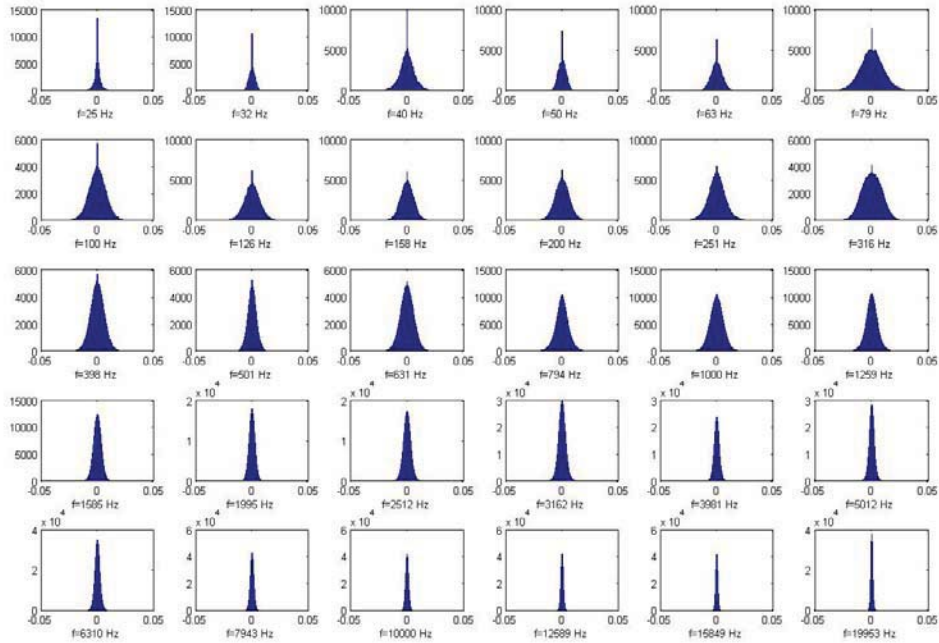
Şekil B.5: “Ölçüm Noktası 3” Gürültü Seviyesi En Düşük Kayıt İçin 1/3 Oktav Frekans Bantlarında Dağılımlar



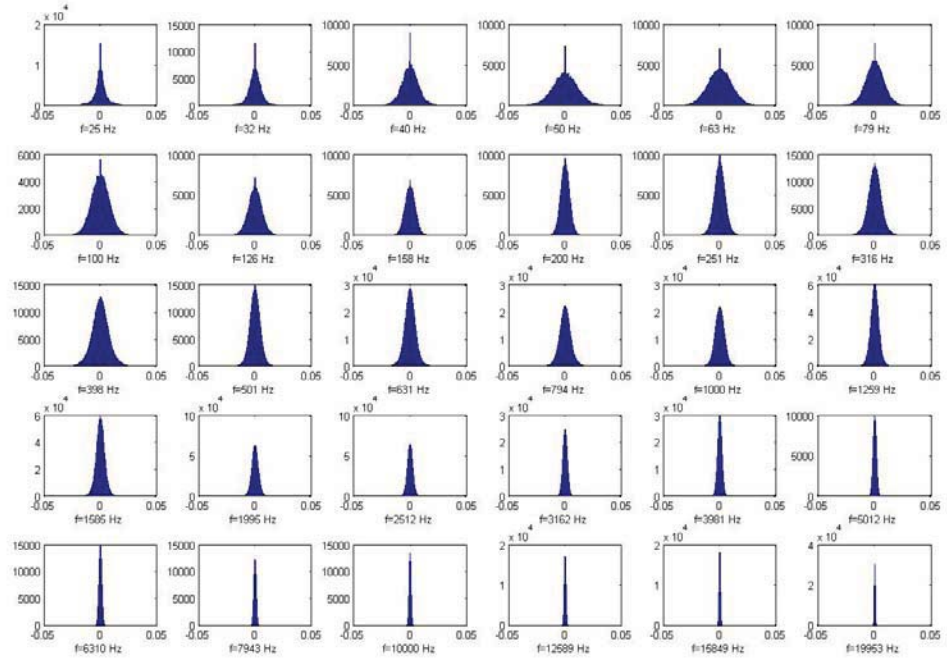
Şekil B.6: “Ölçüm Noktası 3” Gürültü Seviyesi En Yüksek Kayıt İçin 1/3 Oktav Frekans Bantlarında Dağılımlar



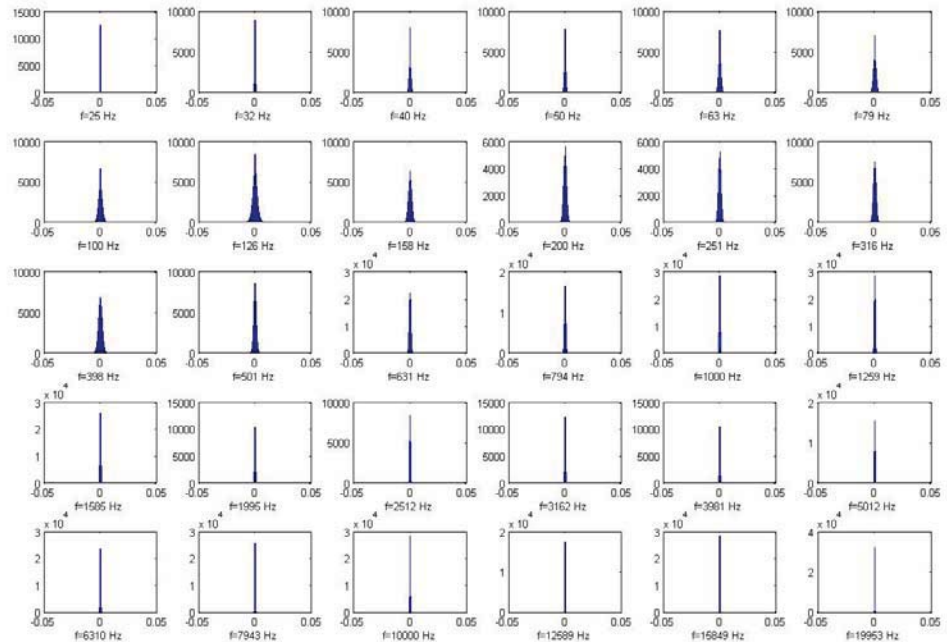
Şekil B.7: “Ölçüm Noktası 4” Gürültü Seviyesi En Düşük Kayıt İçin 1/3 Oktav Frekans Bantlarında Dağılımlar



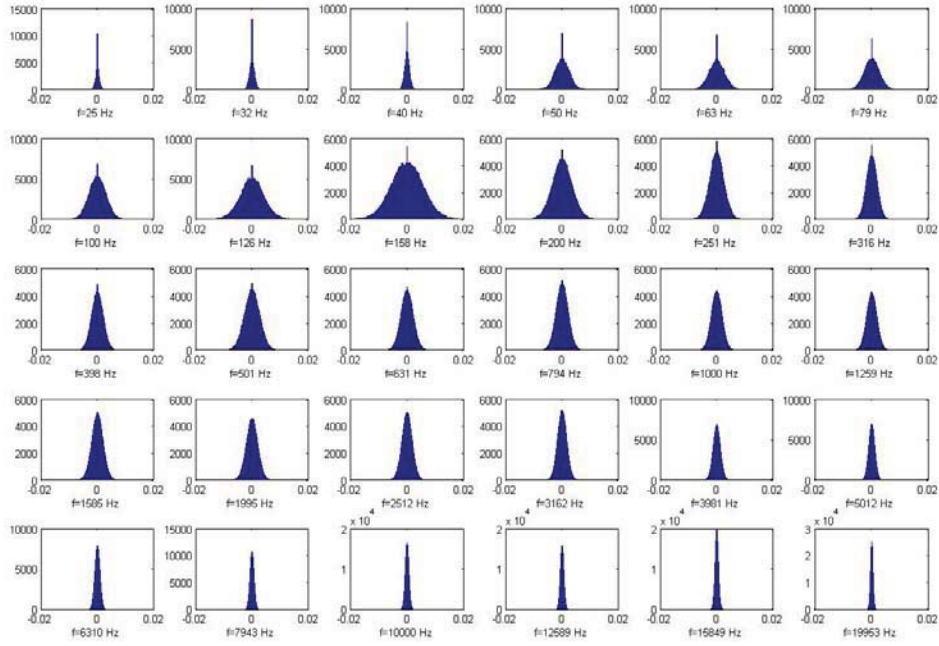
Şekil B.8: “Ölçüm Noktası 4” Gürültü Seviyesi En Yüksek Kayıt İçin 1/3 Oktav Frekans Bantlarında Dağılımlar



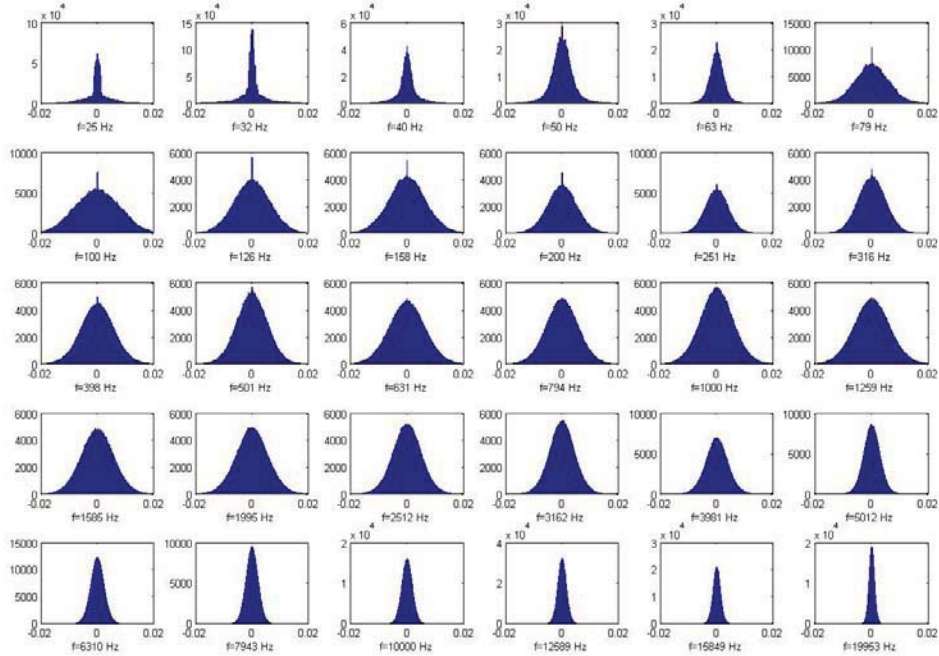
Şekil B.9: “Ölçüm Noktası 5” Gürültü Seviyesi En Düşük Kayıt İçin 1/3 Oktav Frekans Bantlarında Dağılımlar



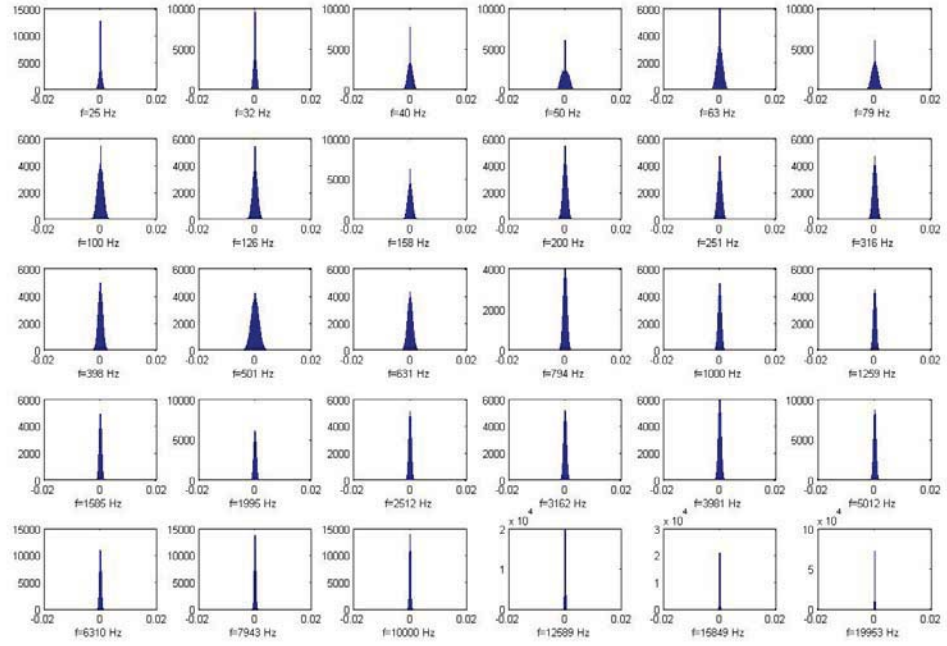
Şekil B.10: “Ölçüm Noktası 5” Gürültü Seviyesi En Yüksek Kayıt İçin 1/3 Oktav Frekans Bantlarında Dağılımlar



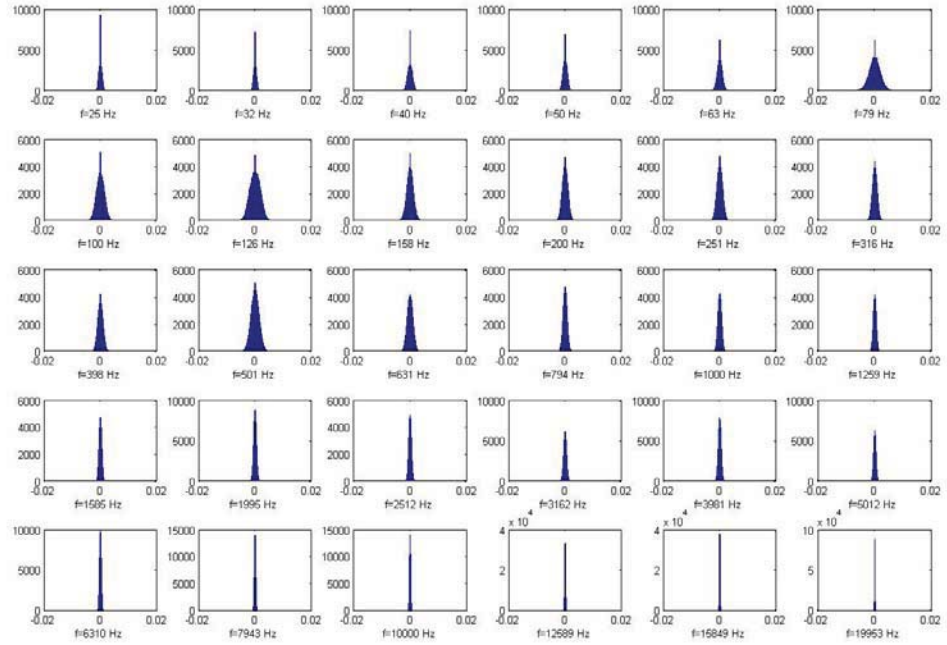
Şekil B.11: “Ölçüm Noktası 6” Gürültü Seviyesi En Düşük Kayıt İçin 1/3 Oktav Frekans Bantlarında Dağılımlar



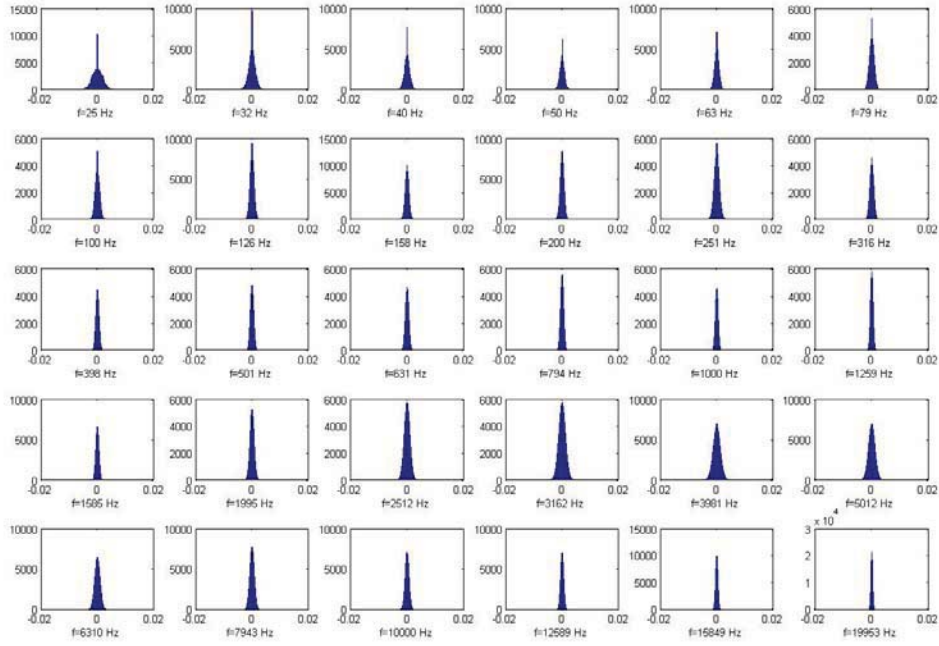
Şekil B.12: “Ölçüm Noktası 6” Gürültü Seviyesi En Yüksek Kayıt İçin 1/3 Oktav Frekans Bantlarında Dağılımlar



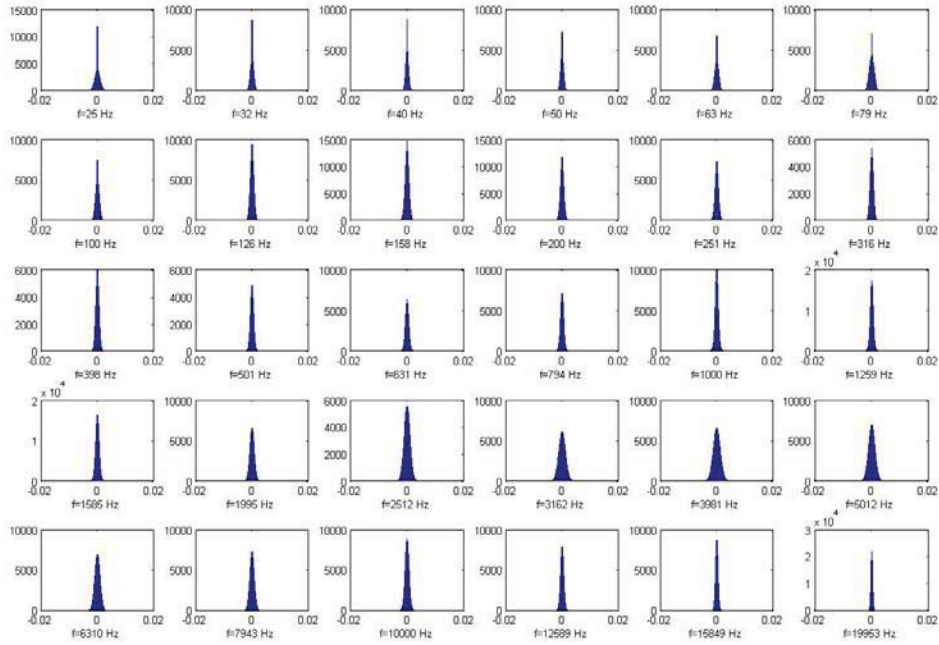
Şekil B.13: “Ölçüm Noktası 7” Gürültü Seviyesi En Düşük Kayıt İçin 1/3 Oktav Frekans Bantlarında Dağılımlar



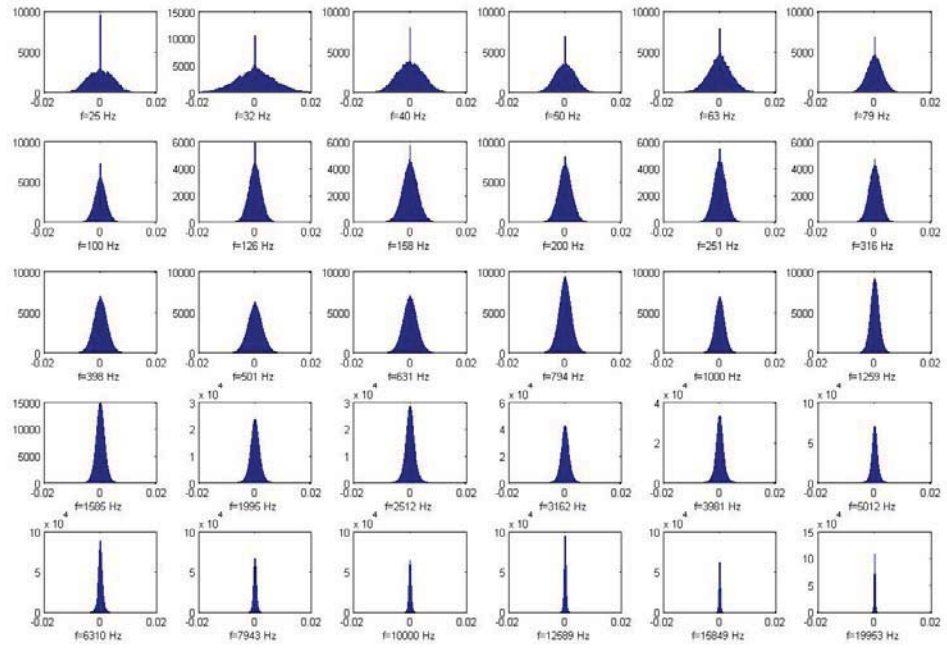
Şekil B.14: “Ölçüm Noktası 7” Gürültü Seviyesi En Yüksek Kayıt İçin 1/3 Oktav Frekans Bantlarında Dağılımlar



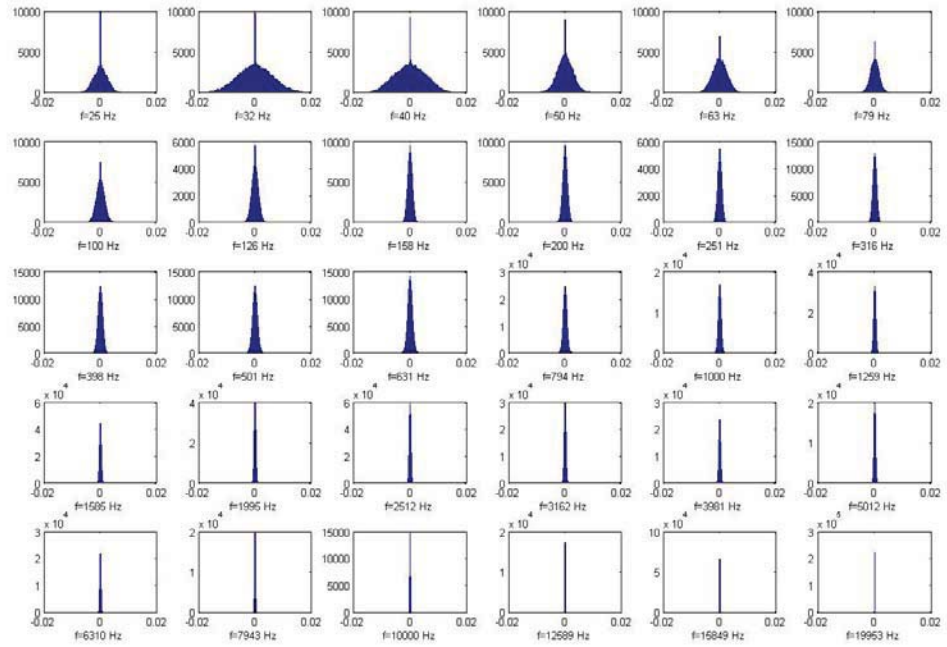
Şekil B.15: “Ölçüm Noktası 8” Gürültü Seviyesi En Düşük Kayıt İçin 1/3 Oktav Frekans Bantlarında Dağılımlar



Şekil B.16: “Ölçüm Noktası 8” Gürültü Seviyesi En Yüksek Kayıt İçin 1/3 Oktav Frekans Bantlarında Dağılımlar



Şekil B.17: “Ölçüm Noktası 9” Gürültü Seviyesi En Düşük Kayıt İçin 1/3 Oktav Frekans Bantlarında Dağılımlar



Şekil B.18: “Ölçüm Noktası 9” Gürültü Seviyesi En Yüksek Kayıt için 1/3 Oktav Frekans Bantlarında Dağılımlar

EK C

Çizelge C.1: “Ölçüm Noktası 1” Gürültü Seviyesi En Düşük Kayıt için 1/3 Oktav Frekans Bantlarında Momentler

1a	frekans	25	32	40	50	63	79	100	126	158	200
	ortalama	-3,6E-06	1,9E-06	-1,1E-06	1,9E-06	1,7E-06	-3,7E-06	-4,5E-06	-1,4E-08	-1,5E-06	-3,0E-07
	değişinti	2,4E-06	6,0E-06	8,0E-07	1,9E-06	2,8E-06	1,2E-04	1,7E-04	7,2E-06	1,6E-05	4,6E-06
	savrukluuk	2,7E+00	3,5E+00	2,6E+00	3,2E+00	4,5E+00	5,9E+00	4,9E+00	5,8E+00	4,9E+00	4,2E+00
	yamukluk	4,0E-03	-1,7E-03	2,0E-03	-2,5E-03	-1,2E-03	7,3E-04	9,8E-04	1,8E-05	6,4E-04	4,0E-04
	frekans	251	316	398	501	631	794	1000	1259	1585	1995
	ortalama	-1,4E-07	1,3E-07	-6,8E-08	-6,9E-08	3,3E-08	-2,7E-08	-5,0E-08	-1,4E-07	-5,8E-08	-2,8E-07
	değişinti	1,2E-06	9,2E-07	5,3E-07	8,5E-07	4,4E-06	6,2E-06	8,6E-06	6,7E-06	6,8E-06	8,4E-06
	savrukluuk	6,3E+00	3,0E+00	3,7E+00	3,4E+00	3,2E+00	3,8E+00	3,6E+00	3,1E+00	3,4E+00	3,2E+00
	yamukluk	3,4E-04	-3,5E-04	2,5E-04	2,0E-04	1,2E-05	3,3E-05	3,9E-05	1,2E-04	6,1E-05	-1,0E-03

Çizelge C.2: “Ölçüm Noktası 1” Gürültü Seviyesi En Yüksek Kayıt için 1/3 Oktav Frekans Bantlarında Momentler

1b	frekans	25	32	40	50	63	79	100	126	158	200
	ortalama	5,5E-06	1,0E-05	-3,2E-06	-1,1E-06	6,3E-07	-7,3E-07	-1,5E-05	5,1E-06	1,1E-06	9,1E-08
	değişinti	2,2E-06	4,3E-05	7,0E-06	3,0E-06	9,3E-06	2,1E-05	2,4E-04	4,1E-05	6,2E-06	2,9E-05
	savrukluuk	2,3E+00	2,5E+00	3,7E+00	3,1E+00	2,7E+00	3,8E+00	3,2E+00	3,1E+00	3,5E+00	2,3E+00
	yamukluk	-6,6E-03	-3,7E-03	3,3E-03	1,8E-03	-5,5E-04	-2,7E-05	-2,7E-03	1,1E-04	-7,6E-04	-5,1E-05
	frekans	251	316	398	501	631	794	1000	1259	1585	1995
	ortalama	7,9E-07	6,2E-07	-7,1E-07	1,3E-06	1,0E-06	-1,3E-06	1,9E-06	3,6E-07	-3,7E-08	8,5E-08
	değişinti	1,3E-04	1,0E-05	5,0E-05	3,8E-04	5,1E-04	7,1E-04	3,4E-04	2,1E-04	1,7E-04	3,5E-04
	savrukluuk	3,8E+00	3,0E+00	4,2E+00	3,5E+00	3,3E+00	2,9E+00	3,3E+00	2,9E+00	3,2E+00	2,4E+00
	yamukluk	-2,1E-04	-4,5E-04	2,4E-04	-1,9E-04	-1,3E-04	1,3E-04	-4,4E-05	-5,3E-05	8,7E-06	7,4E-06

Çizelge C.3: “Ölçüm Noktası 2” Gürültü Seviyesi En Düşük Kayıt için 1/3 Oktav Frekans Bantlarında Momentler

2a	frekans	25	32	40	50	63	79	100	126	158	200
	ortalama	1,4E-07	-1,0E-06	-6,9E-07	-1,7E-06	-4,2E-07	-8,9E-08	-4,2E-07	1,8E-07	2,7E-07	-8,4E-08
	değişinti	2,5E-06	6,0E-05	5,5E-05	9,3E-05	7,5E-05	5,0E-05	2,0E-04	1,9E-04	1,1E-04	1,4E-04
	savrukluuk	4,5E+00	2,7E+00	4,5E+00	4,2E+00	3,6E+00	4,1E+00	4,0E+00	3,4E+00	3,1E+00	3,3E+00
	yamukluk	-2,3E-04	2,6E-04	2,6E-04	2,2E-04	1,3E-04	2,3E-05	8,5E-05	-3,7E-05	-7,0E-05	2,0E-05
	frekans	251	316	398	501	631	794	1000	1259	1585	1995
	ortalama	1,3E-07	-3,0E-08	1,6E-07	8,1E-08	-1,3E-08	6,0E-08	-2,1E-08	2,4E-08	-5,3E-09	-4,6E-10
	değişinti	1,6E-04	7,1E-05	4,7E-05	4,1E-05	3,2E-05	2,2E-05	3,2E-05	2,4E-05	2,3E-05	1,7E-05
	savrukluuk	5,6E+00	3,8E+00	3,3E+00	3,5E+00	3,6E+00	3,6E+00	4,8E+00	3,8E+00	3,7E+00	3,3E+00
	yamukluk	-3,1E-05	1,0E-05	-3,3E-05	-1,7E-05	6,7E-06	-1,0E-05	8,4E-06	-1,1E-05	-1,7E-07	3,8E-07
	frekans	2512	3162	3981	5012	6310	7943	10000	12589	15849	19953
	ortalama	2,2E-09	-5,0E-10	5,4E-09	1,2E-09	2,7E-09	9,1E-10	3,9E-10	-5,6E-10	9,6E-11	6,9E-11
	değişinti	1,3E-05	1,1E-05	5,2E-06	4,0E-06	3,4E-06	2,7E-06	2,2E-06	1,9E-06	1,7E-06	1,2E-06
	savrukluuk	3,3E+00	3,3E+00	3,4E+00	3,5E+00	5,1E+00	4,2E+00	6,1E+00	6,9E+00	1,0E+01	1,2E+01
	yamukluk	-1,2E-06	4,5E-07	-3,8E-06	-1,4E-06	-2,7E-06	-7,8E-07	-7,2E-07	1,1E-06	-1,6E-02	-1,0E-06

Çizelge C.4: “Ölçüm Noktası 2” Gürültü Seviyesi En Yüksek Kayıt için 1/3 Oktav Frekans Bantlarında Momentler

2b	frekans	25	32	40	50	63	79	100	126	158	200
	ortalama	-2,9E-07	-4,9E-08	7,0E-08	2,1E-08	2,4E-08	-1,8E-07	9,4E-08	4,5E-08	3,3E-08	-1,1E-08
	değişinti	3,9E-07	4,4E-07	3,3E-07	6,4E-07	2,1E-06	2,7E-06	6,7E-06	5,3E-06	1,2E-05	4,3E-05
	savrukluuk	3,6E+00	4,9E+00	7,7E+00	3,8E+00	8,8E+00	7,2E+00	1,0E+01	9,2E+00	9,4E+00	1,1E+01
	yamukluk	-3,4E-03	1,9E-04	-2,1E-04	-2,2E-05	-4,9E-05	7,2E-05	-8,8E-05	-5,6E-05	-2,9E-05	4,9E-06
	frekans	251	316	398	501	631	794	1000	1259	1585	1995
	ortalama	-1,4E-08	7,9E-08	-4,7E-08	2,7E-09	-2,6E-09	-2,0E-08	1,5E-08	2,2E-08	2,2E-09	3,5E-09
	değişinti	2,5E-05	4,8E-05	8,8E-05	5,0E-05	3,7E-05	5,0E-05	9,9E-06	1,3E-05	4,8E-05	4,0E-05
	savrukluuk	1,0E+01	9,2E+00	7,1E+00	8,5E+00	1,0E+01	1,7E+01	1,2E+01	1,6E+01	1,2E+01	7,9E+00
	yamukluk	8,6E-06	-2,2E-05	1,5E-05	-1,2E-06	1,2E-06	8,1E-06	-1,3E-05	-6,2E-06	-8,7E-07	-1,5E-06
	frekans	2512	3162	3981	5012	6310	7943	10000	12589	15849	19953
	ortalama	-6,7E-09	8,0E-09	-1,1E-09	-2,3E-09	-4,0E-09	-1,5E-09	-5,1E-11	8,5E-10	-3,0E-10	1,9E-11
	değişinti	2,1E-05	7,8E-06	6,4E-06	6,8E-06	5,9E-06	4,0E-06	2,9E-06	2,1E-06	1,6E-06	1,1E-06
	savrukluuk	1,0E+01	1,1E+01	7,2E+00	9,1E+00	7,8E+00	9,3E+00	1,3E+01	2,0E+01	5,2E+01	8,2E+01
	yamukluk	3,7E-06	-4,0E-06	1,3E-06	2,2E-06	1,8E-06	1,9E-06	8,7E-08	-3,1E-07	-1,0E-01	-1,7E-05

Çizelge C.5: “Ölçüm Noktası 3” Gürültü Seviyesi En Düşük Kayıt için 1/3 Oktav Frekans Bantlarında Momentler

3a	frekans	25	32	40	50	63	79	100	126	158	200
	ortalama	6,8E-07	3,6E-08	9,4E-08	-1,4E-07	2,7E-07	-1,0E-07	-4,6E-08	-2,7E-07	-1,4E-07	9,5E-08
	değişinti	6,5E-06	5,9E-06	8,5E-06	1,2E-05	8,5E-06	1,0E-05	3,0E-05	3,0E-05	3,9E-05	3,8E-05
	savrukluuk	1,4E+01	1,2E+01	7,8E+00	4,5E+00	3,8E+00	3,7E+00	3,6E+00	3,3E+00	4,0E+00	4,1E+00
	yamukluk	-6,1E-04	-4,4E-05	-9,6E-05	1,2E-04	-2,3E-04	4,6E-05	-1,1E-06	1,1E-04	6,4E-05	-3,6E-05
	frekans	251	316	398	501	631	794	1000	1259	1585	1995
	ortalama	3,2E-07	6,9E-08	-1,4E-08	1,2E-07	4,8E-08	3,1E-09	2,2E-08	-1,6E-09	3,9E-09	-1,9E-09
	değişinti	2,7E-05	2,5E-05	2,0E-05	2,2E-05	1,8E-05	2,1E-05	2,2E-05	1,1E-05	1,0E-05	1,1E-05
	savrukluuk	4,6E+00	4,6E+00	7,4E+00	9,1E+00	1,9E+01	2,6E+02	7,0E+02	1,6E+02	9,0E+00	3,8E+00
	yamukluk	3,2E-05	-1,5E-05	6,3E-06	-1,0E-06	-8,1E-06	-2,8E-06	-1,2E-05	1,6E-06	-2,5E-06	1,7E-06
	frekans	2512	3162	3981	5012	6310	7943	10000	12589	15849	19953
	ortalama	-7,1E-09	-4,5E-09	2,1E-10	8,9E-10	1,1E-09	-1,9E-10	-3,8E-10	2,5E-10	3,1E-10	1,3E-10
	değişinti	8,5E-06	6,4E-06	3,8E-06	2,6E-06	2,2E-06	1,1E-06	6,5E-07	5,0E-07	3,8E-07	2,8E-07
	savrukluuk	4,0E+00	4,1E+00	3,9E+00	4,4E+00	4,6E+00	4,6E+00	5,4E+00	6,9E+00	1,0E+01	9,6E+01
	yamukluk	5,2E-06	4,5E-06	-2,4E-07	-1,6E-06	-2,0E-06	4,4E-07	1,2E-06	-3,4E-07	5,7E-03	9,8E-06

Çizelge C.6: “Ölçüm Noktası 3” Gürültü Seviyesi En Yüksek Kayıt için 1/3 Oktav Frekans Bantlarında Momentler

3b	frekans	25	32	40	50	63	79	100	126	158	200
	ortalama	7,3E-09	-1,9E-07	1,6E-06	-8,8E-08	-8,6E-07	7,5E-07	3,5E-07	-3,3E-07	1,2E-07	7,3E-08
	değişinti	2,1E-06	1,4E-05	3,0E-05	4,6E-05	2,6E-05	1,1E-04	8,8E-05	1,3E-04	2,0E-04	6,0E-05
	savrukluuk	3,3E+00	3,1E+00	4,0E+00	3,3E+00	3,7E+00	3,3E+00	3,9E+00	3,2E+00	3,4E+00	3,4E+00
	yamukluk	-1,5E-05	1,5E-04	-2,2E-04	3,9E-05	2,0E-04	-1,6E-04	-7,2E-05	7,6E-05	-1,4E-05	-2,7E-05
	frekans	251	316	398	501	631	794	1000	1259	1585	1995
	ortalama	-1,4E-08	1,9E-07	-6,3E-08	-5,6E-09	1,2E-07	3,5E-08	2,2E-08	3,1E-08	-2,0E-08	-4,0E-08
	değişinti	4,6E-05	3,4E-05	4,0E-05	3,7E-05	8,8E-05	1,1E-04	1,0E-04	7,5E-05	9,0E-05	6,1E-05
	savrukluuk	3,3E+00	3,3E+00	3,2E+00	3,3E+00	3,5E+00	3,4E+00	3,3E+00	3,7E+00	5,9E+00	4,6E+00
	yamukluk	6,4E-06	2,0E-04	2,8E-05	1,6E-06	-6,5E-06	-9,5E-06	-4,9E-06	-7,8E-06	5,5E-06	-6,9E-06
	frekans	2512	3162	3981	5012	6310	7943	10000	12589	15849	19953
	ortalama	-3,1E-08	2,6E-09	3,0E-09	-3,3E-11	-3,7E-10	-6,0E-09	2,5E-10	1,4E-09	5,4E-10	-2,4E-10
	değişinti	5,5E-05	6,0E-05	4,4E-05	3,6E-05	2,9E-05	2,7E-05	2,0E-05	1,6E-05	1,4E-05	1,1E-05
	savrukluuk	7,0E+00	7,1E+00	7,3E+00	6,9E+00	7,3E+00	1,0E+01	1,2E+01	1,4E+01	1,6E+01	1,8E+01
	yamukluk	3,9E-06	-9,5E-07	-1,3E-06	1,2E-08	1,9E-07	8,4E-07	-1,4E-07	-6,3E-07	2,2E-02	6,4E-06

Çizelge C.7: “Ölçüm Noktası 4” Gürültü Seviyesi En Düşük Kayıt için 1/3 Oktav Frekans Bantlarında Momentler

4a	frekans	25	32	40	50	63	79	100	126	158	200
	ortalama	1,4E-06	9,4E-07	-4,4E-07	1,7E-06	8,9E-07	-3,6E-06	1,5E-06	1,1E-06	-3,0E-07	3,7E-08
	değişinti	3,6E-05	5,2E-05	4,8E-05	1,7E-04	7,2E-04	1,3E-03	4,7E-04	1,9E-04	2,2E-04	2,1E-04
	savrukluuk	2,6E+00	3,0E+00	3,8E+00	3,8E+00	3,4E+00	3,3E+00	3,5E+00	3,2E+00	3,1E+00	3,2E+00
	yamukluk	-6,0E-04	-2,8E-04	1,9E-04	-2,9E-04	-9,5E-05	1,5E-04	-1,1E-04	-1,1E-04	4,7E-05	-9,6E-06
	frekans	251	316	398	501	631	794	1000	1259	1585	1995
	ortalama	3,9E-08	6,0E-09	3,9E-08	-8,0E-08	1,5E-07	1,2E-08	-1,2E-07	-2,5E-08	-8,0E-08	-3,9E-09
	değişinti	1,5E-04	1,3E-04	1,8E-04	1,2E-04	3,4E-04	9,3E-05	8,7E-05	8,0E-05	9,6E-05	9,9E-05
	savrukluuk	3,2E+00	3,4E+00	3,4E+00	3,1E+00	3,8E+00	3,5E+00	3,2E+00	3,4E+00	3,4E+00	3,5E+00
	yamukluk	-9,4E-06	1,3E-06	-8,6E-06	1,7E-05	-1,9E-05	-3,8E-06	8,0E-06	7,8E-06	-2,3E-05	9,8E-07
	frekans	2512	3162	3981	5012	6310	7943	10000	12589	15849	19953
	ortalama	-2,1E-08	6,2E-10	1,6E-09	1,4E-08	-3,2E-09	-2,1E-09	-1,7E-10	8,0E-10	3,3E-10	6,3E-10
	değişinti	8,1E-05	5,4E-05	3,9E-05	3,6E-05	2,8E-05	1,9E-05	1,5E-05	1,1E-05	9,4E-06	7,6E-06
	savrukluuk	3,4E+00	3,6E+00	3,7E+00	4,3E+00	5,2E+00	5,6E+00	7,8E+00	1,1E+01	2,9E+01	2,4E+01
	yamukluk	5,6E-06	-2,0E-07	-7,0E-07	3,0E-07	1,3E-06	1,2E-06	-1,5E-09	-7,0E-07	2,0E-02	-6,7E-06

Çizelge C.8: “Ölçüm Noktası 4” Gürültü Seviyesi En Yüksek Kayıt için 1/3 Oktav Frekans Bantlarında Momentler

4b	frekans	25	32	40	50	63	79	100	126	158	200
	ortalama	1,8E-07	-6,0E-07	-9,2E-07	4,3E-07	4,4E-07	-4,9E-07	-1,2E-07	1,2E-08	-3,2E-07	8,8E-08
	değişinti	8,2E-06	7,4E-06	4,4E-05	1,2E-05	2,4E-05	1,0E-04	5,5E-05	4,9E-05	3,5E-05	4,3E-05
	savrukluuk	4,5E+00	3,2E+00	4,0E+00	2,9E+00	2,9E+00	3,5E+00	3,2E+00	3,3E+00	3,3E+00	3,4E+00
	yamukluk	-1,7E-04	4,8E-04	3,7E-04	3,3E-04	-2,2E-04	7,0E-05	1,9E-05	-6,1E-06	8,0E-05	-4,0E-05
	frekans	251	316	398	501	631	794	1000	1259	1585	1995
	ortalama	-7,3E-08	7,5E-09	-3,0E-08	-5,3E-08	-2,6E-08	1,7E-08	2,3E-08	2,8E-08	4,4E-09	-4,8E-09
	değişinti	6,0E-05	7,4E-05	3,7E-05	1,5E-05	3,5E-05	3,6E-05	3,6E-05	2,9E-05	1,3E-05	7,6E-06
	savrukluuk	4,0E+00	2,9E+00	3,4E+00	3,4E+00	3,2E+00	4,7E+00	4,1E+00	4,9E+00	4,9E+00	7,3E+00
	yamukluk	2,6E-05	-1,7E-06	1,5E-05	3,9E-06	1,3E-05	-7,9E-06	-1,1E-05	-1,3E-05	-1,0E-06	4,9E-06
	frekans	2512	3162	3981	5012	6310	7943	10000	12589	15849	19953
	ortalama	4,6E-09	-1,3E-09	-1,3E-09	-1,6E-09	-9,7E-10	-4,5E-10	4,6E-10	-2,2E-10	2,4E-10	-1,9E-10
	değişinti	1,2E-05	1,3E-05	6,2E-06	7,0E-06	7,4E-06	3,7E-06	2,6E-06	1,7E-06	1,4E-06	1,2E-06
	savrukluuk	8,0E+00	2,3E+01	1,0E+01	1,8E+01	2,9E+01	5,2E+01	4,6E+01	2,4E+01	3,3E+01	2,6E+01
	yamukluk	-3,7E-06	1,1E-06	1,4E-06	1,7E-06	1,0E-06	6,9E-07	-7,1E-07	4,9E-07	1,4E-01	3,3E-05

Çizelge C.9: “Ölçüm Noktası 5” Gürültü Seviyesi En Düşük Kayıt için 1/3 Oktav Frekans Bantlarında Momentler

5a	frekans	25	32	40	50	63	79	100	126	158	200
	ortalama	3,5E-07	4,7E-07	3,1E-08	8,0E-08	5,9E-07	-2,8E-07	-8,7E-08	1,2E-07	-3,3E-07	2,1E-08
	değişinti	4,5E-05	3,7E-05	5,7E-05	1,4E-04	1,2E-04	7,1E-05	6,4E-05	3,9E-05	2,1E-05	1,8E-05
	savruklik	6,4E+00	5,3E+00	3,8E+00	3,6E+00	3,4E+00	3,9E+00	3,4E+00	3,8E+00	3,8E+00	5,8E+00
	yamukluk	-1,5E-04	-2,3E-04	-1,2E-05	-9,2E-06	-1,1E-04	9,9E-05	3,2E-05	-5,6E-05	-8,3E-05	-1,3E-05
	frekans	251	316	398	501	631	794	1000	1259	1585	1995
	ortalama	1,5E-07	-1,5E-07	2,8E-08	4,8E-08	-2,9E-08	-1,3E-08	1,3E-08	-2,0E-09	1,1E-08	-4,8E-10
	değişinti	2,6E-05	4,0E-05	6,3E-05	2,5E-05	3,2E-05	3,1E-05	2,1E-05	2,0E-05	2,2E-05	1,5E-05
	savruklik	6,1E+00	9,3E+00	7,8E+00	1,1E+01	3,5E+01	1,8E+01	1,7E+01	2,1E+02	1,7E+02	2,6E+02
	yamukluk	-1,9E-05	5,0E-05	-1,0E-05	-2,5E-05	1,5E-05	3,9E-06	-8,2E-06	1,3E-06	-6,1E-06	3,7E-07
	frekans	2512	3162	3981	5012	6310	7943	10000	12589	15849	19953
	ortalama	-3,5E-09	3,3E-10	7,5E-10	-3,2E-10	-2,4E-09	-5,0E-10	-4,9E-10	2,8E-10	1,2E-12	9,5E-11
	değişinti	7,8E-06	4,3E-06	4,0E-06	2,3E-06	1,7E-06	1,2E-06	7,3E-07	5,9E-07	3,9E-07	2,1E-07
	savruklik	2,0E+02	1,0E+01	2,1E+01	3,3E+00	3,7E+00	3,8E+00	3,8E+00	4,3E+00	5,0E+00	8,1E+00
	yamukluk	3,2E-06	-4,0E-07	-1,1E-06	6,0E-07	-5,0E-08	1,3E-06	1,5E-06	-9,8E-07	1,6E-02	8,2E-06

Çizelge C.10: “Ölçüm Noktası 5” Gürültü Seviyesi En Yüksek Kayıt için 1/3 Oktav Frekans Bantlarında Momentler

5b	frekans	25	32	40	50	63	79	100	126	158	200
	ortalama	-1,8E-07	-8,7E-09	-5,1E-08	-3,5E-07	-9,4E-08	1,7E-07	-6,0E-08	-3,6E-08	-4,7E-09	-2,1E-08
	değişinti	7,3E-08	2,3E-07	7,5E-07	5,8E-07	1,3E-06	1,5E-06	2,9E-06	5,3E-06	2,3E-06	1,8E-06
	savruklik	4,5E+00	3,4E+00	2,8E+00	3,3E+00	3,3E+00	3,3E+00	3,2E+00	4,8E+00	3,4E+00	3,2E+00
	yamukluk	-1,4E-03	-1,9E-06	1,4E-04	-2,6E-03	2,0E-04	-1,6E-04	6,0E-06	4,1E-05	8,5E-06	3,7E-05
	frekans	251	316	398	501	631	794	1000	1259	1585	1995
	ortalama	-5,9E-09	2,6E-08	-2,5E-08	5,9E-09	-1,6E-10	-9,4E-09	7,5E-10	3,0E-09	5,2E-10	-3,4E-10
	değişinti	1,4E-06	1,7E-06	3,1E-06	1,6E-06	6,1E-07	3,7E-07	2,2E-07	2,2E-07	2,0E-07	1,7E-07
	savruklik	3,2E+00	4,2E+00	3,6E+00	4,5E+00	1,9E+01	6,8E+00	3,1E+01	2,3E+01	1,7E+01	3,8E+00
	yamukluk	1,3E-05	-1,8E-05	1,9E-05	-1,3E-05	5,0E-07	4,1E-06	-3,5E-06	-1,2E-05	-3,0E-06	2,1E-06
	frekans	2512	3162	3981	5012	6310	7943	10000	12589	15849	19953
	ortalama	-6,3E-10	5,3E-11	-2,9E-10	6,8E-11	2,4E-10	2,0E-10	1,5E-11	7,4E-11	-7,4E-11	1,4E-10
	değişinti	1,5E-07	1,5E-07	1,3E-07	1,1E-07	1,1E-07	6,1E-08	4,7E-08	3,4E-08	2,6E-08	2,0E-08
	savruklik	3,6E+00	4,1E+00	3,8E+00	4,7E+00	6,7E+00	6,6E+00	8,5E+00	5,2E+00	9,1E+00	1,4E+01
	yamukluk	4,0E-06	-4,4E-07	2,2E-06	-3,4E-08	-1,4E-06	-1,4E-06	-2,0E-07	8,6E-07	2,1E-03	-3,5E-06

Çizelge C.11: “Ölçüm Noktası 6” Gürültü Seviyesi En Düşük Kayıt için 1/3 Oktav Frekans Bantlarında Momentler

6a	frekans	25	32	40	50	63	79	100	126	158	200
	ortalama	6,34E-08	-3,06E-08	-8,67E-08	-4,76E-07	2,20E-07	-1,57E-07	2,51E-07	-3,43E-07	-1,74E-07	-1,77E-08
	değişinti	9,92E-05	0,000263	6,04E-05	4,28E-05	1,52E-05	4,43E-05	6,55E-05	4,15E-05	4,47E-05	2,78E-05
	savruklu	29,34529	61,1102	33,27759	33,52923	24,83191	5,632618	3,330073	3,085191	3,189093	3,071618
	yamukluk	-1,91E-05	5,65E-06	3,34E-05	0,000198	-0,00013	2,89E-05	-8,91E-05	0,000133	6,81E-05	1,03E-05
	frekans	251	316	398	501	631	794	1000	1259	1585	1995
	ortalama	1,82E-08	8,61E-08	-1,11E-07	1,88E-08	-9,82E-08	-2,91E-08	1,00E-07	1,20E-07	-3,15E-08	-1,64E-09
	değişinti	1,82E-05	2,39E-05	3,52E-05	3,00E-05	4,01E-05	3,29E-05	3,52E-05	3,97E-05	3,29E-05	3,29E-05
	savruklu	3,539641	3,087228	3,200347	3,260368	3,125958	3,191724	3,261692	3,151247	3,116644	3,258782
	yamukluk	-1,27E-05	9,67E-07	4,10E-05	-1,02E-05	2,18E-05	-3,15E-05	2,50E-05	0,000118	1,13E-05	1,30E-06
	frekans	2512	3162	3981	5012	6310	7943	10000	12589	15849	19953
	ortalama	-9,59E-09	-5,37E-09	4,04E-09	6,16E-09	4,88E-10	-1,87E-10	-1,17E-09	-4,32E-10	4,63E-11	-2,18E-10
	değişinti	2,56E-05	2,05E-05	1,60E-05	8,92E-06	6,12E-06	4,85E-06	3,70E-06	2,67E-06	2,13E-06	1,10E-06
	savruklu	3,255247	3,273222	3,439993	3,676217	3,776579	3,645871	4,082043	8,578353	6,073241	6,290222
	yamukluk	4,50E-06	2,69E-06	-2,81E-06	9,44E-07	-4,86E-07	2,18E-07	8,50E-07	6,43E-07	-0,00872	7,11E-07

Çizelge C.12: “Ölçüm Noktası 6” Gürültü Seviyesi En Yüksek Kayıt için 1/3 Oktav Frekans Bantlarında Momentler

6b	frekans	25	32	40	50	63	79	100	126	158	200
	ortalama	1,14E-07	8,25E-08	1,09E-07	8,62E-08	1,81E-08	-2,00E-08	7,55E-08	-3,97E-08	4,92E-08	2,67E-08
	değişinti	8,58E-07	3,74E-07	2,82E-07	2,67E-07	4,65E-07	6,78E-07	4,40E-07	4,63E-07	5,48E-07	4,22E-07
	savruklu	3,242763	3,198202	4,072285	2,984873	3,135023	3,048531	3,201271	6,304001	13,55192	8,581326
	yamukluk	-0,0002	-0,00036	-0,00036	-6,30E-05	-5,95E-05	-1,74E-05	0,000164	-0,00012	-0,0001	-5,47E-05
	frekans	251	316	398	501	631	794	1000	1259	1585	1995
	ortalama	1,81E-10	6,44E-09	-8,44E-09	1,12E-08	-5,88E-09	-7,78E-10	-4,64E-10	-9,83E-10	5,38E-09	-6,46E-10
	değişinti	4,17E-07	3,37E-07	3,43E-07	3,39E-07	4,07E-07	3,55E-07	4,05E-07	4,35E-07	5,86E-07	6,02E-07
	savruklu	4,373033	3,325189	3,322946	3,230903	4,071123	4,027258	6,239503	13,20853	12,38966	3,47353
	yamukluk	1,71E-05	-2,18E-05	2,79E-05	-2,76E-05	2,29E-05	3,81E-06	2,23E-06	3,57E-06	-9,19E-06	2,13E-06
	frekans	2512	3162	3981	5012	6310	7943	10000	12589	15849	19953
	ortalama	1,02E-11	2,23E-09	-2,25E-10	2,15E-11	6,61E-10	-7,97E-10	4,48E-10	-5,46E-10	1,99E-10	-2,13E-10
	değişinti	1,10E-06	1,46E-06	1,65E-06	1,37E-06	9,33E-07	6,66E-07	5,19E-07	3,41E-07	2,14E-07	1,06E-07
	savruklu	3,33573	3,321166	3,403668	3,444162	3,43834	3,56777	3,713954	3,774829	3,969205	9,622763
	yamukluk	-1,32E-08	-4,93E-06	4,95E-07	-4,48E-08	1,14E-07	2,01E-06	-1,54E-06	1,02E-06	-0,00277	-1,01E-06

Çizelge C.13: “Ölçüm Noktası 7” Gürültü Seviyesi En Düşük Kayıt için 1/3 Oktav Frekans Bantlarında Momentler

7a	frekans	25	32	40	50	63	79	100	126	158	200
	ortalama	-7,29E-08	2,04E-07	2,58E-07	-2,55E-07	-4,39E-07	-3,08E-07	1,36E-07	7,89E-08	5,71E-07	-7,75E-08
	değişinti	4,88E-07	7,88E-07	7,56E-07	6,68E-06	7,62E-06	7,00E-06	9,23E-06	1,87E-05	3,25E-05	1,26E-05
	savruklik	3,366847	2,918317	3,380846	3,24844	3,10742	3,095613	3,337959	3,655387	3,307788	3,191397
	yamukluk	-0,00038	-0,00039	1,40E-05	0,000276	0,000179	-6,74E-05	0,000114	-3,44E-05	7,02E-05	5,23E-05
	frekans	251	316	398	501	631	794	1000	1259	1585	1995
	ortalama	-4,64E-08	-2,60E-09	-2,56E-08	-7,09E-08	-6,95E-09	1,85E-08	5,80E-10	2,79E-09	1,83E-10	4,77E-09
	değişinti	6,81E-06	3,54E-06	4,12E-06	7,23E-06	4,62E-06	4,51E-06	3,52E-06	3,25E-06	4,13E-06	4,11E-06
	savruklik	3,379137	3,142194	3,005158	3,117983	3,036325	3,142819	3,059498	3,124025	3,291612	3,096389
	yamukluk	4,87E-05	4,10E-06	-4,95E-05	3,67E-06	9,04E-06	-1,65E-05	9,47E-06	-2,46E-06	-2,70E-07	-4,82E-06
	frekans	2512	3162	3981	5012	6310	7943	10000	12589	15849	19953
	ortalama	-4,57E-09	2,22E-09	-4,97E-10	-6,56E-10	1,19E-09	7,62E-10	4,25E-10	-2,81E-10	-2,06E-11	2,23E-10
	değişinti	3,25E-06	2,62E-06	1,72E-06	1,20E-06	8,58E-07	5,79E-07	4,78E-07	4,56E-07	4,69E-07	2,68E-07
	savruklik	3,184882	3,135409	3,26183	3,328481	3,494251	4,295437	6,538089	6,143731	9,450933	13,37286
	yamukluk	5,93E-06	6,00E-07	2,64E-07	1,68E-06	1,73E-06	-1,87E-06	-1,53E-06	1,13E-06	-0,00109	-1,28E-06

Çizelge C.14: “Ölçüm Noktası 7” Gürültü Seviyesi En Yüksek Kayıt için 1/3 Oktav Frekans Bantlarında Momentler

7b	frekans	25	32	40	50	63	79	100	126	158	200
	ortalama	-2,54E-07	2,67E-07	1,10E-07	-4,76E-08	5,57E-08	-4,74E-08	-4,85E-08	2,31E-09	1,82E-08	-1,25E-09
	değişinti	3,51E-06	1,47E-06	8,82E-07	6,75E-07	6,21E-07	6,99E-07	6,26E-07	5,65E-07	5,09E-07	4,77E-07
	savruklik	3,31071	3,756977	3,49057	3,20124	3,386694	3,014613	3,052564	6,101888	8,040105	4,681545
	yamukluk	0,000396	-0,0005	-0,00022	-1,42E-06	6,12E-05	0,000122	0,000145	-9,34E-06	-6,59E-05	2,80E-07
	frekans	251	316	398	501	631	794	1000	1259	1585	1995
	ortalama	1,13E-08	-6,42E-09	3,81E-09	1,38E-08	1,12E-09	-1,17E-09	2,92E-09	7,55E-10	-2,59E-09	7,80E-10
	değişinti	8,33E-07	4,50E-07	3,20E-07	3,41E-07	3,54E-07	2,92E-07	2,34E-07	2,05E-07	2,98E-07	5,41E-07
	savruklik	3,395522	3,001048	3,044893	3,026769	3,072056	3,07712	3,009463	3,179969	3,236812	3,274032
	yamukluk	-3,41E-05	8,36E-06	-2,00E-05	0,000105	-5,02E-06	6,47E-06	3,24E-05	-4,90E-06	7,76E-06	-1,91E-06
	frekans	2512	3162	3981	5012	6310	7943	10000	12589	15849	19953
	ortalama	-4,68E-09	5,91E-09	1,44E-09	3,50E-10	1,13E-09	9,05E-10	-8,86E-10	-1,11E-09	-2,16E-10	-1,43E-10
	değişinti	1,01E-06	1,46E-06	1,64E-06	1,36E-06	9,60E-07	6,81E-07	5,02E-07	3,19E-07	1,93E-07	1,02E-07
	savruklik	3,2292	3,274057	3,384268	3,49695	3,43933	3,573393	3,611997	3,658893	4,002578	9,732502
	yamukluk	8,20E-07	1,39E-05	4,53E-06	2,79E-07	-1,87E-07	9,74E-07	8,08E-07	-5,50E-06	-0,00308	-2,09E-06

Çizelge C.15: “Ölçüm Noktası 8” Gürültü Seviyesi En Düşük Kayıt için 1/3 Oktav Frekans Bantlarında Momentler

8a	frekans	25	32	40	50	63	79	100	126	158	200
	ortalama	1,21E-09	1,07E-07	-1,53E-07	1,40E-07	-2,27E-07	1,02E-07	-1,99E-07	7,41E-08	-7,51E-09	7,30E-09
	değişinti	3,04E-07	2,86E-07	6,84E-07	5,46E-07	7,65E-07	4,05E-06	1,83E-06	3,19E-06	1,29E-06	9,51E-07
	savruklu	2,979643	2,943051	2,742729	3,117694	3,175891	3,466893	2,876426	2,724328	3,017416	2,943235
	yamukluk	-6,21E-06	-4,60E-05	0,000385	0,000654	-0,00066	-0,00012	-0,00013	-0,00011	1,98E-05	-2,19E-05
	frekans	251	316	398	501	631	794	1000	1259	1585	1995
	ortalama	8,09E-09	2,15E-08	5,49E-09	-2,14E-08	-4,70E-09	7,22E-10	3,09E-09	1,36E-09	-1,33E-09	1,90E-09
	değişinti	9,70E-07	6,98E-07	8,34E-07	2,02E-06	9,83E-07	4,83E-07	4,01E-07	2,71E-07	2,36E-07	2,52E-07
	savruklu	2,94615	2,949219	3,002157	3,044375	2,97519	2,986243	2,896857	2,995747	3,043501	3,678436
	yamukluk	-2,11E-05	3,32E-05	-1,31E-05	-2,69E-05	1,32E-05	-2,99E-06	-1,05E-05	-7,22E-06	6,20E-06	1,14E-06
	frekans	2512	3162	3981	5012	6310	7943	10000	12589	15849	19953
	ortalama	-4,20E-10	-2,10E-09	4,21E-10	-7,30E-10	-6,27E-11	3,39E-10	-3,57E-11	-2,76E-11	-1,40E-11	7,26E-12
	değişinti	2,28E-07	2,64E-07	2,63E-07	1,90E-07	1,07E-07	5,92E-08	4,95E-08	3,31E-08	1,86E-08	9,93E-09
	savruklu	3,142993	3,128322	3,278377	3,297747	3,668544	4,111762	9,131851	12,5832	20,86962	520,4992
	yamukluk	1,66E-06	1,03E-06	-1,68E-06	-1,55E-06	5,48E-07	-2,04E-06	4,73E-07	3,29E-07	-0,01592	-4,31E-06

Çizelge C.16: “Ölçüm Noktası 8” Gürültü Seviyesi En Yüksek Kayıt için 1/3 Oktav Frekans Bantlarında Momentler

8b	frekans	25	32	40	50	63	79	100	126	158	200
	ortalama	-1,27E-06	-1,14E-07	-1,19E-06	4,64E-07	-8,85E-08	2,36E-08	-6,88E-08	-9,06E-09	2,65E-08	7,59E-09
	değişinti	5,42E-06	3,83E-05	3,02E-05	8,22E-06	6,51E-06	2,43E-06	2,33E-06	1,40E-06	7,19E-07	7,39E-07
	savruklu	2,858866	2,992	2,746423	3,669079	3,078819	3,214861	3,702056	3,163868	4,506701	4,173834
	yamukluk	-0,00067	-5,69E-06	0,000174	-0,00035	9,87E-05	-3,62E-05	5,07E-05	1,66E-05	-5,42E-05	-2,41E-05
	frekans	251	316	398	501	631	794	1000	1259	1585	1995
	ortalama	8,27E-09	1,02E-10	1,91E-09	-3,57E-08	1,27E-08	9,89E-09	-2,86E-09	-1,40E-09	4,24E-09	7,21E-10
	değişinti	5,36E-07	4,86E-07	7,44E-07	8,95E-07	9,36E-07	1,19E-06	4,20E-07	9,12E-07	6,92E-07	5,82E-07
	savruklu	3,148188	6,676119	6,446167	6,385155	9,1572	43,65955	17,3808	43,3526	40,06823	49,91796
	yamukluk	-1,16E-05	-3,04E-07	-5,91E-06	-0,00013	-1,98E-05	-1,65E-05	1,15E-05	4,33E-06	-9,80E-06	-2,79E-06
	frekans	2512	3162	3981	5012	6310	7943	10000	12589	15849	19953
	ortalama	9,87E-10	3,36E-10	8,52E-10	-2,48E-10	3,08E-10	-1,64E-10	-1,13E-10	5,95E-11	9,42E-12	1,23E-11
	değişinti	5,81E-07	3,39E-07	1,95E-07	1,23E-07	7,98E-08	3,29E-08	1,58E-08	8,67E-09	6,65E-09	1,76E-08
	savruklu	79,51984	45,35556	24,46945	15,18309	23,73845	12,73944	5,981867	8,326281	260,3119	1253,527
	yamukluk	-3,69E-06	-1,69E-06	-3,65E-06	1,60E-06	-2,47E-06	2,14E-06	1,68E-06	-1,46E-06	-0,13917	1,37E-05

Çizelge C.17: “Ölçüm Noktası 9” Gürültü Seviyesi En Düşük Kayıt için 1/3 Oktav Frekans Bantlarında Momentler

9a	frekans	25	32	40	50	63	79	100	126	158	200
	ortalama	-1,35E-07	6,94E-08	1,10E-08	-3,27E-08	-1,08E-08	-2,41E-07	5,53E-09	9,60E-09	6,59E-10	9,08E-09
	değişinti	3,18E-07	2,78E-07	6,72E-07	1,37E-06	1,02E-06	1,01E-06	1,09E-06	7,69E-07	6,28E-07	5,83E-07
	savrukluuk	2,966339	2,898858	2,79955	2,309112	2,819024	2,730245	2,874093	2,932392	2,967556	3,027928
	yamukluk	1,71E-05	-0,00036	-5,41E-06	7,94E-05	3,23E-05	-0,00079	0,000123	-1,56E-05	-3,44E-06	-6,57E-06
	frekans	251	316	398	501	631	794	1000	1259	1585	1995
	ortalama	-2,90E-08	8,99E-09	-1,69E-08	-1,15E-08	-3,99E-09	1,30E-09	-6,55E-10	-5,13E-09	9,53E-10	2,27E-09
	değişinti	5,49E-07	4,99E-07	6,39E-07	1,78E-06	7,91E-07	4,25E-07	3,10E-07	2,35E-07	1,80E-07	1,94E-07
	savrukluuk	2,91544	3,062042	2,976676	2,920303	2,972944	2,953848	3,003013	3,014939	3,018251	3,204668
	yamukluk	1,98E-05	-3,19E-05	4,16E-05	1,50E-05	-4,69E-06	-2,88E-06	3,50E-06	-1,46E-05	-3,81E-06	-5,81E-06
	frekans	2512	3162	3981	5012	6310	7943	10000	12589	15849	19953
	ortalama	8,69E-10	-4,76E-10	-1,02E-09	5,45E-10	-5,68E-11	-3,62E-12	1,17E-10	-1,09E-11	6,69E-12	1,03E-11
	değişinti	1,94E-07	2,59E-07	2,76E-07	1,98E-07	1,11E-07	1,09E-07	9,24E-08	3,95E-08	1,60E-08	9,13E-09
	savrukluuk	3,139749	3,142975	3,314255	3,558401	3,852769	11,60018	11,59345	28,83703	9,6376	335,8859
	yamukluk	-4,94E-06	2,23E-06	-6,38E-06	-2,29E-06	4,96E-07	3,31E-08	-1,09E-06	8,80E-08	0,049157	5,66E-06

Çizelge C.18: “Ölçüm Noktası 9” Gürültü Seviyesi En Yüksek Kayıt için 1/3 Oktav Frekans Bantlarında Momentler

9b	frekans	25	32	40	50	63	79	100	126	158	200
	ortalama	-1,68E-07	1,24E-06	-4,21E-07	-9,52E-08	-6,23E-07	-3,67E-07	1,15E-07	1,17E-07	-1,90E-08	-3,14E-08
	değişinti	1,87E-05	4,97E-05	2,11E-05	1,25E-05	1,72E-05	7,86E-06	4,44E-06	5,07E-06	7,37E-06	6,20E-06
	savrukluuk	2,608162	3,281957	2,924371	2,956482	3,33235	3,267013	3,65065	3,296404	3,331299	3,893358
	yamukluk	3,80E-05	-0,00031	-1,60E-05	4,54E-05	9,10E-05	8,33E-05	-0,00014	-0,00012	2,08E-05	1,73E-05
	frekans	251	316	398	501	631	794	1000	1259	1585	1995
	ortalama	-1,07E-07	8,50E-08	3,74E-08	-6,83E-08	2,33E-08	7,95E-09	-7,21E-09	-4,62E-09	1,36E-09	9,80E-09
	değişinti	5,23E-06	4,30E-06	6,47E-06	7,39E-06	6,81E-06	5,38E-06	3,28E-06	2,62E-06	2,87E-06	3,99E-06
	savrukluuk	3,29211	3,274824	4,011304	3,744128	3,864498	4,463583	3,904674	4,662018	6,301254	16,26603
	yamukluk	4,86E-05	6,60E-05	-3,38E-05	-1,31E-05	-2,15E-05	-9,08E-06	1,11E-05	7,31E-06	-2,37E-06	-7,14E-06
	frekans	2512	3162	3981	5012	6310	7943	10000	12589	15849	19953
	ortalama	3,50E-09	2,42E-09	-8,16E-10	-6,05E-09	3,01E-09	1,33E-09	-1,84E-09	1,29E-09	-2,12E-09	5,69E-11
	değişinti	4,12E-06	3,42E-06	3,62E-06	2,95E-06	1,87E-06	8,14E-07	4,93E-07	4,09E-07	1,72E-07	1,76E-07
	savrukluuk	19,54305	33,8843	25,48352	79,86349	109,4397	91,17313	72,44446	141,645	92,12846	189,4483
	yamukluk	1,39E-05	5,32E-06	-1,92E-05	-9,82E-05	3,99E-06	1,37E-05	-0,00011	6,41E-06	-0,08462	-1,16E-05

EK D

Çizelge D.1: “Ölçüm Noktası 1” Gürültü Seviyesi En Düşük Kayıt için 1/3 Oktav Frekans Bantlarında “t location-scale” Dağılımı Parametreleri

1a	frekans	25	32	40	50	63	79	100	126	158	200
	Mu	-3,6E-06	3,4E-13	-1,6E-06	3,2E-24	1,3E-10	1,4E-12	5,6E-11	1,9E-14	3,3E-10	-3,6E-09
	Sigma	1,5E-03	2,0E-03	8,9E-04	1,3E-03	1,3E-03	5,5E-03	8,4E-03	1,5E-03	2,5E-03	1,6E-03
	Nu	2,1E+06	5,2E+00	8,6E+04	2,3E+01	4,6E+00	1,9E+00	2,8E+00	2,2E+00	2,7E+00	3,7E+00
	frekans	251	316	398	501	631	794	1000	1259	1585	1995
	Mu	1,6E-15	-5,5E-09	-1,7E-08	-9,3E-09	6,5E-09	-3,2E-08	1,5E-17	-3,6E-09	-4,5E-08	4,5E-12
	Sigma	7,5E-04	9,5E-04	6,5E-04	8,7E-04	2,0E-03	2,3E-03	2,7E-03	2,5E-03	2,5E-03	2,8E-03
	Nu	3,5E+00	1,3E+02	9,4E+00	1,9E+01	3,8E+01	1,6E+01	1,4E+01	6,5E+01	1,9E+01	3,1E+01

Çizelge D.2: “Ölçüm Noktası 1” Gürültü Seviyesi En Yüksek Kayıt için 1/3 Oktav Frekans Bantlarında “t location-scale” Dağılımı Parametreleri

1b	frekans	25	32	40	50	63	79	100	126	158	200
	Mu	-2,7E-07	-8,8E-07	2,0E-12	1,9E-15	-2,0E-06	-4,5E-15	7,5E-11	-8,7E-10	-3,4E-16	3,2E-08
	Sigma	1,5E-03	6,5E-03	2,1E-03	1,7E-03	3,0E-03	4,2E-03	1,4E-02	6,3E-03	2,2E-03	5,4E-03
	Nu	2,5E+05	5,7E+05	5,1E+00	4,4E+01	1,2E+05	1,0E+01	1,4E+01	6,5E+01	9,9E+00	9,5E+06
	frekans	251	316	398	501	631	794	1000	1259	1585	1995
	Mu	8,6E-09	6,3E-07	-5,3E-18	-4,4E-11	2,4E-08	-1,1E-06	-3,5E-11	4,9E-08	-1,1E-08	7,0E-07
	Sigma	9,3E-03	3,2E-03	6,3E-03	1,8E-02	2,1E-02	2,7E-02	1,8E-02	1,4E-02	1,3E-02	1,9E-02
	Nu	5,7E+00	1,5E+02	9,3E+00	1,6E+01	1,8E+01	2,0E+06	2,3E+01	4,2E+06	3,1E+01	4,4E+06

Çizelge D.3: “Ölçüm Noktası 2” Gürültü Seviyesi En Düşük Kayıt için 1/3 Oktav Frekans Bantlarında “t location-scale” Dağılımı Parametreleri

2a	frekans	25	32	40	50	63	79	100	126	158	200
	Mu	1,4E-08	-2,8E-09	-3,6E-09	-6,9E-09	3,1E-07	9,6E-07	-6,1E-08	-1,2E-07	-1,2E-09	1,1E-07
	Sigma	1,3E-03	1,5E-03	2,1E-03	3,1E-03	2,7E-03	3,0E-03	4,9E-03	5,2E-03	5,6E-03	5,5E-03
	Nu	2,5E+00	3,1E+00	4,2E+00	8,8E+00	1,4E+01	1,3E+01	1,0E+01	2,6E+01	1,1E+01	1,1E+01
	frekans	251	316	398	501	631	794	1000	1259	1585	1995
	Mu	3,8E-08	1,9E-07	-8,2E-07	5,3E-08	6,5E-10	-8,0E-08	3,3E-08	-1,6E-13	2,2E-07	1,1E-08
	Sigma	4,6E-03	4,5E-03	3,7E-03	3,8E-03	3,2E-03	2,8E-03	2,6E-03	2,3E-03	2,7E-03	3,0E-03
	Nu	9,0E+00	9,6E+00	6,4E+00	6,0E+00	5,6E+00	4,5E+00	4,5E+00	5,0E+00	7,7E+00	1,1E+01
	frekans	2512	3162	3981	5012	6310	7943	10000	12589	15849	19953
	Mu	-7,4E-09	3,6E-07	2,7E-07	-1,7E-07	1,2E-07	9,3E-08	1,1E-07	3,1E-08	6,2E-08	-8,4E-09
	Sigma	2,6E-03	2,2E-03	1,7E-03	1,4E-03	1,2E-03	8,9E-04	6,6E-04	5,4E-04	4,6E-04	3,7E-04
	Nu	8,5E+00	7,8E+00	8,7E+00	7,1E+00	6,5E+00	7,1E+00	5,8E+00	4,7E+00	4,3E+00	4,0E+00

Çizelge D.4: “Ölçüm Noktası 2” Gürültü Seviyesi En Yüksek Kayıt için 1/3 Oktav Frekans Bantlarında “t location-scale” Dağılımı Parametreleri

2b	frekans	25	32	40	50	63	79	100	126	158	200
	Mu	1,7E-07	6,6E-07	1,6E-11	3,7E-11	1,7E-07	-8,9E-08	-7,2E-07	8,7E-12	2,9E-07	1,9E-10
	Sigma	1,3E-03	7,8E-03	6,0E-03	8,2E-03	7,8E-03	6,1E-03	1,2E-02	1,3E-02	1,0E-02	1,1E-02
	Nu	5,7E+00	2,7E+06	5,7E+00	7,1E+00	1,1E+01	8,2E+00	8,0E+00	1,6E+01	4,9E+01	2,5E+01
	frekans	251	316	398	501	631	794	1000	1259	1585	1995
	Mu	-1,4E-08	-5,0E-08	1,4E-07	5,4E-08	6,3E-07	-5,7E-09	-2,1E-08	6,1E-08	-6,0E-09	-6,5E-10
	Sigma	9,0E-03	7,5E-03	6,5E-03	6,0E-03	5,2E-03	4,4E-03	4,9E-03	4,5E-03	4,4E-03	4,0E-03
	Nu	3,8E+00	9,7E+00	2,1E+01	1,7E+01	1,4E+01	1,4E+01	8,3E+00	1,3E+01	1,4E+01	2,6E+01
	frekans	2512	3162	3981	5012	6310	7943	10000	12589	15849	19953
	Mu	-1,2E-07	1,0E-07	2,4E-08	1,5E-09	2,3E-07	-9,2E-08	-1,0E-07	-2,7E-09	-4,3E-07	1,5E-07
	Sigma	3,4E-03	3,2E-03	2,2E-03	1,9E-03	1,7E-03	1,5E-03	1,3E-03	1,2E-03	1,1E-03	9,0E-04
	Nu	3,0E+01	2,9E+01	2,2E+01	1,9E+01	1,3E+01	1,3E+01	1,1E+01	8,8E+00	7,1E+00	6,3E+00

Çizelge D.5: “Ölçüm Noktası 3” Gürültü Seviyesi En Düşük Kayıt için 1/3 Oktav Frekans Bantlarında “t location-scale” Dağılımı Parametreleri

3a	frekans	25	32	40	50	63	79	100	126	158	200
	Mu	-8,1E-17	-1,4E-12	-2,7E-09	-3,7E-10	4,2E-08	-1,1E-07	-2,6E-13	3,1E-08	-3,2E-25	5,0E-09
	Sigma	3,6E-03	4,5E-03	6,7E-03	1,1E-02	1,0E-02	7,5E-03	7,5E-03	5,7E-03	4,3E-03	3,7E-03
	Nu	2,1E+00	4,1E+00	9,6E+00	1,1E+01	2,1E+01	1,0E+01	1,8E+01	1,2E+01	1,5E+01	8,0E+00
	frekans	251	316	398	501	631	794	1000	1259	1585	1995
	Mu	3,5E-07	-1,2E-09	8,1E-08	1,4E-06	-4,6E-07	2,1E-08	-3,1E-08	-5,4E-09	5,5E-08	3,2E-07
	Sigma	4,3E-03	5,0E-03	6,4E-03	4,0E-03	4,1E-03	4,3E-03	3,7E-03	3,1E-03	3,2E-03	2,6E-03
	Nu	7,3E+00	5,6E+00	6,1E+00	6,0E+00	4,8E+00	5,5E+00	6,8E+00	5,1E+00	5,1E+00	5,3E+00
	frekans	2512	3162	3981	5012	6310	7943	10000	12589	15849	19953
	Mu	2,7E-07	-3,1E-09	5,8E-09	-9,4E-10	-4,2E-09	-1,1E-09	2,0E-08	2,2E-10	-2,8E-08	-3,5E-09
	Sigma	2,1E-03	1,9E-03	1,8E-03	1,5E-03	1,2E-03	1,0E-03	8,0E-04	7,1E-04	5,6E-04	3,9E-04
	Nu	6,7E+00	1,1E+01	1,1E+01	2,8E+01	2,1E+01	1,6E+01	1,7E+01	1,3E+01	1,1E+01	7,7E+00

Çizelge D.6: “Ölçüm Noktası 3” Gürültü Seviyesi En Yüksek Kayıt için 1/3 Oktav Frekans Bantlarında “t location-scale” Dağılımı Parametreleri

3b	frekans	25	32	40	50	63	79	100	126	158	200
	Mu	-5,8E-10	-5,8E-07	1,4E-09	8,7E-13	2,3E-10	-9,0E-09	3,0E-10	-5,0E-10	-1,6E-12	4,2E-08
	Sigma	6,0E-03	7,2E-03	6,1E-03	1,2E-02	2,5E-02	3,4E-02	2,0E-02	1,3E-02	1,5E-02	1,4E-02
	Nu	8,5E+06	1,0E+05	8,6E+00	1,0E+01	1,4E+01	1,9E+01	1,3E+01	3,1E+01	4,8E+01	3,7E+01
	frekans	251	316	398	501	631	794	1000	1259	1585	1995
	Mu	-1,2E-07	3,9E-09	3,3E-09	-1,1E-07	-3,2E-09	1,2E-08	-1,2E-07	-2,6E-08	-7,0E-08	-2,8E-10
	Sigma	1,2E-02	1,1E-02	1,3E-02	1,1E-02	1,7E-02	9,0E-03	9,0E-03	8,4E-03	9,3E-03	9,3E-03
	Nu	4,5E+01	2,1E+01	1,8E+01	4,7E+01	1,1E+01	1,6E+01	2,8E+01	1,8E+01	1,9E+01	1,5E+01
	frekans	2512	3162	3981	5012	6310	7943	10000	12589	15849	19953
	Mu	1,4E-07	2,4E-09	-2,5E-10	7,7E-07	-1,7E-09	-1,1E-08	3,9E-07	5,2E-09	-3,5E-07	-7,2E-07
	Sigma	8,5E-03	6,8E-03	5,8E-03	5,3E-03	4,6E-03	3,9E-03	3,2E-03	2,6E-03	2,3E-03	2,0E-03
	Nu	2,0E+01	1,5E+01	1,4E+01	9,1E+00	8,7E+00	8,6E+00	6,6E+00	6,0E+00	5,0E+00	4,4E+00

Çizelge D.7: “Ölçüm Noktası 4” Gürültü Seviyesi En Düşük Kayıt için 1/3 Oktav Frekans Bantlarında “t location-scale” Dağılımı Parametreleri

4a	frekans	25	32	40	50	63	79	100	126	158	200
	Mu	-7,7E-11	-6,6E-08	-5,1E-10	-1,8E-14	-5,1E-08	2,4E-08	4,3E-08	-3,7E-15	1,9E-07	8,1E-07
	Sigma	5,8E-04	5,3E-04	4,3E-04	6,9E-04	9,5E-04	1,2E-03	1,3E-03	1,2E-03	1,7E-03	1,5E-03
	Nu	1,5E+01	5,2E+00	4,5E+00	7,4E+00	3,4E+00	3,8E+00	2,2E+00	2,2E+00	2,0E+00	1,1E+00
	frekans	251	316	398	501	631	794	1000	1259	1585	1995
	Mu	1,2E-08	-1,7E-12	-1,8E-10	-3,1E-08	-3,9E-11	-9,5E-08	-6,6E-09	1,3E-07	-7,0E-07	-3,6E-07
	Sigma	1,5E-03	2,7E-03	3,1E-03	3,2E-03	2,8E-03	2,5E-03	1,7E-03	1,8E-03	3,9E-03	3,4E-03
	Nu	1,2E+00	1,5E+00	1,3E+00	1,8E+00	1,8E+00	1,6E+00	2,5E+00	2,1E+00	2,4E+00	2,2E+00
	frekans	2512	3162	3981	5012	6310	7943	10000	12589	15849	19953
	Mu	-8,8E-08	-4,1E-09	3,0E-08	-6,3E-10	-4,5E-08	5,1E-08	8,5E-07	3,9E-08	2,2E-08	1,3E-07
	Sigma	2,4E-03	1,7E-03	1,6E-03	1,5E-03	1,3E-03	1,0E-03	8,1E-04	6,8E-04	5,5E-04	4,3E-04
	Nu	2,0E+00	2,7E+00	2,9E+00	2,4E+00	2,1E+00	2,0E+00	1,8E+00	1,8E+00	1,7E+00	1,7E+00

Çizelge D.8: “Ölçüm Noktası 4” Gürültü Seviyesi En Yüksek Kayıt için 1/3 Oktav Frekans Bantlarında “t location-scale” Dağılımı Parametreleri

4b	frekans	25	32	40	50	63	79	100	126	158	200
	Mu	6,9E-13	-2,0E-07	-3,3E-11	-4,0E-07	-1,6E-07	8,0E-07	-6,4E-07	-2,7E-11	3,5E-08	8,6E-08
	Sigma	1,4E-03	3,6E-03	4,8E-03	6,4E-03	4,7E-03	1,0E-02	8,4E-03	1,1E-02	1,3E-02	7,3E-03
	Nu	2,3E+01	4,4E+01	8,7E+00	2,1E+01	1,3E+01	2,7E+01	9,9E+00	3,4E+01	1,8E+01	1,7E+01
	frekans	251	316	398	501	631	794	1000	1259	1585	1995
	Mu	-6,9E-11	1,4E-07	-1,3E-09	1,4E-07	2,7E-08	3,7E-07	2,6E-08	-2,1E-08	-2,9E-08	-4,6E-07
	Sigma	6,4E-03	5,6E-03	6,1E-03	5,8E-03	8,8E-03	9,7E-03	9,6E-03	7,9E-03	8,1E-03	6,8E-03
	Nu	2,0E+01	2,2E+01	3,3E+01	2,6E+01	1,6E+01	1,8E+01	2,4E+01	1,2E+01	7,4E+00	8,1E+00
	frekans	2512	3162	3981	5012	6310	7943	10000	12589	15849	19953
	Mu	-3,0E-07	-1,1E-08	-5,7E-07	-1,2E-06	-9,1E-07	1,8E-08	-1,2E-06	-2,1E-07	2,3E-07	-2,9E-07
	Sigma	6,0E-03	6,1E-03	5,2E-03	4,9E-03	4,3E-03	3,8E-03	3,2E-03	2,8E-03	2,6E-03	2,2E-03
	Nu	5,8E+00	5,4E+00	5,3E+00	6,1E+00	5,3E+00	4,5E+00	4,1E+00	3,9E+00	3,9E+00	3,7E+00

Çizelge D.9: “Ölçüm Noktası 5” Gürültü Seviyesi En Düşük Kayıt için 1/3 Oktav Frekans Bantlarında “t location-scale” Dağılımı Parametreleri

5a	frekans	25	32	40	50	63	79	100	126	158	200
	Mu	5,6E-11	-8,5E-09	-4,6E-07	2,7E-12	-1,9E-17	6,1E-11	3,0E-11	-2,1E-09	9,1E-14	2,4E-08
	Sigma	2,3E-04	4,5E-04	8,6E-04	7,3E-04	1,1E-03	1,2E-03	1,6E-03	1,9E-03	1,4E-03	1,3E-03
	Nu	7,0E+00	1,7E+01	2,2E+05	2,3E+01	2,5E+01	2,5E+01	2,5E+01	5,7E+00	2,0E+01	3,3E+01
	frekans	251	316	398	501	631	794	1000	1259	1585	1995
	Mu	-6,3E-09	2,5E-08	-2,7E-08	4,1E-09	-6,2E-10	1,0E-08	-4,9E-08	6,6E-09	-4,6E-12	-4,4E-10
	Sigma	1,1E-03	1,2E-03	1,6E-03	1,1E-03	6,7E-04	5,6E-04	4,1E-04	4,1E-04	4,1E-04	3,8E-04
	Nu	4,3E+01	1,0E+01	1,3E+01	8,0E+00	9,0E+00	1,4E+01	1,1E+01	9,7E+00	1,3E+01	1,4E+01
	frekans	2512	3162	3981	5012	6310	7943	10000	12589	15849	19953
	Mu	-7,7E-10	-2,3E-11	-3,0E-10	-1,3E-08	-1,1E-10	-4,4E-09	-2,9E-08	-2,3E-10	-5,2E-09	-4,7E-09
	Sigma	3,6E-04	3,6E-04	3,3E-04	3,0E-04	3,0E-04	2,3E-04	1,9E-04	1,6E-04	1,4E-04	1,2E-04
	Nu	1,7E+01	1,3E+01	1,4E+01	1,3E+01	1,2E+01	1,3E+01	1,0E+01	1,0E+01	9,0E+00	8,1E+00

Çizelge D.10: “Ölçüm Noktası 5” Gürültü Seviyesi En Yüksek Kayıt için 1/3 Oktav Frekans Bantlarında “t location-scale” Dağılımı Parametreleri

5b	frekans	25	32	40	50	63	79	100	126	158	200
	Mu	-1,2E-10	3,5E-10	-3,9E-10	-1,5E-10	-7,7E-08	-1,2E-08	-1,3E-07	9,4E-09	-3,3E-07	1,0E-07
	Sigma	2,0E-03	2,6E-03	5,6E-03	3,4E-03	4,9E-03	9,5E-03	7,2E-03	6,6E-03	5,6E-03	6,2E-03
	Nu	3,6E+00	3,3E+01	6,6E+00	3,4E+06	2,0E+06	1,8E+01	3,3E+01	1,8E+01	2,3E+01	1,8E+01
	frekans	251	316	398	501	631	794	1000	1259	1585	1995
	Mu	-5,8E-08	-2,5E-06	-4,9E-09	-1,4E-07	-1,3E-07	2,1E-08	1,1E-08	3,7E-08	5,1E-09	-1,3E-07
	Sigma	6,7E-03	8,6E-03	5,8E-03	3,7E-03	5,7E-03	5,0E-03	5,5E-03	4,5E-03	3,2E-03	2,4E-03
	Nu	8,0E+00	4,1E+05	1,8E+01	1,7E+01	2,6E+01	6,4E+00	1,2E+01	7,0E+00	1,1E+01	9,0E+00
	frekans	2512	3162	3981	5012	6310	7943	10000	12589	15849	19953
	Mu	2,3E-09	-1,7E-08	-5,3E-09	5,2E-07	1,1E-09	1,3E-07	1,7E-07	2,0E-08	5,5E-07	6,2E-08
	Sigma	3,0E-03	2,8E-03	2,1E-03	2,0E-03	2,0E-03	1,4E-03	1,2E-03	9,9E-04	8,8E-04	7,8E-04
	Nu	7,3E+00	5,9E+00	6,6E+00	4,9E+00	4,8E+00	5,1E+00	5,1E+00	4,9E+00	4,7E+00	4,4E+00

Çizelge D.11: “Ölçüm Noktası 6” Gürültü Seviyesi En Düşük Kayıt için 1/3 Oktav Frekans Bantlarında “t location-scale” Dağılımı Parametreleri

6a	frekans	25	32	40	50	63	79	100	126	158	200
	Mu	-1,1E-14	1,6E-15	1,6E-07	-6,0E-12	-4,5E-07	-3,0E-07	4,1E-08	2,8E-07	2,6E-07	1,4E-10
	Sigma	6,4E-04	8,9E-04	8,2E-04	2,5E-03	2,7E-03	2,6E-03	2,9E-03	4,0E-03	5,5E-03	3,4E-03
	Nu	1,3E+01	2,9E+06	1,7E+01	2,4E+01	5,0E+01	6,0E+01	2,8E+01	1,3E+01	2,3E+01	3,3E+01
	frekans	251	316	398	501	631	794	1000	1259	1585	1995
	Mu	-6,9E-10	-2,7E-09	-2,6E-08	-7,2E-08	-7,6E-09	-8,1E-08	-9,5E-11	3,1E-09	4,8E-10	4,5E-09
	Sigma	2,5E-03	1,8E-03	2,0E-03	2,6E-03	2,1E-03	2,1E-03	1,9E-03	1,8E-03	1,9E-03	2,0E-03
	Nu	1,9E+01	4,8E+01	1,2E+03	5,4E+01	1,6E+02	4,7E+01	1,0E+02	5,1E+01	2,4E+01	6,6E+01
	frekans	2512	3162	3981	5012	6310	7943	10000	12589	15849	19953
	Mu	-5,0E-09	2,8E-09	1,4E-10	-8,4E-10	1,6E-09	-3,2E-08	-6,1E-08	-5,3E-10	-1,3E-08	2,8E-08
	Sigma	1,8E-03	1,6E-03	1,3E-03	1,0E-03	8,7E-04	6,9E-04	6,0E-04	5,8E-04	5,5E-04	3,9E-04
	Nu	3,7E+01	4,8E+01	2,8E+01	2,3E+01	1,8E+01	1,2E+01	8,5E+00	7,7E+00	5,9E+00	4,9E+00

Çizelge D.12: “Ölçüm Noktası 6” Gürültü Seviyesi En Yüksek Kayıt için 1/3 Oktav Frekans Bantlarında “t location-scale” Dağılımı Parametreleri

6b	frekans	25	32	40	50	63	79	100	126	158	200
	Mu	1,3E-08	2,2E-06	-1,7E-09	-1,1E-07	2,0E-07	1,6E-08	-1,0E-07	-1,2E-09	-1,9E-07	-1,9E-08
	Sigma	1,5E-03	1,2E-03	1,7E-03	2,7E-03	2,1E-03	5,5E-03	7,8E-03	6,3E-03	6,5E-03	5,2E-03
	Nu	8,6E-01	7,3E-01	1,3E+00	2,1E+00	2,7E+00	6,4E+00	2,9E+01	6,9E+01	3,1E+01	7,2E+01
	frekans	251	316	398	501	631	794	1000	1259	1585	1995
	Mu	2,2E-08	8,6E-08	-4,5E-07	-7,1E-08	-4,0E-09	-2,6E-08	4,4E-08	1,1E-07	-3,1E-08	-2,7E-09
	Sigma	4,0E-03	4,8E-03	5,7E-03	5,3E-03	6,2E-03	5,6E-03	5,7E-03	6,1E-03	5,6E-03	5,5E-03
	Nu	1,5E+01	6,8E+01	3,2E+01	2,7E+01	4,9E+01	3,4E+01	2,7E+01	4,2E+01	5,3E+01	2,6E+01
	frekans	2512	3162	3981	5012	6310	7943	10000	12589	15849	19953
	Mu	-1,0E-08	-4,2E-09	-2,2E-09	5,7E-09	5,5E-10	5,2E-09	-1,9E-07	-9,8E-08	-2,4E-07	-6,5E-08
	Sigma	4,9E-03	4,3E-03	3,8E-03	2,8E-03	2,3E-03	2,1E-03	1,8E-03	1,5E-03	1,3E-03	9,0E-04
	Nu	2,7E+01	2,5E+01	1,7E+01	1,3E+01	1,5E+01	1,6E+01	1,4E+01	1,1E+01	8,2E+00	7,7E+00

Çizelge D.13: “Ölçüm Noktası 7” Gürültü Seviyesi En Düşük Kayıt için 1/3 Oktav Frekans Bantlarında “t location-scale” Dağılımı Parametreleri

7a	frekans	25	32	40	50	63	79	100	126	158	200
	Mu	-1,1E-07	4,2E-08	1,6E-06	-8,7E-12	-8,2E-08	-5,7E-07	-1,1E-08	-2,4E-07	-4,6E-09	8,9E-09
	Sigma	5,6E-04	5,3E-04	8,2E-04	1,2E-03	1,0E-03	1,0E-03	1,0E-03	8,8E-04	7,9E-04	7,6E-04
	Nu	7,5E+05	5,8E+06	1,3E+04	3,7E+06	2,6E+06	1,9E+05	1,0E+06	2,1E+05	2,2E+06	2,1E+02
	frekans	251	316	398	501	631	794	1000	1259	1585	1995
	Mu	-5,3E-08	4,0E-08	-6,1E-07	7,7E-08	-9,4E-07	3,1E-08	-4,5E-10	-5,1E-09	1,1E-09	5,6E-08
	Sigma	7,4E-04	7,0E-04	8,0E-04	1,3E-03	8,9E-04	6,5E-04	5,6E-04	4,8E-04	4,2E-04	4,3E-04
	Nu	2,6E+06	1,0E+02	1,1E+04	4,8E+06	6,3E+03	1,7E+06	2,0E+03	4,0E+02	3,5E+02	3,8E+01
	frekans	2512	3162	3981	5012	6310	7943	10000	12589	15849	19953
	Mu	-2,9E-08	-4,1E-10	5,7E-09	-1,7E-11	-1,2E-08	3,1E-09	-4,2E-08	-2,5E-09	2,0E-08	-5,7E-09
	Sigma	4,3E-04	5,0E-04	5,0E-04	4,2E-04	3,1E-04	2,3E-04	1,9E-04	1,4E-04	1,0E-04	6,4E-05
	Nu	4,8E+01	4,7E+01	2,4E+01	1,9E+01	1,5E+01	4,2E+00	3,3E+00	4,6E+00	6,6E+00	5,3E+00

Çizelge D.14: “Ölçüm Noktası 7” Gürültü Seviyesi En Yüksek Kayıt için 1/3 Oktav Frekans Bantlarında “t location-scale” Dağılımı Parametreleri

7b	frekans	25	32	40	50	63	79	100	126	158	200
	Mu	-1,1E-10	1,2E-07	-9,3E-07	1,3E-07	-2,4E-07	7,5E-09	-2,9E-07	9,5E-11	-7,4E-09	-5,2E-08
	Sigma	5,5E-04	5,4E-04	8,3E-04	7,3E-04	8,5E-04	1,9E-03	1,4E-03	1,8E-03	1,1E-03	9,8E-04
	Nu	1,4E+06	2,8E+06	6,1E+04	5,8E+01	3,4E+01	1,4E+01	1,5E+06	5,1E+06	3,1E+02	8,9E+05
	frekans	251	316	398	501	631	794	1000	1259	1585	1995
	Mu	7,9E-08	1,7E-08	5,9E-09	1,4E-09	2,9E-08	-2,5E-09	3,8E-08	-8,4E-09	-1,3E-09	1,7E-09
	Sigma	9,8E-04	8,4E-04	9,1E-04	1,4E-03	9,9E-04	7,0E-04	6,3E-04	5,2E-04	4,8E-04	4,7E-04
	Nu	2,4E+06	6,1E+05	2,6E+03	1,4E+02	8,8E+05	7,8E+04	7,2E+05	1,6E+05	1,5E+02	1,8E+01
	frekans	2512	3162	3981	5012	6310	7943	10000	12589	15849	19953
	Mu	-4,8E-10	-2,0E-09	4,0E-10	3,2E-09	6,0E-10	3,4E-10	1,5E-08	-2,4E-10	-1,3E-08	-3,6E-09
	Sigma	4,7E-04	5,0E-04	4,9E-04	4,2E-04	3,1E-04	2,2E-04	1,8E-04	1,5E-04	1,1E-04	6,0E-05
	Nu	4,5E+01	5,2E+01	2,8E+01	2,5E+01	1,8E+01	1,3E+01	6,7E+00	7,2E+00	6,1E+00	5,0E+00

Çizelge D.15: “Ölçüm Noktası 8” Gürültü Seviyesi En Düşük Kayıt için 1/3 Oktav Frekans Bantlarında “t location-scale” Dağılımı Parametreleri

8a	frekans	25	32	40	50	63	79	100	126	158	200
	Mu	-6,0E-10	2,7E-20	1,1E-07	3,2E-10	5,0E-11	-1,2E-08	-4,9E-08	7,2E-08	2,1E-08	-1,6E-09
	Sigma	1,8E-03	1,1E-03	8,6E-04	7,9E-04	7,5E-04	8,3E-04	7,8E-04	6,5E-04	5,9E-04	6,2E-04
	Nu	2,1E+01	9,0E+00	1,3E+01	2,9E+01	2,0E+01	3,7E+02	1,1E+02	8,5E+00	7,1E+00	1,1E+01
	frekans	251	316	398	501	631	794	1000	1259	1585	1995
	Mu	1,3E-08	-6,7E-09	3,7E-09	1,3E-08	1,2E-09	-1,3E-09	2,7E-09	-8,7E-09	-2,8E-09	8,7E-10
	Sigma	8,6E-04	6,7E-04	5,6E-04	5,8E-04	5,9E-04	5,3E-04	4,8E-04	4,4E-04	5,3E-04	7,1E-04
	Nu	1,8E+01	5,5E+03	1,4E+02	2,5E+02	8,8E+01	8,9E+01	6,4E+02	3,9E+01	3,2E+01	2,5E+01
	frekans	2512	3162	3981	5012	6310	7943	10000	12589	15849	19953
	Mu	-4,7E-09	5,6E-09	7,6E-09	4,7E-10	-2,3E-08	1,9E-09	1,8E-08	3,8E-08	-2,4E-08	1,1E-08
	Sigma	9,7E-04	1,2E-03	1,2E-03	1,1E-03	9,2E-04	7,7E-04	6,6E-04	5,2E-04	4,0E-04	2,7E-04
	Nu	3,1E+01	2,6E+01	2,0E+01	1,6E+01	1,7E+01	1,5E+01	1,4E+01	1,3E+01	1,1E+01	7,1E+00

Çizelge D.16: “Ölçüm Noktası 8” Gürültü Seviyesi En Yüksek Kayıt için 1/3 Oktav Frekans Bantlarında “t location-scale” Dağılımı Parametreleri

8b	frekans	25	32	40	50	63	79	100	126	158	200
	Mu	-1,0E-09	3,3E-11	7,5E-09	1,6E-08	1,0E-12	-2,0E-08	-1,3E-08	1,4E-13	7,5E-08	4,0E-09
	Sigma	8,8E-04	5,9E-04	4,6E-04	5,2E-04	6,7E-04	8,2E-04	6,4E-04	5,9E-04	6,0E-04	5,5E-04
	Nu	2,2E+01	3,2E+01	8,4E+00	2,8E+06	4,2E+01	1,5E+02	3,6E+01	8,8E+00	6,6E+00	7,5E+00
	frekans	251	316	398	501	631	794	1000	1259	1585	1995
	Mu	-9,9E-10	2,2E-10	-6,7E-10	1,2E-08	-2,1E-07	-4,4E-08	-2,4E-08	-2,3E-07	-5,0E-08	5,3E-09
	Sigma	5,7E-04	5,5E-04	5,6E-04	5,6E-04	5,7E-04	5,3E-04	5,0E-04	4,5E-04	5,5E-04	7,3E-04
	Nu	8,8E+00	2,2E+01	2,3E+01	2,8E+01	9,4E+00	9,7E+00	5,3E+00	3,9E+00	4,4E+00	1,8E+01
	frekans	2512	3162	3981	5012	6310	7943	10000	12589	15849	19953
	Mu	-1,8E-13	-9,2E-08	-4,4E-09	5,0E-09	6,8E-10	-1,5E-09	-1,9E-08	-5,9E-10	7,8E-09	-1,3E-08
	Sigma	1,0E-03	1,2E-03	1,2E-03	1,1E-03	9,1E-04	7,6E-04	6,6E-04	5,3E-04	4,2E-04	2,7E-04
	Nu	2,2E+01	2,3E+01	1,9E+01	1,7E+01	1,8E+01	1,5E+01	1,3E+01	1,2E+01	1,1E+01	7,1E+00

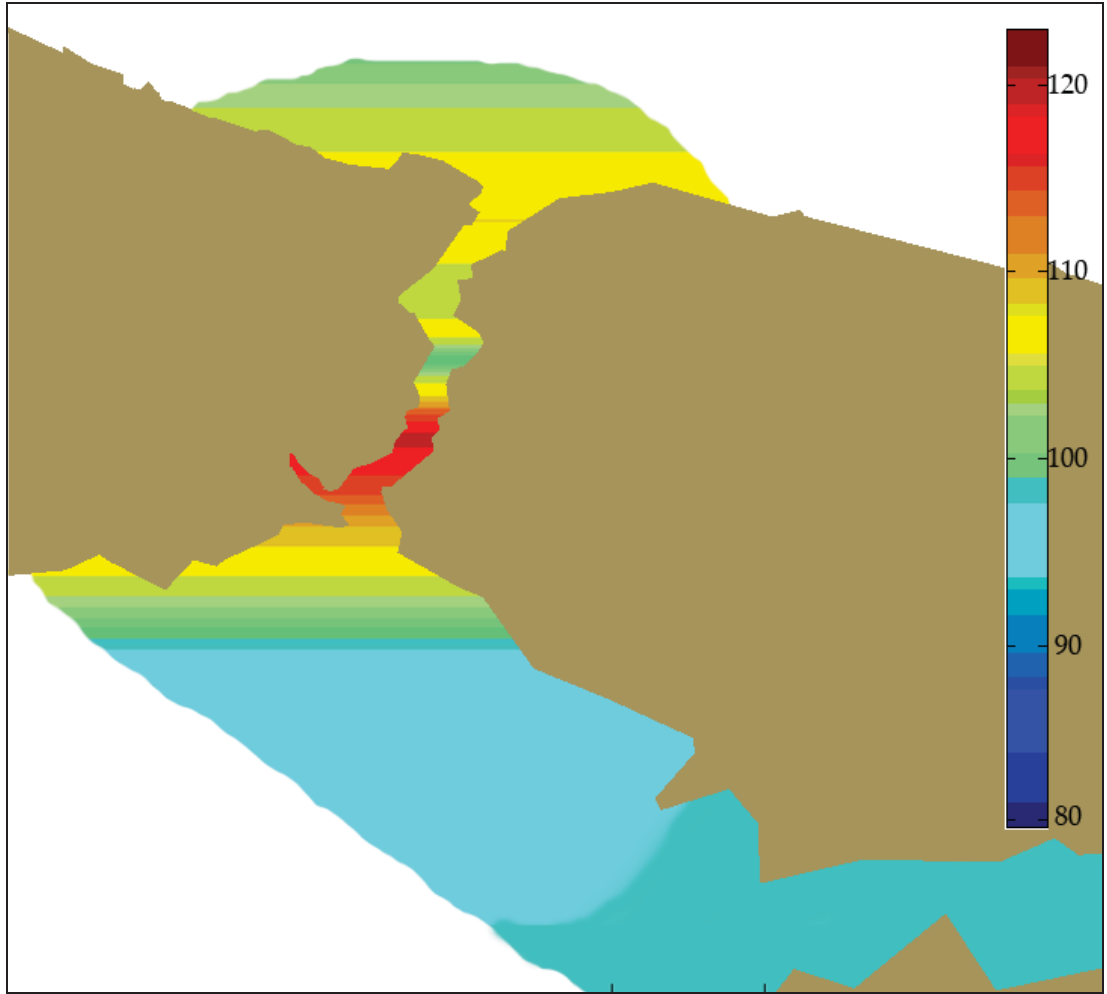
Çizelge D.17: “Ölçüm Noktası 9” Gürültü Seviyesi En Düşük Kayıt için 1/3 Oktav Frekans Bantlarında “t location-scale” Dağılımı Parametreleri

9a	frekans	25	32	40	50	63	79	100	126	158	200
	Mu	-8,8E-07	2,2E-07	-5,2E-06	-2,0E-13	-9,1E-08	2,6E-08	-1,7E-07	-9,8E-09	3,8E-08	-4,2E-08
	Sigma	2,3E-03	6,2E-03	5,5E-03	2,6E-03	2,5E-03	1,5E-03	1,4E-03	1,2E-03	7,9E-04	8,0E-04
	Nu	4,8E+05	6,5E+05	9,1E+04	1,1E+01	8,5E+01	2,8E+01	1,4E+01	3,9E+01	1,7E+01	1,6E+01
	frekans	251	316	398	501	631	794	1000	1259	1585	1995
	Mu	8,2E-09	1,1E-10	-4,2E-11	2,1E-09	1,2E-08	-9,3E-10	4,6E-09	-6,8E-11	-6,7E-08	-1,5E-08
	Sigma	7,2E-04	6,4E-04	7,7E-04	8,1E-04	7,4E-04	5,5E-04	4,3E-04	3,1E-04	2,6E-04	2,5E-04
	Nu	4,9E+01	1,4E+01	1,1E+01	7,7E+00	5,0E+00	3,0E+00	4,0E+00	2,1E+00	2,0E+00	2,2E+00
	frekans	2512	3162	3981	5012	6310	7943	10000	12589	15849	19953
	Mu	3,4E-08	5,7E-08	1,1E-08	-3,3E-08	5,3E-08	1,1E-09	1,5E-08	7,2E-11	-7,3E-09	1,7E-09
	Sigma	2,5E-04	2,7E-04	2,8E-04	2,6E-04	1,9E-04	1,4E-04	1,1E-04	7,9E-05	5,6E-05	3,7E-05
	Nu	2,2E+00	2,7E+00	3,7E+00	4,7E+00	4,2E+00	5,5E+00	8,0E+00	7,6E+00	6,0E+00	4,8E+00

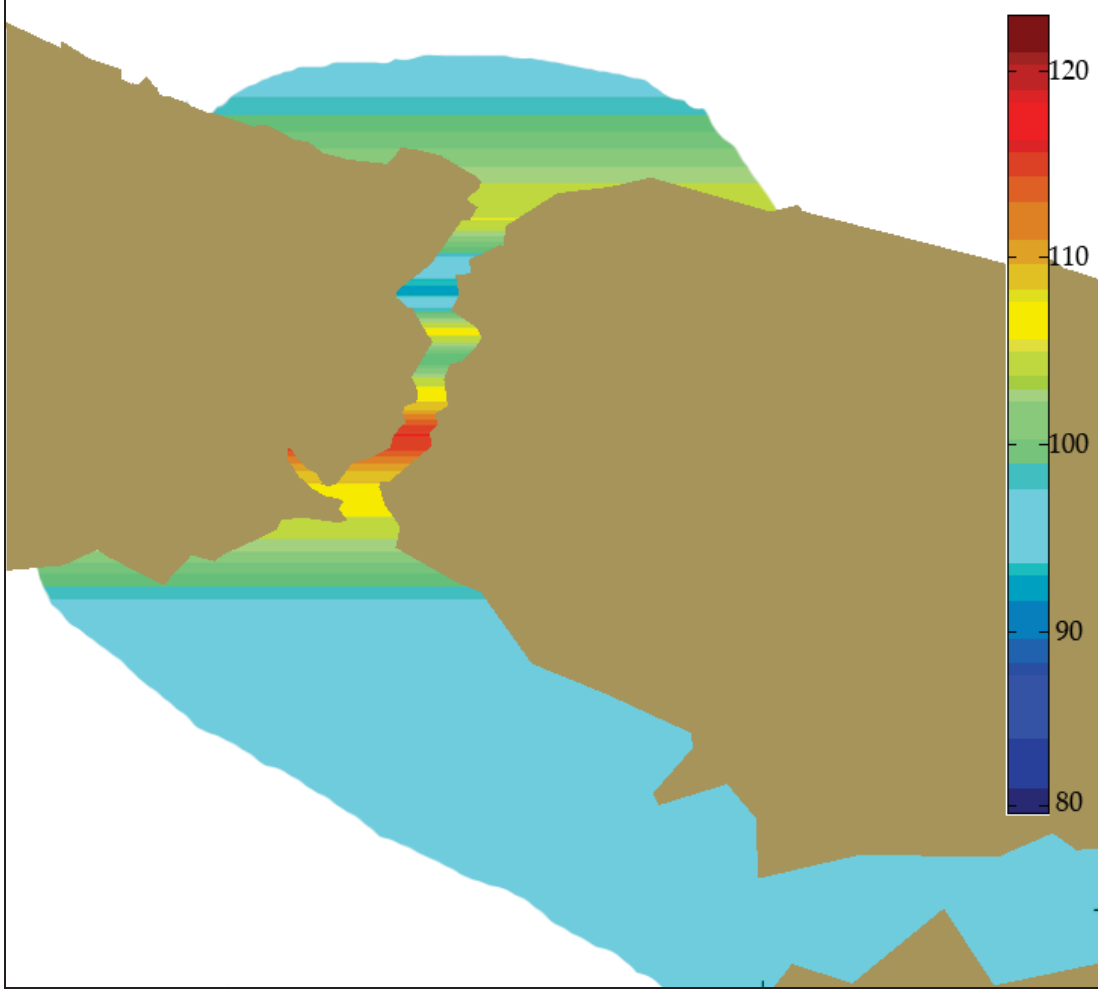
Çizelge D.18: “Ölçüm Noktası 9” Gürültü Seviyesi En Yüksek Kayıt için 1/3 Oktav Frekans Bantlarında “t location-scale” Dağılımı Parametreleri

9b	frekans	25	32	40	50	63	79	100	126	158	200
	Mu	2,8E-06	7,0E-14	-4,3E-07	1,2E-07	-6,3E-07	1,9E-10	1,8E-14	-7,3E-08	5,0E-09	4,2E-07
	Sigma	4,3E-03	6,7E-03	4,6E-03	3,5E-03	3,9E-03	2,7E-03	1,9E-03	2,1E-03	2,6E-03	2,3E-03
	Nu	2,2E+05	2,0E+01	7,1E+05	8,6E+05	1,8E+01	2,4E+01	1,3E+01	2,2E+01	2,0E+01	1,2E+01
	frekans	251	316	398	501	631	794	1000	1259	1585	1995
	Mu	-1,2E-07	8,0E-08	4,2E-08	8,8E-08	-5,4E-07	-1,5E-07	-8,9E-09	-2,4E-07	1,9E-09	2,2E-08
	Sigma	2,2E-03	2,0E-03	2,3E-03	2,5E-03	2,4E-03	2,0E-03	1,6E-03	1,4E-03	1,4E-03	1,4E-03
	Nu	2,2E+01	2,4E+01	1,1E+01	1,2E+01	1,1E+01	9,2E+00	1,1E+01	8,2E+00	6,7E+00	4,0E+00
	frekans	2512	3162	3981	5012	6310	7943	10000	12589	15849	19953
	Mu	-2,3E-07	-6,1E-07	3,8E-07	-6,8E-09	2,4E-07	1,3E-07	-3,4E-08	6,7E-08	1,3E-08	-2,5E-08
	Sigma	1,3E-03	1,2E-03	1,1E-03	8,3E-04	6,0E-04	4,5E-04	3,5E-04	2,8E-04	2,2E-04	1,7E-04
	Nu	3,5E+00	3,8E+00	3,0E+00	2,5E+00	2,3E+00	2,7E+00	2,7E+00	2,4E+00	3,0E+00	2,4E+00

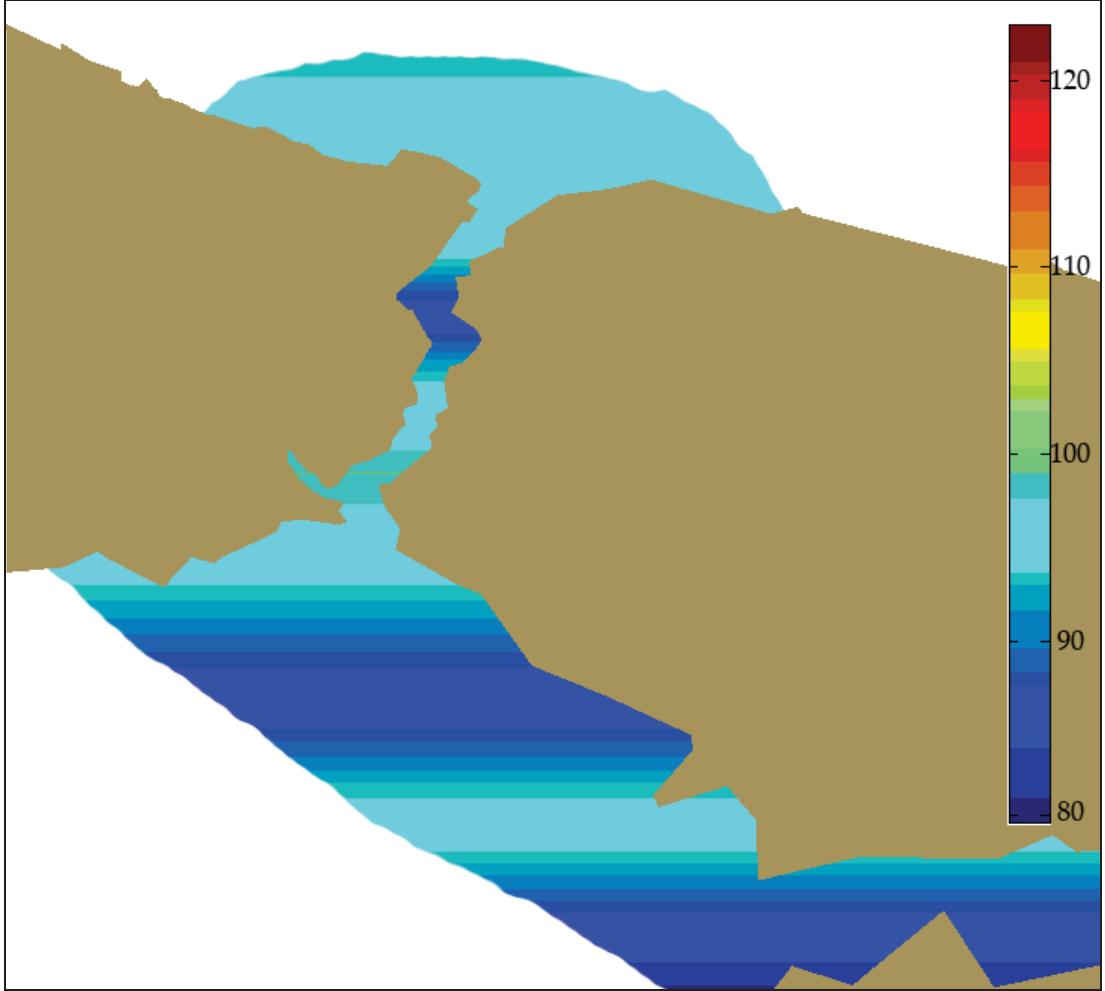
EK E



Şekil E.1: Alçak Frekans Gürültü Haritası (1/3 Oktav 100 Hz)



Şekil E.2: Orta Frekans Gürültü Haritası (1/3 Oktav 1000 Hz)



Şekil E.3: Yüksek Frekans Gürültü Haritası (1/3 Oktav 10 kHz)

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad: Ufuk Ülüğ

Doğum Yeri ve Tarihi: Malkara 08.08.1984

Lisans Üniversitesi: İstanbul Teknik Üniversitesi

Yayın Listesi:

- 1) **U. Ülüğ**, M. Haklıdır, S. Körük, R. Çaputçu, N. Sarı, “Denizaltılarda Akustik Aldatıcı Karıştırıcı Kullanımı ve Bir Simülatör Uygulaması”, *Ulusal Savunma Uygulamaları Modelleme ve Simülasyon Konferansı(USMOS2009)*, Ankara, Türkiye, Haziran 2009.
- 2) **U. Ülüğ**, T. Akgül, C. Gezer, “Ambient Noise Measurements in the Strait of Istanbul”, *Proceedings of the Institute of Acoustics*, vol.30, pt.5, 2008.
- 3) C. Gezer, T. Akgül, **U. Ülüğ**, “Sualtı Veri Toplama ve İletimi Sistemi”, *İletişim Teknolojileri ve Uygulamaları Sempozyumu (ITUSEM)*, Adana, Türkiye, Ekim 2007.
- 4) **U. Ülüğ**, T. Akgül, “Sualtı Akustik Sayısal Veri İletim Sistemi”, *IEEE 15. Sinyal İşleme ve İletişim Uygulamaları Kurultayı (IEEE-SIU)*, Eskişehir, Türkiye, Haziran 2007.
- 5) S. Baykut, Ş. Direk, C. Gezer, **U. Ülüğ**, T. Akgül, “Sualtı Ortam Gürültüsü Ölçüm ve Kayıt Sistemi”, *SIU2007 Sinyal İşleme ve İletişim Uygulamaları Konferansı*, Eskişehir, Türkiye, Haziran 2007.
- 6) **U. Ülüğ**, T. E. Özkurt, T. Akgül, “Bispectrum Mel-frequency Cepstrum Coefficients for Robust Speaker Identification”, *Workshop on Non Linear Speech Processing (NOLISP’07)*, May 2007, Paris, France.

■