Akarsu Kavşaklarında Taban Kotu Eşitsizliği Durumunda Akım Derinliklerinin Deneysel Olarak Araştırılması

İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Mustafa Eyhan

ORCID 0000-0002-4165-2430

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Gökçen Bombar

Kasım 2021

İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü öğrencisi **Mustafa Eyhan** tarafından hazırlanan **Akarsu Kavşaklarında Taban Kotu Eşitsizliği Durumunda Akım Derinliklerinin Deneysel Olarak Araştırılması** başlıklı bu çalışma tarafımızca okunmuş olup, yapılan savunma sınavı sonucunda kapsam ve nitelik açısından başarılı bulunarak jürimiz tarafından YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

ONAYLAYANLAR:

Tez Danışmanı: **Doç. Dr. Gökçen Bombar**
İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi

Jüri Üyeleri:

Prof. Dr. Mehmet Sorgun
İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi

Doç. Dr. Ebru Eriş
Ege Üniversitesi

Savunma Tarihi: 30.11.2021

Yazarlık Beyanı

Ben, **Mustafa Eyhan**, başlığı **Akarsu Kavşaklarında Taban Kotu Eşitsizliği Durumunda Akım Derinliklerinin Deneysel Olarak Araştırılması** olan bu tezimin ve tezin içinde sunulan bilgilerin şahsıma ait olduğunu beyan ederim. Ayrıca:

- Bu çalışmanın bütünü veya esası bu üniversitede Yüksek Lisans derecesi elde etmek üzere çalıştığım süre içinde gerçekleştirilmiştir.
- Daha önce bu tezin herhangi bir kısmı başka bir derece veya yeterlik almak üzere bu üniversiteye veya başka bir kuruma sunulduysa bu açık biçimde ifade edilmiştir.
- Başkalarının yayımlanmış çalışmalarına başvurduğum durumlarda bu çalışmalara açık biçimde atıfta bulundum.
- Başkalarının çalışmalarından alıntıladığımda kaynağı her zaman belirttim. Tezin bu alıntılar dışında kalan kısmı tümüyle benim kendi çalışmamdır.
- Kayda değer yardım aldığım bütün kaynaklara teşekkür ettim.
- Tezde başkalarıyla birlikte gerçekleştirilen çalışmalar varsa onların katkısını ve kendi yaptıklarımı tam olarak açıkladım.

Tarih: 30.11.2021

Akarsu Kavşaklarında Taban Kotu Eşitsizliği Durumunda Akım Derinliklerinin Deneysel Olarak Araştırılması

Öz

Bu tez çalışmasında, akarsu kavşaklarında taban kotlarının eşitsizliği durumunda akım derinlikleri deneysel olarak araştırılmıştır. Deneyler, İzmir Katip Çelebi Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Hidrolik Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir. Ana kanal 2 m, yan kollar 1 m genişliğindedir ve yan kollar birbiri ile 90°'lik açı ile bağlanmaktadır. Yan kolların taban kotları ana kanal taban kotundan 10 cm yüksekte bulunmaktadır. Deneylerde mansap derinliği ve yan kollardan gelen debiler değiştirilerek, akım derinlikleri kanal ekseninde akım yönünde yan kol ve kavşak civarında 25 cm, mansaba doğru 50 cm aralıklarla ölçülmüş ve buna bağlı olarak su yüzeyi profilleri oluşturulmuştur. Su yüzeyi profili için sayısal modelleme yapılarak deneysel sonuçlar ile karşılaştırılmıştır.

Kullanılan direkt adım yönteminde H_2 profili elde edilmiş olup sayısal ve deneysel sonuçların uyumu kabul edilebilir düzeydedir. Bu çalışmada ana kanal ve yan kol debileri arasındaki oranın akım derinliklerine etkisi incelenmiştir. Çalışma sonucunda ana kanalda tüm deneylerde en yüksek akım derinlikleri kavşak birleşim bölgesinde görülmüştür. Yan kol debileri eşit olan deneylerde yan kol akım derinlikleri yaklaşık olarak aynıdır.

Anahtar Sözcükler: Akarsu kavşağı, su yüzeyi profili, taban kotu eşitsizliği

Experimental Investigation of Flow Depths at Confluences with Discordance

Abstract

In this thesis, the flow depths at confluences with bed discordance was experimentally investigated. The experiments were carried out in Department of Civil Engineering Hydraulic Laboratory in Izmir Katip Çelebi University. The width of the main channel is 2 m and the width of both tributary channels are 1 m and are connected with an angle of 90°. The bed elevation of the tributary channels are 10 cm higher than the main channel bed elevation. In the experiments, the flow depth at the downstream of the post-confluence channel and the flow rates in the tributary channels were different for each scenario. The flow depths were measured with an interval of 25 cm in the tributary channels and in the vicinity of the confluence. At the downstream the flow depths were measured with 50 cm intervals which helped to obtain the water surface profiles along the confluence. Numerical modeling was performed to get the water surface profile and the results were compared with the experimental ones. The direct step method was used revealing H_2 profile for the nonuniform gradually varied flow in the main channel.

The compatibility of the numerical and experimental results is at an acceptable level. Also, the effect of the discharge ratio of the main channel and tributary channels on flow depths was examined. As a result of the study, in all experiments the highest flow depths were observed in the junction area in the main channel. When the discharges in the tributary channels are equal, tributary flow depths measured were

nearly the same. In other experiments, for those experiments with higher discharge in the tributary channel attain higher flow depths.

Keywords: Confluence, water surface profiles, bed discordance

Aileme ve tüm sevdiklerime,

Teşekkür

Bu tez çalışmasında; gerek ders aşamasında, gerekse tez döneminde desteğini ve yardımını esirgemeyen tez danışmanım Doç. Dr. Gökçen Bombar'a ve yüksek lisansa beraber başladığım, tüm aşamalarda desteğini esirgemeyen arkadaşım Cihan Canıbek'e teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca uzun süren yüksek lisans sürecimde vermiş olduğum emeklerimin karşılığını alabilmem adına beni cesaretlendiren annem ve ablama teşekkürü bir borç bilirim.

Bu tez çalışması 2017-T2L-FEBE-0042 No.lu "Akarsu Kavşaklarında Taban Kotu Eşitzliği Durumunda Akım Derinliklerinin Deneysel Olarak Araştırılması" isimli proje kapsamında yapılmıştır.

İçindekiler

Yazarlık Beyanı ii

Öz iii

Abstract iv

Teşekkür vii

Şekiller Listesi x

Tablolar Listesi xiv

Kısaltmalar Listesi xvi

Semboller Listesi xvii

1 Giriş 1

2 Teorik Yaklaşım 6

3 Deney Düzeneği, Cihazlar ve Deneysel Yöntem 16

3.1 Deney Düzeneği 16

3.2 Cihazlar 30

3.3 Deneysel Yöntem 32

4 Deneysel Sonuçlar 39

5 Sayısal Çalışma 53

5.1 Su Yüzeyi Profilleri 53

5.2 Enerji Denklemi 56

5.2.1 Direkt (Doğrudan) Adım Yöntemi 58

5.2.2 Standart Adım Yöntemi 58

5.3 Sayısal Çözümün Deneysel Sonuçlar ile Karşılaştırılması 59

6 Sonuçlar 66

Kaynaklar 67

Ekler **70**

Ek A 71

Özgeçmiş **111**

Şekiller Listesi

Şekil 1.1: Simetrik akarsu kavşağı [3]. 2
Şekil 1.2: Asimetrik akarsu kavşağı [4]. 2
Şekil 1.3: Asimetrik açık kanal kavşaklarında akım karakteristiği [5]. 3
Şekil 1.4: (a) Plan görünüm (b) A-A boykesiti. 4

Şekil 2.1: Dik açılı, dikdörtgen enkesitli açık kanal kavşağında akımların birleşmesi [8]. 7
Şekil 2.2: Kanal ve akarsu kavşaklarındaki akarsu yapısı [13]. 8
Şekil 2.3: Akım yönünde sapmalar (a) taban kotu eşitsizliği (45° açıyla zemine konan basamak), (b) taban kotu eşitsizliği (90° açıyla zemine konan basamak) (c) taban kotu eşitliği [19]. 10
Şekil 2.4: Hız vektörlerinin duvar çeperine göre durumu (a) taban kotu eşitsizliği (45° açıyla zemine yerleştirilen basamak), (b) taban kotu eşitsizliği (90° açıyla zemine yerleştirilen basamak), (c) taban kotu eşitliği [19]. 11
Şekil 2.5: Fiziksel model görünümü [25]. 13
Şekil 2.6: Çalışmanın şematiği [28]. 15

Şekil 3.1: Deney düzeneği laboratuvar görüntüsü (a) sol cephe (b) sağ cephe. 16
Şekil 3.2: Deney düzeneği plan görüntüsü. 18
Şekil 3.3: Deney düzeneği taban kotu eşitsizliği laboratuvar görüntüsü. 19
Şekil 3.4: Dikdörgen savak üzerine sabitlenmiş kumpas. 20
Şekil 3.5: Dikdörgen savak üzerinde kumpas ile yükseklik ölçümü yapılması. 21
Şekil 3.6: (a) dikdörtgen savak plan görüntüsü, (b) keskin kenarlı dikdörtgen savak kesiti, (c) dikdörtgen savak yan görünümü, (d) dikdörtgen savak 3 boyut görünümü 22
Şekil 3.7: Su deposu. 23

Şekil 3.8: (a) Su deposuna bağlı, 2 no.lu santrifüj pompasına su aktarımını sağlayan kelebek vana (b) su deposuna bağlı, 1 no.lu santrifüj pompasına su aktarımını sağlayan kelebek vana.....24
Şekil 3.9: 1 nolu santrifüj pompa.....25
Şekil 3.10: 2 nolu santrifüj pompası. 25
Şekil 3.11: Devridaim tankı.....26
Şekil 3.12: Deney düzeneği zemin kat plan görünümü. 27
Şekil 3.13: Deney düzeneği bodrum kat plan görünümü.....28
Şekil 3.14: Deney düzeneğinde su aktarımını sağlayan borular üzerindeki vanalar..29
Şekil 3.15: (a) 1 nolu pompaya elektrik akımı sağlayan pano (b) 2 nolu pompaya elektrik akımı sağlayan pano.....30
Şekil 3.16: (a) Debimetre cihazı (b) debimetre ekranı.....31
Şekil 3.17: Kanal üzerinde bulunan limnimetre. 31
Şekil 3.18: Lazer hizalama cihazı.....32
Şekil 3.19: Kanal üzerinde limnimetre ile yükseklik ölçümü yapılması.....34
Şekil 3.20: Kanal boyunca ölçüm yapılan noktalar. 35
Şekil 3.21: Kanal boyunca ölçüm yapılan noktalara ait ölçek büyütülmüş kesit.....36
Şekil 3.22: Deney setinde tanımlanmış eksen takımı. 36

Şekil 4.1: Deney 1 - Taban ve su yüzeyi profilleri (a) ana kanal ve yan kolların ekseninde (b) ana kanal ve yan kolların birleşim enkesitinde (x=0,707 m) (c) kavşak içinde (0< x <1,2 m) (d) kavşak görüntüsü. 42
Şekil 4.2: Deney 2 - Taban ve su yüzeyi profilleri (a) ana kanal ve yan kolların ekseninde (b) ana kanal ve yan kolların birleşim enkesitinde (x=0,707 m) (c) kavşak içinde (0< x <1,2 m) (d) kavşak görüntüsü. 43
Şekil 4.3: Deney 3 - Taban ve su yüzeyi profilleri (a) ana kanal ve yan kolların ekseninde (b) ana kanal ve yan kolların birleşim enkesitinde (x=0,707 m) (c) kavşak içinde (0< x <1,2 m) (d) kavşak görüntüsü. 44
Şekil 4.4: Deney 4 - Taban ve su yüzeyi profilleri (a) ana kanal ve yan kolların ekseninde (b) ana kanal ve yan kolların birleşim enkesitinde (x=0,707 m) (c) kavşak içinde (0< x <1,2 m) (d) kavşak görüntüsü. 45

Şekil 4.5: Deney 5 - Taban ve su yüzeyi profilleri (a) ana kanal ve yan kolların ekseninde (b) ana kanal ve yan kolların birleşim enkesitinde (x=0,707 m) (c) kavşak içinde (0< x <1,2 m) (d) kavşak görüntüsü. 46
Şekil 4.6: Deney 6 - Taban ve su yüzeyi profilleri (a) ana kanal ve yan kolların ekseninde (b) ana kanal ve yan kolların birleşim enkesitinde (x=0,707 m) (c) kavşak içinde (0< x <1,2 m) (d) kavşak görüntüsü. 47
Şekil 4.7: Deney 7 - Taban ve su yüzeyi profilleri (a) ana kanal ve yan kolların ekseninde (b) ana kanal ve yan kolların birleşim enkesitinde (x=0,707 m) (c) kavşak içinde (0< x <1,2 m) (d) kavşak görüntüsü. 48
Şekil 4.8: Deney 8 - Taban ve su yüzeyi profilleri (a) ana kanal ve yan kolların ekseninde (b) ana kanal ve yan kolların birleşim enkesitinde (x=0,707 m) (c) kavşak içinde (0< x <1,2 m) (d) kavşak görüntüsü. 49
Şekil 4.9: Deney 9 - Taban ve su yüzeyi profilleri (a) ana kanal ve yan kolların ekseninde (b) ana kanal ve yan kolların birleşim enkesitinde (x=0,707 m) (c) kavşak içinde (0< x <1,2 m) (d) kavşak görüntüsü. 50
Şekil 4.10: Deney 10 - Taban ve su yüzeyi profilleri (a) ana kanal ve yan kolların ekseninde (b) ana kanal ve yan kolların birleşim enkesitinde (x=0,707 m) (c) kavşak içinde (0< x <1,2 m) (d) kavşak görüntüsü. 51

Şekil 5.1: Su yüzeyi profilleri ve tipleri (a) mild slope: yumuşak eğim, (b) steep slope: sert eğim, (c) critical slope: kritik eğim, (d) horizontal: yatay, (e) adverse slope: ters eğim [30].....54
Şekil 5.2: Tipik dikdörtgen geometrili açık kanal kesiti ve enerji çizgisi.....57
Şekil 5.3: Deney 1 – Ana kanalda direkt adım yöntemi ile elde edilen su yüzeyi profilinin deneysel sonuçlar ile karşılaştırılması. 60
Şekil 5.4: Deney 2 - Ana kanalda direkt adım yöntemi ile elde edilen su yüzeyi profilinin deneysel sonuçlar ile karşılaştırılması. 60
Şekil 5.5: Deney 3 - Ana kanalda direkt adım yöntemi ile elde edilen su yüzeyi profilinin deneysel sonuçlar ile karşılaştırılması. 60
Şekil 5.6: Deney 4 - Ana kanalda direkt adım yöntemi ile elde edilen su yüzeyi profilinin deneysel sonuçlar ile karşılaştırılması. 61
Şekil 5.7: Deney 5 - Ana kanalda direkt adım yöntemi ile elde edilen su yüzeyi profilinin deneysel sonuçlar ile karşılaştırılması. 61

Şekil 5.8: Deney 6 - Ana kanalda direkt adım yöntemi ile elde edilen su yüzeyi profilinin deneysel sonuçlar ile karşılaştırılması. 61
Şekil 5.9: Deney 7 - Ana kanalda direkt adım yöntemi ile elde edilen su yüzeyi profilinin deneysel sonuçlar ile karşılaştırılması. 62
Şekil 5.10: Deney 8 - Ana kanalda direkt adım yöntemi ile elde edilen su yüzeyi profilinin deneysel sonuçlar ile karşılaştırılması. 62
Şekil 5.11: Deney 9 - Ana kanalda direkt adım yöntemi ile elde edilen su yüzeyi profilinin deneysel sonuçlar ile karşılaştırılması. 62
Şekil 5.12: Deney 10 - Ana kanalda direkt adım yöntemi ile elde edilen su yüzeyi profilinin deneysel sonuçlar ile karşılaştırılması. 63
Şekil 5.13: Ölçülen ve hesaplanan su seviyelerinin karşılaştırılması (a) deney 1 (b) deney 2 (c) deney 3 (d) deney 4 (e) deney 5 (f) deney 6 (g) deney 7 (h) deney 8 (ı) deney 9 (i) deney 10.....64

Tablolar Listesi

Tablo 3.1: Çalışma kapsamında deney setindeki parametreler ve değerleri.....33
Tablo 3.2: Ölçüm yapılan noktalara ilişkin koordinat bilgileri (Sol Yan Kol- Sağ Yan Kol 37
Tablo 3.3: Ölçüm yapılan noktalara ilişkin koordinat bilgileri (Ana Kanal).....38

Tablo 4.1: Deneylerde elde edilen Froude sayısı değerleri.....39
Tablo 4.2: Deneylerde elde edilen akım derinlikleri 40
Tablo 4.3: Deneylerde elde edilen Reynolds sayısı değerleri 41

Tablo 5.1: Su yüzeyi profili tipleri [31] 55
Tablo 5.2: Ana kanalda elde edilen Froude sayısı değerleri 56
Tablo 5.3: Deneysel çalışma ve direkt adım yöntemi arasındaki hata değerleri.....65

Tablo A.1.1: Deney 1 – Sağ yan koldaki derinlikler 71
Tablo A.1.2: Deney 1 – Sol yan koldaki derinlikler.....72
Tablo A.1.3: Deney 1 – Ana kanaldaki derinlikler.....73
Tablo A.1.4: Deney 1 – Ana kanal enkesitindeki derinlikler 74
Tablo A.1.5: Deney 2 – Sağ yan koldaki derinlikler 75
Tablo A.1.6: Deney 2 – Sol yan koldaki derinlikler.....76
Tablo A.1.7: Deney 2 – Ana kanaldaki derinlikler.....77
Tablo A.1.8: Deney 2 – Ana kanal enkesitindeki derinlikler 78
Tablo A.1.9: Deney 3 – Sağ yan koldaki derinlikler 79
Tablo A.1.10: Deney 3 – Sol yan koldaki derinlikler.....80
Tablo A.1.11: Deney 3 – Ana kanaldaki derinlikler.....81
Tablo A.1.12: Deney 3 – Ana kanal enkesitindeki derinlikler 82
Tablo A.1.13: Deney 4 – Sağ yan koldaki derinlikler 83
Tablo A.1.14: Deney 4 – Sol yan koldaki derinlikler.....84
Tablo A.1.15: Deney 4 – Ana kanaldaki derinlikler.....85

Tablo A.1.16: Deney 4 – Ana kanal enkesitindeki derinlikler 86
Tablo A.1.17: Deney 5 – Sağ yan koldaki derinlikler 87
Tablo A.1.18: Deney 5 – Sol yan koldaki derinlikler.....88
Tablo A.1.19: Deney 5 – Ana kanaldaki derinlikler.....89
Tablo A.1.20: Deney 5 – Ana kanal enkesitindeki derinlikler 90
Tablo A.1.21: Deney 6 – Sağ yan koldaki derinlikler 91
Tablo A.1.22: Deney 6 – Sol yan koldaki derinlikler.....92
Tablo A.1.23: Deney 6 – Ana kanaldaki derinlikler.....93
Tablo A.1.24: Deney 6 – Ana kanal enkesitindeki derinlikler 94
Tablo A.1.25: Deney 7 – Sağ yan koldaki derinlikler 95
Tablo A.1.26: Deney 7 – Sol yan koldaki derinlikler.....96
Tablo A.1.27: Deney 7 – Ana kanaldaki derinlikler.....97
Tablo A.1.28: Deney 7 – Ana kanal enkesitindeki derinlikler 98
Tablo A.1.29: Deney 8 – Sağ yan koldaki derinlikler 99
Tablo A.1.30: Deney 8 – Sol yan koldaki derinlikler.....100
Tablo A.1.31: Deney 8 – Ana kanaldaki derinlikler.....101
Tablo A.1.32: Deney 8 – Ana kanal enkesitindeki derinlikler 102
Tablo A.1.33: Deney 9 – Sağ yan koldaki derinlikler 103
Tablo A.1.34: Deney 9 – Sol yan koldaki derinlikler.....104
Tablo A.1.35: Deney 9 – Ana kanaldaki derinlikler.....105
Tablo A.1.36: Deney 9 – Ana kanal enkesitindeki derinlikler 106
Tablo A.1.37: Deney 10 – Sağ yan koldaki derinlikler 107
Tablo A.1.38: Deney 10 – Sol yan koldaki derinlikler.....108
Tablo A.1.39: Deney 10 – Ana kanaldaki derinlikler.....109
Tablo A.1.40: Deney 10 – Ana kanal enkesitindeki derinlikler 110

Kısaltmalar Listesi

T1	sağ yan kol
T2	sol yan kol
P-C	ana kanal
RW	dikdörtgen savak
V1-V2-V3	sürgülü vanalar
V4	kelebek vana
RC	su dönüş kanalı
MSE	ortalama kare hata
RMSE	kök ortalama kare hata
MAE	ortalama mutlak hata
Hz	Hertz (frekans)
kW	kilowatt
M	merdiven
PL	platform
TÇ	mansap kapağı
M_1, M_2, M_3	su yüzeyi profili tipi
S_1, S_2, S_3	su yüzeyi profili tipi
C_1, C_2, C_3	su yüzeyi profili tipi
H_2, H_3	su yüzeyi profili tipi
A_2, A_3	su yüzeyi profili tipi

Semboller Listesi

g	yer çekimi ivmesi
h	akım derinliği
h_c	kritik akım derinliği
h_0	üniform akım derinliği
h_a	dikdörtgen savak su derinliği
h_s	dikdörtgen savak dolu su derinliği
h_k	yük kaybı
h_1	1 noktası akım derinliği
h_2	2 noktası akım derinliği
$h_{P\text{-}C}$	kavşağın mansap kısmındaki akım derinliği
A	kesit alanı
b	serbest su yüzeyi genişliği
b_{T1}	sağ yan kol su yüzeyi genişliği
b_{T2}	sol yan kol su yüzeyi genişliği
$b_{P\text{-}C}$	ana kanal su yüzeyi genişliği
Δz	kot farkı
Q	debi
Q_{T1}	sağ yan kol debisi
Q_{T2}	sol yan kol debisi
$Q_{P\text{-}C}$	ana kanal debisi
V	akım hızı
$V_{P\text{-}C}$	ana kanal akım hızı

Fr	Froude sayısı
$Fr_{P\text{-}C}$	ana kanal Froude sayısı
R	hidrolik yarıçap
U	ıslak çevre
F	kuvvet
E	özgül enerji
ΔE	iki özgül enerji arası fark
S_0	taban eğimi
S_c	kritik eğim
S_w	su yüzeyi eğimi
S_e	enerji çizgisi eğimi
$\bar{S}_e$	iki enerji çizgisi eğimi aritmetik ortalaması
Δx	1-2 nolu kesit arası mesafe
n	Manning pürüzlülük katsayısı
θ	ana kanal ve yan kollar arasındaki açı
c_d	Rehbock formülü debi katsayısı
x	akım yönünü gösteren eksen
y	yan yöndeki eksen
z	kot
l	her iki yan kola uzanan eksen
α	kinetik enerji düzeltme katsayısı
Re	Reynolds sayısı

Bölüm 1

Giriş

Akarsular, doğal bir yatakta akan su kütleleri olarak ifade edilmektedir. Bu anlatıma bağlı olarak akarsu teriminin ülkemizde çay, dere, su, ırmak ve nehir gibi adlar verilen ve doğal bir yatağa bağlı olarak akan büyük, küçük bütün su kütlelerini kapsadığı söylenebilir. İnsanoğlunun bilinen tarihinde akarsular hep var olmuş ve kullanılmıştır. Teknolojik gelişmeler ile beraber bu kullanım gelişmiş ve çeşitlenmiştir. Günümüz insanları tarafından genellikle enerji ihtiyacını karşılamak, tarım alanlarının sulanması, balıkçılık vs. faaliyetler için kullanılmaktadır [1].

Su, insanoğlu için vazgeçilmez bir gereksinimdir. Bilinen tarih sürecinde insanoğlu ya suyun çok az olduğu ya da gereğinden çok fazla olduğu yerlere yerleşmişlerdir. Su kaynağının gereğinden çok fazla olması insanoğlunu su taşkınlarından korunma noktasında çözüm üretmesine yöneltmiştir. Su yetersizliği olan durumlarda ise suyu daha verimli kullanma ve depolama noktasında mühendislik çözümlerine yöneltmiştir. Su insan için ne kadar verimli, gerekli bir nimet olsa da bazı noktalarda da felaket sebebi olabilmektedir. Taşkınlar ile gelen süründü malzemeler tarım alanlarının tahrip olmasına, toprağın alkalileşmesine sebep olmakta ve yerleşim yerleri için de tehlike arz etmektedir. Bu sebeple su kaynaklarının doğru ve güvenli kullanılması büyük önem arz etmektedir.

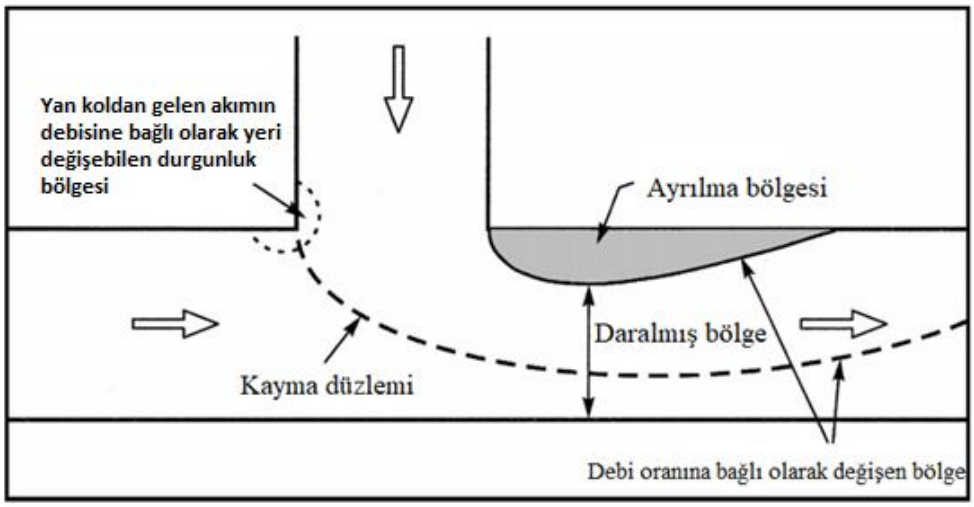
Akarsu kavşağı iki veya daha fazla akarsuyun birleşerek birbirine karıştığı yer olarak tanımlanmaktadır [2]. Bu kavşaklar farklı tiplerde olabilmektedir. İki yan kolun birleşerek ana kanalı oluşturduğu simetrik kavşaklar (Şekil 1.1) veya bir ana kola başka bir yan kolun bağlanması ile oluşan asimetrik kavşaklar (Şekil 1.2) bu tiplere örnektir.

Şekil 1.1: Simetrik akarsu kavşağı [3]

Şekil 1.2: Asimetrik akarsu kavşağı [4]

İki ve daha fazla akarsuyun birleşerek kavşak noktası oluşturması tek bir akarsu olarak akmaya devam etmesi durumu açık kanal hidroliğinde sık rastlanılan bir durumdur.

Açık kanal kavşaklarında akım karakteristiğini oluşturan ana etmenler Şekil 1.3'te verilen akarsu kavşağı planında gösterildiği gibi şu şekilde sıralanabilir: Yan kollar ile ana kanalın oluşturduğu kavşakta bir ayrılma bölgesi bulunur. Kavşağın membaya bakan bölgesinde durgunluk bölgesi oluşur. Yan kollardan gelen akımların birleşmesi ile kayma düzlemi oluşur. Mansaptan kanalların birleştiği memba kısmına doğru akım derinliğinin arttığı gözlenir [5].

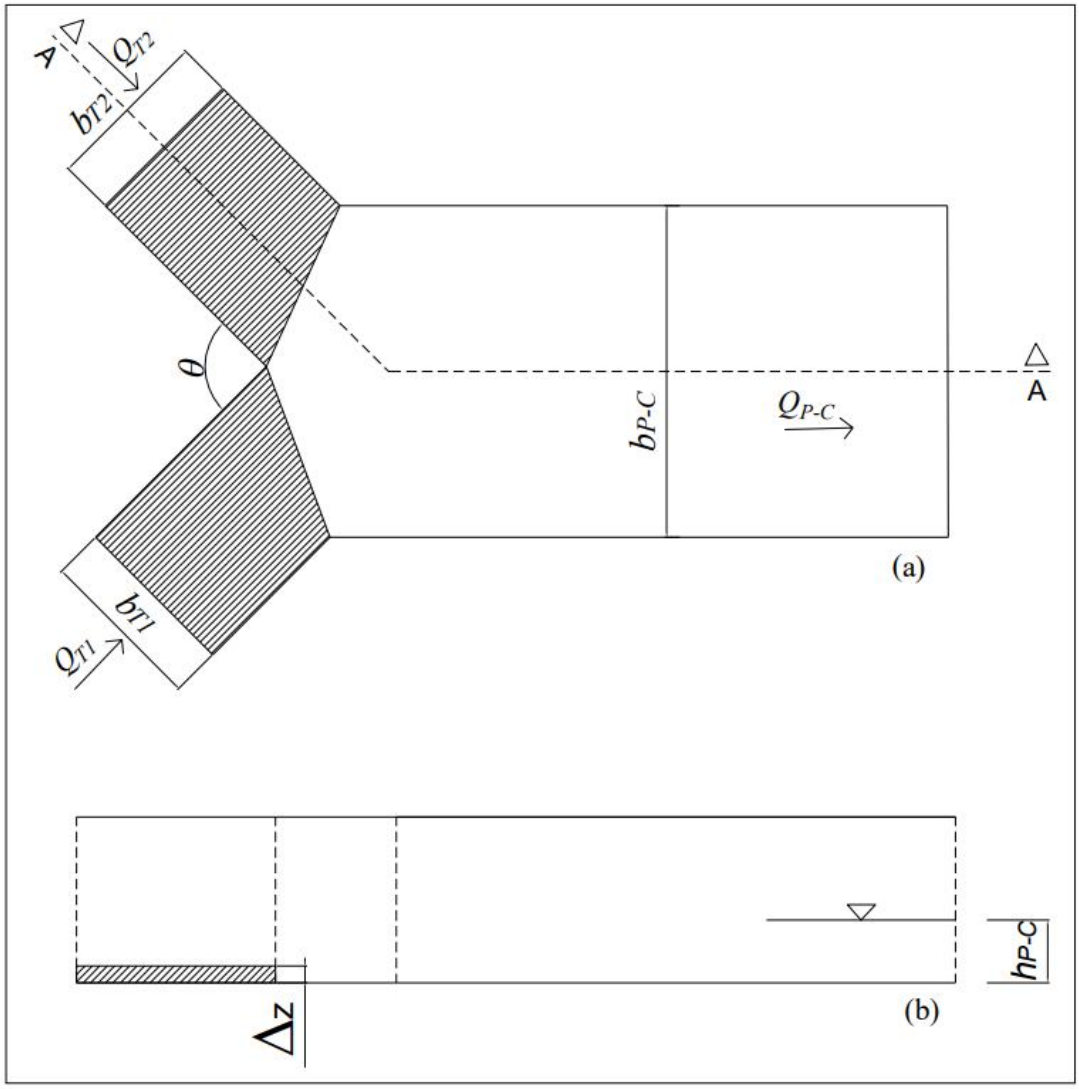


Şekil 1.3: Asimetrik açık kanal kavşaklarında akım karakteristiği [5]

Akarsu kolları akım boyunca farklı haznelerden topladıkları su ve sedimentleri kavşak birleşim noktalarına kadar getirmekte ve bu bölgelerde birleşen su ve sedimentler sebebiyle akarsu morfolojik yapısı değişmektedir. Kollardan taşınan debi ve sediment miktarına bağlı olarak akarsu kavşaklarında ana kol ve yan kol tabanları arasında bir miktar kot farkı oluşmaktadır. Bu tipte olan kavşak noktalarına taban kotu eşitsizliği denilmektedir (discordant bed). Bu kot eşitsizliklerine ana kol ve yan kollardan gelen farklı sediment miktarlarının akarsu kavşağında oluşturduğu birikme ve oyulmalar sebep olmaktadır [6].

Kavşak içinde mansap ve memba derinliklerinin bilinmesi, oluşacak yük kayıplarının tahmin edilebilmesi açısından önemlidir. Bu konudaki çalışmalar genellikle kot eşitliği durumunda, asimetrik kavşaklar için yapılmıştır. Ancak simetrik akarsu kavşaklarında kot eşitsizliği durumunda yapılmış bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Bu çalışmada ele alınan kot eşitsizliğine sahip simetrik akarsu kavşağının plan ve boykesit görünümü Şekil 1.4'te sunulmuştur. Burada Q_{T1} sağ yan kol, Q_{T2} sol yan kol, $Q_{P\text{-}C}$ ana kanal debisi, b_{T1} sağ yan kol genişliği, b_{T2} sol yan kol genişliği, $b_{P\text{-}C}$ ana kanal genişliği, Δz kot farkı, θ yan kollar arasındaki açı, $h_{P\text{-}C}$ ise mansap akım derinliğidir.



Şekil 1.4: (a) Plan görünüm (b) A-A boykesiti

Bu çalışmada birbirine 90°'lik açıyla bağlanan simetrik kanal üzerinde yan kollardan gelen debiler (Q_{T1} ve Q_{T2}) ve mansap derinlikleri ($h_{P\text{-}C}$) değiştirilerek farklı koşullar altında kavşak içinde, ana kanal ve yan kollarda eksende akım derinlikleri ölçülüp, su

yüzeyi profilleri oluşturulmuş ve simetrik akarsu kavşaklarının davranışı hakkında yorumlamalar yapmak amaçlanmıştır.

Bu çalışma ile aynı, farklı debi ve debi oranları ile mansap koşullarında, kavşaktaki akım derinliği ve su yüzeyi profili sayısal olarak belirlenmiştir ve elde edilen sonuçlar deneysel bulgular ile karşılaştırılmıştır.

Bu tez çalışması kapsamında, 1. bölümde çalışmanın kapsamı ve amacından bahsedilmiş, 2. bölümde daha önce yapılan bazı çalışmalar sunulmuş, 3. bölümde deney düzeneğinden, kullanılan cihazlardan ve deneysel yöntemden bahsedilmiş, 4. bölümde deneysel sonuçlar ele alınmış, 5. bölümde kullanılan sayısal çalışmanın içeriği verilmiş ve çalışma kapsamında elde edilen sonuçlara 6. bölümde yer verilmiştir.

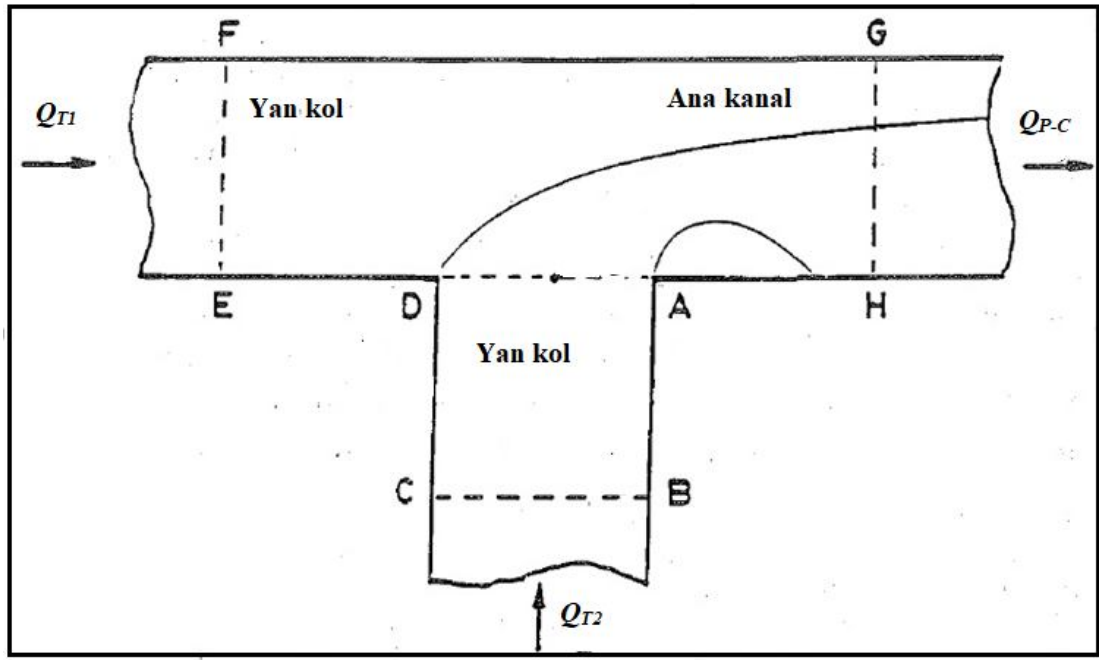
Bölüm 2

Teorik Yaklaşım

Akarsu kavşaklarında akım derinliklerinin deneysel olarak belirlenmesi adına geçmişte birçok çalışma taban kotu eşitliği ve eşitsizliği durumlarında yapılmıştır. Ama kot eşitliği durumu için yapılan çalışmalar eşitsizlik durumuna oranla bir hayli fazladır. Yapılan çalışmaların bazıları aşağıda sırasıyla özetlenmiştir.

Taylor (1944) [7], iki yatay dikdörtgen kanalın birleştiği yerde akımının karakteristik özellikleri incelenmiştir. Deneysel çalışmalar 45° ve 135°'lik açılar ile bağlanan asimetrik akarsu kavşak düzeneği üzerinde yapılmıştır. Çalışmada kavşak bölgesinden kesit alınmış, yan kol mansap bölgeleri ve ana kanal kesitindeki üç noktada momentumun korunumu denklemi kullanılarak, akım derinlikleri hesaplanmış ve bu hesaplanan değerler deneysel veriler ile kıyaslanmıştır. Kıyaslanan verilere göre daha düşük kavşak açısıyla yapılan deney sonuçlarının (45°) momentum denklemleri ile bulunan sonuçlara daha yakın olduğu görülmüştür. 135°'lik açıdaki sonuçların beklenen sonuçlara yakın olmamasının sebebi mansap bölgesindeki hız dağılımının düzgün olmaması ve akımın kanal duvarına paralel olmamasından kaynaklanabileceği belirtilmiştir.

Lin ve Song (1979) [8], birbirine 90°'lik açı ile bağlanan asimetrik açık kanal kavşaklarında oluşan yük kayıpları üzerine çalışma yapılmıştır (Şekil 2.1). Ayrıca yan kol akımının, ana kanal su yüzeyi profiline etkisi gözlemlenmiş ve açık kanal akımlarındaki kavşak sebebiyle meydana gelen yük kayıpları tahmin edilmiştir. Bu yük kayıpları iki bölümde ele alınmıştır. Bunlar sürtünme yük kaybı ve türbülans kayıplarıdır. Yapılan çalışmada yan kol ve ana kanaldaki akıma ait Froude sayıları 1'den küçüktür. Deneysel verilere göre CB ve EF noktalarında akım üniforma yakındır ve bu noktalardaki akım derinlikleri birbirine eşittir.



Şekil 2.1: Dik açılı, dikdörtgen enkesitli açık kanal kavşağında akımların birleşmesi [8]

Joy ve Townsend (1981) [9], birbiriyle 90°'lik açıyla bağlanan açık kanal kavşağı için kinetik enerji düzeltme katsayısı (α) kullanılmıştır. Bu α değeri debinin artmasıyla artmakta, yan kol genişliğinin azalmasıyla azalmaktadır.

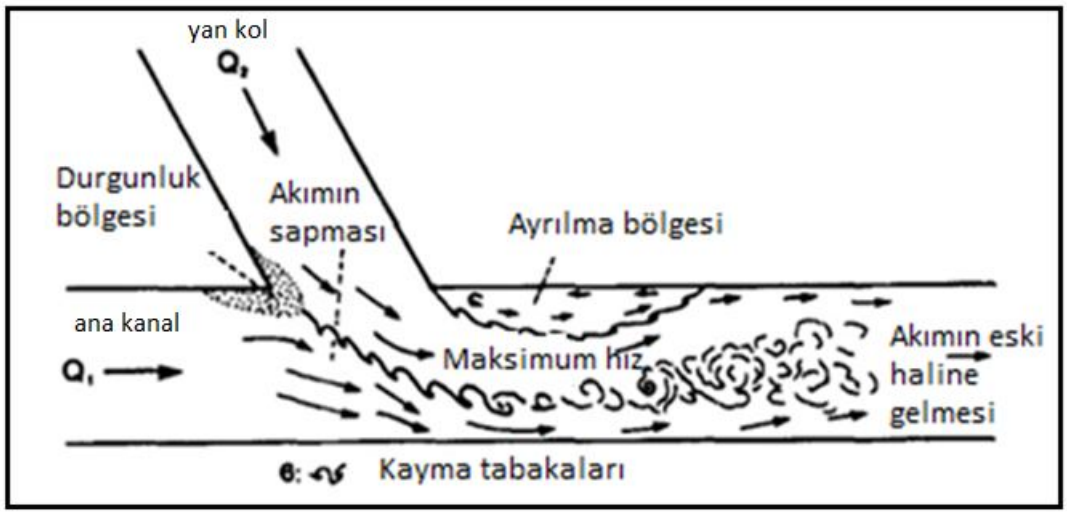
Kinetik enerji düzeltme katsayısı birim ağırlıktaki kinetik enerjiyi hesaplarken ortalama hızda meydana gelen hatayı gidermek için kullanılır. Birim ağırlıktaki kinetik enerji ile ortalama momentum akışını hesaplamak için ortalama hızı kullanmakla meydana gelen hata, bu katsayı ile giderilmektedir. Laminer akımlar için kinetik enerji düzeltme katsayısı 2 değerini almaktadır. Türbülanslı akımlarda ise 1,01-1,15 arasında değer almakta ve genellikle 1,03-1,06 değerleri arasındadır [10].

Modi vd. (1981) [11], karmaşık değişken teorisine dayanan uyumlu haritalama tekniği kullanılarak açık kanal kombinasyonları araştırılmıştır. Yapılan çalışma ayrılma bölgesinin genişliğini tahmin etmek adına yapılmıştır. Bu çalışmada enerji kayıpları dikkate alınmamış ve z eksenindeki değişkenler bu modele uygulanamamıştır. Bu yüzden teorik çözümleme iki boyutlu (x ve y) olmuştur.

Kennedy B. (1984) [6], doğal kanalların hemen hemen tamamında kavşak memba bölgelerinde taban kotu eşitsizliği bulunmaktadır.

Best vd. (1984) [12], akarsu kavşakları için bir ana kol ve bir yan kol olmak üzere, dört farklı açı (15°, 45°, 70° ve 90°) için çalışma yapılmıştır. Kanallar dikdörtgen kesitli ve genişlikler 15 cm'dir. Deneylerde Froude sayısı 0,1 ile 0,3 arasında değişmektedir. Kavşak ayrılma bölgesinin genişlik ve uzunluğunun birleşme açısı ve yan kol debisi ile doğru orantılı olarak değiştiği gözlemlenmiştir.

Best (1987) [13], deneylerde ana kanalda 12 cm, yan kolda 8 cm genişliklerinde ve birbiri ile 30°'lik açıya sahip deney düzeneği kullanılmıştır. Modelde kanal 3,5 m uzunluğundadır ve genişliği 30 cm, uzunluğu 10 m olan devridaim kanalına yerleştirilmiştir. Böylece akım derinliğini kontrol etmek adına kavşaktan mansaba yeterli mesafe kalmıştır. Çalışma neticesinde önerilen kavramsal model Şekil 2.2'de verilmiştir. Best (1987)'ye göre tipik akarsu kavşak davranışı durgunluk bölgesi, akım yönünde sapma, akım ayrılma bölgesi, maksimum hız, akımın eski haline geri gelmesi ve kayma tabakaları özelliklerinden oluşmaktadır.



Şekil 2.2: Kanal ve akarsu kavşaklarındaki akarsu yapısı [13]

Durgunluk bölgesi, ana kanal ve yan kolun kavşak köşesinde birleşmesiyle oluşmuştur. Bu bölgede basınç ve akım derinliği artmakta, akım hızı ve kayma gerilmesi azalmakta, yan koldan gelen akımın, ana kanaldaki akım ile birleşmesiyle akım yönünde sapma oluşmakta, kavşağın mansabında ana kanal kenarında gösterilen ayrılma bölgesinde kendi etrafında dönen çevrintiler meydana gelmekte ve

yukarı yönde düşey hızların önemli ölçüde belirginleştiği gözlenmektedir. Düşey hızlar bir nevi su perdesi oluşturmakta ve bu perde ana kanaldaki akımın bu bölgeye girmesini engellemektedir. Böylece karışma noktasının mansabındaki akımın aktığı kesit aslında daha da daralmakta ve daha büyük hızlara sebep olmaktadır. Ana kanal ve yan koldaki debinin birleşmesi ile toplam debi artmaktadır. Akım, daha dar bir kesitten akacağından, kesitsel ortalama hız daha da artmaktadır. Sağ ve sol kısımdaki akım hızlarının farklılığından kaynaklanan çevrintiler oluşmaktadır. Mansaba ilerledikçe akarsuyun artık yeni bir kanal genişliğinde ve debisinde akmaya devam ettiği görülmektedir [13].

Best J. L. (1988) [14], kanal kavşaklarında sediment taşınması ve birikmesi üzerine çalışma yapılmıştır. Çalışmaya göre; sediment taşınım ve birikimi kavşak açısı ve debi oranları ile değişmektedir.

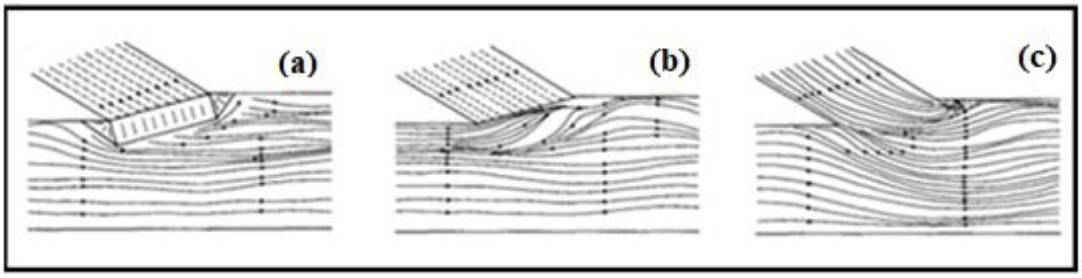
Ramamurthy vd. (1988) [15], ana kanal ve yan koldaki akımlar için ayrı ayrı momentum denklemleri uygulanmıştır. Mansap kısmında akımın kritik olduğu durum hesaba katılmıştır. Yan kol debisinin artmasıyla yan kol momentum katkısının arttığı görülmüştür. Aynı zamanda momentum düzeltme katsayısı yaklaşık olarak 1,20 değerinde bulunmuş olup, bu oran Froude sayısı ve yan kol debi oranından bağımsızdır.

Hager W. H. (1989) [16], kanal kavşaklarında geçiş akımı ile ilgili, nehir rejiminden sel rejimine geçiş üzerine çalışma yapılmıştır. Çalışmada yan kol ve ana kanal eşit genişliktedir. Memba su seviyesi tek boyutlu bir yaklaşımla belirlenmiştir. Çalışma sonucuna göre geçiş akımı olabilmesi için yan kol debisinin toplam debiye oranının en az %15 olması gerektiği belirtilmiştir. Ayrıca birleşim membalarındaki su seviyelerinin eşit olduğu ve yanal akım çizgilerinin daha büyük debide ana yöne daha fazla girdap oluşturduğu belirtilmiştir.

Schwalt M. ve Hager W. H. (1995) [17], sel rejimindeki akımlar üzerine çalışma yapılmıştır. Kanal kavşağı asimetriktir ve kavşak açıları 30° ve 60°'dir. Froude sayılarına ve kavşak açılarına bağlı olarak birleşim ve sonrasında şekillenen dalgaların boyutları ve yerleri hakkında yorumlar yapılmıştır.

Gaudet ve Roy (1995) [18], asimetrik kanal kavşaklarında taban kotu eşitsizliği durumunda akım derinliklerinin incelenmesi üzerine çalışma yapılmıştır. Yapılan çalışmada daha önceki çalışmaların daha küçük genişlik-derinlik oranına sahip deney düzenekleri üzerinde yapıldığı, yapılan bu çalışmanın sonucu olarak, kot eşitsizliği etkilerinin daha büyük genişlik-derinlik oranına sahip (width/depth ratios ≥20) deney düzenekleri üzerinde daha belirgin olarak görülebileceği belirtilmiştir.

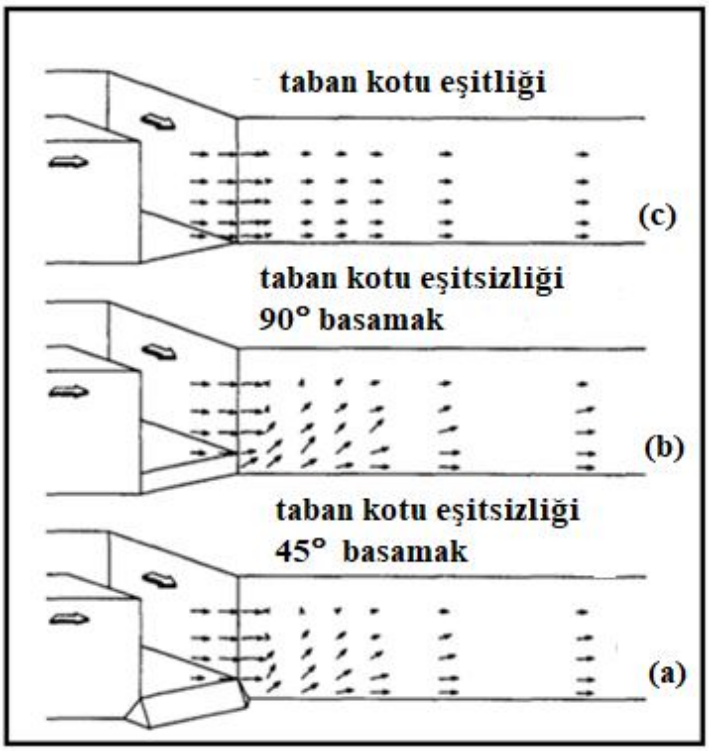
Biron vd. (1996) [19], asimetrik kanal kavşaklarında taban kotu eşitliği ve eşitsizliği durumları incelenmiştir. Taban kotu eşitsizliği durumunda yan kol mansabına bir basamak konulmuştır. Bu basamaklardan biri 90° diğeri 45° ile zeminde açı yapmaktadır (Şekil 2.3 ve Şekil 2.4). Bu çalışmadaki genişlik-derinlik oranı, kanal genişliğinin birleşme tasarımını kısıtlamasından dolayı düşüktür. Bu genişlik-derinlik oranı yan kolda 0,50, ana kanalda 0,75, birleşme sonrasında 0,94'tür. Boya tekniği kullanarak yapılan görsel incelemede akım çizgilerinin kavşaktan memba duvarına doğru paralel olduğu görülmüştür. Taban kotu eşitsizliği dört temel akım yapısı bazında incelenmiştir. Bu yapılar, Şekil 2.2'deki yapıya benzer olarak akım sapma bölgesi, ayrılma bölgesi, maksimum hız bölgesi ve iki kol arasındaki durgunluk bölgesidir. Kavşaklarda taban kotu eşitliği olduğu durumlarda, yatak akım çizgilerine bakıldığında, akımın kavşakta sapmalara sebep olduğu görülmektedir. Bu değer 35°'ye kadar olabilmektedir (Şekil 2.3.c), kot eşitsizliği durumundaki akım çizgileri kot eşitliğinden farklıdır. Zeminle 90°'lik açılı basamağa sahip olan kot eşitsizliği durumunda, akım basamağın alt tarafından ilerleyip, kavşak mansap köşesine doğru sürüklenir (Şekil 2.3.b), 45°lik basamaklı kot eşitsizliğinde ise akım çizgileri basamak etrafında dolaşır (Şekil 2.3.a).



Şekil 2.3: Akım yönünde sapmalar (a) taban kotu eşitsizliği (45° açıyla zemine konan basamak), (b) taban kotu eşitsizliği (90° açıyla zemine konan basamak) (c) taban kotu eşitliği [19]

Taban kotu eşitliğinde; akım yönünde ortalama hızlar hem yatağın hem de su yüzeyinin yakınında, kavşak mansap köşesine doğru belirgin bir azalma göstermektedir. Taban kotu eşitsizliğinde kot eşitsizliği için konulan basamak etrafında türbülans oluşmaktadır. Kot eşitliği durumunda türbülans kavşak bölgesinde görülmüştür [19].

Kavşak içindeki hız dağılımının kot eşitliği durumunda akım çizgilerinin duvara paralel olduğu, kot eşitsizliği durumlarında duvar çeperine göre akım çizgilerinin yükselen görünümde olduğu görülmüştür (Şekil 2.4) [19].



Şekil 2.4: Hız vektörlerinin duvar çeperine göre durumu (a) taban kotu eşitsizliği (45° açıyla zemine yerleştirilen basamak), (b) taban kotu eşitsizliği (90° açıyla zemine yerleştirilen basamak), (c) taban kotu eşitliği [19]

Ana kanal ve yan kollarda taban kotu eşitsizlikleri durumunda açık kanal kavşaklarındaki akımın üç temel etkisinin olduğu belirtilmiştir. Bunlar; taban kotlarındaki eşitsizlik kanal yatağındaki ana akımın sapmasını engelleyebilir, birbirine karışan iki kolda derin olan ana koldan sığ olan yan kola doğru su

seviyesinde yükselme olur ve kot eşitsizliği kavşak köşe mansabında su yüzeyi profilinde seviye farklılıkları oluşturur [19].

Gurram, K. S. vd. (1997) [20], nehir rejimindeki kanal kavşaklarının karakteristik özelliklerini belirlemek adına çalışma yapılmıştır. Yapılan çalışmalarda kavşak açıları 30°, 60° ve 90°'dir. Momentum denklemi kullanılan çalışmada momentum düzeltme katsayısı, kanal duvar basıncı gibi parametreler denkleme dahil edilmiş, memba ve mansap akım derinliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Sonuç olarak kavşak memba girişlerindeki su yüksekliklerinin eşit olduğu varsayımı doğrulanmıştır.

Hsu vd. (1998a) [21], 30°, 45° ve 60° birleşim açısına sahip eşit genişliğe sahip yan kol ve ana kanala sahip açık kanal kavşağı üzerine, kavşak bölgesindeki memba ve mansap derinlik oranlarını ve yük kayıplarını belirlemek adına nehir rejiminde çalışma yapılmıştır. Akım derinliğinin artışı ve kavşak memba ve mansabındaki akım ile ilgili bir denklem önerilmiştir. Enerji kayıplarının kavşak açısı ve Froude sayısının artışı ile arttığı belirtilmiştir.

Hsu vd. (1998b) [22], birbiriyle 90°'lik açıyla bağlanan açık kanal kavşağı üzerinde birçok değişkene bağlı olan kavşak memba ve mansap derinlik oranını çözmek için enerji/momentum yaklaşımı kullanılmıştır. Kanal genişlikleri yan kol ve ana kanalda eşittir. Çalışmada sürtünme kaybı ve türbülans kayıpları da hesaba katılarak enerji kaybı katsayısı geliştirilmiştir ve bu teorik yaklaşım deneysel verilerle kıyaslanmıştır.

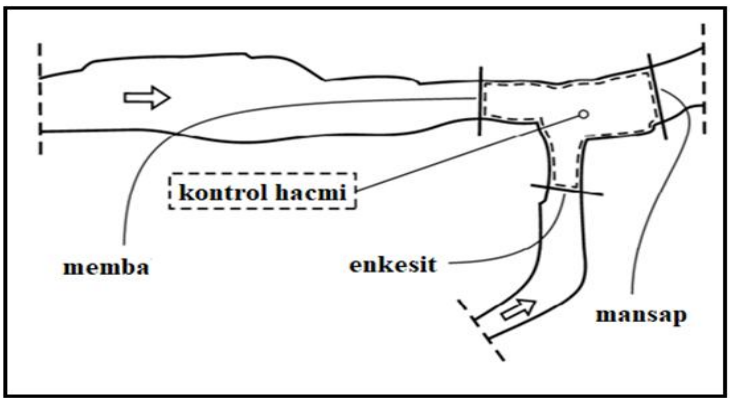
De Serres B. (1999) [23], kanal kavşaklarında kot eşitsizliği durumlarında akımın üç boyutlu yapısını incelemek adına çalışma yapılmıştır. Çalışma Kanada'da bulunan Bayonne ve Berthier nehirlerinde yapılmıştır. Durgunluk bölgesi, akım sapma bölgesi ve hızlanma bölgesinin tespiti yapılmıştır. Karışım bölgesinde yüksek türbülanslı kinetik enerji ve türbülans yoğunlukları ile girdaplar gözlemlenmiştir. Bu yüksek türbülans yoğunlukları sebebiyle daha ayrıntılı üç boyutlu saha çalışmalarına ihtiyaç olduğu belirtilmiştir.

Weber vd. (2001) [5], birbiri ile 90° açıyla kavşak noktasında birleşen asimetrik deney düzeneğinde, taban kotu eşitliği durumunda çalışmalar yapılmıştır. Çalışmada

yan kol ve ana kanal genişlikleri 0,91 m, yan kol uzunluğu 3,66 m, ana kanal uzunluğu 21,95 m'dir. Kanal boyunca su yüzeyi hızları ve akım derinlikleri ölçülmüştür. Deneysel çalışmada dört farklı akım koşulunda akım derinlikleri ölçülmüştür. Bu ölçümlerde akım derinlikleri membadan daralma bölgesine kadar azalma eğiliminde olmuş, ayrılma bölgesinin bitiminden sonra akım kanal genişliğince akmaya devam etmiş ve akım derinliği tekrar artış eğilimi göstermiştir. Ana kanal debisinin toplam debiye oranı azaldıkça ayrılma bölgesi boyutlarının arttığı gözlemlenmiştir.

Shabayek S. (2002) [24], asimetrik kanal kavşağında nehir rejiminde çalışma yapılmıştır. Yapılan bu çalışmada kavşak bölgesinde momentum denklemi uygulanmış ve elde edilen sonuçlar daha önceki yapılan çalışmalarla kıyaslanmıştır. Yapılan kıyaslamaya göre önerilen model tahminlerinin diğer teoriler kadar doğru sonuçlar verdiği ve yüksek debi oranlarındaki sonuçların daha iyi olduğu belirtilmiştir. Eşit memba akım derinliği varsayımı yapılmamış olması ile diğer çalışmalardan farklıdır.

Longo vd. (2008) [25], çalışma Varenna ve Cantalupo nehirlerinin fiziksel modeli üzerine yapılmıştır (Şekil 2.5). Çalışmanın amacı doğal bir nehrin akış davranışının laboratuvar ortamına göre modellenerek incelenmesidir. Nehir, sabit tabanlı kaya zemin üzerinde modellenmiş olup kavşağın bağlantı açısı 90°'dir. Ana kanal 7,5 m yan kol 2,9 m uzunluğundadır. Genişlik her 2 kanalda da değişkendir. Momentum denklemi kanal kavşağı üzerinde uygulanmış ve yan kol ve ana kanal memba akım derinliklerinin aynı olduğu görülmüştür.

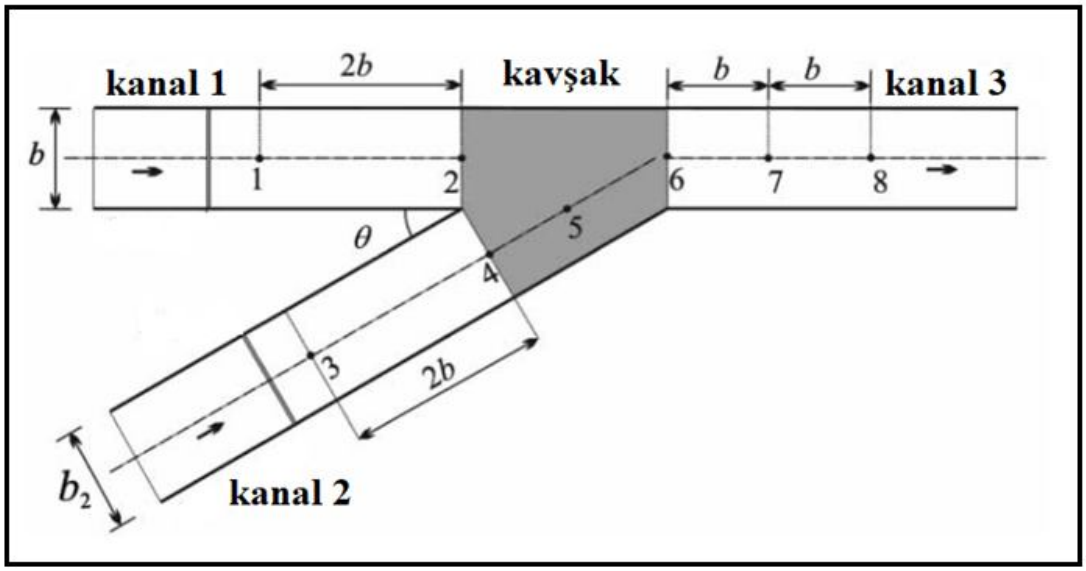


Şekil 2.5: Fiziksel model görünümü [25]

Yang Q. Y. vd. (2009) [26], kavşak bölgesinde ayrılma bölgesinin davranışını tahmin etmek adına çalışma yapılmıştır. Kanal kavşağı asimetrik birbiri ile 90°'lik açıyla bağlanmaktadır. Ana kanal 1 m genişliğinde yan kol 0,5 m genişliğindedir. Ölçümler bazı bölgelerde 20 cm, bazı bölgelerde 50 cm aralıklarla yapılmıştır. Çalışmada elde edilen verilere göre ayrılma bölgesinin uzunluğu akım derinliği ve debi oranlarına bağlıdır.

Pandey ve Mishra (2012) [27], dikdörtgen kesitli simetrik kanal kavşaklarında akım karakteristiklerinin belirlenmesi ve deneysel sonuçlar ile momentumun korunumu varsayımında elde edilen sayısal sonuçların kıyaslanması adına çalışma yapılmıştır. Yapılan bu çalışma taban kotu eşitliği durumuna göre yapılmıştır. Kavşaklarda, iki kanal kavşak noktasında birleşerek tek bir kanal olarak devam eder ve kavşak mansabındaki derinlik, akım birleşim oranının büyüklüğü ile belirlenmektedir. Çalışmadaki amaç, ana kanal ve yan kollardaki derinlik tahmininin yapılmasıdır. Yapılan çalışmada deneysel veriler momentum denklemleri ile elde edilen sonuçlarla kıyaslandığında yakın sonuçlar bulunmuştur.

Coelho (2015) [28], farklı debi oranları ile kanallardan gelen nehir veya sel rejimlerine göre kanal mansabında oluşan rejimlere bağlı olarak birleşim bölgelerindeki su yüksekliği değişimleri belirlenmiş ve önceki çalışmalar ile kıyaslanmıştır. Yapılan çalışma taban kotu eşitliği durumunda ve asimetrik kanal kavşağında yapılmıştır. Çalışmada yan kol ve ana kanaldan kavşağa gelen farklı debilerde akım derinlikleri ölçülmüş, 30° ve 60° kavşak açılarına sahip iki deney düzeneği kullanılmıştır. Deney düzeneğinin taban eğimi ayarlanabilmektedir (Şekil 2.6).



Şekil 2.6: Çalışmanın şematiği [28]

Yan kol ve ana kanal genişlikleri 30 cm, derinlikleri 50 cm'dir. Yan kol girişlerinde bulunan ayarlanabilir kapaklar aracılığı ile kavşak membasında, yan kol ve ana kanalda sel veya nehir rejimi elde edilmiştir. Sel rejimi memba kontrollü olmaktadır. Bunun için deneysel çalışmada memba girişine hareket ettirilebilir kapak konmuş ve kapak açılıp kapatılarak sel rejimi elde edilmiştir. Toplamda 36 adet deney yapılmış ve deneyler tip 1, 2 ve 3 olacak şekilde sınıflandırılmıştır. Sınıflandırılmış olan Tip 1 ve Tip 2 deneyleri 9'ar adet, Tip 3 deneyi ise 18 adettir. Tip 1 deneylerinde kanal 1 ve kanal 2 nehir rejimi olup kanal 3'te de nehir rejimi elde edilmiştir. Tip 2 deneylerinde kanal 1 ve kanal 2 sel ya da nehir rejimi olup, kanal 3'te nehir rejimi elde edilmiştir. Tip 3 deneylerinde ise kanal 1 ve kanal 2'de sel ya da nehir rejimi, kanal 3'te ise sel rejimi elde edilmiştir. Momentum denkleminin yazılması sırasında yapılan 2 ve 4 noktalarındaki su yüksekliklerinin eşit olması varsayımı test edilmiştir (Şekil 2.6) [28].

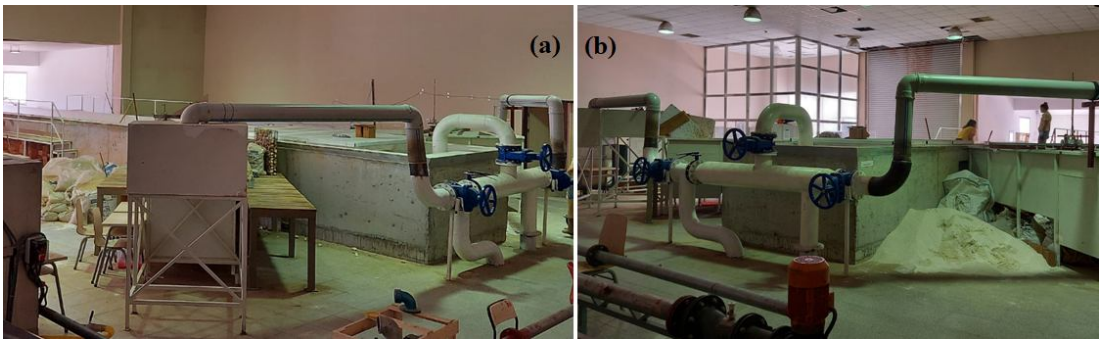
Coelho (2015) [28], elde edilen verilere göre memba ve mansap akımı nehir rejiminde olduğunda (Tip 1), kavşağın membasında 2 ve 4 nolu enkesitlerde su seviyesinin eşit olduğu varsayımının doğrulandığı belirtilmiştir. Ayrıca, memba akımının sel rejiminde, mansap akımının nehir rejimi olduğu birleşimlerde de su seviyelerindeki yükselmelerin tahmin edilebilmesinin mümkün olduğu belirtilmiştir.

Bölüm 3

Deney Düzeneği, Cihazlar ve Deneysel Yöntem

3.1 Deney Düzeneği

Bu tez çalışmasında, akarsu kavşaklarında taban kotlarının eşitsizliği durumunda akım derinlikleri deneysel olarak araştırılmıştır. Deneyler, İzmir Katip Çelebi Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Hidrolik Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.1).



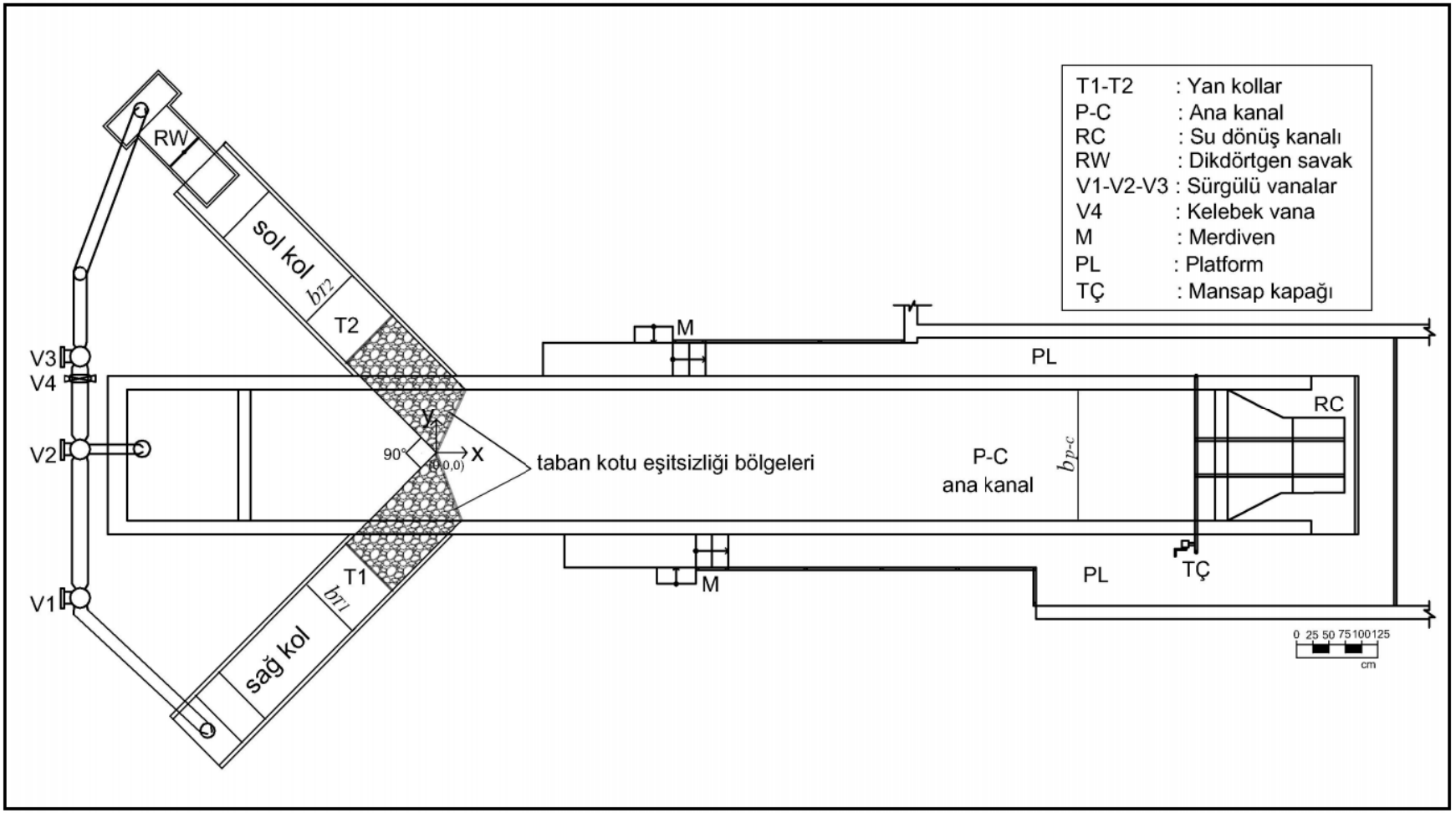
Şekil 3.1: Deney düzeneği laboratuvar görüntüsü (a) sol cephe (b) sağ cephe

Deney düzeneğinin plan görünümü Şekil 3.2'de sunulmuştur.

Deney düzeneğinde T1-T2 yan kolları, P-C ana kanalı, RW dikdörtgen savağı, V1-V2-V3 sürgülü vanaları, V4 kelebek vanayı, RC su dönüş kanalını, M merdiveni, PL platformu, TÇ mansap kapağını ifade etmektedir.

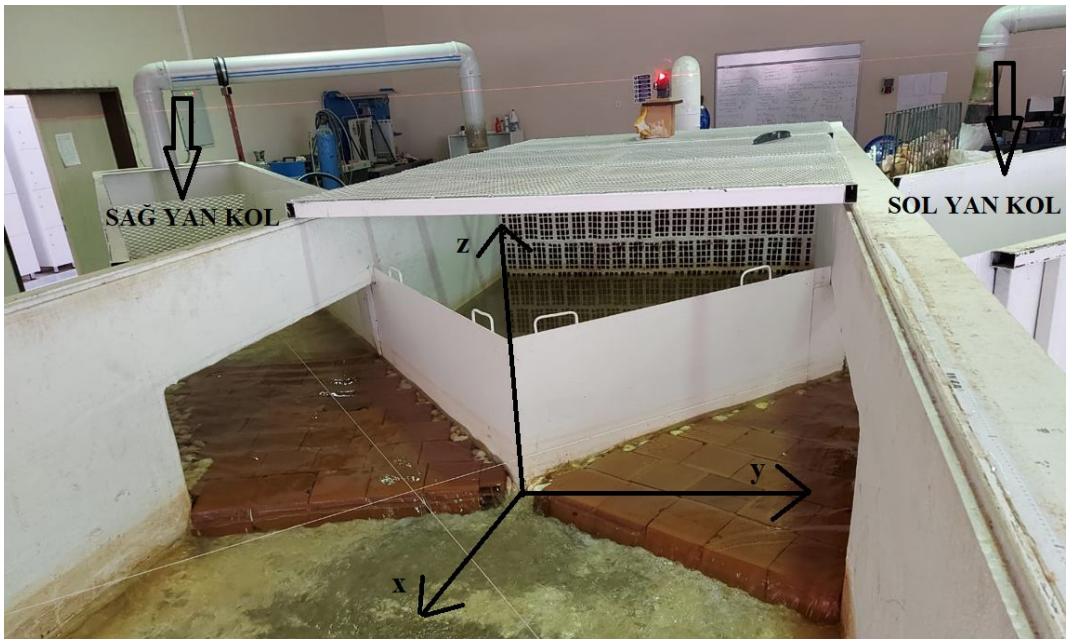
Kavşak mansabını temsil eden ana kanal olarak 12 m uzunluğunda, 2 m genişliğinde dikdörtgen kesitli kanal kullanılmıştır.

Yan kollar 3,96 m uzunluğunda ve 1 m genişliğindedir. Simetrik yan kollar birbirine 90°'lik açı ile bağlanmaktadır.



Şekil 3.2: Deney düzeneği plan görüntüsü

Aynı ve farklı yan kol debilerine ve farklı mansap akım derinliklerine bağlı olarak toplam 10 deney gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma kapsamında 10 cm olarak belirlenmiş olan taban kotu eşitsizliğini sağlamak amacıyla yan kolların mansap bölgelerinden memba bölgelerine doğru 120 cm boyunca tuğlalar ile kot yükseltmesi yapılmıştır. Ana kanal ve yan kollardaki kot farkı iki yan kolda da aynıdır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3: Deney düzeneği taban kotu eşitsizliği laboratuvar görüntüsü

Yan kollarda ve ana kanalda yapılacak ölçümlerin yerlerini belirlemek amacıyla yan kol eksenlerine akımı engellemeyecek şekilde ip çekilmiştir. Ana kanaldaki ölçümler ana kanal yan duvarları üzerindeki araba yardımıyla yapılmıştır.

Deneylerde sağ yan kola (T1) santrifüj pompası yardımıyla gelen su hattında debimetre cihazı bağlıdır. Bilgisayara bağlı olan pompadan manuel ayar ile istenilen debi alınmış, debimetre okuma ekranından anlık debi kontrolleri sağlanmıştır.

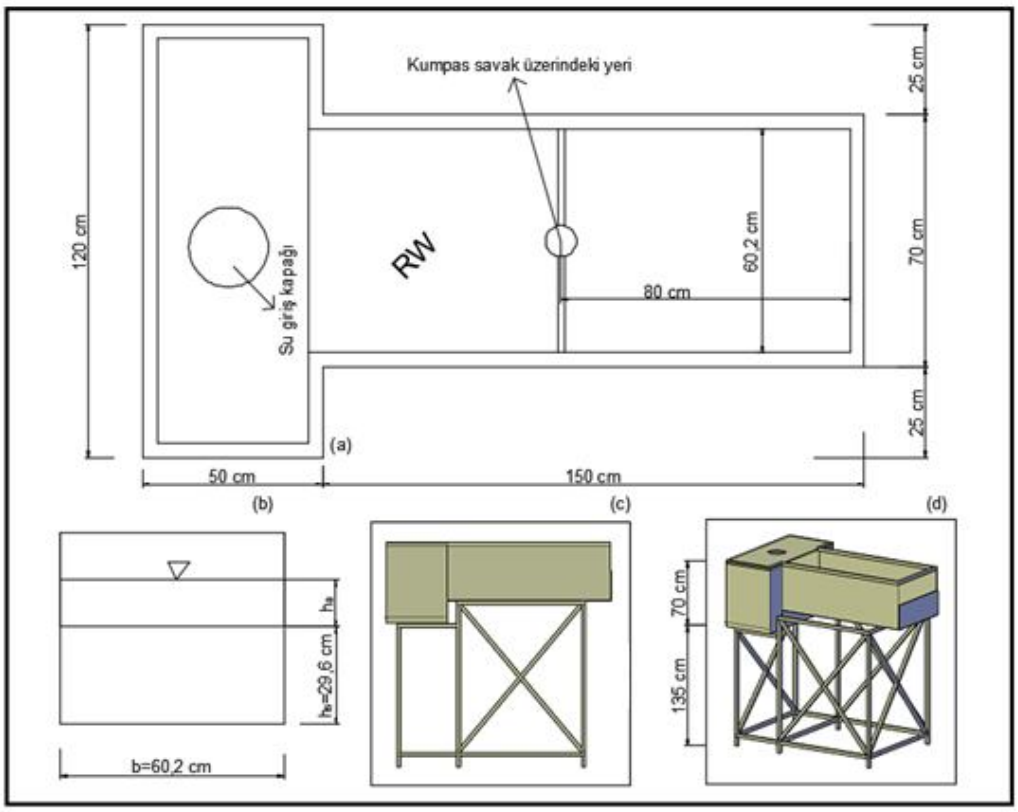
Diğer yan kolda (T2) herhangi bir debimetre cihazı bulunmamaktadır. Bu yüzden buraya gelen debiyi belirlemek amacıyla dikdörtgen savak kullanılmıştır. Bu savağa gelen debinin hesabı için savak üzerine, savak ekseninde su yüksekliğini ölçmek için kumpas sabitlenmiştir (Şekil 3.4).

Şekil 3.4: Dikdörgen savak üzerine sabitlenmiş kumpas

Kumpas sabitlenirken, savak taşmayacak şekilde tam dolu iken, kumpas ucu açık halde su yüzüne temas ettirilerek referans yükseklik belirlenmiştir. Kullanılan kumpasın maksimum yükseklik değeri 15 cm'dir. Daha sonra santrifüj pompası yardımıyla gelen su, hat üzerinde bulunan sürgülü vana ile istenilen debi oranındaki yükseklik elde edilene kadar manuel çevirme yapılıp, debi sabitlenmiştir. Buradaki yükseklik değeri ilk baştaki kumpas açık haldeki 15 cm'lik değerden çıkarıldıktan sonra elde edilen değerdir. Bu yükseklik değeri Rehbock'un dikdörtgen savak formülüne göre hesaplanmıştır. Daha güvenilir okuma yapılması amacıyla kumpas ucu törpülenerek daha sivri hale getirilmiştir (Şekil 3.5).

Şekil 3.5: Dikdörgen savak üzerinde kumpas ile yükseklik ölçümü yapılması

Dikdörtgen savak plan görüntüsü Şekil 3.6.a'da, keskin kenarlı dikdörtgen savak kesiti Şekil 3.6.b'de, dikdörtgen savak yan görünümü Şekil 3.6.c'de ve dikdörtgen savak 3 boyut görünümü Şekil 3.6.d'de verilmiştir.



Şekil 3.6: (a) Dikdörtgen savak plan görüntüsü, (b) keskin kenarlı dikdörtgen savak kesiti, (c) dikdörtgen savak yan görünümü, (d) dikdörtgen savak 3 boyut görünümü

Rehbock formülüne göre keskin kenarlı dikdörtgen savak üzerindeki debi aşağıdaki bağıntı ile hesaplanmıştır.

$$Q = c_d \frac{2}{3} \sqrt{2gb} {h_a}^{3/2} \tag{3.1}$$

Bulunan debi, bazı kayıplar hesaba dahil edilmediği için bu değer debi katsayısı c_d ile çarpılarak gerçek debi değeri bulunmuştur. Formülde verilen h_a dikdörtgen savak akan su yüksekliği, h_s dikdörtgen savak dolu su yüksekliği, b serbest su yüzeyi genişliği, g yer çekimi ivmesi, Q debi, c_d Rehbock formülü debi katsayısıdır.

Bu katsayıya ait kullanılan formül,

$$c_d = 0{,}602 + 0{,}083 \frac{h_a}{h_s} \tag{3.2}$$

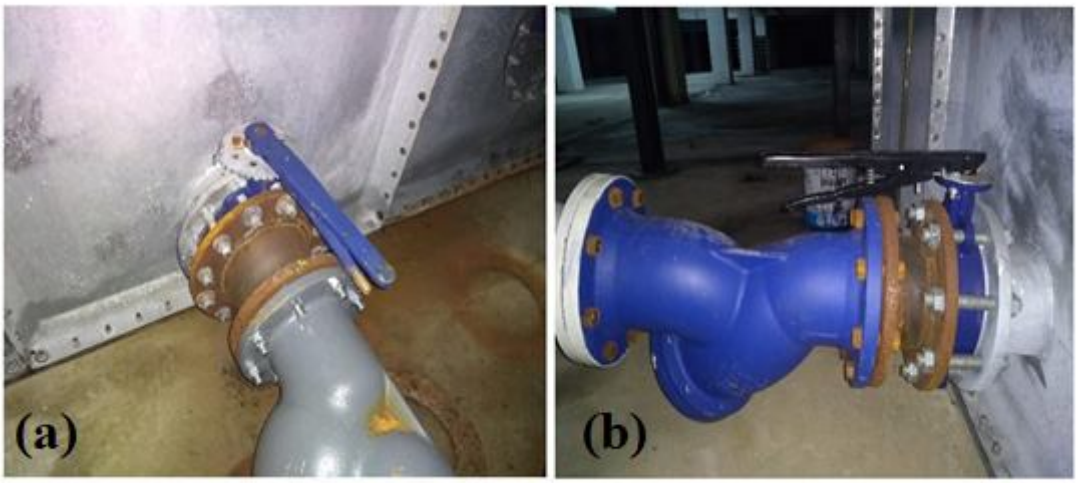
Deneyler için gerekli olan su ihtiyacı bodrum katta bulunan su deposundan sağlanmıştır. Bodrum katta bulunan su deposu Esinoks marka, 24 m^3 su depolama kapasitesine sahiptir (Şekil 3.7).

Depo içerisinden dışarıya ince bir plastik boru bağlanmış, anlık depo su yüksekliği ölçümleri yapılmış ve pompaların verimli bir biçimde çalışması sağlanmıştır. "Piyezometre Tüpü" ilkesine göre kollardaki basınç değeri aynı olduğunda su seviyeleri de aynıdır, bu düzenekle de bu sağlanmıştır.

Şekil 3.7: Su deposu

Bodrum katta bulunan su deposuna 2 adet kelebek vana ve 2 adet santrifüj pompası bağlıdır. Bu pompalardan biri (T1) sağ yan kola su temini sağlamakta, diğer pompa da (T2) sol yan kola su temini sağlamaktadır. Bu pompalar için gerekli elektrik hattı 2 farklı trafodan sağlanmış, T1 koluna su sağlayan pompa trafosu manuel ayarda çalıştırılarak bilgisayar üzerinde Hz (Hertz) ayarı ile ayarlanmıştır.

Depoya bağlı olan kelebek vanalar ile depodan pompa hattına su iletimi kontrol edilmiştir (Şekil 3.8). Ayrıca her vananın arkasına birer pislik tutucu monte edilmiştir.



Şekil 3.8: (a) Su deposuna bağlı, 2 nolu santrifüj pompasına su aktarımını sağlayan kelebek vana (b) su deposuna bağlı, 1 nolu santrifüj pompasına su aktarımını sağlayan kelebek vana

Bodrum katta, deponun önünde bulunan 1 nolu santrifüj pompası MAS DAF marka NM 150-200 serisidir. Bu pompa dakikada 1450 devir kapasitesine sahip, alüminyum gövde, 15 kW gücündedir. Bu pompadan sağ yan kola gerekli akım sağlanmıştır (Şekil 3.9).

Şekil 3.9: 1 nolu santrifüj pompa

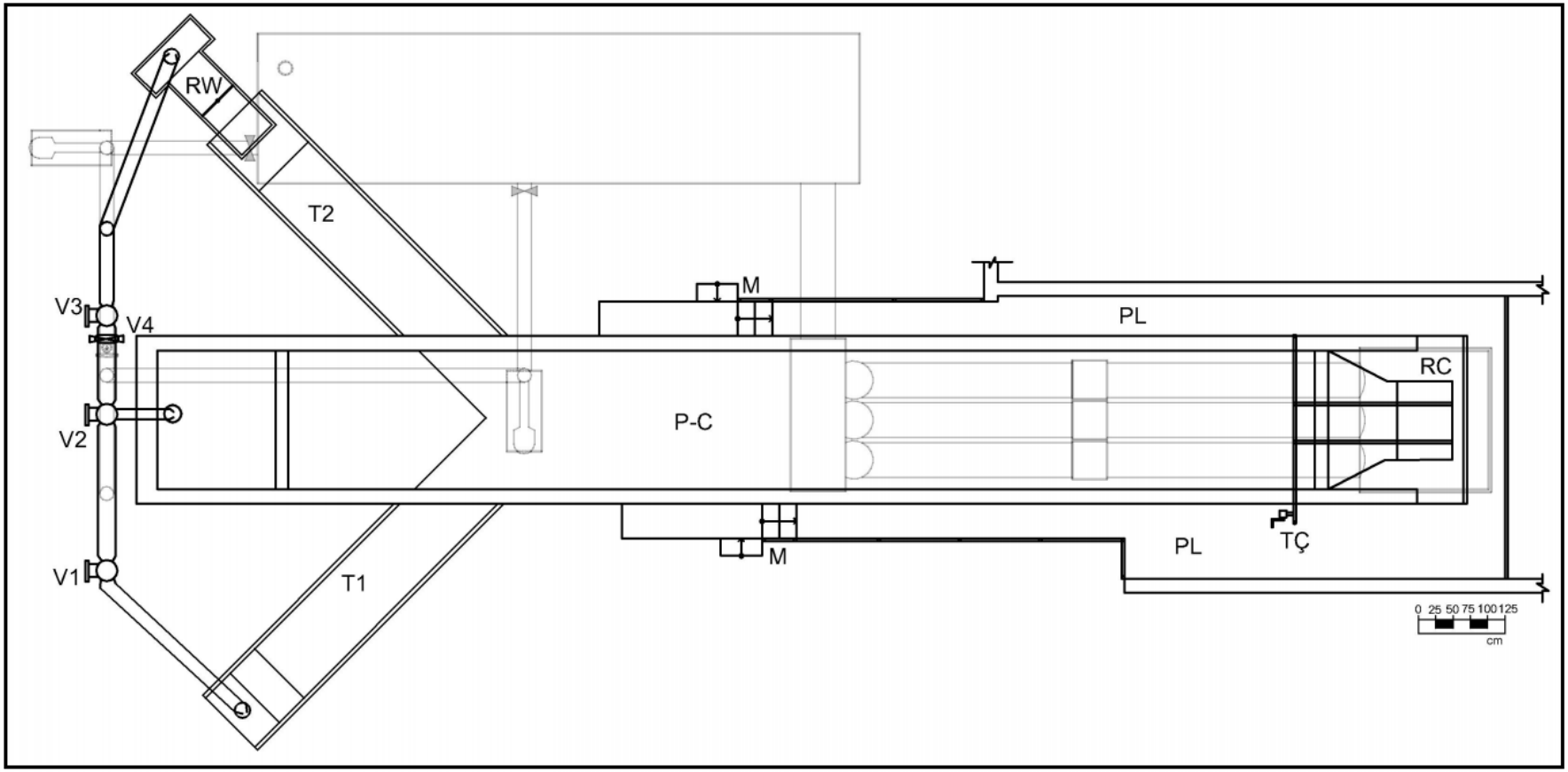
Bodrum katta, deponun sol yan tarafında bulunan 2 nolu santrifüj pompası Standart markadır. Bu pompa dakikada 1450 devir kapasitesine sahip, alüminyum gövde, 15 kW gücündedir. Bu pompadan sol yan kola gerekli akım sağlanmıştır (Şekil 3.10).

Şekil 3.10: 2 nolu santrifüj pompası

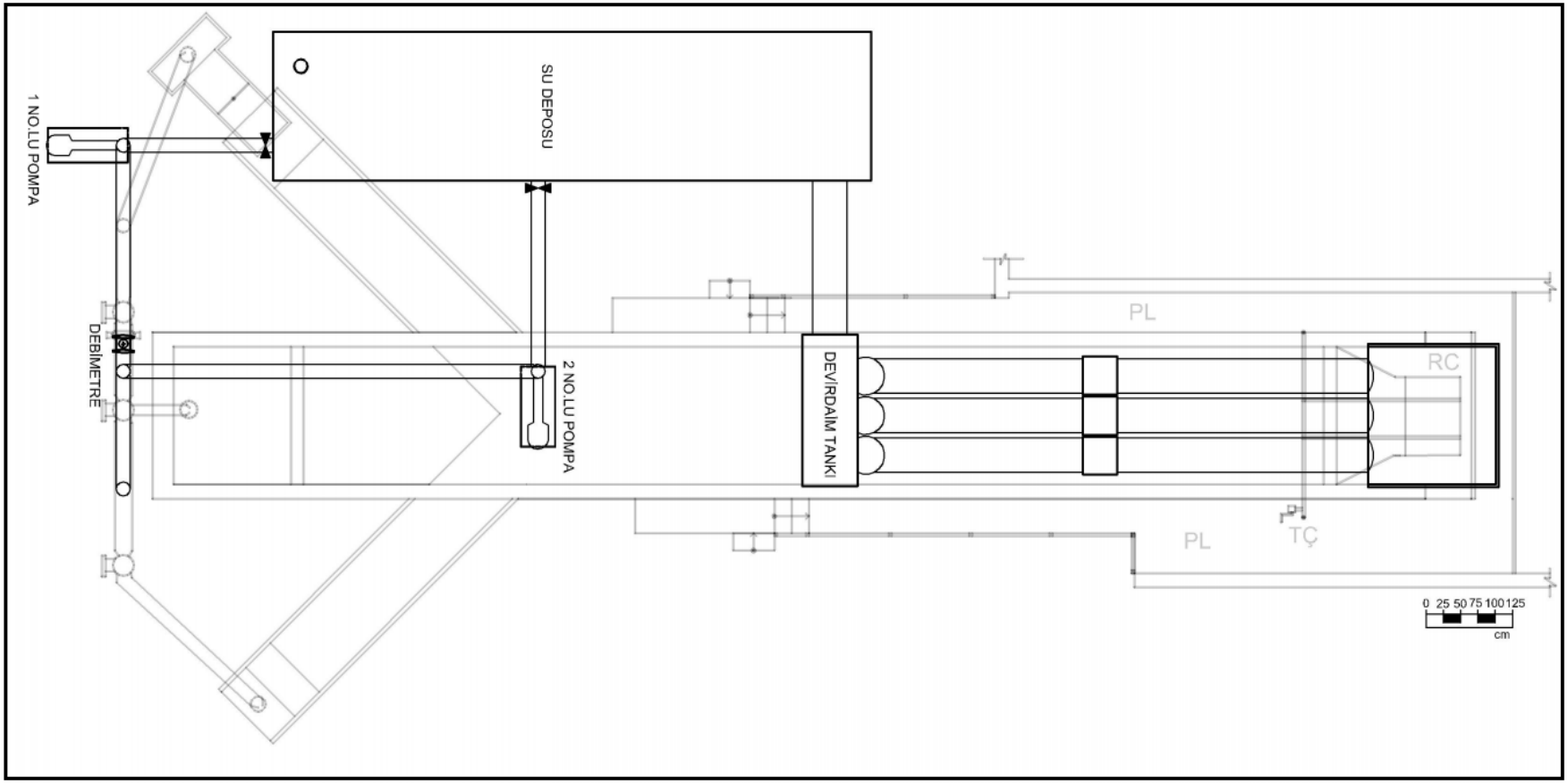
Diğer pompa trafosu ise direk manuel buton çevrilerek çalışmakta, suyun depodan pompa aracılığıyla zemin kattaki dikdörtgen savağa oradan da sol yan kola gelmesi sağlanmıştır. Depoda bulunan su, kanal hattı boyunca sürekli ilerleyerek kanal mansabındaki savaktan demir borular aracılığıyla bodrum kata tekrar inmekte ve devridaim tankından su deposuna geri gelerek, hat boyunca sürekli dolaşmaktadır. Devridaim tankı bodrum kattan kanala gelen suyu, mansap savağından demir borular ile alıp tekrar su deposuna aktaran bir sistem elemanıdır (Şekil 3.11).

Şekil 3.11: Devridaim tankı

Deney düzeneği zemin kat ve bodrum kat plan görünümleri Şekil 3.12 ve 3.13'te verilmiştir.



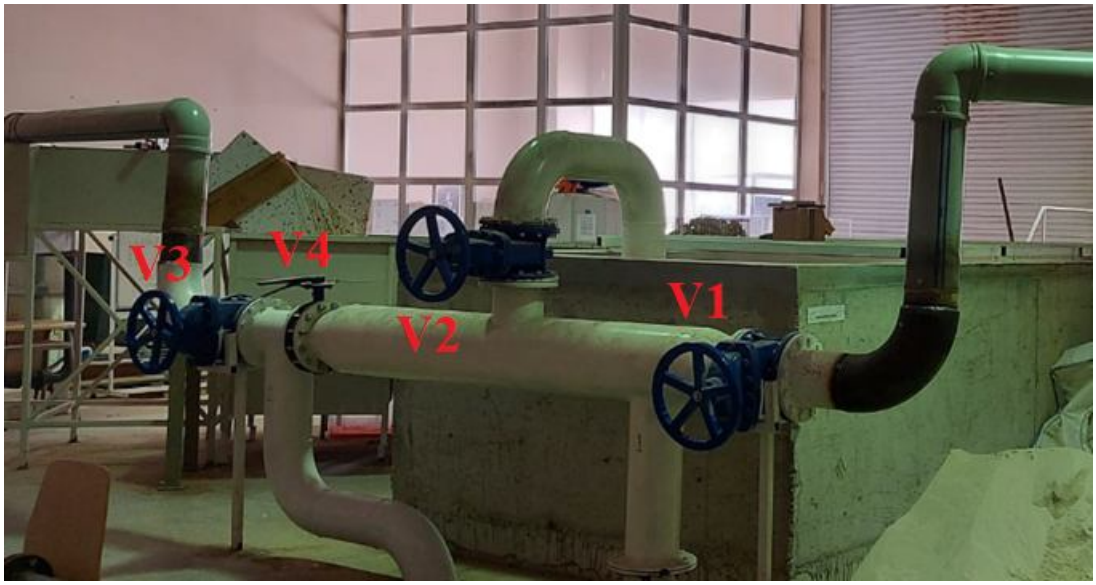
Şekil 3.12: Deney düzeneği zemin kat plan görünümü



Şekil 3.13: Deney düzeneği bodrum kat plan görünümü

Depodan pompalara gelen hatlardaki kelebek vanalar açık konuma ayarlanmış ve bu sayede pompalar tarafından bir üst kattaki hatta su nakli sağlanmıştır.

Bodrum kattaki pompalardan gelen debinin V1, V2, V3 nolu sürgülü vanalar ve V4 nolu kelebek vana aracılığıyla, akarsu deney düzeneği hattında kontrolü sağlanmıştır (Şekil 3.14).



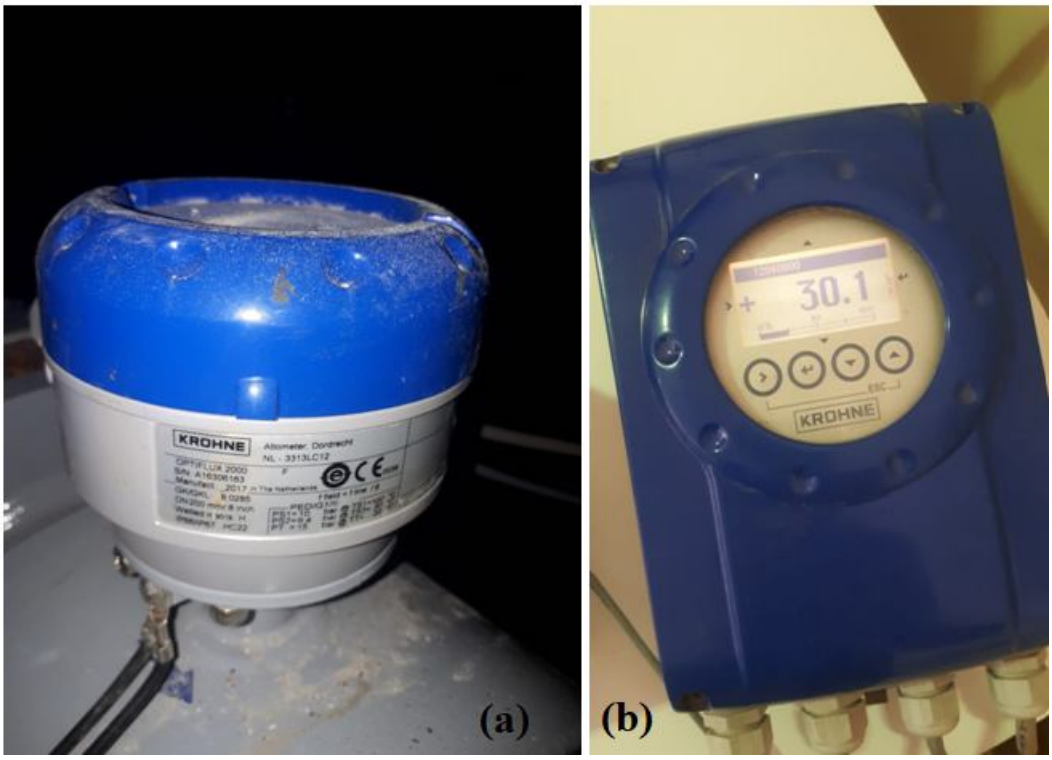
Şekil 3.14: Deney düzeneğinde su aktarımını sağlayan borular üzerindeki vanalar

Pompalara gelen elektrik akımı için 2 ayrı pano bulunmakta olup, pompalar ayrı ayrı panolardan açılabilmektedir (Şekil 3.15).

Şekil 3.15: (a) 1 nolu pompaya elektrik akımı sağlayan pano (b) 2 nolu pompaya elektrik akımı sağlayan pano

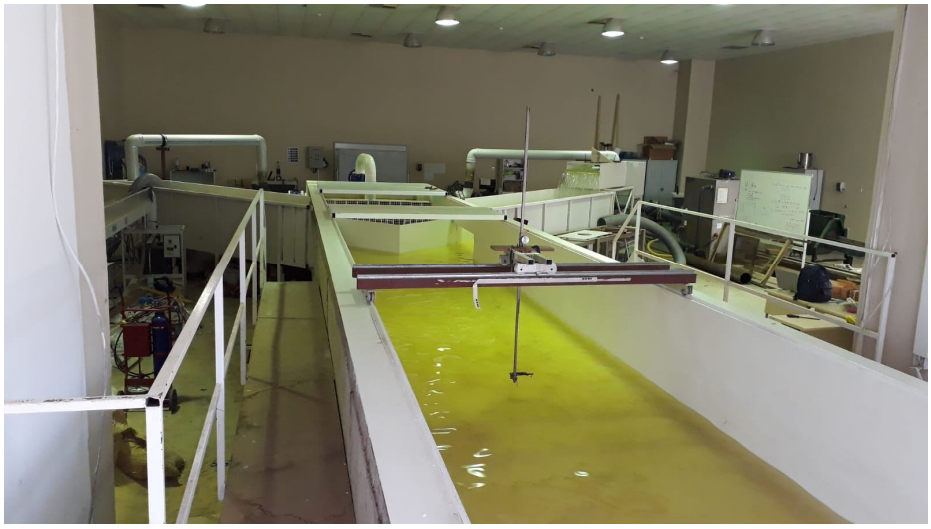
3.2 Cihazlar

1 nolu pompadan gelen hat üzerinde bulunan debimetre cihazı sağ yan kola gelen debiyi ölçmektedir, bilgisayara bağlı olan pompaya gerekli güç gönderilerek bilgisayarın yanında bulunan bu debimetreye ait ek parça olan debimetre ekranından gerekli kontroller sağlanmıştır. Debimetre cihazı Krohne marka olup NL-3313LC12 serisidir. 2017 yılı Hollanda üretimi cihazdır (Şekil 3.16).



Şekil 3.16: (a) Debimetre cihazı (b) debimetre ekranı

Deney çalışmasında ölçümler hareket kabiliyetine sahip araba üzerinde bağlı limnimetre ile yapılmıştır (Şekil 3.17).



Şekil 3.17: Kanal üzerinde bulunan limnimetre

Deneysel çalışmada daha hassas ölçümler yapmak adına BOSCH GLL 3-80 marka lazer hizalama cihazı kullanılmıştır ve bu cihaz aracılığıyla limnimetre üzerinde okuma yapılmıştır. Lazer hizalama cihazı sabit zemine konulmuş ve cihaz oynatılmadan her seferinde aynı noktada olduğu kontrol edilmiştir (Şekil 3.18).

Şekil 3.18: Lazer hizalama cihazı

3.3 Deneysel Yöntem

Bu çalışma kapsamında sabit parametreler; yan kollar arasındaki açı ($\theta = 90°$), yan kollar ve ana kanal genişliği, (b_{T1}- b_{T2} = 1 m ve $b_{P\text{-}C}$ = 2 m), yan kollar ve ana kanal arasındaki kot farkıdır (Δz = 10 cm). Bu çalışma kapsamındaki değişkenler; simetrik kavşağın kollarından verilen debiler (Q_{T1} ve Q_{T2}) ve mansap su derinliğidir ($h_{P\text{-}C}$).

Bu çalışma kapsamında toplam 10 deney yapılmıştır. Yapılan deneyler Tablo 3.1'de özetlenmiştir. Burada Q_{T1} sağ yan kol debisi, Q_{T2} sol yan kol debisi, $Q_{P\text{-}C}$ ana kanal debisi (toplam debi), x = 11,105 m'deki akım derinliği $h_{P\text{-}C}$, akım hızı $V_{P\text{-}C}$, Froude sayısı $Fr_{P\text{-}C}$'dir.

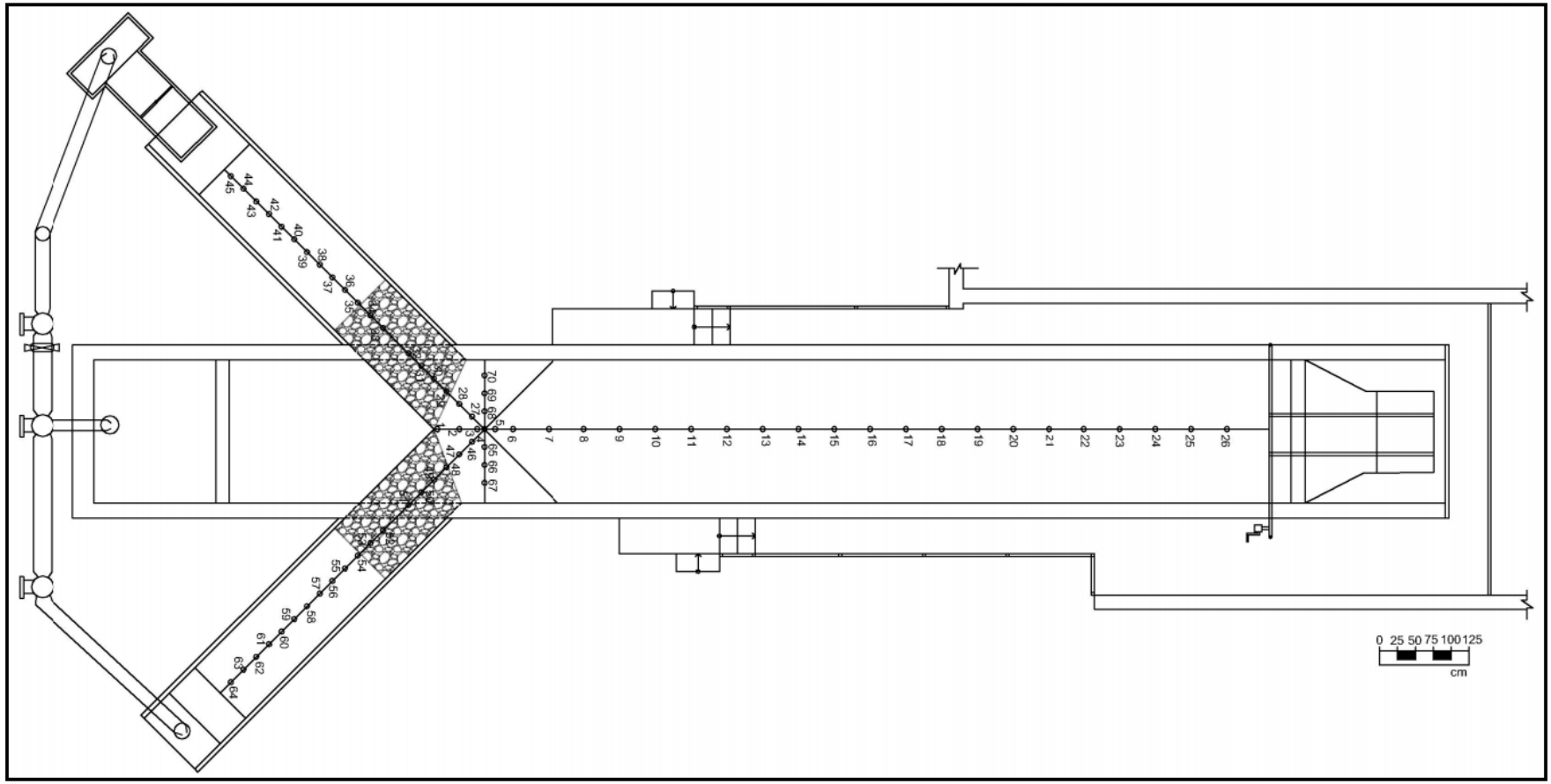
Tablo 3.1: Çalışma kapsamında deney setindeki parametreler ve değerleri

Deney No	Q_{T1} (l/s)	Q_{T2} (l/s)	Q_{P-C} (l/s)	Q_{T1}/Q_{P-C}	Q_{T2}/Q_{P-C}	Q_{T1}/Q_{T2}	h_{P-C} (cm)	V_{P-C} (m/s)	Fr_{P-C}
1	20	20	40	0,50	0,50	1,0	7,40	0,27	0,32
2	20	20	40	0,50	0,50	1,0	15,70	0,13	0,10
3	20	20	40	0,50	0,50	1,0	17,90	0,11	0,08
4	30	20	50	0,60	0,40	1,5	8,10	0,31	0,35
5	30	20	50	0,60	0,40	1,5	15,35	0,16	0,13
6	30	20	50	0,60	0,40	1,5	17,90	0,14	0,11
7	40	20	60	0,67	0,33	2,0	9,10	0,33	0,35
8	40	20	60	0,67	0,33	2,0	14,55	0,21	0,17
9	40	20	60	0,67	0,33	2,0	18,30	0,16	0,12
10	40	20	60	0,67	0,33	2,0	19,55	0,15	0,11

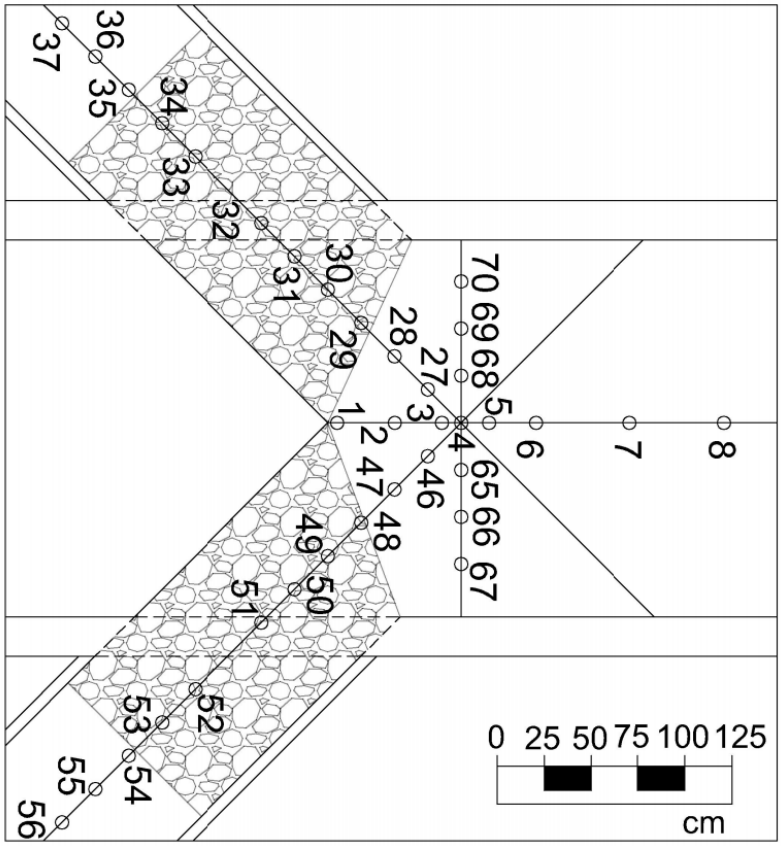
Deneyde her bir yan kolda 19'ar noktada 25 cm ara ile, kavşak civarında 6 noktada 25 cm ara ile, mansaba doğru 26 noktada 50 cm aralıklarla ölçümler yapılmış, ayrıca 6 noktada enkesit ölçümü yapılarak, toplamda da 70 ölçüm yapılmıştır. Ek olarak, her bir nokta için taban kotu ölçümleri kanal duvarlarındaki ray üzerinde bulunan arabaya bağlı limnimetre ile yapılmıştır. Ayrıca ölçümlerin hassas bir şekilde yapılabilmesi için lazer işaretleme cihazı kullanılmış ve bu cihaz ile limnimetre üzerindeki cetvelde okumalar yapılmıştır (Şekil 3.19).

Şekil 3.19: Kanal üzerinde limnimetre ile yükseklik ölçümü yapılması

Ölçüm yapılan noktaların plan görünümü Şekil 3.20'de ve bu şekle ait ölçeği büyütülmüş kesit detayı da Şekil 3.21'de verilmiştir.

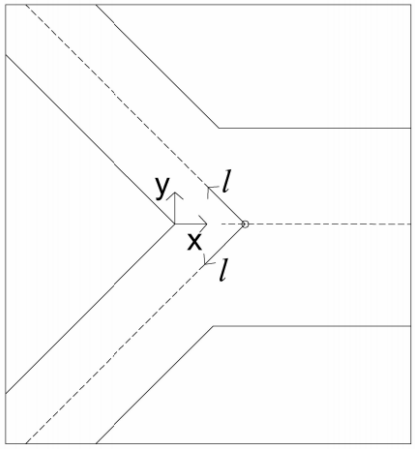


Şekil 3.20: Kanal boyunca ölçüm yapılan noktalar



Şekil 3.21: Kanal boyunca ölçüm yapılan noktalara ait ölçek büyütülmüş kesit.

Sağ ve sol koldaki akım derinliklerinin daha kolay anlaşılabilmesi için 4 nolu ölçüm noktası başlangıç noktası alınarak Şekil 3.22'de gösterildiği gibi her iki yan kola doğru uzanan bir *l* ekseni tanımlanmıştır.



Şekil 3.22: Deney setinde tanımlanmış eksen takımı

Ölçüm yapılan noktaların koordinatları Tablo 3.2 ve Tablo 3.3'te sunulmuştur.

Tablo 3.2: Ölçüm yapılan noktalara ilişkin koordinat bilgileri (Sol Yan Kol - Sağ Yan Kol)

Sol Yan Kol (T2)					Sağ Yan Kol (T1)				
No	*x* (m)	*y* (m)	*z* (cm)	*l* (m)	No	*x* (m)	*y* (m)	*z* (cm)	*l* (m)
45	-2,83	3,536	56,55	4,75	64	-2,83	-3,54	56,10	4,75
44	-2,65	3,359	56,15	4,50	63	-2,65	-3,36	56,10	4,50
43	-2,48	3,182	56,10	4,25	62	-2,48	-3,18	55,90	4,25
42	-2,3	3,005	56,10	4,00	61	-2,3	-3,01	55,95	4,00
41	-2,12	2,828	56,10	3,75	60	-2,12	-2,83	55,85	3,75
40	-1,95	2,652	55,80	3,50	59	-1,95	-2,65	55,80	3,50
39	-1,77	2,475	56,00	3,25	58	-1,77	-2,48	55,70	3,25
38	-1,59	2,298	55,95	3,00	57	-1,59	-2,3	55,65	3,00
37	-1,41	2,121	55,80	2,75	56	-1,41	-2,12	55,65	2,75
36	-1,24	1,945	55,75	2,50	55	-1,24	-1,95	55,60	2,50
35	-1,06	1,768	56,10	2,25	54	-1,06	-1,77	55,65	2,25
34	-0,88	1,591	66,25	2,00	53	-0,88	-1,59	65,70	2,00
33	-0,71	1,414	66,40	1,75	52	-0,71	-1,41	65,90	1,75
32	-0,35	1,061	66,25	1,50	51	-0,35	-1,06	65,85	1,50
31	-0,18	0,884	66,25	1,25	50	-0,18	-0,88	65,90	1,25
30	0	0,707	66,15	1,00	49	0	-0,71	66,00	1,00
29	0,177	0,53	65,85	0,75	48	0,177	-0,53	66,00	0,75
28	0,354	0,354	55,85	0,50	47	0,354	-0,35	55,90	0,50
27	0,53	0,177	55,85	0,25	46	0,53	-0,18	55,80	0,25

Tablo 3.3: Ölçüm yapılan noktalara ilişkin koordinat bilgileri (Ana Kanal)

Ana Kanal											
No	*x* (m)	*y* (m)	*z* (cm)	No	*x* (m)	*y* (m)	*z* (cm)	No	*x* (m)	*y* (m)	*z* (cm)
1	0,049	0	55,85	10	3,105	0	55,85	19	7,605	0	55,60
2	0,355	0	55,80	11	3,605	0	55,75	20	8,105	0	55,60
3	0,605	0	55,95	12	4,105	0	55,75	21	8,605	0	55,80
4	0,707	0	55,90	13	4,605	0	55,75	22	9,105	0	55,90
5	0,855	0	55,70	14	5,105	0	55,60	23	9,605	0	55,75
6	1,105	0	55,65	15	5,605	0	55,45	24	10,105	0	55,70
7	1,605	0	55,65	16	6,105	0	55,55	25	10,605	0	55,70
8	2,105	0	55,75	17	6,605	0	55,65	26	11,105	0	55,90
9	2,605	0	55,65	18	7,105	0	55,60				

Ana Kanal Sol Taraf (y>0)				Ana Kanal Sağ Taraf (y<0)			
No	*x* (m)	*y* (m)	*z* (cm)	No	*x* (m)	*y* (m)	*z* (cm)
68	0,707	0,25	55,85	65	0,707	-0,25	55,70
69	0,707	0,50	55,90	66	0,707	-0,50	55,70
70	0,707	0,75	55,85	67	0,707	-0,75	55,90

Bölüm 4

Deneysel Sonuçlar

Bu çalışma kapsamında gerçekleştirilen deneylerin tamamı nehir rejiminde gerçekleştirilmiştir. Sağ ve sol yan kol ile ana kanalda çeşitli noktalardaki Froude sayısı değerleri ve akım derinlikleri Tablo 4.1 ve Tablo 4.2'de sunulmuştur.

* Δz=10 cm olan eşik üstü noktaları ifade etmektedir (Şekil 3.20 ve Şekil 3.21). 28 noktasındaki debi sol kol debisi (Q_{T2}), 47 noktasındaki debi sağ kol debisi (Q_{T1}) alınmıştır. Çalışmaya ait detaylı veriler Şekil 4.1 – Şekil 4.10 arasında verilmiştir.

Tablo 4.1: Deneylerde elde edilen Froude sayısı değerleri

	Sağ Yan Kol (T1) Fr_{T1}					Ana Kanal Fr				Sol Yan Kol Fr_{T2}			
Deney No	64	55	53*	48*	47	8	16	24	28	*31**	34*	36	45
1	0,10	0,09	0,44	0,62	0,33	0,34	0,29	0,30	0,34	0,78	0,52	0,09	0,11
2	0,09	0,09	0,38	0,45	0,10	0,10	0,10	0,10	0,11	0,52	0,45	0,09	0,10
3	0,08	0,08	0,27	0,29	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,32	0,30	0,08	0,09
4	0,13	0,12	0,52	0,64	0,45	0,34	0,31	0,33	0,28	0,77	0,50	0,09	0,10
5	0,13	0,12	0,50	0,61	0,15	0,13	0,13	0,13	0,11	0,56	0,44	0,09	0,10
6	0,12	0,11	0,35	0,38	0,12	0,10	0,10	0,10	0,08	0,28	0,27	0,08	0,09
7	0,16	0,14	0,54	0,68	0,52	0,36	0,32	0,33	0,24	0,76	0,50	0,09	0,11
8	0,15	0,14	0,54	0,62	0,24	0,18	0,17	0,17	0,11	0,62	0,51	0,09	0,11
9	0,14	0,13	0,42	0,47	0,16	0,12	0,12	0,12	0,08	0,25	0,26	0,08	0,09
10	0,14	0,13	0,40	0,43	0,15	0,11	0,11	0,11	0,07	0,23	0,22	0,07	0,08

Tablo 4.2: Deneylerde elde edilen akım derinlikleri

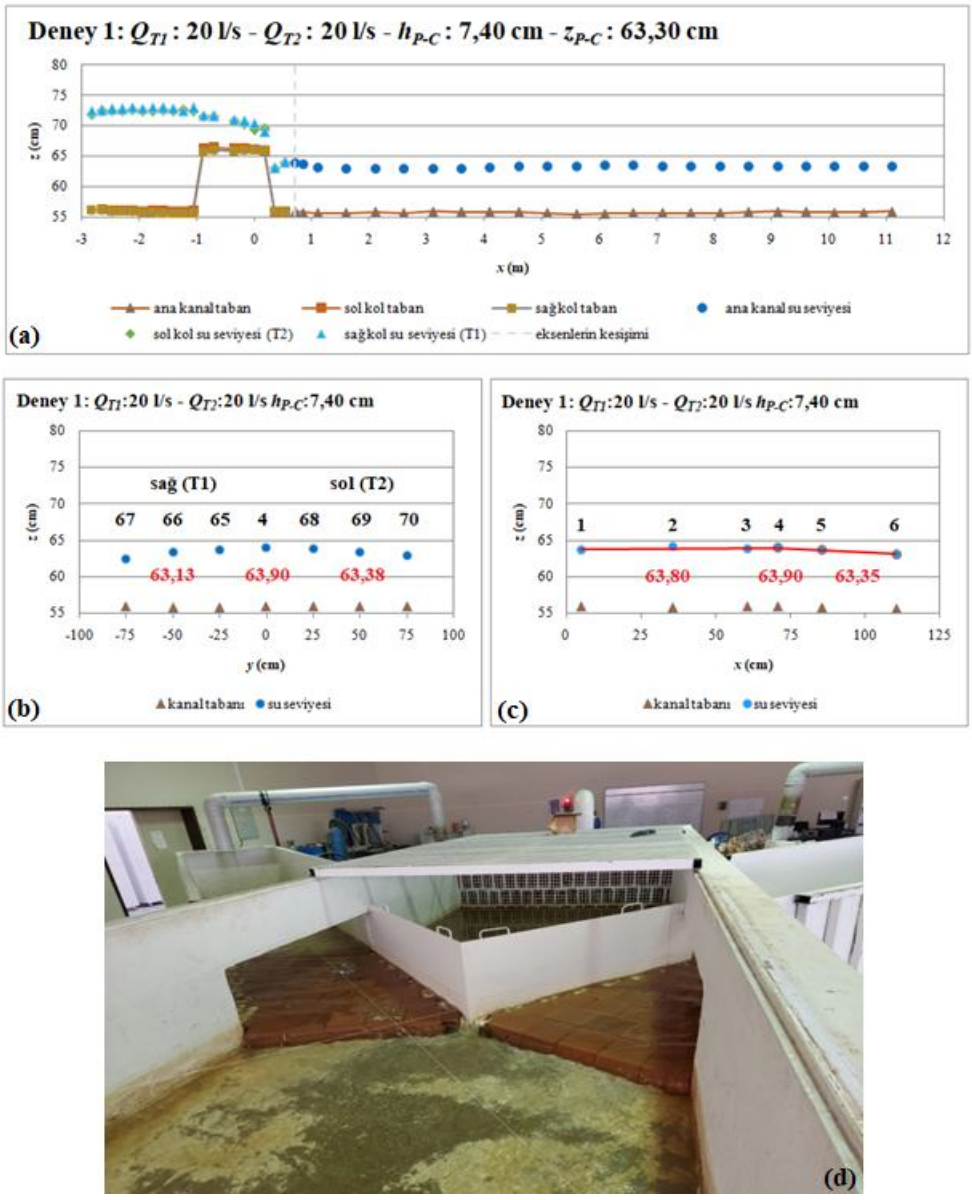
	Sağ Yan Kol (T1) *h* (cm)						Ana Kanal *h* (cm)				Sol Yan Kol *h* (cm)					
Deney No	64	55	53*	50*	47	h_c	8	16	24	h_c	28	*31**	34*	36	45	h_c
1	16,40	16,90	5,95	4,75	7,15	3,44	7,10	7,85	7,60	3,44	7,05	4,05	5,30	16,90	15,30	3,44
2	16,60	17,50	6,55	5,85	15,55	3,44	15,65	15,85	15,60	3,44	15,45	5,35	5,85	17,15	15,75	3,44
3	17,90	19,15	8,30	7,90	17,90	3,44	18,20	18,20	18,20	3,44	18,05	7,35	7,75	18,65	17,30	3,44
4	17,50	18,55	6,95	6,10	7,70	4,51	8,25	8,75	8,40	3,99	8,05	4,10	5,45	16,65	15,65	3,44
5	17,90	18,60	7,20	6,30	15,70	4,51	15,25	15,65	15,50	3,99	15,45	5,05	5,95	16,90	15,75	3,44
6	18,90	20,15	9,05	8,65	18,05	4,51	18,25	18,45	18,50	3,99	18,45	7,95	8,25	18,90	17,35	3,44
7	18,90	20,00	8,25	7,10	8,50	5,46	8,90	9,60	9,45	4,51	8,95	4,15	5,45	16,85	15,35	3,44
8	19,00	19,95	8,25	7,50	14,00	5,46	14,40	14,45	14,75	4,51	14,65	4,75	5,40	16,60	15,45	3,44
9	19,90	21,15	9,80	9,05	18,50	5,46	18,75	18,85	18,55	4,51	19,25	8,65	8,45	19,15	17,65	3,44
10	20,10	21,20	10,10	9,60	19,50	5,46	19,75	19,75	19,80	4,51	19,75	9,25	9,35	19,95	18,30	3,44

Çalışmaya ait Reynolds Sayısı değerleri incelendiğinde akımın türbülanslı olduğu görülmektedir (*Re*>2000), (Tablo 4.3).

(* Δz=10 cm olan eşik üstü noktaları ifade etmektedir.)

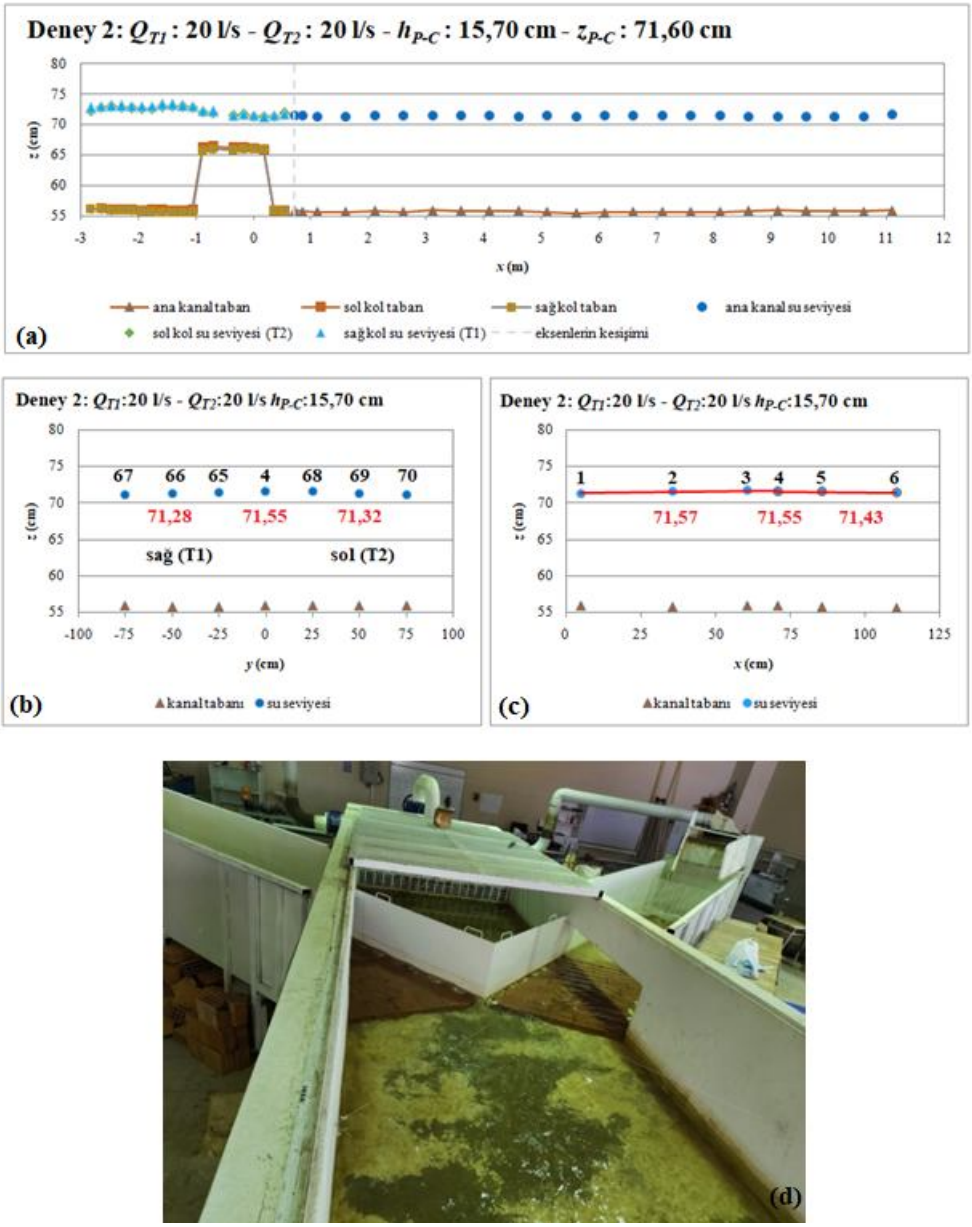
Tablo 4.3: Deneylerde elde edilen Reynolds sayısı değerleri

	Sağ Yan Kol (T1) *Re*						Ana Kanal *Re*		Sol Yan Kol (T2) *Re*					
No	48*	49*	50*	51*	52*	53*	12	26	*29**	*30**	*31**	32*	*33**	34*
1	18681	18200	18084	17985	17776	17696	18438	18438	18507	18593	18318	18200	17953	17904
2	17937	17856	17728	17776	17602	17508	17122	17115	17856	17953	17888	17953	17840	17728
3	17189	17130	17100	17056	17012	16983	16788	16796	17145	17204	17264	17234	17219	17145
4	27554	26568	26473	26450	26032	26078	22898	22898	18455	18628	18301	18167	17904	17856
5	26905	26426	26379	26356	25919	25964	21496	21459	17856	17953	17985	17953	17792	17696
6	25584	25518	25322	25452	25193	25151	20941	20994	16939	17056	17085	17056	17085	16997
7	36401	34955	34679	34589	34230	33995	27351	27225	18455	18559	18284	18084	17937	17856
8	35938	34863	34438	34649	34141	33995	26044	25930	18184	18134	18084	17937	17985	17872
9	34053	33677	33534	33591	33225	33114	25024	25108	16824	16939	16881	16910	17012	16939
10	33449	33309	33225	33141	32948	32948	24908	24846	16612	16711	16711	16725	16739	16682



Şekil 4.1: Deney 1 - Taban ve su yüzeyi profilleri (a) ana kanal ve yan kolların ekseninde (b) ana kanal ve yan kolların birleşim enkesitinde (x=0,707 m) (c) kavşak içinde (0< x <1,2 m) (d) kavşak görüntüsü

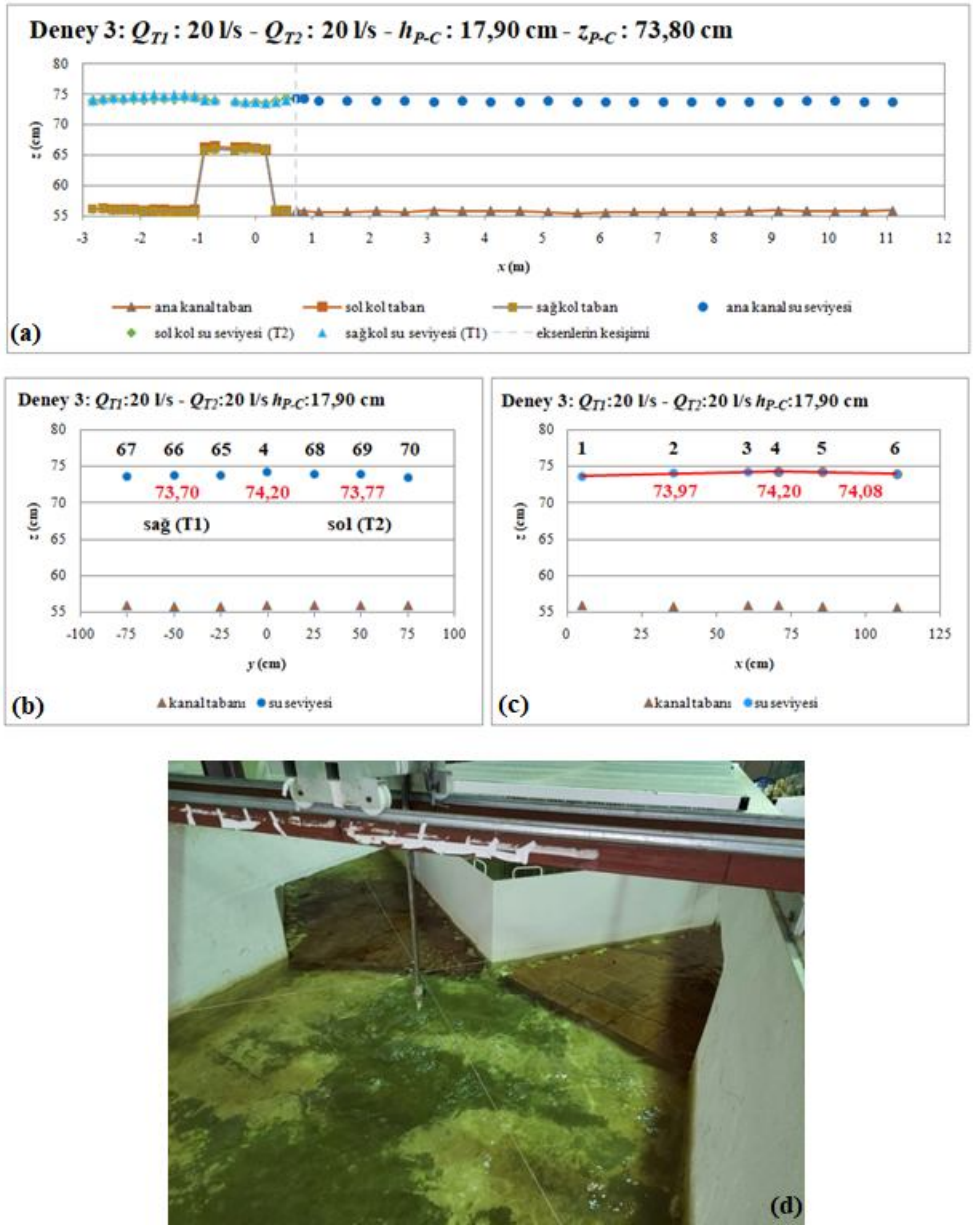
Şekil 4.1.a incelendiğinde yan kollardaki su yüzeyi kotlarının birbirine yakın olduğu görülmüştür. Şekil 4.1.b'ye göre 4 noktasındaki su yüzeyi kotunun en yüksek olduğu (63,90 cm), enkesit sağındaki ortalama su yüzeyi kotunun 63,13 cm, enkesit solundaki ortalama su yüzeyi kotunun 63,38 cm olduğu görülmüştür. Şekil 4.1.c incelendiğinde ortalama su yüzeyi kotunun kavşak başlangıcında 4 noktasına göre düşük olduğu (63,80 cm < 63,90 cm) görülmüştür. 4 noktasının sonrasında ise ortalama kotun azalma eğilimi gösterdiği (63,35 cm < 63,90 cm) görülmüştür.



Şekil 4.2: Deney 2 - Taban ve su yüzeyi profilleri (a) ana kanal ve yan kolların ekseninde (b) ana kanal ve yan kolların birleşim enkesitinde (x=0,707 m) (c) kavşak içinde (0< x< 1,2 m) (d) kavşak görüntüsü

Şekil 4.2.a incelendiğinde yan kollardaki su yüzeyi kotlarının birbirine yakın olduğu görülmüştür. Şekil 4.2.b'ye göre 4 noktasındaki su yüzeyi kotunun en yüksek olduğu (71,55 cm), enkesit sağındaki ortalama su yüzeyi kotunun 71,28 cm, enkesit solundaki ortalama su yüzeyi kotunun 71,32 cm olduğu görülmüştür. Şekil 4.2.c incelendiğinde ortalama su yüzeyi kotunun kavşak başlangıcında 4 noktasına göre

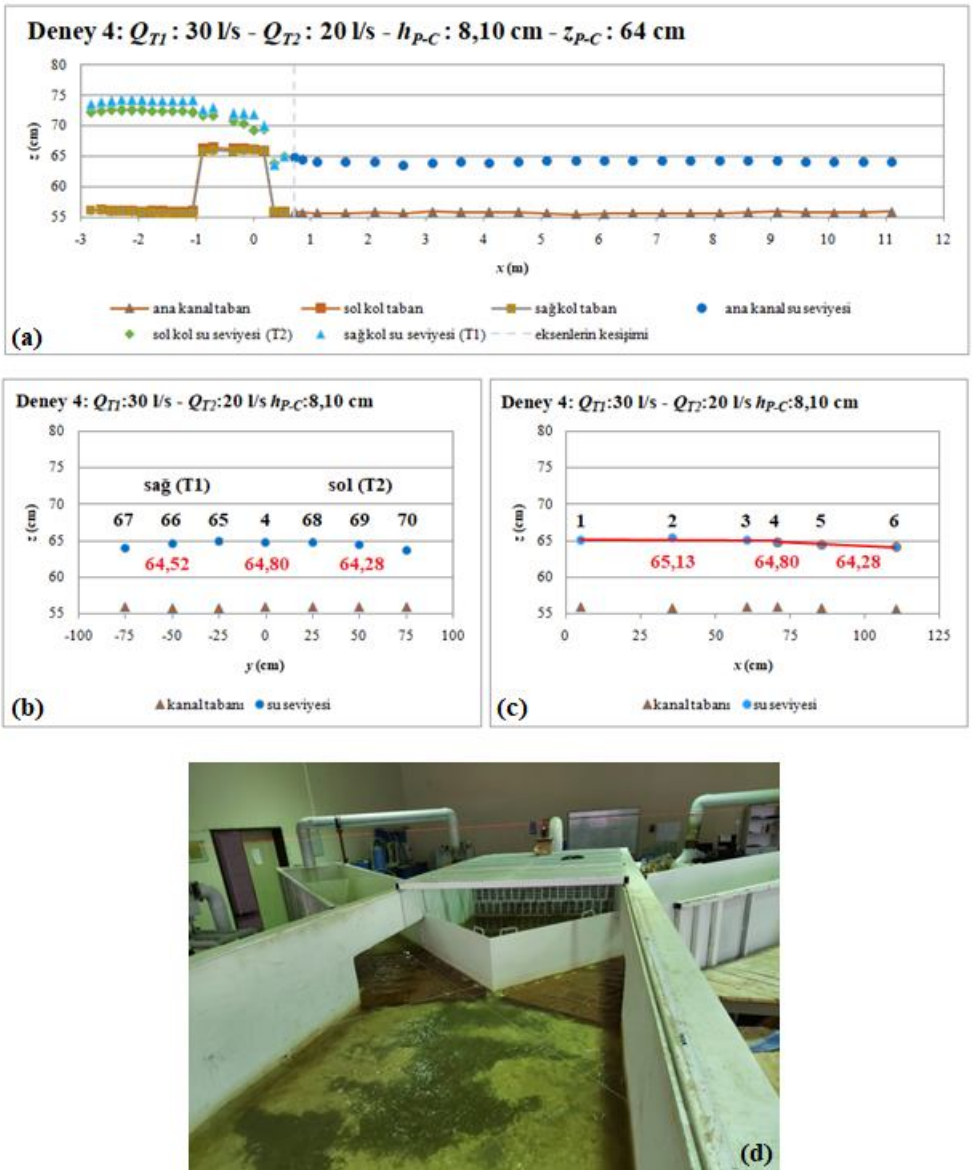
yüksek olduğu (71,57 cm > 71,55 cm) görülmüştür. 4 noktası sonrasında ise ortalama kotun azalma eğiliminde olduğu (71,43 cm < 71,55 cm) görülmüştür.



Şekil 4.3: Deney 3 - Taban ve su yüzeyi profilleri (a) ana kanal ve yan kolların ekseninde (b) ana kanal ve yan kolların birleşim enkesitinde (x=0,707 m) (c) kavşak içinde (0< x <1,2 m) (d) kavşak görüntüsü

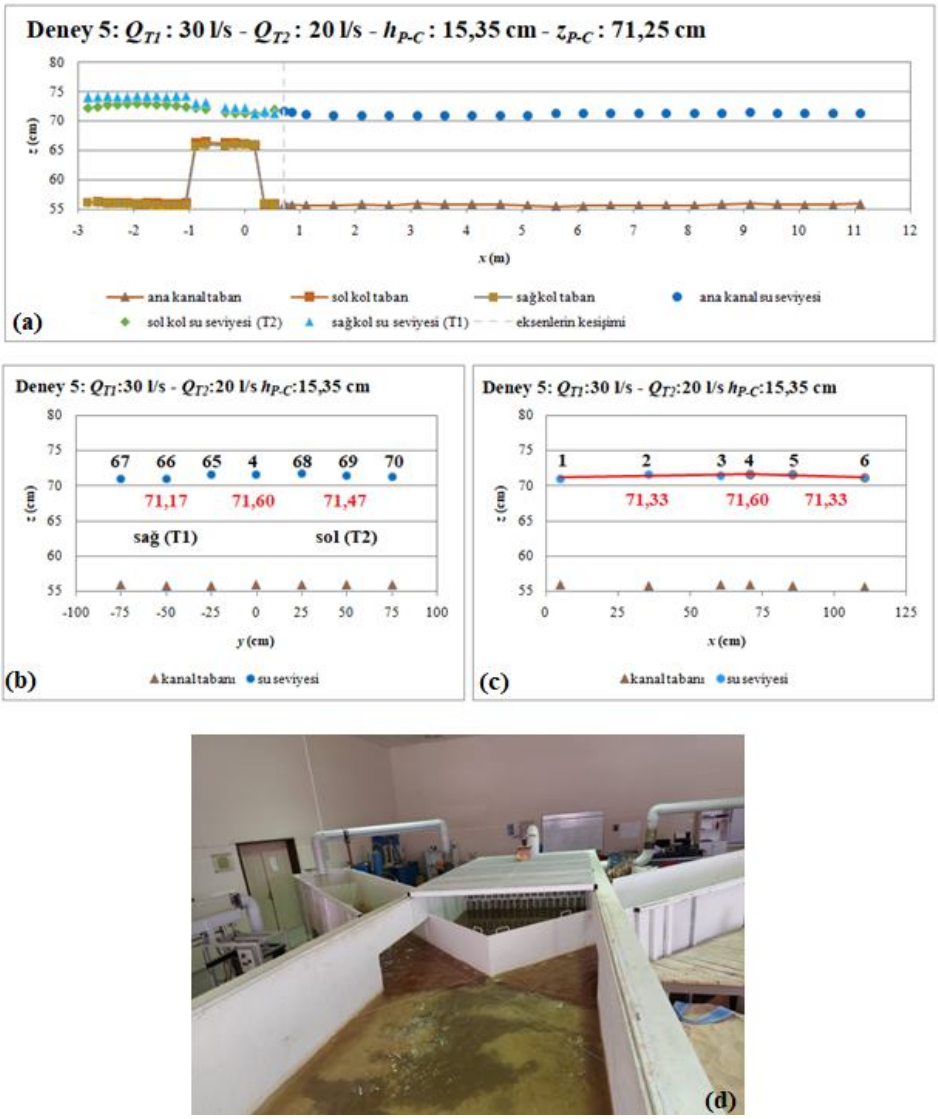
Şekil 4.3.a incelendiğinde yan kollardaki su yüzeyi kotunun birbirine yakın olduğu görülmüştür. Şekil 4.3.b'ye göre 4 noktasındaki su yüzeyi kotunun en yüksek olduğu

(74,20 cm), enkesit sağındaki ortalama su yüzeyi kotunun 73,70 cm, enkesit solundaki ortalama su yüzeyi kotunun 73,77 cm olduğu görülmüştür. Şekil 4.3.c incelendiğinde ortalama su yüzeyi kotunun kavşak başlangıcında 4 noktasına göre düşük olduğu (73,97 cm < 74,20 cm) görülmüştür. 4 noktası sonrasında ise ortalama kot azalma eğilimi göstermiştir (74,08 cm < 74,20 cm).



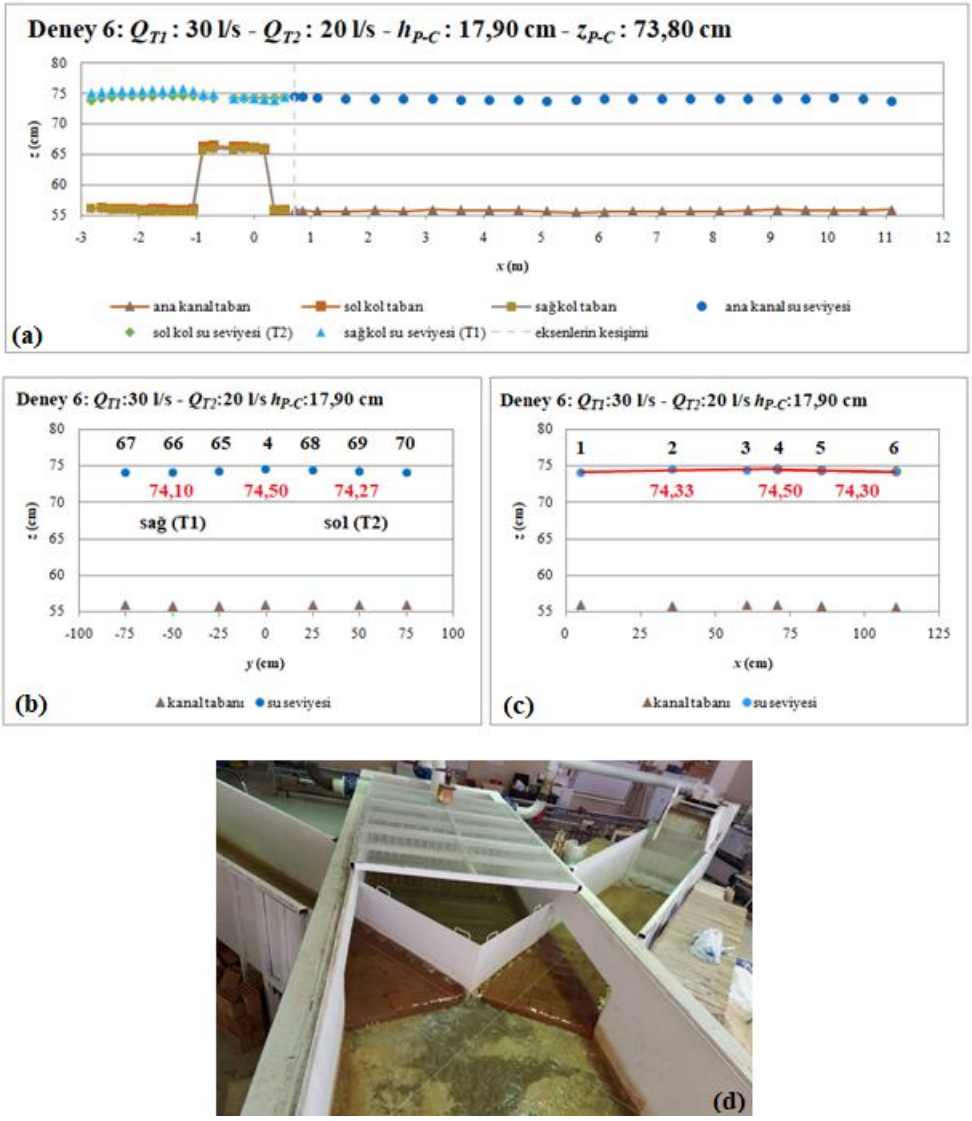
Şekil 4.4: Deney 4 - Taban ve su yüzeyi profilleri (a) ana kanal ve yan kolların ekseninde (b) ana kanal ve yan kolların birleşim enkesitinde (x=0,707 m) (c) kavşak içinde (0< x <1,2 m) (d) kavşak görüntüsü

Şekil 4.4.a incelendiğinde yan kollardaki debisi yüksek olan sağ kolun su yüzeyi kotunun daha büyük olduğu görülmüştür. Şekil 4.4.b'ye göre 4 noktasındaki su yüzeyi kotunun en yüksek olduğu (64,80 cm), enkesit sağındaki ortalama su yüzeyi kotunun 64,52 cm, enkesit solundaki ortalama su yüzeyi kotunun 64,28 cm olduğu görülmüştür. Şekil 4.4.c incelendiğinde ortalama su yüzeyi kotunun kavşak başlangıcında 4 noktasına göre yüksek olduğu (65,13 cm > 64,80 cm) görülmüştür. 4 noktası sonrasında ortalama su yüzeyi kotunun azalma eğiliminde olduğu görülmektedir (64,28 cm < 64,80 cm).



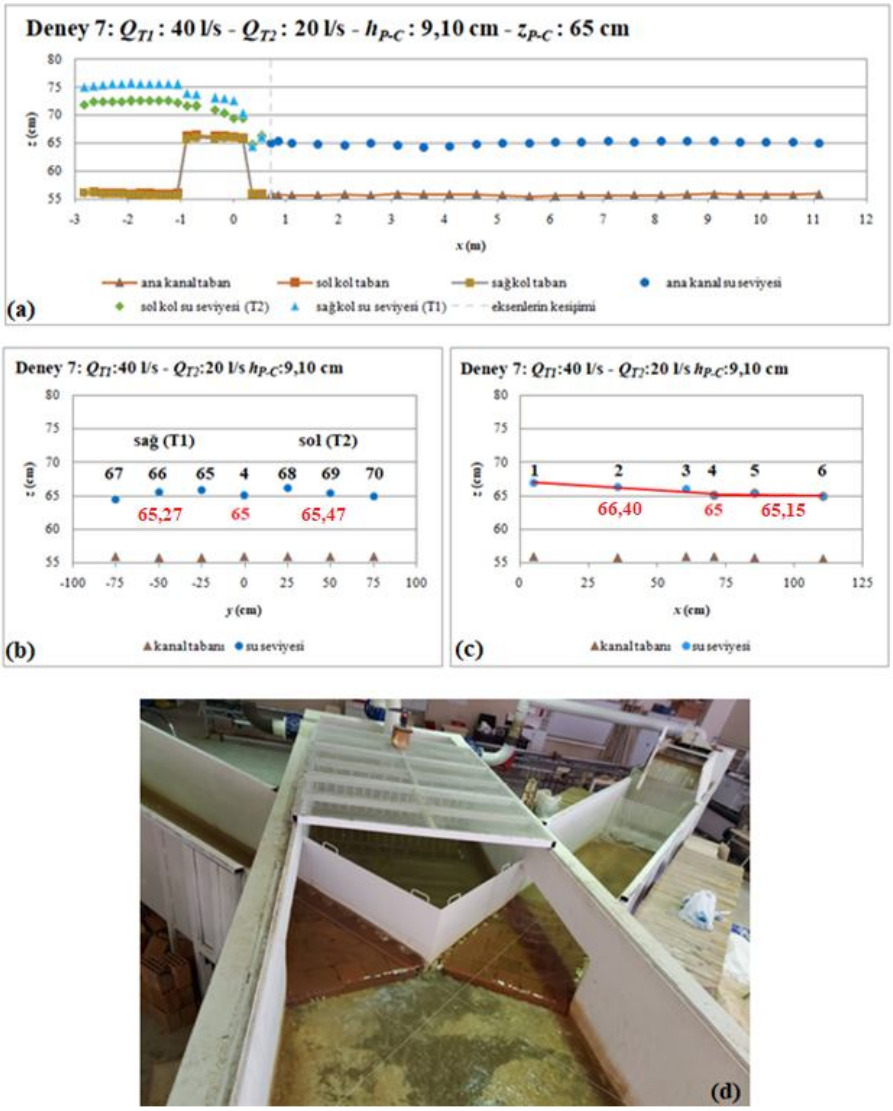
Şekil 4.5: Deney 5 - Taban ve su yüzeyi profilleri (a) ana kanal ve yan kolların ekseninde (b) ana kanal ve yan kolların birleşim enkesitinde (x=0,707 m) (c) kavşak içinde (0< x <1,2 m) (d) kavşak görüntüsü

Şekil 4.5.a incelendiğinde yan kollardaki debisi yüksek olan sağ kolun su yüzeyi kotunun daha büyük olduğu görülmüştür. Şekil 4.5.b'ye göre 4 noktasındaki su yüzeyi kotunun en yüksek olduğu (71,60 cm), enkesit sağındaki ortalama su yüzeyi kotunun 71,17 cm, enkesit solundaki ortalama su yüzeyi kotunun 71,47 cm olduğu görülmüştür. Şekil 4.5.c incelendiğinde ortalama su yüzeyi kotunun kavşak başlangıcında 4 noktasına göre düşük olduğu (71,33 cm < 71,60 cm) görülmüştür. 4 noktası sonrasındaki ortalama su yüzeyi kotu azalma eğilimindedir ve kavşak başlangıç ortalama su yüzeyi kotu ile aynıdır (71,33 cm).



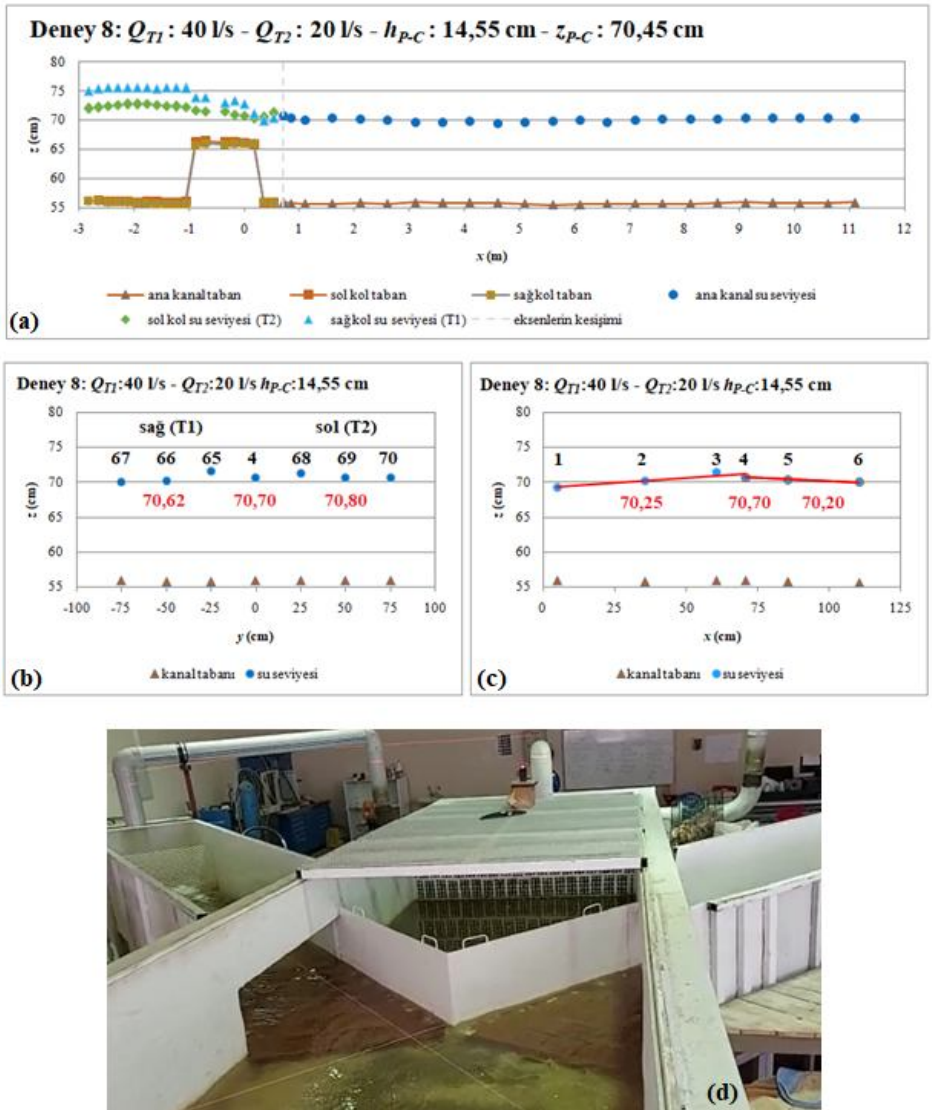
Şekil 4.6: Deney 6 - Taban ve su yüzeyi profilleri (a) ana kanal ve yan kolların ekseninde (b) ana kanal ve yan kolların birleşim enkesitinde (x=0,707 m) (c) kavşak içinde (0< x <1,2 m) (d) kavşak görüntüsü

Şekil 4.6.a incelendiğinde yan kollardaki debisi yüksek olan sağ kolun su yüzeyi kotunun daha büyük olduğu görülmüştür. Şekil 4.6.b'ye göre 4 noktasındaki su yüzeyi kotunun en yüksek olduğu (74,50 cm), enkesit sağındaki ortalama su yüzeyi kotunun 74,10 cm, enkesit solundaki ortalama su yüzeyi kotunun 74,27 cm olduğu görülmüştür. Şekil 4.6.c incelendiğinde ortalama su yüzeyi kotunun kavşak başlangıcında 4 noktasına göre düşük olduğu (74,33 cm < 74,50 cm) görülmüştür. 4 noktası sonrasındaki ortalama su yüzeyi kotunun azalma eğiliminde olduğu (74,30 cm < 74,50) görülmüştür.



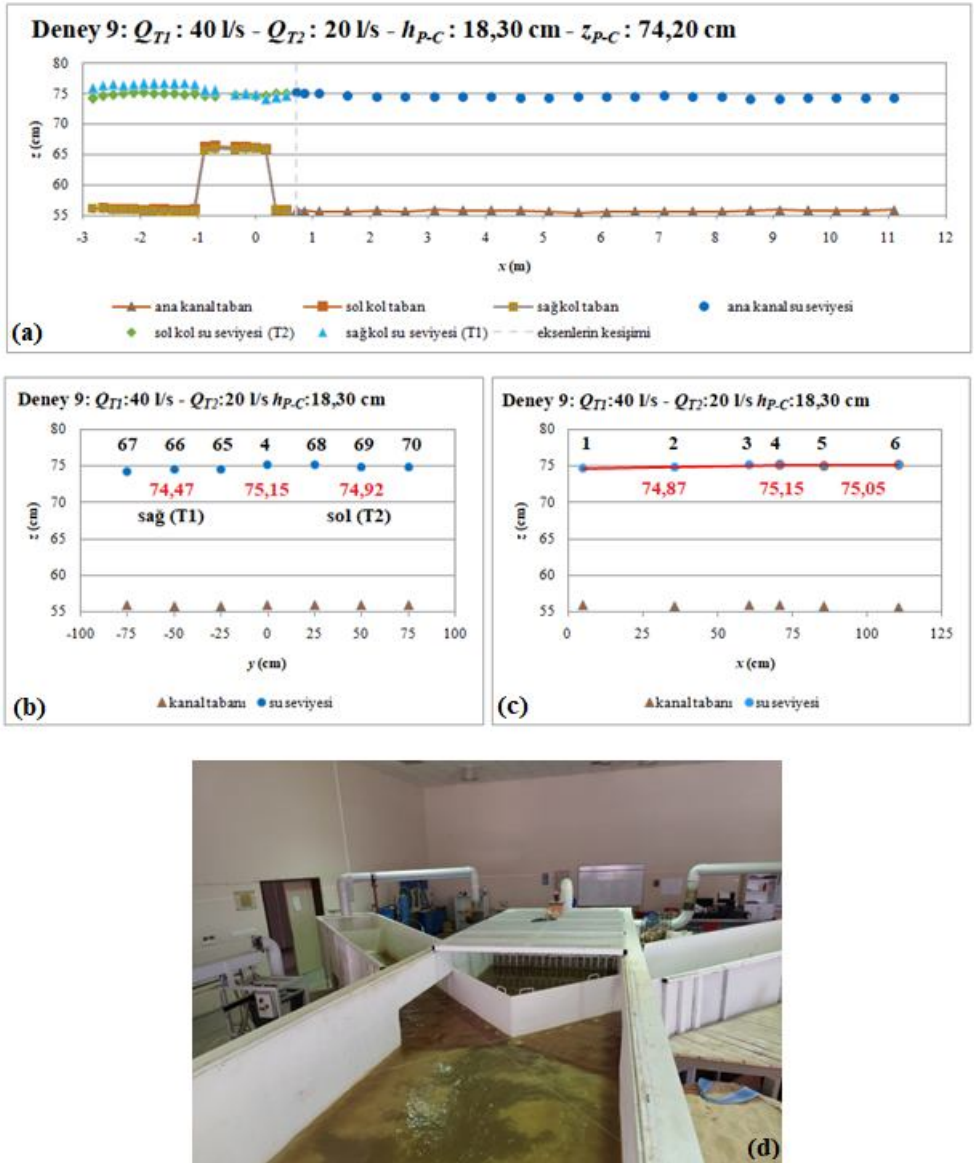
Şekil 4.7: Deney 7 - Taban ve su yüzeyi profilleri (a) ana kanal ve yan kolların ekseninde (b) ana kanal ve yan kolların birleşim enkesitinde (x=0,707 m) (c) kavşak içinde (0< x <1,2 m) (d) kavşak görüntüsü

Şekil 4.7.a incelendiğinde yan kollardaki debisi yüksek olan sağ kolun su yüzeyi kotunun daha büyük olduğu görülmüştür. Şekil 4.7.b'ye göre enkesit sağındaki ortalama su yüzeyi kotunun 65,27 cm, enkesit solundaki ortalama su yüzeyi kotunun 65,47 cm olduğu görülmüş ve bu kotlar 4 noktasındaki su yüzeyi kotundan daha büyük değerdedir (65 cm). Şekil 4.7.c incelendiğinde ortalama su yüzeyi kotunun kavşak başlangıcında 4 noktasına göre yüksek olduğu (66,40 cm > 65 cm) görülmüşür. 4 noktasından sonra ortalama su yüzeyi kotu artış göstermiştir (65,15 cm > 65 cm).



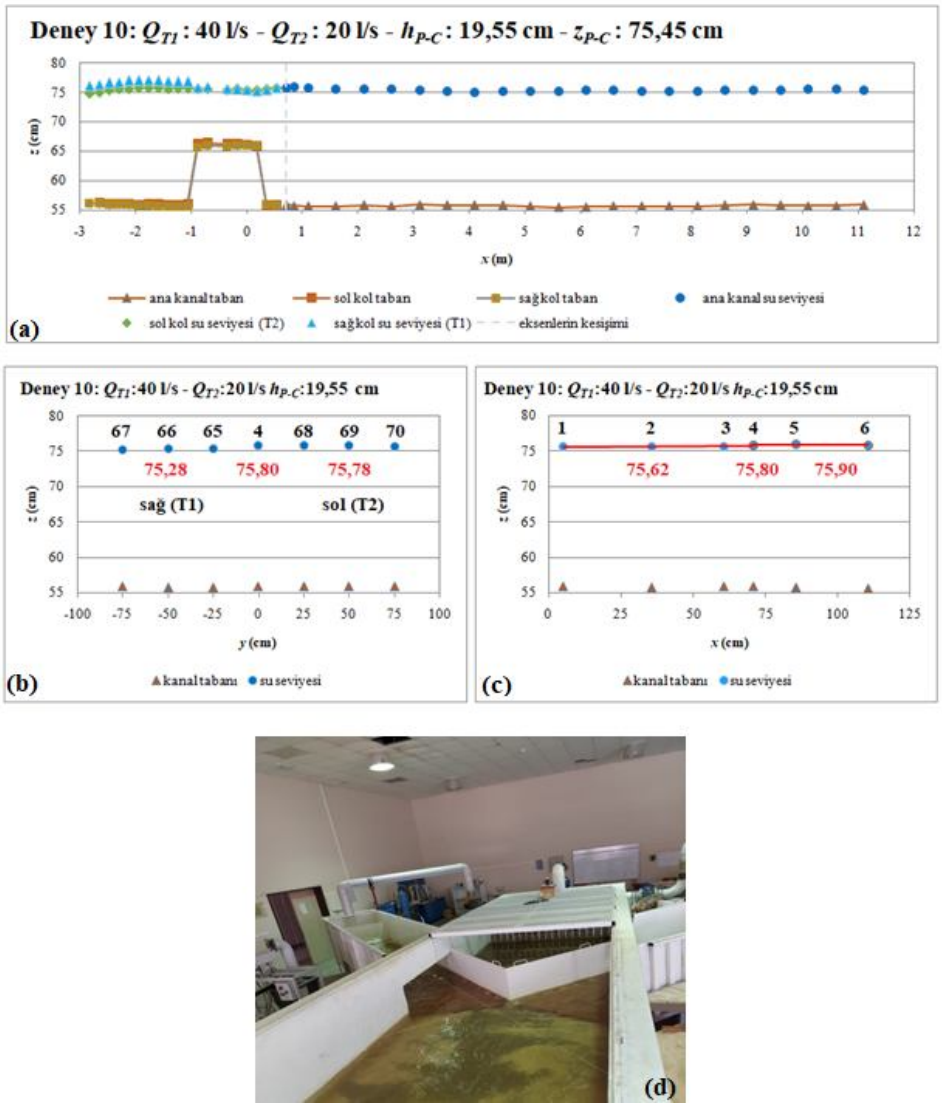
Şekil 4.8: Deney 8 - Taban ve su yüzeyi profilleri (a) ana kanal ve yan kolların ekseninde (b) ana kanal ve yan kolların birleşim enkesitinde (x=0,707 m) (c) kavşak içinde (0< x <1,2 m) (d) kavşak görüntüsü

Şekil 4.8.a incelendiğinde yan kollardaki debisi yüksek olan sağ kolun su yüzeyi kotunun daha büyük olduğu görülmüştür. Şekil 4.8.b'ye göre enkesit sağındaki ortalama su yüzeyi kotunun 70,62 cm, enkesit solundaki ortalama su yüzeyi kotunun 70,80 cm olduğu görülmüş, 4 noktasındaki su yüzeyi kotu ise 70,70 cm'dir. Şekil 4.8.c incelendiğinde ortalama su yüzeyi kotunun kavşak başlangıcında 4 noktasına göre düşük olduğu (70,25 cm < 70,70 cm) görülmüştür. 4 noktasından sonra ortalama su yüzeyi kotunun azaldığı (70,20 cm < 70,70 cm) görülmüştür.



Şekil 4.9: Deney 9 - Taban ve su yüzeyi profilleri (a) ana kanal ve yan kolların ekseninde (b) ana kanal ve yan kolların birleşim enkesitinde (x=0,707 m) (c) kavşak içinde (0< x <1,2 m) (d) kavşak görüntüsü

Şekil 4.9.a incelendiğinde yan kollardaki debisi yüksek olan sağ kolun su yüzeyi kotunun daha büyük olduğu görülmüştür. Şekil 4.9.b'ye göre 4 noktasındaki su yüzeyi kotunun en yüksek olduğu (75,15 cm), enkesit sağındaki ortalama su yüzeyi kotunun 74,47 cm, enkesit solundaki ortalama su yüzeyi kotunun 74,92 cm olduğu görülmüştür. Şekil 4.9.c incelendiğinde ortalama su yüzeyi kotunun kavşak başlangıcında 4 noktasına göre düşük olduğu (74,87 cm < 75,15 cm) görülmüştür. 4 noktasından sonra ortalama su yüzeyi kotu azalmıştır (75,05 cm < 75,15 cm).



Şekil 4.10: Deney 10 - Taban ve su yüzeyi profilleri (a) ana kanal ve yan kolların ekseninde (b) ana kanal ve yan kolların birleşim enkesitinde (x=0,707 m) (c) kavşak içinde (0< x <1,2 m) (d) kavşak görüntüsü

Şekil 4.10.a incelendiğinde yan kollardaki debisi yüksek olan sağ kolun su yüzeyi kotunun daha büyük olduğu görülmüştür. Şekil 4.10.b'ye göre 4 noktasındaki su yüzeyi kotunun en yüksek olduğu (75,80 cm), enkesit sağındaki ortalama su yüzeyi kotunun 75,28 cm, enkesit solundaki ortalama su yüzeyi kotunun 75,78 cm olduğu görülmüştür. Şekil 4.10.c incelendiğinde ortalama su yüzeyi kotunun kavşak başlangıcında 4 noktasına göre düşük olduğu (75,62 cm < 75,80 cm) görülmüştür. 4 noktasından sonra ortalama su yüzeyi kotu artmıştır (75,90 cm > 75,80 cm).

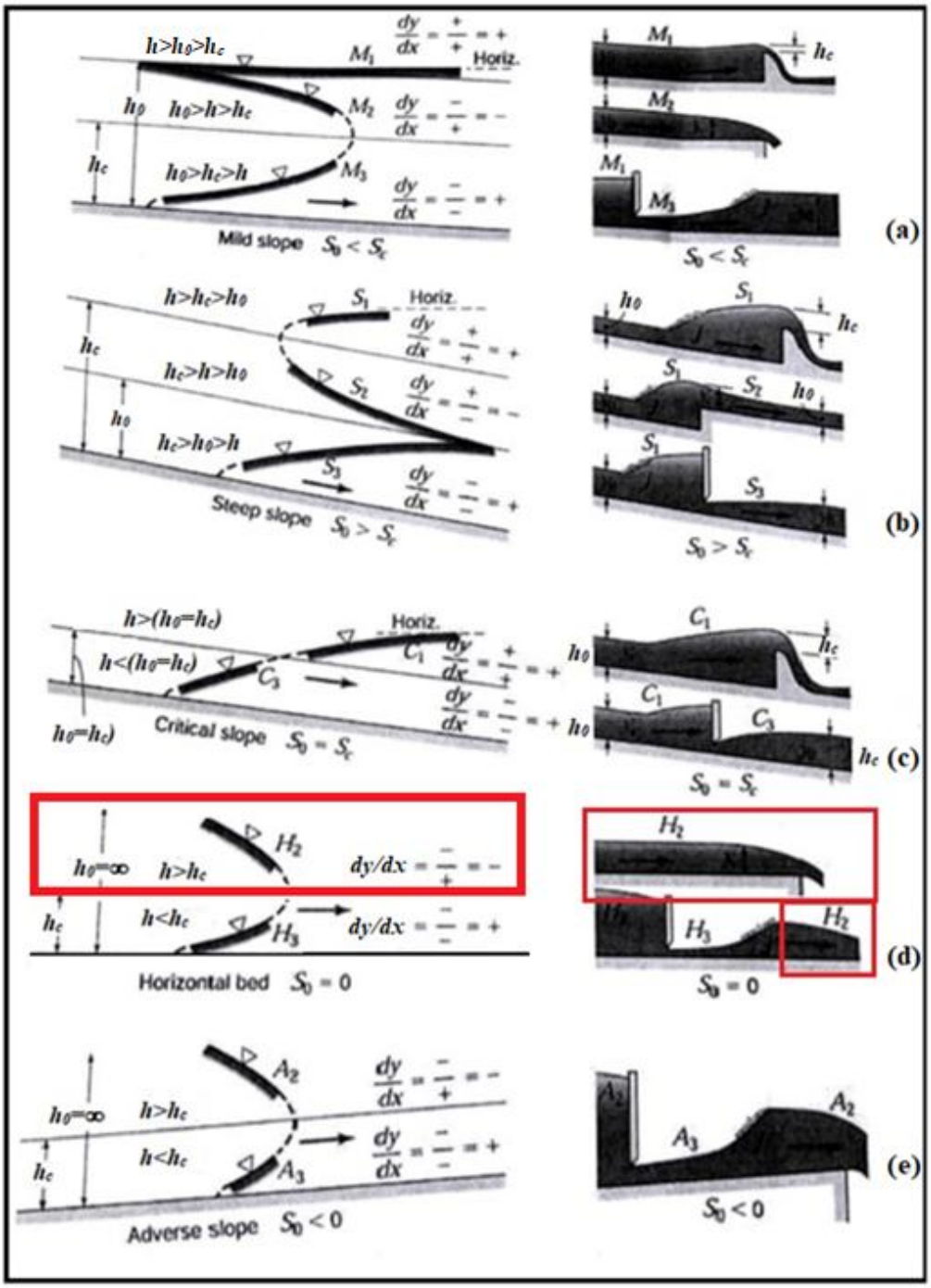
Bölüm 5

Sayısal Çalışma

5.1 Su Yüzeyi Profilleri

Su yüzeyi profilleri, açık kanal akımlarında akım doğrultusu boyunca elde edilen akım derinliklerinin grafiği olarak açıklanabilir. Başka bir deyişle akım hattı boyunca akım derinliklerine ait grafik, su yüzeyi profillerini verir. Su yüzeyinin akım hattı boyunca kanal tabanından yüksekliğini ifade eden bu profil, kanal hattı boyunca akım en kesitinin belirlenmesini sağladığı gibi, kayma kuvveti, sıvı ağırlığı ve atalet etkileri arasındaki dinamik dengeyi de belirtir [29].

Açık kanal akımlarında 12 farklı tipte su yüzeyi profilleri oluşmaktadır (Şekil 5.1). Su yüzeyi profillerinin sınıflandırması için rakam ve harften oluşan bir kod sistemi kullanılmaktadır. Burada rakam kritik ve üniform derinliğe göre su derinliğinin bulunduğu bölgeyi, harf ise kanal taban eğiminin tipini tanımlanmaktadır [30]. Su yüzeyi profilleri Tablo 5.1'de verilmiştir. Burada S_0 taban eğimi, S_c kritik eğimi, h akım derinliğini, h_0 normal akım derinliğini, h_c ise kritik akım derinliğini ifade etmektedir.



Şekil 5.1: Su yüzeyi profilleri ve tipleri (a) mild slope: yumuşak eğim, (b) steep slope: sert eğim, (c) critical slope: kritik eğim, (d) horizontal: yatay, (e) adverse slope: ters eğim [30]

Tablo 5.1: Su yüzeyi profili tipleri [31]

Eğim Tipi	Eğim Notasyonu	Şekil	Froude Sayısı	Rejim Tipi	Yüzey Profili Tipi
$S_0<S_c$	küçük eğim	5.1.a	$Fr<1$	Nehir	M_1
			$Fr<1$	Nehir	M_2
			$Fr>1$	Sel	M_3
$S_0>S_c$	büyük eğim	5.1.b	$Fr<1$	Nehir	S_1
			$Fr>1$	Sel	S_2
			$Fr>1$	Sel	S_3
$S_0=S_c$	kritik eğim	5.1.c	$Fr<1$	Nehir	C_1
			$Fr>1$	Sel	C_2
$S_0=0$	yatay	5.1.d	$Fr<1$	Nehir	H_2
			$Fr>1$	Sel	H_3
$S_0<0$	sert eğim	5.1.e	$Fr<1$	Nehir	A_2
			$Fr>1$	Sel	A_3

Bir yüzey profili için eğer akım derinliği hem normal derinliğin üzerinde hem de kritikse ($h>h_c$ ve $h>h_0$) 1 ile, şayet akım derinliği bu ikisi arasındaysa ($h_0> h>h_c$) 2 ile ve eğer akım derinliği hem normal derinliğin altında hem de kritik ise ($h<h_c$ ve $h<h_0$) 3 ile gösterilir [29].

Herhangi bir kanal eğimi tipi için üç çeşit profil mümkündür. Fakat ters ve yatay eğime sahip kanallarda akım hiçbir zaman üniform olmadığından normal derinlik ifadesi kullanılamaz ve tip 1 akım görülmez. İlave olarak kritik eğimli kanallarda, kritik ve normal derinlikler özdeş ifade olduğundan tip 2 akım oluşmamaktadır. Bir bölgesinde eğimler pozitif eğim, iki bölgesindeki eğimler negatif eğim olarak isimlendirilir [29].

Deneysel çalışmaya ait mansap bölgesi Froude sayıları Tablo 5.2'de verilmiştir.

Deneylerin gerçekleştirildiği kanal tabanı yataydır. Tablo 5.2'deki Froude sayılarına bakıldığında tüm deneylerin nehir rejiminde gerçekleştiği görülmektedir. Şekil 5.1 ve

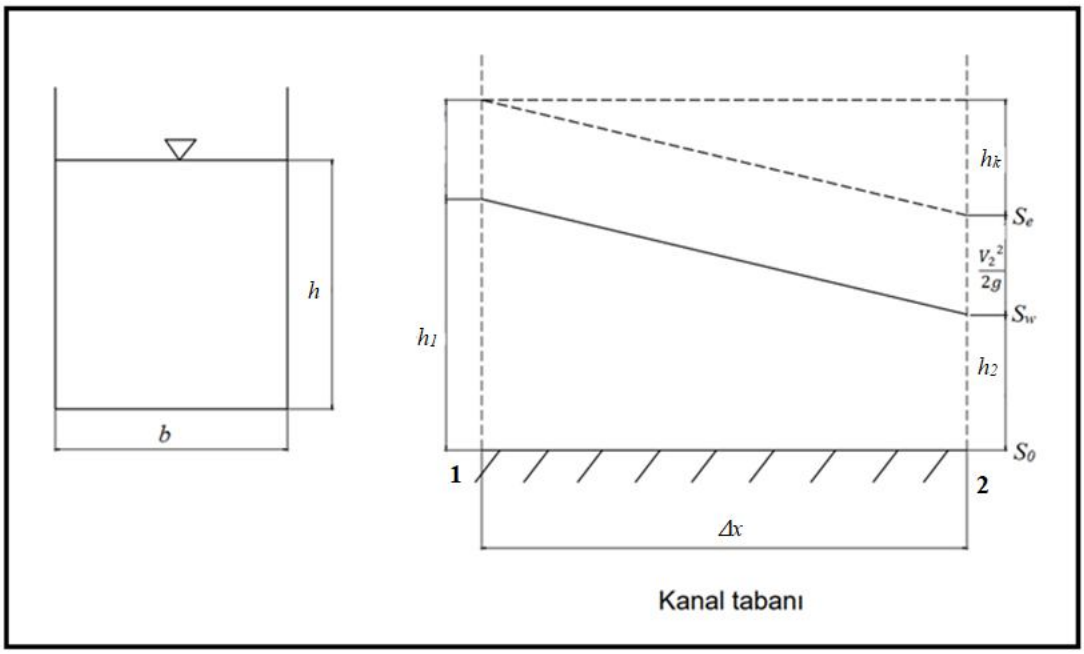
Tablo 5.1'deki su yüzeyi profilleri görsellerine göre incelendiğinde tüm çalışmaların H_2 profilinde olduğu görülmüştür ($S_0=0,\ h>h_c$).

Tablo 5.2: Ana kanalda elde edilen Froude sayısı değerleri

Deney No	Ölçüm Noktası	5	10	15	20	25	26
	x (m)	0,855	3,105	5,605	8,105	10,605	11,105
1	*Fr*	0,288	0,334	0,290	0,299	0,305	0,317
2		0,102	0,103	0,101	0,102	0,104	0,103
3		0,080	0,084	0,082	0,083	0,084	0,084
4		0,308	0,353	0,306	0,316	0,328	0,346
5		0,127	0,135	0,128	0,130	0,130	0,133
6		0,099	0,102	0,101	0,100	0,102	0,105
7		0,317	0,373	0,330	0,320	0,330	0,349
8		0,170	0,188	0,177	0,172	0,169	0,173
9		0,113	0,119	0,116	0,117	0,119	0,122
10		0,105	0,112	0,109	0,110	0,109	0,111

5.2 Enerji Denklemi

Tipik dikörtgen geometrili bir açık kanal kesiti ve enerji çizgisi gösterimi Şekil 5.2'de verildiği şekildedir.



Şekil 5.2: Tipik dikdörtgen geometrili açık kanal kesiti ve enerji çizgisi

Şekil 5.2'de verilen S_0 taban eğimi, S_w su yüzeyi eğimi, S_e enerji çizgisi eğimidir. Δx 1 ve 2 nolu kesitler arasındaki mesafe, b serbest su yüzeyi genişliği, h serbest su derinliği, A kesit alanı, V akım hızı, U ıslak çevre, R hidrolik yarıçap, g yer çekimi ivmesi, n manning pürüzlülük katsayısı, h_k yük kaybı, E özgül enerjidir.

$$A = b\,h \tag{5.1}$$

$$U = b + 2h \tag{5.2}$$

$$R = \frac{A}{U} = \frac{b\,h}{b + 2h} \tag{5.3}$$

$$E = h + \frac{V^2}{2g} \tag{5.4}$$

Enerji denklemi yazıldığında:

$$h_1 + \frac{{V_1}^2}{2g} = h_2 + \frac{{V_2}^2}{2g} + h_k \tag{5.5}$$

Burada; $h_k = Se\,\Delta x$'dir. (5.6)

Manning denklemi yazıldığında:

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S_e^{\frac{1}{2}} \tag{5.7}$$

$$S_e = \frac{n^2 V^2}{R^{\frac{4}{3}}} \tag{5.8}$$

$$\bar{S_e} = \frac{1}{2}(S_{e_1} + S_{e_2}) \tag{5.9}$$

$h_0 > h > h_c$ için

$$\Delta x = \frac{\Delta E}{S_{0-} \ \bar{S_e}} \tag{5.10}$$

5.2.1 Direkt (Doğrudan) Adım Yöntemi

Direkt adım yöntemi uygulama sırası, profilin baş ve sonundaki derinlikler belirlenir, uygun görülen farklarda ara derinlikler belirlenir, denklemle seçilen derinliklerde ara mesafeler hesaplanır [30].

$$x_2 = x_1 + \frac{E_2 - E_1}{S_{0-} \ \bar{S_e}} \tag{5.11}$$

5.2.2 Standart Adım Yöntemi

Standart adım yönteminde, kanalda Δx ara mesafeleri seçilir ve bu ara mesafelere göre akım derinlikleri hesaplanır. Bu hesap yöntemi direkt adım yönteminden farklı olarak deneme yanılma yöntemi veya iterasyon yöntemi ile yapılır. İşlem direkt adım yönteminin tam tersi şeklindedir. Bu yöntemde Δx değeri bulunarak çözüme ulaşılır [30].

Bu yöntemi uygulamak için ilk önce h için bir tahmini değer verilir ve $E_2 = h_2 + \frac{{V_2}^2}{2g}$ değeri hesaplanır. $E_2 - E_1 = (S_0 - \bar{S})\,\Delta x$ denklemi ile E_2 hesaplanır. İlk iki yöntemde bulunan E_2 değerleri kabul edilebilir bir değere eşdeğer değil ise, hesaplar

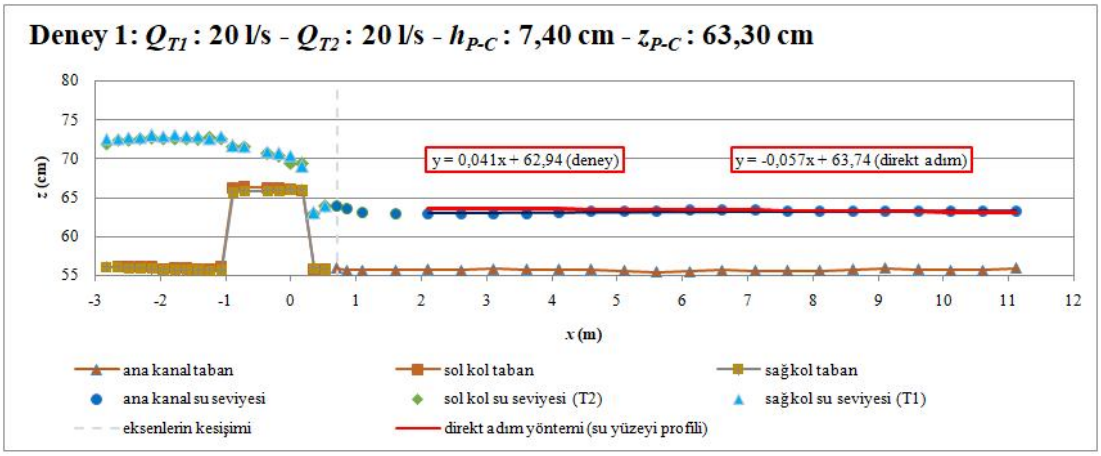
yeni bir h_2 ile tekrar edilir. Çözüm Δx değerinin bulunması ile sona erer. Bu yüzden, son bulunan akım derinliği denklemde yerine konulur ve bir önceki adıma benzer şekilde işlemler devam eder. Bu yöntemin uygulanması için kanalın prizmatik olması gerekli değildir [30].

5.3 Sayısal Çözümün Deneysel Sonuçlar ile Karşılaştırılması

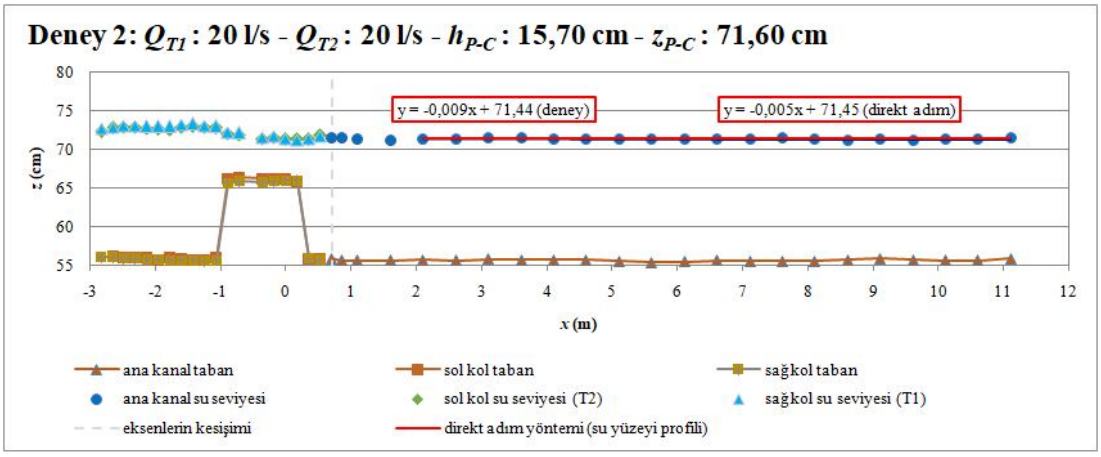
Çalışmada, deneysel verilerdeki su yüzeyi profillerine ilave olarak direkt adım yöntemiyle (derinlikten mesafeye) de su yüzeyi profilleri oluşturulmuştur. Direkt adım yönteminde, kanalın seçilen derinliklerinde ara mesafeleri hesaplanmıştır. Bu yöntem sadece prizmatik kanallara uygulanabilmektedir. Bu hesapta deneme yanılma yöntemi ile x mesafeleri belirlenmiştir ve buna bağlı olarak su yüzeyi profilleri oluşturulmuştur [30].

Deneysel çalışmada kanal zemini betondur ve taban eğimi 0'dır. Kanal tabanındaki pürüzlülük değeri için Manning denklemi kullanılmış, grafikte farklı katsayılar için deney ve direkt (doğrudan) adım yöntemindeki grafikler kıyaslanmış, kıyaslama yapılırken *n* değerleri için 0,015, 0,017 ve 0,022 değerleri kullanılmıştır. Tüm grafikler incelendiğinde direkt adım yönteminde kullanılan *n*'lere bağlı olarak oluşturulan grafik, deneysel verilere ait grafiklerle karşılaştırıldığında en yakın *n* değeri 0,015 olarak bulunmuştur.

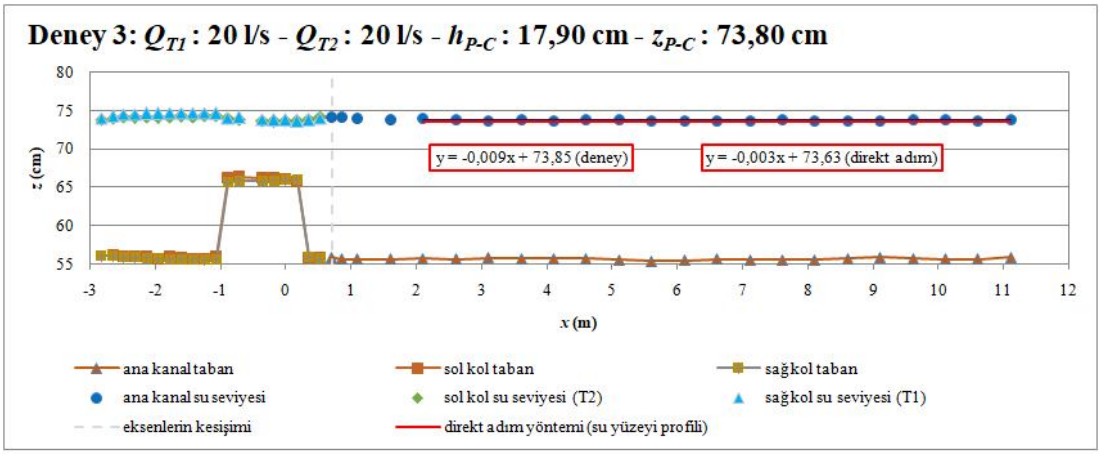
Kavşak noktasında akımın 3 boyutlu yapısından dolayı sayısal çözüm x=2 m'ye kadar devam ettirilmiştir. Sayısal çözüm ve deneysel sonuçlara ait grafikler Şekil 5.3 – Şekil 5.12'de sunulmuştur.



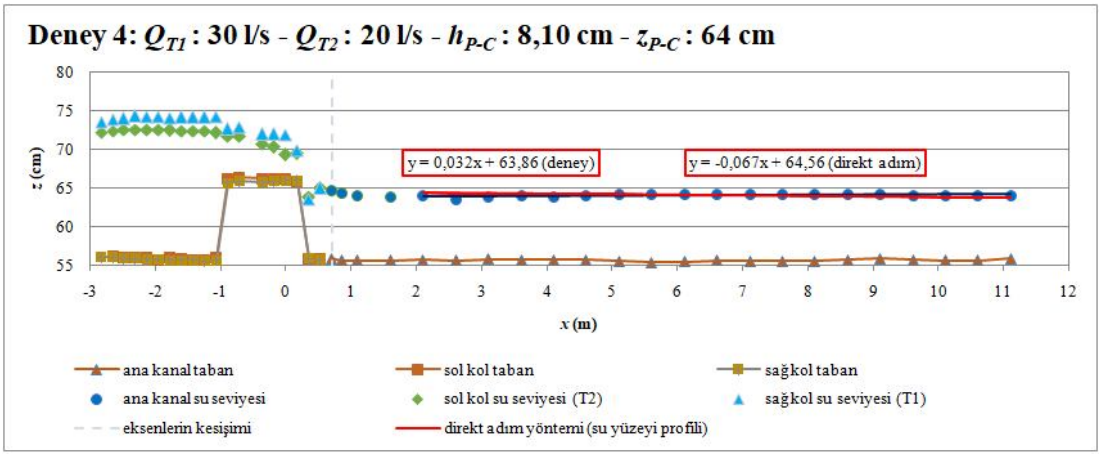
Şekil 5.3: Deney 1 – Ana kanalda direkt adım yöntemi ile elde edilen su yüzeyi profilinin deneysel sonuçlar ile karşılaştırılması



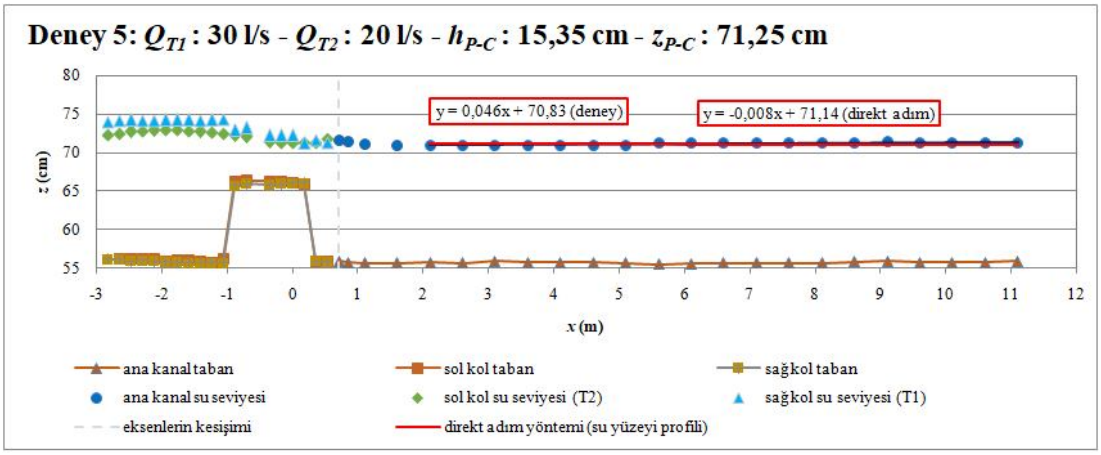
Şekil 5.4: Deney 2 - Ana kanalda direkt adım yöntemi ile elde edilen su yüzeyi profilinin deneysel sonuçlar ile karşılaştırılması



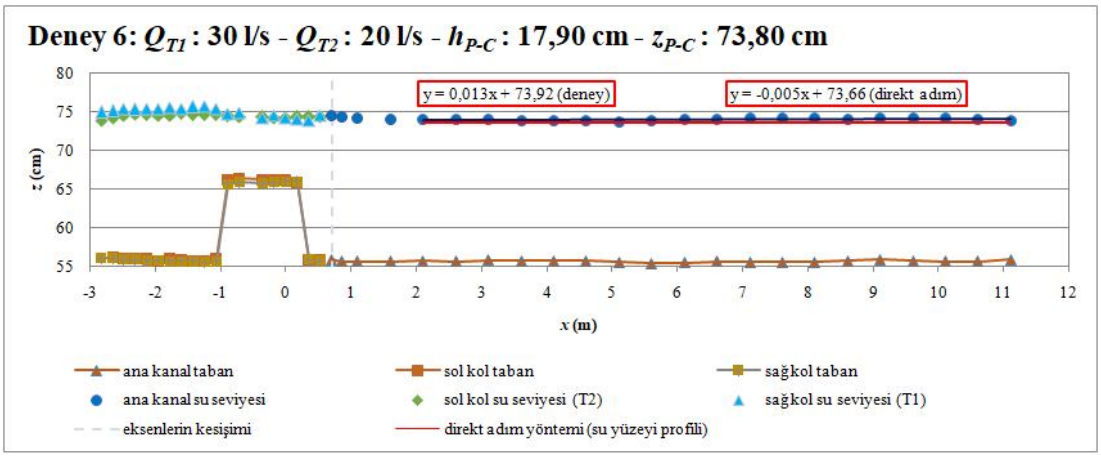
Şekil 5.5: Deney 3 - Ana kanalda direkt adım yöntemi ile elde edilen su yüzeyi profilinin deneysel sonuçlar ile karşılaştırılması



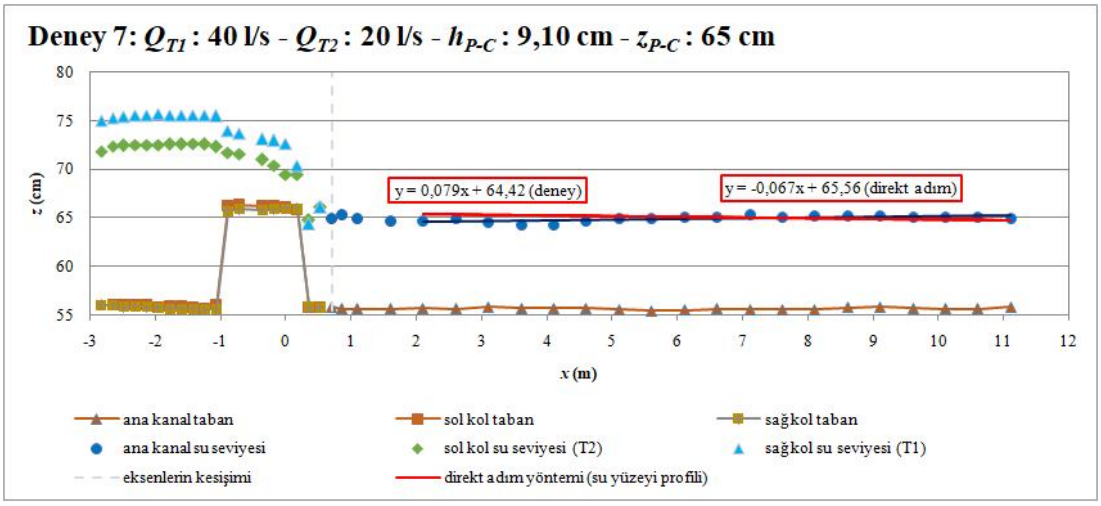
Şekil 5.6: Deney 4 - Ana kanalda direkt adım yöntemi ile elde edilen su yüzeyi profilinin deneysel sonuçlar ile karşılaştırılması



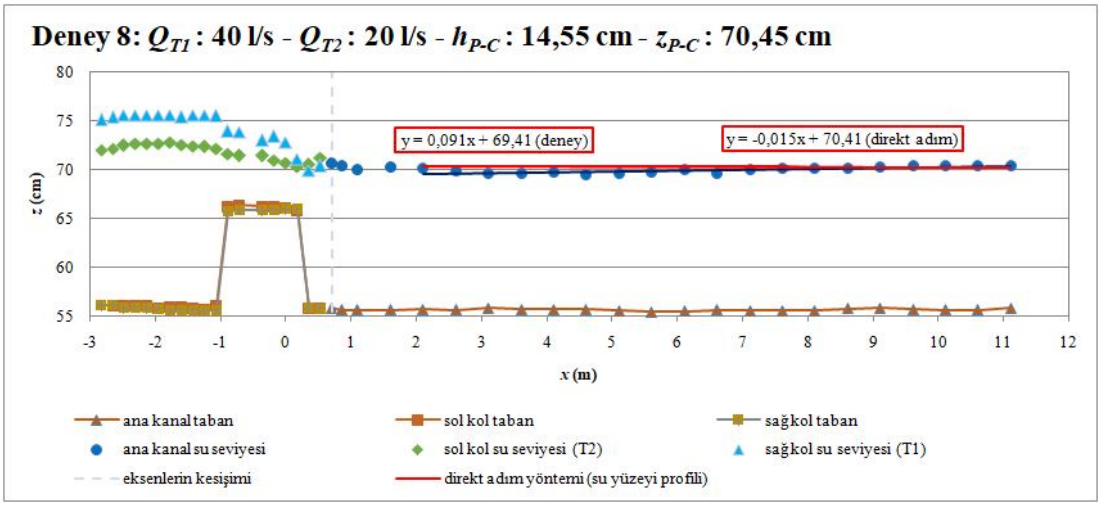
Şekil 5.7: Ana kanalda direkt adım yöntemi ile elde edilen su yüzeyi profilinin deneysel sonuçlar ile karşılaştırılması



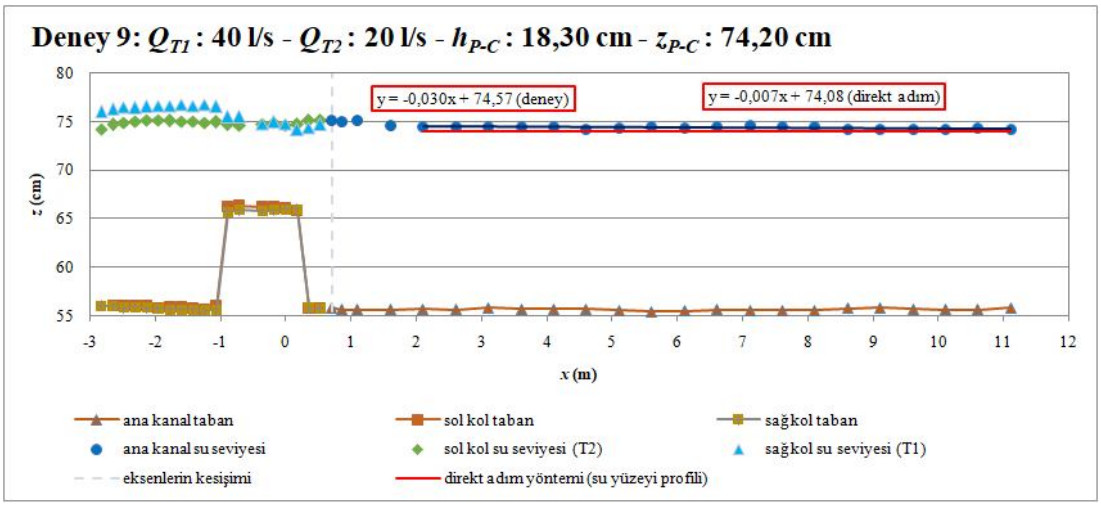
Şekil 5.8: Deney 6 - Ana kanalda direkt adım yöntemi ile elde edilen su yüzeyi profilinin deneysel sonuçlar ile karşılaştırılması



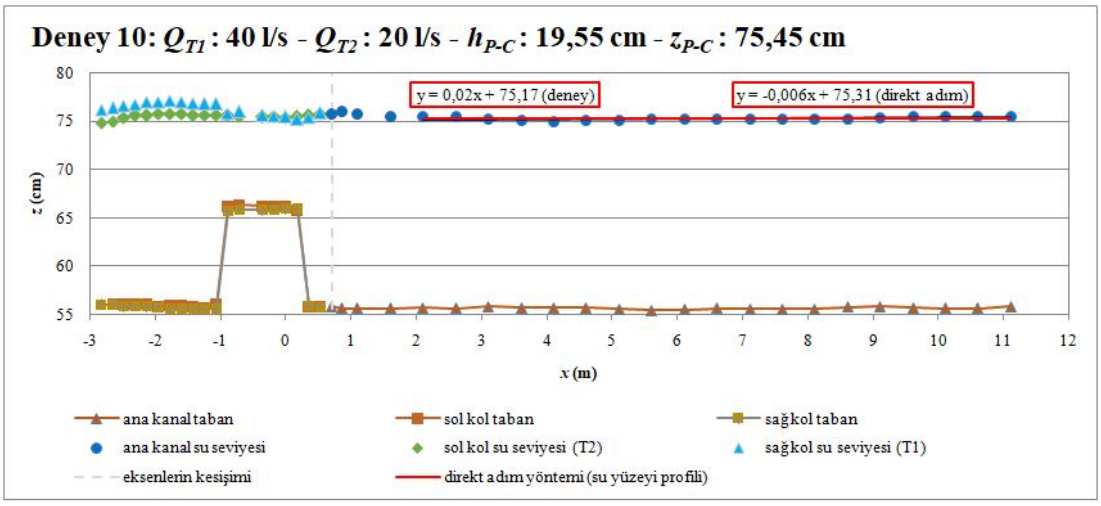
Şekil 5.9: Deney 7 - Ana kanalda direkt adım yöntemi ile elde edilen su yüzeyi profilinin deneysel sonuçlar ile karşılaştırılması



Şekil 5.10: Deney 8 - Ana kanalda direkt adım yöntemi ile elde edilen su yüzeyi profilinin deneysel sonuçlar ile karşılaştırılması

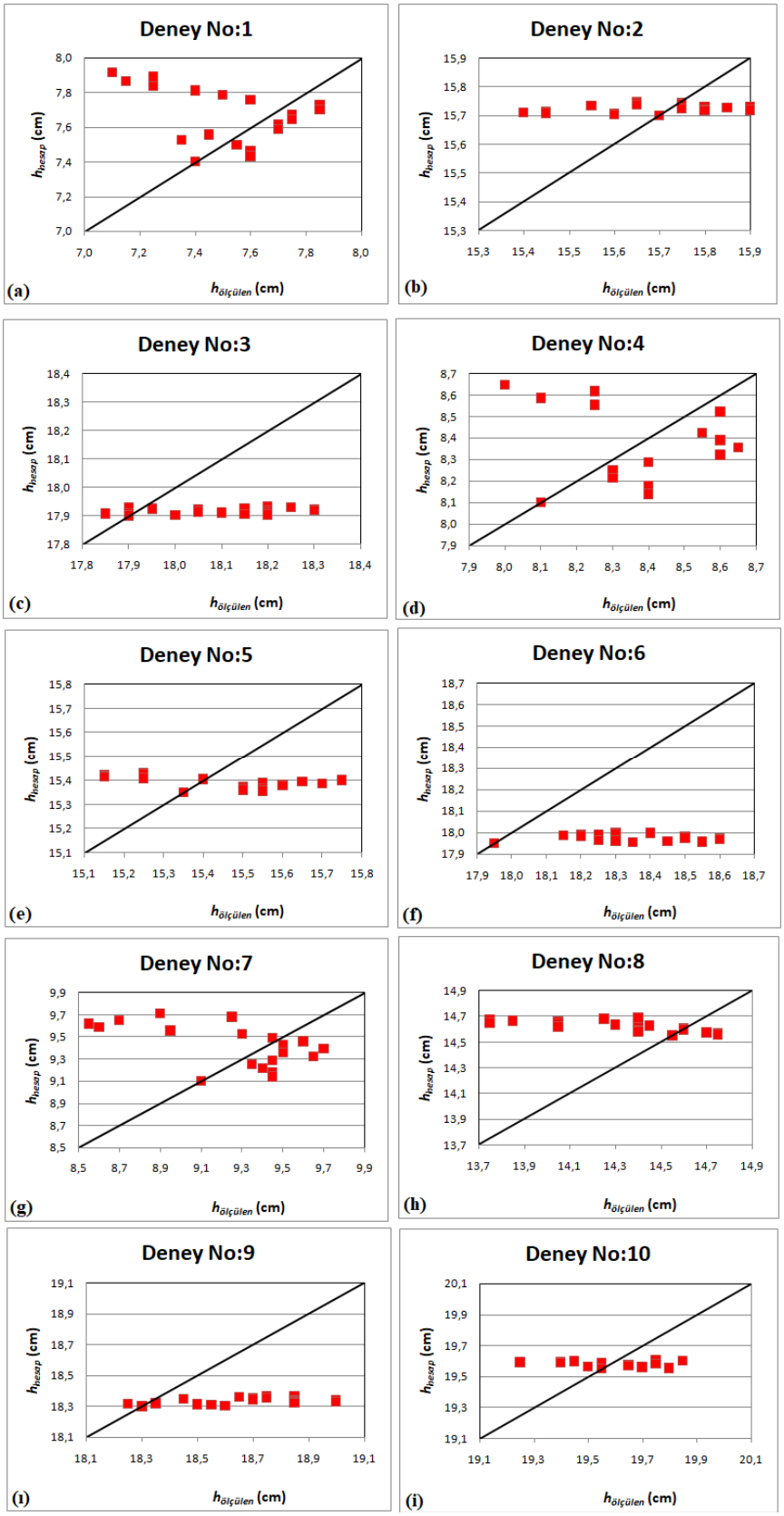


Şekil 5.11: Deney 9 - Ana kanalda direkt adım yöntemi ile elde edilen su yüzeyi profilinin deneysel sonuçlar ile karşılaştırılması



Şekil 5.12: Deney 10 - Ana kanalda direkt adım yöntemi ile elde edilen su yüzeyi profilinin deneysel sonuçlar ile karşılaştırılması

Ölçülen ve hesaplanan su seviyelerinin karşılaştırılmasına ait grafikler Şekil 5.13'te verilmiştir.



Şekil 5.13: Ölçülen ve hesaplanan su seviyelerinin karşılaştırılması (a) deney 1 (b) deney 2 (c) deney 3 (d) deney 4 (e) deney 5 (f) deney 6 (g) deney 7 (h) deney 8 (ı) deney 9 (i) deney 10

Çalışma sonucunda deneysel sonuçlar ve direkt adım yönteminde hesaplanan değerlerdeki sapma değerleri; ortalama kare hata (MSE), kök ortalama kare hata (RMSE) ve ortalama mutlak hata (MAE) değerleri Tablo 5.3'te verilmiştir.

Tablo 5.3: Deneysel çalışma ve direkt adım yöntemi arasındaki hata değerleri

Q_{T1} (l/s)	Q_{T2} (l/s)	h_{mansap} (cm)	MSE	RMSE	MAE
20	20	7,40	0,1245	0,3528	0,2578
		15,70	0,0220	0,1468	0,1184
		17,90	0,0488	0,2209	0,1836
30	20	8,10	0,1225	0,3500	0,2852
		15,35	0,0441	0,2100	0,1906
		17,90	0,1841	0,4290	0,3912
40	20	9,10	0,2509	0,5009	0,3768
		14,55	0,2091	0,4573	0,3538
		18,30	0,1600	0,4000	0,3474
		19,55	0,0277	0,1665	0,1427

Bölüm 6

Sonuçlar

Yapılan çalışma ile yan kollardan gelen aynı veya farklı debilerin farklı mansap durumlarında ve taban kotu eşitsizliği durumunda su yüzeyi profillerine etkisi belirlenmiştir. Çalışmada iki yan koldaki Froude sayılarına bakıldığında nehir rejiminde akım ile çalışma yapılmış ve ana kanal mansabında da nehir rejimi elde edilmiştir. Deneysel çalışmalardaki tüm Reynolds sayıları 2000'den büyüktür ve türbülanslı akım yapısı gözlemlenmektedir.

Yapılan çalışmada taban eğimi 0 ve $h>h_c$ olduğundan ve çalışmalar nehir rejiminde yapıldığından H_2 profili gözlemlenmiştir. Deney düzeneği tabanında en uygun taban pürüzlülük katsayısı farklı mansap yükseklikleri için n=0,015 olarak bulunmuştur.

Çalışma verileri incelendiğinde taban kotu eşitsizliği durumunda aynı debi değerine sahip yan kollarda membalardan yan kol mansaplarına doğru akım derinliklerinin yaklaşık olarak aynı olduğu görülmüştür. Farklı debi değerlerinde ise akım derinlikleri yüksek debi değerine sahip yan kolda daha yüksek bulunmuştur. Ayrıca, ana kanal mansap akım derinliği arttıkça ve eşik yüksekliğinden daha büyük akım derinliğine ulaştıkça, yan kol mansaplarından membalarına doğru su seviyelerinin arttığı görülmüştür. Yani debisi büyük olan yan kolun debisi küçük olan yan kolla arasındaki akım derinliği farkı mansap akım derinliği arttıkça azalmaktadır.

Kaynaklar

[1] Hoşgören, Y., Hidrografya'nın Ana Çizgileri I Yer Altı Suları Kaynaklar Akarsular. İstanbul Üniversitesi Yayını, No:2619, İstanbul, (1992); s.126.

[2] Akarsu Kavşağı Tanımı [İnternet]. https://tr.wikipedia.org/wiki/Akarsu.

[3] Simetrik Akarsu Kavşağı [İnternet]. http://3.bp.blogspot.com/_KV-lA7YaO9U/SSGqh-4EhXI/AAAAAAAAC6o/cwyQO1ZMcws/s1600-h/IMG_7254.JPG.

[4] Asimetrik Akarsu Kavşağı [İnternet]. http://twistedsifter.com/2012/04-/confluences-around-the-world.

[5] Weber J. L., Schumate E. D. ve Mawer N., Experiments on Flow at a 90° Open Channel Junction. J. Hydraul. Eng., (2001); 127(5):340-350.

[6] Kennedy B., On Playfair's Law of Accordant Junctions. Earth Surface Processes and Landforms, (1984); 9(2), 153-173.

[7] Taylor, E. H., Flow Characteristics at Rectangular Open Channel Junctions. Transactions of ASCE, (1944); 109, 893–912.

[8] Lin, J. D., ve Soong, H. K., Junction Losses in Open Channel Flows. Water Resour. Res., (1979); 15(2), 414-418.

[9] Joy, D. M., ve Townsend, R. D., Improved Flow Characteristics at a 90° Channel Confluence. 5th Canadian Hydrotechnical Conf., Fredericton, New Brunswick, (1981); 781-799.

[10] Atılgan M., Gölcü M., Üniform Dairesel Kesitli Boru Akışlarında Kinetik Enerji ve Momentum Düzeltme Faktörlerinin Değişimi, Pamukkale

Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü, Denizli, Mühendislik Bilimleri Dergisi, (1996); 2(2), 109-116.

[11] Modi, P. N., Ariel, P. D., ve Dandekar, M. M., Conformal Mapping for Channel Junction Flow. J. Hydr. Engrg. Div., ASCE (1981); 107(12), 1713-1733.

[12] Best J., ve Reid I., Separation Zone at Open Channel Junctions. J. Hydr. Engrg., ASCE, (1984); 1588-1594.

[13] Best J., Flow Dynamics at River Confluences: Implications for Sediment Transport and Bed Morphology. Recent Development in Fluvial Sedimentology, SEPM Spec. Publ. 39, F.G. Etheridge, R.M. Flores, and M.D. Harvey, eds., (1987); 27-35.

[14] Best, J. L., Sediment Transport and Bed Morphology at River Channel Confluences. Sedimentology, (1988); 35, 481-498.

[15] Ramamurthy, A. S., Carballada, L. B., and Tran, D. M., Combining Open Channel Flow at Right Angled Junctions. J. Hydr. Engrg., ASCE, (1988); 114(12), 1449-1460.

[16] Hager W. H., Transitional Flow in Channel Junction. J. Hydraul. Eng., (1989); 115(2), 243-259.

[17] Schwalt M. ve Hager W. H., Experiments to Supercritical Junction Flow. Experiments in Fluids, (1995); 18, 429-437.

[18] Gaudet, J. M. ve Roy, A. G., Effect of Bed Morphology on Flow Mixing Length at River Confluences. Nature, (1995); 373. 138-139.

[19] Biron, P., Best, J. L., ve Roy, A. G., Effects of Bed Discordance on Flow Dynamics at Open Channel Confluences. Journal of Hydraulic Engineering, (1996); 122, 676–682.

[20] Gurram, K. S., Karki, K. S., & Hager, W. H., Subcritical Junction Flow. Journal of Hydraulic Engineering, (1997); 123, 447– 455.

[21] Hsu, C. C., Lee, W. J., ve Chang, C. H., Subcritical Open Channel Junction Flow. J. Hydraul. Eng., (1998a); 124(8), 847-855.

[22] Hsu, C. C., Wu, F. S., ve Lee, W. L., Flow at 90° Equal-Width Open-Channel Junction. J. Hydraul. Eng., (1998b); 124(2), 186-191.

[23] De Serres, B., Roy, A. G., Brion, P. ve Best, J. L., Three Dimensional Structure of Flow at a Confluence of River Channels with Discordant Beds. Geomophology, (1999); 26, 313- 335.

[24] Shabayek S., Steffler P. ve Hicks F., Dynamic Model for Subcritical Combining Flows in Channel Junctions. Hydraul. Eng., (2002); 128(9), 821-828.

[25] Longo S. ve Chiapponi L., Experimental Study on River Junctions. River Flow Conference, Çeşme İzmir, (2008).

[26] Pandey ve Mishra, Comparison of Flow Characteristics at Rectangular and Trapezoidal Channel. Journal of Physics: Conference Series 364 (2012); 012141.

[27] Yang Q. Y., Wang X. Y., Lu W. Z., ve Wang X. K., Experimental Study on Characteristics of Separation Zone in Confluence Zones in Rivers, Journal of Hydrologic Engineering, (2009).

[28] Coelho M. M. L. P., Experimental Determination of Free Surface Levels at Open Channel Junctions. Journal of Hydraulic Research, (2015); 394-399.

[29] Çengel, Y. A. ve Cimbala, J. M., Akışkanlar Mekaniği Temelleri ve Uygulamaları. Çeviri:T.Engin, H.R.Öz, H.Küçük, Ş.Çeşmeci, Güven Kitapevi, İzmir, (2012).

[30] Kaçmaz A., Açık Kanal Su Yüzü Profil Hesabının Newton Raphson ile Çözümü ve Bilgisayar Programı Geliştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, (2018).

[31] Chow, V.T., Open Channel Hydraulics. (McGraw-Hill International: New Yok, USA), (1973).

Ekler

Ek A

Tablo A.1.1: Deney 1 – Sağ yan koldaki derinlikler

Sağ Yan Kol (T1)						
No	**x (m)**	**y (m)**	***l* (m)**	**Taban Kotu (cm)**	**Su Yüzeyi Kotu (cm)**	**Ölçülen Akım Derinliği (cm)**
46	0,530	-0,177	0,25	55,80	63,95	8,15
47	0,354	-0,354	0,50	55,90	63,05	7,15
48*	0,177	-0,530	0,75	66,00	69,00	3,00
49*	0,000	-0,707	1,00	66,00	70,40	4,40
50*	-0,177	-0,884	1,25	65,90	70,65	4,75
51*	-0,354	-1,061	1,50	65,85	70,90	5,05
52*	-0,707	-1,414	1,75	65,90	71,60	5,70
53*	-0,884	-1,591	2,00	65,70	71,65	5,95
54	-1,061	-1,768	2,25	55,65	72,90	17,25
55	-1,237	-1,945	2,50	55,60	72,50	16,90
56	-1,414	-2,121	2,75	55,65	72,85	17,20
57	-1,591	-2,298	3,00	55,65	72,90	17,25
58	-1,768	-2,475	3,25	55,70	73,00	17,30
59	-1,945	-2,652	3,50	55,80	72,85	17,05
60	-2,121	-2,828	3,75	55,85	72,95	17,10
61	-2,298	-3,005	4,00	55,95	72,75	16,80
62	-2,475	-3,182	4,25	55,90	72,70	16,80
63	-2,652	-3,359	4,50	56,10	72,55	16,45
64	-2,828	-3,536	4,75	56,10	72,50	16,40

Tablo A.1.2: Deney 1 – Sol yan koldaki derinlikler

Sol Yan Kol (T2)						
No	**x (m)**	**y (m)**	***l* (m)**	**Taban Kotu (cm)**	**Su Yüzeyi Kotu (cm)**	**Ölçülen Akım Derinliği (cm)**
27	0,530	0,177	0,25	55,85	63,85	8,00
28	0,354	0,354	0,50	55,85	62,90	7,05
29*	0,177	0,530	0,75	65,85	69,35	3,50
30*	0,000	0,707	1,00	66,15	69,40	3,25
31*	-0,177	0,884	1,25	66,25	70,30	4,05
32*	-0,354	1,061	1,50	66,25	70,65	4,40
33*	-0,707	1,414	1,75	66,40	71,55	5,15
34*	-0,884	1,591	2,00	66,25	71,55	5,30
35	-1,061	1,768	2,25	56,10	72,50	16,40
36	-1,237	1,945	2,50	55,75	72,65	16,90
37	-1,414	2,121	2,75	55,80	72,45	16,65
38	-1,591	2,298	3,00	55,95	72,55	16,60
39	-1,768	2,475	3,25	56,00	72,50	16,50
40	-1,945	2,642	3,50	55,80	72,50	16,70
41	-2,121	2,828	3,75	56,10	72,65	16,55
42	-2,298	3,005	4,00	56,10	72,50	16,40
43	-2,475	3,182	4,25	56,10	72,40	16,30
44	-2,652	3,359	4,50	56,15	72,35	16,20
45	-2,828	3,536	4,75	56,55	71,85	15,30

Tablo A.1.3: Deney 1 – Ana kanaldaki derinlikler

Ana Kanal (P-C)					
No	**x (m)**	**y (m)**	**Taban Kotu (cm)**	**Su Yüzeyi Kotu (cm)**	**Ölçülen Akım Derinliği (cm)**
1	0,049	0	55,85	63,60	7,75
2	0,355	0	55,80	64,05	8,25
3	0,605	0	55,95	63,75	7,80
4	0,707	0	55,90	63,90	8,00
5	0,855	0	55,70	63,60	7,90
6	1,105	0	55,65	63,10	7,45
7	1,605	0	55,65	62,85	7,20
8	2,105	0	55,75	62,85	7,10
9	2,605	0	55,65	62,90	7,25
10	3,105	0	55,85	63,00	7,15
11	3,605	0	55,75	63,00	7,25
12	4,105	0	55,75	63,15	7,40
13	4,605	0	55,75	63,25	7,50
14	5,105	0	55,60	63,20	7,60
15	5,605	0	55,45	63,30	7,85
16	6,105	0	55,55	63,40	7,85
17	6,605	0	55,65	63,40	7,75
18	7,105	0	55,60	63,35	7,75
19	7,605	0	55,60	63,30	7,70
20	8,105	0	55,60	63,30	7,70
21	8,605	0	55,80	63,25	7,45
22	9,105	0	55,90	63,25	7,35
23	9,605	0	55,75	63,30	7,55
24	10,105	0	55,70	63,30	7,60
25	10,605	0	55,70	63,30	7,60
26	11,105	0	55,90	63,30	7,40

Tablo A.1.4: Deney 1 – Ana kanal enkesitindeki derinlikler

Ana Kanal Enkesit y≤0					
No	**x (m)**	**y (m)**	**Taban Kotu (cm)**	**Su Yüzeyi Kotu (cm)**	**Ölçülen Akım Derinliği (cm)**
4	0,707	0	55,90	63,90	8,00
65	0,7071	-0,25	55,70	63,65	7,95
66	0,7071	-0,5	55,70	63,30	7,60
67	0,7071	-0,75	55,90	62,45	6,55
Ana Kanal Enkesit y≥0					
No	**x (m)**	**y (m)**	**Taban Kotu (cm)**	**Su Yüzeyi Kotu (cm)**	**Ölçülen Akım Derinliği (cm)**
4	0,707	0	55,90	63,90	8,00
68	0,7071	0,25	55,85	63,85	8,00
69	0,7071	0,5	55,90	63,35	7,45
70	0,7071	0,75	55,85	62,95	7,10

Tablo A.1.5: Deney 2 – Sağ yan koldaki derinlikler

Sağ Yan Kol (T1)						
No	**x (m)**	**y (m)**	***l* (m)**	**Taban Kotu (cm)**	**Su Yüzeyi Kotu (cm)**	**Ölçülen Akım Derinliği (cm)**
46	0,530	-0,177	0,25	55,80	71,70	15,90
47	0,354	-0,354	0,50	55,90	71,45	15,55
48*	0,177	-0,530	0,75	66,00	71,20	5,20
49*	0,000	-0,707	1,00	66,00	71,45	5,45
50*	-0,177	-0,884	1,25	65,90	71,75	5,85
51*	-0,354	-1,061	1,50	65,85	71,55	5,70
52*	-0,707	-1,414	1,75	65,90	72,15	6,25
53*	-0,884	-1,591	2,00	65,70	72,25	6,55
54	-1,061	-1,768	2,25	55,65	73,00	17,35
55	-1,237	-1,945	2,50	55,60	73,10	17,50
56	-1,414	-2,121	2,75	55,65	73,30	17,65
57	-1,591	-2,298	3,00	55,65	73,25	17,60
58	-1,768	-2,475	3,25	55,70	73,00	17,30
59	-1,945	-2,652	3,50	55,80	73,00	17,20
60	-2,121	-2,828	3,75	55,85	73,00	17,15
61	-2,298	-3,005	4,00	55,95	73,10	17,15
62	-2,475	-3,182	4,25	55,90	73,10	17,20
63	-2,652	-3,359	4,50	56,10	72,95	16,85
64	-2,828	-3,536	4,75	56,10	72,70	16,60

Tablo A.1.6: Deney 2 – Sol yan koldaki derinlikler

Sol Yan Kol (T2)						
No	**x (m)**	**y (m)**	***l* (m)**	**Taban Kotu (cm)**	**Su Yüzeyi Kotu (cm)**	**Ölçülen Akım Derinliği (cm)**
27	0,530	0,177	0,25	55,85	71,80	15,95
28	0,354	0,354	0,50	55,85	71,30	15,45
29*	0,177	0,530	0,75	65,85	71,30	5,45
30*	0,000	0,707	1,00	66,15	71,30	5,15
31*	-0,177	0,884	1,25	66,25	71,60	5,35
32*	-0,354	1,061	1,50	66,25	71,40	5,15
33*	-0,707	1,414	1,75	66,40	71,90	5,50
34*	-0,884	1,591	2,00	66,25	72,10	5,85
35	-1,061	1,768	2,25	56,10	72,80	16,70
36	-1,237	1,945	2,50	55,75	72,90	17,15
37	-1,414	2,121	2,75	55,80	73,00	17,20
38	-1,591	2,298	3,00	55,95	72,90	16,95
39	-1,768	2,475	3,25	56,00	72,60	16,60
40	-1,945	2,642	3,50	55,80	72,65	16,85
41	-2,121	2,828	3,75	56,10	72,75	16,65
42	-2,298	3,005	4,00	56,10	72,85	16,75
43	-2,475	3,182	4,25	56,10	72,90	16,80
44	-2,652	3,359	4,50	56,15	72,80	16,65
45	-2,828	3,536	4,75	56,55	72,30	15,75

Tablo A.1.7: Deney 2 – Ana kanaldaki derinlikler

Ana Kanal (P-C)					
No	**x (m)**	**y (m)**	**Taban Kotu (cm)**	**Su Yüzeyi Kotu (cm)**	**Ölçülen Akım Derinliği (cm)**
1	0,049	0	55,85	71,30	15,45
2	0,355	0	55,80	71,60	15,80
3	0,605	0	55,95	71,80	15,85
4	0,707	0	55,90	71,55	15,65
5	0,855	0	55,70	71,50	15,80
6	1,105	0	55,65	71,35	15,70
7	1,605	0	55,65	71,25	15,60
8	2,105	0	55,75	71,40	15,65
9	2,605	0	55,65	71,40	15,75
10	3,105	0	55,85	71,50	15,65
11	3,605	0	55,75	71,50	15,75
12	4,105	0	55,75	71,40	15,65
13	4,605	0	55,75	71,30	15,55
14	5,105	0	55,60	71,40	15,80
15	5,605	0	55,45	71,35	15,90
16	6,105	0	55,55	71,40	15,85
17	6,605	0	55,65	71,40	15,75
18	7,105	0	55,60	71,40	15,80
19	7,605	0	55,60	71,50	15,90
20	8,105	0	55,60	71,40	15,80
21	8,605	0	55,80	71,25	15,45
22	9,105	0	55,90	71,30	15,40
23	9,605	0	55,75	71,20	15,45
24	10,105	0	55,70	71,30	15,60
25	10,605	0	55,70	71,30	15,60
26	11,105	0	55,90	71,60	15,70

Tablo A.1.8: Deney 2 – Ana kanal enkesitindeki derinlikler

Ana Kanal Enkesit y≤0					
No	**x (m)**	**y (m)**	**Taban Kotu (cm)**	**Su Yüzeyi Kotu (cm)**	**Ölçülen Akım Derinliği (cm)**
4	0,707	0	55,90	71,55	15,65
65	0,7071	-0,25	55,70	71,50	15,80
66	0,7071	-0,5	55,70	71,25	15,55
67	0,7071	-0,75	55,90	71,10	15,20
Ana Kanal Enkesit y≥0					
No	**x (m)**	**y (m)**	**Taban Kotu (cm)**	**Su Yüzeyi Kotu (cm)**	**Ölçülen Akım Derinliği (cm)**
4	0,707	0	55,90	71,55	15,65
68	0,7071	0,25	55,85	71,60	15,75
69	0,7071	0,5	55,90	71,30	15,40
70	0,7071	0,75	55,85	71,05	15,20

Tablo A.1.9: Deney 3 – Sağ yan koldaki derinlikler

Sağ Yan Kol (T1)						
No	**x (m)**	**y (m)**	***l* (m)**	**Taban Kotu (cm)**	**Su Yüzeyi Kotu (cm)**	**Ölçülen Akım Derinliği (cm)**
46	0,530	-0,177	0,25	55,80	74,00	18,20
47	0,354	-0,354	0,50	55,90	73,80	17,90
48*	0,177	-0,530	0,75	66,00	73,60	7,60
49*	0,000	-0,707	1,00	66,00	73,80	7,80
50*	-0,177	-0,884	1,25	65,90	73,80	7,90
51*	-0,354	-1,061	1,50	65,85	73,90	8,05
52*	-0,707	-1,414	1,75	65,90	74,10	8,20
53*	-0,884	-1,591	2,00	65,70	74,00	8,30
54	-1,061	-1,768	2,25	55,65	74,60	18,95
55	-1,237	-1,945	2,50	55,60	74,75	19,15
56	-1,414	-2,121	2,75	55,65	74,75	19,10
57	-1,591	-2,298	3,00	55,65	74,70	19,05
58	-1,768	-2,475	3,25	55,70	74,75	19,05
59	-1,945	-2,652	3,50	55,80	74,60	18,80
60	-2,121	-2,828	3,75	55,85	74,60	18,75
61	-2,298	-3,005	4,00	55,95	74,50	18,55
62	-2,475	-3,182	4,25	55,90	74,50	18,60
63	-2,652	-3,359	4,50	56,10	74,30	18,20
64	-2,828	-3,536	4,75	56,10	74,00	17,90

Tablo A.1.10: Deney 3 – Sol yan koldaki derinlikler

Sol Yan Kol (T2)						
No	**x (m)**	**y (m)**	***l* (m)**	**Taban Kotu (cm)**	**Su Yüzeyi Kotu (cm)**	**Ölçülen Akım Derinliği (cm)**
27	0,530	0,177	0,25	55,85	74,20	18,35
28	0,354	0,354	0,50	55,85	73,90	18,05
29*	0,177	0,530	0,75	65,85	73,60	7,75
30*	0,000	0,707	1,00	66,15	73,70	7,55
31*	-0,177	0,884	1,25	66,25	73,60	7,35
32*	-0,354	1,061	1,50	66,25	73,70	7,45
33*	-0,707	1,414	1,75	66,40	73,90	7,50
34*	-0,884	1,591	2,00	66,25	74,00	7,75
35	-1,061	1,768	2,25	56,10	74,40	18,30
36	-1,237	1,945	2,50	55,75	74,40	18,65
37	-1,414	2,121	2,75	55,80	74,20	18,40
38	-1,591	2,298	3,00	55,95	74,30	18,35
39	-1,768	2,475	3,25	56,00	74,20	18,20
40	-1,945	2,642	3,50	55,80	74,10	18,30
41	-2,121	2,828	3,75	56,10	74,20	18,10
42	-2,298	3,005	4,00	56,10	74,10	18,00
43	-2,475	3,182	4,25	56,10	74,20	18,10
44	-2,652	3,359	4,50	56,15	74,00	17,85
45	-2,828	3,536	4,75	56,55	73,85	17,30

Tablo A.1.11: Deney 3 – Ana kanaldaki derinlikler

Ana Kanal (P-C)					
No	**x (m)**	**y (m)**	**Taban Kotu (cm)**	**Su Yüzeyi Kotu (cm)**	**Ölçülen Akım Derinliği (cm)**
1	0,049	0	55,85	73,60	17,75
2	0,355	0	55,80	74,10	18,30
3	0,605	0	55,95	74,20	18,25
4	0,707	0	55,90	74,20	18,30
5	0,855	0	55,70	74,20	18,50
6	1,105	0	55,65	73,95	18,30
7	1,605	0	55,65	73,90	18,25
8	2,105	0	55,75	73,95	18,20
9	2,605	0	55,65	73,90	18,25
10	3,105	0	55,85	73,75	17,90
11	3,605	0	55,75	73,90	18,15
12	4,105	0	55,75	73,70	17,95
13	4,605	0	55,75	73,80	18,05
14	5,105	0	55,60	73,90	18,30
15	5,605	0	55,45	73,75	18,30
16	6,105	0	55,55	73,75	18,20
17	6,605	0	55,65	73,70	18,05
18	7,105	0	55,60	73,65	18,05
19	7,605	0	55,60	73,80	18,20
20	8,105	0	55,60	73,70	18,10
21	8,605	0	55,80	73,70	17,90
22	9,105	0	55,90	73,75	17,85
23	9,605	0	55,75	73,90	18,15
24	10,105	0	55,70	73,90	18,20
25	10,605	0	55,70	73,70	18,00
26	11,105	0	55,90	73,80	17,90

Tablo A.1.12: Deney 3 – Ana kanal enkesitindeki derinlikler

Ana Kanal Enkesit y≤0					
No	**x (m)**	**y (m)**	**Taban Kotu (cm)**	**Su Yüzeyi Kotu (cm)**	**Ölçülen Akım Derinliği (cm)**
4	0,707	0	55,90	74,20	18,30
65	0,7071	-0,25	55,70	73,80	18,10
66	0,7071	-0,5	55,70	73,75	18,05
67	0,7071	-0,75	55,90	73,55	17,65
Ana Kanal Enkesit y≥0					
No	**x (m)**	**y (m)**	**Taban Kotu (cm)**	**Su Yüzeyi Kotu (cm)**	**Ölçülen Akım Derinliği (cm)**
4	0,707	0	55,90	74,20	18,30
68	0,7071	0,25	55,85	73,90	18,05
69	0,7071	0,5	55,90	73,90	18,00
70	0,7071	0,75	55,85	73,50	17,65

Tablo A.1.13: Deney 4 – Sağ yan koldaki derinlikler

Sağ Yan Kol (T1)						
No	**x (m)**	**y (m)**	***l* (m)**	**Taban Kotu (cm)**	**Su Yüzeyi Kotu (cm)**	**Ölçülen Akım Derinliği (cm)**
46	0,530	-0,177	0,25	55,80	65,00	9,20
47	0,354	-0,354	0,50	55,90	63,60	7,70
48*	0,177	-0,530	0,75	66,00	69,90	3,90
49*	0,000	-0,707	1,00	66,00	71,90	5,90
50*	-0,177	-0,884	1,25	65,90	72,00	6,10
51*	-0,354	-1,061	1,50	65,85	72,00	6,15
52*	-0,707	-1,414	1,75	65,90	72,95	7,05
53*	-0,884	-1,591	2,00	65,70	72,65	6,95
54	-1,061	-1,768	2,25	55,65	74,20	18,55
55	-1,237	-1,945	2,50	55,60	74,15	18,55
56	-1,414	-2,121	2,75	55,65	74,15	18,50
57	-1,591	-2,298	3,00	55,65	74,15	18,50
58	-1,768	-2,475	3,25	55,70	74,10	18,40
59	-1,945	-2,652	3,50	55,80	74,20	18,40
60	-2,121	-2,828	3,75	55,85	74,20	18,35
61	-2,298	-3,005	4,00	55,95	74,30	18,35
62	-2,475	-3,182	4,25	55,90	74,00	18,10
63	-2,652	-3,359	4,50	56,10	73,90	17,80
64	-2,828	-3,536	4,75	56,10	73,60	17,50

Tablo A.1.14: Deney 4 – Sol yan koldaki derinlikler

Sol Yan Kol (T2)						
No	**x (m)**	**y (m)**	***l* (m)**	**Taban Kotu (cm)**	**Su Yüzeyi Kotu (cm)**	**Ölçülen Akım Derinliği (cm)**
27	0,530	0,177	0,25	55,85	65,00	9,15
28	0,354	0,354	0,50	55,85	63,90	8,05
29*	0,177	0,530	0,75	65,85	69,50	3,65
30*	0,000	0,707	1,00	66,15	69,30	3,15
31*	-0,177	0,884	1,25	66,25	70,35	4,10
32*	-0,354	1,061	1,50	66,25	70,75	4,50
33*	-0,707	1,414	1,75	66,40	71,70	5,30
34*	-0,884	1,591	2,00	66,25	71,70	5,45
35	-1,061	1,768	2,25	56,10	72,15	16,05
36	-1,237	1,945	2,50	55,75	72,40	16,65
37	-1,414	2,121	2,75	55,80	72,40	16,60
38	-1,591	2,298	3,00	55,95	72,40	16,45
39	-1,768	2,475	3,25	56,00	72,50	16,50
40	-1,945	2,642	3,50	55,80	72,55	16,75
41	-2,121	2,828	3,75	56,10	72,55	16,45
42	-2,298	3,005	4,00	56,10	72,55	16,45
43	-2,475	3,182	4,25	56,10	72,60	16,50
44	-2,652	3,359	4,50	56,15	72,40	16,25
45	-2,828	3,536	4,75	56,55	72,20	15,65

Tablo A.1.15: Deney 4 – Ana kanaldaki derinlikler

Ana Kanal (P-C)					
No	**x (m)**	**y (m)**	**Taban Kotu (cm)**	**Su Yüzeyi Kotu (cm)**	**Ölçülen Akım Derinliği (cm)**
1	0,049	0	55,85	65,00	9,15
2	0,355	0	55,80	65,40	9,60
3	0,605	0	55,95	65,00	9,05
4	0,707	0	55,90	64,80	8,90
5	0,855	0	55,70	64,45	8,75
6	1,105	0	55,65	64,10	8,45
7	1,605	0	55,65	63,95	8,30
8	2,105	0	55,75	64,00	8,25
9	2,605	0	55,65	63,50	7,85
10	3,105	0	55,85	63,85	8,00
11	3,605	0	55,75	64,00	8,25
12	4,105	0	55,75	63,85	8,10
13	4,605	0	55,75	64,00	8,25
14	5,105	0	55,60	64,20	8,60
15	5,605	0	55,45	64,25	8,80
16	6,105	0	55,55	64,30	8,75
17	6,605	0	55,65	64,20	8,55
18	7,105	0	55,60	64,20	8,60
19	7,605	0	55,60	64,25	8,65
20	8,105	0	55,60	64,20	8,60
21	8,605	0	55,80	64,20	8,40
22	9,105	0	55,90	64,20	8,30
23	9,605	0	55,75	64,05	8,30
24	10,105	0	55,70	64,10	8,40
25	10,605	0	55,70	64,10	8,40
26	11,105	0	55,90	64,00	8,10

Tablo A.1.16: Deney 4 – Ana kanal enkesitindeki derinlikler

Ana Kanal Enkesit y≤0					
No	**x (m)**	**y (m)**	**Taban Kotu (cm)**	**Su Yüzeyi Kotu (cm)**	**Ölçülen Akım Derinliği (cm)**
4	0,707	0	55,90	64,80	8,90
65	0,7071	-0,25	55,70	64,90	9,20
66	0,7071	-0,5	55,70	64,60	8,90
67	0,7071	-0,75	55,90	64,05	8,15
Ana Kanal Enkesit y≥0					
No	**x (m)**	**y (m)**	**Taban Kotu (cm)**	**Su Yüzeyi Kotu (cm)**	**Ölçülen Akım Derinliği (cm)**
4	0,707	0	55,90	64,80	8,90
68	0,7071	0,25	55,85	64,80	8,95
69	0,7071	0,5	55,90	64,40	8,50
70	0,7071	0,75	55,85	63,65	7,80

Tablo A.1.17: Deney 5 – Sağ yan koldaki derinlikler

Sağ Yan Kol (T1)						
No	**x (m)**	**y (m)**	***l* (m)**	**Taban Kotu (cm)**	**Su Yüzeyi Kotu (cm)**	**Ölçülen Akım Derinliği (cm)**
46	0,530	-0,177	0,25	55,80	71,30	15,50
47	0,354	-0,354	0,50	55,90	71,60	15,70
48*	0,177	-0,530	0,75	66,00	71,20	5,20
49*	0,000	-0,707	1,00	66,00	72,20	6,20
50*	-0,177	-0,884	1,25	65,90	72,20	6,30
51*	-0,354	-1,061	1,50	65,85	72,20	6,35
52*	-0,707	-1,414	1,75	65,90	73,20	7,30
53*	-0,884	-1,591	2,00	65,70	72,90	7,20
54	-1,061	-1,768	2,25	55,65	74,30	18,65
55	-1,237	-1,945	2,50	55,60	74,20	18,60
56	-1,414	-2,121	2,75	55,65	74,15	18,50
57	-1,591	-2,298	3,00	55,65	74,25	18,60
58	-1,768	-2,475	3,25	55,70	74,20	18,50
59	-1,945	-2,652	3,50	55,80	74,25	18,45
60	-2,121	-2,828	3,75	55,85	74,15	18,30
61	-2,298	-3,005	4,00	55,95	74,15	18,20
62	-2,475	-3,182	4,25	55,90	74,20	18,30
63	-2,652	-3,359	4,50	56,10	74,15	18,05
64	-2,828	-3,536	4,75	56,10	74,00	17,90

Tablo A.1.18: Deney 5 – Sol yan koldaki derinlikler

Sol Yan Kol (T2)						
No	**x (m)**	**y (m)**	***l* (m)**	**Taban Kotu (cm)**	**Su Yüzeyi Kotu (cm)**	**Ölçülen Akım Derinliği (cm)**
27	0,530	0,177	0,25	55,85	71,80	15,95
28	0,354	0,354	0,50	55,85	71,30	15,45
29*	0,177	0,530	0,75	65,85	71,30	5,45
30*	0,000	0,707	1,00	66,15	71,30	5,15
31*	-0,177	0,884	1,25	66,25	71,30	5,05
32*	-0,354	1,061	1,50	66,25	71,40	5,15
33*	-0,707	1,414	1,75	66,40	72,05	5,65
34*	-0,884	1,591	2,00	66,25	72,20	5,95
35	-1,061	1,768	2,25	56,10	72,50	16,40
36	-1,237	1,945	2,50	55,75	72,65	16,90
37	-1,414	2,121	2,75	55,80	72,70	16,90
38	-1,591	2,298	3,00	55,95	72,80	16,85
39	-1,768	2,475	3,25	56,00	73,00	17,00
40	-1,945	2,642	3,50	55,80	73,00	17,20
41	-2,121	2,828	3,75	56,10	72,90	16,80
42	-2,298	3,005	4,00	56,10	72,80	16,70
43	-2,475	3,182	4,25	56,10	72,70	16,60
44	-2,652	3,359	4,50	56,15	72,50	16,35
45	-2,828	3,536	4,75	56,55	72,30	15,75

Tablo A.1.19: Deney 5 – Ana kanaldaki derinlikler

Ana Kanal (P-C)					
No	**x (m)**	**y (m)**	**Taban Kotu (cm)**	**Su Yüzeyi Kotu (cm)**	**Ölçülen Akım Derinliği (cm)**
1	0,049	0	55,85	71,00	15,15
2	0,355	0	55,80	71,60	15,80
3	0,605	0	55,95	71,40	15,45
4	0,707	0	55,90	71,60	15,70
5	0,855	0	55,70	71,50	15,80
6	1,105	0	55,65	71,15	15,50
7	1,605	0	55,65	71,00	15,35
8	2,105	0	55,75	71,00	15,25
9	2,605	0	55,65	70,90	15,25
10	3,105	0	55,85	71,00	15,15
11	3,605	0	55,75	70,90	15,15
12	4,105	0	55,75	70,90	15,15
13	4,605	0	55,75	71,00	15,25
14	5,105	0	55,60	71,00	15,40
15	5,605	0	55,45	71,20	15,75
16	6,105	0	55,55	71,20	15,65
17	6,605	0	55,65	71,20	15,55
18	7,105	0	55,60	71,30	15,70
19	7,605	0	55,60	71,20	15,60
20	8,105	0	55,60	71,20	15,60
21	8,605	0	55,80	71,30	15,50
22	9,105	0	55,90	71,40	15,50
23	9,605	0	55,75	71,30	15,55
24	10,105	0	55,70	71,20	15,50
25	10,605	0	55,70	71,25	15,55
26	11,105	0	55,90	71,25	15,35

Tablo A.1.20: Deney 5 – Ana kanal enkesitindeki derinlikler

Ana Kanal Enkesit y≤0					
No	**x (m)**	**y (m)**	**Taban Kotu (cm)**	**Su Yüzeyi Kotu (cm)**	**Ölçülen Akım Derinliği (cm)**
4	0,707	0	55,90	71,60	15,70
65	0,7071	-0,25	55,70	71,60	15,90
66	0,7071	-0,5	55,70	71,00	15,30
67	0,7071	-0,75	55,90	70,90	15,00
Ana Kanal Enkesit y≥0					
No	**x (m)**	**y (m)**	**Taban Kotu (cm)**	**Su Yüzeyi Kotu (cm)**	**Ölçülen Akım Derinliği (cm)**
4	0,707	0	55,90	71,60	15,70
68	0,7071	0,25	55,85	71,70	15,85
69	0,7071	0,5	55,90	71,50	15,60
70	0,7071	0,75	55,85	71,20	15,35

Tablo A.1.21: Deney 6 – Sağ yan koldaki derinlikler

Sağ Yan Kol (T1)						
No	**x (m)**	**y (m)**	***l* (m)**	**Taban Kotu (cm)**	**Su Yüzeyi Kotu (cm)**	**Ölçülen Akım Derinliği (cm)**
46	0,530	-0,177	0,25	55,80	74,55	18,75
47	0,354	-0,354	0,50	55,90	73,95	18,05
48*	0,177	-0,530	0,75	66,00	74,05	8,05
49*	0,000	-0,707	1,00	66,00	74,20	8,20
50*	-0,177	-0,884	1,25	65,90	74,55	8,65
51*	-0,354	-1,061	1,50	65,85	74,20	8,35
52*	-0,707	-1,414	1,75	65,90	74,85	8,95
53*	-0,884	-1,591	2,00	65,70	74,75	9,05
54	-1,061	-1,768	2,25	55,65	75,45	19,80
55	-1,237	-1,945	2,50	55,60	75,75	20,15
56	-1,414	-2,121	2,75	55,65	75,65	20,00
57	-1,591	-2,298	3,00	55,65	75,35	19,70
58	-1,768	-2,475	3,25	55,70	75,55	19,85
59	-1,945	-2,652	3,50	55,80	75,45	19,65
60	-2,121	-2,828	3,75	55,85	75,40	19,55
61	-2,298	-3,005	4,00	55,95	75,30	19,35
62	-2,475	-3,182	4,25	55,90	75,40	19,50
63	-2,652	-3,359	4,50	56,10	75,15	19,05
64	-2,828	-3,536	4,75	56,10	75,00	18,90

Tablo A.1.22: Deney 6 – Sol yan koldaki derinlikler

Sol Yan Kol (T2)						
No	**x (m)**	**y (m)**	***l* (m)**	**Taban Kotu (cm)**	**Su Yüzeyi Kotu (cm)**	**Ölçülen Akım Derinliği (cm)**
27	0,530	0,177	0,25	55,85	74,45	18,60
28	0,354	0,354	0,50	55,85	74,30	18,45
29*	0,177	0,530	0,75	65,85	74,30	8,45
30*	0,000	0,707	1,00	66,15	74,20	8,05
31*	-0,177	0,884	1,25	66,25	74,20	7,95
32*	-0,354	1,061	1,50	66,25	74,30	8,05
33*	-0,707	1,414	1,75	66,40	74,35	7,95
34*	-0,884	1,591	2,00	66,25	74,50	8,25
35	-1,061	1,768	2,25	56,10	74,65	18,55
36	-1,237	1,945	2,50	55,75	74,65	18,90
37	-1,414	2,121	2,75	55,80	74,65	18,85
38	-1,591	2,298	3,00	55,95	74,80	18,85
39	-1,768	2,475	3,25	56,00	74,60	18,60
40	-1,945	2,642	3,50	55,80	74,60	18,80
41	-2,121	2,828	3,75	56,10	74,65	18,55
42	-2,298	3,005	4,00	56,10	74,70	18,60
43	-2,475	3,182	4,25	56,10	74,55	18,45
44	-2,652	3,359	4,50	56,15	74,25	18,10
45	-2,828	3,536	4,75	56,55	73,90	17,35

Tablo A.1.23: Deney 6 – Ana kanaldaki derinlikler

Ana Kanal (P-C)					
No	**x (m)**	**y (m)**	**Taban Kotu (cm)**	**Su Yüzeyi Kotu (cm)**	**Ölçülen Akım Derinliği (cm)**
1	0,049	0	55,85	74,10	18,25
2	0,355	0	55,80	74,50	18,70
3	0,605	0	55,95	74,40	18,45
4	0,707	0	55,90	74,50	18,60
5	0,855	0	55,70	74,40	18,70
6	1,105	0	55,65	74,20	18,55
7	1,605	0	55,65	74,10	18,45
8	2,105	0	55,75	74,00	18,25
9	2,605	0	55,65	74,00	18,35
10	3,105	0	55,85	74,10	18,25
11	3,605	0	55,75	73,90	18,15
12	4,105	0	55,75	73,95	18,20
13	4,605	0	55,75	73,85	18,10
14	5,105	0	55,60	73,75	18,15
15	5,605	0	55,45	73,90	18,45
16	6,105	0	55,55	74,00	18,45
17	6,605	0	55,65	74,10	18,45
18	7,105	0	55,60	74,15	18,55
19	7,605	0	55,60	74,15	18,55
20	8,105	0	55,60	74,15	18,55
21	8,605	0	55,80	74,00	18,20
22	9,105	0	55,90	74,15	18,25
23	9,605	0	55,75	74,15	18,40
24	10,105	0	55,70	74,20	18,50
25	10,605	0	55,70	74,00	18,30
26	11,105	0	55,90	73,80	17,90

Tablo A.1.24: Deney 6 – Ana kanal enkesitindeki derinlikler

Ana Kanal Enkesit y≤0					
No	**x (m)**	**y (m)**	**Taban Kotu (cm)**	**Su Yüzeyi Kotu (cm)**	**Ölçülen Akım Derinliği (cm)**
4	0,707	0	55,90	74,50	18,60
65	0,7071	-0,25	55,70	74,20	18,50
66	0,7071	-0,5	55,70	74,10	18,40
67	0,7071	-0,75	55,90	74,00	18,10
Ana Kanal Enkesit y≥0					
No	**x (m)**	**y (m)**	**Taban Kotu (cm)**	**Su Yüzeyi Kotu (cm)**	**Ölçülen Akım Derinliği (cm)**
4	0,707	0	55,90	74,50	18,60
68	0,7071	0,25	55,85	74,40	18,55
69	0,7071	0,5	55,90	74,30	18,40
70	0,7071	0,75	55,85	74,10	18,25

Tablo A.1.25: Deney 7 – Sağ yan koldaki derinlikler

Sağ Yan Kol (T1)						
No	**x (m)**	**y (m)**	***l* (m)**	**Taban Kotu (cm)**	**Su Yüzeyi Kotu (cm)**	**Ölçülen Akım Derinliği (cm)**
46	0,530	-0,177	0,25	55,80	66,10	10,30
47	0,354	-0,354	0,50	55,90	64,40	8,50
48*	0,177	-0,530	0,75	66,00	70,40	4,40
49*	0,000	-0,707	1,00	66,00	72,65	6,65
50*	-0,177	-0,884	1,25	65,90	73,00	7,10
51*	-0,354	-1,061	1,50	65,85	73,10	7,25
52*	-0,707	-1,414	1,75	65,90	73,75	7,85
53*	-0,884	-1,591	2,00	65,70	73,95	8,25
54	-1,061	-1,768	2,25	55,65	75,50	19,85
55	-1,237	-1,945	2,50	55,60	75,60	20,00
56	-1,414	-2,121	2,75	55,65	75,60	19,95
57	-1,591	-2,298	3,00	55,65	75,60	19,95
58	-1,768	-2,475	3,25	55,70	75,60	19,90
59	-1,945	-2,652	3,50	55,80	75,70	19,90
60	-2,121	-2,828	3,75	55,85	75,60	19,75
61	-2,298	-3,005	4,00	55,95	75,55	19,60
62	-2,475	-3,182	4,25	55,90	75,40	19,50
63	-2,652	-3,359	4,50	56,10	75,25	19,15
64	-2,828	-3,536	4,75	56,10	75,00	18,90

Tablo A.1.26: Deney 7 – Sol yan koldaki derinlikler

Sol Yan Kol (T2)						
No	**x (m)**	**y (m)**	***l* (m)**	**Taban Kotu (cm)**	**Su Yüzeyi Kotu (cm)**	**Ölçülen Akım Derinliği (cm)**
27	0,530	0,177	0,25	55,85	66,20	10,35
28	0,354	0,354	0,50	55,85	64,80	8,95
29*	0,177	0,530	0,75	65,85	69,50	3,65
30*	0,000	0,707	1,00	66,15	69,50	3,35
31*	-0,177	0,884	1,25	66,25	70,40	4,15
32*	-0,354	1,061	1,50	66,25	71,00	4,75
33*	-0,707	1,414	1,75	66,40	71,60	5,20
34*	-0,884	1,591	2,00	66,25	71,70	5,45
35	-1,061	1,768	2,25	56,10	72,30	16,20
36	-1,237	1,945	2,50	55,75	72,60	16,85
37	-1,414	2,121	2,75	55,80	72,65	16,85
38	-1,591	2,298	3,00	55,95	72,60	16,65
39	-1,768	2,475	3,25	56,00	72,60	16,60
40	-1,945	2,642	3,50	55,80	72,55	16,75
41	-2,121	2,828	3,75	56,10	72,50	16,40
42	-2,298	3,005	4,00	56,10	72,50	16,40
43	-2,475	3,182	4,25	56,10	72,45	16,35
44	-2,652	3,359	4,50	56,15	72,40	16,25
45	-2,828	3,536	4,75	56,55	71,90	15,35

Tablo A.1.27: Deney 7 – Ana kanaldaki derinlikler

Ana Kanal (P-C)					
No	**x (m)**	**y (m)**	**Taban Kotu (cm)**	**Su Yüzeyi Kotu (cm)**	**Ölçülen Akım Derinliği (cm)**
1	0,049	0	55,85	66,90	11,05
2	0,355	0	55,80	66,30	10,50
3	0,605	0	55,95	66,00	10,05
4	0,707	0	55,90	65,00	9,10
5	0,855	0	55,70	65,40	9,70
6	1,105	0	55,65	64,90	9,25
7	1,605	0	55,65	64,70	9,05
8	2,105	0	55,75	64,65	8,90
9	2,605	0	55,65	64,90	9,25
10	3,105	0	55,85	64,55	8,70
11	3,605	0	55,75	64,30	8,55
12	4,105	0	55,75	64,35	8,60
13	4,605	0	55,75	64,70	8,95
14	5,105	0	55,60	64,90	9,30
15	5,605	0	55,45	64,90	9,45
16	6,105	0	55,55	65,15	9,60
17	6,605	0	55,65	65,15	9,50
18	7,105	0	55,60	65,30	9,70
19	7,605	0	55,60	65,10	9,50
20	8,105	0	55,60	65,25	9,65
21	8,605	0	55,80	65,25	9,45
22	9,105	0	55,90	65,25	9,35
23	9,605	0	55,75	65,15	9,40
24	10,105	0	55,70	65,15	9,45
25	10,605	0	55,70	65,15	9,45
26	11,105	0	55,90	65,00	9,10

Tablo A.1.28: Deney 7 – Ana kanal enkesitindeki derinlikler

Ana Kanal Enkesit y≤0					
No	**x (m)**	**y (m)**	**Taban Kotu (cm)**	**Su Yüzeyi Kotu (cm)**	**Ölçülen Akım Derinliği (cm)**
4	0,707	0	55,90	65,00	9,10
65	0,7071	-0,25	55,70	65,80	10,10
66	0,7071	-0,5	55,70	65,50	9,80
67	0,7071	-0,75	55,90	64,50	8,60
Ana Kanal Enkesit y≥0					
No	**x (m)**	**y (m)**	**Taban Kotu (cm)**	**Su Yüzeyi Kotu (cm)**	**Ölçülen Akım Derinliği (cm)**
4	0,707	0	55,90	65,00	9,10
68	0,7071	0,25	55,85	66,10	10,25
69	0,7071	0,5	55,90	65,40	9,50
70	0,7071	0,75	55,85	64,90	9,05

Tablo A.1.29: Deney 8 – Sağ yan koldaki derinlikler

Sağ Yan Kol (T1)						
No	**x (m)**	**y (m)**	***l* (m)**	**Taban Kotu (cm)**	**Su Yüzeyi Kotu (cm)**	**Ölçülen Akım Derinliği (cm)**
46	0,530	-0,177	0,25	55,80	70,40	14,60
47	0,354	-0,354	0,50	55,90	69,90	14,00
48*	0,177	-0,530	0,75	66,00	71,10	5,10
49*	0,000	-0,707	1,00	66,00	72,80	6,80
50*	-0,177	-0,884	1,25	65,90	73,40	7,50
51*	-0,354	-1,061	1,50	65,85	73,00	7,15
52*	-0,707	-1,414	1,75	65,90	73,90	8,00
53*	-0,884	-1,591	2,00	65,70	73,95	8,25
54	-1,061	-1,768	2,25	55,65	75,50	19,85
55	-1,237	-1,945	2,50	55,60	75,55	19,95
56	-1,414	-2,121	2,75	55,65	75,55	19,90
57	-1,591	-2,298	3,00	55,65	75,40	19,75
58	-1,768	-2,475	3,25	55,70	75,55	19,85
59	-1,945	-2,652	3,50	55,80	75,55	19,75
60	-2,121	-2,828	3,75	55,85	75,55	19,70
61	-2,298	-3,005	4,00	55,95	75,60	19,65
62	-2,475	-3,182	4,25	55,90	75,60	19,70
63	-2,652	-3,359	4,50	56,10	75,40	19,30
64	-2,828	-3,536	4,75	56,10	75,10	19,00

Tablo A.1.30: Deney 8 – Sol yan koldaki derinlikler

Sol Yan Kol (T2)						
No	**x (m)**	**y (m)**	***l* (m)**	**Taban Kotu (cm)**	**Su Yüzeyi Kotu (cm)**	**Ölçülen Akım Derinliği (cm)**
27	0,530	0,177	0,25	55,85	71,20	15,35
28	0,354	0,354	0,50	55,85	70,50	14,65
29*	0,177	0,530	0,75	65,85	70,30	4,45
30*	0,000	0,707	1,00	66,15	70,75	4,60
31*	-0,177	0,884	1,25	66,25	71,00	4,75
32*	-0,354	1,061	1,50	66,25	71,45	5,20
33*	-0,707	1,414	1,75	66,40	71,45	5,05
34*	-0,884	1,591	2,00	66,25	71,65	5,40
35	-1,061	1,768	2,25	56,10	72,20	16,10
36	-1,237	1,945	2,50	55,75	72,35	16,60
37	-1,414	2,121	2,75	55,80	72,45	16,65
38	-1,591	2,298	3,00	55,95	72,60	16,65
39	-1,768	2,475	3,25	56,00	72,85	16,85
40	-1,945	2,642	3,50	55,80	72,70	16,90
41	-2,121	2,828	3,75	56,10	72,70	16,60
42	-2,298	3,005	4,00	56,10	72,65	16,55
43	-2,475	3,182	4,25	56,10	72,50	16,40
44	-2,652	3,359	4,50	56,15	72,15	16,00
45	-2,828	3,536	4,75	56,55	72,00	15,45

Tablo A.1.31: Deney 8 – Ana kanaldaki derinlikler

Ana Kanal (P-C)					
No	**x (m)**	**y (m)**	**Taban Kotu (cm)**	**Su Yüzeyi Kotu (cm)**	**Ölçülen Akım Derinliği (cm)**
1	0,049	0	55,85	69,20	13,35
2	0,355	0	55,80	70,10	14,30
3	0,605	0	55,95	71,45	15,50
4	0,707	0	55,90	70,70	14,80
5	0,855	0	55,70	70,40	14,70
6	1,105	0	55,65	70,00	14,35
7	1,605	0	55,65	70,30	14,65
8	2,105	0	55,75	70,15	14,40
9	2,605	0	55,65	69,90	14,25
10	3,105	0	55,85	69,60	13,75
11	3,605	0	55,75	69,60	13,85
12	4,105	0	55,75	69,80	14,05
13	4,605	0	55,75	69,50	13,75
14	5,105	0	55,60	69,65	14,05
15	5,605	0	55,45	69,75	14,30
16	6,105	0	55,55	70,00	14,45
17	6,605	0	55,65	69,70	14,05
18	7,105	0	55,60	70,00	14,40
19	7,605	0	55,60	70,20	14,60
20	8,105	0	55,60	70,20	14,60
21	8,605	0	55,80	70,20	14,40
22	9,105	0	55,90	70,30	14,40
23	9,605	0	55,75	70,45	14,70
24	10,105	0	55,70	70,45	14,75
25	10,605	0	55,70	70,45	14,75
26	11,105	0	55,90	70,45	14,55

Tablo A.1.32: Deney 8 – Ana kanal enkesitindeki derinlikler

Ana Kanal Enkesit y≤0					
No	**x (m)**	**y (m)**	**Taban Kotu (cm)**	**Su Yüzeyi Kotu (cm)**	**Ölçülen Akım Derinliği (cm)**
4	0,707	0	55,90	70,70	14,80
65	0,7071	-0,25	55,70	71,60	15,90
66	0,7071	-0,5	55,70	70,20	14,50
67	0,7071	-0,75	55,90	70,05	14,15
Ana Kanal Enkesit y≥0					
No	**x (m)**	**y (m)**	**Taban Kotu (cm)**	**Su Yüzeyi Kotu (cm)**	**Ölçülen Akım Derinliği (cm)**
4	0,707	0	55,90	70,70	14,80
68	0,7071	0,25	55,85	71,20	15,35
69	0,7071	0,5	55,90	70,60	14,70
70	0,7071	0,75	55,85	70,60	14,75

Tablo A.1.33: Deney 9 – Sağ yan koldaki derinlikler

Sağ Yan Kol (T1)						
No	**x (m)**	**y (m)**	***l* (m)**	**Taban Kotu (cm)**	**Su Yüzeyi Kotu (cm)**	**Ölçülen Akım Derinliği (cm)**
46	0,530	-0,177	0,25	55,80	74,70	18,90
47	0,354	-0,354	0,50	55,90	74,40	18,50
48*	0,177	-0,530	0,75	66,00	74,15	8,15
49*	0,000	-0,707	1,00	66,00	74,80	8,80
50*	-0,177	-0,884	1,25	65,90	74,95	9,05
51*	-0,354	-1,061	1,50	65,85	74,80	8,95
52*	-0,707	-1,414	1,75	65,90	75,50	9,60
53*	-0,884	-1,591	2,00	65,70	75,50	9,80
54	-1,061	-1,768	2,25	55,65	76,55	20,90
55	-1,237	-1,945	2,50	55,60	76,75	21,15
56	-1,414	-2,121	2,75	55,65	76,60	20,95
57	-1,591	-2,298	3,00	55,65	76,75	21,10
58	-1,768	-2,475	3,25	55,70	76,65	20,95
59	-1,945	-2,652	3,50	55,80	76,65	20,85
60	-2,121	-2,828	3,75	55,85	76,55	20,70
61	-2,298	-3,005	4,00	55,95	76,40	20,45
62	-2,475	-3,182	4,25	55,90	76,50	20,60
63	-2,652	-3,359	4,50	56,10	76,30	20,20
64	-2,828	-3,536	4,75	56,10	76,00	19,90

Tablo A.1.34: Deney 9 – Sol yan koldaki derinlikler

Sol Yan Kol (T2)						
No	**x (m)**	**y (m)**	***l* (m)**	**Taban Kotu (cm)**	**Su Yüzeyi Kotu (cm)**	**Ölçülen Akım Derinliği (cm)**
27	0,530	0,177	0,25	55,85	75,10	19,25
28	0,354	0,354	0,50	55,85	75,10	19,25
29*	0,177	0,530	0,75	65,85	74,70	8,85
30*	0,000	0,707	1,00	66,15	74,60	8,45
31*	-0,177	0,884	1,25	66,25	74,90	8,65
32*	-0,354	1,061	1,50	66,25	74,80	8,55
33*	-0,707	1,414	1,75	66,40	74,60	8,20
34*	-0,884	1,591	2,00	66,25	74,70	8,45
35	-1,061	1,768	2,25	56,10	74,95	18,85
36	-1,237	1,945	2,50	55,75	74,90	19,15
37	-1,414	2,121	2,75	55,80	75,00	19,20
38	-1,591	2,298	3,00	55,95	75,00	19,05
39	-1,768	2,475	3,25	56,00	75,10	19,10
40	-1,945	2,642	3,50	55,80	75,20	19,40
41	-2,121	2,828	3,75	56,10	75,15	19,05
42	-2,298	3,005	4,00	56,10	75,00	18,90
43	-2,475	3,182	4,25	56,10	74,90	18,80
44	-2,652	3,359	4,50	56,15	74,70	18,55
45	-2,828	3,536	4,75	56,55	74,20	17,65

Tablo A.1.35: Deney 9 – Ana kanaldaki derinlikler

Ana Kanal (P-C)					
No	**x (m)**	**y (m)**	**Taban Kotu (cm)**	**Su Yüzeyi Kotu (cm)**	**Ölçülen Akım Derinliği (cm)**
1	0,049	0	55,85	74,70	18,85
2	0,355	0	55,80	74,80	19,00
3	0,605	0	55,95	75,10	19,15
4	0,707	0	55,90	75,15	19,25
5	0,855	0	55,70	75,00	19,30
6	1,105	0	55,65	75,10	19,45
7	1,605	0	55,65	74,60	18,95
8	2,105	0	55,75	74,50	18,75
9	2,605	0	55,65	74,50	18,85
10	3,105	0	55,85	74,50	18,65
11	3,605	0	55,75	74,50	18,75
12	4,105	0	55,75	74,45	18,70
13	4,605	0	55,75	74,20	18,45
14	5,105	0	55,60	74,30	18,70
15	5,605	0	55,45	74,45	19,00
16	6,105	0	55,55	74,40	18,85
17	6,605	0	55,65	74,50	18,85
18	7,105	0	55,60	74,60	19,00
19	7,605	0	55,60	74,45	18,85
20	8,105	0	55,60	74,45	18,85
21	8,605	0	55,80	74,15	18,35
22	9,105	0	55,90	74,15	18,25
23	9,605	0	55,75	74,25	18,50
24	10,105	0	55,70	74,25	18,55
25	10,605	0	55,70	74,30	18,60
26	11,105	0	55,90	74,20	18,30

Tablo A.1.36: Deney 9 – Ana kanal enkesitindeki derinlikler

Ana Kanal Enkesit y≤0					
No	**x (m)**	**y (m)**	**Taban Kotu (cm)**	**Su Yüzeyi Kotu (cm)**	**Ölçülen Akım Derinliği (cm)**
4	0,707	0	55,90	75,15	19,25
65	0,7071	-0,25	55,70	74,60	18,90
66	0,7071	-0,5	55,70	74,50	18,80
67	0,7071	-0,75	55,90	74,30	18,40
Ana Kanal Enkesit y≥0					
No	**x (m)**	**y (m)**	**Taban Kotu (cm)**	**Su Yüzeyi Kotu (cm)**	**Ölçülen Akım Derinliği (cm)**
4	0,707	0	55,90	75,15	19,25
68	0,7071	0,25	55,85	75,10	19,25
69	0,7071	0,5	55,90	74,85	18,95
70	0,7071	0,75	55,85	74,80	18,95

Tablo A.1.37: Deney 10 – Sağ yan koldaki derinlikler

Sağ Yan Kol (T1)						
No	**x (m)**	**y (m)**	***l* (m)**	**Taban Kotu (cm)**	**Su Yüzeyi Kotu (cm)**	**Ölçülen Akım Derinliği (cm)**
46	0,530	-0,177	0,25	55,80	75,85	20,05
47	0,354	-0,354	0,50	55,90	75,40	19,50
48*	0,177	-0,530	0,75	66,00	75,20	9,20
49*	0,000	-0,707	1,00	66,00	75,45	9,45
50*	-0,177	-0,884	1,25	65,90	75,50	9,60
51*	-0,354	-1,061	1,50	65,85	75,60	9,75
52*	-0,707	-1,414	1,75	65,90	76,00	10,10
53*	-0,884	-1,591	2,00	65,70	75,80	10,10
54	-1,061	-1,768	2,25	55,65	76,80	21,15
55	-1,237	-1,945	2,50	55,60	76,80	21,20
56	-1,414	-2,121	2,75	55,65	76,85	21,20
57	-1,591	-2,298	3,00	55,65	77,00	21,35
58	-1,768	-2,475	3,25	55,70	77,15	21,45
59	-1,945	-2,652	3,50	55,80	77,00	21,20
60	-2,121	-2,828	3,75	55,85	77,00	21,15
61	-2,298	-3,005	4,00	55,95	76,70	20,75
62	-2,475	-3,182	4,25	55,90	76,60	20,70
63	-2,652	-3,359	4,50	56,10	76,40	20,30
64	-2,828	-3,536	4,75	56,10	76,20	20,10

Tablo A.1.38: Deney 10 – Sol yan koldaki derinlikler

Sol Yan Kol (T2)						
No	**x (m)**	**y (m)**	***l* (m)**	**Taban Kotu (cm)**	**Su Yüzeyi Kotu (cm)**	**Ölçülen Akım Derinliği (cm)**
27	0,530	0,177	0,25	55,85	75,80	19,95
28	0,354	0,354	0,50	55,85	75,60	19,75
29*	0,177	0,530	0,75	65,85	75,45	9,60
30*	0,000	0,707	1,00	66,15	75,40	9,25
31*	-0,177	0,884	1,25	66,25	75,50	9,25
32*	-0,354	1,061	1,50	66,25	75,45	9,20
33*	-0,707	1,414	1,75	66,40	75,55	9,15
34*	-0,884	1,591	2,00	66,25	75,60	9,35
35	-1,061	1,768	2,25	56,10	75,70	19,60
36	-1,237	1,945	2,50	55,75	75,70	19,95
37	-1,414	2,121	2,75	55,80	75,60	19,80
38	-1,591	2,298	3,00	55,95	75,80	19,85
39	-1,768	2,475	3,25	56,00	75,80	19,80
40	-1,945	2,642	3,50	55,80	75,80	20,00
41	-2,121	2,828	3,75	56,10	75,60	19,50
42	-2,298	3,005	4,00	56,10	75,60	19,50
43	-2,475	3,182	4,25	56,10	75,40	19,30
44	-2,652	3,359	4,50	56,15	75,00	18,85
45	-2,828	3,536	4,75	56,55	74,85	18,30

Tablo A.1.39: Deney 10 – Ana kanaldaki derinlikler

Ana Kanal (P-C)					
No	**x (m)**	**y (m)**	**Taban Kotu (cm)**	**Su Yüzeyi Kotu (cm)**	**Ölçülen Akım Derinliği (cm)**
1	0,049	0	55,85	75,60	19,75
2	0,355	0	55,80	75,65	19,85
3	0,605	0	55,95	75,60	19,65
4	0,707	0	55,90	75,80	19,90
5	0,855	0	55,70	76,00	20,30
6	1,105	0	55,65	75,80	20,15
7	1,605	0	55,65	75,50	19,85
8	2,105	0	55,75	75,50	19,75
9	2,605	0	55,65	75,50	19,85
10	3,105	0	55,85	75,30	19,45
11	3,605	0	55,75	75,15	19,40
12	4,105	0	55,75	75,00	19,25
13	4,605	0	55,75	75,15	19,40
14	5,105	0	55,60	75,15	19,55
15	5,605	0	55,45	75,20	19,75
16	6,105	0	55,55	75,30	19,75
17	6,605	0	55,65	75,30	19,65
18	7,105	0	55,60	75,25	19,65
19	7,605	0	55,60	75,25	19,65
20	8,105	0	55,60	75,25	19,65
21	8,605	0	55,80	75,30	19,50
22	9,105	0	55,90	75,40	19,50
23	9,605	0	55,75	75,45	19,70
24	10,105	0	55,70	75,50	19,80
25	10,605	0	55,70	75,50	19,80
26	11,105	0	55,90	75,45	19,55

Tablo A.1.40: Deney 10 – Ana kanal enkesitindeki derinlikler

Ana Kanal Enkesit y≤0					
No	**x (m)**	**y (m)**	**Taban Kotu (cm)**	**Su Yüzeyi Kotu (cm)**	**Ölçülen Akım Derinliği (cm)**
4	0,707	0	55,90	75,80	19,90
65	0,7071	-0,25	55,70	75,30	19,60
66	0,7071	-0,5	55,70	75,30	19,60
67	0,7071	-0,75	55,90	75,25	19,35
Ana Kanal Enkesit y≥0					
No	**x (m)**	**y (m)**	**Taban Kotu (cm)**	**Su Yüzeyi Kotu (cm)**	**Ölçülen Akım Derinliği (cm)**
4	0,707	0	55,90	75,80	19,90
68	0,7071	0,25	55,85	75,90	20,05
69	0,7071	0,5	55,90	75,80	19,90
70	0,7071	0,75	55,85	75,65	19,80

Özgeçmiş

Yayınlar:

1. Eyhan M., Bombar G., Cardoso A. H., Eşit Debili Akarsu Kavşağında Taban Kotu Eşitsizliği Durumunda Mansap Akım Derinliğinin Su Yüzeyi Profiline Etkisi. 5th International Students Science Congress, 21-22 Mayıs 2021 - İzmir, Türkiye

1990 yılında Muğla ilinde dünyaya geldi. İlköğrenimini Selimiye İlköğretim Okulu'nda, liseyi Milas Anadolu Lisesi'nde tamamladı. 2011 yılında Erasmus öğrenci değişim programıyla Litvanya'nın Vilnius şehrinin "Vilnius Gediminas Technical University" isimli üniversitesinde bir dönem öğrenim gördü. 2013 yılında Süleyman Demirel Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nü tamamladı. 2013 yılından bu yana özel sektörde çalışmakta ve halen kendine ait şahıs şirketinde mühendislik ve müteahhitlik hizmeti vermektedir. 2020 yılında Aydın Adnan Menderes Üniversitesi İş Sağlığı ve Güvenliği ve 2021 yılında Kütahya Dumlupınar Üniversitesi İşletme Yüksek Lisans programında yüksek lisansını tamamlamış olup, halen Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Mimari Restorasyon Bölümü'nde eğitim hayatına devam etmektedir.