

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BİTKİLİ ORTAMDA AKINTI VE DALGA ETKİLERİ
ALTINDA SU SICAKLIĞI DEĞİŞİMLERİNİN
DENEYSEL İNCELENMESİ**

**DOKTORA TEZİ
Y. Müh. Alpaslan AYDINGAKKO**

Anabilim Dalı : KIYI BİLİMLERİ VE MÜHENDİSLİĞİ

Programı : KIYI BİLİMLERİ VE MÜHENDİSLİĞİ

KASIM 2006

**BİTKİLİ ORTAMDA AKINTI VE DALGA ETKİLERİ
ALTINDA SU SICAKLIĞI DEĞİŞİMLERİNİN DENEYSEL
İNCELENMESİ**

**DOKTORA TEZİ
Y. Müh. Alpaslan AYDINGAKKO
(517022007)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 23-Ağustos-2006
Tezin Savunulduğu Tarih : 17 Kasım 2006**

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. M. Sedat KABDAŞLI
Diğer Jüri Üyeleri Prof.Dr. Beyhan YEĞEN
Prof. Dr. Necati AĞIRALİOĞLU
Prof.Dr. Yalçın YÜKSEL (Y.T.Ü.)
Prof.Dr. Esin ÇEVİK (Y.T.Ü.)**

KASIM 2006

Önsöz

Bu tez çalışmasında dünyada ve ülkemizde ekolojik açıdan büyük öneme sahip sulak alanlar ve sazlıklı bölgeler incelenmiştir. Sazlıklı bölgelerin hidrodinamik yapısı ve sıcak su deşarjlarının hidrodinamik yapıda meydana getirdiği değişiklikler tez çalışmasının ana konusunu oluşturmaktadır. Yapılan deneysel çalışma sonucu hidrodinamik değişimler anlaşılmalı ve ifade edilmeye çalışılmıştır. Yapılan çalışma sırasında yardımlarını esirgemeyen ve yol gösteren tez danışmanım sayın hocam Prof. Dr. M. Sedat Kabdaşlı'ya teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca deneysel çalışmamda hem zaman hemde emek harcayan Sayın Arş. Gör. V. Ş. Özgür Kırcı'ya çok teşekkür ederim. Alınan verilerin analizlerinde yardımcı olan ve büyük sabır gösteren Sayın Araş. Gör. Atakan Yüce, İnş. Müh. M. Adil Akgül, Araş. Gör. Nilay Elginöz, Müh. Sertaç Oruç'a teşekkür ederim. Tez çalışmasında bana büyük özveri ve anlayış gösteren aileme de saygı ve sevgilerimi sunarım.

Yük. İnş. Müh. Alpaslan AYDINGAKKO

Kasım, 2006

İÇİNDEKİLER

TABLO LİSTESİ	v
ŞEKİL LİSTESİ	vii
SEMBOL LİSTESİ	xi
ÖZET	xiv
SUMMARY	xv
1. GİRİŞ	1
1.1. Konunun Tanımı	1
1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	2
1.3. Deniz Deşarjları	3
1.4. Sıcak su Deşarjlarının sınır değerleri	9
2. KONU İLE İLGİLİ YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR VE TEMEL DENKLEMLER	11
2.1. Temel Denklemler	11
2.2. Deşarj Edilen Atık Suyun Alıcı Ortamda Yayınımı	20
2.2.1. Yüzeysel Deşarjlar	21
2.2.2. Derin Deşarjlar	25
2.3. Sazlıklı Ortamların Hidrodinamiği	27
2.4. Konu İle İlgili Yapılmış Çalışmalar	29
3. DENEY SİSTEMİ	43
3.1. Deney Sistemin Kullanılan Aletler ve Donanımlar	43
3.2. Deneysel Çalışmaların Yapılması	49
3.3. Ölçülen Parametreler ve Analiz yöntemleri	50
3.4. Yapılan Deneysel Çalışmaların Özetleri	57
4. DENEYSEL ÇALIŞMA SONUÇLARI	60
4.1. Akıntılı Ortamda Yapılan Deneyler	61
4.1.1. Akıntılı Ortamda Derinlik ve Sıcaklık Değişimleri Analizi	62
4.1.1.1. Sıcaklık Farkının Etkisi	63
4.1.1.2. Deşarj Devisinin Etkisi	66
4.1.2 Regresyon Analizleri	68
4.1.2.1. Sazlıksız Ortamda Bağlı Sıcaklık-Rölatif Derinlik Analizi	69
4.1.2.2. Sazlıklı Ortamda Bağlı Sıcaklık-Rölatif Derinlik Analizi	71
4.1.3. Sazlıklı ve Sazlıksız Ortamdaki Farklar	72

4.2. Dalga Etkisinde Yapılan Deneylerin Regresyon Analizleri	73
4.2.1. Dalga Etkisi Altında Bağlı Sıcaklık- Rölatif Derinlik Analizi	75
4.2.1.1 Sazlıksız Ortamda Bağlı Sıcaklık- Rölatif Derinlik Analizi	75
4.2.1.2. Sazlıklı Ortamda Bağlı Sıcaklık- Rölatif Derinlik Analizi	78
4.2.1.3. Sazlıklı ve Sazlıksız Ortamlar Arasındaki Farklar	80
4.2.2. Dalga Etkisi Altında Hız- Derinlik Analizi	80
4.2.2.1. Sazlıksız Ortamda Hız- Derinlik Analizi	82
4.2.2.2. Sazlıklı Ortamda Hız-Derinlik Analizi	83
3. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	84
KAYNAKLAR	89
EKLER	93
ÖZGEÇMİŞ	169

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1	Çeşitli eddy viskozitesi ve karışım uzunluğu formülleri..... 16
Tablo 3.1	Dalga Kaydında Elde Eden Dalga Parametreleri Özet Tablosu..... 56
Tablo 3.2	Sazlık ve Dalga Etkisi Olmadan Yapılan İlk Grup 11 Deney..... 57
Tablo 3.3	Sazlık Etkisi Altında ve Dalga Etkisi Olmadan Yapılan İkinci Grup 12 Deney..... 57
Tablo 3.4	Sazlık ve Dalga Etkisi Altında Yapılan Üçüncü Grup 6 Deney..... 59
Tablo 3.5	Sazlık Etkisi Olmadan ve Dalga Etkisi Altında Yapılan Dördüncü Grup 11 Deney..... 59
Tablo 4.1	Sazlık ve Dalga Etkisi Olmadan Yapılan İlk Grup 11 Deney 61
Tablo 4.2	Sazlık Etkisi Altında ve Dalga Etkisi Olmadan Yapılan İkinci Grup 12 Deney..... 61
Tablo 4.3	Sazlıklı ve Sazlıksız Deneylerden Hesaplanan a ve b Katsayıları Tablosu..... 75
Tablo 4.4	Sazlıksız Tüm Deneylerin Ölçülen Değerler Yardımıyla Bulunan a ve b katsayıları..... 75
Tablo 4.5	Ölçülen T-To/DT Değerlerinden Çıkarılan a Katsayıları..... 76
Tablo 4.6	Bağımsız Değişken Q, DT ve L İçin Buluna a Katsayıları Tablosu 77
Tablo 4.7	15 lt/dak. için 5 ve 15 derece sıcaklık farkı, yatay mesafe ve debi arasındaki ölçülen b katsayısı değerleri..... 78
Tablo 4.8	Ölçülen Değerlere Göre Bulunan a ve b Katsayıları Tablosu..... 79
Tablo 4.9	Bağımsız değişkenler; debi, sıcaklık farkı ve yatay mesafelere göre bulunan a katsayıları..... 79
Tablo 5.1	Ölçülen ve Denklem 5.6 ile Hesaplanan Değerler İçin Korelasyon ve Standart Sapma Tablosu..... 87
Tablo A.1	Deney 3 Ortalama Hız Tablosu..... 94
Tablo A.2	Deney 4 Ortalama Hız Tablosu..... 94
Tablo A.3	Deney 5 Ortalama Hız Tablosu..... 95
Tablo A.4	Deney 6 Ortalama Hız Tablosu..... 96
Tablo A.5	Deney 8 Ortalama Hız Tablosu..... 97
Tablo A.6	Deney 9 Ortalama Hız Tablosu..... 98
Tablo A.7	Tablo Ek A.7: Deney 10 Ortalama Hız Tablosu..... 99
Tablo A.8	Tablo Ek A.8: Deney 14 Ortalama Hız Tablosu..... 100
Tablo A.9	Tablo Ek A.9: Deney 16 Ortalama Hız Tablosu..... 101
Tablo A.10	Tablo Ek A.10: Deney 17 Ortalama Hız Tablosu..... 102
Tablo A.11	Tablo Ek A.11: Deney 18 Ortalama Hız Tablosu..... 103
Tablo A.12	Tablo Ek A.12: Deney 19 Ortalama Hız Tablosu..... 104
Tablo A.13	Tablo Ek A.13: Deney 20 Ortalama Hız Tablosu..... 105
Tablo A.14	Tablo Ek A.14: Deney 21 Ortalama Hız Tablosu..... 106
Tablo A.15	Tablo Ek A.15: Deney 6 Ortalama Hız Tablosu..... 107
Tablo A.16	Tablo Ek A.16: Deney 23 Ortalama Hız Tablosu..... 108

Tablo A.17	Tablo Ek A.17: Deney 24 Ortalama Hız Tablosu.....	109
Tablo A.18	Tablo Ek A.18: Deney 25 Ortalama Hız Tablosu.....	110
Tablo A.19	Tablo Ek A.19: Deney 6 Ortalama Hız Tablosu.....	111
Tablo A.20	Tablo Ek A.20: Deney 28 Ortalama Hız Tablosu.....	112
Tablo A.21	Tablo Ek A.21: Deney 29 Ortalama Hız Tablosu.....	113
Tablo A.22	Tablo Ek A.22: Deney 32 Ortalama Hız Tablosu.....	114
Tablo A.23	Tablo Ek A.23: Deney 33 Ortalama Hız Tablosu.....	114
Tablo A.24	Tablo Ek A.24: Deney 34 Ortalama Hız Tablosu.....	115
Tablo A.25	Tablo Ek A.25: Deney 45 Ortalama Hız Tablosu.....	115
Tablo A.26	Tablo Ek A.26: Deney 37 Ortalama Hız Tablosu.....	116
Tablo A.26	Tablo Ek A.26: Deney 38 Ortalama Hız Tablosu.....	116
Tablo A.27	Tablo Ek A.27: Deney 39 Ortalama Hız Tablosu.....	117
Tablo A.28	Tablo Ek A.28: Deney 41 Ortalama Hız Tablosu.....	117
Tablo A.29	Tablo Ek A.29: Deney 42 Ortalama Hız Tablosu.....	118
Tablo A.30	Tablo Ek A.30: Deney 43 Ortalama Hız Tablosu.....	118
Tablo A.31	Tablo Ek A.31: Deney 44 Ortalama Hız Tablosu.....	119
Tablo A.32	Tablo Ek A.32: Deney 45 Ortalama Hız Tablosu.....	119
Tablo A.33	Tablo Ek A.33: Deney 46 Ortalama Hız Tablosu.....	120
Tablo A.34	Tablo Ek A.34: Deney 47 Ortalama Hız Tablosu.....	120
Tablo A.35	Tablo Ek A.35: Deney 48 Ortalama Hız Tablosu.....	121
Tablo A.36	Tablo Ek A.36: Deney 49 Ortalama Hız Tablosu.....	121
Tablo A.37	Tablo Ek A.37: Deney 50 Ortalama Hız Tablosu.....	122
Tablo A.38	Tablo Ek A.38: Deney 54 Ortalama Hız Tablosu.....	122
Tablo A.39	Tablo Ek A.39: Deney 55 Ortalama Hız Tablosu.....	123
Tablo A.40	Tablo Ek A.40: Deney 56 Ortalama Hız Tablosu.....	123
Tablo B.1	Dalgalı Ortamda Yapılan Deneylerde Ölçülen Dalga Özellikleri Tablosu.....	125

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1 : Sonlu genişlikte ve U ortalama hızı iledeşarj edilen herhangi bir maddenin dağılımı.....	22
Şekil 2.2 : Difüzör yardımıyladeşarjda atık su bulutunun durumu. (a) alıcı ortam akım yüzeyine kadar ulaşan atık su bulutu, (b) belirli bir derinliğe kadar ulaşan yüzen bulut.....	26
Şekil 2.3 : Yüzeysel Deşarj Kesiti.....	31
Şekil 2.4 : Nepf tarafında ifade edilen mekanik difüzyon tanımı.....	36
Şekil 3.1 : Deney Kanalının Genel Görüntüsü ve Deşarj Noktasından İtibaren Ölçüm Yapılan Noktaların Toplu Görünümü.....	44
Şekil 3.2 : Deney Kanalı Kesiti ve Ölçüm Noktaları	45
Şekil 3.3 : Deşarj Noktası, Kıyı Ve Pt100 Sıcaklık Ölçüm Problemleri Detaylı Görünümü.....	46
Şekil 3.4 : Isıtıcı Tank.....	47
Şekil 3.5 : Isıtıcı Kontrol Panosu.....	47
Şekil 3.6 : Sıcaklık Ölçüm Problemleri Kanal Numaraları ve Yerleşim Planı...	48
Şekil 3.7 : Dalga Ölçümü İçin Kullanılan Dalga Monitörü ve Bilgisayar Sistemi.....	48
Şekil 3.8 : Hız ölçümünde kullanılan akustik hızölçer Vectrino ⁺	48
Şekil 3.9 : Kanala Yerleştirilen Sazlığın Boyutları ve Planı.....	49
Şekil 3.10 : Deney 29 Sırasında Alınan Yüzey Sıcaklık Değerlerinin Zamansal Değişim Grafiği.....	50
Şekil 3.11 : Deney 29 Yüzey Problemleri İçin Zamana Bağlı Hesaplanan Bağlı Sıcaklık Değişimleri Grafiği.....	52
Şekil 3.12 : Deney 29 İçin 2. Ölçüm Noktası Derinlik Boyunca Bağlı Sıcaklık Değişimi Grafiği.....	52
Şekil 3.13 : Explore V Yazılımı Tipik Görünümü.....	55
Şekil 3.14 : Aykırı Değerlerin Ayıklanması İçin Kullanılan Programın Analiz Penceresi.....	55
Şekil 4.1 : Akıntılı Deney Sırasında Kanalın Görüntüsü.....	61
Şekil 4.2 : Akıntılı Deney Sırasında Kanal İçinin Görüntüsü.....	62
Şekil 4.3 : Deşarj Noktasının Deşarj Sırasındaki Detay Görüntüsü.....	62
Şekil 4.4 : 3. Nokta Q= 10 lt/dak İçin DT= 5,10,15,20 °C Sıcaklık Değişim Grafiği.....	64
Şekil 4.5 : 3. Nokta Q= 10 lt/dak İçin DT= 5,10,15 °C Sıcaklık Değişim Grafiği.....	65
Şekil 4.6 : 3. Nokta DT= 10 °C İçin Q= 10,15,20 ve 25 lt/dak. Dehide Sazlıksız Durum Sıcaklık Değişim Grafiği.....	67
Şekil 4.7 : 3. Nokta DT= 10 °C İçin Q= 10,15,20 ve 25 lt/dak. Dehide Sazlıklı Durum Sıcaklık Değişim Grafiği.....	69

Şekil 4.8	: 3. Nokta $DT= 10^{\circ}C$ İçin $Q= 15$ lt/dak. Dehide Sazlıklı ve Sazlıksız Deneylerin Sıcaklık Değişim Grafiği.....	69
Şekil 4.9	:: Sazlıksız Deneyler Bağlı Sıcaklık Bağlı Derinlik Grafiği.....	70
Şekil 4.10	: Sazlıksız Deneylerin Bağlı Sıcaklık Bağlı Derinlik Çift Logaritmik Eksen Grafiği	71
Şekil 4.11	: Sazlıklı Bağlı Sıcaklık Bağlı Derinlik Grafiği	71
Şekil 4.12	: Sazlıksız Deneylerin Bağlı Sıcaklık Bağlı Derinlik Çift Logaritmik Eksen Grafiği	72
Şekil 4.13	: Dalgalı ve Sazlıklı Ortamda Yapılan Deneyler.....	74
Şekil C.1	: 2. Nokta $Q= 10$ lt/dak için $DT= 5,10,15,20^{\circ}C$ Sıcaklık Farklarında Su Sıcaklığının Derinlikle Değişimi.....	127
Şekil C.2	: 3. Nokta $Q= 10$ lt/dak için $DT= 5,10,15,20^{\circ}C$ Sıcaklık Farklarında Su Sıcaklığının Derinlikle Değişimi.....	127
Şekil C.3	: 4. Nokta $Q= 10$ lt/dak için $DT= 5,10,15,20^{\circ}C$ Sıcaklık Farklarında Su Sıcaklığının Derinlikle Değişimi.....	128
Şekil C.4	: 2. Nokta $Q= 15$ lt/dak için $DT= 5,10^{\circ}C$ Sıcaklık Farklarında Su Sıcaklığının Derinlikle Değişimi.....	128
Şekil C.5	: 3. Nokta $Q= 15$ lt/dak için $DT= 5,10^{\circ}C$ Sıcaklık Farklarında Su Sıcaklığının Derinlikle Değişimi.....	128
Şekil C.6	: 4. Nokta $Q= 15$ lt/dak için $DT= 5,10^{\circ}C$ Sıcaklık Farklarında Su Sıcaklığının Derinlikle Değişimi.....	129
Şekil C.7	: 5. Nokta $Q= 15$ lt/dak için $DT= 5,10^{\circ}C$ Sıcaklık Farklarında Su Sıcaklığının Derinlikle Değişimi.....	129
Şekil C.8	: 2. Nokta $Q= 20$ lt/dak için $DT= 5,10,15^{\circ}C$ Sıcaklık Farklarında Su Sıcaklığının Derinlikle Değişimi.....	129
Şekil C.9	: 3. Nokta $Q= 20$ lt/dak için $DT= 5,10,15^{\circ}C$ Sıcaklık Farklarında Su Sıcaklığının Derinlikle Değişimi.....	130
Şekil C.10	: 4. Nokta $Q= 20$ lt/dak için $DT= 5,10,15^{\circ}C$ Sıcaklık Farklarında Su Sıcaklığının Derinlikle Değişimi.....	130
Şekil C.11	: 2. Nokta $Q= 10$ lt/dak için $DT= 5,10,15^{\circ}C$ Sıcaklık Farklarında Su Sıcaklığının Derinlikle Değişimi.....	131
Şekil C.12	: 3. Nokta $Q= 10$ lt/dak için $DT= 5,10,15^{\circ}C$ Sıcaklık Farklarında Su Sıcaklığının Derinlikle Değişimi.....	131
Şekil C.13	: 4. Nokta $Q= 10$ lt/dak için $DT= 5,10,15^{\circ}C$ Sıcaklık Farklarında Su Sıcaklığının Derinlikle Değişimi.....	132
Şekil C.14	: 5. Nokta $Q= 10$ lt/dak için $DT= 5,10,15^{\circ}C$ Sıcaklık Farklarında Su Sıcaklığının Derinlikle Değişimi.....	132
Şekil C.15	: 2. Nokta $Q= 15$ lt/dak için $DT= 5,10,15^{\circ}C$ Sıcaklık Farklarında Su Sıcaklığının Derinlikle Değişimi.....	132
Şekil C.16	: 3. Nokta $Q= 15$ lt/dak için $DT= 5,10,15^{\circ}C$ Sıcaklık Farklarında Su Sıcaklığının Derinlikle Değişimi.....	133
Şekil C.17	: 4. Nokta $Q= 15$ lt/dak için $DT= 5,10,15^{\circ}C$ Sıcaklık Farklarında Su Sıcaklığının Derinlikle Değişimi.....	133
Şekil C.18	: 5. Nokta $Q= 15$ lt/dak için $DT= 5,10,15^{\circ}C$ Sıcaklık Farklarında Su Sıcaklığının Derinlikle Değişimi.....	133
Şekil C.19	: 2. Nokta $Q= 20$ lt/dak için $DT= 5,10,15^{\circ}C$ Sıcaklık Farklarında Su Sıcaklığının Derinlikle Değişimi.....	134
Şekil C.20	: 3. Nokta $Q= 20$ lt/dak için $DT= 5,10,15^{\circ}C$ Sıcaklık Farklarında Su Sıcaklığının Derinlikle Değişimi.....	134

Şekil C.21	: 4. Nokta Q= 20 lt/dak için DT= 5,10,15 °C Sıcaklık Farklarında Su Sıcaklığının Derinlikle Değişimi.....	134
Şekil C.22	: 5. Nokta Q= 20 lt/dak için DT= 5,10,15 °C Sıcaklık Farklarında Su Sıcaklığının Derinlikle Değişimi.....	135
Şekil D.1	: 2. Nokta Q= 15 lt/dak için DT= 5 °C Sıcaklık Farkında Su Sıcaklığının Derinlikle Değişimi.....	137
Şekil D.2	: 3. Nokta Q= 15 lt/dak için DT= 5 °C Sıcaklık Farkında Su Sıcaklığının Derinlikle Değişimi.....	137
Şekil D.3	: 4. Nokta Q= 15 lt/dak için DT= 5 °C Sıcaklık Farkında Su Sıcaklığının Derinlikle Değişimi.....	138
Şekil D.4	: 5. Nokta Q= 15 lt/dak için DT= 5 °C Sıcaklık Farkında Su Sıcaklığının Derinlikle Değişimi.....	138
Şekil D.5	: 2. Nokta Q= 15 lt/dak için DT= 15 °C Sıcaklık Farkında Su Sıcaklığının Derinlikle Değişimi.....	139
Şekil D.6	: 3. Nokta Q= 15 lt/dak için DT= 15 °C Sıcaklık Farkında Su Sıcaklığının Derinlikle Değişimi.....	139
Şekil D.7	: 4. Nokta Q= 15 lt/dak için DT= 15 °C Sıcaklık Farkında Su Sıcaklığının Derinlikle Değişimi.....	140
Şekil D.8	: 5. Nokta Q= 15 lt/dak için DT= 15 °C Sıcaklık Farkında Su Sıcaklığının Derinlikle Değişimi.....	140
Şekil D.9	: 2. Nokta Q= 10 lt/dak için DT= 5 °C Sıcaklık Farkında Su Sıcaklığının Derinlikle Değişimi.....	141
Şekil D.10	: 3. Nokta Q= 10 lt/dak için DT= 5 °C Sıcaklık Farkında Su Sıcaklığının Derinlikle Değişimi.....	141
Şekil D.11	: 4. Nokta Q= 10 lt/dak için DT= 5 °C Sıcaklık Farkında Su Sıcaklığının Derinlikle Değişimi.....	142
Şekil D.12	: 5. Nokta Q= 10 lt/dak için DT= 5 °C Sıcaklık Farkında Su Sıcaklığının Derinlikle Değişimi.....	142
Şekil D.13	: 2. Nokta Q= 10 lt/dak için DT= 15 °C Sıcaklık Farkında Su Sıcaklığının Derinlikle Değişimi.....	143
Şekil D.14	: 3. Nokta Q= 10 lt/dak için DT= 15 °C Sıcaklık Farkında Su Sıcaklığının Derinlikle Değişimi.....	143
Şekil D.15	: 4. Nokta Q= 10 lt/dak için DT= 15 °C Sıcaklık Farkında Su Sıcaklığının Derinlikle Değişimi.....	144
Şekil D.16	: 5. Nokta Q= 10 lt/dak için DT= 15 °C Sıcaklık Farkında Su Sıcaklığının Derinlikle Değişimi.....	144
Şekil D.17	: 2. Nokta Q= 15 lt/dak için DT= 5 °C Sıcaklık Farkında Su Sıcaklığının Derinlikle Değişimi.....	145
Şekil D.18	: 3. Nokta Q= 15 lt/dak için DT= 5 °C Sıcaklık Farkında Su Sıcaklığının Derinlikle Değişimi.....	145
Şekil D.19	: 4. Nokta Q= 15 lt/dak için DT= 5 °C Sıcaklık Farkında Su Sıcaklığının Derinlikle Değişimi.....	146
Şekil D.20	: 5. Nokta Q= 15 lt/dak için DT= 5 °C Sıcaklık Farkında Su Sıcaklığının Derinlikle Değişimi.....	146
Şekil D.21	: 2. Nokta Q= 15 lt/dak için DT= 15 °C Sıcaklık Farkında Su Sıcaklığının Derinlikle Değişimi.....	147
Şekil D.22	: 3. Nokta Q= 15 lt/dak için DT= 15 °C Sıcaklık Farkında Su Sıcaklığının Derinlikle Değişimi.....	147
Şekil D.23	: 4. Nokta Q= 15 lt/dak için DT= 15 °C Sıcaklık Farkında Su Sıcaklığının Derinlikle Değişimi.....	148

Şekil D.24	: 5. Nokta Q= 15 lt/dak için DT= 15 °C Sıcaklık Farkında Su Sıcaklığının Derinlikle Değişimi.....	148
Şekil E.1	: 2. Ölçüm Noktası Bağlı Hız – Rölatif Derinlik Değişimi.....	150
Şekil E.2	: 3. Ölçüm Noktası Bağlı Hız – Rölatif Derinlik Değişimi.....	150
Şekil E.3	: 4. Ölçüm Noktası Bağlı Hız – Rölatif Derinlik Değişimi.....	151
Şekil E.4	: 5. Ölçüm Noktası Bağlı Hız – Rölatif Derinlik Değişimi.....	151
Şekil E.5	: 2. Ölçüm Noktası Bağlı Hız – Rölatif Derinlik Değişimi.....	151
Şekil E.6	: 3. Ölçüm Noktası Bağlı Hız – Rölatif Derinlik Değişimi.....	152
Şekil E.7	: 4. Ölçüm Noktası Bağlı Hız – Rölatif Derinlik Değişimi.....	152
Şekil E.8	: 5. Ölçüm Noktası Bağlı Hız – Rölatif Derinlik Değişimi.....	152
Şekil E.9	: 2. Ölçüm Noktası Bağlı Hız – Rölatif Derinlik Değişimi.....	153
Şekil E.10	: 3. Ölçüm Noktası Bağlı Hız – Rölatif Derinlik Değişimi.....	153
Şekil E.11	: 4. Ölçüm Noktası Bağlı Hız – Rölatif Derinlik Değişimi.....	153
Şekil E.12	: 5. Ölçüm Noktası Bağlı Hız – Rölatif Derinlik Değişim.....	154
Şekil E.13	: 2. Ölçüm Noktası Bağlı Hız – Rölatif Derinlik Değişimi.....	154
Şekil E.14	: 3. Ölçüm Noktası Bağlı Hız – Rölatif Derinlik Değişimi.....	154
Şekil E.15	: 4. Ölçüm Noktası Bağlı Hız – Rölatif Derinlik Değişimi.....	155
Şekil E.16	: 5. Ölçüm Noktası Bağlı Hız – Rölatif Derinlik Değişimi.....	155
Şekil E.17	: 2. Ölçüm Noktası Bağlı Hız – Rölatif Derinlik Değişimi.....	156
Şekil E.18	: 3. Ölçüm Noktası Bağlı Hız – Rölatif Derinlik Değişimi.....	156
Şekil E.19	: 4. Ölçüm Noktası Bağlı Hız – Rölatif Derinlik Değişim.....	157
Şekil E.20	: 5. Ölçüm Noktası Bağlı Hız – Rölatif Derinlik Değişimi.....	157
Şekil E.21	: 2. Ölçüm Noktası Bağlı Hız – Rölatif Derinlik Değişimi.....	157
Şekil E.22	: 3. Ölçüm Noktası Bağlı Hız – Rölatif Derinlik Değişimi.....	158
Şekil E.23	: 4. Ölçüm Noktası Bağlı Hız – Rölatif Derinlik Değişimi.....	158
Şekil E.24	: 5. Ölçüm Noktası Bağlı Hız – Rölatif Derinlik Değişimi.....	158
Şekil F.1	: 2. Ölçüm Noktası Bağlı Hız Rölatif Derinlik Değişimi.....	160
Şekil F.2	: 3. Ölçüm Noktası Bağlı Hız Rölatif Derinlik Değişimi.....	160
Şekil F.3	: 4. Ölçüm Noktası Bağlı Hız Rölatif Derinlik Değişimi.....	161
Şekil F.4	: 5. Ölçüm Noktası Bağlı Hız Rölatif Derinlik Değişimi.....	161
Şekil F.5	: 2. Ölçüm Noktası Bağlı Hız Rölatif Derinlik Değişimi.....	161
Şekil F.6	: 3. Ölçüm Noktası Bağlı Hız Rölatif Derinlik Değişimi.....	162
Şekil F.7	: 4. Ölçüm Noktası Bağlı Hız Rölatif Derinlik Değişimi.....	162
Şekil F.8	: 5. Ölçüm Noktası Bağlı Hız Rölatif Derinlik Değişimi.....	162
Şekil F.9	: 2. Ölçüm Noktası Bağlı Hız Rölatif Derinlik Değişimi.....	163
Şekil F.10	: 3. Ölçüm Noktası Bağlı Hız Rölatif Derinlik Değişimi.....	163
Şekil F.11	: 4. Ölçüm Noktası Bağlı Hız Rölatif Derinlik Değişimi.....	163
Şekil F.12	: 5. Ölçüm Noktası Bağlı Hız Rölatif Derinlik Değişimi.....	164
Şekil F.13	: 2. Ölçüm Noktası Bağlı Hız Rölatif Derinlik Değişimi.....	164
Şekil F.14	: 3. Ölçüm Noktası Bağlı Hız Rölatif Derinlik Değişimi.....	164
Şekil F.15	: 4. Ölçüm Noktası Bağlı Hız Rölatif Derinlik Değişimi.....	165
Şekil F.16	: 5. Ölçüm Noktası Bağlı Hız Rölatif Derinlik Değişimi.....	165
Şekil F.17	: 2. Ölçüm Noktası Bağlı Hız Rölatif Derinlik Değişimi.....	166
Şekil F.18	: 3. Ölçüm Noktası Bağlı Hız Rölatif Derinlik Değişimi.....	166
Şekil F.19	: 4. Ölçüm Noktası Bağlı Hız Rölatif Derinlik Değişimi.....	166
Şekil F.20	: 5. Ölçüm Noktası Bağlı Hız Rölatif Derinlik Değişimi.....	167
Şekil F.21	: 2. Ölçüm Noktası Bağlı Hız Rölatif Derinlik Değişimi.....	167
Şekil F.22	: 3. Ölçüm Noktası Bağlı Hız Rölatif Derinlik Değişimi.....	167
Şekil F.23	: 4. Ölçüm Noktası Bağlı Hız Rölatif Derinlik Değişimi.....	168
Şekil F.24	: 5. Ölçüm Noktası Bağlı Hız Rölatif Derinlik Değişimi.....	168

SEMBOL LİSTESİ

A_x, A_y, A_z	: Sırasıyla x, y ve z yönleri için dispersiyon katsayısı
a	: Bitki yoğunluğu
a_0	: Bitkinin akıma dik olan en kesit alanı
C_H	: C suyun ısı kapasitesi
C	: Herhangi bir noktadaki konsantrasyon
C_k	: Kinetik enerji katsayısı
C_m	: Deşarj doğrultusunda merkez eksenindeki maksimum konsantrasyon
C_0	: Deşarj noktasındaki başlangıç konsantrasyon değeri
$C_\varepsilon, C_{\varepsilon 1}, C_{\varepsilon 2}$	: Türbülans saçılımı (sönümlemesi) katsayısı
C_D	: Bitki direnç katsayısı
C_I	: Ampirik bir sabit ve değeri 100'dür.
C'_D	: Birim genişlik için bitki direnç katsayısı
d	: Bitki gövde çapı
DT	: Alıcı ortam sıcaklığı ile deşarj noktasındaki sıcak su arasındaki sıcaklık farkı
D_m	: Difüzyon katsayısı
D_t	: Türbülans difüzyonu katsayısı
D_x, D_y, D_z	: Sırasıyla x, y, z doğrultuları için difüzyon Katsayısı
f	: Coriolis ivmesi
F_x	: x doğrultusunda kuvvet
F'_{xvb}, F'_{yvb}	: x ve y yönleri için bitkiden kaynaklanan direnç kuvveti
g	: Yerçekimi ivmesi
H	: Dalga Yüksekliği
H_n	: Düşey ısı yayılımı
k	: Türbülans kinetik enerjisi
k_n	: Dalga sayısı
$\overline{k}$	: Bitkinin biomedikal özelliğine bağlı bir değer
K_x, K_t	: Boyuna dispersiyon katsayısı
K_d	: Bitki gövde sürtünmesinden kaynaklanan dispersiyon katsayısı
K_h	: Derinlik kayma dispersiyonu katsayısı
k_{p2}	: Sazlık tabakasının spesifik geçirimsizliği
K_0	: Sabit sayı ve değeri $10^{1.46 \pm 0.73}$ tür
k_v	: Bitki biomedikal özelliği
$-kt$	: Atıksudaki bozunma veya çürüme miktarı
ℓ	: Akım ortamındaki bitki gövdesi uzunluğu
ℓ_m	: Karışım uzunluğu
L	: Yatay mesafe
m	: Birim alandaki bitki gövde sayısı
n_2	: Sazlık tabakasının porozitesi,
P	: Basınç
$P(x)$	: yer değiştirme olasılık yoğunluk fonksiyonu
R_i	: Richardson sayısı
R_e	: Reynolds sayısı

R_h	: Derinliğe bağlı Reynolds sayısı
S	: Birincil seyrelme miktarı
S_{ey}	: Varyans
SM_x, SM_y	: Özgül momentum
S_y^2	: Standart sapma
t	: Zaman
T_s	: Dalga periyodu
T	: Su sıcaklığı
T_o	: Alıcı ortam başlangıç sıcaklığı
$T-T_o/DT$	: Bağlı sıcaklık
T_T	: Bitki etkisiyle oluşan direnç kuvveti
S	: Birincil seyrelme miktarı
ΔS	: Silindirler arası ortalama mesafe
u, v, w	: Sırasıyla x, y, z doğrultularında akım hızı
u_i	: u hızının çalkantı bileşeni
$\overline{u_i}$	: Herhangi bir doğrultu için ortalama hız
U_{dis}	: Deşarj hızı
U_m	: Merkez eksenindeki maksimum hız
u^*	: Kayma gerilmesi
q_0	: Birim deşarj debisi
Q	: Debi
Q_{dis}	: Deşarj Debisi
Re	: Reynolds Sayısı
w	: Atık su alanı genişliği
w_0	: Deşarj noktası atıksu genişliği
X	: Konum
z	: Düşey koordinat
z_b	: Yerel referans noktası ile taban arasındaki mesafe
z_m	: Deşarj edilen atık suyun ulaşabileceği yükseklik
z/z_o	: Bağlı Derinlik
$\Delta x, \Delta y$	: Birim boy
ΔZ_{max}	: Maksimum düşey hücre aralığı
α_1	: Ölçek katsayısı
β	: Yüzeysel deşarj için sabit sayı
$\Delta \rho_{TDS}$	: Çözülmüş maddeden kaynaklanan yoğunluk değişimi
$\Delta \rho_{sal}$	: Tuzluluktan kaynaklanan yoğunluk değişimi
$\Delta \rho_{ss}$	: Askıdaki katı maddeden kaynaklanan özgül kütle değişimi
$\varepsilon, \varepsilon_{ij}$	: Türbülans saçılım (sönümlemesi) oranı
ε_y	: Yanal yönde dispersiyon katsayısı
γ	: Bitki gövde alanı, eğim ve bitki gövde boşluğuna bağlı katsayı
η_3	: Bitki gövdesinden dolayı oluşan Reynolds gerilmelerinin etkisiyle oluşan türbülans etkisi katsayısı
η_4	: Boyutsuz sazlık geçirgenliği katsayısı
ρ	: Özgül kütle
ρ_a	: Alıcı ortam özgül kütlesi
$\rho_T, \Delta \rho_s$	: Sırasıyla sıcaklık ve katı maddeden kaynaklana özgül kütle değerleri
ρ_0	: Alıcı ortam özgül kütlesi
κ	: Von Karman sabiti

ν_t	: Türbülans yada eddy vizkozitesi
ν	: Moleküler vizkosite
σ	: Standart sapma
τ_{wy}	: Rüzgardan kaynaklanan kayma gerilemesi
τ_x^v	: Bitki, direnç kuvveti
ζ	: yüzey kotu

BİTKİLİ ORTAMDA AKINTI VE DALGA ETKİLERİ ALTINDA SU SICAKLIĞI DEĞİŞİMLERİNİN DENEYSEL İNCELENMESİ

ÖZET

Ekolojik açıdan büyük öneme sahip sazlıklı bölgeler hassas bir dengeye sahiptir. Özellikle göç eden kuşlar için önemli bir uğrak ve dinlenme yeri olan bu bölgeler aynı zamanda göç etmeyen canlılar içinde büyük bir yaşam alanıdır. Özellikle besin açısından zengin olan bu bölgeler birçok canlı türüne ev sahipliği yapmaktadır. Sürdürülebilir bir gelişim gerçekleştirilebilmesi için bu bölgelerin hidrodinamik yapısının bilinmesi ve sıcak su deşarjlarıyla atık suyun davranışının belirlenerek olumsuz etkilerinin en aza indirilebilmesi gerekmektedir. Bu çalışmanın yapılış nedeni sazlıklı alıcı ortamda sıcak su deşarjıyla meydana gelen değişimlerin tespit edilmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, sıcak su deşarjlarının alıcı ortamda sazlık etkisiyle meydana gelen değişimleri deneysel bir çalışmayla incelenmiştir. Çalışmada dalga yüksekliği, sıcaklık farkı, deşarj edilen debi ve sazlık olup olmaması bağımsız değişken olarak kabul edilmiş ve sonuçta 40 adet deney gerçekleştirilmiştir. Ölçülen parametreler ise sıcaklık, hız, dalga yüksekliği ve dalga periyodudur. Deneysel çalışma 22*1*0.5 m boyutlarında kanalda gerçekleştirilmiştir. Akım hızı Vectrino+ ile 50 Hz aralığında kayıtlar alınmış ve en düşük kayıt süresi 1 dakikadır. Sıcaklıklar Pt100 tipi 19 adet termometrelerle ölçülmüştür. Sonuç olarak hem sazlıklı hem de sazlıksız ortamlar için bir akıntı ve dalga yüksekliğine bağlı sıcaklık dağılım fonksiyonu ile hız dağılım fonksiyonu istatistiksel bir yaklaşımla elde edilmiştir. İstatistiksel yaklaşımda çoklu regresyon analiz yöntemi kullanılmıştır. Söz konusu fonksiyonlar bağlı sıcaklık, boyutsuz hız ve rölatif derinlik parametrelerine göre verilmiştir. Elde edilen fonksiyonların istatistiksel açıdan yeterli hassasiyette olduğu görülmüştür. Sazlıksız ortamdaki hız ve sıcaklık değerleri klasik yöntemlerle hesaplandıktan sonra tez çalışmasından elde edilen elde edilen formüller yardımıyla sazlıklı ortamdaki dağılım elde edilebilmektedir.

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF TEMPERATURE VARIATION UNDER INFLUENCE OF WAVE AND CURRENT

SUMMARY

Ecologically important vegetated areas bear a tender equilibrium. These areas are specifically haunting places for visitant birds, and great habitats for non-visitant animals as well, since these places are very wealthy when it comes to nutrients. Hydrodynamic structures of these places should be known in order to maintain a sustainable development. Thus, this study is done to reveal the hydrodynamic structures of vegetated areas and the behavior of waste water with thermal water discharges, and eventually to reduce the negative effects of this phenomenon. The changes in the characteristics of thermal water discharges which are induced by vegetation at the receiving environment are examined with the help of an experimental study. In the study, wave height, temperature difference, flow rate of the discharge, and the existence of vegetation are chosen as independent variables, and 40 sets of experiments are conducted. Temperature, velocity, wave height and wave period are the measured parameters during the experiments. Experiments are conducted in a 22*1*0.5 m dimensioned flume. Flow velocities are measured with Vectrino+ in a 50 Hz sample frequency fashion and the shortest record is 1 minute long. Furthermore, temperatures are recorded with 19 “Pt100” type thermometers. As a result, a temperature dispersion function and a velocity dispersion function related to varying currents and wave heights are derived with a statistical approach for vegetated and non-vegetated environments. Multiple regression method is used in the statistical approach and the aforementioned functions are given for the parameters which are relative temperature, dimensionless velocity and relative depth. In addition to this, it is seen that the functions are adequately accurate by means of statistics. Once the velocity and temperature values for non-vegetated environment are calculated by conventional methods, it is possible to obtain values for the vegetated environment with the equations derived in the study.

1. GİRİŞ

Günümüzde endüstri tesislerinin sayılarının artması kadar, endüstriyel süreçlerin çeşitlenmesi de endüstrilerin çevresel etkileri açısından önemlidir. Bu çeşitlenme endüstriyel süreçlerin sonunda ortaya çıkan atıklara, dolayısıyla atıkların alıcı ortamda yayılmalarının izlenmesini sağlayan fiziksel ve kimyasal parametrelere yansımıştır. Isıl atıklar da söz konusu çeşitlenmenin 20. yüzyılın başında ortaya çıkan sonuçlarındandır. İstenmeyen ısı, başta enerji santralleri olmak üzere birçok endüstriden kaynaklanır. Yakındaki bir su ortamından (büyük çoğunlukla nehir ya da deniz) alınan su soğutma suyu olarak kullanıldıktan sonra alıcı ortama geri verilir.

Tez çalışmasının amacı, genel olarak, son yıllarda akım ortamının hidrolik özelliklerine etkileri daha çok araştırılmaya başlanan sazlıklı bölgelerde yapılan soğutma suyu (sıcak su) deşarjlarında sazlık nedeniyle meydana gelen hidrodinamik değişikliklerin, ısı yayılım özelliklerinin tespit edilmesi ve bir analitik formülasyona bağlı olarak ifade edilmeye çalışılmasıdır. Araştırılacak olan konunun hidrodinamik yapısının tam olarak bilinmemesi, sayısal modellerin henüz sazlıklı bölgelerdeki hidrodinamik yapıyı tam olarak ifade edememesi ve daha önce yapılan çalışmaların çok sınırlı sayıda olması nedeniyle, çalışmanın 2 boyutlu hidrolik model kullanılarak yapılması uygun görülmüştür. Bu tez çalışmasında sırasıyla deniz deşarjları ve sınıflandırılması, daha önce yapılmış olan çalışmalar, yapılan deneysel çalışmanın genel özellikleri ve sınıflandırmadaki yeri, deneysel çalışmadan elde edilen sonuçlar ve değerlendirme bölümleri bulunmaktadır.

1.1 Konunun Tanımı

Sıcak su deşarjları, özellikle nükleer santraller ya da çevrim santralleri gibi soğutma suyuna ihtiyaç duyan tesislerden ortaya çıkan bir atıksu çeşididir. Diğer atıksular gibi sıcak suyun da ekolojik dengeyi bozmadan uzaklaştırılması gerekmektedir. Sıcak su deşarjları, kontrollü yapılmadıkları takdirde büyük zararlara neden olabilmektedir. Buna karşın sıcak su deşarjı yapan endüstriyel tesisler,

proseslerindeki büyük su ihtiyacı nedeniyle daima bir su kaynağı olan bölgelerde inşa edilmektedir. Tesis tarafından alınan su kullanıldıktan sonra tekrar alınan kaynağa verilmektedir. Su kaynakları göl, nehir ve genellikle deniz olabilmektedir.

Sıcak su deşarjlarının akıma olan etkilerini araştıran çalışmalar ya nehir gibi yüzeysel akışın ya da göl veya deniz gibi akım ortamlarında yürütülmüştür. Her iki durumda da araştırılan, akım ortamında oluşan karışımdır. Her iki durum arasındaki fark yüzeysel akışta, su derinliğinin sınırlı olması nedeniyle hareketin tabandan yüzeye kadar olması ve oluşan karışımın bütün düşey eksen boyunca meydana gelmesi, durgun akım ortamında ise oluşan karışımın belirli bir derinlik boyunca meydana gelmesi ve diğer bölgelere difüzyon yardımıyla iletilmesidir. Tez çalışmasında nehir ağızları ya da sulak alanlardaki durgun ya da çok az bir akım ortamına yapılacak olan sıcak su deşarjının analizidir. Nehir ağızları ve sulak alanlardaki akımlar konusunda birçok çalışma yapılmış ve çeşitli yaklaşımlarla arazi ölçümlerine yakın sonuçlar veren formülasyonlar ortaya konmuştur. Ortaya konan yaklaşımlar ile nümerik modeller oluşturularak simülasyonlar kolaylıkla yapılabilmektedir.

Arazi ölçümleriyle uyumlu sonuçlar veren yaklaşımlar yapılmasına rağmen hala araştırılmamış bazı konular vardır. Bunlardan bir tanesi de akım ortamında sazlık olduğunda meydana gelen değişimdir. Son yıllarda özellikle bu konuda yapılan çalışmalar artarak devam etmektedir. Fakat yapılan araştırmalar akım ortamındaki hız değişimleri ile ilgili olup sıcaklık farkı olan durumlar konusunda eksiklik bulunmaktadır.

1.2 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Tez çalışması, durgun bir akım ortamında yapılan soğutma suyu deşarjının akım ortamında sazlık bulunması durumunda hidrodinamik açıdan meydana gelen değişimlerin tespit edilmeye çalışılmasıdır. Bu bağlamda çok bilinen sıcak su deşarjlarında eksik olan sazlığın hidrodinamik yapıya etkileri tespit edilmeye çalışılmaktadır. Yapılacak olan deşarj yüzen su jeti şeklinde olup İTÜ Hidrolik Laboratuvarında 2 boyutlu fiziksel bir model kurulmuştur. Kurulan modelde önce sadece sıcak su deşarj akıntısının olduğu durumda sazlığın etkiler belirlenmeye çalışılmış daha sonra bu deşarja karşı yönden dalga gönderilerek sazlığın neden olduğu değişimler tespit edilmeye çalışılmıştır. Daha önceki çalışmalarla kıyaslama

yapılabilmesi amacıyla ayrıca sazlksız olarak deneylerde yapılarak çalışmanın güvenirliliğinin ortaya konması hedeflenmiştir.

1.3 Deniz Deşarjları

Kontrolsüz yapılan deniz deşarjlarının büyük olumsuz çevresel etkileri vardır(EPA, 2002). Sıcak su deşarjlarının söz konusu olumsuz etkisi ortadan kaldırmak amacıyla gün geçtikçe artan miktarlarda ve çeşitlilikte araştırmalar yapılmaktadır. Fakat endüstriyel gelişimle birlikte deşarj projelerinin sayılarında, deşarj edilen atık suyun miktarında ve atıksu özelliklerinde de değişiklikler meydana gelmiştir. Farklı özellikleri nedeniyle deşarj edilen atıksuların çevreye verdikleri zararlar çeşitlenmektedir. Örneğın evsel atıksu deşarjlarında özellikle hastalık yapıcı organizmalar denizi kirleterek ortamdaki canlıların yaşamasını engellemektedir. Ayrıca neden olduğu bulanıklık nedeniyle de özellikle fotosentez için gerekli olan güneş ışınlarının derinlere ulaşmasını engelleyerek yaşamı olumsuz etkilemektedir. Atıksu olarak alıcı ortama deşarj edilen endüstriyel atıkların bazı türleri, zaman içersinde deniz ortamındaki canlıların toplu ölümlerine kadar varan kirliliklere neden olabilmektedir. EPA'nın (Environmental Protection Agency, ABD) Brayton Point Station'da, (Somerset, MA) yaptığı bir araştırmada, tesis çalışmaya başladıktan sonra milyarlarca organizmanın yok olduğu ve balık nüfusunda önemli düşüşlere neden olduğu belirtilmiştir (EPA, 2002).

Sıcak su deşarjları da bir diğeri atıksu deşarjı çeşididir. Çevrim santralleri; doğalgaz veya kömür gibi yanıcı bir hidrokarbon bileşiminin yakılarak buhar gücüyle elektrik enerjisinin elde edildiği endüstriyel tesislerdir. Dolayısıyla çevrim santraller gibi tesislerde büyük miktarlarda su kullanılmakta, kullanılan suyun büyük bir kısmı ise suyun alındığı kaynağa yani alıcı ortama geri verilmektedir. Çevrim santralleri haricinde soğutma suyu kullanımı, büyük endüstriyel tesislerde ısınan makinelerin ve sistemlerin soğutulmasından sonra ortaya çıkmaktadır ve atıksu olarak su kaynağına tekrar deşarj edilerek uzaklaştırılmaktadır.

Deniz deşarjlarını sınıflandırmak kolay olmamakla birlikte olarak;

1. Endüstriyel atıksu deşarjları
2. Evsel atıksu deşarjları
3. Termal deşarjları
 - 3.1. Sıcaksu deşarjları
 - 3.2. Soğuksu deşarjları

şeklinde 3 ana başlıkta sınıflandırılabilir. Atıksu sınıflandırmaları başka özelliklere göre de yapılması mümkündür.

Sıcak su deşarjları aynı zamanda “soğutma suyu deşarjları” olarak da ifade edilmektedir. Atıksu deşarjları içerisinde sıcak su deşarjlarının ilk anda en az zararı verdiği düşünülse de, kontrolsüz yapılan sıcaksu deşarjları en az diğer atıksu deşarjları kadar zarar verebildiği görülebilmektedir (EPA 2002; Manahan, 1994). Aşağıdaki bölümlerde alıcı ortamdaki sıcaklığın artışı ile oluşan fiziksel ve kimyasal değişiklikler incelenerek sıcak su deşarjlarının alıcı ortama etkileri ortaya konmaya çalışılacaktır.

Deniz ortamındaki yaşamın ana etkenleri incelendiğinde yukarıdaki düşünce kuvvetlenmektedir, zira ekolojik yaşamı etkileyen 3 önemli etken;

- Fotosentez için güneş enerjisi,
- Nütrient yani suda çözülmüş besin maddeleri ve oksijen,
- Sıcaklıktır.

Özellikle alıcı ortam suyunun sıcaklık artışı, organizmaların fonksiyonlarını (bölünme süreleri, gelişim hızı gibi) hızlandırmaktadır. Organizmaların fonksiyonlarının artması ise sayılarının artmasına ve ekolojik dengenin bozulmasına neden olmaktadır (Henderson ve Markland, 1987).

Sıcak su deşarjlarının diğer bir etkisi de sıcaklık artışı sonucu tabakalaşmanın meydana gelmesidir. Meydana gelen tabakalaşma sonucu ortaya çıkan tabakalar, ayrı ayrı sınırlanmış gibi hareket ettiklerinden tabakalar arası dolaşım meydana gelmez. Tabakalar arasında dolaşım meydana gelmediği takdirde özellikle sonbahar ve ilkbaharda meydana gelen ve kütleli hareketler sonucu oluşan alt ve üst su tabakaların karışması sürecini engeller. Karışım sayesinde tabana ulaşacak olan

Çözünmüş oksijen, karışımın engellendiğı durumda tabana ulaşamaz. Özellikle yaz ve kış aylarında dipte harcanmış oksijenin yerine, kütleli karışım sonucu iletilmesi gereken oksijenin tabana ulaşmaması nedeniyle oksijen azalmakta ve dipte anaerobik bir ortam oluşmaya başlar ki, bu ortam da canlıların yaşayabilmesi için uygun bir ortam değildir (Manahan, 1994).

Endüstriyel tesislerde kullanılan soğutma suyu özellikle su kaynağının dip bölgesinden alınan soğuk sudur ve besin açısından zengin bir yapıya sahiptir. Bu nedenle endüstri tesislerinden gelen sıcak su alıcı ortama verildiğinde içerisindeki besi maddeleriyle beraber deşarj edilmiş olur. Yüzeyde besi açısından fazla zengin olmayan mevcut suya besi miktarı açısından zengin olan sıcak su deşarj edildiğinde organizmalar çoğalmakta ve besin zinciri içerisindeki denge bozulabilmektedir (Henderson ve Markland, 1987).

Her su kütlesinin değişik kimyasal ve biyolojik özellikleri vardır. Sıcaklık değişimiyle beraber kimyasal ve biyolojik şartlar da değişmektedir. Dolayısı ile o bölgede yaşayan canlılar yapay sıcaklık değişimi nedeniyle farklılaşan kimyasal ve biyolojik şartlara ya bölgeyi terk ederek tepki verirler, ya da toplu ölümlere maruz kalırlar (Manahan, 1994).

Alıcı su ortamındaki sıcaklık artışı sonucu oluşan olumsuzluklardan bir tanesi de ısınan suyun içerisindeki çözülmüş oksijen miktarının büyük oranda düşmesidir (Henderson ve Markland, 1987). Belirli bir ekolojik denge içerisinde yaşayan organizmaların ortama uygun özellikleri vardır ve sıcaklığın artmasıyla ekolojik denge bozulmaktadır. Her ortamda yaşayan canlıların yaşayabildiğı bir sıcaklık değeri vardır ve canlılar normal ortam sıcaklığı değerinden bir iki derece farklı sıcaklığa kadar adapte olabilirler. Fakat yapılan sıcak su deşarjıyla birlikte alıcı ortamdaki sıcaklık değeri yüksek miktarda artarsa, başka bir deyişle limitlerin dışına çıkarsa, canlılarda yaşamlarını kaybetmelerine kadar varan tahribatlara neden olabilmektedir (Braython Point Station Report by EPA, 2003). Çözülmüş oksijenin azalması sonucu plankton türlerinden balık türlerine kadar birçok yaşam etkilenmektedir. EPA'nın (Environmental Protection Agency, ABD) Brayton Point Station, (Somerset, MA)'da yaptığı bir araştırmada, tesis çalışmaya başladıktan sonra, milyarlarca organizmanın yok olduğu ve balık nüfusunda önemli düşüşler olduğu belirtilmiştir (EPA, 2002). Yapılan bu araştırmada bölgedeki sıcak su

deşarjının Mount Hope körfezinde 250 milyon dil balığı larvasının, 378 milyon diğer balık türleri yumurtalarının yok olmasına neden olduğu ifade edilmiştir. Normal su sıcaklığının deşarj nedeniyle uzun dönemde 3,83 °C arttığı yapılan ölçümlerle tespit edilmiştir. Ayrıca su alma yapısından içeri girerek ölen balıklar da azımsanmayacak sayıdadır.

Diğer taraftan soğutma suyu olarak alınan sularda alg ve midye oluşumunu engellemek için şok klorlama yöntemi kullanılmaktadır. Suya verilen klor daha sonra deşarj sırasında alıcı ortama karışmaktadır. Alıcı ortamda serbest klor miktarı uygulanan yöntem nedeniyle artmakta ve organizmaların yaşamlarını tehdit etmektedir. Bunun için de alıcı ortama verilecek olan atıksuyun içerisindeki maksimum klor miktarı sınırlandırılmıştır. Alıcı ortama verilebilecek maksimum serbest klor miktarının Su Ürünleri Yönetmeliğinin Ek 5'e göre 0,5 mg/l'yi geçemeyeceği belirtilmiştir (Su Ürünleri Yönetmeliği).

Ortama verilen sıcak su ile artan sıcaklık ve deniz ortamlarındaki tuzluluğa bağlı olarak düşük seviyelerde olan oksijen konsantrasyonlarına, artan biyolojik aktivite sonucu yükselen oksijen tüketim hızının da eklenmesiyle ortamın kirlilik yüklerine karşı hassasiyeti ve oksijensiz koşullara geçme eğilimi de artacaktır (Varol, 2004).

Sıcaklık artışının diğer bir etkisi de, sıcaklık artışıyla suyun viskozitesi azalması ile çökelme hızları ve sedimentasyonun artmasıdır. Sedimentasyonun artması ile alıcı ortamda sediment birikimine ve çamur problemine yol açabilmektedir (Varol, 2004).

Sıcaklık oksidan bir maddenin oksijen ile tepkimeye girme hızını arttırarak oksijen tüketim hızı üzerinde bilinen önemli bir etkidir. Sıcaklık arttıkça oksitlenme olayının hızı da, artmakta bu nedenle çözünmüş oksijen miktarı azalmaktadır (Varol, 2004).

Sıcaklık artışının birçok kimyasal reaksiyon üzerinde önemli etkisi vardır. Sıcaklıktaki 10°C'lık artış reaksiyon hızlarını yaklaşık iki katına çıkarabilmektedir (Parker ve Krenkel 1970). Alıcı ortamlardaki sıcaklık değişimlerinin; ortamın iyonik gücü, iletkenliği, çözünürlüğü ve koroziyifliği gibi kimyasal özelliklerini de değiştireceği göz önünde bulundurulmalıdır (Varol, 2004).

Normal alıcı ortamlarda her biri kendi karakterleri ve sıcaklık toleransları olan çok çeşitli organizmalar atıkların giderilmesinde aktif rol oynamaktadır. Farklı metabolizma hızlarına sahip olan türlerle organizmaların dağılımı sıcaklık değişimlerine veya atık çeşitlerine göre önemli değişiklikler gösterebilmektedir. Her canlının belirli sıcaklığa tepkisi farklı olduğundan, sıcaklık değişimi canlıların bir kısmı için avantaj iken bir kısmı için dezavantaj haline gelir ve sistem dengesini kaybederek yeni denge sistemine doğru hareket eder (Varol, 2004).

Özellikle çevre bilincinin artmasıyla endüstriyel atıkların uygun şekilde uzaklaştırılması büyük bir önem kazanmıştır. Endüstriyel bölgelerde kullanılan soğutma suyunun da uzaklaştırılması, yukarıda açıklanan sebeplerden dolayı diğer atık suların uzaklaştırılması gibi önemli bir sorun olarak ortaya çıkmaktadır. Öte yandan özellikle dünyada çevrim santrallerinin ve endüstrinin gelişmesi sonucu kullanılan soğutma suyunun artması sonucu, soğutma suyu deşarj miktarları büyük bir hızla artmaktadır.

Yapılan soğutma suyu deşarjları temelde iki tiptir. Bunlardan birincisi, bir difüzör yardımıyla tabandan verilen sıcak su, diğeri ise yüzeysel akışla ya da nehir gibi yüzeysel olarak denize verilen deşarjlardır. Deniz tabanında difüzör yardımıyla yapılan deşarjların üstünlüğü küçük alanlarda ani bir soğumanın oluşmasıdır. Fakat difüzör ile deşarj olayı tabana yakın bölgede meydana geldiğinden çevresindeki bölgede büyük çevresel problemlere neden olabilmektedir (Kolluru ve diğ., 2003). Nehir gibi yüzeysel akışla verilen sıcak su deşarjlarında ise verilen su yüzeysel olarak sıcaklık değişimlerine neden olmakta, olumsuz çevresel etkiler yüzeyde oluşmakta ve tabanı ve/veya deşarj edilen derinlikten daha derindeki tabakaları etkilememektedir. yüzeysel akış ile yapılan deşarjların olumsuz yönü ise sıcaklık artışının yatayda büyük bir alanda etkili olmasıdır (Kolluru ve diğ., 2003).

Genel olarak soğutma suyu deşarjı yapılırken iki ısıl durumdan bahsetmek gerekmektedir. Bunlardan birincisi verilen sıcak suya bağlı olarak difüzyon ve dispersiyon ile meydana gelen karışım, diğeri ise su ile hava arasında meydana gelen ısı transferidir. Yapılan soğutma suyu deşarjları genelde doğrudan yapılan deşarjlardır: Örneğin bir nehir ağzı gibi sıcak suyun cazibeyle denize deşarj edilmesi. Yöntemin avantajı sıcak suyun düşeydeki hareketinin az olmasıdır. Genelde akım yatay bir hareket yaparak tabana doğru yayılımı minimum da olacak şekilde, geniş

bir yüzeye yayılır ve soğuma daha çok atmosferle ilişkiye girerek sağlanır. Meydana gelen sıcaklık artışı ise yüzeye yakın bölgede olacağından doğal yaşamı fazla etkilememektedir (Kolluru ve diğ., 2003).

Soğutma suyu deşarjı analizinde, çevrim santrali işletme koşulları, meteorolojik koşullar, hidrodinamik ve su kalitesi verileri ve termal bulutun hareketinin anlaşılması için hidrodinamik karakteristikler kullanılmaktadır. Analizlerde iki tür yaklaşım yapılmaktadır ki bunlar arazi çalışmaları ve modellemelerdir. Arazi çalışmaları zamansal ve uzaysal limitlerin belirlenmesini sağlar. Modeller sayesinde hidrodinamik sürecin, çeşitli senaryo ve hipotezlere bağlı olarak etkilerinin tahminleri yapılmaya çalışılmaktadır (Wu ve diğ., 2001).

Soğutma suyunu uygun bir şekilde uzaklaştırabilmek için son yıllarda birçok nümerik (sayısal) model çalışması yapılmıştır. Özellikle herhangi bir alana ihtiyaç duymadan bilgisayar ortamında yapılan modeller işgücü ve zamandan da tasarruf sağlamaktadır. Ayrıca modelde yapılan büyük değişiklikler ve senaryoların kısa sürelerde uygulanıp sonuçlarının alınması nedeniyle nümerik modeller tercih edilmektedir. Nümerik modellerin ifade edilen avantajlarına rağmen, ortam özelliklerinin doğru tespit edilememesi, arazi ölçümlerinin az veya yetersiz oluşu, sınır koşullarının doğru ifade edilememesi, yeterli bilgi olmadan yapılmaya çalışılan kabuller, ya da sistemin tasarlananda daha karmaşık olması nedeniyle doğru ifadelerin kullanılamamasından oluşan hatalardan dolayı bazen tam doğru sonucu vermeyebilir (Schreiner ve diğ., 2002). Bu şekilde hazırlanan nümerik modeller gerçek ortamdaki sonuçlardan çok farklı neticeler vererek kirliliğin olduğundan fazla tahmin edilmesine veya tahminlerden daha az kirlilik değerlerinin bulunmasına neden olabilmektedir. Her iki durumda ya çevre aşırı kirliliğe maruz kalmakta ya da ekonomik bir yapıdan uzaklaşılarak büyük yatırımlara neden olabilmektedir. Yukarıda ifade edilen problemleri ortadan kaldırmak amacıyla bazı koşullarda nümerik model yerine fiziksel modelleme gerekmektedir. Fiziksel modeller özellikle karmaşık sistemlerin çözümünde kullanılmaktadır ve olayın matematiğinden çok fiziği ön plandadır. Uygun model teknikleri kullanılarak yapılan fiziksel modeller olayın fiziğini tam olarak ortaya koyabilmektedir. Ayrıca karışık ifadeler ve iç içe geçmiş analitik sistemlerden kurtulup, doğrudan sonuçları görmek açısından da fiziksel modeller tercih edilmektedir. Yukarıda ifade edilen olumsuzluklardan etkilenmemek amacıyla tez çalışmasında fiziksel model oluşturulmuştur. Söz

konusu fiziksel modelde sazlığın karmaşık yapı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Daha önce yapılan bilimsel çalışmalar incelendiğinde, sazlıklı ortamlarda yapılan çalışmaların hemen hepsinin fiziksel model ya da arazi çalışmaları olduğu ortaya çıkmaktadır. Nümerik ve sazlıklı olarak yapılan çalışmalar yok denecek kadar azdır.

Tez dahilinde yapılan fiziksel modelin genel kapsamı sazlıklı bölgelerde akıntı ve dalga etkileri altında sıcak su deşarjları sonucu meydana gelen su sıcaklığı değişimlerinin incelenmesidir. Endüstriyel bölgelerde ve/veya çevrim santrallerinde kullanılan soğutma suyunun denize deşarj edilmesi durumunda sazlığın hidrodinamik yapıya etkileri ortaya konularak, söz konusu sürece etki eden faktörler belirlenebilecektir. Tez çalışmasındaki fiziksel model çalışması İ.T.Ü İnşaat Fakültesi Hidrolik Laboratuvarında 2 boyutlu olarak gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada sazlığın su sıcaklığı dağılımına etkisi ana parametre olarak kullanılacaktır. Daha önce yapılan çalışmalarda genel olarak sazlığın akımı yavaşlatıcı veya geciktirici bir etki yaptığı ifade edilmektedir (Çelik, 2005). Yapılan çalışmaların birçoğunda meydana gelen gecikmenin nasıl olduğu konusunda olup bir yöntem geliştirmeye çalışılmıştır. Bahsi geçen akım hızındaki yavaşlama sazlığın akıma uyguladığı sürüklenme kuvvetinden ve oluşturduğu türbülans kaynaklanmaktadır. Meydana gelen yavaşlama ve gecikmeyi tespit amacıyla yapılan deneyler sırasında çeşitli noktalarda ve çeşitli derinliklerde hız, sıcaklık ve dalga yüksekliği gibi parametreler ölçülmüştür. Bu parametrelerin farklı değerlerinde oluşan değişimler incelenmiştir.

1.4 Sıcak Su Deşarjlarının Sınır Değerleri

Konuya daha detaylı girmeden önce yapılan sıcak su deşarjlarının yönetmeliklerdeki sınır değerleri hakkında bilgi vermenin konunun daha iyi anlaşılmasına yardımcı olacağı düşünülmektedir. Zira çeşitli ülke ve grupların verdiği limitlere bakıldığında genellikle 3 derecelik artışları kabul etmekte olup daha fazla meydana gelen artışların ekolojik dengeyi bozabileceği düşünülmektedir. Mühendislerin ve bilim adamlarının asıl amacı çevreye zarar vermeden sürdürülebilir bir kalkınma olduğu için kabul edilen limitler, yapılacak olan çalışmaların sınırlarını ortaya koymaktadır. Bu nedenle Bölüm 1.4’de Türkiye, Avrupa Birliği, Dünya Bankası ve Amerika Birleşik Devletleri’nde kullanılan konuyla ilgili parametrelerin sınır değerleri verilmiştir. 4

Eylül 1988 tarihli ve 19919 sayılı Resmî Gazete’de yayınlanan Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği’nde “deniz ortamının seyreltme kapasitesi ne olursa olsun, denize deşarj edilecek suların sıcaklığı 35 °C aşamaz” ifadesi yer almaktadır. Ayrıca aynı yönetmeliğe göre “sıcak su deşarjları difüzörün fiziksel olarak sağladığı birinci seyrelme (S₁) sonucunda karıştığı deniz suyunun sıcaklığını Haziran-Eylül aylarını kapsayan yaz döneminde 1°C’den, diğer aylarda ise 2 °C’den fazla arttıramaz”. Su Ürünleri Yönetmeliği’ne göre ise şok klorlama yöntemiyle alıcı ortama verilebilecek serbest klorun 0,5 mg/l’yi geçmemesi gerekmektedir. 1. seyrelme sonucunda da klor konsantrasyonunun 0,01 mg/l’yi geçmemesi gerekmektedir (Su Ürünleri Yönetmeliği, 1998).

Birçok eyalette geçerli olan A.B.D. standartlarında ise “verilecek suyun en fazla 30 °C’yi geçmemesi, nehirlerde deşarj sonucu sıcaklık artışının sıcak alıcı ortam durumunda 1,7 °C, soğuk alıcı ortamda ise 2,8 °C’yi aşmaması gerektiği vurgulanmaktadır. Göl ve haznelerde ise sınır değeri 1,7 °C’dir (EPA Standartları, 2002).

Dünya bankası projelerinde uygulanması istenen limit ilk seyrelme ve karışım bölgesi içerisinde alıcı ortamda meydana gelen sıcaklık değişiminin 3⁰ yi geçmemesi istenmektedir. Eğer karışım bölgesi tanımlanmamış ise hassas ekosistemlerin olmadığı bölgelerde deşarj noktasından itibaren 100 m uzaklıktaki bir noktada seçilebilir (Dünya Bankası, 1998).

Avrupa birliği ise alıcı ortamları 2 gruba ayırmıştır. Bunlardan bir tanesi soğuk suların olduğu bölge ikincisi sıcak su bölgesidir. Soğuk su olarak ifade edilebilecek alıcı ortamlarda karışım bölgesindeki sıcaklık artışının 1.5⁰C iken Akdeniz gibi sıcak olan alıcı ortamlarda 3⁰C yi geçmemesi gerektiğini limit değeri olarak kabul etmiştir (Avrupa Birliği Standartları, 2004).

2. KONU İLE İLGİLİ YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR VE TEMEL DENKLEMLER

Tez çalışmasında, konunun daha iyi anlaşılması amacıyla daha önce yapılan çalışmalar ve temel denklemler incelenmiştir. İncelemeler sırasında olayın fiziği ve matematiği anlaşılmasına çalışılarak etki eden parametreler belirlenmeye çalışılmıştır. İncelenen yayınlar genel olarak sıcak su deşarjları ile ilgili nümerik ve deneysel çalışmalardır. Ayrıca bir akım ortamındaki sazlığın hidrodinamik yapıya etkilerinin belirlenmesi ile ilgili literatür de incelenmiştir.

2.1. Temel Denklemler

Akışkan parçacığının akım ortamındaki hareketleri için geliştirilmiş modellerin temelleri süreklilik, hareket (Navier-Stokes), tuzluluk veya sıcaklık denge denklemleri ile durum denklemine dayanmaktadır. Bu denklemlerin matematik ifadeleri ve bu ifadelerin fiziksel anlamları sırasıyla aşağıda verilmektedir. Temel denklemlerin ilki süreklilik denklemdir. Bu denklem sıkışmaz bir akışkan (su) için aşağıdaki şekilde yazılabilir (2.1)

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad (2.1)$$

Yatay hız bileşenleri için momentum denge denklemleri en genel haliyle 3 boyutlu bir akım ortamında x ve y yönlerine göre sırasıyla denklem 2.2 ve 2.3'teki gibi ifade edilmektedir.

$$\begin{aligned} & \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} - \frac{\partial}{\partial x} \left(A_x \frac{\partial u}{\partial x} \right) - \frac{\partial}{\partial y} \left(A_y \frac{\partial u}{\partial y} \right) - \frac{\partial}{\partial z} \left(A_z \frac{\partial u}{\partial z} \right) - f_v \\ & = g \frac{\partial \zeta}{\partial x} - \frac{g}{\rho} \int_{\zeta}^z \frac{\partial \rho}{\partial x} dz + SM_x \end{aligned} \quad (2.2)$$

$$\begin{aligned} & \frac{\partial v}{\partial t} + v \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + v \frac{\partial w}{\partial z} - \frac{\partial}{\partial x} \left(A_x \frac{\partial v}{\partial x} \right) - \frac{\partial}{\partial y} \left(A_y \frac{\partial v}{\partial y} \right) - \frac{\partial}{\partial z} \left(A_z \frac{\partial v}{\partial z} \right) - fu \\ & = g \frac{\partial \zeta}{\partial x} - \frac{g}{\rho} \int_{\zeta}^z \frac{\partial \rho}{\partial x} dz + SM_y \end{aligned} \quad (2.3)$$

Burada t , zamanı, u , v , w ; sırasıyla x , y ve z yönlerindeki hız bileşenlerini, f Coriolis ivmesini, ζ su yüzeyi kotunu ve $\frac{\partial \zeta}{\partial x}$ yüzeydeki değişimi göstermektedir. Denklemden

$$\frac{\partial u}{\partial t} \text{ lokal ivme, } u \frac{\partial u}{\partial x} \text{ ve } u \frac{\partial v}{\partial y} \text{ konvektif ivmelerdir. } A_n \text{'li terimler ise}$$

momentum denge denkleminde kullanılan momentum dispersiyon katsayılarıdır ve Von Karman sabiti ile Richardson sayısının bir fonksiyonudurlar. Von Karman sabiti

$$(\kappa) \frac{1}{\kappa} = \frac{y d\bar{u}}{u_* dy} \text{ olarak ifade edilen bir fonksiyondur. Denklem 2.1 deki } \frac{g}{\rho} \int_{\zeta}^z \frac{\partial \rho}{\partial x} dz$$

terimi, özgül kütle göz önüne alarak basınç değişimini ifade etmektedir.

Planda bakıldığında görülen eksenler x ve y ile düşey eksenindeki dispersiyon katsayıları A_x , A_y ve A_z , çeşitli ampirik formüllerle hesaplanabilmektedir. Örneğin Okuba (1971) yaptığı çalışma sonucunda nümerik modeller için birim yatay ve düşey aralıklar ile dispersiyon arasında bir ilişki olduğunu ve bu ilişkinin denklem 2.4'teki gibi olduğunu ifade etmiştir. Düşey yöndeki dispersiyon katsayısı ise daha yeni bir çalışmada denklem 2.5'te gösterildiği şekilde verilmiştir (Wu ve diğ., 2001);

$$A_{x,y} = 5.84 \times 10^{-4} (\Delta x, \Delta y)^{1.1} \quad (2.4)$$

$$A_z = \frac{\kappa \ell_m^2}{2} \left[\left(\frac{\partial u}{\partial z} \right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial z} \right)^2 \right]^{1/2} e^{-1.5 R_i} \quad (2.5)$$

Burada dispersiyon katsayılarının birimleri m^2 dir. Denklem 2.4'teki Δx ve Δy ise x ve y yönlerindeki birim genişlik boyutlarıdır. Denklem 2.5'teki ℓ_m , derinliğin fonksiyonu olan karışım uzunluğudur. Tabakasız ve askıda katı madde bulunmayan akımlar için Von Karman sabiti yaklaşık 0.4 olarak alınabilir. Richardson sayısı akım ortamındaki herhangi bir yöndeki ivmenin, aynı doğrultudaki momentum transferine oranıdır. R_i ile gösterilen Richardson sayısının matematiksel ifadesi 2.6'da verilmiştir.

$$R_i = \frac{\frac{g}{\rho} \frac{d\rho}{dz}}{\left(\frac{du}{dz}\right)^2} \quad (2.6)$$

Denklem 2.2 ve 2.3'teki SM_x ve SM_y , bir alıcı ortamda yapılan deşarjdan kaynaklanan momentum terimleridir. Bu terimler, deşarj hızı U_{dis} ve deşarj debisi Q_{dis} için $(U_{dis} * Q_{dis}) / (\Delta x \Delta y \Delta z)$ şeklinde ifade edilmektedir. Bu kaynak terimleri başka bir değışle deşarj edilen akışkandan kaynaklanan ek momentum girişini ifade etmektedir.

Özellikle herhangi bir alıcı ortama yapılan sıcak su deşarjlarında ya da nehir ağızlarında, iki farklı özellikteki akışkan kütlelerinin özgül kütle farkı da karışımı etkileyen faktörlerden biri olmaktadır. Özgül kütle etkileyen parametreler ise sıcaklık, tuzluluk, çözünmüş madde miktarları ya da askıda katı madde miktarları gibi değışkenlerdir. Özgül kütle hesap edilebilmesi için bu parametrelerin değışlerinin bilinmesi gerekmektedir. Buna göre özgül kütle fonksiyonu aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$\rho = \rho_T + \Delta\rho_s \quad (2.7)$$

Burada ρ_T sıcaklıktan kaynaklanan özgül kütle değışimi, $\Delta\rho_s$ çözünmüş yada askıdaki katı maddelerden kaynaklanan özgül kütle değışimidir.

Gill (1982) yaptığı çalışmada sıcaklığa bağılı özgül kütle, aşağıdaki şekilde hesaplanabileceğini söylemiştir.

$$\rho_T = 999.8452594 + 6.793952 \cdot 10^{-2} T - 9.095290 \cdot 10^{-3} T^2 + 1.001685 \cdot 10^{-4} T^3 - 1.120083 \cdot 10^{-6} T^4 + 6.536332 \cdot 10^{-9} T^5 \quad (2.8)$$

Burada T suyun sıcaklığını göstermektedir. Tuzluluk gibi çözünmüş ya da mil gibi askıdaki maddelerden kaynaklanan özgül kütle değışimi 2.9'da verilmiştir.

$$\Delta\rho_s = (\Delta\rho_{sal} \text{ veya } \Delta\rho_{TDS}) + \Delta\rho_{ss} \quad (2.9)$$

$\Delta\rho_{TDS}$ toplam çözünmüş maddeden kaynaklanan özgül kütle değışimi, $\Delta\rho_{sal}$ tuzluluktan kaynaklanan özgül kütle değışimi, ve $\Delta\rho_{ss}$ askıdaki katı maddeden

kaynaklanan özgül kütle değişimidir (Ford ve Johnson, 1983). Özgül kütle değişimlerinin hesaplanması için literatürde birçok metot ve denklem bulunmaktadır.

Üç boyutlu akımda bir akışkan parçacığı için sıcaklık dengesinin zamana göre değişimi denklem (2.10) 'de verilmektedir (Wu ve diğ., 2001).

$$\frac{\partial T}{\partial t} + \frac{\partial uT}{\partial x} + \frac{\partial vT}{\partial y} + \frac{\partial wT}{\partial z} - \frac{\partial}{\partial x} \left(A_x \frac{\partial T}{\partial x} \right) - \frac{\partial}{\partial y} \left(A_y \frac{\partial T}{\partial y} \right) - \frac{\partial}{\partial z} \left(A_z \frac{\partial T}{\partial z} \right) - \frac{1}{\rho C_H} \frac{\partial H_n}{\partial z} \quad (2.10)$$

Burada $T = T(x, y, z, t)$, herhangi bir andaki ve herhangi bir yerdeki sıcaklıktır. H_n düşey ısı yayınıdır. C_H suyun özgül ısısıdır ve değeri $4186 \text{ jkg}^{-1}\text{C}^{\circ -1}$ 'dir (Wu, ve diğ., 2001).

Sıcak su deşarjı yapılan bölgelerde ortam sıcaklık değerinin oluşmasında ana etken akımın türbülans yapısıdır. Navier-Stokes denklemindeki hızlar anlık hızlardır ve anlık hızların değerlerinin bilinmesi mümkün değildir. Bu nedenle ortalama hızlar ile çözüm üretilmesi gerekmektedir. Daha karmaşık durumlar söz konusu olduğu zaman, örneğin ani değişken akımlarda, durgun ortamdaki ısı yayını hesaplarında türbülansın etkisi daha da artmaktadır. Bu nedenle akım ortamının daha iyi anlaşılabilmesi için türbülans konusunun biraz daha detaylı incelenerek olayın fiziğinin daha anlaşılır hale getirilmesi gerekli görülmüştür.

Navier-Stokes denkleminin diferansiyel yöntemler ile çözümü sırasında kullanılan hızlar yerine ortalama hız değerleri konulduğunda, özellikle anlık hızın çalkantı bileşenlerinden kaynaklanan karışımın etkisi ihmal edilmektedir. Bu etkinin ihmal edilmemesi için türbülans kayma gerilmesi yada Reynolds gerilmesi kavramları geliştirilmiştir. Türbülans kayma gerilmesi kavramıyla momentum transferi miktarı ortaya konulabilmektedir. Bu gerilmenin matematik ifadesi, anlık hızın çalkantı bileşenlerinin çarpımlarının ortalamasının özgül kütle ile çarpılmasıdır $(-\rho \overline{u'_i u'_j})$.

Buradaki i indisi herhangi bir doğrultuyu gösterirken j indisi buna dik diğer bir yönü göstermektedir. i indisi genellikle kartezyen koordinatlara göre x doğrultusu iken j ise y ya da z doğrultusunu tanımlamaktadır. Reynolds gerilmesinin fiziksel anlamı, x_i yönündeki momentumun, x_j yönünde taşınmasıdır (Çelik, 2004, Jaw ve Chen, 1998).

Türbülans olayını biraz daha kolay ve hesaplanabilir bir hale getirmek amacıyla “eddy viskozitesi” kavramı geliştirilmiştir. Eddy viskozitesi en genel haliyle türbülans kayma gerilmesinin ortalama hız gradyanıyla orantılı olduğu kabulüne dayanmaktadır ve herhangi bir akım ortamında herhangi bir doğrultu için ;

$$-\overline{u'_i u'_j} = \nu_t \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) - \frac{2}{3} k \delta_{ij} \quad (2.11)$$

şeklinde ifade edilebilir (Jaw ve Chen 1998). Buradaki ν_t , türbülans yada eddy viskozitesi, k , türbülans kinetik enerjisidir ve k ,

$$k = \frac{1}{2} \left(\overline{u_1'^2} + \overline{u_2'^2} + \overline{u_3'^2} \right) \quad (2.12)$$

şeklinde ifade edilmektedir (Rubin ve Atkinson, 2001).

Eddy viskozitesi kavramına bağlı olarak türbülans modelleri geliştirilmiştir. En çok kullanılan modellerden bir tanesi karışım uzunluğu modelidir. Karışım uzunluğu modelinde türbülans viskozitesi,

$$\nu_t = \ell_m^2 \left| \frac{\partial u}{\partial y} \right| \quad (2.13)$$

şeklinde verilmektedir. Buradaki tek bilinmeyen olan karışım uzunluğu, ℓ_m , birçok durum için ampirik formüllerle hesaplanmaktadır. Basit tabakalı akımlar için ampirik yollarla karışım uzunluğu kolayca hesaplanabildiği için bu yaklaşım kullanılmaktadır. Fakat akım ortamı daha karmaşık hale geldiğinde –örneğin akım ortamında sazlık olduğu durumlarda– bu yaklaşım iyi sonuçlar vermemektedir (Çelik, 2004).

Nümerik modellerde kullanılan dispersiyon katsayıları genellikle karışım uzunluğu ve eddy vizkositesi kavramlarına göre hesap edilmekte ve buna göre çözümler üretilmektedir. Serbest yüzeyli akım ortamlarındaki tabakalı akımlarda karışım uzunluğunun, tabaka boyunca sabit bir değeri olduğu ve tabaka kalınlığı δ , ile orantılı olduğu kabul edilmiştir. Karışım uzunluğu ve eddy viskozitesi için çeşitli formüller geliştirilmiş ve geliştirilen formüllere örnekler Tablo 2.1’de verilmiştir.

Tablo 2.1: Çeşitli eddy viskozitesi ve karışım uzunluğu formülleri

Nickuradse [NICK]	$\nu_t = \ell_m^2 \left \frac{\partial u}{\partial z} \right e^{-CR_i}$ $\ell_m = z_0 \left[0.14 - 0.08 \left(1 - \frac{z}{z_0} \right)^2 - 0.06 \left(1 - \frac{z}{z_0} \right)^4 \right]$	Rodi (1993)
Parabolic PARAB]	$\nu_t = \kappa u_* z \left(1 - \frac{z}{z_0} \right) e^{-CR_i}$	Engelund (1976)
[W2]	$\nu_t = \kappa \frac{\ell_m^2}{2} \sqrt{\left(\frac{\partial U}{\partial z} \right)^2 + \left(\frac{\tau_{wy} e^{-kz} + \tau_{ytrib}}{\rho \nu_t} \right)^2} e^{-CR_i}$ $\ell_m^2 = \Delta z_{mak}$	Cole and Buchak (1995)
W2 Nickuradse'nin karışım uzunluğuna göre	$\nu_t = \kappa \frac{\ell_m^2}{2} \sqrt{\left(\frac{\partial U}{\partial z} \right)^2 + \left(\frac{\tau_{wy} e^{-kz} + \tau_{ytrib}}{\rho \nu_t} \right)^2} e^{-CR_i}$ $\ell_m = z_0 \left[0.14 - 0.08 \left(1 - \frac{z}{z_0} \right)^2 - 0.06 \left(1 - \frac{z}{z_0} \right)^4 \right]$	Cole and Buchak (1995) ve Rodi (1993)
[RNG]	$\nu_t = \nu \left[1 + \Psi \left(3\kappa \left(\frac{zu_*}{\nu} \right)^3 \left(1 - \frac{z}{H} \right)^3 - C_1 \right) \right]^{-1/3} e^{-CR_i}$	Simoes (1998)

Yukarıda verilen ifadelerde ℓ_m , karışım uzunluğu, z düşey koordinat, z_0 akım derinliği, R_i Richardson sayısı, u^* kayma gerilmesi, κ Von Karman sabiti, τ_{wy} rüzgardan kaynaklanan kayma gerilmesi, k_n dalga sayısı, ρ akışkan özgül kütlesi, Δz_{max} özellikle numerik çözümde kullanılan maksimum düşey hücre aralığı, ν kinematik viskozite, C sabit bir sayı ve değeri 0.15 ve C_1 ampirik bir sabit ve değeri 100'dür.

Akım ortamının daha kompleks olması durumunda daha önce ifade edildiği gibi karışım uzunluğu ile ilgili yaklaşım çok doğru sonuçlar vermeyebilir. Bu nedenle türbülans özelliklerini veren yöntemler ortaya konmaya çalışılmıştır. Söz konusu yöntemlerin en bilinenlerinden bir tanesi de $k-\varepsilon$ teoremidir (Jaw ve Chen, 1998). Bu modelle birçok detaylı çalışma yapılmış ve “ $k-\varepsilon$ eddy viskozite modeli”, “ $k-\varepsilon$ nonlineer Reynolds gerilme modeli” ve “ $k-\varepsilon$ cebirsel gerilme modeli” gibi modeller geliştirilmiştir. Söz konusu modellerde aşağıdaki yaklaşım ve kabûller kullanılmaktadır (Jaw ve Chen, 1998) ;

- Bütün ortalama Navier Stokes eşitlikleri ve Fourier enerji eşitlikleri türbülansın ortalama hareketi ve türbülans taşınım özelliklerini yeterli derecede tanımlar. Ancak öncelikle hızlar ortalama değerdedir ve akımın detayı kaybolmaktadır.
- Türbülansın kaynaklanan difüzyon, taşınım gradyanı ile orantılıdır (difüzyon gradyan modeli)
- Küçük türbülans çevrintileri her 3 ekseninde aynı özellikte olduğu (izotropik dağılım modelleri) ya da her üç ekseninde aynı özellikte olmadığı yöntemler (anizotropik dağılım modelleri) yöntemlerle tahmin edilir.
- Bütün türbülans taşınım özellikleri, Reynolds gerilmesi, türbülans kinetik enerjisi, türbülans kinetik enerji dağılımı oranı, ortalama akım değişkenleri ve termodinamik değişkenlerin yerel fonksiyonudur.
- Türbülans kavramı ya tek bir türbülans ölçeği ya da birden çok türbülans ölçeği ile karakterize edilir.
- Bütün türbülans modelleri deneysel çalışma ve gözlemler içermektedir.

Türbülans modellerinin kullandıkları kısmi diferansiyel sayısına bağlı olarak türbülans taşınım özellikleri tanımlansa da, bundan başka türbülans modelleri 4 farklı grupta sınıflandırılır (Jaw ve Chen, 1998);

1. Sıfır eşitliği modelleri (zero equation models), örneğin Von Karman (1931) veya Prandtl'in (1925) karışım uzunluğu modeli. Bu modellere sadece ortalama hız alanlarının kısmi diferansiyelini kullanır. Türbülans taşınım özellikleri için kısmi diferansiyel eşitliği kullanmazlar
2. Tek parametrelili modeller (One equation models); örneğin Kolmogorov modeli (1942) veya Prandtl (1945) gibi. Türbülans özellikleri için modellemede bir kısmi diferansiyel denklem kullanır ve tipik örnek ise türbülans kinetik enerji modelidir.
3. İki parametrelili modeller (Two-equation models); örneğin Nakayama ve Harlow (1967), Launder ve Spalding (1974), Lumly (1983) $k-\epsilon$ modeli veya Staffman (1970), Rodi ve Spalding (1970) $k-\omega$ modeli. İki kısmi diferansiyel denklem kullanılarak çözüme ulaşılır. Buradaki k , ω , ϵ

sırasıyla türbülans kinetik enerjisi, türbülans kinetik enerji harcanma miktarı ve çevrintiyi ifade etmektedir. Reynolds kayma gerilmesi denkleminde uyarlanan iki parametrelili modeller, eddy viskozitesi modeli (Launder ve Spalding, 1974), cebirsel gerilme modeli (Rodi, 1972) yada lineer olmayan (nonlinear) Reynolds gerilmesi modeli olarak sınıflandırılabilir (Pope, 1975)

4. İkinci derece yaklaşım modelleri (The second-order closure models); “ikinci moment” ya da “Reynolds gerilmesi yaklaşım modeli” olarak da bilinir. Örneğin Hanjalic ve Launder modeli (1972), Lumley (1975) ve Launder ve diğ. (1975) modelleri gibi iki parametrelili modellerden farkı tüm türbülans gerilme tensörlerini, $\overline{u_i u_j}$ gibi, kısmi diferansiyel denkleminde içermesidir.

Özetlenen bu modellerden en bilineni daha önce yukarıda detaylı verilen karışım uzunluğu modelidir.

Türbülans kinetik enerji modeli ise daha sonra ortaya konulan bir yöntemdir. Reynolds kayma gerilmesi çalkantı bileşenlerinin kinetik enerjileriyle doğrudan alakalıdır. Çalkantı bileşenlerinin yüksek enerji seviyeleri olduğunda akım ortamındaki taşınım miktarında çalkantı bileşenleri daha fazla aktif rol oynamaktadır. Türbülans kinetik enerji yaklaşımına göre ortalama kinetik enerjinin değişimi;

$$\frac{D}{Dt} \left(\frac{\overline{u_i^2}}{2} \right) = \frac{\overline{\rho}}{\rho_0} g_i \overline{u_i} - \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\overline{u_i} \frac{\overline{P}}{\rho_0} + \overline{u_i u_j'} \right) + \overline{u_j' u_j'} \frac{\partial \overline{u_i}}{\partial x_j} \quad (2.14)$$

şeklinde ifade edilebilir (Rubin ve Atkinson. 2001). Denklem 2.14’ün sol tarafı ortalama kinetik enerjideki zamana bağlı değişimi ifade etmektedir. Sağ taraftaki ilk

terim $\frac{\overline{\rho}}{\rho_0} g_i \overline{u_i}$, ağırlıktan kaynaklanan terim, 2. terim $\frac{\partial}{\partial x_j} \left(\overline{u_i} \frac{\overline{P}}{\rho_0} + \overline{u_i u_j'} \right)$, basınç ve

taşınımın neden olduğu ortalama kinetik enerjinin taşınım ve tekrarlanan dağılımından kaynaklanan bileşen, 3. terim $\overline{u_j' u_j'} \frac{\partial \overline{u_i}}{\partial x_j}$, ortalama kinetik enerjiden

türbülans kinetik enerjisine çevrilirken Reynolds gerilmesinden gelen terimdir. Bu terime kayma üretimi denir.

Türbülans kinetik enerji denklemi;

$$\frac{Dk}{Dt} = \frac{\overline{\rho' u_i'}}{\rho_0} g_i - \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\overline{u_i \frac{P'' u_i'}{\rho_0}} + \frac{1}{2} \overline{u_i u_i' u_j'} \right) - \overline{u_i' u_j'} \frac{\partial u_i}{\partial x_j} - \varepsilon \quad (2.15)$$

şeklinde ifade edilmektedir (Rubin ve Atkinson. 2001). Buradaki ε türbülans kinetik enerjisinin saçılımını/harcanmasını ifade etmektedir:

$$\varepsilon = \nu \overline{\left(\frac{\partial u_i'}{\partial x_j} \right)^2} \quad (2.16)$$

k - ε teoremine göre eddy viskozitesi için denklem 2.17 verilmiştir.

$$\nu_t = C_\mu (k^2 / \varepsilon) \quad (2.17)$$

Kinetik enerjinin zamana bağlı değişiminin ifadesi;

$$\frac{Dk}{Dt} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left(C_k \frac{k^2}{\varepsilon} \frac{\partial k}{\partial x_j} + \nu \frac{\partial k}{\partial x_j} \right) - \overline{u_i u_j} \frac{\partial u_i}{\partial x_j} - \varepsilon \quad (2.18)$$

şeklinde iken, ε için zaman bağlı değişim de

$$\frac{D\varepsilon}{Dt} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left(C_\varepsilon \frac{k^2}{\varepsilon} \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} + \nu \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} \right) - C_{\varepsilon 1} \frac{\varepsilon}{k} \overline{u_i u_j} \frac{\partial u_i}{\partial x_j} - C_{\varepsilon 2} \frac{\varepsilon^2}{k} - C_{\varepsilon 3} \frac{\varepsilon}{k} \frac{\partial}{\partial x_j} \left(C_3 \frac{k^2}{\varepsilon} \frac{\partial k}{\partial x_j} \right) \quad (2.19)$$

şeklinde. Yapılan çeşitli çalışmalarda k - ε denklemlerindeki katsayılar incelenmiş ve çeşitli değerler literatüre geçmiştir (Jaw ve Chen, 1998). Son zamanlarda yapılan bazı çalışmalarda da türbülans kinetik enerji k ve enerji harcanma oranı ε için çeşitli denklemler önerilmektedir (Jaw ve Chen, 1998; Winterwerp ve Kessel, 2003).

Dördüncü tip modellerde ise genel olarak k ve ε denklemlerindeki $\overline{u_i u_j}$ terimleri ihmal edilmeden her biri için kısmi diferansiyel denklemlerin çözümü ortaya konmaya çalışılmaktadır (Rubin ve Atkinson. 2001).

Teorik yaklaşımlar haricinde ε değeri arazi ölçüm yöntemleriyle de bulunabilmektedir. Arazi ölçümleriyle elde edilen anlık hızlara göre ε için izotropik

ve izotropik olmayan yaklaşımlarla hesaplar yapılmaktadır. Örneğin ε 'un tahmini için geliştirilen izotropik yaklaşıma göre;

$$\varepsilon_{ij} = 7.5\nu(\partial u_i / \partial x_j)^2 \quad (2.20)$$

şeklinde ifade edilmektedir.

2.2. Deşarj Edilen Atık Suyun Alıcı Ortamda Yayılımı

Bu bölümde deşarj edilen atık suların alıcı ortamda yayılımı incelenecektir. Daha önce ifade edildiği gibi, atık suların deşarj tipleri deşarj şekline göre genel olarak iki kısımda incelenebilir. Söz konusu deşarj tiplerinden birincisi yüzeysel deşarjlar, diğeri ise derin deşarjlardır. Yüzeysel deşarjlar belirli bir kesitten geçerek alıcı ortamın yüzeyinden paralel verilen deşarjlardır. Özellikle sıcak su deşarjları yüzeysel deşarj şeklinde alıcı ortama verilmektedir (Rubin ve Atkinson. 2001). Yapılan deşarjlarda alıcı ortamda düşey karışım düşük olmakla beraber atık su geniş bir yüzey boyunca yayılmakta ve atmosferik soğuma daha verimli gerçekleşebilmektedir (Wu ve diğ., 2001)..

İlk karışımın daha dar bir alanda gerçekleşmesi ve sıcaklık artışının daha küçük alanlarda olması istendiğinde, geniş bir yüzey alanı olmayan baraj gölleri ve akarsular gibi bölgelerde ya da kıyı bölgesinin hidrodinamik yapısına bağlı olarak derin deşarjlar yapılabilmektedir. Bir boru vasıtasıyla derin bir bölgeye taşınan atık su, difüzörler yardımıyla alıcı ortama verilmektedir. Genellikle difüzörlerin ağız kısmı dar yapılarak atık suyun çıkış hızı arttırılmakta ve karışımın daha çabuk olması sağlanmaktadır (Rubin ve Atkinson. 2001).

Aşağıdaki bölümlerde yüzeysel ve derin deşarj durumları detaylı bir şekilde incelenecektir.

2.2.1. Yüzeysel Deşarj

Yüzeysel akış şeklinde yapılan deşarjlarda yukarıda belirtilen denklemler haricinde farklı yöntemlerle çözümlerde yapılmaktadır. Sıcaklık ve konsantrasyon değişimi fazla olduğu durumlarda yapılan bu yaklaşım çok iyi sonuçlar vermektedir. Söz

konusu yaklaşım; sonlu genişlikte ve u hızıyla deşarj edilen bir akışkan içerisindeki herhangi bir akışkan parçacığının her hangi bir noktadaki konsantrasyonu, mesafe, zaman, akım tarafından harekete geçirilen kirlenici kütlesi miktarı ve difüzyon katsayısı ile orantılıdır şeklinde ifade edilir (Şekil 2.1).

Bir akım ortamı içerisindeki herhangi bir akışkan parçacığının hareketini göz önüne alındığında, belirli bir t_0 anında herhangi bir noktada olan parçacık t_0+t anında başka bir noktaya, t_0+2t zaman sonra başka bir noktaya hareket etmesi beklenir. Ele alınan t zaman aralığı parçacığın başka parçacıklarla çarpışma zamanından çok büyük bir zaman dilimi olsun: Söz konusu parçacık ardışık 2 hareket sonunda bir önceki zaman diliminden bağımsız olarak hareket edecektir. Yani her hareket bir önceki hareketten bağımsızdır. Her bir hareket “adım” olarak adlandırılırsa, n adım sonra parçacığın yer değiştirmesi

$$X=x_1+x_2+x_3+...+x_n \quad (2.21)$$

şeklinde olacaktır (Sümer ve diğ., 1975). Merkezi limit teoremine göre $P(x)$ (yer değiştirme olasılık yoğunluk fonksiyonu), n sonsuz ise Gauss dağılımına uymaktadır ve denklem 2.22 ile ifade edilmektedir;

$$P_n(x) = \frac{1}{(2\pi \sum_1^n \sigma_i^2)^{1/2}} \exp \left(-\frac{\left(x - \sum_1^n x_i \right)^2}{2 \sum_1^n \sigma_i^2} \right) \quad (2.22)$$

Burada her bir adım aynı istatistiksel özelliklere sahiptir ve ortalama adım uzunluğu 0'dır. Ayrıca $\sigma_i^2 = \overline{x_i^2}$ adım uzunluğunun varyansı sabittir. Buradan hareketle

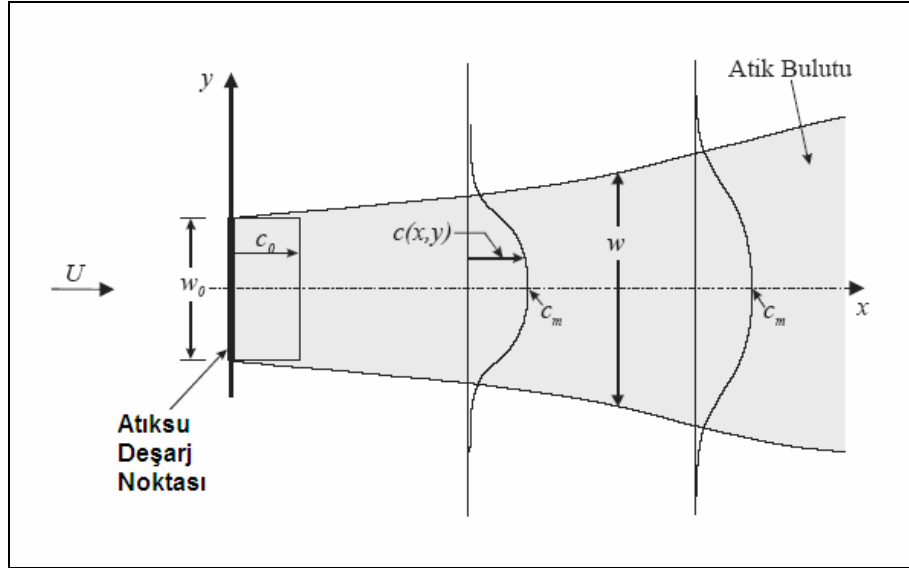
$$\sum_1^n \sigma_i^2 = n \overline{x_i^2} = \frac{T}{t} \quad (2.23)$$

yazılabilir. Bu denklemde t tek bir adımın ortalama zamanı ve T , $n=t$ anında tanenin aldığı adım sayısıdır (Sümer diğ., 1975) . Buna ek olarak

$$\frac{\overline{x_i^2}}{2t} = D_m \quad (2.24)$$

dönüşümü yapıldığı takdirde $n=\infty$ olduğu zaman olasılık yoğunluk fonksiyonu

$$P(x) = \frac{1}{(4\pi D_m T)^{1/2}} \exp\left(-\frac{x^2}{4D_m T}\right) \quad (2.25)$$



Şekil 2.1: Sonlu genişlikte ve U ortalama hızı ile deşarj edilen herhangi bir maddenin dağılımı.

şeklini alır (Sümer diğ., 1975; Fischer ve diğ., 1979). Dönüşüm yapılırken ifade edilen $D_m = (1/2)(x_i^2/t)$, difüzyon katsayısıdır. Burada birim zamanda x birim kesitten geçen tane miktarı yani akı-konsantrasyon gradyanı ilişkisini belirten Fick kanunu geçerlidir ($-D_m \partial C / \partial x$). C madde konsantrasyon değeri olup $\partial C / \partial x$ birim yer değişme sonucu konsantrasyondaki değişimi ifade etmektedir. Buna göre kütle korunumu ilkesinden

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D_m \frac{\partial C}{\partial x} \right) \quad (2.26)$$

sonucuna varılır. Alıcı ortamda bir akım mevcut ise, yukarıda verilen denklem 2.26, u ortalama akım hızı için denklem 2.27'deki gibi olur.

$$\frac{\partial C}{\partial t} + u \frac{\partial C}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D_m \frac{\partial C}{\partial x} \right) \quad (2.27)$$

C_m , kesitsel ortalama konsantrasyon dağılımının Gauss dağılımına uyduğu deneysel araştırmalarla ispat edilmiştir (Sümer, 1970; Fischer ve diğ., 1979). Dağılımın Gauss dağılımına uyması tek boyutlu bir difüzyon denklemini sağlamasını gerektirir. Yani

$$\frac{\partial C_m}{\partial t} = D \frac{\partial^2 C_m}{\partial x^2} \text{ denkleminin sağlanması gereklidir. Burada } \zeta \text{ ortalama akım hızı ile}$$

hareket eden eksendir. Ayrıca herhangi bir noktadaki konsantrasyon, kirlenici kütle debisinin belirli bir karakteristik uzunluğa bölümü ile orantılı olmalıdır. Yani $L \sim (DT)^{1/2}$ şeklinde ifade edilebilir. Bu şekilde bir “karakteristik uzunluk” tanımlanmış olur. Bu yaklaşım birçok sıcak su deşarjlarında ve nehir ağızları ile ilgili çalışmalarda kullanılmaktadır.

Brooks(1960) atık su alanı genişliğini (w) konsantrasyonun 2. momenti olan σ standart sapma cinsinden ifade etmiştir. Bu ifade

$$w = 12\sigma^2 = 12 \frac{\int_{-\infty}^{+\infty} y^2 C(x, y) dy}{\int_{-\infty}^{+\infty} y^2 C(x, y) dy} \quad (2.28)$$

şeklinde. Dolayısıyla w ve ε_y yalnızca x 'e bağlı ve y 'den bağımsızdır. ε_y yanal yönde dispersiyon katsayısıdır ve bu katsayının 4/3 kanununa uyduğu varsayılırsa

$$C(x, y) = \frac{C_0 e^{kt}}{2\sqrt{\pi\varepsilon_0 t'}} \int_{-w_0/2}^{w_0/2} e^{-\frac{(y-y')^2}{4\varepsilon_0 t'}} dy' \quad (2.29)$$

şeklinde olmaktadır. Burada $t=x/u$, $t'=x'/u$ ve x' ise

$$\frac{dx'}{dx} = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_0} = \left(\frac{w}{w_0} \right)^{4/3} \quad (2.30)$$

denklemler 2.30'u sağlamaktadır (Shen ve Stone, 2002). Kaynaktan yeterince uzaklaşıldığında (yani $\beta x/w_0 \gg 1$ için) denklem

$$C(x) = \frac{9C_0 e^{kt}}{2\sqrt{\pi}} \left(\beta \frac{x}{w_0} \right)^{-3/2} \quad (2.31)$$

Atık su alan genişliği de

$$\frac{w}{w_0} = \left(1 + \frac{2}{3}\beta \frac{x}{w_0}\right)^{3/2} \quad (2.32)$$

olmaktadır.

Denklem 2.32 ile verilen yaklaşım genel bir yaklaşımdır. Bu yaklaşımda, deşarj sabit genişlikte bir kanaldan yapıldığında, deşarj ekseninin ortasındaki konsantrasyon en büyüktür ve söz konusu konsantrasyon, C_m , deşarj ekseninde her hangi bir noktadaki sıcaklık ya da kirletici konsantrasyonu olmak üzere;

$$C_m(x) = C_0 e^{-kt} \operatorname{erf} \sqrt{\frac{3/2}{\left(1 + \frac{2}{3}\beta \frac{x}{w_0}\right)^3 - 1}} \quad (2.33)$$

şeklinde ifade edilmektedir. Burada C_0 başlangıç konsantrasyonu, β bir sabit ve değeri $\beta = 12\varepsilon_0/uw_0$, w_0 başlangıç kanal genişliği, $-kt$ terimi ise bozunma veya çürümeyi göstermektedir. Sıcak su deşarjını konu alan bu tez çalışmasında ise $-kt$ terimi yüzeysel soğumayı ifade etmektedir (Fischer ve diğ., 1979, Shen ve Stone, 2002). Denklem 2.33 hesaplanırken bazı kabuller yapılmıştır: Difüzyon iki boyutludur ve özgül kütle tabakalaşmasının varlığı dikey difüzyonu önler. Bir diğeri kabûl ise sınırlı sayıda bir çizgisel kaynak olması ve bulut boyutunun 4/3'üncü kuvvetiyle değişen değişken difüzyon katsayıları kabulüdür ki, bu kanuna “Richardson 4/3 kanunu” adı verilmektedir (Sümer, 1980). Bu kabûle göre $\varepsilon_0 = 0.01w_0^{4/3}$ şeklinde bir difüzyon katsayısı hesaplanmaktadır (Fischer ve diğ., 1979).

Nepf ve diğ. (1997) denklem 2.33'te verilen yaklaşımı 3 boyutlu olarak denklem 2.34'te vermiştir. Buradaki D_y ve D_z sırasıyla yanal ve düşey dispersiyon katsayılarını ifade etmektedir. Yapılan çalışmalarla dispersiyon katsayıları da hesaplanmaya çalışılmıştır.

$$C(x, y, z) = \frac{C_0}{4\pi x \sqrt{D_y D_z}} \exp\left(-\frac{y^2 u}{4D_y x} - \frac{z^2 u}{4D_z x}\right) \quad (2.34)$$

Buraya kadar genel olarak sıcak su deşarjlarının temel denklemleri ortaya konmaya çalışılmıştır. Söz konusu denklemler deşarj edilen atık suyun alıcı ortamdaki

dağılımını belirlemek amacıyla kullanılmaktadır. Bölüm 2.5'te akım ortamında sazlık olduğunda sazlığın etkisiyle meydana gelen hidrodinamik değişimler incelenerek, bu bölümde anlatılan denge denklemlerinin sazlıklı ortamda değişimleri ortaya konacaktır.

2.2.2. Derin Deşarjlar

Derin deşarjlar bir boru ile açığa taşınarak belirli bir derinlikte difüzörler yardımıyla yapılan deşarjlardır. Özellikle yerleşim yerlerine yakın olan bölgelerde kullanılan ve kıyı bölgesinde kirlilik yaratılmaması için uygulanan bir yöntemdir. Bu yöntem aslında sığ ya da derin akım ortamlarında kullanılabilmektedir. Sığ akım ortamlarında uygulandığı takdirde atık su yüzeye kadar ulaşabilir. Derin deşarj çözümleri de genellikle 2 yöntemle yapılmaktadır. Bunlardan ilki bölüm 2.1'de verilen türbülans modellerinin yardımıyla hidrodinamik yapı elde edilerek çözüm üretilmesidir. Bir diğer yöntem ise alıcı ortamı 2 bölgeye ayırarak yapılan seyrelme yaklaşımıdır. Bu yaklaşımda ilk bölge birincil seyrelme, daha sonraki bölge ise ikincil seyrelme olarak adlandırılmaktadır (Yüksel, 1998).

Yapılan deşarj hesaplarında ise iki türlü durum söz konusudur. Bunlardan bir tanesi atık suyun alıcı ortam yüzeyine ulaşması, diğeri ise belirli bir derinlikte askıda kalmasıdır (Rubin ve Atkinson. 2001). Alıcı ortama difüzör yardımıyla yapılan deşarjlarda deşarj edilen atık suyun çıkabileceği yükseklik için

$$z_m = 3.6B^{1/3} \left(-\frac{g}{\rho_0} \frac{d\rho_a}{dz} \right)^{-1/2} \quad (2.35)$$

şeklinde bir denklem önerilmektedir (Rubin ve Atkinson. 2001). Buradaki B z yönündeki akıdır. ve deşarj noktasındaki başlangıç hızıyla orantılı bir değerdir. ρ_0

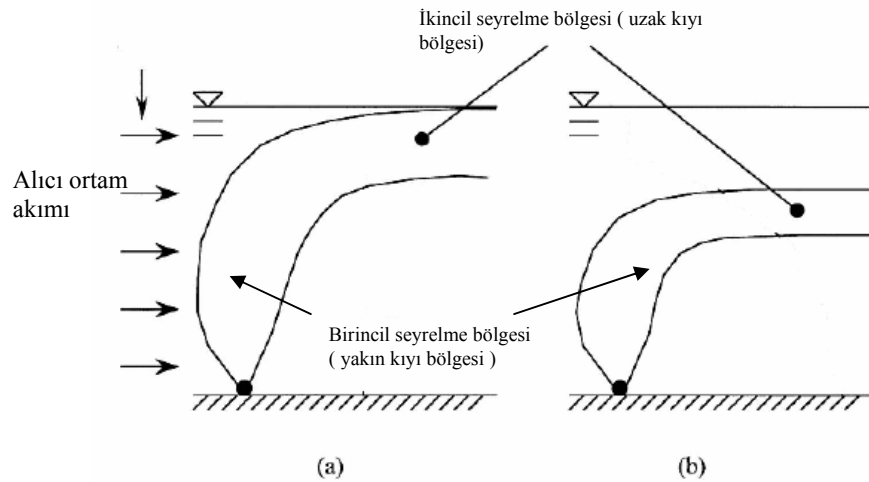
deşarj suyunun başlangıç özgül kütlesi, $\frac{d\rho_a}{dz}$ alıcı ortam özgül kütle değişimidir. z_m

yüksekliğinde oluşabilecek en düşük birincil seyrelme miktarı ise

$$S = 0.24 \frac{B^{1/3} z_m}{q_0} \quad (2.36)$$

şeklinde ifade edilmektedir. Burada S seyrelme miktarı, q_0 başlangıçtaki birim deşarj miktarıdır (m^2/s).

Eğer atık su alıcı ortam yüzeyine ulaşıyor ise yani z_m akım derinliğinden fazla ise, hesaplar önce sıg akım ortamları için birincil seyrelme üzerine, daha sonra da yüzeyde oluşan hız değerlerine göre (başlangıç koşulu hesaplanan u hızı olmak üzere) yüzeysel deşarjı gibi hesap edilmektedir (Şekil 2.2) (Rubin ve Atkinson. 2001). Eğer deşarj edilen atık su yüzeye ulaşmadan belirli bir derinliğe kadar yükselirse, (genelde bu derinlik karışım sonucu oluşan atık su özgül kütlelerinin alıcı ortam özgül kütlelerine eşitlendiği derinliktir) daha sonra bu derinlikte yatay hareket etmeye başlar. Bu durumda birincil seyrelme hesabı yapılarak atık suyun ulaştığı derinlik ve ulaşılan derinlikteki karışmış akışkan özellikleri hesaplandıktan sonra ikincil seyrelme hesapları yapılmaktadır (Şekil 2.2) (Rubin ve Atkinson. 2001).



Şekil 2.2: Difüzör yardımıyla deşarjda atık su bulutunun durumu. (a) alıcı ortam akım yüzeyine kadar ulaşan atık su bulutu, (b) belirli bir derinliğe kadar ulaşan yüzen bulut

2.3. Sazlıklı Ortamların Hidrodinamiği

Sazlıklı bölge başka bir deyişle sulak alanlar konusunda özellikle son zamanlarda birçok çalışmalar yapılmıştır. Yapılan çalışmaları genel olarak 2 bölüme ayırmak mümkündür. Bunlar sırasıyla taşkın kontrolü için yapılan çalışmalar (ki bunlar taşkın ya da ani akım seviyesi değişimleri sonucu akım ortamının altında kalan

alanlardır) ile nehir yatağı, göl veya deniz gibi sürekli akışkan kütlesi altında bulunan alanlardır. Bu iki durumda birbirinden farklı hidrodinamik yapılar ortaya çıkmaktadır.

Taşkın yatağı bölgelerinde yapılan çalışmalar temel olarak bir taşkın sırasında meydana gelen hidrodinamik yapıyı incelemektedir. Bu tür ortamlarda akımdaki türbülans genellikle tabandan ya da akım ortamındaki –ağaç, ev gibi– yabancı maddelerden kaynaklanmaktadır. Akım hızı yüksek olduğu için bu tür ortamlarda büyük çevrintiler görülmekte, akım ortamında askıda ya da tabanda sürüntü madde miktarı da hayli fazla olmaktadır.

Sürekli su altındaki bölgelerde incelenen durum ise nehirlerin denize karıştığı, bataklık ya da sazlıklı bölgelerdeki akım ortamıdır. Bu tür bölgeler ekolojik açıdan büyük öneme sahiptir. Nehirler, içerisindeki besin maddeleri açısından zengin suyun deniz ortamına ulaştığı bölgelerdir. Bu nedenle canlı hayat çeşitliliği en fazla olan bölgelerdir. Bu sebeplerden dolayı sulak alanlar hem denizsel ortam hem de karasal ortamda bulunan birçok canlı türünün barındıran önemli canlı hayat merkezleridir. Bu tür bölgelerde genellikle akım hızı düşüktür. Bunun nedeni ya coğrafiktir, ya da akım hızını düşüren çeşitli nedenler vardır.

Sulak alanlardaki akım şartları incelenirken şu şekilde bir sınıflandırılma yapılmıştır; 1) Tek bir bitkinin akım ortamında yaptığı değişimlerin incelenmesi 2) Bir sazlık grubunun akım ortamında meydana getirdiği değişimlerin incelenmesi (Freeman ve diğ., 2000). Diğer bir kriter veya sınıflandırma şekli ise sazlığın sakin su seviyesine göre durumudur: Sazlıkların su seviyesinin üstünde ya da altında olması.

Bir akışkan içerisindeki akım ortamını genel olarak ifade eden denklemler yukarıda verilmiştir. Yukarıdaki denklemlerde yer alan çeşitli katsayıların modifikasyonu ile sazlığın etkisinin tanımlanabileceği düşünülmektedir. Zira bu katsayılar, yapılan çeşitli arazi çalışmaları veya deneysel çalışmalar sonucunda ortaya çıkmıştır. Bunun en basit örneği açık kanal akımları için sazlık etkisinin Chezy ve Manning formüllerinde yapılan bazı değişiklikler ile ifade edildiği çalışmalardır (Çelik, 2004).

Taban bitkilenmesinin genel olarak akımı geciktirici ya da azaltıcı etkileri olduğu ifade edilebilir. Başka bir deyişle bitkilenme ya da sazlıklı ortam akım direncini

etkiler. Akım direnci, akım derinliğini ve hız dağılımını belirleyen en önemli etkenlerden birisidir (Çelik, 2004).

Akım direnci dört bileşenden oluşmaktadır: 1-yüzey sürtünmesi, 2-şekil direnci/sürüklenme, 3-dalga direnci, 4-akım düzensizliği ve yerel ivmelenmeden kaynaklanan direnç (Çelik, 2004).

Sürüklenme, hız gradyanı ve çevrintiler yaratır ve bunun sonucunda momentum kaybı gerçekleşir. Hidrolik açıdan bakıldığında, sazlık, akım direncini arttırabilir ve pratikte, hidrolik hesaplamalar, bitkinin akıma etkisini de kapsamalıdır. Aksi halde yapılan hesapların doğruluğundan söz edilemez (Çelik, 2004). Bu noktada, bitkilenmenin akıma etkisi ile ilgili bir çok çalışma yapılmıştır (Stephan U., Gutknecht D., 2002; Wilson ve diğ., 2003; Wu, ve diğ.,1999). Yapılan deneysel ve analitik çalışmaların bazıları, sazlıklı ortamda akım direnci ve sürüklenme kuvveti hesaplarında kullanılan katsayıların hesaplanması üzerineyken, bir bölümü de sazlıklı ortamda akımın türbülans özelliklerinin değişimini incelemiştir (Çelik, 2004). Sazlıklı akım ortamında yapılan çalışmaların hepsinin ortak yanı, akımda düşey hız profillerinin tahmini ve deney verileriyle karşılaştırılmalarıdır.

Sistemin karmaşıklığından dolayı akım koşullarını etkileyecek birçok parametre ve dolayısıyla birçok farklı durum ve sınıflandırma yapılabilir. Doğadaki bitki çeşitliliği; bitkinin boyu, rijitliği, dağılımı, bu parametrelerden bazılarıdır. Ancak kolaylık açısından bitki boyu ve akım derinliği karşılaştırılabilir. Literatürde bu sınıflandırma, batmış ve batmamış sazlık/bitkilenme, şeklinde yapılmaktadır. Bu iki durum, hidrodinamik açıdan birçok farklılıklar gösterir. Ancak, bu çalışmanın özellikle konu ettiği durum batmamış sazlıklı ortamdaki akımdır. Akım derinliğinin, sazlık boyundan daha düşük olduğu koşullarda, sazlıkların akımla eğilmesinin etkisi daha önce deneysel ya da analitik olarak çok fazla incelenmemiştir (Çelik, 2004).

Bazı deneysel çalışmalarda, akımın davranışı anlamak amacıyla yapay elemanlar kullanılmış bazıları da gerçek bitkiler kullanılmıştır (Nepf, 1999; Schmid ve diğ., 2004; Çelik, 2004). Yapay elemanlar, laboratuvar koşullarında, gerçekteki şartları tam olarak yansıtamayabilirler. Ancak akımın genel davranışını izlemek ve ölçmek mümkün olabilir. Gerçek bitki kullanmak ise sadece o bitki ya da o türe benzerlik gösterebilecek diğer bitki türleri içindeki akım koşulları için geçerli olacaktır ve

genellenemeyecek sonuçlar verebilir. Ancak her iki yöntem de akım davranışını anlamak açısından daha önce uygulanmış ve çeşitli sonuçlar alınmıştır (Çelik, 2004). Bu tez çalışmasında daha gerçekçi sonuçlar elde etmek için gerçek sazlık kullanılarak deneysel çalışma tamamlanmıştır.

Yukarıda bahsedildiği gibi akım ortamında bitki olduğu takdirde bitki akım içerisinde bir direnç gösterecektir. Bu nedenle de akımda normal koşullarda oluşan akım direncinin yanında olarak sazlıktan gelen bir ek direnç oluşmaktadır. Sazlıktan kaynaklanan ek direnç daha önce ifade edildiği gibi bitki yoğunluğuna, çeşidine v.b. diğer etkenlere bağlıdır. Petryk ve Bosmajian (1975) ağaçların ve büyük bitkilerin yarattığı sürüklenme kuvvetine dayalı bir akım direnci hesap yöntemi önermişlerdir (Freeman ve diğ., 2000).

Sazlık etkisiyle ortamda meydana gelen hidrodinamik değişimler bu bölümde genel olarak özetlenmeye çalışılmıştır. Bu tez kapsamında daha önce ifade edilen sazlık tipi, yoğunluğu ve esnekliği gibi parametreler incelenmemiştir. Daha çok sazlık etkisiyle akımda meydana gelen değişimler ortaya konmaya çalışılmıştır. Bu nedenle bu tür parametreler ihmal edilerek doğrudan hidrodinamik yapıda meydana gelen değişimler incelenmiştir.

2.4. Konu İle İlgili Yapılmış Çalışmalar

Sıcak su ya da soğutma suyu deşarjlarında incelenen durum deşarj edilen sıcak suya bağlı olarak alıcı ortam sıcaklığındaki değişimin, su kalitesi kriterlerinin uyup uymadığıdır. Yapılan bütün bu çalışmaların temel amacı budur. Ayrıca soğutma suyu deşarjında mühendislik açısından alternatiflerin incelenerek uygun çözümün bulunması da araştırmaların amaçlarındandır. İşletmeci şirketler ise su alınan bölgeden maksimum derecede soğuk su alarak sistemin efektif çalışmasını istemektedirler. Böylece örneğin elektrik enerji santrallerinde efektif elektrik üretimini sağlayabilirler. Mühendislik alternatifleri ile beklenen sıcaklık dağılımı belirlenebilir. Böylece maliyet ve çevre etkileri dikkate alınarak optimum çözüm bulunabilir (Wu ve diğ., 2001).

Schreiner ve diğ. (2002)'de yaptıkları çalışmada, Cormix modeliyle yapılan çalışmaların sonuçlarını saha verileriyle test etmişlerdir. Daha önce Cormix

modeliyle yapılan çalışmalarda bulunan sonuçlarla, deşarj sonrası yapılan çalışmalarda bulunan sonuçları karşılaştırmışlar ve nümerik model sonuçlarıyla arazi ölçümleri arasında farklılıklar meydana geldiğini belirtmişlerdir. Bu nedenle fiziksel modellerin (yapımının zor olmasına karşın) daha iyi sonuçlar verdiği görülmektedir. Özellikle nümerik model sırasında ortamın ve sınır şartlarının iyi bir şekilde ifade edilmesinin önemi burada açıkça görülmektedir.

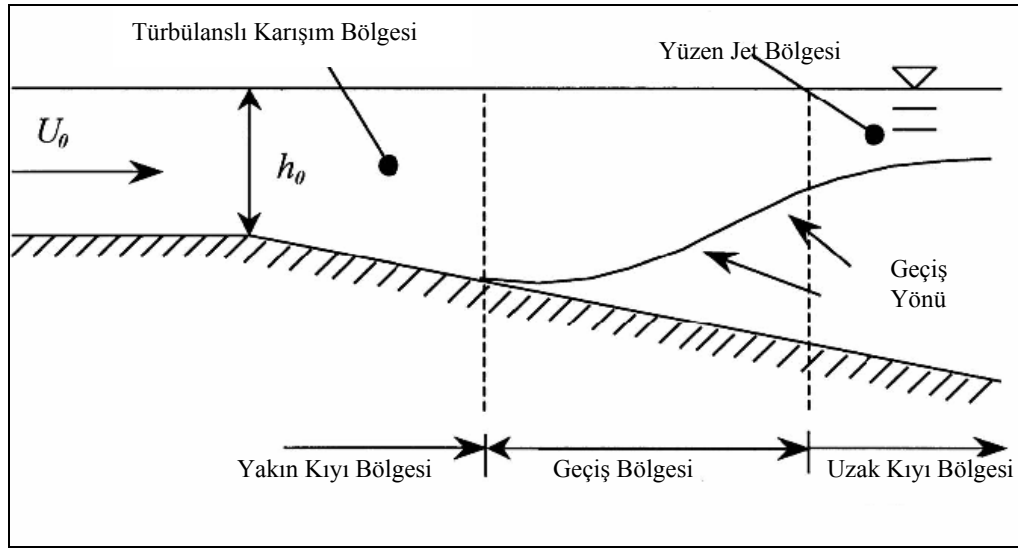
Şekil 2.3'te tipik serbest yüzey deşarjı kesiti verilmektedir. Şekilde 3 farklı bölge tanımlanmaktadır. Birinci bölge, karışımın çok iyi olduğu düşey sıcaklık veya tuzluluk gibi parametrelerin düşey eksen boyunca fazla değişmediği yakın kıyı bölgesidir. Yakın kıyı bölgesi, su jeti genişliğinin 6 ile 10 katı kadar bir yatay mesafeye kadar uzanan kısım olarak ifade edilebilir. Geçiş bölgesi karışımın göreceli olarak daha az olduğu ve deşarj edilen suyun etkisini kaybetmeye başladığı, tabakalar arasındaki sıcaklık farkının belirginleştiği hatta tabana yakın bölgelerde alıcı ortamın akışkan özelliklerinin geçerli olduğu bölgedir. Üçüncü bölge ise deşarj etkisinin tabana doğru etkisinin çok azaldığı ve deşarj edilen suyun sadece yüzeye yakın bir bölgede kaldığı uzak kıyı bölgesidir. Uzak kıyı bölgesi için yapılan deneysel çalışmalar göstermiştir ki x eksenı boyunca ortalama türbülans şiddeti sabit bir değere ulaşmaktadır. Söz konusu değer;

$$\frac{\sqrt{u'^2}}{U_m} \cong 0.28 - 0.29 \quad (2.37)$$

olarak ifade edilmektedir (Rubin ve Atkinson, 2001). Buradaki U_m merkez eksenindeki maksimum hızdır. Merkez eksenindeki yanal dispersiyon ise Gauss dağılımına uymaktadır.

Iyvanki ve diğ. (1979) yaptıkları çalışmada sıcaklık profillerini enine ve boyuna doğrultuda incelemişler ve boyuna sıcaklık azalmasının akış yönü ve özgül kütle Froude sayısının $1/4$ 'üncü kuvvetiyle ters olarak değiştiğini belirtmişlerdir. Lee ve diğ. (1979) yaptıkları çalışmada tabana yakın bölgede yapılan sıcak su deşarjlarında taban etkisi ile meydana gelen ters akımlar nedeniyle geri akımların olabileceğini, bunun da beklenenden daha fazla bir sıcaklık artışına neden olabileceğini söylemişlerdir. Yaptıkları bu çalışmada geri akım uzunluk ve zaman ölçeğini tahmin

etmeye çalışmışlardır. Geçici maksimum sıcaklık artışının geri akım uzunluk ölçeğine ve akışkan kütlesinin batma gücüne bağlı olduğunu ifade etmişlerdir.



Şekil 2.3: Yüzeysel Deşarj Kesiti.

Genel olarak yüzeyden yapılan deşarjlarda iki ayrı hidrodinamik yapıdan bahsetmek mümkündür. Bunlardan bir tanesi başlangıçtaki jet akımı diğeri ise çevresel akımdır ve bu iki mekanizmanın bir arada incelenmesi gerekmektedir. Bu iki mekanizma birbirinden bağımsız değil; birbirlerine doğrudan bağlıdır. Bu sebepten yakın kıyı ve uzak kıyı şeklinde bu iki mekanizmanın ayrılıp daha sonra yakın kıyı sonuçlarının uzak kıyı sonuçlarına başlangıç koşulu olarak girilmesi gerekmektedir. Fakat bu iki mekanizmayı bir arada kullanmak ifade edildiği kadar kolay olmamaktadır (Suh, 2001). Yapılan tek bir model yaklaşımıyla da bu karışık mekanizmayı modellemek neredeyse imkânsızdır. Kıyı bölgelerinde yapılan sıcak su deşarjları gibi çalışmalarda derinlik sınırlı iki boyutlu modeller sıkça kullanılmaktadır ve genellikle yakın kıyı bölgeleri için iyi sonuçlar vermemektedir (Suh, 2001).

Yakın kıyı ve uzak kıyı yaklaşımını bir arada kullanan bazı nümerik çalışmalar da yapılmıştır. Örneğin Adams ve Cosler bu iki bölgeyi birbirinden ayırmak için deşarj noktasında suni yarı dairesel sınır koşulları tanımlamışlardır (Suh, 2001).

Howe ve diğ. (2005) tarafından yapılan bir çalışmada Avustralya'daki Hunter NSW, bölgesindeki nehir ağzı incelenmiştir. Söz konusu bölgede gelgit etkisiyle özellikle tuzlu su, bölgedeki endüstri ve yaşam alanlarını rahatsız edici boyutlara gelmiştir.

Araştırmacılar, bölgenin hidrodinamik yapısını tanımlayabilmek amaçlı hem nümerik model, hem de arazi çalışması yapmışlardır. Ancak küçük ölçekli ve ortamdaki bitki morfolojisi ile akım özelliklerini irdelenecek bir model kurulmasının zor olacağını ifade etmişler ve modellerin, zamansal ortalama hızlara göre Navier Stokes denklemlerinin çözümünü gerektirdikleri için hem teorik hem de nümerik olarak çok zahmetli olacağını bildirmişlerdir. Alternatif bir yaklaşımla su seviyesi değişimi temelli, basitleştirilmiş bir hidrodinamik model geliştirmişlerdir. Geliştirdikleri yöntemle az bir veri girişi ve az bir hesaplama ile büyük ölçekli akımları modellediklerini ifade etmektedirler. Böylece sazlık gibi küçük ölçekli yerel etkiler yerine büyük ölçekli hidrodinamik yapıyı kontrol eden parametrelerle çalıştıklarını söylemektedirler. Söz konusu yöntemle akım ortamının hassasiyetini bitki tipine, yükseltilerin durumlarına, gelgit seviyesine, hidrolojik periyoda ve içerisindeki askıda katı madde miktarına göre belirleyebilmektedirler. Önerdikleri yöntem ile ayrıca ortalama akım hızı ve bitki tipine de bağlı olarak bir yaklaşım ifade etmişlerdir. Yaptıkları çalışma arazi ölçümlerinin istatistiksel analizi ile nehir ağzı sulak alanlarındaki katı madde, akım ve bitki arasındaki ilişkiyi ortaya koymaya çalışmaktadır. Nehir ağzı sulak alanlarının akım karakterini permanan olmayan, üniform, sıkı su akımı olarak ifade etmektedirler. Sonuç olarak nehir ağızları akımlarında özellikle difüzyon süreçlerinde bitki türü özellikleri önemli bir parametre olarak küçük ölçekli ekosistemlerin hidrodinamik yapısında en büyük etkidir. Fakat yaptıkları çalışma sonucunda büyük ölçekli sulak alan ölçeğinin ortalama akım hızını belirleyen gelgit ve hidrolojik özellikler nedeniyle sazlık morfolojisinden daha etkin olduğunu ortaya koymuşlardır. Buradaki sazlık morfolojisi m^2 boyutundaki ölçek iken sulak alan ölçeği hektar boyutundadır. Çalışılan alan içerisinde farklı bölgelerdeki bitki türleri çeşitlilik göstermesine rağmen ortalama hızlarda merteye ve zamansal olarak belirgin bir fark ortaya çıkmamıştır.

Araştırmada, 6 aylık arazi çalışmasıyla bölgenin hidrodinamik yapısı incelenmiş, çoklu regresyon analiziyle genel hidrolik özellikler ve bitki tipinin değişimi ile geniş ölçekli hidrodinamik yapıda meydana gelen değişimler tespit etmeye çalışılmıştır. Tabandan kaynaklanan sediment miktarı bitki morfolojisinin bir fonksiyonudur ve fiziksel proseslerin simülasyonunu yapabilmek için karmaşık hidrodinamik modeller gerekmektedir.

Lightbody ve Nepf (2006) yaptıkları çalışmada tuzlu bataklık bölgedeki batmamış sazlıklı akımda hız profili ve boyuna dispersiyon katsayısını tayini üzerinde çalışmışlardır. Sulak alanlardaki askıda veya çözünmüş maddelerin davranışı hakkında bir şeyler söylenebilmesi için adveksiyon ve boyuna dispersiyonun bilinmesi gereklidir. Bu süreci daha iyi anlayabilmek için Plum adası nehir ağzı ön bölgedeki akım koşullarında hız, düşey difüzyon ve boyuna dispersiyon ölçümleri yapılmıştır. Ön bölgede en büyük bitki hacmi tabandan 10 cm yukarıdaki bölgede $0.067 - 0.007 \text{ cm}^{-1}$ olarak ölçülmüştür. Basınç kuvveti ve bitki direncine bağlı olarak en düşük hızlar tabandan 10 cm yukarıda ölçülmüştür. Düşey dispersiyon katsayısının bitki karakterine bağlı olduğunu ifade edilmiştir. Çalışmalarında bitki gövde çapı $0.17 \pm 0.08 \text{ cm}$ 'dir. Ayrıca hız etkisiyle düşey difüzyon katsayısı normalize edilmiştir. Bitki morfolojisinin aynı zamanda boyuna dispersiyonu da kontrol ettiğini söylemektedirler. Deneysel çalışmalarında eğer bitki yoğunluğu yeterli mertebede ise düşey eksen boyunca oluşan türbülans ve viskoz kuvvetlerin bitki direncinden daha düşük olacağını ve taban etkisinin azalarak sistem için tek bir gövde çapının kabul edilebileceğini ifade etmişlerdir. Lightbody ve Nepf, (2006) Momentum denge denklemi için

$$\frac{1}{2} C_d a u^2 = g \frac{\partial \zeta}{\partial x} \quad (2.38)$$

bağıntısını önermişlerdir. Burada a bitki yoğunluğu, u hız ve $\partial \zeta / \partial x$ su yüzeyi değişimini göstermektedir. C_d bitki direnç katsayısıdır ve Reynolds sayısının bir fonksiyonudur. Direnç katsayısı aynı zamanda gövde şeklinin de bir fonksiyonudur. Boyuna dispersiyon ise deşarj edilen malzemenin varyansının bir oranıdır ve;

$$K_x = \frac{1}{2} \frac{d\sigma_x^2}{dt} \quad (2.39)$$

şeklinde ifade edilmektedir. K_d gövde sürtünmesinden kaynaklanan dispersiyon katsayısı olarak kabul edilirse deşarjdan sonra yeterli zaman geçtiğinde bu değerin sabit olacağı kabul edilmektedir. Derinlik boyunca yatay dispersiyonu tanımlamak amacıyla K_h derinlik kayma dispersiyonu katsayısını ifade etmektedir. Bu değer yeterli zaman geçtikten sonra sabit bir değere ulaşacaktır. Bu iki kavram tanımlandıktan sonra bitki morfolojisi ya da yoğunluğunun, türbülans uzunluk

ölçeğini de değiştirdiğini ifade etmektedirler. Bu iki kavrama göre boyuna dispersiyon katsayısı

$$K_x = K_d + K_h \quad (2.40)$$

olarak ifade edilmiştir.

Pek çok sulak alan uygulamasında büyük ölçekler kesin bir şekilde modellendiğinden dispersiyon katsayısını tanımlamak gerekli olmamaktadır. Ayrıca, bu ölçeklerde, kıyı bölgelerindeki sulak alanların genel özelliği olan dallanmış kanal ağları dispersiyonun önemli bir etkenidirler (Rinaldo ve diğ. 1991; Smith and Daish 1991).

Sonuç olarak taban kayma hızı $u^* = 0.05-0.2$ U, klasik açık kanal dispersiyon denklemi $K_h = 5.9u^*h$ olarak kabul edilirse, *Alisma gramineum* ve *S. Alterniflora* bitki türleri için $u^* = 0.3$ ile 1 arasında değiştiği, dolayısıyla ortalama hızın beklenenden daha fazla olduğu görülmüştür. Bu metodu kullanarak düşey hız dağılımı, farklı bitki türleri ve farklı morfolojideki tabakalı nehir ağızları olan bölgelerde hız dağılımını belirlemek mümkün olmaktadır (Rinaldo ve diğ., 1991; Smith ve Daish 1991).

Nepf (1999), yaptığı çalışmada, açık kanal akımında batmamış sazlıklı bir akım ortamındaki direnç, türbülans ve difüzyonu incelemiştir. Açık kanal içerisine belirli bir bölgeye sazlık yerleştirerek akım ortamında meydana gelen değişimi incelemiştir. Sulak alanda bulunan bitkiler akımın ortalama kinetik enerjisini gövde ve dalları yardımıyla türbülans kinetik enerjisine çevirmektedir. Bu enerji transferi gövdenin arkasında meydana gelen girdaplar, bitkiden kaynaklanan direnç ve türbülans şiddetiyle alakalıdır. Sazlıklı bölgedeki direnç, türbülans ve difüzyonu belirlemek amacıyla bir fiziksel model kurmuşlardır. Yapılan çalışmayla silindirik bir bitkinin neden olduğu bitki direncini, direnç katsayısına ve gövde popülasyon yoğunluğuna bağlı olarak ifade etmekte ve sazlıklı alan içerisindeki mekanik difüzyonu anlamaya çalışmaktadırlar. Tabandaki sediment erozyonu da sazlık etkisiyle azalmakta böylece erozyon kontrolü sağlamaktadır. Artan direnç nedeniyle su derinliği de artmakta ve söz konusu etkiyle direnç zamanını, biyolojik çeşitliliği ve aktivitelerini uzun dönemli arttırmaktadır. Ek direnç nedeniyle Manning denklemine bazı ilavelerin yapılması gerekmektedir. Daha önce ifade edilen gövde arkasında oluşan

türbülans, bitki gövde ölçeğine bağlı olarak gelişmektedir. Sazlık etkisiyle oluşan direnç kuvveti için

$$T_T = \frac{1}{2} \overline{C_d} \bar{u}^2 \quad (2.41)$$

ifadesi verilmiştir. Burada $\bar{u}$ düşey eksen boyunca ortalama yatay üniform hız, C_d direnç katsayısı, a bitki yoğunluğudur. a için

$$a = md = \frac{dz}{\Delta S^2 z_0} = \frac{d}{\Delta S^2} \quad (2.42)$$

şeklinde bir denklem önerilmiştir. Burada m birim alandaki silindir sayısı yani birim alandaki gövde sayısı, ΔS silindirler arası ortalama mesafe, d silindir çapı ve h akım derinliğidir. Sürüklemeye kuvvetinin gövdenin arkasındaki yapıya, ve bu nedenle Reynolds sayısına bağlı olduğunu ifade etmiştir. Türbülans karakteristik uzunluk ölçeğini gövde ölçeğiyle alakalı olarak düzenlersek türbülans harcanma ölçeği ε , $\varepsilon \sim k^{3/2} d^{-1}$ olarak ifade edilebilir. Bu durumda türbülans şiddeti

$$\frac{\sqrt{k}}{u} = \alpha_1 [\overline{C_d} ad]^{1/3} \quad (2.43)$$

şeklinde ifade edilebilir. Buradaki α_1 ölçek katsayısıdır. Buna göre türbülans difüzyonu

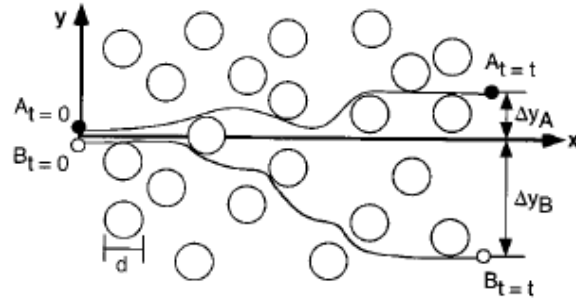
$$D_t = \alpha_2 \sqrt{k d} \quad (2.44)$$

şeklinde yazılabilir.

Bu yaklaşıma göre toplam yatay difüzyon katsayısı için

$$\frac{D}{ud} = \alpha_1 [\overline{C_d} ad]^{1/3} + \frac{\beta^2}{2} ad \quad (2.45)$$

şeklinde bir denklem önerilmektedir. Burada ilk terim mekanik türbülans (Şekil 2.4), 2. terim Fick kanunundan çıkan ve daha önce yüzeysel deşarjda ifade edilen yaklaşımla hesaplanan difüzyon katsayısıdır (2.45). β ölçek faktörüdür (Hoel ve diğerleri, 1972)



Şekil 2.4: Nepf tarafında ifade edilen mekanik difüzyon tanımı

Nepf'in (1999) yaptığı çalışma sonucu; 1) türbülans şiddeti seyrek sazlık ortamında artmakta fakat sazlık yoğunluğu artınca türbülans şiddeti azalmaktadır. 2) Sazlıklı bölgedeki difüzyon miktarı tutarlı bir şekilde sazlıksız akım ortamından daha az olmaktadır. Bunun nedeni çevri boylarının düşmesinden kaynaklanmaktadır. Derinlik ortalamalı türbülans kinetik enerjisinin 2 bileşeni vardır ve bunlar taban kayma gerilmesi ile bitki gövdesinin arkasında oluşan çevrintidir. Türbülans ve mekanik difüzyon Fick süreçlerinden farklıdır ve toplam difüzyon

$$D \sim k^{1/2} \ell_m + [ad]ud \quad (2.46)$$

şeklinde ifade edilebilir. Buradaki ilk terim türbülans difüzyon ölçeğidir ve türbülans kinetik enerjisi ile karışım uzunluk ölçeği ile ifade edilir. İkinci terim ise mekanik difüzyonu ifade etmektedir. Karışım uzunluğu ölçeği sazlıktan büyük miktarda etkilenmektedir. Bu nedenle sazlıksız akımda, karışım uzunluk ölçeği ve buna bağlı olarak türbülans difüzyonu miktarı büyük uzunluk ölçeklerinde artmaktadır. Karışım uzunluğu ölçeği bitki geometrisine bağlıdır. Bununla birlikte model çalışmasıyla seyrek bitki örtüsü olduğunda bitki gövdesi arkasında oluşan çevrinti nedeniyle türbülans şiddetinin arttığı, sazlık yoğunluğu arttırıldığında ise, türbülans şiddetinin ortalama hızdaki değişim nedeniyle düştüğü gözlemlenmiştir. Çevrinti ölçeği düştüğünden dolayı difüzyon da düşmektedir. Özellikle bitki yoğunluğunun %1'den büyük olduğu durumlarda türbülans ölçeği sazlık geometrisi tarafından kontrol edilmektedir. Bu sebeple karışım uzunluğu da açık kanal koşullarında azalmaktadır. Yüksek bitki yoğunluğu durumunda doğrudan akım engellendiğinden mekanik dispersiyon daha önemli olmaktadır. Bu durumda da

$Re_d < 200$ olduğu durumlarda bitki türü ve sazlıklar arası boşluk tüm difüzyonda baskın duruma geçmektedir (Nepf, 1999)

Hsieh ve Shiu (2006) yaptıkları çalışmada batmamış sazlıklı ortamdaki akım durumunu incelemişlerdir. Sazlıklı bölgelerdeki akımların incelenmeye başladığı ilk dönemlerde yapılan araştırmalarda sazlık boyunca akım incelemeleri, akışkan kütlelerinin sazlığın etkisiyle akım ortamındaki değişimleri incelenmiş bu nedenle doğal hız profili yeterince anlaşılamamıştır. Bu çalışmaların bir çoğu sadece genel sazlık kanalların hidrolik karakteristiklerini kapsamış, özellikle ampirik yada yarı ampirik formüllerle bitki direnci hesaplanmaya çalışılmıştır. Manning eşitliği açıkçası tabandaki ve yüzeydeki pürüzlülüğe göre tam türbülanslı akım ortamı için geliştirilen bir formüldür (Hsieh ve Shiu, 2006). Bu yüzden Manning katsayısı sabit değildir, fakat güçlü bir şekilde derinlik ve bitki yoğunluğu gibi parametrelere bağlıdır. Sazlıklı bölgelerin modellemesinde $k-\epsilon$ ve $k-\omega$ gibi modellerin batmamış ve rijit sazlıklar için kullanıldığını ifade etmektedir. Yapılan çalışmada eğimli bir kanalda batmış ve batmamış sazlık durumunda akım ortamını incelemişlerdir. Sonuç olarak 5 farklı boyutsuz sayı ortaya koyarak derinlik boyunca oluşan hız dağılımını formülize etmişlerdir. Boyutsuz sayılar içerisinde önemlileri boyutsuz sazlık geçirgenliği ve türbülans etkisiyle boyutsuz Reynolds gerilmeleridir (Hsieh ve Shiu,

2006). Söz konusu sayılar, $\eta_3 = \frac{\beta}{\mu}$ olarak ifade etmektedir ve Reynolds gerilmelerinden kaynaklanan türbülans etkisi, β , 100 ile 10000 $kg\ m^{-1}s^{-1}$ arasında değişmektedir. Boyutsuz sazlık geçirgenliği için ise $\eta_4 = \sqrt{\frac{n_2}{k_{p2}}} h_2$ olarak verilmiştir.

Burada h_2 akım derinliği, n_2 sazlık tabakasının porozitesi, ve k_{p2} ise sazlık tabakasının spesifik geçirimsiliğidir. Bu katsayılara göre sazlıklı akım ortamındaki hız dağılımını ortaya koymaya çalışmıştır.

Lee ve diğerlerinin (2004) yaptıkları çalışmada sazlıktan kaynaklanan sürüklenme kuvvetini incelemişlerdir. Bu çalışmada momentum korunumu için

$$\rho \left(u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} \right) + F'_{xvb} = -\rho g \left(\frac{\partial z_b}{\partial x} + \frac{\partial h}{\partial x} \right) \quad (2.47)$$

$$\rho \left(u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} \right) + F'_{yvb} = -\rho g \left(\frac{\partial z_b}{\partial y} + \frac{\partial h}{\partial y} \right) \quad (2.48)$$

ifadeleri verilmektedir. Buradaki u ve v boyuna ve yanal yönde hızların zamansal ortalamasıdır. h yerel derinlik, z_b yerel referans noktası ile taban arasındaki mesafedir. F'_{xvb} ve F'_{yvb} sırasıyla x ve y yönlerindeki tabandan ve sazlık etkisiyle oluşan toplam direnç olarak ifade edilmiştir. Çalıştıkları bölgenin eğiminin çok küçük olması nedeniyle kot farkını ihmal ederek çözümlerine devam etmişlerdir. Seyrek yerleştirilmiş bir tek sazlık için sürüklenme kuvvetini

$$F_x = \frac{C_D a_0 \rho u^2}{2} \quad (2.49)$$

olarak ifade etmişlerdir. Burada C_D sürüklenme katsayısı, a₀ bitkinin akıma dik olan en kesit alanıdır. Pek çok bilim adamı düzgün yerleştirilmiş çoklu bitkili ortamdaki akımları bu şekilde bir yaklaşımla tanımlamışlardır. Birçok bitkinin olduğu akım ortamındaki toplam sürüklenme kuvveti ise denklem 2.50'deki gibi ifade edilebilir.

$$F'_{xvb} = \frac{C_D a \rho u^2}{2} \quad (2.50)$$

Burada a birim hacimdeki bitki alanıdır. Toplam bitki alanına bağlı olarak bitki sürüklenme kuvvetini birim alan için

$$F'_{xvb} = \frac{C'_D \rho u^2}{2} \quad (2.51)$$

olarak yazmak mümkün olmaktadır. Buradaki C'_D birim genişlik için bitki sürüklenme katsayısıdır ve ölçülen sazlığın blokajını da içermektedir. Bitki sürüklenme katsayısı için

$$C'_D = \gamma R_h^{-k} \quad (2.52)$$

şeklinde bir formül önerilmektedir. R_h, derinliğe bağlı Reynolds sayısıdır ve formülü $R_h = \rho u h / \mu$ şeklinde ifade edilmektedir. $\bar{k}$ için Tsihrintzis bitkinin biomedikal özelliğine bağlı bir değer olarak ifade etmiştir ve bu değer sadece bitki gövdesine bağlı değildir, değişim aralığı 0.8 ile 2.0 arasındadır. γ 'nın değeri gövde alanı, eğim

ve bitki gövde boşluğunun bir katsayısıdır, buna göre $\gamma = 2K_0/s$ şeklinde ifade edilir. Burada K_0 bir sabit ve değeri $10^{1.46 \pm 0.73}$ ’tür. s ise kontrol hacmindeki gövde ve yaprak boşluk değeridir.

Tipik olarak sulak alanlardaki akımlar, laminar akımlarda bile, düşük Reynolds sayılarıyla karakterize edilirler. Sulak alan akımlarını özgül kütle farkından kaynaklanan tabakalı akım şartları olarak ifade edilebileceğini belirtip bunun için fiziksel bir kanalda model çalışması yapılmış. Oluşturdukları model 1,5 m genişliğinde 40 m uzunluğunda bir kanaldır. Bitki etkisini oluşturmak için 3,2 cm çapında plastik tüpler kullanılmıştır. Metrekareye 5 çubuk olacak şekilde yerleştirilmiş ve yoğunluğu da 12,8’dir. Deneysel çalışmada 20 ve 50 cm derinliklerde çalışılmıştır. Tipik doğadaki Reynolds sayıları arasında seçilmiştir. Ölçümler ADV ile yapılmış ve ölçüm frekansı 10 Hz olarak ölçülmüştür. Kanal içerisine akım yatay bir savak yardımıyla verilmiştir (Schmid ve diğ., 2004). Yatay olarak konsantrasyon dağılımı için

$$C=C_0 e^{u(r-x)/2K_t} \quad (2.53)$$

C_0 $y=0$ ’daki konsantrasyon, K_t boyuna difüzyon katsayısı (bu durum için sabit kabul edilmiş). $r=(x^2+y^2)^{1/2}$ şeklinde bir değerdir.

Yapılan çalışmada yanal difüzyon katsayısının bitki gövde çapı iki bitki arasındaki mesafeye bağlı olarak ifade etmiş bu ifadede aynı zamanda sürüklenme kuvvetinin de bir katı şeklinde ifade etmiştir. Yaptıkları yaklaşıma göre C_D sürüklenme katsayısı Reynolds sayısının düşük olduğu durumlarda az miktarda Reynolds’ a ($Re < 100$) bağımlı iken Reynolds’ın büyük olduğu durumlarda Reynolds’tan bağımsız sabit bir değer aldığını ifade etmişlerdir. Aynı şekilde katı gövde alanı da (SPF) Reynolds’un düşük değerlerinde C_D katsayısını az da olsa etkilemektedir. Daha önceki çalışmalarla birlikte ayrı ayrı incelendiğinde mekanik difüzyon yaklaşımı uygun olmamakla birlikte iki çalışmanın birlikte değerlendirilmesi sonucu Nepf’in önerdiği mekanik difüzyon modelinin makul ve yeterli olduğu görülmüştür.

Arega ve Sanders’in (2004) yaptıkları çalışmada akım ortamındaki sazlıktan kaynaklanan drenaj

$$\tau_x^v = \frac{1}{2} \rho_0 c_D^v m \ell d \bar{u} \sqrt{u^2 + v^2} \quad (2.54)$$

olarak ifade etmişlerdir. Burada m sazlık gövdesi yoğunluğu (birim alandaki gövde sayısı), d gövde çapı, ℓ akım içersindeki gövde uzunluğu, u ve v hız bileşenleridir.

Bu bölümde herhangi bir akım ortamında kullanılan denge denklemleri ile denklemlerde kullanılan katsayılar verilmiştir. Katsayıların değişimini etki eden parametreler ve değişim miktarları ortaya konmaya çalışılmıştır. Örneğin karışım uzunluğu modeli sazlıklı ortamların karmaşık yapısını ifade etmekte yeterli gelmediği belirtilmişti. Fakat karışım uzunluğu modelinin yeni yöntemlerle ifade edilmesiyle iyi sonuçlara verebileceği görülmüştür (Nepf, 1999). Ayrıca tez çalışmasındaki deneysel çalışma yapılmadan önce etki eden parametrelerin neler olduğunun bilinmesi yapılan çalışmanın fiziğinin ve matematiğinin anlaşılmasında ve bu anlayışlara göre hareket edilmesinde yardımcı olmuştur. Tabana yakın olan bölgelerdeki akım hızlarının sazlık etkisiyle beklenenden daha düşük çıktığı ve akım yüzeyine yakın olan bölgelerdeki hızlarında daha büyük olduğu yukarıda ifade edilmişti. Benzer durum yapılan deneysel çalışmalarda da ortaya çıkmıştır.

Sonuç itibariyle yukarıda verilen yaklaşımlara göre birçok bilinmeyen ya ihmal edilmekte ya çeşitli öngörüler yapılarak çeşitli katsayılarla sonuç bulunmaya çalışılmakta ya da bazı deneysel çalışmalara göre katsayılar elde edilerek ortalama ve çalkantı bileşenleri ortaya konmaya çalışılmaktadır. Daha önce ifade edildiği gibi sazlık etkisi ile hem ortalama hızda hemde çalkantı bileşenlerinde bazı değişiklikler ortaya çıkmaktadır. Tez kapsamında çalkantı hız bileşenlerini dikkate almadan ortalama hızlar yardımıyla yeni bir yaklaşım ortaya konmaya çalışılmaktadır. Ortaya konmaya çalışılan yaklaşımda, yukarıda ifade edilen sazlığın boyu, çapı ve yoğunluğu gibi bitki özellikleri sabit tutulmuş ve olaya etki eden diğer parametreler değiştirilerek sazlığın etkisi ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Verilerin analizinde kullanılan çoklu regresyon yöntemi kullanılmıştır. Genel olarak çoklu regresyon şu şekilde tanımlanabilir:

Eğer y bağımlı değişken, $x_1, x_2, \dots, x_i$ bağımsız değişkenler ise, şu şekilde bir model oluşturulabilir (Holder, 1985).

$$y = a + b_1 x_1 + b_2 x_2 + \dots + b_i x_i \quad (2.55)$$

Burada a ve b_i “regresyon katsayıları” olarak adlandırılırlar. Gözlenmiş y noktalarının regresyon doğrusuna düşey uzaklıklarının (e_{yi}) toplamının:

$$\sum_{i=1}^N e_{yi} = 0 \quad (2.56)$$

olduğu gösterilebilir. Bu uzaklıkların x_i ‘nin her değerinde aynı olduğu kabul edilen varyansı için de şu ifade elde edilir (tarafsız bir tahmin elde edebilmek için N yerine $N-2$ ile bölme yapılmaktadır):

$$s_{ey}^2 = \frac{\sum_{i=1}^N e_{yi}^2}{N-2} = \frac{N-1}{N-2} (1 - r_{x,y}^2) s_y^2 \cong (1 - r_{x,y}^2) s_y^2 \quad (2.57)$$

Bu denklemden görüldüğü gibi y bağımlı değişkeninin varyansı olan s_y^2 , regresyon doğrusu geçirildikten sonra (x_i ile ilişkinin hesaba katılması sonunda) gözlem noktalarının bu doğrunun çevresindeki dağılımında azalarak $(1 - r_{x,y}^2) s_y^2$ değerine inmektedir. Buna göre $r_{x,y}^2$ (determinasyon katsayısı), y ’nin varyansının regresyon doğrusu ile açıklanabilen yüzdesini gösterir. $r_{x,y}$ korelasyon katsayısı 1’e ne kadar yakınsa açıklanabilen varyans yüzdesi o kadar büyük olur, dolayısıyla y için regresyon doğrusunu kullanarak yapılacak tahminlerdeki hata da o kadar azalmış olur. Yukarıdaki denklemle hesaplanan s_{ey}^2 ise y değişkeninde x_i ’nin dışındaki diğer etkenlerden kaynaklanan değişime bağlı olan varyansı göstermektedir.

Çok Değişkenli Doğrusal Olmayan Regresyon Modeli modeli ise; eğer y bağımlı değişken, $x_1, x_2, \dots, x_i$ bağımsız değişkenler ise, şu şekilde doğrusal olmayan bir regresyon modeli oluşturulabilir (Holder, 1985).

Yapılan bu yaklaşımda y bağımsız değişkeni $x_1, x_2, \dots, x_i$ bağımsız değişkenlerine bağlı olarak

$$y = a x_1^{b_1} x_2^{b_2} x_3^{b_3} \dots x_i^{b_i} \quad (2.58)$$

i sayıda bağımsız değişkeni olan bir denklem için çoklu regresyon analizi yapıldığında önce denklemin her iki tarafının logaritması alınır. Alınan logaritmaya bağlı olarak bu denklem denklem 2.59’daki hale dönüşür. Bu dönüşüm ile artık sistem çok değişkenli doğrusal regresyon analizine dönüşür ve denklem 2.59’daki gibi ifade edilir (Bayazıt ve Oğuz, 1998)

$$\log(y) = \log a + b_1 \log(x_1) + b_2 \log(x_2) + \dots + b_i \log(x_i) \quad (2.59)$$

Buradaki $a, b_1, b_2, \dots, b_i$ regresyon katsayıları denir ve basit regresyondaki şekilde çözülür. Çözüm sırasında hesaplanan y değerlerinin ölçülen y değerlerine olan uzaklıkları minimum olacak şekilde hesaplanması gerekmektedir. Bölüm 3'te yapılan çoklu regresyon analizleri MS Excel programıyla otomatik olarak hesaplanmıştır. Bulunan regresyon katsayıları daha sonra denklem 2.59'da yerine konmuş ve her iki tarafın eksponansiyeli alınarak denklem 2.58'deki y fonksiyonu elde edilir. Basit regresyondaki gibi gözlenmiş noktaların regresyon düzlemine y doğrultusundaki uzaklıklarının varyansı

$$S_{ey}^2 = \frac{\sum_{i=1}^N e_{yi}^2}{N-3} \quad (2.60)$$

şeklinde hesaplanabilir. Bu işlemlerin uygun bir şekilde yapılabilmesi için m sayıdaki değişken sayısı örnekteki eleman sayısı N 'den yeterince küçük seçmek gerekmektedir. Çok değişkenli regresyonda bağımlı değişken ile bağımsız değişkenler arasındaki doğrusal bağımlılık denklem 2.61'de verildiği gibidir.

$$R = \left(1 - \frac{S_{ey}^2}{S_y^2} \right)^{1/2} \quad (2.61)$$

Burada R , çoklu regresyon için korelasyon katsayısı S_y , standart sapmasıdır. R 'nin değeri 1'e yaklaştıkça hesaplanan regresyon denkeleminin ifade ettiği ilişkinin deterministik bir ilişkiye yaklaştığını göstermektedir. Diğer bir değişle R değeri 1'e yaklaştıkça uydurulan eğri ile örnekleme değerler arasındaki fark azalarak daha doğru tahminler yapılmasını sağlamaktadır.

Deneyisel çalışma sonucundaki bulgularla herhangi bir olgunun matematik modelinin (belirli bağımsız değişkenlere bağlı bir fonksiyon) kurulmasında çoklu regresyon yöntemi uzun süredir kullanıla gelmektedir. Örneğin Howe ve diğ. (2005) nehir ağzı hidrodinamik yapıyı belirlemek için çoklu regresyon analizi yöntemini kullanmışlardır.

3. DENEY SİSTEMİ

Bu bölümde tez çalışmasında deneylerin hangi alet ve donanımlar ile yapıldığı ve deney koşulları anlatılmaktadır. Bölüm 3.1’de deney sisteminde kullanılan aletler, donanımlar ve bunların özellikleri anlatılmıştır. Bölüm 3.2’de ise deneysel çalışmanın nasıl yapıldığı anlatılmıştır, Bölüm 3.3’te yapılan deneyler sırasında alınan verilerin nasıl değerlendirildiği anlatılmıştır.

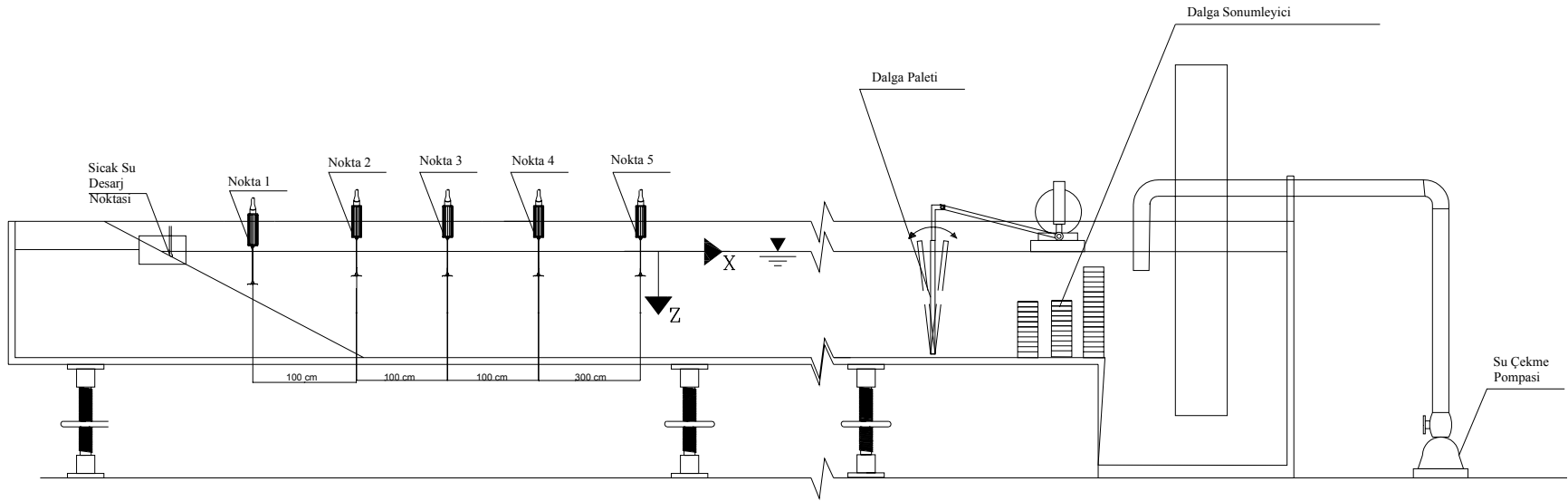
3.1. Deney Sisteminde Kullanılan Aletler ve Donanımlar

Deneyler İTÜ İnşaat Fakültesi Hidrolik Laboratuvarı’nda 1*0.5*22 m’lik kanalda yapılmıştır (Şekil 3.1). Deneysel çalışmanın yapıldığı kanalın planı Şekil 3.2’de verilmiştir. Bu şekilde ölçüm noktaları ve yerleşim planı detaylı olarak görülmektedir. Kıyıyı modellemek için deney kanalı içerisine 1:5 eğimli kum yerleştirilmiştir (Şekil 3.3). Suyun deşarj edildiği noktadaki batimetrisinin akım nedeniyle değişmemesi için tabana plexiglass bir platform yerleştirilmiştir (Şekil 3.3). Deney düzeneğinde kullanılan sıcak su 0.5*0.7*1.5 m boyutlarında ısıtıcı tankta üretilmiştir (Şekil 3.4). Isıtılan suyun sıcaklığını ve ısıtıcıları kontrol etmek amacıyla ısıtıcı tanka dijital bir termometre bağlanmıştır. Sabit sıcaklık elde etmek için ısıtıcıları kontrol eden bir elektrik panosu da sisteme eklenmiştir (Şekil 3.5). Isıtıcı tanktan gelen suyun kanala iletilmesi için 50 m’lik plastik bir boru kullanılmıştır. Isı kaybını minimuma indirmek amacıyla bu plastik boru koruyucu bir sistemle kaplanmıştır.

Deşarj edilen suyun debisini kontrol etmek amacıyla bir vana ve geçen miktarı ölçmek amacıyla bir debimetre boruya monte edilmiştir. Sıcak suyun açık kanal akımıyla sabit bir kesitten verilmesi için ahşap dikdörtgen kutu şeklinde bir deşarj ağzı yapılmıştır. Bu kutunun tabanı su seviyesinin 3 cm altındadır (Şekil 3.3), böylece deşarjın bir jet şeklinde düşüm yatağı olmadan kanala verilmesi sağlanmıştır. Sıcaklık değişimleri için PT100 tipi hassas sıcaklık ölçümü yapabilen 19 adet prob kullanılmıştır (Şekil 3.6).



Şekil 3.1: Deney Kanalı'nın Genel Görüntüsü ve Deşarj Noktasından İtibaren Ölçüm Yapılan Noktaların Toplu Görünümü



Şekil 3.2: Deney Kanalı Kesiti ve Ölçüm Noktaları



Şekil 3.3: Deşarj Noktası, Kıyı Ve Pt100 Sıcaklık Ölçüm Probları Detaylı Görünümü

19 adet sıcaklık probundan alınan veriler 3 adet 8 kanallı veri kaydedici (data looger) kullanılarak bilgisayara aktarılmıştır. Alınan sıcaklık kayıtları 1'er saniye aralıkla kaydedilmiştir. Şekil 3.6'da verilen sıcaklık ölçüm prob numaralarının deney kanalı içerisindeki konumları ise şu şekildedir. 4 numaralı prob deşarj noktasına yerleştirilen probdur. 1 ve 11'nolu problemler 1. ölçüm noktasına, 9, 13, 12, 18, 14, 7, ve 6 numaralı problemler 2. ölçüm noktasına yerleştirilmiştir. 2. ölçüm noktasına yanıl yönde yerleştirilen problemlerle deşarj eksenine dik yönde herhangi bir değişimin tespiti için fazladan 4 prob yerleştirilmiş fakat yapılan incelemeler sonucunda belirgin bir değişim görülmediğinden tez kapsamında yapılan analizlerden çıkartılmıştır. Ayrıca yapılan çalışma 2 boyutlu olduğundan yanıl yöndeki değişim ihmal edilmiştir. Prob 10, 16 ve 2 numaralı problemler 3. ölçüm noktasına, 3, 15 ve 18 numaralı problemler 4. ölçüm noktasına ve 9, 5 ve 17 numaralı problemler ise 5. ölçüm noktasına yerleştirilmiştir. Ölçüm noktalarının konumu ve aralarındaki mesafeler Şekil 3.2'de verilmiştir. Şekil 3.6'da problemlerin numaraları üstten alta doğru düşey eksenle yerleştirildiği derinliğe göre yazılmıştır. Buna göre herhangi bir kutu içerisindeki ilk sayı yüzeydeki proba karşılık gelirken 2. prob yüzeyden 5 cm derinliğe yerleştirilen probu ve 3. sayı ise yüzeyden 10 cm derinliğe yerleştirilen probu göstermektedir.

Deney sisteminde dalga üretebilmek için 1 adet dalga paleti kullanılmıştır. İstenilen dalga yüksekliği ve periyodunu kontrol etmek için 1 adet redresör ve eksantrik mili kullanılmaktadır. Söz konusu ekipmanlar yardımıyla farklı periyotlarda aynı dalga yüksekliğinde ya da aynı periyotlu ve farklı dalga yüksekliğinde dalgalar üretilmektedir. Üretilen dalgaların özelliklerini ölçmek ve dalga yüksekliklerinin zaman serisi kayıtlarını almak için HR Wallingford tarafından üretilen bir dalga monitörü kullanılmıştır (Şekil 3.7). Dalga verilerinin analizini yapan program Yrd. Doç. Dr. Erdem Ünal tarafından yazılmıştır. Dalga yükseklikleri ve periyotlar 3 adet dalga probuyla ölçülmüştür. Yerleştirilen bu problardan bir tanesi 5. ölçüm noktasına, ikincisi 3. ölçüm noktasına, üçüncüsü ise 2. ölçüm noktasına yerleştirilmiştir.

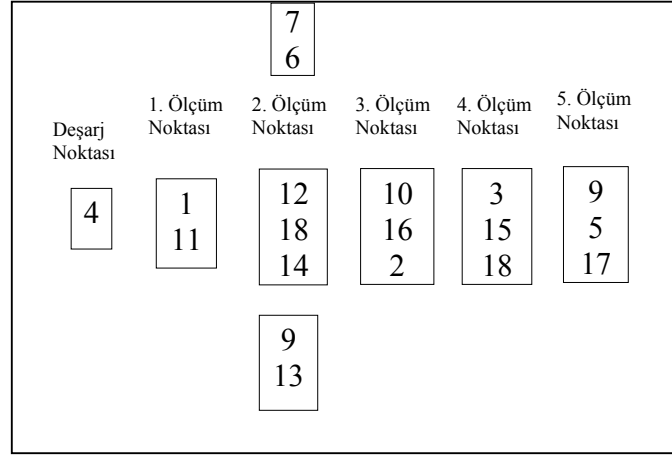
Deneylerde değişik debi ve sıcaklık farklarında meydana gelen hızların tespiti için bir adet 3 boyutlu akustik hızölçer kullanılmıştır. Hız ölçümleri yukarıda bahsedilen 5 adet ölçüm noktasında ve farklı derinliklerde olacağından hız profilleri gerekli analizlerin yapılmasıyla ortaya konabilecektir. Yapılan ölçümlerin detayları ve analiz şekilleri ilerideki bölümlerde verilecektir. Kullanılan hızölçerler Nortek firmasına ait Vectrino⁺ Laboratuvar tipi akustik hızölçerlerdir ve 200 Hz sıklığında veri alabilecek hassasiyettedir. Fakat deneyler sırasında 50 Hz sıklığında veri alınmıştır. Kullanılacak olan akustik hızölçerin resmi Şekil 3.8’de verilmiştir.



Şekil 3.4: Isıtıcı Tank.



Şekil 3.5: Isıtıcı Kontrol Panosu



Şekil 3.6: Sıcaklık Ölçüm Problemi Kanal Numaraları ve Yerleşim Planı



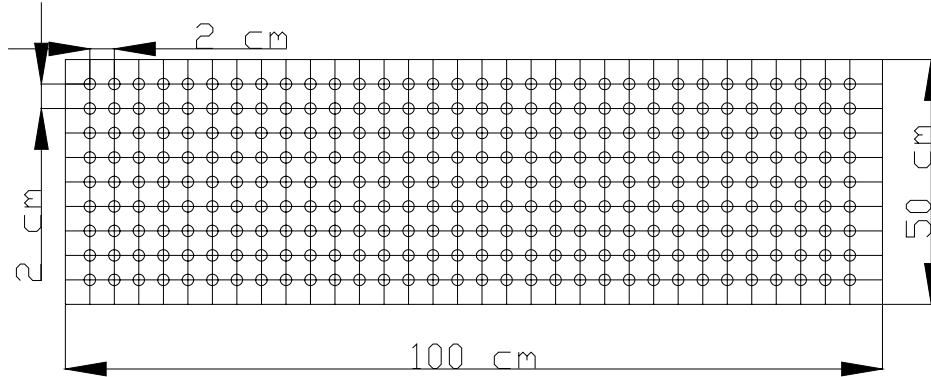
Şekil 3.7: Dalga Ölçümü İçin Kullanılan Dalga Monitörü ve Bilgisayar Sistemi



Şekil 3.8: Hız ölçümünde kullanılan akustik hızölçer Vectrino⁺

Deneysel çalışmanın asıl amacı olan sazlıklı bölgelerdeki sıcak su deşarjının hidromekanik ve ısı yayılım davranışının anlaşılması için deney kanalının bir bölümüne sazlık yerleştirilmiştir. Kullanılan sazlklar düz boru şeklinde doğal sazlıklardır. Yerleştirilen sazlık, uçları su yüzeyinden yukarıda, batmamış şekilde yerleştirilmiştir. Sazlıkların çapları 4.0 mm ile 9,4 arasında değişmekle beraber ortalama çap 6.2 mm dir. Sazlıkların boyu 80 cm aralarındaki mesafe 2 cm'dir. Yerleştirilen sazlığın yatay mesafesi 50 cm'dir. Sazlığın planı Şekil 3.9'da verilmiştir.

Kanaldaki su seviyesinin artışı engellemek amacıyla dalga paletinin arkasındaki bölgeye yüzeyden su çekmek amacıyla bir adet pompa yerleştirilmiştir. Çekilen suyun miktarını kontrol amacıyla pompanın çıkışına bir adet vana ve debimetre yerleştirilmiştir. Deşarj edilen noktadan deney kanalına verilen debi miktarı kadar su, söz konusu pompa vasıtasıyla yüzeyden çekilerek kanal içersindeki su derinliği sabit tutulmuştur. Örneğin deşarj edilen debi 10 lt/dak. ise çekilen debi de 10 lt/dak. olmuştur.



Şekil 3.9: Kanala Yerleştirilen Sazlığın Boyutları ve Planı

3.2. Deneysel Çalışmaların Yapılması

Deneysel çalışmanın yapılış şekli bu bölümde anlatılmıştır. Her deneyin başlangıcında deşarj edilen suyun aynı sıcaklıkta olabilmesi için laboratuvarın deposuna verilmiştir. Boru içersindeki su yapılacak deney koşullarındaki sıcaklığa ulaştığında kanala deşarj edilmeye başlanmıştır. Buradaki amaç ilk deşarj anından tüm ölçümlerin bittiği ana kadar deney kanalına verilen suyun sabit sıcaklıkta olmasının sağlanmasıdır.

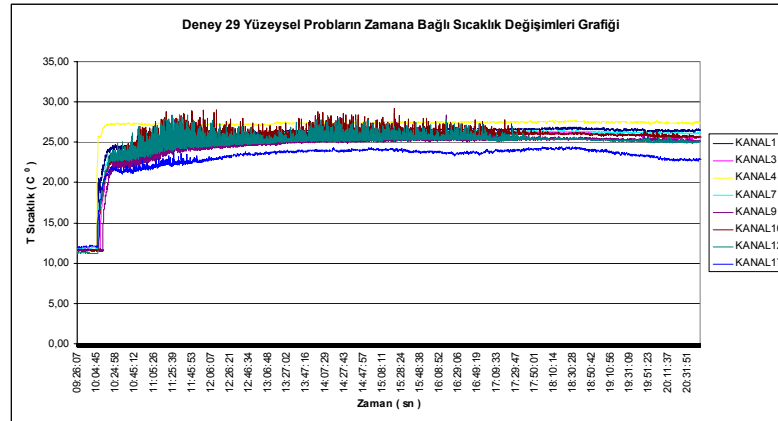
Sıcaklık verileri deney başlamadan alınmaya başlanmıştır. Alınan bu veriler deney kanalının başlangıç denge sıcaklığının tespitinde kullanılmıştır. Sıcaklık verileri her bir deney için deney başlangıcından bitinceye kadar devam edilmiştir. Böylece sıcaklık değişimleri deney başlangıcından kanal içersindeki suyun denge sıcaklığına gelmesine kadar kaydedilmiştir. Burada denge sıcaklığı, deşarj edilen sıcak su nedeniyle alıcı ortamdaki sıcaklık değişimlerinin olmadığı durum kastedilmektedir.

Hız ölçümleri daha önce ifade edildiği gibi Vectrino⁺ ile ölçülmüştür. Tüm deneylerde kanal sıcaklığı dengeye gelinceye kadar beklenmiş ve sıcaklık dengeye

ulaşınca hız ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Ölçümler, sırasıyla 1., 2., 3., 4. ve 5. noktalarda düşey eksenler boyunca yapılmıştır. Akıntılı deneylerde ölçülen hızların düşük olması ve tabakalar arasındaki hız değişimlerinin daha iyi tespiti için derinlik boyunca 2 cm aralıklarla ölçüm yapılmış, dalgalı deneylere geçildiğinde ölçümler arası mesafe 4 cm aralığa çıkartılmıştır. Kanal içerisindeki sıcaklıkların dengeye gelmesi için akıntı ile yapılan deneyler hızların düşük olması nedeniyle yaklaşık 8-10 saate kadar beklenmiştir. Bu süreden sonra hız ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Dalga gönderilerek yapılan deneylerde ise kanal içersindeki sıcaklık daha çabuk dengeye geldiğinden 4-6 saat geçtikten sonra hız ölçümleri yapılmaya başlanmıştır.

3.3. Ölçülen Parametreler ve Analiz Yöntemleri

Hazırlanan deney düzeneğiyle; sıcaklık, dalga ve hız parametreleri ölçülmüştür. Alınan sıcaklık kayıtlarına örnek olarak Şekil 3.10'da Deney 29 için yüzey problemlerinden alınan sıcaklık kaydı verilmiştir.



Şekil 3.10: Deney 29 Sırasında Alınan Yüzey Sıcaklık Değerlerinin Zamansal Değişim Grafiği

Alınan bu sıcaklık değerleri ölçülen sıcaklık değerleridir. Her deney yaklaşık bir gün sürmüştür. Özellikler ilk deneyler laboratuvarın soğuk olduğu zamanlarda yapılmıştır. Örneğin bazı deneylerde ortam sıcaklığı 7°C civarında iken bazı deneylerde ortam sıcaklığı 25- 30 °C'ye kadar çıkmıştır. Bu deneylerin bir arada değerlendirilebilmesi için kanal başlangıç sıcaklığının ölçülen değerlerden çıkartılarak bağıl sıcaklıklarla çalışılması gereklidir. Örnek olarak verilen Deney 29'un bağıl sıcaklık grafiği Şekil 3.11'de verilmiştir.

Şekil 3.10'da çizilen grafikte deneyin sonlarına doğru sıcaklık değerleri yatay bir seyir gösterdiği görülmektedir. Verilen grafik yüzey sıcaklıkları olduğu için deneyin büyük bir kısmında yatay bir seyir göstermektedir, fakat dip problemleri dediğimiz yüzeyden 10 cm altındaki problemlerde yatay seyir deney sonlarına doğru oluşmaktadır. Su yüzeyinden 10 cm altta ölçüm yapan bu problemlerin sıcaklık değişimleri durduğunda kanal içersindeki suyun denge sıcaklığına ulaştığı kabul edilmiştir.

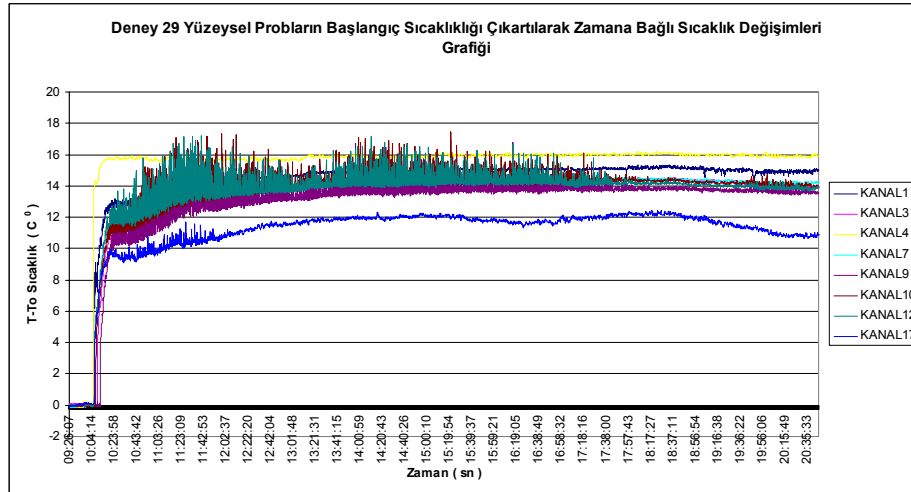
Her ölçüm noktası ve derinlik değeri için tek bir sıcaklık değeri hesaplanabilmesi için, bağıl sıcaklık grafiğinin son bölümündeki değerlerin ortalaması alınmıştır. Yapılan bu ortalama alma yöntemiyle aynı zamanda anlık ölçüm hataları da elimine giderilmektedir.

Değişik sıcaklık farklarında yapılan deneylerin bir arada değerlendirilmesi amacıyla bağıl sıcaklık değişimlerinden elde edilen değer başlangıçta kabul edilen sıcaklık farkına bölünmüştür ($T-T_0/DT$).

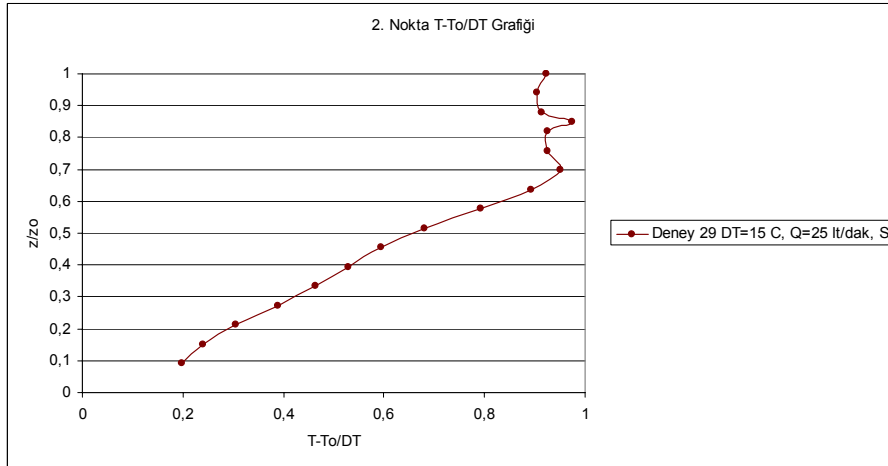
Bütün deneylerde su derinliği, kıyı bölgesi hariç, 33 cm olarak sabit tutulmuştur. Derinliğin boyutsuz hale getirilebilmesi için ölçüm derinliği toplam derinliğe bölünmesi gerekmektedir (z/z_0). Karşılaştırma yapılabilmesi ve diğer çalışmalarda kullanılabilmesi için bu şekilde sistem boyutsuz hale getirilmiştir.

Sonuç olarak analizlerden sonra bulunan bağıl sıcaklık değerleri ile bağıl derinlik arasında bir grafik çizilebilir. Bu grafikte eksenlerden biri boyutsuz derinlik değeri bağıl sıcaklıktır. Çizilen grafik derinlik boyunca bağıl sıcaklık grafiği olacaktır. Bu şekilde çizilen grafiklere örnek olarak Şekil 3.12 verilmiştir. Bahsi geçen grafikler her ölçüm noktası ve yapılan tüm deneyler için ayrı ayrı çizilmiştir.

Sıcaklık grafiklerinin geneline bakıldığında 4 ayrı tabakadan bahsetmek mümkündür. 4 tabakayı yüzeyden tabana doğru numaralandırmak yerinde bir yaklaşım olup buna göre; 1. tabaka yani yüzeydeki tabaka atmosferik etkilere açık ve ısı alışverişinin yapıldığı tabakadır. 1. tabaka ile hava arasındaki sıcaklık farkına göre değişim göstermektedir. 2. tabaka özellikle sıcaklığın en fazla ve deşarj sıcaklığına yakın sıcaklıkların olduğu bölgedir. 3. tabaka deşarj akımının etkisini kaybettiği fakat büyük sıcaklık değişiminin olduğu tabakadır. 4. tabaka ise artık hemen hemen sadece difüzyon ile ısı iletiminin olduğu deşarj akımının etkilerinin çok az olduğu bir tabakadır. Bu tabakaların derinlik boyunca kalınlıklarının değişimleri her deneyde



Şekil 3.11: Deney 29 Yüzeysel Problemleri İçin Zamana Bağlı Hesaplanan Bağlı Sıcaklık Değişimleri Grafiği



Şekil 3.12: Deney 29 İçin 2. Ölçüm Noktası Derinlik Boyunca Bağlı Sıcaklık Değişimi Grafiği

farklı farklı olmaktadır. Örneğin düşük sıcaklık farklarında veya düşük debilerde 1. ve 2. tabaka kalınlıkları deşarja yakın olan bölgelerde bağlı derinliğin yarısı değerine kadar ulaşmakta fakat deşarj noktasından uzaklaşıldıkça bu değer yüzeye doğru yaklaşmaktadır. Tabi bu durum deşarj debisine de bağlıdır. 1.ve 2. tabakanın derinliği deşarj noktasından uzaklaşıldıkça yüzeye doğru yükselirken 3. tabaka kalınlığı da artmaktadır. 4. tabaka genellikle dalgalı deneyler hariç pek fazla değişmemektedir. Esas değişimler 1., 2. ve 3. tabakalarda olmaktadır.

Sıcaklık değişimleri ile ilgili olarak yukarıda verilen tabakaların değişimleri incelendiğinde, 1. ve 2. tabaka sıcaklıklarını sabit kabul etmek mümkün

görülmektedir. Kabul edilen bu doğru bağıl derinliğin 0.8 ile 1 arasında genel bir değişiminin olduğu görülür. Sıcaklığın bağıl derinliğin 1 ile 0.8 değeri arasındaki değişimi sabit kabul edildiğinde daha derin olan bölgedeki sıcaklık değişimleri için uygun bir yaklaşım ortaya koymak kolaylaşmaktadır. Bu nedenle analizlerde çizilen eğriler ve denklemler 3. ve 4. tabaklardaki değişimlere göre çizilmiştir.

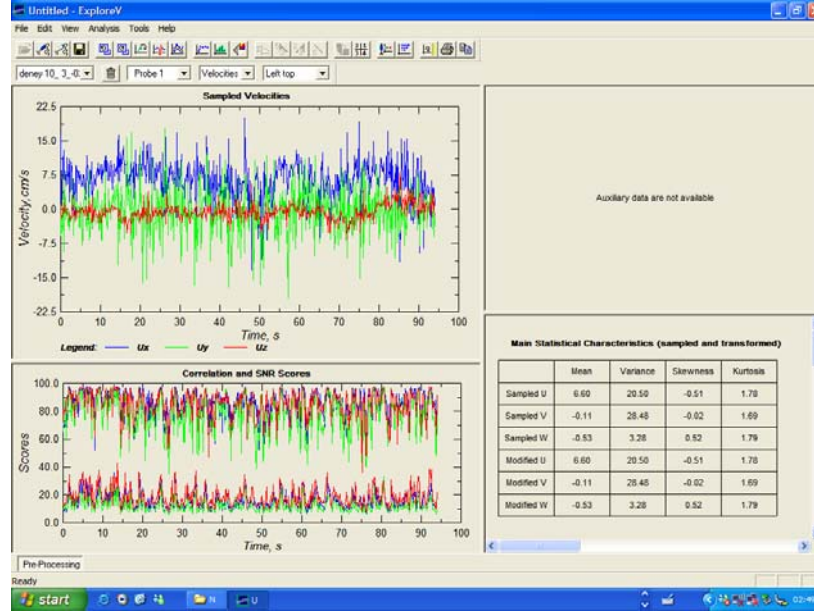
Hız ölçümü analizleri de benzer bir yaklaşım yapılarak boyutsuz hale gerilmiştir. Ölçülen hız değerleri üretici firmanın verdiği Collect Vectrino⁺ programı yardımıyla kaydedilmiştir. Ölçümler akustik Doppler yöntemiyle ölçülmektedir. Ölçümün hassasiyetini arttırmak amacıyla hız probuna ayrıca bir sıcaklık probu da konmuştur. Hız kayıtları için kullanılan analiz programı Explore V'dir. Şekil 3.13'te dalgalı alınan bir hız kaydı sonuçlarının Explore V programıyla görüntüsü verilmiştir. Yapılan bilimsel bir araştırmada bu çalışmada kullanılan Vectrino⁺ modelinin bir alt modeli olan ADV ile ölçüm süresinin hız değerlerine etkisini incelemiştir (Carollo ve diğ., 2002). Sonuç olarak sabit bir noktasal ortalama hız değeri için en az 700 örnek alınması gerektiğini vurgulamıştır. 1600 ve 700 örnek ortalamalarıyla oluşturulan hız profillerinin hemen hemen aynı sonuçlar verdiği yine aynı çalışmada belirtilmiştir (Carollo ve diğ., 2002). Bu tez çalışmasında her deneyde farklı farklı olmasına rağmen minimum alınan veri kayıt süresi 60 saniyedir. 50 Hz ile veri alındığı düşünüldüğünde her hız ölçümünde minimum 3000 kayıt alınmış olmakta bunun ise akımın karakteristiğinin belirlenmesinde yeterli olacağı düşünülmüştür.

Kaydedilen ham hız değerleri daha sonra aykırı değerlerin ayıklanması işlemine tabi tutulmuştur. İstatistiksel analizler, aykırı değerleri yani, hatalı olarak kabul edilen değerlerin çıkartılmasından sonra yapıldığı taktirde gerçek hız değerleri bulunabilir. Aykırı değerlerin ayıklanmasında birden fazla yöntem kullanılmıştır. Bu yöntemlerden bir tanesi okunan hız değerleri arasında korelasyonun ortalama % 70 olacak şekilde seçilmesidir. Bir diğer aykırı değer analizi de ölçülen değerlerin tüm ölçümden elde edilen standart sapma değerinin belirli bir katından büyük olan değerleri aykırı değer olarak kabul edilmesidir. Başka bir aykırı değer bulma yöntemi ivme ile alakalıdır. Ölçülen ivme değeri yerçekimi ivmesinin belirli bir katından daha büyük değerlerin aykırı değer olarak kabul edilmesidir. Aykırı değerlerin elenmesi Şekil 3.14'de verilen yazılımın penceresinden seçilerek otomatik olarak yapılabilmektedir. Tez kapsamında korelasyon sınırı %70 olarak seçilmiştir.

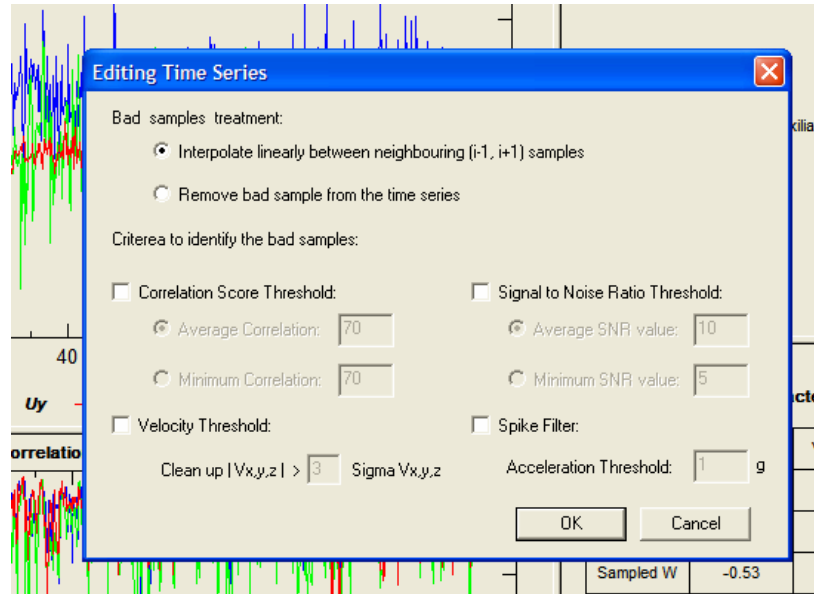
Korelasyon değeri daha büyük ya da küçük seçmek mümkündür fakat burada dikkat edilmesi gereken husus korelasyon sınırı büyütüldüğünde çok fazla veri elenmiş olacak dolayısıyla belki de ölçülen geçerli değerler de atılmış olacaktır. Korelasyon değeri küçük seçildiğinde ise belki de aykırı değerlerde analize katılarak sonuçlar büyük değişikliklere uğrayabilecektir. Bu nedenle korelasyon sayısının seçilmesi analizlerin sağlığı açısından büyük bir öneme sahiptir. Korelasyon değeri %70 seçilerek çok fazla hız değeri analizlerden elenmemiş olmaktadır. Yine ikinci aykırı değer ayıklama yönteminde, okunan tüm hız değerlerinin standart sapma değerinin 3 katından daha büyük hızlar aykırı değer olarak kabul edilmiştir. 3. yöntem yani ivme analizi yöntemi sadece akıntılı deneylerde ve 2 ölçüm noktasından sonraki bölgelerde, çok gerekli olduğu düşünülen durumlarda uygulanmıştır. Uygulanan ivme analizi yönteminde yerçekimi ivmesini aşan hız değerleri aykırı değer olarak kabul edilmiştir. Seçilen ivme değeri dalgasız ortam olduğu için ve akıntı hızının düşük olduğu yerlerde bu ivme değerini geçmeyeceği düşünülerek kabul edilmiştir. Yukarıda detaylı olarak anlatılan hız ölçümleri ve analizler sonucu elde edilen hız değerleri, her deney için tablolar halinde Ek A'da verilmiştir. Tablolardaki hızın birimi cm/s'dir. Bulunan bu hız değerlerinin sıcaklıklardaki gibi boyutsuz hale getirilerek universal geçerliliğinin sağlanması gerekmektedir. Bu nedenle ölçülen hız değerlerinin bir hız değerine bölünmesi ile boyutsuz hız değerleri bulunabilir. Kabul edilen bu hız değeri başlangıçta deşarj edilen su hızının ortalamasıdır. Yani herhangi bir noktadaki ölçülen hız değeri, boyutsuz olarak, deşarj edilen suyun deşarj noktasındaki ortalama hızına bölünmesiyle hesaplanmaktadır. Deşarj edilen suyun ortalama hızı ise debinin, deşarj noktasındaki kesite bölümüyle bulunmuştur. Deşarj noktasında su derinliği daha önce ifade edildiği gibi 3 cm'dir, deşarj noktasındaki kutu kesitin genişliği ise 15 cm olduğundan deşarj noktasındaki kesit $3 \times 15 = 45 \text{ cm}^2$ 'dir.

Deneyssel çalışmada akıntılı yani deşarj akıntısı haricinde bir hareketin olmadığı durumdaki deneyler bittikten sonra aynı koşullarda dalga gönderilerek kayıtlar alınmıştır. Dalga monitörü bir AD çevirici vasıtasıyla bilgisayara bağlanmıştır. Kullanılan bilgisayar programı Yard. Doç. Dr. N. Erdem Ünal tarafından yazılmıştır. Temel olarak 0'ı kesme yöntemiyle analiz yapılmaktadır. Dalga veri alışı sıklığı 0.05 sn'dir. Alınan dalga kayıtlarının analizleri yapılarak belirgin dalga yüksekliği (H_s), H_{RMS} , belirgin dalga periyodu (T_s) ve T_{RMS} gibi çeşitli dalga parametreleri

hesaplanarak çıktıları ekrana verilmektedir. Her deneyde, farklı zamanlarda dalga kayıtları alınarak deney sırasında istenen dalganın gönderilip gönderilmediği kontrol edilmiştir. Tablo 3.1’de alınan dalga kayıtlarına bir örnek verilmiştir. Ek B’de alınan dalga kayıtları tabloları verilmiştir.



Şekil 3.13: Explore V Yazılımı Tipik Görünümü.



Şekil 3.14: Aykırı Değerlerin Ayıklanması İçin Kullanılan Programın Analiz Penceresi

Dalga gönderilerek yapılan deneylerin hız ile derinlik arasında çizilen grafiklerinin boyutsuz hale getirilmesi, ölçülen herhangi bir noktadaki hızın dalga dikliğine bölünmesiyle bulunmuştur. Buradaki dalga dikliği, dalga yüksekliğinin periyoda bölünmesi ile bulunmuştur. Dalga gönderilmeden yapılan deneylerde hız, sadece deşarjdan kaynaklanmaktadır, dalga gönderilerek yapılan deneylerde ise hız, dalga hareketinden kaynaklanmaktadır. Bu nedenle değişken parametre ve hız kaynağı dalga olduğu için ölçülen hız değeri dalga dikliğine bölünmüştür. Dalga gönderilerek yapılan deneylerde deşarjdan kaynaklanan bir hız değişimi mevcuttur fakat özellikle kıyı bölgesinden uzak olan bölgelerde bu hız dalga hareket hızına nazaran çok daha küçük olmaktadır. Zaten sadece deşarj yapılarak ölçülen hızlar ile dalga gönderilerek alınan hız değerlerinin mertebelerine bakıldığında da büyük fark açıkça görülmektedir.

Tablo 3.1: Dalga Kaydında Elde Eden Dalga Parametreleri Özet Tablosu

DALGA SINYALLERİNDEN ELDE EDİLEN DALGA PARAMETRELERİ

SERİ NO	=	31
KANAL NO	=	2
SINYAL SAYISI	N =	1199
SIFIRDAN GECME SAYISI	N _z =	182
SIFIRDAN GECEN DALGA SAYISI	D _z =	89
ZAMAN ARALIĞI	dt =	0.050 s
TOPLAM KAYIT SÜRESİ	Tr=	59.368 s
TOPLAM KAYIT SÜRESİ	Tr=	0.989 dk
TOPLAM KAYIT SÜRESİ	Tr=	0.016 sa
MINİMUM DALGA YUKSEKLİĞİ	H _{min} =	2.581 cm
ORTALAMA DALGA YUKSEKLİĞİ	H _{ort} =	2.727 cm
R.M.S. DALGA YUKSEKLİĞİ	H _{RMS} =	2.727 cm
BELİRGİN DALGA YUKSEKLİĞİ	H _s =	2.809 cm
	H _(1/10) =	2.843 cm
	H _(1/20) =	2.852 cm
	H _(1/30) =	2.856 cm
MAKSİMUM DALGA YUKSEKLİĞİ	H _{max} =	2.856 cm
MINİMUM DALGA PERİYODU	T _{min} =	0.650 s
BELİRGİN DALGA PERİYODU	T _s =	0.664 s
ORTALAMA DALGA PERİYODU	T _o =	0.660 s
	T _(1/10) =	0.667 s
MAKSİMUM DALGA PERİYODU	T _{max} =	0.670 s
TOPLAM DALGA ENERJİSİ	Es=	84.823 t/cm

Sonuç olarak bu bölümde kullanılan cihazlar ve cihazların aldığı verilerin analiz yöntemleri bu bölümde anlatılmaya çalışılmıştır. Bundan sonraki bölümde deneysel çalışmalar ve bu deneylerin özellikleri anlatılacaktır.

3.4. Yapılan Deneysel Çalışmaların Özetleri

Yukarıda detaylı olarak verilen deney düzeneğinde çeşitli konfigürasyonlarda deneyler yapılmıştır. Yapılan deneylerin numaraları aşağıdaki tabloların içerisinde yazılmıştır. Önce kanal içerisinde sazlık yok iken 10, 15, 20 ve 25 lt/dak.'lık debilerde 5, 10, 15, 20 ve 25 °C sıcaklık farklarında deneyler yapılmıştır (Tablo 3.2). Bu tablodan da görülebileceği gibi, farklı debi ve sıcaklık değerlerinin kombinasyonu ile toplamı 20 adet olan tüm deney konfigürasyonları, modelle ilgili çeşitli problemler ya da zaman kısıtlaması nedenlerinden dolayı yapılmamış, ancak 11 adet deney tamamlanmıştır. Daha sonra kanal içerisine sazlık yerleştirilerek, aynı seride Tablo 3.3'de gösterilen toplam 12 deney daha yapılmıştır.

Bu deneyler tamamlandıktan sonra sazlık kanal içerisindeyken 3 adet farklı özellikte düzenli dalga serisi ile sıcaklık farkı 5 ve 15°C olacak şekilde 6 deney daha yapılmıştır (Tablo 3.4). Bu deneylerde debi sabit 15 lt/dak. olarak seçilmiştir. Daha sonra sazlık çıkarılarak 10 lt/dak. ve 15 lt/dak. debide, 5 ve 15 °C sıcaklık farklarında 11 adet deney daha tamamlanmıştır (Tablo 3.5).

Tablo 3.2: Sazlık ve Dalga Etkisi Olmadan Yapılan İlk Grup 11 Deney.

		Deşarj Debisi (lt./dak.)			
		10	15	20	25
Sıcaklık farkı DT (°C)	5	Deney No. 56	Deney No. 14	Deney No. 8	--
	10	Deney No. 3	Deney No. 54	Deney No. 9	Deney No. 55
	15	Deney No. 5	--	Deney No. 10	--
	20	Deney No. 6	--	Deney No. 11	--

Tablo 3.3: Sazlık Etkisi Altında ve Dalga Etkisi Olmadan Yapılan İkinci Grup 12 Deney.

		Deşarj Debisi (lt./dak.)			
		10	15	20	25
Sıcaklık farkı DT (°C)	5	Deney No. 16	Deney No. 19	Deney No. 20	Deney No. 17
	10	Deney No. 18	Deney No. 23	Deney No. 22	Deney No. 21
	15	Deney No. 25	Deney No. 26	Deney No. 28	Deney No. 29

Sonuç olarak sazlıklı/sazlıksız, dalgalı/dalgasız koşullar altında 40 adet deney yapılmış, bu deneylerin sonuçları da sonraki bölümlerde detaylı olarak incelenmiştir.

Öncelikle dalga etkisi olmaksızın sazlıklı ve sazlıksız yapılan (Tablo 3.1 ve Tablo 3.2’de verilen) deneyler ele alınmıştır. Bu inceleme sırasında ilk olarakdeşarj debisi sabit tutulup sıcaklık farklarının sazlıklı ve sazlıksız ortamda değişimi ele alınmış, ardından sıcaklık farkı parametresi sabitlenerek farklıdeşarj debileri için sazlıklı ve sazlıksız alıcı ortamların farkları irdelenmiştir. Daha sonra da her bir deney çifti (sazlıklı ve sazlıksız deneyler) incelenerek, görülen farklılıklar ve nedenleri ortaya konmaya çalışılmıştır. Bu bölümün sonunda ise sazlıksız şartlarda yapılan deneyler bir arada çoklu regresyon analizine tabii tutularak genel bir yaklaşım ortaya konmaya çalışılmıştır. Benzer şekilde sazlıklı yapılan deneyler de tüm deneyler ve ölçüm noktaları bir arada incelenerek benzer bir yaklaşım ortaya konmaya çalışılmıştır.

Tablo 3.4: Sazlık ve Dalga Etkisi Altında Yapılan Üçüncü Grup 6 Deney.

		Dalga Yüksekliği (cm)	Deşarj Debisi (lt./dk.)
			15
Sıcaklık farkı DT (°C)	5	12,5	Deney No. 32
		25,0	Deney No. 34
		37,5	Deney No. 37
	15	12,5	Deney No. 33
		25,0	Deney No. 35
		37,5	Deney No. 38

Yapılan analizlerde; bağımsız değişkenler, x yönündeki mesafe (L), boyutsuz derinlik (z/z_o),deşarj edilen su ile alıcı ortam arasındaki sıcaklık farkı (DT) vedeşarj edilen suyun debisidir (Q). Bağımlı değişken olarak da bağıl sıcaklık parametresi (bağıl sıcaklık artışı, $(T-T_o)/DT$) seçilmiştir. Boyutsuz derinlik o noktadaki su derinliğinin toplam derinliğe bölünmesi ile bulunmuştur. Bağıl sıcaklık artışı olarak ifade edilen değer ise o noktada ölçülen en son sıcaklık ortalamasından, başlangıç ortam sıcaklığı çıkartıldıktan sonradeşarj edilen suyun sıcaklık farkına eşittir. Örneğin, başlangıçtaki kanal sıcaklığı 10 °C ikendeşarj edilen sıcak su 15 °C ise ve

herhangi bir noktada ölçülen en son sıcaklık ortalama değeri de 13°C ise sıcaklık farkı olarak ifade edilen değer $13-10/15-10=0,60$ 'dır. Bu sayede birim sıcaklık artışı ortaya konmuştur ve farklı sıcaklık değerleri bir arada analiz edilebilmektedir.

Tablo 3.5: Sazlık Etkisi Olmadan ve Dalga Etkisi Altında Yapılan Dördüncü Grup 11 Deney.

		Dalga Yüksekliği (cm)	Deşarj Debisi (lt./dk.)	
			10	15
Sıcaklık farkı DT ($^{\circ}\text{C}$)	5	12,5	Deney No. 46	Deney No. 44
		25,0	Deney No. 48	Deney No. 42
		37,5	Deney No. 50	Deney No. 41
	10	12,5	Deney No. 47	Deney No. 45
		25,0	Deney No. 49	Deney No. 43
		37,5	--	Deney No. 39

4. DENEYSEL ÇALIŞMA SONUÇLARI

Bu bölümde deneysel çalışma bölümünde detayları ile anlatılan deney kanalında yapılan deneysel çalışmaların sonuçları verilmiştir. Bölüm 4.1 sadecedeşarj akıntısının verildiği durumda hem sazlıklı hem de sazlıksız yapılan deneylerin analiz sonuçları ve Bölüm 4.2’de dalgalı ortamda yapılan deneylerin analiz sonuçları verilmiştir.

Çalışmada konu dalgalı ve akıntılı ortamlarda sazlıkların etkisi belirlenecek iki ayrı şekilde ele alınmıştır (Bölüm 4.1 ve 4.2). dalgalı ve akıntılı ortamlarda önce sazlıksız durum deneysel olarak incelenmiş, daha sonra aynı deney düzeni sazlıklı ortam için tekrarlanmıştır. Akıntılı ortamda yapılan incelemeler Bölüm 4.1.1 ve 4.1.2 de verilmişken sazlıklı ve sazlıksız ortamlar arasındaki farklarda akıntılı ortam için 4.1.3’te verilmiştir. Dalgalı ortamda yapılan çalışmalarda ise sazlıklı ve sazlıksız analizler 4.2.1.1 ve 4.2.1.2 de detaylı olarak incelenmiştir. Sazlıklı ve sazlıksız ortam arasındaki farklar ise 4.2.1.3’te verilmiştir. Bölüm 4.2.2’de ise hız ile derinlik arasındaki inceleme sazlıklı ve sazlıksız olarak ayrı ayrı incelenmiştir.

4.1 Akıntılı Ortamda Yapılan Deneyler

Akıntı ile yapılan deneyler kanalda sadecedeşarj akıntısının olduğu koşullarda yapılan deneylerdir. Öz konusu deneyler sazlıklı ve sazlıksız olarak 2 farklı durumda yapılmıştır. Deney düzeneği bölümünde anlatıldığı gibi Bölümde 11 sazlıksız ve 12 sazlıklı olmak üzere toplam 23 adet deney yapılmıştır. Sazlıklı ve sazlıksız olarak yapılan deneylerin fotoğrafları Şekil 4.1-4.3’te verilmiştir. Şekil 4.1’de sazlıklıdeşarj yapılan bir deneyde kanalın genel görüntüsü verilmiştir. Şekil 4.2’de deney sırasında kanalın içinin fotoğrafı verilmiştir. Şekil 4.3’te ise dalgasız ve sazlıksız yapılan bir deneydedeşarj bölgesi verilmiştir. Şekil 4.1 dikkatli incelendiğinde 3 ayrı tabaka görülebilmektedir. Bu bölümde önce bağıl sıcaklık değişimi ile bağıl derinlik arasında ilişki incelenmiş daha sonra hız ile bağıl derinlik arasındaki ilişki incelenmiştir. Yapılan deneylerin deney numaraları ve özellikleri Tablo 4.1 ve 4.2’de

verilmiştir. Tablo 4.1 sazlıklı, Tablo 4.2 sazlıksız yapılan deneyleri göstermektedir. Tablonun içerisindeki rakamlar yapılan deneyin numarasını göstermektedir.

Tablo 4.1: Sazlık ve Dalga Etkisi Olmadan Yapılan İlk Grup 11 Deney.

		Deşarj Debisi (lt./dak.)			
		10	15	20	25
Sıcaklık farkı DT (°C)	5	Deney No. 56	Deney No. 14	Deney No. 8	--
	10	Deney No. 3	Deney No. 54	Deney No. 9	Deney No. 55
	15	Deney No. 5	--	Deney No. 10	--
	20	Deney No. 6	--	Deney No. 11	--

Tablo 4.2: Sazlık Etkisi Altında ve Dalga Etkisi Olmadan Yapılan İkinci Grup 12 Deney.

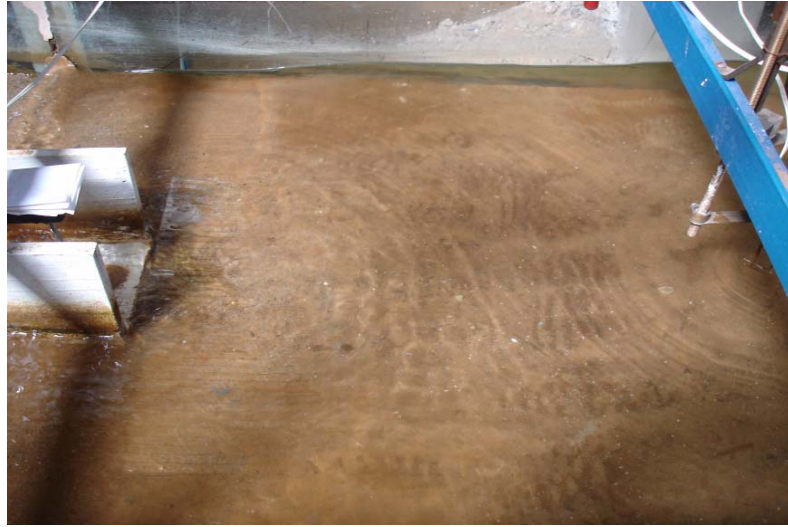
		Deşarj Debisi (lt./dak.)			
		10	15	20	25
Sıcaklık farkı DT (°C)	5	Deney No. 16	Deney No. 19	Deney No. 20	Deney No. 17
	10	Deney No. 18	Deney No. 23	Deney No. 22	Deney No. 21
	15	Deney No. 25	Deney No. 26	Deney No. 28	Deney No. 29



Şekil 4.1: Akıntılı Deney Sırasında Kanalın Görüntüsü



Şekil 4.2: Akıntılı Deney Sırasında Kanal İçinin Görüntüsü



Şekil 4.3: Deşarj Noktasının Deşarj Sırasındaki Detay Görüntüsü

4.1.1 Akıntılı Ortamda Derinlik ve Sıcaklık Değişimleri Analizi

Sazlıksız yapılan deneyler için aynı debilerde değişik sıcaklık farklarında meydana gelen değişimler burada incelenecektir. Genel olarak sazlıklı ve sazlıksız tüm deneyler incelendiğinde derinlik boyunca 4 farklı tabakadan bahsetmek mümkündür (Şekil 4.1). Bunlardan ilki, atmosferik etkilere açık ve yüzeysel ısı transferiyle soğumanın gerçekleştiği yüzey bölgesidir. Transfer edilen ısı miktarı; hava ve su arasındaki sıcaklık farkı, nem ve benzeri atmosferik koşullara bağlıdır.

Derinlik boyunca oluşan ikinci tabaka; akım koşullarına bağlı olarak kalınlığı değişen ve genellikle sıcaklığın düşey boyunca fazla değişmediği bir bölgedir. Söz

konusu bölge en fazla %20 ile %30 arasında soğumanın gerçekleştiği ve en fazla sıcaklık değişiminin olduğu sıcak bölgedir. Bir kama şeklinde ilerleyen tabaka, yüzeydeki ısı transferine ve akım koşullarına bağlı olarak tabana doğru bir ısı transferi gerçekleşmektedir.

Üçüncü tabaka, akım koşullarının minimuma indiği ve artık deşarj etkisiyle oluşan türbülansın ya da karışımın etkisini kaybettiği bölgedir. Üçüncü tabaka boyunca genel olarak görülen karakter, bağıl sıcaklık parametresinin düşeyde doğrusal olarak ya da derinliğin bir kuvveti şeklinde azalmasıdır. Soğumanın yaklaşık %20 ile %60'ı söz konusu bölgede gerçekleşmektedir.

Dördüncü tabaka sıcak su deşarjından en az etkilenen dip bölgesidir. Verilen deşarjın debisine, sıcaklık farkına ve deşarj noktasından uzaklığına bağlı olarak söz konusu tabakadaki sıcaklık değişimi (artışı) %30 ilâ %10 arasında ölçülmüştür.

4.1.1.1 Sıcaklık Farkının Etkisi

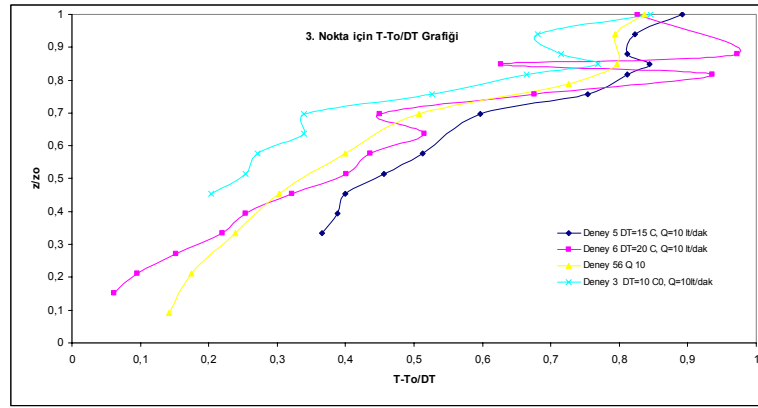
- **Sazlıksız Durumda**

İlk olarak sazlıksız, 10 lt/dak. debi koşullarında yapılan deneyler verilmiştir. Şekil 4.4'de ölçümler sonucu derinlik ile bağıl sıcaklık değerleri arasında çizilen bir grafik verilmiştir. Bu grafik 3. ölçüm noktasındaki ölçümlere göre çizilmiştir.

3. tabaka olarak adlandırılan bölgede görülen bağıl sıcaklığın düşey değişimi, debinin artışına bağlı olarak eksponansiyel bir eğriden logaritmik bir eğriye doğru değişim göstermektedir. 5. ölçüm noktasına doğru genel trend incelendiğinde, logaritmik değişim, düşük debideki gibi eksponansiyel bir eğriye doğru değişim göstermektedir. Eğri önce doğrusal olmakta sonra da eksponansiyele dönüşmektedir. Aslında ölçülen eksponansiyel değişim, arazi ölçümleriyle de örtüşmektedir (Rubin ve Atkinson, 2001. Şekil 2.1)

Örneğin normal koşullarda derinlik boyunca sıcaklık ölçülen bir denizel ortamdaki sıcaklık değişimi buradaki gibi değişim göstermektedir. Arazi ölçümlerinde de yüzeyde atmosfer etkilerinden etkilenen bir bölge, daha sonra logaritmik olarak azalmakta ve logaritmik azalan bölgenin altında artık sıcaklık değişiminin hemen hemen etkilenmeyen bir bölge görülmektedir. Tabi bu değişim yeterince derin olan

bölgelerde görülmekte sığ sularda ifade edilen oluşum görülmemektedir (Fischer ve diğ., 1979). Sıcak su deşarj bölgeleri ile sıcak su deşarjı olmayan bölgeler arasındaki



Şekil 4.4: 3. Nokta $Q= 10$ lt/dak İçin $DT= 5,10,15,20$ °C Sazlıksız Durumda Sıcaklık Değişim Grafiği

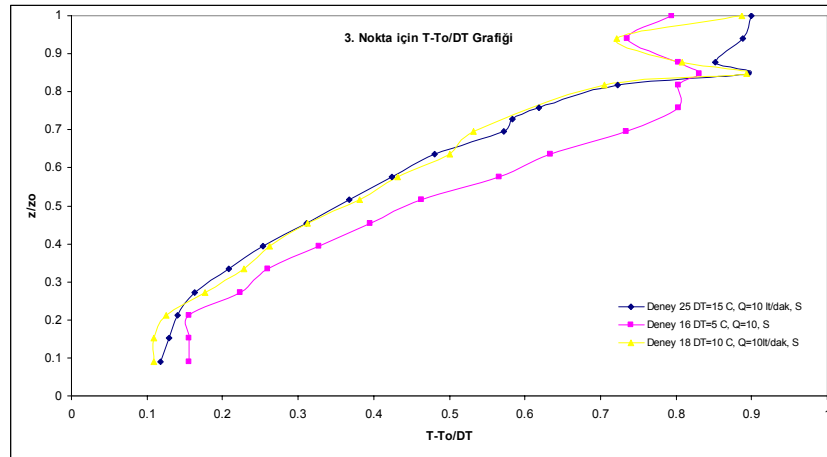
sıcaklık dağılımı arasındaki fark, doğal bölgelerdeki sıcaklık değişimlerinin sıcak su deşarjı yapılan bölgelere nazaran daha az olmasıdır. Örneğin bahsi geçen eksponansiyel değişim deşarj yapılan bölgelerde birim derinlikte birkaç derece olmasına rağmen, deşarj yapılmayan bölgelerdeki fark 1 derecenin de altında olabilmektedir. Oluşan büyük sıcaklık farkları, deşarj edilen suyun etkisiyle farklı eğimlerde ve büyük sıcaklık farklılıklarında oluşmaktadır. Özellikle deşarjın verildiği noktaya yakın olan bölgedeki logaritmik değişim, deşarj edilen suyunun enerjisine bağlı olarak eksponansiyel değişimden (eğimden) logaritmik değişime (eğime) doğru değişmektedir.

Aynı debi değeri için farklı deşarj sıcaklıklarında yapılan deneylerde özellikle üçüncü ölçüm noktasından sonraki bölgeler için oluşan eğimler hem derinlik boyunca hem de bağıl sıcaklık parametresi boyunca ötelenmektedir. Yani bağıl sıcaklık parametresinin düşey eksen boyunca hem değeri hem de eğimi (gradyanı) değişmektedir (Şekil 4.4). Örneğin tabana yakın bölgedeki bağıl sıcaklık parametresi düşük deşarj sıcaklıklarında en fazla 0,2 $T-To/DT$ olurken, deşarj sıcaklığı arttıkça bağıl sıcaklık değişimi 0,5 $T-To/DT$ değerine kadar artmaktadır. Tabii söz konusu farklılıklar deşarj noktasına yakın ölçüm noktalarında daha büyük olmakta, uzaklaştıkça aradaki fark azalmaktadır. Benzer şekilde düşük sıcaklık farklarında derinliğe bağlı olarak $T-To/DT$ değerleri daha yavaş değişirken büyük sıcaklık farklarındaki değişim daha fazla olmaktadır. Aslında ifade edilen durum

beklenmekle beraber önemli olan bu değişimin miktarıdır. İlerideki bölümlerde değişimin miktarı detaylı bir şekilde incelenecektir.

- **Sazlıklı Durumda**

Sisteme sazlık eklendiğinde yapılan testler biraz daha detaylı yürütülmüştür. Zira tez çalışmasının konusunu oluşturan olgulardan biri de sazlık etkisiyle oluşan değişimdir. Debi 10 lt/dak iken sıcaklık farkı sırasıyla 5, 10 ve 15 °C olacak şekilde deneyler yapılmıştır. Yapılan deneylerde de yukarıda açıklanan oluşumlar görülmüştür. Fakat sazlıksız durumda, ikinci tabakada görülen en yüksek bağlı sıcaklık parametresi beşinci ölçüm noktasına kadar 0,9'a hatta 1'e yakın değerler alırken, burada sıcaklık değişimi beşinci ölçüm noktasında 0,8'e kadar düşmektedir. Benzer şekilde, üçüncü tabakada görülen birim sıcaklık değişimleri burada daha az olmaktadır. Derinlik boyunca sıcaklık değişimi 3. ölçüm noktasında sazlıksız deneylere göre sazlıklılarda daha azdır. Yani deşarj edilen sıcak su tabana kadar iletilememektedir ve yüzeyde kalmaktadır. Bu nedenle birim derinlikteki sıcaklık değişimleri 3. tabakada fazla olmaktadır. Bununla beraber 1. ve 2. tabakada soğumanın sazlıksız deneylere göre sazlıklılarda daha fazla olduğu görülmektedir. Sazlıklı ve sazlıksız deneyler arasındaki fark, sistemin hava ile daha fazla alışveriş yapmasından ve/veya yanal ısı dağılımının daha fazla olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Aşağıda debi 10 lt/dak. debi için sazlıklı ortamda yapılan deney için ölçülen sıcaklık değişiminin derinlik boyunca değişim grafiği verilmiştir (Şekil 4.5).



Şekil 4.5: 3. Nokta Q= 10 lt/dak İçin DT= 5,10,15 °C Sazlıklı Durum Sıcaklık Değişim Grafiği

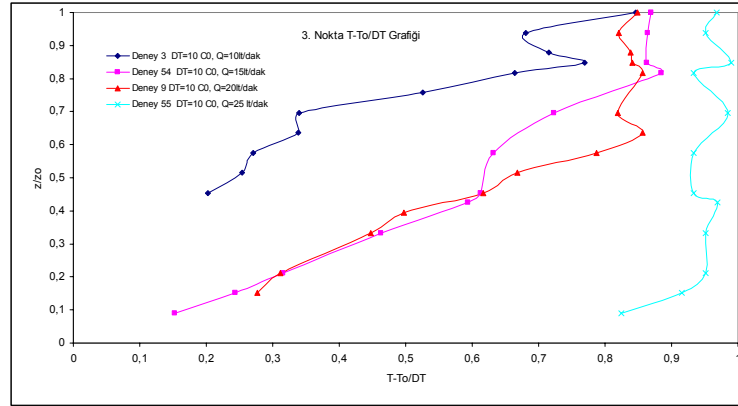
Sıcaklık farkı attıkça, oluşan ikinci tabakanın kalınlığının arttığı görülmektedir. Bununla beraber deşarj edilen suyun miktarı arttıkça ikinci tabakanın da daha dar bir bantta oluştuğu görülmektedir. Deşarj edilen su miktarı arttıkça deney kanalında akımın etkin olduğu mesafe arttığından sıcak su uzak noktalara kadar etkili olabilmekte ve üçüncü ölçüm noktasında oluşan değişim logaritmik olmaktadır. Sazlıksız durumda 20 lt/dak. debide logaritmik giden eğilim 4. hatta 5. ölçüm noktasına kadar ulaşırken, sazlıklı durumda hemen hemen 3. ölçüm noktasından – yani sazlıktan sonraki bölgeden– itibaren eksponansiyele dönüşmektedir.

4.1.1.2 Deşarj Debisinin Etkisi

- ***Sazlıksız Durumda***

Bu bölümde aynı deney koşullarında debi değişimleri sonucu olan değişimler incelenmiştir. Eksponansiyel değişim burada net bir şekilde görülmektedir (Şekil 4.6). Söz konusu deneylerde ikinci tabaka olarak adlandırılan ve sıcaklığın sabit gittiği bölgede, bağıl sıcaklık parametresinin debiyle orantılı olarak arttığı görülmektedir. Yapılan deneylere dikkat edildiğinde 2. bölge sıcaklığı düşmeye başladığından itibaren alt bölgelerde de soğuma olmakta aksi takdirde soğuma görülmemektedir. Yani yüzeysel soğuma miktarının artmasına bağlı olarak 2. tabakanın sıcaklığı düşmeye başlamakta, 3. tabakanın etkin olduğu derinliğin yüzeye doğru yaklaşmasına sebep olmaktadır.

Debinin etkisinin fazla olduğu bölgelerde derinliğin bir kuvveti olarak azalan bağıl sıcaklık parametresi, debinin etkisi azaldıkça düşeyde eksponansiyel olarak azalmaktadır. Tabii ifade edilen yargı üçüncü tabakada geçerlidir. İkinci tabakada sabit bir sıcaklık, birinci tabakada ise sıcaklık atmosferik koşullara bağlı olarak bir düşüş meydana geldiği görülmektedir. Debinin 25 lt/dak olduğu durumda hemen hemen tüm kanal derinliği boyunca kütleli bir hareket oluştuğu açıkça görülmektedir. Bu sebeple 25 lt/dak. debi değerinde başka deney yapılmamıştır.



Şekil 4.6: 3. Nokta $DT= 10^{\circ}C$ İçin $Q= 10,15,20$ ve 25 lt/dak. Dehide Sazlıksız Durum Sıcaklık Değişim Grafiği

- **Sazlıklı Durumda**

Sazlıklı olarak yapılan deneylerde ortaya çıkan en önemli olay, 2. ölçüm noktası da dahil olmak üzere derinlik boyunca bağıl sıcaklık parametresinin eksponansiyel olarak değişmesidir (Şekil 4.7). Sazlıksız yapılan deneylerde deşarj edilen suyun debisine ve sıcaklığına bağı olarak, kaynağa en yakın bölgede logaritmik, kaynaktan uzaklaştıkça da eksponansiyel bir değişim gerçekleşmekte idi. Eksponansiyel değişim deşarj noktasından uzaklaştıkça değişmektedir. Sazlıklı deneylerde yatay akımın etkin olduğu bölgelerde ikinci tabaka olarak adlandırılan ve sabit sıcaklık görülen bölgenin kalınlığı fazladır. Yapılan incelemeler sırasında görülen önemli bulgulardan biri de, sistemin deşarj noktası yakınında oluşan sıcak su kamasının – yani ikinci tabakanın– kalınlığının büyük olması, deşarj noktasından uzaklaştıkça 2. tabaka kalınlığının azalmasıdır. Dolayısıyla bağıl sıcaklık parametresinin derinlik boyunca değişimi 3. ölçüm noktası ve sonrasındaki noktalarda tabanda neredeyse sabit iken, sadece ikinci tabakanın yüksekliğinde bir değişim meydana gelmekte ve buna bağı olarak eksponansiyel sıcaklık değişimi görülmektedir.

Sazlıklı deneylerde yüzeyde görülen daha az soğumaya karşılık, tabana daha az sıcaklık transfer edilmekte olduğu görülmüştür. Sazlıklı ve sazlıksız olarak yapılan deneyler arasındaki ana fark şudur: Sazlıklı deneylerde yüzeysel soğuma ana etkindir ve deneylerde tabana fazla sıcaklık iletilmemektedir – yani geniş yüzeysel alanlara dağılmaktadır. Oysa sazlıksız deneylerde yüzeysel soğumayla beraber tabana doğru iletilen sıcaklık da, büyük bir soğuma etkisi yapmaktadır. Sazlıklı

deneylerde oluşan sıcaklığın taban iletilmemesi durumu muhtemelen sazlık etkisiyle akım ortamındaki hız değişimlerinin düşmesi olabilir (Şekil 4.8).

Genel olarak bakıldığında deşarj noktasından uzaklaştıkça akımın etkisi azaldığı için birbirine paralel olmayan üçüncü tabakadaki değişimler birbirine paralel olmaya başlamakta, aralarında bir yatay öteleme yapıldığında yani bağıl sıcaklık parametresi değerleri bütün noktalarda arttırıldığında birbirleriyle çakışacak hale gelmektedirler. Özellikle 5. ölçüm noktasındaki değerlere dikkat edildiğinde bu durum açıkça görülmektedir. Oluşan farkın da zaten deşarj edilen suyun debisine bağlı olarak değiştiği açıkça görülmektedir.

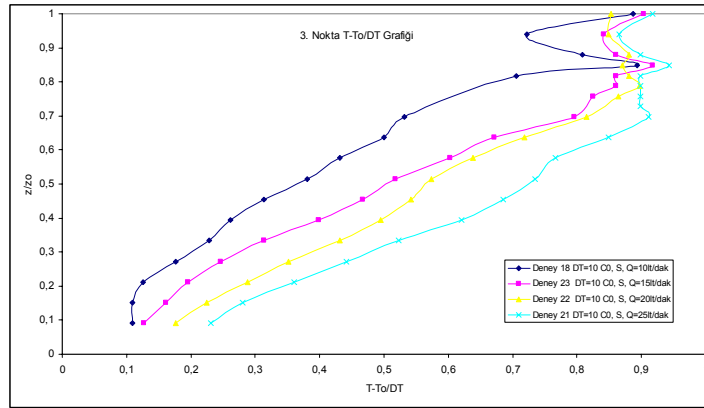
Her deneysel çalışma yaklaşık olarak 1 gün sürmüştür ve doğal olarak laboratuvar çalışması sırasında verilen deşarjın sıcaklığı ile diğer atmosferik koşullar deney boyunca sabit kalmamıştır. Atmosferik etkilere açık olan birinci tabakada meydana gelen sıcaklık değişimleri her deneyde deney süresinin uzun olması nedeniyle farklı olmaktadır. Deneylerin uzun sürmesinin bir başka sonucu da her deneyde yüzeyden aşağı doğru meydana gelen soğumanın da farklı olmasıdır. Bununla beraber sıcaklık farkı arttıkça ikinci tabakanın genişlediği görülmüştür. Aynı zamanda debinin artmasının da bu tabakanın genişliğini büyük oranda etkilediği aşikârdır.

Yukarıda sıcaklık farkı ve debi etkisini incelemek amacıyla aynı sıcaklık veya aynı debi değerindeki deneyler bir arada çizilerek bu sonuçlar çıkartılmıştır. Bağıl sıcaklık ve bağıl derinlik arasında değişim grafikleri çizildikten sonra meydana gelen değişimi en uygun fonksiyon ve eğri bulunmaya çalışılmış, birçok eğri tipi test edilmiştir. Yapılan incelemeler sonucunda en uygun eğrinin üstel bir fonksiyona göre çizilmesi sonucu bulunmuştur. Fakat test edilen eğri tipleri ve sonuçlarına gerek olmadığı için tez çalışmasına konmamıştır. Ek C’de sadece bağıl sıcaklık ve bağıl derinlik arasında ölçüm noktalara göre oluşturulan grafikler verilmiştir.

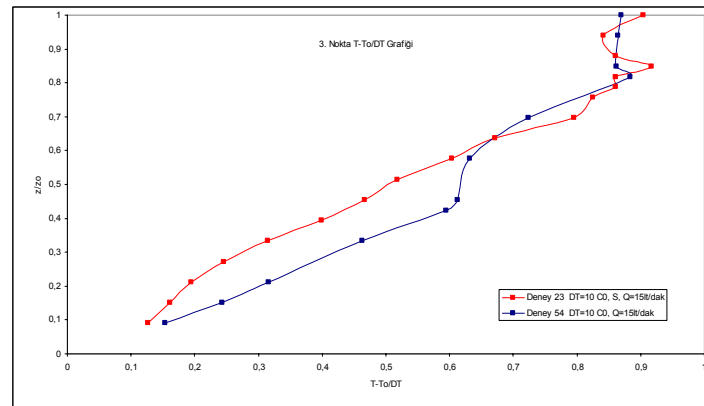
4.1.2 Regresyon Analizleri

Burada tüm deneyler bir arada incelenerek yatay mesafe, alıcı ortam ile deşarj edilen suyun arasındaki sıcaklık farkı, debi ve bağıl derinlik parametrelerinin bir arada değerlendirildiği çoklu regresyon yapılmıştır. Çoklu regresyon yöntemiyle, 4 parametre arasındaki ilişki anlaşılmaya çalışılmıştır. Bu bağlamda sazlıksız ve

sazlıklı yapılan deneyler ayrı ayrı incelenecektir. Daha sonra sazlıklı ile sazlıksız durumlar arasında oluşan fark ortaya konacaktır.



Şekil 4.7: 3. Nokta $DT= 10^{\circ}C$ İçin $Q= 10,15,20$ ve 25 lt/dak. Debi Sazlıklı Durum Sıcaklık Değişim Grafiği



Şekil 4.8: 3. Nokta $DT= 10^{\circ}C$ İçin $Q= 15$ lt/dak. Debi Sazlıklı ve Sazlıksız Deneylerin Sıcaklık Değişim Grafiği

4.1.2.1 Sazlıksız Ortamda Bağlı Sıcaklık -Bağlı Derinlik Analizi

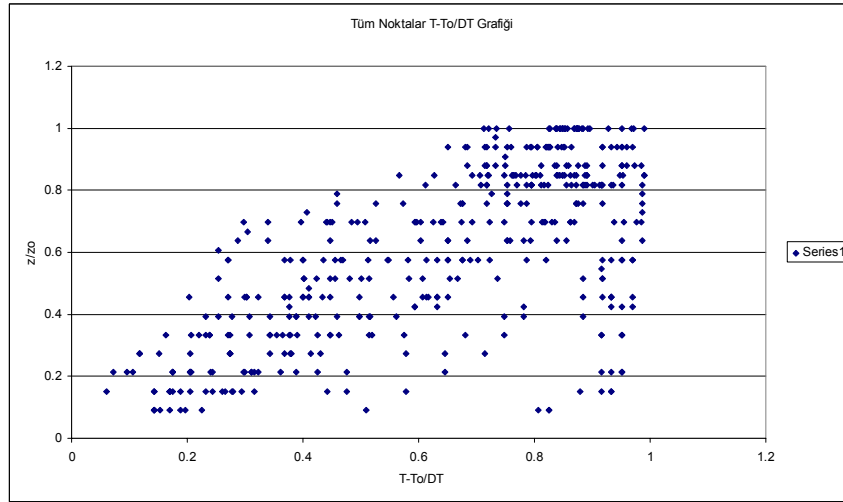
Sazlıksız olarak yapılan tüm deneylerin beraberce incelenmesi burada yapılmıştır. Buna göre sazlıksız yapılan toplam 10 deneyin sonucu çoklu regresyon yöntemiyle incelenmiştir. İnceleme için kullanılan değerlerin tümü Şekil 4.9'da grafik olarak verilmiştir. Benzer şekilde tüm değerlerin logaritmaları alınarak çizilen grafik Şekil 4.10'de verilmiştir. Verilen grafiklerde düşey eksen bağlı derinlik, yatay eksen ise bağlı sıcaklık olarak çizilmiştir. Yapılan regresyon analizinde bağımsız değişken olarak debi, bağlı derinlik, yatay mesafe ve sıcaklık farkı alınmıştır. Bağımlı

değişken olarak ta bağıl sıcaklık değişim $(T-To/DT)$ alınmıştır. Yapılan çoklu regresyon sonucu hesaplanan katsayılarla göre Denklem 4.1 elde edilmiştir.

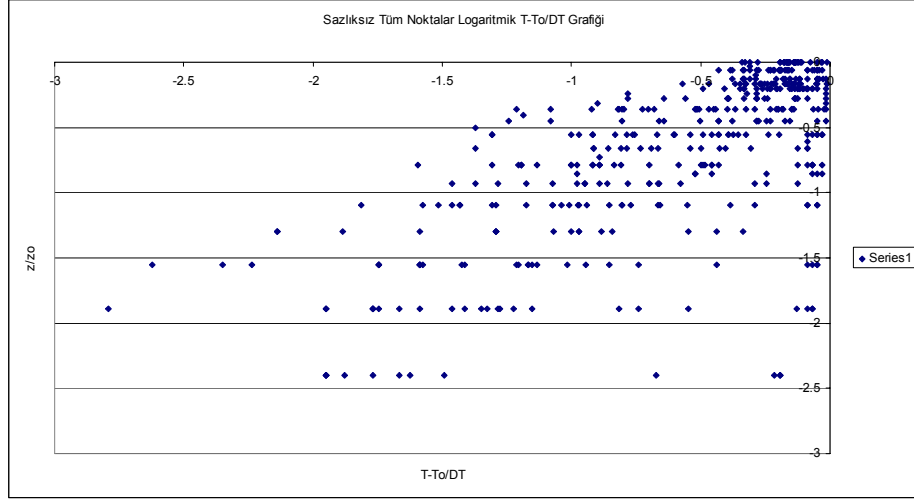
$$\frac{T - T_0}{DT} = \frac{Q^{0.7232} * \left(\frac{z}{z_0}\right)^{0.7363}}{L^{0.2741} * DT^{0.2593}} \quad (4.1)$$

Analize göre hesaplanan R^2 değerleri 0.91 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan R^2 değeri yaklaşımın doğruluğunu göstermektedir.

Yapılan analiz göz önüne alındığında hesaplanan ve ölçülen değerlere göre grafikler çizilmesi durumunda akımın fazla olduğu durumlarda üstel fonksiyonun daha iyi sonuçlar verdiği akımın az olduğu durumlarda da eksponansiyel bir yaklaşım olduğu yapılan analizlerle tespit edilmiştir. Fakat genel yaklaşımda istatistiksel olarak R^2 0.91 değeri ile üstel fonksiyon daha iyi sonuç vermektedir.



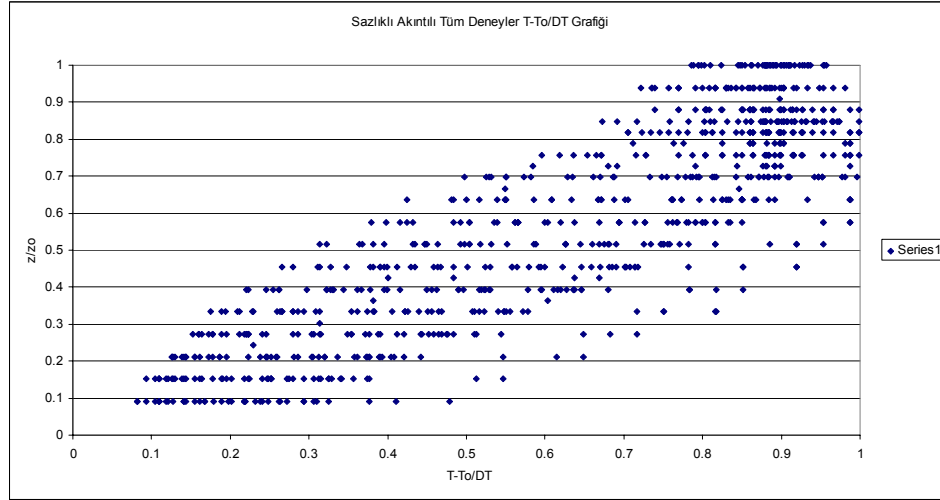
Şekil 4.9: Sazlıksız Deneyler Bağıl Sıcaklık Bağıl Derinlik Grafiği



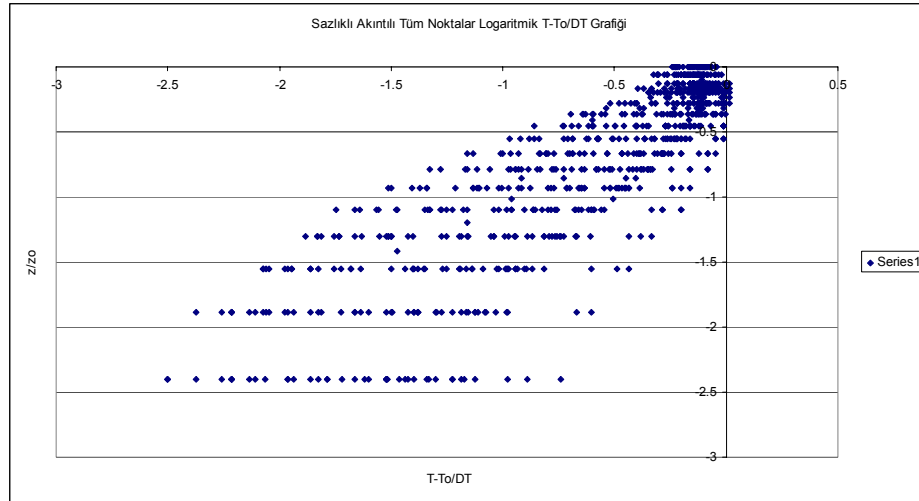
Şekil 4.10: Sazlıksız Deneylerin Bağlı Sıcaklık Bağlı Derinlik Çift Logaritmik Eksen Grafiği

4.1.2.2 Sazlıklı Ortamda Bağlı Sıcaklık -Bağlı Derinlik Analizi

Yukarıda bahsedilen çoklu regresyon analizi, sazlıklı yapılan deneyler için de tekrarlanmıştır. Yapılan deney sayısı toplam 12 adettir. Benzer şekilde üstel yaklaşımla regresyon analizi yapıldığında alınan sonuçlar aşağıda verilmiştir. Şekil 4.11’de sazlıklı ortamda yapılan deneylerin $(T-To/DT)$ - (z/z_0) grafiği verilmiştir. Eksen takımı logaritmik yapıldığında oluşan grafik de Şekil 4.12’de verilmiştir.



Şekil 4.11: Sazlıklı Bağlı Sıcaklık Bağlı Derinlik Grafiği



Şekil 4.12: Sazlıksız Deneylerin Bağlı Sıcaklık Bağlı Derinlik Çift Logaritmik Eksen Grafiği

Regresyon analizlerinde en büyük R^2 değeri üstel analizde 0.94 olarak hesaplanmıştır. Çoklu regresyon sonucu üstel eğri için bulunan formül;

$$\frac{T - T_0}{DT} = \frac{Q^{0.4922} \left(\frac{z}{z_0} \right)^{0.8624}}{L^{0.0985} DT^{0.3487}} \quad (4.2)$$

şeklinde olmaktadır.

4.1.3 Sazlıklı ve Sazlıksız Ortamdaki Farklar

Sazlıklı ve sazlıksız deneylerde istatistiksel olarak en iyi yaklaşımları üstel fonksiyonlar yaklaşımıyla elde edilmiştir. Sazlıksız ortamda yapılan deneyler sonucunda elde edilen (4.1) ifadesi ile, sazlıklı ortamda elde edilen formül (4.2) bağıntısı ile verilmiştir. İki denklem arasında fark sazlığın etkisini göstermektedir. Genel bir bakışla sıcaklık artışı; debi ve bağlı derinlikle doğru orantılı yatay mesafe ve sıcaklık farkıyla ters orantılıdır. Bağlı derinlik parametresinin sıcaklık artışıyla doğru orantılı olması ilk bakışta hatalıymış gibi gözükse de derinlik parametresinin tabandan itibaren büyüdüğü düşünülürse, yani tabandan yüzeye doğru sayısal olarak büyüdüğü göz önüne alındığında saptamanın doğru olduğu anlaşılmaktadır. Sazlığın etkisiyle derinlik parametresinin kuvveti 0.7363'ten 0.8624'e çıkmaktadır. Derinlik parametresi sazlığın etkisiyle daha fazla sıcaklığın tabana iletilmesini engellemektedir. Bunun nedeni daha önce yapılan çalışmalarda ifade edildiği gibi

akım hızını yavaşlatma etkisi ile tabana daha fazla sıcaklığın iletilmesini engellemektedir. Debinin etkisi ise azalmakta ve kuvveti 0.7232'den 0.4922'ye düşmektedir, söz konusu durum deşarj debisi artmasına rağmen sıcaklık artışının azaldığı şeklinde yorumlanabilir. Yani aynı koşullarda yapılan sazlıklı ve sazlıksız deneyler arasında herhangi bir noktadaki sıcaklığın oluşmasında debinin etkisi sazlıksızda daha fazla iken sazlıklıda daha az olmaktadır. Muhtemelen debinin etkisinin azalması, sazlığın etkisiyle akım ortamındaki ortalama hızların düşmesinden kaynaklanmaktadır. Yatay mesafe katsayılarına bakıldığında da bölüm işleminin altında olan yatay mesafe değişkeninin etkisi sazlığın etkisiyle düşmektedir. Yani yatay mesafe arttıkça meydana gelen sıcaklık değişimi daha az olmaktadır.

4.2 Dalga Etkisi Altında Yapılan Deneylerin Regresyon Analizleri

Bu bölümde alıcı ortama dalga gönderilerek yapılan deneylerin analizleri yer almaktadır. Dalgalı ve sazlıklı ortamda yapılan deneylere örnek Şekil 4.13'de verilmiştir. Öncelikle dalgalı ortamda sıcaklık ve derinlik arasındaki ilişki incelenmiş, daha sonra da hız ve derinlik arasındaki ilişki anlaşılmaya çalışılmıştır. Son bölümde ise her iki incelemenin toplu sonucu verilmiştir.

Yapılan gözlemlerde yüzeyden tabana kadar sıcaklık değişimlerinin genel olarak dalgalı deneylerde dalgasızlara göre daha fazla olduğu görülmektedir. Sıcaklık değişiminin fazla olması dalga nedeniyle oluşan karışımın daha fazla olması ve yine dalga etkisiyle sıcak suyun daha derinlere kadar ulaşması nedeniyle oluşmaktadır.

Burada parametrelerin arasındaki fiziksel ilişkilerin inceleneceği deneysel çalışmaların detayları daha önce yukarıdaki bölümlerde verilmiştir. Sazlıksız olarak önce 15 °C sıcaklık farkı ($DT=15\text{ }^{\circ}\text{C}$) ve 15 lt/dak. debi değerinde, 3 farklı dalga koşulu için (0,7 s sabit periyod ve 2,5, 5,0 ve 7,0 cm dalga yüksekliği) deneyler yapılmıştır. Sonra 5 °C sıcaklık farkı ve 15 lt/dak. debi değeri için aynı 3 dalga koşulunda deneyler tekrarlanmıştır. Daha sonra debi 10 lt/dak. olarak ayarlanmış ve sazlıksız olarak 5 °C ve 15 °C sıcaklık farkları için ayrı ayrı deneyler yapılmıştır. Sonuç olarak sazlıksız olarak farklı sıcaklık, debi ve dalga değerlerinde toplam 12 deney yapılmıştır.



Şekil 4.13: Dalgalı ve Sazlıklı Ortamda Yapılan Deneyler

Deney sistemine sazlık yerleştirildikten sonra deneyler aynı koşullarda tekrarlanmıştır. Buna göre sazlıklı olarak önce 5 °C sıcaklık farkı ve 15 lt/dak. debi, yukarıda verilen özelliklerdeki 3 farklı dalga gönderilerek deneyler yapılmıştır. Söz konusu deneylerden sonra sıcaklık farkı 15 C⁰'ye çıkarılarak aynı dalga ve debide koşullarında deneyler gerçekleştirilmiştir.

Yapılan incelemelerde aynı sıcaklık ve debi değerindeki dalgalar birer grup olarak alınmıştır. Örneğin 5°C sıcaklık farkı ve 15 lt/dak. debide ve 3 farklı dalga koşulunda yapılan deneyler bir grup olarak adlandırılmıştır. İfade edilen gruplandırmanın yapılabilmesi için daha önce analizler bölümünde verilen bağıl sıcaklık ve bağıl derinlik değerlerine göre her ölçüm noktasında ölçülen değerlerin tümü için bir eğri çizilmiştir. Çizilen eğrileri en iyi temsil eden fonksiyonlar da hesaplanmıştır. Böylece her 3 farklı dalga koşulunda ve aynı sıcaklık ve deşarj debisi değerlerinde her ölçüm noktası için birer eğri ve fonksiyon hesaplanmıştır. Hesaplanan noktalara birçok tipte eğri uydurulmuş fakat en iyi sonucu üstel fonksiyonlu eğriler vermiştir. Çizilen eğrilerin fonksiyonunu genel olarak

$$\frac{z}{z_0} = a \left(\frac{T - T_0}{DT} \right)^b$$
 şeklinde ifade etmek mümkündür. Böylece elde edilen ve çizilen eğriler Ek D'de verilmiştir.

4.2.1 Dalga Etkisi Altında Bağlı Sıcaklık-Bağlı Derinlik Analizi

Bu bölümde önce sazlıksız deneyler bir arada incelenecektir. Deneysel çalışmaların değerlendirilmesi bölümünde, ölçülen sıcaklık değerlerinin bağlı sıcaklığa nasıl çevrildiği ve boyutsuz derinlik ile bağlı sıcaklık arasında (Ek D’de grafikleri verilen) bağıntıların nasıl oluşturulduğu açıklanmıştır. Özellikle üstel bağıntının değişkenleri olan a ve b katsayıları üzerinde durularak dalga etkisiyle oluşan değişimler tanımlanmaya ve formüle edilmeye çalışılacaktır. Daha sonra sazlıklı ve dalgalı ortamda yapılan deneyler bir arada incelenerek benzer analizler yapılacaktır. Yapılan dalgalı deneyler için eğri uydurma ile hesaplanan a ve b katsayıları sazlıklı ve sazlıksız deneyler için Tablo 4.3’de verilmiştir.

Tablo 4.3: Sazlıklı ve Sazlıksız Deneylerden Hesaplanan a ve b Katsayıları Tablosu

		Deney No	2. Nokta		3. Nokta		4. Nokta		5. Nokta	
			a	b	a	b	a	b	a	b
15 °C 15 lt/dak	Sazlıksız	43, 45, 39	1.3377	1.6309	1.2026	1.8386	1.2616	2.0883	1.4461	2.3738
	Sazlıklı	33, 35, 38	1.0033	1.756	2.6895	2.5458	2.7223	2.5706	4.2642	3.2897
5 °C 15 lt/dak	Sazlıksız	41, 42, 44	1.0700	1.68	1.1700	2.0000	1.3500	2.3500	1.6000	2.6100
	Sazlıklı	32, 34, 37			2.0412	3.1524	2.0968	3.4592	2.4432	3.8176
5 °C 10 lt/dak	Sazlıksız	46, 48, 50	1.1585	1.6635	1.2051	1.7731	1.3659	2.1053	1.5052	2.3387
15 °C 10 lt/dak	Sazlıksız	47, 49	1.6305	1.7694	1.958	2.2498	2.0409	2.2227	2.3329	2.505

4.2.1.1 Sazlıksız Ortamda Bağlı Sıcaklık- Bağlı Derinlik Analizi

Sazlıksız ve dalgalı yapılan deneylerin incelenmesiyle hesap edilen a ve b katsayıları Tablo 4.4’de verilmektedir. Burada önce a katsayısının, daha sonra b katsayısının değişimi incelenecektir. Buna göre sazlıksız dalgalı olarak yapılan deneylerin deney numaraları ve a katsayıları Tablo 4.5’de verilmiştir. Tablo 4.6’de ise sıcaklık farkı, yatay mesafe ve debi bağımsız değişkenleri için a katsayıları verilmiştir.

Tablo 4.4: Sazlıksız Tüm Deneylerin Ölçülen Değerleri Yardımıyla Bulunan a ve b Katsayıları

		Deney No	2. Nokta		3. Nokta		4. Nokta		5. Nokta	
			a	b	a	b	a	b	a	b
15 C 15 lt/dak	Sazlıksız	43,45,39	1.3377	1.6309	1.2026	1.8386	1.2616	2.0883	1.4461	2.3738
5 C 15 lt/dak	Sazlıksız	41,42,44	1.07	1.68	1.17	2.00	1.35	2.35	1.60	2.61
5° 10 lt/dak	Sazlıksız	46,48,50	1.1585	1.6635	1.2051	1.7731	1.3659	2.1053	1.5052	2.3387
15° 10 lt/dak	Sazlıksız	47,49	1.6305	1.7694	1.958	2.2498	2.0409	2.2227	2.3329	2.505

Tablo 4.5: Ölçülen T-To/DT Değerlerinden Çıkarılan a Katsayıları

		Deney No	2.	3.	4.	5.
			Nokta	Nokta	Nokta	Nokta
			a	a	a	a
15 C 15 lt/dak	Sazlıksız	43,45,39	1.3377	1.2026	1.2616	1.4461
5 C 15 lt/dak	Sazlıksız	41,42,44	1.07	1.17	1.35	1.60
5 ^ü 10 lt/dak	Sazlıksız	46,48,50	1.1585	1.2051	1.3659	1.5052
15 ^ü 10 lt/dak	Sazlıksız	47,49	1.6305	1.958	2.0409	2.3329

Yapılan çoklu regresyon da bağımsız değişkenler; sıcaklık farkı (DT), debi (Q) ve yatay mesafe (L) olarak kabul edilmiştir. Bağımlı değişken olarak da bağıl sıcaklık parametresi (T-To/DT) seçilmiştir. Yapılan çoklu regresyonda sazlıktan önceki 2. ölçüm noktası hesaplardan çıkartılmıştır. Bunun sebebi, ikinci ölçüm noktasında (özellikle sazlıklı yapılan deneylerde) yüzeyden tabana kadar nerdeyse sabit sıcaklıkların oluşmasıdır. Ayrıca söz konusu bölge yakın kıyı bölgesi kabul edilebileceğinden hidrodinamik yapısının da farklı olması beklenecektir. Son yıllarda yakın kıyı bölgesi için başka tür modeller ve yaklaşımlar kullanılmaktadır (Suh, 2001).

Buna göre üstel fonksiyon kabulüyle gerçekleştirilen çoklu regresyon analiziyle elde edilen fonksiyon;

$$a = \frac{L^{0.2459} DT^{0.1800}}{Q^{0.5832}} \quad (4.3)$$

şeklinde bulunmuştur. Analizde ölçülen noktalarla hesaplanan fonksiyon arasındaki R^2 değeri 0,93 olarak bulunmuştur. R^2 değerinin fonksiyonun ölçülen değerleri oldukça iyi temsil ettiği görülmektedir.

Benzer işlemler b katsayısı için de yapılırsa bulunan değerler Tablo 4.7’de verilmiştir. Tablo 4.7’de verilen b katsayıları değerlerine göre yapılan regresyon sonucunda bulunan denklem aşağıda verilmiştir;

$$b = \frac{L^{0.1707} DT^{-0.0023}}{Q^{0.0935}} \quad (4.4)$$

Çoklu regresyon analizi için hesaplanan R^2 değeri ise 0,99 gibi 1'e oldukça yakın bir değerdir. R^2 'nin büyük çıkışı, ölçülen değer ile hesaplanan b katsayısı değerinin hemen hemen ölçümlerden çıkan b katsayısıyla aynı olduğunu göstermektedir.

Sonuç itibarıyla a ve b katsayıları yukarıda ifade edilen denklemlerden hesaplandıktan sonra, daha önce üstel yaklaşım yapılarak bulunan genel denklemde yerine konarak sazlıksız durumda derinlik-bağıl sıcaklık ilişkisini ifade eden bir denklem ortaya konmuştur. Yukarıdaki yaklaşıma göre hesaplanan a ve b katsayıları Denklem (4.5)'de yerine konursa ortaya Denklem (4.6) çıkmaktadır.

Tablo 4.6: Bağımsız Değişken Q, DT ve L İçin Bulunan a Katsayıları Tablosu

Q (lt/dak.)	DT (°C)	L (cm)	a
15	15	170	1.3377
15	15	270	1.2026
15	15	370	1.2616
15	15	670	1.4461
15	5	170	1.07
15	5	270	1.17
15	5	370	1.35
15	5	670	1.60
10	5	170	1.1585
10	5	270	1.2051
10	5	370	1.3659
10	5	670	1.5052
10	15	170	1.6305
10	15	270	1.958
10	15	370	2.0409
10	15	670	2.3329

$$\frac{z}{z_0} = a \left(\frac{T - T_0}{DT} \right)^b \quad (4.5)$$

$$\frac{z}{z_0} = \frac{L^{0.2459} DT^{0.1800}}{Q^{0.5832}} \left(\frac{T - T_0}{DT} \right)^{L^{0.1707} DT^{-0.0023} Q^{-0.0935}} \quad (4.6)$$

Tablo 4.7: 15 lt/dak. için 5 ve 15 derece sıcaklık farkı, yatay mesafe ve debi arasındaki ölçülen b katsayısı değerleri

Q	DT	L	b katsayısı
15	15	270	1.8386
15	15	370	2.0883
15	15	670	2.3738
15	5	270	2.00
15	5	370	2.35
15	5	670	2.61
10	5	270	1.7731
10	5	370	2.1053
10	5	670	2.3387
10	15	270	2.2498
10	15	370	2.2227
10	15	670	2.505

Denklem 4.6, yatay mesafe, sıcaklık farkı ve debiye bağlı her nokta ve derinlik için yatay eksen (x ekseni) ve derinlik boyunca sıcaklık değişimini vermektedir.

Elde edilen bağıl derinlik değişimi denklemi daha sonra sıcaklık hız ile derinlik arasındaki değişim sonucu bulunan fonksiyona eklenecektir. Böylece bağıl derinlik parametresi bağımsız değişken olarak kabul edilerek yukarıdaki değerlendirmeler yapılmıştır. Fakat akıntılı yapılan deneylerle bir karşılaştırma yapılabilmesi için bağıl sıcaklığa bağlı olarak ta çoklu regresyon analizleri yapılması gerekmektedir. Akıntılı olarak yapılan regresyondaki gibi bir yaklaşımla yapılan regresyonda yani bağımsız değişkenler sıcaklık farkı, debi, yatay mesafe ve bağıl derinlik seçilip bağımsız değişken bağıl sıcaklık seçildiğinde denklem 4.7 ortaya çıkmaktadır.

$$\frac{T - T_0}{DT} = \frac{Q^{0.1352} * \left(\frac{z}{z_0}\right)^{0.3346}}{L^{0.0744} * DT^{0.0753}} \quad (4.7)$$

4.2.1.2 Sazlıklı Ortamda Bağıl Sıcaklık-Bağıl Derinlik Analizi

Sazlıklı deneylerde sazlıksız deneylerdeki gibi bir analiz yapılacaktır. Önce Tablo 4.8’de sazlıklı olarak yapılan deneylerden elde edilen a ve b katsayıları verilmiştir. Analizlerde kullanılan deneylerin numaraları, ölçüm noktası ve a ve b katsayılarının değerleri Tablo 4.8’de verilmiştir. Analizlerde kullanılacak olan çoklu regresyondaki

bağımsız değişkenler daha önceki gibi sıcaklık farkı, debi ve yatay mesafedir. Bağımlı değişken ise bağıl sıcaklık farkıdır. Tablo 4.9’da bağımlı ve bağımsız değişkenlerin değerleri ile ölçülen bağıl sıcaklık değerleri verilmiştir.

Tablo 4.8: Ölçülen Değerlere Göre Bulunan a ve b Katsayıları Tablosu

		Deney No	2. Nokta		3. Nokta		4. Nokta		5. Nokta	
			a	b	a	b	a	b	a	b
15 C 15 lt/dak	Sazlıklı	33,35,38	1.0033	1.756	2.6895	2.5458	2.7223	2.5706	4.2642	3.2897
5 C 15 lt/dak	Sazlıklı	32,34,37			2.0412	3.1524	2.0968	3.4592	2.4432	3.8176

Tablo 4.9: Bağımsız değişkenler; debi, sıcaklık farkı ve yatay mesafelere göre bulunan a katsayıları

	Q	DT	L	a
15 C 15 lt/dak	15	15	270	2.6895
	15	15	370	2.7223
	15	15	670	4.2642
5 C 15 lt/dak	15	5	270	2.0412
	15	5	370	2.0968
	15	5	670	2.4432

a katsayısı için yapılan çoklu regresyonun R^2 değeri 0,993 gibi yüksek bir değer çıkmış, denklemini de denklem 4.8’de verilmiştir.

$$a = \frac{DT^{0.3319} L^{0.3724}}{Q^{0.7344}} \quad (4.8)$$

Benzer şekilde b katsayısı için çoklu regresyon yapılmış ve R^2 değeri 0,993 olarak bulunmuştur. Bulunan b katsayısının denklemini de denklem (4.9)’dir.

$$b = \frac{L^{0.2521} Q^{0.0187}}{DT^{0.2001}} \quad (4.9)$$

Yukarıda hesaplanan a ve b katsayılarına göre oluşan genel sazlıklı koşul denklemi;

$$\frac{z}{z_0} = \frac{DT^{0.3319} L^{0.3724}}{Q^{0.7344}} \left(\frac{T - T_0}{DT} \right)^{\frac{L^{0.2521} Q^{0.0187}}{DT^{0.2001}}} \quad (4.10)$$

şeklinde olmaktadır.

Sıcaklık değişimlerinin birlikte değerlendirilmesi için yine sazlksız deneylerde olduğu gibi bağıl sıcaklık bağımsız değişken olarak seçilip çoklu regresyon yapıldığında denklem 4.11 ortaya çıkmaktadır.

$$\frac{T - T_0}{DT} = \frac{L^{0.0264} * \left(\frac{z}{z_0}\right)^{0.2591}}{Q^{0.0212} * DT^{0.2169}} \quad (4.11)$$

4.2.1.3 Sazlıklı ve Sazlıksız Ortamlar Arasındaki Farklar

Dalgalı ortamda sazlıklı ve sazlksız yapılan deneylerden elde edilen (4.6) ve (4.9) denklemleri incelendiğinde şu sonuçlar ortaya çıkmaktadır. Sazlıksız olarak yapılan deneylerde a katsayısındaki yatay mesafenin kuvveti 0,2459'dır, sazlıklı yapılan deneylerde ise 0,3724'e çıkmaktadır. Söz konusu fark, sazlığın etkisiyle yatay mesafe sanki daha uzak mesafede aynı sıcaklık değerleri ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Benzer şekilde a katsayısındaki sıcaklık farkının (DT) katsayısı sazlığın etkisiyle artmakta, sıcaklık farkının daha fazla etkili olduğunu göstermektedir. Benzer durum debi etkisinin arttığını göstermektedir. Buradaki en ilginç durum sazlksız olarak yapılan deneylerde b katsayısında Q bağımsız değişkeni, sazlksız deneyde bölümün altında iken yani bağıl sıcaklık artışını düşürücü bir etki yaparken sazlıklıda bölümün üstünde olup artırıcı bir etki göstermesidir.

Bağıl sıcaklık artışı yukarıdaki denklemde yalnız bırakılıp diğer değişkenler denklemlerin sol tarafına atıldığında ortaya şu durum çıkmaktadır;

- Sıcaklık artışları debi ile doğru orantılı, yatay mesafe ve sıcaklık farkıyla ters orantılıdır. Ortamda sazlık bulunduğunda değişkenlerin katsayıları arttığından sıcaklık artışını da düşürmektedir.
- Bağıl sıcaklık artışı parametresinin kuvvetine bakıldığında ise, sazlksız durumda yatay mesafe ile doğru, debi ve sıcaklık farkıyla ters orantılı olduğu görölmektedir. Sazlıklı deneylerde ise yatay mesafe ile debi, sıcaklık artışıyla doğru orantılı iken sıcaklık farkı ile ters orantılı olarak görölmektedir.

4.2.2 Dalga Etkisi Altında Hız- Derinlik Analizi

Bu bölümde ortalama yatay hızlar (U) ile derinlik arasında ilişki incelenecektir. Yapılan analizler sıcaklık ve derinlik arasında olduğu gibi boyutsuz hale getirilerek

genel bir yaklaşım ortaya konmaya çalışılacaktır. Analizin boyutsuz parametrelere göre yapılabilmesi için bazı işlemler yapılması gerekmektedir. U hızının boyutsuz hale getirilmesi için hıza etki eden bir parametreye bölünmesi gereklidir. U hızına etki eden en önemli parametre dalga yüksekliği ve periyottur. İstenen boyutsuz büyüklükte, dalga yüksekliği ve periyotla alakalı bir değer olmalı ki farklı özellikteki dalga koşullarında yapılan deneylerin bir arada değerlendirme yapılabilsin. Yukarıda ifade edilen nedenle boyutsuz büyüklük U yatay ortalama hızı, dalga dikliğine bölünmesiyle boyutsuz bir değişken elde edilmiştir. Dalga yüksekliğinin periyoda bölünmesi ile çok bilinen dalga dikliği parametresi elde edilmektedir. Dalga dikliği parametresi (m/sn) hıza bölünmesiyle ($U/(H/T_s)$) boyutsuz parametre oluşturulmuştur. Diğer boyutsuz büyüklük sıcaklık analizlerinde de kullanılan boyutsuz ya da bağlı (z/z_0) derinliktir. Boyutsuz parametrelere göre her ölçüm noktası için 3 farklı dalga yüksekliğindeki deneylerin grafikleri Ek E’de verilmektedir. Hesaplanan boyutsuz değerlere göre grafikler çizilmiştir. Grafiklere 2 farklı eğri çizilmiş ve aynı grafiklerde verilmiştir. Bunlardan bir tanesi, 2^0 diğeri ise 3^0 fonksiyon eğrileridir. Böylece her ölçüm noktasında 2 ayrı eğri verilmiştir. Her iki eğri de bütün ölçüm noktalarında R^2 değeri olarak 0.9’un üstünde iyi bir yaklaşım göstermektedir.

Grafikler incelendiğinde bazı noktalarda negatif hız değerleri olduğu görülmektedir. Negatif hız değerleri genellikle tabana yakın olan bölgelerde görülmektedir. Hızın negatif olması geri akımın olduğunu göstermektedir. Yani tabana yakın olan bölgelerde akım, kıyıdan açığa doğru değil, açıktan kıyıya doğru olduğunu ifade etmektedir. Tabanda bulunan soğuk su, kıyıya yakın olan bölgedeki (karşım bölgesindeki) suyun ısınması sonucu yüzeye doğru yükselirken bu yükselen suyun yerini doldurmaktadır. Ayrıca soğuk olan suyun yoğunluğu sıcak olan suyun yoğunluğundan daha fazla olduğundan sıcak olan suyun altına girmeye çalışmaktadır ve geri akımlar dediğimiz açıktan kıyıya doğru akımların olduğu düşünülmektedir. Grafikler, bazı aykırı olarak görülen değerler çıkartıldıktan sonra çizilmiştir. Çıkartılan aykırı değerler her ölçüm noktası için en fazla 2 değerdir. Örneğin deney 39 için 2. ölçüm noktasında aykırı değer olarak 2 adet nokta çıkartılırken 3. ve 4. ölçüm noktalarında 1’er nokta çıkartılmış, 5. noktada aykırı değer olmadığından çıkartılmamıştır. Grafiklerde 2^0 ve 3^0 olarak çizilen eğriler ve denklemleri aynı renklere verilmiştir. Böylece eğri ile denklemler bir çift haline getirilmiştir.

Hız ölçümlerinde kullanılan Vectrino⁺ tasarımı gereği yüzeyden itibaren 5 cm altını ölçebilmektedir. Bu nedenle Ek E’da verilen grafikler yüzeyden itibaren 5 cm altından itibaren ölçülen değerlere göre çizilmiştir. Grafikleri yüzeye doğru değerlerine göre tamamlanması gerekmektedir. Yüzeye kadar uzatma işlemi, elde edilen fonksiyonlara göre çizilmiştir. Yüzeye uzatma işlemi gerçekleştirildiğinde oluşan grafikler Ek F’de verilmiştir. Böylece eksik olan yüzey hızları da ifade edilmiş olmaktadır. Burada dikkat edilmesi gereken durum yüzey hızlarının büyük olmasına rağmen tabana doğru hızların eksponansiyel bir şekilde azalmasıdır. Hızın eksponansiyel değişimi dalganın etkisiyle oluşmaktadır. Ayrıca deşarj edilen su yüzeyden deşarj edildiğinden ana akım yüzeyde oluşmaktadır.

4.2.2.1 Sazlıksız Ortamda Hız-Derinlik Analizi

Bu bölümde sazlıksız olarak yapılan deneylerin çoklu regresyon analiziyle incelenmesi yapılacaktır. Ayrıca sazlıksız olarak yapılan deneyler 5⁰C, 10 ve 15 lt/dak. debi ile 15⁰C, 10 ve 15 lt/dak. debide yapılan deneyler incelenecektir.

Yukarıda sazlıklı yapılan analizde olduğu gibi burada da bağımsız değişken olarak bağıl derinlik, yatay mesafe, farklı debi ve sıcaklık farkı kabul edilerek çoklu regresyon analizleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan analizde en büyük R² değeri 0.82 olarak hesaplanmıştır. 4 bağımsız değişkene bağlı olarak bulunan formül;

$$U/(H/T_s) = 2.7662 * z/z_o - 0.0001 * L - 0.0080 * DT - 0.0181 * Q \quad (4.12)$$

şeklini almaktadır.

Sazlıksız olarak yapılan deneylerden elde edilen Denklem 4.12’de, z/z_o yerine bağıl sıcaklık-derinlik arasında bulunan Denklem 4.6 yerine konursa Denklem (4.15) elde edilmektedir;

$$\frac{U}{\frac{H}{T_s}} = 2.7662 \frac{L^{0.2449} DT^{0.18}}{Q^{0.5832}} \left(\frac{T - T_o}{DT} \right)^{L^{0.1707} DT^{0.0023} Q^{0.0935}} - 0.0001L - 0.008DT - 0.0181Q \quad (4.13)$$

Sazlıklı yapılan deney sonucunda (4.13) ve (4.15) denklemleri incelendiğinde debinin katsayısı sazlıksızda 0.0181 iken sazlıklıda 0.0329 olmaktadır. Katsayılar arasındaki fark debi etkisinin, sazlıklı deneylerde arttığını göstermektedir. Yatay mesafenin katsayılarına bakıldığında sazlıklıda 0.00004 olan katsayı sazlıksızda

0.0001'e çıkmaktadır. Söz konusu artış, sazlığın etkisiyle yatay mesafenin etkisinin düştüğünü göstermektedir. Benzer şekilde sıcaklık farkının kat sayılarına bakıldığında sazlıklıda 0.0066 olan değer sazlıksızda 0.0080 olarak değişmektedir. Söz konusu değişim sıcaklık farkının sazlık nedeniyle etkisinin düştüğünü göstermektedir. Yatay mesafe ve sıcaklık farkı katsayıları küçük bir oranda değişmesine rağmen debi katsayısı büyük miktarda değişmektedir, böylece hızın da düşeceği aşıkardır. Daha önce yapılan bilimsel çalışmalarda da (Çelik, 2004) sazlığın etkisiyle hızlarda düşüşlerin meydana geldiği ifade edilmektedir. Burada da benzer durum ortaya çıkmaktadır.

4.2.2.2 Sazlıklı Ortamda Hız-Derinlik Analizi

Bu bölümde, kanal içersinde sazlık yerleştirildikten sonra dalga gönderilmesiyle ölçülen hız ve derinlik arasındaki ilişki incelenecektir. Kanal içersine sazlık yerleştirildikten sonra 3 farklı dalga yüksekliği için 5⁰C ve 15⁰C lik sıcaklık farklarında deneyler bir arada çoklu regresyon yöntemiyle analizleri yapılmıştır. Böylece daha önce ifade edildiği gibi 6 adet deney yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre yapılan analizlerde hızların negatif değerlerinin olması nedeniyle sadece doğrusal eğri yaklaşımı yapılabilmektedir. Yapılan çoklu regresyon analizinde bağımsız değişken olarak debi derinlik, sıcaklık farkı ve yatay mesafe kabul edilmiştir. Yapılan çoklu regresyon analizinde hesaplana R² değeri de 0.79'dur. Çoklu regresyon analizinde doğrusal yaklaşım ile yapılan hesaplarda bağımsız değişkenlerin katsayıları bulunmaktadır. İfade edilen yaklaşıma göre ortaya çıkan formül ise,

$$U/(H/T_s) = 3.4457 * z/z_o - 0.00004 * L - 0.0066 DT - 0.0329 Q \quad (4.14)$$

olarak hesaplanmaktadır. Denklem 4.12'de daha önce sıcaklık analizinden hesaplanan Denklem 4.10 yerine konursa (4.13) denklemi ortaya çıkmaktadır.

$$\frac{U}{H} = \frac{3.4457 DT^{0.3319} L^{0.3724}}{Q^{0.7344}} \left(\frac{T - T_o}{DT} \right)^{\frac{L^{0.2521} Q^{0.0187}}{DT^{0.2001}}} - 0.00004 L - 0.0066 DT - 0.0329 Q \quad (4.15)$$

Elde edilen Denklem 4.11, hız değişimini; dalga yüksekliği, debi, sıcaklık farkı yatay mesafe ve derinliğe bağlı olarak vermektedir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu doktora tezi kapsamında yürütülen deneysel çalışma sonucunda, sazlıklı alıcı ortamlara yapılan sıcak su deşarjları anlamaya çalışılmıştır. Bu bağlamda sazlıklı ve sazlıksız alıcı ortamlar arasındaki farklar anlaşılmasına çalışılarak bu farklar ortaya konmaya çalışılmıştır. Yapılan deneysel çalışmada tek bir bitki türü ve miktarı için kontrollü deneyler yürütülmüş, deşarjla ilgili diğer bazı parametreler değiştirilerek ısı yayılımı ve hidrodinamik yapıda meydana gelen değişimler incelenmiştir. Sazlık olup olmaması dışında seçilen diğer parametreler dalga, deşarj debisi ve başlangıç sıcaklık farkıdır. Söz konusu parametrelerin çeşitli konfigürasyonlarına göre alıcı ortamda ölçülen parametreler ise akım sıcaklığı, hız ve dalga yüksekliğidir.

Tez çalışmasında bulunan sonuçlar Bölüm 4'te detaylı bir şekilde incelenmiş ve bu inceleme sonucunda, ölçülen sıcaklıklardaki değişimin sadece deşarj debisinden kaynaklanan akıntı olması durumunda, sazlıksız ve sazlıklı deneyler için sırasıyla denklem 4.1 ve 4.2 de verilmişti. Bu iki denklem birbirine bölündüğünde yukarıda tanımlanan bağıl sıcaklık değişimi fonksiyonunun sazlıklı ve sazlıksız deşarjlar arasındaki oranları ortaya çıkmaktadır. Denklem 5.1'de verilen bu bağıntıdaki s indisi sazlıklı yapılan deneyde elde edilen denklemi ifade etmektedir.

$$\frac{\left(\frac{T-T_0}{DT}\right)_s}{\left(\frac{T-T_0}{DT}\right)} = \frac{L^{0.1756} * \left(\frac{z}{z_0}\right)^{0.1261}}{Q^{0.0231} * DT^{0.0894}} \quad (5.1)$$

Denklem 5.1 yardımıyla sazlıksız akım ortamındaki denklemleri kullanarak hesaplanan sıcaklık değerlerinden, sazlıklı ortamdaki değerler hesap edilebilmektedir. Denklem 5.1 aslında sıcaklık değişimi, yatay mesafe, derinlik parametresine göre sazlıklı ortam sıcaklık değişimlerini sazlıksız ortam değerlerine göre belirlenmesini sağlamaktadır. Bu denklem deşarj debisi ve sıcaklık farkı bilindiği takdirde kullanılabilir.

Dalgalı ortamda yapılan deneylerin sonucunda, bağıl sıcaklık parametresi için sazlıklı ve sazlıksız koşullarda elde edilen denklemler 4.7 ve 4.11’de verilmiştir. Söz konusu denklem birbirlerine bölünmesi ile dalga etkisi altında sazlıklı ve sazlıksız ortam bağıl ısı parametrelerinin oranı Denklem 5.2’te verildiği şekilde elde edilir.

$$\frac{\left(\frac{T-T_0}{DT}\right)_s}{\left(\frac{T-T_0}{DT}\right)} = \frac{L^{0.1008}}{Q^{0.1564} * DT^{0.1416} * \left(\frac{z}{z_0}\right)^{0.0755}} \quad (5.2)$$

Dalga etkisi altındaki bir alıcı ortamda bilinen şekilde (sazlıksız olarak) hesaplanan bir sıcaklık dağılımı için Denklem 5.2 yardımıyla sazlıklı bir ortamdaki sıcaklık dağılımının bulunması mümkün olmaktadır. Bilinmesi gereken değerler de deşarj edilen debi, başlangıç sıcaklık farkı, kaynağa yatay mesafe ve bağıl derinlik oranlarıdır. Böylece sazlıksız ortamdaki dağılım değerleri hesaplandıktan sonra denklem 5.2 yardımıyla sazlıklı ortamdaki sıcaklık saçılımının belirlenebileceği düşünülmektedir.

Ölçülen hızlara göre Bölüm 4’te, boyutsuz hız ile derinlik, yatay mesafe, sıcaklık farkı ve debi bağımsız değişkenlerine göre hesaplanan formüller Denklem 4.10 ve 4.12’de verilmişti. Verilen bu denklemler sırasıyla sazlıklı ve sazlıksız alıcı ortamlar için türetilen bağıntılardır. Bu iki denklemin farkı alındığında sazlığın etkisi ortaya çıkmaktadır. Bu fark Denklem 5.3’te verilmiştir. Denklemdaki s indisi sazlığı temsil etmektedir.

$$[U/(H/T_s)]_s - [U/(H/T_s)] = 0.6795 z/z_0 + 0.00006 * L + 0.0014 * DT - 0.0148 * Q \quad (5.3)$$

Denklem 5.3 yardımıyla, sazlıksız ortamda deşarj debisi, yatay mesafe, sıcaklık farkı ve bağıl derinlik değerleri bilindiği takdirde sazlıklı ortamdaki bağıl hız değerleri hesaplanabilecektir. Önerilen denklemlerin bağıl akım derinliğinin (z/z₀) 0,8’den küçük olduğu bölgede geçerli olduğu hatırlanmalıdır. Bu oranın daha büyük değerlerinde sıcaklığın sabit olduğu kabulü yapılmıştır.

Konu ile ilgili yapılmış çalışmalar bölümünde, yüzeysel deşarjlarda yüzeyde merkez eksenden yanal sıcaklık dağılımının Gauss dağılımına uygunluğunun deneysel

araştırmalarla ispat edildiği ifade edilmişti. Merkez eksenindeki sıcaklık yada konsantrasyon dağılımı ise denklem 5.4'te verilen bağıntıyla bulunabilir.

$$C_m(x) = C_0 * erf \sqrt{\frac{3/2}{\left(1 + \frac{2}{3} \beta \frac{x}{w_0}\right)^3 - 1}} \quad (5.4)$$

Bu denklem oluşturulurken yapılan kabullere göre konsantrasyon kaynaktan yatay mesafe, zaman, akım tarafından harekete geçirilen kirletici kütlesi miktarı ve difüzyon katsayısı ile orantılıdır. Ayrıca herhangi bir noktadaki konsantrasyon, kirletici kütle debisinin belirli bir karakteristik uzunluğa bölümü ile orantılı olmalıdır. Bu karakteristik uzunluk ise $L \sim (DT)^{1/2}$ şeklinde ifade edilebilir. Denklem 5.4 incelendiğinde değişkenlerin başlangıç konsantrasyonu (sıcaklığı), kaynaktan yatay mesafe, kanal genişliği ve β teriminden gelen başlangıç deşarj hızı olduğu görülür. Bu tez çalışmasında önerilen sıcaklık değişimi denkleminde ise (denklem 5.5) benzer şekilde başlangıç sıcaklığı (ve sıcaklık farkı), yatay mesafe ve başlangıç deşarj debisi değişken olarak girilmiştir. Başka bir deyişle denklem 5.4'te önerilen standart hata fonksiyonu denklemi ile bu tez çalışmasında önerilen denklem 5.5'de aynı bağımsız değişkenler yer almaktadır. Önerilen bu yeni denklemde denklem 5.4'ten farklı olarak düşeyde sıcaklık dağılımının tespiti için bir bağıl derinlik parametresi tanımlanmış ve bağımsız değişken olarak denkleme konmuştur.

$$\frac{T - T_0}{DT} = \frac{Q^{0.7232} * \left(\frac{z}{z_0}\right)^{0.7363}}{L^{0.2741} * DT^{0.2593}} \quad (5.7)$$

Sazlıksız olarak yapılan deneysel çalışmalarda elde edilen sonuçlar ile yüzeysel deşarjlar için kullanılan denklem 5.4 kullanılarak hesaplanan değerler karşılaştırılmıştır. Hesaplanan ve ölçülen değerler arasında yapılan korelasyon analizi sonucu Tablo 5.1'de verilmiştir. Tablo 5.1 incelendiğinde, deneysel çalışma sırasında ölçülen sıcaklık değerleri ile denklem 5.6 yardımıyla hesaplanan sıcaklık değerleri arasındaki korelasyonun yüksek olduğu görülebilir. Bu sonuçlar, deneylerin daha önce yapılan çalışmalarla uyum içerisinde olduğunu işaret etmektedir. Tablo 5.1'deki düşük korelasyon değerlerinin ya düşük deşarj debilerinde ya da çok büyük deşarj debileri ile yapılan deneylerde ortaya çıktığı görülmektedir. Deşarj debisinin

düşük olduğu durumlarda tam bir jet akımı oluşmadığından korelasyonun düşük çıktığı düşünülmektedir. Yüksek debilerde ise özellikle deşarj edilen sıcak su tabana kadar ulaştığından karışımın beklenenden daha fazla gerçekleştiği ve bu nedenle korelasyonun düşük çıktığı kanaatine varılmıştır. Ayrıca yapılan hesaplarda yüzeysel soğuma etkisinin atmosfer sıcaklığı ölçülemediğinden ihmal edilmesinin de, söz konusu farkların ortaya çıkmasına neden olduğu düşünülmektedir. Özellikle yüksek başlangıç sıcaklık farkı olan deneylerde görülen yüksek standart sapmalar bu yargıyı güçlendirmektedir.

Tablo 5.1: Ölçülen ve Denklem 5.6 ile Hesaplanan Değerler İçin Korelasyon ve Standart Sapma Tablosu

	Sıcaklık Farkı (DT, °C)	Deşarj Debisi (Q lt/dak.)	Korelasyon	Standart Sapma
Deney 56	5	10	0,49	0,39
Deney 54	5	15	0,73	0,65
Deney 14	10	15	0,62	0,31
Deney 8	5	20	0,33	0,42
Deney 3	10	10	0,76	0,63
Deney 9	10	20	0,75	0,81
Deney 6	20	10	0,70	1,13
Deney 10	15	20	0,41	0,93
Deney 5	15	10	0,87	0,67

Yapılan deneysel çalışmada, sazlık etkisi ile düşey sıcaklık yayılımının azaldığı görülmüştür. Özellikle sazlık etkisiyle 3. bölge içersindeki sıcaklık gradyanı değişimi belirgin bir şekilde düşmektedir. Düşey dispersiyonu inceleyen Nepf (1999) aynı konuyu ifade etmiştir. Bunun nedeninin çevrinti ölçeklerinin sazlık etkisi nedeniyle düşmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Analiz yöntemi olarak kullanılan çoklu regresyon analizi, benzer akım ortamlarının analizlerinde daha öncede kullanılmıştır. Örneğin Howe ve diğ. (2005) nehir ağzı hidrodinamik yapısını belirlemek için çoklu regresyon analizi yöntemini kullanmışlardır. Söz konusu çalışmada da akım özellikleri ve hidrolojik özellikler kullanılmıştır.

Genel olarak sazlıksız ortamda hız ve sıcaklık değişimleri konusunda birçok çalışma yapılmış ve çeşitli yaklaşımlarla değişik formüller ortaya konmuştur. Ortaya konan

bu yaklaşım ve formüller yardımıyla çeşitli nümerik modeller oluşturularak, çevresel güvenlik kriterlerine uyan en iyi çözüm belirlenmeye çalışılmıştır. Yapılan nümerik çözümlerle bulunan sıcaklık değişimleri ile arazide ölçülen değerler arasında büyük benzerlik görüldüğü çeşitli araştırmalarla ortaya konmuştur. Nümerik modellerle çok iyi yaklaşımlar ortaya konmasına rağmen, ortamda sazlık olduğu takdirde meydana gelen değişimler tam olarak ifade edilememektedir. Bu noktada, yürütülen bu doktora tez çalışmasında sazlıklı ve sazlıksız ortamlar arasında bir ilişki ortaya konarak sazlıklı etkisiyle alıcı ortamda meydana gelen farklılıklar bir formülasyona bağlı olarak ifade edilmeye çalışılmıştır. Ortaya konan sonuçlar, bu tez çalışması kapsamında ve koşullarında geçerlidir. Bu konuda yapılacak başka çalışmalarla daha genel yaklaşımların ortaya konulması gereklidir. Özellikle sazlık özelliklerinin değişiminin olaya etkisinin araştırılması kuvvetle önerilebilir.

KAYNAKLAR

- Arega, F. and Sanders B.F.**, 2004. Dispersion model for tidal wetlands, *Journal Of Hydraulic Engineering*, **130**, 739-754.
- Bayazıt, Mehmetcik., Oğuz, B.**, 1998. Mühendisler için İstatistik, Birsan Yayınevi. İstanbul
- Carollo, F. G., Ferro, V. and Termini, D.**, 2002. Flow velocity measurements in vegetated channels, *Journal of Hydraulic Engineering*, **128**, 664-673.
- Çelik, A.O.**, 2004. Sazlık ortamdaki açık kanal akımında hız profilleri, türbülans özellikleri ve eğilmenin akıma etkisi, *Yüksek Lisans Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- EPA Brayton Point**, 2002. Pollutant Discharge Elimination System (NPDES) *Permit Fact Sheet*, Station Somerset, MA, Bilimsel rapor.
- Fischer, B. H., List, E. J., Koh, R. C. Y., Imberger, J., Brooks, N.H.**, 1979. Mixing in Inland and Coastal Waters, Academic Press
- Ford, D. E., and Johnson, M. C.**, 1983. An Assessment of Reservoir Density Currents and Inflow Processes, Technical Report, E-83-7, US Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS.
- Freeman, G. E., Rahmeyer, W. H. and Copeland, R. R.**, 2000. Determination of resistance due to shrubs and woody vegetation, Final Report U.S. Army Corps of Engineers. ERDC/CHL ; TR-00-25.
- Gill, A. E.**, 1982. Appendix 3, Properties of Seawater, Atmosphere-Ocean Dynamics, Academic Press, New York, NY.
- Henderson, B. and Markland, H.** 1987. Decayin Lakes, John Wiley and Sons Pres. New York 1987.
- Hoel, P., Port, S. and Stone, C.**, 1972. Introduction to Stochastic Processes, Waveland Press, Prospect Heights, USA.
- Holder, L.**, 1985. Multiple Regression in Hydrology. Institute of Hydrology, Wallingford Pres, UK
- Howe, A., Rodriguez, J., MacFarlane, G.**, 2005. Vegetation-Sediment-Flow Interactions in Estuary and Wetlands. *International Congress on Modelling and Simulation*, Melbourne December 2005, 332-338

- Hsieh, P.C. and Shiu Y.S.**, 2006. Analytical solutions for water flow passing over a vegetal area, *Advances in Water Resources*, **29**, 1257-1266.
- Iyvanki, V., Muralikrishna, I.V. and Sarma, K.V.N.**, 1979. Buoyant jet discharges into finite ambient waters. *Journal of the Hydraulics Division*, **105**, 517-532.
- Jaw, S. Y. and Chen, C. J.**, 1998. Present status of second-order closure turbulence models: I: Overview, *Journal of Engineering Mechanics*, **124**, 485-501.
- Kolluru, V.S., Buchak, E.M. and Brinkmann, P.E.**, 2003. Hydrodynamic modelling of coastal LNG cooling water discharge, *Journal of Energy Engineering, ASCE*, **129**, 16-31.
- Lee, J. H.W., Harleman, D. R.F., and Jirka, G. H.**, 1979. Heat Recirculation Induced by Thermal Diffusers, *Journal of the Hydraulics Division*, **105**, 1219-1231.
- Lee, J.K, Roig, L.C., Jenter H.L. and Visser, H.M.**, 2004. Drag coefficients for modeling flow through emergent vegetation in the Florida Everglades, *Ecological Engineering*, **22**, 237-248.
- Lightbody, A.F. and Nepf, H.M.**, 2006. Prediction of velocity profiles and longitudinal dispersion in emergent salt marsh vegetation, *Limnology and Oceanography*, **51**, 218-228.
- Manahan, S. E.**, 1994. Environmental Chemistry, Lives Publution, England.
- Nepf, H.M., Sullivan, J.A. and Zavistoski, R.A.**, 1997. A model for diffusion within emergent vegetation, *Limnology and Oceanography*, **42**, 1735-1745.
- Nepf, H.M.**, 1999. Drag, turbulence, and diffusion in flow through emergent vegetation, *Water Resources Research*, **35**, 479-489.
- Parker, F.L. and Krenkel P.A.**, 1970. Physical and Engineering Aspects of Thermal Pollution, Butterworks Press, London.
- Rinaldo, A., Marani, A. and Rigon, R.** 1991. Geomorphological dispersion, *Water ResourcesResearch*, **27**, 513-525.
- Rubin, H. And Atkinson, J.**, 2001. Environmental Fluid Mechanics. Marcel Dekker, Inc. New York, Basel.
- Schmid, B., H., Hengl, M.A. and Stephan U.**, 2004. Salt tracer experiments in constructed wetland ponds with emergent vegetation: Laboratory study on the formation of density layers and its influence on breakthrough curve analysis, *Water Research*, **38**, 2095-2102.

- Schreiner, S.P., Krebs, T.A., Strebel, D.E. and Brindly, A., 2002.** Testing the CORMIX model using thermal plume data from four Maryland power plants, *Environmental Modelling and Software*, **17**, 321-331.
- Shen, H.T. and Stone, B.M., 2002.** Hydraulic resistance of flow in channels with cylindrical roughness. *Journal of Hydraulic Engineering*, **128**, 500-506.
- Smith, R., Daish, N. C., 1991** Dispersion Far Downstream of a River Junction, *Phys. Fluids*, A. 3. 1102-1109
- Suh, S.W., 2001.** A Hybrid near-field/far-field thermal discharge model for coastal areas, *Marine Pollution Bulletin*, **43**, 225-233.
- Sümer, M., 1970.** Ağırlicsız ve ağırliclı maddelerin türbölanslı dispersiyonu, *Doktora Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Sümer, M., Orhon, D., Sığner, A. ve Karpuzcu, M, 1975.** Seminer Notları, İTÜ inşaat Faköltesi, İstanbul.
- Sümer, M., 1980.** Çevrede Türbölans Difizyonu, Çağrılı Bildiri, Çevre Haberleri Dergisi Nisan-Temmuz 1980 İstanbul.
- Stephan, U. and Gutknecht D., 2002.** Hydraulic resistance of submerged flexible vegetation, *Journal of Hydrology*, **269**, 27 - 43.
- Wilson, C. A. M. E., Stoesser T., Bates P. D. And Batemann, P. A., 2003.** Open channel flow through different forms of submerged flexible vegetation, *Journal of Hydraulic Engineering*, **129**, 847-853.
- Winterwerp, J. And Van Kessel, T., 2003.** Siltation by sediment-induced density currents. *Ocean Dynamics*, **53**, 186-196.
- Wu, F. C., Shen, H. W. and Chou, Y. J., 1999.** Variation of roughness coefficients for unsubmerged and submerged vegetation, *Journal of Hydraulic Engineering*, **125**, 934-942.
- Wu J., J, Buchak, E.M, Edinger J.E. and Kolluru V.S., 2001.** Simulation of cooling-water discharges from power plants, *Journal of Environmental Management*, **61**, 77-92.
- Varol, E., 2004.** Termal deşarjların modellenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Yüksel, Y., 1998.** Kıyı Mühendisliği, İMO Yayınları
- COD 2004/0002, 2004.** Commission Of The European Communities. 2004/0002 (COD). Brussels, 19.1.2004COM(2004) 19 final. Directive of The European Parliament And of The Council on the quality of fresh

waters needing protection or improvement in order to support fish life.
Avrupa Birliği Standartları, Brussels

ORC 6111.03, 2002. *Source*: U.S. Environmental Protection Agency, 1973–1985, Secondary treatment regulation, Code of Federal Regulations, American Environmental Protection Agency, *EPA Standarts*, Standart Title 40, part 133 (Washington, D.C.:U.S. Government Printing Office).

Pollution Prevention and Abatement Handbook, 1998. World Bank Group, Effective July 1998 Thermal Power: Guidelines For New Plants.

Su Ürünleri Yönetmeliği, 1995. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, 1380 - 22.3.1971, 22223.

Ek A

Tablo Ek A.1: Deney 3 Ortalama Hız Tablosu

	u Ortalama (cm/sn)	v Ortalama (cm/sn)	w Ortalama (cm/sn)	z (cm)
deney 3_1	5,28	-4,09	-0,50	-5
deney 3_1_-1	1,21	-5,01	-2,62	-6
deney 3_1_-2	0,43	-2,03	-0,51	-7
deney 3_1_-3	-2,45	-3,21	0,66	-8
deney 3_1_-4	-0,01	0,07	-1,81	-9
deney 3_1_-5	0,49	-0,49	-2,04	-10
deney 3_1_-7	0,18	-0,59	-1,00	-12
deney 3_1_-9	3,23	-0,23	-1,03	-14
deney 3_1_-11	0,05	-0,03	-0,10	-16
deney 3_1_-13	0,12	0,02	-0,10	-18
deney 3_2	-0,09	0,00	-0,06	-5
Deney 3_2_-2	-0,09	0,04	-0,06	-7
Deney 3_2_-4	-0,01	0,03	-0,08	-9
Deney 3_2_-6	0,02	-0,01	-0,09	-11
Deney 3_2_-8	-0,17	0,00	-0,06	-13
deney 3_2_-10	0,01	0,01	-0,10	-15
deney 3_2_-12	0,02	0,01	-0,11	-17
deney 3_2_-14	-0,01	0,01	-0,14	-19
deney 3_3	0,01	-0,12	-0,08	-5
deney 3_3_-2	-0,13	0,02	-0,04	-7
deney 3_3_-4	-0,09	-0,01	-0,06	-9
deney 3_3_-6	0,01	-0,08	-0,06	-11
deney 3_3_-8	0,08	-0,07	-0,05	-13
deney 3_3_-10	0,01	-0,04	-0,12	-15
deney 3_3_-12	0,04	-0,03	-0,10	-17
deney 3_3_-14	0,04	-0,03	-0,10	-19
deney 3_3_-16	0,08	-0,12	-0,08	-21
deney 3_3_-18	0,06	-0,02	-0,06	-23
deney 3_4	0,59	-0,39	0,09	-5
deney 3_4_-1	0,18	-0,29	-0,04	-6
deney 3_4_-2	-0,20	-0,16	-0,01	-7
deney 3_4_-3	0,10	-0,22	-0,03	-8
deney 3_4_-4	-0,16	-0,38	0,04	-9
deney 3_4_-5	-0,17	-0,12	-0,06	-10
deney 3_4_-7	0,01	-0,06	-0,10	-12
deney 3_4_-9	-0,13	-0,06	-0,05	-14
deney 3_4_-11	0,01	0,00	-0,01	-16
deney 3_4_-13	0,02	0,00	-0,01	-18
deney 3_5	0,16	0,00	-0,01	-5
deney 3_5_-2	-0,01	-0,01	-0,02	-7
deney 3_5_-4	-0,06	-0,01	-0,02	-9
deney 3_5_-6	-0,09	0,00	-0,02	-11
deney 3_5_-8	-0,03	0,00	-0,02	-13
deney 3_5_-10	-0,02	0,02	-0,03	-15
deney 3_5_-12	0,05	0,06	-0,02	-17

Tablo Ek A.2: Deney 4 Ortalama Hız Tablosu

	u Ortalama (cm/sn)	v Ortalama (cm/sn)	w Ortalama (cm/sn)	z (cm)
deney 4_1	-3,76	0,71	-0,12	-7
deney 4_1_-4	-2,57	0,85	-0,18	-9
deney 4_1_-6	-2,82	0,99	-0,58	-11
deney 4_1_-8	0,06	-0,26	-0,11	-13
deney 4_2	-0,72	-0,02	-0,11	-5
deney 4_2_-2	-0,52	-0,10	-0,07	-7
deney 4_2_-4	-0,45	0,23	-0,16	-9
deney 4_2_-6	0,31	0,20	-0,19	-11
deney 4_2_-8	0,33	0,07	-0,09	-13
deney 4_2_-10	0,35	-0,07	0,06	-15
deney 4_2_-12	0,71	0,22	0,10	-17
deney 4_2_-14	0,52	-0,16	-0,04	-19
deney 4_2_-16	0,47	0,09	-0,11	-21
deney 4_3	-0,61	-0,15	-0,05	-5
deney 4_3_-2	-0,55	-0,05	-0,04	-7
deney 4_3_-4	-0,41	-0,09	-0,04	-9
deney 4_3_-6	-0,33	0,00	-0,20	-11
deney 4_3_-8	-0,16	-0,02	-0,23	-13
deney 4_3_-10	0,21	0,05	0,06	-15
deney 4_4_0	-0,85	-0,49	-0,24	0
deney 4_5	-0,80	-0,02	-0,03	-5
deney 4_5_-2	-0,54	0,07	-0,04	-7
deney 4_5_-4	-0,70	0,03	-0,03	-9
deney 4_5_-6	-0,71	0,01	-0,03	-11
deney 4_5_-8	-0,37	-0,01	-0,02	-13
deney 4_5_-10	-0,21	-0,07	-0,02	-15
deney 4_5_-12	0,17	0,05	-0,03	-17
deney 4_5_-14	-0,05	-0,02	-0,02	-19

Tablo Ek A.3: Deney 5 Ortalama Hız Tablosu

	u Ortalama (cm/sn)	v Ortalama (cm/sn)	w Ortalama (cm/sn)	z (cm)
deney 5_2	-0,38	-0,15	-0,12	-5
deney 5_2_-2	0,03	-0,11	-0,12	-7
deney 5_2_-4	-0,02	0,06	-0,14	-9
deney 5_2_-6	0,00	-0,07	-0,15	-11
deney 5_2_-8	0,01	-0,01	-0,19	-13
deney 5_2_-10	-0,07	0,02	-0,65	-15
deney 5_2_-12	-0,07	0,06	-0,23	-17
deney 5_2_-14	-0,02	0,04	-0,23	-19
deney 5_2_-18	-0,05	0,02	-0,28	-23
deney 5_2_-20	-0,03	0,01	-0,35	-25
deney 5_2_-22	-0,06	0,02	-0,29	-27
deney 5_3	-0,11	0,01	-0,13	-5
deney 5_3_-2	-0,01	-0,03	-0,21	-7
deney 5_3_-4	0,01	0,00	-0,21	-9
deney 5_3_-6	-0,05	0,01	-0,27	-11
deney 5_3_-8	-0,02	-0,07	-0,27	-13
deney 5_3_-10	-0,08	0,00	-0,31	-15
deney 5_3_-14	-0,05	0,02	-0,30	-19
deney 5_3_-16	-0,01	0,04	-0,27	-21
deney 5_3_-18	0,03	0,00	-0,22	-23
deney 5_3_-20	0,03	0,00	-0,22	-25
deney 5_3_-22	0,00	0,02	-0,21	-27
deney 5_4	0,07	-0,04	-0,04	-7
deney 5_4_-4	0,18	0,03	-0,14	-9
deney 5_4_-6	0,14	-0,03	-0,17	-11
deney 5_4_-8	0,06	-0,17	-0,22	-13
deney 5_4_-10	-0,06	-0,01	-0,30	-15
deney 5_4_-12	-0,05	0,02	-0,26	-17
deney 5_4_-14	-0,01	0,03	-0,25	-19
deney 5_4_-16	0,01	0,04	-0,21	-21
deney 5_4_-18	0,00	0,06	-0,23	-23
deney 5_4_-20	-0,02	0,08	-0,17	-25
deney 5_4_-22	-0,01	0,04	-0,21	-27
deney 5_4_-24	0,06	-0,01	-0,13	-29
deney 5_4_-26	0,06	0,03	-0,12	-31
deney 5_5	0,00	0,11	-0,06	0
deney 5_5_-2	0,26	0,09	-0,08	-7
deney 5_5_-4	-0,30	-0,11	0,01	-9
deney 5_5_-6	-0,29	0,05	-0,09	-11
deney 5_5_-8	-0,08	0,10	-0,04	-13
deney 5_5_-10	-0,05	0,02	-0,02	-15
deney 5_5_-12	-0,05	-0,05	-0,01	-17
deney 5_5_-14	-0,05	0,00	-0,07	-19
deney 5_5_-16	-0,11	-0,01	-0,10	-21

Tablo Ek A.4: Deney 6 Ortalama Hız Tablosu

	u Ortalama (cm/sn)	v Ortalama (cm/sn)	w Ortalama (cm/sn)	z (cm)
deney 6_1	1,79	0,70	-2,00	-5
deney 6_1_-1	1,03	0,17	-2,93	-6
deney 6_1_-2	0,49	0,30	-3,12	-7
deney 6_1_-3	0,54	-0,16	-1,97	-8
deney 6_1_-4	0,33	-0,23	-1,91	-9
deney 6_1_-5	0,49	-0,29	-1,85	-10
deney 6_1_-6	0,01	-0,32	-2,69	-11
deney 6_1_-7	0,15	-0,24	-2,49	-12
deney 6_1_-8	0,03	-0,05	-2,12	-13
deney 6_2	1,08	0,73	-1,87	-5
deney 6_2_-2	1,40	0,57	-2,28	-7
deney 6_2_-4	0,59	0,67	-2,81	-9
deney 6_2_-6	0,79	0,13	-4,22	-11
deney 6_2_-8	0,69	0,30	-3,78	-13
deney 6_2_-10	0,46	0,62	-4,00	-15
deney 6_2_-12	0,39	0,09	-3,07	-17
deney 6_2_-14	-0,26	0,19	-2,86	-19
deney 6_2_-16	0,58	-0,35	-3,63	-21
deney 6_2_-18	0,07	0,16	-2,79	-23
deney 6_2_-20	0,25	0,18	-3,24	-25
deney 6_2_-22	0,05	-0,01	-3,11	-27
deney 6_2_-24	0,88	0,72	-3,84	-29
deney 6_2_-26	0,02	0,45	-0,07	-31
deney 6_3	1,10	0,26	-1,32	-5
deney 6_3_-2	1,67	0,43	-2,18	-7
deney 6_3_-4	0,20	0,08	-1,47	-9
deney 6_3_-6	-0,23	0,29	-2,20	-11
deney 6_3_-8	0,02	0,31	-2,58	-13
deney 6_3_-10	0,48	-0,21	-2,70	-15
deney 6_3_-12	-0,91	-0,43	-1,59	-17
deney 6_3_-14	-0,57	-0,42	-1,20	-19
deney 6_3_-16	0,24	0,30	-3,61	-21
deney 6_3_-18	-0,01	0,18	-2,89	-23
deney 6_3_-20	0,15	-0,74	-2,53	-25
deney 6_3_-22	-0,04	-0,10	-2,99	-27
deney 6_3_-24	0,48	0,13	-3,40	-29
deney 6_3_-26	-0,02	0,23	-2,37	-31
deney 6_3_-28	0,03	0,00	-0,09	-33
deney 6_4	0,56	-0,70	-1,83	-5
deney 6_4_-2	-1,03	-0,09	-1,82	-7
deney 6_4_-4	-0,68	-0,38	-2,04	-9
deney 6_4_-6	0,31	-0,52	-2,14	-11
deney 6_4_-8	0,01	-0,18	-3,04	-13
deney 6_4_-10	0,63	-0,15	-2,34	-15
deney 6_4_-12	0,77	-0,02	-2,32	-17
deney 6_4_-14	-0,89	0,38	-3,29	-19

deney 6_4_-16	0,44	0,26	-2,40	-21
deney 6_4_-18	0,45	0,16	-1,78	-23
deney 6_4_-20	0,23	0,45	-2,62	-25
deney 6_4_-22	0,50	0,24	-3,29	-27
deney 6_4_-24	0,36	0,36	-2,71	-29
deney 6_4_-26	0,61	0,26	-1,71	-31
deney 6_5	0,23	0,01	-0,07	-5
deney 6_5_-2	0,15	0,08	-0,05	-7
deney 6_5_-4	0,04	0,03	-0,06	-9
deney 6_5_-6	0,09	0,03	-0,12	-11
deney 6_5_-8	0,10	0,01	-0,04	-13
deney 6_5_-10	0,01	0,03	-0,08	-15
deney 6_5_-12	0,13	0,00	-0,15	-17
deney 6_5_-14	0,05	-0,02	-0,09	-19
deney 6_5_-16	0,12	-0,11	-0,14	-21
deney 6_5_-18	-0,05	0,01	-0,07	-23
deney 6_5_-20	0,06	-0,08	-0,19	-25
deney 6_5_-22	-0,04	0,10	-0,21	-27
deney 6_5_-24	0,01	0,04	0,00	-29
deney 6_5_-25	-0,10	-0,04	-0,23	-30

Tablo Ek A.5: Deney 8 Ortalama Hız Tablosu

	u Ortalama (cm/sn)	v Ortalama (cm/sn)	w Ortalama (cm/sn)	z (cm)
deney 8_1	25,38	-6,36	-1,59	-5
deney 8_1_-2	25,34	-7,09	-2,10	-7
deney 8_1_-4	19,77	-5,36	-1,45	-9
deney 8_1_-6	15,15	-6,22	-2,07	-11
deney 8_1_-8	1,11	-3,30	-2,24	-13
deney 8_2	6,86	-1,34	-1,47	-5
deney 8_2_-2	3,94	-0,98	-1,58	-7
deney 8_2_-4	2,54	1,21	-2,94	-9
deney 8_2_-8	0,73	1,40	-2,04	-13
deney 8_2_-10	-0,83	-0,19	-0,94	-15
deney 8_2_-14	-0,81	0,02	-2,26	-19
deney 8_2_-16	-0,99	0,24	-2,06	-21
deney 8_2_-18	-1,82	0,10	-1,75	-23
deney 8_2_-20	-2,14	0,44	-0,48	-25
deney 8_2_-24	-0,28	0,64	-4,08	-29
deney 8_2_-26	-0,59	0,21	-2,17	-31
deney 8_2_-28	-0,31	0,19	-2,49	-33
deney 8_3	1,77	0,20	-2,03	-5
deney 8_3_-2	2,94	0,07	-1,12	-7
deney 8_3_-4	2,05	-0,50	-1,35	-9
deney 8_3_-6	3,90	0,27	-1,67	-11
deney 8_3_-8	1,89	2,94	-1,44	-13
deney 8_3_-10	0,00	0,26	-2,77	-15
deney 8_3_-12	-0,58	0,09	-3,49	-17
deney 8_3_-14	-1,97	0,65	-2,08	-19
deney 8_3_-16	-1,23	0,47	-1,90	-21
deney 8_3_-18	-0,37	0,10	-2,98	-23
deney 8_3_-20	-0,46	0,28	-3,00	-25
deney 8_3_-22	-0,39	0,43	-3,11	-27
deney 8_3_-24	-0,07	0,03	-3,35	-29
deney 8_3_-26	-0,50	0,34	-3,02	-31
deney 8_3_-28	-0,08	0,08	-0,16	-33
deney 8_4	5,46	-0,82	-0,95	-5
deney 8_4_-2	1,31	-0,35	-1,23	-7
deney 8_4_-4	1,11	-0,22	-1,83	-9
deney 8_4_-6	2,01	2,30	-1,87	-9
deney 8_4_-7	0,05	0,06	-2,64	-12
deney 8_4_-8	-5,50	-0,68	-4,42	-13
deney 8_4_-9	3,68	2,04	-3,99	-14
deney 8_4_-10	0,17	0,12	-2,93	-15
deney 8_4_-12	-1,93	0,62	-1,42	-17
deney 8_4_-14	-1,07	0,43	-1,75	-19
deney 8_4_-16	-0,18	0,27	-2,12	-21
deney 8_4_-19	-0,84	-0,46	-3,26	-24
deney 8_4_-20	-0,84	0,69	-3,05	-25
deney 8_4_-22	-0,94	0,38	-3,51	-27

deney 8_4_-24	-0,54	0,21	-3,16	-29
deney 8_4_-28	-0,04	-0,01	-0,07	-33
deney 8_5	-0,48	0,09	-0,10	-5
deney 8_5_-2	-0,18	0,00	-0,11	-7
deney 8_5_-4	-0,10	0,03	-0,08	-9
deney 8_5_-6	-0,05	0,02	-0,07	-11
deney 8_5_-8	0,10	0,02	-0,07	-13
deney 8_5_-10	0,20	0,02	-0,08	-15
deney 8_5_-12	0,56	-0,29	-0,14	-17
deney 8_5_-14	0,24	0,01	-0,07	-19
deney 8_5_-16	0,20	0,05	-0,09	-21
deney 8_5_-18	-0,14	0,04	0,01	-23
deney 8_5_-20	0,05	-0,05	-0,04	-25
deney 8_5_-22	-0,02	-0,01	-0,05	-27
deney 8_5_-24	-0,06	0,00	-0,05	-29
deney 8_5_-26	0,03	-0,02	-0,04	-31

Tablo Ek A.6: Deneý 9 Ortalama Hız Tablosu

	u Ortalama (cm/sn)	v Ortalama (cm/sn)	w Ortalama (cm/sn)	z (cm)
deney 9_1	16,67	-5,47	0,79	-6
deney 9_1_-2	6,71	-4,64	0,99	-7
deney 9_1_-3	12,11	-4,52	0,51	-8
deney 9_1_-4	5,46	-5,53	0,65	-9
deney 9_1_-5	-0,63	-4,85	-0,05	-10
deney 9_1_-6	-1,15	-2,16	-0,20	-11
deney 9_1_-7	-0,80	-2,28	-0,35	-12
deney 9_1_-8	-1,61	-1,99	-0,67	-13
deney 9_2	2,72	0,26	-0,42	-5
deney 9_2_-2	1,32	1,01	-0,35	-7
deney 9_2_-4	4,16	-2,20	-0,94	-9
deney 9_2_-6	-0,90	-0,40	-1,21	-11
deney 9_2_-8	-3,46	0,24	-1,76	-13
deney 9_2_-10	-2,82	0,50	-0,71	-15
deney 9_2_-12	-0,50	-0,02	-2,79	-17
deney 9_2_-14	-0,60	0,12	-2,53	-19
deney 9_2_-16	-0,56	0,15	-2,23	-21
deney 9_2_-18	-0,26	-0,14	-2,36	-23
deney 9_2_-20	-0,56	-0,04	-2,44	-25
deney 9_2_-22	-0,58	-0,02	-2,80	-27
deney 9_2_-24	-0,63	-0,12	-2,42	-29
deney 9_2_-26	-0,01	-0,01	-0,07	-31
deney 9_2_-28	0,03	0,22	-0,14	-33
deney 9_3	5,06	-2,20	-1,13	-5
deney 9_3_-2	3,60	-1,99	-0,77	-7
deney 9_3_-4	-0,30	0,21	-2,47	-9
deney 9_3_-6	-0,11	-0,24	-2,45	-11
deney 9_3_-10	-1,61	0,60	-1,46	-15
deney 9_3_-12	-0,09	0,28	-2,52	-17
deney 9_3_-14	-0,37	0,08	-2,80	-19
deney 9_3_-16	-0,31	-0,08	-3,09	-21
deney 9_3_-18	-0,62	-0,02	-2,76	-23
deney 9_3_-20	-0,21	0,08	-2,54	-25
deney 9_3_-22	-0,48	0,24	-0,28	-27
deney 9_3_-26	-0,57	0,21	-3,20	-31
deney 9_3_-28	-0,07	0,18	-1,16	-33
deney 9_4	4,52	-2,02	-1,81	-5
deney 9_4_-2	1,16	-0,31	-2,10	-7
deney 9_4_-4	-0,04	-0,02	-2,52	-9
deney 9_4_-6	-1,15	-0,33	-2,70	-11
deney 9_4_-8	-1,19	0,18	-2,09	-13
deney 9_4_-10	-2,49	0,44	-1,56	-15
deney 9_4_-12	-0,58	0,34	-2,18	-17
deney 9_4_-14	-0,20	0,31	-3,16	-19
deney 9_4_-16	-0,64	0,12	-2,75	-21
deney 9_4_-18	-0,18	0,33	-2,57	-23

deney 9_4_-20	-0,60	0,13	-2,73	-25
deney 9_4_-22	-0,52	0,27	-2,97	-27
deney 9_4_-24	-0,19	0,29	-3,01	-29
deney 9_4_-26	-0,13	0,04	-3,37	-31
deney 9_4_-28	0,33	1,16	-0,62	-33
deney 9_5	0,63	0,02	-0,02	-5
deney 9_5_-2	0,39	-0,01	-0,04	-7
deney 9_5_-4	0,22	-0,04	-0,04	-9
deney 9_5_-6	-0,21	-0,09	-0,03	-11
deney 9_5_-8	-0,34	0,05	-0,06	-13
deney 9_5_-10	-0,28	-0,03	-0,11	-15
deney 9_5_-12	-0,18	-0,02	-0,06	-17
deney 9_5_-14	0,04	-0,16	-0,05	-19
deney 9_5_-16	0,08	-0,03	-0,04	-21
deney 9_5_-18	0,21	0,20	-0,05	-23
deney 9_5_-20	0,11	-0,08	0,05	-25
deney 9_5_-22	-0,10	0,08	-0,09	-27
deney 9_5_-24	-0,13	0,06	-0,08	-29
deney 9_5_-26	0,17	-0,20	-0,02	-31
deney 9_5_-28	-0,10	-0,03	-0,12	-33

Tablo Ek A.7: Deney 10 Ortalama Hız Tablosu

	u Ortalama (cm/sn)	v Ortalama (cm/sn)	w Ortalama (cm/sn)	z (cm)
deney 10_1	20,31	-7,39	0,36	-5
deney 10_1_-1	10,31	-6,90	-0,29	-6
deney 10_1_-2	7,36	-5,79	-0,61	-7
deney 10_1_-3	-2,82	-1,61	0,31	-8
deney 10_1_-4	-0,33	-2,26	-0,47	-9
deney 10_1_-5	-1,19	-2,79	-0,89	-10
deney 10_1_-6	-2,33	-3,64	-1,34	-11
deney 10_1_-7	-0,82	-1,15	-2,05	-12
deney 10_1_-8	0,17	-0,14	-1,72	-13
deney 10_2	1,81	0,08	-1,63	-5
deney 10_2_-2	-2,80	0,28	-1,05	-7
deney 10_2_-4	-3,35	0,70	-2,09	-9
deney10_2_-6	-0,49	0,13	-0,10	-11
deney 10_2_-8	-1,79	0,61	-1,62	-13
deney 10_2_-10	-0,25	0,04	-2,31	-15
deney 10_2_-12	0,06	-0,07	-1,91	-17
deney 10_2_-14	-0,02	0,12	-1,62	-19
deney 10_2_-16	-0,06	0,17	-2,29	-21
deney10_2_-18	0,00	-0,01	-0,23	-23
deney 10_2_-20	-0,17	0,02	-2,54	-25
deney 10_2_-22	-0,52	0,07	-2,68	-27
deney 10_2_-24	-0,36	0,13	-2,65	-29
deney 10_3	6,75	-0,19	-0,55	-5
deney 10_3_-2	-0,08	-0,09	-2,44	-7
deney 10_3_-4	-1,51	0,87	-1,56	-9
deney 10_3_-6	-2,96	0,37	-0,91	-11
deney 10_3_-8	-1,79	0,61	-1,62	-13
deney 10_3_-10	-0,27	0,40	-3,02	-15
deney 10_3_-12	-0,53	-0,04	-2,20	-17
deney 10_3_-14	-0,48	-0,28	-1,57	-19
deney 10_3_-16	-0,22	-0,16	-1,49	-21
deney 10_3_-18	-0,29	-0,24	-1,50	-23
deney 10_3_-20	-0,28	-0,05	-1,76	-25
deney 10_3_-22	-0,68	0,17	-2,03	-27
deney 10_3_-24	-0,27	0,14	-2,23	-29
deney 10_3_-26	-0,15	-0,04	-2,40	-31
deney 10_3_-28	-0,12	-0,05	-0,14	-33
deney 10_4	2,20	-0,75	-1,64	-5
deney 10_4_-2	-0,19	0,19	-2,66	-7
deney 10_4_-4	-1,00	0,70	-1,98	-9
deney 10_4_-6	-3,15	0,72	-1,51	-11
deney 10_4_-10	-0,11	0,08	-2,48	-15
deney 10_4_-12	-0,21	0,31	-2,05	-17
deney 10_4_-14	0,20	0,00	-2,15	-19
deney 10_4_-16	-0,14	0,65	-2,80	-21
deney 10_4_-20	0,03	-0,01	-0,19	-25

deney 10_4_-22	0,00	0,00	0,00	-27
deney 10_4_-24	-0,02	-0,01	-0,22	-29
deney 10_4_-26	-0,02	-0,01	-0,24	-31
deney 10_4_-28	-0,01	-0,01	-0,01	-33
deney 10_5	0,40	0,21	-0,07	-5
deney 10_5_-2	0,01	0,14	-0,07	-7
deney 10_5_-4	-0,26	0,01	-0,07	-9
deney 10_5_-6	-0,40	-0,09	-0,09	-11
deney 10_5_-8	-0,26	-0,05	-0,09	-13
deney 10_5_-10	-0,19	-0,03	-0,08	-15
deney 10_5_-12	-0,16	0,22	-0,10	-17
deney 10_5_-14	0,11	0,02	-0,10	-19
deney 10_5_-16	0,00	0,02	-0,10	-21
deney 10_5_-18	0,01	-0,05	-0,06	-23
deney 10_5_-20	0,09	-0,08	-0,03	-25
deney 10_5_-22	0,00	-0,03	-0,05	-27
deney 10_5_-24	-0,02	0,04	-0,01	-29
deney 10_5_-26	-0,02	0,02	-0,05	-31
deney 10_5_-28	-0,27	0,03	-0,01	-33

Tablo Ek A.8: Deney 14 Ortalama Hız Tablosu

	u Ortalama (cm/sn)	v Ortalama (cm/sn)	w Ortalama (cm/sn)	z (cm)
deney 14_1	4,99	-3,39	3,18	-5
deney 14_1_-1	8,99	-4,25	-1,67	-6
deney 14_1_-2	0,41	-1,93	0,15	-7
deney 14_1_-3	0,70	-2,14	2,56	-8
deney 14_1_-4	0,78	-2,00	-1,07	-9
deney 14_1_-5	-0,19	-1,62	-1,42	-10
deney 14_1_-6	-0,59	-1,69	-1,05	-11
deney 14_1_-7	0,41	-1,69	-1,12	-12
deney 14_1_-8	-1,08	0,43	-0,47	-13
deney 14_1_-9	-0,09	-0,12	-0,10	-14
deney 14_1_-10	-0,08	-0,28	-0,10	-15
deney 14_2	0,52	2,03	-0,40	-5
deney 14_2_-2	1,06	1,90	-1,90	-7
deney 14_2_-5	-1,57	3,16	-0,18	-10
deney 14_2_-6	-0,92	4,04	-0,56	-11
deney 14_2_-8	0,47	2,64	-0,37	-13
deney 14_2_-10	-0,81	0,05	-1,54	-15
deney 14_2_-12	-0,11	-0,23	-2,13	-17
deney 14_2_-14	0,21	-0,25	-2,54	-19
deney 14_2_-16	0,36	-0,73	-3,86	-21
deney 14_2_-17	-0,10	-0,06	-3,49	-22
deney 14_2_-18	-0,47	0,26	-2,81	-23
deney 14_2_-20	-0,01	0,12	-3,26	-25
deney 14_2_-22	-0,55	-0,10	-2,97	-27
deney 14_2_-24	-0,14	0,17	-3,30	-29
deney 14_2_-26	-0,13	-0,08	-0,08	-31
deney 14_2_-28	0,18	0,14	-0,03	-33
deney 14_3	0,12	0,41	-0,74	-5
deney 14_3_-2	-0,05	-0,14	-1,95	-7
deney 14_3_-4	-0,58	0,15	-2,66	-9
deney 14_3_-6	1,55	-0,14	-1,64	-11
deney 14_3_-8	0,11	-0,26	-1,73	-13
deney 14_3_-10	-0,59	-0,17	-2,82	-15
deney 14_3_-12	-0,51	-0,36	-3,13	-17
deney 14_3_-14	-0,98	-0,27	-3,25	-19
deney 14_3_-16	-0,30	0,20	-3,07	-21
deney 14_3_-18	-0,10	0,46	-3,62	-23
deney 14_3_-19	-0,65	0,13	-2,61	-24
deney 14_3_-20	0,13	-0,17	-3,37	-25
deney 14_3_-22	-0,07	0,03	-3,49	-27
deney 14_3_-24	-0,34	-0,19	-3,82	-29
deney 14_3_-26	-0,24	-0,02	-4,20	-31
deney 14_3_-28	0,66	1,40	-1,48	-33
deney 14_4	1,31	0,16	-2,33	-5
deney 14_4_-2	-0,84	0,07	-2,44	-7
deney 14_4_-4	-0,63	0,19	-2,06	-9

deney 14_4_-6	0,00	-5,91	-5,25	-11
deney 14_4_-7	-0,05	0,25	-3,26	-12
deney 14_4_-8	0,34	2,25	-1,88	-13
deney 14_4_-10	-0,17	0,27	-2,33	-15
deney 14_4_-12	-0,96	0,77	-3,50	-17
deney 14_4_-14	-0,09	0,68	-3,43	-19
deney 14_4_-18	-0,54	-0,08	-3,01	-23
deney 14_4_-20	-0,40	0,48	-3,22	-25
deney 14_4_-22	-0,23	0,06	-3,41	-27
deney 14_4_-24	-0,26	0,28	-3,73	-29
deney 14_4_-26	-0,23	0,28	-4,06	-31
deney 14_4_-28	-0,02	0,23	-0,12	-33
deney 14_5	1,86	0,28	-2,24	-5
deney 14_5_-2	0,68	-0,15	-2,08	-7
deney 14_5_-4	-1,10	0,35	-3,10	-9
deney 14_5_-6	-2,00	-0,55	-4,32	-11
deney 14_5_-8	-1,04	0,04	-3,63	-13
deney 14_5_-10	0,66	0,00	-3,14	-15
deney 14_5_-12	-0,27	0,49	-2,74	-17
deney 14_5_-14	-0,76	0,40	-3,12	-19
deney 14_5_-16	-0,61	0,43	-3,16	-21
deney 14_5_-18	-0,47	0,22	-3,38	-23
deney 14_5_-20	-0,51	0,09	-3,60	-25
deney 14_5_-22	-0,55	0,22	-3,89	-27
deney 14_5_-24	-0,32	0,09	-4,21	-29
deney 14_5_-26	-0,13	0,18	-4,37	-31
deney 14_5_-28	-0,16	-0,02	-0,13	-33

Tablo Ek A.9: Deney 16 Ortalama Hız Tablosu

	u Ortalama (cm/sn)	v Ortalama (cm/sn)	w Ortalama (cm/sn)	z (cm)
deney 16_1	6,29	0,73	-0,96	-5
deney 16_1_1	6,37	0,50	-1,07	-6
deney 16_1_2	5,57	-0,05	-0,26	-7
deney 16_1_3	2,40	1,23	-1,44	-8
deney 16_1_4	4,92	2,09	-0,85	-9
deney 16_1_5	0,70	2,17	-1,59	-10
deney 16_1_6	-0,02	1,16	-1,73	-11
deney 16_1_7	0,31	-0,07	-1,38	-12
deney 16_1_8	-1,47	1,00	-0,93	-13
deney 16_1_9	-0,08	-0,06	-0,12	-14
deney 16_2	0,15	-1,88	-1,17	-5
deney 16_2_2	1,10	-3,76	-0,94	-7
deney 16_2_4	-0,36	-3,54	-1,26	-9
deney 16_2_6	0,11	-0,40	-0,11	-11
deney 16_2_8	-0,19	-0,83	-1,57	-13
deney 16_2_10	0,37	0,71	-2,88	-15
deney 16_2_12	0,02	0,59	-3,47	-17
deney 16_2_14	0,16	0,48	-4,11	-19
deney 16_2_16	0,04	0,61	-4,01	-21
deney 16_2_18	-0,08	0,20	-4,24	-23
deney 16_2_20	-0,27	0,14	-3,98	-25
deney 16_2_22	-0,84	0,31	-4,33	-27
deney 16_2_24	0,16	0,25	-4,49	-29
deney 16_2_26	-0,05	-0,07	-0,06	-31
deney 16_2_28	0,04	0,42	-0,07	-33
deney 16_3	0,06	0,12	-3,23	-5
deney 16_3_2	-0,44	-0,04	-2,51	-7
deney 16_3_4	-0,89	0,26	-2,98	-9
deney 16_3_6	-0,82	-0,25	-3,19	-11
deney 16_3_8	-0,04	0,83	-2,52	-13
deney 16_3_10	-0,70	0,29	-2,72	-15
deney 16_3_12	-0,78	0,39	-3,18	-17
deney 16_3_14	-0,63	0,59	-3,29	-19
deney 16_3_16	-0,70	0,37	-3,66	-21
deney 16_3_18	-0,48	0,09	-3,89	-23
deney 16_3_20	-0,70	0,53	-4,06	-25
deney 16_3_22	0,21	0,40	-3,95	-27
deney 16_3_26	-0,95	0,48	-4,72	-31
deney 16_3_28	0,21	0,44	-0,70	-33
deney 16_4	1,23	-0,43	-2,47	-5
deney 16_4_2	0,28	0,12	-2,58	-7
deney 16_4_4	-0,30	0,52	-2,76	-9
deney 16_4_6	-0,27	-0,39	-2,64	-11
deney 16_4_8	-0,39	1,23	-3,50	-13
deney 16_4_10	-0,82	1,27	-3,34	-15
deney 16_4_12	-0,32	1,02	-3,44	-17

deney 16_4_14	-0,33	1,19	-3,41	-19
deney 16_4_16	-0,26	0,73	-3,58	-21
deney 16_4_18	-0,28	0,78	-3,68	-23
deney 16_4_20	-0,14	0,45	-4,10	-25
deney 16_4_22	0,13	0,29	-4,12	-27
deney 16_4_24	-0,55	0,36	-4,67	-29
deney 16_4_26	-0,55	0,60	-4,30	-31
deney 16_4_28	-0,79	0,62	-0,31	-33
deney 16_5	1,09	-0,70	-2,30	-5
deney 16_5_2	-0,07	0,04	-2,69	-7
deney 16_5_4	-0,57	0,62	-2,69	-9
deney 16_5_6	0,49	0,78	-2,54	-11
deney 16_5_8	-0,44	0,58	-3,80	-13
deney 16_5_10	0,03	0,38	-3,03	-15
deney 16_5_12	-0,51	0,13	-3,02	-17
deney 16_5_14	-0,83	0,70	-3,27	-19
deney 16_5_16	-0,43	0,17	-3,06	-21
deney 16_5_18	-0,18	0,17	-3,35	-23
deney 16_5_20	-0,13	0,30	-3,86	-25
deney 16_5_22	-0,11	0,65	-4,20	-27
deney 16_5_24	-0,39	0,66	-4,48	-29
deney 16_5_26	-0,42	0,88	-4,63	-31
deney 16_5_28	-0,22	-0,08	-0,16	-33

Tablo Ek A.10: Deneý 17 Ortalama Hız Tablosu

	u Ortalama (cm/sn)	v Ortalama (cm/sn)	w Ortalama (cm/sn)	z (cm)
deney 17_1	34,95	-8,40	-3,28	-5
deney 17_1_-1	35,80	-8,74	-3,93	-6
deney 17_1_-2	27,96	-8,02	-1,93	-7
deney 17_1_-3	36,31	-4,06	-6,70	-8
deney 17_1_-4	36,90	-1,80	-4,76	-9
deney 17_1_-5	35,45	-4,42	-7,95	-10
deney 17_1_-6	31,99	-2,18	-6,36	-11
deney 17_1_-7	30,19	-1,69	-6,32	-12
deney 17_1_-8	3,91	1,19	-0,63	-13
deney 17_1_-9	0,12	-0,07	-0,11	-14
deney 17_2	-0,40	-5,85	0,36	-5
deney 17_2_-2	-0,73	-6,08	0,03	-7
deney 17_2_-4	-0,19	-10,03	-0,59	-9
deney 17_2_-6	-4,50	-14,15	-0,80	-11
deney 17_2_-8	-5,92	-8,45	0,43	-13
deney 17_2_-10	-4,87	-12,20	0,98	-15
deney 17_2_-12	-4,26	-9,24	0,49	-17
deney 17_2_-14	-2,22	-8,34	-0,05	-19
deney 17_2_-16	-2,67	-2,75	-0,24	-21
deney 17_2_-18	-0,32	0,25	-2,36	-23
deney 17_2_-20	-0,24	0,39	-2,26	-25
deney 17_2_-22	-0,14	0,59	-2,57	-27
deney 17_2_-24	-0,15	0,40	-2,40	-29
deney 17_2_-26	-0,10	0,03	-0,11	-31
deney 17_2_-28	0,10	0,21	-0,15	-33
deney 17_3	0,66	0,11	-2,30	-5
deney 17_3_-2	1,96	0,02	-1,25	-7
deney 17_3_-4	2,06	0,22	-1,22	-9
deney 17_3_-7	-0,66	0,12	-2,69	-12
deney 17_3_-8	0,04	0,26	-2,76	-13
deney 17_3_-10	-0,59	0,71	-2,73	-15
deney 17_3_-12	-0,15	1,44	-3,28	-17
deney 17_3_-14	-0,67	0,29	-2,87	-19
deney 17_3_-16	-0,41	0,62	-2,86	-21
deney 17_3_-18	-0,77	0,52	-3,04	-23
deney 17_3_-20	-1,15	0,59	-2,43	-25
deney 17_3_-22	-1,07	0,29	-2,70	-27
deney 17_3_-24	-1,04	0,01	-2,84	-29
deney 17_3_-26	-1,05	0,33	-3,49	-31
deney 17_3_-28	0,12	0,34	-0,28	-33
deney 17_4	1,23	-0,21	-3,25	-5
deney 17_4_-2	1,43	0,30	-5,16	-7
deney 17_4_-4	1,82	0,32	-5,85	-9
deney 17_4_-6	0,57	0,77	-2,97	-11
deney 17_4_-7	-0,78	-0,37	-2,20	-12
deney 17_4_-8	2,77	0,59	-2,09	-13

deney 17_4_-10	-0,64	0,09	-3,86	-15
deney 17_4_-12	-0,15	0,22	-4,15	-17
deney 17_4_-14	0,00	0,34	-3,30	-19
deney 17_4_-16	-0,91	0,13	-3,49	-21
deney 17_4_-18	-0,16	0,14	-2,52	-23
deney 17_4_-20	-0,60	0,00	-1,52	-25
deney 17_4_-22	-0,89	-0,04	-2,23	-27
deney 17_4_-24	-0,87	0,03	-2,41	-29
deney 17_4_-26	-0,78	0,05	-2,77	-31
deney 17_4_-28	-0,13	0,01	-0,28	-33
deney 17_5	1,69	0,61	-3,87	-5
deney 17_5_-02	1,96	0,01	-4,51	-7
deney 17_5_-04	0,93	-0,44	-4,09	-9
deney 17_5_-06	1,15	0,40	-3,23	-11
deney 17_5_-08	1,36	-0,11	-1,89	-13
deney 17_5_-09	0,85	0,06	-2,41	-14
deney 17_5_-10	0,12	0,04	-2,52	-15
deney 17_5_-12	-0,81	0,06	-2,64	-17
deney 17_5_-14	-0,98	0,79	-3,02	-19
deney 17_5_-16	-0,28	1,47	-3,09	-21
deney 17_5_-18	0,06	1,13	-2,73	-23
deney 17_5_-20	0,07	0,60	-2,51	-25
deney 17_5_-22	-0,59	0,67	-1,83	-27
deney 17_5_-24	-1,28	0,01	-2,34	-29
deney 17_5_-26	-0,60	0,34	-2,93	-31
deney 17_5_-28	-0,04	-0,06	-0,08	-33

Tablo Ek A.11: Deneý 18 Ortalama Hız Tablosu

	u Ortalama (cm/sn)	v Ortalama (cm/sn)	w Ortalama (cm/sn)	z (cm)
deney 18_1	-1,89	5,64	0,42	-6
deney 18_1_-2	-1,28	2,81	-1,10	-7
deney 18_1_-3	-1,25	1,11	-1,46	-8
deney 18_1_-4	-0,40	0,25	-2,37	-9
deney 18_1_-5	-0,48	0,17	-2,05	-10
deney 18_1_-6	-0,18	0,74	-1,73	-11
deney 18_1_-7	-0,44	0,29	-1,96	-12
deney 18_1_-8	-0,34	0,03	-0,16	-13
deney 18_1_-9	-0,06	-0,02	-0,09	-14
deney 18_2	-0,49	-2,50	-0,73	-7
deney 18_2_-4	-0,02	-0,53	-2,04	-9
deney 18_2_-6	-0,24	-0,41	-2,56	-11
deney 18_2_-8	-0,73	0,15	-2,85	-13
deney 18_2_-10	-1,01	0,04	-2,16	-15
deney 18_2_-12	-0,28	-0,18	-1,84	-17
deney 18_2_-14	-0,03	0,05	-1,77	-19
deney 18_2_-16	0,13	0,12	-1,93	-21
deney 18_2_-18	0,31	0,13	-1,73	-23
deney 18_2_-20	0,09	0,28	-2,38	-25
deney 18_2_-22	0,11	0,20	-2,77	-27
deney 18_2_-24	-0,22	0,33	-3,12	-29
deney 18_2_-26	-0,12	-0,03	-0,09	-31
deney 18_2_-28	-0,08	0,14	-0,06	-33
deney 18_3	2,10	-0,12	-1,69	-5
deney 18_3_-2	-0,37	-0,12	-2,53	-7
deney 18_3_-4	-0,22	-0,16	-1,26	-9
deney 18_3_-6	-0,84	0,07	-3,28	-11
deney 18_3_-10	-1,07	0,60	-1,79	-15
deney 18_3_-12	0,39	0,43	-1,69	-17
deney 18_3_-14	0,64	0,46	-1,87	-19
deney 18_3_-16	0,45	0,37	-1,78	-21
deney 18_3_-18	0,16	-0,09	-1,72	-23
deney 18_3_-20	0,04	-0,10	-2,44	-25
deney 18_3_-22	-0,11	-0,17	-3,08	-27
deney 18_3_-24	-0,08	-0,10	-3,62	-29
deney 18_3_-26	-0,11	0,08	-3,78	-31
deney 18_3_-28	-0,57	1,14	-2,37	-33
deney 18_4	-0,38	-0,10	-2,43	-7
deney 18_4_-4	-1,06	0,16	-1,67	-9
deney 18_4_-6	-0,77	0,59	-3,13	-11
deney 18_4_-8	-1,28	-0,07	-2,64	-13
deney 18_4_-10	-0,43	-0,05	-1,73	-15
deney 18_4_-12	0,31	0,20	-2,07	-17
deney 18_4_-14	0,29	0,30	-2,29	-19
deney 18_4_-16	0,32	0,23	-2,53	-21
deney 18_4_-18	0,20	0,29	-2,72	-23

deney 18_4_-20	0,09	0,17	-2,68	-25
deney 18_4_-22	0,13	0,37	-2,66	-27
deney 18_4_-24	-0,12	0,23	-3,34	-29
deney 18_4_-26	-0,20	0,22	-3,53	-31
deney 18_4_-28	0,01	0,01	-0,12	-33
deney 18_5	0,50	-0,30	-1,90	-5
deney 18_5_-2	-0,53	0,33	-2,49	-7
deney 18_5_-4	-0,68	0,19	-2,91	-9
deney 18_5_-6	-0,12	-0,28	-3,00	-11
deney 18_5_-7	-0,42	0,09	-3,17	-12
deney 18_5_-8	-0,44	0,04	-2,96	-13
deney 18_5_-10	-1,12	0,29	-2,14	-15
deney 18_5_-12	0,42	-0,09	-1,34	-17
deney 18_5_-14	0,69	-0,02	-1,84	-19
deney 18_5_-16	0,44	0,15	-2,11	-21
deney 18_5_-18	0,82	0,28	-2,17	-23
deney 18_5_-20	-0,05	0,08	0,01	-25
deney 18_5_-24	-0,05	0,04	-0,07	-29
deney 18_5_-26	-0,03	-0,03	0,03	-31
deney 18_5_-28	0,01	0,00	0,00	-33

Tablo Ek A.12: Deney 19 Ortalama Hız Tablosu

	u Ortalama (cm/sn)	v Ortalama (cm/sn)	w Ortalama (cm/sn)	z (cm)
deney 19_1	23,09	7,08	-2,73	-5
deney 19_1_-1	17,95	4,04	-1,50	-6
deney 19_1_-2	21,22	5,72	0,76	-7
deney 19_1_-3	17,73	1,16	-1,62	-8
deney 19_1_-4	1,70	-3,39	-0,69	-9
deney 19_1_-5	1,36	-4,66	-1,33	-10
deney 19_1_-6	0,95	-3,95	-1,56	-11
deney 19_1_-7	0,92	-3,36	-1,04	-12
deney 19_1_-8	-0,06	-0,06	-0,07	-13
deney 19_1_-9	0,07	0,09	-0,08	-14
deney 19_2	4,95	1,68	-2,09	-5
deney 19_2_-2	2,13	3,07	-1,92	-7
deney 19_2_-3	-0,89	8,43	-0,97	-8
deney 19_2_-4	-1,32	5,93	-0,61	-9
deney 19_2_-6	-1,61	6,46	-0,07	-11
deney 19_2_-10	-2,38	2,92	-0,41	-15
deney 19_2_-12	-0,21	0,08	-2,54	-17
deney 19_2_-14	-0,66	0,07	-1,92	-19
deney 19_2_-16	-0,18	-0,05	-2,80	-21
deney 19_2_-18	-0,06	-0,21	-3,01	-23
deney 19_2_-20	-0,25	-0,52	-2,99	-25
deney 19_2_-22	-0,37	0,30	-3,57	-27
deney 19_2_-24	0,03	0,13	-3,52	-29
deney 19_2_-26	-0,22	0,14	-0,04	-31
deney 19_2_-28	0,01	0,47	-0,14	-33
deney 19_3	0,60	-0,17	-2,46	-5
deney 19_3_-2	0,67	-0,32	-1,86	-7
deney 19_3_-4	-0,25	-0,04	-2,33	-9
deney 19_3_-6	-2,14	0,59	-4,17	-11
deney 19_3_-7	-0,53	-0,03	-3,03	-12
deney 19_3_-8	-0,27	0,09	-1,99	-13
deney 19_3_-10	-0,62	0,01	-2,50	-15
deney 19_3_-12	-0,12	0,00	-3,24	-17
deney 19_3_-14	-0,49	0,10	-3,27	-19
deney 19_3_-16	-0,81	0,10	-3,06	-21
deney 19_3_-18	-0,81	-0,22	-2,27	-23
deney 19_3_-20	-0,07	-0,06	-2,46	-25
deney 19_3_-22	0,06	-0,18	-2,60	-27
deney 19_3_-24	0,05	-0,05	-2,92	-29
deney 19_3_-26	-0,37	-0,04	-3,38	-31
deney 19_3_-28	-0,39	0,39	-0,52	-33
deney 19_4	1,22	-0,27	-1,73	-5
deney 19_4_-2	0,37	0,10	-1,97	-7
deney 19_4_-4	0,05	0,28	-2,68	-9
deney 19_4_-6	-0,08	-0,36	-5,90	-11
deney 19_4_-7	-0,76	-0,03	-3,56	-12

deney 19_4_-8	-0,49	-0,40	-3,23	-13
deney 19_4_-10	-0,14	0,16	-2,93	-15
deney 19_4_-12	-0,46	0,34	-2,87	-17
deney 19_4_-14	-0,66	0,09	-2,91	-19
deney 19_4_-16	-0,53	0,13	-3,33	-21
deney 19_4_-18	-0,41	0,04	-1,87	-23
deney 19_4_-20	-0,14	0,14	-2,30	-25
deney 19_4_-22	-0,31	-0,10	-3,23	-27
deney 19_4_-24	-0,12	0,28	-3,02	-29
deney 19_4_-26	-0,14	0,03	-2,89	-31
deney 19_4_-28	-0,06	0,14	-0,18	-33
deney 19_5	1,66	-0,62	-1,41	-5
deney 19_5_-2	1,05	-0,32	-1,77	-7
deney 19_5_-4	-0,03	-0,03	-2,11	-9
deney 19_5_-6	-1,56	-0,76	-2,41	-11
deney 19_5_-7	-0,84	0,15	-3,85	-12
deney 19_5_-8	0,09	0,14	-3,27	-13
deney 19_5_-10	-0,35	0,15	-2,72	-15
deney 19_5_-12	0,08	0,22	-3,47	-17
deney 19_5_-14	-0,61	0,05	-3,46	-19
deney 19_5_-16	-1,13	0,40	-2,08	-21
deney 19_5_-18	-0,11	0,13	-2,41	-23
deney 19_5_-20	-0,24	0,17	-2,24	-25
deney 19_5_-22	0,39	0,16	-2,64	-27
deney 19_5_-24	0,55	0,19	-2,74	-29
deney 19_5_-26	0,28	0,20	-2,83	-31
deney 19_5_-28	-0,06	-0,06	-0,07	-33

Tablo Ek A.13: Deney 20 Ortalama Hız Tablosu

	u Ortalama (cm/sn)	v Ortalama (cm/sn)	w Ortalama (cm/sn)	z (cm)
deney 20_1	9,51	-4,80	1,23	-5
deney 20_1_-1	8,29	-8,55	-1,64	-6
deney 20_1_-2	3,48	-6,85	-1,60	-7
deney 20_1_-3	11,38	-6,04	-1,98	-8
deney 20_1_-4	6,92	-4,86	-0,78	-9
deney 20_1_-5	11,61	-4,55	-1,52	-10
deney 20_1_-7	8,68	-3,77	-1,83	-12
deney 20_1_-8	-0,02	-0,04	-0,08	-13
deney 20_1_-9	0,20	-0,22	-0,05	-14
deney 20_2	2,28	5,95	-0,55	-5
deney 20_2_-2	1,05	6,36	-2,42	-7
deney 20_2_-4	4,94	3,71	-2,58	-9
deney 20_2_-6	5,74	6,96	-0,51	-11
deney 20_2_-8	-7,39	7,80	2,79	-13
deney 20_2_-10	-0,15	6,47	0,03	-15
deney 20_2_-12	-3,11	5,72	0,76	-17
deney 20_2_-14	-1,46	2,79	-0,67	-19
deney 20_2_-16	-1,45	0,42	-1,83	-21
deney 20_2_-18	-0,46	0,22	-2,37	-23
deney 20_2_-20	-0,18	0,38	-2,74	-25
deney 20_2_-22	-0,30	0,38	-2,97	-27
deney 20_2_-24	-0,84	0,15	-3,12	-29
deney 20_2_-26	0,32	3,24	-0,05	-31
deney 20_3	2,30	-0,28	-1,40	-5
deney 20_3_-2	1,47	-0,22	-1,74	-7
deney 20_3_-4	-0,10	-0,02	-2,25	-9
deney 20_3_-6	1,42	-0,16	-1,80	-11
deney 20_3_-8	-0,01	0,51	-3,43	-13
deney 20_3_-10	-0,49	-0,12	-2,98	-15
deney 20_3_-12	-0,35	-0,30	-3,23	-17
deney 20_3_-14	-0,04	0,09	-3,47	-19
deney 20_3_-16	-0,37	0,11	-3,38	-21
deney 20_3_-18	-0,86	0,15	-3,30	-23
deney 20_3_-20	-1,15	0,25	-2,56	-25
deney 20_3_-22	-1,16	-0,03	-2,21	-27
deney 20_3_-24	-0,65	0,07	-2,38	-29
deney 20_3_-26	-0,65	0,47	-2,92	-31
deney 20_3_-28	-0,55	-0,36	-0,73	-33
deney 20_4	1,12	-0,19	-1,63	-5
deney 20_4_-2	1,60	-0,41	-1,72	-7
deney 20_4_-4	0,80	-0,18	-1,79	-9
deney 20_4_-6	-0,22	-0,05	-2,01	-11
deney 20_4_-8	-0,92	0,43	-3,63	-13
deney 20_4_-10	-0,23	0,08	-3,20	-15
deney 20_4_-12	-0,44	0,13	-3,08	-17
deney 20_4_-14	-0,19	-0,05	-3,36	-19

deney 20_4_-16	0,04	0,09	-3,68	-21
deney 20_4_-18	-0,77	-0,06	-2,44	-23
deney 20_4_-20	-0,59	0,46	-3,17	-25
deney 20_4_-22	-0,68	-0,08	-2,22	-27
deney 20_4_-24	-0,89	0,86	-2,29	-29
deney 20_4_-26	-0,35	0,09	-2,66	-31
deney 20_4_-28	-0,11	0,03	-0,13	-33
deney 20_5	1,73	-0,48	-1,46	-5
deney 20_5_-2	1,54	-0,48	-1,63	-7
deney 20_5_-4	0,70	-0,32	-1,85	-9
deney 20_5_-6	0,60	1,79	-2,77	-11
deney 20_5_-7	-0,82	0,27	-2,69	-12
deney 20_5_-8	-0,06	0,85	-2,80	-13
deney 20_5_-10	-1,16	0,91	-3,27	-15
deney 20_5_-12	-0,77	0,82	-3,92	-17
deney 20_5_-14	-0,14	0,90	-2,86	-19
deney 20_5_-18	-0,23	0,97	-2,30	-23
deney 20_5_-20	-0,37	0,60	-2,31	-25
deney 20_5_-24	-0,19	0,94	-2,25	-29
deney 20_5_-26	-0,24	0,71	-2,30	-31
deney 20_5_-28	-0,05	-0,03	-0,08	-33

Tablo Ek A.14: Deneý 21 Ortalama Hız Tablosu

	u Ortalama (cm/sn)	v Ortalama (cm/sn)	w Ortalama (cm/sn)	z (cm)
deney 21_1	42,59	7,72	-2,50	-5
deney 21_1_-1	9,68	7,95	0,75	-6
deney 21_1_-2	6,91	6,98	1,75	-7
deney 21_1_-3	14,18	4,55	-2,28	-8
deney 21_1_-4	5,71	5,94	-2,87	-9
deney 21_1_-5	-0,57	6,43	1,90	-10
deney 21_1_-6	10,65	2,90	-0,73	-11
deney 21_1_-7	1,45	1,29	0,02	-12
deney 21_1_-8	-0,03	-0,02	-0,09	-13
deney 21_2	4,52	8,40	-0,43	-5
deney 21_2_-2	1,57	-8,36	-0,92	-7
deney 21_2_-4	-1,13	-12,17	1,13	-9
deney 21_2_-6	-1,08	-7,41	0,46	-11
deney 21_2_-8	-3,83	-7,67	-0,76	-13
deney 21_2_-10	-1,96	-5,62	-0,78	-15
deney 21_2_-12	-2,82	-2,13	-0,59	-17
deney 21_2_-14	-1,78	0,22	-1,33	-19
deney 21_2_-18	-0,49	0,11	-1,78	-23
deney 21_2_-20	-0,14	0,17	-2,54	-25
deney 21_2_-22	0,03	0,14	-2,12	-27
deney 21_2_-24	-0,29	0,04	-1,86	-29
deney 21_2_-26	-0,46	-0,11	-0,20	-31
deney 21_3	5,20	-0,44	-0,73	-5
deney 21_3_-2	4,56	-0,44	-0,86	-7
deney 21_3_-4	0,87	0,34	-1,63	-9
deney 21_3_-6	-3,24	0,78	-1,13	-11
deney 21_3_-7	-0,63	0,15	-3,02	-12
deney 21_3_-8	-0,74	-0,34	-2,44	-13
deney 21_3_-9	4,40	-1,35	-3,55	-14
deney 21_3_-10	-0,52	0,51	-2,52	-15
deney 21_3_-12	-0,11	0,34	-2,68	-17
deney 21_3_-14	-0,18	0,48	-2,68	-19
deney 21_3_-16	-0,63	0,36	-2,58	-21
deney 21_3_-18	-0,54	0,93	-1,41	-23
deney 21_3_-20	-0,16	0,48	-1,09	-25
deney 21_3_-22	-0,28	0,39	-0,97	-27
deney 21_3_-24	0,13	0,34	-1,23	-29
deney 21_3_-26	0,07	0,67	-1,85	-31
deney 21_3_-28	0,07	-0,04	-0,59	-33
deney 21_4	2,57	-0,94	-1,44	-7
deney 21_4_-4	0,79	-0,17	-1,78	-9
deney 21_4_-6	-0,86	0,01	-3,03	-11
deney 21_4_-8	-0,50	0,02	-2,71	-13
deney 21_4_-10	-0,23	0,33	-2,87	-15
deney 21_4_-12	0,06	0,45	-2,94	-17
deney 21_4_-14	-0,16	0,38	-2,88	-19

deney 21_4_-16	-0,78	0,55	-2,60	-21
deney 21_4_-18	-0,92	0,24	-1,52	-23
deney 21_4_-20	-0,06	0,73	-1,33	-25
deney 21_4_-22	0,66	0,43	-1,16	-27
deney 21_4_-24	-0,20	0,45	-1,38	-29
deney 21_4_-26	-0,07	0,72	-1,68	-31
deney 21_5	2,81	-0,33	-0,87	-5
deney 21_5_2	3,81	-0,84	-1,33	-7
deney 21_5_-4	1,43	-0,41	-1,56	-9
deney 21_5_-6	-0,24	0,11	-2,41	-11
deney 21_5_-7	-0,87	0,39	-2,99	-12
deney 21_5_-8	-0,99	1,05	-3,61	-13
deney 21_5_-9	-0,18	-0,05	-2,99	-14
deney 21_5_-10	-0,80	0,49	-2,84	-15
deney 21_5_-12	0,26	0,43	-2,89	-17
deney 21_5_-14	-0,01	0,53	-3,05	-19
deney 21_5_-16	-1,11	0,81	-2,48	-21
deney 21_5_-18	-0,71	0,60	-1,16	-23
deney 21_5_-20	0,18	0,63	-1,10	-25
deney 21_5_-21	0,42	0,69	-1,00	-26
deney 21_5_-22	0,36	0,94	-1,17	-27
deney 21_5_-24	0,19	0,80	-1,43	-29
deney 21_5_-26	0,27	0,86	-1,80	-31
deney 21_5_-28	-0,03	-0,08	-0,10	-33

Tablo Ek A.15: Deney 6 Ortalama Hız Tablosu

	u Ortalama (cm/sn)	v Ortalama (cm/sn)	w Ortalama (cm/sn)	z (cm)
deney 22_1	-1,26	-5,41	-4,58	-7
deney 22_1_-3	-3,95	-6,95	-4,43	-8
deney 22_1_-4	-1,03	-5,72	-3,44	-9
deney 22_1_-5	3,71	-7,78	-0,91	-10
deney 22_1_-6	1,66	-6,44	-1,60	-11
deney 22_1_-7	-1,71	-5,52	0,40	-12
deney 22_1_-8	-0,50	-2,90	-0,20	-13
deney 22_1_-9	-0,02	-0,01	-0,07	-14
deney 22_2	4,52	8,40	-0,43	-5
deney 22_2_-2	-0,73	7,57	-0,22	-7
deney 22_2_-4	-1,80	12,29	-0,16	-9
deney 22_2_-6	-3,69	9,32	0,58	-11
deney 22_2_-10	-3,05	0,39	-0,97	-15
deney 22_2_-12	-1,73	0,39	-1,67	-17
deney 22_2_-14	-0,40	0,13	-2,33	-19
deney 22_2_-16	-0,35	0,07	-2,56	-21
deney 22_2_-18	-0,20	0,07	-2,41	-23
deney 22_2_-20	-0,01	0,22	-2,32	-25
deney 22_2_-22	-0,07	0,20	-2,55	-27
deney 22_2_-24	-0,17	0,19	-2,75	-29
deney 22_2_-26	-0,15	0,18	-2,77	-31
deney 22_2_-28	-0,05	0,06	-0,10	-33
deney 22_3	3,28	-0,65	-1,44	-5
deney 22_3_-2	2,98	-0,49	-1,59	-7
deney 22_3_-4	0,06	-0,19	-2,33	-9
deney 22_3_-6	-0,11	0,72	-2,79	-11
deney 22_3_-7	-0,77	0,28	-1,90	-12
deney 22_3_-8	-0,21	0,00	-2,27	-13
deney 22_3_-10	-0,06	0,20	-2,78	-15
deney 22_3_-12	-0,21	0,78	-2,74	-17
deney 22_3_-14	-0,71	0,68	-2,79	-19
deney 22_3_-16	-0,61	0,73	-1,52	-21
deney 22_3_-18	-0,05	-0,04	-2,16	-23
deney 22_3_-19	0,06	0,12	-1,61	-24
deney 22_3_-20	0,31	0,46	-1,93	-25
deney 22_3_-22	0,62	0,67	-1,77	-27
deney 22_3_-24	0,04	0,43	-1,73	-29
deney 22_3_-26	-0,35	0,52	-1,88	-31
deney 22_3_-28	-1,02	-0,07	-0,77	-33
deney 22_4	3,24	-0,84	-1,19	-5
deney 22_4_-2	1,62	-0,14	-1,56	-7
deney 22_4_-4	-0,04	0,24	-2,24	-9
deney 22_4_-6	0,34	0,39	-2,29	-11
deney 22_4_-8	-0,28	-0,45	-2,87	-13
deney 22_4_-10	-0,05	0,73	-2,86	-15
deney 22_4_-12	-0,02	0,64	-2,92	-17

deney 22_4_-14	-0,90	0,83	-2,75	-19
deney 22_4_-16	-0,44	0,82	-1,20	-21
deney 22_4_-18	0,63	0,85	-1,47	-23
deney 22_4_-20	0,47	0,29	-1,62	-25
deney 22_4_-22	0,60	0,67	-1,46	-27
deney 22_4_-24	-0,09	0,98	-1,54	-29
deney 22_4_-26	0,06	0,91	-1,73	-31
deney 22_4_-28	-0,06	0,00	-0,11	-33
deney 22_5	3,88	-0,76	-1,09	-5
deney 22_5_-2	2,73	-0,01	-1,17	-7
deney 22_5_-4	0,58	0,50	-1,78	-9
deney 22_5_-6	1,02	1,44	-2,84	-11
deney 22_5_-7	-0,53	1,38	-2,30	-12
deney 22_5_-8	-1,01	0,19	-3,08	-13
deney 22_5_-10	-0,11	0,44	-2,74	-15
deney 22_5_-12	-0,29	0,35	-2,97	-17
deney 22_5_-14	-0,85	0,48	-2,47	-19
deney 22_5_-16	-0,46	0,97	-1,17	-21
deney 22_5_-18	0,68	0,71	-1,45	-23
deney 22_5_-20	0,54	0,72	-2,08	-25
deney 22_5_-24	0,26	0,72	-2,17	-29
deney 22_5_-26	-0,14	0,85	-2,34	-31
deney 22_5_-28	0,00	-0,06	-0,09	-33

Tablo Ek A.16: Deney 23 Ortalama Hız Tablosu

	u Ortalama (cm/sn)	v Ortalama (cm/sn)	w Ortalama (cm/sn)	z (cm)
deney 23_1	1,88	3,60	-5,24	-6
deney 23_1_-2	1,13	5,25	-2,56	-7
deney 23_1_-3	0,24	6,42	-2,18	-8
deney 23_1_-4	-0,16	3,82	-0,53	-9
deney 23_1_-5	-1,90	3,87	-0,12	-10
deney 23_1_-6	-0,64	2,03	-1,30	-11
deney 23_1_-7	-0,98	0,60	-1,09	-12
deney 23_1_-8	-0,63	0,88	-1,16	-13
deney 23_1_-9	-0,05	0,01	-0,11	-14
deney 23_2	0,10	-10,27	-0,39	-5
deney 23_2_-2	0,42	-8,47	-0,54	-7
deney 23_2_-4	0,25	-7,51	-0,49	-9
deney 23_2_-6	-0,78	-3,86	-0,55	-11
deney 23_2_-9	-2,06	0,58	-1,29	-14
deney 23_2_-10	-1,28	0,68	-2,17	-15
deney 23_2_-12	-0,20	0,38	-3,08	-17
deney 23_2_-14	-0,40	0,69	-2,70	-19
deney 23_2_-16	-0,31	1,02	-2,45	-21
deney 23_2_-18	-0,36	0,61	-2,66	-23
deney 23_2_-20	-0,39	0,72	-2,84	-25
deney 23_2_-21	-0,48	0,29	-2,73	-26
deney 23_2_-22	-0,32	0,73	-2,80	-27
deney 23_2_-23	-0,53	0,60	-2,83	-28
deney 23_2_-24	-0,50	0,69	-3,19	-29
deney 23_2_-25	-0,20	0,41	-3,08	-30
deney 23_2_-26	-0,47	0,69	-3,22	-31
deney 23_2_-28	-0,21	3,08	-0,06	-33
deney 23_3	1,92	0,04	-1,50	-5
deney 23_3_-2	0,08	-0,07	-2,30	-7
deney 23_3_-4	-0,33	-0,08	-2,88	-9
deney 23_3_-6	-2,41	1,33	-1,89	-11
deney 23_3_-7	-0,79	0,24	-2,31	-12
deney 23_3_-8	-0,09	0,23	-2,60	-13
deney 23_3_-10	-0,23	0,12	-2,93	-15
deney 23_3_-12	-0,87	0,30	-2,66	-17
deney 23_3_-14	-0,60	0,25	-1,42	-19
deney 23_3_-16	0,38	0,24	-1,64	-21
deney 23_3_-18	0,61	0,01	-2,07	-23
deney 23_3_-20	0,49	0,18	-1,62	-25
deney 23_3_-22	0,22	0,36	-1,85	-27
deney 23_3_-24	0,00	0,32	-2,17	-29
deney 23_3_-26	-0,19	0,26	-3,44	-31
deney 23_3_-28	-0,04	-0,05	-0,07	-33
deney 23_4	2,36	-0,19	-1,41	-5
deney 23_4_-2	0,40	-0,17	-1,95	-7
deney 23_4_-4	-0,54	0,06	-2,89	-9

deney 23_4_-6	-0,50	-0,11	-1,85	-11
deney 23_4_-7	-0,71	0,45	-2,31	-12
deney 23_4_-8	-0,25	0,15	-2,71	-13
deney 23_4_-10	-0,21	0,37	-2,90	-15
deney 23_4_-12	-0,98	0,51	-2,46	-17
deney 23_4_-14	0,00	0,60	-1,18	-19
deney 23_4_-16	0,52	0,39	-1,51	-21
deney 23_4_-18	0,53	0,45	-1,83	-23
deney 23_4_-20	0,25	0,51	-2,00	-25
deney 23_4_-22	0,63	0,50	-1,93	-27
deney 23_4_-24	0,22	0,32	-2,39	-29
deney 23_4_-26	-0,51	0,73	-3,53	-31
deney 23_4_-28	-0,12	0,06	-0,18	-33
deney 23_5	1,93	-0,49	-1,82	-5
deney 23_5_-2	0,97	-0,33	-1,79	-7
deney 23_5_-4	-0,55	0,07	-2,67	-9
deney 23_5_-6	0,12	-1,15	-2,64	-11
deney 23_5_-7	-0,83	0,25	-2,13	-12
deney 23_5_-10	-0,23	0,19	-2,98	-15
deney 23_5_-12	-0,91	0,42	-2,73	-17
deney 23_5_-14	-0,73	0,48	-1,32	-19
deney 23_5_-16	0,46	0,25	-1,26	-21
deney 23_5_-18	-0,17	0,12	-2,48	-23
deney 23_5_-19	-0,26	0,12	-2,93	-24
deney 23_5_-20	0,18	-0,12	-2,59	-25
deney 23_5_-22	0,31	-0,43	-2,53	-27
deney 23_5_-24	-0,24	0,09	-3,18	-29
deney 23_5_-26	-0,44	-0,09	-2,47	-31
deney 23_5_-28	-0,03	-0,03	-0,07	-33

Tablo Ek A.17: Deneý 24 Ortalama Hız Tablosu

	u Ortalama (cm/sn)	v Ortalama (cm/sn)	w Ortalama (cm/sn)	z (cm)
deney 24_1	-1,57	3,16	-1,49	-5
deney 24_1_-1	-2,75	3,62	-0,40	-6
deney 24_1_-2	-1,54	2,69	-0,80	-7
deney 24_1_-3	-1,32	1,87	-1,20	-8
deney 24_1_-4	-0,49	0,59	-1,72	-9
deney 24_1_-5	-0,42	0,84	-1,21	-10
deney 24_1_-6	-0,51	0,97	-1,50	-11
deney 24_1_-7	-0,73	0,77	-1,99	-12
deney 24_1_-8	-0,61	1,22	-2,26	-13
deney 24_1_-9	-0,05	-0,02	-0,08	-14
deney 24_2	2,04	-6,34	-1,15	-5
deney 24_2_-2	0,25	-3,92	-0,91	-7
deney 24_2_-4	-0,44	-0,81	-1,51	-9
deney 24_2_-6	0,01	-0,71	-2,51	-11
deney 24_2_-7	-0,01	0,36	-2,61	-12
deney 24_2_-8	-0,80	0,55	-2,65	-13
deney 24_2_-10	0,04	0,70	-3,35	-15
deney 24_2_-12	-0,17	0,55	-3,42	-17
deney 24_2_-14	-0,40	0,03	-3,11	-19
deney 24_2_-16	-0,53	-0,30	-2,67	-21
deney 24_2_-18	-0,64	-0,29	-2,61	-23
deney 24_2_-20	-0,10	0,03	-2,88	-25
deney 24_2_-22	-0,17	0,16	-4,03	-27
deney 24_2_-24	-0,40	0,25	-4,35	-29
deney 24_2_-26	-0,04	-0,03	-0,09	-31
deney 24_3	0,60	-0,09	-2,14	-5
deney 24_3_-2	-0,33	0,18	-2,28	-7
deney 24_3_-4	-0,69	0,15	-0,90	-9
deney 24_3_-6	-1,03	0,13	-1,86	-11
deney 24_3_-8	-1,11	0,24	-2,15	-13
deney 24_3_-10	-1,02	0,03	-1,39	-15
deney 24_3_-12	0,45	0,23	-1,52	-17
deney 24_3_-14	0,53	0,23	-1,92	-19
deney 24_3_-16	0,44	0,31	-2,44	-21
deney 24_3_-18	0,38	0,71	-2,40	-23
deney 24_3_-20	0,32	0,68	-2,67	-25
deney 24_3_-22	-0,01	0,71	-3,37	-27
deney 24_3_-24	-0,23	0,72	-4,16	-29
deney 24_3_-26	-0,21	0,84	-4,81	-31
deney 24_3_-28	0,03	-0,04	-0,11	-33
deney 24_4	-0,08	0,00	-2,01	-5
deney 24_4_-2	-0,50	0,50	-2,44	-7
deney 24_4_-4	-0,68	0,25	-1,02	-9
deney 24_4_-6	-0,40	-0,24	-2,52	-11
deney 24_4_-7	-1,19	0,40	-2,48	-12
deney 24_4_-8	-0,72	0,49	-2,51	-13

deney 24_4_-10	-1,14	0,79	-1,79	-15
deney 24_4_-12	0,04	0,16	-2,31	-17
deney 24_4_-14	0,60	0,35	-1,98	-19
deney 24_4_-16	0,45	0,17	-1,97	-21
deney 24_4_-18	0,54	0,31	-2,61	-23
deney 24_4_-20	0,23	0,25	-2,56	-25
deney 24_4_-22	-0,07	0,43	-2,90	-27
deney 24_4_-24	-0,21	0,19	-3,66	-29
deney 24_4_-26	-0,21	0,51	-4,20	-31
deney 24_4_-28	0,09	-1,77	-1,82	-33

Tablo Ek A.18: Deney 25 Ortalama Hız Tablosu

	u Ortalama (cm/sn)	v Ortalama (cm/sn)	w Ortalama (cm/sn)	z (cm)
deney 25_2	1,20	6,81	-0,98	-5
deney 25_2_-2	-0,71	0,43	-1,70	-7
deney 25_2_-4	-0,49	0,81	-2,04	-9
deney 25_2_-6	0,15	1,35	-1,32	-11
deney 25_2_-8	0,28	1,11	-1,61	-13
deney 25_2_-10	0,36	0,99	-1,69	-15
deney 25_2_-14	0,36	1,11	-1,65	-19
deney 25_2_-18	0,10	0,46	-1,86	-23
deney 25_2_-20	0,10	0,14	-2,20	-25
deney 25_2_-22	-0,11	0,40	-3,00	-27
deney 25_2_-24	-0,36	0,26	-4,09	-29
deney 25_2_-26	0,00	-0,02	-0,11	-31
deney 25_2_-28	-0,03	0,23	-0,19	-33
deney 25_3	0,43	-0,15	-1,73	-5
deney 25_3_-2	-0,96	-0,09	-0,91	-7
deney 25_3_-4	-1,52	-0,05	-1,63	-9
deney 25_3_-6	-1,61	0,16	-1,82	-11
deney 25_3_-8	-0,44	-0,03	-1,16	-13
deney 25_3_-9	0,39	-0,11	-1,18	-14
deney 25_3_-10	0,69	-0,27	-1,25	-15
deney 25_3_-12	0,00	0,00	0,00	-17
deney 25_3_-14	0,81	-0,20	-1,38	-19
deney 25_3_-16	0,90	-0,16	-1,25	-21
deney 25_3_-18	0,64	-0,04	-1,30	-23
deney 25_3_-20	0,44	-0,09	-1,56	-25
deney 25_3_-22	0,06	0,11	-2,42	-27
deney 25_3_-24	-0,22	0,23	-3,16	-29
deney 25_3_-26	-0,39	1,79	-3,97	-31
deney 25_3_-28	0,01	-0,20	-0,11	-33
deney 25_4	0,63	0,50	-1,72	-5
deney 25_4_-2	0,06	0,22	-2,01	-7
deney 25_4_-4	-1,06	0,32	-1,89	-9
deney 25_4_-6	0,00	0,44	-3,56	-11
deney 25_4_-8	-0,87	0,70	-1,09	-13
deney 25_4_-10	-0,12	1,12	-1,51	-15
deney 25_4_-11	0,82	0,62	-1,30	-16
deney 25_4_-12	0,73	0,74	-1,72	-17
deney 25_4_-14	0,93	0,58	-1,76	-19
deney 25_4_-16	0,89	0,47	-1,38	-21
deney 25_4_-18	0,57	0,62	-1,75	-23
deney 25_4_-20	0,54	0,52	-1,66	-25
deney 25_4_-22	0,60	0,43	-1,97	-27
deney 25_4_-24	0,23	0,37	-2,77	-29
deney 25_4_-26	-0,78	0,42	-3,53	-31
deney 25_4_-28	0,40	-1,12	-1,13	-33
deney 25_5	0,02	0,02	-0,22	-5

deney 25_5_-2	-0,02	0,05	-0,23	-7
deney 25_5_-4	-0,06	0,06	-0,20	-9
deney 25_5_-6	-0,04	0,13	-0,25	-11
deney 25_5_-7	-0,08	0,08	-0,30	-12
deney 25_5_-8	-0,16	0,00	-0,23	-13
deney 25_5_-10	0,05	0,09	-0,13	-15
deney 25_5_-12	0,06	0,11	-0,17	-17
deney 25_5_-14	0,03	0,07	-0,22	-19
deney 25_5_-16	0,05	0,07	-0,22	-21
deney 25_5_-18	0,08	0,08	-0,21	-23
deney 25_5_-20	0,06	0,08	-0,19	-25
deney 25_5_-22	0,06	0,08	-0,22	-27
deney 25_5_-24	0,03	0,08	-0,27	-29
deney 25_4_-26	-0,01	0,10	-0,30	-31
deney 25_4_-28	-0,01	-0,01	0,00	-33

Tablo Ek A.19: Deney 6 Ortalama Hız Tablosu

	u Ortalama (cm/sn)	v Ortalama (cm/sn)	w Ortalama (cm/sn)	z (cm)
deney 26_1	0,05	-9,62	-0,13	-5
deney 26_1_-1	-2,06	-8,39	-0,45	-6
deney 26_1_-2	-2,70	-4,29	-0,26	-7
deney 26_1_-3	-0,66	-0,40	-1,94	-8
deney 26_1_-4	-0,07	0,25	-2,89	-9
deney 26_1_-5	0,15	-0,28	-2,22	-10
deney 26_1_-6	-0,03	-0,24	-1,96	-11
deney 26_1_-7	-0,19	-0,02	-2,16	-12
deney 26_1_-8	-2,89	0,74	-1,54	-13
deney 26_1_-9	-0,03	-0,03	-0,10	-14
deney 26_1_-10	-0,05	0,39	-0,14	-15
deney 26_2	0,48	10,72	-0,48	-5
deney 26_2_-2	-3,12	7,77	0,19	-7
deney 26_2_-6	-0,40	0,50	-2,47	-11
deney 26_2_-10	-0,45	0,08	-2,38	-15
deney 26_2_-12	-0,28	0,83	-1,91	-17
deney 26_2_-14	-0,13	0,59	-1,23	-19
deney 26_2_-16	0,11	0,34	-1,15	-21
deney 26_2_-18	-0,11	0,18	-1,39	-23
deney 26_2_-20	0,08	0,17	-1,43	-25
deney 26_2_-22	0,20	-0,12	-1,83	-27
deney 26_2_-24	-0,32	-0,05	-2,58	-29
deney 26_2_-26	-0,01	-0,20	-0,08	-31
deney 26_2_-28	0,00	-0,04	-0,14	-33
deney 26_3	1,85	-0,65	-1,48	-5
deney 26_3_-2	-0,31	-0,22	-0,80	-7
deney 26_3_-4	-0,83	0,23	-2,07	-9
deney 26_3_-6	-0,02	-1,16	-2,58	-11
deney 26_3_-7	-0,42	0,21	-2,60	-12
deney 26_3_-8	-4,64	0,70	-3,75	-13
deney 26_3_-9	-5,94	0,36	-0,83	-14
deney 26_3_-10	0,00	-0,06	-0,95	-15
deney 26_3_-12	0,61	-0,15	-1,40	-17
deney 26_3_-14	0,07	-0,01	-0,13	-19
deney 26_3_-16	0,71	-0,05	-0,99	-21
deney 26_3_-18	0,72	-0,13	-1,03	-23
deney 26_3_-20	0,57	0,04	-1,19	-25
deney 26_3_-22	0,46	0,02	-1,29	-27
deney 26_3_-24	0,41	-0,08	-2,22	-29
deney 26_3_-26	0,23	-0,08	-2,31	-31
deney 26_3_-28	0,32	-0,22	-0,21	-33
deney 26_4	2,80	-0,19	-1,60	-5
deney 26_4_-2	-0,18	0,11	-1,79	-7
deney 26_4_-4	-0,84	0,23	-1,97	-9
deney 26_4_-6	-1,82	-2,18	-2,65	-11
deney 26_4_-7	-0,16	0,22	-2,67	-12

deney 26_4_-8	2,08	0,49	-2,21	-13
deney 26_4_-10	-0,87	0,22	-1,55	-15
deney 26_4_-12	0,39	0,14	-1,10	-17
deney 26_4_-14	0,64	0,14	-1,35	-19
deney 26_4_-16	0,55	0,20	-1,16	-21
deney 26_4_-18	0,47	0,54	-1,12	-23
deney 26_4_-19	0,41	0,30	-0,93	-24
deney 26_4_-20	-0,01	0,29	-0,97	-25
deney 26_4_-22	0,42	0,27	-1,20	-27
deney 26_4_-24	0,64	0,28	-1,32	-29
deney 26_4_-26	0,77	0,16	-1,60	-31
deney 26_4_-28	0,63	0,69	-0,81	-33
deney 26_5	4,06	-1,05	-1,26	-5
deney 26_5_-2	0,12	0,21	-1,63	-7
deney 26_5_-4	-0,61	0,46	-1,62	-9
deney 26_5_-6	-0,14	0,37	-2,13	-11
deney 26_5_-8	2,64	-5,38	-0,53	-13
deney 26_5_-9	-0,10	-0,21	-2,97	-14
deney 26_5_-10	-0,66	0,58	-2,23	-15
deney 26_5_-12	0,41	0,28	-1,08	-17
deney 26_5_-14	0,65	0,04	-1,23	-19
deney 26_5_-16	0,83	0,22	-1,14	-21
deney 26_5_-18	0,33	-0,26	-0,94	-23
deney 26_5_-20	0,52	0,21	-1,08	-25
deney 26_5_-22	0,49	0,19	-1,07	-27
deney 26_5_-24	0,16	0,30	-1,03	-29
deney 26_5_-26	0,06	0,12	-1,70	-31
deney 26_5_-28	-0,01	-0,05	-0,07	-33

Tablo Ek A.20: Deneý 28 Ortalama Hız Tablosu

	u Ortalama (cm/sn)	v Ortalama (cm/sn)	w Ortalama (cm/sn)	z (cm)
deney 28_1	18,94	-11,18	-3,43	-5
deney 28_1_-1	12,73	-10,84	-1,39	-6
deney 28_1_-2	5,29	-9,14	0,17	-7
deney 28_1_-3	4,78	-7,03	-0,55	-8
deney 28_1_-5	0,48	-3,45	0,42	-10
deney 28_1_-6	0,06	-2,10	-1,12	-11
deney 28_1_-7	-1,41	-0,52	-0,30	-12
deney 28_1_-8	-1,49	0,82	-0,56	-13
deney 28_1_-10	-0,06	0,08	-0,10	-15
deney 28_2	5,53	5,52	0,82	-5
deney 28_2_-2	-1,75	6,60	1,65	-7
deney 28_2_-4	-3,14	11,56	0,19	-9
deney 28_2_-6	-3,02	4,02	-0,44	-11
deney 28_2_-8	0,00	9,41	-1,93	-13
deney 28_2_-10	-0,57	0,10	-1,27	-15
deney 28_2_-14	0,09	-0,28	-1,48	-19
deney 28_2_-16	-0,09	-0,16	-1,24	-21
deney 28_2_-18	-0,19	0,01	-1,25	-23
deney 28_2_-20	-0,19	0,03	-1,46	-25
deney 28_2_-22	-0,15	-0,07	-1,50	-27
deney 28_2_-24	-0,04	0,00	-1,66	-29
deney 28_2_-26	-1,52	0,14	-1,56	-31
deney 28_2_-28	-0,01	0,15	-0,12	-33
deney 28_3	3,96	-0,54	-1,19	-5
deney 28_3_-2	0,77	-0,69	-1,72	-7
deney 28_3_-6	0,94	-0,56	-2,43	-11
deney 28_3_-7	-0,42	0,18	-2,29	-12
deney 28_3_-8	-2,59	0,49	-2,94	-13
deney 28_3_-10	-0,39	0,22	-2,46	-15
deney 28_3_-14	-0,76	0,18	-1,31	-19
deney 28_3_-16	0,13	0,41	-1,22	-21
deney 28_3_-18	1,17	0,04	-1,53	-23
deney 28_3_-20	0,65	-0,21	-1,04	-24
deney 28_3_-22	0,27	-0,15	-1,38	-27
deney 28_3_-24	-0,06	0,17	-1,54	-29
deney 28_3_-26	-0,18	-0,17	-2,46	-31
deney 28_3_-28	0,00	0,34	-1,06	-33
deney 28_4	3,28	-0,97	-1,33	-5
deney 28_4_-4	-0,39	0,21	-2,25	-9
deney 28_4_-6	0,23	-1,02	-2,45	-11
deney 28_4_-7	-0,28	0,20	-2,24	-12
deney 28_4_-8	-0,83	0,31	-2,42	-13
deney 28_4_-10	-0,20	0,13	-2,49	-15
deney 28_4_-12	-0,94	0,17	-2,05	-17
deney 28_4_-14	0,22	-0,06	-0,99	-19
deney 28_4_-16	0,52	0,03	-1,17	-21

deney 28_4_-18	1,63	0,91	-0,91	-23
deney 28_4_-20	0,49	0,15	-0,98	-25
deney 28_4_-22	0,50	0,03	-1,03	-27
deney 28_4_-24	-0,24	-0,07	-1,51	-29
deney 28_4_-28	1,29	0,45	-0,92	-33
deney 28_5	4,17	-1,51	-0,99	-5
deney 28_-2	1,89	-0,34	-1,34	-7
deney 28_-4	-0,48	0,03	-2,58	-9
deney 28_-6	-1,06	0,23	-2,10	-11
deney 28_-8	-3,58	-2,09	-3,63	-13
deney 28_-9	-1,03	-0,13	-2,25	-14
deney 28_-10	-0,24	0,09	-2,50	-15
deney 28_-12	-0,86	-0,58	-2,22	-17
deney 28_-14	0,50	-0,24	-1,16	-19
deney 28_-16	0,69	-0,88	-1,35	-21
deney 28_-18	0,55	0,20	-1,32	-23
deney 28_5_-20	0,63	-0,04	-1,18	-25
deney 28_5_-22	0,41	0,39	-0,99	-27
deney 28_5_-24	0,13	0,13	-1,28	-29
deney 28_5_-26	0,00	0,53	-1,42	-31
deney 28_5_-28	-0,07	-0,04	-0,08	-33

Tablo Ek A.21: Deneý 29 Ortalama Hız Tablosu

	u Ortalama (cm/sn)	v Ortalama (cm/sn)	w Ortalama (cm/sn)	z (cm)
deney 29_1	9,50	12,65	-2,38	-5
deney 29_1_-1	-3,92	9,33	-0,35	-6
deney 29_1_-2	0,68	7,97	0,88	-7
deney 29_1_-3	-5,09	4,41	-0,38	-8
deney 29_1_-4	-4,72	5,14	0,95	-9
deney 29_1_-5	-3,02	5,35	1,53	-10
deney 29_1_-6	-2,61	4,59	0,01	-11
deney 29_1_-7	-1,70	3,88	0,50	-12
deney 29_1_-8	-1,23	2,11	0,06	-13
deney 29_1_-9	-0,02	-0,02	-0,09	-14
deney 29_2	0,68	-7,18	0,94	-5
deney 29_2_-2	-0,37	-9,11	1,29	-7
deney 29_2_-4	0,36	-11,26	-0,74	-9
deney 29_2_-6	-1,31	-9,96	-0,51	-11
deney 29_2_-10	-3,90	-0,47	-0,32	-14
deney 29_2_-12	-2,00	-0,04	-0,78	-17
deney 29_2_-14	-0,29	0,32	-2,39	-19
deney 29_2_-16	-0,28	-0,22	-1,85	-21
deney 29_2_-18	-0,46	0,07	-1,71	-23
deney 29_2_-20	-0,46	0,18	-1,71	-25
deney 29_2_-22	-0,13	0,07	-1,89	-27
deney 29_2_-24	-0,11	0,15	-2,14	-29
deney 29_2_-26	-3,02	0,44	-1,63	-31
deney 29_2_-28	-0,04	0,21	-0,09	-33
deney 29_3	6,87	-0,17	-0,94	-5
deney 29_3_-2	6,65	-0,45	-1,07	-7
deney 29_3_-4	0,07	-0,13	-2,11	-9
deney 29_3_-6	1,05	1,21	-2,03	-11
deney 29_3_-7	-1,04	0,12	-1,98	-12
deney 29_3_-8	1,32	-0,08	-1,97	-13
deney 29_3_-10	-0,26	0,31	-2,37	-15
deney 29_3_-12	-0,31	0,15	-2,41	-17
deney 29_3_-14	-0,90	0,35	-2,09	-19
deney 29_3_-16	0,08	0,07	-0,92	-21
deney 29_3_-18	0,70	0,43	-1,66	-23
deney 29_3_-19	0,66	0,54	-1,24	-24
deney 29_3_-20	0,77	0,45	-1,42	-25
deney 29_3_-22	0,50	0,22	-1,07	-27
deney 29_3_-24	0,61	0,38	-1,23	-29
deney 29_3_-26	-0,21	-0,08	-1,41	-31
deney 29_3_-28	0,17	0,17	-0,65	-33
deney 29_4	0,54	-0,03	-0,09	-5
deney 29_4_-2	0,22	-0,08	-0,15	-7
deney 29_4_-4	0,02	0,00	-0,21	-9
deney 29_4_-6	0,14	0,08	-0,27	-11
deney 29_4_-7	-0,09	0,06	-0,22	-12

deney 29_4_-8	-0,20	0,10	-0,28	-13
deney 29_4_-12	-0,04	0,08	-0,24	-17
deney 29_4_-14	-0,10	0,08	-0,20	-19
deney 29_4_-16	0,02	-0,01	-0,09	-21
deney 29_4_-18	0,10	0,04	-0,08	-23
deney 29_4_-20	0,07	0,07	-0,10	-25
deney 29_4_-22	0,02	0,07	-0,13	-27
deney 29_4_-24	-0,01	0,14	-0,14	-29
deney 29_5	0,52	-0,02	-0,11	-5
deney 29_5_-2	0,40	-0,08	-0,12	-7
deney 29_5_-6	0,00	0,30	-0,27	-11
deney 29_5_-7	-0,05	0,16	-0,24	-12
deney 29_5_-8	-0,06	0,07	-0,26	-13
deney 29_5_-9	-0,01	0,20	-0,22	-14
deney 29_5_-10	-0,07	0,24	-0,20	-15
deney 29_5_-11	-0,07	0,27	-0,20	-16
deney 29_5_-12	-0,04	0,12	-0,25	-17
deney 29_5_-14	-0,05	0,21	-0,25	-19
deney 29_5_-16	-0,03	0,07	-0,15	-21
deney 29_5_-18	-0,05	0,18	-0,19	-23
deney 29_5_-20	0,01	0,14	-0,17	-25
deney 29_5_-22	-0,03	0,10	-0,16	-27
deney 29_5_-26	-0,04	0,06	-0,18	-31
deney 29_5_-28	-0,01	-0,01	0,00	-33

Tablo Ek A.22: Deney 32 Ortalama Hız Tablosu

	u Ortalama (cm/sn)	v Ortalama (cm/sn)	w Ortalama (cm/sn)	z (cm)
deney 32_1	4,82	-3,39	-4,98	-6
deney 32_1_-3	-4,71	-2,65	-0,40	-8
deney 32_1_-5	-3,05	-4,25	-0,74	-10
deney 32_1_-7	-1,91	-3,43	-0,58	-12
deney 32_1_-8	-1,60	-2,07	-0,48	-13
deney 32_1_-9	-0,04	-0,05	-0,09	-14
deney 32_2	2,78	2,71	-4,72	-6
deney 32_2_-2	4,05	2,42	-2,76	-7
deney 32_2_-6	1,28	0,42	-3,32	-11
deney 32_2_-10	-1,47	4,01	-0,54	-15
deney 32_2_-14	-2,15	6,87	-0,30	-19
deney 32_2_-18	-0,42	3,23	-1,77	-23
deney 32_2_-22	-0,09	2,93	-2,73	-27
deney 32_2_-26	-0,81	0,82	-0,48	-31
deney 32_3	0,00	-0,02	-5,72	-6
deney 32_3_-2	9,74	-0,79	-7,07	-7
deney 32_3_-6	7,27	1,64	-6,34	-11
deney 32_3_-10	2,15	0,64	-2,97	-15
deney 32_3_-14	0,73	1,01	-3,01	-19
deney 32_3_-18	-0,07	1,66	-3,93	-23
deney 32_3_-22	-0,42	1,87	-4,01	-27
deney 32_3_-26	-0,41	1,99	-1,64	-31
deney 32_3_-28	-0,09	0,75	-0,38	-33
deney 32_4	6,28	0,65	-6,77	-6
deney 32_4_-2	5,52	1,35	-5,54	-7
deney 32_4_-6	-6,61	2,36	-1,32	-11
deney 32_4_-10	-1,03	2,76	-1,48	-15
deney 32_4_-14	-0,04	2,90	-3,48	-19
deney 32_4_-18	-0,15	3,79	-3,77	-23
deney 32_4_-22	-0,48	3,85	-3,39	-27
deney 32_4_-26	-0,06	3,67	-2,50	-31
deney 32_4_-28	0,23	0,54	-0,33	-33
deney 32_5	7,58	0,84	-5,27	-5
deney 32_5_-1	8,00	1,65	-5,55	-6
deney 32_5_-2	7,04	2,39	-6,70	-7
deney 32_5_-6	1,69	4,52	-3,33	-11
deney 32_5_-10	-0,17	4,66	-1,98	-15
deney 32_5_-14	0,34	5,54	-3,68	-19
deney 32_5_-18	-0,22	7,37	-4,19	-23
deney 32_5_-22	-0,50	7,56	-3,46	-27
deney 32_5_-26	0,33	7,86	-1,28	-31
deney 32_5_-28	-0,04	-0,03	-0,12	-33

Tablo Ek A.23: Deney 33 Ortalama Hız Tablosu

	u Ortalama (cm/sn)	v Ortalama (cm/sn)	w Ortalama (cm/sn)	z (cm)
deney 33_1	-4,49	-1,72	-1,59	-6
deney 33_1_-3	-7,21	-1,38	-1,18	-8
deney 33_1_-5	-5,20	-1,19	-0,37	-10
deney 33_1_-7	0,63	1,18	-0,88	-12
deney 33_1_-8	0,85	1,31	-0,71	-13
deney 33_2	3,16	4,21	-1,24	-6
deney 33_2_-2	2,58	6,11	-0,98	-7
deney 33_2_-6	0,00	9,47	-1,00	-11
deney 33_2_-10	-0,32	2,18	-0,82	-15
deney 33_2_-14	-0,03	1,29	-2,24	-19
deney 33_2_-18	-0,15	0,77	-2,69	-23
deney 33_2_-22	0,45	1,05	-2,00	-27
deney 33_2_-26	-0,49	0,56	-0,38	-31
deney 33_3	11,37	-1,24	-3,56	-6
deney 33_3_-2	5,98	0,82	-3,23	-7
deney 33_3_-6	2,77	2,12	-1,27	-11
deney 33_3_-10	-1,28	3,86	-1,45	-15
deney 33_3_-14	-0,53	5,30	-2,13	-19
deney 33_3_-18	-0,17	6,56	-2,14	-23
deney 33_3_-22	0,71	6,68	-1,64	-27
deney 33_3_-26	0,72	6,13	-1,58	-31
deney 33_3_-28	-0,03	0,46	-0,17	-33
deney 33_4	7,21	6,89	-2,77	-6
deney 33_4_-2	3,60	7,76	-0,95	-7
deney 33_4_-6	3,45	13,45	-1,07	-11
deney 33_4_-10	-1,33	9,25	-1,33	-15
deney 33_4_-14	-0,54	15,74	-1,70	-19
deney 33_4_-18	-1,56	11,18	-2,62	-23
deney 33_4_-22	0,73	12,46	-1,51	-27
deney 33_4_-26	0,99	8,19	-1,10	-31
deney 33_4_-28	-0,03	0,22	-0,11	-33
deney 33_5	6,99	-0,90	-7,89	-6
deney 33_5_-2	8,20	-0,26	-5,81	-7
deney 33_5_-6	1,82	1,33	-0,82	-11
deney 33_5_-10	-1,07	2,92	-1,09	-15
deney 33_5_-14	-1,09	10,55	-1,79	-19
deney 33_5_-18	-0,83	2,05	-2,60	-23
deney 33_5_-22	-0,08	2,93	-1,35	-27
deney 33_5_-26	-0,59	3,78	-0,76	-31
deney 33_5_-28	0,01	-0,08	-0,09	-33

Tablo Ek A.24: Deney 34 Ortalama Hız Tablosu

	u Ortalama (cm/sn)	v Ortalama (cm/sn)	w Ortalama (cm/sn)	z (cm)
deney 34_1	3,21	-0,28	-3,87	-8
deney 34_1_-5	5,71	2,15	-2,34	-10
deney 34_1_-7	-3,82	3,13	0,00	-12
deney 34_1_-8	1,24	1,40	-3,00	-13
deney 34_1_-9	-2,02	1,31	-0,71	-14
deney 34_2	9,83	1,18	-10,63	-6
deney 34_2_-2	10,42	0,46	-7,02	-7
deney 34_2_-6	7,40	-5,54	-8,80	-11
deney 34_2_-10	1,69	2,30	-3,24	-15
deney 34_2_-14	1,32	2,37	0,08	-19
deney 34_2_-18	0,19	3,47	-1,80	-23
deney 34_2_-22	0,88	6,77	-2,85	-27
deney 34_2_-26	-0,06	0,02	-0,11	-31
deney 34_3_-2	24,29	-2,07	-17,68	-7
deney 34_3_-6	11,94	-0,73	-8,00	-11
deney 34_3_-10	3,27	1,86	-2,50	-15
deney 34_3_-14	3,16	2,51	-4,19	-19
deney 34_3_-18	0,75	3,76	-1,62	-23
deney 34_3_-22	-1,18	4,49	-1,83	-27
deney 34_3_-26	0,61	3,89	-1,14	-31
deney 34_3_-28	0,00	0,26	-0,16	-33
deney 34_4	0,00	-3,22	-13,79	-6
deney 34_4_-2	18,79	-2,50	-18,54	-7
deney 34_4_-6	12,67	-1,56	-11,98	-11
deney 34_4_-10	5,17	2,33	-1,85	-15
deney 34_4_-14	3,24	3,70	-3,10	-19
deney 34_4_-18	0,02	7,11	-1,73	-23
deney 34_4_-22	-1,21	9,43	-1,74	-27
deney 34_4_-26	1,20	5,76	-0,97	-31
deney 34_4_-28	0,12	-0,01	-0,17	-33
deney 34_5	0,00	-0,85	-7,59	-6
deney 34_5_-2	27,12	-1,23	-17,23	-7
deney 34_5_-6	16,34	-0,32	-12,57	-11
deney 34_5_-10	7,82	3,51	-4,98	-15
deney 34_5_-14	4,54	5,71	-3,08	-19
deney 34_5_-18	2,19	6,47	-2,74	-23
deney 34_5_-22	-2,01	0,00	-1,49	-27
deney 34_5_-26	-1,86	1,94	-1,22	-31
deney 34_5_-28	-0,05	-0,05	-0,10	-33

Tablo Ek A.25: Deney 45 Ortalama Hız Tablosu

	u Ortalama (cm/sn)	v Ortalama (cm/sn)	w Ortalama (cm/sn)	z (cm)
deney 35_1	3,54	1,03	-2,83	-6
deney 35_1_-3	-3,31	-1,42	-2,29	-8
deney 35_1_-5	-4,00	0,44	-0,85	-10
deney 35_1_-7	-2,46	0,55	0,12	-12
deney 35_1_-8	0,13	-1,06	-0,82	-13
deney 35_1_-9	-0,22	-0,06	-0,14	-14
deney 35_2	17,59	0,70	-7,55	-6
deney 35_2_-2	14,86	-1,77	-8,95	-7
deney 35_2_-6	7,42	-1,25	-6,10	-11
deney 35_2_-10	2,50	0,89	-3,05	-15
deney 35_2_-14	-1,86	5,53	1,07	-19
deney 35_2_-18	1,55	0,53	-1,15	-23
deney 35_2_-22	0,75	1,23	-1,06	-27
deney 35_2_-26	-0,41	0,32	-0,22	-31
deney 35_3	24,44	-2,76	-16,71	-6
deney 35_3_-2	16,30	-1,25	-10,75	-7
deney 35_3_-6	10,64	-0,64	-7,30	-11
deney 35_3_-10	5,49	0,33	-2,70	-15
deney 35_3_-14	1,82	1,38	-1,18	-19
deney 35_3_-18	0,99	1,55	-2,76	-23
deney 35_3_-22	0,14	2,07	-1,89	-27
deney 35_3_-26	-1,26	2,83	-1,05	-31
deney 35_3_-28	-0,05	-0,04	-0,11	-33
deney 35_4	17,63	-2,39	-12,75	-6
deney 35_4_-2	14,60	-1,24	-10,60	-7
deney 35_4_-6	11,38	-0,32	-6,33	-11
deney 35_4_-10	3,90	2,35	-0,93	-15
deney 35_4_-14	-1,34	3,28	-1,67	-19
deney 35_4_-18	-0,27	4,36	-1,02	-23
deney 35_4_-22	0,12	4,56	-1,20	-27
deney 35_4_-26	-1,48	5,60	-0,76	-31
deney 35_4_-28	-0,04	-0,04	-0,11	-33
0,00	0,00	0,00	0,00	0
deney 35_5	18,41	-1,12	-10,54	-6
deney 35_5_-2	17,82	-1,33	-14,04	-7
deney 35_5_-6	12,67	1,06	-7,80	-11
deney 35_5_-10	5,68	3,50	-3,12	-15
deney 35_5_-14	-0,38	6,93	-0,76	-19
deney 35_5_-18	-1,12	2,98	-2,26	-23
deney 35_5_-22	-0,63	0,63	-3,36	-27
deney 35_5_-26	-0,04	0,76	-1,99	-31
deney 35_5_-28	-0,05	0,32	-0,05	-33

Tablo Ek A.26: Deney 37 Ortalama Hız Tablosu

	u Ortalama (cm/sn)	v Ortalama (cm/sn)	w Ortalama (cm/sn)	z (cm)
deney 37_1	20,84	-1,31	-6,98	-6
deney 37_1_-3	9,74	-0,30	-4,53	-8
deney 37_1_-5	0,66	0,21	-1,40	-10
deney 37_1_-7	-0,56	1,02	-0,60	-12
deney 37_1_-8	0,74	0,54	-0,03	-13
deney 37_1_-9	-0,08	-0,11	-0,11	-14
deney 37_2	17,66	-3,95	-8,74	-6
deney 37_2_-2	16,94	-2,39	-14,34	-7
deney 37_2_-6	10,09	-0,79	-7,94	-11
deney 37_2_-10	2,25	-2,42	-0,12	-15
deney 37_2_-14	1,40	-0,52	0,03	-19
deney 37_2_-18	0,73	1,26	-1,39	-23
deney 37_2_-22	-5,59	7,08	-2,02	-27
deney 37_3	28,21	-1,51	-14,66	-6
deney 37_3_-2	26,48	-2,53	-16,72	-7
deney 37_3_-6	15,15	-1,44	-8,62	-11
deney 37_3_-10	5,77	0,18	-5,65	-15
deney 37_3_-14	2,78	1,80	-4,28	-19
deney 37_3_-18	-3,16	0,22	-1,86	-23
deney 37_3_-22	-0,62	4,17	-0,54	-27
deney 37_3_-26	-0,80	4,22	-2,32	-31
deney 37_3_-28	-0,09	-0,14	-0,12	-33
deney 37_4	27,01	-3,04	-19,98	-7
deney 37_4_-6	18,68	-1,06	-10,79	-11
deney 37_4_-10	7,93	1,16	-5,69	-15
deney 37_4_-14	3,00	2,75	-3,25	-19
deney 37_4_-18	1,34	4,89	-0,39	-23
deney 37_4_-22	0,50	5,73	-2,19	-27
deney 37_4_-26	-0,23	6,06	-0,79	-31
deney 37_4_-28	0,01	0,37	-0,16	-33
deney 37_5	24,07	-3,09	-15,32	-7
deney 37_5_-6	14,09	0,47	-10,06	-11
deney 37_5_-10	10,53	2,38	-8,03	-15
deney 37_5_-14	5,26	7,29	-2,67	-19
deney 37_5_-18	1,01	1,15	-1,60	-23
deney 37_5_-22	-1,86	1,06	-2,75	-27
deney 37_5_-26	-0,99	5,62	-1,16	-31
deney 37_5_-28	-0,06	-0,04	-0,10	-33

Tablo Ek A.26: Deney 38 Ortalama Hız Tablosu

	u Ortalama (cm/sn)	v Ortalama (cm/sn)	w Ortalama (cm/sn)	z (cm)
deney 38_1	21,53	0,35	-6,41	-6
deney 38_1_-3	13,10	-1,34	-5,03	-8
deney 38_1_-5	5,05	-0,15	-1,22	-10
deney 38_1_-7	-2,59	-0,66	-1,41	-12
deney 38_1_-8	-1,58	0,01	-0,49	-13
deney 38_1_-9	-0,01	-0,04	-0,11	-14
deney 38_2	23,35	-3,36	-13,32	-6
deney 38_2_-2	12,21	1,10	-6,98	-7
deney 38_2_-6	7,73	0,90	-2,42	-11
deney 38_2_-10	3,26	0,59	-2,40	-15
deney 38_2_-14	4,45	0,75	-3,93	-19
deney 38_2_-18	0,02	3,30	2,27	-23
deney 38_2_-22	1,99	2,54	-1,12	-27
deney 38_2_-26	-0,10	-0,05	-0,11	-31
deney 38_3	27,41	-3,09	-12,03	-7
deney 38_3_-6	13,65	-1,33	-5,83	-11
deney 38_3_-10	9,61	-0,53	-4,44	-15
deney 38_3_-14	1,32	-0,24	-1,91	-19
deney 38_3_-18	-1,64	0,99	-2,16	-23
deney 38_3_-22	-1,56	2,04	-0,20	-27
deney 38_3_-26	-1,37	2,82	-1,86	-31
deney 38_3_-28	-0,08	-0,05	-0,12	-33
deney 38_4	29,71	-3,79	-18,74	-7
deney 38_4_-6	18,55	-1,83	-11,97	-11
deney 38_4_-10	5,45	1,49	-1,64	-15
deney 38_4_-14	0,27	1,47	-1,76	-19
deney 38_4_-18	1,78	1,85	-2,20	-23
deney 38_4_-22	0,56	2,65	-0,47	-27
deney 38_4_-26	-1,08	3,74	-0,76	-31
deney 38_4_-28	-0,04	0,02	-0,11	-33
deney 38_5	31,42	-4,24	-20,61	-7
deney 38_5_-6	18,13	-2,63	-16,49	-11
deney 38_5_-10	12,53	-0,82	-6,40	-15
deney 38_5_-14	4,13	0,86	-3,84	-19
deney 38_5_-18	-0,20	1,01	-1,14	-23
deney 38_5_-22	-1,22	1,63	-0,60	-27
deney 38_5_-26	-2,82	4,05	-0,63	-31
deney 38_5_-28	-0,08	-0,03	-0,10	-33

Tablo Ek A.27: Deney 39 Ortalama Hız Tablosu

	u Ortalama (cm/sn)	v Ortalama (cm/sn)	w Ortalama (cm/sn)	z (cm)
deney 39_1	16,54	2,86	-4,83	-6
deney 39_1_-3	13,46	-0,66	-3,98	-8
deney 39_1_-5	0,47	-0,90	-1,36	-10
deney 39_1_-7	-0,11	0,87	-1,15	-12
deney 39_1_-8	-0,07	0,07	-0,03	-13
deney 39_2	28,80	-2,05	-14,76	-7
deney 39_2_-6	15,60	-2,32	-5,30	-11
deney 39_2_-10	6,19	-1,22	-2,60	-15
deney 39_2_-14	2,57	-0,38	-2,20	-19
deney 39_2_-18	1,59	-0,02	-1,66	-23
deney 39_2_-22	-0,51	1,33	-0,35	-27
deney 39_2_-26	-0,04	0,38	-0,11	-31
deney 39_3t	26,98	-0,69	-13,24	-7
deney 39_3_-10	-1,39	1,99	-2,00	-15
deney 39_3_-14	3,45	1,36	-0,87	-19
deney 39_3_-18	1,27	-0,50	-2,41	-23
deney 39_3_-22	1,08	0,52	-0,25	-27
deney 39_3_-26	1,18	-1,49	-0,30	-31
deney 39_3_-28	-0,03	0,06	-0,11	-33
deney 39_4	30,89	-3,11	-19,61	-7
deney 39_4_-6	15,83	-1,08	-5,43	-11
deney 39_4_-10	7,61	-0,79	-1,47	-15
deney 39_4_-14	1,74	0,53	-1,34	-19
deney 39_4_-18	2,63	0,28	-2,28	-23
deney 39_4_-22	1,22	0,43	-2,58	-27
deney 39_4_-26	1,60	1,36	-0,98	-31
deney 39_4_-28	-0,03	-0,05	-0,11	-33
deney 39_5	32,40	-4,62	-22,70	-7
deney 39_5_-6	16,13	-1,86	-6,10	-11
deney 39_5_-10	5,93	0,02	-1,38	-15
deney 39_5_-14	1,99	0,26	-0,43	-19
deney 39_5_-18	0,95	0,35	-1,56	-23
deney 39_5_-22	1,92	0,88	-1,08	-27
deney 39_5_-26	0,29	0,50	-1,25	-31
deney 39_5_-28	-0,02	0,00	-0,09	-33

Tablo Ek A.28: Deney 41 Ortalama Hız Tablosu

	u Ortalama (cm/sn)	v Ortalama (cm/sn)	w Ortalama (cm/sn)	z (cm)
deney 41_1	26,57	0,98	-7,46	-6
deney 41_1_-3	26,52	1,76	-13,77	-8
deney 41_1_-5	17,85	-0,96	-7,12	-10
deney 41_1_-6	-0,04	-0,30	-0,28	-11
deney 41_1_-7	2,18	-0,05	-0,83	-12
deney 41_2	29,22	0,90	-13,94	-7
deney 41_2_-6	20,30	0,31	-11,59	-11
deney 41_2_-14	1,11	0,48	-1,15	-19
deney 41_2_-18	2,17	0,98	-0,32	-23
deney 41_2_-22	-1,05	-0,07	-1,57	-27
deney 41_2_-26	-0,16	5,21	0,00	-31
deney 41_2_-28	-1,00	26,77	0,36	-33
deney 41_3	35,99	-1,35	-21,83	-6
deney 41_3_-5	17,91	-0,27	-12,32	-10
deney 41_3_-6	16,19	-0,67	-8,13	-11
deney 41_3_-10	8,59	-0,49	-4,65	-15
deney 41_3_-14	1,83	-0,58	-1,48	-19
deney 41_3_-18	1,51	-0,38	-2,91	-23
deney 41_3_-22	0,26	1,88	-1,30	-27
deney 41_3_-26	-3,42	2,43	-1,10	-31
deney 41_3_-28	-0,02	0,07	-0,12	-33
deney 41_4	28,75	-4,02	-17,31	-7
deney 41_4_-6	20,03	-3,24	-13,28	-11
deney 41_4_-10	12,51	0,05	-5,91	-15
deney 41_4_-14	1,50	1,02	-1,38	-19
deney 41_4_-18	2,02	-0,56	-2,36	-23
deney 41_4_-22	2,48	1,58	-2,40	-27
deney 41_4_-26	-2,12	2,79	-0,87	-31
deney 41_4_-28	-0,02	-0,04	-0,11	-33
deney 41_5	27,88	-0,43	-16,10	-7
deney 41_5_-6	20,02	-2,58	-14,12	-11
deney 41_5_-10	11,16	-1,00	-4,86	-15
deney 41_5_-14	3,93	0,33	-1,99	-19
deney 41_5_-18	3,40	0,65	-3,78	-23
deney 41_5_-22	-1,80	2,36	-1,83	-27
deney 41_5_-26	1,89	3,26	-0,67	-31
deney 41_5_-28	-0,04	0,02	-0,11	-33

Tablo Ek A.29: Deney 42 Ortalama Hız Tablosu

	u Ortalama (cm/sn)	v Ortalama (cm/sn)	w Ortalama (cm/sn)	z (cm)
deney 42_1	18,37	-0,83	-6,14	-6
deney 42_1_-3	7,67	0,31	-3,52	-8
deney 42_1_-5	-0,37	-0,07	-0,03	-10
deney 42_1_-7	0,41	-0,38	0,01	-12
deney 42_2	19,48	-0,61	-13,89	-7
deney 42_2_-6	10,59	-2,06	-8,24	-11
deney 42_2_-10	4,23	0,55	-4,39	-15
deney 42_2_-14	2,13	0,77	-1,22	-19
deney 42_2_-18	1,70	1,61	-1,43	-23
deney 42_2_-22	-0,44	2,48	-1,04	-27
deney 42_2_-26	0,17	8,35	0,12	-31
deney 42_3	16,25	-1,20	-10,62	-7
deney 42_3_-6	7,60	0,57	-3,72	-11
deney 42_3_-14	3,11	2,33	-1,35	-19
deney 42_3_-18	1,82	2,89	-3,12	-23
deney 42_3_-22	0,91	2,50	-1,58	-27
deney 42_3_-26	0,02	2,25	-1,57	-31
deney 42_3_-28	-0,03	-0,06	-0,10	-33
deney 42_4	15,86	-1,74	-9,71	-7
deney 42_4_-6	9,22	-1,66	-5,98	-11
deney 42_4_-10	4,90	1,71	-3,16	-15
deney 42_4_-14	2,93	3,27	-2,44	-19
deney 42_4_-18	1,25	3,82	-1,68	-23
deney 42_4_-22	0,68	3,84	-1,00	-27
deney 42_4_-26	0,49	5,46	-1,39	-31
deney 42_4_-28	-0,03	-0,04	-0,11	-33
deney 42_5	14,65	-2,16	-14,07	-7
deney 42_5_-6	12,00	-1,17	-10,49	-11
deney 42_5_-10	3,66	1,38	-3,15	-15
deney 42_5_-14	1,72	4,22	-1,46	-19
deney 42_5_-18	1,72	0,83	-2,80	-23
deney 42_5_-22	0,45	0,96	-1,78	-27
deney 42_5_-26	0,48	1,64	-1,50	-31
deney 42_5_-28	-0,07	-0,03	-0,11	-33

Tablo Ek A.30: Deney 43 Ortalama Hız Tablosu

	u Ortalama (cm/sn)	v Ortalama (cm/sn)	w Ortalama (cm/sn)	z (cm)
deney 43_1	34,38	-3,22	-8,77	-6
deney 43_1_-3	17,32	-3,07	-5,54	-8
deney 43_1_-5	-1,44	0,16	-0,06	-10
deney 43_1_-6	1,76	0,49	0,00	-11
deney 43_2	16,25	-1,86	-8,75	-7
deney 43_2_-6	8,05	0,39	-1,34	-11
deney 43_2_-10	4,49	0,71	-1,42	-15
deney 43_2_-14	3,45	1,75	-2,63	-19
deney 43_2_-18	2,38	2,18	-2,71	-23
deney 43_2_-22	0,97	3,33	-1,26	-27
deney 43_2_-26	-0,43	7,47	0,03	-31
deney 43_3	22,75	-1,27	-18,33	-7
deney 43_3_-6	8,05	0,39	-1,34	-11
deney 43_3_-14	0,51	5,81	-1,33	-19
deney 43_3_-18	1,04	6,84	-1,69	-23
deney 43_3_-26	-0,32	8,42	-0,85	-31
deney 43_3_-28	-0,04	-0,07	-0,10	-33
deney 43_4	16,29	-2,84	-12,90	-7
deney 43_4_-6	8,65	0,88	-1,29	-11
deney 43_4_-10	3,81	5,77	-0,42	-15
deney 43_4_-14	2,87	8,71	-2,76	-19
deney 43_4_-18	2,84	2,73	-2,94	-23
deney 43_4_-22	0,83	2,02	-2,36	-27
deney 43_4_-26	0,59	1,77	-1,34	-31
deney 43_5	22,42	-3,08	-14,30	-7
deney 43_5_-6	10,02	-0,18	-1,28	-11
deney 43_5_-10	3,81	2,42	-2,86	-15
deney 43_5_-14	2,98	5,65	-3,62	-19
deney 43_5_-18	2,90	1,04	-5,43	-23
deney 43_5_-22	2,00	2,10	-1,84	-27
deney 43_5_-26	1,27	1,34	-1,34	-31
deney 43_5_-28	0,01	0,02	-0,11	-33

Tablo Ek A.31: Deney 44 Ortalama Hız Tablosu

	u Ortalama (cm/sn)	v Ortalama (cm/sn)	w Ortalama (cm/sn)	z (cm)
deney 44_1	2,34	-0,37	-1,91	-6
deney 44_1_-3	-7,95	2,15	-0,62	-8
deney 44_1_-5	-0,08	-0,03	-0,10	-10
deney 44_2	7,98	-0,24	-3,84	-6
deney 44_2_-2	3,52	3,10	-2,99	-7
deney 44_2_-6	-0,26	1,25	-1,26	-11
deney 44_2_-10	0,44	1,88	-1,27	-15
deney 44_2_-14	0,68	-0,39	-4,19	-19
deney 44_2_-18	-0,31	1,76	-3,16	-23
deney 44_2_-22	-0,05	2,69	-2,62	-27
deney 44_2_-25	-0,12	1,27	-0,01	-30
deney 44_3	8,85	2,01	-1,66	-6
deney 44_3_-2	7,07	2,81	-1,24	-7
deney 44_3_-10	-0,92	7,49	-0,69	-15
deney 44_3_-14	-0,12	5,43	-2,54	-19
deney 44_3_-18	-0,41	9,24	-2,87	-23
deney 44_3_-22	-0,03	6,07	-2,62	-27
deney 44_3_-26	-1,73	-0,31	0,04	-31
deney 44_3_-28	-0,04	-0,04	-0,09	-33
deney 44_4	0,00	-0,51	-9,34	-6
deney 44_4_-2	5,87	-0,39	-9,91	-7
deney 44_4_-6	4,89	3,15	-2,23	-11
deney 44_4_-10	0,56	5,29	-1,04	-15
deney 44_4_-14	0,43	7,08	-1,76	-19
deney 44_4_-18	0,27	7,95	-2,18	-23
deney 44_4_-22	-0,02	6,78	-2,31	-27
deney 44_4_-26	0,11	8,66	-0,93	-31
deney 44_4_-28	-0,05	0,06	-0,05	-33
deney 44_5	0,00	0,00	0,00	-7
deney 44_5_-6	5,18	10,77	-3,53	-11
deney 44_5_-14	0,59	13,52	-1,68	-19
deney 44_5_-18	-0,07	4,88	-2,28	-23
deney 44_5_-22	0,07	4,20	-2,33	-27
deney 44_5_-26	0,71	3,71	-1,69	-31
deney 44_5_-28	-0,04	-0,05	-0,10	-33

Tablo Ek A.32: Deney 45 Ortalama Hız Tablosu

	u Ortalama (cm/sn)	v Ortalama (cm/sn)	w Ortalama (cm/sn)	z (cm)
deney 45_1	1,22	-0,32	-0,76	-6
deney 45_1_-3	-0,99	1,51	-0,76	-8
deney 45_1_-4	-0,29	0,05	-0,16	-9
deney 45_1_-5	-0,09	1,31	-0,09	-10
deney 45_2	5,56	-0,04	-2,55	-6
deney 45_2_-2	1,68	2,54	-0,36	-7
deney 45_2_-6	0,90	4,87	-1,72	-11
deney 45_2_-10	1,85	2,56	-1,42	-15
deney 45_2_-14	-0,04	3,99	-1,34	-19
deney 45_2_-18	0,41	3,84	-1,32	-23
deney 45_2_-22	0,19	3,10	-0,92	-27
deney 45_2_-26	-0,29	0,03	-0,07	-31
deney 45_3	6,01	-0,89	-3,13	-6
deney 45_3_-2	2,65	-0,05	-1,11	-7
deney 45_3_-6	0,74	1,10	-0,98	-11
deney 45_3_-10	1,90	0,76	-1,30	-15
deney 45_3_-18	0,46	2,31	-2,07	-23
deney 45_3_-22	0,51	1,21	-0,80	-27
deney 45_3_-26	0,32	1,98	-0,86	-31
deney 45_4	8,07	-0,70	-5,61	-6
deney 45_4_-2	3,52	1,93	-0,83	-7
deney 45_4_-6	0,35	2,56	-1,26	-11
deney 45_4_-10	2,43	2,52	-1,55	-15
deney 45_4_-14	1,06	2,71	-2,28	-19
deney 45_4_-18	0,44	0,42	-2,33	-23
deney 45_4_-22	0,59	0,32	-1,98	-27
deney 45_4_-26	0,75	0,31	-1,76	-31
deney 45_4_-28	0,00	-0,02	-0,10	-33
deney 45_5	6,62	1,15	-3,83	-6
deney 45_5_-2	3,74	2,59	-1,22	-7
deney 45_5_-6	-0,67	3,03	-1,30	-11
deney 45_5_-10	2,37	4,01	-1,42	-15
deney 45_5_-14	1,49	4,89	-1,91	-19
deney 45_5_-22	1,00	4,42	-1,49	-27
deney 45_5_-26	0,85	2,92	-0,89	-31
deney 45_5_-28	-0,05	0,00	-0,10	-33

Tablo Ek A.33: Deney 46 Ortalama Hız Tablosu

	u Ortalama (cm/sn)	v Ortalama (cm/sn)	w Ortalama (cm/sn)	z (cm)
deney 46_1	1,69	2,57	-1,26	-6
deney 46_1_-3	1,23	1,27	-0,54	-8
deney 46_1_-5	-0,02	-0,02	-0,09	-10
deney 46_1_-6	-0,07	0,18	-0,10	-11
deney 46_2	6,69	-0,24	-6,44	-6
deney 46_2_-2	7,17	-0,62	-9,23	-7
deney 46_2_-6		0,40	-0,98	-11
deney 46_2_-10	1,23	1,22	-2,11	-15
deney 46_2_-14	-0,09	1,83	-3,69	-19
deney 46_2_-16	-0,54	1,78	-2,76	-21
deney 46_2_-19	0,15	2,01	-2,66	-24
deney 46_2_-22	-0,16	1,99	-2,49	-27
deney 46_2_-26	-0,45	0,73	-0,33	-31
deney 46_3	5,19	2,85	-2,16	-7
deney 46_3_-6	2,47	3,86	-0,73	-11
deney 46_3_-10	2,01	5,53	-1,40	-15
deney 46_3_-19	0,19	5,44	-3,05	-24
deney 46_3_-22				-27
deney 46_3_-26	-0,38	5,12	-1,79	-31
deney 46_3_-28	-0,06	-0,04	-0,09	-33
deney 46_4	5,34	6,22	-3,93	-6
deney 46_4_-2	5,61	8,05	-3,05	-7
deney 46_4_-6	1,41	14,92	-0,55	-11
deney 46_4_-10	1,43	16,32	-1,28	-15
deney 46_4_-14	0,24	14,73	-1,60	-19
deney 46_4_-20	-0,09	24,39	-2,66	-25
deney 46_4_-22	0,20	23,08	-2,52	-27
deney 46_4_-26	0,04	6,22	-2,60	-31
deney 46_4_-28	-0,04	-0,02	-0,08	-33
deney 46_5	6,06	1,27	-9,08	-6
deney 46_5_-2	5,83	1,86	-4,52	-7
deney 46_5_-6	3,63	4,06	-2,26	-11
deney 46_5_-10	1,29	7,65	-2,31	-15
deney 46_5_-14	1,08	-0,37	-3,60	-19
deney 46_5_-18	0,50	0,07	-2,22	-23
deney 46_5_-22	-0,20	0,28	-2,90	-27
deney 46_5_-26	-0,52	0,33	-2,83	-31
deney 46_5_-28	0,00	0,07	-0,11	-33

Tablo Ek A.34: Deney 47 Ortalama Hız Tablosu

	u Ortalama (cm/sn)	v Ortalama (cm/sn)	w Ortalama (cm/sn)	z (cm)
deney 47_1	3,09	-0,35	-0,63	-6
deney 47_1_-3	2,27	0,90	-1,92	-8
deney 47_1_-5	-0,06	-0,10	-0,11	-10
deney 47_2	-1,48	1,37	-0,90	-6
deney 47_2_-2	0,18	0,76	-0,73	-7
deney 47_2_-6	-0,35	3,76	-1,19	-11
deney 47_2_-10	0,61	1,36	-1,61	-15
deney 47_2_-14	0,18	2,30	-2,14	-19
deney 47_2_-18	0,67	1,72	-1,79	-23
deney 47_2_-22	0,79	1,49	-1,18	-27
deney 47_2_-26	-0,73	0,29	-0,29	-31
deney 47_3	7,11	-0,68	-2,30	-6
deney 47_3_-2	1,37	1,56	-0,86	-7
deney 47_3_-6	2,88	2,39	-0,47	-11
deney 47_3_-10	1,30	4,20	-0,01	-15
deney 47_3_-14	1,38	4,48	-1,18	-19
deney 47_3_-22	0,88	4,54	-1,36	-27
deney 47_3_-26	0,65	5,61	-1,11	-31
deney 47_4	3,64	0,08	-1,02	-6
deney 47_4_-2	0,00	0,38	-0,86	-7
deney 47_4_-6	2,02	2,27	-0,31	-11
deney 47_4_-10	0,66	2,90	-2,01	-15
deney 47_4_-14	0,51	3,20	-1,32	-19
deney 47_4_-18	0,28	3,63	-1,38	-23
deney 47_4_-22	0,60	6,29	-0,72	-27
deney 47_4_-26	-0,47	5,60	-0,96	-31
deney 47_4_-28	-0,04	-0,06	-0,13	-33
deney 47_5	9,25	-0,94	-4,56	-6
deney 47_5_-2	6,69	0,74	-1,17	-7
deney 47_5_-10	2,74	1,71	-2,78	-15
deney 47_5_-14	0,94	1,94	-1,89	-19
deney 47_5_-18	0,67	2,43	-1,86	-23
deney 47_5_-19	0,65	3,18	-1,76	-24
deney 47_5_-22	0,80	5,79	-1,44	-27
deney 47_5_-26	0,44	3,65	-1,83	-31
deney 47_5_-28	-0,02	-0,05	-0,10	-33

Tablo Ek A.35: Deney 48 Ortalama Hız Tablosu

	u Ortalama (cm/sn)	v Ortalama (cm/sn)	w Ortalama (cm/sn)	z (cm)
deney 48_1	29,25	-0,94	-11,95	-6
deney 48_1_-3	14,52	-0,50	-0,90	-8
deney 48_1_-5	-0,21	-0,08	-0,17	-10
deney 48_1_-6	2,37	0,79	-0,78	-11
deney 48_2	16,77	-0,26	-10,58	-6
deney 48_2_-2	14,15	-1,54	-7,54	-7
deney 48_2_-6	5,21	-1,82	-3,43	-11
deney 48_2_-10	0,24	0,02	-0,03	-15
deney 48_2_-14	2,14	1,08	-1,21	-19
deney 48_2_-18	0,35	2,00	-2,82	-23
deney 48_2_-22	-0,66	3,17	-1,15	-27
deney 48_2_-26	0,58	0,51	-1,01	-31
deney 48_3	15,64	-1,44	-7,09	-7
deney 48_3_-6	1,23	-0,07	-0,30	-11
deney 48_3_-10	3,83	1,61	-2,25	-15
deney 48_3_-14	2,17	2,61	-1,96	-19
deney 48_3_-22	0,82	3,18	-1,43	-27
deney 48_3_-26	1,04	2,66	-1,67	-31
deney 48_3_-28	-0,01	-0,01	0,00	-33
deney 48_4	19,28	-1,55	-17,03	-7
deney 48_4_-6	12,73	-1,17	-12,42	-11
deney 48_4_-10	4,94	2,94	-3,17	-15
deney 48_4_-14	4,54	3,24	-2,17	-19
deney 48_4_-18	0,69	5,09	-1,07	-23
deney 48_4_-22	0,96	4,75	-1,06	-27
deney 48_4_-26	-0,11	5,35	-0,91	-31
deney 48_5	14,62	-2,07	-8,99	-7
deney 48_5_-6	11,59	-0,08	-6,67	-11
deney 48_5_-10	6,12	2,00	-6,70	-15
deney 48_5_-14	4,05	4,17	-1,80	-19
deney 48_5_-18	-1,51	13,48	-0,70	-23
deney 48_5_-19	1,67	4,72	-5,56	-24
deney 48_5_-22	1,11	5,42	-2,61	-27
deney 48_5_-26	0,23	5,19	-1,26	-31
deney 48_5_-28	-0,04	-0,03	-0,10	-33

Tablo Ek A.36: Deney 49 Ortalama Hız Tablosu

	u Ortalama (cm/sn)	v Ortalama (cm/sn)	w Ortalama (cm/sn)	z (cm)
deney 49_1	22,27	0,92	-4,39	-6
deney 49_1_-3	9,36	-0,87	-3,78	-8
deney 49_1_-4	11,88	-1,88	-0,54	-9
deney 49_1_-5	-0,35	0,01	-0,15	-10
deney 49_1_-6	-0,07	0,35	-0,09	-11
deney 49_2	18,02	-2,04	-6,27	-7
deney 49_2_-6	8,28	-0,95	0,68	-11
deney 49_2_-10	0,00	0,00	0,00	-15
deney 49_2_-14	2,50	0,75	-2,84	-19
deney 49_2_-18	1,16	0,17	-1,94	-23
deney 49_2_-22	0,70	0,70	-1,76	-27
deney 49_2_-26	-0,80	0,62	-0,44	-31
deney 49_3	16,62	-0,29	-7,98	-6
deney 49_3_-2	14,00	-1,62	-1,48	-7
deney 49_3_-6	12,44	-2,22	-4,51	-11
deney 49_3_-10	3,28	-0,38	-1,48	-15
deney 49_3_-18	2,18	0,21	-4,46	-23
deney 49_3_-22	1,24	0,74	-2,15	-27
deney 49_3_-26	1,30	0,77	-1,13	-31
deney 49_3_-28	-0,06	-0,05	-0,10	-33
deney 49_4	15,94	-2,88	-7,59	-6
deney 49_4_-2	13,60	-1,51	-4,97	-7
deney 49_4_-6	4,02	0,86	-0,76	-11
deney 49_4_-10	2,98	0,66	-0,15	-15
deney 49_4_-14	2,88	1,08	-2,66	-19
deney 49_4_-18	2,45	0,15	1,18	-23
deney 49_4_-19	2,33	1,81	-4,04	-24
deney 49_4_-22	1,59	2,33	-1,63	-27
deney 49_4_-26	0,54	1,90	-1,05	-31
deney 49_5	19,48	-4,27	-14,54	-6
deney 49_5_-2	13,49	-2,04	-6,56	-7
deney 49_5_-6	6,71	0,24	-1,99	-11
deney 49_5_-10	3,13	1,85	-1,38	-15
deney 49_5_-14	2,31	3,52	-1,98	-19
deney 49_5_-18	2,07	0,75	2,58	-23
deney 49_5_-19	0,93	4,86	-3,46	-24
deney 49_5_-22	0,99	5,89	-1,79	-27
deney 49_5_-26	-0,04	4,74	-1,41	-31
deney 49_5_-28	0,00	0,04	-0,12	-33

Tablo Ek A.37: Deney 50 Ortalama Hız Tablosu

	u Ortalama (cm/sn)	v Ortalama (cm/sn)	w Ortalama (cm/sn)	z (cm)
deney 50_1	29,76	-2,00	-12,69	-7
deney 50_1_-3	21,18	1,93	-7,08	-8
deney 50_1_-5	-13,92	4,70	-3,90	-10
deney 50_1_-6	0,54	0,42	0,09	-11
deney 50_2	26,25	-4,14	-16,93	-7
deney 50_2_-6	20,21	-1,26	-15,48	-11
deney 50_2_-10	5,65	-1,59	-1,79	-15
deney 50_2_-14	3,39	-0,01	-1,59	-19
deney 50_2_-18	1,15	0,66	2,00	-23
deney 50_2_-22	-1,12	2,41	1,67	-27
deney 50_2_-26	-0,22	0,01	-0,15	-31
deney 50_3	25,43	-4,34	-9,89	-7
deney 50_3_-6	17,79	-3,39	-10,77	-11
deney 50_3_-10	4,88	0,65	-4,27	-15
deney 50_3_-14	1,44	2,56	-0,26	-19
deney 50_3_-18	0,20	2,58	-1,10	-23
deney 50_3_-26	0,52	4,04	-1,03	-31
deney 50_4	24,72	-4,01	-17,75	-7
deney 50_4_-10	10,12	-1,52	-2,65	-15
deney 50_4_-14	3,10	1,53	-1,35	-19
deney 50_4_-18	1,85	5,90	-1,87	-23
deney 50_4_-22	0,04	0,28	0,05	-27
deney 50_4_-26	-2,25	7,58	-0,99	-31
deney 50_4_-28	-0,04	-0,05	-0,10	-33
deney 50_5	26,89	-4,82	-21,04	-7
deney 50_5_-6	14,51	-3,59	-16,14	-11
deney 50_5_-10	11,39	-1,52	-6,39	-15
deney 50_5_-14	4,73	4,23	-1,30	-19
deney 50_5_-18	5,52	0,03	-1,05	-23
deney 50_5_-22	2,27	0,25	-0,91	-27
deney 50_5_-26	-7,63	4,70	-0,22	-31
deney 50_5_-28	-0,03	-0,02	-0,10	-33

Tablo Ek A.38: Deney 54 Ortalama Hız Tablosu

	u Ortalama (cm/sn)	v Ortalama (cm/sn)	w Ortalama (cm/sn)	z (cm)
deney 54_1	0,14	0,49	-0,06	-5
deney 54_1_-1	-0,15	0,23	0,01	-6
deney 54_1_-3	-0,39	0,13	-0,08	-8
deney 54_1_-5	-0,02	0,06	-0,21	-10
deney 54_1_-7	-0,03	0,03	-0,21	-12
deney 54_1_-8	-0,01	0,03	-0,20	-13
deney 54_1_-9	-0,04	-0,01	-0,01	-14
deney 54_1_-10	-0,02	0,01	-0,01	-15
deney 54_2	0,12	-0,07	-0,20	-5
deney 54_2_-2	-0,34	0,05	-0,12	-7
deney 54_2_-6	-0,06	0,05	-0,21	-11
deney 54_2_-10	-0,02	0,04	-0,31	-15
deney 54_2_-14	0,01	0,00	-0,15	-19
deney 54_2_-18	-0,01	0,02	-0,13	-23
deney 54_2_-22	-0,04	0,04	-0,19	-27
deney 54_2_-26	-0,02	0,36	-0,01	-31
deney 54_3_-2	-0,17	0,06	-0,15	-7
deney 54_3_-6	-0,13	0,13	-0,14	-11
deney 54_3_-10	-0,01	0,09	-0,26	-15
deney 54_3_-14	0,01	0,08	-0,24	-19
deney 54_3_-18	0,01	0,08	-0,19	-23
deney 54_3_-19	-0,04	0,12	-0,15	-24
deney 54_3_-22	0,01	0,13	-0,19	-27
deney 54_3_-26	0,00	0,07	-0,21	-31
deney 54_3_-28	0,00	-0,01	0,00	-33
deney 54_4	0,13	0,08	-0,11	-5
deney 54_4_-2	-0,05	0,06	-0,20	-7
deney 54_4_-6	-0,25	0,17	-0,09	-11
deney 54_4_-10	0,01	0,09	-0,30	-15
deney 54_4_-14	0,00	0,06	-0,28	-19
deney 54_4_-18	-0,02	-0,01	-0,17	-23
deney 54_4_-19	0,04	0,02	-0,21	-24
deney 54_4_-22	0,02	0,05	-0,16	-27
deney 54_4_-26	0,03	0,03	-0,20	-31
deney 54_4_-28	0,00	-0,01	0,00	-33
deney 54_5	0,27	0,01	-0,09	-5
deney 54_5_-2	0,01	0,06	-0,16	-7
deney 54_5_-6	-0,24	0,25	-0,10	-11
deney 54_5_-10	-0,06	0,26	-0,19	-15
deney 54_5_-14	0,01	0,14	-0,24	-19
deney 54_5_-19	0,01	0,05	-0,17	-24
deney 54_5_-22	0,05	0,02	-0,19	-27
deney 54_5_-26	0,03	-0,02	-0,26	-31
deney 54_5_-28	-0,01	0,00	0,00	-33

Tablo Ek A.39: Deney 55 Ortalama Hız Tablosu

	u Ortalama (cm/sn)	v Ortalama (cm/sn)	w Ortalama (cm/sn)	z (cm)
deney 55_1	-0,01	-0,01	-0,01	-5
deney 55_1_-1	0,19	-0,11	0,32	-6
deney 55_1_-3	1,47	-0,13	0,28	-8
deney 55_1_-5	0,06	-0,09	0,25	-10
deney 55_1_-7	-0,20	0,05	-0,15	-12
deney 55_1_-8	0,44	-0,10	-0,07	-13
deney 55_1_-9	-0,08	0,01	-0,03	-14
deney 55_2	0,41	-0,06	-0,13	-5
deney 55_2_-2	-0,80	0,25	-0,02	-7
deney 55_2_-6	-0,12	1,93	0,06	-11
deney 55_2_-10	-0,12	0,06	-0,18	-15
deney 55_2_-15	0,34	0,18	-0,15	-20
deney 55_2_-18	0,11	-0,10	-0,25	-23
deney 55_2_-22	-0,29	0,03	-0,20	-27
deney 55_2_-26	-0,02	0,03	-0,19	-31
deney 55_2_-28	0,01	0,07	0,00	-33
deney 55_3_-2	-0,50	0,25	-0,11	-7
deney 55_3_-6	-0,01	-0,01	0,00	-11
deney 55_3_-10	1,03	-0,02	-0,31	-15
deney 55_3_-14	-0,10	-0,08	-0,16	-19
deney 55_3_-22	-0,54	0,23	-0,09	-27
deney 55_3_-26	0,00	0,16	-0,19	-31
deney 55_3_-28	0,06	0,10	-0,11	-33
deney 55_4	0,78	-0,10	-0,07	-5
deney 55_4_-2	-0,44	0,14	-0,07	-7
deney 55_4_-6	0,01	0,12	-0,01	-11
deney 55_4_-10	0,60	-0,07	-0,12	-15
deney 55_4_-14	-0,01	0,02	-0,20	-19
deney 55_4_-22	-0,59	0,20	-0,06	-27
deney 55_4_-26	-0,01	0,07	-0,27	-31
deney 55_4_-28	0,03	0,11	-0,11	-33
deney 55_5	-0,03	0,16	-0,18	-5
deney 55_5_-2	-0,41	0,13	-0,07	-7
deney 55_5_-6	-0,01	-0,01	0,00	-11
deney 55_5_-10	0,89	-0,02	-0,03	-15
deney 55_5_-14	0,67	-0,16	-0,08	-19
deney 55_5_-18	0,11	-0,07	-0,14	-23
deney 55_5_-22	-0,31	0,28	-0,05	-27
deney 55_5_-26	0,00	0,15	-0,24	-31
deney 55_5_-28	0,01	0,13	-0,12	-33

Tablo Ek A.40: Deney 56 Ortalama Hız Tablosu

	u Ortalama (cm/sn)	v Ortalama (cm/sn)	w Ortalama (cm/sn)	z (cm)
deney 56_1	-0,23	0,13	-0,14	-5
deney 56_1_-1	-0,56	0,26	-0,08	-6
deney 56_1_-3	-0,14	0,09	-0,10	-8
deney 56_1_-5	-0,01	0,03	-0,26	-10
deney 56_1_-7	0,00	0,00	-0,01	-12
deney 56_1_-9	0,00	0,15	-0,01	-14
deney 56_1_-10	-1,33	0,32	0,00	-15
deney 56_2	-0,05	-0,24	-0,26	-5
deney 56_2_-2	-0,03	0,02	-0,28	-7
deney 56_2_-6	0,00	0,21	-0,04	-11
deney 56_2_-10	-0,11	0,06	-0,18	-15
deney 56_2_-14	-0,19	0,10	-0,09	-19
deney 56_2_-18	-0,04	-0,49	-0,28	-23
deney 56_2_-22	-0,03	0,01	-0,26	-27
deney 56_2_-28	-0,06	-0,01	-0,31	-33
deney 56_3	-0,02	0,02	-0,29	-5
deney 56_3_-2	-0,01	0,00	-0,32	-7
deney 56_3_-7	-0,02	0,25	0,01	-12
deney 56_3_-10	-0,01	-0,01	-0,19	-15
deney 56_3_-14	-0,07	0,01	-0,21	-19
deney 56_3_-18	0,02	0,03	-0,21	-23
deney 56_3_-22	-0,02	0,02	-0,22	-27
deney 56_3_-26	-0,05	0,00	-0,29	-31
deney 56_3_-28	-0,06	0,01	-0,32	-33
deney 56_4	0,00	0,04	-0,25	-5
deney 56_4_-2	0,01	-0,01	-0,32	-7
deney 56_4_-6	-0,01	0,55	0,06	-11
deney 56_4_-10	0,24	-0,03	-0,19	-15
deney 56_4_-14	-0,03	0,02	-0,25	-19
deney 56_4_-18	-0,04	-0,01	-0,29	-23
deney 56_4_-22	-0,03	0,06	-0,26	-27
deney 56_4_-26	-0,04	0,02	-0,37	-31
deney 56_4_-28	-0,04	0,01	-0,39	-33
deney 56_5	-0,13	-0,10	-0,19	-5
deney 56_5_-2	-0,04	0,00	-0,39	-7
deney 56_5_-6	0,00	0,03	0,05	-11
deney 56_5_-10	0,26	0,01	-0,12	-15
deney 56_5_-14	0,14	-0,02	-0,13	-19
deney 56_5_-18	-0,12	-0,12	-0,16	-23
deney 56_5_-22	-0,06	-0,03	-0,43	-27
deney 56_5_-26	0,03	0,02	-0,36	-31
deney 56_5_-28	-0,04	-0,04	-0,39	-33

Ek B

Tablo B.1: Dalgalı Ortamda Yapılan Deneylerde Ölçülen Dalga Özellikleri Tablosu

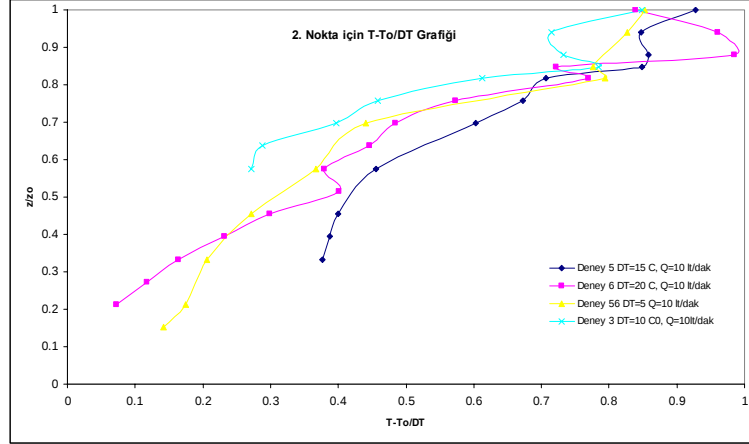
Kanal No:	0		1		2	
	Hs (m)	Ts (sn)	Hs (m)	Ts (sn)	Hs (m)	Ts (sn)
Deney 31	2,5	0,7	2,6	0,7	2,6	0,7
Deney 32	2,5	0,7	2,5	0,7	2,2	0,7
Deney 33	5,0	0,7	2,4	0,7	2,5	0,7
Deney 34	5,0	0,7	5,0	0,7	4,6	0,7
Deney 35	5,0	0,7	5,9	0,7	5,2	0,7
Deney 37	7,0	0,7	9,4	0,7	5,7	0,7
Deney 38	7,0	0,7	6,6	0,8	5,7	0,7
Deney 39	6,5	0,7	6,4	0,7	5,9	0,7
Deney 41	6,5	0,7	6,0	0,7	5,2	0,7
Deney 42	5,0	0,7	4,8	0,7	4,8	0,7
Deney 43	5,0	0,7	4,7	0,7	4,3	0,7
Deney 44	2,5	0,7	2,0	0,7	2,3	0,7
Deney 45	2,5	0,7	2,2	0,7	2,2	0,7
Deney 46	2,5	0,7	2,3	0,7	2,2	0,7
Deney 47	2,5	0,7	2,2	0,7	2,3	0,7
Deney 48	5,0	0,7	5,0	0,7	4,6	0,7
Deney 49	5,0	0,7	4,7	0,7	5,0	0,7
Deney 50	6,5	0,7	6,1	0,7	6,6	0,7
Deney 51	6,5	0,7	7,2	0,7	4,7	0,8

Not: İlk kolon yapılan deneyin deney numarası, 0. kanal 5. ölçüm noktasına, 1. kanal 3. ölçüm noktasına ve 2. kanal 2. ölçüm noktasını yerleştirilen dalga problemlerini ifade etmektedir. Hs belirgin dalga yüksekliği, Ts ise belirgin dalga periyodudur.

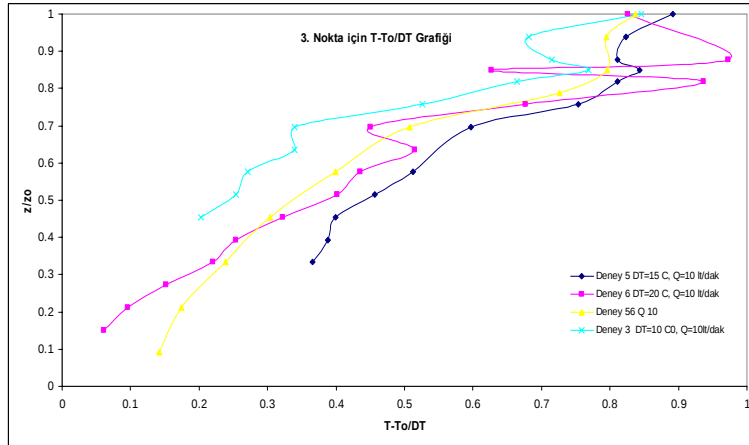
Ek C

Durgun Alıcı Ortama Deşarj Durumunda Bağlı Sıcaklığın Bağlı Derinlikle Değişimi

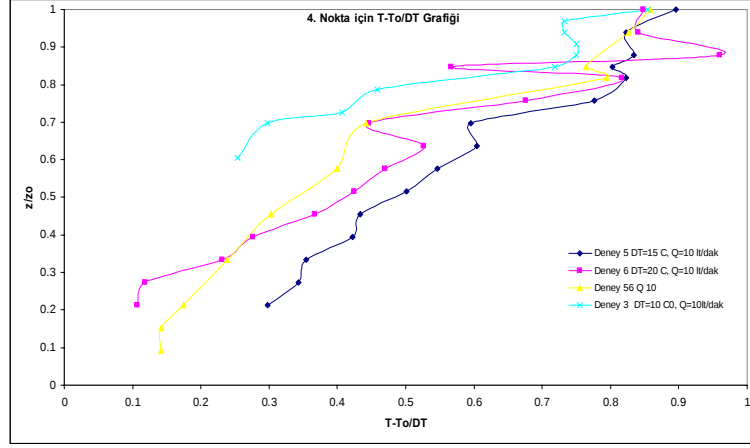
Sazlıksız Durumda



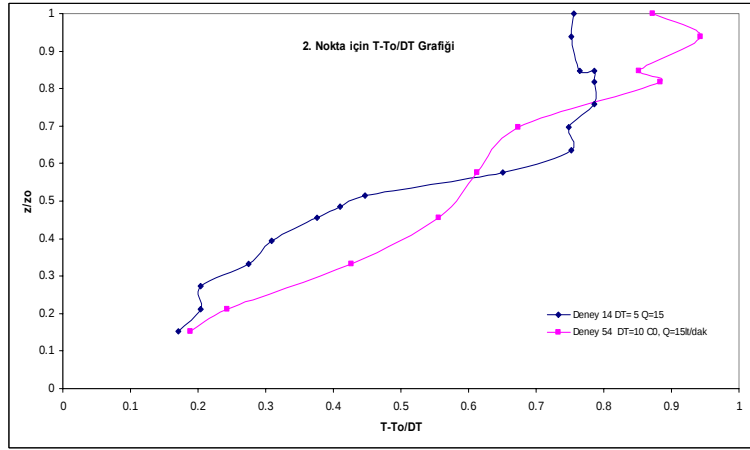
Şekil C.1: 2. Nokta $Q=10$ lt/dak için $DT=5,10,15,20$ °C Sıcaklık Farklarında Su Sıcaklığının Derinlikle Değişimi



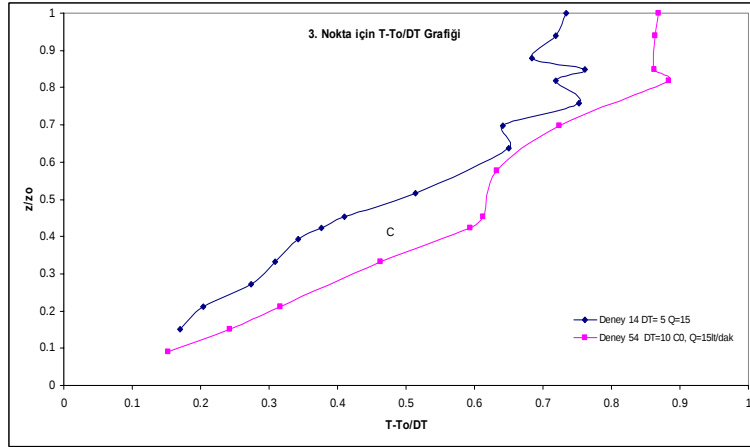
Şekil C.2: 3. Nokta $Q=10$ lt/dak için $DT=5,10,15,20$ °C Sıcaklık Farklarında Su Sıcaklığının Derinlikle Değişimi



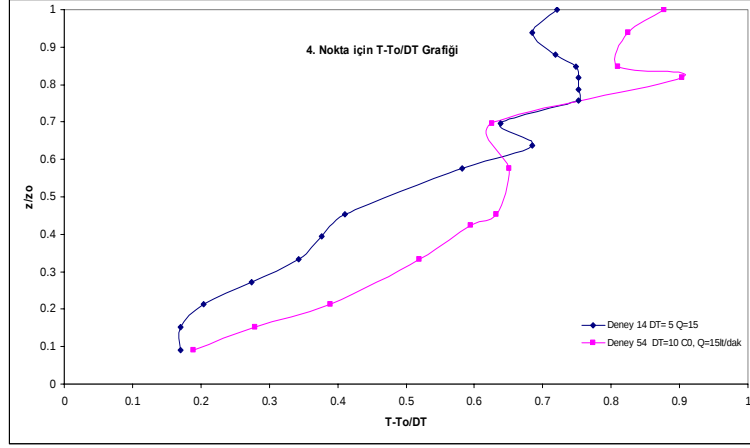
Şekil C.3: 4. Nokta $Q= 10$ lt/dak için $DT= 5,10,15,20$ °C Sıcaklık Farklarında Su Sıcaklığının Derinlikle Değişimi



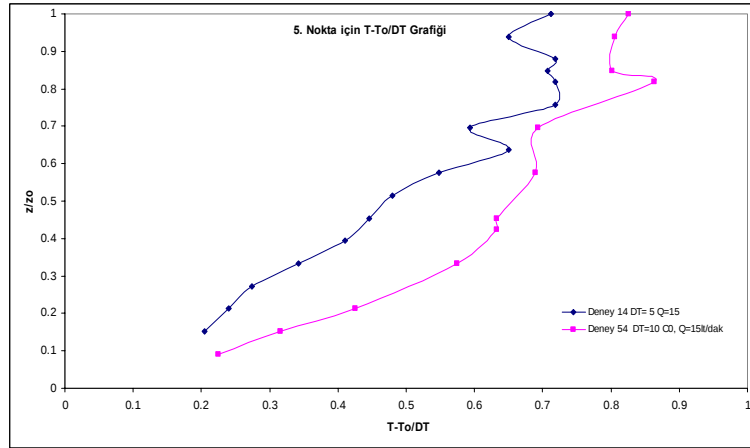
Şekil C.4: 2. Nokta $Q= 15$ lt/dak için $DT= 5,10$ °C Sıcaklık Farklarında Su Sıcaklığının Derinlikle Değişimi



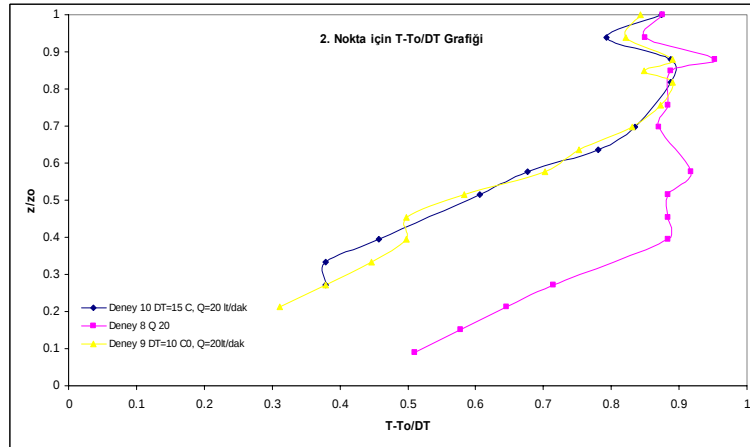
Şekil C.5: 3. Nokta $Q= 15$ lt/dak için $DT= 5,10$ °C Sıcaklık Farklarında Su Sıcaklığının Derinlikle Değişimi



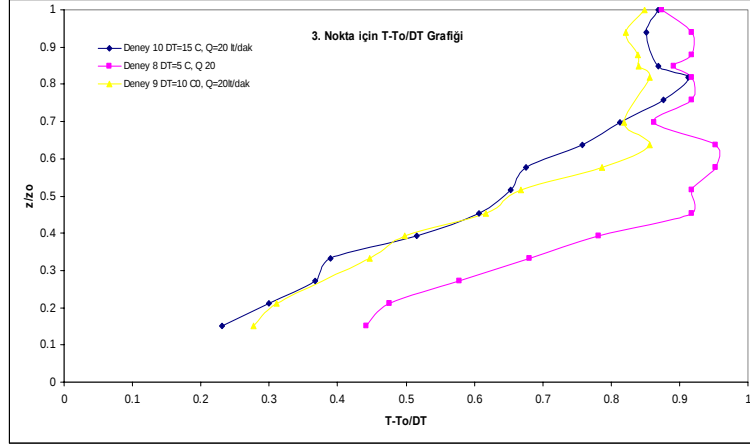
Şekil C.6: 4. Nokta $Q= 15$ lt/dak için $DT= 5,10$ °C Sıcaklık Farklarında Su Sıcaklığının Derinlikle Değişimi



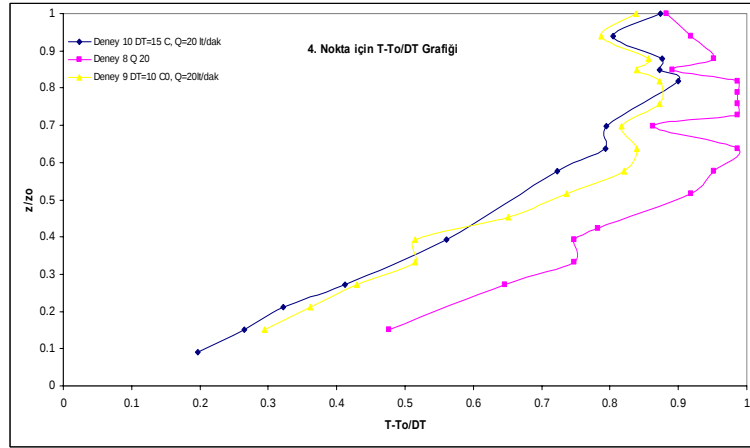
Şekil C.7: 5. Nokta $Q= 15$ lt/dak için $DT= 5,10$ °C Sıcaklık Farklarında Su Sıcaklığının Derinlikle Değişimi



Şekil C.8: 2. Nokta $Q= 20$ lt/dak için $DT= 5,10,15$ °C Sıcaklık Farklarında Su Sıcaklığının Derinlikle Değişimi

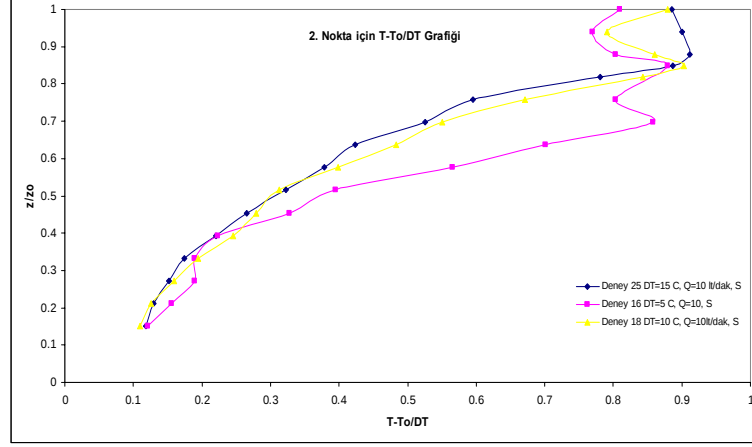


Şekil C.9: 3. Nokta $Q=20$ lt/dak için $DT=5,10,15$ °C Sıcaklık Farklarında Su Sıcaklığının Derinlikle Değişimi

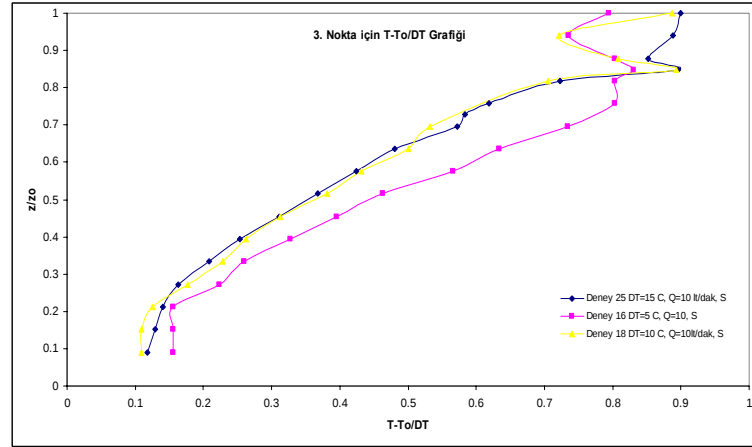


Şekil C.10: 4. Nokta $Q=20$ lt/dak için $DT=5,10,15$ °C Sıcaklık Farklarında Su Sıcaklığının Derinlikle Değişimi

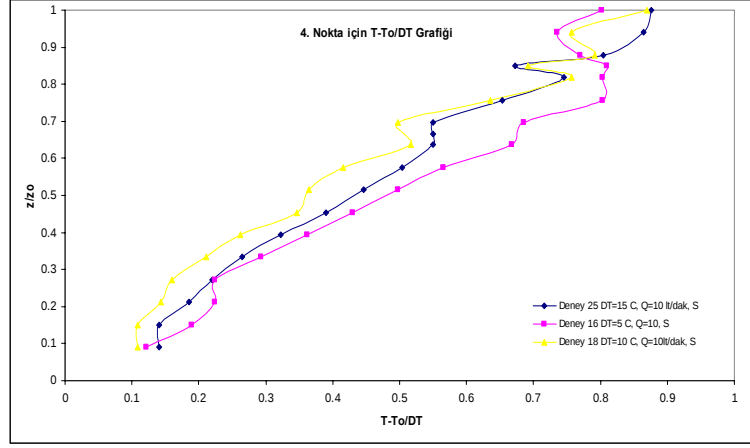
Sazlıklı Durumda



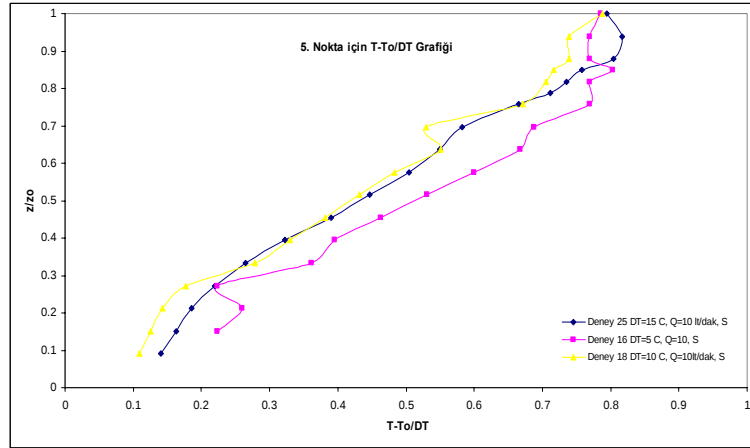
Şekil C.11: 2. Nokta $Q=10$ lt/dak için $DT=5,10,15$ °C Sıcaklık Farklarında Su Sıcaklığının Derinlikle Değişimi



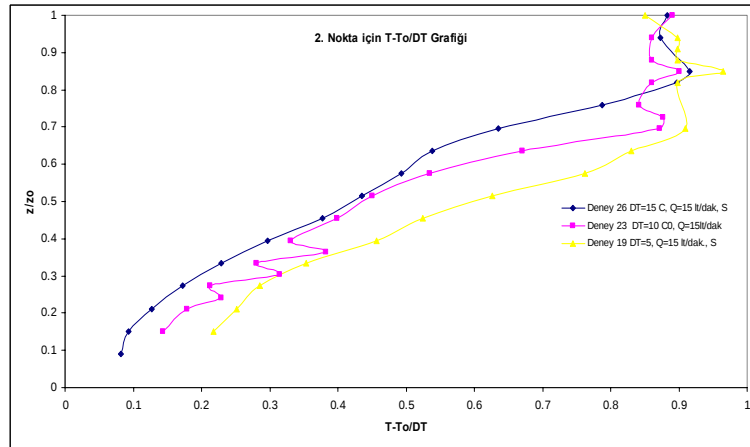
Şekil C.12: 3. Nokta $Q=10$ lt/dak için $DT=5,10,15$ °C Sıcaklık Farklarında Su Sıcaklığının Derinlikle Değişimi



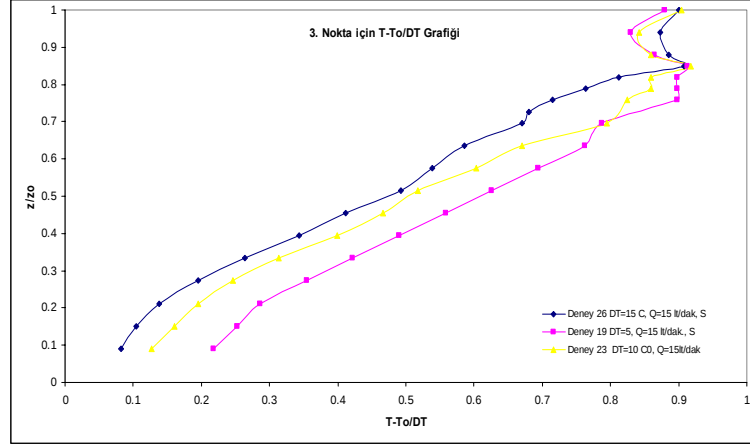
Şekil C.13: 4. Nokta $Q=10$ lt/dak için $DT=5,10,15$ °C Sıcaklık Farklarında Su Sıcaklığının Derinlikle Değişimi



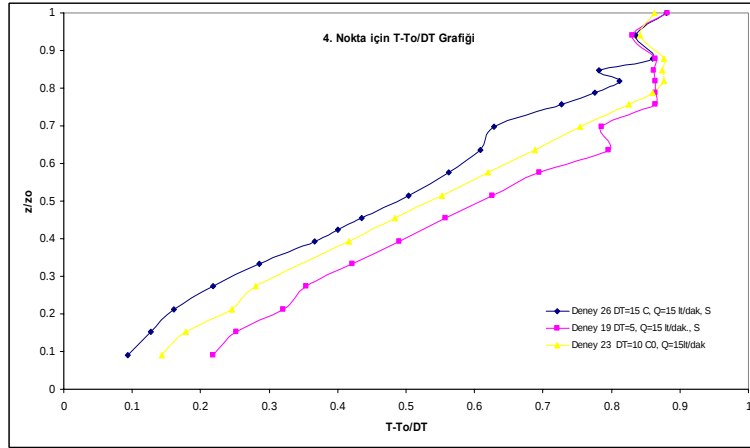
Şekil C.14: 5. Nokta $Q=10$ lt/dak için $DT=5,10,15$ °C Sıcaklık Farklarında Su Sıcaklığının Derinlikle Değişimi



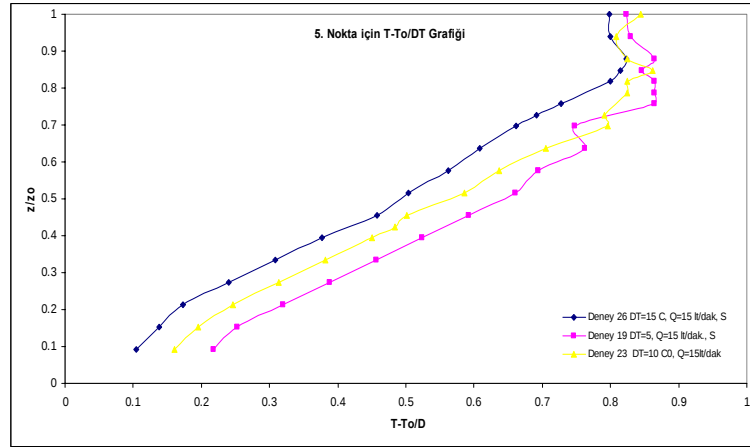
Şekil C.15: 2. Nokta $Q=15$ lt/dak için $DT=5,10,15$ °C Sıcaklık Farklarında Su Sıcaklığının Derinlikle Değişimi



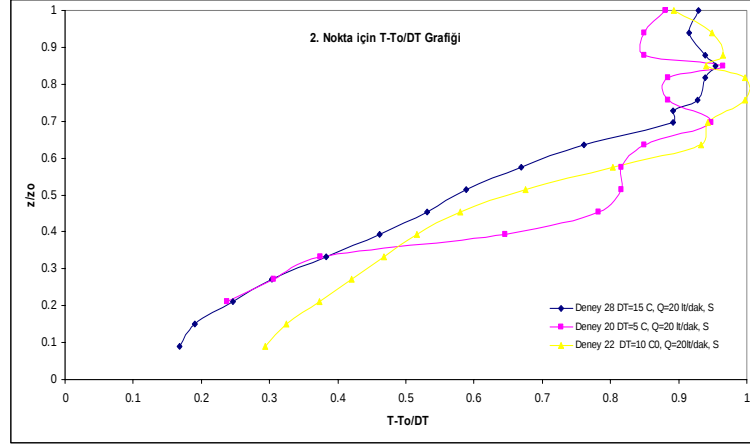
Şekil C.16: 3. Nokta $Q= 15$ lt/dak için $DT= 5,10,15$ °C Sıcaklık Farklarında Su Sıcaklığının Derinlikle Değişimi



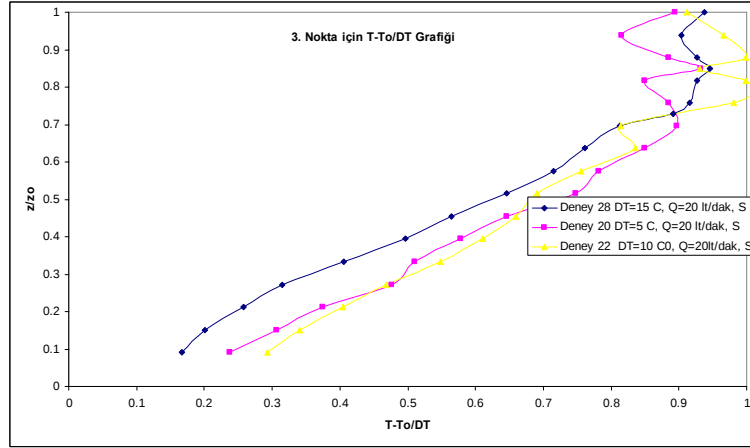
Şekil C.17: 4. Nokta $Q= 15$ lt/dak için $DT= 5,10,15$ °C Sıcaklık Farklarında Su Sıcaklığının Derinlikle Değişimi



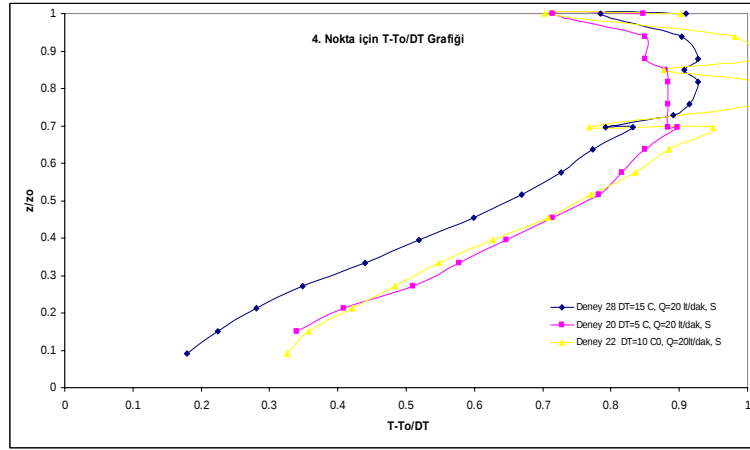
Şekil C.18: 5. Nokta $Q= 15$ lt/dak için $DT= 5,10,15$ °C Sıcaklık Farklarında Su Sıcaklığının Derinlikle Değişimi



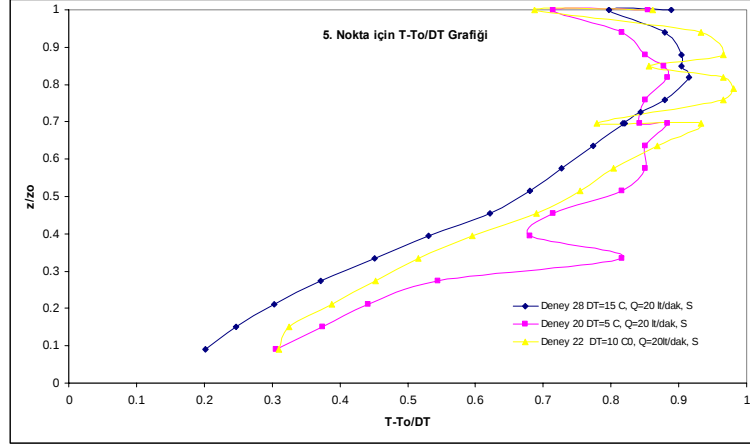
Şekil C.19: 2. Nokta $Q=20$ lt/dak için $DT=5,10,15$ °C Sıcaklık Farklarında Su Sıcaklığının Derinlikle Değişimi



Şekil C.20: 3. Nokta $Q=20$ lt/dak için $DT=5,10,15$ °C Sıcaklık Farklarında Su Sıcaklığının Derinlikle Değişimi



Şekil C.21: 4. Nokta $Q=20$ lt/dak için $DT=5,10,15$ °C Sıcaklık Farklarında Su Sıcaklığının Derinlikle Değişimi



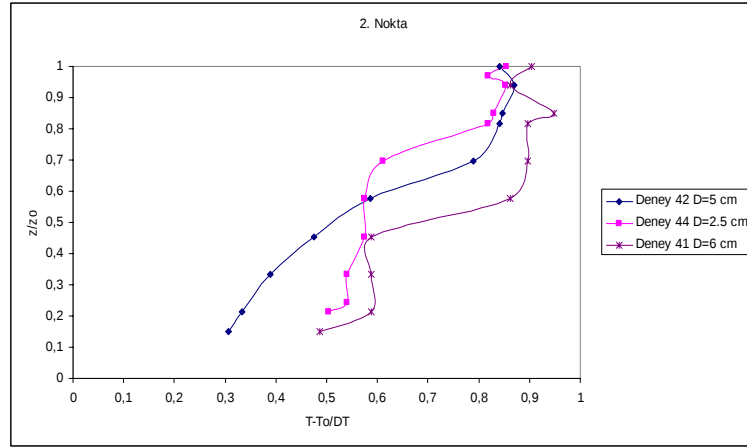
Şekil C.22: 5. Nokta $Q=20$ lt/dak için $DT=5,10,15$ °C Sıcaklık Farklarında Su Sıcaklığının Derinlikle Değişimi

Ek D

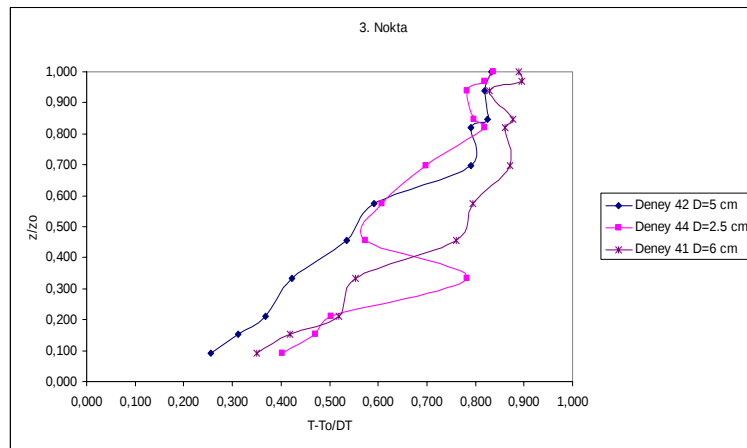
Dalgalı Alıcı Ortama Deşarj Durumunda Bağlı Sıcaklığın Bağlı Derinlik ile Değişimi

Sazlıksız Ortam

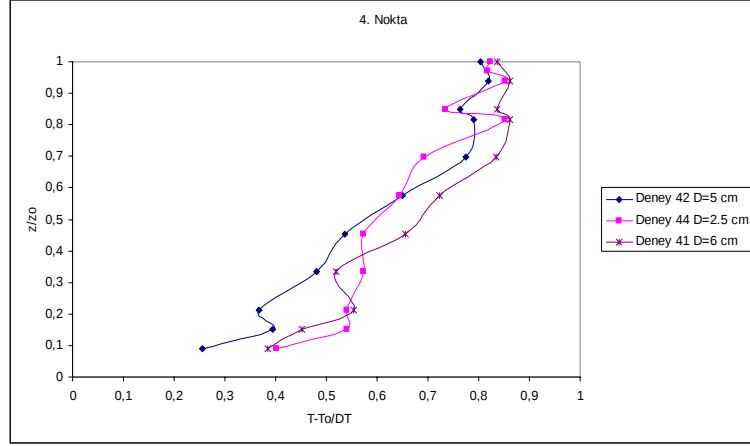
Deney Koşulları $DT= 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, ve 15 lt/dak. , $H_s=2.5, 5, 6\text{ cm}$, $T_s=0.7\text{ sn}$



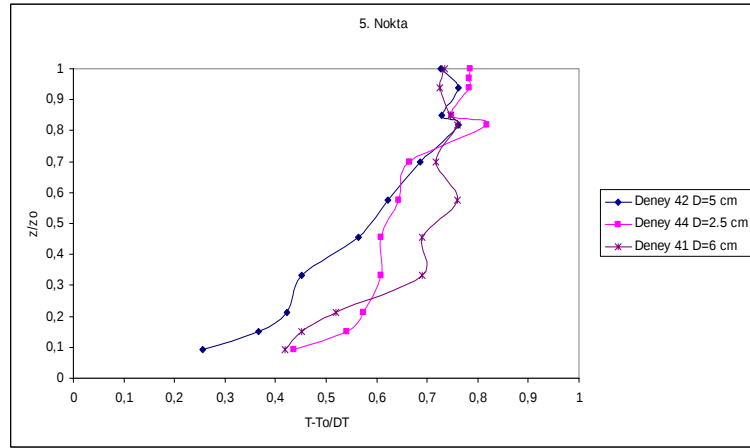
Şekil D.1: 2. Nokta $Q= 15\text{ lt/dak}$ için $DT= 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ Sıcaklık Farkında Su Sıcaklığının Derinlikle Değişimi



Şekil D.2: 3. Nokta $Q= 15\text{ lt/dak}$ için $DT= 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ Sıcaklık Farkında Su Sıcaklığının Derinlikle Değişimi

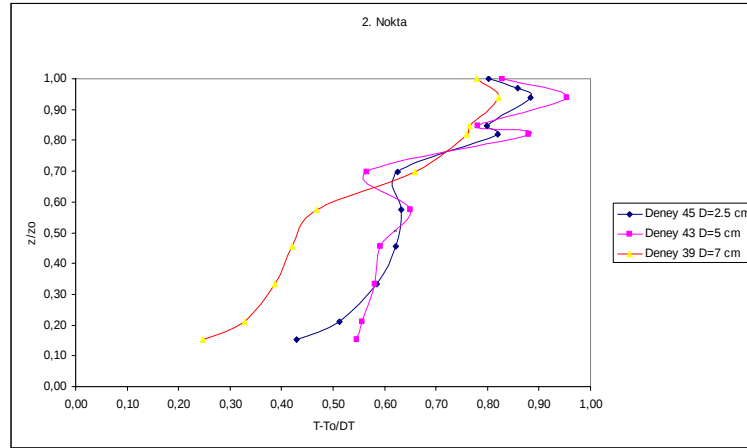


Şekil D.3: 4. Nokta $Q=15$ lt/dak için $DT=5$ °C Sıcaklık Farkında Su Sıcaklığının Derinlikle Değişimi

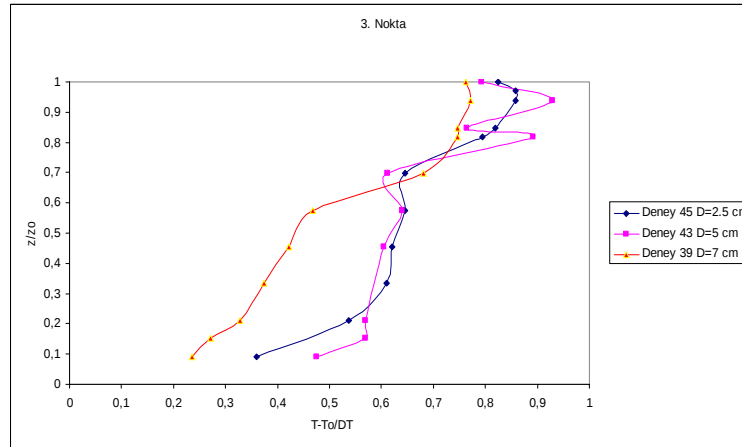


Şekil D.4: 5. Nokta $Q=15$ lt/dak için $DT=5$ °C Sıcaklık Farkında Su Sıcaklığının Derinlikle Değişimi

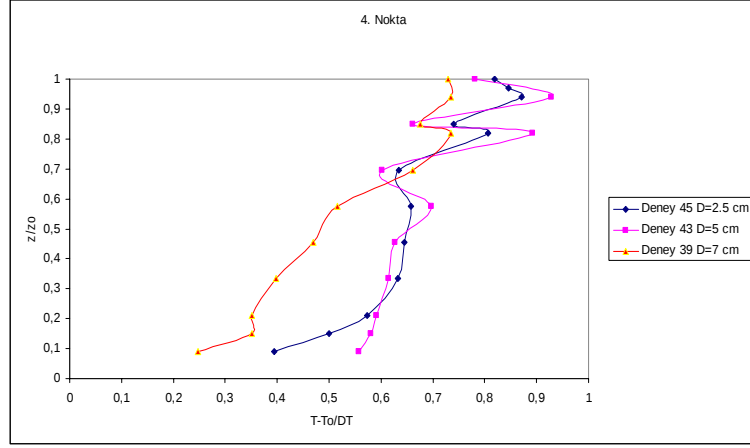
Deney Koşulları $DT=15\text{ }^{\circ}\text{C}$, ve 15 lt/dak. , $H_s=2.5, 5, 7\text{ cm}$, $T_s=0.7\text{ sn}$



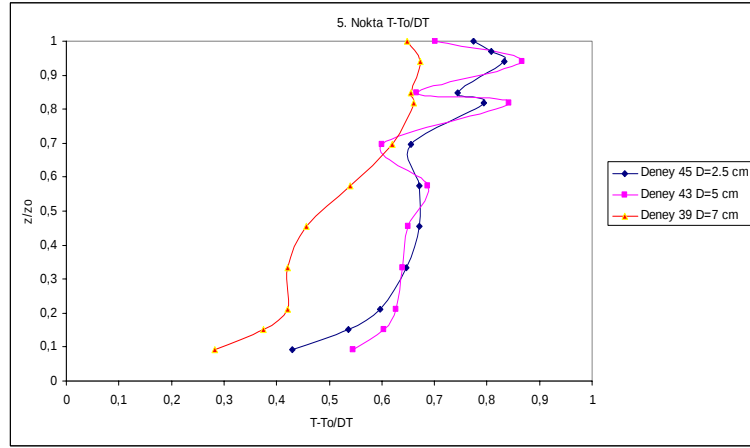
Şekil D.5: 2. Nokta $Q=15\text{ lt/dak}$ için $DT=15\text{ }^{\circ}\text{C}$ Sıcaklık Farkında Su Sıcaklığının Derinlikle Değişimi



Şekil D.6: 3. Nokta $Q=15\text{ lt/dak}$ için $DT=15\text{ }^{\circ}\text{C}$ Sıcaklık Farkında Su Sıcaklığının Derinlikle Değişimi

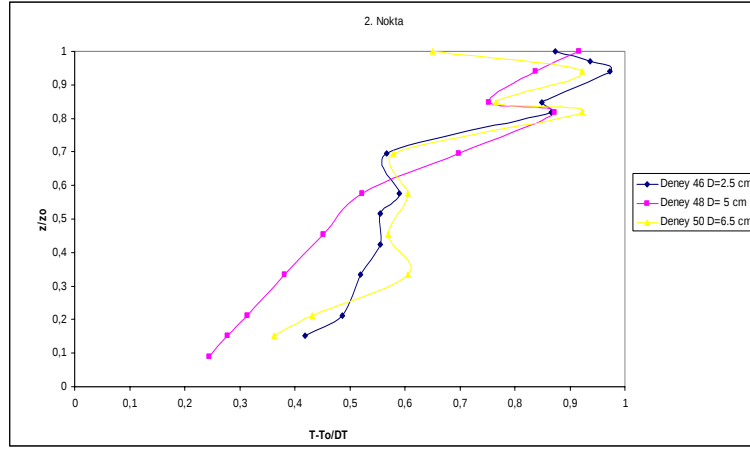


Şekil D.7: 4. NOKTA $Q= 15$ lt/dak için $DT= 15$ °C Sıcaklık Farkında Su Sıcaklığının Derinlikle Değişimi

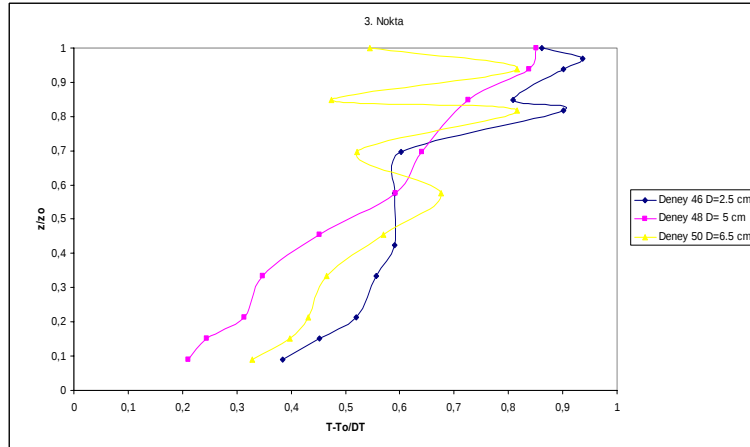


Şekil D.8: 5. NOKTA $Q= 15$ lt/dak için $DT= 15$ °C Sıcaklık Farkında Su Sıcaklığının Derinlikle Değişimi

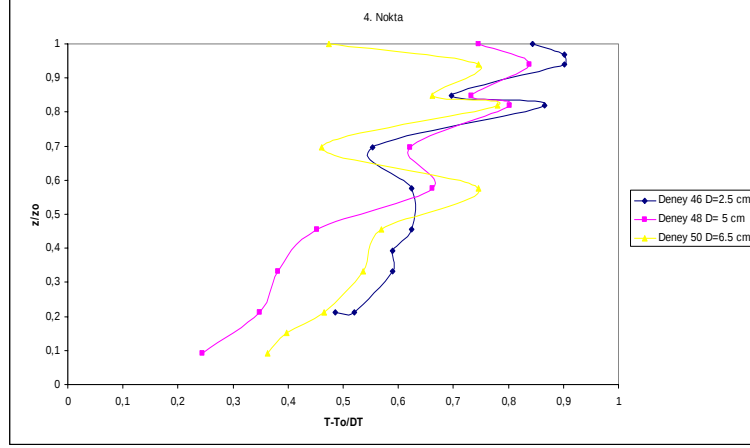
Deney Koşulları $DT= 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, ve 10 lt/dak. , $H_s=2.5, 5, 6.5\text{ cm}$, $T_s=0.7\text{ sn}$



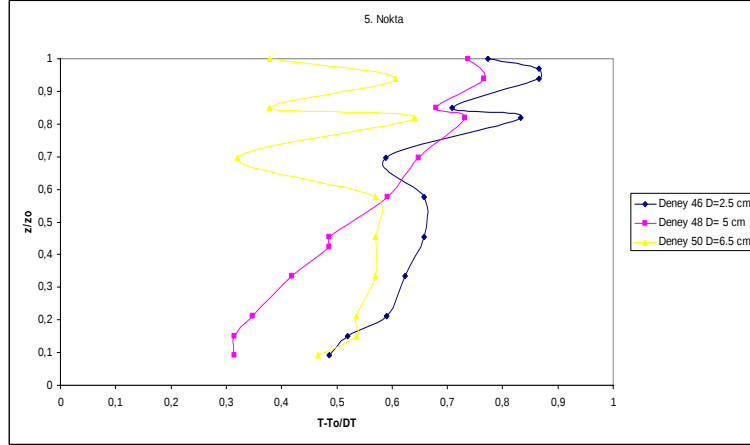
Şekil D.9: 2. Nokta $Q= 10\text{ lt/dak}$ için $DT= 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ Sıcaklık Farkında Su Sıcaklığının Derinlikle Değişimi



Şekil D.10: 3. Nokta $Q= 10\text{ lt/dak}$ için $DT= 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ Sıcaklık Farkında Su Sıcaklığının Derinlikle Değişimi

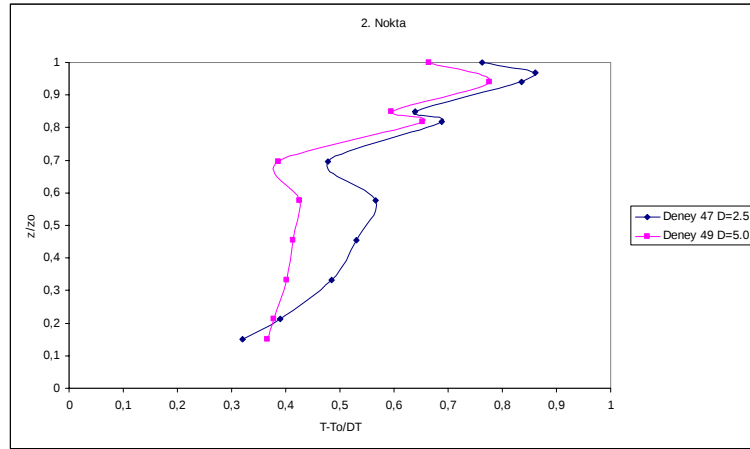


Şekil D.11: 4. Nokta $Q=10$ lt/dak için $DT=5$ °C Sıcaklık Farkında Su Sıcaklığının Derinlikle Değişimi

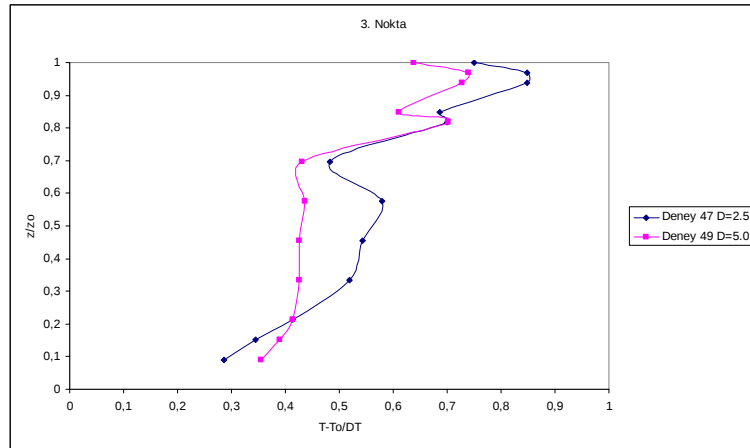


Şekil D.12: 5. Nokta $Q=10$ lt/dak için $DT=5$ °C Sıcaklık Farkında Su Sıcaklığının Derinlikle Değişimi

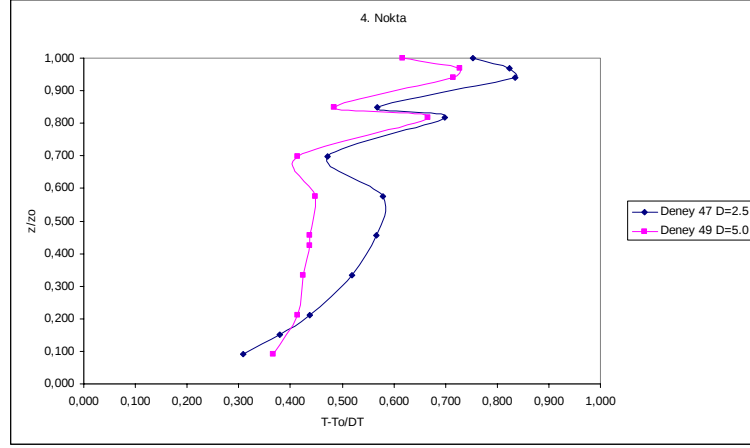
Deney Koşulları $DT=15\text{ }^{\circ}\text{C}$, ve 10 lt/dak. , $H_s=2.5, 5\text{ cm}$, $T_s=0.7\text{ sn}$



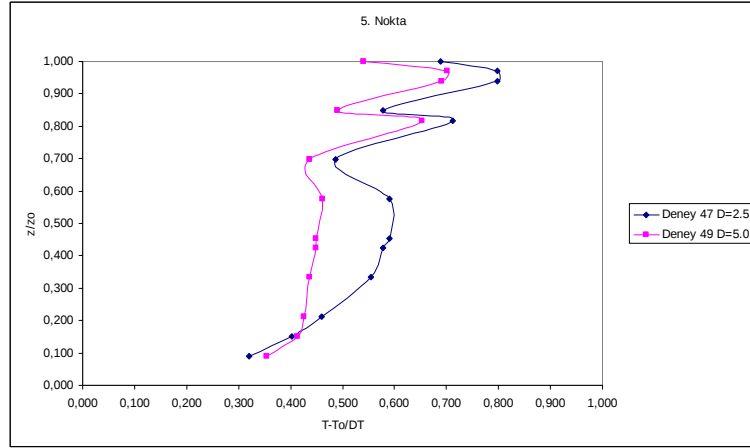
Şekil D.13: 2. Nokta $Q=10\text{ lt/dak}$ için $DT=15\text{ }^{\circ}\text{C}$ Sıcaklık Farkında Su Sıcaklığının Derinlikle Değişimi



Şekil D.14: 3. Nokta $Q=10\text{ lt/dak}$ için $DT=15\text{ }^{\circ}\text{C}$ Sıcaklık Farkında Su Sıcaklığının Derinlikle Değişimi



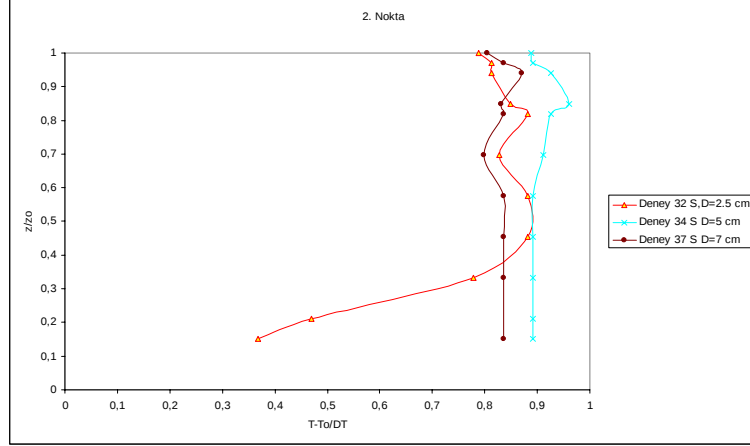
Şekil D.15: 4. NOKTA $Q= 10$ lt/dak için $DT= 15$ °C Sıcaklık Farkında Su Sıcaklığının Derinlikle Değişimi



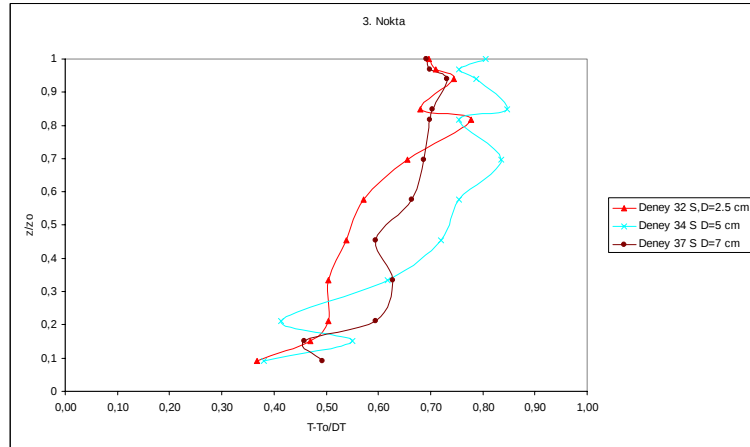
Şekil D.16: 5. NOKTA $Q= 10$ lt/dak için $DT= 15$ °C Sıcaklık Farkında Su Sıcaklığının Derinlikle Değişimi

Sazlıklı Ortamda

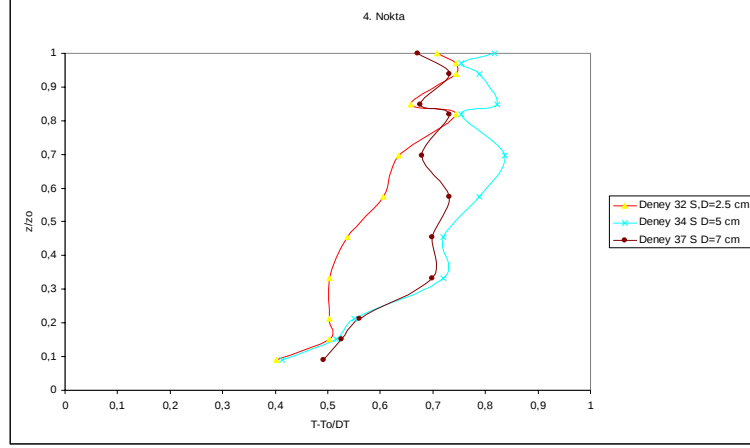
Deney Koşulları $DT= 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, ve 15 lt/dak. , $H_s=2.5, 5, 7\text{ cm}$, $T_s=0.7\text{ sn}$



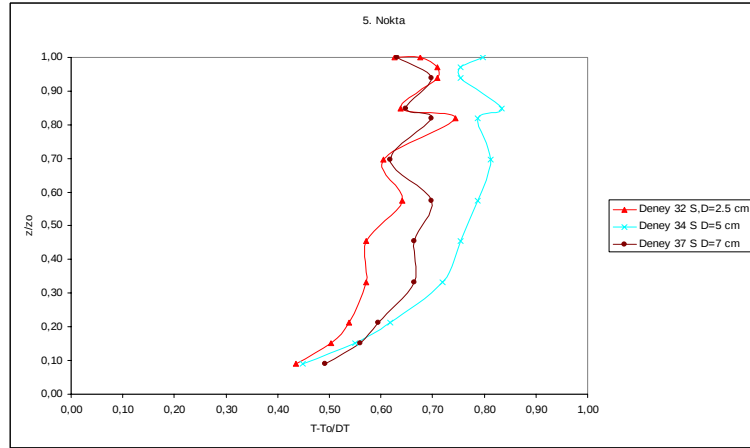
Şekil D.17: 2. Nokta $Q= 15\text{ lt/dak}$ için $DT= 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ Sıcaklık Farkında Su Sıcaklığının Derinlikle Değişimi



Şekil D.18: 3. Nokta $Q= 15\text{ lt/dak}$ için $DT= 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ Sıcaklık Farkında Su Sıcaklığının Derinlikle Değişimi

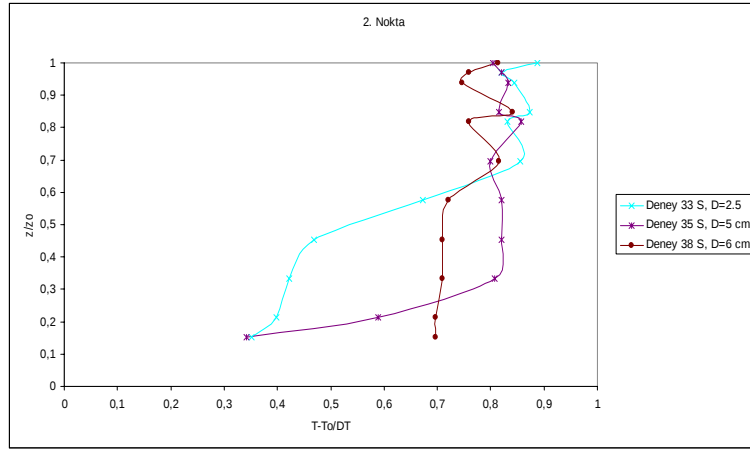


Şekil D.19: 4. Nokta $Q=15$ lt/dak için $DT=5$ °C Sıcaklık Farkında Su Sıcaklığının Derinlikle Değişimi

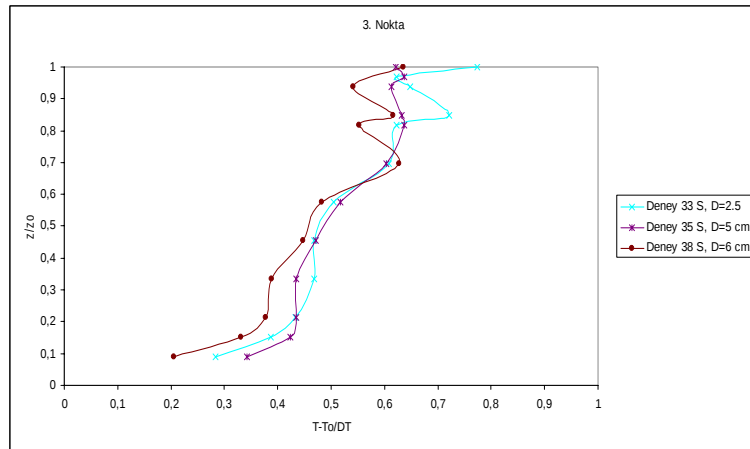


Şekil D.20: 5. Nokta $Q=15$ lt/dak için $DT=5$ °C Sıcaklık Farkında Su Sıcaklığının Derinlikle Değişimi

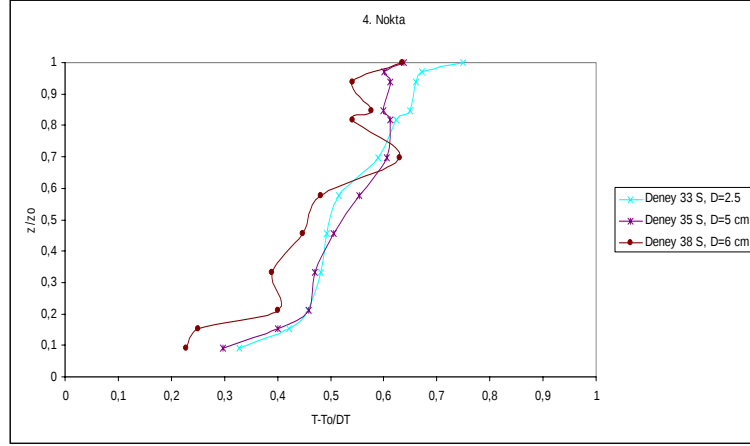
Deney Koşulları $DT=15\text{ }^{\circ}\text{C}$, ve 15 lt/dak. , $H_s=2.5, 5, 6\text{ cm}$, $T_s=0.7\text{ sn}$



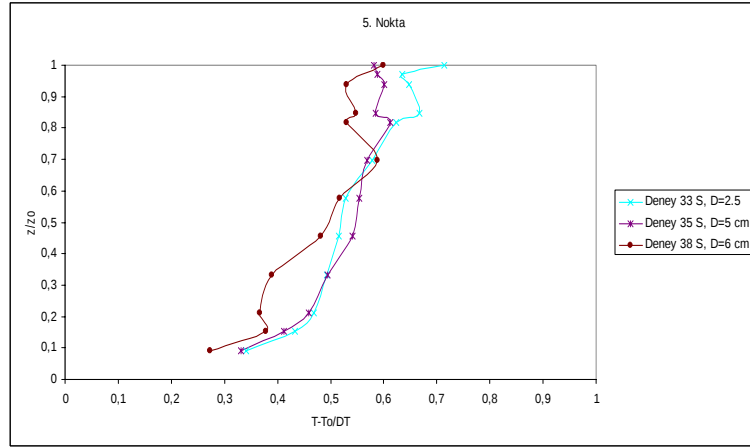
Şekil D.21: 2. Nokta $Q= 15\text{ lt/dak}$ için $DT= 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ Sıcaklık Farkında Su Sıcaklığının Derinlikle Değişimi



Şekil D.22: 3. Nokta $Q= 15\text{ lt/dak}$ için $DT= 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ Sıcaklık Farkında Su Sıcaklığının Derinlikle Değişimi



Şekil D.23: 4. Nokta $Q=15$ lt/dak için $DT=15$ °C Sıcaklık Farkında Su Sıcaklığının Derinlikle Değişimi



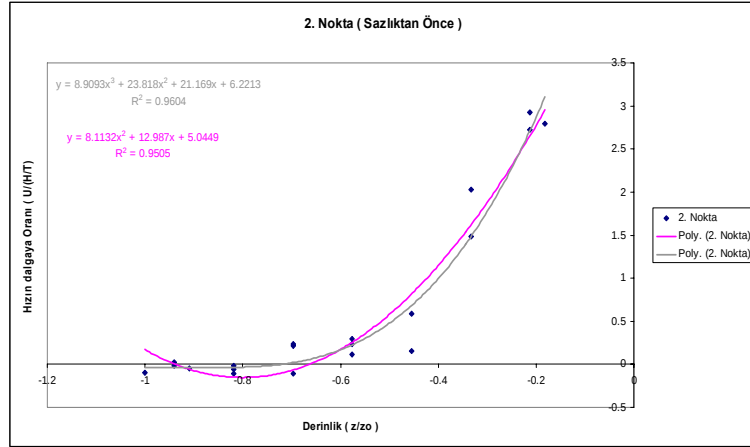
Şekil D.24: 5. Nokta $Q=15$ lt/dak için $DT=15$ °C Sıcaklık Farkında Su Sıcaklığının Derinlikle Değişimi

Ek E

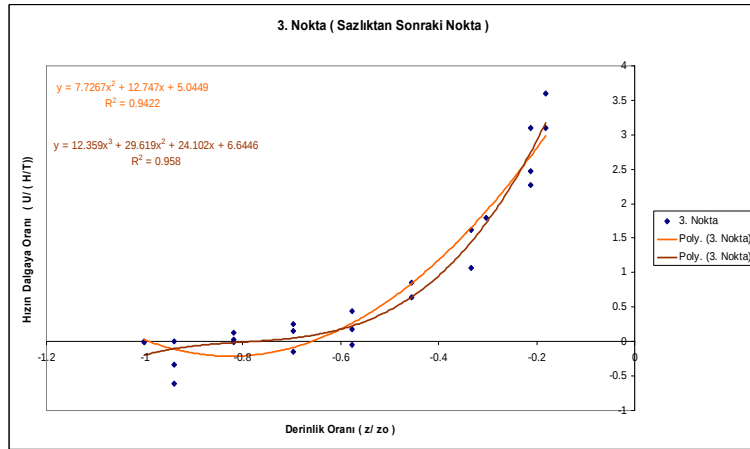
Dalgalı Alıcı Ortama Deşarj Durumunda Bağlı Hızın Bağlı Derinlik ile Değişimi

Sazlıksız Ortam

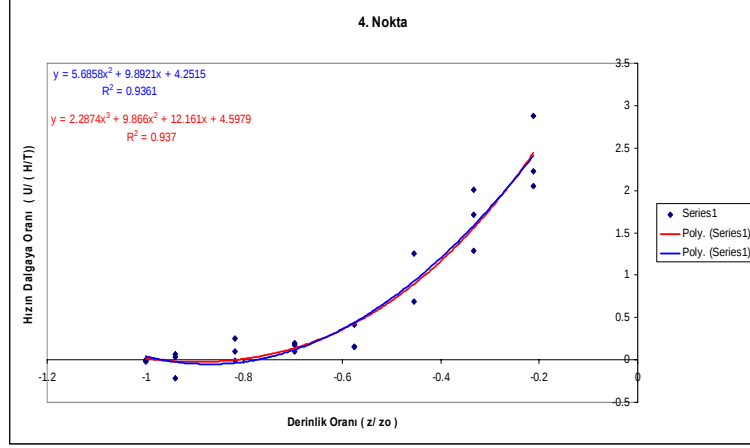
Deney Koşulları $DT=5^0C$ 15 lt/dak. $H_s=2.5, 5, 6$ cm, $T_s=0.7$ sn



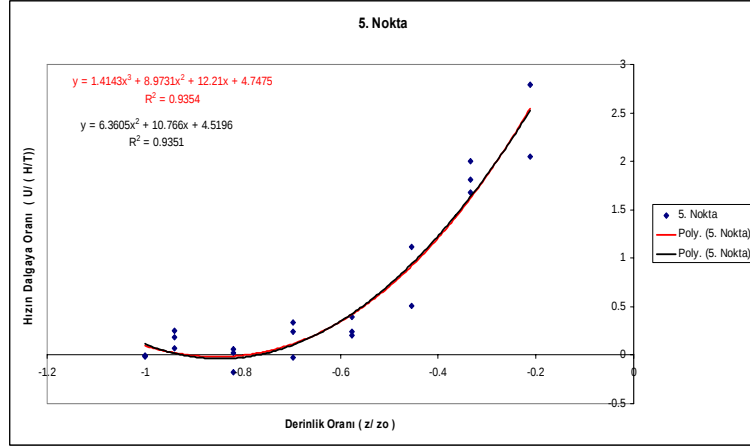
Şekil E.1: 2. Ölçüm Noktası Bağlı Hız – Bağlı Derinlik Değişimi



Şekil E.2: 3. Ölçüm Noktası Bağlı Hız – Bağlı Derinlik Değişimi

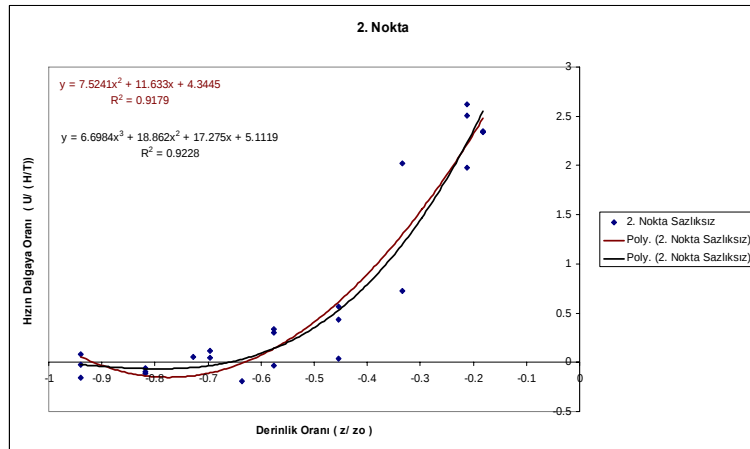


Şekil E.3: 4. Ölçüm Noktası Bağlı Hız – Bağlı Derinlik Değişimi

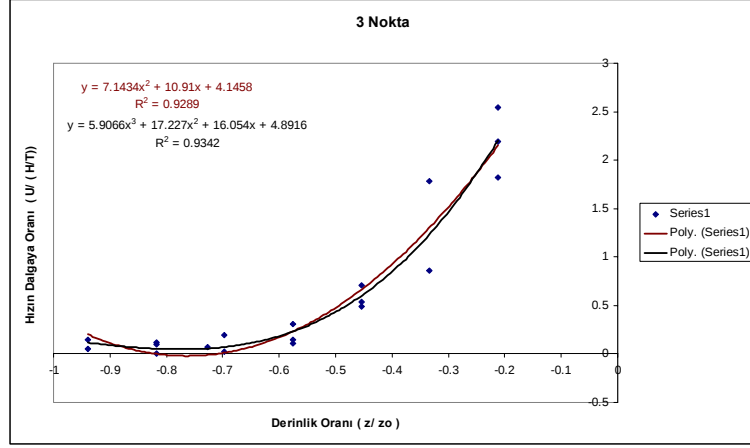


Şekil E.4: 5. Ölçüm Noktası Bağlı Hız – Bağlı Derinlik Değişimi

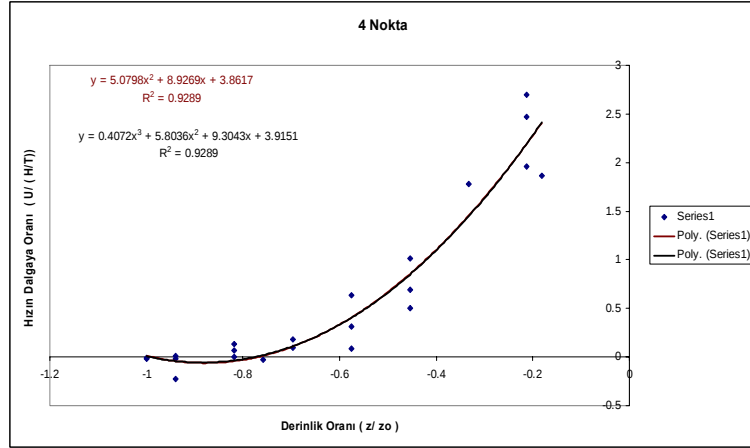
Deney Koşulları DT= 5 C⁰, ve 10 lt/dak., Hs=2.5, 5, 6.5 cm, Ts=0.7 sn



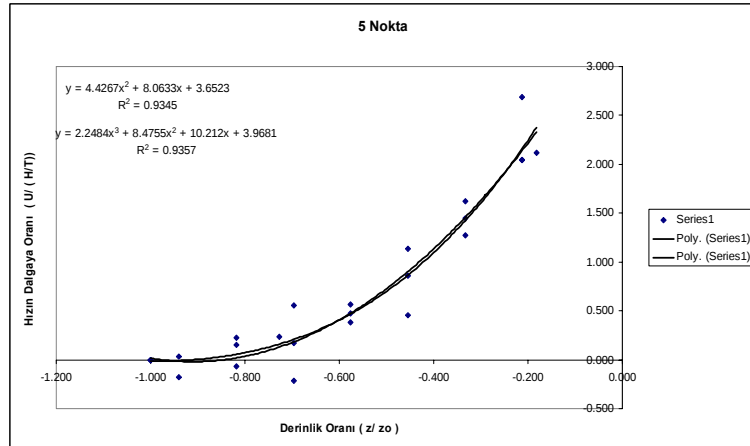
Şekil E.5: 2. Ölçüm Noktası Bağlı Hız – Bağlı Derinlik Değişimi



Şekil E.6: 3. Ölçüm Noktası Bağlı Hız – Bağlı Derinlik Değişimi

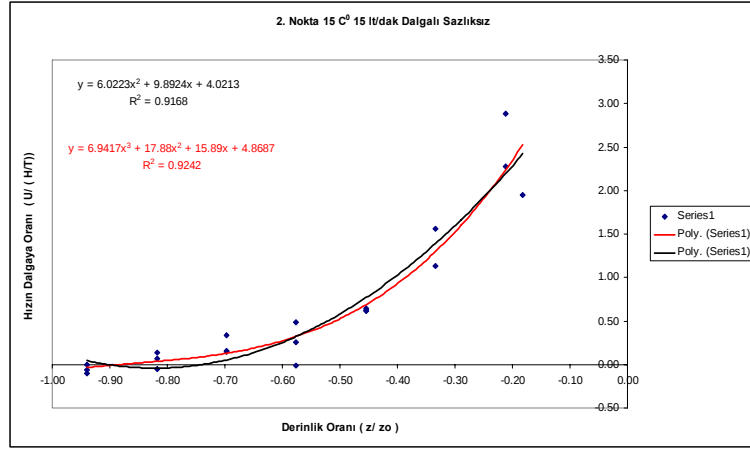


Şekil E.7: 4. Ölçüm Noktası Bağlı Hız – Bağlı Derinlik Değişimi

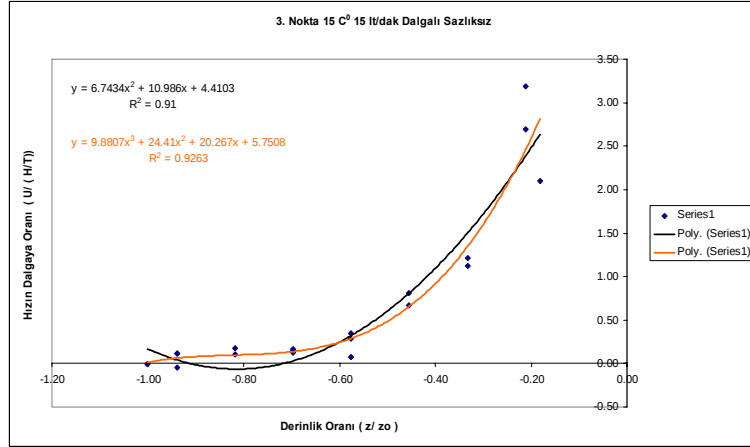


Şekil E.8: 5. Ölçüm Noktası Bağlı Hız – Bağlı Derinlik Değişimi

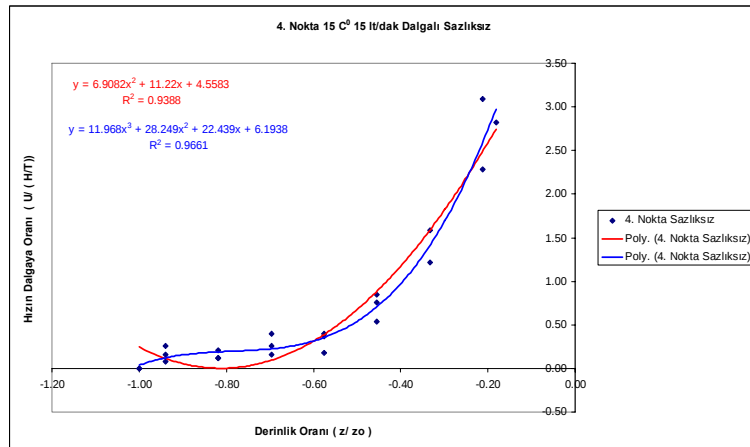
Deney Koşulları $DT=15\text{ C}^0$, ve 15 lt/dak. , $H_s=2.5, 5, 7\text{ cm}$, $T_s=0.7\text{ sn}$



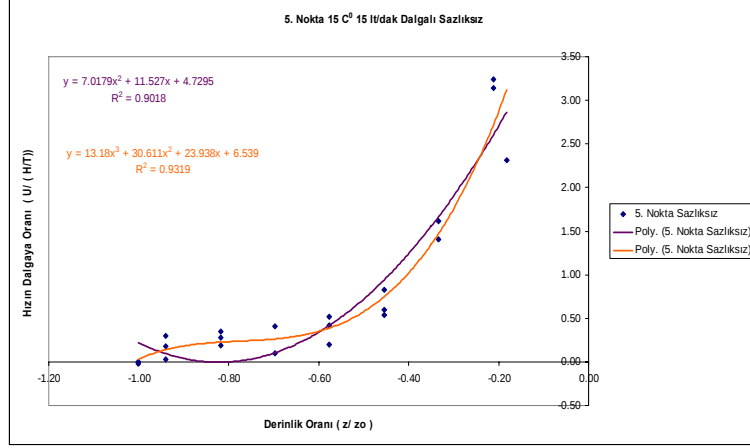
Şekil E.9: 2. Ölçüm Noktası Bağlı Hız – Bağlı Derinlik Değişimi



Şekil E.10: 3. Ölçüm Noktası Bağlı Hız – Bağlı Derinlik Değişimi

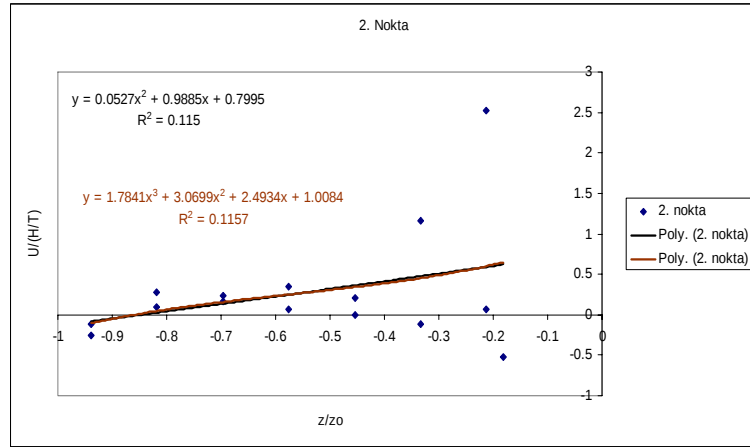


Şekil E.11: 4. Ölçüm Noktası Bağlı Hız – Bağlı Derinlik Değişimi

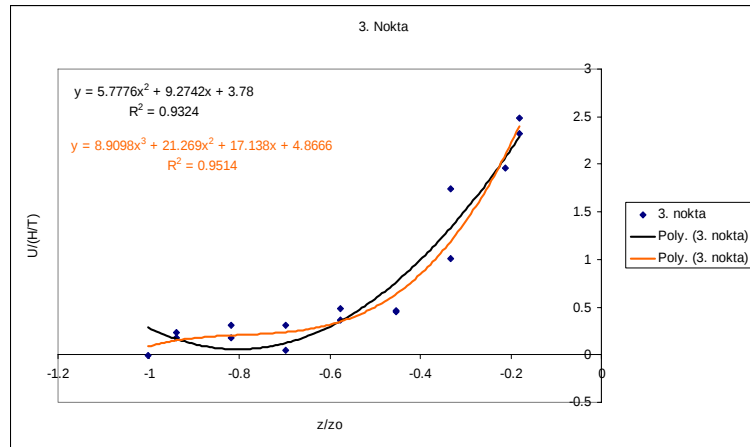


Şekil E.12: 5. Ölçüm Noktası Bağlı Hız – Bağlı Derinlik Değişimi

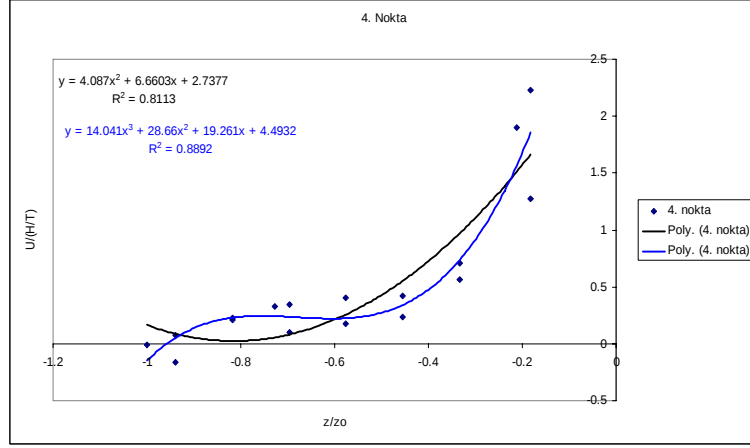
Deney Koşulları DT=15 C⁰, ve 10 lt/dak., Hs=2.5, 5 cm, Ts=0.7 sn



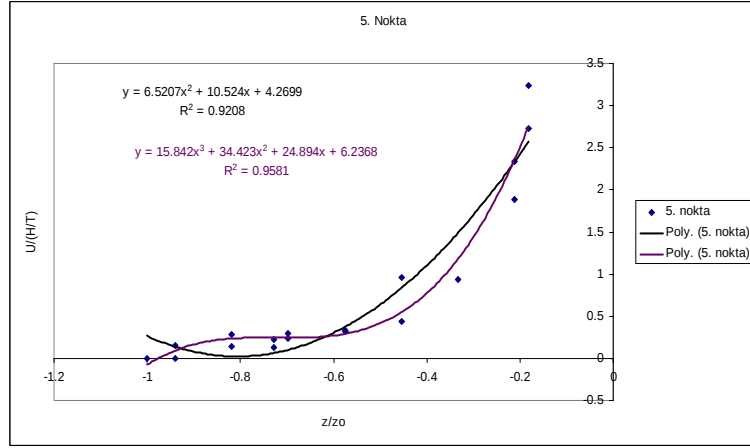
Şekil E.13: 2. Ölçüm Noktası Bağlı Hız – Bağlı Derinlik Değişimi



Şekil E.14: 3. Ölçüm Noktası Bağlı Hız – Bağlı Derinlik Değişimi



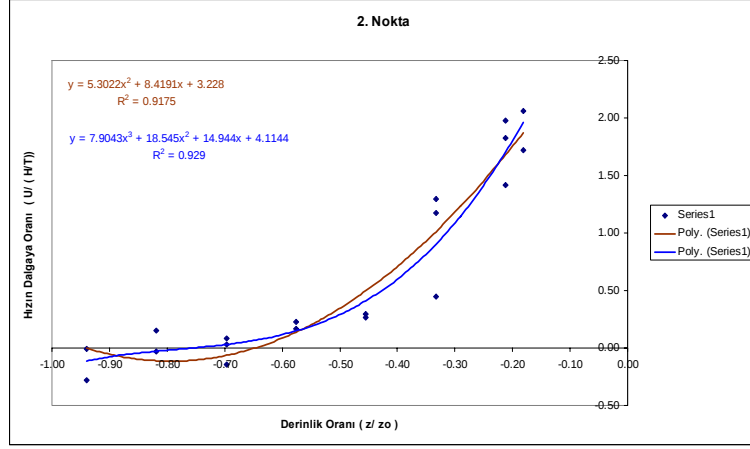
Şekil E.15: 4. Ölçüm Noktası Bağıl Hız – Bağıl Derinlik Değişimi



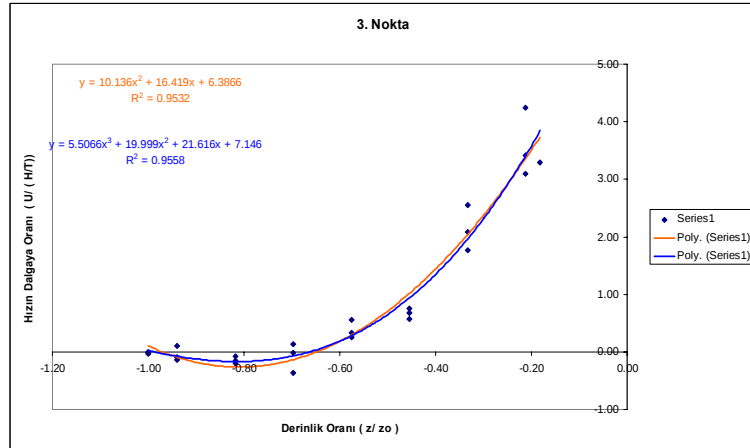
Şekil E.16: 5. Ölçüm Noktası Bağıl Hız – Bağıl Derinlik Değişimi

Sazlıklı Ortam

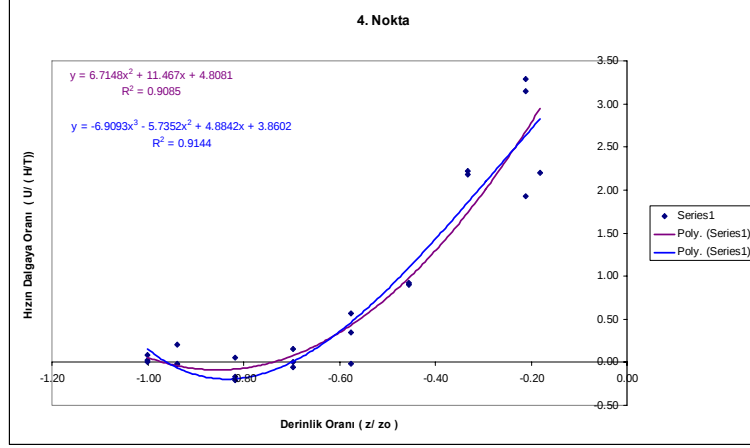
Deney Koşulları $DT= 5\text{ C}^0$, ve 15 lt/dak. , $H_s=2.5, 5, 7\text{ cm}$, $T_s=0.7\text{ sn}$



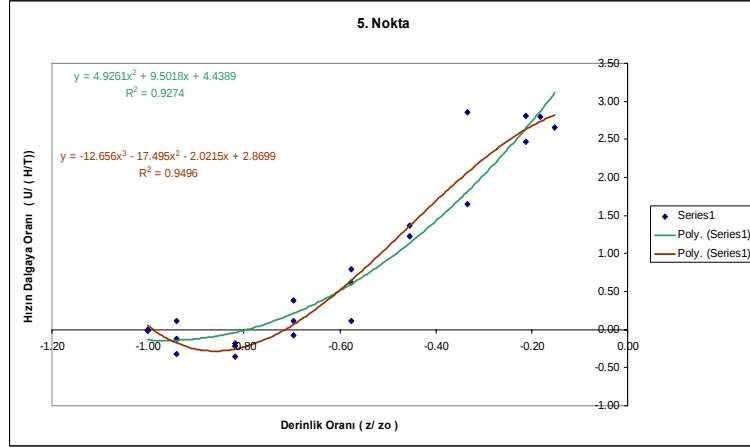
Şekil E.17: 2. Ölçüm Noktası Bağlı Hız – Bağlı Derinlik Değişimi



Şekil E.18: 3. Ölçüm Noktası Bağlı Hız – Bağlı Derinlik Değişimi

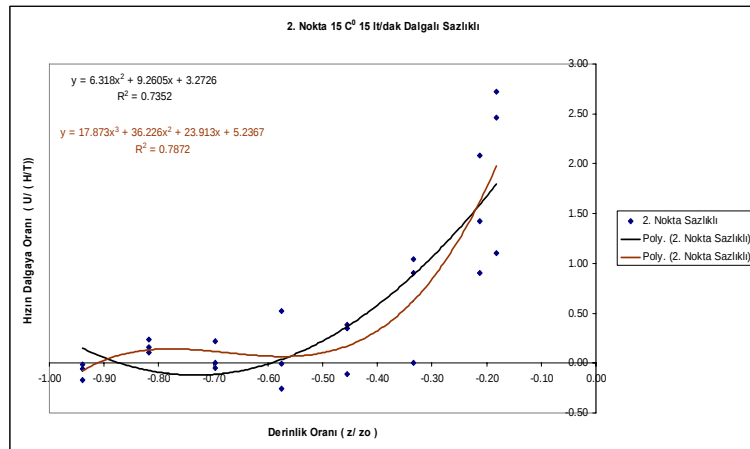


Şekil E.19: 4. Ölçüm Noktası Bağlı Hız – Bağlı Derinlik Değişimi

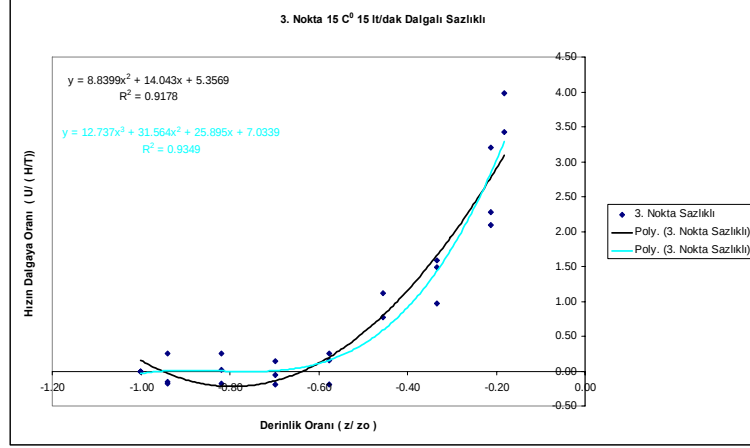


Şekil E.20: 5. Ölçüm Noktası Bağlı Hız – Bağlı Derinlik Değişimi

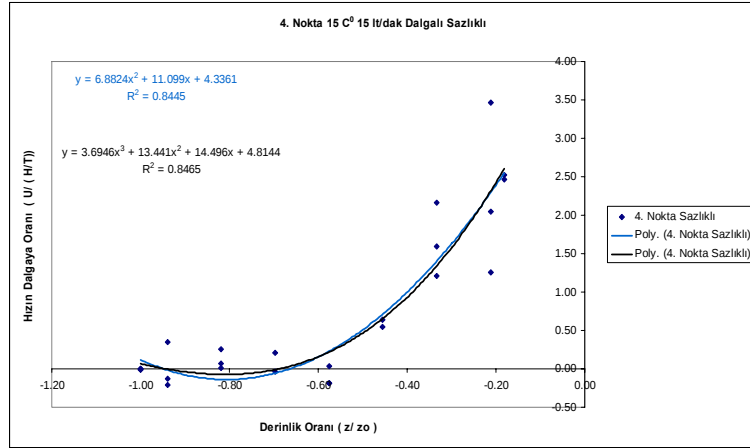
Deney Koşulları DT=15 C⁰, ve 15 lt/dak., Hs=2.5, 5, 6 cm, Ts=0.7 sn



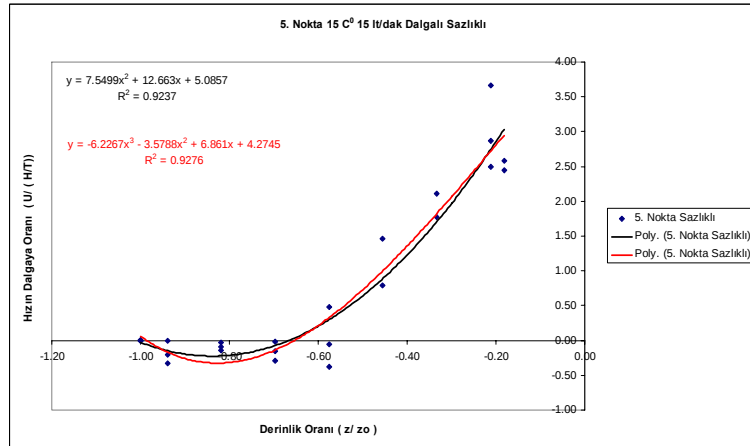
Şekil E.21: 2. Ölçüm Noktası Bağlı Hız – Bağlı Derinlik Değişimi



Şekil E.22: 3. Ölçüm Noktası Bağlı Hız – Bağlı Derinlik Değişimi



Şekil E.23: 4. Ölçüm Noktası Bağlı Hız – Bağlı Derinlik Değişimi



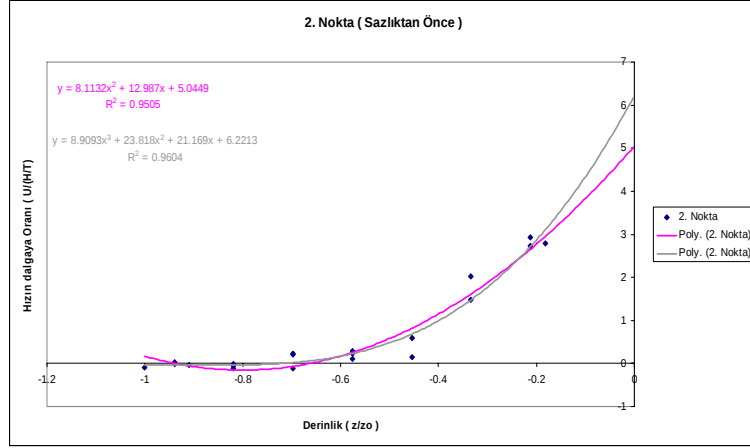
Şekil E.24: 5. Ölçüm Noktası Bağlı Hız – Bağlı Derinlik Değişimi

Ek F

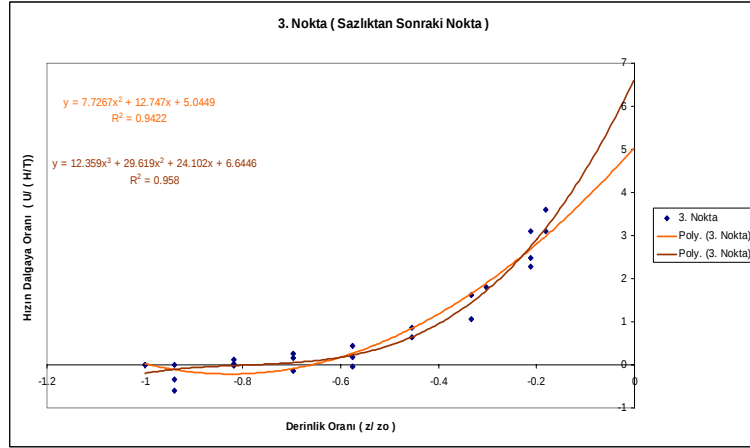
Dalgalı Ortama Deşarj Durumunda Tabandan Su Yüzeyine Kadar Bağlı Hızın Bağlı Derinlik ile Değişimi

Sazlıksız Ortam

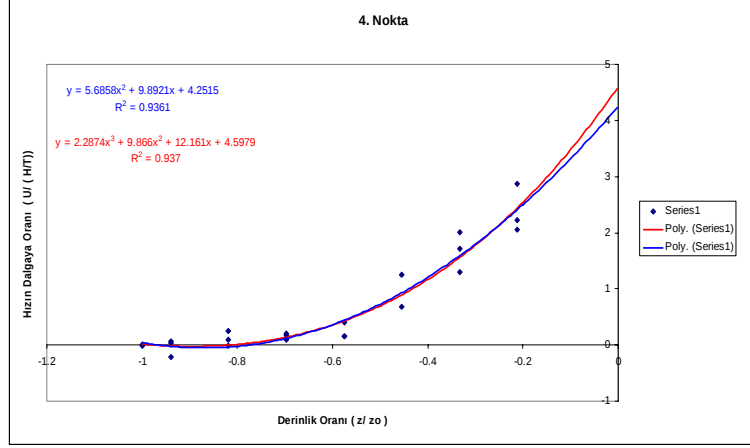
Deney Koşulları $DT=5^0C$ 15 lt/dak. $H_s=2.5, 5, 6$ cm, $T_s=0.7$ sn



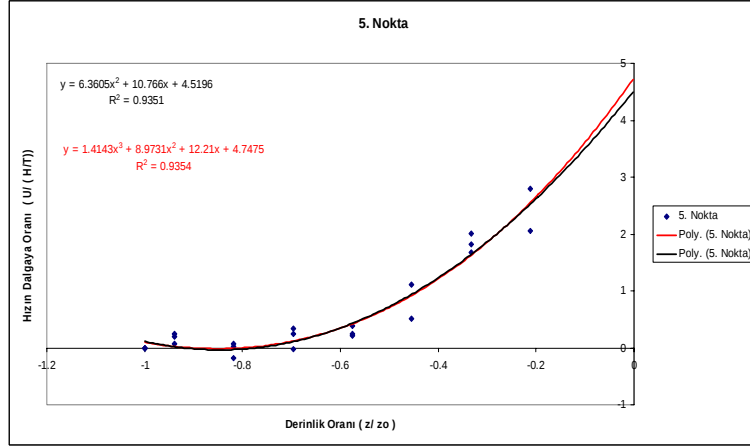
Ek F.1: 2. Ölçüm Noktası Bağlı Hız Bağlı Derinlik Değişimi



Ek F.2: 3. Ölçüm Noktası Bağlı Hız Bağlı Derinlik Değişimi

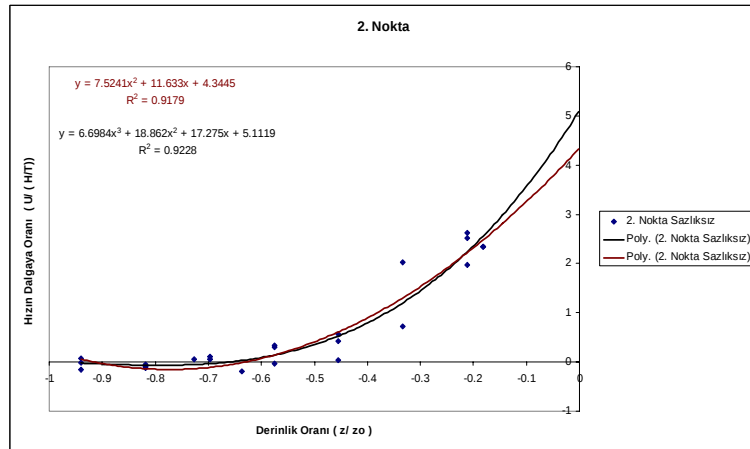


Ek F.3: 4 Ölçüm Noktası Bağlı Hız Bağlı Derinlik Değişimi

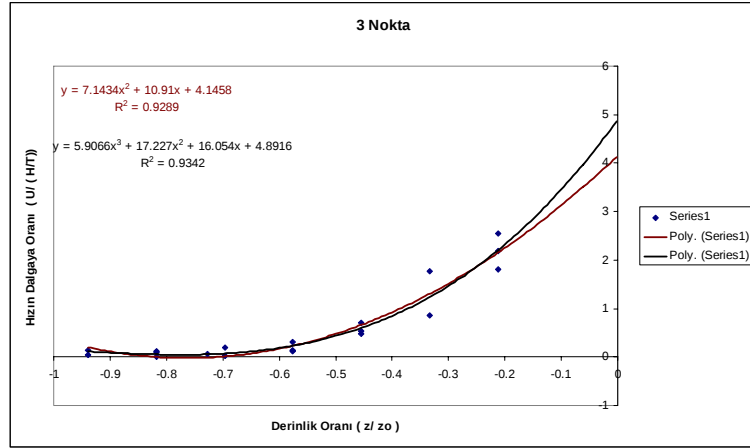


Ek F.4: 5 Ölçüm Noktası Bağlı Hız Bağlı Derinlik Değişimi

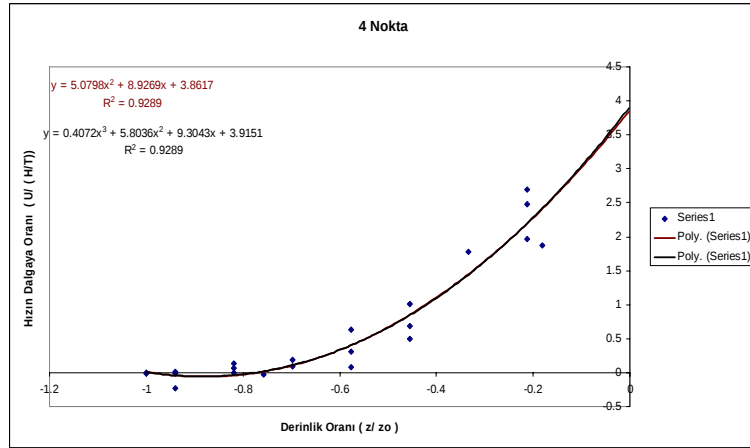
DT=5⁰C 10 lt/dak. 3 farklı dalga



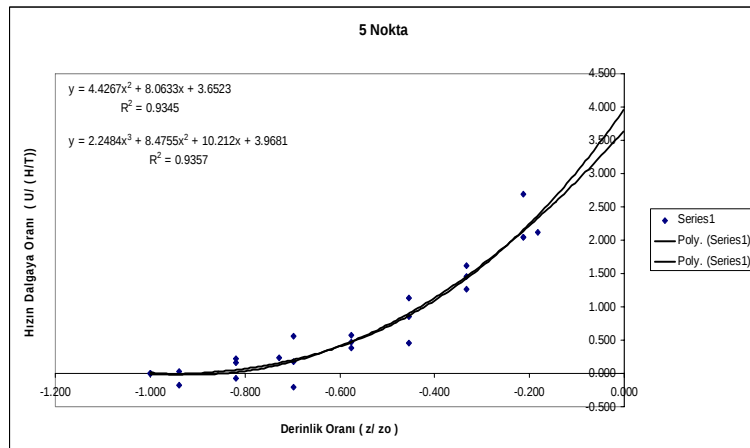
Ek F.5: 2. Ölçüm Noktası Bağlı Hız Bağlı Derinlik Değişimi



Ek F.6: 3. Ölçüm Noktası Bağlı Hız Bağlı Derinlik Değişimi

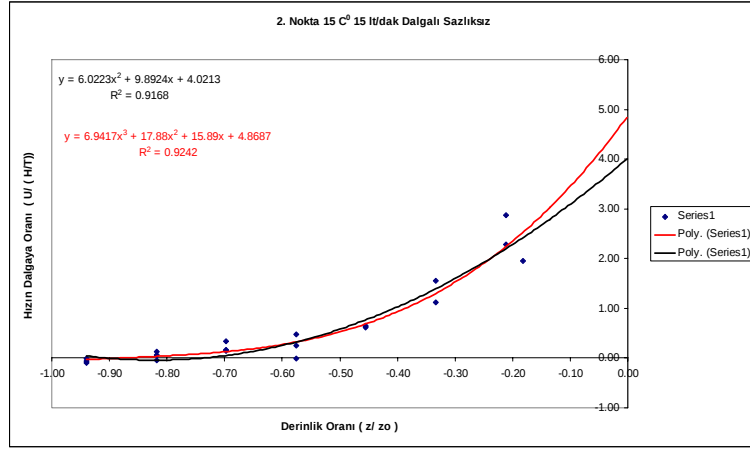


Ek F.7: 4 Ölçüm Noktası Bağlı Hız Bağlı Derinlik Değişimi

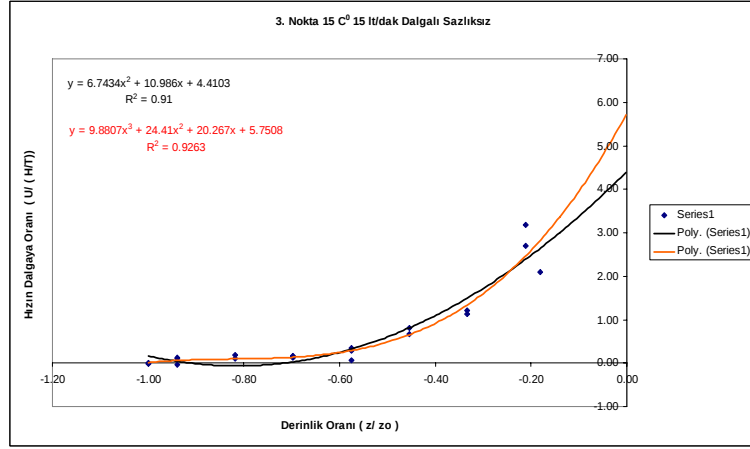


Ek F.8: 5. Ölçüm Noktası Bağlı Hız Bağlı Derinlik Değişimi

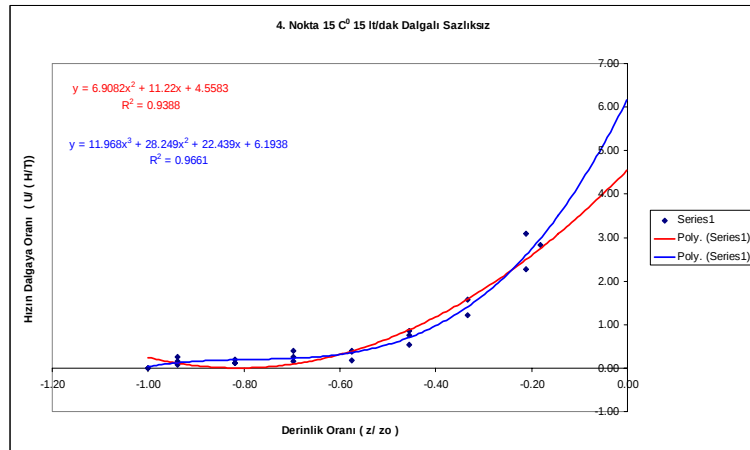
DT=15⁰C 15 lt/dak. 3 farklı dalga



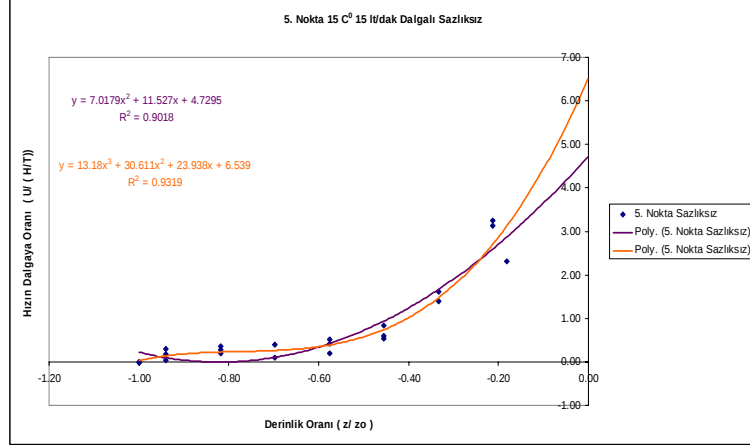
Ek F.9: 2. Ölçüm Noktası Bağlı Hız Bağlı Derinlik Değişimi



Ek F.10: 3. Ölçüm Noktası Bağlı Hız Bağlı Derinlik Değişimi

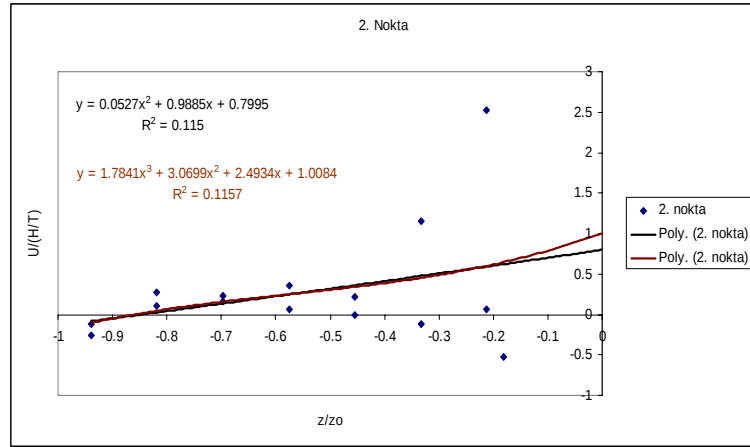


Ek F.11: 4. Ölçüm Noktası Bağlı Hız Bağlı Derinlik Değişimi

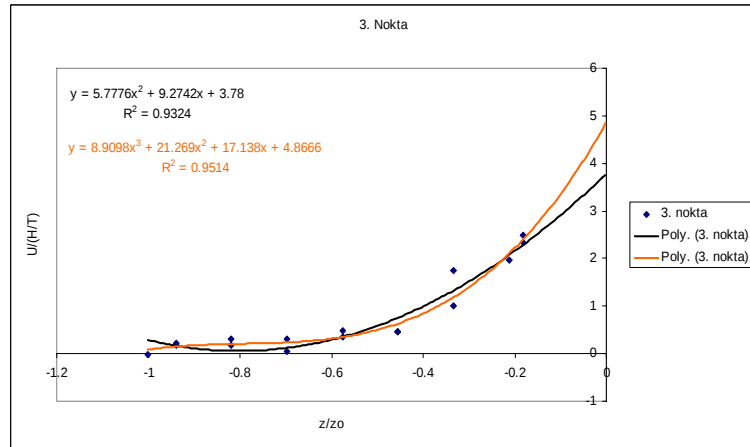


Ek F.12: 5. Ölçüm Noktası Bağlı Hız Bağlı Derinlik Değişimi

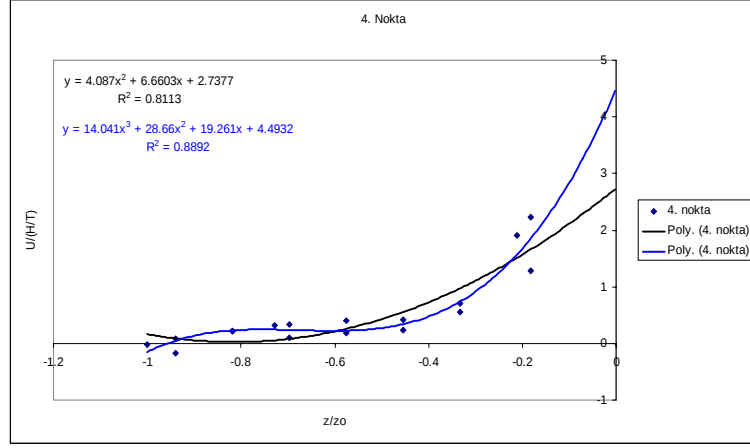
DT=15⁰C 10 lt/dak. 3 farklı dalga



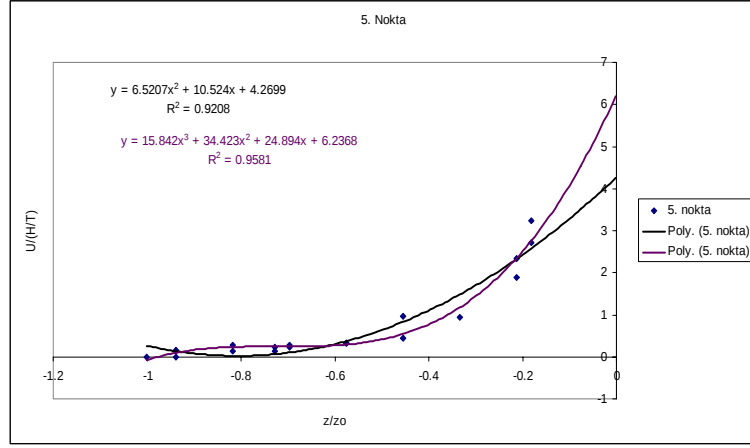
Ek F.13: 2. Ölçüm Noktası Bağlı Hız Bağlı Derinlik Değişimi



Ek F.14: 3. Ölçüm Noktası Bağlı Hız Bağlı Derinlik Değişimi



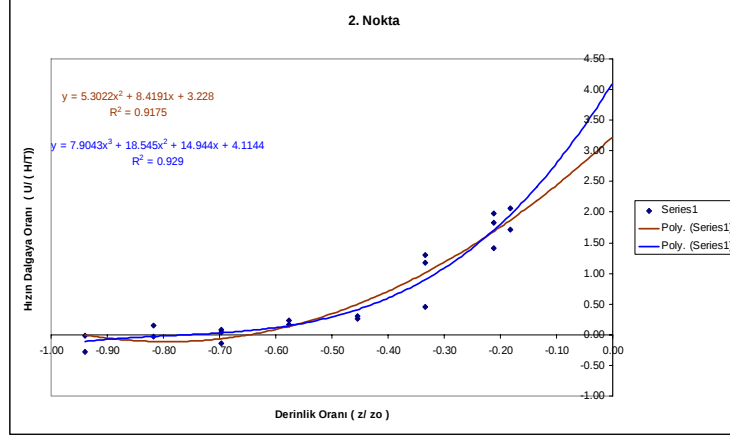
Ek F.15: 4. Ölçüm Noktası Bağlı Hız Bağlı Derinlik Değişimi



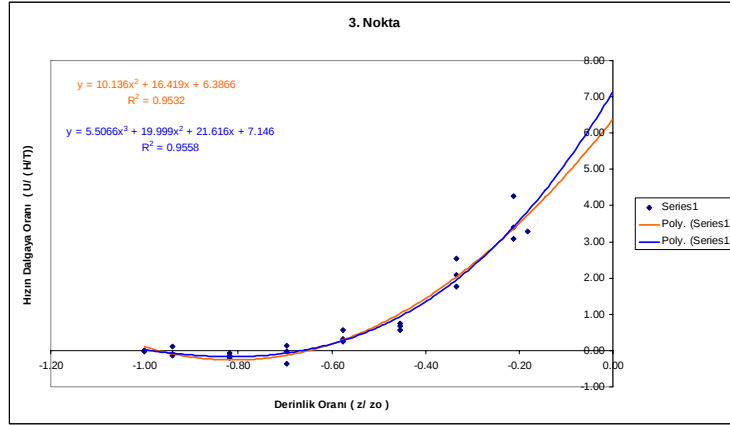
Ek F.16: 5. Ölçüm Noktası Bağlı Hız Bağlı Derinlik Değişimi

Sazlıklı Ortam

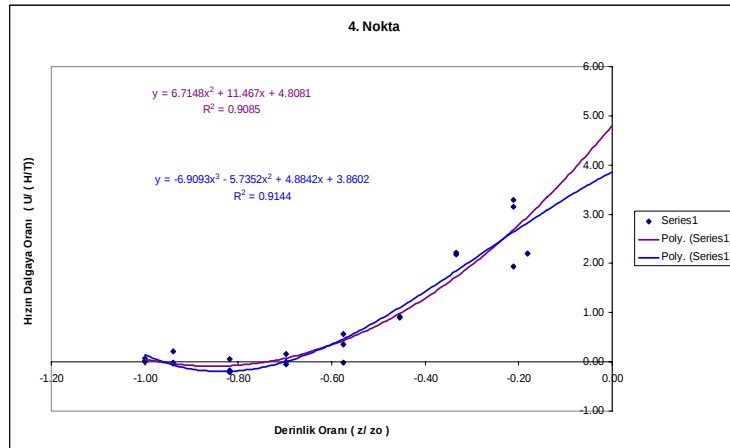
DT=5⁰C 15 lt/dak. 3 farklı dalga



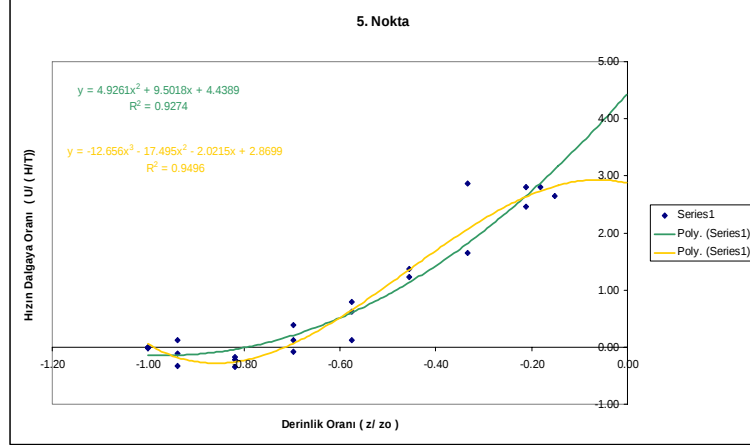
Ek F.17: 2. Ölçüm Noktası Bağlı Hız Bağlı Derinlik Değişimi



Ek F.18: 3. Ölçüm Noktası Bağlı Hız Bağlı Derinlik Değişimi

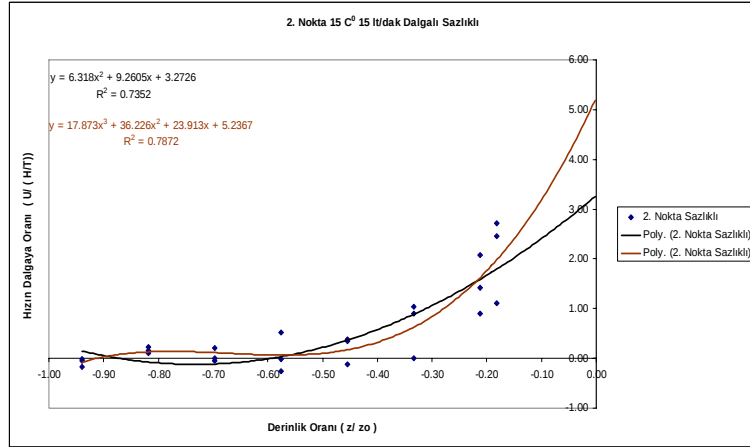


Ek F.19: 4. Ölçüm Noktası Bağlı Hız Bağlı Derinlik Değişimi

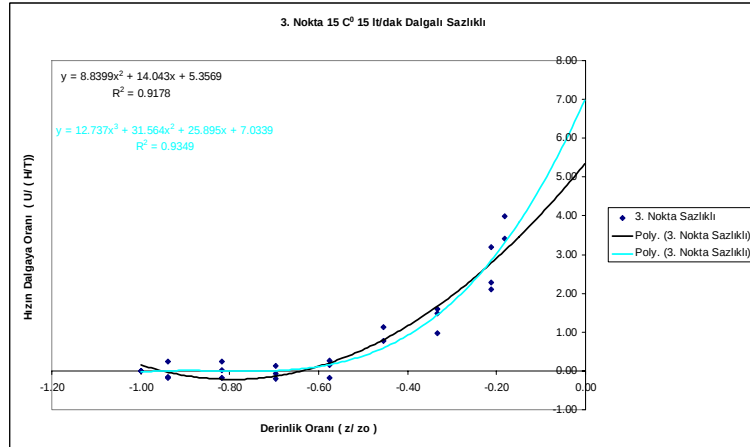


Ek F.20: 5. Ölçüm Noktası Bağlı Hız Bağlı Derinlik Değişimi

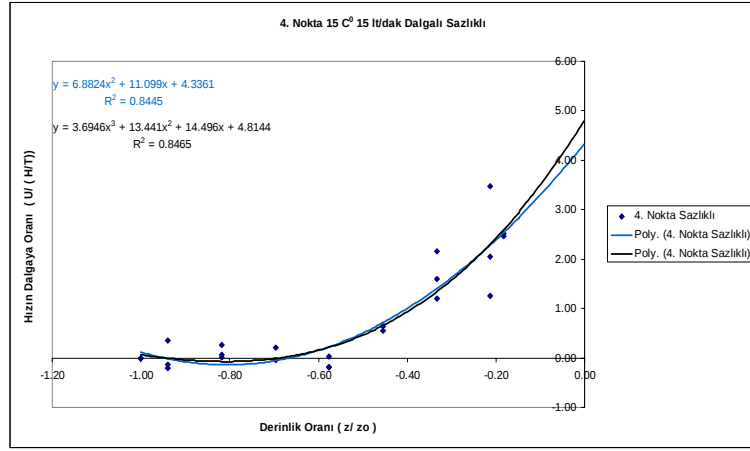
DT=15⁰C 15 lt/dak. 3 farklı dalga



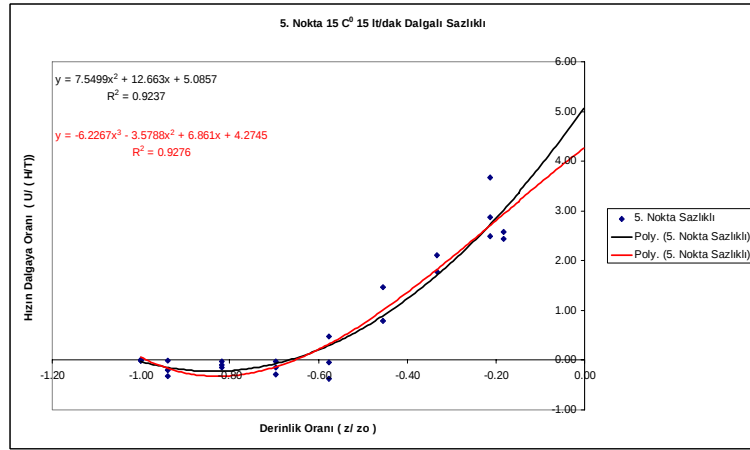
Ek F.21: 2. Ölçüm Noktası Bağlı Hız Bağlı Derinlik Değişimi



Ek F.22: 3. Ölçüm Noktası Bağlı Hız Bağlı Derinlik Değişimi



Ek F.23: 4. Ölçüm Noktası Bağlı Hız Bağlı Derinlik Değişimi



Ek F.24: 5. Ölçüm Noktası Bağlı Hız Bağlı Derinlik Değişimi

Özgeçmiş

Alpaslan AYDINGAKKO 28-05-1969 yılında Gölcük, Kocaeli’nde doğmuştur. İlk, orta ve lise eğitimini İzmit’te tamamladıktan sonra Lisans eğitimini 1994’te İTÜ İnşaat Fakültesi İnşaat Mühendisliği bölümü’nde, yüksek lisans eğitimini 1997’de İÜ Deniz Bilimleri ve İşl. Enstitüsü Kıyı Mühendisliği Bölümü’nde tamamlamıştır. 1995 yılında YTÜ İnşaat Fakültesi Hidrolik Anabilim Dalında Uzman Mühendis olarak çalışmaya başlamış daha sonra 1997 yılında İTÜ İnşaat Fakültesi Hidrolik Anabilim Dalı’na geçmiştir. Halen üniversitede çalışmaya devam etmektedir. Çalıştığı dönem içerisinde 4 adet araştırma projesi, 70’den fazla teknik araştırma raporu 20’den fazla ulusal ve uluslararası bildiri ve makalesi mevcuttur. Uzmanlık alanları Kıyı Mühendisliği, fiziksel ve nümerik modelleme ve arazi ölçümüdür.