

**DİKDÖRTGEN SU ALMA AĞIZ ÇİFTİ İÇİN KRİTİK BATIKLIK**

**Abdul Samet EYÜPOĞLU**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TEMMUZ 2009**

**ANKARA**

Abdul Samet EYÜPOĞLU tarafından hazırlanan DİKDÖRTGEN SU ALMA AĞIZ ÇİFTİ İÇİN KRİTİK BATIKLIK adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Nevzat YILDIRIM .....  
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. İsmail AYDIN .....  
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, ODTÜ

Prof. Dr. Nevzat YILDIRIM .....  
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Önder KOÇYİĞİT .....  
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Tarih: 27/07/2009

Bu tez ile G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Nail ÜNSAL .....  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## **TEZ BİLDİRİMİ**

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

A.Samet EYÜPOĞLU

# **DİKDÖRTGEN SU ALMA AĞIZ ÇİFTİ İÇİN KRİTİK BATIKLIK**

(Yüksek Lisans Tezi)

**Abdul Samet EYÜPOĞLU**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**Temmuz 2009**

## **ÖZET**

Bu çalışmada, aralarında ayırma yapısı bulunmayan dikdörtgen su alma ağız çiftine ait kritik batıklık araştırıldı. Su alma ağız çiftinden kritik durumda olan ağza ait kritik batıklığın tahmini için, potansiyel akım çözümünü esas alan “süperpozisyon yöntemi” kullanıldı. Dikdörtgen su alma ağız çiftinden herhangi birine ait kritik batıklığın, ağızlar üzerinde oluşan hayali kuyu yüzeylerinin (su yüzeyine teğet), üniform akıma dik aynı düzlem üzerine izdüşümü alınarak toplanmasıyla tahmin edilebileceği gösterildi. Deneyler, üniform akım içerisine farklı konumlarda yerleştirilmiş dikdörtgen ağız çifti için yapıldı. Teorik ve deneysel neticeler arasındaki uyumun iyi olduğu görülmüştür.

**Bilim Kodu** : 911.1.002  
**Anahtar Kelimeler** : Su alma ağız, çevrinti, hava girişi, kritik batıklık  
**Sayfa Adedi** : 66  
**Tez Yöneticisi** : Prof.Dr. Nevzat YILDIRIM

**CRITICAL SUBMERGENCE FOR DUAL  
RECTANGULAR INTAKES**

**(M.Sc. Thesis)**

**Abdul Samet EYÜPOĞLU**

**GAZİ UNIVERSITY  
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

**July 2009**

**ABSTRACT**

**In this study, the critical submergence for dual - rectangular intakes with no partition walls was investigated. In order to predict the critical submergence for an intake in the pair, “superposition method” based on the potential flow solution is proposed. It is shown that the critical submergence for an intake in a dual - rectangular intakes, can be predicted by superposing the projections of the imaginary sink surfaces (tangent to free surface) on the same plane which is perpendicular to the uniform canal flow. Experiments were conducted on dual - rectangular intakes sited in different positions in a uniform canal flow. The agreement between the theoretical and experimental results is found to be satisfactory.**

**Science Code : 911.1.002**

**Key Words : Intake, vortex, air-entrainment, critical submergence**

**Page Number : 66**

**Adviser : Prof. Dr. Nevzat YILDIRIM**

## **TEŞEKKÜR**

Tez alıőmalarım boyunca beni ynlendiren danıőmanım Prof. Dr. Nevzat YILDIRIM'a, deney yapım aőamasında ve tez yazımı sırasında ok yardımcı olan Araő. Gör. Kerem TAŞTAN'a, laboratuvar deneylerinde yardımlarını esirgemeyen, Uzman Alpay ZER'e ve verdiği burstan dolayı TÜBİTAK'a teőekkürü bir borç bilirim.

## İÇİNDEKİLER

	<b>Sayfa</b>
ÖZET .....	iv
ABSTRACT .....	v
TEŞEKKÜR .....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ .....	.ix
RESİMLERİN LİSTESİ .....	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR .....	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	5
3. BOYUT ANALİZİ.....	10
4. DENEY DÜZENEĞİ VE DENEYLERİN YAPILIŞI.....	14
4.1. Deney Sırasındaki Gözlemler.....	19
5. TEK BAŞINA ÇALIŞAN DİKDÖRTGEN SU ALMA AĞZI İÇİN KRİTİK BATIKLIK .....	22
5.1. Engel Etkisi Çeşitleri.....	24
6. SÜPERPOZİSYON YÖNTEMİ.....	26
6.1. Süperpozisyon Yönteminde Engel Etkileri.....	27
6.1.1. Akım engel etkileri .....	27
6.1.2. Su alma ağzı borularından kaynaklanan engel etkileri.....	34
7. TEORİK VE DENEYSEL NETİCELERİN KARŞILAŞTIRILMASI.....	50
8. HATA ANALİZİ VE TARTIŞMA.....	56

9. SONUÇLAR.....	58
------------------	----

**Sayfa**

KAYNAKLAR.....	59
----------------	----

EKLER.....	61
------------	----

EK-1 Laboratuvar deneyleri ve teorik sonuçlara ait çizelgeler.....	62
--	----

ÖZGEÇMİŞ.....	66
---------------	----

## ŞEKİLLERİN LİSTESİ

<b>Şekil</b>	<b>Sayfa</b>
Şekil 1.1. Çeşitli su alma ağız yapıları .....	1
Şekil 1.2. Su alma ağızına ait; (a) Batıklık, (b) Kritik batıklık, (c) Hava girişi.....	2
Şekil 1.3. Ağıza hava girişinin önlenmesi için uygulanan bazı yöntemler .....	3
Şekil 2.1. Tipik kritik küresel kuyu yüzeyleri .....	7
Şekil 3.1. Su alma ağızları ve konumlarına ait büyüklükler.....	10
Şekil 4.1. Deney düzeneği.....	15
Şekil 4.2. Su alma ağızlarının çeşitli konumları için yüzey altı kaviteasyon çevrintileri.....	19
Şekil 4.3. Kanal akımı doğrultusunda aynı eksen üzerinde bulunan iki düşey aşağı su alma ağızının bulunması halinde hava girişli serbest çevrintinin gelişimi ve sönümlenme safhaları. a)Membadaki su alma ağızı I'e havalı çevrinti girişi b)Mansaptaki su alma ağızı II'ye havalı çevrinti girişi.....	20
Şekil 5.1. Dikdörtgen ağız için kritik kuyu yüzeyleri.....	22
Şekil 6.1. a) Ağız I ve Ağız II'nin tek ağız olarak çalıştığı durumdaki Rankine şekilleri b) Rankine şekli I ve Rankine şekli II'nin ortak kesişi.....	27
Şekil 6.2. $\theta_2 \neq 0^\circ$ olması durumunda izdüşüm sonrası merkez noktaları a) İzdüşüm alınmadan önce b) İzdüşüm alındıktan sonra.....	28
Şekil 6.3. Ağızlara ait kuyu yüzeylerinin farklı kesişimleri.....	29
Şekil 6.4. Ağız I ve ağız II'ye ait YKKY'ler.....	30
Şekil 6.5. Ağız I ve ağız II'ye ait SKY'ler.....	33
Şekil 6.6. Su alma ağızı borularının YKKY II (KYKKY II) veya SKY II (KSKY II) üzerindeki çeşitli engel etkileri.....	35
Şekil 6.7. Su alma ağızı borularının YKKY I (KYKKY I) veya SKY I (KSKY I) üzerindeki çeşitli engel etkileri.....	36

<b>Şekil</b>	<b>Sayfa</b>
Şekil 6.8. Farklı $\theta_1, \theta_2$ ve $\alpha_{12}$ açıları için dikdörtgen su alma ağız çiftine ait deneysel ve teorik sonuçların karşılaştırılması.....	40
Şekil 6.9. Farklı $a_{12}$ mesafeleri için dikdörtgen su alma ağız çiftine ait deneysel ve teorik sonuçların karşılaştırılması.....	42
Şekil 6.10. Ağızların kanal içindeki konumları.....	44
Şekil 6.11. Ağız çiftine ait SKY'lerden (KSKY) ve YKKY'lerden (KYKKY) kaynaklanan engel etkileri.....	45
Şekil 6.12. Borulardan kaynaklanan engel etkilerinin düşülmemiş ve düşülmüş g görünüşleri.....	46
Şekil 7.1. İki ağız durumunda, ağızlara ait Rankine şekillerinin birbirlerine göre çeşitli konumları.....	51
Şekil 7.2. Su alma ağızı boruları ve Rankine ovalerinden kaynaklanan ayrılma çevrintileri.....	53

**RESİMLERİN LİSTESİ**

<b>Resim</b>	<b>Sayfa</b>
Resim 4.1. Deney düzeneğinin genel görünüşü.....	16
Resim 4.2. Dikdörtgen su alma ağız çifti.....	17
Resim 4.3. Ağıza hava girişi.....	17
Resim 4.4. Dikdörtgen su alma ağız çifti.....	18
Resim 4.5. Dikdörtgen su alma ağız çifti.....	18
Resim 4.6. Hava girişli çevrinti ve su altı kavitasyon çevrintisi.....	19

## SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
$A_{ck}$	Her iki KYKKY' nin net çalışan alanı
$A_{cs}$	KSKY' nin net çalışan alanı
$A_{ey}$	Su alma ağzının engel etkisinin olmadığı durum
$A_i$	Su alma ağzının iç kesit alanı
$A_{ki}$	İçinden $Q_{ki}$ debisinin geçtiği su alma ağzı enkesitinin yarı kare parçası.
$A_{pbij}$	“i” ağzına ait su alma borusunun “j” ağzına ait kuyu yüzeyi üzerindeki engel etkisi
$A_{si}$	İçinden $Q_{si}$ debisinin geçtiği su alma ağzı enkesiti alanının dikdörtgen parçası
$a$	Dikdörtgen kesitli su alma ağzına ait kısa kenarın iç boyutu
$a_{12}$	Ağız I ve Ağız II'nin merkezleri arası mesafe
$a_{n12}$	Rankine şekillerinin boyuna eksenleri arasındaki dik mesafe
$B$	Kanal genişliği
$b$	Dikdörtgen kesitli su alma ağzına ait uzun kenarın iç boyutu
$b_1$	Ağız I'in kanal sağ duvarına uzaklığı
$b_2$	Ağız I'in kanal sol duvarına uzaklığı
$b_3$	Ağız II'nin kanal sol duvarına uzaklığı
$b_4$	Ağız II'nin kanal sağ duvarına uzaklığı
$C_g$	Gordon katsayısı
$C_1$	Ağız I in akım içindeki gerçek konumundaki merkezi
$C_2$	Ağız II in akım içindeki gerçek konumundaki merkezi
$c_1$	Ağız I'in kanal tabanına olan mesafesi
$c_2$	Ağız II'nin kanal tabanına olan mesafesi

<b>Simgeler</b>	<b>Açıklama</b>
$d_1$	YKKY I'in merkez noktasının YKKY I ve YKKY II merkez noktalarını birleştiren çizgiyi dik olarak kesen kirişe mesafesi
$d_2$	YKKY II'in merkez noktasının YKKY I ve YKKY II merkez noktalarını birleştiren çizgiyi dik olarak kesen kirişe mesafesi
$d_3$	SKY I'in merkez noktasının SKY I ve SKY II merkez noktalarını birleştiren çizgiyi dik olarak kesen kirişe mesafesi
$d_4$	SKY II'in merkez noktasının SKY I ve SKY II merkez noktalarını birleştiren çizgiyi dik olarak kesen kirişe mesafesi
$D_i$	Genel olarak dairesel kesitli ağzın iç çapı
$e_1$	Ağız I'in et kalınlığı
$e_2$	Ağız II'nin et kalınlığı
$F$	Froude sayısı
$F_p$	Dairesel ağız borusuna ait Froude sayısı
$g$	Yerçekimi ivmesi
$K$	Çevrinti sayısı
$l_1$	Ağız I'in ölü son duvarına olan uzaklığı
$l_2$	Ağız II'nin ölü son duvarına olan uzaklığı
$M_1$	KYKKY'nin merkez noktası
$M_2$	KYKKY'nin merkez noktası
$N_{r*}$	Çevrintiye ait sirkülasyon sayısı
$Q_i$	Genel olarak su alma ağzı debisi
$Q_1$	Ağız I'in debisi
$Q_2$	Ağız II'nin debisi
$Q_{ki}$	Her iki KYKKY'den geçen toplam debi
$Q_{si}$	KSKY' den geçen toplam debi
$R$	Reynolds sayısı
$R_p$	Dairesel ağız borusuna ait Reynolds sayısı
$S$	Su alma ağzının batıklığı
$S_c$	Genel olarak kritik batıklık

<b>Simgeler</b>	<b>Açıklama</b>
$S_{c1}$	Ağız I için kritik batıklık
$S_{c2}$	Ağız II için kritik batıklık
$S_1$	Ağız I için batıklık
$S_2$	Ağız II için batıklık
$U_{\infty}$	Ağız grubuna yaklaşan akımın ortalama hızı
$V_i$	Genel olarak su alma ağzındaki ortalama hız
$V_1$	Ağız I'deki ortalama akım hızı
$V_2$	Ağız II'deki ortalama akım hızı
$V_{r1}$	Her iki KYKKY'deki radyal hız
$V_{r2}$	Ağız II'ye ait KYKKY II üzerindeki radyal hız
$V_{scs}$	KSKY'deki radyal hız
$V_{scs2}$	Ağız II'ye ait KSKY II üzerindeki radyal hız
$V_{sk1}$	Ağız I'ye ait YKKY I üzerindeki radyal hız
$V_{sk2}$	Ağız II'ye ait YKKY II üzerindeki radyal hız
$V_{ss1}$	Ağız I'ye ait SKY I üzerindeki radyal hız
$V_{ss2}$	Ağız II'ye ait SKY II üzerindeki radyal hız
$W$	Weber sayısı
$W_p$	Dairesel ağız borusuna ait Weber sayısı
$y$	Kanal akım derinliği
$\alpha_{12}$	Ağız I ve Ağız II'nin merkez noktalarını birleştiren doğrunun kanal akımı ile yaptığı açı
$\beta_1$	SKY I ile SKY II'nin kesişim noktasından SKY I'in merkezine çizilen $S_1$ ile $d_3$ arasında kalan açı
$\beta_2$	SKY I ile SKY II'nin kesişim noktasından SKY II'in merkezine çizilen $S_2$ ile $d_4$ arasında kalan açı
$\Delta c_{12}$	Ağız I ve ağız II'nin merkezleri arasındaki seviye farkı
$\Gamma$	Ağzın konduğu yerde kanal akımına ait sirkülasyon
$\mu$	Akışkanın dinamik viskozitesi

<b>Simgeler</b>	<b>Açıklama</b>
$\nu$	Akışkanın kinematik viskozitesi
$\rho$	Akışkanın yoğunluğu
$\sigma$	Akışkana ait yüzeysel gerilme
$\theta_1$	Ağız I' in boyuna ekseninin üniform akımla yaptığı açı
$\theta_2$	Ağız II' in boyuna ekseninin üniform akımla yaptığı açı

<b>Kısaltmalar</b>	<b>Açıklama</b>
<b>YKKY</b>	Yarım küresel kuyu yüzeyi
<b>KYKKY</b>	Kritik yarım küresel kuyu yüzeyi
<b>SKY</b>	Silindirik kuyu yüzeyi
<b>KSKY</b>	Kritik silindirik kuyu yüzeyi
<b>kW</b>	Kilowatt

## 1.GİRİŞ

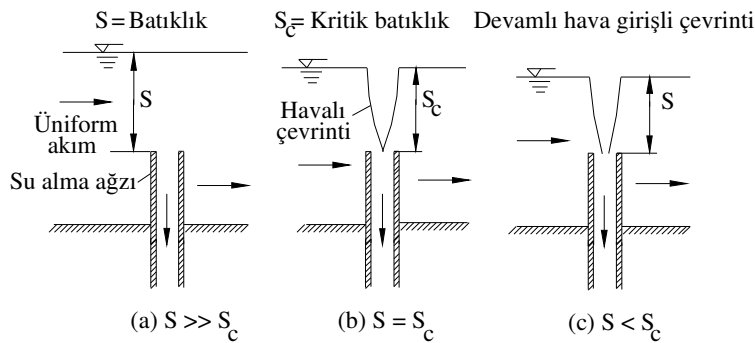
Su alma ağız yapısı deniz, göl ve baraj haznesi gibi bir durgun su ortamından veya nehir ve kanal gibi bir akım ortamından sulama, içme suyu ve enerji üretimi gibi ihtiyaçları karşılamak için, su alınırken kullanılır. İhtiyaca ve mevcut koşullara göre su alma ağız yapıları değişik şekillerde inşa edilebilir. Bunlardan birkaçı Şekil 1.1’de gösterilmiştir.

Şekil 1.1. Çeşitli su alma ağız yapıları a) Düşey aşağı su alma ağızı b) Düşey yukarı su alma ağızı c) Yatay su alma ağızı d) Ölü sondan su alan su alma ağızı [Bahadırlı, 2005]

Su alma ağızlarına serbest çevrinti yoluyla hava girişi, yapının verimini düşüren, işletmesini aksatan ve hidrolik mühendisliğinde de sık karşılaşılan problemlerden biridir. Ağza hava girişi, pompa ve türbin gibi elemanlarda kavitasyonlara,

titreşimlere, tahriplere ve işletim güçlüklerine neden olarak su iletim sisteminin verimli çalışmasını olumsuz etkileyeceğinden istenmeyen bir durumdur. Ayrıca, su alma ağzına giren hava, su alma düzeneğinin içerisinde akım kesitini de küçülteceğinden istenilen debinin alınamamasına neden olur. Bu yüzden su alma ağızlarının tasarımında ağza hava girişinin hangi değişkenlere bağlı olduğunun tespiti büyük önem taşımaktadır.

Su alma ağzının su yüzeyine olan düşey mesafesi “batıklık” olarak adlandırılır (Şekil 1.2.a). Su alma ağzına ait batıklık miktarı belirli bir değerin altına düştüğünde, su alma ağzının üzerindeki su yüzeyinde serbest çevrinti oluşur ve yüzeydeki hava bu serbest çevrintinin ortasında oluşan boşluklu yol vasıtası ile su alma ağzına girer. Su alma ağzına ilk hava girişinin başladığı andaki batıklığa (hava girişli serbest çevrintinin alt ucu ağız seviyesine ulaştığı durumdaki batıklık) “kritik batıklık” denir (Şekil 1.2.b). Su yüzeyi ile su alma ağzı arasındaki mesafe kritik batıklığın altına düşerse sürekli hava girişi olur ve bu da yukarıda bahsedilen istenmeyen durumlara neden olur (Şekil 1.2.c).



Şekil 1.2. Su alma ağzına ait; (a) Batıklık, (b) Kritik batıklık, (c) Hava girişi  
[Arslan, 2006]

Su alma ağzına su yüzeyinden hava girişini önlemek için uygulamada alınan önlemlerden birkaçı şu şekilde sıralanabilir.

a) Mümkün olduğunca su alma ağzı seviyesini su yüzeyi seviyesinden aşağıda tutmak (bir başka deyişle, su alma ağzına ait batıklık miktarını büyük tutarak hava girişli serbest çevrintinin oluşmasını engellemek) [Şekil 1.3(a)].

Şekil 1.3. Ağza hava girişinin önlenmesi için uygulanan bazı yöntemler  
[Bahadırlı, 2005]

- b) Su alma ağzı üzerinde, su yüzeyine (su yüzeyi ile serbest temasta) yüzen düz bir plaka koyarak su alma ağzı üzerinde serbest çevrintinin oluşmasını önlemek ve su ile havanın temasını kesmek [Şekil 1.3(b)].
- c) Su alma ağzı üzerindeki su yüzeyine, aralıkları belirli değerleri geçmeyen ızgaralar koymak veya su alma ağzı etrafına çevrintiyi engelleyici bölme kanat yapıları yerleştirmek [Şekil 1.3(c)].
- d) Su alma ağzına yaklaşmakta olan kanal veya nehir akımında çevrintiyi (vortexi) zayıflatıcı veya tamamen yok edici yapıları su alma ağzının membasında uygun yerlere inşa etmek ve böylece yaklaşım akımının hız dağılımını mümkün olduğunca üniform hale getirmek. Bu yapılar tamamen batık olabildikleri gibi kısmen batık veya yüzeyde de olabilir [Şekil 1.3(d)].
- e) Su alma ağzının yakın çevresindeki akımın dönmesini veya burulmasını azaltacak ve çevrintinin şiddetini kırarak bölme duvarlar yapmak [Şekil 1.3(e)].

f) Mmkn ise su alma aēzının memba tarafında, nehir veya kanal iēerisinde serbest çevrintiyi tahrik edici sirklasyonlara neden olan yapıları (köprü ayakları vb.) su alma aēzı yapısından yeterince uzakta tutmak.

Mevcut koşullar ve ihtiyaçlara göre su alma aēzlarının Şekli ve adedi farklılıklar gösterebilir. Dikdörtgen su alma aēzları genellikle hidroelektrik santrallerinde kullanılmaktadır. (Çin'deki "Three Gorges", Venezuela'daki "Guri" ve Rusya'daki "Krasnoyarsk" hidroelektrik santralleri gibi) [Yıldırım, 2004]. Bazı durumlarda ihtiyaç duyulan suyun alınabilmesi için birden fazla su alma yapısı kullanılabilir. Çoklu su alma aēzlarında, bu aēzlara ait akımların birbirine etki edebileceēi göz önüne alınırsa kritik batıklık ve kritik batıklığın baēlı olduēu parametreler de deēiŐecektir. Bu parametrelerin önceden bilinmesinde fayda vardır. Çünkü bazı projeler için zaman ve maliyet kısıtlamalarından dolayı model çalışmaları yapılamayabilir.

Bu çalışmada dikdörtgen su alma aēz iifti için kritik batıklık deneysel ve teorik olarak karŐılaŐtırılmıŐ ve bir tasarım ölçütü veya formülü verilmeye çalıŐılmıŐtır.

## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Tek bir su alma ağzına ait kritik batıklıkla ilgili birçok deneysel ve teorik çalışmalar yapılmıştır.

Gordon (1970), daire kesitli bir su alma ağzına hava girişini önlemek için gerekli kritik batıklık miktarı ( $S = S_c$ ) ile su alma ağzındaki akıma ait ortalama hız ( $V_i$ ) ve su alma ağzının iç çapı ( $D_i$ ) arasında aşağıdaki gibi bir bağıntı olması gerektiğini ileri sürmüştür.

$$S_c \geq C_g V_i \sqrt{D_i} \quad (2.1)$$

Bu eşitlikte  $C_g$  = Gordon katsayısıdır.

Yıldırım ve Jain (1981), yüzeysel gerilmenin kritik batıklığa etkisini araştırmışlar ve yüzeysel gerilmenin kritik batıklığı etkilediğini göstermişlerdir.

Padmanabhan ve Hecker (1984), yüzeysel gerilmenin, viskozitenin ve boyut etkisinin havalı serbest çevrintinin oluşumu ve kritik batıklık üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Bu araştırmacılar, özellikle laboratuvar çalışmalarında boyut etkisinin önemli olduğunu göstermişlerdir.

Odgaard (1986), sakin su ortamındaki daire kesitli bir su alma ağzına serbest çevrinti yoluyla hava girişini potansiyel akım yaklaşımıyla çözmüştür. Söz konusu araştırmacı teorik yaklaşımında hava girişi olayını bir serbest çevrinti (vorteks) ile bir çizgisel kuyunun (line sink) birleşimi ile ifade etmeye çalışmıştır. Bu araştırmacı laminer akıma ait kritik batıklık miktarı için aşağıdaki ifadeyi bulmuştur.

$$S_c^2 = -0,9\sigma \frac{\sqrt{V_i S}}{\rho g} + 0,0043\Gamma^2 \frac{V_i}{g v} \quad (2.2)$$

Veya boyutsuz büyüklükler cinsinden;

$$\left(\frac{S_c}{D_i}\right)^4 = -1 F_p^2 \sqrt{R_p} \sqrt{\left(\frac{S}{D_i}\right)^5} W_p^{-1} + 0,00337 F_p^2 R_p^2 N_{\Gamma^*}^2 \quad (2.3)$$

Burada,  $F_p = \frac{V_i}{\sqrt{gD_i}}$  = ağız borusuna ait Froude sayısı;  $V_i$  = ağız borusuna ait

ortalama akım hızı;  $D_i$  = ağız borusu iç çapı;  $R_p = \frac{V_i}{\nu D_i}$  = su alma ağzına ait

Reynolds sayısı;  $\nu$  = sıvının (suyun) kinematik viskozitesi;  $W_p = \frac{\rho V_i^2 D_i}{\sigma}$  = Weber

sayısı;  $\sigma$  = yüzeysel gerilme;  $\rho$  = suyun yoğunluğu;  $N_{\Gamma^*} = \frac{\Gamma S}{Q_i}$  = çevrintiye ait

sirkülasyon sayısı;  $Q_i$  = su alma ağzından geçen debi;  $S$  = su alma ağzının batıklığı;  $\Gamma$  = akıma uygulanan çevridir.

Yıldırım ve Kocabaş (1995), üniform akım ortamında bulunan düşey aşağı su alan daire kesitli bir su alma ağzına ait kritik batıklığı bulmak için potansiyel akım yaklaşımını kullanmışlardır. Ağza hava girişi olabilmesi için, üniform akım ve noktasal kuyu akımlarının oluşturduğu Rankine ovalinin üst sınırının, ağız üzerinde su yüzü ile çakışması gerektiğini göstermişlerdir. Bu araştırmacılar su alma ağzına ait kritik batıklığın, ağız ile aynı merkez ve debiye sahip hayali kritik küresel kuyu yüzeyinin (KKKY) yarıçapına eşit olduğunu hesaplamışlar ve KKKY'ye ait radyal hızın verilen geometri ve akım şartları için sabit ve üniform hızın yarısına eşit olduğunu göstermişlerdir (Şekil 2.1).

Yıldırım ve Kocabaş (1998), üniform akım için geliştirilen KKKY kavramının durgun su ortamında su alan ağızlar için de kullanılabileceğini göstermişlerdir.

Yıldırım ve ark. (2000, 2007), akım sınırları ve ağız borusunun kritik batıklık üzerindeki engel etkilerini incelemişler ve engel etkisini, tam bir KKKY'inde meydana gelen yüzey alanı kaybı olarak tanımlamışlardır.

Şekil 2.1. Tipik kritik küresel kuyu yüzeyleri (KKKY) [Bahadırılı, 2005]

Yıldırım ve Kocabaş (2002), potansiyel akım çözümünü kullanarak kritik batıklığın, ağız ile Rankine duraklama noktası arasındaki mesafeyi yarıçap kabul eden bir KKKY ile hesaplanabileceğini gösteren bir yaklaşımda bulunmuşlardır. Ağız ile ölü son duvarı arasındaki mesafenin ağız çapından daha küçük olduğu durumlarda, Rankine duraklama noktasının noktasal kuyuya olan mesafesini yarıçap kabul eden KKKY kavramının deneysel neticelerle daha iyi uyum sağladığını görmüşlerdir. Diğer durumlarda ise daha önceki çalışmalarında kullandıkları KKKY'nin kullanılmasını tavsiye etmişlerdir.

Kocabaş ve Yıldırım (2002), akıma uygulanan çevrinin (sirkülasyonun) kritik batıklık üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Kritik batıklığın ve hava girişli çevrintinin oluşumunun, akıma uygulanan çevriye çok hassas olduğunu göstermişlerdir.

Yıldırım (2004), dikdörtgen kesitli bir su alma ağzına ait kritik batıklığı potansiyel akım çözümüyle bulmuştur. Dikdörtgen ağız için kritik kuyu yüzeyinin, iki sonu yarım küresel kritik kuyu yüzeyi ile kapanmış bir silindirik kuyu yüzeyi ile tanımlanabileceğini göstermiştir.

Kocabaş ve ark. (2004), su alma ağzına hava girişini ve tabakalı akışkan ortamında istenilen akışkanın çekilmesine ait kritik batıklığı, su-hava ve su-yağ-hava

ortamlarında deneyler yaparak incelemişlerdir. Tabakalı ortamı oluşturan akışkanların yoğunluk farkının, kritik batıklık üzerinde etkili olduğunu ve potansiyel akım çözümünün tabakalı akışkan ortamında da kullanılabileceğini göstermişlerdir.

Eroğlu ve Bahadır (2007), su alma ağız borusunun ve geçirimsiz akım sınırlarının, dikdörtgen su alma ağızına ait kritik batıklık üzerindeki etkilerini araştırmışlar, dikdörtgen su alma ağızına ait kritik batıklığın tahmini için, Rankine şeklinin duraklama noktasını esas alan kuyu yüzeyleriyle potansiyel akım çözümünü yaklaşık bir metot olarak kullanmışlardır. Duraklama noktasının radyal mesafesine eşit yarıçapa (kritik batıklığın  $2/\pi$  katı) sahip olan yeni kritik kuyu yüzeyleri elde etmişlerdir.

Birden fazla su alma ağızı için kritik batıklığı inceleyen çalışmalar oldukça azdır.

Denny (1956), Denny ve Young (1957), tek ve ikili daire kesitli ağız için deneysel olarak kritik batıklığı incelemiştir. Fakat herhangi bir tasarım ölçütü verilmemiştir.

Ansar ve ark. (2002), çevrinti olayını incelemek için daire kesitli tek ve ikili ağız durumlarında, sürtünmesiz akım için üç boyutlu sayısal modeller kullanmış ve buldukları sonuçları laboratuvar deneyleri ile kıyaslamışlardır. Fakat yaptıkları çalışmada kritik batıklık ele alınmamıştır.

Arslan (2006), üniform akım doğrultusunda kanal eksenine yerleştirilmiş daire kesitli ikili su alma ağızı durumunda, kritik batıklığı potansiyel akım çözümünü kullanarak teorik ve deneysel olarak incelemiştir.

Yıldırım ve Taştan (2009), daire kesitli çoklu su alma ağızlarına ait kritik batıklığı, potansiyel akım çözümünü esas alan süperpozisyon yöntemiyle elde etmişlerdir.

Aralarında herhangi bir ayırma yapısı bulunmayan çoklu su alma ağızları birbirinin kritik batıklık değerini önemli ölçüde etkileyebilir. Ağızların, su içerisindeki durumlarına göre oluşan hayali kuyu yüzeyleri ve bunların kesişimleri değişiklik gösterir. Buna bağlı olarak ağızların sayısı arttıkça ve akım içindeki konumları

değiştikçe, kritik batıklık için teorik analiz oldukça zorlaşır. Bu nedenle bu çalışmada üniform kanal akımı içine yerleştirilen dikdörtgen kesitli su alma ağız çifti için kritik batıklık deneysel ve teorik olarak araştırılmıştır. Ayrıca bu çalışmada, engel etkilerinden sadece ağız akımlarının birbirleri üzerinde oluşturacakları akım engel etkilerinin incelenmesi amacıyla ağızlar; akım sınırlarının kritik batıklık üzerinde engel etkisi oluşturmayacak şekilde kanala yerleştirilmişlerdir (ağızların kanal taban ve yan duvarlarına olan mesafesi maksimum kritik batıklıktan daha büyük tutulmuştur).



$\Gamma$  = Kanal akımına dışarıdan uygulanan çevri

## 2) Akışkan ile ilgili büyüklükler

$\rho$  = yoğunluk

$\mu$  = dinamik viskozite

$\sigma$  = yüzeysel gerilme

$g$  = yerçekimi ivmesi

## 3) Geometrik büyüklükler

$a$  = Dikdörtgen kesitli su alma ağzına ait kısa kenarın iç boyutu

$b$  = Dikdörtgen kesitli su alma ağzına ait uzun kenarın iç boyutu

(Bu çalışmada kullanılan ağızlar birbirlerinin aynısı olup boyutları  $a = 5$  cm ve  $b = 10$  cm dir).

$b_1$  = I. su alma ağzının kanal sağ duvarına yatay mesafesi

$b_2$  = I. su alma ağzının kanal sol duvarına yatay mesafesi

$b_3$  = II. su alma ağzının kanal sol duvarına yatay mesafesi

$b_4$  = II. su alma ağzının kanal sağ duvarına yatay mesafesi

$c_1$  = I. su alma ağzının kanal tabanına düşey mesafesi

$c_2$  = II. su alma ağzının kanal tabanına düşey mesafesi

$\ell_1$  = I. su alma ağzının kanal ölü-son duvarına (kanal içinde bulunuyorsa) yatay mesafesi

$\ell_2$  = II. su alma ağzının kanal ölü-son duvarına (kanal içinde bulunuyorsa) yatay mesafesi

$e_1$  = I. su alma ağzına ait cidar et kalınlığı

$e_2$  = II. su alma ağzına ait cidar et kalınlığı

$a_{12}$  = Ağız I ve Ağız II'nin merkezleri arası mesafe

$\alpha_{12}$  = Ağız I ve Ağız II'nin merkez noktalarını birleştiren doğrunun kanal akımı ile yaptığı açı

$\theta_1$  = Ağız I' in boyuna ekseninin üniform akımla yaptığı açı (Şekil 3.1)

$\theta_2$  = Ağız II'nin boyuna ekseninin üniform akımla yaptığı açı

Mesela, mansapta bulunan su alma ağızı II için kritik batıklık  $S_{c2}$  bulunmak istensin. Kritik batıklık  $S_{c2}$  ve etkileyen değişkenler arasındaki fonksiyonel bağıntı şu şekilde yazılabilir.

$$S_{c2} = f_1(Q_1, Q_2, V_2, U_\infty, \rho, \mu, \Gamma, \sigma, g, a, b, b_1, b_2, b_3, b_4, c_1, c_2, \ell_1, \ell_2, \alpha_{12}, e_1, e_2, \alpha_{12}, \theta_1, \theta_2) \quad (3.1)$$

Boyut analizi sonucu olarak aşağıdaki ifade bulunur.

$$\frac{S_{c2}}{a} = f_2\left(\frac{Q_1}{Q_2}, \frac{V_2}{U_\infty}, \frac{b}{a}, \frac{e_1}{a}, \frac{e_2}{a}, \frac{c_1}{a}, \frac{c_2}{a}, \frac{b_1}{a}, \frac{b_2}{a}, \frac{b_3}{a}, \frac{b_4}{a}, \frac{\ell_1}{a}, \frac{\ell_2}{a}, \frac{a_{12}}{a}, \alpha_{12}, \theta_1, \theta_2, R, F, W, K\right) \quad (3.2)$$

Eş.3.2'deki boyutsuz büyüklükler;

$$R = \frac{V_2 a}{\nu} = \text{II. su alma ağızı için Reynolds sayısı}; F = \frac{V_2}{\sqrt{ga}} = \text{II. su alma ağızı için}$$

$$\text{Froude sayısı}; W = \frac{\rho V_2^2 a}{\sigma} = \text{II. su alma ağızı için Weber sayısı}; K = \frac{\Gamma}{V_2 a} = \text{II. su}$$

alma ağızı için çevrinti sayısıdır.

Padmanabhan ve Hecker 1984, Odgaard 1986, Gulliver ve Rindels 1987, Jain ve ark. 1978, Yıldırım ve Jain 1981, Hite ve Mih 1994 ve Yıldırım ve Kocabaş 1995 çalışmaları göstermiştir ki; R, F ve W'nın kritik batıklık üzerindeki etkisi uygulamada ihmal edilebilir. Bu çalışmada akıma dışarıdan herhangi bir çevri uygulanmadığından  $\Gamma$  ve  $K$ 'nin etkisi yoktur. Ağızların kanal sınırlarına olan mesafeleri,  $c_1$ ,  $c_2$ ,  $b_1$ ,  $b_2$ ,  $b_3$  ve  $b_4$  yeterince büyük (maksimum kritik batıklıktan daha büyük) tutulduğundan kritik batıklık üzerindeki etkileri ihmal edilebilir. Bu yüzden  $c_1/a$ ,  $c_2/a$ ,  $b_1/a$ ,  $b_2/a$ ,  $b_3/a$  ve  $b_4/a$  büyüklükleri Eş. 3.2'den çıkartılabilir. Bu

çalışmadaki deneylerde ölü son kullanılmadığından  $\ell_1/a$  ve  $\ell_2/a$  büyüklüklerinin de etkisi yoktur. Deneylerde kullanılan demir ağızların et kalınlıkları çok küçük (yaklaşık 3 mm) olduğundan  $e_1/a$  ve  $e_2/a$ 'nın kritik batıklık üzerindeki etkileri ihmal edilebilir (Yıldırım 2004, Şekil 3).

Dolayısıyla Eş.3.2 aşağıdaki duruma indirgenmiş olur.

$$S_{c2}/a = f_3 \left[ \frac{Q_1}{Q_2}, \frac{V_2}{U_\infty}, \frac{b}{a}, \frac{a_{12}}{a}, \alpha_{12}, \theta_1, \theta_2 \right] \quad (3.3)$$

Benzer olarak, ağız I' e ait kritik batıklık ( $S_{c1}$ ) için de aşağıdaki bağıntı yazılabilir.

$$S_{c1}/a = f_4 \left[ \frac{Q_1}{Q_2}, \frac{V_1}{U_\infty}, \frac{b}{a}, \frac{a_{12}}{a}, \alpha_{12}, \theta_1, \theta_2 \right] \quad (3.4)$$

(Burada  $V_1 =$  ağız I' deki ortalama akım hızıdır.)

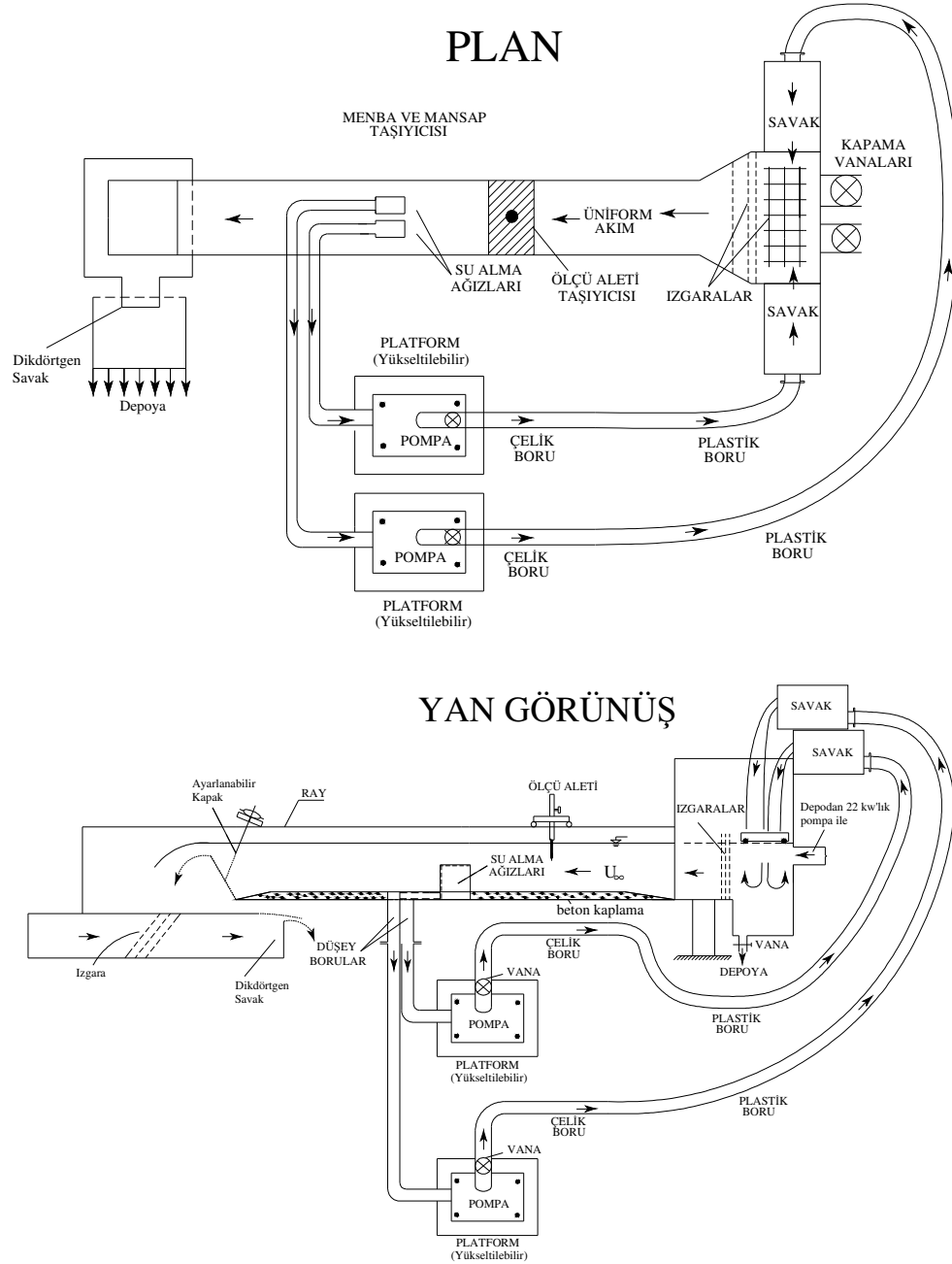
Yukarıdaki Eş. 3.3 ve Eş. 3.4'te bulunan boyutsuz büyüklüklerin kritik batıklığı nasıl etkilediğini bulabilmek için deneyler yapılmıştır.

#### 4. DENEY DÜZENEĞİ VE DENEYLERİN YAPILIŞI

Deneyler Gazi Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Hidrolik Laboratuvarı'nda yapıldı. Deneylerde derinliği 50 cm, genişliği 50 cm ve boyu 10 m, yanları ve tabanları cam olan yatay, dikdörtgen kesitli bir açık kanal kullanıldı. Ancak kanala yerleştirilen su alma ağızlarının pompaya bağlantısını sağlayan boruların üstünün kapatılıp düzgün bir yüzey elde edilebilmesi için, kanalın tabanı yaklaşık 10 cm kalınlıkta beton tabakası ile kaplandı (Şekil 4.1). Su alma ağızı olarak da et kalınlığı 3 mm olan 5×10 cm'lik ( $a = 5$  cm,  $b = 10$  cm) dikdörtgen kesitli su alma ağızları kullanıldı.

Bu çalışmanın esas amacı ağız akımlarının birbirleri üzerindeki engel etkilerinin araştırılması olduğundan, ağızların yan duvarlara ve tabana olan mesafeleri, geçirimsiz sınırlardan kaynaklanan engel etkilerinin ihmal edilmesini sağlayacak şekilde ayarlandı (ağızların kanal sınırına olan mesafeleri maksimum kritik batıklıktan daha büyük tutuldu). Su alma ağızlarının kanal dışındaki kısımları 90° dirsek ve flanşlarla iki adet 7,5 kW'lık pompaya bağlandı. Pompaların çıkışları düşey demir borulara bağlanmış olup bu borular da dirseklerle plastik borulara bağlandı. Plastik borular da debi ölçümü için kullanılan iki ayrı üçgen savağa kadar uzatıldı. Her iki pompada bulunan vanalar sayesinde su alma ağızlarından geçmesi istenen debiler ayarlandı. Laboratuvardaki yeraltı deposundan, kanalın memba tarafında bulunan 22 kW'lık pompa vasıtasıyla kanala su verildi. Kanaldan çıkan su, kanal mansabında bulunan 40 cm genişliğindeki dikdörtgen savaktan, pompalardan alınan su da 50 cm'lik üçgen savaklardan geçirilip debilerinin ölçümleri yapıldıktan sonra tekrar yeraltı deposuna gönderilerek suyun devir-daim etmesi sağlandı (Şekil 4.1 ve Resim 4.1).

Ana pompadan gelen suyun fazla enerjisini kırarak suyun sakinleşip durgunlaşmasını ve çevrıntilerden arınmasını sağlamak amacıyla kanal başına enerji kırıcı ızgaralar yerleştirildi. Bu sayede su alma ağızına yaklaşan kanal akımı üniform hale getirildi ve kanalın çalışır boyu 7,5 m'ye düşmüş oldu.



Şekil 4.1 Deney düzeneği (ölçeksiz)

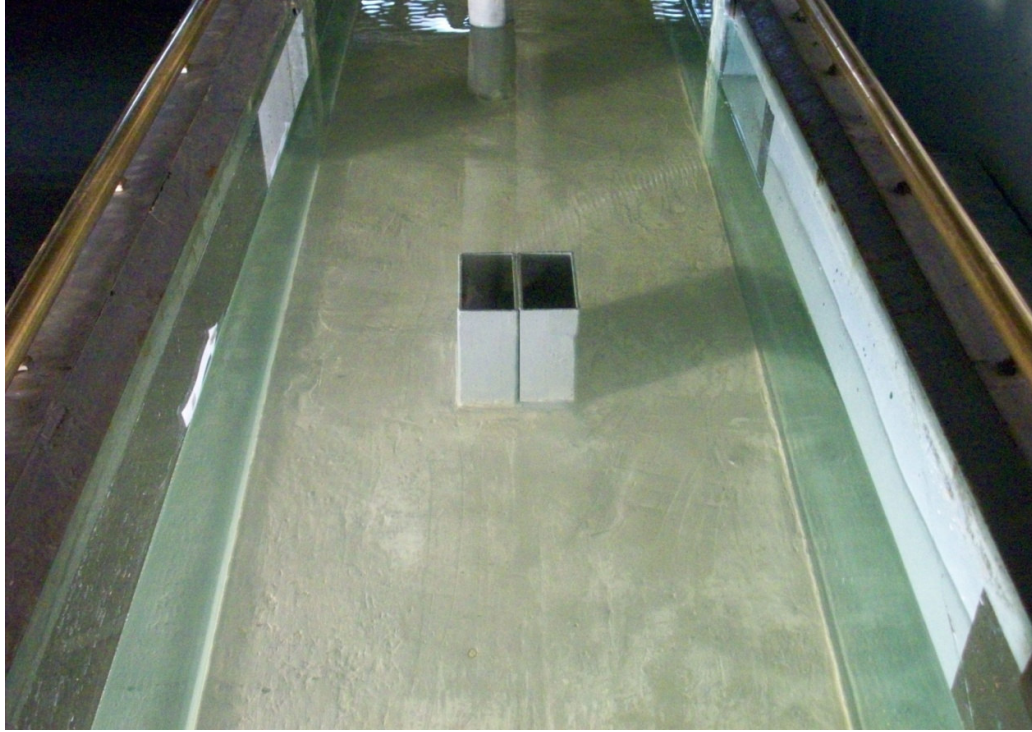
Kanala üzerindeki yatay ray üzerinde hareket eden tekerlekli ölçü aleti (limnometre) kullanılarak gerek ağız seviyeleri ve kanal tabanı gerekse su yüzeyi (akım derinliği) okumaları yapıldı. Su alma ağızlarından geçen debiler kanal başında bulunan iki üçgen savak vasıtasıyla ölçüldü. 22 kW'lık ana pompa çalıştırılarak (kanala suyu

sağlayan) kanala istenilen derinlikte (batıklık kritik batıklıktan çok daha büyük olacak şekilde) su verildi. Pompalar çalıştırılarak pompa hatları üzerindeki vanalar vasıtası ile su alma ağızlarından istenen debilerin geçişi sağlandı. Bütün düzenekteki akımın permanan olması için bir müddet beklendi. Su alma ağızı üzerinde serbest havalı çevrintinin olup olmadığını görmek için 1-2 saat devamlı olarak kanaldaki akım gözlemlendi. Eğer hava girişli çevrinti bu süre içerisinde oluşmadıysa kanal sonundaki ayarlanabilir kapak indirilerek kanaldaki akım derinliği (dolayısıyla batıklık) yaklaşık 2-3 mm düşürüldü. Tekrar 1-2 saat devamlı olarak kanaldaki akım gözlemlendi. Bu adımlar, su alma ağızı üzerinde hava girişli çevrinti oluşuncaya kadar tekrarlandı.

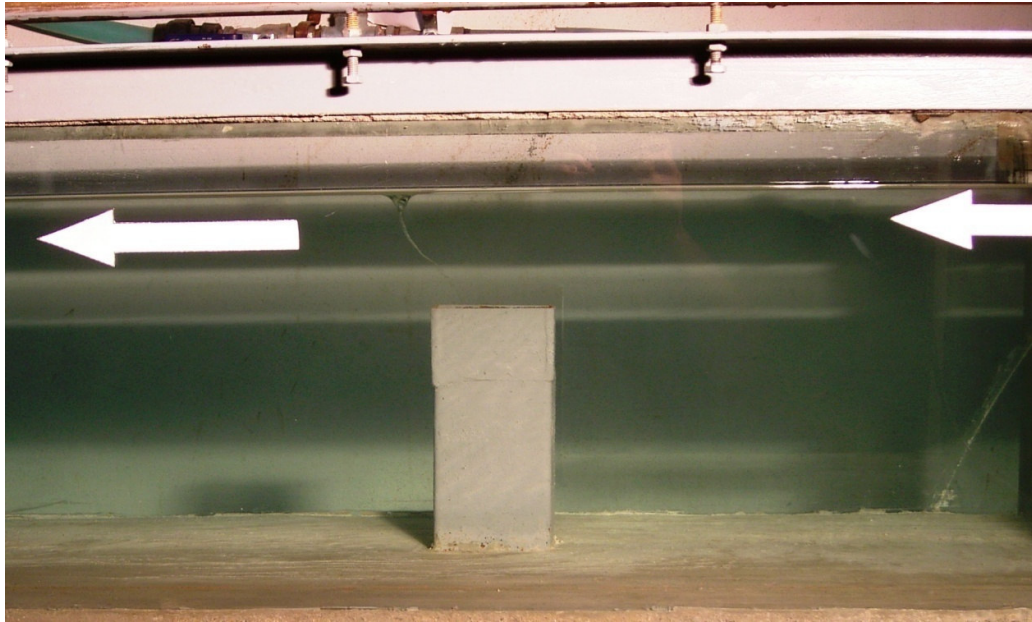
Su alma ağızına hava girişi olduğu anda dikdörtgen ve üçgen savak yükleri, kanaldaki akım derinliği ve kritik batıklık ölçüldü. Su alma ağızlarından geçen debiler, ana kanaldan geçen debi ve kanal genişliği bilindiğinden, kanal akımına ait hız ( $U_{\infty}$ ) ve su alma ağızlarına ait hızlar hesaplandı. Ağızların farklı konumları ve farklı debi oranları için deneyler tekrarlandı. Farklı deney düzeneği ve çevrinti oluşumuyla ilgili fotoğraflar Resim 4.2, 4.3, 4.4 ve 4.5'te verilmiştir. Deney sonuçları "Ekler" kısmındaki Çizelge 1.1, 1.2, 1.3, 1.4'te verilmiştir.



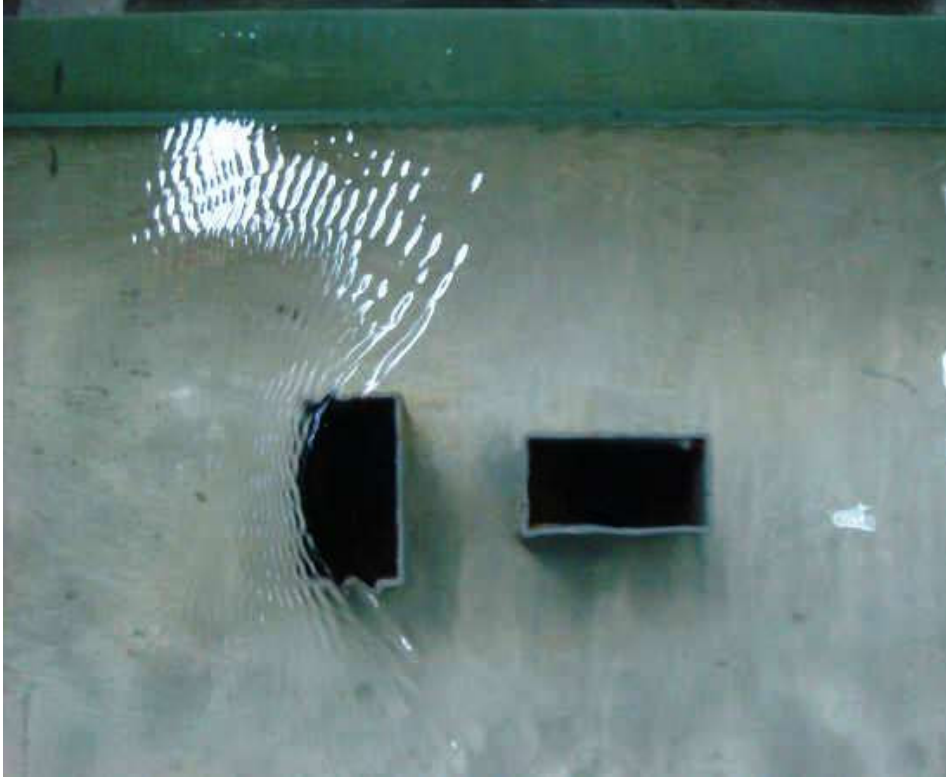
Resim 4.1. Deney düzeneğinin genel görünüşü



Resim 4.2. Dikdörtgen su alma ağız çifti ( $a_{12}/a = 1$ ,  $\alpha_{12} = 90^\circ$ ,  $\theta_1 = \theta_2 = 0^\circ$ ,  $c_1/a = c_2/a = 3$ )



Resim 4.3. Ağıza hava girişi ( $a_{12}/a = 2$ ,  $\alpha_{12} = 90^\circ$ ,  $\theta_1 = \theta_2 = 0$ ,  $c_1/a = c_2/a = 3$ )



Resim 4.4. Dikdörtgen su alma ağız çifti ( $a_{12}/a = 3$ ,  $\alpha_{12} = 0^\circ$ ,  $\theta_1 = 90^\circ$ ,  $\theta_2 = 0^\circ$ ,  $c_1/a = c_2/a = 3$ )

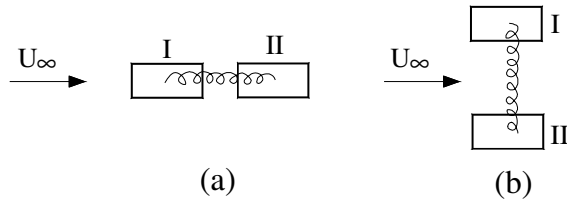


Resim 4.5. Dikdörtgen su alma ağız çifti ( $a_{12}/a = 3$ ,  $\alpha_{12} = 0^\circ$ ,  $\theta_1 = \theta_2 = 0^\circ$ ,  $c_1/a = c_2/a = 3$ )

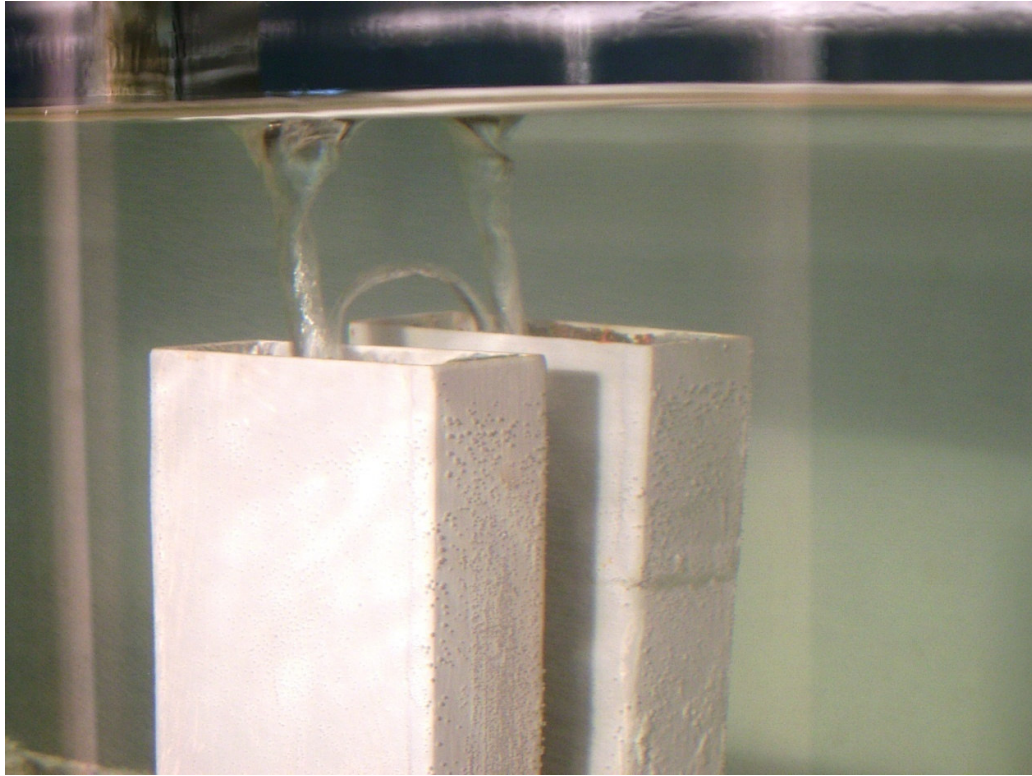
#### 4.1. Deney Sırasındaki Gözlemler

Deneyler sırasında yapılan gözlemler aşağıda sıralanmıştır.

- Eğer ağızlardan çekilen debiler yeterince büyükse ve su alma ağızlarına ait batıklık, kritik batıklık değerinden yeterince küçükse ağızlar arası mesafeye bağlı olarak, ağızlar arasında sürekli ve çok güçlü su altı çvrintileri (kavitasyon çvrintisi) oluşmaktadır (Şekil 4.2 ve Resim 4.6 ).



Şekil 4.2. Su alma ağızlarının çeşitli konumları için yüzey altı kavitasyon çvrintileri  
a)  $\alpha_{12} = 0^\circ$  b)  $\alpha_{12} = 90^\circ$



Resim 4.6. Hava girişli çvrinti ve su altı kavitasyon çvrintisi

- Membada bulunan ağız I'in debisi ağız II'ye göre yeterince büyük olduğu durumda hava girişli çevrinti mabadaki ağız I'e girmektedir [(Şekil4.3(a)]. Genelde havalı çevrinti mansaptaki ağız II'ye çok daha rahat girmekte olup mabadaki ağza çok daha zor girmektedir.

**Hata! Bağlantı geçersiz.**

**Hata! Bağlantı geçersiz.**

Şekil 4.3. Kanal akımı doğrultusunda aynı eksen üzerinde bulunan iki düşey aşağı su alma ağzının bulunması halinde hava girişli serbest çevrintinin gelişimi ve sönümlenme safhaları. a)Mabadaki su alma ağzı I'e havalı çevrinti girişi b)Mansaptaki su alma ağzı II'ye havalı çevrinti girişi [Arslan, 2006]

- Ağızların birbirlerinin ardına yerleştirilmiş olması ve kanal akımı ile aynı doğrultuda bulunması durumunda ( $\alpha_{12} = 0^\circ$ ), su yüzeyinde oluşan havalı çevrintiye ait çöküntü, öncelikle mabadaki su alma ağzı üzerinde oluşup, mansaba doğru sürüklenmekte ve kritik durumda öncelikle mansapta bulunan su alma ağzına (ağız II) girmektedir (Şekil 4.3.b). Mansaptaki ağza giren havalı çevrintinin geçtiği safhalar Şekil 4.3.b'de gösterilmiştir
- Ağızların yan yana çalışması durumunda ( $\alpha_{12} = 90^\circ$ ) hava girişli çevrinti büyük debi çeken ağza girmektedir.

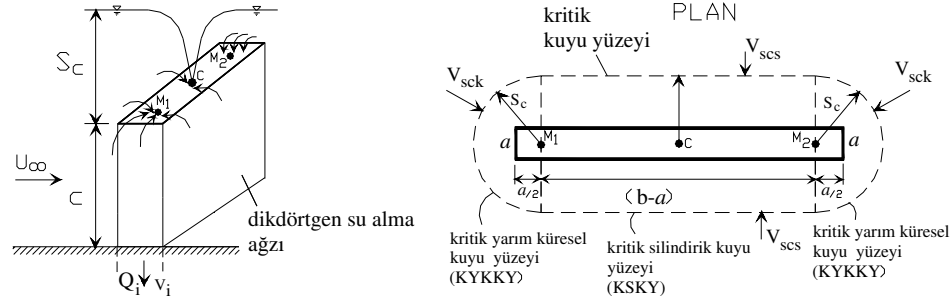
## 5. TEK BAŞINA ÇALIŞAN DİKDÖRTGEN SU ALMA AĞZI İÇİN KRİTİK BATIKLIK

Dikdörtgen su alma ağız çiftine ait kritik batıklığın bulunması için geliştirilen denklemlere ait teoriyi kolay anlayabilmek için öncelikle tek bir su alma ağızına ait kritik batıklığı ele almakta fayda vardır. Yıldırım (2004) tekli su alma ağızı için kritik batıklığın potansiyel akım çözümüyle bulunabileceğini göstermiştir. Potansiyel akım çözümünde dikdörtgen su alma ağızı aşağıda açıklandığı gibi iki ana bölüme ayrılabilir.

1- Dikdörtgen su alma ağızı enkesitinin her iki son bölgesinin (boyutları  $a \times a/2$  olan) yaklaşık olarak noktasal kuyu gibi çalıştığı kabul edilebilir. Dolayısıyla bu yarı kare enkesitine sahip bölgelerdeki akım ile üniform akımın toplamı ağızın her iki ucunda iki adet kritik yarım küresel kuyu yüzeyinin oluşmasına (KYKKY) neden olur (Şekil 5.1). Kritik yarım küresel kuyu yüzeyinin yarıçapı kritik batıklığa eşit olup üzerindeki radyal hız ( $V_{sck}$ ) aşağıdaki gibi bulunabilir.

$$V_{sck} = \frac{U_{\infty}}{2} \quad (5.1)$$

Şekil 5.1'de gösterildiği gibi KYKKY'nin merkez noktaları  $M_1$  ve  $M_2$ 'dir.



Yatay düzlemdeki su alma ağızı enkesiti

Şekil 5.1. Dikdörtgen ağız için kritik kuyu yüzeyleri [Yıldırım, 2004]

2- Dikdörtgen kesitli su alma ağızının [boyutları  $(b - a) \times a$  olan] orta kısmında akım, bir çizgisel kuyuymuş gibi düşünülebilir. Bu çizgisel kuyu akımının ve üniform akımın birleşimi, yarıçapı  $S_c$  olan kritik silindirik kuyu yüzeyini (KSKY) oluşturur (Şekil 5.1). Kritik silindirik kuyu yüzeyindeki hız ( $V_{scs}$ );

$$V_{scs} = \frac{2}{\pi} U_{\infty} \quad (5.2)$$

olarak hesaplanabilir (Yıldırım, 2004).

Bu bilgiler ışığında, tek başına çalışan dikdörtgen kesitli bir su alma ağızı için kritik batıklık süreklilik denklemiyle hesaplanabilir.

$$Q_i = Q_{ki} + Q_{si} = A_{ck} V_{sck} + A_{cs} V_{scs} = A_i V_i \quad (5.3)$$

Burada  $Q_{ki}$  = her iki KYKKY'den geçen toplam debi;  $Q_{si}$  = KSKY'den geçen toplam debi;  $A_{ck}$  = her iki KYKKY'nin net çalışan alanı;  $A_{cs}$  = KSKY'nin net çalışan alanı;  $V_{sck}$  = her iki KYKKY'deki radyal hız;  $V_{scs}$  = KSKY'deki radyal hız;  $A_i$  = su alma ağızının iç kesit alanı;  $V_i$  = su alma ağızındaki ortalama akım hızıdır. Aynı zamanda,

$$Q_{ki} = A_{ki} V_i = A_{ck} V_{sck} ; \quad Q_{si} = A_{si} V_i = A_{cs} V_{scs} \quad (5.4)$$

yazabiliriz. Dikdörtgen su alma ağızı için

$$A_{ki} = \frac{a^2}{2} + \frac{a^2}{2} = a^2 ; \quad A_{si} = (b-a)a \quad (5.5)$$

yazılabilir. Burada,  $A_{si}$  = içinden  $Q_{si}$  debisinin geçtiği su alma ağzı enkesitinin  $(b-a) \times a$  boyutundaki orta bölümünün alanı ve  $A_{ki}$  = içinden  $Q_{ki}$  debisinin geçtiği su alma ağzı en kesitinin uçlarında bulunan  $a \times a/2$  boyutundaki yarı kare alanların toplamıdır.

Eş. 5.3, 5.4 ve 5.5'den aşağıdaki ifade elde edilir.

$$Q_{ki} = \frac{a}{b} Q_i \quad ; \quad Q_{si} = \left(1 - \frac{a}{b}\right) Q_i \quad (5.6)$$

Herhangi bir engel etkisi olmadığında (daha sonra açıklanacaktır),

$$A_{ck} = 2\pi S_c^2 + 2\pi S_c^2 ; \quad A_{cs} = 2\pi S_c (b-a) \quad (5.7)$$

yazılabilir.  $V_{sck} = U_\infty / 2$  ;  $V_{scs} = (2/\pi)U_\infty$  ve  $A_i = a \times b$  olarak alınırsa Eş.5.3 ve 5.7'den aşağıdaki bağıntı elde edilir [bkz. Yıldırım (2004), Eş.16].

$$(S_c / a)_{Aey} = \left[ - (b/a - 1) + \sqrt{(b/a - 1)^2 + (\pi/2)(b/a)V_i / U_\infty} \right] (1/\pi) \quad (5.8)$$

Burada alt indis olarak verilen “Aey” su alma ağzının engel etkisinin olmadığı durumu (ağız borusu engel etkisi yok) göstermektedir.  $A_{ck}$  ve  $A_{cs}$ 'yi hesaplayabilmek için su alma ağzına akım sağlamayan geçirimsiz sınırların engel etkilerini bulmak gerekmektedir.

Ayrıntılara girmeden önce bu çalışmada söz konusu olan “engel etkileri” hakkında bilgi vermekte fayda vardır.

### 5.1. Engel Etkisi Çeşitleri

“Engel etkisi”; geçirimsiz sınırlar veya yapılar nedeniyle kuyu yüzeylerinde meydana gelen alan kaybını ifade eder. Normal şartlarda KYKKY ve KSKY üzerinde oluşan engel etkileri aşağıdaki gibidir.

*Tip I:* Geçirimsiz sınırlardan kaynaklanan engel etkileri;

- a) Su alma ağız borusunun kendisinin su alma ağız akımı üzerindeki engel etkileri
- b) Diğer su alma ağızının, göz önüne alınan su alma ağız akımı üzerindeki engel etkileri
- c) Kanal yan duvarlarının ve tabanının su alma ağız akımı üzerindeki engel etkileri
- d) Tabakalı sıvılarda sıvıların ara yüzeyinden kaynaklanan engel etkileri (Bu çalışmada mevcut değildir).

*Tip II:* Siperleme (boundary layer) engel etkileri (kanal cidarları, diğer su alma ağız boruları ve göz önüne alınan su alma ağız borusu yakınlarında sınır tabakası veya viskozite etkileri).

*Tip III:* Diğer su alma ağızlarına ait akımların grup içinde göz önüne alınan su alma ağız akımı üzerindeki engel etkileri.

Yukarıda sıralanan engel etkisi çeşitlerinin bu çalışmada nasıl ele alındığı aşağıda kısaca açıklanmıştır.

- Bu çalışmada, kanal duvarları ile su alma ağızlarının merkezleri arasındaki mesafe kritik batıklıktan daha büyük tutulmuştur. Ağızlara ait KYKKY'ler ve KSKY'ler geçirimsiz kanal sınırlarını kesmediğinden, kanal sınırlarının neden olacağı engel etkileri hemen hemen ihmal edilecek boyuttadır. Geçirimsiz kanal sınırlarından kaynaklanan engel etkilerinin nasıl hesaplandığı Yıldırım ve ark. (2000, 2007), Yıldırım (2004) ve Eroğlu ve Bahadır (2007) çalışmalarında verilmiştir.
- Hem göz önüne alınan ağızın kendi borusu hemde diğer su alma ağız borusu göz önüne alınan ağza ait KYKKY ve KSKY'yi keserek engel etkilerine sebep olur. KYKKY ve KSKY'lerin boruları dik olarak kesmesi durumunda, engel etkileri boru dış sınırları içerisinde kalan küre kapaklarının ve silindirik yüzeylerin yüzey alanlarına eşit olup geometriden rahatlıkla bulunabilir. Fakat KYKKY ve

KSKY'lerin boruları dik olarak kesmemesi durumunda meydana gelen yüzey alanlarını analitik olarak bulmak oldukça güçtür. Bu çalışmada su alma ağız borularından kaynaklanan engel etkileri bilgisayar destekli çizimler yardımıyla hesaplanmıştır.

- Bir ağız çifti içinde bulunan su alma ağızlarına ait akımlar birbirlerinin akımlarını önemli derecede etkilerler. Diğer su alma ağızına ait akım göz önüne alınan su alma ağızının debisinde azalmaya neden olduğundan bir çeşit engel etkisi olarak düşünülebilir. Su alma ağız çifti üzerinde oluşan akımların birbirleri üzerindeki engel etkileri bu çalışmada incelenen ana konulardan biridir.

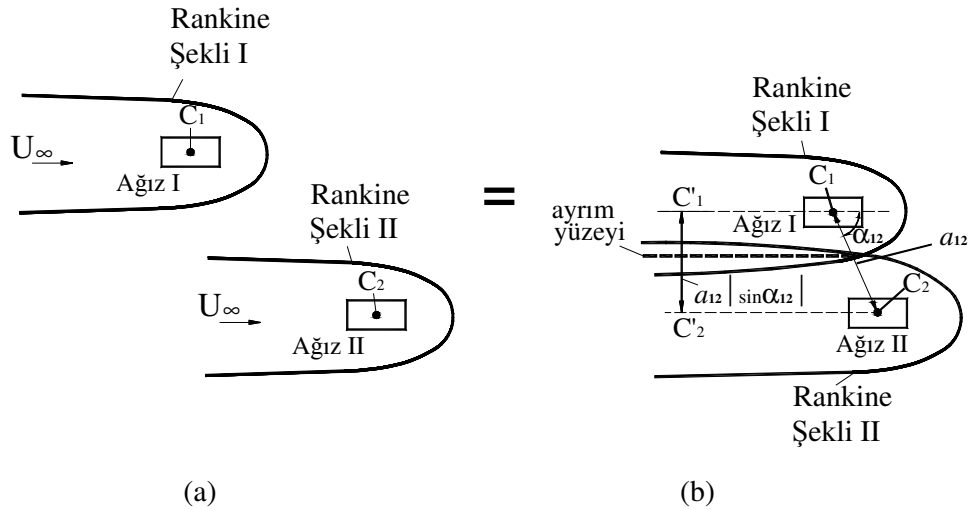
## 6. SÜPERPOZİSYON YÖNTEMİ

Kocabaş ve Yıldırım (2002) daire kesitli tek bir su alma ağızıyla yaptıkları çalışmada, akım ortamında en büyüğü su yüzeyine teğet olan tam küresel kuyu yüzeyleri oluştuğunu göstermişlerdir. Sürekliliği sağlamak şartıyla bu küresel kuyu yüzeylerinden herhangi biriyle hesap yapılabilir. Bu çalışmada hesaplarda kolaylık sağlaması bakımından su yüzeyine teğet kuyu yüzeyleri kullanılmıştır. Potansiyel akım çözümü akımların toplanmasına izin verdiği için dikdörtgen ağız çifti içinde bulunan ağızlara ait su yüzeyine teğet olan kuyu yüzeyleri de toplanabilir (süper pozisyon). Küresel veya silindirik kuyu yüzeyleri kavramları potansiyel akım çözümü sonucunda bulunan Rankine şekilleri yardımıyla türetilmiştir (Yıldırım 2004). Dolayısıyla, dikdörtgen su alma ağız çifti için süperpozisyon yöntemi, her bir dikdörtgen ağızın, çift içinde bulunduğu konum ve geometride ve aynı yaklaşım akımı içerisinde tek bir ağız gibi çalışırken ki Rankine şekillerinin (veya kuyu yüzeylerinin) toplamıdır.

Burada şu noktayı belirtmekte fayda vardır. Üniform akım içinde bir dikdörtgen ağızın bulunması durumunda tam bir Rankine ovali (Rankine half-body of revolution) meydana gelmez. Çünkü dikdörtgen ağız daha önce de belirtildiği üzere iki ayrı bölgeye ayrılmıştır (noktasal kuyu gibi çalıştığı kabul edilen  $a \times a/2$  boyutundaki uç bölgeler ve çizgisel kuyu gibi çalıştığı kabul edilen  $(b-a) \times a$  boyutundaki orta

bölge). Fakat bu çalışmadaki açıklamalarda ve şekillerde kolaylık sağlanması bakımından dikdörtgen ağızlara ait Rankine şekilleri, Rankine ovaline benzer çizilmiştir.

Süperpozisyon yönteminin uygulanışını açıklamak amacıyla Şekil 6.1'de gösterilen ve üzerlerinde kanal duvarları ve kanal tabanından kaynaklanan engel etkileri bulunmayan dikdörtgen ağız çifti göz önüne alınsın ( $\theta_1 = \theta_2 = 0$ ). Görüldüğü gibi ağızların akım içindeki gerçek konumlarındaki merkezleri  $C_1$  ve  $C_2$  ile adlandırılmıştır. Ayrıca tam Rankine şekilleri ile her bir ağızın üniform akım içinde, çift içindekiyle aynı konum ve geometride, tek bir dikdörtgen ağızmış gibi çalıştıkları durumdaki Rankine şekilleri gösterilmiştir.



Şekil 6.1. a) Ağız I ve Ağız II' nin tek ağız olarak çalıştığı durumdaki Rankine şekilleri, b) Rankine şekli I ve Rankine şekli II' nin ortak kesişimi [Taştan, 2007]

Bu aşamada süperpozisyon yöntemini daha iyi anlamak için akım engel etkilerini ve geçirimsiz katı sınırlardan (bu çalışmada sadece su alma ağızlarının kendi boruları) kaynaklanan engel etkilerini ayrı ayrı incelemekte fayda vardır.

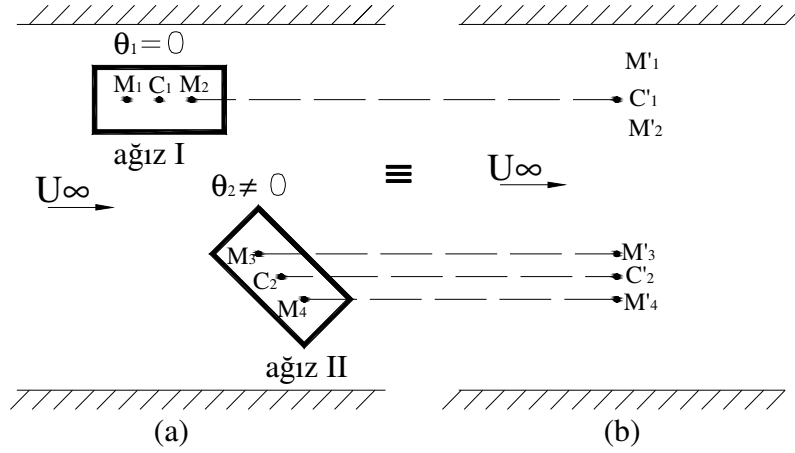
## 6.1. Süperpozisyon Yönteminde Engel Etkileri

### 6.1.1. Akım engel etkileri

Şekil 6.1.b’de gösterilen ağız akımlarının birbirleri üzerindeki engel etkileri, her bir ağızın tek başına çalıştığı durumdaki Rankine şekillerinin ortak kesişim bölgesindeki akımdır. Bu kesişim bölgesi üniform akım doğrultusuna dik olan düzlemdeyse yerinin önemi yoktur.

Verilen akım ve geometri şartlarına göre Rankine şekillerinin boyuna eksenleri arasındaki dik mesafe,  $a_{n12} = a_{12}|\sin\alpha_{12}|$ , Rankine şekillerinin kesişim bölgesinin, dolayısıyla da akım engel etkilerinin büyüklüğünü belirler. Dolayısıyla ağızların birbirleri üzerlerindeki akım engel etkileri hesaplanırken  $C_1$  ve  $C_2$  merkez noktalarının üniform akıma dik olacak şekilde aynı düzlem üzerine izdüşümleri alınarak yeni merkez noktaları  $C'_1$  ve  $C'_2$  bulunur. Bu çalışmada kolaylık olması bakımından  $\alpha_{12} \neq 0$  durumunda mansapta bulunan ağız II membada bulunan ağız I’in bulunduğu düzleme izdüşürülerek yeni merkez noktaları bulunmuştur ( $\alpha_{12}=90^\circ$  için  $a_{n12}=a_{12}$  olduğundan ağızların izdüşümlerini almaya gerek yoktur).

Bu aşamada şu noktayı belirtmekte fayda vardır. Bu çalışmada yapılan deneylerde ağız I için  $\theta_1 = 0^\circ$  veya  $90^\circ$  ve ağız II için  $\theta_2 = 0^\circ$ ’dır. Aynı zamanda deneylerde ağızlar  $\alpha_{12} = 0^\circ$  veya  $90^\circ$  olacak şekilde kanala yerleştirilmişlerdir. Dolayısıyla, mansaptaki ağız II’nin, ( $\theta_2 = 0^\circ$ ) membada bulunan ağız I’in bulunduğu düzlem üzerine izdüşümü alınırken ağız II’ye ait merkez noktaları olan ( $M_3, M_4, C_2$ ) üst üste çakışırlar (Şekil 6.2). Mansapta bulunan ağızın  $\theta_2 \neq 0^\circ$  olarak kanala yerleştirilmesi durumunda  $M_3, M_4$  ve  $C_2$  noktalarının, üniform akıma dik ve ağız I’in bulunduğu düzlemdeki izdüşümleri,  $M'_3, M'_4$  ve  $C'_2$  olur (Şekil 6.2).

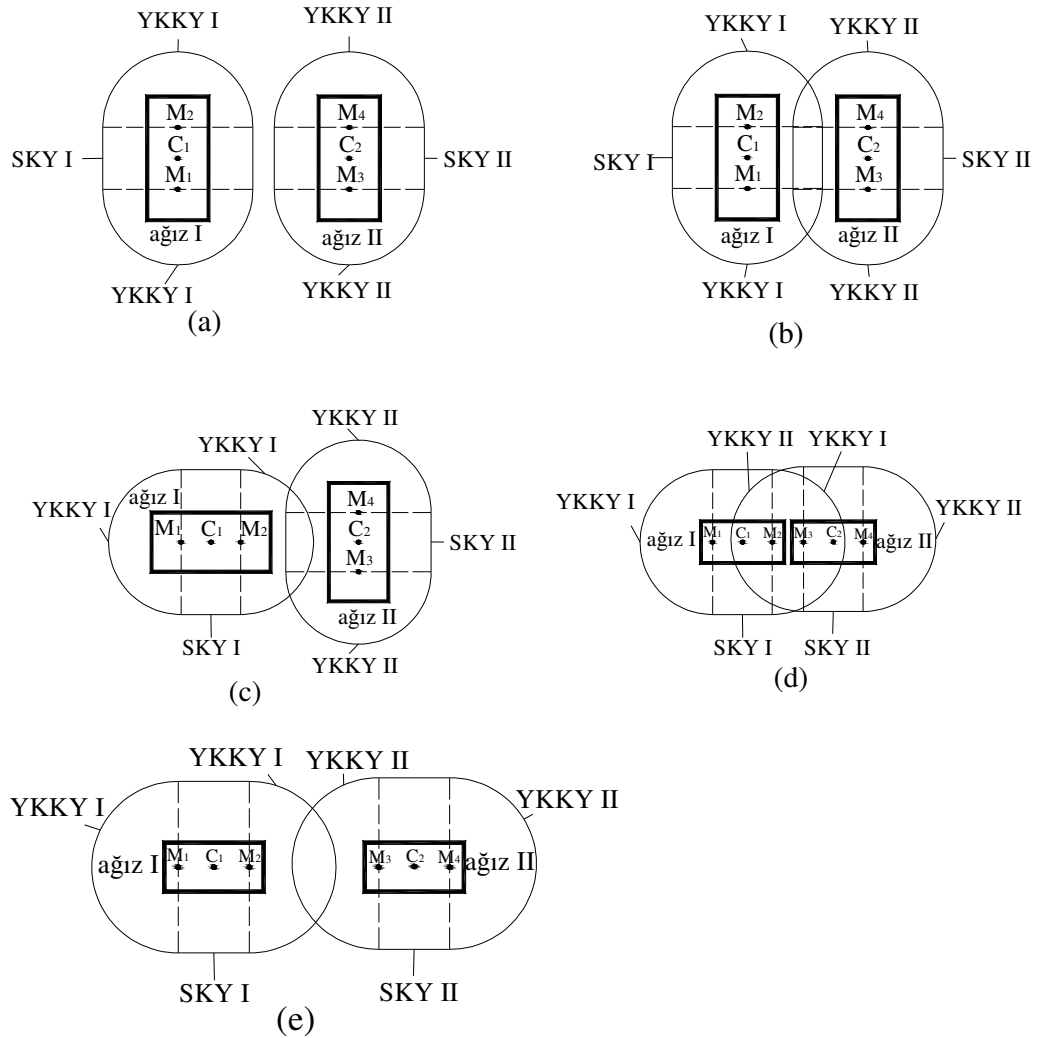


Şekil 6.2.  $\theta_2 \neq 0^\circ$  olması durumunda izdüşüm sonrası merkez noktaları a) İzdüşüm alınmadan önce b) İzdüşüm alındıktan sonra

Şekil 6.2.b'de görüldüğü gibi izdüşüm, alınan merkez noktaları arasındaki uzaklık  $a_{12}$  ve  $\alpha_{12}$ 'nin yanında  $\theta_1$  ve  $\theta_2$  açısından da etkilenmektedir. Böyle bir durum için izdüşüm alındıktan sonraki merkez noktaları arasındaki mesafe, ölçekli çizim yapılarak bulunabilir.

Ağızların kanala yerleşimlerine bağlı olarak ( $a_{12}$ ,  $\alpha_{12}$ ,  $\theta_1$ ,  $\theta_2$ ) kuyu yüzeylerinin kesişimleri farklılıklar gösterebilir. Uygulamada rastlanabilecek durumlardan bazıları aşağıda sıralanmıştır.

- Ağızlara ait kuyu yüzeyleri (hem silindirik kuyu yüzeyi, hem de yarı-küresel kuyu yüzeyleri) birbirlerini kesmeyebilir. Bu durumda ağızlar birbirlerinden bağımsız çalışırlar (Şekil 6.3.a).
- Ağız I'e ait YKKY'ler ağız II'ye ait YKKY'leri; ağız I'e ait SKY (silindirik kuyu yüzeyi) de ağız II'ye ait SKY'yi kesebilir (Şekil 6.3.b).



Şekil 6.3. Ağızlara ait kuyu yüzeylelerinin farklı kesişimleri

c) Ağız I'e ait YKKY'lerden biri veya ikisi birden ağız II'ye ait SKY'yi veya ağız II'ye ait YKKY'lerden biri veya ikisi birden ağız I'e ait SKY'yi kesebilir (Şekil 6.3.c).

d) Ağız I'e ait YKKY'lerden biri veya ikisi birden ağız II'ye ait hem YKKY'yi hem de SKY'yi kesebilir (Şekil 6.3.d).

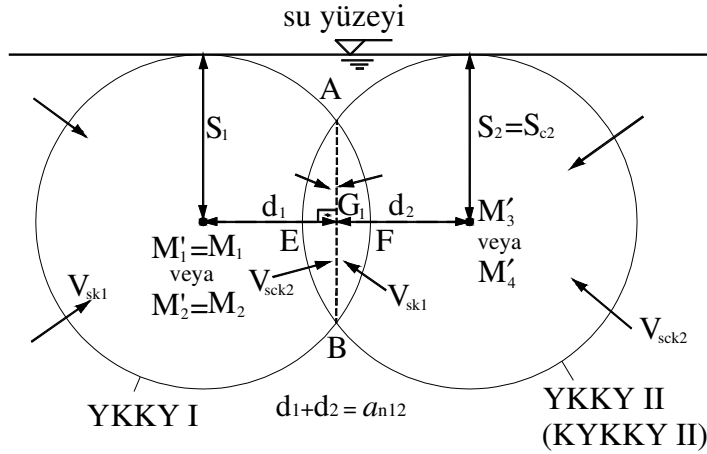
e) Ağızlara ait YKKY'ler kesişmezken sadece SKY'ler kesişebilir veya ağızlara ait SKY'ler kesişmezken YKKY'ler kesişebilir ( Şekil 6.3.e).

Bu çalışmada teorik olarak çıkarılacak denklemlerde, örnek olması bakımından sadece ağız I'e ait YKKY'lerin ağız II'ye ait YKKY'leri ve ağız I'e ait SKY'nin ağız II'ye ait SKY'yi kestiği durumlar incelenmiştir. Diğer kesişim durumları için de benzer denklemler türetilebilir.

Bu bilgiler ışığında YKKY'lere ve SKY'ye ait akım engel etkileri ayrı ayrı incelenmiştir.

### Küresel yüzeylere ait akım engel etkileri

Mansapta bulunan ağız II'ye ait YKKY'lerin membadaki ağız I'in bulunduğu ve üniform akıma dik olan düzlem üzerindeki izdüşümleri Şekil 6.4'te gösterilmiştir. Şekil 6.4'te gösterilen YKKY'ler arasındaki mesafe  $a_{n12}$ 'ye eşittir ( $\theta_1=0^\circ$  ve  $\theta_2=0^\circ$ ).



Şekil 6.4. Ağız I ve ağız II'ye ait YKKY'ler

Şekil 6.4'te gösterilen  $M_1$ ,  $M_2$ ,  $M_3$  ve  $M_4$  noktaları daha önce de belirtildiği gibi izdüşüm alındıktan sonra bulunan yeni merkez noktalarıdır. Örnek olarak mansapta bulunan (Şekil 6.1) ağız II kritik durumdaysa bu ağza ait YKKY II aynı zamanda KYKKY II olur. Şekil 6.4'te gösterildiği gibi, ağız I'e ait su yüzeyine teğet bir YKKY I çizilebilir. Bu çalışmada ağızlar arasında herhangi bir seviye farkı olmadığı için ( $c_1 = c_2$ ) YKKY I ve KYKKY II'nin yarıçapları ağız II'ye ait kritik batıklık olan  $S_{c2}$ 'ye eşittir. YKKY I ve KYKKY II birbirlerini şekil 6.4'te gösterildiği gibi A ve B noktalarında keserler.

Ağız I'in  $S_{c2}$  veya KYKKY II üzerinde bir engel etkisi oluşturmasının sebebi, KYKKY II içerisinde kalan YKKY I'e ait AFB küresel yüzeyidir. Benzer şekilde ağız II'nin YKKY I üzerinde engel etkisi oluşturmasının sebebi de, YKKY I içerisinde kalan KYKKY II'ye ait AEB küresel yüzeyidir.

Gerçekte akım engel etkisi, herhangi bir ağza ait tam bir YKKY'den veya SKY'den o ağza giden debideki azalma veya kayıptır. Dolayısıyla, ağız I'in ağız II üzerindeki engel etkisi, ağız II'ye ait KYKKY II içerisinde kalan AFB küresel yüzeyinden ağız I'e giden debidir.

Şekil 6.4'te görüldüğü gibi AB kirişi YKKY I ve KYKKY II için ortak olup YKKY I ve KYKKY II'nin izdüşüm merkezlerini birleştiren çizgiyi dik olarak  $G_1$  noktasında keser. Şekil 6.4'te gösterilen  $d_1$  ve  $d_2$  uzaklıkları (izdüşüm merkez noktalarının  $G_1$  noktasına olan uzaklıkları), kanal tabanı yatay ve ağız seviyeleri aynı olduğu için aşağıdaki gibi bulunabilir.

$$d_1 = |M'_1 G_1| = \frac{a_{n12}}{2}; \quad d_2 = |M'_3 G_1| = \frac{a_{n12}}{2} \quad (6.1)$$

Şekil 6.4'teki geometriden yararlanarak AFB ve AEB küresel yüzeylerine ait yüzey alanları aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$\begin{aligned} AFB &= \frac{1}{2} 2\pi S_1 (S_1 - d_1) = \pi S_1 (S_1 - d_1) \\ AEB &= \frac{1}{2} 2\pi S_{c2} (S_{c2} - d_2) = \pi S_{c2} (S_{c2} - d_2) \end{aligned} \quad (6.2)$$

Eşitlik 6.2'deki  $(1/2)$  katsayı yüzeylerin yarım küresel olmasından kaynaklanmaktadır.

Şekil 6.4'te gösterilen  $V_{sk1}$  ve  $V_{sck2}$  sırasıyla YKKY I ve KYKKY II'deki radyal hızları gösterir. Ağız I'in, kritik durumdaki ağız II üzerinde yarım küresel kuyu yüzeylerinin kesişmesinden kaynaklanan engel etkisi, ağız I'e giden  $AFBV_{sk1} = \pi S_1(S_1 - d_1)V_{sk1}$  debisidir. Böylece ağız II'ye ait KYKKY II'deki AEB küresel yüzeyinden ağız II'ye giden debi,  $AFB \times V_{sk1}$  kadar azalır. Dolayısıyla AEB küresel yüzeyinden ağız II'ye giden net debi aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$AEBV_{sck2} - AFBV_{sk1} = \pi S_{c2}(S_{c2} - d_2)V_{sck2} - \pi S_1(S_1 - d_1)V_{sk1} \quad (6.3)$$

Yukarıda yapılan hesaplar yarı küresel kuyu yüzeylerinden sadece birisine ait olup diğer yarı küresel kuyu yüzeyleri için de aynı hesaplar yapılabilir. İleride gösterilecek olan süreklilik denklemlerinde “ ' ” işareti ile gösterilen alanlar (AEB' veya AFB' gibi) ve yarı küresel kuyu yüzeyleri (KYKKY I', YKKY I' veya KYKKY II', YKKY II') diğer YKKY için kullanılmıştır. Daha önce de belirtildiği gibi ağızların kanal içerisindeki yerleşimlerine bağlı olarak bir ağza ait her iki YKKY için de engel etkileri aynı değere sahip olabileceği gibi, farklı kesişimlerden dolayı farklı değerler de alabilirler.

Eşitlik 6.3, AEB ve AFB yüzeylerinden ağız II'ye doğru giden debi farkını gösterir. Başka bir deyişle  $AG_1B$  kirişi, hayali “geçirimli bir yüzey” gibi davranır. Eşitlik 6.3'teki debi farkının sıfır olması durumunda yarı küresel kuyu yüzeylerinin kesişmesi bakımından ağız I ve ağız II akımlarının birbirleri üzerindeki engel etkileri aynıdır. Böyle bir durumda  $AG_1B$  kirişi hayali bir “geçirimsiz sınır” gibi düşünülebilir.

#### Silindirik yüzeylere ait akım engel etkileri

Küresel yüzeyler için akım engel etkilerinin bulunmasında yapıldığı gibi, ağız I'e ve ağız II'ye ait silindirik kuyu yüzeylerinin izdüşümleri alınmış ve kesişimleri Şekil 6.5'te gösterilmiştir. Silindirik kuyu yüzeylerine ait merkez noktaları arasındaki mesafe  $a_{n12}$ 'ye eşittir ( $\theta_1=0^\circ$  ve  $\theta_2=0^\circ$ ).



$$\text{HNK} = 2\beta_1 S_1 (b - a) \quad (6.5)$$

Eşitlik 6.5'teki  $\beta_1$  ve  $\beta_2$  Şekil 6.5'te gösterilmiş olup radyan cinsindedir.

$$\beta_1 = \arccos\left(\frac{d_3}{S_1}\right) \text{ ve } \beta_2 = \arccos\left(\frac{d_4}{S_{c2}}\right) \quad (6.6)$$

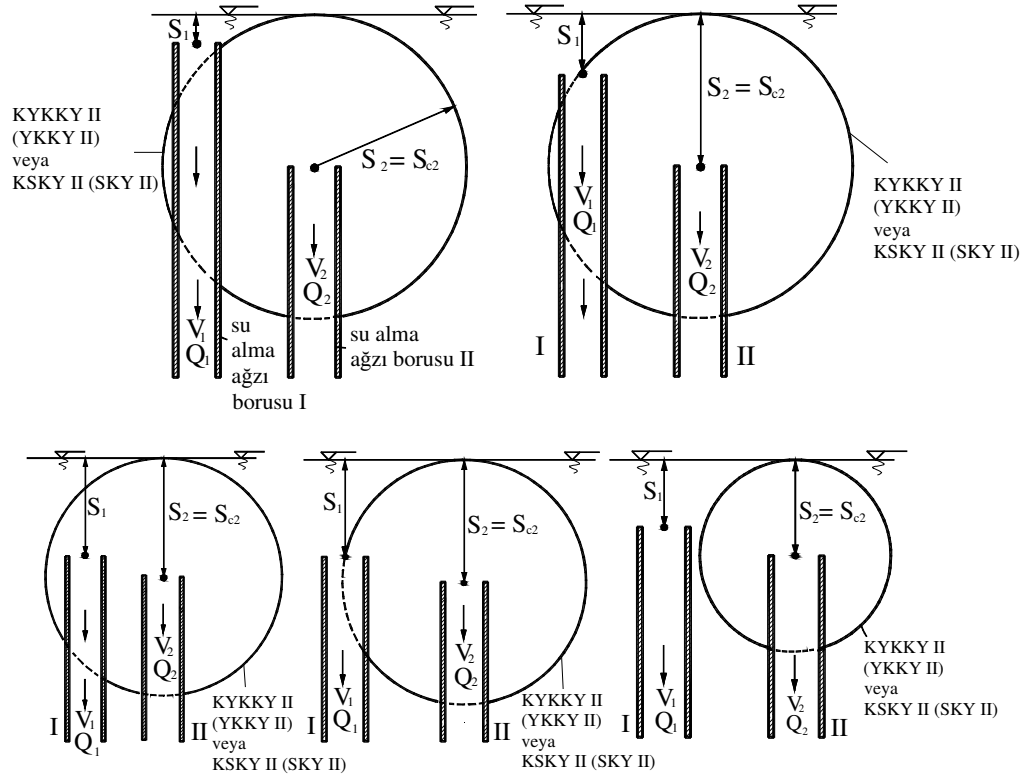
Şekil 6.5'te gösterilen  $V_{ss1}$  ve  $V_{scs2}$  sırasıyla SKY I ve KSKY II'deki radyal hızları gösterir. Ağız I'in kritik durumdaki ağız II üzerinde, silindirik kuyu yüzeylerinin kesişmesinden kaynaklanan engel etkisi, ağız I'e giden  $\text{HNKV}_{ss1} = 2\beta_1 S_1 (b - a) V_{ss1}$  debisidir. Böylece ağız II'nin KSKY II'ye ait HLK silindirik yüzeyinden ağız II'ye giden debi  $\text{HNKV}_{ss1}$  kadar azalır. Dolayısıyla HLK silindirik yüzeyinde ağız II'ye giden net debi aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$\text{HLKV}_{scs2} - \text{HNKV}_{ss1} = 2\beta_2 S_{c2} (b - a) V_{scs2} - 2\beta_1 S_1 (b - a) V_{ss1} \quad (6.7)$$

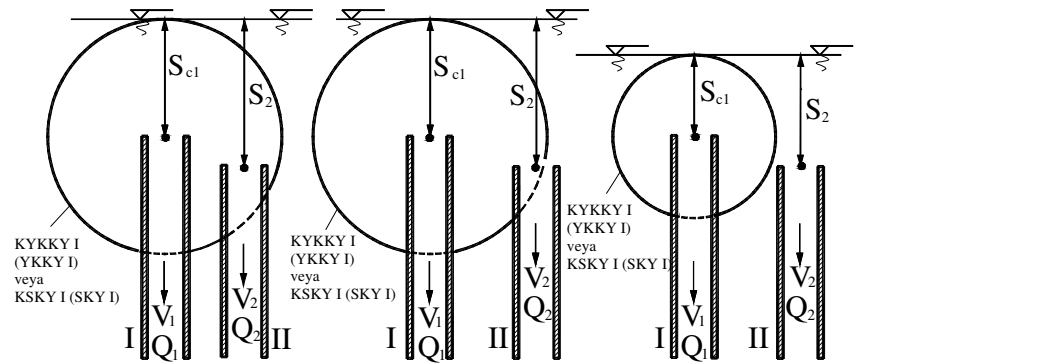
### 6.1.2. Su alma ağız borularından kaynaklanan engel etkileri

Daha önce de belirtildiği gibi, akım engel etkileri hesaplanırken kuyu yüzeyleri, üniform akıma dik olan aynı düzlem (tercihen membada bulunan ağzın bulunduğu düzlem) üzerine taşınabilmektedir. Fakat katı sınırlardan (su alma ağız boruları, kanal sınırları vb.) kaynaklanan engel etkileri hesaplanırken, kuyu yüzeylerinin (SKY ve YKKY) merkez noktaları akım içindeki gerçek (orjinal) yerleri ile aynı olmalıdır. Dolayısıyla SKY ve YKKY'ler akım içinde herhangi bir yere taşınamaz. Bunun nedeni, katı sınırlardan kaynaklanan engel etkilerini gerçek geometrik koşulların belirlemesidir.

Ağızların geometrisine, konumuna ve akım şartlarına bağlı olarak, su alma ağız borularının, göz önüne alınan kritik batıklık veya SKY ve YKKY üzerinde, çok çeşitli engel etkileri olabilir (Şekil 6.6 ve Şekil 6.7).



Şekil 6.6. Su alma ağız borularının YKKY II (KYKKY II) veya SKY II (KSKY II) üzerindeki çeşitli engel etkileri [Taştan, 2007'ye benzer olarak]



Şekil 6.7. Su alma ağız borularının YKKY I (KYKKY I) veya SKY I (KSKY I) üzerindeki çeşitli engel etkileri [Taştan, 2007'ye benzer olarak]

Şekil 6.6 ve Şekil 6.7 ölçekli çizilmek zorunda olup kuyu yüzeyleri üzerindeki kesikli çizgiler su alma ağzı borularının engel etkilerini göstermektedir.

Genel olarak  $A_{pbij}$  su alma ağzı borusunun KYKKY (veya YKKY) veya KSKY (veya SKY) üzerindeki engel etkisini gösterebilir. Burada “pb” alt indisi su alma ağzı borusundan kaynaklanan engel etkisini, “j” alt indisi engel etkisine maruz kalan kuyu yüzeyine ait ağzın numarasını, “i” alt indisi de, “j” ile belirtilen ağzın kuyu yüzeyi üzerinde engel etkisine neden olan su alma ağzının numarasını gösterir. Örnek olarak  $(A_{pb12})_{YKKY II} =$  Su alma ağzı borusu I’in, ağzı II’ye ait YKKY II üzerinde engel etkisini gösterirken  $(A_{pb11})_{SKY I} =$  Su alma ağzı borusu I’in kendi silindirik kuyu yüzeyi üzerindeki engel etkisini gösterir.

Bu çalışmada  $c_1 > S_{c1}$  ve  $c_2 > S_{c2}$  olduğundan ağzı I ve ağzı II’nin kendi YKKY ve SKY üzerinde engel etkisi her zaman vardır.

Kuyu yüzeylerinin boruları dik kesmesi durumunda meydana gelen küresel ve silindirik alanlar matematiksel olarak kolayca bulunabilir (Yıldırım 2004). Fakat kuyu yüzeylerinin boruları dik kesmemesi durumunda oluşan küresel ve silindirik yüzeyleri analitik olarak bulmak oldukça güçtür. Dolayısıyla bu çalışmada borulardan kaynaklanan engel etkileri ölçekli çizim yapılarak bilgisayar yardımıyla bulunmuştur.

Hem “akım engel etkileri” hem de su alma ağzı borularından kaynaklanan engel etkileri göz önüne alındığında, ağzı II’nin kritik batıklık durumunda bulunduğu varsayılarak, ağzı I ve ağzı II için süreklilik denklemi aşağıdaki gibi yazılabilir (Şekil 6.4 ve 6.5).

$$\begin{aligned}
 Q_1 = & \left[ 2\pi S_1^2 - (A_{pb11} + A_{pb21})_{YKKY I} \right] V_{sk1} - AEB_{net} V_{sck2} + \\
 & \left[ 2\pi S_1^2 - (A_{pb11} + A_{pb21})_{YKKY I'} \right] V_{sk1} - AEB'_{net} V_{sck2} + \\
 & \left[ 2\pi S_1(b-a) - (A_{pb11} + A_{pb21})_{SKY I} \right] V_{ss1} - HLK_{net} V_{scs2}
 \end{aligned} \tag{6.8.a}$$

$$\begin{aligned}
Q_2 = & \left[ 2\pi S_{c2}^2 - (A_{pb12} + A_{pb22})_{KYKKY II} \right] V_{sck2} - AFB_{net} V_{sk1} + \\
& \left[ 2\pi S_{c2}^2 - (A_{pb12} + A_{pb22})_{KYKKY II'} \right] V_{sck2} - AFB'_{net} V_{sk1} + \\
& \left[ 2\pi S_{c1}(b - \alpha) - (A_{pb12} + A_{pb22})_{SKY II} \right] V_{scs2} - HNK_{net} V_{ss1}
\end{aligned} \tag{6.8.b}$$

Yukarıdaki eşitliklerde gösterilen  $AEB_{net}$ ,  $AFB_{net}$  gibi terimler, kuyu yüzeylerinin kesişimleri sonucunda oluşan bölgelerdeki net akım engel etkilerini göstermek için kullanılmıştır. Örneğin ağız I'e ait YKKY I içerisinde kalan AEB küresel yüzeyinden, ağız II'ye giden net debi;  $[AEB - (A_{pb22} + A_{pb12})_{AEB}] \times V_{sck2}$  şeklinde hesaplanır  $[AEB_{net} = AEB - (A_{pb22} + A_{pb12})_{AEB}]$ . Burada  $(A_{pb22} + A_{pb12})_{AEB}$ , AEB yüzeyi üzerinde su alma ağızı borularından kaynaklanan alan kayıplarını gösterir.

Yukarıdaki bilgiler ışığında Eşitlik 6.8.(a) ve Eşitlik 6.8.(b) yeniden yazılırsa aşağıdaki eşitlikler elde edilir.

$$\begin{aligned}
Q_1 = & (2\pi S_1^2 V_{sk1} - AEB V_{sck2}) + (2\pi S_1^2 V_{sk1} - AEB' V_{sck2}) + \\
& [2\pi S_1(b - \alpha) V_{ss1} - HLK V_{scs2}] - (A_{pb11} + A_{pb21})_{YKKY I} V_{sk1} - \\
& (A_{pb11} + A_{pb21})_{YKKY I'} V_{sk1} - (A_{pb11} + A_{pb21})_{SKY I} V_{ss1} + \\
& (A_{pb22} + A_{pb12})_{AEB} V_{sck2} + (A_{pb22} + A_{pb12})_{AEB'} V_{sck2} + (A_{pb22} + A_{pb12})_{HLK} V_{scs2}
\end{aligned} \tag{6.9.a}$$

$$\begin{aligned}
Q_2 = & (2\pi S_{c2}^2 V_{sck2} - AFB V_{sk1}) + (2\pi S_{c2}^2 V_{sck2} - AFB' V_{sk1}) + \\
& [2\pi S_{c2}(b - \alpha) V_{scs2} - HLK V_{ss1}] - (A_{pb12} + A_{pb22})_{KYKKY II} V_{sck2} - \\
& (A_{pb12} + A_{pb22})_{KYKKY II'} V_{sck2} - (A_{pb12} + A_{pb22})_{SKY II} V_{scs2} + \\
& (A_{pb11} + A_{pb21})_{AFB} V_{sk1} + (A_{pb11} + A_{pb21})_{AFB'} V_{sk1} + (A_{pb11} + A_{pb21})_{HNK} V_{ss1}
\end{aligned} \tag{6.9.b}$$

Yukarıdaki eşitliklerdeki  $V_{sck2}$  ve  $V_{scs2}$  ağzın kritik durumdaki, sırasıyla KYKKY II ve SKY II'ye ait radyal hızlar olup, ağzın tek başına çalıştığı durumdaki kritik hızlara eşit alınabilir. Böylece;

$$V_{sck2} = \frac{U_{\infty}}{2}$$

$$V_{scs2} = \frac{2}{\pi} U_{\infty} \quad (6.10)$$

olur.

Dolayısıyla Eş. 6.9 (a) ve Eş. 6.9 (b);  $S_{c2}$  (veya  $S_1$ ),  $V_{sk1}$  ve  $V_{ss1}$  olmak üzere üç bilinmeyen içerir. Bu denklem takımını çözebilmek için gerekli olan son denklem, kritik durumda bulunan ağzın KYKKY II ve KSKY II üzerindeki radyal hızlarının ( $V_{sck2}$  ve  $V_{scs2}$ ) oranından faydalanılarak bulunabilir.

$$\frac{V_{scs2}}{V_{sck2}} = \frac{V_{ss1}}{V_{sk1}} = \frac{4}{\pi} \quad (6.11)$$

Böylece Eş. 6.9 (a-b), Eş. 6.10 ve Eş. 6.11 yardımıyla ağza ait kritik batıklık deneme-yanılma yöntemiyle bulunabilir. Çözümün deneme-yanılma yoluyla yapılmasının sebebi su alma ağzı borularından kaynaklanan engel etkilerinin ( $A_{pbij}$ ), ağzıların geometrisine, konumuna ve akım şartlarına bağlı olmasından dolayı bu etkileri tanımlayan genel bir ifade bulmanın oldukça zor olmasıdır. Bu denklemlerin deneme-yanılma yoluyla çözümü için yapılacak işlemler aşağıda adım adım anlatılmıştır.

1. Ölçekli olarak akım sınırları, su alma ağzları ve konumları çizilir.
2. Kritik batıklık seçilir. Seçilen kritik batıklığa göre aynı şekil üzerinde YKKY'ler ve SKY'ler çizilir. Daha sonra bilgisayarda grafik yoluyla  $A_{pbij}$  alanları bulunur [Bu çalışmada akım sınırlarının su alma ağzı akımları üzerinde herhangi bir engel etkisi yoktur. Akım sınırlarının engel etkisi durumunda, bu engel etkilerinin nasıl bulunacağı Yıldırım (2004) ve Eroğlu ve Bahadırılı (2007) çalışmalarında verilmiştir].
3. Daha sonra mansapta bulunan ağza ait kuyu yüzeylerinin izdüşümü tercihen membadaki ağzın bulunduğu ve üniform akıma dik olan düzleme taşınır. Böylece

varsa kesişim bölgeleri ayırt edilip bunlara ait hesaplamalar yapılabilir (AEB, HLK, HNK, AFB yüzeyleri gibi).

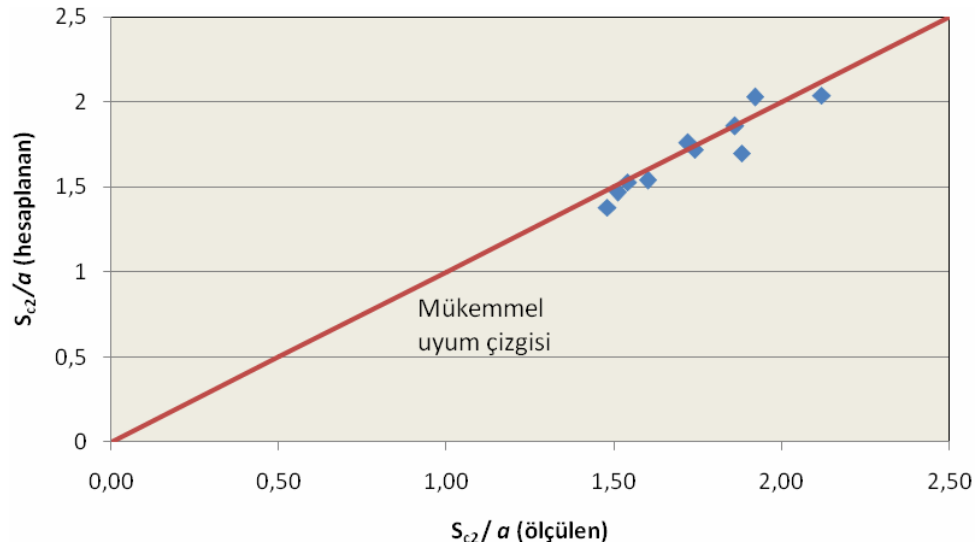
4. Eş. 6.9 (a), 6.10, ve 6.11 yardımıyla  $V_{ss1}$  ve  $V_{sk1}$  bulunur (ağız I'in kritik olması durumunda  $V_{ss2}$  ve  $V_{sk2}$  Eş. 6.9 (b), 6.10, ve 6.11'den yararlanılarak bulunur).

5. Kritik ağza ait süreklilik denklemi 6.9.(b) yardımıyla [ağız I kritikse 6.9 (a)] çözümün başında seçilen kritik batıklık değerinin doğru olup olmadığı kontrol edilir.

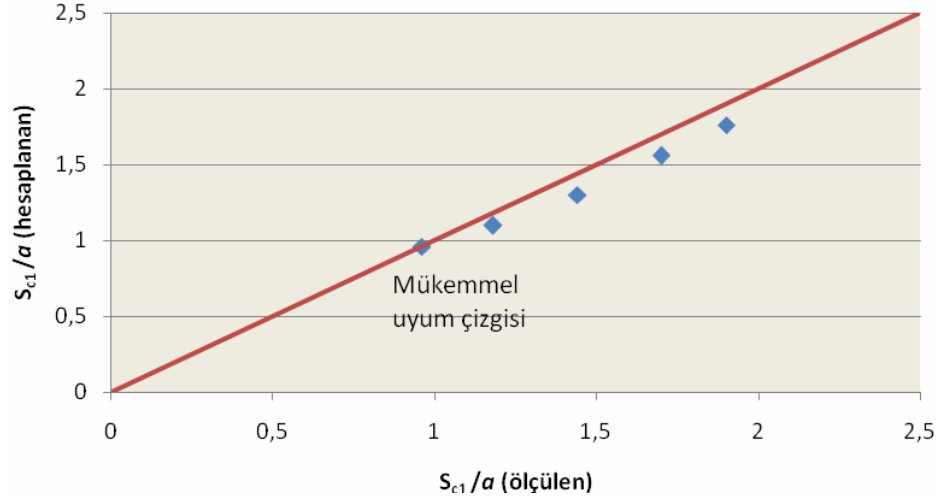
6. Eğer seçilen kritik batıklık, süreklilik denklemini sağlıyorsa çözüm durdurulur. Seçilen kritik batıklık süreklilik denklemini sağlamıyorsa yeni bir kritik batıklık seçilip 2. adıma gidilir.

Süperpozisyon yönteminin sayısal olarak nasıl uygulandığına dair bir örnek ileride verilmiştir.

Bu çalışmada yapılan deneylerde bulunan kritik batıklık değerlerinin, süperpozisyon yöntemiyle teorik olarak bulunan değerlerle karşılaştırılması Şekil 6.8 ve 6.9'da verilmiştir.

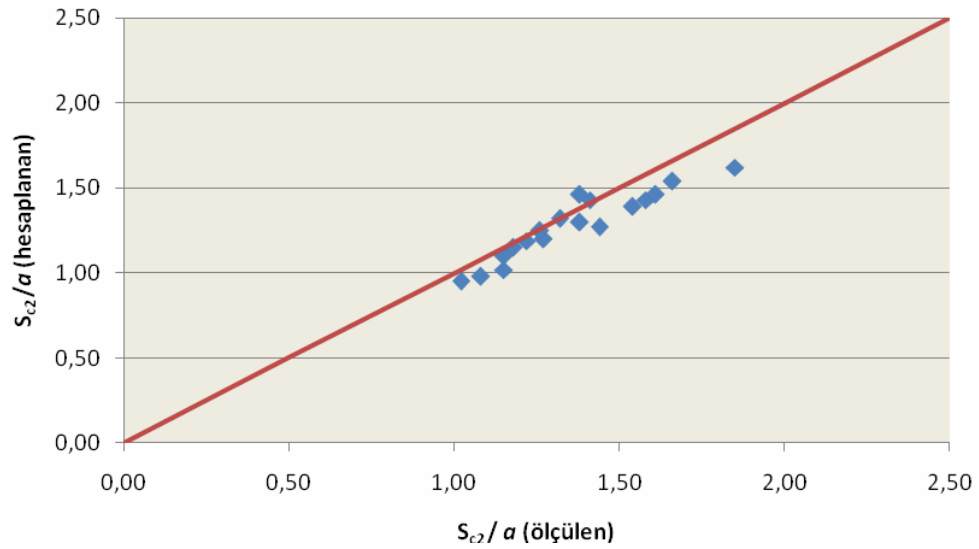


(a)

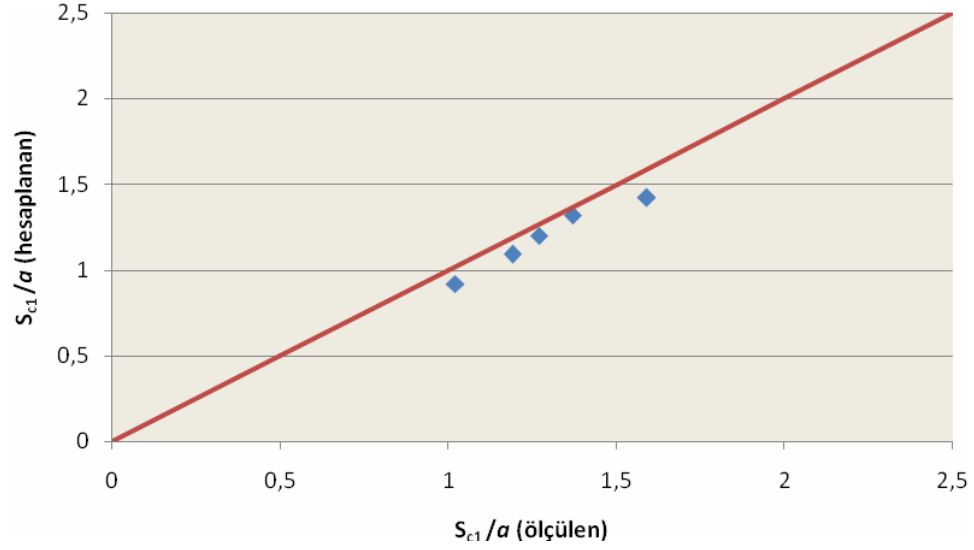


(b)

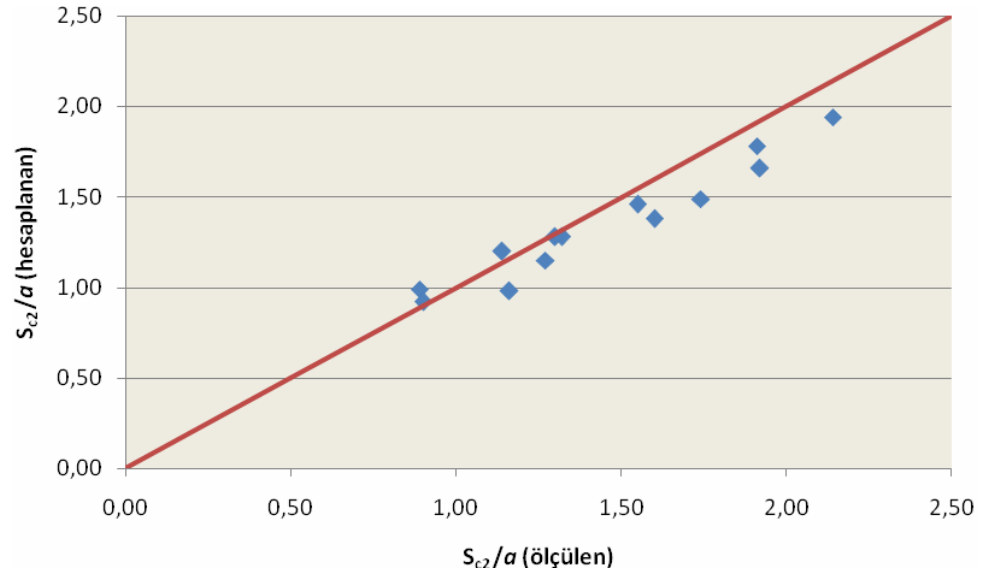
Şekil 6.8. Farklı  $\theta_1$ ,  $\theta_2$  ve  $\alpha_{12}$  açıları için dikdörtgen su alma ağız çiftine ait deneysel ve teorik sonuçların karşılaştırılması ( $a_{12}/a = 3$ ,  $c_1/a = c_2/a = 3$ )  
a)  $\theta_1 = \theta_2 = \alpha_{12} = 0^\circ$  durumunda Ağız II'ye ait sonuçlar b)  $\theta_1 = \theta_2 = \alpha_{12} = 0^\circ$  durumunda Ağız I'e ait sonuçlar c)  $\theta_1 = 90^\circ$ ,  $\theta_2 = \alpha_{12} = 0^\circ$  durumunda Ağız II'ye ait sonuçlar d)  $\theta_1 = 90^\circ$ ,  $\theta_2 = \alpha_{12} = 0^\circ$  durumunda Ağız I'e ait sonuçlar



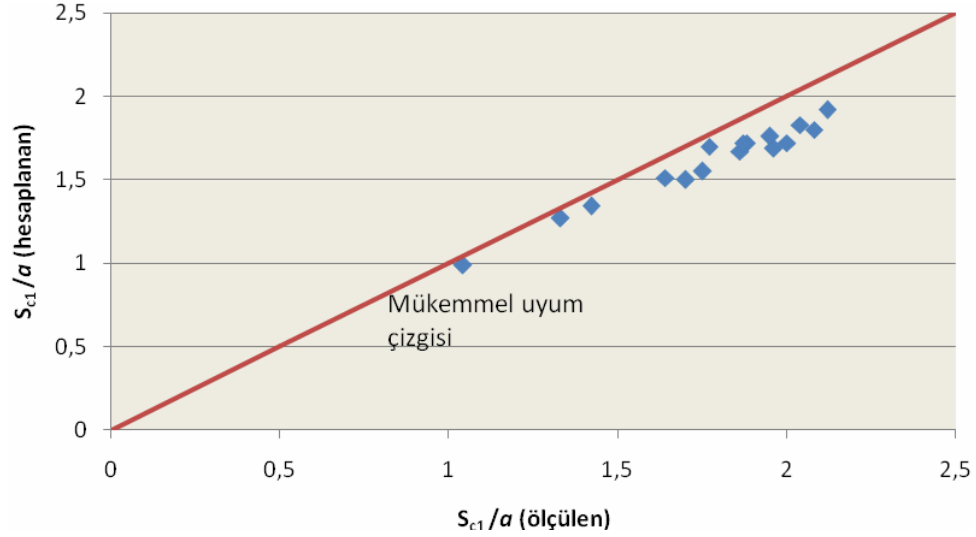
(c)



Şekil 6.8 (Devam). Farklı  $\theta_1$ ,  $\theta_2$  ve  $\alpha_{12}$  açıları için dikdörtgen su alma ağız çiftine ait deneysel ve teorik sonuçların karşılaştırılması ( $a_{12}/a = 3$ ,  $c_1/a = c_2/a = 3$ ) a)  $\theta_1 = \theta_2 = \alpha_{12} = 0^\circ$  durumunda Ağız II'ye ait sonuçlar b)  $\theta_1 = \theta_2 = \alpha_{12} = 0^\circ$  durumunda Ağız I'e ait sonuçlar c)  $\theta_1 = 90^\circ$ ,  $\theta_2 = \alpha_{12} = 0^\circ$  durumunda Ağız II'ye ait sonuçlar d)  $\theta_1 = 90^\circ$ ,  $\theta_2 = \alpha_{12} = 0^\circ$  durumunda Ağız I'e ait sonuçlar



(a)



(b)

Şekil 6.9. Farklı  $a_{12}$  mesafeleri için dikdörtgen su alma ağız çiftine ait deneysel ve teorik sonuçların karşılaştırılması ( $\theta_1 = \theta_2 = 0^\circ$ ,  $\alpha_{12} = 90^\circ$ ,  $c_1/a = c_2/a = 3$ )  
 a)  $a_{12}/a = 2$  durumunda Ağız II'ye ait sonuçlar  
 b)  $a_{12}/a = 1$  durumunda Ağız I'e ait sonuçlar

Süperpozisyon yönteminin uygulanışı ve çözüm adımları aşağıda bir örnek üzerinde anlatılmıştır.

### Örnek:

Ekler kısmında Çizelge 1.3'te üstten 6. sıradaki deney için ağız II'ye ait kritik batıklık olan  $S_{c2}$ 'yi bulalım. Deneyde kullanılan akım ve geometrik koşullarla ilgili veriler aşağıda sıralanmıştır (Şekil 6.10)

$Q_\infty = 17,63$  lt/s (kanalın başındaki debi değeri)

$Q_1 = 3,00$  lt/s       $a_{12} = 10$  cm       $\Delta c_{12} = (c_1 - c_2) = 0$

$Q_2 = 6,00$  lt/s       $\alpha_{12} = 90^\circ$        $a = 5$  cm       $b = 10$  cm

Kanal genişliği = 50 cm

Akım derinliği = 30,84 cm

$$U_{\infty} = \frac{Q_{\infty}}{By} = \frac{0,01763}{0,5 \times 0,3084} = 0,11433 \text{ m/s (B=kanal genişliği, y= akım derinliği)}$$

Ağız II'ye ait kritik batıklık arandığı için  $V_{sck2}$  ve  $V_{scs2}$  aşağıdaki gibi bulunabilir.

$$V_{sck2} = \frac{U_{\infty}}{2} = \frac{0,11433}{2} = 0,05717 \text{ m/s}$$

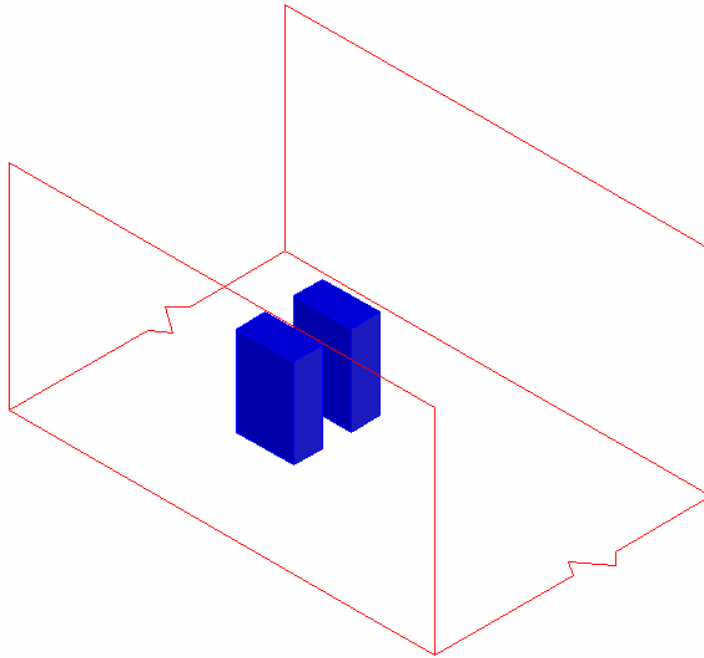
$$V_{scs2} = \frac{2}{\pi} \times U_{\infty} = \frac{2}{3,14} \times 0,11433 = 0,07282 \text{ m/s}$$

Bu noktadan sonra işlem sırası daha önce anlatıldığı gibi uygulanacaktır.

1.deneme:  $S_c/a = 8/5 = 1,6$  seçilmiş olsun ( $S_1/a = S_{c2}/a = 1,6$ ).

Eşitlik 6.1 ve Eşitlik 6.4'ten:

$$d_1 = d_2 = d_3 = d_4 = \frac{a_{12}}{2} = \frac{10}{2} = 5 \text{ cm}$$



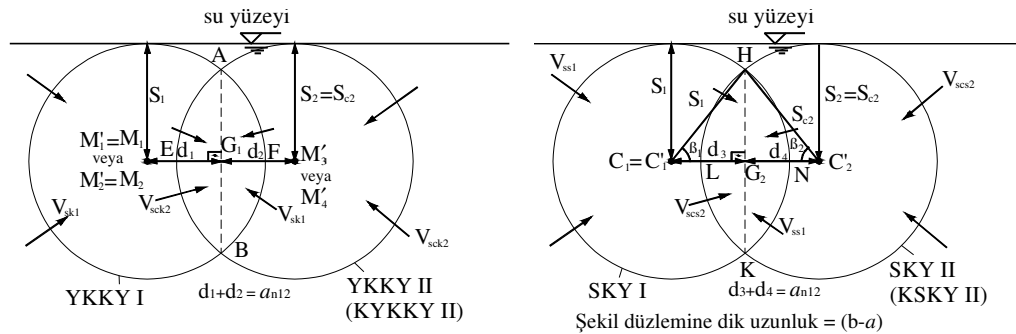
Şekil 6.10. Ağızların kanal içindeki konumları

Eş. 6.9'daki süreklilik denklemi her bir ağız için yazıldığında;

$$Q_1 = (2\pi S_1^2 V_{sk1} - AEBV_{sck2}) + (2\pi S_1^2 V_{sk1} - AEB'V_{sck2}) + \\ [2\pi S_1(b-a)V_{ss1} - HLKV_{scs2}] - (A_{pb11} + A_{pb21})_{YKKY I} V_{sk1} - \\ (A_{pb11} + A_{pb21})_{YKKY I'} V_{sk1} - (A_{pb11} + A_{pb21})_{SKY I} V_{ss1} + \\ (A_{pb22} + A_{pb12})_{AEB} V_{sck2} + (A_{pb22} + A_{pb12})_{AEB'} V_{sck2} + (A_{pb22} + A_{pb12})_{HLK} V_{scs2}$$

$$Q_2 = (2\pi S_2^2 V_{sck2} - AFBV_{sk1}) + (2\pi S_2^2 V_{sck2} - AFB'V_{sk1}) + \\ [2\pi S_2(b-a)V_{scs2} - HLKV_{ss1}] - (A_{pb12} + A_{pb22})_{KYKKY II} V_{sck2} - \\ (A_{pb12} + A_{pb22})_{KYKKY II'} V_{sck2} - (A_{pb12} + A_{pb22})_{SKY II} V_{scs2} + \\ (A_{pb11} + A_{pb21})_{AFB} V_{sk1} + (A_{pb11} + A_{pb21})_{AFB'} V_{sk1} + (A_{pb11} + A_{pb21})_{HNK} V_{ss1}$$

Bu denklemde alanlar Şekil 6.11 ve 6.12'de gösterilmiştir.



Şekil 6.11. Ağız çiftine ait SKY'lerden (KSKY) ve YKKY'lerden (KYKKY) kaynaklanan engel etkileri ( ölçekli çizim,  $S_c = 8$  cm)

$$AEB=AEB'=AEB = \frac{1}{2} 2\pi S_{c2}(S_{c2} - d_2) = \pi S_{c2}(S_{c2} - d_2) = \pi 8(8 - 5) = 75,36 \text{ cm}^2$$

$$AFB=AFB'=AFB = \frac{1}{2} 2\pi S_1(S_1 - d_1) = \pi S_1(S_1 - d_1) = \pi 8(8 - 5) = 75,36 \text{ cm}^2$$

$$\beta_1 = \arccos\left(\frac{d_3}{S_1}\right) = \arccos\left(\frac{5}{8}\right) = 0,89566$$

$$\beta_2 = \arccos\left(\frac{d^4}{S_{c2}}\right) = \arccos\left(\frac{5}{8}\right) = 0,89566$$

$$HLK = 2\beta_2 S_{c2} (b - a) = 2 \times 0,89566 \times 8 \times (10 - 5) = 71,65 \text{ cm}^2$$

$$HNK = 2\beta_1 S_1 (b - a) = 2 \times 0,89566 \times 8 \times (10 - 5) = 71,65 \text{ cm}^2$$

Bilgisayar yardımıyla su alma ağzı borularından kaynaklanan engel etkileri aşağıdaki gibi bulunmuştur.

$$(A_{pb11} + A_{pb21})_{YKKY I} = (A_{pb11} + A_{pb21})_{YKKY I'} = 18,97 \text{ cm}^2$$

$$(A_{pb11} + A_{pb21})_{SKY I} = 39,63 \text{ cm}^2$$

$$(A_{pb22} + A_{pb12})_{AEB} = (A_{pb22} + A_{pb12})_{AEB'} = 6,06 \text{ cm}^2$$

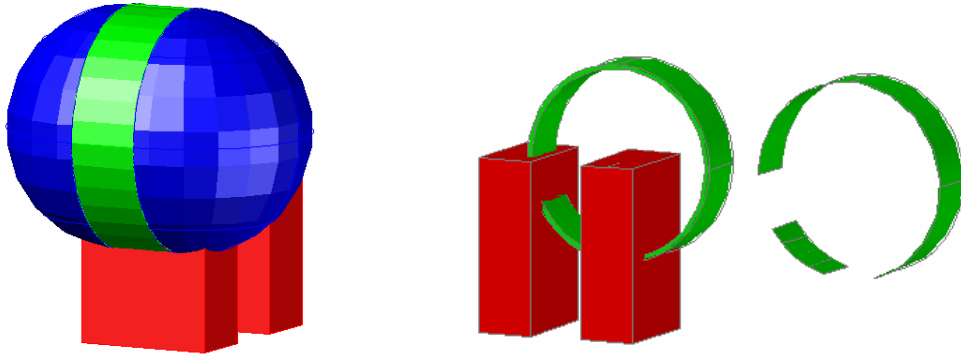
$$(A_{pb22} + A_{pb12})_{HLK} = 14,07 \text{ cm}^2$$

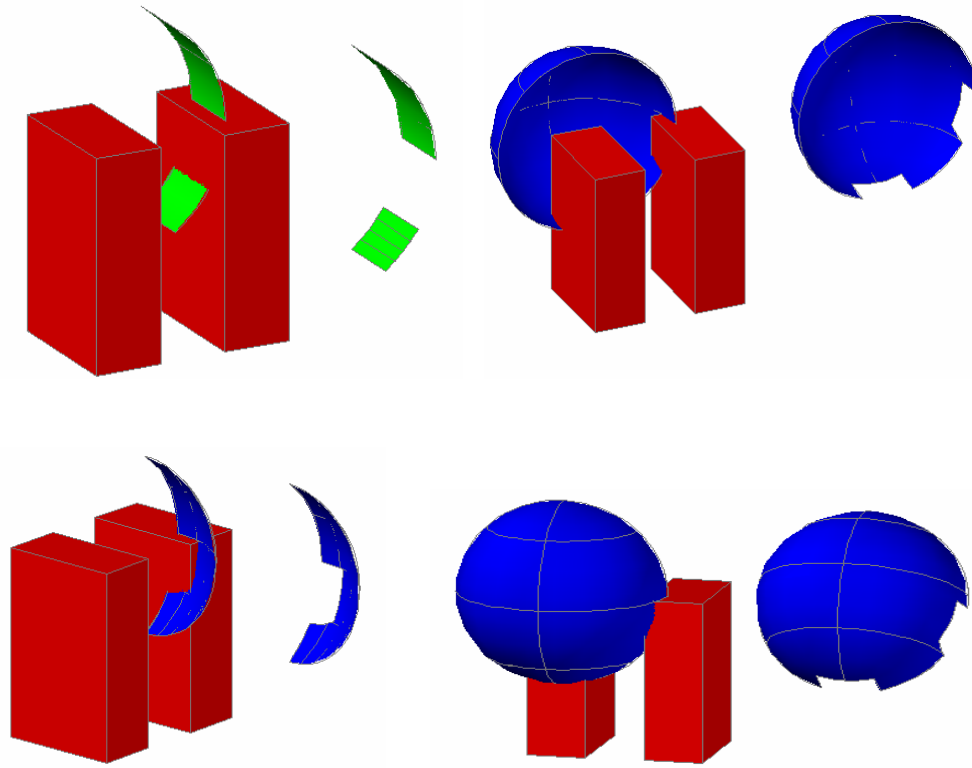
$$(A_{pb12} + A_{pb22})_{KYKKY II} = (A_{pb12} + A_{pb22})_{KYKKY II'} = 18,97 \text{ cm}^2$$

$$(A_{pb12} + A_{pb21})_{KSKY II} = 39,63 \text{ cm}^2$$

$$(A_{pb11} + A_{pb21})_{AFB} = (A_{pb11} + A_{pb21})_{AFB'} = 6,06 \text{ cm}^2$$

$$(A_{pb11} + A_{pb12})_{HNK} = 14,07 \text{ cm}^2$$





Şekil 6.12. Borulardan kaynaklanan engel etkilerinin düşülmemiş ve düşülmüş görünüşleri (şekil ölçekli olup bilgisayarda çizilmiştir)

Bu aşamadan sonra bulunan değerler ağız I'e ait süreklilik denkleminde yerlerine konur.

$$3,0034 \times 10 = (2\pi \times 8^2 \times V_{sk1} - 75,36 \times 0,05717) + (2\pi \times 8^2 \times V_{sk1} - 75,36 \times 0,05717) + 2\pi \times 8 \times (10 - 5)V_{ss1} - 71,65 \times 0,07282 - 18,97 \times V_{sk1} - 18,97 \times V_{sk1} - 39,63V_{ss1} + 6,06 \times 0,05717 + 6,06 \times 0,05717 + 14,07 \times 0,07282$$

Ayrıca Eş. 6.11'den;

$$\frac{V_{ss1}}{V_{sk1}} = \frac{4}{\pi}$$

Bu iki denklemden;

$$V_{ss1} = 0,0518 \text{ m/s}$$

$$V_{sk1}=0,0407 \text{ m/s}$$

Bulunan  $V_{ss1}$  ve  $V_{sk1}$  değerleri alan terimleriyle birlikte  $Q_2$  denkleminde yerine konur.

$$6,0025 \times 10 = (2\pi \times 8^2 \times 0,05717 - 75,36 \times 0,0407) + (2\pi \times 8^2 \times 0,05717 - 75,36 \times 0,0407) + 2\pi \times 8 \times (10 - 5) \times 0,07282 - 71,65 \times 0,0518 - 18,97 \times 0,05717 - 18,97 \times 0,05717 - 39,63 \times 0,07282 + 6,06 \times 0,0407 + 6,06 \times 0,0407 + 14,07 \times 0,0518$$

olduğundan deneme yapmaya ve çözümü tekrarlamaya gerek vardır.

2.deneme:  $S_c/a = 1,78$  seçilmiş olsun ( $S_1/a = S_{c2}/a = 1,78$ ).

$$d_1 = d_2 = d_3 = d_4 = \frac{a_{12}}{2} = \frac{10}{2} = 5 \text{ cm}$$

$$AEB = AEB' = AEB = \frac{1}{2} 2\pi S_2 (S_{c2} - d_2) = \pi S_{c2} (S_{c2} - d_2) = \pi \times 8,9 \times (8,9 - 5) = 109,04 \text{ cm}^2$$

$$AFB = AFB' = AFB = \frac{1}{2} 2\pi S_1 (S_1 - d_1) = \pi S_1 (S_1 - d_1) = \pi \times 8,9 \times (8,9 - 5) = 109,04 \text{ cm}^2$$

$$\beta_1 = \arccos\left(\frac{d_3}{S_1}\right) = \arccos\left(\frac{5}{8,9}\right) = 0,97424$$

$$\beta_2 = \arccos\left(\frac{d_4}{S_{c2}}\right) = \arccos\left(\frac{5}{8,9}\right) = 0,97424$$

$$HLK = 2 \times \beta_1 \times S_{c2} \times (b - a) = 2 \times 0,97424 \times 8,9 \times (10 - 5) = 86,71 \text{ cm}^2$$

$$HNK = 2 \times \beta_1 \times S_1 \times (b - a) = 2 \times 0,97424 \times 8,9 \times (10 - 5) = 86,71 \text{ cm}^2$$

Bilgisayar yardımıyla su alma ağız borularından kaynaklanan engel etkileri aşağıdaki gibi bulunmuştur.

$$(A_{pb11} + A_{pb21})_{YKKY I} = (A_{pb11} + A_{pb21})_{YKKY I} = 25,00 \text{ cm}^2$$

$$(A_{pb11} + A_{pb21})_{SKY I} = 50,633 \text{ cm}^2$$

$$(A_{pb22} + A_{pb12})_{AEB} = (A_{pb22} + A_{pb12})_{AEB'} = 12,16 \text{ cm}^2$$

$$(A_{pb22} + A_{pb12})_{HLK} = 25,29 \text{ cm}^2$$

$$(A_{pb12}+A_{pb22})_{KYKKY II} = (A_{pb12}+A_{pb22})_{KYKKY II'} = 25,00 \text{ cm}^2$$

$$(A_{pb12}+A_{pb21})_{KSKY II} = 50,63 \text{ cm}^2$$

$$(A_{pb11}+A_{pb21})_{AFB} = (A_{pb11}+A_{pb21})_{AFB'} = 12,16 \text{ cm}^2$$

$$(A_{pb11}+A_{pb12})_{HNK} = 25,29 \text{ cm}^2$$

Bu aşamadan sonra bulunan değerler ağız I'e ait süreklilik denkleminde yerlerine konur.

$$3,0034 \times 10 = (2\pi \times 8,9^2 \times V_{sk1} - 109,04 \times 0,05717) + (2\pi \times 8,9^2 \times V_{sk1} - 109,04 \times 0,05717) + 2\pi \times 8,9 \times (10 - 5)V_{ss1} - 86,71 \times 0,07282 - 25,00 \times V_{sk1} - 25,00 \times V_{sk1} - 50,63V_{ss1} + 12,16 \times 0,05717 + 12,16 \times 0,05717 + 25,29 \times 0,07282$$

Ayrıca Eş. 6.11'den;

$$\frac{V_{ss1}}{V_{sk1}} = \frac{4}{\pi} V_{ss1}$$

Bu iki denklemden;

$$V_{ss1} = 0,04687 \text{ m/s}$$

$$V_{sk1} = 0,03681 \text{ m/s}$$

Bulunan  $V_{ss1}$  ve  $V_{sk1}$  değerleri alan terimleriyle birlikte  $Q_2$  denkleminde yerine koyduğumuzda;

$$6,0025 \times 10 = (2\pi \times 8,9^2 \times 0,05717 - 109,04 \times 0,03681) + (2\pi \times 8,9^2 \times 0,05717 - 109,04 \times 0,03681) + 2\pi \times 8,9 \times (10 - 5) \times 0,07282 - 86,71 \times 0,04687 - 25,00 \times 0,05717 - 25,00 \times 0,05717 - 50,63 \times 0,07282 + 12,16 \times 0,03681 + 12,16 \times 0,03681 + 25,29 \times 0,04687$$

olduğundan çözüm durdurulabilir.

Dolayısıyla seçilen  $S_{c2} / a = 1,78 \text{ cm}$  değeri doğrudur( Deneyde ölçülen  $S_{c2} / a = 1,91$ ).

## 7. TEORİK VE DENEYSEL NETİCELERİN KARŞILAŞTIRILMASI

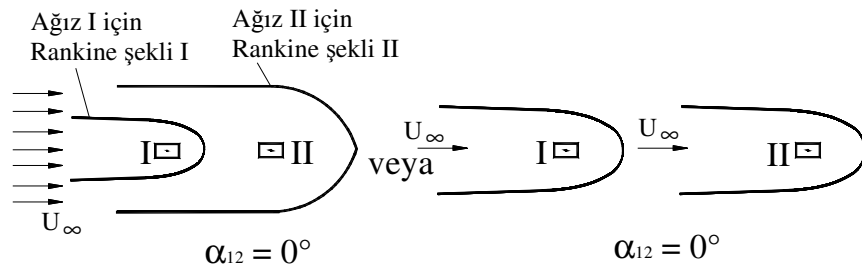
Aşağıda ve bu bölümden sonraki bölümlerde verilen açıklamaların büyük bir kısmı Taştan, 2007'ye benzer olarak anlatılmıştır.

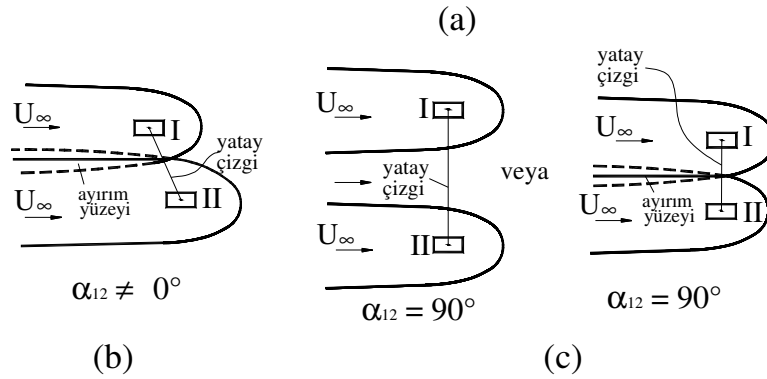
Potansiyel akım çözümüne göre, su alma ağız çiftinin kritik duruma ulaşmaları ile ilgili ana ilke olarak şöyle bir ifade kullanılabilir. “Bir ağzın kritik duruma (hava girişli çevrinti oluşur) diğerinden önce ulaşması için o ağza ait Rankine şeklinin üst sınırının su yüzeyiyle (ağız üzerinde) çakışması gerekir.” İki ağza ait Rankine şeklinin üst sınırının aynı anda su yüzeyi ile çakışması için yani iki ağzın kritik batıklığa aynı anda ulaşması için, ağız I ve ağız II'ye ait debi, batıklık ve yükseklik değerlerinin aynı olması gerektiği gibi ağız geometrilerinin ve ağızlara ait  $V_{sck1}$ ,  $V_{sck2}$ ,  $V_{scs1}$  ve  $V_{scs2}$  değerlerinin de aynı olması gerekir. Eğer ağız I ve ağız II

üzerinde oluşan kuyu yüzeylerine ait radyal hızlar ( $V_{sck1}$ ,  $V_{sck2}$ ,  $V_{scs1}$  ve  $V_{scs2}$ ) birbirinden farklı ise debi, batıklık, geometri gibi ağza ait diğer özellikler aynı olsalar bile iki ağız aynı anda kritik duruma ulaşmayabilir. Batıklık, ağız çiftinden biri için kritik batıklık iken diğeri için kritik batıklık olmayabilir. Yıldırım ve Kocabaş (1995), üniform akımda tek bir su alma ağızı için yaptıkları çalışmada kritik durumda ağız üzerinde su yüzeyinde at nalı şeklinde bir yüzey ayrılma dalgası oluştuğunu gözlemlemişler ve bunun Rankine ovalinden kaynaklanan ayrılma çevrintilerden (separation vortices) dolayı meydana geldiğini belirtmişlerdir (bkz. Resim 4.4). Bu yüzey ayrılma dalgasının oluştuğu bölgeye çevrintiler ve viskozite hakim olduğundan, yüzey ayrılma dalgası içinde kalan kısımda akım yüzeyinde bulunan rahatsızlıklar ve çevrintiler hava girişli çevrintinin oluşmasını büyük ölçüde tetikler. Bir ağza ait Rankine şeklinin üst sınırı su yüzeyiyle çakıştığı zaman, yüzeydeki akım da o ağza girmeye başlar. Böylelikle su yüzeyinde oluşan hava girişli çevrinti de o ağza girer.

Ağız I ve ağız II'ye ait Rankine şekilleri I ve II'nin birbirlerine göre izafi konumlarına bağlı olarak: ağza giren akım alanı, Rankine şekillerinin etrafında oluşan ayrılma (separation) çevrintileri ve havalı çevrintinin izlediği yol (yörünge) önemli ölçüde değişiklik gösterir. Dolayısıyla, ağız I ve ağız II'ye ait Rankine şekilleri I ve II'nin birbirlerine göre izafi konumları, belirtilen nedenlerden dolayı ağız çiftinde, ağızlara havalı çevrintinin girişini ve böylece kritik batıklığı önemli ölçüde etkileyen faktörlerden biri olarak karşımıza çıkmaktadır.

Rankine şekillerinin konumları, geometri ve akım şartlarına bağlıdır. Uygulamada rastlanabilecek bazı durumlar için, ağız I ve ağız II'nin birbirlerine göre konumları Şekil 7.1'de verilmiştir.

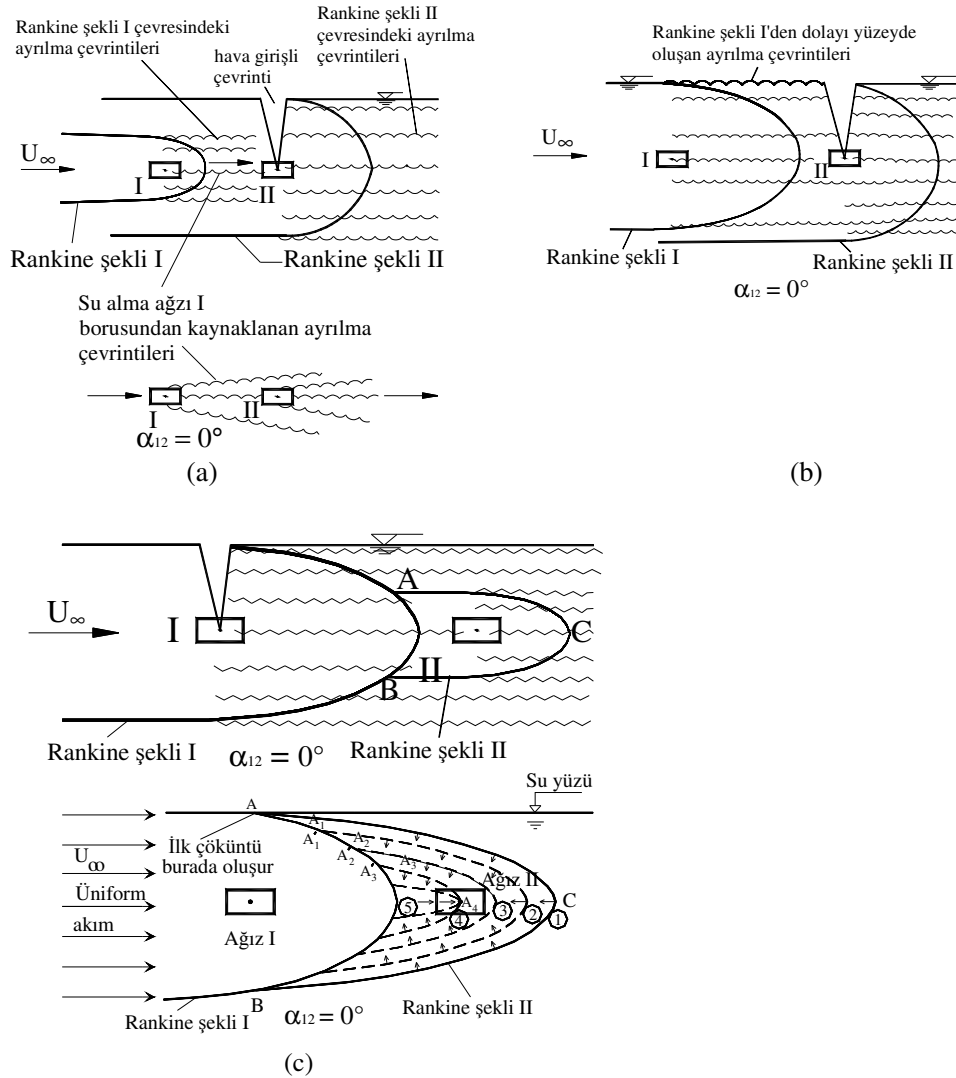




Şekil 7.1. İki ağız durumunda, ağızlara ait Rankine şekillerinin birbirlerine göre çeşitli konumları a)  $\alpha_{12} = 0^\circ$  b)  $\alpha_{12} \neq 0^\circ$  c)  $\alpha_{12} = 90^\circ$  (Ağızlar aynı yatay düzlemde) [Taştan, 2007'ye benzer olarak]

Şekil 7.1.a ve Şekil 7.2.'de görüldüğü gibi, ağız I ve ağız II birbirlerinin ardına, üniform akım doğrultusunda ( $\alpha_{12} = 0^\circ$ ,  $Q_1/Q_2 \leq 1$ ) yerleştirilmişlerdir. Ağız I membadaki, ağız II mansaptaki ağızı gösterir. Bu durum, ağızların kritik batıklık üzerindeki etkisinin en fazla olduğu durumdur. Membadaki ağız I'e ait Rankine şekli I mansaptaki ağız II'ye ait Rankine şekli II içerisinde yer almaktadır. Havalı çevrintinin yolu ilk önce mansaptaki ağız II'ye giren akım alanından geçmek zorundadır. Bundan sonra eğer ulaşabilirse membadaki ağız I'e girer. Membadaki ağız I'in üzerindeki su yüzeyinde oluşmaya başlayan havalı çevrinti çöküntüsü (çukurluk) aynı zamanda kanal akımı (mansaptaki ağız II'ye doğru olan akım) tarafından mansaba doğru hızla taşınmaktadır. Bu nedenle, hava girişli çevrintinin membadaki ağız I'e girmesi mansaptaki ağız II'ye girmesinden çok daha zor olacaktır. Ayrıca ağız I'e ait Rankine şekli I, ağız II'ye ait Rankine şeklinin tamamen içerisinde kaldığı için, ağız I'e giden tüm akım, ağız II akımı için engel etkisi oluşturur. Dolayısıyla, her iki ağız birlikte çalıştıklarında membadaki ağız I'e ait kritik batıklık  $S_{c1}$ , mansaptaki ağız II'ye ait kritik batıklık  $S_{c2}$ 'den çok daha küçük olur. Kritik durumda ağız II'ye ait Rankine şeklinin üst sınırı ağız üzerinde su yüzeyini keser. Ağız II'ye ait Rankine şeklinin çevresindeki yüzey ayrılma çevrintileri hava girişli çevrintinin ağız II'ye girmesine neden olur. Bu durumda (Şekil 7.1.a ve Şekil 7.2.a.) süperpozisyon metodu kritik batıklığı yaklaşık %0-10 civarında hata ile tahmin eder (Şekil 6.8.a ve Ek-1 Çizelge 1.1).

Şekil 7.2.b'de  $\alpha_{12} = 0^\circ$ ,  $Q_1/Q_2 \geq 1$  ve  $a_{12}/a$  küçüktür. Süreklilikten dolayı, mabadaki ağız için olan kanal akımı hızı mansaptaki ağız için kanal akımı hızından daha büyüktür. Bundan dolayı mansaptaki ağza ait Rankine şeklinin üst sınırı ağız üzerinde su yüzeyini mabadaki ağızdan önce keser. Yani, eğer mabadaki ağız I ve mansaptaki ağız II'ye ait Rankine şekilleri ağız I üzerinde su yüzeyine yakınlarsa, her iki Rankine şekilleri de ağız I üzerinde birbirlerine yakın yarıçaplara sahiplerdir (ağız II'ye ait Rankine şekli çok az büyük olmak üzere). Mabadaki ağız I'e ait Rankine şekli hala mansaptaki ağız II'ye ait Rankine şeklinin içinde yer almaktadır. Havalı çevrintinin yolu hala mansaptaki ağız II'ye giren akım bölgesinde kalır. Fakat mabadaki ağız I'e ait Rankine şeklinin etrafında oluşan ayrılma çevrintileri, mansaptaki ağız II'ye ulaşmaya kadar viskozite ve sürtünme nedeniyle sönmelenemediğinden mansaptaki ağız II'ye yaklaşan akımda mabadaki ağza ait Rankine şeklinden kaynaklanan çevrintiler bulunur. Ağız II'ye yaklaşan yüzey akımı da ağız II'nin akım aldığı bölgeden geçmek zorunda olan birçok çevrinti ve çöküntü taşır. Unutmamak gerekir ki,  $Q_1 > Q_2$  durumunda ağız II için besleme bölgesi (ağız I ile ağız II'ye ait Rankine şekilleri arası) önemli ölçüde azalır, gerçekte akım çizgileri büyük miktarda eğilir ve ağız II'ye yaklaşan akım potansiyel (sürtünmesiz) olmaktan çıkar ve ağız II'ye ait Rankine şekli önemli ölçüde şekil değiştirir. Yüzeydeki bu rahatsızlıklar ağız II'nin akım bölgesine geldiğinde aşağı doğru uzayarak hava girişli çevrintiyi oluşturur. Bu yüzden hava girişli çevrinti daima mansaptaki ağız II'ye girer. Ağız I'in debisi ağız II'nin debisinden büyük olmasına rağmen hava girişli çevrinti ağız I'e giremez. Deneysel neticeler de  $Q_1$ ,  $Q_2$ 'den birkaç kat büyük olmadıkça hava girişli çevrintinin ağız I'e giremeyeceğini göstermiştir. Ek-1, Çizelge 1.1'de görüldüğü üzere,  $1 < Q_1/Q_2 < 10$ ,  $\alpha_{12} = 0^\circ$  ve  $a_{12}/a = 3$  durumunda süperpozisyon metodu kritik batıklığı yaklaşık  $\pm \%10$  hata ile tahmin eder.



Şekil 7.2. Su alma ağızı boruları ve Rankine ovalerinden kaynaklanan ayrılma çevrintileri a)  $\alpha_{12} = 0^\circ$ ,  $Q_1/Q_2 \leq 1$  b)  $\alpha_{12} = 0^\circ$ ,  $Q_1/Q_2 \geq 1$  c)  $\alpha_{12} = 0^\circ$ ,  $Q_1/Q_2 \gg 1$  [Taştan, 2007]

Şekil 7.2.c'de  $\alpha_{12} = 0^\circ$ ,  $Q_1 \gg Q_2$  veya  $Q_1/Q_2 \gg 1$  (örnek olarak,  $Q_1/Q_2 \gg 10$ ) dir. Membadaki ağız I'in debisi mansaptaki ağız II'ye oranla ve membadaki ağız I'in Rankine şekli, mansaptaki ağız II'nin Rankine şekline göre çok büyüktür. Ağız I'e ait Rankine şekli, ağız II'ye ait Rankine şeklinin içinde yer almaz. Havalı çevrintinin yolu ağız II'ye giden akım bölgesi içinde değildir. Dolayısıyla A noktasında gelişen havalı çevrintiyi kanal akımı ve ağız II'nin akımı mansaba doğru sürükleyemez. Bu yüzden hava girişli çevrinti membadaki ağız I'de oluşur. Ağız I'e ait Rankine

şeklinin üst sınırı ağız I üzerinde su yüzünü keser, bu Rankine şeklinin etrafında oluşan ayrılma çevrintileri ve çöküntüler de hava girişli çevrintinin membadaki ağız I'e girmesine neden olur. Hava girişli çevrinti ağız II üzerinde oluşamaz. Böyle bir durumda mansaptaki ağzın, membada bulunan ağız üzerinde herhangi bir "akım engel" etkisi yoktur. Ağız II akımının ağız I üzerinde etkisi ihmal edilebilir.

Potansiyel akım çözümüne göre membadaki ağız I'e ait Rankine şekli I'in üst yüzeyi ağız II'nin üzerindeki su yüzeyini kesmedikçe hava girişli çevrinti membadaki ağız I'e giremez. Bu demektir ki membadaki ağız I'e ait kritik durum için bu ağzın su yüzeyine olan düşey mesafesi (batıklığı) mansaptaki ağız II'ye ait Rankine şekli II'nin ağız I'deki yarıçapından çok daha büyük olmalıdır (Şekil 7.1.a). Bu şekilde görüldüğü üzere membadaki ağız I, kendisine ait Rankine şekli I içerisinde kalan akım alanından kendisine ait  $Q_1$  debisini rahatlıkla temin etmekte olup Rankine şekli I herhangi bir büzülme veya şekil değiştirme yapmayı geometrik şeklini her zaman korumaktadır. Fakat mansaptaki ağız II için durum çok farklıdır. Şöyleki; mansaptaki ağız II kendisine ait  $Q_2$  debisini, Şekil 7.2'de görüldüğü üzere sınırları Rankine şekli I ve Rankine şekli II tarafından belirlenen tamamen kapalı akım alanı ACBA bölgesinden almak zorundadır. ACBA'nın sınırlarından akım giriş çıkışı olamaz.

Mansaptaki ağız II kendi  $Q_2$  debisini, tek bir yolla temin edebilir ki o da kapalı ACBA akım bölgesi (hacmi) içerisindeki suyu emerek tamamen boşaltmaktır (Şekil 7.2.c). Ağız II, ACBA bölgesindeki su hacmini emdikçe ACBA sınırı küçülür ve sonunda ACBA bölgesi tamamen yok olur. Unutmamak gerekir ki ACBA'nın büzülerek küçülen sınırlarının yerini derhal yeni oluşan sınırlar almaktadır. Çünkü mansaptaki ağız II'ye ait Rankine şekli II her zaman oluşmak zorundadır. Şekil 7.2.c'de küçülmenin aşamaları 1, 2, 3, 4 ve 5 numaraları ve kesik çizgilerle gösterilmiştir. Rankine şekli de bir akım çizgisi olduğundan, hız vektörüne teğettir. Bu yüzden, su molekülleri ağız I'e ait Rankine şeklinin üzerinde kayarak ilerler. Başka bir deyişle ACBA küçülürken, A ve B, küçülme safhalarına bağlı olarak  $A_1$ - $A_5$  ve  $B_1$ - $B_5$  ile gösterilen yeni konumlarını alırlar (Şekil 7.2.c). Şekil 7.2.c'de gösterilen durum için süperpozisyon yöntemi kritik batıklığı yaklaşık %0-10 civarında hata ile tahmin eder.

Görüldüğü gibi süperpozisyon yöntemi dikdörtgen su alma ağız çiftine ait kritik batıklık için kabul edilebilir ölçüde iyi sonuç verir.

## 8. HATA ANALİZİ VE TARTIŞMA

Deneysel ve teorik (süperpozisyon yöntemi) neticeler Şekil 6.8 ve 6.9'da ve "Ekler" kısmındaki Çizelge 1.1 - 1.4'de verilmiştir. Bu şekil ve çizelgelerden de görüldüğü gibi süperpozisyon yöntemi, ayırma duvarları ile birbirlerinden ayrılmamış dikdörtgen su alma ağız çifti içindeki herhangi bir su alma ağzına ait kritik batıklığı kabul edilebilir ölçüde iyi tahmin etmektedir. Teorik ve deneysel sonuçlar arasındaki farkların nedenleri aşağıda sıralanmıştır.

1. Teoride yaklaşan üniform kanal akımı sürtünmesiz, yüzey gerilmesiz ve çevrintisiz kabul edilirken, gerçek akışkanda sürtünme, yüzey gerilmesi ve çevrinti etkileri mevcuttur.

2. Su alma ağızı için yapılan "mükemmel noktasal kuyu" ve "çizgisel kuyu" kabulü ağız boyutları arttıkça gerçekten uzaklaşabilir.

3. Ağızlar, 50 cm genişlikteki kanal içinde kanal yan duvarlarından etkilenmeyecek şekilde (ağızların yan duvarlara olan mesafeleri maksimum kritik batıklıktan biraz daha büyük olacak şekilde) yerleştirilmiş olsalar dahi, kritik batıklık üzerinde çok az da olsa kaçınılmaz sınır etkileri vardır. Ayrıca ağızların dış sınırına yakın yerlerde sınır tabakası veya viskozite nedeniyle akım çizgileri radyal olmayabilir.

4. Membada bulunan su alma ağızı borusundan kaynaklanan sınır tabakasının ayrılmasıyla oluşan çevrintiler (dümen suyu çevrintileri) mansaptaki ağızlara yaklaşan akım üzerinde bazı etkilere sahip olabilir.

5. Daha önceki çalışmalarda belirtildiği gibi hava girişli çevrintinin oluşumunda yüzeydeki hız çok önemlidir. Yüzeydeki hız büyüdükçe kritik batıklık azalır (ya da hava girişli çevrinti olması ihtimali azalır). Normalde kanal akımı ne kanal derinliği ne de kanal en kesiti boyunca üniform değildir. Yaklaşan akımdaki yüzey hızı alt tabakalardaki hıza göre daha büyüktür. Potansiyel akım çözümünde ise yaklaşan akım hem derinlik hem de en kesit boyunca üniform kabul edildiğinden ve değeri de

ortalama akım hızına eşit olarak alındığından, yaklaşan akımın yüzey hızı olması gerektiğinden daha küçük olarak hesaba girer (özellikle küçük batıklık ve derinliklerde). Mansapta kalan ağızlar içinse, derinlik veya enkesit boyunca hız dağılımı akım şartlarına, geometriye ve ağızların birbirleri üzerindeki etkilerine bağlıdır.

6. Su alma ağız borularından ve kanal sınırlarından kaynaklanan ve teorik analizde hesaba katılmayan “sınır etkileri veya siperleme engel etkileri (boundary effects)” bir miktar hataya neden olabilir.

7. Üniiform kanal akımında bulunan ve tek olarak çalışan bir su alma ağız ile yapılan deneylerin ve potansiyel çözümün sonuçları arasında %1-10 kadar fark olduğu Yıldırım (2004) çalışmasında görülmektedir. Dolayısıyla, bir gruptaki ağız sayısı arttıkça potansiyel akım esaslı süperpozisyon yönteminin sonuçları ile deneysel sonuçların arasındaki farkın da artması gerektiği açıktır. Çünkü süperpozisyon yönteminde hataların da süperpoze edilmiş olmaları (toplanmış olmaları) kaçınılmazdır. Şekil 6.8 ve 6.9’da görüldüğü gibi bu çalışmadaki ağız çifti için hata miktarı %1-15 kadardır.

8. Su alma ağız borularının KYKKY’leri veya KSKY’leri üzerindeki yaklaşık engel etkilerinin hesabında bazı küçük hatalar olabilir.

9. Deneylerdeki debi ve su yüzü okumalarında bazı küçük hatalar olabilir.

Görüldüğü gibi dikdörtgen su alma ağız çifti için kritik batıklığın hesabında, bilinmeyen hiçbir parametre içermediğinden, süperpozisyon yöntemi oldukça kullanışlıdır. Ana denklemlerin çözümünde deneme-yanılma işlemi gerekse de, süperpozisyon yöntemi pratik olup, kritik batıklığı kabul edilebilir ölçüde tahmin eder. Deneysel verilere süperpozisyon yöntemi uygulanmış ve yukarıda bahsedilen olası hata sebeplerine rağmen deneysel ve teorik neticeler arasındaki uyumun iyi olduğu görülmüştür.

## 9. SONUÇLAR

Bu çalışmada birbirlerinden bir ayırma yapısı ile ayrılmamış dikdörtgen su alma ağız çiftinin birbirlerinin kritik batıklıkları üzerindeki etkileri teorik ve deneysel olarak incelenmiş olup aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- Bir su alma ağız çiftine ait kritik batıklığın, her bir ağzın, aynı yaklaşım akımında çift içindeki ile aynı geometri ve konumda bulunması ve tek ağız olarak çalışması halindeki hayali kuyu yüzeylerinin (su yüzeyine teğet) süperpozisyonu ile bulunabileceği ispatlanmıştır. Bu çalışmada bulunan süperpozisyon yöntemi dikdörtgen su alma ağız çiftine ait kritik batıklığın bulunmasını sağlayan yegane yöntemdir. Deneysel ve teorik neticeler arasındaki uyumun iyi olduğu görülmüştür.
- Bir grup su alma ağzı içerisinde, hangi ağza ait Rankine şeklinin üst sınırı su yüzeyiyle ağız üzerinde çakışırsa, o ağız kritik duruma diğerlerinden önce ulaşır.
- Eğer istenirse, kritik batıklığı incelenen ağız üzerinde “akım engel” etkisine neden olan ağız, aynı engel etkisine sahip hayali geçirimli veya geçirimsiz bir katı yüzeyle değiştirilebilir (veya tersi de yapılabilir).
- Deneysel ve teorik neticeler, su alma ağız çiftinin mevcut olması durumundaki kritik batıklığın, çift içindeki ile aynı geometri ve konuma sahip ve aynı yaklaşım akımında çalışan tek ağza ait kritik batıklıktan daha büyük olduğunu göstermiştir.
- Ağızların kanal ekseni ile aynı eksende ( $\alpha_{12} = 0$ ) olması durumunda su alma ağız çiftinden membada bulunan ağza ait kritik batıklık, o ağzın aynı geometri ve konumda yaklaşım akımında bulunması ve tek bir ağız olarak çalışması durumundaki kritik batıklık ile yaklaşık olarak aynıdır.
- Mansaptaki ağza ait kritik batıklık, bu ağzın debisi membadaki ağzın debisinden çok küçük olmadıkça, membadaki ağza ait kritik batıklıktan daha büyüktür.

## KAYNAKLAR

1. Ansar, M., Nakato, T. ve Constantinescu, C., “Numerical simulations of inviscid three-dimensional flows at single-and dual-pump intakes”, *IAHR, Journal of Hydraulic Research*, 40(4): 461-470 (2002).
2. Arslan, M. M., “Çoklu Su Alma Ağzıları İçin Kritik Batıklık”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 1-41 (2006).
3. Bahadırılı, T., “Dikdörtgen Kesitli Yatay Su Alma Ağzıları İçin Kritik Batıklık” Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara 1-38 (2005).
4. Denny, D.F. ve Young, A.J., “The prevention of vortices and swirl at intakes” *Proceedings of the 7<sup>th</sup> International Association for Hydraulic Research (IAHR)*, Lisbon, 1: C1 (1957)
5. Denny, D. F., “An experimental study of air-entraining vortices in pump sumps”, *Proc. of Inst. of Mech. Engineers*, 170(2): 106-116 (1956)
6. Eroğlu, N. ve Bahadırılı, T., “Prediction of Critical Submergence for a Rectangular Intake”, *Journal of Energy Engineering., A.S.C.E* 133(2): 91-103 (2007)
7. Gordon, J. L., “Vortices at intakes”, *Water Power*, 137-138 (1970).
8. Gulliver, S. J. ve Rindels, A. J., “Weak vortices at vertical intakes.” *J. Hydr. Div., A.S.C.E.*, 113(9): 1101-1116 (1987).
9. Hite, J. E. ve Mih, W. C., “Velocity of air-core vortices at hydraulic intakes”, *J.Hydr. Div., A.S.C.E.*, 120(3): 284-297 (1994).
10. Jain, A. K., Ranga Raju, K. G. ve Garde, R. J., “Vortex formation at vertical pipe intakes”, *J. Hydr. Div., A.S.C.E.*, 104(10): 1429-1448 (1978).
11. Kocabaş, P., Kocabaş, F. ve Eroğlu, N., “Tabakalı Akışkan Ortamındaki Su Alma Ağzına Ait Kritik Batıklık”, *Gazi Üniversitesi Müh. Mim. Fakültesi Dergisi*, 19(2):185-190 (2004)
12. Kocabaş, F. ve Yıldırım, N., “Effect of circulation on critical submergence of an intake pipe”, *IAHR, Journal of Hydraulic Research*, 40(6): 741-752 (2002).
13. Odgaard, A. J., “Free surface air core vortex”, *J. Hydr. Div., A.S.C.E.*, 112(7): 610-620 (1986).

14. Padmanabhan, M. ve Hecker, G. E., "Scale effects in pump sump models" *J. Hydr. Div., A.S.C.E.*, 110(11): 1540-1556 (1984).
15. Taştan, K., "Çoklu Su Alma Ağzıları İçin Kritik Batıklığın Süperpozisyon Yöntemiyle Hesabı" Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara 1-45 (2007).
16. Yıldırım, N. ve Jain, S. C., "Surface tension effect on profile of a free vortex", *J. Hydr. Div., A.S.C.E.*, 107(1): 132-136 (1981).
17. Yıldırım, N. ve Kocabaş, F., "Critical submergence for intakes in open channel flow", *J. Hydr. Engrg., A.S.C.E.*, 121(12): 900-905 (1995).
18. Yıldırım, N. ve Kocabaş, F., "Critical submergence for intakes in still-water reservoir", *J. Hydr. Engrg., A.S.C.E.*, 124(1): 103-104 (1998).
19. Yıldırım, N., Kocabaş, F. ve Gülcan, S. C., "Flow-boundary effects on critical submergence of intake", *J. Hydr. Engrg., A.S.C.E.*, 126(4): 288-297 (2000).
20. Yıldırım, N. ve Kocabaş, F., "Prediction of critical submergence for an intake pipe", *Journal of Hydraulic Research.*, 40(4): 507-518 (2002).
21. Yıldırım, N., "Critical submergence for a rectangular intake", *J. Engrg. Mech., A.S.C.E.*, 130(10): 1195-1210 (2004).
22. Yıldırım, N., Kocabaş, F. ve Gülcan, S. C., Errata for "Flow-boundary effects on critical submergence of intake pipe." *J. Hydr. Engrg., A.S.C.E.*, 133(4): 461 (2007).
23. Yıldırım, N. ve Taştan, K., "Critical Submergence for Multiple Pipe Intakes" *J. Hydr. Engrg., A.S.C.E.*, [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\) HY.1943-7900.0000127](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)HY.1943-7900.0000127) (2009).

**EKLER**

## EK-1 Laboratuvar deneyleri ve teorik sonuçlara ait çizelgeler

Deneyler										Teori (Eş.6.9, 6.10 ve 6.11)	
$\frac{a_{12}}{a}$	$Q_{\infty}$ (lt/s)	$Q_1$ (lt/s)	$Q_2$ (lt/s)	$\frac{Q_1}{Q_2}$	Akım derinliği (cm)	$\frac{V_1}{U_{\infty}}$	$\frac{V_2}{U_{\infty}}$	$\frac{S_{c1}}{a}$	$\frac{S_{c2}}{a}$	$S_{c1}/a$	$S_{c2}/a$
3	15,79	5,00	5,00	1	25,6	8,12	8,12	-	2,12	-	2,04
	15,93	4,00	4,00		23,7	5,96	5,96	-	1,74	-	1,72
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	13,72	6,00	3,00	2	24,6	10,77	5,39	-	1,92	-	2,03
	15,63	5,00	2,50		24,4	7,82	3,90	-	1,88	-	1,70
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	13,21	6,00	1,50	4	24,3	11,04	2,76	-	1,86	-	1,86
	15,40	5,00	1,25		22,53	7,33	1,83	-	1,51	-	1,47
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	14,42	2,50	5,00	0,50	23,6	4,09	8,19	-	1,72	-	1,76
14,03	2,00	4,00	22,7		3,24	6,48	-	1,54	-	1,53	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
14,46	1,25	5,00	0,25	23,0	1,99	7,97	-	1,60	-	1,54	
13,89	1,00	4,00		22,4	1,62	6,46	-	1,48	-	1,38	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
13,71	7,00	0,70	10	24,5	12,53	1,26	1,90	-	1,76	-	
13,99	6,00	0,60		23,5	10,08	1,01	1,70	-	1,56	-	
15,09	5,00	0,50		22,2	7,36	0,74	1,44	-	1,30	-	

Çizelge 1.1. Düşey aşağı su alan iki su alma ağzı

15,98	4,00	0,40	20,9	5,24	0,52	1,18	-	1,10	-
14,04	3,00	0,30	19,8	4,23	0,42	0,96	-	0,96	-

$c_1/a = c_2/a = 3$ ,  $\alpha_{12} = 0^\circ$ ,  $\theta_1 = \theta_2 = 0^\circ$ ,  $a = 5$  cm,  $b = 10$  cm

## EK-1 (Devam) Laboratuvar deneyleri ve teorik sonuçlara ait çizelgeler

Çizelge 1.2. Düşey aşağı su alan iki su alma ağzı  
 $c_1/a = c_2/a = 3$ ,  $\alpha_{12} = 0^\circ$ ,  $\theta_1 = 90^\circ$ ,  $\theta_2 = 0^\circ$ ,

Deneyler										Teori (Eş.6.9, 6.10 ve 6.11)	
$\frac{a_{12}}{a}$	$Q_\infty$ (lt/s)	$Q_1$ (lt/s)	$Q_2$ (lt/s)	$\frac{Q_1}{Q_2}$	Akım derinliği (cm)	$\frac{V_1}{U_\infty}$	$\frac{V_2}{U_\infty}$	$\frac{S_{c1}}{a}$	$\frac{S_{c2}}{a}$	$S_{c1}/a$	$S_{c2}/a$
	29,72	7,00	7,00		24,01	5,66	5,66	-	1,66	-	1,54
	28,47	6,00	6,00	1	23,62	4,98	4,98	-	1,58	-	1,43
	28,01	5,00	5,00		22,91	4,09	4,09	-	1,44	-	1,27
	17,15	4,00	4,00		22,6	5,28	5,28	-	1,61	-	1,46
	16,68	6,00	3,00	2	23,80	8,56	4,28	-	1,85	-	1,62
$a = 5 \text{ cm}, b = 10 \text{ cm}$											
	16,64	5,00	2,50		22,25	6,69	3,34	-	1,54	-	1,39
	16,90	6,00	1,50	4	21,45	7,62	1,91	-	1,38	-	1,30
	16,59	5,00	1,25		20,90	6,31	1,59	-	1,27	-	1,20
	29,57	4,00	8,00		22,73	3,09	6,15	-	1,41	-	1,43
	26,31	3,00	6,00		22,02	2,51	5,02	-	1,26	-	1,25
	24,68	2,50	5,00	0,50	21,59	2,19	4,38	-	1,18	-	1,15
3	23,90	2,00	4,00		21,45	1,80	3,59	-	1,15	-	1,02
	21,65	1,50	3,00		20,78	1,44	2,88	-	1,02	-	0,95
	27,48	1,98	7,94		22,64	1,63	6,54	-	1,38	-	1,46
	24,72	1,75	7,00		22,32	1,58	6,33	-	1,32	-	1,32
	24,77	1,50	6,00	0,25	21,79	1,32	5,28	-	1,22	-	1,19
	23,40	1,25	5,00		21,46	1,15	4,60	-	1,15	-	1,10
	22,90	1,00	4,00		21,11	0,92	3,69	-	1,08	-	0,98
	18,31	7,00	0,70		22,5	8,61	0,86	1,59	-	1,42	-
	17,34	6,00	0,60		21,40	7,41	0,74	1,37	-	1,32	-
	16,52	5,00	0,50	10	20,90	6,33	0,64	1,27	-	1,20	-
	15,42	4,00	0,40		20,5	5,32	0,53	1,19	-	1,09	-
	15,45	3,00	0,30		19,65	3,82	0,39	1,02	-	0,92	-

## EK-1 (Devam) Laboratuvar deneyleri ve teorik sonuçlara ait çizelgeler

Çizelge 1.3. Düşey aşağı su alan iki su alma ağzı  
 $c_1/a = c_2/a = 3$ ,  $\alpha_{12} = 90^\circ$ ,  $\theta_1 = \theta_2 = 0^\circ$ ,

Deneyler										Teori (Eş.6.9, 6.10 ve 6.11)	
$\frac{a_{12}}{a}$	$Q_\infty$ (lt/s)	$Q_1$ (lt/s)	$Q_2$ (lt/s)	$\frac{Q_1}{Q_2}$	Akım derinliği (cm)	$\frac{V_1}{U_\infty}$	$\frac{V_2}{U_\infty}$	$\frac{S_{c1}}{a}$	$\frac{S_{c2}}{a}$	$S_{c1}/a$	$S_{c2}/a$
1	17,15	6,00	6,00	1	24,50	8,57	8,57	1,92	1,92	1,66	1,66
	16,03	5,00	5,00		23,60	7,37	7,37	1,74	1,74	1,49	1,49
	14,48	4,00	4,00		22,90	6,33	6,33	1,60	1,60	1,38	1,38
	14,45	3,00	3,00		20,70	4,30	4,30	1,16	1,16	0,98	0,98
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	21,12	4,00	8,00	0,5	31,96	6,06	12,11	-	2,14	-	1,94
	17,63	3,00	6,00		30,84	5,25	10,50	-	1,91	-	1,78
	14,63	2,00	4,00		29,05	3,98	7,95	-	1,55	-	1,46
	13,00	1,50	3,00		27,88	3,22	6,44	-	1,32	-	1,28
	11,72	1,01	2,00		25,72	2,22	4,41	-	0,89	-	0,99
—	—	—	—		—	—	—	—	—	—	—
2	22,73	1,50	6,00	0,25	21,25	1,40	5,61	-	1,27	-	1,15
	15,71	1,25	5,00		21,40	1,71	6,82	-	1,30	-	1,28
	13,89	1,00	4,00		20,60	1,49	5,94	-	1,14	-	1,20
	15,05	0,75	3,00		19,40	0,97	3,87	-	0,9	-	0,92
	—	—	—		—	—	—	—	—	—	—

$a = 5$  cm,  $b = 10$  cm

## EK-1 (Devam) Laboratuvar deneyleri ve teorik sonuçlara ait çizelgeler

Çizelge 1.4. Düşey aşağı su alan iki su alma ağzı

$$c_1/a = c_2/a = 3, \alpha_{12} = 90^\circ, \theta_1 = \theta_2 = 0^\circ,$$

Deneyler										Teori (Eş.6.9, 6.10 ve 6.11)	
$\frac{a_{12}}{a}$	$Q_\infty$ (lt/s)	$Q_1$ (lt/s)	$Q_2$ (lt/s)	$\frac{Q_1}{Q_2}$	Akım derinliği (cm)	$\frac{V_1}{U_\infty}$	$\frac{V_2}{U_\infty}$	$\frac{S_{c1}}{a}$	$\frac{S_{c2}}{a}$	$S_{c1}/a$	$S_{c2}/a$
1	27,36	7,00	7,00	1	31,23	8,00	7,93	2,08	2,08	1,8	1,8
	25,09	6,00	6,00		30,84	7,36	7,36	2,00	2,00	1,72	1,72
	14,31	5,00	5,00		25,50	8,91	8,91	2,12	2,12	1,92	1,92
	13,89	4,00	4,00		24,70	7,12	7,12	1,96	1,96	1,69	1,69
	13,25	3,00	3,00		22,00	4,99	4,99	1,42	1,42	1,34	1,34
	13,23	2,00	2,00		20,10	3,03	3,03	1,04	1,04	0,99	0,99
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	26,86	8,00	4,00	2	31,00	9,23	4,62	2,04	-	1,83	-
	24,74	6,00	3,00		29,55	7,17	3,59	1,75	-	1,55	-
	16,98	5,00	2,50		23,98	7,07	3,53	1,70	-	1,50	-
	14,16	4,00	2,00		23,70	6,70	3,35	1,64	-	1,51	-
	13,16	3,00	1,50		22,15	5,06	2,53	1,33	-	1,27	-
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	28,89	9,00	2,25	4	30,58	9,53	2,38	1,95	-	1,76	-
	27,64	8,00	2,00		30,13	8,72	2,18	1,86	-	1,67	-
	18,85	7,00	1,75		24,90	9,26	2,32	1,88	-	1,72	-
$a = 5 \text{ cm}, b = 10 \text{ cm}$											
	16,62	6,00	1,50		24,82	8,96	2,24	1,87	-	1,72	-
	13,43	5,00	1,25		24,35	9,08	2,27	1,77	-	1,7	-

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : EYÜPOĞLU, Abdul Samet  
Uyruğu : T.C.  
Doğum tarihi ve yeri : 29.11.1984 Artvin  
Medeni hali : Bekar  
Telefon : 0 536 517 12 08  
e-mail : [abdussamed08@hotmail.com](mailto:abdussamed08@hotmail.com)

### Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Lisans	Gazi Üniversitesi / İnşaat Müh. Bölümü	2006
Lise	Hopa Çok Programlı Lisesi	1997

### İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2007-2009	TCDD Genel Müdürlüğü	Mühendis

### Yabancı Dil

İngilizce

### Hobiler

Yüzme, doğa yürüyüşü



