İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KUMSAL EKOSİSTEMİNE DALGALARIN ETKİSİNİN İNCELENMESİ

DOKTORA TEZİ

Esin BOZKURT

Anabilim Dalı : Kıyı Bilimleri ve Mühendisliği

Programı : Kıyı Bilimleri ve Mühendisliği

ARALIK 2010

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KUMSAL EKOSİSTEMİNE DALGALARIN ETKİSİNİN İNCELENMESİ

DOKTORA TEZİ

Esin BOZKURT
(517042001)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 14 Eylül 2010
Tezin Savunulduğu Tarih : 17 Aralık 2010

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Sedat KABDAŞLI (İTÜ)
Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Beyhan YEĞEN (İTÜ)
Doç. Dr. Emel İRTEM (Balıkesir Ü)
Prof.Dr. Ayşegül TANIK (İTÜ)
Prof.Dr. Cem AVCI (Boğaziçi Ü)

ARALIK 2010

ÖNSÖZ

Ders, doktora projesi ve tez çalışmalarım süresince yardımını esirgemeyen tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Sedat KABDAŞLI başta olmak üzere, tez izleme komitesi üyesi Sayın Prof. Dr. Beyhan YEĞEN ve Sayın Doç. Dr. Emel İRTEM'e

Literatür araştırmamda ve tezimin İ.T.Ü. yazım kurallarına uygun olmasında yardım eden Ögr. Gör. Dr. Nilay ELGİNÖZ'e,

İstanbul Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi Kütüphanesi kaynakları için Yrd. Doç. Dr. Hüsamettin BALKIS'a

İ.T.Ü. Hidrolik laboratuvarındaki deneylerimde kullandığım Oksijenmetre cihazının bilgisayarı için Yük. Müh. Evren VAROL'a, laboratuvardaki yardımlarından dolayı Tekniker Hasan YALÇIN'a ve cihazın finansman kaynağı olan İ.T.Ü. Doktora Projesi'ndeki yadımlarından dolayı İ.T.Ü. Bilimsel Araştırma Proje Birimi çalışanlarına,

İ.T.Ü. Kıyı Bilimleri ve Mühendisliği, İnşaat Mühendisliği Hidrolik ve Su Kaynakları Mühendisliği ve Çevre Mühendisliği Laboratuvarları'nın destek olan tüm Öğretim Üyeleri ve Araştırma Görevlilerine, Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü ve Mustafa İnan Kütüphanesi çalışanlarına ve arkadaşlarıma teşekkür ediyorum.

Saygılarımla,

Aralık 2010

Esin BOZKURT

(Çevre Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ ..... **vii**
İÇİNDEKİLER ..... **vii**
KISALTMALAR ..... **ix**
ÇİZELGE LİSTESİ ..... **xi**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **xiii**
SEMBOL LİSTESİ ..... **xvii**
ÖZET ..... **xix**
SUMMARY ..... **xxi**
1. GİRİŞ **1**
2. KUMSAL EKOSİSTEMİNİN CANSIZ (ABİYOTİK) BİLEŞENLERİ **5**
2.1 Saf Suyun Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri 5
2.2 Deniz Suyunun Kimyasal Yapısı 5
2.2.1 Tuzluluk 7
2.2.2 Çözünmüş gazlar 7
2.2.3 Asidik ve bazik özellikleri 8
2.2.4 Besleyici elementler 8
2.3 Deniz Suyunun Fiziksel Özellikleri 9
2.4 Gelgit 10
2.5 Dalga 11
2.5.1 Enerji 11
2.5.2 Dalga kırılması 12
2.5.3 Sediment hareketi 15
2.6 Kumsal Eğimi ve Sediment Özellikleri 15
3. KUMSAL EKOSİSTEMİNİN CANLI (BİYOTİK) BİLEŞENLERİ **17**
3.1 Sahil Bölgesi Yaşamına Uyum 18
3.1.1 Su kaybına dayanma 18
3.1.2 Isı dengesinin korunması 19
3.1.3 Tuzluluk 19
3.1.4 Hidrodinamik etki 19
3.1.5 Solunum 19
3.1.6 Beslenme 20
3.1.7 Üreme 20
3.2 Kumluk Sahillerde Canlılar 20
3.2.1 Kumluk sahillerde hayvan türleri 20
3.2.2 Kumsalın yüksekliğine bağlı hayvan türlerinin dağılımı 22
3.2.2.1 Plaj gerisindeki hayvan türleri 22
3.2.2.2 Plaj önü bölgesindeki hayvan türleri 23
3.2.3 Hayvan türlerinin birbirlerine etkilerine göre sınıflandırılması 24
3.2.4 Hayvan türlerinin büyüklüklerine göre sınıflandırılması 24
3.2.4.1 Mikro fauna 24

3.2.4.2 Meiofauna 24
3.2.4.3 Makrofauna 25
3.2.5 Hayvan türlerinin çevresel etkilere toleranslarına göre sınıflandırılması . 26
3.3 Kumluk Sahillerde Bitki Örtüsü 26
3.3.1 Fitoplankton 26
3.3.2 Bentik bitkiler 27
3.4 Gelgit Düzlüğü Canlıları 29
4. KUMSAL EKOSİSTEMİNE DALGALARIN ETKİSİ 35
4.1 Kumsal Canlılarının Beslenmesi 35
4.2 Kumsal Özellikleri 36
4.3 Kumsaldaki Canlıların Yaşam Ortamları 37
4.4 Deniz Suyu Kalitesi 38
4.5 Kumsaldaki Canlılığı Etkileyen Parametre: Çözünmüş Oksijen 39
4.6 Çözünmüş Oksijen Değişiminin Hesaplanması Yöntemleri 42
5. DENEYSEL ÇALIŞMA 45
5.1 Deney Sistemi 45
5.1.1 Deney kanalı ve dalga üretici sistem 45
5.1.2 Deneylerde tuzluluk ve sıcaklığın ölçülmesi 46
5.1.3 Deneylerde kullanılan çözünmüş oksijen ölçüm sistemi 47
5.1.4 Deneylerde kullanılan kumun özellikleri 48
5.2 Aynı Dalga Özelliklerinde Sabit Konumda Yapılan Deneyler 53
5.3 Aynı Dalga Özelliklerinde Hareketli Ölçüm Yapılan Deneyler 68
5.4 Farklı Özelliklerdeki Dalgalar ile Hareketli Ölçüm Yapılan Deneyler 76
5.4.1 Boyut Analizi 90
6. SONUÇLAR 95
6.1 Sonuçların Değerlendirilmesi 102
KAYNAKLAR 105
ÖZGEÇMİŞ 105

KISALTMALAR

SEH **:** Swash Exclusion Hypothesis (Kumsaldaki makro fauna dağılımında dalga tırmanmasının en önemli etken olduğu hipotezi)

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Denizdeki canlı yaşamı için temel elementler. 6
Çizelge 2.2 : Atmosferde ve deniz suyunda bulunan başlıca gazlar. 8
Çizelge 5.1 : Wentworth tane çapı sınıflandırması. 49
Çizelge 5.2 : Deney kanalı kumunun elek analizi. 49
Çizelge 5.3 : Ölçümlerin konumsal ve dalga özellikleri. 52
Çizelge 5.4 : Düşey doğrultu numaralarının kıyıya uzaklığı. 53
Çizelge 5.5 : Düşey doğrultu numaralarının derinliğe bağlı ölçüm noktaları. 53
Çizelge 5.6 : Sudaki oksijen kazanımı. 76
Çizelge 5.7 : Deneylerdeki dalga özellikleri. 76
Çizelge 5.8 : Deneylerdeki dalga özelliklerine bağlı toplam katı madde hareketi.....90

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : Kumsal profilinde dalganın kum taneleri arasından sızması ile etkilenen hareketli bölge. 3
Şekil 2.1 : Kıyı bölgeleri..... 11
Şekil 2.2 : Spilling, plunging, collapsing ve surging olarak isimlendirilen kırılma tipleri. 14
Şekil 2.3 : Kumsal eğimi, sediment ve dalga özellikleri değişimi. 16
Şekil 2.4 : Kumsal içine ışığın nüfuz etmesi..... 16
Şekil 3.1 : Sahil bölgesindeki tür çeşitliliği. 17
Şekil 3.2 : Bazı sahil canlılarında su kayıplarına uyum mekanizması. 18
Şekil 3.3 : Danimarka'da Neva Körfezi'nde 5 siliyat türünün dağılımında oksido-redüksiyon profili. 21
Şekil 3.4 : Sediment boyutuna eşdeğer büyüklükteki canlılar. 22
Şekil 3.5 : Kum partikül büyüklüğüne ve dalgaya bağlı olarak kumsallardaki canlı dağılımı. 23
Şekil 3.6 : *Convoluta* 25
Şekil 3.7 : *Diatom , Dinoflagellata* ve *Phytoflagellata* (fitoplankton cinsleri) 26
Şekil 3.8 : *Zostera* (deniz yosunu cinsi) ve *Ruppia* (deniz bitkisi cinsi) 27
Şekil 3.9 : Sedimentte yaşam bölgeleri. 28
Şekil 3.10 : Gelgit düzlüğü canlıları. 29
Şekil 3.11 : Dört zooplankton türünün yataydaki dağılımı. 31
Şekil 3.12 : *Emerita* ve *Donax* türlerinin dalga ile yer değiştirme aşamaları 33
Şekil 4.1: Dört farklı sedimentin, bitkili ve bitkisiz kısımlarındaki, derinliğe bağlı oksijen doygunluk (%) değerleri 41
Şekil 4.2 : Derin deniz bentik katmanlarındaki oksijen değerleri 41
Şekil 4.3 : İki paralel plaka arasındaki akım 42
Şekil 4.4 : Derinliğe bağlı çözünmüş oksijen konsantrasyonu ve hız değişimi 43
Şekil 5.1 : Dalga monitörü, A/D dönüştürücü kart 46
Şekil 5.2 : Tuzluluk ve sıcaklık ölçüm cihazı 46
Şekil 5.3 : Limnimetreye bağlı çözünmüş oksijen mikro algılayıcı ve dönüştürücü. 47
Şekil 5.4 : Oksijen mikro algılayıcı için kullanılan parçalar 48
Şekil 5.5 : Çekerocak, tartı ve deiyonize su cihazı..... 48
Şekil 5.6 : Deney düzeneği. 50
Şekil 5.7 : Deney kanalı. 51
Şekil 5.8 : Deney numaralarının ifade ettiği ölçüm konumları. 52
Şekil 5.9 : D4K15 Nolu deney. 54
Şekil 5.10 : D4K10 Nolu deney. 54
Şekil 5.11 : D4K5 Nolu deneyin başlangıcı. 55
Şekil 5.12 : D4K5 Nolu deney. 55
Şekil 5.13 : D4K5 Nolu deneyde dalga etkisi. 55
Şekil 5.14 : D4K0 nolu deney. 56
Şekil 5.15 : D4K20 nolu deney. 56
Şekil 5.16 : D3K10 nolu deney. 57

Şekil 5.17 : D3K10 nolu deneyde dalga kırılması. 57
Şekil 5.18 : Şevin 55cm sediment derinliği olan D4 nolu düşey doğrultusundaki ölçümler. 58
Şekil 5.19 : Şevin 40cm sediment derinliği olan D1 nolu düşey doğrultusundaki ölçümler. 58
Şekil 5.20 : Şevin 45cm sediment derinliği olan D2 nolu düşey doğrultusundaki ölçümler. 59
Şekil 5.21 : Şevin 50cm sediment derinliği olan D3 nolu düşey doğrultusundaki ölçümler. 59
Şekil 5.22 : Şevin 60cm sediment derinliği olan D5 nolu düşey doğrultusundaki ölçümler. 60
Şekil 5.23 : Şevin 65cm sediment derinliği olan D6 nolu düşey doğrultusundaki ölçümler. 60
Şekil 5.24 : Şevin 70cm sediment derinliği olan D7 nolu düşey doğrultusundaki ölçümler. 61
Şekil 5.25 : Şevin 40cm sediment derinliği olan D1 nolu düşey doğrultusundaki oksijen konsantrasyonlarının başlangıç ve son değerleri. 61
Şekil 5.26 : Şevin 45cm sediment derinliği olan D2 nolu düşey doğrultusundaki oksijen konsantrasyonlarının başlangıç ve son değerleri. 62
Şekil 5.27 : Şevin 50cm sediment derinliği olan D3 nolu düşey doğrultusundaki oksijen konsantrasyonlarının başlangıç ve son değerleri. 62
Şekil 5.28 : Şevin 55cm sediment derinliği olan D4 nolu düşey doğrultusundaki oksijen konsantrasyonlarının başlangıç ve son değerleri. 62
Şekil 5.29 : Şevin 60cm sediment derinliği olan D5 nolu düşey doğrultusundaki oksijen konsantrasyonlarının başlangıç ve son değerleri. 63
Şekil 5.30 : Şevin 65cm sediment derinliği olan D6 nolu düşey doğrultusundaki oksijen konsantrasyonlarının başlangıç ve son değerleri. 63
Şekil 5.31 : Şevin 70cm sediment derinliği olan D7 nolu düşey doğrultusundaki oksijen konsantrasyonlarının başlangıç ve son değerleri. 64
Şekil 5.32 : D1 nolu düşey doğrultudaki zamana bağlı oksijen konsantrasyonu oranları. 64
Şekil 5.33 : D2 nolu düşey doğrultudaki zamana bağlı oksijen konsantrasyonu oranları. 65
Şekil 5.34 : D3 nolu düşey doğrultudaki zamana bağlı oksijen konsantrasyonu oranları. 65
Şekil 5.35 : D4 nolu düşey doğrultudaki zamana bağlı oksijen konsantrasyonu oranları. 66
Şekil 5.36 : D5 nolu düşey doğrultudaki zamana bağlı oksijen konsantrasyonu oranları. 66
Şekil 5.37 : D6 nolu düşey doğrultudaki zamana bağlı oksijen konsantrasyonu oranları. 67
Şekil 5.38 : D7 nolu düşey doğrultudaki zamana bağlı oksijen konsantrasyonu oranları. 67
Şekil 5.39 : D2 nolu düşey doğrultuda derinliğe bağlı hareketli ölçümde oksijen konsantrasyonu değerleri. 68
Şekil 5.40 : D1 nolu düşey doğrultuda derinliğe bağlı hareketli ölçümde oksijen konsantrasyonu değerleri. 69
Şekil 5.41 : D3 nolu düşey doğrultuda derinliğe bağlı hareketli ölçümde oksijen konsantrasyonu değerleri. 70

Şekil 5.42 : D4 nolu düşey doğrultuda derinliğe bağlı hareketli ölçümde oksijen konsantrasyonu değerleri. 71
Şekil 5.43 : D5 nolu düşey doğrultuda derinliğe bağlı hareketli ölçümde oksijen konsantrasyonu değerleri. 71
Şekil 5.44 : D6 nolu düşey doğrultuda derinliğe bağlı hareketli ölçümde oksijen konsantrasyonu değerleri. 72
Şekil 5.45 : D7 nolu düşey doğrultuda derinliğe bağlı hareketli ölçümde oksijen konsantrasyonu değerleri. 73
Şekil 5.46 : Düşey doğrultulardaki çözünmüş oksijen başlangıç konsantrasyonları. 73
Şekil 5.47 : Düşey doğrultulardaki çözünmüş oksijen son konsantrasyonları. 74
Şekil 5.48 : Doygun çözünmüş oksijen değerleri.....74
Şekil 5.49 : Sudaki oksijen kazanımı. 75
Şekil 5.50 : Düşey doğrultularda sudaki oksijen kazanımı değerleri. 76
Şekil 5.51 : H=13,1cm ve T=1,2sn dalga özelliklerinde D3 nolu düşey doğrultuda derinliğe bağlı hareketli ölçümde oksijen konsantrasyonu değerleri. 77
Şekil 5.52 : H=13,1cm ve T=1,2sn dalga özelliklerinde D4 nolu düşey doğrultuda derinliğe bağlı hareketli ölçümde oksijen konsantrasyonu değerleri. 77
Şekil 5.53 : H=13,1cm ve T=1,2sn dalga özelliklerinde D6 nolu düşey doğrultuda derinliğe bağlı hareketli ölçümde oksijen konsantrasyonu değerleri. 78
Şekil 5.54 : H=13,1cm ve T=1,2sn dalga özelliklerinde D4 nolu düşey doğrultuda derinliğe bağlı hareketli ölçüm. 78
Şekil 5.55 : H=13,1cm ve T=1,2sn dalga özelliklerinde D4 ve D6 nolu düşey doğrultularda derinliğe bağlı hareketli ölçümde dalganın havayı suyun içine hapsetmesi. 79
Şekil 5.56 : H=10,1cm ve T=1,2sn dalga özelliklerinde D3 nolu düşey doğrultuda derinliğe bağlı hareketli ölçümde oksijen konsantrasyonu değerleri. 80
Şekil 5.57 : H=10,1cm ve T=1,2sn dalga özelliklerinde D4 nolu düşey doğrultuda derinliğe bağlı hareketli ölçümde oksijen konsantrasyonu değerleri. 80
Şekil 5.58 : H=10,1cm ve T=1,2sn dalga özelliklerinde D6 nolu düşey doğrultuda derinliğe bağlı hareketli ölçümde oksijen konsantrasyonu değerleri. 81
Şekil 5.59 : H=9,7cm ve T=0,8sn dalga özelliklerinde D3 nolu düşey doğrultuda derinliğe bağlı hareketli ölçümde oksijen konsantrasyonu değerleri. 81
Şekil 5.60 : H=9,7cm ve T=0,8sn dalga özelliklerinde D4 nolu düşey doğrultuda derinliğe bağlı hareketli ölçümde oksijen konsantrasyonu değerleri. 82
Şekil 5.61 : H=9,7cm ve T=0,8sn dalga özelliklerinde D6 nolu düşey doğrultuda derinliğe bağlı hareketli ölçümde oksijen konsantrasyonu değerleri. 82
Şekil 5.62 : D6 nolu düşey doğrultuda derinliğe bağlı hareketli ölçüm (H=9,7cm ve T=0,8sn) 83
Şekil 5.63 : H=2,9cm ve T=1sn dalga özelliklerinde D3 nolu düşey doğrultuda derinliğe bağlı hareketli ölçümde oksijen konsantrasyonu değerleri. 83
Şekil 5.64 : H=2,9cm ve T=1sn dalga özelliklerinde D3 nolu düşey doğrultuda derinliğe bağlı hareketli ölçüm....84
Şekil 5.65 : H=2,9cm ve T=1sn dalga özelliklerinde D4 nolu düşey doğrultuda derinliğe bağlı hareketli ölçümde oksijen konsantrasyonu değerleri. 84
Şekil 5.66 : H=2,9cm ve T=1sn dalga özelliklerinde D6 nolu düşey doğrultuda derinliğe bağlı hareketli ölçümde oksijen konsantrasyonu değerleri. 85
Şekil 5.67 : H=8,3cm ve T=1sn dalga özelliklerinde D3 nolu düşey doğrultuda derinliğe bağlı hareketli ölçümde oksijen konsantrasyonu değerleri. 85
Şekil 5.68 : H=8,3cm ve T=1sn dalga özelliklerinde D4 nolu düşey doğrultuda derinliğe bağlı hareketli ölçümde oksijen konsantrasyonu değerleri. 86

Şekil 5.69 : H=8,3cm ve T=1sn dalga özelliklerinde D4 nolu düşey doğrultuda derinliğe bağlı hareketli ölçüm..... 86
Şekil 5.70 : H=8,3cm ve T=1sn dalga özelliklerinde D6 nolu düşey doğrultuda derinliğe bağlı hareketli ölçümde oksijen konsantrasyonu değerleri. 86
Şekil 5.71 : H=4,6cm ve T=1,2sn dalga özelliklerinde D3 nolu düşey doğrultuda derinliğe bağlı hareketli ölçümde oksijen konsantrasyonu değerleri. 87
Şekil 5.72 : H=4,6cm ve T=1,2sn dalga özelliklerinde D4 nolu düşey doğrultuda derinliğe bağlı hareketli ölçümde oksijen konsantrasyonu değerleri. 87
Şekil 5.73 : H=4,6cm ve T=1,2sn dalga özelliklerinde D6 nolu düşey doğrultuda derinliğe bağlı hareketli ölçümde oksijen konsantrasyonu değerleri. 88
Şekil 5.74 : H=12,8cm ve T=1,2sn dalga özelliklerinde D3 nolu düşey doğrultuda derinliğe bağlı hareketli ölçümde oksijen konsantrasyonu değerleri. 88
Şekil 5.75 : H=12,8cm ve T=1,2sn dalga özelliklerinde D4 nolu düşey doğrultuda derinliğe bağlı hareketli ölçümde oksijen konsantrasyonu değerleri. 89
Şekil 5.76 : H=12,8cm ve T=1,2sn dalga özelliklerinde D6 nolu düşey doğrultuda derinliğe bağlı hareketli ölçümde oksijen konsantrasyonu değerleri. 89
Şekil 5.77 : Parametre 2 ve Parametre 5 değişim oranları 93

SEMBOL LİSTESİ

ξ	**:** Surf benzerlik parametresi
γ_s	**:** Tanenin özgül ağırlığı
γ	**:** Suyun özgül ağırlığı
2H	**:** İki plaka arasındaki uzaklık
C	**:** Konuma bağlı çözünmüş oksijen konsantrasyonu
$\mathbf{C_B}$	**:** İki plaka ortasındaki çözünmüş oksijen konsantrasyonu
$\mathbf{C_{baş}}$	**:** Başlangıçtaki çözünmüş oksijen konsantrasyonu
$\mathbf{C_D}$	**:** Hidrolik yapının çıkışındaki çözünmüş oksijen konsantrasyonu
$\mathbf{C_U}$	**:** Hidrolik yapı öncesindeki çözünmüş oksijen konsantrasyonu
$\mathbf{C_S}$	**:** Sudaki doygun haldeki çözünmüş oksijen konsantrasyonu
$\mathbf{C_{son}}$	**:** Dalga etkisinden sonra olan çözünmüş oksijen konsantrasyonu
$\mathbf{C_W}$	**:** Sediment-su ara yüzeyindeki oksijen konsantrasyonu
E	**:** Havalandırma verimliliği
H	**:** Dalga yüksekliği
$\mathbf{H_b}$	**:** Kırılan dalga yüksekliği
$\mathbf{H_0}$	**:** Derin su dalga yüksekliği
I	**:** Sudaki oksijen kazanımı
L	**:** Dalga boyu
$\mathbf{L_b}$	**:** Kırılan dalga boyu
$\mathbf{L_0}$	**:** Derin su dalga boyu
ppm	**:** Toplam madde miktarının milyonda bir birimi
s	**:** Özgül gravite
T	**:** Dalga periyotu
tanα	**:** Taban eğimi
u	**:** Suyun hızı

KUMSAL EKOSİSTEMİNE DALGALARIN ETKİSİNİN İNCELENMESİ

ÖZET

Deniz ve göl kıyılarındaki kumsallar doğal yaşamın ve doğal dengenin en önemli parçalarından birini oluşturmaktadırlar. Genel olarak kıyılar turizm, spor v.b. amaçlarla toplumlar tarafından en çok kullanılan doğal kaynaklar arasında olmalarının yanısıra ekosistem açısından da fevkalade öneme sahiptirler. Kumsalların doğal dengesi, morfolojisi ve hidrodinamiği ile ilgili çalışmalar uzun yıllardır yapılmaktadır. Özellikle kumsal dalga etkileşimi araştırmalarda ağırlık kazanmaktadır. Buna karşılık kumsalların poroz yapıları nedeni ile dalga etkisi araştırmaları ise sınırlıdır. Halbuki kumsal içinde dalga etkisi sonucunda oluşan dinamik yapı kumsal içindeki canlı hayatın da kaynağını oluşturmaktadır.

Bu çalışmada, kumsallardaki canlı hayatını etkileyen dalgaların kumsalların poroz yapıları nedeni ile oluşturduğu dinamik yapının incelenmesi için, şev boyunca dalganın etkisinin olduğu su derinliği oksijen değişimine bağlı olarak belirlenmektedir. Kumsal ekosistemi cansız ve canlı bileşenlere ayrılmaktadır. Cansız bileşenler, deniz suyunun kimyasal yapısı, fiziksel özellikleri, gelgit, dalga, kumsal eğimi ve sediment özellikleridir. Canlı bileşenleri ise sahil bölgesi yaşamına uyum sağlamaları, sahillerdeki hayvan ve bitki türleri, gelgit düzlüğündeki canlılar başlıkları altında açıklanmaktadır. Kumsallardaki canlı dağılımı literatürü, kumsalın kuru, ıslak ve suya doygun yatay doğrultuları boyunca ve/veya sediment boyutuna ve/veya dalgaya bağlı olarak incelenmektedir. Sahil bölgesi canlıları hidrodinamik etkiye uyum sağlamak zorundadırlar; bunun için, su kaybı direnci, ısı dengesinin korunması, tuzluluk ayarlanması, solunum, beslenme ve üreme davranışlarını çevreye adapte ederler. Kumsal ekosisteminde dalgaların canlıların beslenmelerine, kumsal özelliklerine, kumsaldaki canlıların yaşam ortamlarına, deniz suyu kalitesine ve çözünmüş oksijen değerlerine etkisi olmaktadır. Çözünmüş oksijen değerleri canlıların yaşamları için temel ihtiyaçlarından olduğundan dalganın etkisi bu parametreye göre belirlenmektedir. Dalganın etkisinin ulaştığı derinlikler kıyı çizgisi yakınında belirlenen düşey doğrultular boyunca belirlenmektedir. Deney kanalındaki kıyı profili oluşumundan katı madde hareketi ve bar tepe noktası belirlenmektedir. Bar tepe noktası ve kıyı çizgisi arası mesafeden dalga kırılması olan düşey doğrultu belirlenmektedir. Farklı dalga özelliklerinde en fazla çözünmüş oksijen kazanımının olduğu düşey doğrultuların dalga kırılmasının olduğu doğrultular olduğu görülmektedir. Çözünmüş oksijen değerinin arttığı koşullarda, katı madde hareketi olursa, çözünmüş oksijen değerinin artışı daha az olur. Su içinde oksijen kazanımı, sediment arası boşluk suyundaki oksijen kazanımına göre daha hızlı olmaktadır.

THE EFFECT OF SEA WAVES ON COASTAL ECOSYSTEM

SUMMARY

Sands along the shores of lakes and seas are the most important parts of natural balance and life. Shores are important for social activities like coastal tourism, sports etc., and also for ecosystems. Studies about coastal natural balance, morphology and hydrodynamics have been carried out for a long time. Especially, there are various studies about interaction between waves and shores. However the number of studies on wave effect on coastal ecosystems is limited because of coastal porosity, despite the fact that dynamic structure as a result of wave effect is the source of life in shores.

Waves that effect coastal organisms's life cause dynamism because of sand porosity. Therefore oxygen changes at various water levels are studied along the coast to explain wave effect on coastal ecosystems. Coastal ecosystems consist of various non-living (abiotic) and living (biotic) components. The abiotic components of the coastal ecosytems include physical and chemical properties of sea water, tides, waves, beach slope and sediment characteristics. The living components are classified according to their adaptation to coastal environment, flora and fauna at coastal region and organisms on tidal zone. Distribution of flora and fauna at coastal region is studied as per; their horizontal direction (dry, wet and saturated) and also their dependance on sand particle size and wave properties. Coastal organisms (both flora and fauna) have to adapt to hydrodynamic effects of waves. To enhance these adaptations, they will ensure their; resistance for water loss, heat balance, salinity adjustment, breathing, feeding and reproductive behaviours. In the coastal ecosystems, sea waves affect; feeding of living organisms, sand properties, water quality and dissolved oxygen values. Dissolved oxygen value as one of major necessity for organisms, sea wave effect can be determined as per this parameter. In this experimental study, dissolved oxgen levels are measured at vertical lines on coastal area to determine depth of wave effect on the shore. In the wave flume, waves cause coastal profile change and bar formation. According to this profile change bar crest location and sediment movement is determined. Location of wave breaking is determined according to the distance between the bar crest and coastline. Highest dissolved oxygen values for waves with different properties are in the vertical direction where waves are breaking. In the case of increase of dissolved oxygen values, this rise developes less if there is sediment movement. In addition dissolved oxygen gain in water is faster than the one in pore water.

1. GİRİŞ

Kumsal ekosisteminin cansız bileşenleri sediment, gaz, su ve enerjinin her biri kendine has özelliklere sahip olup, canlıların çeşitliliğine, çoğalma ve yayılmalarına etkide bulunurlar. Her kumsal ekosisteminde görülen kendine özgü yapı, bölgenin fiziksel koşullarına uyuncaya kadar bir dizi olaylar geçirerek oluşmuştur. Bir ekosistemin yapısından söz edilirken sistemin sadece dış görünümü değil, bununla beraber besin maddeleri ve enerjinin ekosistem içinde akış şekli de anlaşılır. Suda eriyen besin maddeleri, denizdeki akım, dalgalar ve sızan su ile diğer ekosistemlere geçer. Canlılar da yakın ekosistemlerin besin maddelerini yiyerek bir sistemden diğerine materyal ve enerji taşırlar. Kumsallardaki canlıların yaşam ve dağılışlarını büyük oranda dalgalar etkilemektedir.

Literatür incelendiğinde deniz ve okyanuslardaki canlı yaşamıyla ilgili çok sayıda çalışma bulunurken kıyıda bulunan canlılarla ilgili çalışmaların sınırlı sayıda olduğu görülmektedir. Kumsal ekosisteminde dalga etkisi ile besin, oksijen girdisi ve hareket oluşmaktadır.

Kumsal ekosistemine dalga etkilerinden en önemlisi canlıların yaşam alanlarına ve hareketlerine etkisidir. Dalga kırılması ile dalganın taşıdığı enerji açığa çıktığından kumlu ve çakıllı kıyılar yüksek enerjili bölgelerdir. Yüksek şiddetteki dalgalar kıyıda partikülleri erozyona uğratır ve bitkiler ile hayvanlar için yaşamı zorlaştırır. Fırtınalı havalarda oluşan fırtına profilinde canlı yaşamının zorlaşmasının sebebi dalga yüksekliklerinin fazla ve periyotlarının küçük olmasıdır. Kıyıya çok sık gelen dalgalarla yeraltı su seviyesi yükselir ve sızan su miktarı azalır. Tırmanma ve geri dönüş sırasındaki su seviyeleri hemen hemen eşit olduğundan katı madde açığa doğru taşınır ve kıyıda erozyon meydana gelir. Kıyıdan açığa doğru çekilen katı maddeler bir noktada toplanmaya başlar. Dalga etkisi ile açıktan da katı madde gelmekte olduğundan burada katı maddeler bar oluştururlar. Kıyıya daha yakın kırılan dalgalar bar üstünde kırılarak enerjilerini kaybetmeye başlarlar ve kıyıda erozyon sona erer. Açıkta meydana gelen bar kıyıya yaklaşan dalgaların kırılmasına ve enerjilerini harcamalarına yardımcı olur. Uzun periyotlu ve nispeten düşük dalga

yüksekliğine sahip normal koşullarda oluşan normal profilde ise geniş bir tür çeşitliliği için yaşam alanı sağlanır. Kıyıya seyrek dalga ulaşımı sebebiyle yeraltı su seviyesinde artış olmaz. Tırmanan suyun bir kısmı yer altına sızarak geriye bu yolla döner. Tırmanma sırasındaki taşınan katı madde geri dönüş akımının düşük olması sebebiyle az miktarda döndüğünden kıyıda yığılma meydana gelir. Besin olarak diğer canlıları yiyen yırtıcı canlılardan korunmak için bazı kurtçukların kumun derinlerine inmesinin de mümkün olduğu şartlar oluşur.

Dalga nedeniyle kıyı boyu akıntısı, tırmanma ve geri dönüş akımları oluşur. Bu akıntılar katı madde taşınımını ve kıyıların şekillenmesini sağlar. Kıyılara yaklaşan dalgaların yükselip kırılması ile oluşan köpüklü ve kabarcıklı kesim dalga kırılma bölgesi olarak adlandırılır. Dalga kırılma bölgesinden sonra plaj önü denilen kesimde dalga kum ve çakılları karaya doğru taşıyarak yayılır ve tekrar denize doğru döner. Dalga kırılma bölgesi ve plaj önü sonrası olan dalgalarla yıkanan kesimden kumullara kadar olan kesime de plaj gerisi denir. Dalga etkisi ile dalga kırılma bölgesi, plaj önü ve plaj gerisinde sediment boşluklarındaki su hareketlenir. Derine doğru sediment boşluklarındaki su hareketliliği azalır.

Plaj önü bölgesinde kumullar sular çekildiğinde bile önemli miktarda su barındırırlar. Sular yükseldiğinde pH, tuzluluk, sıcaklık farklarına karşı sediment bir tampon görevi görür. Organik maddeler sedimentlerin üzerinde biriktiğinden bazı türler sadece sediment yiyerek hayatlarını sürdürebilirler. Kumullarda yaşayan organizmalar için bazı zorluklar da mevcuttur, örneğin mikro algler ve bakteriler gibi çok küçük boyutlu canlılar hariç tutunacak bir yapı yoktur. Çünkü ortam durağan değildir, kıyıdaki kumullar yer değiştirirler.

Dalgaların kıyılara etkisiyle canlılar aralıklarla su içinde ya da suyun dışında kalırlar. Bu bölgede yaşayan canlılar, suyun dışında kaldıklarında sıcaklık, kuraklık, donma gibi çevre faktörlerinden etkilenir, suyun içinde kaldıklarında balıklar, kuşlar ve diğer canlılar tarafından yenebilirler.

Dalgalar, canlıların hareketi ve yaşam alanlarına etkide bulunduğu gibi canlı yaşamı için gerekli olan besin ve oksijeni de taşımaktadırlar. Deniz suyu basınç etkisi yaparak taşıdığı kum taneleri ve besin partiküllerini kıyıya bırakır, oksijen girişini sağlar. Su kumsal gözeneklerinde ilerledikçe oksijen miktarında azalış olduğu gibi canlı çeşitlilik ve sayısında da düşüş gözlenir.

Deniz suyuna kumsal etkisi olduğu gibi kumsala da deniz suyu etkisi olmaktadır. Deniz suyundaki kirlilik kum taneleri arasından sızma ile temizlenir. Aynı zamanda kum partiküllerinden topladığı besinlerin denize dönmesi ile deniz yaşamını da olumlu etkiler.

Sızan deniz suyu hacmi su hızına ve kumsalın yapısına bağlıdır. Deniz suyunun sediment arası boşluklardan sızması kum partikül büyüklüğü, kumsal eğimi, gelgit ve kıyı çizgisine uzaklığına bağlı olarak değişir. Kumsal profilinde dalganın kum taneleri arasından sızması ile etkilenen hareketli bölge Şekil1.1'de deney kanalındaki profilde dalga sonrası oluşan renk farkıyla da göze çarpmaktadır.



Şekil 1.1 : Kumsal profilinde dalganın kum taneleri arasından sızması ile etkilenen hareketli bölge.

Canlı yaşamında önemli olan bu hareketli bölgede doğal şartlar altında dalga etkisi ile derinlik boyunca çözünmüş oksijen değişmektedir. Kıyı sularına oksijen seviyesi düşük atık suların deşarj edilmesi ile kıyı ekosistemi olumsuz etkilenmektedir. Bundan dolayı dalga etkisi ile suların oksijen kazanması ekolojik açıdan son derece önemlidir. Doğal su kaynaklarında özellikle organik kirliliğin ve biyolojik canlılığın temel ölçüsü olduğu için çözünmüş O_2 ölçümü, sulu ortamlarda en sık incelenen ve değerlendirilen çevresel parametrelerden birisi olmuştur (Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, 2004).

Sediment arası boşluk suyunda oksijen konsantrasyonu dalga hareketine bağlı olarak değişmektedir. Bu çalışma kapsamında dalga etkisindeki sediment bölgesinin derinliği deney ortamında saptanarak, bu bölgede oksijen değişimini ifade eden ampirik bir formül bulunmuştur.

Bu bilgilerle birlikte çalışma, kıyı canlıları açısından dalganın etkisi, sediment arası boşluk suyundaki gaz transferi ile ilgili çalışmalara değinilmesi, laboratuvardaki deney sistemi, ölçüm aletleri ve kullanılan metot hakkında bilgi verilmesi, deneysel verilerin değerlendirilmesi, yorumlanması ve sonuçları kapsamaktadır. Çalışmanın amacı ülkemiz ve dünya literatüründe çok az sayıda olan kıyı ekosistemi çalışmalarına bu ekosisteme dalga etkisinin araştırılmasında deneysel çalışmayla katkıda bulunmaktır. Literatür kısmında kıyıda canlı dağılımı ve yaşamları araştırılmış, okyanusun ve denizin derin olduğu yerlerde yapılan oksijen seviyesi değişim analizi laboratuvar ortamında uygulanarak, yapılan deneyler sonucu, dalganın oksijen konsantrayonuna etkisi saptanmış, canlı yaşamı için temel faktörlerden olan sediment arası boşluk suyundaki çözünmüş oksijen konsantrasyonu belirlenmiş, bu sayede de bölgede yaşayan canlıların yaşam ve hareket alanları ile ilgili bilgi edinilmiştir.

2. KUMSAL EKOSİSTEMİNİN CANSIZ (ABİYOTİK) BİLEŞENLERİ

Kıyı çizgisi boyunca kum veya çakıldan oluşan bölgeye kumsal denir. Ekoloji; organizmalarla, yaşadıkları çevre arasındaki ilişkilerin, bu ilişkilerin organizmaların dağılımına ve mevcudiyetine olan etkilerinin araştırılmasıdır. Ekosistem ise; organizma toplulukları ve bunların fiziksel çevreleriyle etkileşimlerinden oluşan sistemdir. Ekosistem cansız (abiyotik) ve canlı (biyotik) bileşenlerden oluşur .

Karasal organizmalar çoğunlukla karbonhidrat, denizel organizmalarsa protein yapı taşlarından oluştuklarından karasal canlılar daha uzun yaşar, yavaş gelişir ve daha fazla enerji depolayabilir. Halbuki protein dominant olan denizel canlılar hızlı gelişir, ancak daha az enerji depolayabilirler. Bundan dolayı madde döngüsü, beslenme zinciri ve enerji oluşumunun yapısı denizel ekosistemlerde önemlidir. Cansız bileşenler deniz suyunun kimyasal yapısı ve fiziksel özellikleri, gelgit, dalga, kumsal eğimi ve sediment özellikleri olarak sayılabilir (Geldiay ve Kocataş, 2002).

2.1 Saf Suyun Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

- Su; gaz, mineral ve organik madde içerir.
- Suyun donmasıyla hacmi %10 civarında arttığından dolayı buz su içinde yüzer.
- Diğer sıvılara kıyasla suyun yüzey geriliminin fazla olması damla ve dalga oluşumunu etkiler.
- Sıvı haldeki su güneş ışınlarının kısıtlı bir bölümünü yansıttığı halde, katı haldeki su büyük bir bölümünü (%50-70) yansıtır.

2.2 Deniz Suyunun Kimyasal Yapısı

Deniz suyu pekçok katı madde ve gazın çözünmüş halde bulundukları bir çözeltiyi oluşturur. Deniz suyundaki katı maddeler; çözünmüş organik bileşiklerle, asılı halde bulunan organik ve inorganik kökenli parçacıklardır.

Çözünmüş veya asılı halde bulunan bu maddelerden sodyum, potasyum, kalsiyum, magnezyum gibi katyonların karasal ortamın aşınmasından; alüminyum, arsenik gibi iz elementlerin volkanik orijinli kayaçlardan; klorid, sülfit, bromid gibi anyonların da eskiden oluşmuş volkanik patlamalardan geldikleri kabul edilmektedir. Deniz suyunda 80'den fazla element bulunmasına rağmen konsantrasyonları düşüktür ve deniz suyunun %96,5'u saf sudan oluşmaktadır.

Çizelge 2.1 : Denizlerdeki canlı yaşamı için temel elementler (Geldiay ve Kocataş, 2002).

Elementler	Kurutulmuş canlı maddedeki ağırlık (mg/100gr)	Deniz suyundaki ağırlık (mg/100gr)
Demir	40 - 1000	0 - 60
Titan	100	1
Çinko	20	1 - 50
Bakır	5	0,2 - 30
Vanadyum	3	2 - 3
Brom	2,5	66000
Bor	2	5000
Manganez	2	0,2 - 10
Flor	1	1300
Alüminyum	1	0 - 10
Arsenik	0,1	2 - 35
Kobalt	0,05	0,1
Radyum	4,10 - 9	-

Deniz suyunda 100ppm'den fazla konsantrasyona sahip elementlere Esas Element adı verilir. Esas elementler deniz suyunda çözünmüş halde bulunan elementlerin %99,7'sini diğer bir deyişle, suyun tuzluluğunu oluştururlar. Esas elementlerden katyon olanlar sodyum, magnezyum, kalsiyum, potasyum, stronsiyum iken anyon olanlar klor, sülfat, bikarbonat, brom ve flordur. Yan (minor) Element ise konsantrasyonları 1-100ppm arasında değişen elementlerdir. Bunlara örnek olarak alüminyum, arsenik, baryum, bakır, altın, iyod, demir ve mangan gösterilebilir. Deniz suyunda konsantrasyonu 1ppm'den düşük olan elementlere İz Element denir. İz elementlere örnek olarak kobalt, kadmiyum ve civa gösterilebilir.

Deniz suyundaki bazı yan ve iz elementler biyokimyasal olaylardaki katalizör etkileri nedeniyle organizmaların yaşamı için kaçınılmazdırlar. Bunların sayısı 13 kadardır ve Çizelge2.1'de de görülen bu elementlerin bir veya birkaçının suda yeterli düzeyde bulunmaması halinde canlı yaşamı durabilir.

2.2.1 Tuzluluk

İnorganik çökelimler ile denizel organizmaların dağılışında en büyük etkendir. Suların tuzluluk miktarını arttıran etmenlerin başında buharlaşma, daha tuzlu sularla karışım olması ve suyun donması; azaltan etmenlerin başında ise yağışlar, daha az tuzlu sularla karışım olması ve buzların çözülmesi gösterilebilir. Tropikal iklimlerdeki bölgelerde buharlaşma çok olduğundan tuzluluk çok yüksek, buna karşın buharlaşmanın yağışlardan daha düşük olduğu ekvator ve yüksek enlemlerde ise daha düşük olduğu gözlenmektedir. Tuzluluğun mevsimsel değişimleri de çok düşük olup, ortalama olarak %0,05'i geçmediği gözlenmektedir. Kutuplarda buzların eridiği, yıllık yağış rejimleri çok değişik olan bölge sularının tuzluluk derecesinde mevsimsel değişimler net olarak görülebilir (Geldiay ve Kocataş, 2002).

2.2.2 Çözünmüş gazlar

Atmosferik gazlar, atmosfer ve yüzey suları arasındaki gaz alışverişi yoluyla sulara geçerler ve yüzey tabakasından difüzyon ve adveksiyon ile derin su tabakalarına yayılırlar. Bu gazlardan başlıcaları Çizelge2.2'de görülmektedirler. Difüzyon moleküllerin veya iyonların yüksek konsantrasyonlu bir alandan düşük konsantrasyonlu bir alana geçişleri olarak tanımlanırken, adveksiyon ise suların yatay hareketine denir.

Çizelge 2.2 : Atmosferde ve denizde bulunan başlıca gazlar (Geldiay ve Kocataş, 2002).

Başlıca Gazlar	Atmosferdeki oranı (%)	Deniz suyundaki oranı (%)
Oksijen	20,95	34,4
Azot	78,98	62,1
Argon	0,93	1,7
Karbondioksit	0,03	1,8

Karalarda olduğu gibi, denizlerde de çözünmüş gazlardan en önemlisini oksijen oluşturur. Açıkdenizde sudaki oksijen miktarı fotosentez, akıntı, rüzgar ile artarken bitki ve hayvanların solunumu, organik maddelerin çürümesi ile azalır. Kıyıya yaklaştığında dalga etkisi ile oksijen kazanımı olur. Genellikle yaz aylarında sıcaklık ve tuzluluğun artışı oksijen miktarının azalmasına neden olmaktadır. Ekvatora yakın bölgelerdeki suların yüksek enlemlere göre oksijence daha fakir olduğu görülmektedir.

Karbondioksit atmosferde çok düşük miktarda bulunduğu halde, sudaki yüksek çözünürlüğü nedeniyle deniz suyundaki miktarı çok daha fazladır. Karbondioksit fotosentezle tüketilirken bitki ve hayvanların solumasıyla artış gösterir. Ayrıca çözünmüş gazlardan önemlileri olarak azot, hidrojensülfür ve metan da sayılabilir.

2.2.3 Asidik ve bazik özellikleri

Okyanus ve deniz suları için ortalama pH değeri 7,8 olarak kabul edilmektedir. Deniz sularında karbondioksit miktarıyla pH değerinin ters orantılı, sıcaklıkla pH değerinin doğru orantılı olduğu bilinmektedir.

$20^{o}C$'deki 1 litre deniz suyunu nötralize edebilen H^{+} iyonunun milieşdeğer sayısına o suyun Alkalinitesi denir.

2.2.4 Besleyici elementler

Deniz suyunda silikat şeklinde bulunan silis; nitrit, nitrat ile amonyum şeklinde bulunan azot ve fosfat halinde bulunan fosfor canlıların yaşamında önemli rolleri olan besleyici elementlerdir.

Deniz suyundaki azot, mineral, çözünmüş gaz ve çözünmüş veya asılı organik bileşikler şekillerinde bulunabilir. Bunlardan sadece mineral azot besleyici elementtir ve deniz suyunda amonyum (NH_4^+), nitrit (NO_2^-) ve nitrat (NO_3^-) olarak bulunur. Organizma artıkları kaynak olmaktadır. Deniz suyunda çözünmüş veya parçacıklar halinde bulunan organik maddeler üzerine bakterilerin etkisi sonucu oluşan amonyağın bir bölümü fitoplankton tarafından hemen absorbe edilir; geri kalan amonyak ise yine bakterilerin etkisinde oksitlenmeye devam ederek önce nitrite, sonra da nitrata dönüşür. Son kadamede oluşan nitrat da fitoplankton ve bentik algler tarafından kullanılabilir. Açıkdenizde azot mevsimsel değişim gösterir, genellikle kış aylarında yüksek miktarlarda bulunur, ilkbahar aylarında fitoplankton türlerinin hızlı gelişimleri nedeniyle ani bir düşme gösterir, yaz aylarında ise sıcak sulara sahip yüzey tabakalarında hemen hemen yok olur.

Azot gibi canlı maddenin yapısına giren diğer bir besleyici element de fosfordur. Organizmaların ölümü sonucu deniz suyunda çözünmüş veya asılı parçacıklar halinde bulunan organik fosforu fitoplankton ve bakteriler kullanırlar.

Siliste denizel formun iskeletinde bulunan, deniz suyunda düşük konsantrasyonda olan besleyici bir elementtir.

Deniz suyunda organik maddeler; canlı olarak (bitkiler ve hayvanlar), çözünmüş ve asılı parçacıklar halinde ve deniz dibinde çürümüş olarak bulunabilirler. En önemli organik madde kaynakları; denizel formların öldükten sonra ayrışması, alglerin ve özellikle fitoplankton türlerinin hücre dışındaki reaksiyonları sonucu oluşan maddeler, zooplankton ve diğer deniz hayvanlarının salgılarıdır.

2.3 Deniz Suyunun Fiziksel Özellikleri

Deniz suyunun başlıca fiziksel özellikleri; ışık, sıcaklık, tuzluluk, yoğunluk ve viskozite olarak sıralanabilir.

Sahillerdeki deniz suyunda çözünmüş halde bulunan organik maddelerden özellikle sarı ve kahverengi olanlar ile asılı haldeki planktonlar güneş ışığının absorpsiyon ve difüzyonunda önemli etkiye sahiptir. Bunlar ışığı yanal olarak yansıttıklarından ışığın derinlere gitmesine engel olurlar. Bu nedenle asılı parçacıkların rengi suyun rengine hakim olur. Ayrıca ışık, güneşin en yüksekte bulunduğu öğle saatlerinde daha derine ulaşmaktadır.

Sıcaklık, güneş ışınlarının şiddeti ve süresiyle, suların karışımına bağlı olarak değişir. Günlük değişimler sahil sularında fazlayken yüksek enlemlerde ve derin sularda azdır. Kutuplara yakın enlemlerde 0,3–0,5^{o}C'lik bir değişime karşın, sahillerdeki 2–3^{o}C'yi bulmaktadır. Sahilde yaşayan canlılar her gün su ve hava sıcaklığının birlikte etkisindedirler. Çok yüksek ya da düşük hava sıcaklığı bu canlılar için öldürücü olabilir.

Tuzluluk faktörü de sahilde yaşayan canlılar üzerinde etkilidir. Bu etki; cezir esnasında sağnak türündeki yağış sonucu ortam tuzluluğunun çok düşmesiyle olabileceği gibi yine cezir esnasında çukur sahalarda kalan su birikintilerin tuzluluk oranının çok yükselmesiyle de olabilir.

10 metrede 1 atmosfer basınç artışı olduğundan kıyılarda basınç çok etkili bir faktör sayılmamaktadır. Deniz sularının yoğunluğu; tuzluluk ve basınç artışıyla artıp sıcaklık artışıyla azaldığından bölgesel ve derinliğe bağlı olarak değişir. Deniz suyunun kendi molekülleri arasındaki sürtünmeyi gösteren moleküler viskozite ise; sıcaklık ve basınç artmakta iken azalırken, tuzluluk artışıyla az da olsa artış gösterir (Geldiay ve Kocataş, 2002).

2.4 Gelgit

Gelgit, dünya, ay ve güneş sisteminin çekim kuvvetleri nedeniyle deniz seviyesinde meydana gelen günlük değişimlerdir. Gelgit akıntılarının hızları 0,03-2m/s gibi oldukça yüksek hızlara ulaşabilmektedir.

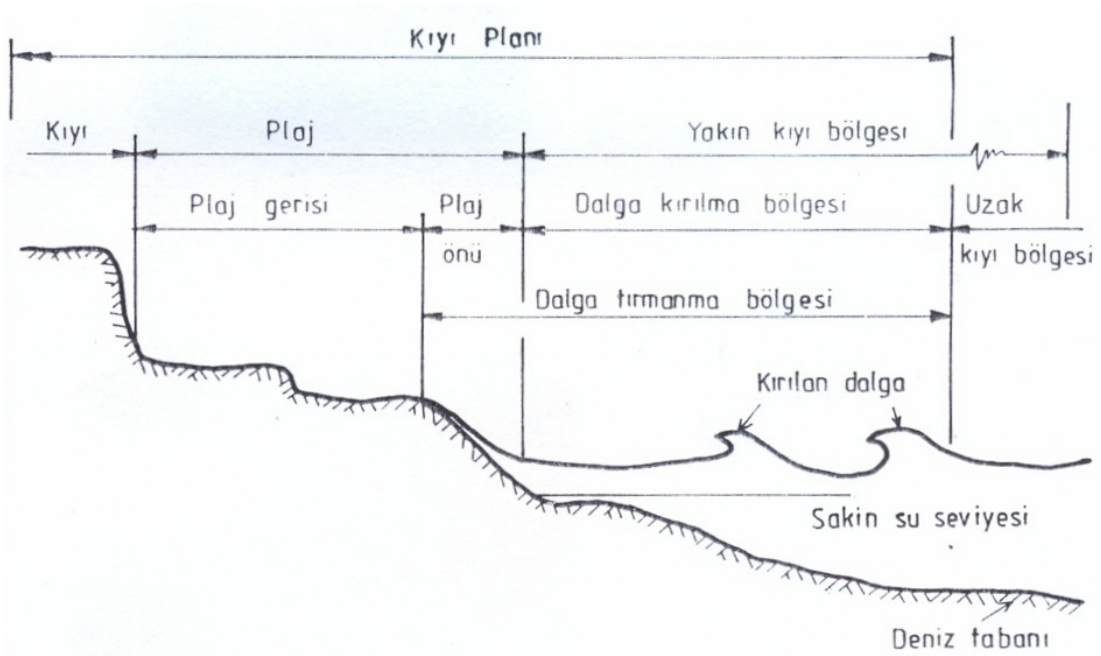
Gelgit, enlem derecesine bağlı olarak bazı kıyılarda yok denebilecek kadar küçük boyutlarda iken bazı kıyılarda ise yaşamı etkileyecek derecede olabilmektedir. Bazı kıyılarda özellikle körfezlerde günlük seviye değişimi 7-8m civarında olabilmektedir. Bu boyuttaki su seviyesi değişimleri özellikle düşük taban eğimine sahip kıyılarda denizin kıyı çizgisinden bazı bölgelerde 10km'ye kadar uzaklaşmasına yol açar.

Su kütlesinin gelgit olayında günlük hareketi sırasında önce kıyıya doğru, sonrada açığa doğru 2,0m/s civarında akımların doğmasına yol açabilir. Bu nedenle kıyıda zaman zaman kuvvetli katı madde hareketlerinin oluşmasına sebebiyet verir. İskandinav ve bazı batı ülkelerinin sahillerinde çok belirgin şekilde oluşan gelgit olayı, Türkiye denizlerinde ortalama 0,4m civarında olduğundan, gelgit etkisi dikkate alınmamaktadır (Berkün, 2006).

2.5 Dalga

Dalga etkisi, gelgit etkisi gibi sahillerdeki yaşam üzerinde en önemli faktördür (Geldiay ve Kocataş, 2002). Dalgaların boyutları ve güçleri, rüzgarın hızına, esiş süresine ve estiği alanın uzunluğuna bağlıdır.

Açıkdenizde rüzgar etkisiyle suyun dengesi bozulduktan sonra, dalganın rüzgara karşı ve ona ters şekilde oluşan sırtları arasında basınç farkı doğar. Böylece rüzgar enerjisi su yüzeyine geçer. Atmosferden su yüzeyine sürekli enerji geçişi rüzgar dalgalarını oluşturur. Meydana gelen rüzgar dalgaları yükseklikleri değişmekle beraber, periyotlarını koruyarak çok uzun mesafelerden kıyıya ulaşırlar. Kıyı bölgeleri Şekil2.1'de gösterilmektedir (Kabdaşlı, 1992).



Şekil 2.1 : Kıyı bölgeleri (Kabdaşlı, 1992).

2.5.1 Enerji

Dalgalar derin yerlerde hızlı, sığ yerlerde yavaş hareket ederler. Akıntı ve gelgitin aksine, açık denizlerdeki dalgalar suyu ileri doğru hareket ettirmez. Dalga ilerler fakat su ileri doğru hareket etmez.

Açıkdenizde bir dalganın geçtiği bölgedeki tek bir su molekülüne bakıldığında bu su molekülünün dairesel bir hareket yaptığı görülmektedir. Dalganın tepesi bu molekül civarından geçerken, molekül yükselerek ileriye (dalganın gittiği yöne) doğru hareket eder. Tepe geçip dalganın çukuru geldiğinde de alçalıp geriye doğru hareket eder.

Dalga bir dalgaboyu kadar ilerlediğinde molekül en baştaki konumuna geri döner. Dalga hareketiyle moleküllerin taşınması söz konusu değildir. Su molekülleri sadece dalganın enerjisini geçici bir süre taşıyıp, daha ilerideki moleküllere aktarma işlevi görürler. Aynı dairesel hareketi yüzeye yakın moleküller gibi derinlerdekiler de yapmaktadırlar, fakat derine indikçe bu dairelerin çapları küçülür, elips şeklini alırlar. Yaklaşık dalgaboyu kadar derinlikten sonra dairesel hareket sonlanır. Dalgalar sığ sulara ulaştığında derinlik azaldığından deniz tabanı suyun düşey hareketini tamamen durdurur ve suyun yatay hareketini de kısıtladığından moleküllerin hızı yavaşlar ve buna bağlı olarak dalga tepelerindeki hızda yavaşlar yani dalga gittikçe yavaşlar. Yavaşlama, dalga tepeleri arasındaki uzaklığın azalmasına yol açtığı için tepelerin giderek yükselmesine neden olur. Her tepe yatay yönde sıkışırken, dikey yönde uzar. Bu olayda dalganın taşıdığı enerjinin korunumu gerçekleşmektedir. Suyun hareketi formundaki kinetik enerji, suyun deniz seviyesinin üzerine çıkmasıyla oluşan potansiyel enerjiye dönüşmektedir. Kinetik enerji azaldığından bir miktar potansiyel enerjiye dönüşmek zorunda kalmaktadır. Bir tepenin en yukarısındaki suyun hızı aşağıdakilerden fazla olduğu için tepe ön taraftan dikleşmeye başlar. Belli bir noktada tepe öne doğru yıkılarak dalga kırılması gerçekleşir. Bir miktar enerjinin ses ve ısı enerjisine dönüşümü gerçekleşir.

2.5.2 Dalga kırılması

Kırılma çizgisi ile kıyı arasında kalan kırılma bölgesinde dalgaların enerjilerinin sönümlenmesi türbülans ve taban sürtünmeleri sebebiyle yoğunlaşır. Teorik olarak dalgalar dalga dikliği yani dalga yüksekliğinin kırılma derinliğine oranı 0,78 olunca kırılmaya başlarlar.

Dik dalgalar düz kumsallarda spilling şeklinde kırılırlar. Bu tedrici bir kırılmadır ve dalga boyunun 6-7 katı uzunlukta meydana gelir. Bunun tam tersi durum daha düz dalgaların daha dik kumsallarda kırılmalarıdır. Bu durumda dalga plaj yüzeyinde yükselir ve dik yüzeyden geri yansıma fazladır, buna surging adı verilir. Bu ikisi arasında plunging kırılma bulunmaktadır (Kabdaşlı, 1992)

Kırılma sınıflandırması; surf benzerlik parametresi (ξ) olarak adlandırılan parametreye göre yapılmaktadır.

$$\xi = \frac{\tan\alpha}{\sqrt{H_0 / L_0}} \qquad \textbf{(2.1)}$$

Burada, tanα, taban eğimi; H_0 ve L_0, sırasıyla derin su dalga yüksekliği ve dalga boyudur.

Surf benzerlik parametresi aynı zamanda kırılan dalga yüksekliği ile de ifade edilebilmektedir.

$$\xi_b = \frac{\tan\alpha}{\sqrt{H_b / L_b}} \qquad \textbf{(2.2)}$$

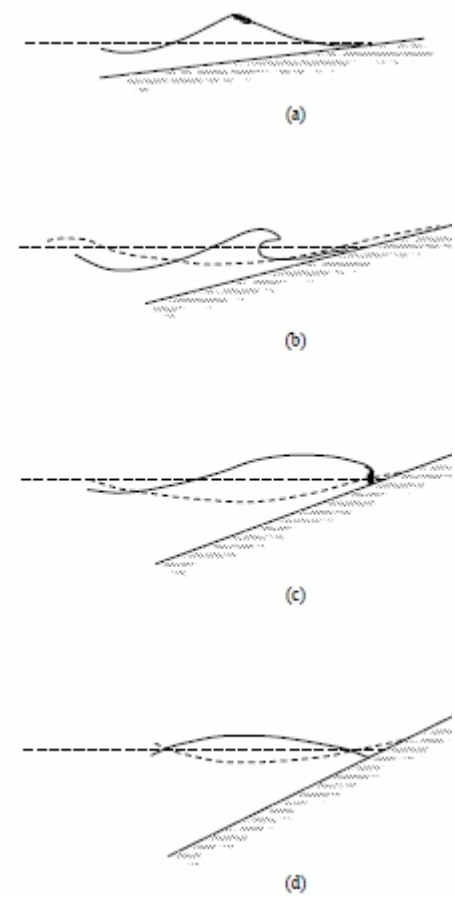
ξ_b; 0,5'ten küçük ise spilling kırılma, 0,5-2,5 aralığında plunging kırılma ve 2,5'tan büyük ise collapsing veya surging kırılma gerçekleşir, 3,5'tan büyük ise kırılma olmayan bölge başlar (Bruun ve diğ., 1981)

Spilling Kırılma : Bu tip kırılmada köpük önce krette oluşur ve daha sonra dalganın ön yüzünü kaplar. Bu tür kırılma derin su veya yumuşak taban eğimlerinde oluşur. Rölatif olarak dik dalgalar ve/veya daha yatay bir taban halinde meydana gelen kırılma tipidir. Su derinliğinin azalması ile dalga tepesi dikleşir, su yüzeyi köpürür. Kırılma henüz dalga tepesinin simetrik olduğu, kıyıdan daha açık mesafede meydana gelir ve dalga cephesinde oluşan köpürme ile birlikte vorteks oluşur. Ancak bu durumda cephenin ön tarafında bulunan çukurda bozulma meydana gelmez. Derin su dalga kırılması da bu tip dalga kırılmasına benzer davranış gösterir (Şekil2.2a).

Plunging kırılma : Plunging kırılmada dalga ön yüzü düşey oluncaya kadar dikleşir ve o noktadan sonra kırılmaya başlar. Dalga tepesi hava boşluğu oluşturacak şekilde dalga cephesinin önündeki çukura doğru kıvrılarak serbest düşen bir jet biçiminde çarpar. Bunun sonucunda dalga cephesinde büyük ölçekli vorteksler meydana gelir. Taban eğimi spilling kırılmaya göre rölatif olarak daha büyüktür ve dalga dikliği spilling kırılmaya göre daha küçüktür (Şekil2.2b).

Collapsing kırılma : Bu tip kırılmada dalganın ön yüzünün küçük bir kısmı düşeye yakın hale gelinceye kadar dikleşir ve sonra aniden çöker. Dalga cephesinin alt taraflarında köpüklenme olur ve spilling ile plunging kırılma arasında bir geçişi temsil eder. Rölatif olarak dik taban eğiminde oluşur (Şekil2.2c).

Surging kırılma : Büyük eğimli taban üzerinde basık dikliğe sahip dalganın yaklaşması durumunda meydana gelir. Kırılma miktarı küçüktür ve kıyı çizgisine yakın oluşur, yansıma miktarı büyüktür (Şekil2.2d). Bu kırılma tipinde, dalganın önyüzü ve kreti kırılmayan dalga gibi pürüzsüz kalırken dalga önünde az miktarda hava karışımı söz konusudur (CEM, 1995).



Şekil 2.2 : Spilling, plunging, collapsing ve surging olarak isimlendirilen kırılma tipleri (CEM, 1995).

Sahil eğiminin az olduğu yerlerde dalga kıyıdan açıklarda kırılır ve sular kumsalda köpürerek ilerler. Dik bir eğim varsa dalga kıyıya yakın kırılır. Dalga karakteristiklerine bağlı olarak değişen dalga kırılma derinliği Akdeniz'de 8-10m, Karadeniz'de 15m'dir.

2.5.3 Sediment hareketi

Kumsala, karadan taşınan ve çöken çakıl ve kumlar, dalga ve gelgit etkisi ile şekil değiştirir ve/veya derin deniz kesimine doğru taşınırlar. Plajın malzeme kazanması: plaj gerisinden aşınmayla gelen malzeme; kıyı boyunca ve kıyıya paralel akıntılarla çökelme; denize dökülen akarsuların getirdiği malzeme ile olur. Plajın malzeme kaybetmesi ise rüzgarın tortulları kıyıdan taşıması; kıyıya paralel akıntılarla ve fırtınalar sırasında kıyı dip akıntıları ile plaj çökellerinin derin deniz kesimlerine taşınması ile olur. Malzeme girdi ve çıktısı eşitlendiğinde plaj dengededir ve genel şeklini korur. Denge bozulunca plaj büyür ya da küçülür.

Kırılmadan sonra çoğu dalga kıyıya açıyla yaklaşır. Kıyıya dik ve paralel iki dalga hızı bileşeni olur. Paralel olan kıyı boyu katı madde taşınımına, kıyı çizgisine dik olan kıyıya dik yönde katı madde taşınımına sebep olur.

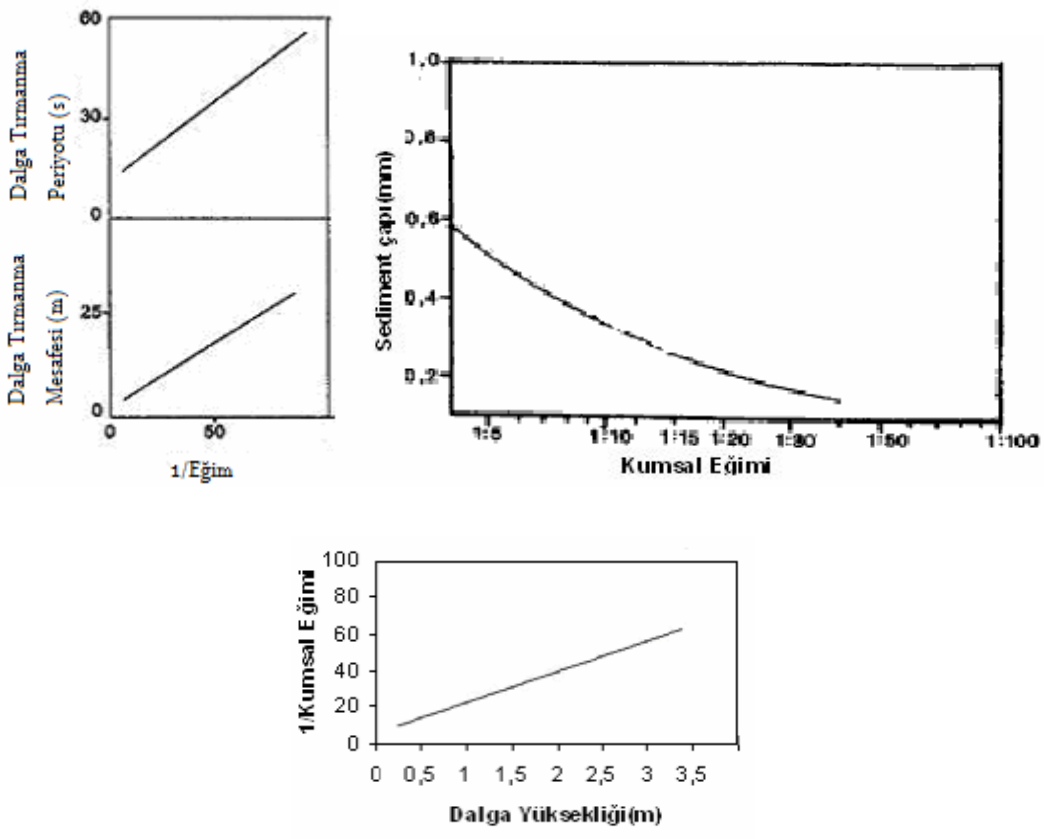
Denizde taşınan ve ayrılan partiküller dalga hareketiyle aşağı inerek toplanır. Daha derin sularda az enerji dalga hareketini geliştirir ve daha küçük partiküller açık denize gider. Bundan dolayı sedimentteki zerre büyüklüğü kıyıdan uzaklaştıkça azalır.

2.6 Kumsal Eğimi ve Sediment Özellikleri

Dalga tırmanması ile kumsala katı madde birikimi olurken, geri dönüş akımında kıyıda erozyon gerçekleşir. Sediment boyutu arttıkça geri dönüş akımında sızma kolay olacağından erozyon azalır bu yüzden kumsal dik bir eğime sahip olur (Şekil2.3).

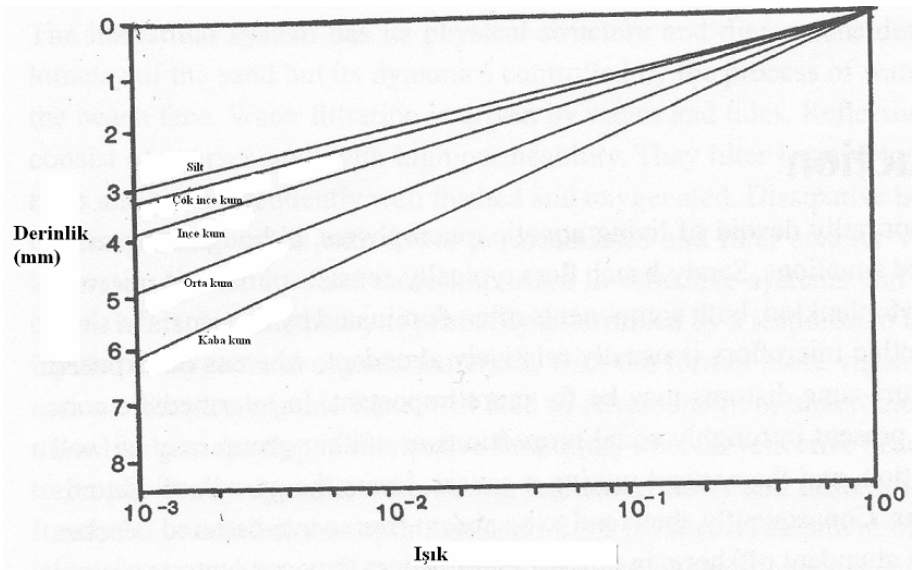
Şekil2.1'de görülen dalga tırmanma bölgesinin kıyıya uzaklığı dalga tırmanma mesafesidir. Dalga tırmanma periyotu ise iki tırmanma arasındaki süredir. Dik eğimli kumsallar; eğimi az olan kumsallara kıyasla daha küçük dalga tırmanma periyotu ve daha kısa dalga tırmanma mesafesine sahiptir (Şekil2.3). Ayrıca dik kumsallarda sedimet çapı daha büyüktür (Brown ve diğ., 2006).

Bentik flora ve fauna için sediment bir habitattır. Ayrıca sediment; organik ve inorganik maddelerin taşınımında rol oynar. Tür zenginliğinin; dalga tırmanma periyotu ve eğimle arasında pozitif lineer ilişki varken, tane büyüklüğüyle negatif bir ilişki vardır. Sediment çapı azaldıkça oksijenin ulaştığı derinlik ve yayılımı az olur (Little, 2000).



Şekil 2.3 : Kumsal eğimi, sediment ve dalga özellikleri değişimi (Brown ve diğ., 2006).

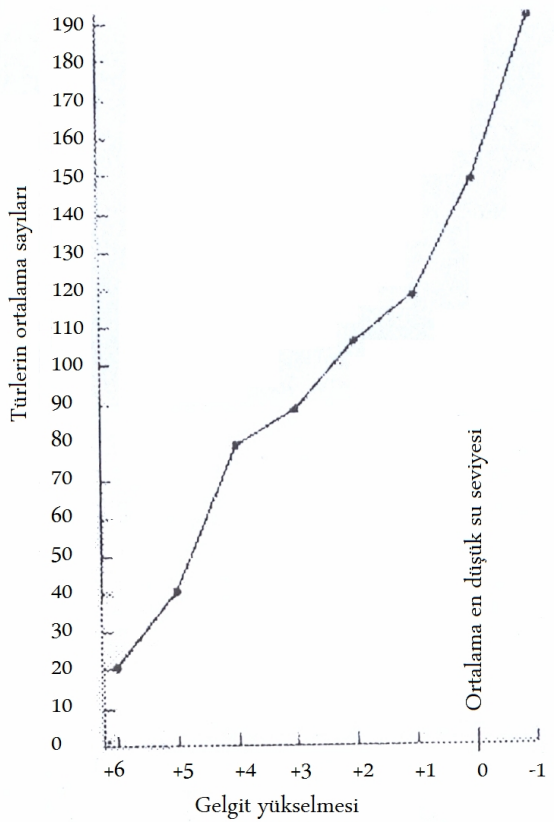
Derinlikle birlikte sediment boyutu da artar. Şekil2.4'te gösterildiği gibi kumsallarda sediment çapı 5mm'i fazla aşmaz ve ışık etkisi de sediment çapı arttıkça derine ulaşır (Fenchel ve Staarup, 1971).



Şekil 2.4 : Kumsal içine ışığın nüfuz etmesi (Fencel ve Staarup, 1971).

3. KUMSAL EKOSİSTEMİNİN CANLI (BİYOTİK) BİLEŞENLERİ

Kara ve denizler arasında geçişi oluşturan sahil bölgesinin ekolojik koşulları değişken olduğundan ancak bu koşullara uyum sağlayabilen sınırlı sayıda türü içerir. Bu bölgedeki tür sayısı koşulların uygunlaşması nedeniyle med düzeyinden cezir düzeyine doğru artar. Kayalık, kumluk ve çamurlu sahillerin canlı toplulukları tamamen birbirinden farklıdır. Şekil3.1'de sahil bölgesindeki tür çeşitliliğinin gelgit seviyesinden etkilenmesi görülmektedir (Geldiay ve Kocataş, 2002).



Şekil 3.1 : Sahil bölgesindeki tür çeşitliliği (Geldiay ve Kocataş, 2002).

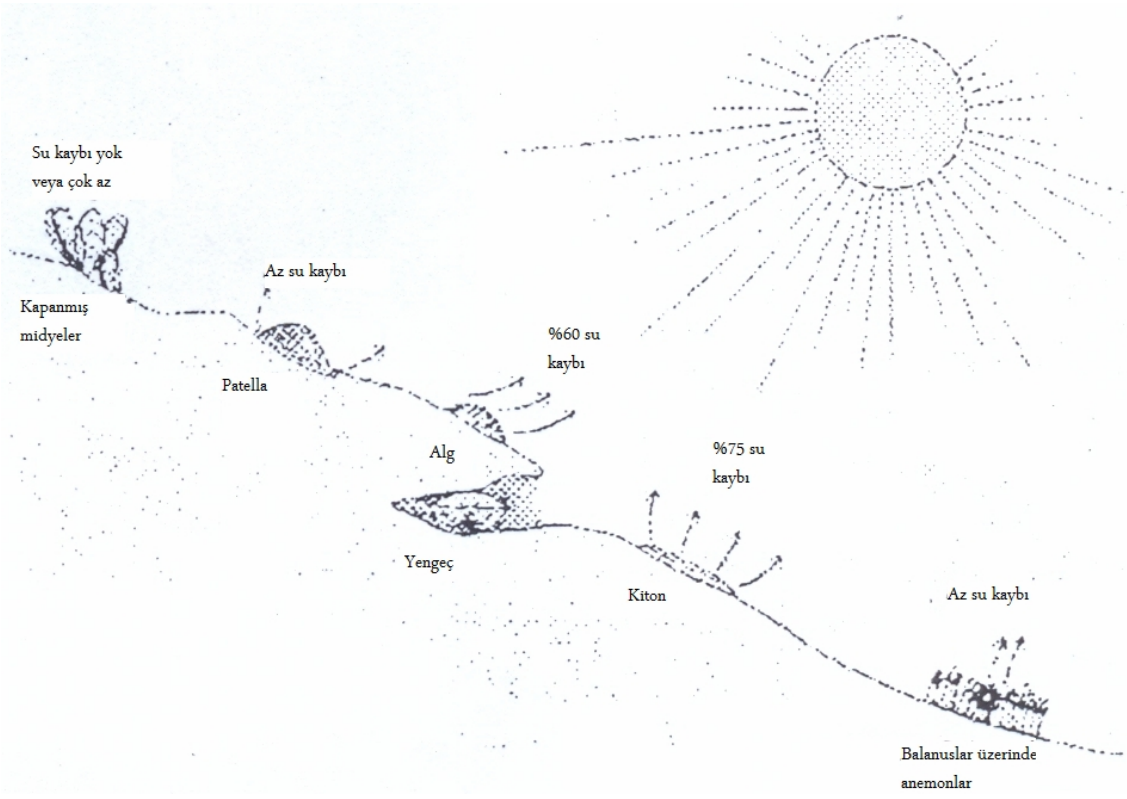
Sahil bölgesinde yaşayan türler fiziksel (ışık, sıcaklık, kuraklık, v.b.) ve biyolojik (besin ve yerleşim için rekabet) faktörlerin etkisiyle belli bir düzende dağılış gösterirler. Başka bir deyişle kendileri için en uygun fiziksel koşullarda rekabetten kaçınmak amacıyla dağılım gösterirler.

3.1 Sahil Bölgesi Yaşamına Uyum

Sahil bölgesinde yaşayan canlıların tümü deniz kökenlidir. Bu nedenle su dışında kalarak havayla olan doğrudan ilişkileri bu canlılarda stres yaratır. Dalgaların hidrodinamik etkileri de diğer önemli faktördür. Dolayısıyla sahilde yaşayan canlıların kuraklık ve dalgaların hidrodinamik etkilerinden dolayı; su kaybına dayanma, hidrodinamik kuvvetlere karşı koyma, ısı dengesinin korunması, tuzluluk değişimlerine, solunum, beslenme ve üreme konularında bazı uyumlara sahip olması gerekir.

3.1.1 Su kaybına dayanma

Denizel canlılar sudan havaya çıkar çıkmaz su kaybetmeye başlarlar. Bu nedenle sahil bölgesinde yaşayan ve periyotik olarak suya batıp çıkan organizmalar su kayıplarını en düşük düzeye indirmek zorundadırlar (Şekil3.2).



Şekil 3.2 : Bazı sahil canlılarında su kayıplarına uyum mekanizması (Geldiay ve Kocataş, 2002).

Yengeçler gibi aktif hareketli formlar nemli olan çatlak, yarık, oyuk gibi ortamlara, ağır harekeli ya da sabit canlılardan alg (*Porphyra Fucus, Entromorpha*, v.b.) ve Mollusk (*Chiton* ve *Patella*) türleri dokularından önemli miktarda su kayıplarına

dayanarak adapte olmuşlardır. Algler %60-%90, *Chiton* türleri ise %75 su kaybına dayanmaktadırlar.

Sahil canlılarında kuraklığa olan diğer uyum şekli yapısal ya da işlevsel olarak sağlanabilir. *Balanus* türleri kapaklarını kapıyarak, *Patella* türleri tabana çok sıkı yapışarak, midye ve istridyeler kabuklarını sıkı şekilde kapayarak, deniz şakayıkları mukus salgılayarak su kayıplarını azaltır. En çok görülen sahil canlılarının kumun içine gömülerek su kayıplarını önlemeye çalışmalarıdır.

3.1.2 Isı dengesinin korunması

Sahil canlıları her zaman çok yüksek ya da çok düşük sıcaklık dereceleriyle karşılaşabilirler. Ancak üst sınırın alt sınıra göre daha tehlikeli olduğu gözlenmektedir. Canlılar özellikle sıcaktan korunmak için yapılarında ve davranışlarında bazı uyumlar gösterirler. Başka bir deyişle, bu canlılar çevreden gelecek sıcaklık kazancının azaltılması ve vücutlarından ısı kaybının arttırılmasıyla ısı dengesini korumaya çalışırlar. Sahil canlıları devamlı su içinde yaşayan akrabalarına göre daha büyük boyludurlar. Dolayısıyla ısı soğurulacak yüzey alanları daha geniştir ve daha geç ısınırlar. Bunlardaki ısı kaybı ise açık renkli olmalarıyla, girintili çıkıntılı kabuklarla ve buharlaşmada kullanılacak suyu depolayarak sağlanır.

3.1.3 Tuzluluk

Sahil bölgeleri tatlı su etkisinde kalabilir. Bu durum deniz suyuna uymuş canlılar için ozmotik stres yaratabilir. Nehir ağzında yaşayan canlılardaki gibi tuzluluk değişimlerine buradaki canlıların adapte olması zordur. Sadece kabuklarını ya da kapaklarını kapayarak stresten korunmak isterler. Bu nedenle seyrekte olsa çok şiddetli yağmurlardan sonra sahilleri basan tatlı suların kütlesel ölümlere neden olduğu gözlenmektedir.

3.1.4 Hidrodinamik etki

Dalgalar burada yaşayan canlıların kum yüzeyden kopmalarına yol açabilir. Bu nedenle canlılar gömülerek korunmaya çalışırlar.

3.1.5 Solunum

Sahil hayvanları denizel kökenli olduklarından suda çözünmüş oksijeni solungaçlarıyla alırlar. Su dışında etkin olmayan solungaçlar kuraklıktan çok çabuk

etkilenirler. Bu nedenle sahil canlılarının solungaçları daima bir vücut boşluğunda bulunur ve kurumaması için operkulum gibi bazı kapakçıklarla kapatılır.

3.1.6 Beslenme

Sahil bölgesinde yaşayan canlılar beslenmek amacıyla yumuşak kısımlarını zorunlu olarak kabuk dışına çıkarmak durumundadırlar. Bu nedenle suyun hareketli olduğu kıyı yüzeyinde yaşayanlar suların yüksek olduğu zamanlarda beslenirlerken bazı canlılar cezir esnasında da beslenebilirler.

3.1.7 Üreme

Sahil canlıları yüzeye tutunarak yaşayan canlılar olduklarından üremeleri için suya gereksinimleri vardır. Döllenmeleri med zamanında olur, larval gelişmeleri de planktonik yaşama uymuştur (Geldiay ve Kocataş, 2002).

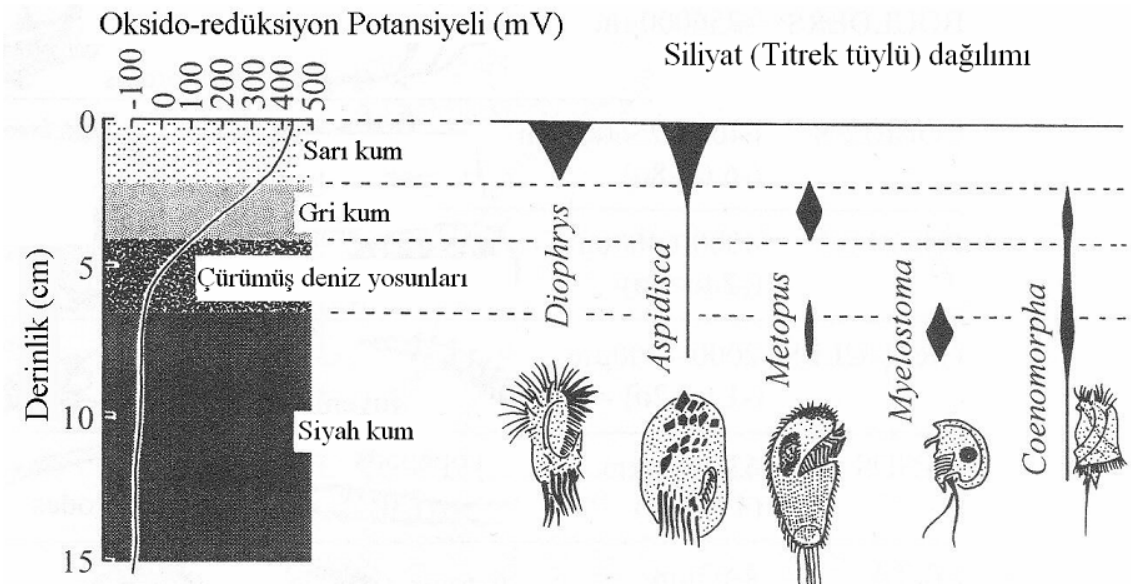
3.2 Kumluk Sahillerde Canlılar

Su, oksijen, besin ve yaşam yeri sağladığı için sedimentler bitki ve hayvanlar için yaşam alanı olabilmektedir. Bitki ve hayvanlar kumsalda hiçbir zaman homojen dağılmazlar. Tane büyüklüğünün düşeyde düzensiz olarak değiştiği kumsallarda fauna da ani olarak değişir. Düşeydeki değişim nemin kaybolmasıyla da ilişkilidir. Sular çekildiğinde üst yüzey çabuk kururken daha alttaki katmanlar nemini korur. Sedimentte yaşayan canlılar gelgite ve mevsimlere göre bir döngü içinde yer değiştirirler.

3.2.1 Kumluk sahillerde hayvan türleri

Canlılar homojen bir dağılım göstermez fakat populasyonların tür dağılımı kıyıdaki aynı yüksekliklerde, yatay mesafe boyunca aynıdır. Yüksekliğe bağlı olarak kumsal üç bölgeye ayrılmaktadır. Bunlar: kuru (supralitoral), ıslak (mediolitoral) ve suya doygundur (sublitoral) (Şekil 3.6). Kumsalda her bir bölgede yatay mesafe boyunca aynı türler gözlenmektedir. Solucanların, kabuklu hayvanların ve yumuşakçaların büyük kısmı; sedimenti kazarak içinde yaşar ve tüp şeklindeki oyuktan suyu süzerek beslenirler. Buna Antartika kıyılarındaki çift kabuklulardan *Laternula eliptica* örnek verilebilir. Sedimenti kazarak içinde yaşayan fakat sediment yiyerek beslenen başka bir örnekse deniz kestanelerinden Abatus'tur.

Deniz yıldızları, deniz hıyarları, solucanlar, kabuklu hayvanlar ve çift kabuklular içinden bazıları ise sediment yüzeyinde yaşar ve beslenmek için hareket ederler. Örneğin Antartik deniz tarağı *Adamussim colbecki*. Küçük kabuklu hayvanlardan amfipodlar ise algler ve başka küçük canlılar için besin olabilirler (Stark, 2000).



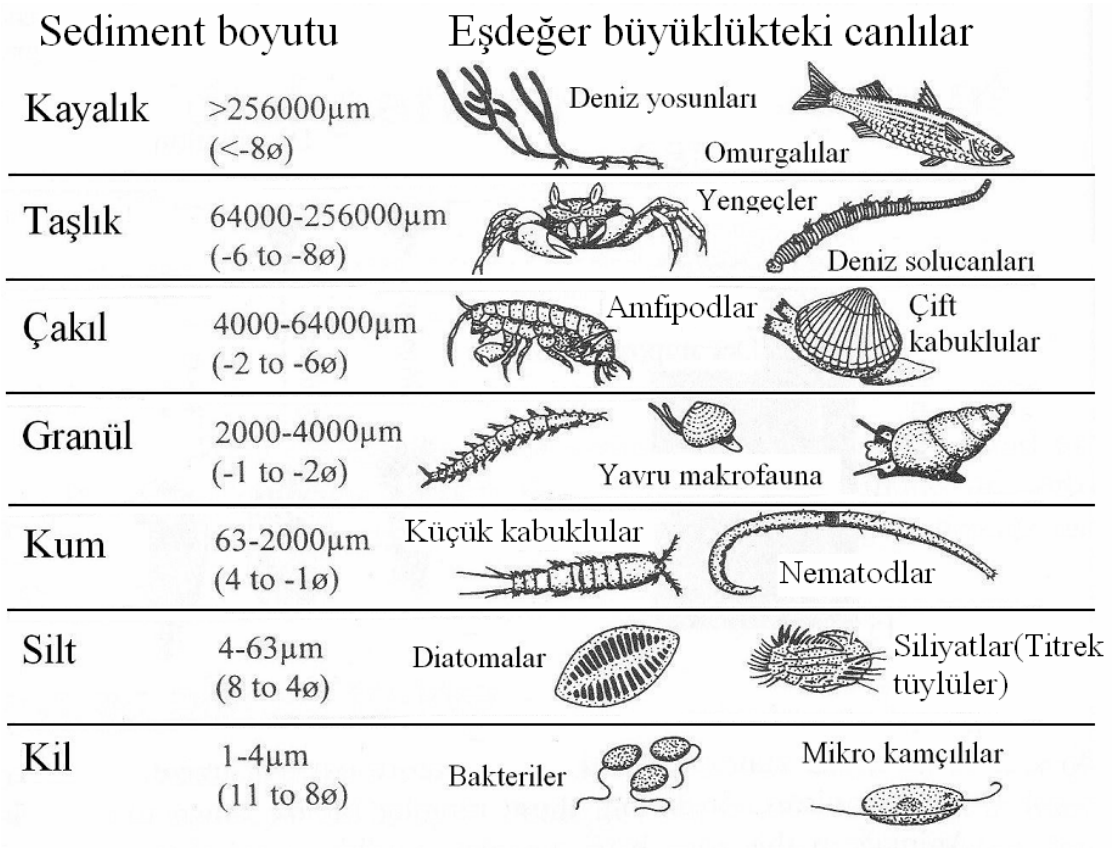
Şekil 3.3 : Danimarka'da Neva Körfezi'nde 5 siliyat türünün dağılımında oksido-Redüksiyon profili (Fenchel, 1969).

Deniz kumunda yaşayan Siliyatlar (Titrek tüylüler): *Diophrys, Aspidisca, Metopus, Myelostoma* ve *Coenomorpha* derinliğe bağlı olarak Şekil3.3'te gösterildiği gibi dağılmaktadır. Sarı kumda oksijen yüksek seviyededir. Gri kumda oksido-redüksiyon potansiyelinin bitmesine doğru yaklaşır. Bazı siliyatlar bu seviyenin altında da yaşarlar. Sediment boyutu arttıkça oksijenin bitme derinliği metre seviyesinde değişebilir (Fenchel, 1969).

Oksijen; sedimentlerin arasına dışarıdan gelir ya da bakterilerin üretmesi ile oluşur. Çamur ile 63µm'den az partiküller kastedilmektedir (örneğin silt ve kil kombinasyonu gibi). Çamur; içeriğindeki kilden dolayı elektrokimyasal çekim etkisiyle iyonları etkiler ve partiküller birbirine yapışır. Kum ortamı kil içermediğinden yapışkan yapıda değildir. Daha küçük partiküller sedimentlerin arasındaki boşlukları dolduracağından porozite azalır. Partiküller küçüldükçe geçirgenlik azaldığından kumsal yüzeyinin altında oksijen seviyesi düşer. Canlılar bu durumu dengelemek için oksijeni sudan direkt alırlar (Little, 2000).

İngiltere'deki Severn haliçinde temiz kumsalların üst yüzeyinde *Bathyporeia* ve *Corophium arenarium* gibi amfipodlar gözlenirken, çamurlu bölgelerde *Nereis* ve *Nephyts* gibi Polychaet'ler ile Macoma gibi çift kabuklulara aniden dönüşür (Boyden ve Little, 1973).

Sediment boyutuna eşdeğer büyüklükteki canlılar Şekil3.4'te görülmektedir. Bu canlılardan Nematodlar; Nemathelmintler sınıfından, tam bir sindirim sistemi olan, ayrı cinsiyetli silindirik (kıl şeklinde) parazitlerdir (Askaridler, oksiyürler, ankilostomlar, filarialar vb.).



Şekil 3.4 : Sediment boyutuna eşdeğer büyüklükteki canlılar (Little, 2000).

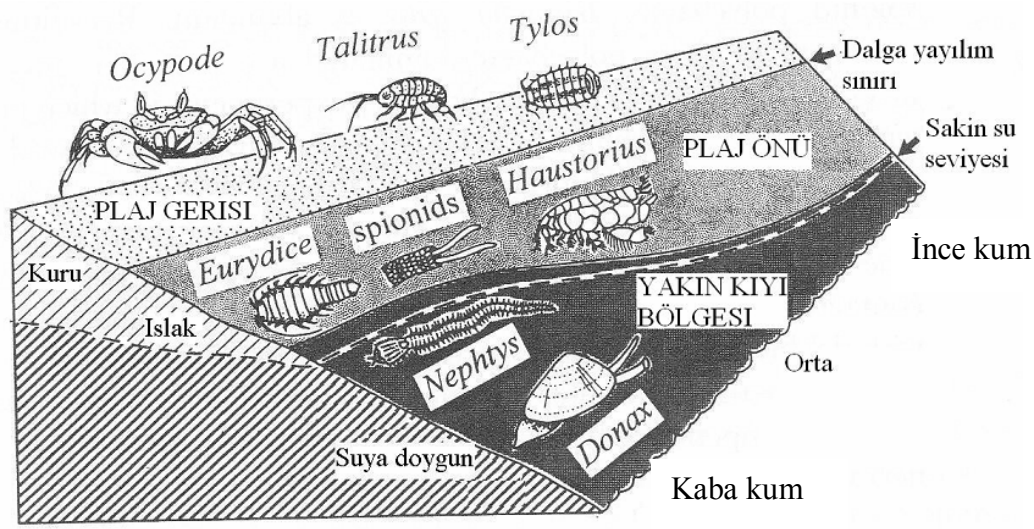
3.2.2 Kumsalın yüksekliğine bağlı hayvan türlerinin dağılımı

3.2.2.1 Plaj gerisindeki hayvan türleri

Plaj gerisinde ortam kurudur (Şekil3.5) ve tropik yerlerde Hayalet yengeç olarak bilinen *Ocypode* dominantken sıcak yerlerde Amfipod türü olan *Talitrus* dominanttır. Kumulların bulunduğu yerlerdeyse Eşayaklılardan *Tylos* bulunabilir (Little, 2000).

Plaj gerisi ince kumlu ise Amfipod'lardan *Talitrus saltate* ve Isopod'lardan *Tylos europaeus* görülür. İnce kumun yüzey tabakaları arasında sahilde yürüyebilen Coleopter'lerden *Bledius* ve bazı *Dipte*r türleri bulunur. Çakıllı sahillerdeyse Akdeniz'de yaygın olarak Isopod'lardan *Tylos ponticus* karakteristiktir. Dalgalar tarafından sahillere atılmış alglerden *Posidonia oseanica* (Deniz fanerogamları) yığınları arasında Amfipod'lardan *Orchestia* cinsinin çeşitli türleri; Isopod'lardan *Tylos sardous* çeşitleri Coleopter (*Bledius furcatus*), Dipter ve Orthopter temsilcilerine rastlanır (Geldiay ve Kocataş, 2002).

Plaj gerisinde ince kumlu kumsallarda *Amphipod orchestoidea tuberculata* , ve orta büyüklükte kumdan oluşan kumsallarda *Orchestoidea tuberculata* ve *Emerita analoga* sayısı belirgin olarak yüksektir (Contreras ve diğ., 2003).



Şekil 3.5 : Kum partikül büyüklüğüne ve dalgaya bağlı olarak kumsallardaki canlı Dağılımı (Little, 2000).

3.2.2.2 Plaj önü bölgesindeki hayvan türleri

Plaj önünde ise Amfipod türü olan *Haustorius,* Eşayaklılardan *Eurydice* ve Polychaet'lerden *Spionids* genellikle bulunur. Plaj önü bölgesi; ince kumlu kumsallarda fazlayken, çakıllı kumsallarda dardır. Yakın kıyı bölgesinde; kaba kumda *Nephyts* ve *Glycera* gibi Polychaet'ler ile Çift kabuklulardan *Donax* ve Yengeç türü olan *Emerita* bulunurken ince kumlu kumsallarda daha az fauna bulunur (Little, 2000).

Amfipodlardan *Haustorius* ve *Bathyporeia*; Isopod'lardan *Eurydice affinis*, küçük Pelecypod'lardan *Mesodesma corneum*; Mysidacea'den *Gastrosaccus* ile temsil

edilir. Polychaet'lerden *Ophelia* daha ziyade kaba kumda, *Nereis* ise ince kumda bulunurlar. *Mesodesma* genellikle, kalkerli kum sahalarından kaçar. Az tuzlu yüzeylerde ise Polychaet'lerden *Nereis diversicolor* bol olarak bulunur (Geldiay ve Kocataş, 2002).

Plaj önü bölgesinde bulunan türlere örnek olarak *Excirolana brazililiensis, Emerita analoga* (kum yengeci) ve *Excirolana hirsuticauda* da verilebilir (Contreras ve diğ., 2003).

3.2.3 Hayvan türlerinin birbirlerine etkilerine göre sınıflandırılması

Kumsaldaki makro faunanın çoğu diğer türlerle ortak yaşar. Bu durum üstünde, yanında ya da aynı yuvada yaşamak şeklinde olabilir ve birbirlerine etkilerine göre üçe ayrılır. Bunlar:

Mutualizm: İlişki çiftin ikisi için de yararlıdır.

Kommensalizm: Biri için yararlıdır fakat diğerine zarar vermez.

Parazitlik: Biri için yararlı diğeri için zararlıdır.

Kumsaldaki çoğu ilişki kommensalizm üzerine kuruludur.

3.2.4 Hayvan türlerinin büyüklüklerine göre sınıflandırılması

Büyüklüklerine göre üç grupa ayrılırlar. 2mm'lik bir elekte üstte kalanlar Makro faunayı oluşturur. 2mm'lik elekten geçip 0.1mm'lik elekte üstte kalanlar Meiofaunayı oluşturur. 0.1mm'lik elekten geçenler ise Mikro faunayı oluşturur.

3.2.4.1 Mikro fauna

Çoğunlukla bakteri, protozoa (tek hücreli hayvan) ve amiplerden oluşur. Bunlar sedimentin içinde ve üstünde yaşayan daha büyük fauna elemanlarına yem olurlar.

Mikro fauna organik maddelerin ayrıştırılmasında ve inorganik maddelerin ekosistem içine geri kazandırılmasında önemli bir rol oynar.

3.2.4.2 Meiofauna

Elek yöntemi ile meiofaunayı belirlemek pek de mümkün değildir, çünkü kum partikülleri bu canlılardan büyüktür. *Crustaceae, nematodae, hirundineae, poli ve oligochaetae*, salyangoz ve çift kabukluların küçük tür ve bireylerinden oluşur. Nesil

süresi kısa olmasından dolayı meiofauna ekosistemin ikincil üretiminde önemli bir rol oynar. Deniz dibinin türü; mikro, meio ve makro fauna toplulukları arasındaki oranı belirler. Yumuşak diplerde genellikle mikro ve makro fauna baskındır ve meiofauna az bulunur. Sert kumlu bir dipte mikro ve meiofauna türleri çoğunluktadır, makrofauna türlerinden sınırlı sayıda vardır ve sediment yüzeyinde yaşayan elemanlarca temsil edilir. Makrofauna kumda yuva yapması gereken canlılardan meydana gelirken meiofauna kumların arasında yuva yapmadan yaşayabilecek kadar küçüktür.

Meiofauna için bir kurtçuk türü olan *Convoluta* örnek verilebilir (Şekil3.6). *Convoluta* alglerle birlikte yaşar ve rengi yeşildir. Alglerin fotosentez yapıp kurtçuğa enerji verebilmesi için su derinliği azken kurtçuk yüzeye çıkar ardından kumların arasına geri döner.



Şekil 3.6 : *Convoluta* (Url-1).

3.2.4.3 Makrofauna

Makrofauna yaşamalanlarına göre iki grupa ayrılır. Birinci grup epifauna; sedimentin yüzeyinde hareketli ya da yerleşik olarak yaşayan hayvanları ihtiva eder. İkinci grup olan infauna; sediment yüzeyinin altında yaşar. İki grubunda major temsilcileri vardır. Bunlar; *Coelenterata, Nemathelminthes, Annelida, Arthropoda, Mollusca, Echinodermata* ve *chordata'*dır. Okyanuslarda ve kıyı bölgelerin korunaklı kısımlarında sedimentte yumuşak dip toplulukları yaşar, bunların kompozisyonu genellikle ılıman bölgelerde büyük benzerlik gösterir. Tropikal bölgelerde az miktarda bireyin temsil ettiği çok sayıda tür baskındır. Değişik derecelerde dalga hareketi ve akıntı, sedimentin fiziksel özelliklerinde bölgesel değişimlerin olmasına yol açar. Bu da hakim çevre koşullarına uyum sağlamış çok sayıda türün varlığına sebep olan bir çok farklı mikrohabitat olmasına neden olur.

3.2.5 Hayvan türlerinin çevresel etkilere toleranslarına göre sınıflandırılması

Eoryoecious türleri; çevresel koşullardaki değişimlere karşı geniş tolerans limitlerine sahiptir ve deniz ekosisteminde yaygın olarak bulunurlar.

Stenoecious türleri; çevresel koşullara karşı dar tolerans limitlerine sahiptir, deniz ekosisteminde az ve yerel olarak bulunurlar. Bu türler insanoğlu tarafından yapılan etkilere karşı çok hassastırlar ve varoluş ya da olmayışları bölgenin kirliliği ile ilgili bir ölçüt olarak kullanılabilir.

Eğer ekosistem insan faaliyetleri sonucu ciddi olarak etkilenirse (örneğin kimyasal kirlenme ya da yüklü miktarda organik madde veya nütrient deşarjı) stenoecious türleri topluluktaki kontrol mekanizmalarından ayrılarak yok olurlar. Bu genellikle üretim ve solunum arasındaki oranın artması ve ayrışmış organik maddenin sedimentte birikmesi ile sonuçlanır.

Yiyecek için rekabet azaldıkça, dayanıklı türler sayıca artar ve bentik topluluğun yapısı sınırlı sayıda türün çok sayıda bireyinin olduğu bir yapıya dönüşür.

3.3 Kumluk Sahillerde Bitki Örtüsü

Fitoplanktonlar ile bentik bitki örtüsü deniz ekosisteminin önemli birincil üreticileridir. Sediment yüzeyindeki ışığın fotosentez için yeterli olduğu sığ kıyı bölgelerinde bentik bitkiler organik maddenin toplam üretiminde önemli bir role sahiptirler.

3.3.1 Fitoplankton

Sularda pasif olarak yer değiştiren bitkisel organizmalardır.



Şekil 3.7 : *Diatom, Dinoflagellata ve Phytoflagellata* (fitoplankton cinsleri) (Url-2, Url-3, Url-4).

Fitoplanktonlara; *Diatom* (kabuksu tek hücreli grubu), *Dinoflagellata* (*Phytomastigophorea* sınıfında bulunan, planktonların önemli bir bileşeni olan kamçılara, selüloz bir hücre duvarına, yeşil, sarı ve kahverengi pigment kapsayan organellere sahip, deniz suyunda aşırı miktarlarda bulunarak deniz suyunda kırmızı dalga adı verilen renk değişimine ve sudaki oksijeni tüketerek deniz hayvanlarının ve balıkların ölümüne neden olan, kimi türleri çok kuvvetli nörotoksinler salgılayarak bu organizmalarla beslenen deniz kabuklularını yiyen insanlarda ciddi komplikasyonlara neden olan, *Ceratium, Gonyaulax, Gymnodinium* ve *Prorocentrum* cinslerini içeren, küçük, bitki benzeri genellikle denizlerde bulunan tek hücreli mikroskobik organizmalar) ,*Phytoflagellata* (fotosentez yapan kamçılı organizmalar) örnek verilebilir (Şekil3.7).

3.3.2 Bentik bitkiler

Bentik bitkiler iki grupa ayrılır. Çok hücreli, büyük, tutunmuş algler (deniz yosunu) ve batmış yüksek bitkiler (*Zostera* ve *Ruppia*) Makrobitkiler grubunu oluşturur (Şekil3.8).

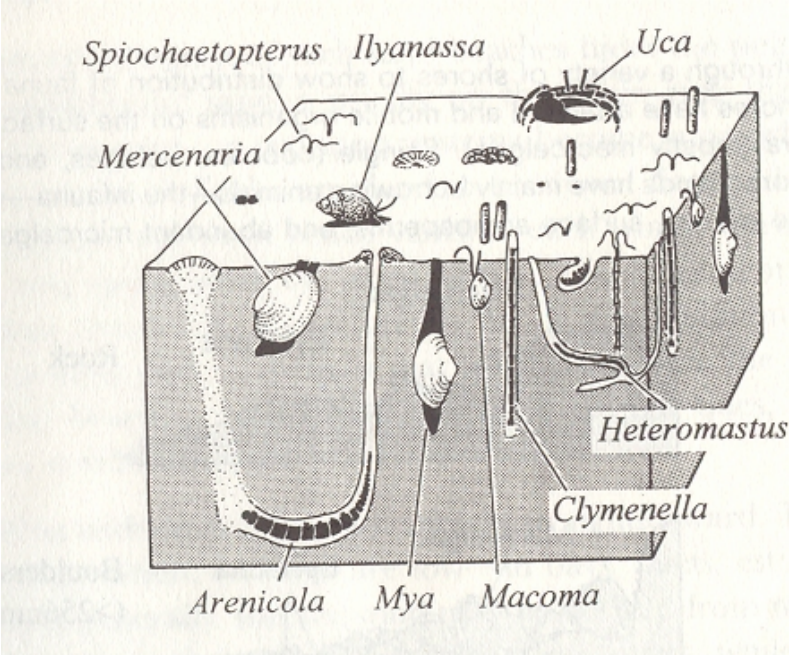


Şekil 3.8 : *Zostera* (deniz yosunu cinsi) ve *Ruppia* (deniz bitkisi cinsi) (Url-5 ve Url-6).

Küçük genellikle tek hücreli, sedimentin üst tabakalarında yaşayan algler veya kaya veya büyük bitkilere tutunarak yaşayan epiphytes (diatom), bakteriler, siyanobakteriler ve ototrof kamçılılar ise Mikrobitkiler grubunu oluşturur (McLaclan ve Brown, 2006).

Fitoplankton ve mikrobitkiler bentik hayvan türleri için direkt besin kaynağıdırlar.

Yüzeyde sürekli dalga hareketi olduğundan canlılar genellikle sedimentin içinde yaşarlar (Şekil3.9). Midyelerin çoğu sedimentin içinde yaşar, istiridye ve bazı midye türleri ise sedimentin yüzeyinde yaşarlar (Little, 2000).



Şekil 3.9 : Sedimentte yaşam bölgeleri (Little, 2000).

Sedimentin içinde yaşayan organizmaların çeşitliliği fazladır fakat kütlesel olarak çok fazla değildirler. Salyangozlar epiphytic diatomlarla beslenirler. Kurtçuklar ve çift kabuklular sedimentin üzerindeki suyu filtre ederler ya da sedimentin en üst tabakalarını yerler.

Makrobitkiler ise nadir olarak makrofaunaya yem teşkil ederler, bir kısmı bakteriler tarafından ayrıştırılır, ardından bentik fauna tarafından kullanılırlar. Makrobitkilenmenin populasyonunun yoğun olduğu bölgelerde su hareketleri engellenir. Bunun sonucu olarak sedimentasyon artar, organik içeriği yüksek yumuşak sediment oluşur ve özel bentik fauna toplulukları oluşur.

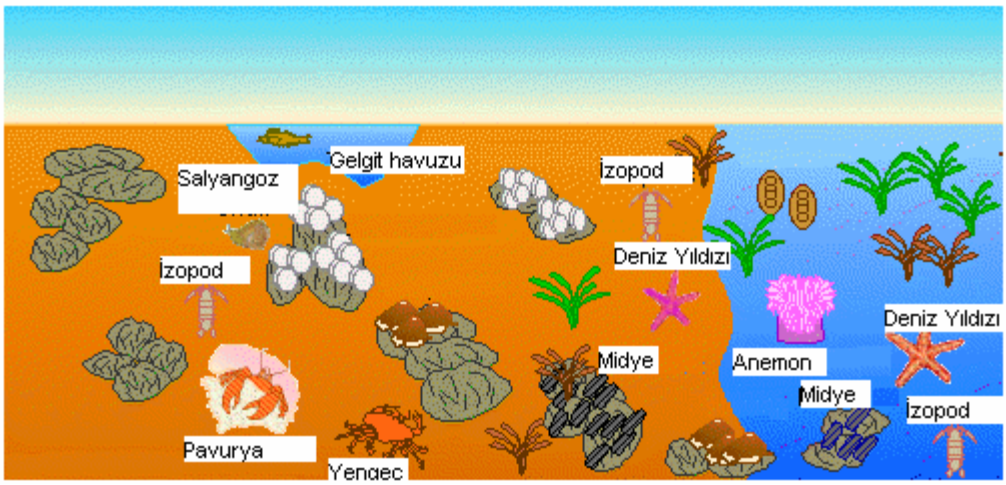
Kirlenmemiş bir kıyı bölgesinde makro ve mikro bitkilenme ile fitoplanktonun rekabeti ışık ve besinlere göre olur. Suyun geçirgenliğine, topoğrafyaya ve hidrolik rejime bağlı olarak birincil üreticiler bu üç gruptan oluşur. Eğer besin açısından zengin endüstriyel ya da evsel atık girişi varsa öncelikle fitoplankton artar, ardından makrobitkilenmenin üzerindeki alg örtüsü kalkar. Ardından suyun geçirgenliği azalır ve bölgenin dip kısımlarındaki bentik flora yok olur. Bu da sedimentin fiziksel ve kimyasal doğasını değiştirir, doğal fauna yapısı bozulur. Bazen birincil üretim tamamen fitoplanktonlara kalır ve mavi-yeşil algler en güçlü grup olur.

Danimarka'da bir bölgede fitoplanktonun ve mikrobitkilenmenin birincil üretiminin karşılaştırılması yapıldığında, 1 metre derinlikteki toplam birincil üretimde

mikrobitkilenme çok daha baskındır, 8 metre derinlikte durum değişmiştir ve fitoplankton en önemli birincil üreticidir.

3.4 Gelgit Düzlüğü Canlıları

Gelgit salınımının olduğu bölgeye gelgit düzlüğü denir. Gelgit bölgesindeki bazı canlılar gelgit döngüsüyle uyumlu bir ritmik davranış içindedirler. Bazı canlılarınsa 24 saatlik içsel ritmik davranışları vardır. Kumsallardaki canlıların çeşitli şekillerde yönlerini buldukları düşünülmektedir. Bazıları güneşi bazıları da yıldızları kullanmaktadır (Hakyemez ve diğ., 1980).



Şekil 3.10 : Gelgit düzlüğü canlıları (Url-7).

Şekil3.10'da gösterilmekte olan Gelgit düzlüğü canlıları:

Anemon: Deniz tabanında yaşayan çiçek görünümünde yırtıcı bir hayvandır (Url-7).

Midye: Mafsalla bağlı iki kabuk arasında korunan hafif hayvanlardır. Kabuklu deniz canlılarından olmasına karşın yumuşakçadır. Denizlerde sabit olan her türlü cansız maddeye salgıladığı yapışkan bir sıvıdan meydana gelen iplikleriyle yapışır. Ortalama olarak 7-10cm. boyundadır. İki kapağı olmasına karşın midyelerin, yumuşakça olarak adlanmasına neden olan, bu kapakların içinde yumuşak bir eti olmasıdır. Kabukları siyah veya kahverengidir. Kabuklarını hafifçe açıp planktonları yer. Yaz mevsiminde ürer. Yumurtadan çıkan yavru midyeler, annelerinin solungaçları üzerine yapışarak bir süre burada yaşarlar. Planktonlarla beslenirken deniz suyu için adeta bir süzgeç görevi görür. Bu nedenle de denizler, özellikle kıyı şeritleri kirlendikçe o bölgede midye çoğalır ve süzgeç görevi yapmaya başlar. Kara midyesi (*Mytilus Galloprovincialis*) optimum 6-24^{o}C'de 2-8mg/L çözünmüş oksijen

seviyesinde yaşar (Çelikkale ve diğ., 1999). UNEP 2003'te akarsularla denize boşalan oksijeni tükenmiş su kütlesinin etki ettiği alanda, midye ve karides gibi yavaş hareket eden canlıların kitlesel ölümüne yol açtığı belirtilmiş ve dünya üzerinde oksijeni tükenmiş 146 kıyı alanı olduğu raporlanmıştır (Küçükali, 2006).

Deniz tarağı: Oyukta yaşayan hafif bir midyedir. Genellikle tropikal sıcak bölgelerde bulunur. Yeni Zelanda'da en fazla *Paphies* cinsi deniz tarağı bulunur (Little, 2000).

Yengeç: Kabuklu bir hayvandır. Kemancı yengeç ve Pavurya gibi türleri vardır. Yengeç yumurtaları kitle halinde yer kapladığından kumsal yapısını etkiler (Jackson ve diğ., 2005). Yumurtalarının dalga ve çalkantılarla taşınmasına kıyı kuşları zarar vermektedir (Nordstorm ve diğ., 2006). Yengeçler dalga ritmine uygun senkronize hareket ederek beslenirler (Trager ve diğ., 1992).

İstiridye: İki kabuğu arasında korunan hafif deniz hayvanıdır.

Karides: Tabanda yaşayan yarı saydam iskelet sistemine sahip küçük kabuklu bir hayvandır. Kuruma karidesi (*Penaeus Japonicus*) optimum 15-35^{o}C'de 4,5-8mg/L çözünmüş oksijen seviyesinde yaşar (Çelikkale ve diğ., 1999).

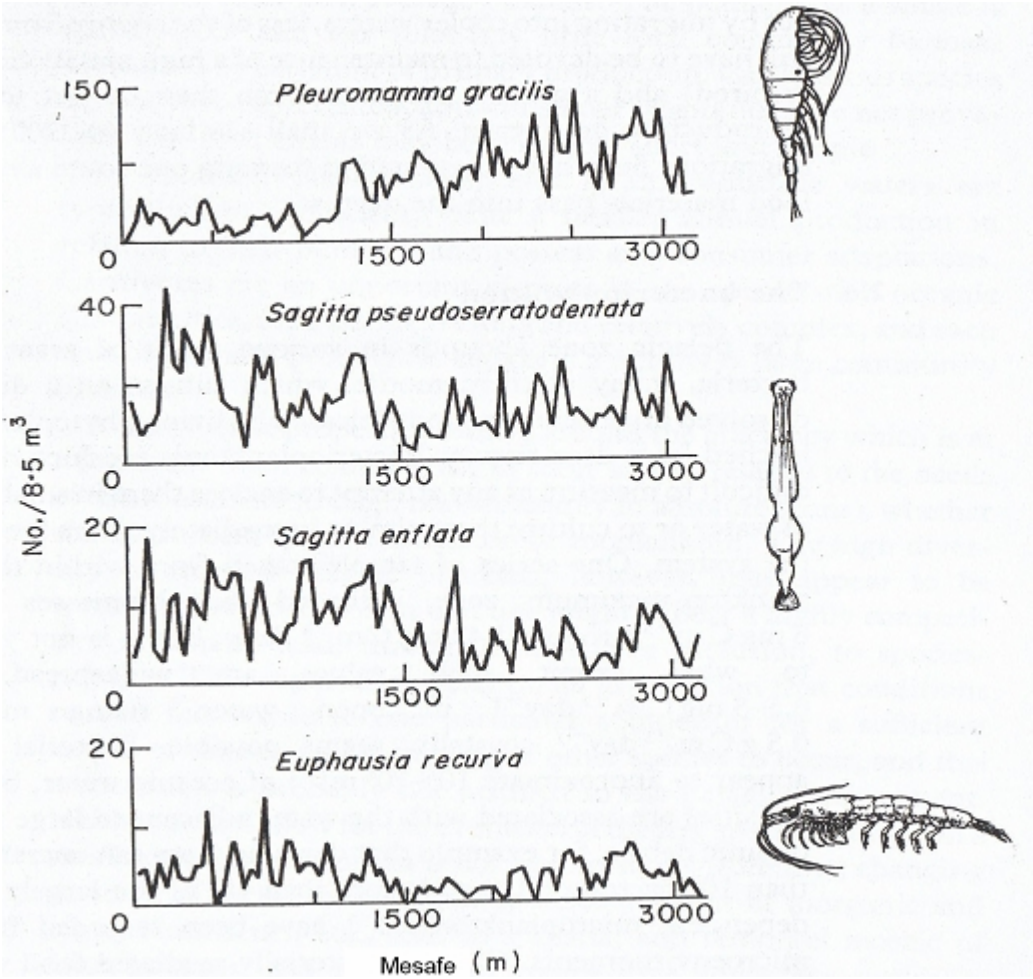
Salyangoz: Sert koruyucu kabuğu olan hafif bir hayvandır. Çoğu kıyıda yaşar. Dalga etkisiyle antenlerinde hissettikleri yönde hareket ederler (Mead ve diğ., 2003).

Balıklar: Kalkan (*Scophtalmus Maximus*) optimum 6-22^{o}C'de 4,5-8mg/L çözünmüş oksijen seviyesinde, Somon balığı (*Salmo Salar*) optimum 2-18^{o}C'de 5-10mg/L çözünmüş oksijen seviyesinde, Aynalı sazan (*Cyprinus Carpia*) optimum 1-30^{o}C'de 4-7mg/L çözünmüş oksijen seviyesinde, Çipura (*Sparus Aurata*) optimum 6-32^{o}C'de 4,5-8mg/L çözünmüş oksijen seviyesinde, Gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus Mykiss*) optimum 1-20^{o}C'de 5-10mg/L çözünmüş oksijen seviyesinde yaşarlar (Çelikkale ve diğ., 1999).

Deniz salyangozu: Gastropoda (karından bacaklılar) sınıfına aittir. İstiridye, midye ve diğer yumuşakçalarla beslenir (Çelikkale ve diğ., 1999).

Zooplankton ve Planktonlar: Zooplanktonların küçük türleri 400m'den sığ sularda, daha büyük türleri 600m'den derin sularda bulunur ve gün içinde dikeyde hareket etmektedirler. Dört zooplankton türünün yataydaki dağılımı Şekil3.11'de

görülmektedir (Bozkurt ve Sagat, 2008). Büyüklüklerine bağlı olarak yüzeye yakın yerlerde 12-200m/saat hızla, tabana yakın yerlerde üç kat daha hızlı yüzerler.



Şekil 3.11 : Dört zooplankton türünün yataydaki dağılımı (Bozkurt ve Sagat, 2008).

Planktonik türler ve populasyonları, su hareketleriyle bir bölgeden başka bir bölgeye veya çok daha uzak yerlere taşınır. Böylece bölgelerin plankton içeriği ve bolluğu farklılık gösterir. Ayrıca ışık, ısı ve oksijen de plankton populasyonunun dağılımında önemli faktörlerdir. Sonuç olarak bir bölgedeki balık tür ve bentik organizma miktarı planktonik organizmaların dağılımına paralel olarak çeşitlilik gösterir.

Suyun tuzluluğu, pH'ı, oksijen yoğunluğu ve sıcaklığı plankton çeşitliliğine ve yoğunluğuna etki eden önemli faktörlerdir. Bu parametrelerin değişimi planktonların da yaşam ortamlarını belirler. Parametrelerin değişimine göre, o bölgedeki plankton türleri de değişiklik gösterir.

Mikschi'nin 1989 yılında yayınlanan makalesinde zooplanktonik organizmaların bulunuşunda ve dağılışında sıcaklık ve oksijenin sınırlayıcı faktörler olduğu

belirtilmektedir. Lunser Obersee Gölü'nde; planktonlarında olduğu, içlerinde 7'si dominant ve 7'si yarıdominant olan 34 tür saptanmaktadır. Dominant türlerden *Filinia hofmanni* 0,6-13mg/L geniş oksijen değişim aralığında ve düşük sıcaklıklarda (4-6^{o}C), baharı 1-7m derinlikteki nispeten yüzeye yakın sularda, yazı ise daha derinde oksijensiz ortamda geçirmektedir. Bunun tersi olarak *Asplanchna priodonta* yüksek çözünmüş oksijen konsantrasyonlarında (>9mg/L) ve geniş sıcaklık değişiminde (4-15^{o}C) yaşayabilmektedir (Mikschi, 1989).

Altındağ ve Yiğit'in makalesinde de Beyşehir Gölü'nün zooplankton gruplarından; Rotifera'dan 32, Cladocera'dan 9 ve Copepoda'dan 2 tür olmak üzere toplam 43 tür tespit edilmektedir. Etkilendikleri faktörlerse mevsime bağlı olarak sıcaklık, pH, çözünmüş oksijen, tuzluluk ve ışık iletkenliği değerlerindeki değişimlerdir (Altındağ ve Yiğit, 2004).

Diatom: Ökaryotik alg ve fitoplankton gibi tek hücrelilerdir. Silikat hücre duvarı vardır. Koloni halinde yaşarlar.

Algler: Dalga kırılma bölgesinde yaşayan tek hücreli algler vardır. Algler genellikle ya sediment yüzeyinde (bentik) ya da suyun içinde (planktonik) yaşarlar. Fakat Afrika, Avustralya ve Amerika kıyılarının dalga kırılma bölgelerinde bol miktarda tek hücreli alg yaşar. Bu algler sediment ve su yüzeyinden oluşan bir döngü içinde yaşarlar. *Anaulus birostratus* bu konuda örnek verilebilir. Bu alg gün boyunca su yüzeyinde birikir ve yüzmesine yardımcı olan bir köpük tabakası yaratır. Yüzey akıntıları bu köpüğü kıyı yakınında tutar. Akşamüstü algler köpüğü bırakır ve açık deniz akıntıları algleri dalga kırılma bölgesinin sınırına, kuma taşır.

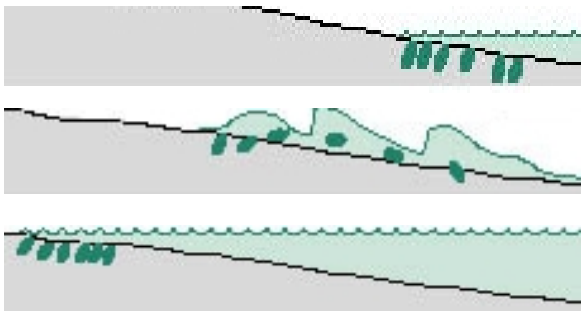
Çoğu alg gece boyunca mukusun yardımıyla kum partiküllerine tutunarak kumda kalır. Sabah bölünmeye başlarlar, mukusu bırakıp akıntıların onları açığa götürecekleri yüzeyde yüzmeye başlarlar. Böylelikle algler hem yatayda hem dikeyde her gün bir döngü yapmış olurlar.

Makroalgler dalga kırılması kuvvetleriyle sürüklenmeye uğrarlar (Prat ve diğ., 2002). Kahverengi algin azot içeriği ışık ve dalga etkisine bağlıdır (Edwards ve diğ., 2006). Büyük ebatlardaki algler daha dayanıklıdırlar (Martone, 2004). İlkbahar ve yazın dalgalar küçük olsa da gelgit etkisi büyük miktarda alg ölümüne yol açar (Haring ve diğ., 2002).

Alg zigotlarının yerleşebilmesi için verilen süre önemlidir. Alg (*Hormosira banksii* Turner Decaisne) zigotlarının 1, 6, 12 saat dalga süresi verilerek yerleşmeye çalışması ardından yaşayanlarının yüzdesi: %24, 50 ve 80'dir. Diğer bir alg türü (*Cystophora torulosa* R. Brown J. Agardh) zigotları ise 1, 6, 12 saat dalga sonrası %35, 60, 90'ı yaşar. *Durvillaea antarctica* (Chamisso Hariot) içinse 1 saatte bu oran %75'tir. *Hormosira* zigotu ise 1, 6, 12 saatte %1, 8, 5-8 oranında yaşar (Taylor ve Schiel, 2003).

***Donax, Emerita ve Bullia*:** Dalga kırılma bölgesi yaşamak için oldukça tehlikeli bir bölge olmasına rağmen çok da verimlidir ve bazı omurgasızlar *(Donax, Emerita* ve *Bullia*) bu bölgeye oldukça iyi adaptasyon sağlamışlardır ve dalga hareketi ile beraber hareket edip beslenebilirler.

Bazı *Emerita* ve *Donax* türleri yaklaşan bir dalganın basıncını hissettiklerinde sedimenti bırakırlar. Dalga ile beraber gelgit bölgesinin daha yüksek bir bölgesine çıkarlar ve hemen toprağın içine girerler. Su çekilirken aynı hareketi alçak su seviyesine doğru yaparlar, böylece hem sürekli nemli, bir ortamda bulunurlar hem de dalgaların kıyıyı süpürdüğü bölgede kalmamış olurlar (Şekil3.12). Dalga kıyıdan çekilirken *Emerita* tüylü antenini sedimentin dışına çıkarır ve fitoplanktonları yakalar (Levinton, 2001).



Şekil 3.12 : *Emerita* ve *Donax* türlerinin dalga ile yer değiştirme aşamaları (Levinton, 2001).

4. KUMSAL EKOSİSTEMİNE DALGALARIN ETKİSİ

Kıyılar, dinamik ve son derece hassas, doğal dengeye sahip bölgelerdir. Kıyıların kullanılırken korunabilmesi için doğal düzenin bütün bileşenlerinin hem tekil hem de bir bütün olarak mümkün olduğunca geniş şekilde anlaşılabilmesi gerekir. Kıyıların doğal dengesinin ana bileşenlerinden biri dalga ve yarattığı diğer etkilerdir. Gerçekte kıyılarda meydana gelen tüm doğal olaylarda dalganın varlığı veya yokluğu temel faktör olarak ortaya çıkmaktadır. Açık denizden kıyıya yaklaşan dalganın kıyıya belli bir uzaklıktan itibaren değişimlere uğrayarak kıyıya kadar ulaştığı ve sonuçta kırılarak sönümlendiği bilinmektedir (Türker ve Kabdaşlı, 2002).

Dalgalar deniz suyu kalitesinde, canlıların besin bulmasında ve yaşam ortamında etkili olur.

4.1 Kumsal Canlılarının Beslenmesi

Fitoplankton ve bentik flora deniz ekosisteminin önemli birincil üreticileridir. Sediment yüzeyindeki ışığın fotosentez için yeterli olduğu sığ kıyı bölgelerinde bentik bitkiler organik maddenin toplam üretiminde önemli bir role sahiptir. Bitkiler otçullar tarafından, otçullar da etçiller tarafından yenilir. Çoğu deniz ekosisteminde ise bitkilerin çoğu otçullar tarafından yenmez, bunlar deniz tabanına düşerler ve bakteri ve mantarlar tarafından ayrıştırılırlar ve çözünmüş maddelere dönüştürülürler. Bu çözünmüş maddeler de tekrar birincil üreticiler tarafından kullanılır. Otçulların çoğunu *Donax* gibi çift kabuklular oluşturur. Çöpçü salyangozlar, avcı balıklar ve kuşlar bir sonraki basamağı oluşturur.

Bentik hayvanlar balıklar ve ayı balığı gibi büyük hayvanlar için besin kaynağıdırlar (Stark, 2000).

Ötrofik bir deniz ortamına karbonlu maddeler (kirleticiler) girdiğinde karbon dolanımı etkilenerek, saprofit (çürükçül beslenen) bakteri sayısının artmasına neden olur. Bu yolla ortama ilave olan karbonlu maddelerin tür ve miktarına bağlı olarak, su içinde çok kritik olan oksijen dengesi zarar görebilir (Sunlu ve diğ., 2001).

Askıdaki maddelerle beslenen bazı tek hücreli alg grupları beslenmek için dalga kırılma bölgesine gelip ardından açık denize doğru hareket ederler, bazen de dipte dinlenirler. Bunlar kısa süreler için dalga kırılma bölgesine gelen balıklara yem olabilirler.

Askıdaki besi maddeleri çok çeşitli olabilir. Örneğin *Donax* fitoplankton, bitki artıkları ve dalga kırılma bölgesindeki tek hücreli alglerin yarattığı mukus köpükleri ile beslenebilir.

Avcılar için yemek bulmak askıdaki maddelerle beslenenlere nazaran daha belirsizdir. Bu yüzden kumsallardaki etoburlar büyük besin maddelerini bir kere de yer ve sonra uzun süre dinlenirler. Örneğin *Bullia* 10 dakikada kendi ağırlığının üçte biri kadar yemek yiyebilir ve bunun ardından gelen 10 gün boyunca yemek yemeden idare edebilir.

4.2 Kumsal Özellikleri

Ana kayanın ayrışma derecesi ve ürünleri plaj tipini belirlemektedir. Ayrıca kayaçların fiziksel ve kimyasal özellikleri plaj kalitesinde de belirleyici unsurlardır. Örneğin, kireçtaşı, kumtaşı, bazalt, andezit ve volkanik tüfler vb kayaçların bulunduğu kıyılar farklı özellikler taşırlar. Ayrıca jeolojik formasyonların tabaka durumları veya yapısal özellikleri kıyı alanlarının morfolojik özelliklerinde belirleyici etmenlerdir. Bunların yanında deniz altında devam eden ya da kıyı zonunda deniz suyu ile temas halinde bulunan kayaların kimyasal özellikleri, deniz suyu ve tabanındaki biyolojik aktivitede etkili olmaktadır. Örneğin silis veya $CaCO_3$ bileşimli kayaçların bulunduğu kıyılarda *Poseidonica oceanica* ve benzeri yosunlar çoğalamazken, andezit ve özellikle bazalt türevi volkanik kayaçların bulunduğu kıyılarda, yosunlar aşırı derecede üreyerek ortamın rekreasyon (insanların eğlence ve spor amacıyla kullanabilecekleri durumda olması) kalitesini düşürmektedirler. Yine aynı kayaçlarda bol bulunan feldispat mineralleri ayrışarak kile dönüşmekte, deniz tabanının ve plajın koyu renkli, çamurlu bir duruma gelmesine neden olmaktadır. Buna karşın, çok az feldispat içeren volkanik tüflerden oluşan kıyılarda plaj, açık renkli saf silis kumundan oluşan kaliteli bir yapıya bürünebilmektedir (Semenderoğlu,1995).

4.3 Kumsaldaki Canlıların Yaşam Ortamları

Türler arasında yiyecek yüzünden ya da yaşanacak yer yüzünden rekabet vardır. Bir türdeki azalma başka bir türde çoğalmaya neden olabilir.

Dalga kırılma bölgesinde yaşayan canlıların bu bölgeye uyum sağlamış da olsalar kumsalda yuva yapmaları gereklidir. Dalga kırılma bölgesinde yaşayan canlılar oldukça hızlıdır. *Donax* türleri 5-6 saniyede yuva yapabilirler, bazı *Emerita* türlerinin yuva yapması ise sadece 1.5 saniye sürer. Korunaklı kumsallarda bile hayvanlar kurumaktan ve avcılardan korunmak için yuva yapmak zorundadır.

Akustik yöntemle elde edilen yansıma verileri ile derinliğe ve sediment özelliklerine bağlı olarak yaşam alanları belirlenmektedir (Hamilton ve diğ., 1999, Bates ve Byham 2001, Brown ve diğ., 2002). Kıyıda çift kabuklular, süngerler ve deniz yosunlarının yaşam alanlarının izlendiği çalışmalar görülmektedir (Conway ve diğ., 1991, Powell ve diğ., 1995, Kaiser ve diğ., 1998, Smith ve diğ., 2001). Yaşam alanındaki toplulukların geniş tür yelpazesinde (Zajac ve diğ., 2000, Brown ve diğ., 2002) olması yanında toplulukların birden fazla yaşam alanı olmasıyla da(Kostylev ve diğ., 2001, Freitas ve diğ., 2003) karşılaşılmaktadır (Hewit ve diğ., 2004).

Yuva yapan türlerin çoğu dalgalar tarafından rahatsız edilmedikçe kumdan çıkmazlar ancak bazıları özellikle küçük kabuklular kumda saklanıp suda ya da yüzeyde beslenirler. Bu durumda özellikle üniform ortamlarda yön bulmaya ihtiyaçları vardır.

Emerita brasiliensis yengecinin yaşamı, farklı morfolojik özellikleri olan iki ayrı kumsalda 22 ay boyunca karşılaştırıldığında kumsallarda makrofauna topluluklarının dağılımı tane boyutu, kumsal eğimi, dalga gibi fiziksel faktörlere bağlı görülmektedir. SEH hipotezi kumsaldaki makro fauna dağılımında dalga tırmanmasının en önemli etken olduğu hipotezidir (Vanagt ve diğ., 2007). SEH hipotezine göre kumsaldaki makrofaunanın bolluğu ve çeşitliliği dalga iklimine (dalga yüksekliğine ve kumsal eğimine) bağlı olarak açıklanmakta ve kabul görmektedir. Bu hipotez ince kumlu sahillerden kaba kumlu sahillere doğru, tür zenginliği, çokluğu ve biyokütlenin düzenli olarak arttığını tahmin eder (Defeo ve diğ., 2001).

SEH hipotezine göre dalga yüksekliğini ve kumsal eğimini içeren dalga iklimi kumsalın gelgit bölgesindeki makrofaunayı kontrol eden anahtar değişkendir. Sediment boyutları farklı iki kumsalda çeşitli çift kabuklular için bunun kısmen doğru olduğu bulunmaktadır. Kabuk şekli ve çift kabukluların yoğunluğu kumsal çeşitlerine bağlı olarak değişir, ince kumlu kumsallarda yaşayanlar küçük, kama şeklindedir. Kaba kumlu kumsallarda bulunanların karakteristikleri çok değişkendir fakat daha büyük bedende ve yüksek yoğunluktadırlar. Küçük ölçü ve yüksek yoğunluk zorlu kumsallar için anahtar adaptasyonlardır (McLahlan ve Brown, 2006).

Şili'de inceden kaba kumluya 10 kumsalda örnekler toplanarak, ortalama tane büyüklüğü, kumsal eğimi ve kumsal tipine göre türlerin çokluğu, varlığı ve makroinfaunanın biyokütlesinin üç boyutta değişimi, en çok bulunan türlerin varlığının, vücut büyüklüğünün, biyokütlesinin üç boyutta değişiminin fiziksel faktörlerdeki değişime tepkisi incelenmektedir. *Excirolana braziliensis* ve *Emerita analoga* varlığı ve biyokütlesi, kaba kumlu kumsallarda artar, *Excirolana hirsuticauda* ise eğimi dik olan kumsallarda daha büyüktür. Türlerin sayısı, varlığı ve biyokütlesi inceden kaba kuma sahip kumsallara doğru artar. Fiziksel parametrelerdeki çeşitlilik kumsallardaki makroinfauna canlı topluluklarını kontrol eden en önemli güçtür. Topluluk yapısındaki değişiklikler ve makroinfaunanın dağılımı abiyotik faktörlerle (tane büyüklüğü, sediment sıcaklığı, su içeriği ve sediment geçirgenliği) ilişkilidir (Jaramillo ve McLahlan, 1993).

Kumsal tipine bağlı olan tırmanma özelliklerinin makroinfauna üzerinde önemli etkisi olduğu düşünülmektedir (McLahlan ve Brown, 2006). SEH'e göre tırmanma özellikleri kabadan ince kumlu kumsallara doğru sertleşir, tamamen ince kumlu kumsallarda sadece kumun içine gömülü plaj gerisindeki türler bulunur. Çünkü yüzeydeki sediment direkt olarak dalga tırmanmasına açıktır.

Güney Şili'de kaba kumdan oluşan kumsallarda ince kumluya kıyasla kum yengecinin daha fazla sayıda ve daha büyük bedende olduğu görülmektedir. *Emerita analoga* gelgite bağlı olarak yer değiştirir (Jaramillo ve diğ., 2000).

4.4 Deniz Suyu Kalitesi

Dalgalar, su kalitesinde çözünmüş oksijen, deniz patojenleri, metal kirleticiler, pH, tuzluluk, türbülans, su sütununda besinler ve su sıcaklığı değişimine yol açar.

Yaz ve kış aylarındaki dalga yükseklikleri ve periyotları, rüzgar yönü, kumsala dik ve kumsal boyunca akımın özellikleri deniz suyu kalitesini değiştirerek bölgenin ekolojisini etkiler.

4.5 Kumsaldaki Canlılığı Etkileyen Parametre: Çözünmüş Oksijen

Dalga etkisi ile kumsaldaki canlı yaşamında etkilenen en önemli parametreler besin, oksijen, tuzluluk, sıcaklık ve pH'tır. Su ve katı yüzey arasındaki gazlar, inorganik iyonlar ve çözünmüş organik moleküller ile kütle taşınımı olmaktadır. Azalan organik madde miktarını ve mikrobiyolojik aktivite seviyesini gösteren sudaki çözünmüş oksijen miktarı önemli bir su kalitesi parametresidir. Canlıların yaşam alanlarının sürdürülebilirliği için de önemlidir (Kielly,1997).

Oksijen gazı sulu ortamda serbest halde bulunur. Doğal sulardaki oksijenin kaynağı atmosferde bulunan oksijenin çözünmesi veya fotosentez yapan canlıların oksijen üretimidir. Oksijenin harcanması ise canlıların solunumu ve kimyasal bozunmaya uğrayan organik ve inorganik maddelerin oksitlenmesi aracılığıyla olur.

Su havadan yaklaşık 1000 kat daha ağırdır. 20^0C'de suyun ve havanın özgül ağılıkları sırasıyla 998,2kg/m^3 ve 1204kg/m^3'dır. Hava, hacimsel olarak: %78 N_2, %21 O_2, %0,94 Ar, 360 ppm CO_2 (degişken), 18,18 ppm Ne vb. gazlarından oluşur.

Deniz suyunda çözünmüş oksijen tayini, genellikle Winkler metotu olarak tanımlanan titrimetrik yöntemle yapılır. Winkler yöntemi reaktiflerin suda çözünmüş oksijen tarafından oksitlenmesine dayanır. Günümüzde çözünmüş oksijen tayini Oksijenmetreler ile sağlanmaktadır. Uzun bir kabloya eklenmiş bir elektrod aracılığı ile istenen derinlikte ölçüm yapılabilir.

Yapılan incelemeler denizlerde sağlıklı bir biyolojik ortamın oluşumu için çözünmüş oksijen konsantrasyonunun en az 5mg/L olması gerektiğini göstermektedir. Bu konsantrasyonun altındaki sularda, yüksek oksijen miktarlarına gereksinim duyan canlılar yaşayamadıklarından, bu koşullara uyabilen az sayıdaki canlı türü, aynı ortamı paylaşan rakip türlerden arınmış bu ortamda yaşamaya devam eder. Böylece söz konusu ortamda koşulların bozulmasına paralel olarak, türlerin sayısında azalma, buna karşı o koşullara uyum gösterebilen türlerin fert adedinde bir çoğalma gözlenir. Koşulların bu şekilde bozulması, yani başka bir deyişle pessimum şartlarının ortaya çıkışı ile oluşan bu duruma pessimum yasası denir. Bu yasaya göre: bir ortamda

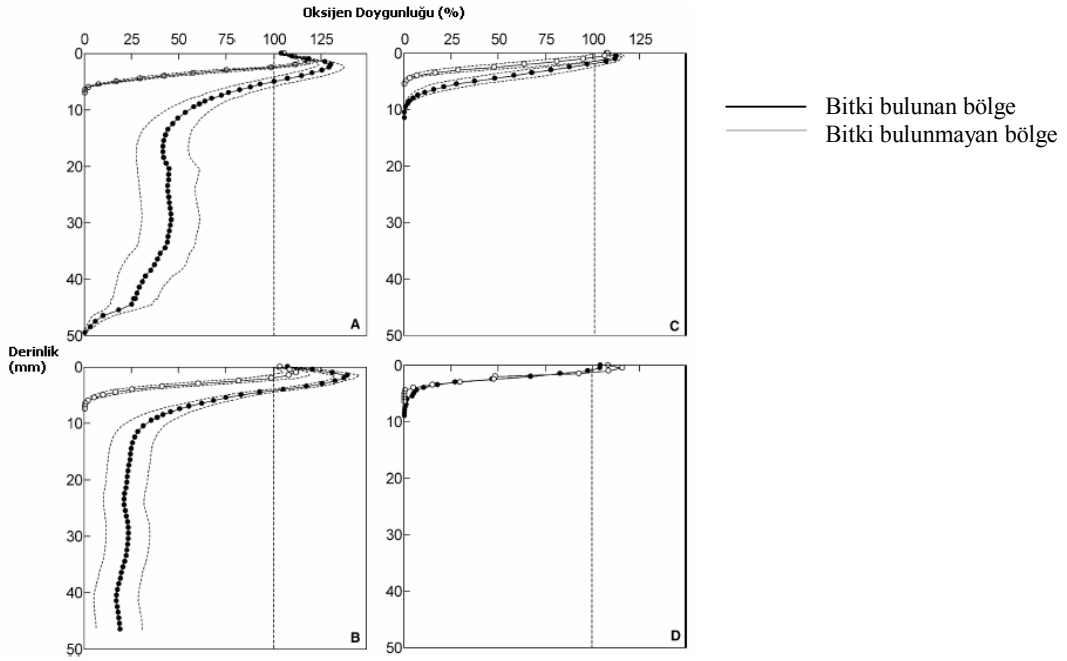
yaşam koşullarının bozulması sonucu, o ortamda yaşayabilen türlerin adedi azalır, buna karşın, bozulan koşullara uyum gösterebilen türlerin fert adedi çoğalır (Artüz, 1990).

Ilıman hava ve ötrofikasyon durumunda dipteki sularda oksijen azalması riski yüksektir ve bu durum bentik topluluklar için tehlikelidir. Normalde rüzgar ve gelgit etkisiyle sular karışır. Fakat organik madde fazla gelirse, dip sularında oksijen azalıp tür sayısı azalır. German Bigt'da 1981, 1982 ve 1983 yıllarında, 4mg/L'den düşük konsantrasyonlarda oksijen seviyesi gözlendiğinde 1981'de makrofaunaya etkisi olmamasının ardından, 1982 ve 1983 yıllarında çok fazla sayıda ölüm gözlenmektedir. 1983 yılındaki oksijen azalmasıyla, *A. Filiformis* ve *N. Nifidosa* şartlara uyum sağlaması dışında baskın tür olan *Amphiura filiformis* dahil canlı türü gözlenmemektedir. Fitoplankton patlaması ardından oksijen azalması ile de dip canlıları azalır (Schroeder, 2005).

Buna karşılık, sediment yüzeyindeki oksijenin artışı ile bentik topluluklardaki çeşitlilik artar (Johnson ve diğ., 2003) Oksijenin derine ulaşmasında sediment çapı, organik madde miktarı ve deniz suyundaki oksijen miktarı önemlidir. Silt ve kil gibi daha ince materyalden oluşan kumsallarda oksijenin derine ulaşması daha zorken çakıl gibi iri taneli sediment yapısında oksijen daha kolay kumsalda derine dağılabilmektedir. Organik madde miktarı fazla olduğunda bakteriler organik maddeyle birlikte hızla oksijen tüketeceğinden ortamdaki oksijen seviyesi düşer. Deniz suyundaki oksijen seviyesi azaldıkça derine oksijenin ulaşma ihtimali de azalır.

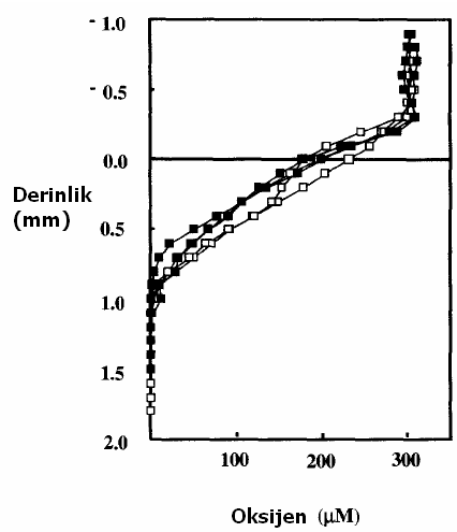
İsveç'in güney batısındaki Skanes Varjö Göl'ünden 40cm derinlikten alınan sediment örnekleri laboratuvar şartlarında aynı derinlikte bitkili ve bitkisiz olarak yerleştirildikten sonra oksijen doygunluk (%) ölçümü yapılır. 4 tip sedimentin kuru ağırlığındaki organik madde yüzdesi A:0.32 , B:0.58 , C:0.87 , D:2.46'dir. Şekil4.1'de 4 farklı sedimentin, bitkili (koyu renk eğri) ve bitkisiz (açık renk eğri) kısımlarındaki, derinliğe bağlı oksijen doygunluk (%) değerleri görülmektedir. Bitkisiz ortama kıyasla bitkili ortamda ve kum miktarı organik maddeden fazla olduğunda daha fazla oksijen değeri gözlenmektedir (Jensen ve diğ., 2005).

Su ekosisteminde canlılar solunum ve diğer ihtiyaçları için gerekli oksijeni sudan alırlar dolayısıyla dalgaların oksijeni suyun içine kazandırmasına ihtiyaç duyarlar. Ayrıca dalgaların bazı canlıların hareketi ve yaşamalanları üzerine de etkisi vardır.



Şekil 4.1 : Dört farklı sedimentin, bitkili ve bitkisiz kısımlarındaki, derinliğe bağlı oksijen doygunluk (%) değerleri (Jensen ve diğ., 2005).

Danimarka'da Aarhus Bight'ta 10m su derinliğinde sediment tabakasındaki oksijen ölçümü sonuçları Şekil4.2'de görülmektedir (Glud ve diğ., 1999).

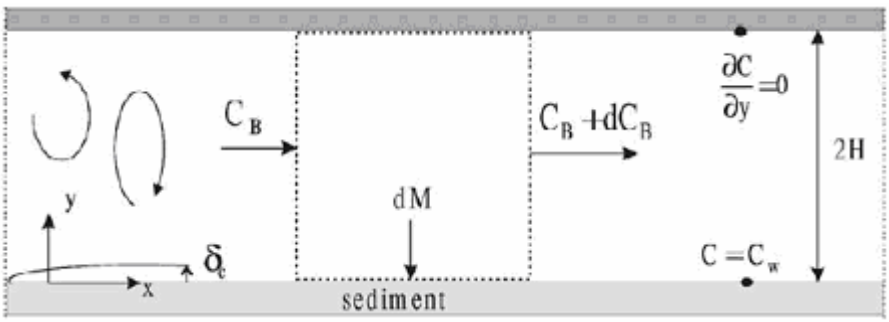


Şekil 4.2 : Derin deniz bentik katmanlarındaki oksijen değerleri (Glud ve diğ., 1999).

4.6 Çözünmüş Oksijen Değişiminin Hesaplanması Yöntemleri

Türbülans arttıkça difüzyon kalınlığı artar (Şekil4.3). C konuma bağlı çözünmüş oksijen konsantrasyonu, C_B hacimsel ortalama çözünmüş oksijen konsantrasyonunu, C_w sediment-su ara yüzeyindeki ortalama çözünmüş oksijen konsantrasyonunu, u hızı ve 2H iki plaka arasındaki uzaklığı ifade etmektedir (Hondzo ve Steinberger, 2002).

$$C_B - C_W = \frac{\int_0^{2H} u\,(C - C_w)\,dy}{\int_0^{2H} u\,dy}$$	**(4.1)**
$$C_B - C_W = \frac{\int_0^{2H} uC\,dy}{\int_0^{2H} u\,dy} - C_W$$	**(4.2)**



Şekil 4.3 : İki paralel plaka arasındaki akım (Honzo ve Steinber, 2002).

Doğal havalandırma verimliliği hesabında kullanılan formül (Gamenson, 1957):

$$E=(C_D-C_U) / (C_S-C_U) \qquad \textbf{(4.3)}$$

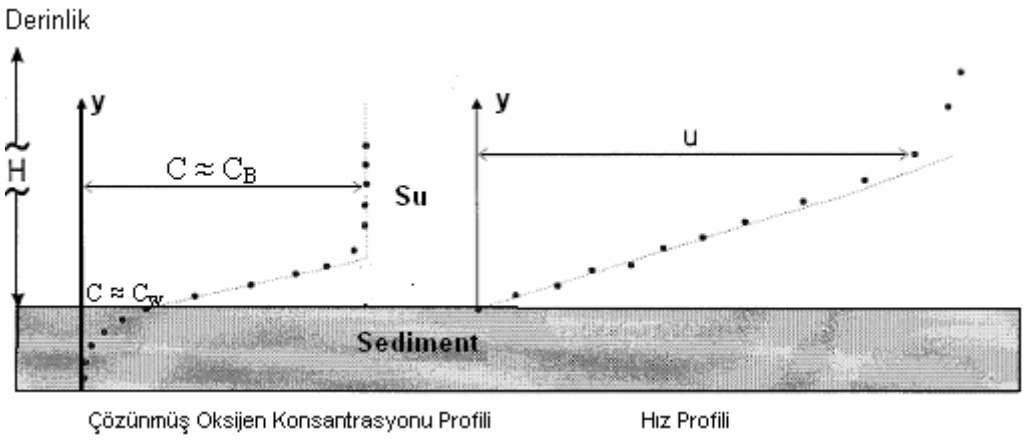
Burada, C_U, hidrolik yapı öncesindeki çözünmüş oksijen konsantrasyonunu, C_D hidrolik yapının çıkışındaki çözünmüş oksijen konsantrasyonunu, C_S ise sudaki doygun haldeki çözünmüş oksijen konsantrasyonunu göstermektedir. E ise havalandırma verimliliğini temsil etmekte ve 0 ile 1 arasında değerler almaktadır (Küçükali ve Çokgör, 2006).

İki plaka arasında çözünmüş oksijen değişiminde dalga etkisi gerçekleşmediğinden (Şekil4.3), alt plakaya yakın seviyelerde çözünmüş oksijen seviyesi düşer. Fakat kanalda akış olduğunda çözünmüş oksijen dağılımı olur ve sınır tabakası büyür (Hondzo ve Steinberger, 2002).

Çözünmüş oksijen akışı incelenen deneyde Clark tipi çözünmüş oksijen mikroprobu ve lazer-Doppler hızölçer (LDV) kullanılarak, 17 deneyde, 0-7000 arası Reynolds sayılarındaki akım şartları altında doğal ve yapay sediment test edilmektedir. Sınır tabakası kalınlığı da dahil olmak üzere derinliğe bağlı çözünmüş oksijen ölçülmektedir (Hondzo, 1998).

Su yüzeyinden derine inildikçe oksijen miktarı düşer. Sediment boşlukları arasındaki suyun oksijen seviyesi tabandan derine doğru belli bir seviyeden sonra canlı yaşamı için yetersiz kalmaktadır. Hondzo, 1998 makalesinde havaya temasa izin verilmeyen iki plaka arasında uygulanan türbülanslı akım durumunda (Re sayısı 4510 ve 7310 için) tabandan 0.5mm derinlikte çözünmüş oksijen seviyesini 0mg/L olarak gözlemlemektedir. Bu çalışmada tek bir y doğrultusu üzerinde ölçümler toplanarak su yüzeyine doğru çözünmüş oksijen seviyesinin arttığı gözlenmektedir. Ayrıca Reynolds sayısı arttıkça sınır tabakası kalınlığı azalmaktadır.

Şekil4.4'te derinliğe bağlı çözünmüş oksijen konsantrasyonu ve hız değişimi gösterilmektedir (Steinberger ve Hondzo, 1999).



Şekil 4.4 : Derinliğe bağlı çözünmüş oksijen konsantrasyonu ve hız değişimi (Steinber ve Honzo, 1999).

5. DENEYSEL ÇALIŞMA

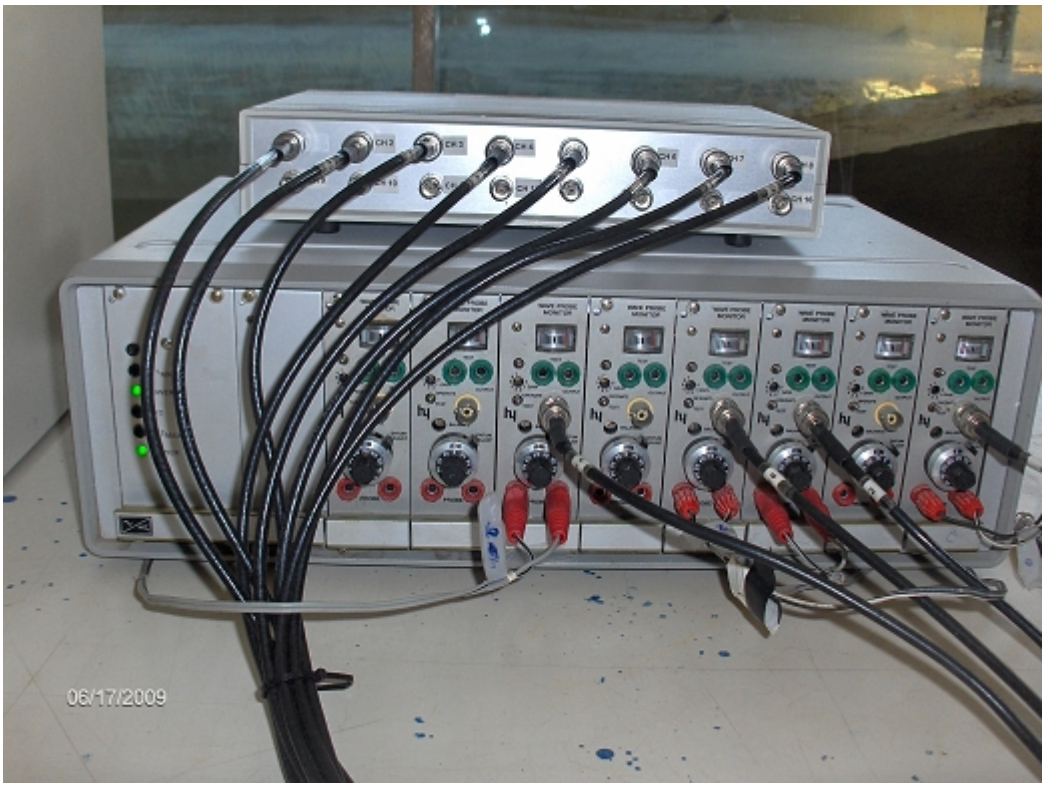
Suda ve sediment arası boşluk suyunda bulunan çözünmüş oksijenin dalgaların etkisiyle değişiminin incelenmesi amaçlanmaktadır. Hem sediment arası boşluk suyunda hem de kanal içindeki suda çözünmüş oksijen konsantrasyonu ölçmek için gerekli oksijenmetre sistemi deney kanalında kurularak veriler elde edilmektedir. Sistem deney kanalı, dalga üreticisi, dalga verilerinin kaydı için gerekli elektrodlar, oksijen, tuzluluk ve sıcaklık ölçüm aletleriyle, istenilen özellikte kumun uygun şev eğimine getirilmesiyle kurulmaktadır.

5.1 Deney Sistemi

5.1.1 Deney kanalı ve dalga üretici sistem

Deneysel çalışma İTÜ Hidrolik Laboratuvarı'nda bulunan dalga kanalında gerçekleştirilmektedir. Dalga kanalı 24m uzunluğunda, 1m genişliğinde ve 1m yüksekliğinde, tabanı beton, yan cidarları camla kaplı, dikdörtgen enkesitli ve yatay tabanlıdır. Dalga kanalında dalga üreticisi kullanılarak hidrolik bir pistonla düzensiz ve düzenli dalga serileri oluşturulmaktadır. Kanalda üretilen düzensiz dalga serileri Pierson-Moskowitz dalga enerji spektrumunu yansıtmakta, bu serilerden ölçülen dalga yükseklikleri ise Rayleigh dağılımına uymaktadır. Dolayısıyla kanalda üretilen dalgalar, genel düzensiz dalga serileri karakteri taşımaktadır. Pistona sinüzoidal hareketler yaptırılarak kanal içinde düzenli dalga serileri üretilmesi de mümkündür.

Dalga yükseklik ve periyotlarının ölçümü için 4 adet direnç tipi dalgaölçer ile Şekil5.1'de görülen dalga monitörü ve bilgisayara bağlı bir A/D dönüştürücü kart kullanılmaktadır.



Şekil 5.1 : Dalga monitörü, A/D dönüştürücü kart.

5.1.2 Deneylerde tuzluluk ve sıcaklığın ölçülmesi

Sıcaklık ve tuzluluk değerleri "WTW Multiline P4 Universal Meter" cihazına bağlı "TetraCon 325" model prob ile ölçülmektedir (Şekil5.2). Probun kalibrasyonu "Control Standard for Conductivity Cells" çözeltisi (0,01mol/l çözünürlükteki KCl) ile yapılmaktadır.



Şekil 5.2 : Tuzluluk ve sıcaklık ölçüm cihazı.

5.1.3 Deneylerde kullanılan çözünmüş oksijen ölçüm sistemi



Şekil 5.3 : Limnimetreye bağlı çözünmüş oksijen mikro algılayıcı ve dönüştürücü.

Unisense marka oksijen mikro algılayıcı negatif elektrodlu ve küçültülmüş "Clark-type" oksijen algılayıcıdır (Şekil5.3). OX500 algılayıcı 400-600µm uç çapına sahiptir. Zamana bağlı hassas ölçüm yapabilmektedir. Şekil5.3'te görüldüğü gibi oksijen mikro algılayıcı ölçümlerden önce hareketli limnimetreye monte edilmektedir. Dıştaki basınç ile algılayıcının içine geçen oksijen, algılayıcının uç kısmına gelir ve altın katot yüzeyde indirgenir. Hassas ölçümü aktarması için algılayıcı yüksek hassaslıkta dönüştürücüye bağlanır. Dönüştürücü indirgenmeyi sinyale çevirir. Sinyal bilgisayardaki "Unisense Sensor Trace" programı ile kaydedilir.

Şekil5.4'te hareketli limnimetrenin uç kısmına monte edilen oksijen mikro algılayıcı ve mikro algılayıcının kalibrasyonunda kullanılan hava kabarcığı cihazı ile oksijen ölçümünde bağlandığı dönüştürücü görülmektedir.

Sediment arası boşluk suyunda oksijen konsantrasyonu ölçen mikro algılayıcının kalibrasyonu iki nokta kalibrasyonu denilen cihazın standart kalibrasyonu ile yapılır. Kullanma kılavuzunda, 24 saatte bir yapılması yeterli olduğu belirtilen kalibrasyon işlemi her ölçümden önce yapılmaktadır. İki nokta kalibrayonu sıfır oksijen değeri ve %100 oksijen değeri ile yapılır. 2g Sodyum askorbat ve 100ml 0,1M NaOH karışımı ile sıfır oksijen değerini oluşturur.



Şekil 5.4 : Oksijen mikro algılayıcı için kullanılan parçalar.

Hava kabarcığı cihazı ile en az 5 dakika doygunluğa ulaştırılan su ile de %100 oksijen değeri belirlenir. Şekil5.5'te görülen Metler Toledo marka AG245 model ‰1g hassaslığındaki tartı ve Elga Purelab UHQ II model deiyonize su cihazı sıfır oksijen değeri için çözelti hazırlanmasında kullanılmaktadır.



Şekil 5.5 : Çekerocak, tartı ve deiyonize su cihazı.

Algılayıcının temizlenmesi için standart yöntem %96 ethanol ardından 0,01M HCl ve su ile yıkanmasıdır. 0,1M NaOH, izopropanol ya da farklı deterjanlarda kullanılır.

5.1.4 Deneylerde kullanılan kumun özellikleri

Wentworth (1922)'a göre sediment tane boyutları Çizelge5.1'de verildiği şekilde sınıflandırılmaktadır.

Çizelge 5.1 : Wentworth tane çapı sınıflandırması (Wentworth, 1922).

Sınırlarda mm olarak büyüklük	Sınıflar	Tane büyüklüğüne göre kayaçlar	
256	Bloklar (boulder)	rudist rudistli kaya Konglomera breş	
64	Moloz (cobble)		
4	Çalıllar (pebble)		
2	ince çakıl (granule)		
1	çok kaba kum	arenit arenitli kaya kumtaşı	
0,5	kaba kum		
0,25	orta kum		
0,125	ince kum		
0,0625	çok ince kum		
0,0312	kaba silt	silttaşı	arjilit arjilli kaya çamurtaşı çamur kayası şeyl
0,0156	orta silt		
0,0078	ince silt		
0,0039	çok ince silt		
	kil	kiltaşı	

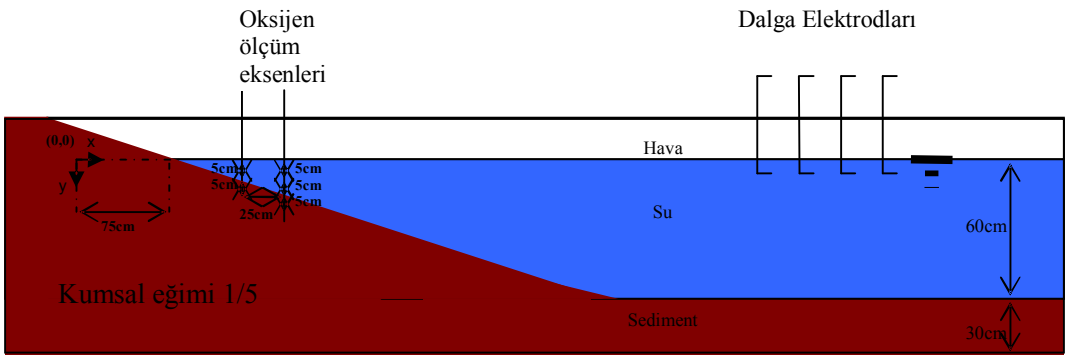
Deneylerde kanaldaki sedimentin ortalama tane çapı 0.3mm'dir. Sediment ortalama tane çapının belirlenmesi için yapılan elek analizi sonuçları Çizelge5.2'de gösterilmektedir.

Çizelge 5.2 : Deney kanalı kumunun elek analizi.

Malzemenin üstünde kaldığı elek çapı (μm)	Ağırlık (gr)
1000	3,600
710	0,172
500	1,788
250	138,199
125	5,756
125>	0,488

Düzenli dalga koşullarında dinamik denge profilinin oluşumunu etkileyen dalga yüksekliği ve periyot değerleri belirlenmiştir. Düzensiz dalga koşullarında ise kaydedilen dalga serisinde dalga sayısının en büyük %10'una karşılık gelen dalga yüksekliği ve bunların oluşturduğu dalga periyot değerlerinin ortalaması etkili dalga olarak kabul edilmektedir. Dalgalar, profil dinamik dengeye ulaşana kadar (20 dakika) üretilmiştir. Bu sırada dalgaların özellikleri dalga kaydı alınmak suretiyle belirlenmiştir. Her deneyin sonunda kanal boşaltılarak başlangıçta düz satıhta olan şev üzerinde meydana gelen profil değişimi, kanal yan camına yerleştirilen şeffaf kağıt üzerine bire bir çizilerek profilde meydana gelen bar oluşumu ve erozyon bölgesi kayıt edilerek, çizilen profiller bilgisayara aktarılmıştır. Barın hacmi ile yer değiştirme mesafesi ölçülmüştür. Oluşan barın merkezi ile kıyı çizgisi arası mesafe dalga kırılmasını göstermekte ve bar ile erozyona uğrayan bölgenin hacimleri katı madde hareketini belirtir. Bir sonraki deneye geçildiginde şev tekrar düz hale getirilerek yukarıdaki işlemler tekrar edilmiştir.

Ölçümlerin ilk grubunda 22 nolu dalga ile sabit seviyelerdeki oksijen değişimleri ölçülmesinin ardından ikinci grupta yine 22 nolu dalga ile oksijenin derinlik boyunca değişimi hareketli ölçümler adı altında yapılmıştır, üçüncü grupta ise değişik dalga özelliklerinde hareketli ölçümler seçilen düşey doğrultular boyunca yapılmıştır.



Şekil 5.6 : Deney düzeneği.

Kanalda yapılan çalışmalar için deney düzeneğinin çalışma derinliği oksijen konsantrasyonunun dalgadan etkilenmediği mesafeyle belirlenmiştir. (0,0) noktası kıyı çizgisine 75cm mesafede ve sakin su seviyesindedir. Henüz bar ve oyulma oluşmadan kumsal profilinin dalga etkisinden önceki durumu Şekil5.6'da görülmektedir ve mesafelerin görülmesi için örnek olarak iki oksijen ölçüm ekseni gösterilmiştir.

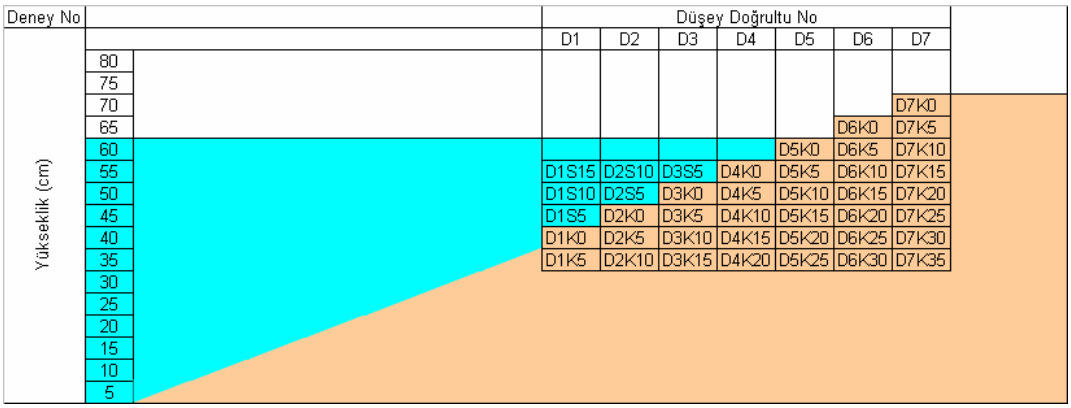


Şekil 5.7 : Deney kanalı.

Şekil5.7'de görülen deney kanalında 0,3mm ortalama tane çapında, 1/5 şevde ölçüm alınmıştır. Tüm ölçümlerde sakin su seviyesi 60cm olarak ayarlanmıştır.

Şekil5.8'deki ölçüm konumları 7 düşey doğrultu boyuncadır. D5 nolu düşey doğrultu sakin su seviyesinin olduğu kıyı çizgisidir. D6 ve D7 kıyı çizgisinden karaya doğru olan düşey doğrultuları, D1, D2, D3 ve D4 nolu düşey doğrultular ise kıyı çizgisinden açık denize doğru olan düşey doğruları göstermektedir. Düşey doğrultular arasında 25cm bulunmaktadır. Her bir düşey doğrultu üstünde şev yüzeyinden itibaren 5cm aralıklarla derinlik boyunca ölçüm noktaları belirlenmiştir. Ölçüm konumlarının isimlerindeki ilk ikisi düşey doğrultu numarasını, son ikisi ise derinlik boyunca olan konumunu vermektedir. Derinlik boyunca olan konum şev yüzeyinde K0 olarak isimlendirilmektedir. K ile kum, S ile su içinde olduğu belirtilmektedir. K0 kum yüzeyinde, K5 kum yüzeyinden 5cm derinde, K10 kum yüzeyinden 10cm derinde olduğunu göstermektedir. S5 deniz tabanından 5cm yukarıda su içinde olduğunu, S10 ise deniz tabanından 10cm yukarıda su içinde olduğunu göstermektedir. D1 düşey doğrultusunda deniz tabanından 15cm yukarıdaki D1S15 nolu su içindeki ölçümlerin sonlandığı deney numarasındaki gibi, tüm düşey doğrultular için yüzeye ve derine doğru ölçüm noktaları isimlendirilmektedir.

Deney numaralarının ifade ettiği, su içinde ve sediment arası boşluk suyunda yapılan çözünmüş oksijen konsantrasyonu ölçüm konumları Şekil5.8 ve Çizelge5.3'te gösterilmektedir. 0,05s aralıkla dalga yüksekliği verisi toplanarak dalga yüksekliği 10,9cm ve ortalama dalga periyotu 0,94s özelliklerindeki 22 nolu düzenli dalga serisi, çözünmüş oksijen konsantrasyonu ilk ölçüm grubunda uygulanmıştır.



Şekil 5.8 : Deney numaralarının ifade ettiği ölçüm konumları.

Çizelge 5.3 : Ölçümlerin konumsal ve dalga özellikleri.

Deney no	Ölçümün kanal tabanına uzaklığı(cm)	Şev yüzeyinden ölçüm noktasına uzaklık(cm)	Ölçüm noktasının düşey doğrultusundaki şev derinliği(cm)	Dalga no
D1S15	55	-15	40	22
D1S10	45	-10	40	22
D1S5	40	-5	40	22
D1K0	35	0	40	22
D1K5	30	5	40	22
D2S10	55	-10	45	22
D2S5	45	-5	45	22
D2K0	40	0	45	22
D2K5	35	5	45	22
D2K10	30	10	45	22
D3S5	55	-5	50	22
D3K0	45	0	50	22
D3K5	40	5	50	22
D3K10	35	10	50	22
D3K15	30	15	50	22
D4K0	55	0	55	22
D4K5	45	5	55	22
D4K10	40	10	55	22
D4K15	35	15	55	22
D4K20	30	20	55	22
D5K0	60	0	60	22
D5K5	55	5	60	22
D5K10	45	10	60	22
D5K15	40	15	60	22
D5K20	35	20	60	22
D5K25	30	25	60	22
D6K0	65	0	65	22
D6K5	60	5	65	22
D6K10	55	10	65	22
D6K15	45	15	65	22
D6K20	40	20	65	22
D6K25	35	25	65	22
D6K30	30	30	65	22
D7K0	70	0	70	22
D7K5	65	5	70	22
D7K10	60	10	70	22
D7K15	55	15	70	22
D7K20	45	20	70	22
D7K25	40	25	70	22
D7K30	35	30	70	22
D7K35	30	35	70	22

Çizelge5.3'te deney konumunu gösteren deney numaralarının ölçümün kanal tabanına uzaklığı ve şev yüzeyinden uzaklığı ile düşey doğrultusundaki şev derinliği verilmektedir. Çizelge5.3'te gösterilen bazı noktalarda dalga etkisinin gözlenmeyeceği anlaşıldıktan sonra oksijen değişim ölçümü yapılmamıştır.

Çizelge 5.4 : Düsey doğrultu numaralarının kıyıya uzaklığı.

Düşey Doğrultu No	D0	D1	D2	D3	D4	D5 (Kıyı çizgisi)	D6	D7
X mesafesi (m)	2,00	1,75	1,50	**1,25**	**1,00**	0,75	**0,50**	0,25

X mesafesi; D8 düşey doğrultusundan itibaren her düşey doğrultu için metre olarak yataydaki mesafeyi göstermektedir (Çizelge5.4). Y mesafesi ise su yüzeyinden itibaren derinliği vermektedir (Çizelge5.5).

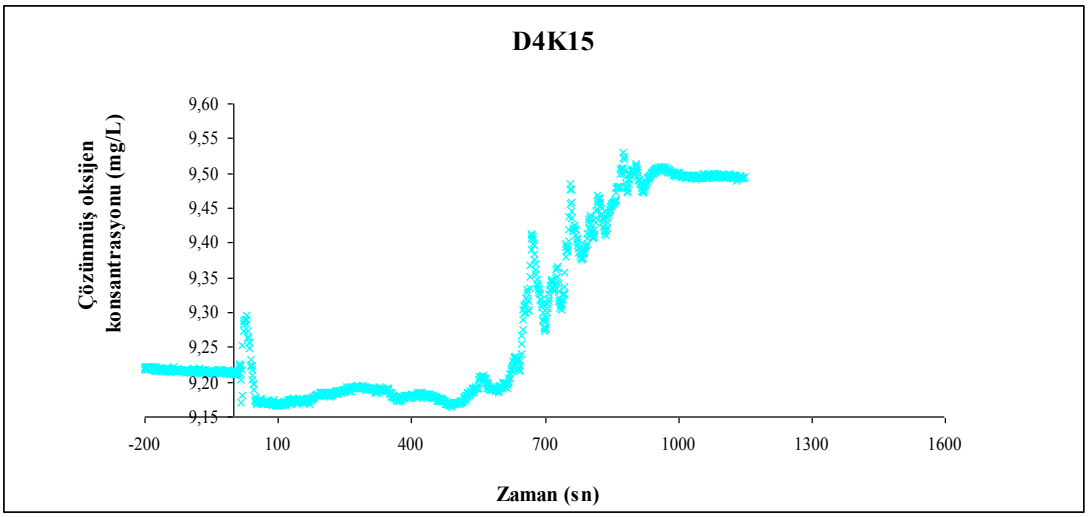
Çizelge 5.5 : Düsey doğrultu numaralarının derinliğe bağlı ölçüm noktaları.

Düşey Doğrultu No	D0	D1	D2	D3	D4	D5 (Kıyı çizgisi)	D6	D7
Y mesafesi (m)								
0						D5K0	**D6K5**	
0,05		D1S15	D2S10	**D3S5**	**D4K0**	D5K5	**D6K10**	D7K15
0,10		D1S10	D2S5	**D3K0**	**D4K5**	D5K10	**D6K15**	D7K20
0,15		D1S5	D2K0	**D3K5**	**D4K10**	D5K15	**D6K20**	
0,20		D1K0	D2K5	**D3K10**	**D4K15**	D5K20		
0,25		D1K5	D2K10	**D3K15**	**D4K20**			

5.2 Aynı Dalga Özelliklerinde Sabit Konumda Yapılan Deneyler

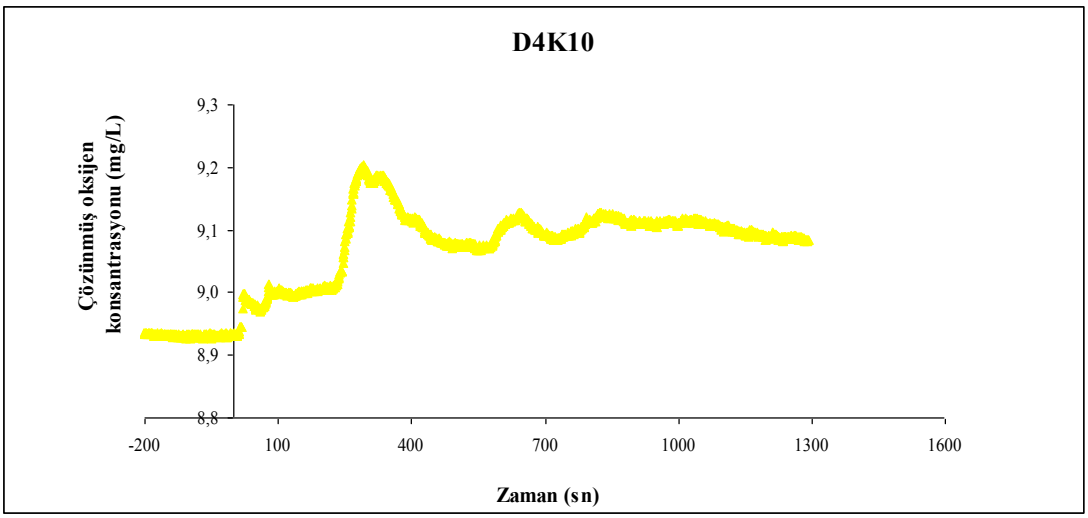
Çizelge5.5'teki konumlarda prob sabit tutularak H=11cm T=1sn dalga özelliklerinde yapılan ölçümler ilk gruptur. Şekil5.9'da sabit oksijen konsantrasyonu ölçümünde limnimetrenin ucundaki prob D4 düşey doğrultusunda şev yüzeyinden 15cm derinlikte gömülü olarak ortalama 2 saatte verilerin kararlı hale gelmesinden sonra istenen dalga periyotu ve yüksekliğinde dalga oluşturulmasıyla yaklaşık 9 dakikada ölçüm kaydedilmiştir. D4 düşey doğrultusunda yapılan ölçümlerde prob kıyı çizgisinden 0,25m açık deniz tarafına, ölçüm derinliğine, kum içine gömülürek ya da su içinde tutularak sabitlenir. D5 ve D6 düşey doğrultularında ortalama 3 saat beklenerek verilerin kararlı hale gelmesi sağlanmıştır.

Şekil5.9'da görülen D4K15 nolu deney; sakin su seviyesinden 20cm derinlikte ölçüm alınmasıyla elde edilmiştir. Şev yüzeyinin 15cm altında sediment arası boşluk suyunda prob veri almaktadır. 13,6^{o}C sıcaklık ve ‰0,1 tuzluluk ölçülmüştür.



Şekil 5.9 : D4K15 Nolu deney.

D4K10 nolu deneyde sakin su seviyesinden 15cm derinlikte ölçüm alınmıştır. Şev yüzeyinden itibaren 10cm derinlikte sediment arası boşluk suyunda ölçüm yapılmaktadır (Şekil5.10). 13,5^{o}C sıcaklık ve ‰0,1 tuzluluk ölçülmüştür.

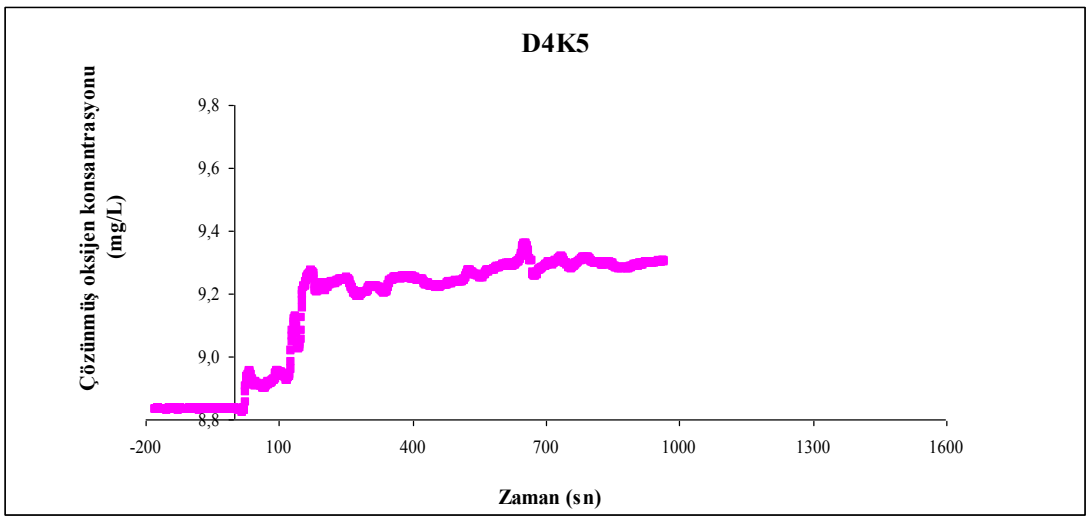


Şekil 5.10 : D4K10 Nolu deney.

Şekil5.11'de görülen D4K5 nolu deneyde sakin su seviyesinden 10cm derinlikte ölçüm alınmıştır.



Şekil 5.11 : D4K5 Nolu deneyin başlangıcı.



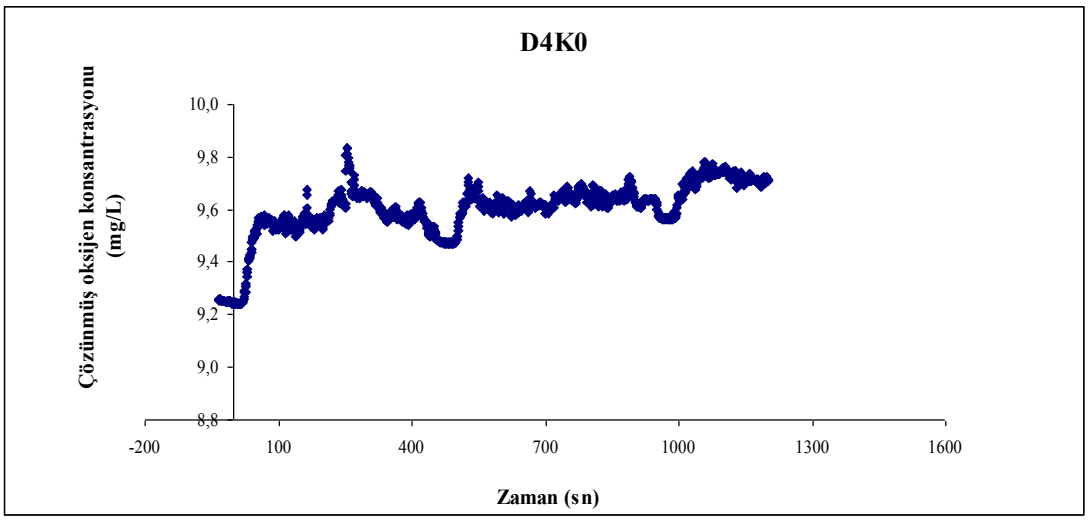
Şekil 5.12 : D4K5 Nolu deney.

D4K5 nolu deneyde şev yüzeyinden itibaren 5cm derinlikte sediment arası boşluk suyunda ölçüm yapılmaktadır (Şekil5.12 ve 5.13).



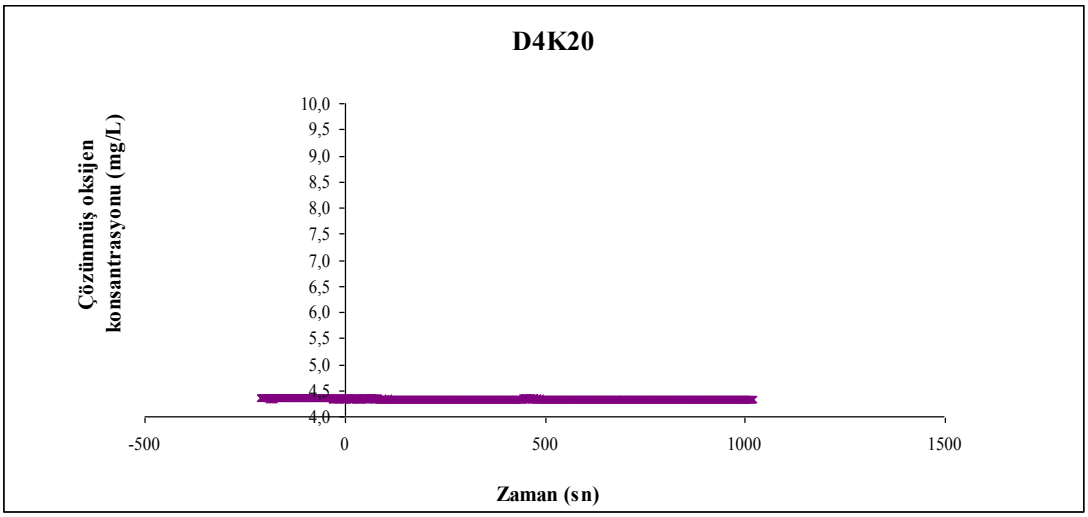
Şekil 5.13 : D4K5 Nolu deneyde dalga etkisi.

D4K0 nolu deneyde sakin su seviyesinden 5cm derinlikte ölçüm alınmıştır. Ölçüm şev yüzeyindedir. Dalga etkisiyle ölçüm alınan noktanın olduğu yerde profilde çok kısa sürede erozyon bölgesi oluşması sırasında oksijen seviyesi oldukça artmıştır. Bar oluşması ardından oksijen konsantrasyonu düşüşü ile oksijen değeri sabit kalmıştır. 13,3^{o}C sıcaklık ve ‰0,1 tuzluluk ölçülmüştür (Şekil5.14).

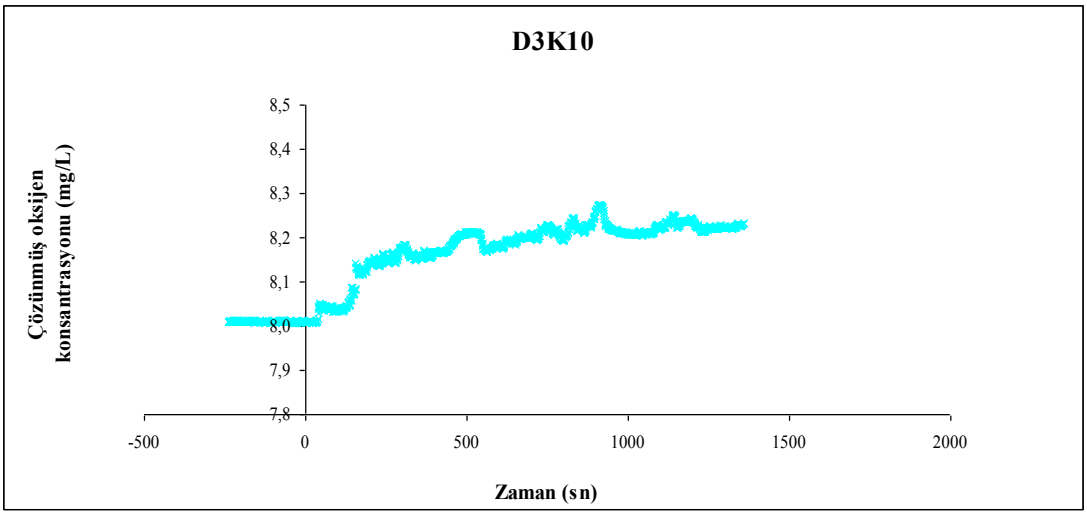


Şekil 5.14 : D4K0 nolu deney.

Şekil5.15'te görülen D4K20 nolu deneyde sakin su seviyesinden 25cm derinlikte ölçüm alınmıştır. Şev yüzeyinden 20cm aşağıda sediment arası boşluk suyunda oksijen ölçümü yapılmıştır. Diğer ölçümlerdeki gibi dalga etkisiyle oksijen seviyesinde artış gözlenmemiştir.



Şekil 5.15 : D4K20 nolu deney.



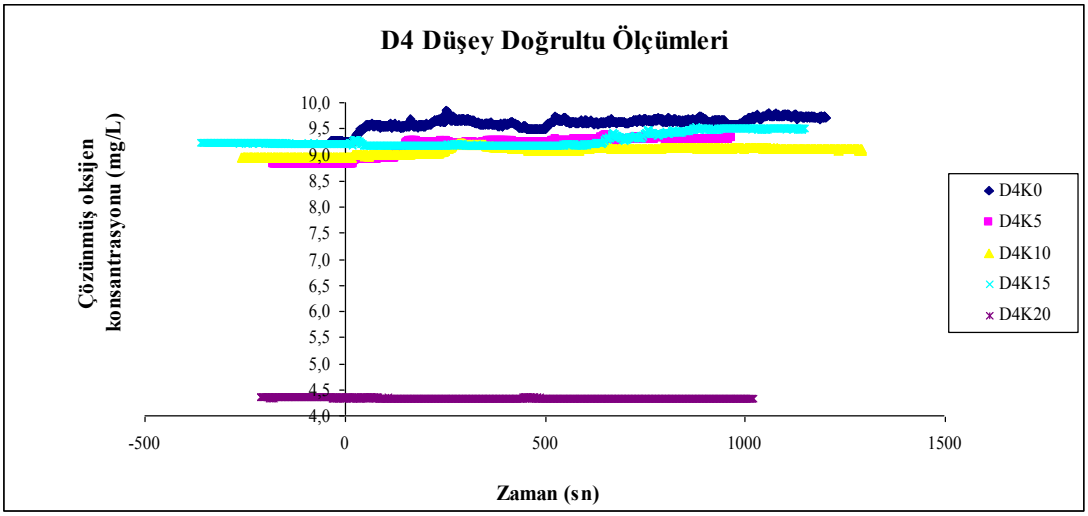
Şekil 5.16 : D3K10 nolu deney.

D3K10 nolu deneyde sakin su seviyesinden 20cm derinlikte ölçüm alınmıştır. Şev yüzeyinden 10cm aşağıda sediment arası boşluk suyunda oksijen ölçümü yapılmıştır (Şekil5.16 ve 5.17).



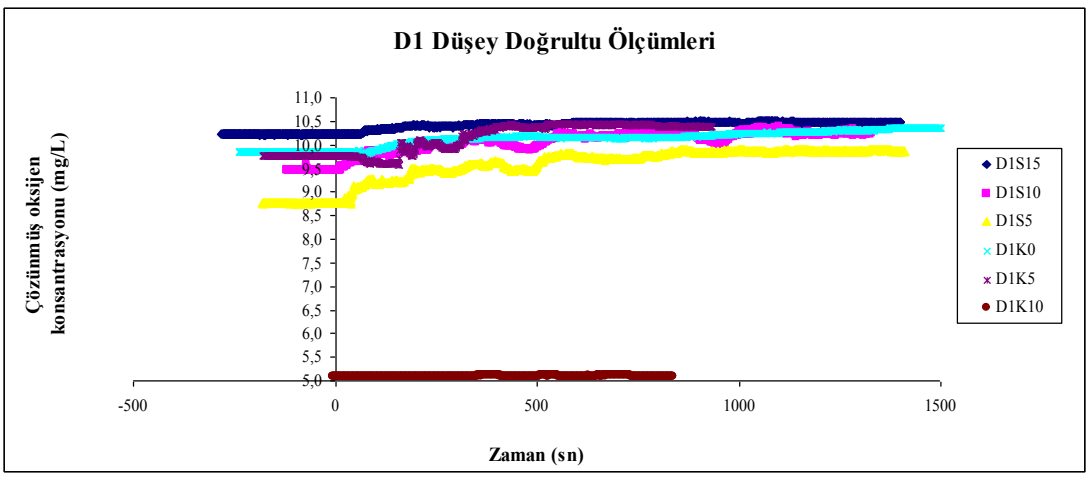
Şekil 5.17 : D3K10 nolu deneyde dalga kırılması.

Şevin 55cm sediment derinliği olan D4 nolu düşey doğrultusundaki ölçümlerde; D4K15 hariç, oksijen konsantrasyonlarının derinlikle azaldığı görülmüştür (Şekil5.18). Aynı doğrultudaki zamana bağlı grafiklerde çalkantı miktarı derine doğru azalmıştır.



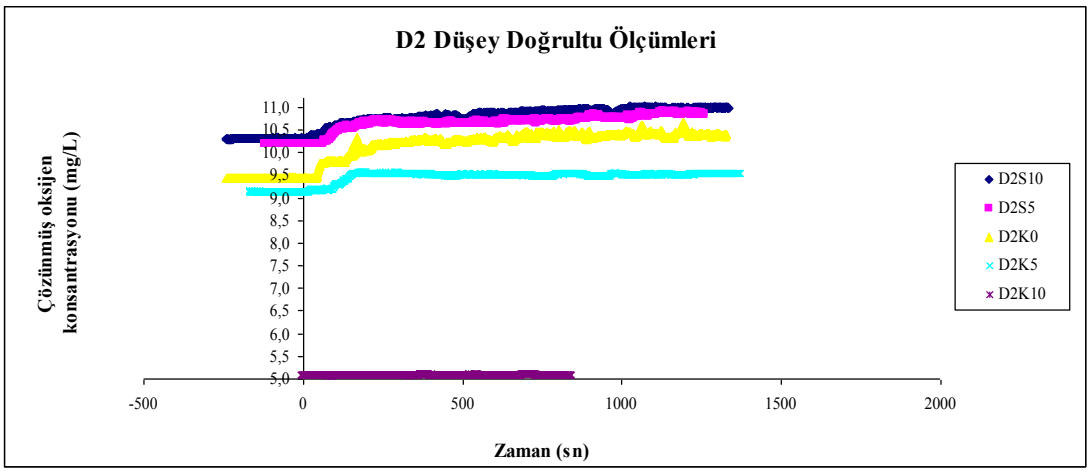
Şekil 5.18 : Şevin 55cm sediment derinliği olan D4 nolu düşey doğrultusundaki ölçümler.

Her düşey doğrultu için oksijen konsantrasyonunun değişim göstermediği derinliğe kadar ölçümlere devam edilmiştir. Örneğin D1 düşey doğrultusunda şev yüzeyinden 10cm aşağıda oksijen değişimi gözlenmediği için daha derinde ölçüm yapılmamıştır. Dalga etkisiyle oksijen değişiminin gözlenmediği diğer şev yüzeyinden itibaren derinlikler; D2 için 10cm, D3 için 15cm, D4 için 20cm, D5 için 15cm ve D6 için 20cm'dir (Şekil5.19, Şekil5.20, Şekil5.21, Şekil5.22, Şekil5.23).

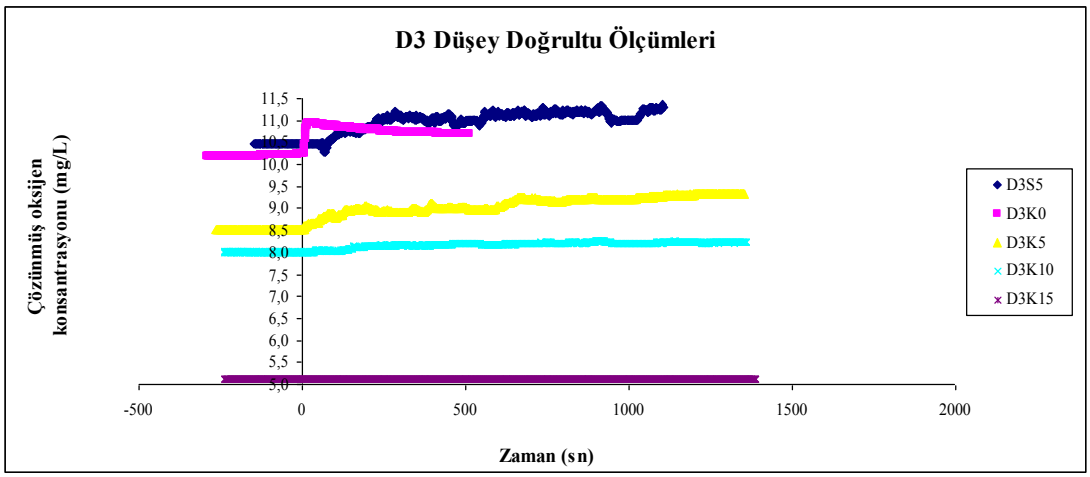


Şekil 5.19 : Şevin 40cm sediment derinliği olan D1 nolu düşey doğrultusundaki ölçümler.

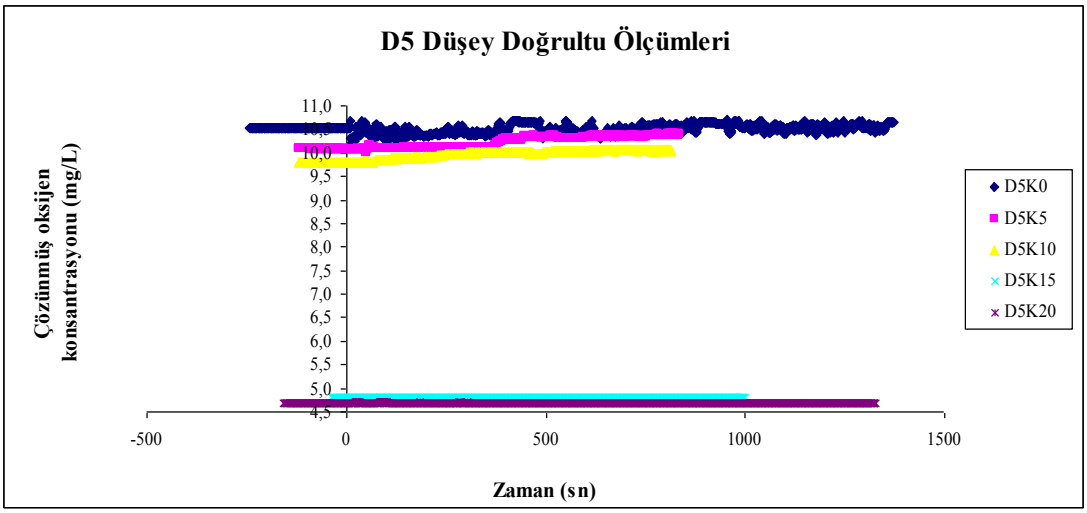
Çözünmüş oksijen son değeri dalga etkisiyle suyun doygunluğa ulaştığı ve artık değişim göstermediği değerdir. Su içindeki ölçümler arasında derinliğe bağlı olarak çözünmüş oksijen başlangıç değerleri kıyaslandığında su yüzeyine doğru artış gözlenmiştir, aynı zamanda çözünmüş oksijen son değerlerinde de su yüzeyine doğru artış olmuştur. Başka bir deyişle su yüzeyine yaklaştıkça oksijen değeri artmıştır. Örneğin Şekil5.19'da D1S5 nolu deneyde yaklaşık 8,86mg/L olan başlangıç oksijen konsantrasyonu 9.8mg/L oksijen son değerine ulaşıyor, D1S10 nolu deneyde yaklaşık 9.6mg/L başlangıç oksijen konsantrasyonu 10.2mg/L oksijen son değerine ulaşıyor ve D1S15 nolu deneyde yaklaşık 10.2mg/L başlangıç oksijen konsantrasyonu yaklaşık 10.5mg/L oksijen son değerine ulaşıyor.



Şekil 5.20 : Şevin 45cm sediment derinliği olan D2 nolu düşey doğrultusundaki ölçümler.

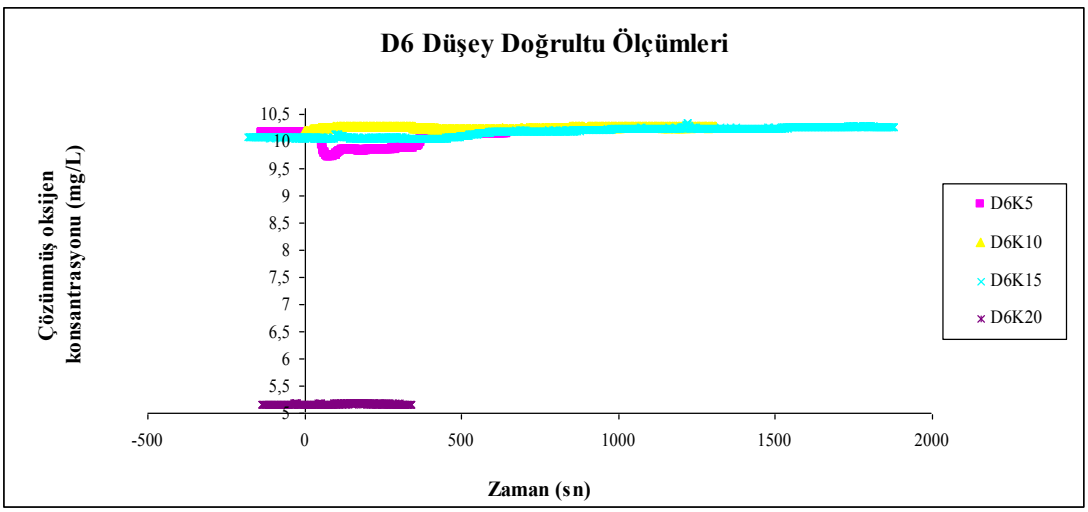


Şekil 5.21 : Şevin 50cm sediment derinliği olan D3 nolu düşey doğrultusundaki ölçümler.



Şekil 5.22 : Şevin 60cm sediment derinliği olan D5 nolu düşey doğrultusundaki ölçümler.

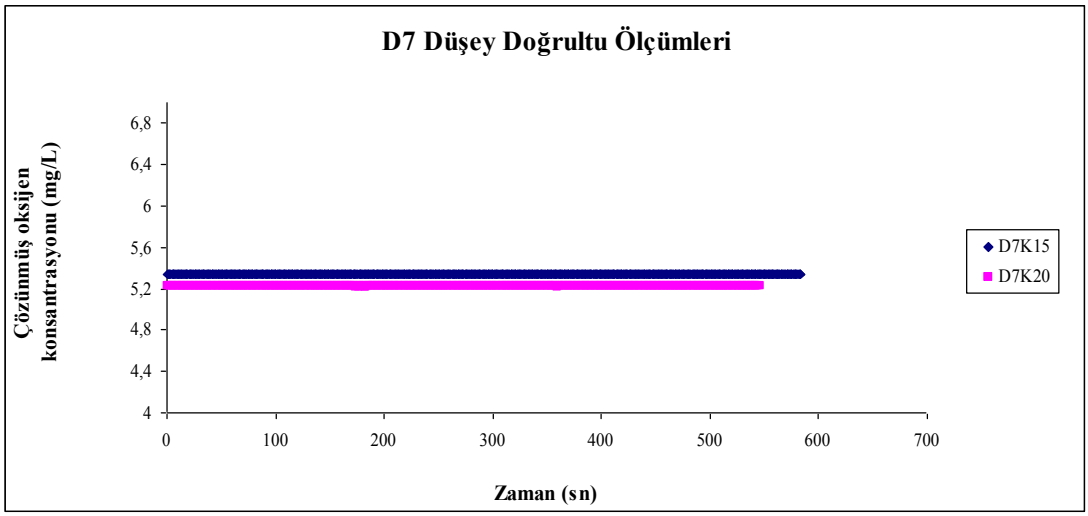
D5K15 nolu deneyle oksijenin dalga etkisiyle değişmediği görülmesinden sonra D5K20 nolu deneyle daha derinde değişim olmadığı kontrol amaçlı ölçülerek sınır doğrulanmıştır. Oksijen probunun sabit kalmasıyla yapılan bu ölçüm grubunda dalga etkisi sınırının derinlikleri belirlendiğinden sonraki ölçüm gruplarında bu derinliklerin altına inilmemiştir. Bunun yanında su yüzeyine yaklaştıkça deney verilerinin oluşturduğu eğriler, çalkantılı bir değişim de göstermiştir, derindeki ölçümler daha düzgün eğrilerken su yüzeyine yakın olanlar daha inişli çıkışlı eğrilerdir. Bu duruma Şekil5.22'deki D5K0 eğrisinin inişli çıkışlı değişimiyle D5K5 eğrisinin daha az iniş çıkışlı olması ve D5K10 eğrisinin daha düzgün olması örnek gösterilebilir.



Şekil 5.23 : Şevin 65cm sediment derinliği olan D6 nolu düşey doğrultusundaki ölçümler.

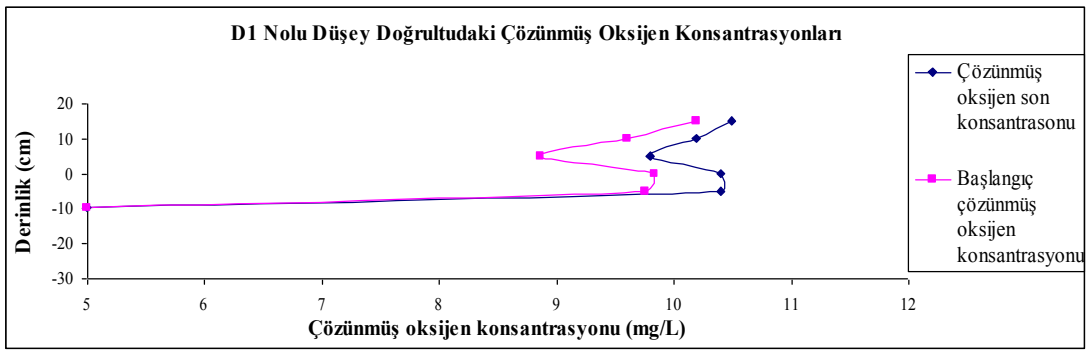
Dalga tırmanması sınırını geçtiğinden D6K0 seviyesine dalga ulaşmamaktadır (Şekil5.23).

D7 düşey doğrultusuna da dalga etkisi ulaşamamaktadır ve çözünmüş oksijen seviyesinde değişim gözlenmemiştir (Şekil5.24).



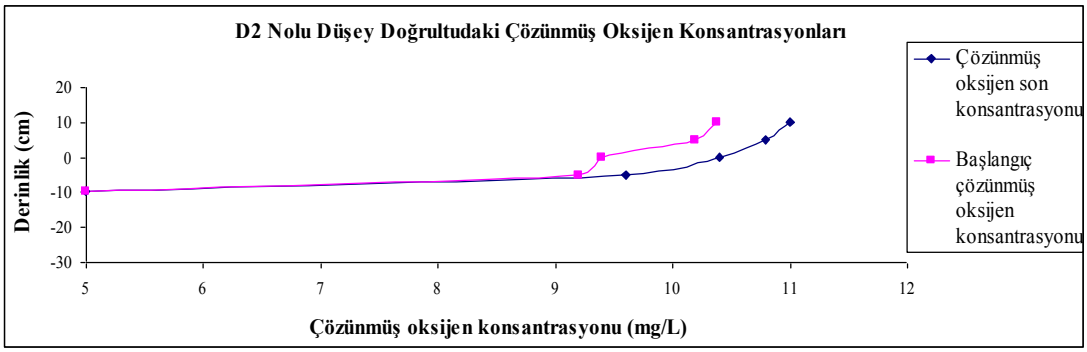
Şekil 5.24 : Şevin 70cm sediment derinliği olan D7 nolu düşey doğrultusundaki ölçümler.

Şekil5.25, Şekil5.26, Şekil5.27, Şekil5.28, Şekil5.29, Şekil5.30 ve Şekil5.31 ile her bir düşey doğrultudaki çözünmüş oksijen başlangıç ve son değerleri derinliğe bağlı olarak verilmektedir. Çözünmüş oksijen başlangıç değeri, prob gömülerek ya da su içinde sabitlenerek 2 ya da 3 saatte veriler kararlı hale geldiğinde dalga jenaratörü çalışmaya başladığı andaki değerdir.



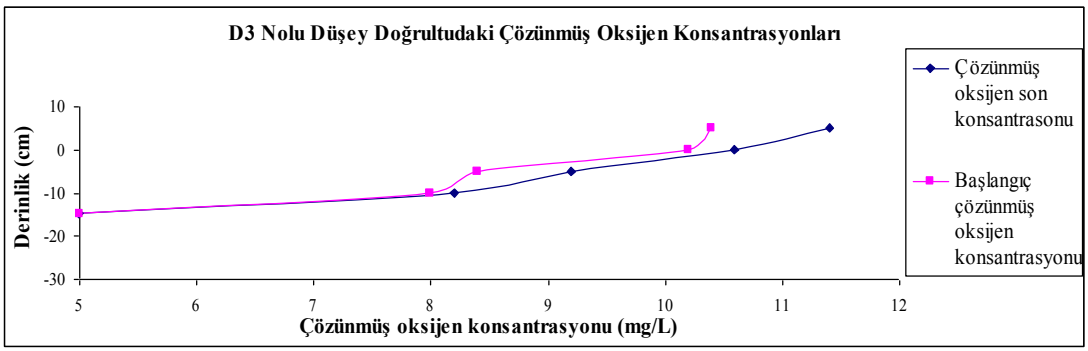
Şekil 5.25 : Şevin 40cm sediment derinliği olan D1 nolu düşey doğrultusundaki oksijen konsantrasyonlarının başlangıç ve son değerleri.

Her bir düşey doğrultuda çözünmüş oksijen son ve başlangıç değerleri arasındaki farkın en fazla olduğu konumlar: D1S5, D2K0, D3S5, D4K0, D5K10 ve D6K15'tir.



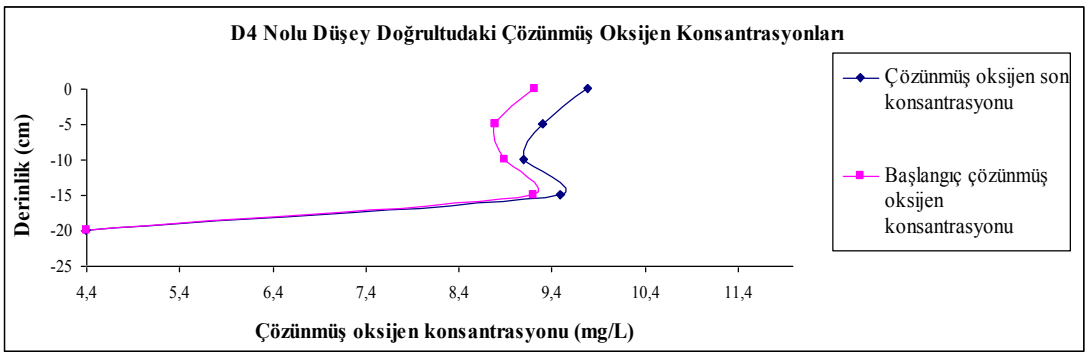
Şekil 5.26 : Şevin 45cm sediment derinliği olan D2 nolu düşey doğrultusundaki oksijen konsantrasyonlarının başlangıç ve son değerleri.

Veriler dalga etkisinin olmadığı derinlikle başladığından dolayı çözünmüş oksijen başlangıç ve son değerlerinin kesiştiği nokta ile başlamaktadır. Bu duruma D2K10 konumundaki ölçümün çözünmüş oksijen başlangıç ve son değerlerinin aynı olması örnek olarak verilebilir.

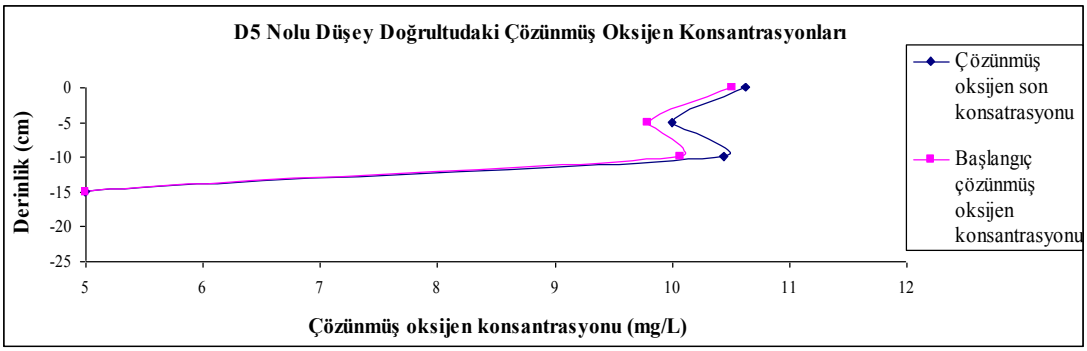


Şekil 5.27 : Şevin 50cm sediment derinliği olan D3 nolu düşey doğrultusundaki oksijen konsantrasyonlarının başlangıç ve son değerleri.

H=11cm T=1sn dalga özelliklerinde 3 nolu düşey doğrultuda dalga kırılması olduğundan çözünmüş oksijen başlangıç ve son değerleri farkı D3S5'te 1,1mg/L ile en fazla değerdir.

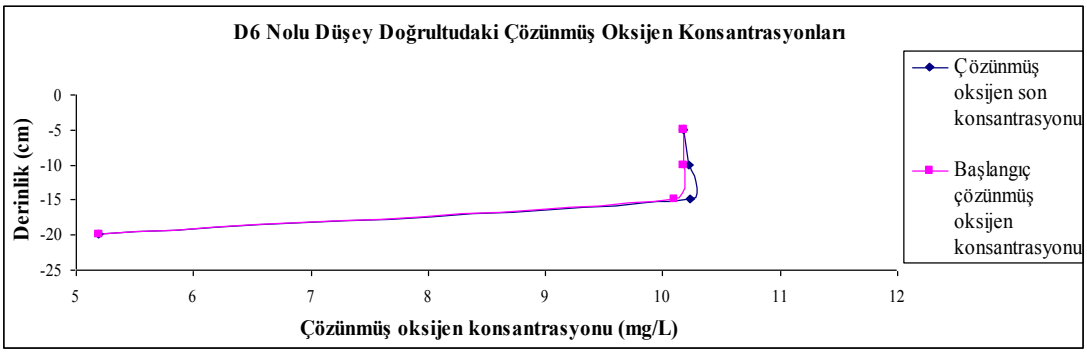


Şekil 5.28 : Şevin 55cm sediment derinliği olan D4 nolu düşey doğrultusundaki oksijen konsantrasyonlarının başlangıç ve son değerleri.



Şekil 5.29 : Şevin 60cm sediment derinliği olan D5 nolu düşey doğrultusundaki oksijen konsantrasyonlarının başlangıç ve son değerleri.

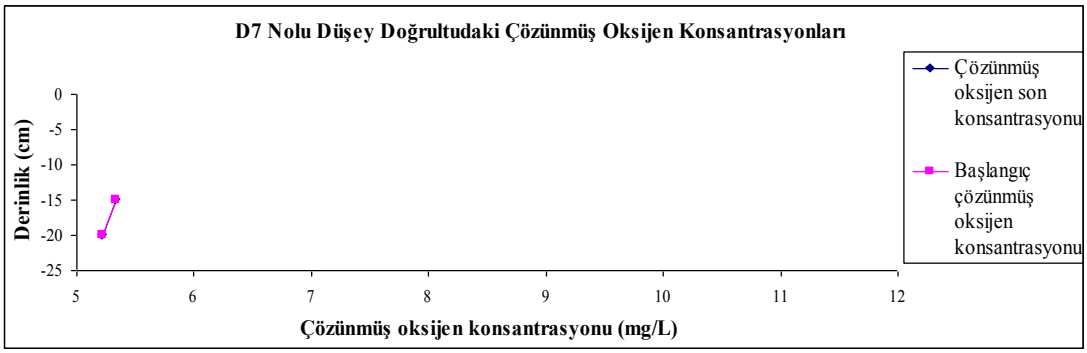
D1 ile dalga kırılmasının olduğu D3 doğrultularında şevin 5cm üstünde, kırılma doğrultusunun iki yanındaki D2 ve D4 düşey doğrultularında kumun yüzeyinde, dalga kırılmasına uzak kıyı çizgisinin kara tarafındaki D5 düşey doğrultusunda şevin 10cm altında, D6 düşey doğrultusunda şevin 15cm altında en fazla çözünmüş oksijen başlangıç ve son değerleri farkı oluşmuştur.



Şekil 5.30 : Şevin 65cm sediment derinliği olan D6 nolu düşey doğrultusundaki oksijen konsantrasyonlarının başlangıç ve son değerleri.

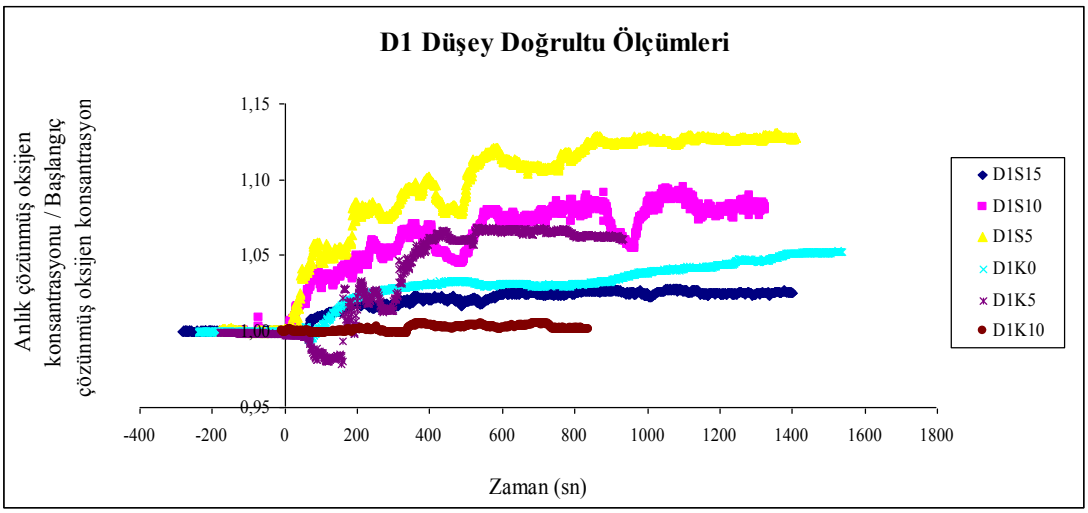
Dalganın tırmanarak oksijen kazandırdığı ve kumsal profilinde oyulma gözlenen D6 düşey doğrultusunda şev yüzeyinin 15cm altında 0,14mg/L, 10cm altında ise 0,05mg/L çözünmüş oksijen başlangıç ve son değeri farkı oluşmuştur (Şekil5.30).

D7 düşey doğrultusunda dalga etkisi ile oksijen konsantrasyonunda değişim olmadığı görülmüştür (Şekil5.31).



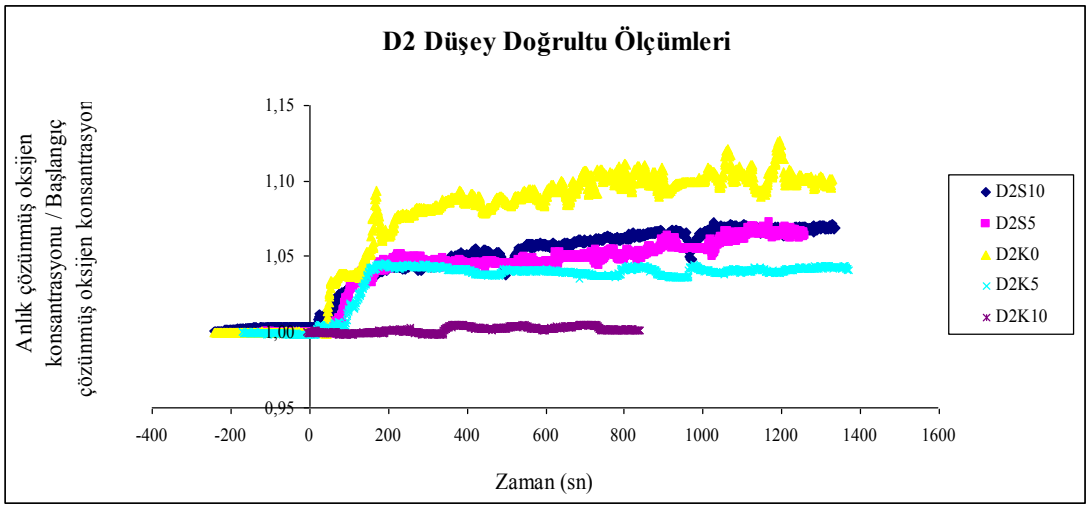
Şekil 5.31 : Şevin 70cm sediment derinliği olan D7 nolu düşey doğrultusundaki oksijen konsantrasyonlarının başlangıç ve son değerleri.

Şekil5.32, Şekil5.33, Şekil5.34, Şekil5.35, Şekil5.36, Şekil5.37 ve Şekil5.38 ile çözünmüş oksijen anlık konsantrasyonuyla başlangıç konsantrasyonu oranlarının zamana bağlı değişimleri her bir düşey doğru için gösterilmektedir. Şekil5.32'de D1S5, Şekil5.33'te D2K0, Şekil5.34'te D3K5, Şekil5.35'te D4K0'da, Şekil5.36'da D5K5'te, Şekil5.37'de D6K15'te en yüksek değerlerin olduğu veri serileri gözlenmiştir.



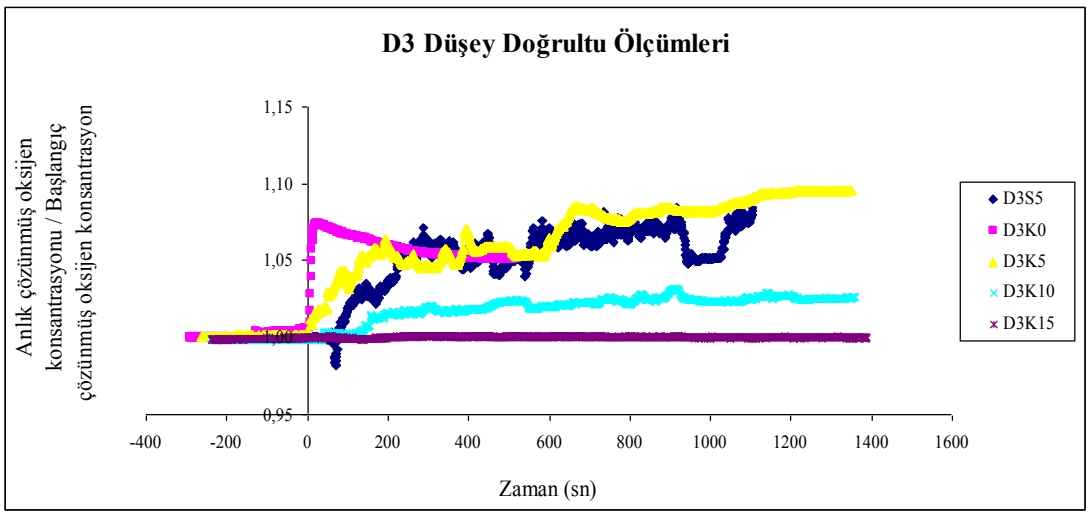
Şekil 5.32 : D1 nolu düşey doğrultudaki zamana bağlı oksijen konsantrasyonu oranları.

Şekil5.32'de veri serilerinin en yüksek değerden aza doğru sıralaması: D1S5, D1S10, D1K5, D1K0, D1S15 ve D1K10'dur. D1 düşey doğrultusunda dalga kırılması ile oksijen kazanımının su yüzeyinin altında ve şev yüzeyinin üstünde kalan bölgede fazla olduğu görülmektedir.



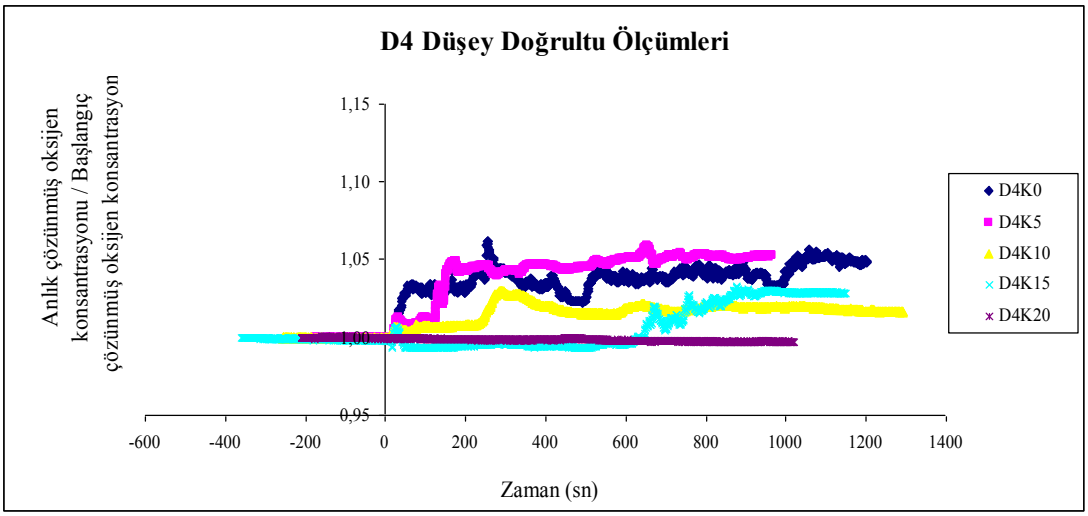
Şekil 5.33 : D2 nolu düşey doğrultudaki zamana bağlı oksijen konsantrasyonu oranları.

Şekil5.33'te veri serilerinin en yüksek değerden aza doğru sıralaması: D2K0, D2S10, D2S5, D2K5 ve D2K10'dur. D2 düşey doğrultusu, kırılmanın olduğu D3 düşey doğrultusunun hemen yanında olması sebebiyle şev yüzeyinde fark 0,99mg/L ile en fazladır fakat D2S5 ve D2S10 0,6mg/L ve 0,62mg/L fark değeriyle birbirine oldukça yakın etki görmektedirler.



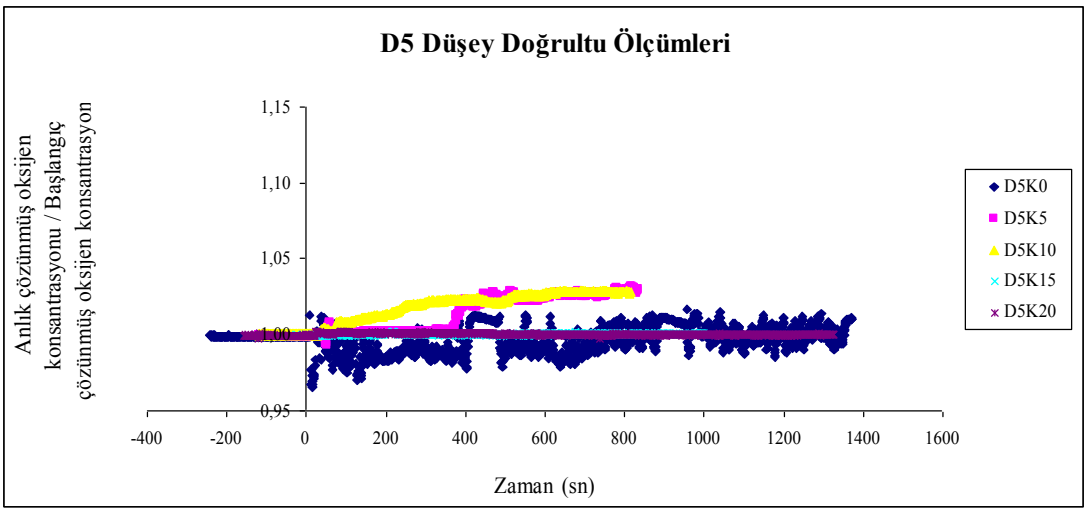
Şekil 5.34 : D3 nolu düşey doğrultudaki zamana bağlı oksijen konsantrasyonu oranları.

Şekil5.34'te veri serilerinin en yüksek değerden aza doğru sıralaması: D3S5, D3K5, D3K0, D3K10 ve D3K15'tir. D3 düşey doğrultusunda dalga kırılması gerçekleşmektedir. D3S5 ve D3K5 fark değerleri sırasıyla 1,01mg/L ve 0,8mg/L'dir. Şev yüzeyinde 0,4mg/L değeri, D3K10'da ise 0,2mg/L fark değeri gözlenmiştir.



Şekil 5.35 : D4 nolu düşey doğrultudaki zamana bağlı oksijen konsantrasyonu oranları.

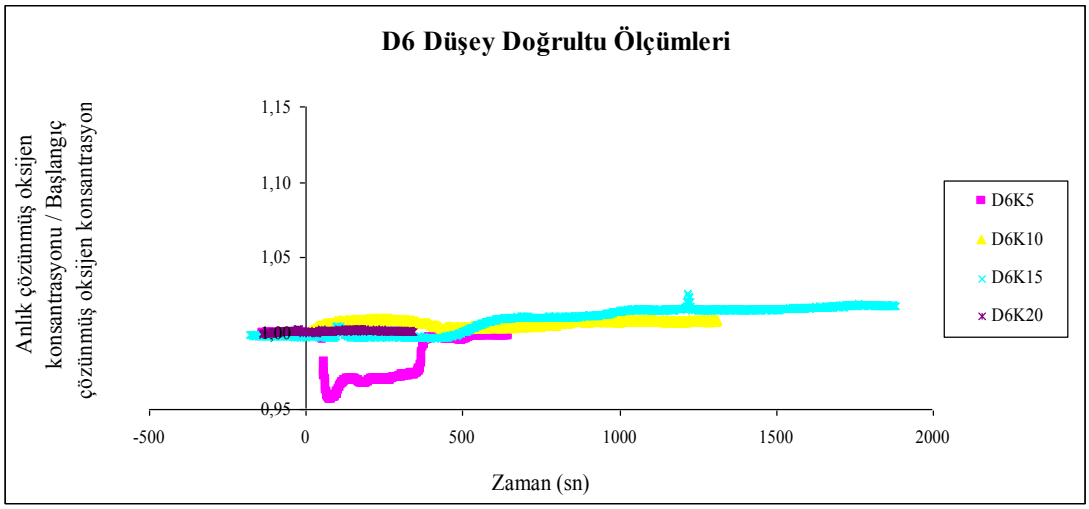
Şekil5.35'te veri serilerinin en yüksek değerden aza doğru sıralaması: D4K0, D4K5, D4K15, D4K10 ve D4K20'dir. Kumsal profilinde oyulma olan düşey doğrultu olduğundan D4K5 kum yüzeyidir ve 0,57mg/L şev yüzeyinden sonraki en yüksek fark değeri olan 0,5mg/L'dir. D4K0 konumu olması şev yüzeyinin oksijen kazanımı bakımından dalgadan en fazla etkilenen bölge olduğunu göstermektedir. D4K15 ve D4K10 konumlarındaki çözünmüş oksijen başlangıç ve son değerleri farkları ise sırasıyla 0,3mg/L ve 0,2mg/L'dir.



Şekil 5.36 : D5 nolu düşey doğrultudaki zamana bağlı oksijen konsantrasyonu oranları.

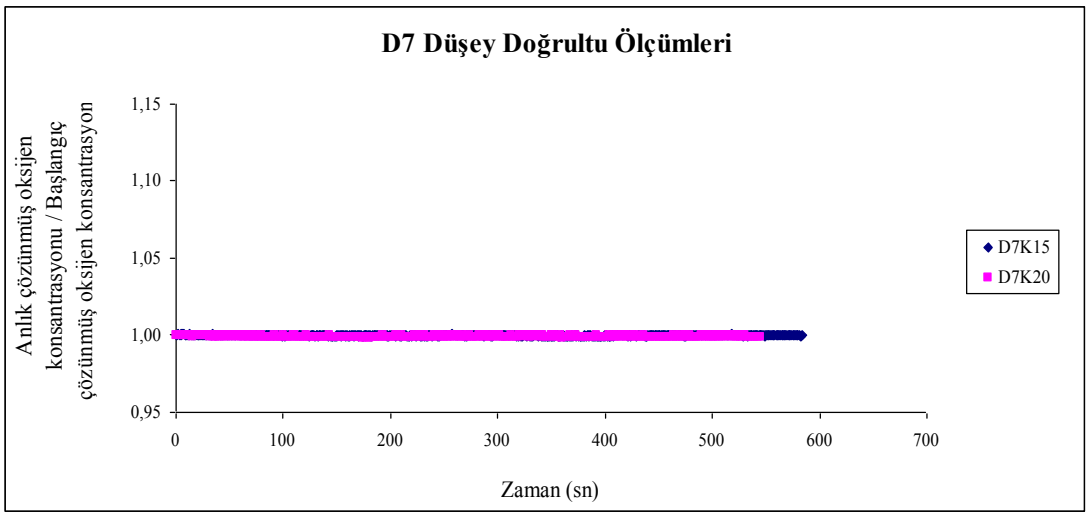
Şekil5.36'da kıyı çizgisi doğrultusundaki veri serilerinin en yüksek değerden aza doğru sıralaması: D5K10, D5K5 ve D5K0'dir. D5K15 ve D5K20'de dalga etkisi ulaşmadığından çözünmüş oksijen başlangıç değerleri farkı 0mg/L'dir. Kumsal

profilinde oyulma olan düşey doğrultu olduğundan D5K10 konumunda 0,38mg/L fark en yüksek değerdir. D5K5 ve D5K0 konumlarındaki çözünmüş oksijen başlangıç ve son değerleri farkları ise sırasıyla 0,2mg/L ve 0,12mg/L'dir.



Şekil 5.37 : D6 nolu düşey doğrultudaki zamana bağlı oksijen konsantrasyonu oranları.

Şekil5.37'de dalga tırmanması gerçekleşen düşey doğrultuda D6K15, D6K10, D6K5 ve D6K20 konumlarındaki çözünmüş oksijen başlangıç ve son değer farkları ise sırasıyla 0,14mg/L, 0,05mg/L, 0,01mg/L, 0mg/L'dir. Şekil5.38'de farklı konumlardaki veri serilerinde D7 doğrultusunda dalga etkisi olmadığı görülmektedir.

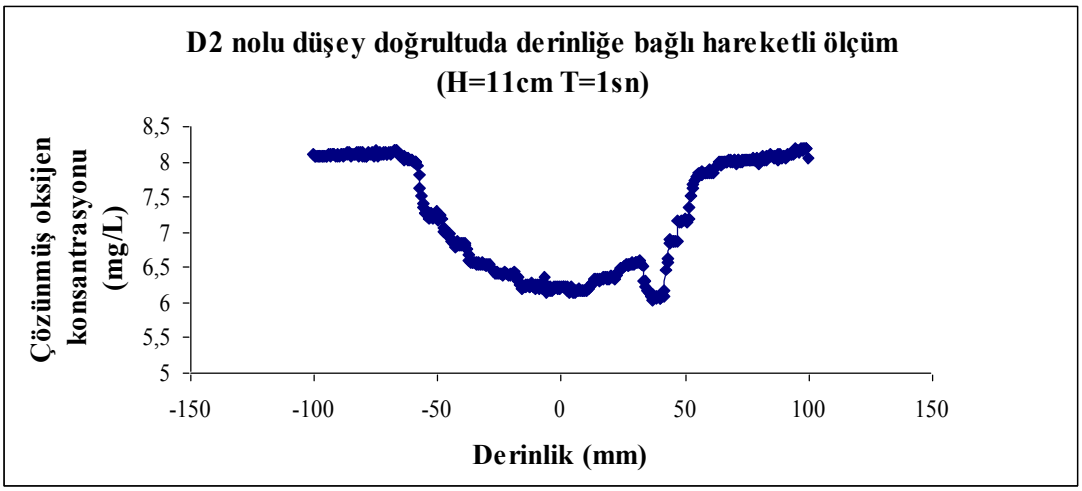


Şekil 5.38 : D7 nolu düşey doğrultudaki zamana bağlı oksijen konsantrasyonu oranları.

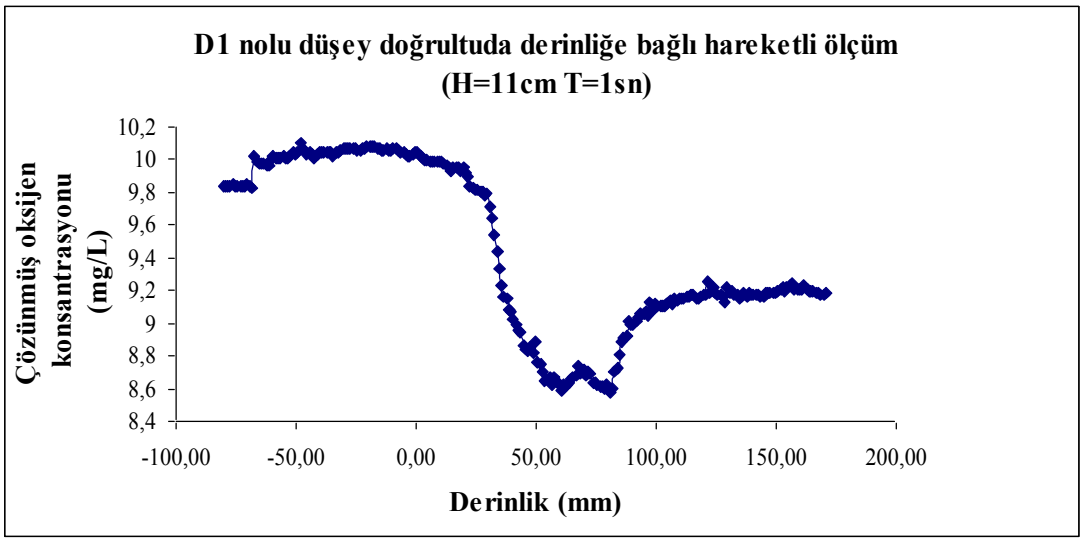
5.3 Aynı Dalga Özelliklerinde Hareketli Ölçüm Yapılan Deneyler

İlk grup deneylerde sabit konumda çözünmüş oksijen konsantrasyonları ölçülmüştür. İkinci grup deneylerde ise yine H=11cm T=1sn dalga özelliklerinde çözünmüş oksijen konsantrasyonu değerleri derinlik boyunca prob hareket ettirilerek ölçülmüştür. Şekil5.39, Şekil5.40, Şekil5.41, Şekil5.42, Şekil5.43, Şekil5.44 ve Şekil5.45 ile her bir düşey doğrultuda derinliğe bağlı hareketli ölçümlerde çözünmüş oksijen konsantrasyonu değerleri görülmektedir.

Kıyı çizgisinden 0,75m açık deniz tarafında olan D2 düşey doğrultusunda, şevin 10cm altına prob gömülerek sakin su seviyesinde 2 saatte veriler kararlı hale geldiğinde dalga üretilmeye başlanmıştır (Şekil5.39). 20 dakika dalga etkisiyle kumsal profilinin oluşumu beklenmiştir. Ardından hareketli ölçüme başlanmıştır. Hareketli ölçümde prob, her 20sn'de 1cm yukarı doğru çekilerek ölçüm kaydedilmiştir. D2 düşey doğrultusunda 15 kez yukarı doğru hareket ettirilerek 300sn ölçüm yapılmıştır. Oksijenmetre probu her 1sn'de 1 veri kaydettiğinden dolayı toplam 300 veri, 150mm boyunca kaydedilmiştir. Böylece -100mm'den 50mm'ye kadar kaydedilen her 1sn'deki veri 0,5mm'deki değişimi gösterdiğinden derinliğe bağlı konsantrasyon grafiği çizilmiştir (Şekil5.39).



Şekil 5.39 : D2 nolu düşey doğrultuda derinliğe bağlı hareketli ölçümde oksijen konsantrasyon değerleri.



Şekil 5.40 : D1 nolu düşey doğrultuda derinliğe bağlı hareketli ölçümde oksijen konsantrasyon değerleri.

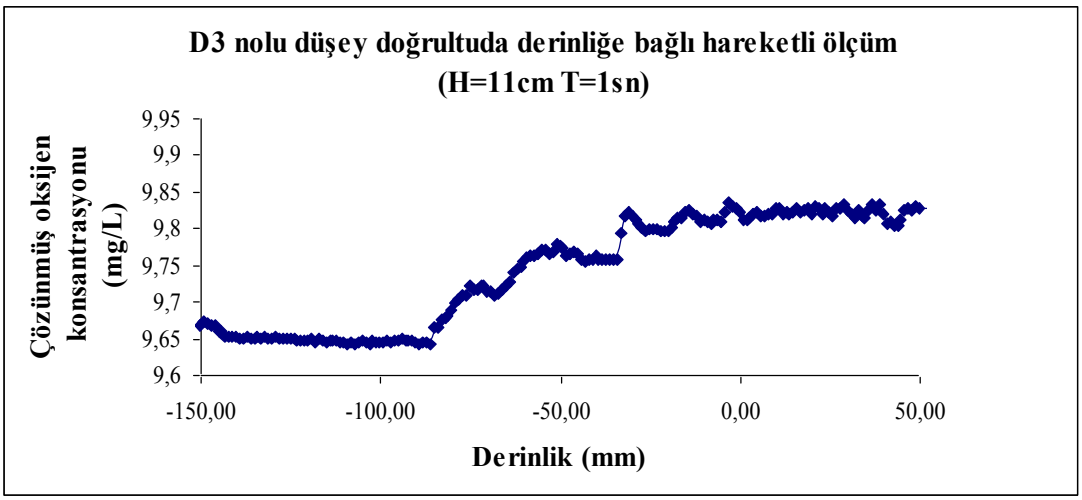
Şekil5.40'ta D1 düşey doğrultusu hareketli ölçümünde S15 seviyesindeki 9,2mg/L, S10 seviyesindeki 9,1mg/L, S5 seviyesindeki 8,75mg/L, K0 seviyesindeki 10,03mg/L, K5 seviyesindeki 10,03mg/L, K10 seviyesindeki 9,8mg/L değerleriyle, sabit ölçümlerdeki D1S15'te 10,2mg/L, D1S10'da 9,6mg/L, D1S5'te 8,86mg/L, D1K0'da 9,84mg/L, D1K5'te 9,75mg/L, D1K10'da 5mg/L çözünmüş oksijen başlangıç değerleri mümkün olduğunca yakın değerlerdir.

Hareketli ölçümdeki seviye yukarı doğru değiştikçe olan artış ve azalışlarla sabit ölçümlerdeki çözünmüş oksijen son değerleri birbiriyle tutarlıdır. Örneğin sabit ölçümde çözünmüş oksijen son değerleri D1K10'dan D1K5'e 5mg/L'den 10,4mg/L'ye artmakta, D1K5'ten D1K0'a 10,4mg/L'de aynı kalmakta, D1K0'dan D1S5'e 10,4mg/L'den 9,8mg/L'ye azalmakta, D1S5'ten D1S10'a 9,8mg/L'den 10,2mg/L'ye artmakta ve D1S10'dan D1S15'e 10,2mg/L'den 10,5mg/L'ye artmaktayken hareketli ölçümde D1K10'dan D1K5'e 9,8mg/L'den 10,03mg/L'ye artmakta, D1K5'ten D1K0'a 10,03mg/L'de aynı kalmakta, D1K0'dan D1S5'e 10,03mg/L'den 8,75mg/L'ye azalmakta, D1S5'ten D1S10'a 8,75mg/L'den 9,1mg/L'ye artmakta ve D1S10'dan D1S15'e 9,1mg/L'den 9,2mg/L'ye artmaktadır.

D2 düşey doğrultusu hareketli ölçümünde S10 seviyesindeki 8,04mg/L, S5 seviyesindeki 7,18mg/L, K0 seviyesindeki 6,22mg/L, K5 seviyesindeki 7,2mg/L, K10 seviyesindeki 8,07mg/L değerleriyle, sabit ölçümlerdeki D2S10'da 5mg/L, D2S5'te 9,2mg/L, D2K0'da 9,4mg/L, D2K5'te 10,2mg/L, D2K10'da 5mg/L, çözünmüş oksijen başlangıç değerleri ve D2S10'da 11mg/L, D2S5'te 10,8mg/L,

D2K0'da 10,4mg/L, D2K5'te 9,6mg/L, D2K10'da 5mg/L, çözünmüş oksijen son değerleri D2K10 ve D2K0'daki kıyaslama dışında tutarlı artış ve azalışlar göstermiştir. D2 düşey doğrultusu hareketli ölçümündeki ve 1. grup ölçümlerdeki çözünmüş oksijen son konsantrasyonları D2K10'dan D2K5'e azalmakta, D2K0'dan D2S5'e artmakta ve D2S5'ten D2S10'a artmaktadır.

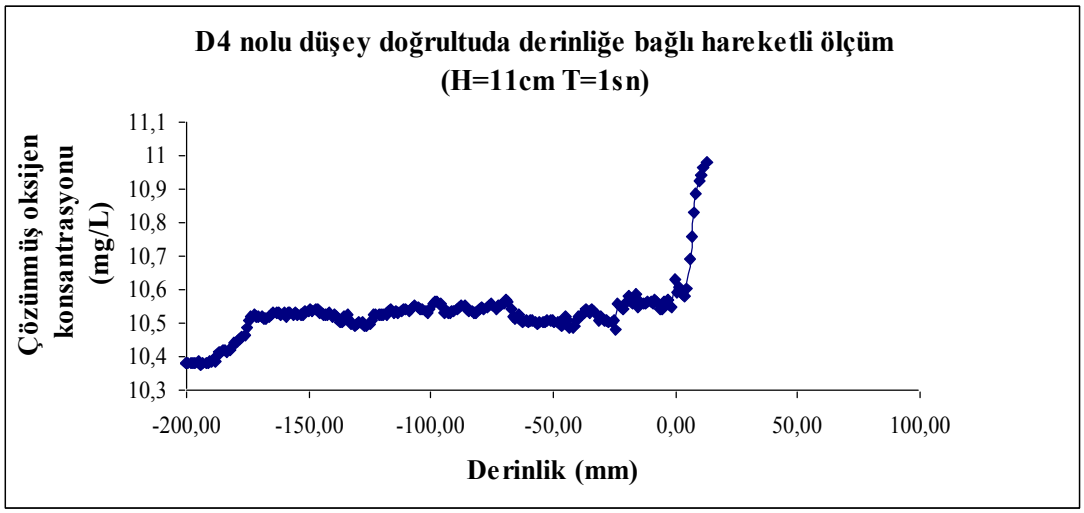
D3 düşey doğrultusu hareketli ölçümünde S5 seviyesindeki 9,83mg/L, K0 seviyesindeki 9,82mg/L, K5 seviyesindeki 9,78mg/L, K10 seviyesindeki 9,65mg/L, K15 seviyesindeki 9,68mg/L değerleriyle, sabit ölçümlerdeki D3S5'te 10,4mg/L, D3K0'da 10,2mg/L, D3K5'te 8,4mg/L, D3K10'da 8mg/L, D3K15'te 5mg/L çözünmüş oksijen başlangıç değerleri ve D3S5'te 11,41mg/L, D3K0'da 10,6mg/L, D3K5'te 9,2mg/L, D3K10'da 8,2mg/L, D3K15'te 5mg/L çözünmüş oksijen son değerleri D3K15 dışında tutarlı artış ve azalışlar göstermiştir. D3 düşey doğrultusu hareketli ölçümündeki ve 1. grup ölçümlerdeki çözünmüş oksijen son konsantrasyonları D3K15'ten D3K10'a azalmakta, D3K10'dan D3K5'e artmakta, D3K5'ten D3K0'a artmakta, D3K0'dan D3S5'e artmakta ve D3S5'ten D3S10'a artmaktadır (Şekil5.41).



Şekil 5.41 : D3 nolu düşey doğrultuda derinliğe bağlı hareketli ölçümde oksijen konsantrasyon değerleri.

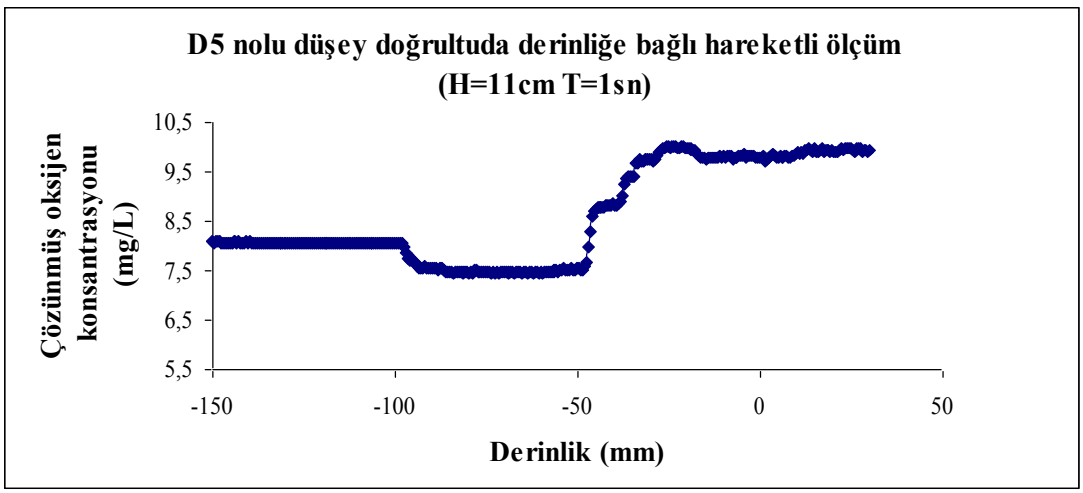
D4 düşey doğrultusu hareketli ölçümünde K0 seviyesindeki 11mg/L, K5 seviyesindeki 10,51mg/L, K10 seviyesindeki 10,53mg/L, K15 seviyesindeki 10,53mg/L, K20 seviyesindeki 10,38mg/L değerleriyle, sabit ölçümlerdeki D4K0'da 9,22mg/L, D4K5'te 8,8mg/L, D4K10'da 8,9mg/L, D4K15'te 9,2mg/L, D4K20'de 4,4mg/L çözünmüş oksijen başlangıç değerleri ve D4K0'da 9,79mg/L, D4K5'te

9,3mg/L, D4K10'da 9,1mg/L, D4K15'te 9,5mg/L, D4K20'de 4,4mg/L çözünmüş oksijen son değerleri D4K5'deki kıyaslama dışında tutarlı artış ve azalışlar göstermiştir (Şekil5.42).



Şekil 5.42 : D4 nolu düşey doğrultuda derinliğe bağlı hareketli ölçümde oksijen konsantrasyon değerleri.

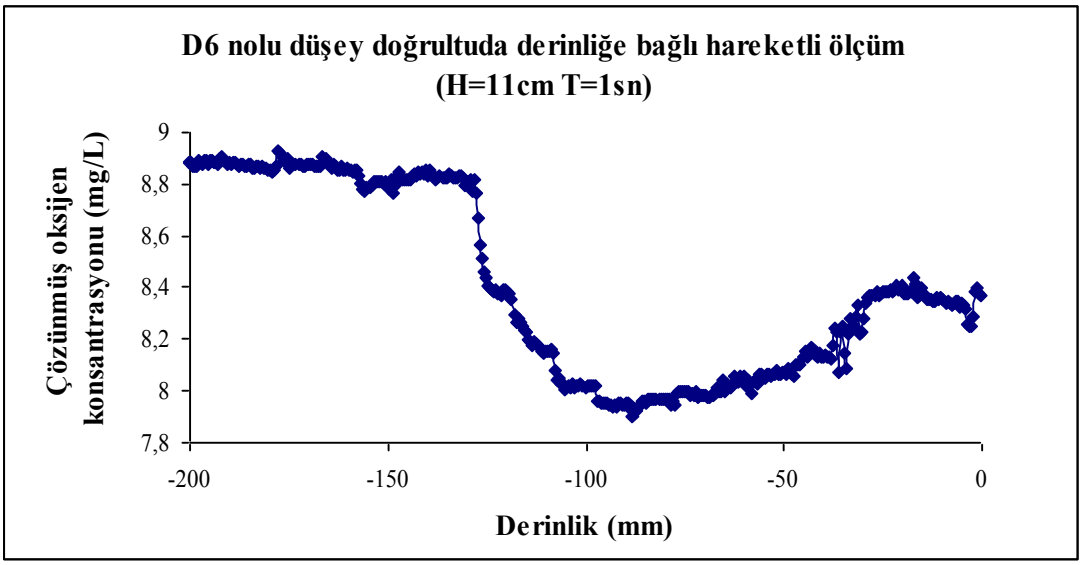
D4 düşey doğrultusu hareketli ölçümündeki ve 1. grup ölçümlerdeki çözünmüş oksijen son konsantrasyonları D4K20'den D4K15'e artmakta, D4K15'ten D4K10'a azalmakta ve D4K5'ten D4K0'a artmaktadır.



Şekil 5.43 : D5 nolu düşey doğrultuda derinliğe bağlı hareketli ölçümde oksijen konsantrasyon değerleri.

Şekil5.43'teki D5 düşey doğrultusu hareketli ölçümünde K0 seviyesindeki 9,81mg/L, K5 seviyesindeki 7,51mg/L, K10 seviyesindeki 8,06mg/L, K15 seviyesindeki 8,06mg/L değerleriyle, sabit ölçümlerdeki D5K0'da 10,51mg/L, D5K5'te 9,8mg/L, D5K10'da 10,07mg/L, D5K15'te 4,8mg/L çözünmüş oksijen başlangıç değerleri ve

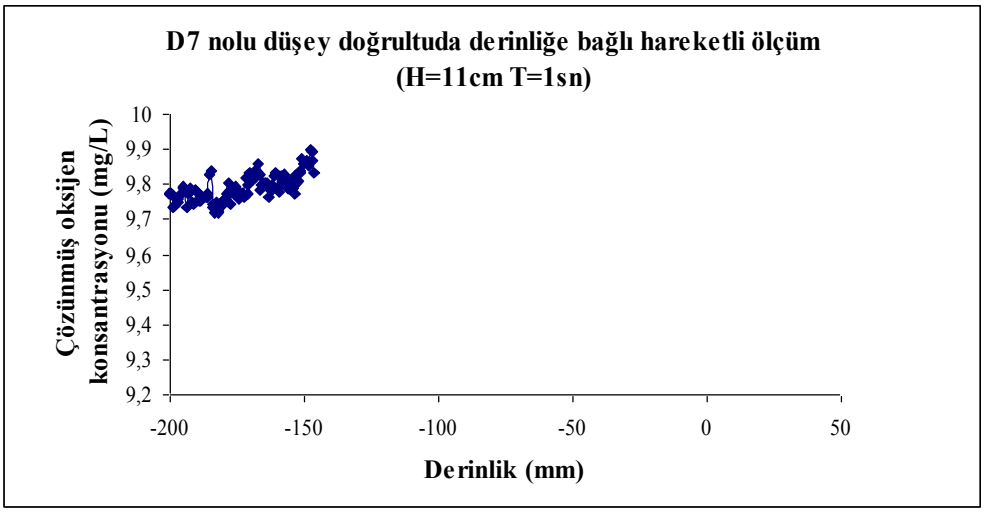
D5K0'da 10,63mg/L, D5K5'te 10mg/L, D5K10'da 10,45mg/L, D5K15'te 4,8mg/L, çözünmüş oksijen son değerleri D5K10'daki kıyaslama dışında tutarlı artış ve azalışlar göstermektedir. D5 düşey doğrultusu hareketli ölçümündeki ve 1. grup ölçümlerdeki çözünmüş oksijen son konsantrasyonları D5K10'dan D5K5'e azalmakta ve D5K5'ten D5K0'a artmaktadır.



Şekil 5.44 : D6 nolu düşey doğrultuda derinliğe bağlı hareketli ölçümde oksijen konsantrasyon değerleri.

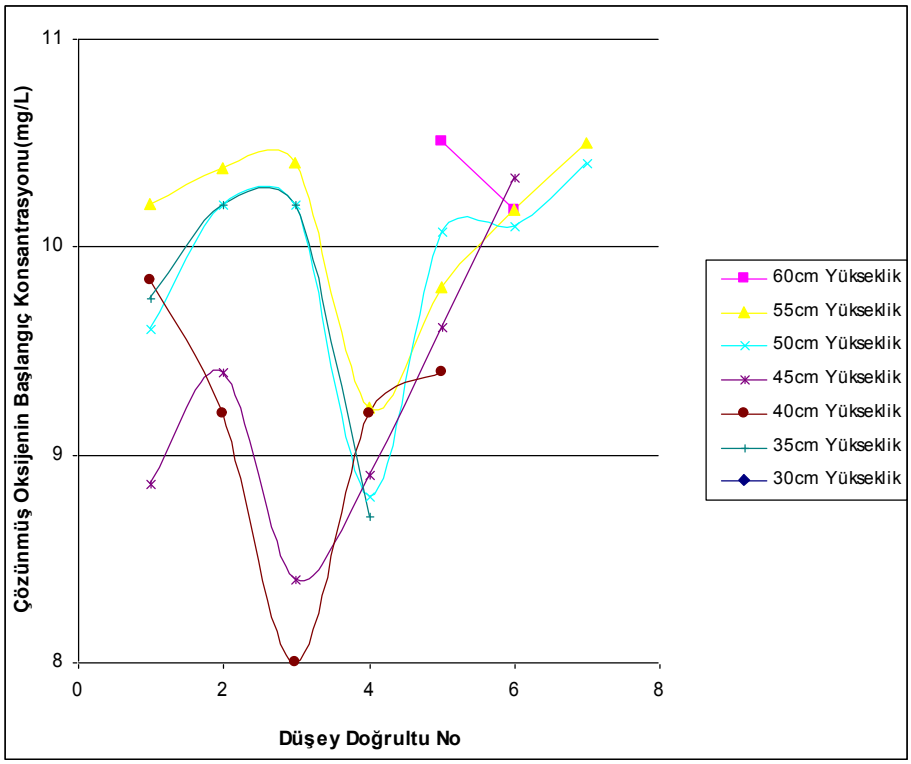
Şekil5.44'teki D6 düşey doğrultusu hareketli ölçümünde K5 seviyesindeki 8,07mg/L, K10 seviyesindeki 8,01mg/L, K15 seviyesindeki 8,77mg/L, K20 seviyesindeki 8,8mg/L değerleriyle, sabit ölçümlerdeki D6K5'te 10,18mg/L, D6K10'da 10,18mg/L, D6K15'te 10,1mg/L, D6K20'de 5,2mg/L çözünmüş oksijen başlangıç değerleri ve D6K5'te 10,18mg/L, D6K10'da 10,2mg/L, D6K15'te 10,2mg/L, D6K20'de 5,2mg/L çözünmüş oksijen son değerleri D6K5'teki kıyaslama dışında tutarlı artış ve azalışlar göstermiştir. D6 düşey doğrultusu hareketli ölçümündeki ve 1. grup ölçümlerdeki çözünmüş oksijen son konsantrasyonları D6K20'den D6K15'e azalmakta D6K15'ten D6K10'a azalmaktadır.

D7 düşey doğrultusu hareketli ölçümünde K15 seviyesindeki 9,8mg/L, K20 seviyesindeki 9,77mg/L değerleriyle, sabit ölçümlerdeki D7K15'te 5,33mg/L, D7K20'de 5,22mg/L çözünmüş oksijen başlangıç değerleri ve D7K15'te 5,33mg/L, D7K20'de 5,22mg/L çözünmüş oksijen son değerleri tutarlı artış göstermiştir. D7 düşey doğrultusu hareketli ölçümündeki ve 1. grup ölçümlerdeki çözünmüş oksijen son konsantrasyonları D7K20'den D7K15'e artmaktadır (Şekil5.45).



Şekil 5.45 : D7 nolu düşey doğrultuda derinliğe bağlı hareketli ölçümde oksijen konsantrasyon değerleri.

Şekil5.46'da düşey doğrultulardaki çözünmüş oksijen başlangıç konsantrasyonlarının her bir yükseklik için değerlendirilmesi yapıldığında genel olarak yükseklikle orantılı olduğu görülmektedir.

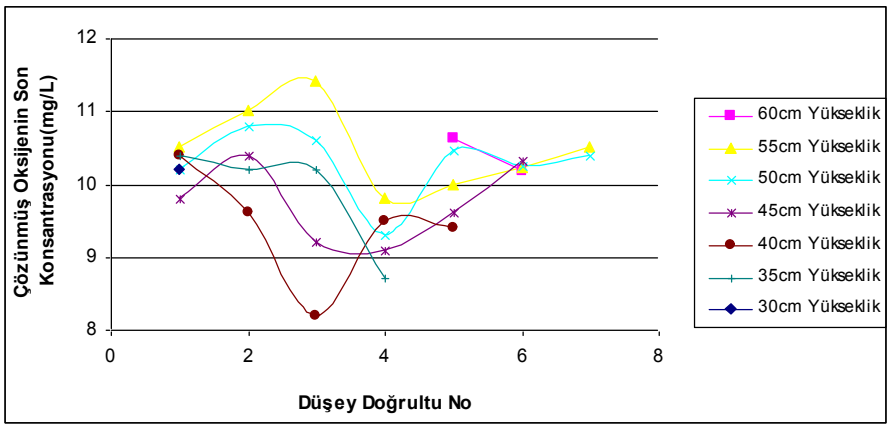


Şekil 5.46 : Düşey doğrultudaki çözünmüş oksijen başlangıç konsantrasyonları.

Genellikle düşey doğrultularda, derinliğe bağlı olarak çözünmüş oksijen başlangıç değerleri azalmıştır. Farklı düşey doğrultular arası yüksekliğe bağlı kıyaslamada ise D1'den D2'ye D2'den D3'e şevin üstündeki değerlerde artış ardından D4'te düşüş,

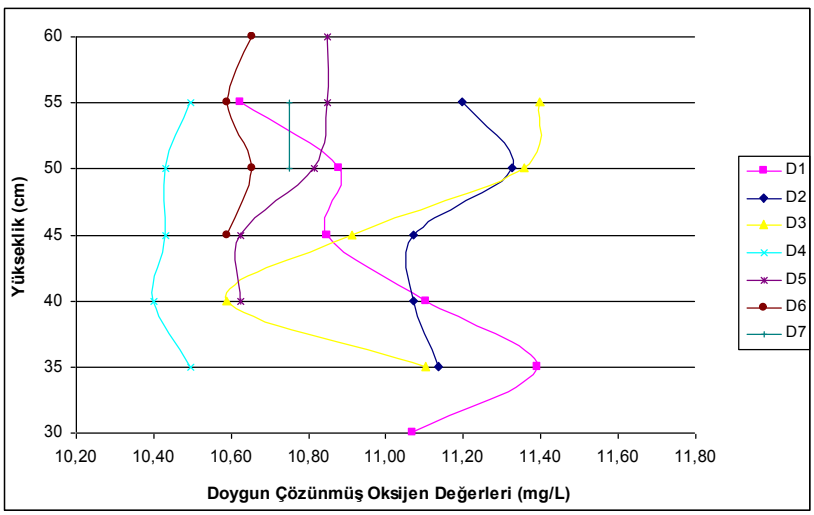
D5'te tekrar yükselme D6'da yüzeye yakın bölgelerde yükselme ve D7'de yükselme gözlenmiştir (Şekil5.46).

Şekil5.47'de düşey doğrultulardaki çözünmüş oksijen son konsantrasyonlarının her bir yükseklik için değerlendirilmesi yapıldığında yine genel itibariyle yükseklikle orantılı olduğu görülmektedir. Farklı düşey doğrultular arası yüksekliğe bağlı kıyaslamada D1'den D2'ye D2'den D3'e şev yüzeyinin üstünde artış ardından D4'te düşüş, D5'te tekrar yükselme ve D7'de yükselme gözlenmiştir.



Şekil 5.47 : Düşey doğrultulardaki çözünmüş oksijen son konsantrasyonları.

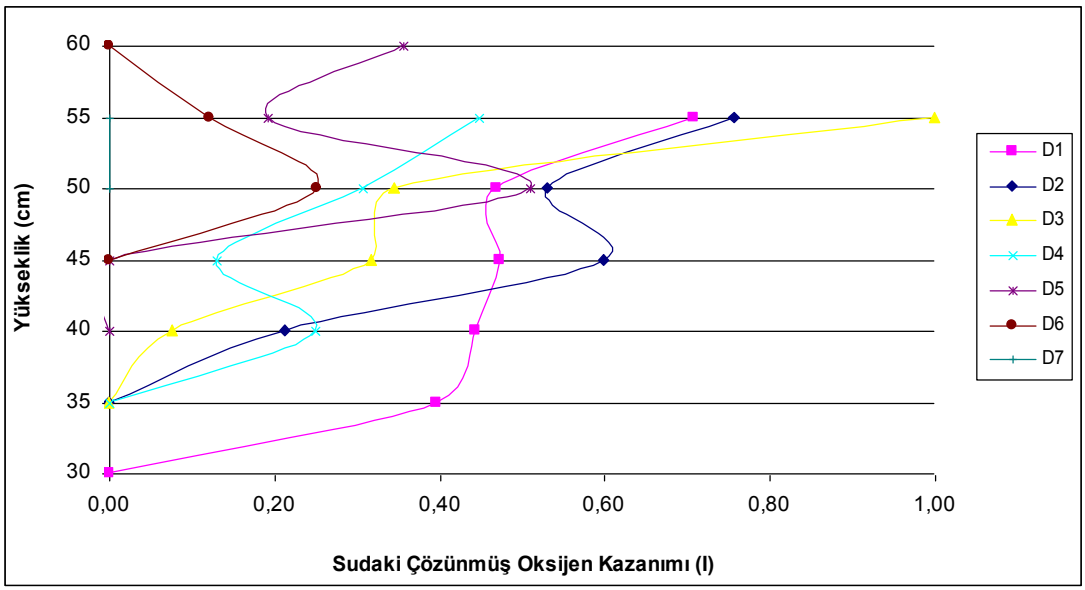
Şekil5.48'de doygun çözünmüş oksijen değerlerinin yükseklikle değişimi her bir düşey doğrultu için görülmektedir.



Şekil 5.48 : Doygun çözünmüş oksijen değerleri.

Sudaki oksijen kazanımı I simgesi ile gösterilirse, dalga etkisinden sonra olan çözünmüş oksijen konsantrasyonu (C_{son}) ile başlangıçtaki çözünmüş oksijen konsantrasyonu ($C_{baş}$) farkının, doygun çözünmüş oksijen konsantrasyonu (C_s) ile başlangıçtaki çözünmüş oksijen konsantrasyonu farkına oranı ile hesaplanır (Cuence ve diğ., 1983).

$$I=(C_{son}-C_{baş})/(C_s-C_{baş}) \qquad \textbf{(5.1)}$$



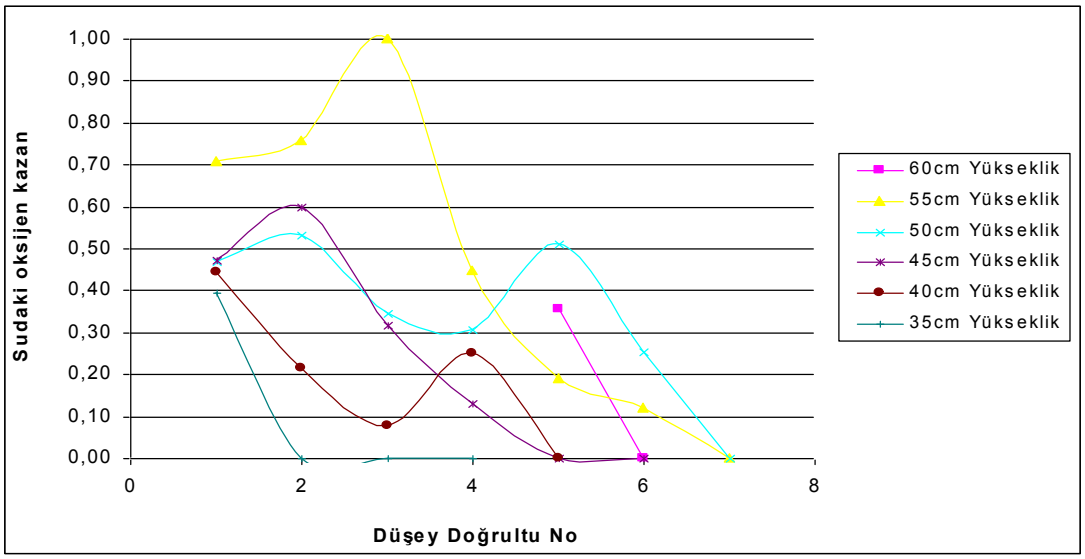
Şekil 5.49 : Sudaki oksijen kazanımı.

En fazla oksijen kazanımı kırılmanın olduğu D3 ve D2 düşey doğrultularında gözlenmiştir. D5 kıyı çizgisi üzerindeki dalga tırmanmasının olduğu düşey doğrultuda da diğer düşey doğrultulara göre yüksek oksijen kazanımı olmuştur (Şekil5.49).

Çizelge 5.6 : Sudaki oksijen kazanımı.

Sudaki oksijen kazanımı							
Düşey doğrultu no	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
Kanal tabanından yükseklik(cm)							
55	0,71	0,76	1,00	0,45	0,19	0,12	0,00
50	0,47	0,53	0,34	0,31	0,51	0,25	0,00
45	0,47	0,60	0,32	0,13	0,00	0,00	
40	0,44	0,21	0,08	0,25	0,00		
35	0,40	0,00	0,00	0,00			
30	0,00						

D5 ve D6 dışındaki düşey doğrultularda su yüzeyine doğru oksijen kazanımında artış gözlenmiştir (Çizelge5.6). Şekil5.50'de her bir düşey doğrultuda sudaki oksijen kazanımı yüksekliğe bağlı olarak verilmiştir.



Şekil 5.50 : Düşey doğrultularda sudaki oksijen kazanım değerleri.

5.4 Farklı Özelliklerdeki Dalgalar ile Hareketli Ölçüm Yapılan Deneyler

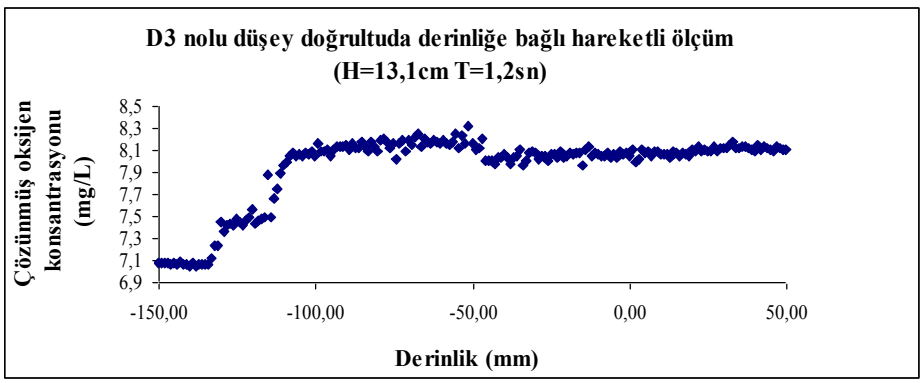
İlk iki gruptaki ölçümlerde H=11cm T=1sn dalga özelliklerinde değişim incelenmesinden sonra üçüncü grupta farklı dalga özelliklerinin incelemesi yapılmaktadır. Dalga kırılmasının ve tırmanmanın en çok etkilenen düşey doğrultular olmasından dolayı D3, D4 ve D6 düşey doğrultularında ölçümler yapılmıştır. Deneylerdeki dalgaların yükseklik ve periyot değerleri Çizelge5.6'da görülmektedir.

Çizelge5.6'daki tüm dalgaların dik dalgaların düz kumsallarda spilling kırılma ile düz dalgaların daha dik kumsallarda kırıldığı collapsing kırılma arasında olan plunging kırılma şeklinde kırıldığı görülmektedir.

Çizelge 5.7 : Deneylerdeki dalga özellikleri.

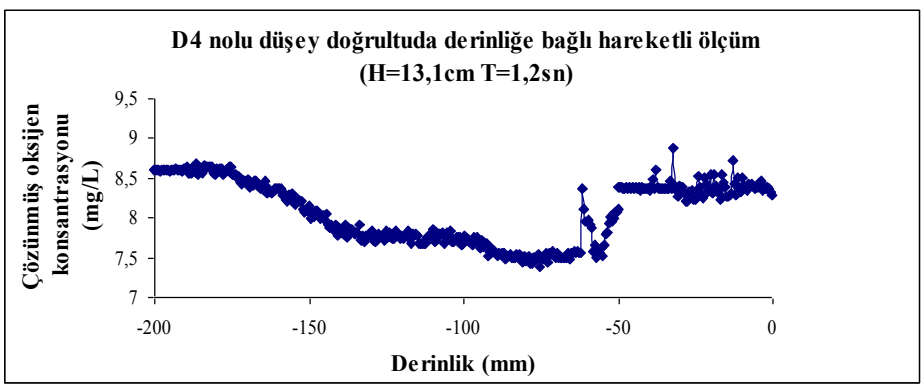
No	H (Dalga Yüksekliği) (cm)	T (Dalga Periyotu) (sn)	tgα (Şevin Eğimi)	L (Dalga Boyu) (cm)	ξ	Kırılma Tipi
22	11	1	0,2	1,56	0,1	Plunging
13	13,1	1,2	0,2	1,872	0,1	Plunging
31	10,1	0,8	0,2	1,248	0,1	Plunging
100	9,7	0,8	0,2	1,248	0,1	Plunging
120	2,9	1	0,2	1,56	0,2	Plunging
122	8,3	1	0,2	1,56	0,1	Plunging
110	4,6	1,2	0,2	1,872	0,1	Plunging
23	12,8	1,2	0,2	1,872	0,1	Plunging

D6 nolu düşey doğrultuda derinliğe bağlı hareketli ölçümde çözünmüş oksijen konsantrasyonlarının belirlenmesi için yapılan deneyde limnimetrenin ucundaki prob D6 düşey doğrultusunda şev yüzeyinden 20cm derinlikte gömülü olarak ortalama 3 saat kararlı veriler elde edilmesi için beklenmiştir. 20 dakika süresince istenen dalga periyotu ve yüksekliğinde (Çizelge5.7) dalga oluşturulmasının ardından hareketli ölçüme başlanmıştır. Kronometre tutularak her 20sn'de limnimetre ile prob 1cm yukarı doğru çekilerek yaklaşık 7 dakika veriler kaydedilmiştir. D3 düşey doğrultusunda yapılan deneyde prob kıyı çizgisinden 0,5m ileride ve şev yüzeyinden 15cm derine gömülmüştür. 2 saatte verilerin kararlı hale gelmesi ardından istenilen dalga 20 dakika üretilerek kıyıda profil oluşturulmuştur. 20sn aralıklarla limnimetre ile prob 1cm yukarı doğru hareket ettirilerek çözünmüş oksijen konsantrasyonları yaklaşık 7 dakika kaydedilmiştir (Şekil5.51).



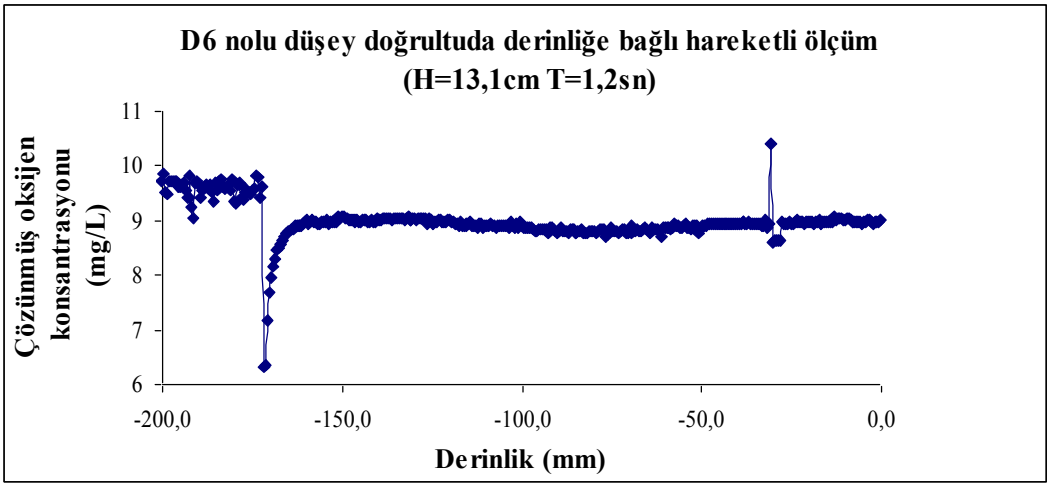
Şekil 5.51 : H=13,1cm ve T=1,2sn dalga özelliklerinde D3 nolu düşey doğrultuda derinliğe bağlı hareketli ölçümde oksijen konsantrasyon değerleri.

H=13,1cm T=1,2sn dalga özelliklerinde D3'teki çözünmüş oksijenin en düşük değeri 7,06mg/L, çözünmüş oksijen son değeri 8,1mg/L olarak gözlenmiştir (Şekil5.51).



Şekil 5.52 : H=13,1cm ve T=1,2sn dalga özelliklerinde D4 nolu düşey doğrultuda derinliğe bağlı hareketli ölçümde oksijen konsantrasyon değerleri.

D4'teki çözünmüş oksijenin en düşük değeri 7,37mg/L, çözünmüş oksijen son değeri 8,35mg/L (Şekil5.52), D6'daki çözünmüş oksijenin en düşük değeri 6,34mg/L, çözünmüş oksijen son değeri 8,99mg/L (Şekil5.53) olarak gözlenmiştir. D3'teki çözünmüş oksijen artışı 1,04mg/L ve D4'te yakın bir değer olarak 0,98mg/L ölçülmüştür. D6'da ise 2,65mg/L olduğu görülmektedir.



Şekil 5.53 : H=13,1cm ve T=1,2sn dalga özelliklerinde D6 nolu düşey doğrultuda derinliğe bağlı hareketli ölçümde oksijen konsantrasyon değerleri.

Deneylerdeki diğer dalgalara kıyasla dalga yüksekliği en fazla olandır. Kumsal profilinde geniş bir bar oluşturduğundan kırılmanın olduğu D2 doğrultusuna yakın olan D3 ve D4 düşey doğrultularında oksijen artışı yakın değerlerken, dalganın kıyıya tırmandığı D6 düşey doğrultusunda artışın en fazla olduğu görülmektedir (Şekil5.54 ve Çizelge5.8).

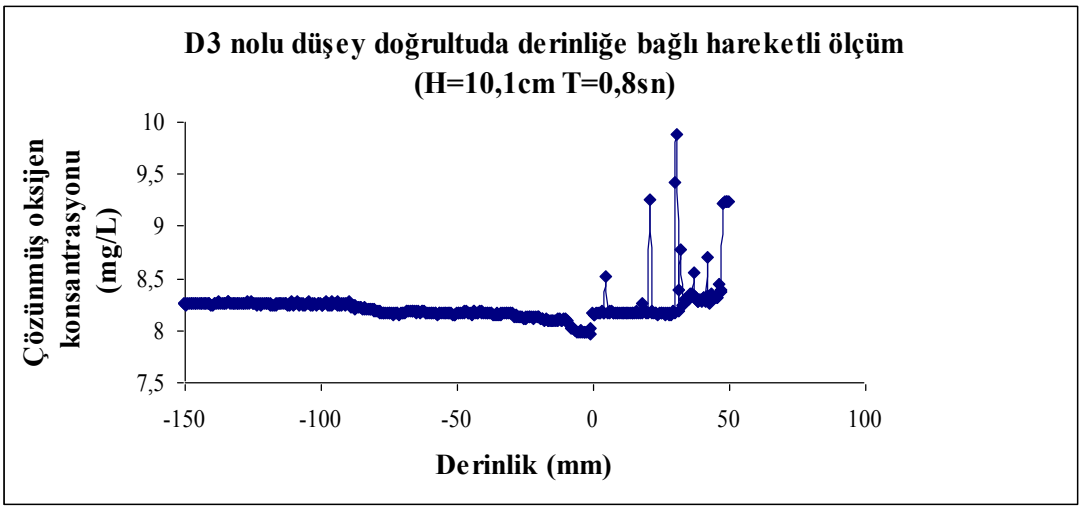


Şekil 5.54 : H=13,1cm ve T=1,2sn dalga özelliklerinde D4 nolu düşey doğrultuda derinliğe bağlı hareketli ölçüm.

Şekil5.55'te H=13,1cm ve T=1,2sn dalga özelliklerinin olduğu deneyde plunging dalga kırılması ile dalganın havayı suyun içine hapsetmesi görülmektedir. Kırılma D2 düşey doğrultusuna yakın gözlenmiştir.

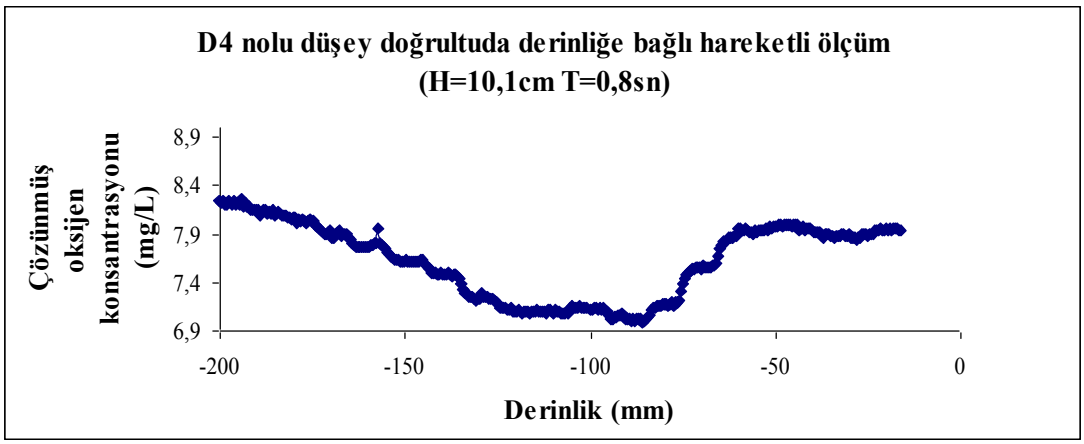


Şekil 5.55 : H=13,1cm ve T=1,2sn dalga özelliklerinde D4 ve D6 nolu düşey doğrultularda derinliğe bağlı hareketli ölçümde dalganın havayı suyun içine hapsetmesi.

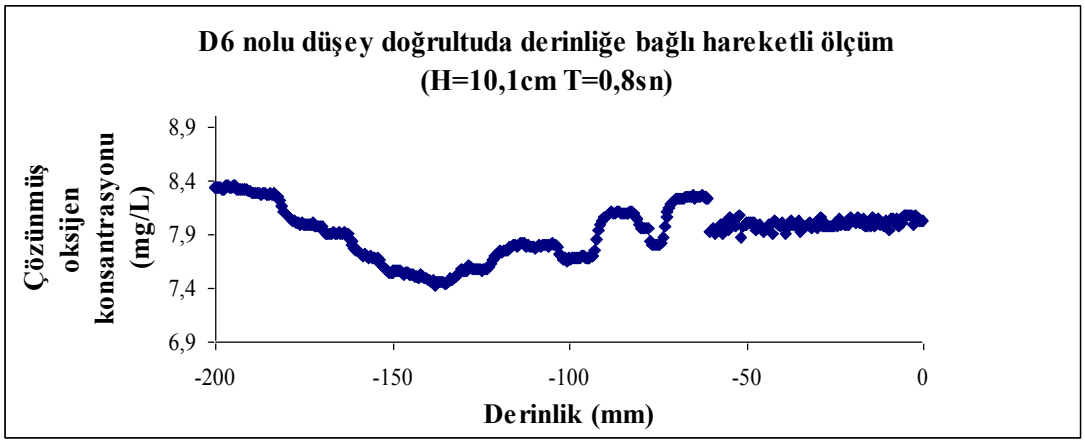


Şekil 5.56 : H=10,1cm ve T=0,8sn dalga özelliklerinde D3 nolu düşey doğrultuda derinliğe bağlı hareketli ölçümde oksijen konsantrasyon değerleri.

H=10,1cm ve T=0,8sn dalga özelliklerinde D3'teki çözünmüş oksijenin en düşük değeri 7,8mg/L, çözünmüş oksijen son değeri 9,4mg/L (Şekil5.56), D4'teki çözünmüş oksijenin en düşük değeri 7mg/L, çözünmüş oksijen son değeri 7,93mg/L (Şekil5.57), D6'daki çözünmüş oksijenin en düşük değeri 7,44mg/L, çözünmüş oksijen son değeri 8,02mg/L (Şekil5.58) olarak gözlenmiştir. 10,1cm dalga yüksekliği ve 0,8sn dalga periyotu ile 45cm bar tepe noktası ve kıyı çizgisi arası mesafeye sahiptir (Çizelge5.8). Bundan dolayı D3'te dalga kırılması gerçekleşmiştir. D3'teki çözünmüş oksijenin en düşük ve son değerleri arasındaki fark olan 1,6mg/L'in, D4'teki 0,93mg/L ve D6'daki 0,58mg/L değerlerinden oldukça yüksek olması dalga kırılması düşey doğrultusunda olmasından kaynaklanmıştır.

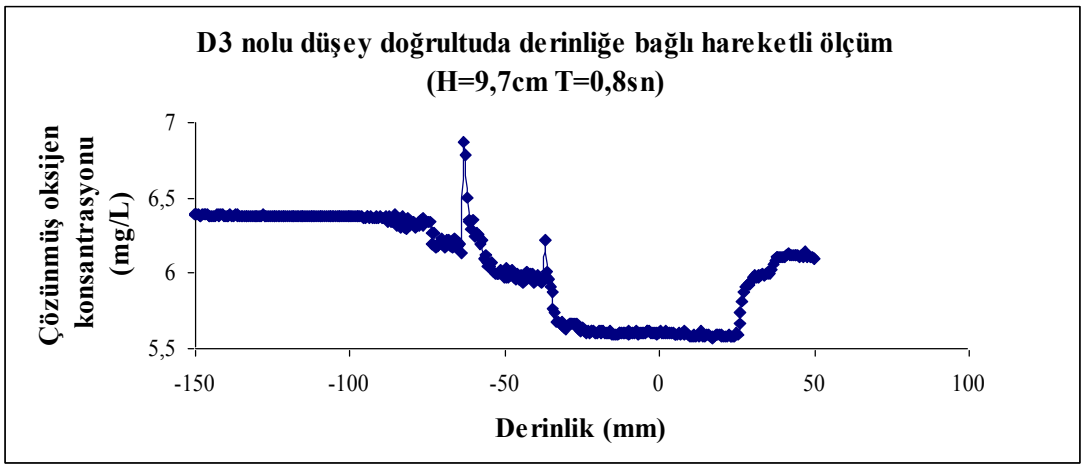


Şekil 5.57 : H=10,1cm ve T=0,8sn dalga özelliklerinde D4 nolu düşey doğrultuda derinliğe bağlı hareketli ölçümde oksijen konsantrasyon değerleri.



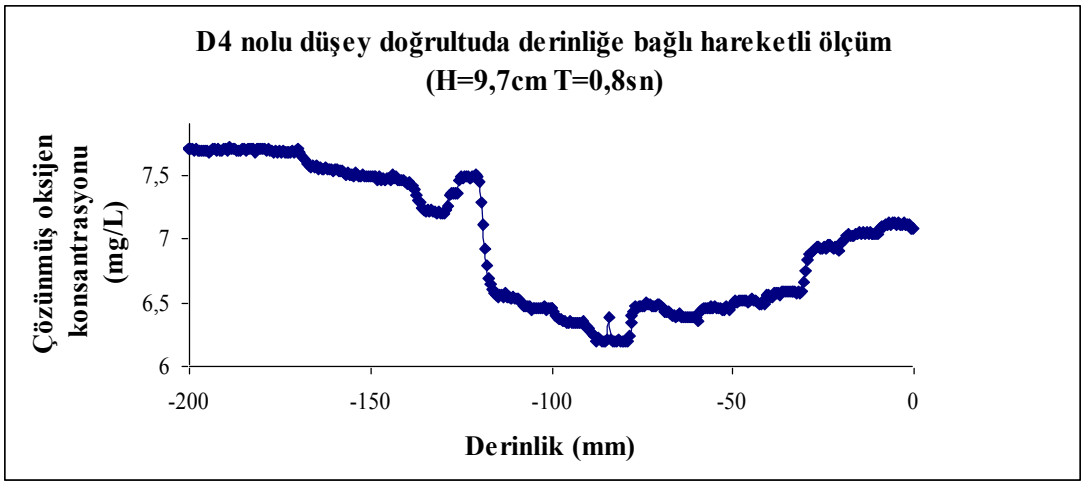
Şekil 5.58 : H=10,1cm ve T=0,8sn dalga özelliklerinde D6 nolu düşey doğrultuda derinliğe bağlı hareketli ölçümde oksijen konsantrasyon değerleri.

H=9,7cm ve T=0,8sn dalga özelliklerinde D3'teki çözünmüş oksijenin en düşük değeri 5,59mg/L, çözünmüş oksijen son değeri 6,14mg/L (Şekil5.59), D4'teki çözünmüş oksijenin en düşük değeri 6,19mg/L, çözünmüş oksijen son değeri 7,07mg/L (Şekil5.60), D6'daki çözünmüş oksijenin en düşük değeri 7,26mg/L, çözünmüş oksijen son değeri 7,42mg/L (Şekil5.61) olarak gözlenmiştir.



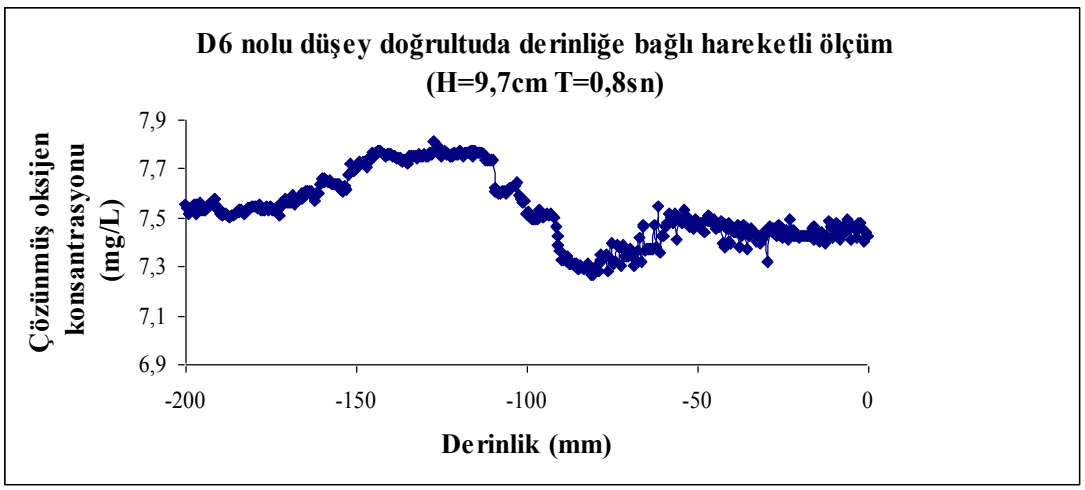
Şekil 5.59 : H=9,7cm ve T=0,8sn dalga özelliklerinde D3 nolu düşey doğrultuda derinliğe bağlı hareketli ölçümde oksijen konsantrasyon değerleri.

9,7cm dalga yüksekliği ve 0,8sn dalga periyotu ile 44cm bar tepe noktası ve kıyı çizgisi arası mesafeye sahiptir (Çizelge5.8). Bundan dolayı D3'te dalga kırılması gerçekleşmiştir. Fakat dalga yüksekliği 31 nolu dalgadan daha az olduğundan kumsal profilindeki oyulma daha azdır ve sediment arasında çözünmüş oksijen artışı daha az olduğundan D4'teki çözünmüş oksijen başlangıç ve son değerleri arasındaki fark olan 0,88mg/L, D3'teki 0,5mg/L ve D6'daki 0,16mg/L değerlerinden daha fazladır.



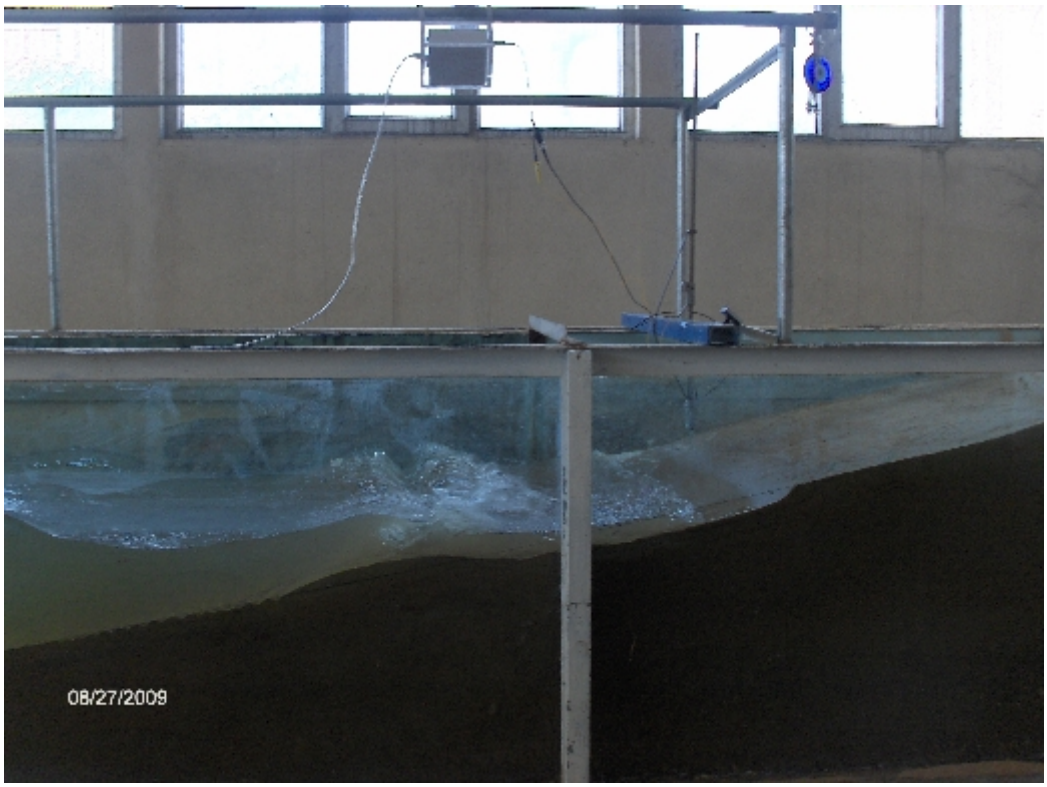
Şekil 5.60 : H=9,7cm ve T=0,8sn dalga özelliklerinde D4 nolu düşey doğrultuda derinliğe bağlı hareketli ölçümde oksijen konsantrasyon değerleri.

Toplam yer değiştiren katı madde miktarı da H=9,7cm ve T=0,8sn dalga özelliklerindeki deneyde H=10,1cm ve T=0,8sn dalga özelliklerindeki deneyden daha fazladır, çözünmüş oksijen su içinde daha fazla artış gösterebildiğinden kumun hareket halinde olması da D3'teki artışı azaltan bir etkendir.



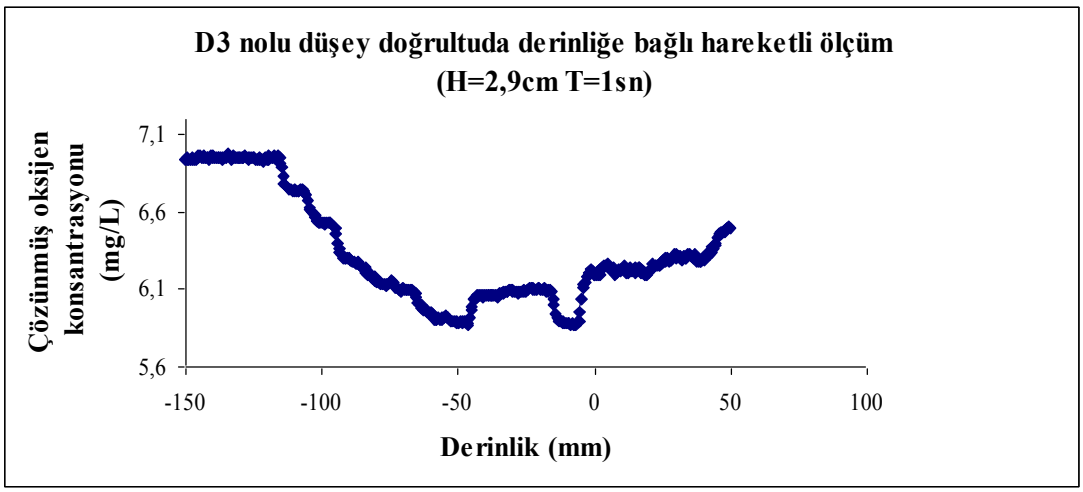
Şekil 5.61 : H=9,7cm ve T=0,8sn dalga özelliklerinde D6 nolu düşey doğrultuda derinliğe bağlı hareketli ölçümde oksijen konsantrasyon değerleri.

H=9,7cm ve T=0,8sn dalga özelliklerinde D6 düşey doğrultusundaki hareketli ölçümde -30mm seviyesinde profilde oyulma bitmektedir ve sakin su seviyesi üstünde dalga etkisinde olan 20mm'lik kısımda konsantrasyon değeri geniş salınım göstermekle birlikte artış göstermemiştir (Şekil5.61 ve Şekil5.62).



Şekil 5.62 : D6 nolu düşey doğrultuda derinliğe bağlı hareketli ölçüm (H=9,7cm ve T=0,8sn).

H=2,9cm ve T=1sn dalga özelliklerinde D3 doğrultusundaki hareketli ölçümde oyulma ve birikmenin arasında şevin sabit kaldığı doğrultuda ölçüm alınmaktadır (Şekil5.63).



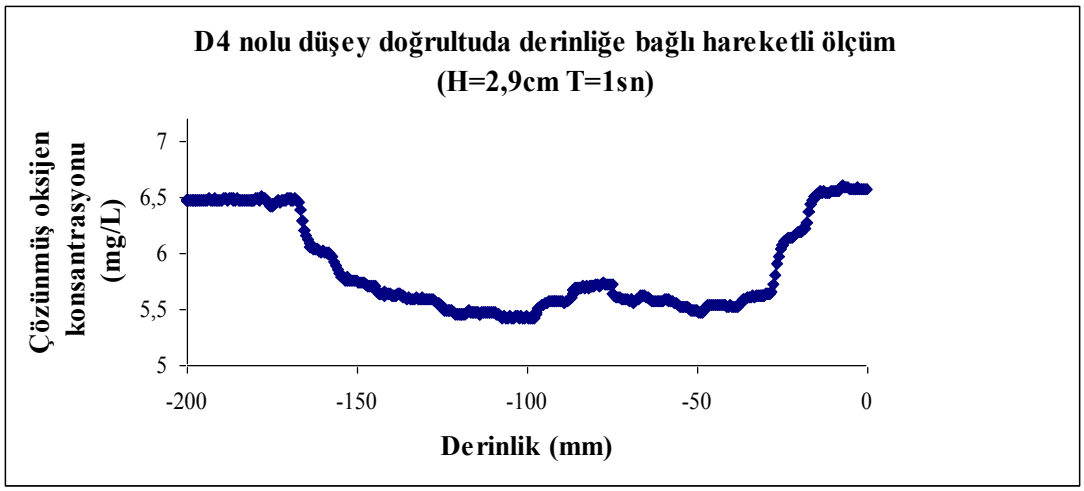
Şekil 5.63 : H=2,9cm ve T=1sn dalga özelliklerinde D3 nolu düşey doğrultuda derinliğe bağlı hareketli ölçümde oksijen konsantrasyon değerleri.

D3'teki çözünmüş oksijenin en düşük değeri 5,86mg/L, çözünmüş oksijen son değeri 6,49mg/L (Şekil5.63 ve Şekil5.64), D4'teki çözünmüş oksijenin en düşük değeri 5,43mg/L, çözünmüş oksijen son değeri 6,57mg/L (Şekil5.65), D6'daki çözünmüş

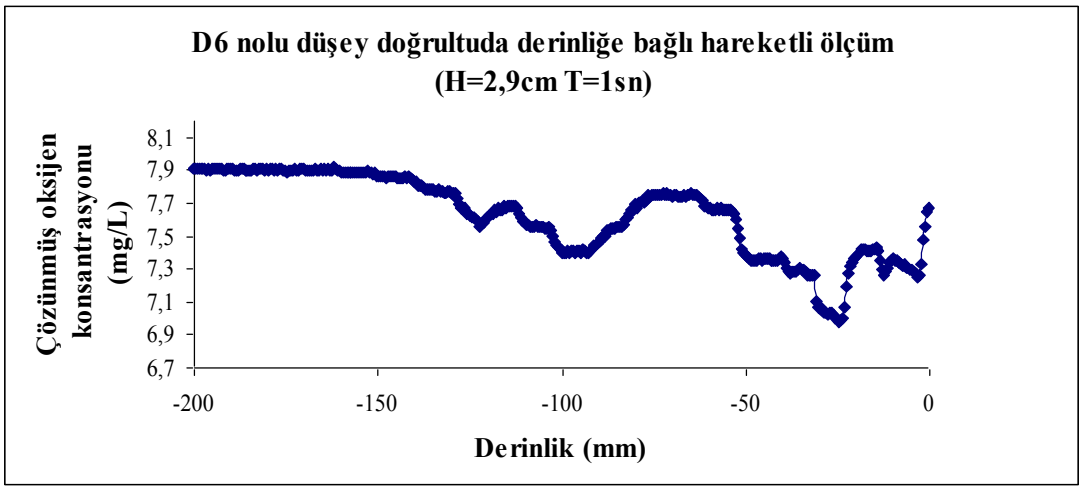
oksijenin en düşük değeri 7mg/L, çözünmüş oksijen son değeri 7,67mg/L (Şekil5.66) olarak gözlenmiştir. 2,9cm dalga yüksekliği ve 1sn dalga periyotu ile şevde 39cm bar tepe noktası ve kıyı çizgisi arası mesafeye sahiptir (Çizelge5.8). Bundan dolayı D4'te dalga kırılması gerçekleşmiştir. D4'teki çözünmüş oksijen başlangıç ve son değerleri arasındaki fark olan 1,14mg/L, D3'teki 0,63mg/L ve D6'daki 0,67mg/L fark değerlerinden daha fazladır.



Şekil 5.64 : H=2,9cm ve T=1sn dalga özelliklerinde D3 nolu düşey doğrultuda derinliğe bağlı hareketli ölçüm.

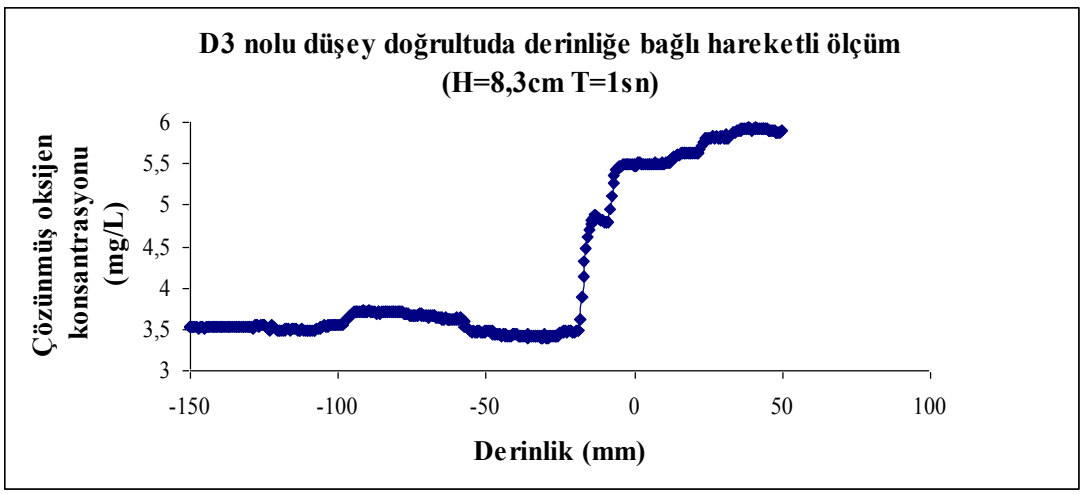


Şekil 5.65 : H=2,9cm ve T=1sn dalga özelliklerinde D4 nolu düşey doğrultuda derinliğe bağlı hareketli ölçümde oksijen konsantrasyon değerleri.



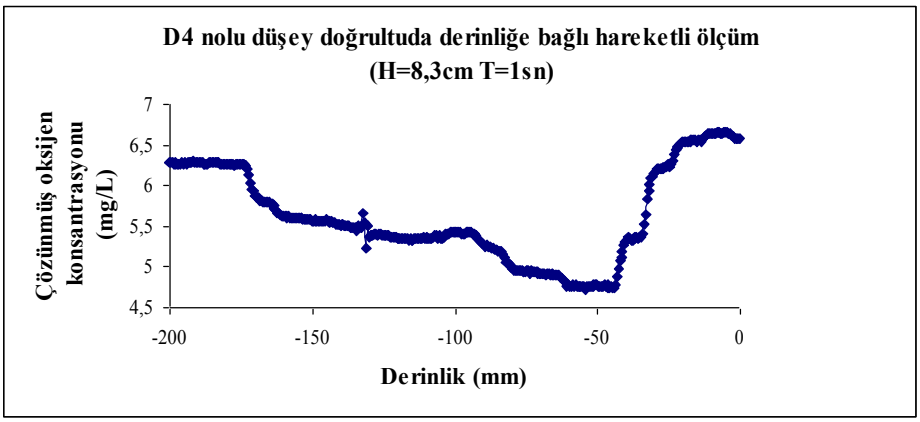
Şekil 5.66 : H=2,9cm ve T=1sn dalga özelliklerinde D6 nolu düşey doğrultuda derinliğe bağlı hareketli ölçümde oksijen konsantrasyon değerleri.

H=8,3cm ve T=1sn dalga özelliklerinde D3'teki çözünmüş oksijenin en düşük değeri 3,51mg/L, çözünmüş oksijen son değeri 5,88mg/L'dir (Şekil5.67).



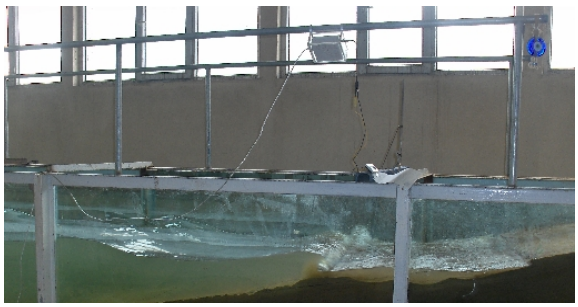
Şekil 5.67 : H=8,3cm ve T=1sn dalga özelliklerinde D3 nolu düşey doğrultuda derinliğe bağlı hareketli ölçümde oksijen konsantrasyon değerleri.

D4'teki çözünmüş oksijenin en düşük değeri 4,77mg/L, çözünmüş oksijen son değeri 6,58mg/L (Şekil5.68 ve Şekil5.69), D6'daki çözünmüş oksijenin en düşük değeri 6,57mg/L, çözünmüş oksijen son değeri 7,33mg/L (Şekil5.70) olarak gözlenmiştir.

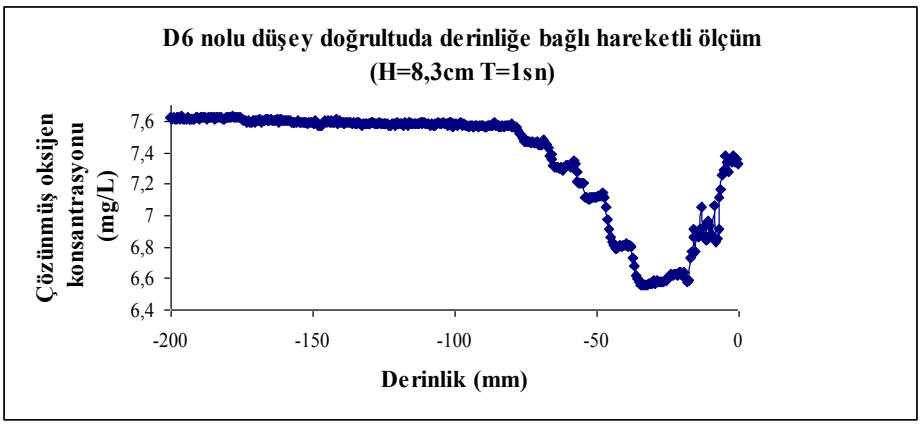


Şekil 5.68 : H=8,3cm ve T=1sn dalga özelliklerinde D4 nolu düşey doğrultuda derinliğe bağlı hareketli ölçümde oksijen konsantrasyon değerleri.

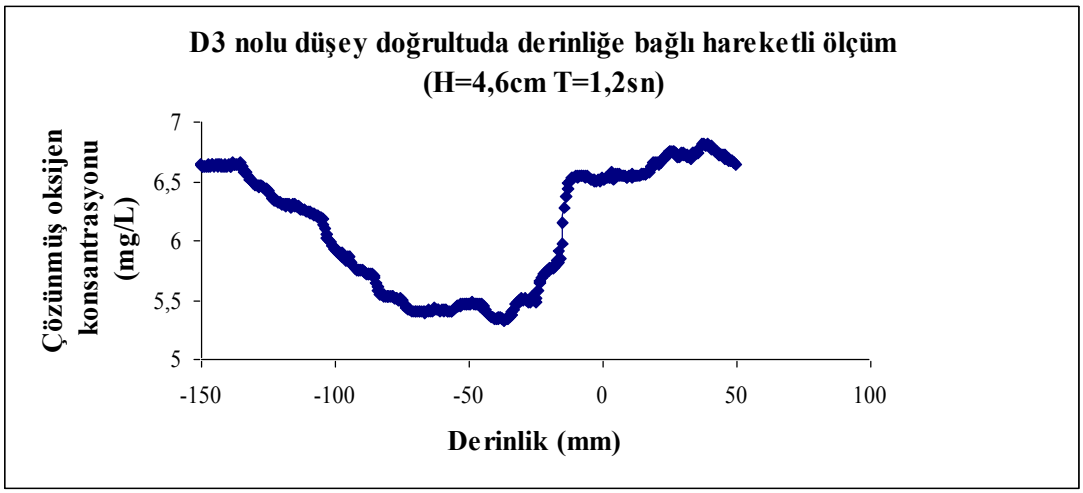
8,3cm dalga yüksekliği ve 1sn dalga periyotu ile 51cm bar tepe noktası ve kıyı çizgisi arası mesafeye sahiptir (Çizelge5.8). Bundan dolayı D3'te dalga kırılması gerçekleşmiştir. D3'teki çözünmüş oksijenin en düşük değeri ve son değeri arasındaki fark olan 2,37mg/L, D4'teki 1,81mg/L ve D6'daki 0,76mg/L değerlerinden daha fazladır.



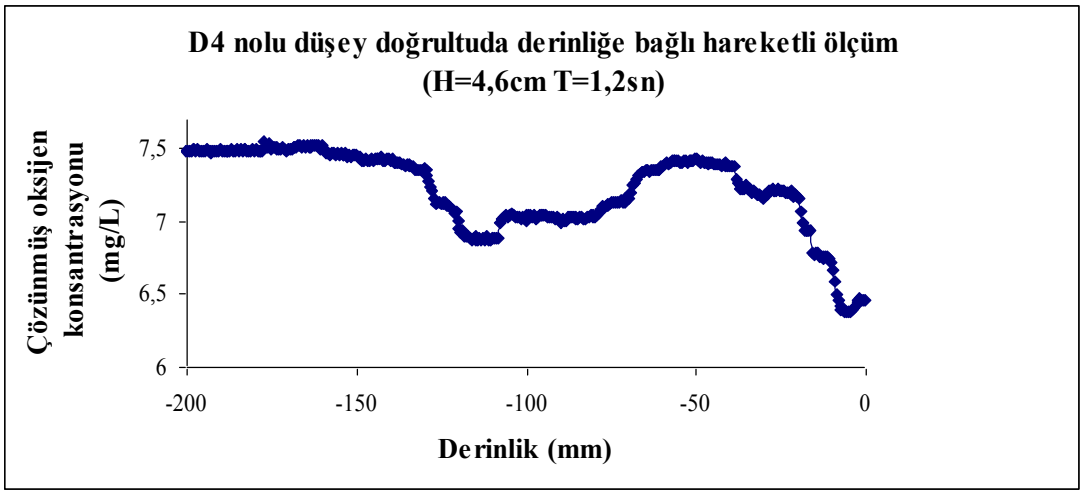
Şekil 5.69 : H=8,3cm ve T=1sn dalga özelliklerinde D4 nolu düşey doğrultuda derinliğe bağlı hareketli ölçüm.



Şekil 5.70 : H=8,3cm ve T=1sn dalga özelliklerinde D6 nolu düşey doğrultuda derinliğe bağlı hareketli ölçümde oksijen konsantrasyon değerleri.



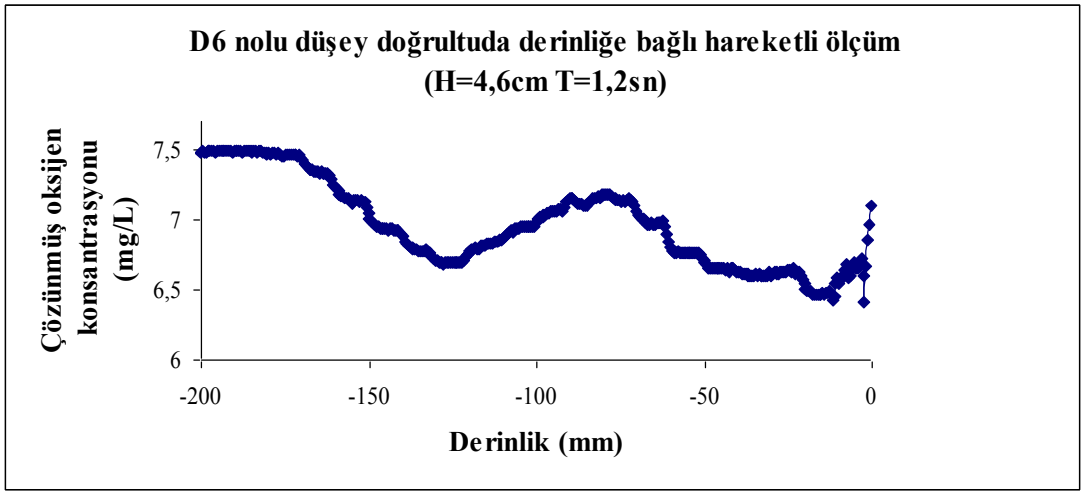
Şekil 5.71 : H=4,6cm ve T=1,2sn dalga özelliklerinde D3 nolu düşey doğrultuda derinliğe bağlı hareketli ölçümde oksijen konsantrasyon değerleri.



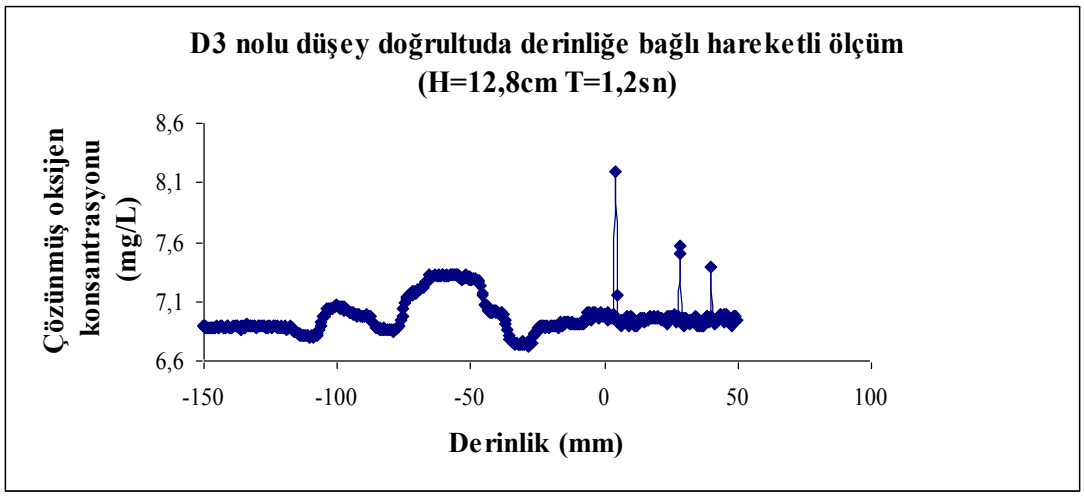
Şekil 5.72 : H=4,6cm ve T=1,2sn dalga özelliklerinde D4 nolu düşey doğrultuda derinliğe bağlı hareketli ölçümde oksijen konsantrasyon değerleri.

H=4,6cm ve T=1,2sn dalga özelliklerinde D3'teki çözünmüş oksijenin en düşük değeri 5,33mg/L, çözünmüş oksijen son değeri 6,8mg/L (Şekil5.71), D4'teki çözünmüş oksijenin en düşük değeri 6,44mg/L, çözünmüş oksijen son değeri 6,45mg/L (Şekil5.72), D6'daki çözünmüş oksijenin en düşük değeri 6,48mg/L, çözünmüş oksijen son değeri 7,09mg/L (Şekil5.73) olarak gözlenmiştir. 4,6cm dalga yüksekliği ve 1,2sn dalga periyotu ile şevde 8cm bar tepe noktası ve kıyı çizgisi arası mesafeye sahiptir (Çizelge5.8). Bundan dolayı D5'e yakın dalga kırılması gerçekleşmiştir. D6 hem dalga kırılmasına yakın hem de dalga tırmanmasının etkisinde olmasından dolayı çözünmüş oksijenin en düşük ve son değerleri arasındaki fark olan 0,61mg/L ile D4'teki 0,01mg/L değerinden fazladır, D3'te ise 1,47mg/L gözlenmesi hem suyun içinde sediment arasına göre hızlı artış olması hem

de katı madde hareketliliğinin çok düşük olduğu dalga özelliğinden kaynaklanmaktadır.



Şekil 5.73 : H=4,6cm ve T=1,2sn dalga özelliklerinde D6 nolu düşey doğrultuda derinliğe bağlı hareketli ölçümde oksijen konsantrasyon değerleri.

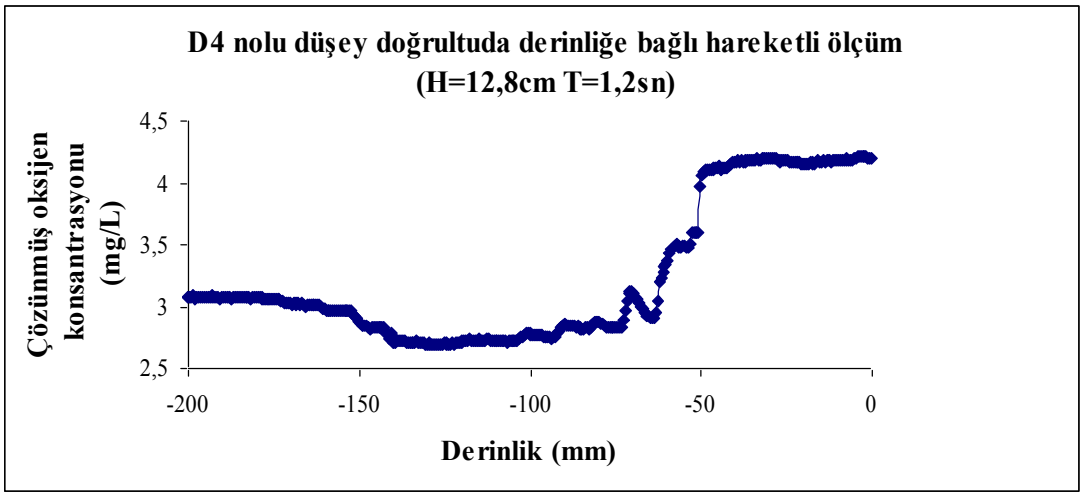


Şekil 5.74 : H=12,8cm ve T=1,2sn dalga özelliklerinde D3 nolu düşey doğrultuda derinliğe bağlı hareketli ölçümde oksijen konsantrasyon değerleri.

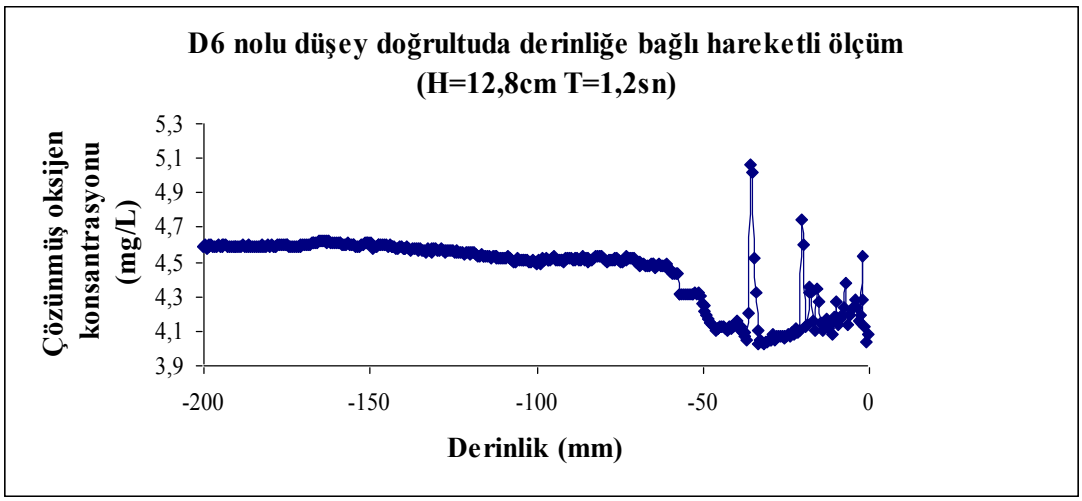
H=12,8cm ve T=1,2sn dalga özelliklerinde D3 düşey doğrultusundaki ölçümde prob oluşan tepenin altında kaldığından oksijen konsantrasyonundaki artış zamanla durmuş ve azalma başlamıştır, tepenin açık denize doğru kayması sırasında ise oksijen değişimi gözlenmemiştir (Şekil5.74).

H=12,8cm ve T=1,2sn dalga özelliklerinde D3'teki çözünmüş oksijenin en düşük değeri 6,87mg/L, çözünmüş oksijen son değeri 6,97mg/L (Şekil5.74), D4'teki çözünmüş oksijenin en düşük değeri 3,06mg/L, çözünmüş oksijen son değeri 4,19mg/L (Şekil5.75), D6'daki çözünmüş oksijenin en düşük değeri 4,53mg/L,

çözünmüş oksijen son değeri 4,53mg/L (Şekil5.76) olarak gözlenmiştir. 12,8cm dalga yüksekliği ve 1,2sn dalga periyotu ile şevde 30cm bar tepe noktası ve kıyı çizgisi arası mesafeye sahiptir (Çizelge5.8). Bundan dolayı D4'e yakın dalga kırılması gerçekleşmiştir. D4'teki çözünmüş oksijenin en düşük ve son değerleri arasındaki fark olan 1,13mg/L, D3'teki 0,1mg/L ve D6'daki 0mg/L değerlerinden daha fazladır.



Şekil 5.75 : H=12,8cm ve T=1,2sn dalga özelliklerinde D4 nolu düşey doğrultuda derinliğe bağlı hareketli ölçümde oksijen konsantrasyon değerleri.



Şekil 5.76 : H=12,8cm ve T=1,2sn dalga özelliklerinde D6 nolu düşey doğrultuda derinliğe bağlı hareketli ölçümde oksijen konsantrasyon değerleri.

Katı maddenin dalga hareketi sonrası oyulma hacmi ve birikme hacmi farkı cm^2 olarak negatif bulunmasının sebebi katı maddenin açık denize taşınması ile katı madde birikimi değerinin oyulmayı göstermesidir. Diğer sütundaki toplam katı

madde hareketi ise hareket halindeki tüm hacmi göstermektedir (Çizelge5.8). Bar tepe noktası ile kıyı çizgisi arası mesafe dalga kırılma bilgisini vermektedir.

13,1cm dalga yüksekliği ve 1,2sn dalga periyotuna sahip 13 nolu dalganın bar tepe noktası ve kıyı çizgisi arası mesafesi 88cm olduğundan D2 düşey doğrultusunda kırılma olmaktadır ve D3 ve D4 düşey doğrultularında oksijen artışının fazla olduğu birbirine yakın değerler gözlenmektedir (Çizelge5.8 ve Şekil5.55). Toplam katı madde birikimi ve hareketinin en fazla olduğu dalgadır.

Çizelge5.8'de görülmekte olan, dalga periyotu 1sn olan 120, 122 ve 22 nolu dalgaların dalga yükseklikleri sırasıyla 2,9cm, 8,3cm ve 11cm olduğundan 39cm, 51cm ve 55cm bar tepe noktası ve kıyı çizgisi arası mesafe sıralamasıyla dalga kırılması açık denize doğru yer değiştirmektedir. Dalga periyotu 0,8sn olan 100 ve 31 nolu dalgaların dalga yükseklikleri sırasıyla 9,7cm ve 10,1cm olduğundan 44cm ve 45cm bar tepe noktası ve kıyı çizgisi arası mesafe sıralamasıyla dalga kırılması açık denize doğru yer değiştirmektedir. Dalga periyotu 1,2sn olan 110, 23 ve 13 nolu dalgaların dalga yükseklikleri sırasıyla 4,6cm, 12,8cm ve 13,1cm olduğundan 8cm, 30cm ve 88cm bar tepe noktası ve kıyı çizgisi arası mesafe sıralamasıyla dalga kırılması açık denize doğru yer değiştirmektedir.

Çizelge 5.8 : Deneylerdeki dalga özelliklerine bağlı toplam katı madde hareketi.

Dalga no	Toplam katı madde birikimi (cm^2)	Toplam katı madde hareketi (cm^2)	Bar tepe noktası ve kıyı çizgisi arası mesafe (cm)
120	-262	690	39,23
122	-192	744	50,58
22	-153	809	54,85
100	-210,5	468,5	44,08
110	-56	94	8,36
23	-98,5	136,5	29,89
13	-228,5	1271,5	87,63
31	-248	444	44,66

5.4.1 Boyut Analizi

Çözünmüş oksijenin düşey doğrultulardaki değişimi ile ilgili formül çıkarılması için boyutsuz büyüklükler elde edilmektedir. Katı tanenin birim hacminin ağırlığına tane özgül ağırlığı denir ve γ_s ile gösterilmektedir. Suyun özgül ağırlığı γ olmak üzere,

γ_s / γ oranı s olarak gösterilir.

$$s = \frac{\gamma_s}{\gamma} \qquad \textbf{(5.2)}$$

Bu büyüklüğe özgül gravite denir ve s ile gösterilmektedir (Bayazıt ve diğ., 1983).

Newton hareket kanununa göre temel büyüklükler uzunluk (L) , zaman (T) ve kütle (M) seçilir. Pi teoremi: n=11 adet boyutlu A_i büyüklüğü arasındaki

$$f(A_1, A_2, \ldots, A_n)=0 \qquad \textbf{(5.3)}$$

şeklinde bir bağıntı daima m=n-r adet boyutsuz Π_i büyüklüğü arasındaki

$$f(\Pi_1, \Pi_2, ..., \Pi_m)=0 \qquad \textbf{(5.4)}$$

şeklinde bir bağıntı haline dönüştürülebilir. Burada r, A_i büyüklüklerinde görünen temel boyutların sayısıdır ($r \leq 3$). Boyut analizi SI birim sistemine göre yapılmaktadır. f(L, γ_s , DO_{son}, h, H, d_{50}, γ_w ,υ , $DO_{baş}$, x, y) ve r=3 , A_1=L{L} dalga boyu, $A_2=\gamma_s$ {$M.L^{-2}.T^{-2}$} tane özgül ağırlığı ve A_3= DO_{son}{M/L^3} çözünmüş oksijen son değeri alınır. Diğerleri A_4= h {L} su derinliği ve A_5=H{L} dalga yüksekliği, A_6= d_{50}{L} tanelerin ağırlıkça %50'sinden fazlasının geçtiği elek çapı, $A_7=\gamma_w$ {$M.L^{-2}.T^{-2}$} su özgül ağırlığı ve $A_8=\upsilon$ {$L^2.T^{-1}$} kinematik viskozite, A_9= $DO_{baş}$ {M/L^3} çözünmüş oksijen başlangıç değeri, A_{10}=x{L} çözünmüş oksijen ölçülen düşey doğrultunun yatay mesafesi, A_{11}=y{L} çözünmüş oksijen ölçülen su yüzeyinden düşey mesafedir.

$$\Pi_1 = A_1^{x_1}.A_2^{y_1}.A_3^{z_1}A_4$$

$$L^0T^0M^0 = (L)^{x_1}.(M.L^{-2}.T^{-2})^{y_1}.(M/L^3)^{z_1}.(L)$$

$$0 = x_1 - 2y_1 - 3z_1 + 1$$

$$0 = -2y_1 \Rightarrow y_1 = 0$$

$$0 = y_1 + z_1 \Rightarrow z_1 = 0 \text{ ve } x_1 = -1$$

$$\Pi_1 = L^{-1}.h = \frac{h}{L}$$

$$\Pi_2 = A_1^{x_2}.A_2^{y_2}.A_3^{z_2}A_5$$

$$L^0T^0M^0 = (L)^{x_2}.(M.L^{-2}.T^{-2})^{y_2}.(M/L.^3)^{z_2}.(L)$$

$$\Pi_2 = L^{-1}.H = \frac{H}{L}$$

$$\Pi_3 = L^{-1}.(\gamma_s)^0(DO_{son})^0.d_{50} = \frac{d_{50}}{L}$$

$$\Pi_4 = L^0.(\gamma_s)^{-1}(DO_{son})^0.\gamma_w = \frac{\gamma_w}{\gamma_s}$$

$$\Pi_5 = L^{-3/2}.(\gamma_s)^{-1/2}(DO_{son})^{1/2}.\upsilon$$

$$\Pi_6 = (DO_{son})^{-1}.DO_{baş} = DO_{baş}/DO_{son}$$

$$\Pi_7 = L^{-1}.(\gamma_s)^0(DO_{son})^0.x = \frac{x}{L}$$

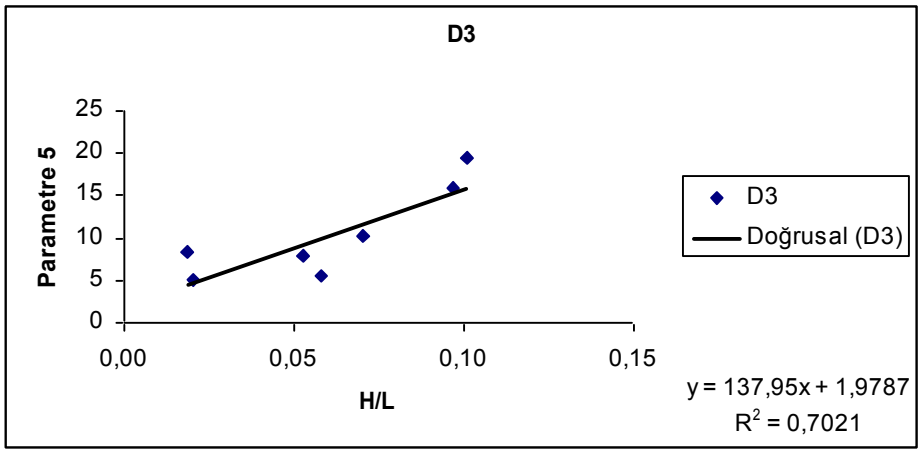
$$\Pi_8 = L^{-1}.(\gamma_s)^0(DO_{son})^0.y = \frac{y}{L}$$

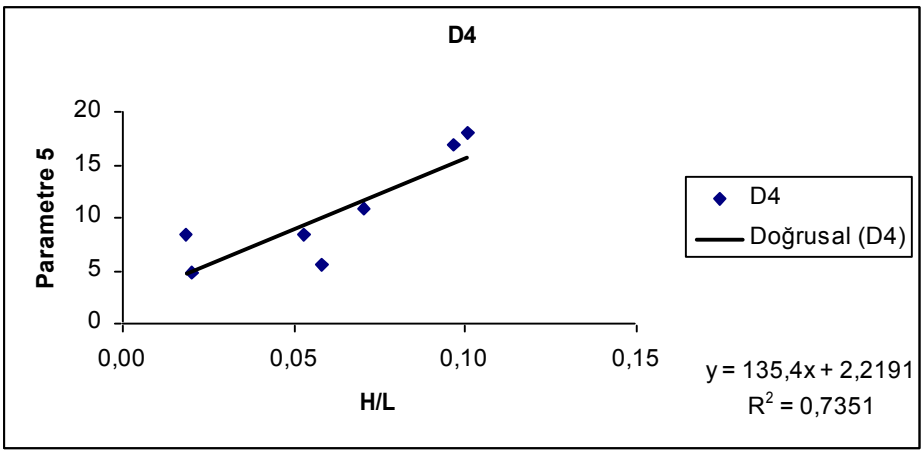
Hesaplamalarda kinematik viskozite 10^{-6} m^2/s, suyun özgül ağırlığı 9810N/m^3, tane özgül ağırlığı 25000N/m^3 olarak alınmaktadır. Parametre 5 formülü kıyaslamada kolaylık açısından 10^9 ile çarpılarak şekli çizilmektedir (Şekil5.77). Parametre 2 ve parametre 5 değişiminin görüldüğü Şekil5.77'de dalga yüksekliğinin dalga boyuna oranı ve çözünmüş oksijen son değeri her bir düşey doğrultuda doğru orantılıdır. Bu gözlemden dalga dikliğine bağlı olarak oksijen konsantrasyonun son değerinin değiştiği anlaşılmaktadır.

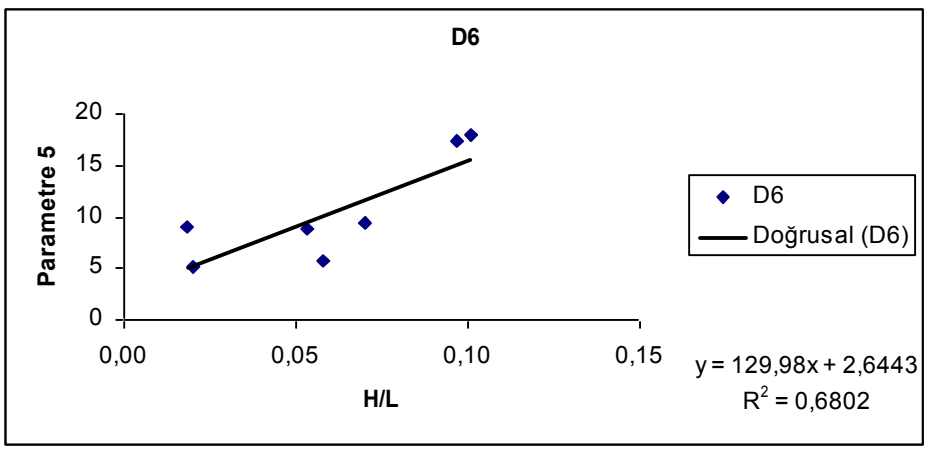
Şekil5.77'den sırasıyla D3, D4 ve D6 düşey doğrultuları için (5,5), (5,6) ve (5,7):

$L^{-3/2}.(\gamma_s)^{-1/2}(DO_{son})^{1/2}.\upsilon = 137{,}95(H/L) + 1{,}9787$	**(5.5)**
$L^{-3/2}.(\gamma_s)^{-1/2}(DO_{son})^{1/2}.\upsilon = 135{,}4(H/L) + 2{,}2191$	**(5.6)**
$L^{-3/2}.(\gamma_s)^{-1/2}(DO_{son})^{1/2}.\upsilon = 129{,}98(H/L) + 2{,}6443$	**(5.7)**

formülleri elde edilmektedir.







Şekil 5.77 : Parametre 2 ve Parametre 5 değişim oranları.

6. SONUÇLAR

Kumsal ekosistemindeki organizma toplulukları ve bu canlıların fiziksel çevreleriyle etkileşimleri incelendiğinde, dalgaların canlıların yaşamındaki en önemli etken olduğu görülmektedir.

Dalgaların kumsal ekosistemine etkileri; deniz suyu kalitesinde, canlıların besin bulmasında ve yaşam ortamında olmaktadır.

Kumsaldaki canlıların büyüklüklerine, birbirlerine etkilerine, çevresel etkilere toleranslarına göre sınıflandırılmaları yapılmaktadır.

Sahil bölgesi canlıları hidrodinamik etkiye uyum sağlamak zorundadırlar; bunun için, su kaybı direnci, ısı dengesinin korunması, tuzluluk ayarlanması, solunum, beslenme ve üreme davranışlarını çevreye adapte ederler.

Kumsalın hem yatayda; kuru, ıslak ve suya doygun bölgelerindeki hem de dikeyde; su yüzeyinden kumun altına doğru, canlıların ihtiyaç duydukları oksijenin dağılımı incelenmektedir. Çözünmüş oksijen ölçümü için deneyler yapılmıştır.

24m uzunluğunda, 1m genişliğinde ve 1m yüksekliğinde olan dalga kanalında, 0,3mm ortalama tane çapında, 1/5 şevde kumsal modeli, sakin su seviyesi 60cm olarak deneyler yapılmaktadır. Kumsalda; kıyı çizgisinden açık denize doğru 4, karaya doğru 2 ve kıyı çizgisi üzerinde 1 olmak üzere toplam 7 düşey doğrultu belirlenmiştir. Bu doğrultulardaki sudaki ve sediment arası boşluk suyundaki çözünmüş oksijen ölçülmektedir. Çözünmüş oksijenin derinlik boyunca dalgadan etkilenmesi incelenmiştir.

İlk olarak çözünmüş oksijenin dalgadan etkilenmediği derinlikler belirlenmiştir. Bunun için çözünmüş oksijen başlangıç ve son konsantrasyonlarının aynı kaldığı derinliğe kadar deneylere devam edilmiştir. Prob hareket ettirilmeden belirlenen noktalarda deneyler gerçekleştirilmiştir. Kıyı çizgisinden açık denize doğru 1m uzaklıktaki D1 nolu düşey doğrultuda kumsalın 10cm altında, kıyı çizgisinden açık denize doğru 0,75m uzaklıktaki D2 nolu düşey doğrultuda kumsalın 10cm altında, kıyı çizgisinden açık denize doğru 0,5m uzaklıktaki D3 nolu düşey doğrultuda

kumsalın 15cm altında, kıyı çizgisinden açık denize doğru 0,25m uzaklıktaki D4 nolu düşey doğrultuda kumsalın 20cm altında, kıyı çizgisindeki D5 nolu düşey doğrultuda kumsalın 15cm altında, kıyı çizgisinden karaya doğru 0,25m uzaklıktaki D6 nolu düşey doğrultuda kumsalın 20cm altında çözünmüş oksijen değerleri dalga etkisiyle değişmemektedir. Ayrıca kıyı çizgisinden karaya doğru 0,5m uzaklıktaki D7 nolu düşey doğrultu çözünmüş oksijen değerlerinden anlaşıldığı üzere dalganın etkisinin olmadığı doğrultudur.

0,05s aralıkla dalga yüksekliği verisi toplanarak dalga yüksekliği 10,9cm ve ortalama dalga periyotu 0,94 s özelliklerindeki 22 nolu düzenli dalga serisi ile sabit konumda yapılan deneylerde çözünmüş oksijen başlangıç ve bitişindeki konsantrasyonlar belirlenmiştir.

Sabit konumda H=11cm T=1sn dalga özelliklerinde yapılan deneylerde; derindeki ölçümlerden su yüzeyindeki ölçümlere doğru çözünmüş oksijen konsantrasyonunun çoğunlukla arttığı görülmektedir. Dalganın etkisi ulaşan düşey doğrultulardan su içindekilerin tümünde bu artış gerçekleşmektedir.

H=11cm T=1sn dalga özelliklerinde hareketli ölçüm yapılan deneylerde; kumsal profili oluştuktan sonra dalganın etkisinin ulaştığı derinlikten su yüzeyine doğru ölçüm alınmaktadır. Örneğin D2 düşey doğrultusunda, kıyı çizgisinden 0,75m açık deniz tarafına ve şevin 10cm altına prob limnimetre ile 2 saat boyunca hareketsiz bekletildikten sonra 20 dakika boyunca dalga etkisine maruz bırakılmakta ve oluşan kumsal profilinde hareketli ölçüme başlanmaktadır. Hareketli ölçüm: limnimetre yardımıyla her 20sn'de 1cm yukarı doğru prob çekilerek D2 nolu düşey doğrultu için 15 kez yukarı doğru hareket ettirilmesi ile 300sn süresince 1sn'de 1 veri kaydedilmesi ile gerçekleştirilmektedir. Toplam 300 veri, 150mm derinlik için kaydedilmiş bulunmaktadır. Şevin 100mm altından, 50mm üstüne kadar olan bu veriler D2 düşey doğrultusu için hareketli ölçüm sonuçlarıdır.

D1 düşey doğrultusu hareketli ölçümünde S15 seviyesindeki 9,2mg/L, S10 seviyesindeki 9,1mg/L, S5 seviyesindeki 8,75mg/L, K0 seviyesindeki 10,03mg/L, K5 seviyesindeki 10,03mg/L, K10 seviyesindeki 9,8mg/L değerleriyle, sabit ölçümlerdeki D1S15'te 10,2mg/L, D1S10'da 9,6mg/L, D1S5'te 8,86mg/L, D1K0'da 9,84mg/L, D1K5'te 9,75mg/L, D1K10'da 5mg/L çözünmüş oksijen başlangıç değerleri mümkün olduğunca yakın değerlerdir.

Hareketli ölçümdeki seviye yukarı doğru değiştikçe olan artış ve azalışlarla sabit ölçümlerdeki çözünmüş oksijen son değerleri birbiriyle tutarlıdır. Örneğin sabit ölçümde çözünmüş oksijen son değerleri D1K10'dan D1K5'e 5mg/L'den 10,4mg/L'ye artmakta, D1K5'ten D1K0'a 10,4mg/L'de aynı kalmakta, D1K0'dan D1S5'e 10,4mg/L'den 9,8mg/L'ye azalmakta, D1S5'ten D1S10'a 9,8mg/L'den 10,2mg/L'ye artmakta ve D1S10'dan D1S15'e 10,2mg/L'den 10,5mg/L'ye artmaktayken hareketli ölçümde D1K10'dan D1K5'e 9,8mg/L'den 10,03mg/L'ye artmakta, D1K5'ten D1K0'a 10,03mg/L'de aynı kalmakta, D1K0'dan D1S5'e 10,03mg/L'den 8,75mg/L'ye azalmakta, D1S5'ten D1S10'a 8,75mg/L'den 9,1mg/L'ye artmakta ve D1S10'dan D1S15'e 9,1mg/L'den 9,2mg/L'ye artmaktadır.

D2 düşey doğrultusu hareketli ölçümünde S10 seviyesindeki 8,04mg/L, S5 seviyesindeki 7,18mg/L, K0 seviyesindeki 6,22mg/L, K5 seviyesindeki 7,2mg/L, K10 seviyesindeki 8,07mg/L değerleriyle, sabit ölçümlerdeki D2S10'da 10,2mg/L, D2S5'te 9,2mg/L, D2K0'da 9,4mg/L, D2K5'te 10,2mg/L, D2K10'da 5mg/L, çözünmüş oksijen başlangıç değerleri ve D2S10'da 11mg/L, D2S5'te 10,8mg/L, D2K0'da 10,4mg/L, D2K5'te 9,6mg/L, D2K10'da 5mg/L, çözünmüş oksijen son değerleri D2K10 ve D2K0'daki kıyaslama dışında tutarlı artış ve azalışlar göstermektedir. D2 düşey doğrultusu hareketli ölçümündeki ve 1. grup ölçümlerdeki çözünmüş oksijen son konsantrasyonları D2K0'dan D2S5'e artmakta ve D2S5'ten D2S10'a artmaktadır.

D3 düşey doğrultusu hareketli ölçümünde S5 seviyesindeki 9,83mg/L, K0 seviyesindeki 9,82mg/L, K5 seviyesindeki 9,78mg/L, K10 seviyesindeki 9,65mg/L, K15 seviyesindeki 9,68mg/L değerleriyle, sabit ölçümlerdeki D3S5'te 10,4mg/L, D3K0'da 10,2mg/L, D3K5'te 8,4mg/L, D3K10'da 8mg/L, D3K15'te 5mg/L çözünmüş oksijen başlangıç değerleri ve D3S5'te 11,41mg/L, D3K0'da 10,6mg/L, D3K5'te 9,2mg/L, D3K10'da 8,2mg/L, D3K15'te 5mg/L çözünmüş oksijen son değerleri tamanen tutarlı artış ve azalışlar göstermektedir. D3 düşey doğrultusu hareketli ölçümündeki ve 1. grup ölçümlerdeki çözünmüş oksijen son konsantrasyonları D3K15'ten D3K10'a azalmakta, D3K10'dan D3K5'e artmakta, D3K5'ten D3K0'a artmakta, D3K0'dan D3S5'e artmakta ve D3S5'ten D3S10'a artmaktadır.

D4 düşey doğrultusu hareketli ölçümünde K0 seviyesindeki 11mg/L, K5 seviyesindeki 10,51mg/L, K10 seviyesindeki 10,53mg/L, K15 seviyesindeki

10,53mg/L, K20 seviyesindeki 10,38mg/L değerleriyle, sabit ölçümlerdeki D4K0'da 9,22mg/L, D4K5'te 8,8mg/L, D4K10'da 8,9mg/L, D4K15'te 9,2mg/L, D4K20'de 4,4mg/L çözünmüş oksijen başlangıç değerleri ve D4K0'da 9,79mg/L, D4K5'te 9,3mg/L, D4K10'da 9,1mg/L, D4K15'te 9,5mg/L, D4K20'de 4,4mg/L çözünmüş oksijen son değerleri D4K5'deki kıyaslama dışında tutarlı artış ve azalışlar göstermektedir.

D4 düşey doğrultusu hareketli ölçümündeki ve 1. grup ölçümlerdeki çözünmüş oksijen son konsantrasyonları D4K20'den D4K15'e artmakta, D4K15'ten D4K10'a azalmakta ve D4K5'ten D4K0'a artmaktadır.

D5 düşey doğrultusu hareketli ölçümünde K0 seviyesindeki 9,81mg/L, K5 seviyesindeki 7,51mg/L, K10 seviyesindeki 8,06mg/L, K15 seviyesindeki 8,06mg/L, değerleriyle, sabit ölçümlerdeki D5K0'da 10,51mg/L, D5K5'te 9,8mg/L, D5K10'da 10,07mg/L, D5K15'te 4,8mg/L, çözünmüş oksijen başlangıç değerleri ve D5K0'da 10,63mg/L, D5K5'te 10mg/L, D5K10'da 10,45mg/L, D5K15'te 4,8mg/L, çözünmüş oksijen son değerleri D5K10'daki kıyaslama dışında tutarlı artış ve azalışlar göstermektedir. D5 düşey doğrultusu hareketli ölçümündeki ve 1. grup ölçümlerdeki çözünmüş oksijen son konsantrasyonları D5K10'dan D5K5'e azalmakta ve D5K5'ten D5K0'a artmasındadır.

D6 düşey doğrultusu hareketli ölçümünde K5 seviyesindeki 8,07mg/L, K10 seviyesindeki 8,01mg/L, K15 seviyesindeki 8,77mg/L, K20 seviyesindeki 8,8mg/L değerleriyle, sabit ölçümlerdeki D6K5'te 10,18mg/L, D6K10'da 10,18mg/L, D6K15'te 10,1mg/L, D6K20'de 5,2mg/L çözünmüş oksijen başlangıç değerleri ve D6K5'te 10,18mg/L, D6K10'da 10,23mg/L, D6K15'te 10,24mg/L, D6K20'de 5,2mg/L çözünmüş oksijen son değerleri D6K5'deki kıyaslama dışında tutarlı artış ve azalışlar göstermektedir. D6 düşey doğrultusu hareketli ölçümündeki ve 1. grup ölçümlerdeki çözünmüş oksijen son konsantrasyonları D6K20'den D6K15'e azalmakta D6K15'ten D6K10'a azalmaktadır.

D7 düşey doğrultusu hareketli ölçümünde K15 seviyesindeki 9,8mg/L, K20 seviyesindeki 9,77mg/L değerleriyle, sabit ölçümlerdeki D7K15'te 5,33mg/L, D7K20'de 5,22mg/L çözünmüş oksijen başlangıç değerleri ve D7K15'te 5,33mg/L, D7K20'de 5,22mg/L çözünmüş oksijen son değerleri tutarlı artışı göstermektedir. D7

düşey doğrultusu hareketli ölçümündeki ve 1. grup ölçümlerdeki çözünmüş oksijen son konsantrasyonları D7K20'den D7K15'e artmaktadır.

D5K20 konumu sabit ölçümü, dalgadan etkilenmeyen D5K15 nolu konumun teyidi amacıyla yapıldığından dolayı, D5 nolu hareketli ölçümde K15 seviyesinden ölçüme başlanmaktadır.

H=11cm T=1sn dalga özelliklerinde çözünmüş oksijen kazanımının en fazla olduğu D3 düşey doğrultusu, dalga kırılmasından etkilenmektedir.

Dalga kırılması ve tırmanmadan dolayı D3, D4 ve D6 düşey doğrultuları ölçümler için seçilerek, farklı dalga özelliklerinde hareketli çözünmüş oksijen konsantrasyonu ölçümleri yapılmaktadır.

Dalga periyotu 1sn olan 120, 122 ve 22 nolu dalgaların dalga yükseklikleri sırasıyla 2,9cm, 8,3cm ve 11cm olduğundan; 39cm, 51cm ve 55cm bar tepe noktası ve kıyı çizgisi arası mesafe sıralamasıyla dalga kırılması açık denize doğru yer değiştirmektedir. Dalga periyotu 0,8sn olan 100 ve 31 nolu dalgaların dalga yükseklikleri sırasıyla 9,7cm ve 10,1cm olduğundan; 44cm ve 45cm bar tepe noktası ve kıyı çizgisi arası mesafe sıralamasıyla dalga kırılması açık denize doğru yer değiştirmektedir. Dalga periyotu 1,2sn olan 110, 23 ve 13 nolu dalgaların dalga yükseklikleri sırasıyla 4,6cm, 12,8cm ve 13,1cm olduğundan; 8cm, 30cm ve 88cm bar tepe noktası ve kıyı çizgisi arası mesafe sıralamasıyla dalga kırılması açık denize doğru yer değiştirmektedir.

13,1cm dalga yüksekliği ve 1,2sn dalga periyotuna sahip 13 nolu dalganın bar tepe noktası ve kıyı çizgisi arası mesafesi 88cm olduğundan D2 düşey doğrultusunda kırılma olmaktadır ve D3 ve D4 düşey doğrultularında oksijen artışının fazla olduğu birbirine yakın değerler gözlenmektedir. Toplam katı madde birikimi ve hareketinin en fazla olduğu dalgadır.

23 nolu dalgada D3'teki çözünmüş oksijen başlangıç değeri; 6,87mg/L, çözünmüş oksijen son değeri; 6,97mg/L, D4'teki çözünmüş oksijen başlangıç değeri; 3,06mg/L, çözünmüş oksijen son değeri; 4,19mg/L, D6'daki çözünmüş oksijen başlangıç değeri; 4,6mg/L, çözünmüş oksijen son değeri; 4,53mg/L olarak gözlenmektedir. 23 nolu dalga; 12,8cm dalga yüksekliği ve 1,2sn dalga periyotu ile şevde 30cm bar tepe noktası ve kıyı çizgisi arası mesafeye sahiptir. Bundan dolayı D4'e yakın dalga kırılması gerçekleşmektedir. D4'teki çözünmüş oksijen başlangıç ve son değerleri arasındaki fark olan 1,13mg/L'in, D3'teki 0,1mg/L ve D6'daki 0mg/L değerlerinden daha fazladır.

110 nolu dalgada D3'teki çözünmüş oksijenin en düşük değeri; 5,33mg/L, çözünmüş oksijen son değeri; 6,8mg/L, D4'teki çözünmüş oksijenin en düşük değeri; 6,44mg/L, çözünmüş oksijen son değeri; 6,45mg/L, D6'daki çözünmüş oksijenin en düşük değeri; 6,48mg/L, çözünmüş oksijen son değeri; 7,09mg/L olarak gözlenmektedir. 110 nolu dalga; 4,6cm dalga yüksekliği ve 1,2sn dalga periyotu ile şevde 8cm bar tepe noktası ve kıyı çizgisi arası mesafeye sahiptir. Bundan dolayı D5'e yakın dalga kırılması gerçekleşmektedir. D6 hem dalga kırılmasına yakın hem de dalga tırmanmasının etkisinde olmasından dolayı çözünmüş oksijenin en düşük ve son değerleri arasındaki fark olan 0,61mg/L ile D4'teki 0,01mg/L değerinden fazladır, D3'te ise 1,47mg/L gözlenmesi hem suyun içinde sediment arasına göre hızlı artış olması hem de katı madde hareketliliğinin çok düşük olduğu dalga özelliğinden kaynaklanmaktadır.

120 nolu dalgada D3 doğrultusundaki hareketli ölçümde oyulma ve birikmenin arasında şevin sabit kaldığı doğrultuda ölçüm alınmaktadır. 120 nolu dalgada D3'teki çözünmüş oksijenin en düşük değeri; 5,86mg/L, çözünmüş oksijen son değeri; 6,49mg/L, D4'teki çözünmüş oksijenin en düşük değeri; 5,43mg/L, çözünmüş oksijen son değeri; 6,57mg/L, D6'daki çözünmüş oksijenin en düşük değeri; 7mg/L, çözünmüş oksijen son değeri; 7,67mg/L olarak gözlenmektedir. 120 nolu dalga; 2,9cm dalga yüksekliği ve 1sn dalga periyotu ile şevde 39cm bar tepe noktası ve kıyı çizgisi arası mesafeye sahiptir. Bundan dolayı D4'te dalga kırılması gerçekleşmektedir. D4'teki çözünmüş oksijen başlangıç ve son değerleri arasındaki fark olan 1,14mg/L, D3'teki 0,63mg/L ve D6'daki 0,67mg/L fark değerlerinden daha fazladır.

13 nolu dalgada D3'teki çözünmüş oksijenin en düşük değeri; 7,06mg/L, çözünmüş oksijen son değeri; 8,1mg/L, D4'teki çözünmüş oksijenin en düşük değeri; 7,37mg/L, çözünmüş oksijen son değeri; 8,35mg/L, D6'daki çözünmüş oksijenin en düşük değeri; 6,34mg/L, çözünmüş oksijen son değeri; 8,99mg/L olarak gözlenmektedir. 13 nolu dalgadaki D3'teki çözünmüş oksijen artışı 1,04mg/L ve D4'te yakın bir değer olarak 0,98mg/L olarak ölçülmektedir. D6'da ise 2,65mg/L olduğu görülmektedir. 13 nolu dalga, deneylerdeki diğer dalgalara kıyasla dalga yüksekliği en fazla olandır. 13,1cm dalga yüksekliği ve 1,2sn dalga periyotuna sahip 13 nolu dalga, kumsal profilinde geniş bir bar oluşturduğundan kırılmanın olduğu D2 doğrultusuna yakın olan D3 ve D4 düşey doğrultularında oksijen artışı yakın değerlerken, dalganın kıyıya tırmandığı D6 düşey doğrultusunda artışın en fazla olduğu görülmektedir.

100 nolu dalgada D3'teki çözünmüş oksijenin en düşük değeri; 5,59mg/L, çözünmüş oksijen son değeri; 6,14mg/L, D4'teki çözünmüş oksijenin en düşük değeri; 6,19mg/L, çözünmüş oksijen son değeri; 7,07mg/L, D6'daki çözünmüş oksijenin en düşük değeri; 7,26mg/L, çözünmüş oksijen son değeri; 7,42mg/L olarak gözlenmektedir. 100 nolu dalga; 9,7cm dalga yüksekliği ve 0,8sn dalga periyotu ile 44cm bar tepe noktası ve kıyı çizgisi arası mesafeye sahiptir. Bundan dolayı D3'te dalga kırılması gerçekleşmektedir. Fakat dalga yüksekliği 31 nolu dalgadan daha az olduğundan kumsal profilindeki oyulma daha azdır ve sediment arasında çözünmüş oksijen artışı daha az olduğundan D4'teki çözünmüş oksijen başlangıç ve son değerleri arasındaki fark olan 0,88mg/L'in, D3'teki 0,5mg/L ve D6'daki 0,16mg/L değerlerinden daha fazladır. Toplam yer değiştiren katı madde miktarı da 100 nolu dalgada 31 nolu dalgadan daha fazladır, çözünmüş oksijen su içinde daha fazla artış gösterebildiğinden kumun hareket halinde olması da D3'teki artışı azaltan bir etkendir.

122 nolu dalgada D3'teki çözünmüş oksijenin en düşük değeri; 3,51mg/L, çözünmüş oksijen son değeri; 5,88mg/L, D4'teki çözünmüş oksijenin en düşük değeri; 4,77mg/L, çözünmüş oksijen son değeri; 6,58mg/L, D6'daki çözünmüş oksijenin en düşük değeri; 6,57mg/L, çözünmüş oksijen son değeri; 7,33mg/L olarak gözlenmektedir. 122 nolu dalga; 8,3cm dalga yüksekliği ve 1sn dalga periyotu ile 51cm bar tepe noktası ve kıyı çizgisi arası mesafeye sahiptir. Bundan dolayı D3'te dalga kırılması gerçekleşmektedir. D3'teki çözünmüş oksijenin en düşük değeri ve

son değeri arasındaki fark olan 2,37mg/L'in, D4'teki 1,81mg/L ve D6'daki 0,76mg/L değerlerinden daha fazladır.

31 nolu dalgada D3'teki çözünmüş oksijenin en düşük değeri; 7,8mg/L, çözünmüş oksijen son değeri; 9,4mg/L, D4'teki çözünmüş oksijenin en düşük değeri; 7mg/L, çözünmüş oksijen son değeri; 7,93mg/L, D6'daki çözünmüş oksijenin en düşük değeri; 7,44mg/L, çözünmüş oksijen son değeri; 8,02mg/L olarak gözlenmektedir. 31 nolu dalga; 10,1cm dalga yüksekliği ve 0,8sn dalga periyotu ile 45cm bar tepe noktası ve kıyı çizgisi arası mesafeye sahiptir. Bundan dolayı D3'te dalga kırılması gerçekleşmektedir. D3'teki çözünmüş oksijenin en düşük ve son değerleri arasındaki fark olan 1,6mg/L'in, D4'teki 0,93mg/L ve D6'daki 0,58mg/L değerlerinden oldukça yüksek olması dalga kırılması düşey doğrultusunda olmasından kaynaklanmaktadır.

6.1 Sonuçların Değerlendirilmesi

Çok az literatür bulunan, kumsaldaki tür dağılımıyla ilgili bilgi verilmektedir.

Kumsal ekosisteminde, kumun kuru olduğu plaj gerisi, kumun ıslak olduğu plaj önü ve suya doygun yakın kıyı bölgesinde yaşayan canlı türleri sıralanmaktadır.

Dalgaların etkisiyle kumsalın kum özellikleri de değişmektedir. Kumsalın ince, orta ve kaba kum olmasına göre canlıların tür dağılımı sıralanmaktadır.

Dalgaların kıyıları yıkama kapasitesi yüksektir. Örneğin gemilerin taşıdığı ya da yakıt tanklarındaki petrolün kaza sonucu denize yayılması durumu gibi çevre kirliliği olaylarında deniz yüzeyindeki yoğun petrol dalga hareketiyle dağılır. Dalgalarla temizlenmesi, deniz yüzeyindeki petrol su karışımının çekilip filtre ile petrolün ayrılması ya da kumdaki petrolün yakılması yöntemlerine göre masrafsız ve çevreye zararsız bir yoldur. Dalga kumsalda kum altında bir derinliğe kadar çözünmüş oksijen değerlerini değiştirmektedir. Dalga etkisi kumsalın yüzeyindeki kirliliği alıp alttakinin doğal olarak temizlenmesini sağlar. Difüzyon ve adveksiyon etkisiyle kumsalın doğal olarak temizlenmesi gerçekleşir. Dalga etkisiyle oksijen seviyesinin yükselmesi ekosistemin onarılması ve yaşatılmasını sağlar.

Dalga kırılmasının olduğu düşey doğrultu en fazla çözünmüş oksijen artışının olduğu doğrultudur.

Su yüzeyine doğru çözünmüş oksijen değeri su içinde artar.

Dalga tırmanmasının ilerisinde, çözünmüş oksijen değeri değişimi gözlenmemektedir.

Dalga özelliklerinden dalga periyotu aynı olan dalgalarda; dalga yüksekliği azaldıkça kumsal profilinde oluşan bar kıyıya yakınlaşmaktadır. Dolayısıyla, dalga periyotu aynı dalgalarda, dalga yüksekliği azaldıkça, dalga kırılması da kıyıya daha yakın olmaktadır. Bunun sonucunda çözünmüş oksijen kazanımı da kıyıya daha yakın bölgelerde daha fazla olmaktadır. Dalgaların şiddetli olmadığı kıyılarda tür çeşitliliğinin ve sayısının fazla olması hem hareket ve yaşam ortamlarının kolaylaşması hem de sudan aldıkları oksijenin daha fazla olması ile açıklanmaktadır.

Dalga yüksekliği ve boyu ile çözünmüş oksijen son konsantrayonuna bağlı D3, D4 ve D6 düşey doğrultuları için formüller elde edilmektedir.

Bundan sonraki çalışmalarda kıyılardan alınan derinliğe bağlı kum numunelerindeki canlıların türleri ve sayıları ile kıyılardaki derinliğe bağlı çözünmüş oksijen değişimi ölçümlerinin karşılaştırılması yapılabilir.

KAYNAKLAR

Altındağ, A. ve Yiğit, S., 2004. Beyşehir Gölü Zooplankton Faunası ve Mevsimsel Değişimi, *Gazi Üniversitesi, Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, Cilt. 24, sayı. 3, say. 217-225.

Artüz, İ., 1990. *Oşenografi Ders Notları*. *İ.T.Ü. Gemi İnşaatı ve Deniz Bilimleri Fakültesi*, Ofset Baskı Atölyesi, İstanbul, sayı. 22, say. 82.

Bates, C.R. ve Byham. P.W., 2001. Bathymetric sidescan techniques for near shore surveying, *Hydrographic Journal*, Cilt.100, say.13–18.

Bayazıt, M., Ünsal, İ. ve Sümer, B.M., 1983. *Hidrolik*. Birsen Yayınevi, **ISBN: 975-511-215-4**, say.284-286.

Berkün, M., 2006. *Atık Su Arıtma ve Deniz Deşarjı Yapıları*. Seçkin Yayınevi.

Boyden, C.R. ve Little, C. 1973. Faunal distributions in soft sediments of the Severn estuary, *Estuarine and Coastal Marine Science*, **1**, say. 203-223.

Bozkurt, A. ve Sagat, Y., 2008. Birecik Baraj Gölü Zooplaktonunun Vertikal Dağılımı, Araştırma Makalesi, *Journal of Fisheries Sciences*, **2(3)**, say. 332-342.

Brown, A.C., Nordstorm, K., McLahlan, A., Jackson, N. ve Sherman, D., 2006. *The future of sandy shores*, In: The waters, our future, prospects for the integrity of aquatic ecosystems. N. Polunin (ed.), Cambridge University Pres.

Brown, C.J., Cooper, K.M., Meadows, W.J., Limpenny, D.S. ve Rees, H.L., 2002. Small-scale mapping of sea-bed communities in the eastern English Channel using sidescan sonar and remote sampling techniques, *Estuarine Coastal and Shelf Science*, Cilt. 54, say. 263–278.

Bruun, P., Frankel E.G., Houmb, O.G., Moe, G. ve Bratelland, E., 1981. *Port Engineering.* Gulf Publishing Company, **ISBN:0-87201-739-7** , say. 202.

CEM, 1995. *Coastal Engineering Manual*. Coast. Engrg. Res. Ctr., US Army Corps Engrs., Vicksburg, VA., USA.

Contreras H., Jaramillo, E., Duarte, C., ve McLahlan, A., 2003. Population abundances, growth and natural mortality of the crustacean macroinfauna at two sandy beach morphodynamic types in southern Chile, *Rev. Chilena Hist. Nat*., **76**, say. 543-561.

Conway, K.W., Barrie, J.V., Austin, W.C. ve Luternauer, J.L., 1991. Holocene sponge bioherms on the western Canadian continental shelf, *Continental Shelf Research* Cilt. 11, say. 771–790.

Cuenca, M.A., Baker, C.G.J. , Bergougnou, M.A. ve Nerenberg, M.A., 1983. Oxygen mass transfer in three-phase fluidzed beds working at large flow rates, *The Canadian Journal of Chemical Engineering*, Cilt. **61**, No. 1, say. 58-63, Şubat 1983.

Çelikkale, M.S., Düzgüneş, E. ve Okumuş, İ., 1999. *Türkiye Su Ürünleri Sektörü: Potansiyeli, Mevcut Durumu, Sorunları ve Çözüm Önerileri*. *İstanbul Ticaret Odası*, İstanbul.

Defeo, O., Gomez, J. ve Lercari, D., 2001. Testing The Swash Exclusion Hypothesis In Sandy Beach Populations: The Mole Crab Emerita Brasiliensis In Uruguay, *Marine Ecology Progress Series*, **212**, say. 159-170.

Edwards, K.F., Pfister, C.A. ve Van A.K.L., 2006. Nitrogen content in the Brown alga Fucus gardneri and its relation to light, herbivory and wave exposure, *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 22 Ağustos 2006, **336**, 1, say. 99-109.

Fenchel J. ve Staarup, B.J., 1971. Vertical distribution of photosynthetic pigments and the penetration of light in marine sediments, *Oikos*, **22**, say. 172-182.

Fenchel T., 1969. The ecology of marine microbenthos. IV. Structure and function of the benthic ecosystem, its physical factors and the microfauna communities with special reference to the ciliated Protozoa, *Ophelia*, **6**, say.1-182.

Freitas, R., Rodrigues, A.M. ve Quintino, V., 2003. Benthic biotopes remote sensing using acoustics, *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, Cilt. 285–286, say. 339–353.

Gamenson, A.L.H., 1957. Weirs And Aeration Of Rivers, *Journal Of Institution Water Engineers*, **11**, 5, say. 477-490.

Geldiay R. ve Kocataş, A., 2002. *Deniz Biyolojisine Giriş*. Ege Üniversitesi Fen Fakültesi, No. 31, Say. 91-92 ve 242-245

Glud, R. N., Klimat, I., Holst, G., Kohls, O., Meyer, V., Kühl, M. ve Gundersen, J.K., 1999. Adaptation, Test And In Situ Measurements With O_2 Microoptrpodes on Benthic Landers, *Deep-Sea Research I*, **46**, say. 171-183.

Hakyemez, Y., Karabıyıkoğlu, M. ve Oşkan, I., 1980. Kırıntılı sığ deniz "kıyı, lagün, gel-git düzlüğü ve kıtadüzü" çökelleri, çökelme ortamları ve jeomorfolojisi, Çeviri/Derleme, *Jeomorfoloji Dergisi-Özel Sayı/Bilimsel Yayınlar Dizisi:1* Ankara/1980, say. 21.

Hamilton, L.J., Mulhearn, P. J. ve Poeckert, R., 1999. Comparison of RoxAnn and QTC-View acoustic bottom classification system performance for the Cairns area, Great Barrier Reef, Australia, *Continental Shelf Research*, Cilt. 19, say.1577–1597.

Haring, R.N., Dethier, M.N. ve Williams, S.L., 2002. Desiccation facilitates wave-induced mortality of the intertidal alga Fucus gardneri, *Marine Ecology-Progress Series*, 01/01/2002, **232**, say. 75-82.

Hewitt, J.E., Thrush, S.F., Legendre, P., Funnell, G.A., Ellis, J. ve Morrison, D.M., 2004. Mapping of marine soft-sediment communities: Integrated sampling for ecological interpretation, *Ecological Applications*, Cilt. 14, sayı. 4, say.1203–1216.

Hondzo, M. ve Steinberger, N., 2002. A Semi-Analytical Model For Dissolved Oxygen Mass Transfer Coefficient At The Sediment–Water Interface, *Hydrobiologia*, **479**, say. 63–68, Kluwer Academic Publishers, Hollanda.

Hondzo, M., 1998. Dissolved oxygen transfer at the sediment-water interface in a turbulent flow, *Water Resources Research*, Cilt. 34, no. 12, say. 3525-3533, Aralık 1998.

Jaramillo, E., Dugan, J. ve Contreras, H., 2000. Abundance, tidal movement, population structure and burrowing rate of *Emerita analoga* (Anomura Hippidae) at a dissipative and a reflective sandy beach in South Central Chile, *Marine Ecology,* Cilt. 21, Sayı. 2, say. 113-127, Kasım 2000.

Jaramillo, E. ve Mclahlan, A., 1993. Community And Population Responses of The Macroinfauna to Physical Factors over a Range of Exposed Sandy Beaches in South-Central Chile, *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, **37**, say. 615-624.

Jensen, K.S., Borum, J. ve Binzer, T., 2005. Oxygen Stress And Reduced Growth Of Lobelia Dortmanna In Sandy Lake Sediments Subject To Organic Enrichment, *Freshwater Biology*, **50**, say. 1034-1048.

Kabdaşlı, S., 1992. *Kıyı Mühendisliği*. Say:120, 234, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Matbaası.

Kaiser, M.J., Armstrong, P.J., Dare, P.J. ve Flatt, R.P., 1998. Benthic communities associated with a heavily fished scallop ground in the English Channel, *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, Cilt. 78, say. 1045–1059.

Kiely, G., 1997. *Environmntal Engineering*. Mcgraw-Hill, London.

Kostylev, V.E., Todd, B.J., Fader, G.B.J., Courtney, R.C., Cameron, G.D.M. ve Pickrill, R.A., 2001. Benthic habitat mapping on the Scotian Shelf based on multibeam bathymetry, surficial geology and sea floor photographs, *Marine Ecology Progress Series*, Cilt. 219, say. 121–137.

Küçükali, S., 2006. Hidrolik Sıçramanın Havalandırma Verimliliğinin İncelenmesi, *Doktora Tezi,* İ.T.Ü. Mühendislik Fakültesi, İstanbul.

Küçükali, S. ve Çokgör, Ş., 2006. Hidrolik Sıçramanın Havalandırma Verimliliğinin İncelenmesi, *İTÜ dergisi/D Mühendislik*, Ekim 2006, Cilt. 5, Sayı. 5, say. 56-66.

Levinton, J.S., 2001. Marine Biology: Function, Biodiversity, Ecology. Oxford University Press.

Little, C., 2000. The Biology of Soft Shores and Estuaries. Oxford Press.

McLahlan, A. ve Brown, A., 2006. The Ecology of Sandy Shores. Elsevier Academic Press.

Mikschi, E., 1989. Rotifer Distributions in Relation to Temperature and Oxygen Content, *Hydrobiologia*, 8 Aralık 1989, Cilt. 186-187, Sayı. 1, say. 209-214.

Nordstorm, K.F., Jackson, N.L., Smith, D.R. ve Weber, R.G., 2006. Transport of horseshoe crab eggs by waves and swash on an estuarine beach: Implications for foraging shorebirds, *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, Kasım 2006, Cilt. 70, sayı. 3, say. 438.

Powell, E.N., Song, J.Y., Ellis, M.S. ve Wilson-Ormond, E.A., 1995. The status and long-term trends of oyster reefs in Galveston Bay, Texas, *Journal of Shellfish Research*, Cilt:14, say. 439–457.

Pratt, M.C. ve Johnson, A.S., 2002. Strength, drag, and dislodgement of two competing intertidal algae from two wave exposures and four seasons, *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 10 Haziran 2002, **272**, 1, say. 71.

Schroeder, A., 2005. *Community dynamics and development of soft bottom macrozoobenthos in the German Bight (North Sea) 1969 – 2000*, 494 (2005) **ISSN 1618 – 3193**.

Semenderoğlu, A., 1995. Çevre ve Rekreasyon Planlamasında Alaçatı-Ovacık (Çeşme) Örneği I, *Ekoloji Çevre Dergisi,* Ekim Kasım Aralık Sayı. 17 say. 9-14.

Smith, G.F., Bruce, D.G. ve Roach, E.B, 2001. Remote acoustic habitat assessment techniques used to characterize the quality and extent of oyster bottom in Chesapeake Bay, *Marine Geodesy*, Cilt. 24, say. 171–189.

Stark, J.S., 2000. The distribution and abundance of soft-sediment macrobenthos around Casey Station, East Antarctica, *Polar Biology*, Cilt. 23, Sayı. 12 Kasım, say. 840-850, Yayıncı: Springer Berlin / Heidelberg, **ISSN:0722-4060.**

Steinberger, N. ve Hondzo, M., 1999. Diffusional Mass Transfer At Sediment-Water Interface, *Journal Of Environmental Engineering*, Şubat 1999, say. 192-200.

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, 2004. 1. Bölüm, Resmi Gazete, Sayı: 25687, 31 Aralık 2004, say. 1-5.

Sunlu, U., Kaymakçı, A. ve İzgören, F.S., 2001. Denizlerde Karbon Dinamiği, *E.Ü. Su Ürünleri Dergisi,* Cilt. 18, Sayı. 1-2, say. 233-241.

Taylor, D. ve Schiel, D.R., 2003. Wave-related mortality in zygotes of habitat-forming algae from different exposures in southern New Zeland: the importance of 'stickability', *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 10 Haziran 2003, Cilt. 290, sayı. 2, say. 229.

Trager, G.C., Coughlin, D., Genin, A., Achituv, Y. ve Gangopadhyay, A., 1992. Foraging to the rhythm of ocean waves: porcelain crabs and barnacles synchronize feeding motions with flow oscillations, *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 23 Kasım 1992, Cilt. 164, sayı. 1, say. 73.

Türker, U. ve Kabdaşlı, M.S. 2002. Fırtına Dalgalarının Kıyı Profiline Yaptığı Etkinin Analizi, *İ.T.Ü. Dergisi/D Mühendislik*, Cilt. 1, sayı. 1, Ağustos 2002.

Url-1 <http://www.ifremer.fr/phototheque/v2/info.php?img=134602>, alındığı tarih, 13.09.2010.

Url-2 <http://www.ceaselesswonder.com/blog>, alındığı tarih, 13.09.2010.

Url-3 < http://www.palaeos.org/Dinoflagellata>, alındığı tarih, 13.09.2010.

Url-4<http://www.tualimforum.com/tek-hucreliler/44109-kamcililar-kamcili-canlilar-kamcili-hayvanlar-hakkinda-genel-bilgi.html>, alındığı tarih, 13.09.2010.

Url-5<http://www.epa.gov/bioindicators/html/marinetidal.html>, alındığı tarih, 13.09.2010.

Url-6 <http://www.ecy.wa.gov/programs/wq/plants/plantid2/photopages/rmaritima.html>, alındığı tarih, 13.09.2010.

Url-7 <http://www.enchantedlearning.com/biomes/intertidal/intertidal.shtml>, alındığı tarih, 13.09.2010.

Vanagt, T., Dewinter, P., Steenhuyse, L., Vincx, M. ve Degraer, S., 2007. 2. Bölüm:Swash zonation patterns of two surfers on exposed tropical sandy beaches,. The role of swash in the ecology of Ecuadorian sandy beach macrofauna, with special reference to the surfing gastropod Olivella semistriata, *Doktora Tezi*, Universiteit Gent. Faculteit Wetenschappen. Vakgroep Biologie: Gent, Belgium. XVII, 389, say. 75-76.

Wentworth, C.K., 1922. A Scale Of Grade And Class Terms For Clastic Sediments, *The Journal of Geology*, Cilt. 30, say. 377–392.

Zajac, R.N., Lewis, R.S., Poppe, L.J., Twichell, D.C., Vozarik, J., DiGiacomo, M.L. ve Cohen, G., 2000. Relationships among sea-floor structure and benthic communities in Long Island Sound at regional and benthoscape scales, *Journal of Coastal Research*, Cilt:16, say. 627–640.

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Esin BOZKURT

Doğum Yeri ve Tarihi: İstanbul

Adres: Bostancı/İSTANBUL

Yüksek Lisans Üniversite: İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği, Su Mühendisliği (1999-2003)

Lisans Üniversite: Kocaeli Üniversitesi Çevre Mühendisliği (1995-1999)

Yayın Listesi:

Kılıç, S., Bozkurt, E. ve Keskin, S.,2010: Havada Asılı Partikül Madde Örneklerinin ICP-MS Analizlerinde Karşılaşılan Hata Değerleri, *I.Eser Analiz Çalıştayı Bildiri*, Sayfa:29, Denizli Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü 22-25 Nisan, Denizli, Türkiye

Ganapuram S., Hamidov A., Demirel, M. C., Bozkurt E., Kindap U., and Newton A., 2007: Erasmus Mundus Scholar's Perspective On Water And Coastal Management Education In Europe. *International Congress - River Basin Management*, March 22-24, 2007 Antalya, Turkey.

Bozkurt, E., Kabdaşlı, S. Ve Cığızoğlu, K., 2005: "Köyceğiz Gölü Su Seviyesinin İzlenmesi" , *Muğla İli Kıyı Alanlarının Yönetim Sorunları Sempozyumu* (MUĞLA KIYILARI 05) (12-14 Mayıs 2005, Muğla) Poster

Bozkurt, E., Kabdaşlı, S. Ve Cığızoğlu, K., 2004: "Employment of sliding corrrelation method in Lake Modelling" , *Fourth International Black Sea Conference*" Sayfa: 92-102 (9-11 June 2004, Varna, Bulgaria) "Environmental Protection Technologies for Coastal Areas" Poster