



İSKENDERUN TEKNİK

ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**YÜKSEK
LİSANS
TEZİ**

**FARKLI AÇILARDAKİ
BATIK KANAT YAPILARININ
HESAPLAMALI AKIŞKANLAR
DİNAMIĞI İLE İNCELENMESİ**

Yusuf Can ÖZDEMİR

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI**

OCAK 2023

Yusuf Can ÖZDEMİR

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

OCAK 2023



**FARKLI AÇILARDAKİ BATIK KANAT YAPILARININ HESAPLAMALI
AKIŞKANLAR DİNAMİĞİ İLE İNCELENMESİ**

Yusuf Can ÖZDEMİR

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

OCAK 2023

Yusuf Can ÖZDEMİR tarafından hazırlanan “FARKLI AÇILARDAKİ BATIK KANAT YAPILARININ HESAPLAMALI AKIŞKANLAR DİNAMİĞİ İLE İNCELENMESİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile İskenderun Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Fatih ÜNEŞ

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İskenderun Teknik Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....
.....

Başkan: Prof. Dr. Fatih ÜNEŞ

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İskenderun Teknik Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....
.....

Üye: Dr. Öğretim Üyesi Yunus Ziya KAYA

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....
.....

Üye: Prof. Dr. Mustafa DEMİRCİ

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İskenderun Teknik Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....
.....

Tez Savunma Tarihi:/...../...

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Doç. Dr. Ersin BAHÇECİ

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

İskenderun Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez üzerinde Yükseköğretim Kurulu tarafından hiçbir değişiklik yapılamayacağı için tezin bilgisayar ekranında görüntülendiğinde asıl nüsha ile aynı olması sorumluluğunun tarafıma ait olduğunu,
 - Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
 - Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
 - Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
 - Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
 - Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,
- bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

İmza

Yusuf Can ÖZDEMİR

...../...../.....

FARKLI AÇILARDAKİ BATIK KANAT YAPILARININ HESAPLAMALI AKIŞKANLAR DİNAMIĞI İLE İNCELENMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Yusuf Can ÖZDEMİR

İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

Ocak 2023

ÖZET

Doğal veya düzenlenmiş nehir yatağının istenilen kısımlarından su alındığında, eğim ve yatak erozyonunu önlemek için nehir düzenleyici yapıların kullanılması gerekmektedir. Bu tip nehir düzenleme yapılarında kullanılan ana proje kriteri akış debisi ve akışın hızıdır. Akış ve akışa bağlı parametreleri yönetmek için akarsu düzenleme yapıları yapılmaktadır. Bu yapılar akarsuyu korumak, düzenlemek ve verimli şekilde yararlanmak amacıyla yapılır. Batık kanat yapıları, nehir düzenleme çalışmalarında akışı kontrol etmek için kullanılan etkili ve alternatif bir yöntemdir. Suyun yönünü değiştirerek, akış hızı ve sediment taşınımını değiştirip kontrol eden yapılardır. Bu çalışmada batık kanat yapıları ile nehir düzenleme çalışması için hesaplamalı akışkanlar dinamiği programı (HAD) kullanılarak 3 boyutlu olarak akım modellenmiştir. Modelde Volume of Fluid (VOF) metodu, serbest yüzeyle akışkan hacimleri için modelleme tekniği kullanılmıştır. 3D hesaplamalı akışkan dinamiği kullanılarak elde edilen batık kanat modeli akış hızı sonuçları, önceki batık kanat deneysel sonuçlarından elde edilen akış hızları ile karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Oluşturulan sayısal modelde süreklilik, doğrusal olmayan hareket ve türbülans model denklemleri kullanılmıştır. Türbülans viskozitesi için k-ε türbülans modeli kullanılmıştır. Mevcut modelin sonuçları önceki deneysel çalışma ile karşılaştırılmıştır. Deneysel ile model sonuçları değerlendirilmiş ve analiz sonuçlarının uyumlu olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler : Batık Kanat, Deneysel Model, CFD Modeli, VOF Yöntemi, Hız

Sayfa Adedi : 69

Danışman : Prof. Dr. Fatih ÜNEŞ

EFFECT OF SUBMERGED VANES ON OPEN CHANNEL FLOW
(M. Sc. Thesis)

Yusuf Can ÖZDEMİR

ISKENDERUN TECHNICAL UNIVERSITY
INSTITUTE OF GRADUATE STUDIES

January 2023

ABSTRACT

When water is taken from the desired parts of the natural or regulated river bed, it is necessary to use river regulation structures to prevent slope and bed erosion. The main project criteria used in this type of river regulation structures are flow rate and flow velocity. Stream regulation structures are made to manage flow and flow-related parameters. These structures are built in order to protect, regulate and use the river efficiently. Submerged wing structures are an effective alternative method used to control flow in river regulation studies. They are structures that change and control the flow rate and sediment transport by changing the direction of water. In this study, the flow is modeled in 3D by using computational fluid dynamics program (CFD) for river regulation study with submerged wing structures. In the model, the Volume of Fluid (VOF) method and the modeling technique for free-surface fluid volumes were used. The submerged wing model flow velocity results obtained using 3D computational fluid dynamics were evaluated by comparing them with the flow velocities obtained from the previous submerged wing experimental results. Continuity, non-linear motion and turbulence model equations are used in the numerical model created. The k- ϵ turbulence model was used for turbulent viscosity. The results of the present model are compared with the previous experimental study. Experimental and model results were evaluated and it was seen that the analysis results were compatible.

Key Words : Submerged Vane, Experimental model, CFD model, VOF Method, Velocity

Page Number : 69

Supervisor : Prof. Dr. Fatih ÜNEŞ

TEŞEKKÜR

Geniş bilgi birikimi yol göstericiliği ve tecrübesi ile çalışma süresince benden desteğini ve yardımını esirgemeyen sayın Prof. Dr. Fatih ÜNEŞ'e sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca bir arkadaş gibi gördüğüm Arş. Gör. Bestami TAŞAR ve Hakan VARÇİN'e tüm samimiyeti ve destekleri için sonsuz teşekkür ediyorum. Hayatım boyunca beni en iyi şekilde yetiştiren Babam Musa ÖZDEMİR'e, annem Giray ÖZDEMİR'e ve hep yanımda olup beni motive eden kardeşim Esra ÖZDEMİR'e çok teşekkür ederim. İskenderun Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde bana birer kimlik kazandıran tüm hocalarıma ve arkadaşlarıma teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	x
RESİMLERİN LİSTESİ	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiv
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	14
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	18
3.1. Deneş Düzenegİ.....	18
3.1.1. Batık kanatlar	19
3.1.2. Deneşde kullanılan ölçme cihazları	20
3.1.3. Deneşlerin yapılması.....	22
3.2. Sayısal Model Çalışmaları	22
3.2.1. Kanal geometrisi	23
3.3. Sonlu Hacimler Metodu	28
3.4. Ansys – Fluent Yazılımı	28
3.4.1. Kanal modelinin Ansys'e aktarımı	29
3.5. VOF (Volume of Fluid) Yöntemi	33
3.6. Matematik Modeli Oluşturan Temel Denklemler	34

4. ARAŞTIRMA BULGULARI	36
4.1. Modelleme	37
4.1.1. Batık kanatsız kanal modeli	38
4.1.2. Batık kanatların 20° açı ile kanala yerleştirilmesi	45
4.1.3. Batık kanatların 30° açı ile kanala yerleştirilmesi	53
4.1.3. Batık kanatların akışa etkisi	61
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	65
KAYNAKLAR	67

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.1. Kanat bulunmayan kanalın sağ kısmında, deney ve analiz sonuçları	41
Çizelge 4.2.Kanat bulunmayan kanalın orta kısmında, deney ve analiz sonuçları.....	43
Çizelge 4.3.Kanat bulunmayan kanalın sol kısmında, deney ve analiz sonuçları	44
Çizelge 4.4. Kanatların 20° açılı bulunduğu kanalın sağ kısmında deney ve analiz sonuçları.....	49
Çizelge 4.5. Kanatların 20° açılı bulunduğu kanalın orta kısmında deney ve analiz sonuçları.....	51
Çizelge 4.6. Kanatların 20° açılı bulunduğu kanalın sol kısmında deney ve analiz sonuçları.....	52
Çizelge 4.7. Kanatların 30° açılı bulunduğu kanalın sağ kısmında deney ve analiz sonuçları.....	57
Çizelge 4.8. Kanatların 30° açılı bulunduğu kanalın orta kısmında deney ve analiz sonuçları.....	59
Çizelge 4.9. Kanatların 30° açılı bulunduğu kanalın sol kısmında deney ve analiz sonuçları.....	60

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. Batık kanatların akış sirkülasyonu ve yatak üzerindeki etkisi	5
Şekil 1.2. Batık kanatların yerleşimi	8
Şekil 1.3. Batık kanatların yan kanala etkisi	8
Şekil 3.1. Kanalın kesiti ve ölçüm noktaları.....	23
Şekil 3.2. Kanatsız kanalın Gambit 2.2.30 ile çizimi.....	24
Şekil 3.3. Batık kanat geometrisinin Gambit 2.2.30 ile çizimi.....	25
Şekil 3.4. Kanatların kanal içerisindeki yerleşimi	26
Şekil 3.5. Kanala 20° açı ile yerleştirilmiş kanatların Gambit 2.2.30 ile çizimi	27
Şekil 3.6. Kanatsız kanalın Gambit 2.2.30 ile mesh oluşturulması	28
Şekil 3.7. Kanal modelinin Fluent 19.0'a aktarımı	29
Şekil 3.8. Türbülanslı akım modelinde akım çizgileri	30
Şekil 3.9. Hava ve su fazlarının Fluent 19.0'da gösterimi	30
Şekil 3.10. Tetrahedral mesh görünümü	31
Şekil 3.11. 20° açıyla kanatlı kanal modelinin Fluent 19.0'a aktarımı	32
Şekil 3.12. Açık kanal akımının Fluent 19.0'daki akım çizgileri	32
Şekil 3.13. Kafes elemanlarının doluluk oranı	33
Şekil 4.1. Kanaldaki hız ölçümü yapılan yüzeylerin gösterimi	36
Şekil 4.2. Faz ayrımlarının gösterimi	37
Şekil 4.3. Kanatsız kanal modelinde hız konturları	37
Şekil 4.4. Kanatsız kanalın başlangıçtaki hız konturları	38
Şekil 4.5. Kanatsız kanalın 1. metresindeki hız konturları.....	39
Şekil 4.6. Kanatsız kanalın 2. metresindeki hız konturları.....	39
Şekil 4.7. Kanatsız kanalın 4.6. metresindeki hız konturları.....	40

Şekil 4.8. Kanatsız kanalın 5.1. metresindeki hız konturları.....	40
Şekil 4.9. Kanatsız kanal modelinde hız ölçümleri alınan kanalın sağ kısmı	41
Şekil 4.10. Kanat bulunmayan kanalın sağ kısmındaki deney ve analiz sonuçları.....	42
Şekil 4.11. Kanatsız kanal modelinde hız ölçümleri alınan kanalın orta kısmı.....	42
Şekil 4.12. Kanat bulunmayan kanalın orta kısmındaki deney ve analiz sonuçları.....	43
Şekil 4.13. Kanatsız kanal modelinde hız ölçümleri alınan kanalın sol kısmı	44
Şekil 4.14. Kanat bulunmayan kanalın sol kısmındaki deney ve analiz sonuçları	45
Şekil 4.15. Kanatların 20° açılı yerleştirilmesi sonucu kanal modelinde hız konturları	45
Şekil 4.16. Kanatların 20° olduğu kanalın başlangıçtaki hız konturları.....	46
Şekil 4.17. Kanatların 20° olduğu kanalın 1. metresinde modeldeki hız konturları.....	47
Şekil 4.18. Kanatların 20° olduğu kanalın 2. metresinde modeldeki hız konturları.....	47
Şekil 4.19. Kanatların 20° olduğu kanalın 4.6. metresinde modeldeki hız konturları...	48
Şekil 4.20. Kanatların 20° olduğu kanalın 5.1. metresinde modeldeki hız konturları...	48
Şekil 4.21. Kanatların 20°açılı bulunduğu modelde hız ölçümleri alınan kanalın sağ kısmı	49
Şekil 4.22. 20°açılı kanatların bulunduğu kanalın sağ kısmındaki deney ve analiz sonuçları	50
Şekil 4.23. Kanatların 20° açılı bulunduğu modelde hız ölçümleri alınan kanalın orta kısmı	50
Şekil 4.24. 20°açılı kanatların bulunduğu kanalın orta kısmındaki deney ve analiz sonuçları	51
Şekil 4.25. Kanatların 20° açılı bulunduğu modelde hız ölçümleri alınan kanalın sol kısmı.....	52
Şekil 4.26. 20°açılı kanatların bulunduğu kanalın sol kısmındaki deney ve analiz sonuçları	53
Şekil 4.27. Kanatların 30° açılı yerleştirilmesi sonucu kanal modelinde hız konturları	53
Şekil 4.28. Kanatların 30° olduğu kanalın başlangıçtaki hız konturları.....	54
Şekil 4.29. Kanatların 30° olduğu kanalın 1. metresinde modeldeki hız konturları.....	55

Şekil 4.30. Kanatların 30° olduğu kanalın 2. metresinde modeldeki hız konturları.....	55
Şekil 4.31. Kanatların 30° olduğu kanalın 4.6. metresinde modeldeki hız konturları...	56
Şekil 4.32. Kanatların 30° olduğu kanalın 5.1. metresinde modeldeki hız konturları...	56
Şekil 4.33. Kanatların 30° açılı bulunduğu modelde hız ölçümleri alınan kanalın sağ kısmı.....	57
Şekil 4.34. 30°açılı kanatların bulunduğu kanalın sağ kısmındaki deney ve analiz sonuçları	58
Şekil 4.35. Kanatların 30° açılı bulunduğu modelde hız ölçümleri alınan kanalın orta kısmı	58
Şekil 4.36. 30°açılı kanatların bulunduğu kanalın orta kısmındaki deney ve analiz sonuçları	59
Şekil 4.37. Kanatların 30° açılı bulunduğu modelde hız ölçümleri alınan kanalın sol kısmı.....	60
Şekil 4.38. 30°açılı kanatların bulunduğu kanalın sol kısmındaki deney ve analiz sonuçları	61
Şekil 4.39. 20° açılı batık kantların akış hızına etkisi.....	61
Şekil 4.40. 20° açılı batık kantların akışa etkisi.....	62
Şekil 4.41. 30° açılı batık kantların akış hızına etkisi.....	62
Şekil 4.42. 30° açılı batık kantların akışa etkisi.....	63
Şekil 4.43. Açık kanalın 1. metresindeki hız konturları.....	63
Şekil 4.44. Açık kanalın 2. metresindeki hız konturları.....	63
Şekil 4.45. Açık kanalın 4.6. metresindeki hız konturları.....	64
Şekil 4.46. Açık kanalın 5.1. metresindeki hız konturları.....	64

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 1.1. Uçak kanatları etrafında oluşan hava akımı	5
Resim 1.2. Batık kanatların konumlandırılması	6
Resim 1.3. Batık kanatların suyun hızına etkisi	7
Resim 1.4. Su alma yapısı görünümü	9
Resim 1.5. Batık kanatların sediment ve akıma etkisi.....	10
Resim 1.6. Batık kanatlar ile yatak koruması	11
Resim 1.7. 1984-2009 yılları arası akarsu görünümü.....	12
Resim 1.8. 2008-2011 yılları arası akarsu görünümü.....	12
Resim 3.1. Deney kanalı	18
Resim 3.2. Ayarlanabilir kanal kapağı	19
Resim 3.3. Ultrasonik debi ölçer.....	19
Resim 3.4. Batık kanatlar ve açılı yerleştirilmesi	20
Resim 3.5. ADV cihazı ve ölçüm durumu.....	21
Resim 3.6. Muline cihazı ve ölçüm durumu.....	21

SİMGELER VE KISALTMALAR

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

Simgeler

Açıklamalar

m	Metre
s	Saniye
u_i	Hız bileşeni
x_i	Koordinat bileşeni
ρ	Birim hacmin kütlesi
μ	Moleküler viskozite katsayısı
P	Doğru basınç
t	Zaman bileşeni
μ_t	Türbülans viskozite katsayısı
k	Türbülanslı kinetik enerji
ε	Denklemin sabiti, sıfıra çok yakın bir sayıdır
g	Yerçekimi ivmesi

Kısaltmalar

Açıklamalar

HAD	Hesaplamalı akışkanlar dinamiği
VOF	Volume of Fluid

1. GİRİŞ

Yağış ile birlikte yeryüzüne ulaşan su yüzeysel akışı oluşturur. Bu akış yerçekimi etkisi ile yüksek yerden düşük bir konuma doğru gerçekleşir ve serbest yüzeyle açık kanal akımları ortaya çıkar. Açık kanal akımlarında su yüzeyi hava ile temas halindedir. Akarsular, sulama kanalları, drenaj kanalları, yağmur suyu kanalları gibi akımlar açık kanal akımlarıdır.

Akarsu akımından en verimli şekilde yararlanmak amacıyla akarsu yatağının düzenlenmesi, akışın yönetilmesi ve kontrol edilmesi gerekmektedir. Akarsudan optimum düzeyde yararlanmak amacıyla yapılan çalışmalara akarsu düzenlemeleri adı verilir. Akarsu akışının vereceği zarar ve tahribatı önlemek, nehir yatağındaki birikme ve oyulmaların kontrolünün sağlanması, sulama faaliyetleri, enerji elde etme gibi sebeplerden dolayı akarsu düzenlemeleri gerekebilir. Bu düzenlemeler birçok farklı yöntem ve su yapıları ile sağlanır.

Akarsu düzenlemeleri akarsuyun akım şartlarına, doğal eğimine ve debi durumlarına göre planlanır. Nehir düzenlemeleri ve taşkınlardan korunmak için düzenleme yapıları inşa edilir. Bu yapılar ile akım düzenlenerek, yönetimi sağlanır. Doğal akım şartlarında, akarsular dışarıdan bir etki ve müdahale olmadan, kendi cazibesinde aktığında, yatak yönü ve yatak şekilleri zamanla değişimlere uğrar. Bu durum yerleşim yerlerinde ve tarım, turizm gibi aktivitelerin olduğu bölgelerde zarara neden olur. Akarsu düzenlemesi ile taşkın zararlarını azaltmak hatta önleme seviyesine ulaşmak, su yapılarının dayanıklılık ve kararlılığı sağlamak, tarım ve yerleşim için yeni alanlar oluşturmak, sulama ve kurutma faaliyetlerini düzenli yapmak, enerji elde etmek, buz kütlelerinin birikimini engellemek amaçlanır.

Her akarsu kendi yatağı içerisinde aşındırmalar oluşturur. Bunun sonucunda akarsu tabanı ve şevlerde çökmeler ve bozulmalar meydana gelir. Bu soruna çözüm olarak düzenleme yapıları inşa edilir. Akarsu düzenleme yapılarında anroşmanlar, beton bloklar, taş kaplamalar, çalı demetleri, batırma salları, tel ve ahşap kafesler, çitler ve batık kanat yapıları kullanılmaktadır. Düzenleme yapılarının alt başlıklarda sınıflandırılması; (Erkek ve Ağırlioğlu), 2006: 80, 98)

Koruma yapıları

Koruma yapıları akarsu yatağının erozyona karşı korunması amacıyla yapılmaktadır. Böylece yatağın stabilitesi sağlanmış olur. (Erkek ve Ağırlioğlu), 2006: 100, 120)

Taban koruma yapıları

Nehirdeki akımın değişiminden dolayı akarsu tabanlarını aşındırarak taşınımına neden olmaktadır. Tabandaki bu erozyonu ve değişimi azaltmak için özel yapılar inşa etmek gerekmektedir. Taban kaplaması ve taban düşüsü bu koruma yapıları arasında sık kullanılanlardandır.

Kıyı koruma yapıları

Akımın şev üzerine etki ettiği durumlarda, bu yüzeylerin aşınmasının önüne geçmek için kıyı koruma yapıları inşa edilir. Eğik kıyı yüzeyleri ve dik eğimli kıyı yüzeyleri korunması için farklı koruma yapıları uygulanmaktadır. Eğik kıyı yüzeylerinde taş dolgu, batırma salları, batırma demetleri, tel sandıklar, ağır ve köşeli anroşmanlar, çitler gibi yapılarla korunurken, dik eğimli kıyılarda ise beton veya taş ağırlık duvarları, kıyı duvarları, palplanş kıyı koruma yapıları ile akarsu kıyısı düzenlenmeye çalışılır.

Daraltma Yapıları

Daraltma yapıları sabit ve hareketli daraltma yapıları olmak üzere 2 alt başlıkta incelenmektedir. Bu yapılar sabit daraltma yapıları ve mahmuzlar olmak üzere ayrılmaktadır.

Sabit daraltma yapıları

Akıya yön veren daraltma yapılarından olan sabit daraltma yapıları kendi içerisinde 2 alt başlıkta incelenmektedir. Bu yapılar mahmuzlar ve paralel yapılar olmak üzere ele alınır.

Mahmuzlar

Akarsu yatağını daraltmak amacıyla akış yönüne göre enine doğrultuda konumlandırılan yapılardır. Bu yapılara enine yapılar da denir. Mahmuzlar geniş yatağı olan akarsuların mansap bölgesinde etkisini açıkça ve iyi sonuçlar vererek göstermektedir.

Paralel yapılar

Akarsuyun eksenine paralel şekilde konumlandırılan yapılardır. Bu yapıların yüksekliği su seviyesinin ortalaması veya biraz üzerindeki kotlarda olacak şekilde yapılır. Bu yapılar sürüntü maddesi dengesini sağlar ve akarsu yatağında derinlik değişiminin gözlenmediği, üniform akım oluşur.

Hareketli daraltma yapıları

Geniş akarsu yataklarının daraltılmasını sağlamak amacıyla kullanılan yapılardır. Fazlaca katı madde taşınımı gerçekleştiren akarsular için bu sistemler yapılır. Bu yapıların maliyeti fazla olmadığından ekonomik olarak uygundur.

Diğer Düzenleme Yapıları

Koruma yapıları ve daraltma yapılarının dışında kalan, akarsuyu düzenlemek amacıyla yapılan diğer düzenleme yapıları;

Yargınlar

Bir akarsuyun yatağının kısaltıp eğimin artırıldığı yapılardır. Dar akarsu kıvrımlarını düzeltmek ve akım şartlarını iyileştirmek amacıyla uygulanır.

Taban eşikleri

Akarsu tabanını suyun etkilerinden korumak, akarsu eğitimi azaltmak amacıyla kullanılır. Taban eşiklerinin tepesi akarsu içerisinde bulunur. Tabanı istenilen seviyede tutmak için kullanılan düzenleme yapılarıdır.

Akarsu kavşakları

İki akarsuyun birbirine karıştığı, birinin diğerine eklendiği yer, yani birleşme noktalarıdır. Kabarmaları önlemek, yan akarsuyun, ana akarsuya karışma bölgesinin dış kıyı olmasını sağlamak amacıyla uygulanmaktadır.

Akarsuyun kollara ayrılması

Akarsu kollarının oluşumu büyük ölçüde, buz kütlelerinin birikmesi ile meydana gelmektedir. Akarsuda bulunan küçük yan kolun kapatılması düzensiz akımın önüne geçilmiş olur.

Yataktaki kayaların temizlenmesi

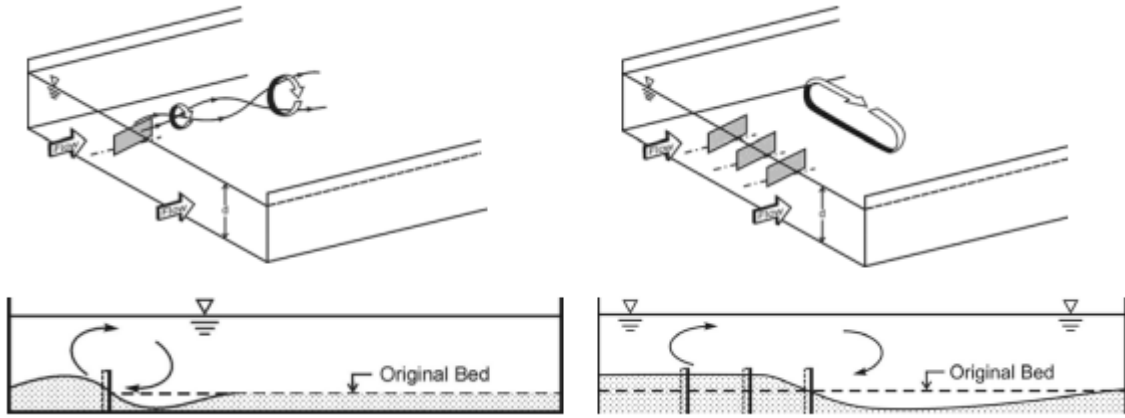
Akımı ve ulaşımı güçleştiren engellerden biri kayalardır. Kayaların ortadan kaldırılması sonucunda kabarmalar ortadan kalkacaktır. Böylece yatak denge durumuna gelecektir.

Yatak taraması

Tarama ile su derinliğinin sürekliliğini sağlamak mümkündür. Akarsu'nun akım koşullarını iyileştirmek için uygulanır. Ekonomik bir yöntem değildir. Küçük alanlarda uygulanmalıdır, aksi halde geniş alanlarda uygulandığında yeraltı suyu seviyesinin düşmesine neden olabilmektedir.

Batık Kanatlar

Serbest yüzeyli akım durumlarında yatak erozyonu ve eğim gibi parametreleri düzenleyebilmek için batık kanat yapıları da sıklıkla kullanılmaktadır. Batık kanatlar diğer akarsu düzenleme yapılarından farklı olarak akarsu tabanına dik olarak konumlandırılarak, suya batık ve kıyıdan mesafeli olarak inşa edilirler. Kanatların konumu, sayısı ve şeklinin akışa ve katı madde değişimine etkisi olduğu araştırmalardan tespit edilmiştir. Odgaard, 2009, da yaptığı araştırmalar sonucunda batık kanatın akış ve yatak üzerindeki etkisi göstermiştir (Şekil 1.1'de) .



Şekil 1.1. Batık kanatların akış sirkülasyonu ve yatak üzerindeki etkisi (Odgaard,2009)

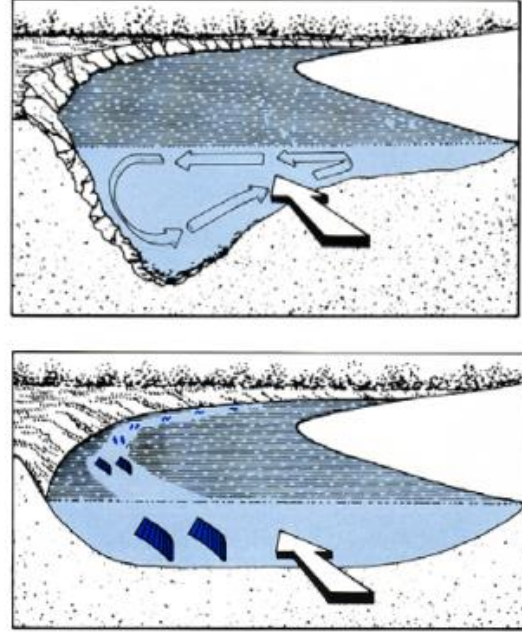
Batık kanatların etrafında oluşan akış hareketi, bir uçağın kanatları etrafında gerçekleşen hava akımının döngüsüne benzetilmektedir. Uçak kanatlarında gerçekleşen hava akışı gibi, batık kanat yapıları da akarsu içerisinde dikey konumlandırılarak suyun akışını yönlendirmektedir. Resim 1.1’de uçak kanatları etrafında oluşan hava akışı gösterilmiştir.



Resim 1.1. Uçak kanatları etrafında oluşan hava akımı (Odgaard, 2009)

Batık kanatlar nehir içerisinde uygun pozisyonlarda konumlandırılarak dikey olarak uygulanmaktadır. Böylece akışta meydana gelen hız ve basınç gibi parametrelerin yönetimi sağlanmış olmaktadır. Kanatların sayıları ve sıra sayıları gerektiği kadar artırılıp azaltılarak akışın hız ve hıza bağlı değişkenlerin kontrolü artırılmış olduğu tespit edilmiştir. Akarsu akışında nehir yatağının erozyona karşı korunması amacıyla genellikle batık kanat yapıları uygulanmaktadır. Batık kanatların deney kanalı ve akarsu içerisinde yerleşimi Resim 1.2’de

gösterilmiştir. Şekilde görüldüğü ve beklendiği üzere nehir yatağının dış kurbunda oyulma ve iç kurbunda birikme gözlenmektedir. Deney kanalında da normal şartlarda beklenildiği gibi iç kıyıda birikme görülmektedir. Deneyde batık kanatlar sol kıyıya yerleştirilmiş ve birikmenin kanalın sağında oldukça azaldığı, kanatların olduğu bölüme yani sol kısım tarafında birikmenin bariz olarak artış gösterdiği tespit edilmiştir.



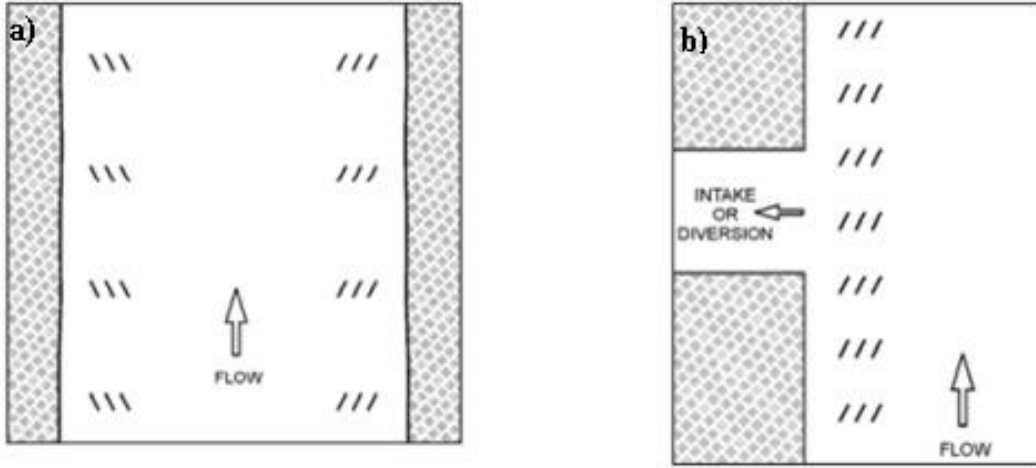
Resim 1.2. Batık kanatların konumlandırılması (Odgaard,2009)

Akarsu düzenlemesi karşılaşılan problemlerden biri de sediment (katı madde) kontrolüdür. Akış hızının yüksek olduğu durumlarda nehir yatağında oyulmalar meydana geldiği tespit edilmiştir. Ancak akış hızının yavaşladığı durumlarda ve bu bölgelerde birikmeler ortaya çıkmaktadır. Nehirde akış kontrolünün ve düzenlemenin olmadığı yerlerde oyulmalar ve birikmeler akımın bir sonucu olarak meydana gelmektedir. Nehir yatağının düzenlenmesi amacıyla yapılan batık kanatlar hızı doğrudan etkilediğinden sediment kontrolünü de sağlamış olduğu görülmektedir. Resim 1.3'te düz bir deney kanalında bulunan batık kanatların akışa etkisi gösterilmiştir. Batık kanatların bulunduğu yatak boyunca hız azalması meydana gelmiş, dolayısı ile sediment birikimi gözlenmektedir. Batık kanat bulunmayan kısımda ise su akış hızında artış görülerek birikme söz konusu olmadığı görülmektedir.



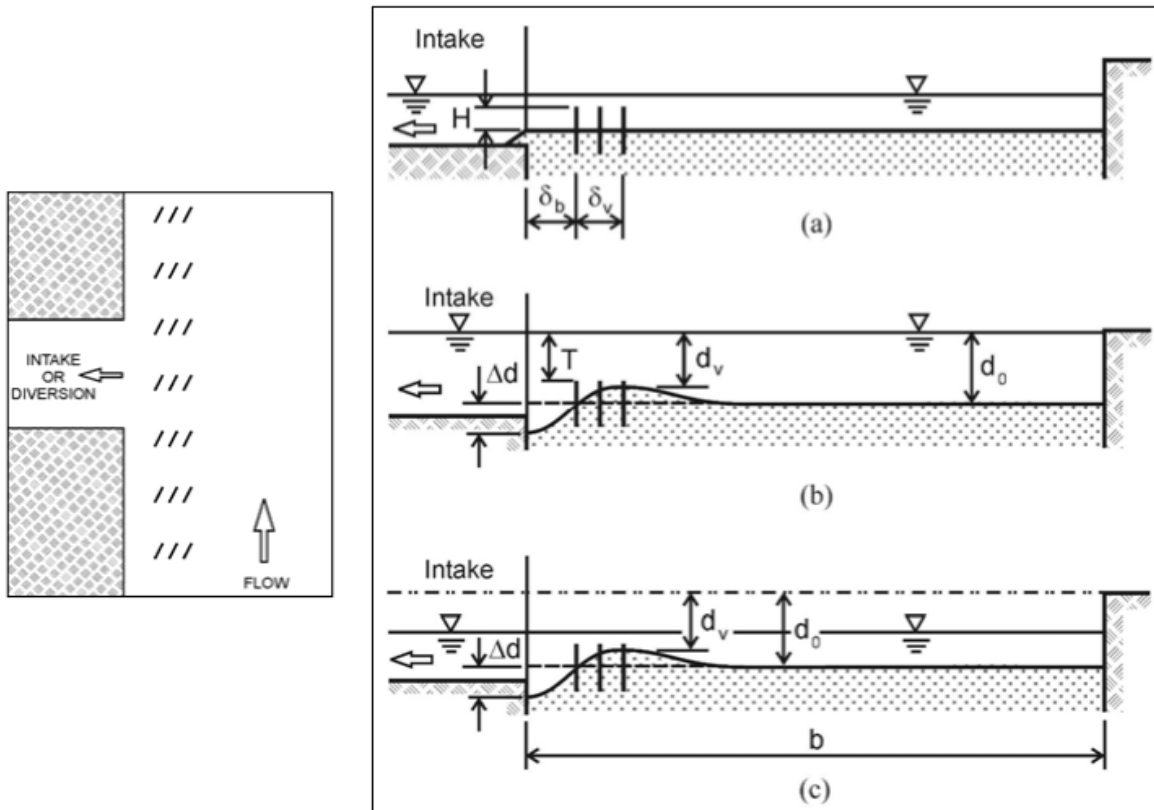
Resim 1.3. Batık kanatların suyun hızına etkisi (Odgaard, 2009)

Düz bir kanalda ve yan kanal bulunan bir kanal sisteminde batık kanat uygulamaları Şekil 1.2'de gösterilmektedir. Şekil 1.2 a'da gösterilmiş olan düz kanal kesitinde birikmelerin orta bölgede olması önlenmiştir. Akış sağ ve sola yönlendirilerek akarsu yatağı genişletilmiştir. Şekil 1.2 b'de ise nehir yatağından su alınması durumunda uygulanabilecek batık kanat yerleşimi gösterilmektedir. Şekil 1.3 c'de kanatların etkisi ile yan kanala geçecek olan sediment birikiminin önüne geçilmiştir.



Şekil 1.2. Batık kanatların yerleşimi (Odgaard, 2009)

Batık kanatların yan kanala tarafına konumlandırılması durumu incelendiğinde, kanat serilerinin olduğu bölgelerde birikimin artış gösterdiği Şekil 1.3'te a,b ve c durumlarında incelenmektedir. Böylece yan kanala geçen akış ve sediment miktarı azaltılması sağlandığı görülmektedir.



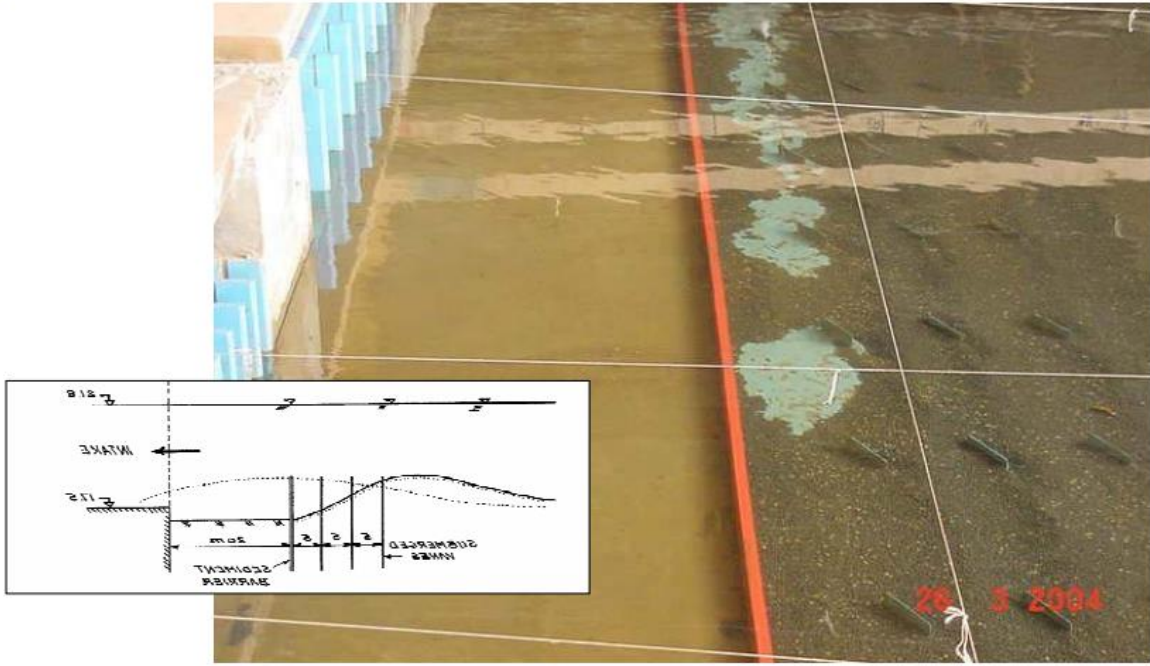
Şekil 1.3. Batık kanatların yan kanala etkisi (Odgaard, 2009)

Bir yapıya su alım bölgesi Resim 1.4'te gösterilmektedir.



Resim 1.4. Su alma yapısı görünümü (Odgaard, 2009)

Bu kanal ağızlarına sediment birikimi olamaması için batık kanat yapılarının yerleşimi Resim 1.5'teki gibi yapılmıştır. Böylece kanatların bulunduğu bölgede yoğunlukla katı madde birikimi gerçekleşmektedir. Su alma kanalı tarafına akım yönleneceği için akış hızında artış ve akarsu tabanında oyulma gözlenmiştir. Böylece suyun temiz ve tortusuz olarak kanala girişi sağlanmaktadır.



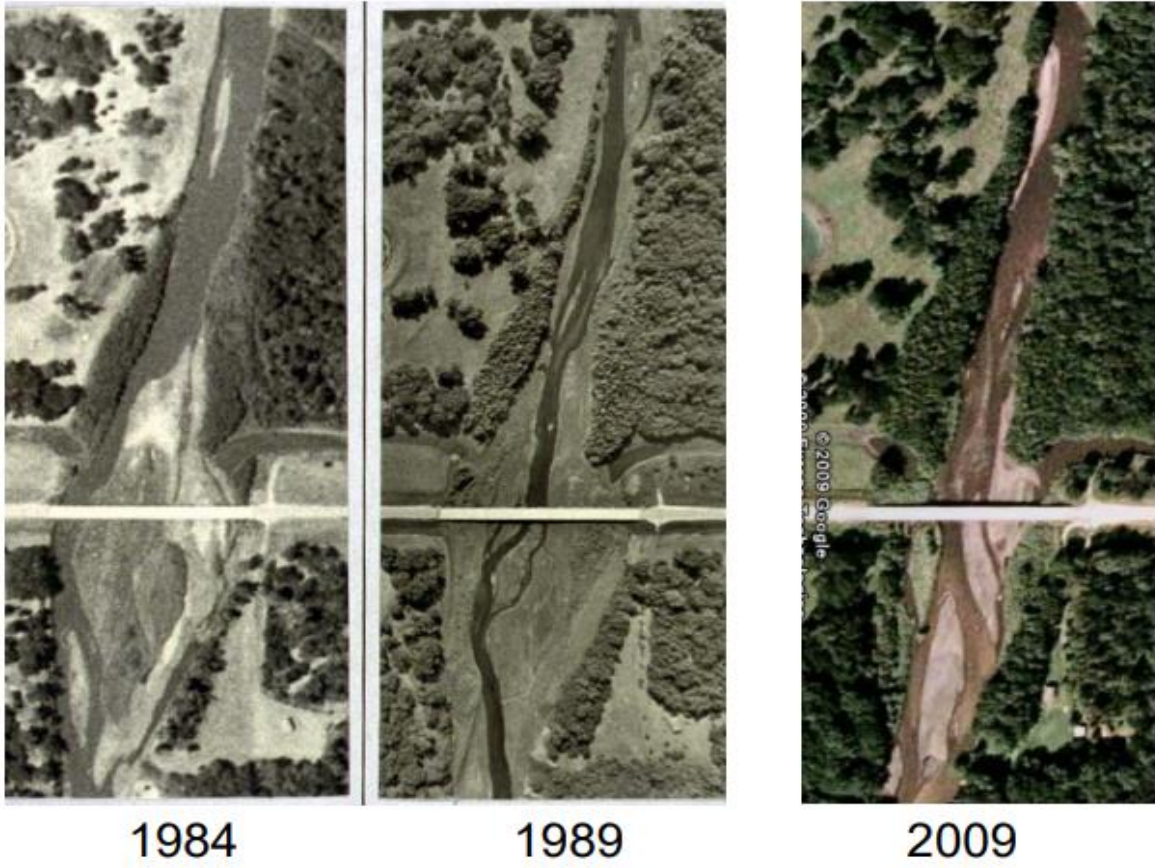
Resim 1.5. Batık kanatların sediment ve akıma etkisi (Odgaard, 2009)

Batık kanat yapılarının akarsuya uygulanması ile akarsu yatağındaki oyulma ve erozyonların önüne geçilmesi planlanmaktadır. Resim 1.6'da akarsuda şev aşındırma ve erozyon gerçekleşmektedir. Bu problemin önüne geçmek için batık kanatlar erozyonun meydana geldiği tarafa uygulandığı gözlenmiştir. Böylece bu kısımda oyulmanın önüne geçerek birikmenin oluşması istenmektedir.

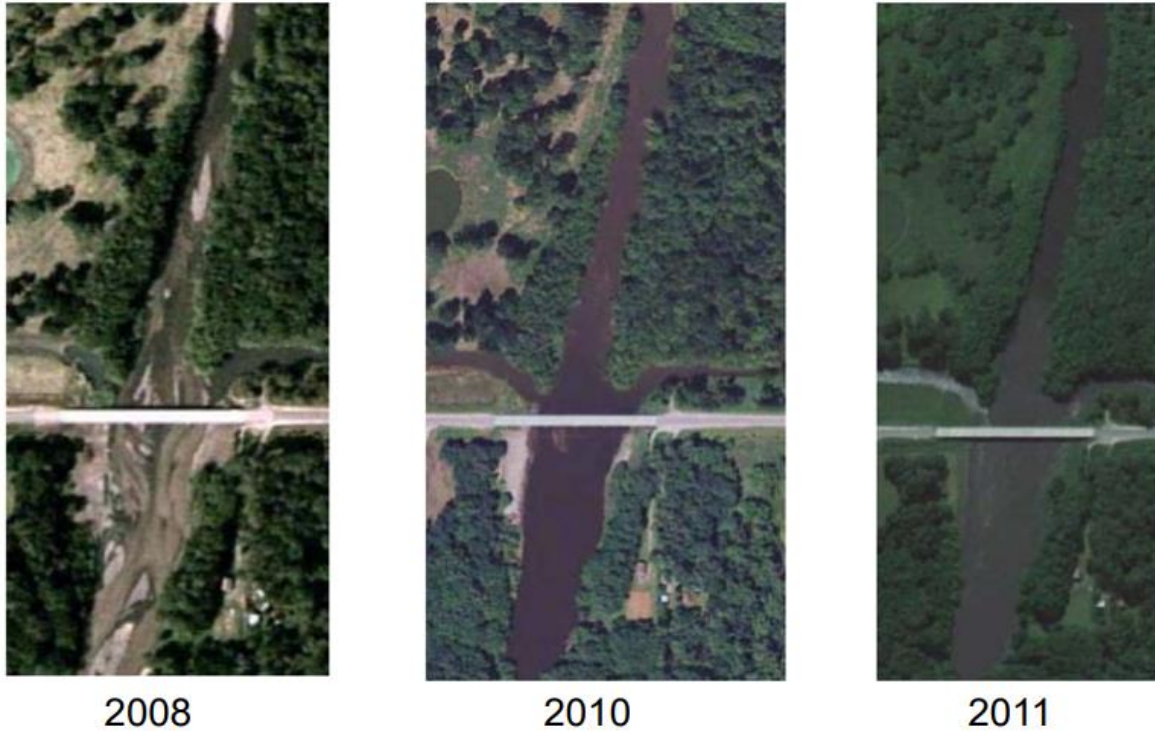


Resim 1.6. Batık kanatlar ile yatak koruması (Odgaard, 2009)

Odgaard orta kısmında sediment birikimi olan bir akarsuda, 1984 ile 2011 yılları arasında batık kanatların etkisini incelemiştir. Bu nehrin düzenlenmesi için akarsuya batık kanat uygulanmıştır. Uygulama sonrasında yıllara göre akım ve katı madde değişimi ve akarsu yatağının şekli Resim 1.7 ve Resim 1.8’de gösterilmiştir.



Resim 1.7. 1984-2009 yılları arası akarsu görünümü (Odgaard, 2009)



Resim 1.8. 2008-2011 yılları arası akarsu görünümü (Odgaard, 2009)

Bu tez çalışması kapsamında, önceki çalışmalarda yapılan bir dizi deney ve sonuçları dikkate alınarak hesaplamalı akışkanlar dinamiği yazılımı Ansys-Fluent 19.0'da modellenmiştir. Yapılan çalışmada açık kanal akımı, ana kanal ve yan kanalda, akışın hız değişimleri incelenmiş ve değerlendirilmiştir. Ayrıca kanalda kanatsız durumda ve kanatların farklı açılarla yerleştirildiği durumlarında akış hızının memba, mansap ve yan kanaldaki değerlerin değişimi incelenmiştir. İncelenen deney düzeneği ile bire bir uyumlu olarak hesaplamalı akışkanlar dinamiği yöntemi kullanılarak oluşan akımlar modellenmiş ve simülasyon sonuçları elde edilmiştir. Daha önceki deney çalışmalarından elde ettikleri hız değerleri ile modellemede elde edilen hız sonuçları karşılaştırılmıştır. Modelin kalibrasyonu amacı ile deney ve model ile elde edilen akımın hız değerleri ve hata oranları değerlendirilmiştir.



2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Odgaard ve Kennedy'nin Mayıs 1982 yılında yaptığı çalışma batık kanatlarla yapılan çalışmaların ilki olma niteliği taşımaktadır. Kaliforniya'nın Sacramento Nehri'nde yapılan bu çalışmada batık kanatlar nehir içerisine inşa edilmiş ve nehrin yüksek akış hızını önemli ölçüde azalttığını gözlemlenmiştir. Böylece Sacramento Nehri'nin bir kıvrımını idealleştirilmiştir. Odgaard, A. J., & Kennedy, J. F. (1982)

Baltazar, Alves, Bombar, Cordoso (2021), katı maddelerin kanaldaki taşınımını kontrol etmek için kanatlı ve kanatsız deneyler yapmışlardır. Bu çalışmada kanatlar açık kanal girişine yakın bir yere yerleştirilmiştir. Bu çalışmanın sonucunda kanatların kanalın taşıdığı katı madde miktarını $\frac{1}{4}$ oranında azalttığını elde etmişlerdir.

Karami, Amini, Keshavarzi (2020), açık kanalda 10° ve 30° açılarla paralel ve ters yönlü olarak konumlandıkları batık kanatların, katı madde oluşumunu ve erozyon değerlerini ölçmüşlerdir. Gözlemler sonucunda sedimantasyon değerlerinde azalma görmüşlerdir.

Kalathil, Wuppukondur, Balakrishnan, Chandra (2018), çalışmalarında ana kanal ve 45° açılı bir giriş kanalı bulunan fiziksel bir modelde batık kanatlar kullanarak katı madde girişini kontrol etmek için deneyler yapmışlardır. Deneyde kanat açısı, kanat sırası, kanat sayısı, kanat aralığı gibi değişkenleri farklılaştırılarak uygulamışlardır. Deney sonuçlarına baktıklarında kanat etrafında en az oyulma ve en çok katı madde azalması gözlemlenmiştir. Kanatlar arası aralık ve sıra sayılarını artırdıklarında, giriş kanalında katı madde kontrolünün arttığını görmüşlerdir.

Biswas ve Barbhuiya (2019) nehrin kıvrım kısmındaki nehir yatağı erozyonunu korumak için batık kanatların etkisini incelemişlerdir. Sonuç olarak batık kanatların nehir kıvrımının dış kısmındaki maksimum akım hızını %23 azalttığını gözlemlenmiştir. Nehir virajının dış kıyısındaki oyulma derinliklerinin %40'a kadar azaldığını tespit etmişlerdir. Batık kanat uygulamalarının nehir yatağı koruma çalışmalarında verimli bir rol oynadığını görmüşlerdir.

Bor (2022) akış modellerini ve tortu dağılımını incelemek için iki deney yapmışlardır. Bir kolona 20° lik açılarla 3 adet kanat yerleştirmişlerdir. Ortalama ve türbülanslı hız ölçümlerini yapmışlardır. Kanatlı ve kanatsız olarak yaptıkları ölçümler sonucunda tortu

miktarının %20 oranında azaldığını ve kanatların akışın yoğunluğunu, türbülans enerjisini, akış ayrımını etkilediğini tespit etmişlerdir.

Shabanlou, Azimi, Ebtehaj, Bonakdari (2018) nin yaptığı çalışmada 180 °lik dirsekte bulunan oyulma durumunu deneysel ve sayısal olarak incelemişlerdir. Froude sayısı (Fr), batık kanatların akışa açısı (α), batık kanatların dirsekteki konum açısı (θ), batık kanatlar arasındaki mesafe (d), yükseklik (H) gibi çeşitli parametrelerin etkilerini gözlemlemişlerdir. Ayrıca batık kanatların uzunluk ve yükseklikleri arttıkça oyulma çukuru boyutlarının da artmakta olduğunu görmüşlerdir.

Taşar, Üneş, Gemici, Varçin (2021) batık kanatlı yapıların bulunduğu deney kanalını 3 boyutlu olarak modellemişlerdir. Model hesaplamalı akışkanlar dinamiği yöntemi ile sonuçlara ulaşmışlardır. Türbülans viskozitesi için k- ϵ türbülans modeli kullanmışlardır. Modellemenin akış hızı sonuçları ile deneyin akış hızı sonuçlarının karşılaştırmışlardır.

Taşar, Üneş, Gemici (2023) açık kanal akışında batık kanatlı ve kanatsız deney yapmışlardır. Hesaplamalı akışkanlar dinamiği (CFD) modellerinin akış hızı sonuçları, deneysel sonuçlarla karşılaştırmışlar ve sonuçları uyumlu bulmuşlardır. Dış mendereste, 6 adet kanat içeren 2 dizi batık kanadın, kanadın arkasındaki bölgede akışın hızını %26-29 oranında etkilediğini tespit etmişlerdir.

Tajari, Dehghani, Meftah Halaghi, Azamathulla (2020) ördek gagası savağın mansabındaki tortunun yıkanması için batık kanatlar ve dip yuvaları incelemişlerdir. Deneyleri, 12 m uzunluğunda ve 0,6 m genişliğinde dikdörtgen bir kanalda gerçekleştirilmişlerdir. Akış simülasyonu için Flow-3D yazılımını kullanmışlardır. Simülasyon ve deneysel sedimentasyon modeli arasında iyi bir uyum olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca batık kanatların, tortuyu yıkamak için çok yararlı olan akış oluşturduğunu belirtmişlerdir.

Gumgum ve Cardoso (2023) batık kanatların siltlenme üzerindeki etkisini (katı madde birikiminin önlenmesi veya azaltılması), 26 deneyden oluşan bir araştırma ile yürütmüşlerdir. Eğim açısı ve spesifik su tahliye oranının, silt gidermede en etkili parametreler olduğunu gözlemlemişlerdir.

Fathi ve Zomorodian (2018) batık kanatların temiz su koşullarında dikey bir duvar ve taşıyıcı elemanlar etrafında oyulmaya etkisini araştıran laboratuvar deney sonuçlarını araştırmışlardır. Yaptıkları çalışmalarda batık kanatların taşıyıcı elemana olan uzaklığı, kanatların yanal aralığı, bir sıradaki kanat sayısı, kanat sıralarının sayısı, kanatların akışla olan açıları, kanatların yönü gibi parametreleri incelemişlerdir. 300° lik bir açının en iyi açı olduğunu belirlemişlerdir. Eriştikleri sonuçlara göre maksimum azalma değerini duvar ve taşıyıcı elamanlarda sırası ile %34.2 ve %35.6 olarak bulmuşlardır.

Solanki ve Sharma (2020) batık kanatların akıştaki oluşturduğu türbülansı oluşturarak, nehir boyunca tortu taşınmasının yönetimi için çalışmışlardır. Batık kanatları akış yönüne göre 10° ve 40° değerler aralıklarında açılarla yerleştirmişlerdir. Çalışmalarında yüksekliği, sivrilme açısı, akışla olan hücum açısı içeren konik kanat ile parametreleri optimize etmek için çalışma yapmışlardır. Ansys-Cfx kullanarak konik kanadın mansap kısmındaki akışı modellemişlerdir. Sonuç olarak hücum açısı 17°, sivrilme açısı 10° ve kanadın bağlı yüksekliği (kanat yüksekliğinin akış derinliğine oranı) için 0.48 değerlerinde akımın maksimum güçlü olduğunu elde etmişlerdir. Ayrıca hızın 10° 'lik sivrilme açısı için maksimum olduğunu tespit etmişleridir.

Sinha ve Marelius (2000) batık kanat yapısı uygulanan bir akarsudaki akış alanının sayısal analizini yapmışlardır. Sayısal modelin geçerliliğini, bir laboratuvar kanalında yapılan deneysel çalışma ile doğrulamışlardır. Düşük ve yüksek hücum açılı kanatların durumlarına bakıldığında, düşük hücum açısı için, kanadın yakınında yaygın olarak kabul edilenin tek girdabın aksine, zıt yönde dönen iki girdabın olduğu belirlenmiştir. Batık kanadın basınç tarafında, batık kanada paralel bir düzlemde bir at nalı girdabı yerleştirilmiştir, bu da kanat boyunca aşağı yönde ve oyulmanın yatağı boyunca yukarı yönde parçacık hareketini gözlemlemişlerdir.

Rahmani, Salehi, Sola ve Mohajeri (2019) batık kanat ve yan kanal giriş açısının akış üzerindeki etkisini araştırmak için, simülasyon oluşturmuşlardır. Sonuçlar, 45° açılı yan kanalın en yüksek verimliliğe sahip olduğunu ve en yüksek miktarda suyu, en düşük tortu miktarı ile birlikte yan kanal girişine taşıyabileceğini tespit etmişlerdir. Batık kanat ile ana kanal duvarı arasında bir sirkülasyon bölgesinin oluşmasının, yan kanal girişine yüksek miktarda su girmesine ve en düşük tortu miktarına neden olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca iki batık kanadın bulunduğu simülasyonunda, suyu düşük miktarda katı madde ile yan kanala

iletmede daha yüksek verimliliğe sahip olduğunu görmüşlerdir.



3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu bölümde açık kanal akışının modeli ve simülasyonu oluşturulurken, hesaplamalı akışkanlar dinamiği ile modelin analizine kadar uygulanan aşamalar ayrıntılı bir şekilde gösterilmiştir. Öncelikle Ercan Gemici'nin 2015 yılında doktora tez çalışmasında incelediği, açık kanal deney düzeneği ve içerisinde bulunan batık kanat yapıları anlatılmıştır.

3.1. Deney Düzeneği

Deney düzeneğini trapez bir açık kanal şeklinde, daha önceki çalışmalarda oluşturulmuştur. Ana depodan gelen suyu 15 BG pompa ile 2 m³ hacimli olarak ara depoya aktarılmıştır. Açık kanala ulaşan su, dinginleşmiş şekilde kanala ulaşmıştır. Resim 3.1'de deney kanalı gösterilmiştir (Gemici, 2015).



Resim 3.1. Deney kanalı (Gemici, 2015)

Kanalın giriş ve çıkış bölgelerine yerleştirilen ayarlanabilir kapaklar ile suyun yüksekliği ayarlanabilir yapılmıştır. Resim 3.2'de ayarlanabilir kapak gösterilmiştir.



Resim 3.2. Ayarlanabilir kanal kapağı (Gemici, 2015)

Kanala suyun dolaşımını gerçekleştiren, pompa çıkışına yerleştirdikleri vana ile debi kontrol edilmiştir. Pompanın giriş kısmına konumlandırılan ultrasonik debi ölçer yardımı ile kanala giren debiyi ölçülmüştür. Resim 3.3'te gösterildiği üzere ultrasonik debi ölçeri boruya montajlayarak ölçüm yapılmıştır (Gemici, 2015).



Resim 3.3. Ultrasonik debi ölçer (Gemici, 2015).

3.1.1. Batık kanatlar

En/boy oranı 10 cm / 10 cm boyutlarında olan batık kanat parçalarını oluşturmuşlardır. Bu kanatları trapez açık kanal deney düzeneğine yerleştirmişlerdir. Kanatların akıştan dolayı

hareket etmelerinin önüne geçmek için $40 \times 60 \text{ cm}^2$ boyutlarında bir parçaya 6 adet delik açılmıştır. Kanatlar bu parçalara pimler yardımıyla yerleştirilmiş ve bu sayede açı verilecek bir sistem oluşturmuşlar ve kanatları deney düzeneği içerisine yerleştirmişlerdir. Resim 3.4'te kanatlar ve yerleşim düzeni gösterilmiştir (Gemici, 2015).



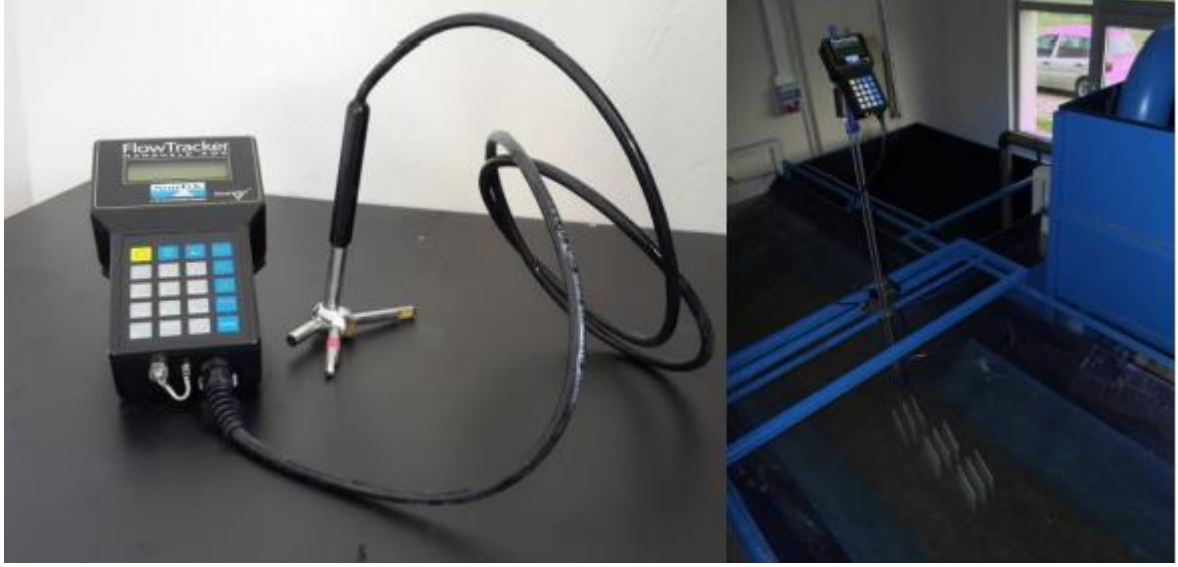
Resim 3.4. Batık kanatlar ve açılı yerleştirilmesi (Gemici, 2015).

3.1.2. Deneyde kullanılan ölçme cihazları

Açık kanal sisteminde kullanılan ölçüm cihazları bu bölümde ele alınmıştır. Debi ve hız parametrelerinin ölçümü bu cihazların yardımı ile yapmışlardır.

ADV

Adv cihazı su yüksekliğinin fazla olmadığı akışlarda kullanılabileceği gibi derin sularda da kullanılmaktadır. Bu cihaz suya ses dalgası gönderir ve sesin su içerisindeki frekansı ve hızı gibi parametreleri kullanarak akışın debi hesabını yapmış olur. Bu çalışmada da Adv kullanmışlar ve suyun debisini kolaylıkla ve ucuz bir yöntemle yapmışlardır. ADV cihazı ve kullanımı Resim 3.5'te gösterilmiştir. (Gemici, 2015).



Resim 3.5. ADV cihazı ve ölçüm durumu(Gemici, 2015).

Mikro Muline

Derin olmayan akışlarda, su hızını ölçmek için kullanılan, hız ölçüm cihazıdır. Gösterge ve pervaneler olmak üzere 2 ana kısımdan oluşur. Bu pervanelerin hassasiyet oranı $\pm\%1$ değerindedir. Suyun akış hızı pervanelerin devir sayısına göre tespit edilmektedir. Ölçüm süresi en az 39, en fazla 79 saniye olarak seçilebilmektedir. Bu süreler attıkça ölçüm hassasiyeti artış göstermektedir. Resim 3.6'da muline cihazı ve ölçüm durumu gösterilmiştir. (Gemici, 2015).



Resim 3.6. Muline cihazı ve ölçüm durumu (Gemici, 2015).

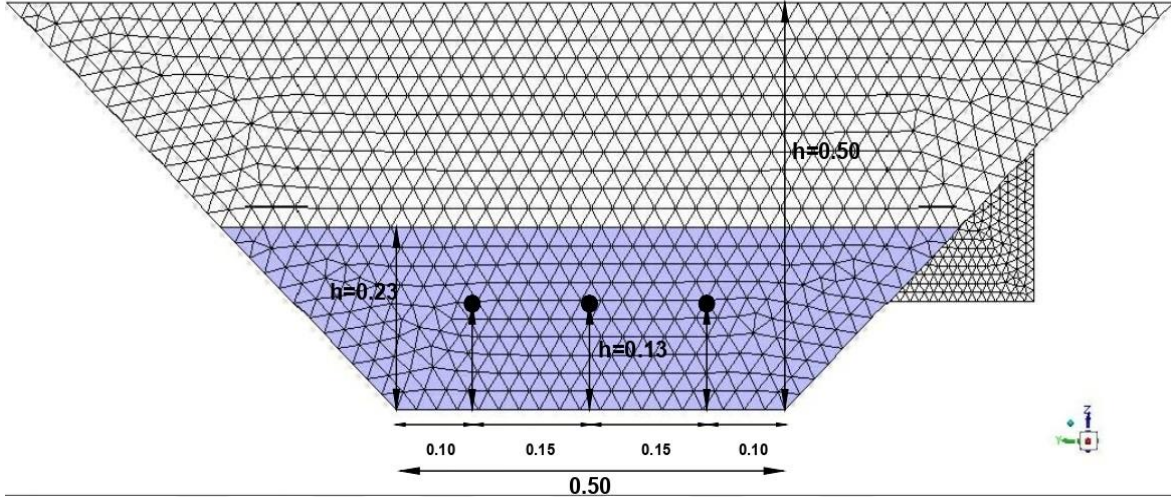
3.1.3. Deneylerin Yapılması

Deneyleri iki farklı amaç için yapılmıştır. Birinci durumda yan kanal açık, yani bu durumda yan kanal sisteme dahil edilmiştir, kanat açısının değişmesi ve buna bağlı akış özelliklerinin değişimini, ana kanaldan yan kanala geçen debiye etkisi tespit edilmiştir. İkinci durumda ise yan kanalın açık ve kapalı olma durumunu ele alınmış, memba ve mansap kısımlarında akış hızlarının kanalın orta bölgesinde ve şevlere yakın kısımlarında akış hızına etkisini incelenmiştir. Bu amaçlar doğrultusunda deney düzeneği oluşturulmuştur. Hız ölçümlerin sıklığını artırarak ölçüm yapılmıştır. Kanalın memba ve mansap kısmında akış hızı ölçümleri belirlenmiş, kanatların iki doğrultuda etki mesafesi incelenmiştir. Yan kanalın 3.0 m memba tarafı kanalın orta noktası orijin kabul edilmiştir. Ölçümler buradan mansap yönüne doğru 0.0, 1.0, 2.0, 4.6, 5.1 m mesafelerde, kanalın orta noktası ve şev başlangıç kısmına 10 cm uzaklıkta, su yüzeyinden 0.6d derinliğinde gerçekleştirilmiştir. Şevler akış yönüne göre bakıldığında sağ ve sol olarak adlandırılmıştır. Kullanılacak kanat tipleri, diziliş ve açısı ayarlanarak kanala konumlandırılmıştır. Kanatlar istenilen yüksekliğe getirildikten sonra yatak malzemesiyle düzelme yapılmıştır. Pompa yardımı ile ana depodan gelen su, çakıl filtrelerinden, dikdörtgen ve toplama kanallarından geçerek sakinleşmiş bir şekilde trapez kanala yetişmektedir. Ultrasonik debi ölçer ile debi değeri ölçülerek istenilen değere getirilmiştir. Ayarlanabilir kapak yardımı ile de kanatların batıklık durumu yönetilmiştir. Lazermetre ile de su yüzeyi ile kanal tabanı arası ölçümünü yapılmıştır. Hassas akış hızı ölçümleri için muline süresi maksimum süre olan 79 saniye için ölçüm alınmıştır. Suyun akış hızları ve yükseklikleri tespit edip, kaydedilmiştir. Böylece hız alan yöntemiyle debiler hesaplanmış ve akış ölçerlerle karşılaştırılmıştır. Ölçümler tamamlandığında yeni setler için yeni sistem kurulmuştur. Farklı durumlar için deneyler tekrarlanmıştır. (Gemici, 2015).

3.2. Sayısal Model Çalışmaları

Deneylerdeki yan kanalın açık olma durumuna göre akışın simülasyonu yapılmıştır. Deney düzeneği 3 farklı şekilde oluşturulmuştur. Kanatsız açık kanal sistemi, 20° açılarla yerleştirilmiş batık kanatların bulunduğu açık kanal sistemi ve 30° açılarla yerleştirilmiş batık kanatların bulunduğu açık kanal sistemi olarak toplam 3 ayrı durum incelenmiştir. Kanatsız, 20° ve 30° olan bu durumlarda; kanalın sağ ($y=0.1$ m), orta ($y=0.25$ m), sol ($y=0.4$ m) kısımlarında, derinliğin kanal tabanından 0.13 m yükseklikte olduğu su seviyesinden ve ana kanal boyunca $x=0$ m, $x=1$ m, $x=2$ m, $x=4.6$ m, $x=5.1$ m noktalarında akış hızı ölçümleri

yapılmıştır. Şekil 3.1’de kanalın YZ ekseni kesiti ve ölçüm noktalarının yerleri gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Kanalın kesiti ve ölçüm noktaları

Daha önce yapılan çalışmalardan biri olan batık kanatlı açık kanal sistemi deneyinde uygulanan boyutlar incelenmiş ve hesaplamalı akışkanlar dinamiği ile 3 boyutlu modellemesi yapılmıştır. Daha önce yapılan deneyin sonuçları ile modellenen açık kanalın akış hızı sonuçları karşılaştırılmış ve hata oranları tespit edilmiştir.

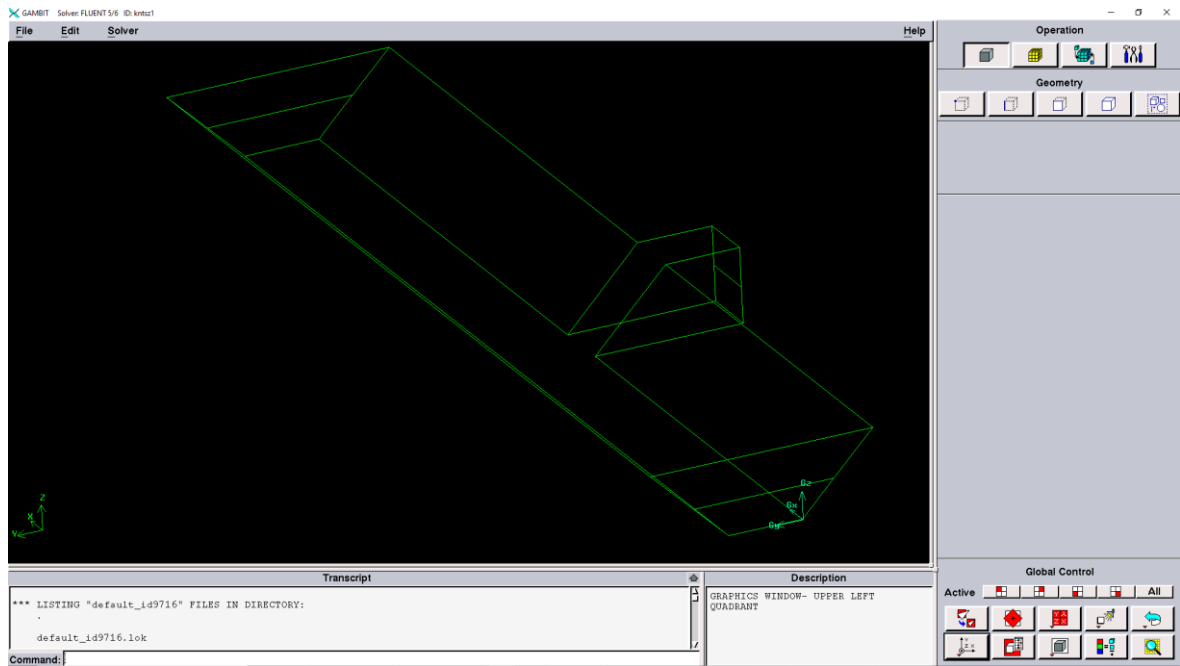
3.2.1. Kanal geometrisi

Bu çalışmada toplam uzunluğu 7 metre, taban genişliği 0.5 metre, yüksekliği 0.5 metre, taban eğimi 0.002, kenar şev eğimleri 45°, ana kanal çıkışında ve yan kanal çıkışında taban seviyesinden yüksekliği 0.25 metre olan, toplam 2 adet kapak bulunan bir kanalın geometrisini oluşturmak için GAMBİT 2.2.30 programı kullanılmıştır. Kanalın boyutları, batık kanatların boyut ve konumları bu yazılım ile oluşturulmuştur. Ayrıca mesh hassasiyeti, sınır şartları gibi parametreler de bu yazılım yardımı ile tanımlanmıştır.

Nokta ve kenar oluşturma

Kanalda bulunan her köşenin koordinatları Gambit’te tanımlanarak noktaların yerleri belirlenmiştir. Belirlenen noktalar arasında bağlantı çizgileri oluşturularak kenar kısımları oluşturulmuştur. Bu şekilde boş kanal geometrisi ortaya çıkmıştır. Kanal geometrisi çizimi

Şekil 3.2’de gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Kanatsız kanalın Gambit 2.2.30 ile çizimi

Yüzey oluşturma

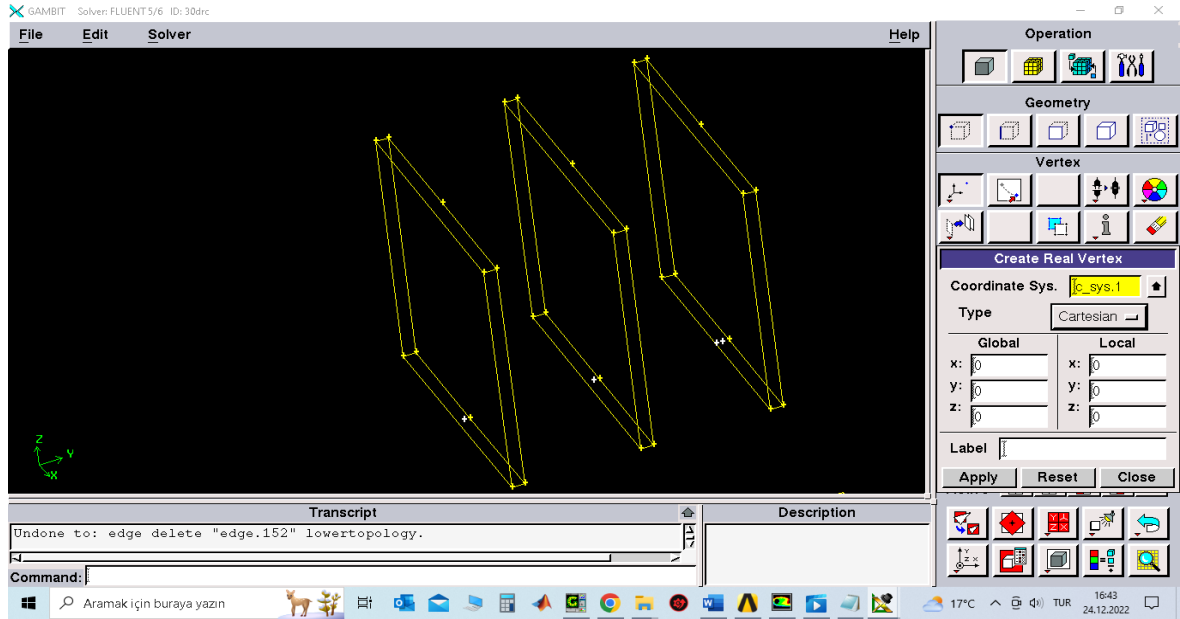
Kanal geometrisi oluşturulduktan sonra akışa uygun olmak üzere 6 adet yüzey tanımlanmıştır. Giriş kısmı için giriş ve giriş üstü olarak 2 yüzey, ana kanal ve yan kanal çıkışları için 2 adet çıkış yüzeyi, ana ve yan kanal tabanı, yan trapez kenarlar, ana ve yan kanal çıkışlarında bulunan 2 adet kapak, duvar olarak, kanal üstü ise su yüzeyi olarak tanımlanmıştır.

Sınır şartları belirleme

Açık kanal geometrisinde akış, memba kısmından ana kanal ve yan kanal mansaplarına doğru yöneldiğinden akımın yönü bu şekilde tanımlanmıştır. Akışın giriş hızı 0.1858 m/s, akışın yüksekliği 0.23 m olarak tanımlanmıştır.

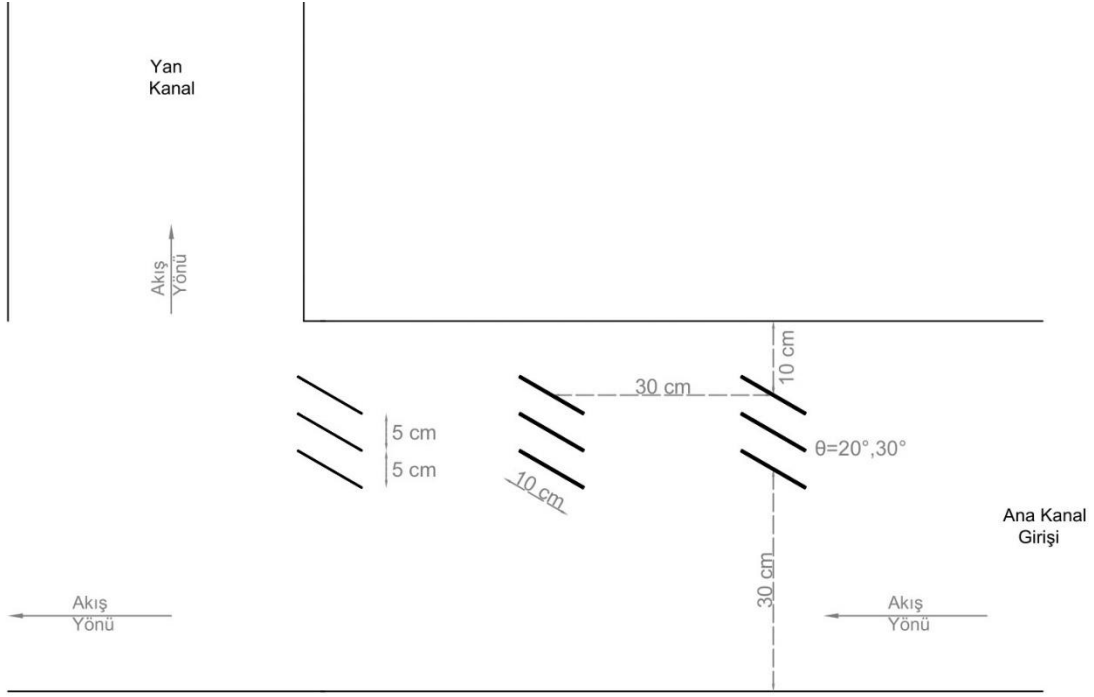
Batık kanat geometrisi oluşturma

Batık kanatların boyutları eşit ve en uzunluğu 0.1 m, boy uzunluğu 0.1 m, kalınlığı ise 0.005 m'dir. Toplam 9 adet batık kanat oluşturulmuştur. Şekil 3.3'te bir dizi batık kanadın çizimi gsterilmiştir.



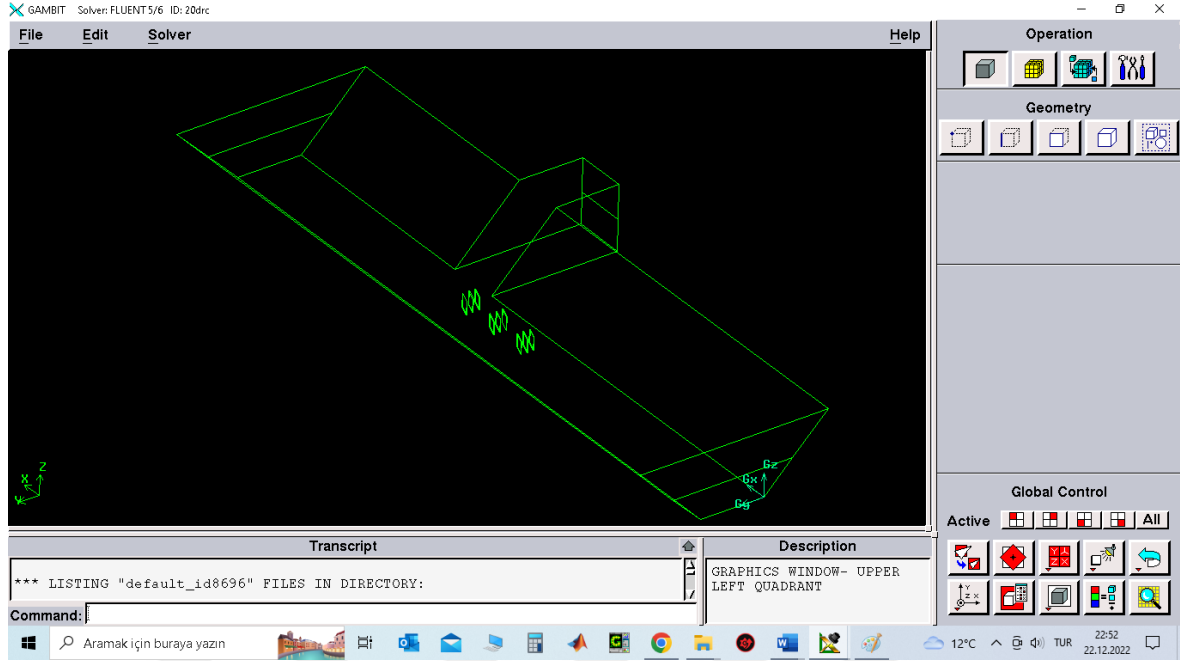
Şekil 3.3. Batık kanat geometrisinin Gambit 2.2.30 ile çizimi

Kanatların akış doğrultusu yonunde merkez noktaları arası mesafe 0.3 metredir. Akışa dik doğrultudaki kanatlar arası mesafe 0.05 metredir. Şekil 3.4'te batık kanatların kanal içerisindeki yerleşimi gsterilmiştir.



Şekil 3.4. Kanatların kanal içerisindeki yerleşimi

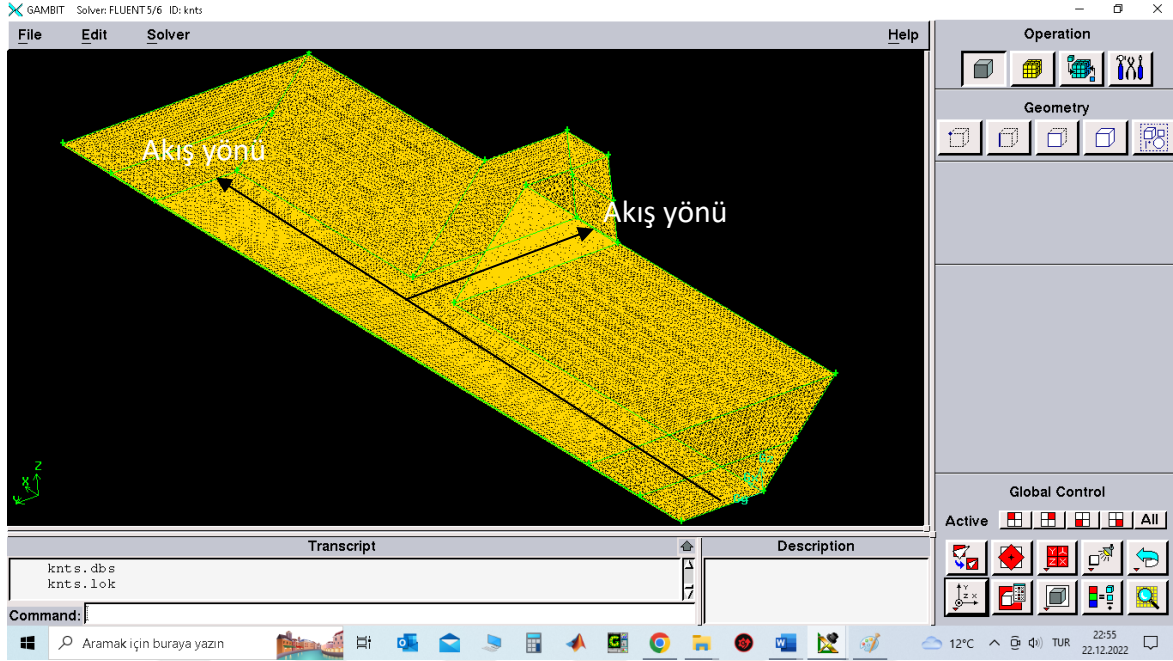
Boş kanalın çizimi tamamlandıktan sonra dosya kaydedilmiştir. Kanala 3 sıra halinde her sırada 3 adet olmak üzere toplam 9 adet batık kanat 20° açıyla daha önce yaptıkları deney çalışmasındaki gibi konumlandırılmış ve kaydedilmiştir. Kayıt işleminden sonra kanatların konum, sayı, sıra ve sıra sayıları değiştirilmeden kanat açıları 30° yapılarak son olarak kayıt tamamlanmıştır. Kanatların kanal içindeki görünümü Şekil 3.5'te verilmiştir.



Şekil 3.5. Kanala 20° açıyla yerleştirilmiş kanatların Gambit 2.2.30 ile çizimi

Mesh oluşturma

Bu sistemin çözümü sayısal çözüm yöntemlerinden olan sonlu elemanlar yöntemi ile yapılmaktadır. Bu yöntemde, problem basit parçalara indirgenerek her bir parçanın sayısal davranışı belirlenir ve sistemin yaklaşık çözümü yapılır. Sınır koşulları girildikten sonra, kanal sisteminin tümü tek hacim olarak tanımlanır. Tanımlanan bu hacim için meshler yani ağ yapıları oluşturulur. Meshler yapı olarak tetrahedral biçimde tanımlanmıştır. Mesh miktarı ile gerçek değerlere yakınlık doğru orantılıdır. Şekil 3.6'da kanalın meshlenmiş hali gösterilmiştir.



Şekil 3.6. Kanatsız kanalın Gambit 2.2.30 ile mesh oluşturulması

3.3. Sonlu Hacimler Metodu

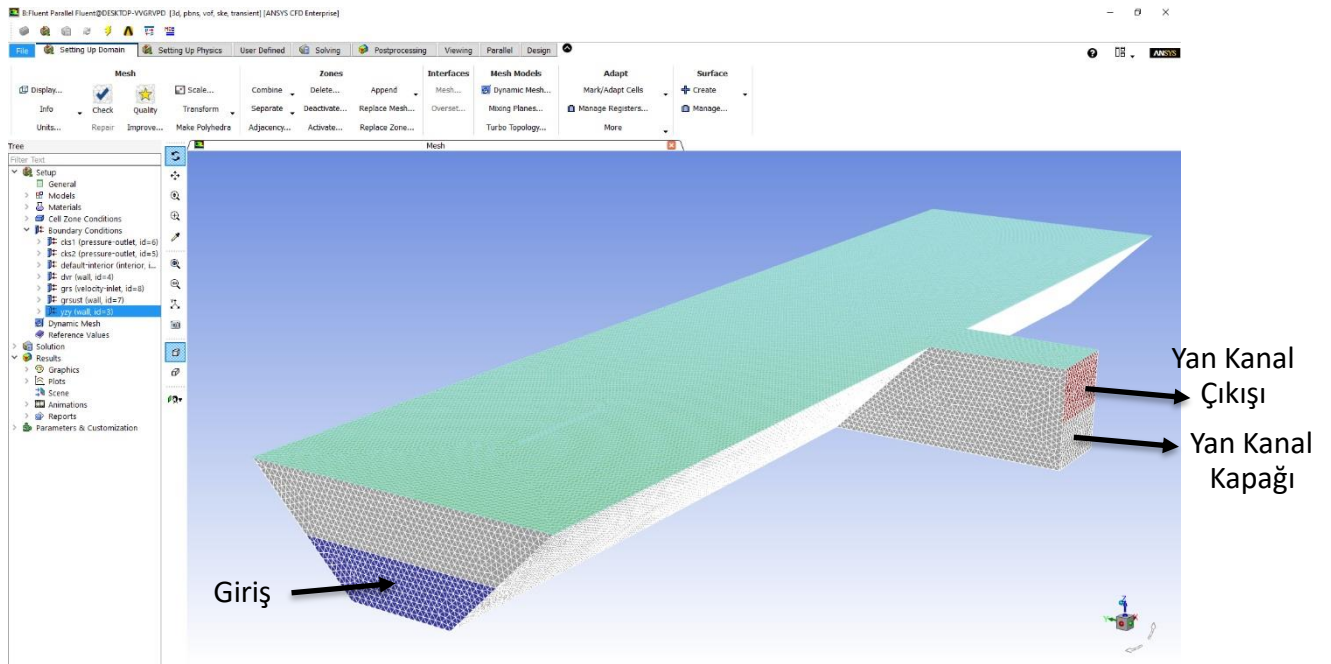
Sonlu hacimler metodu fiziksel sistemlerin, modellenmesi ile ortaya çıkan karmaşık ve tam olarak çözülemeyen denklemlerin yaklaşık çözümünde kullanılan yöntemlerden birisidir. Bu metot, sonlu farklar formülasyonundan meydana gelmektedir. Bu metot Fluent, Cfx/Ansys, Phoenics gibi programlarda ortak olarak kullanılmaktadır. (Çakan 2021)

3.4. Ansys - Fluent Yazılımı

Açık kanal sisteminin analizi yapılırken Ansys – Fluent yazılımı kullanılmıştır. Bu sayede akışın yönü, hız değerleri gibi parametreler elde edilmiştir. Statik, ısı transferi, akışkanlar, dinamik, elektromanyetizma gibi konuların analizini yapan bir yazılımdır. Yazılımın ilk kullanımı 1971 yılı olup, 50 yılı aşkın olarak birçok mühendislik alanında kullanılmaktadır. Ansys - Fluent yazılımı endüstriyel uygulamalarda akım, türbülans, ısı transferi ve reaksiyonları fiziksel modelleme uygulamalarının oluşturulmasını sağlayan bir yazılımdır. Hava akışı, yanma, kan akışı gibi durumların analizini yapmaktadır. (Çakan 2021)

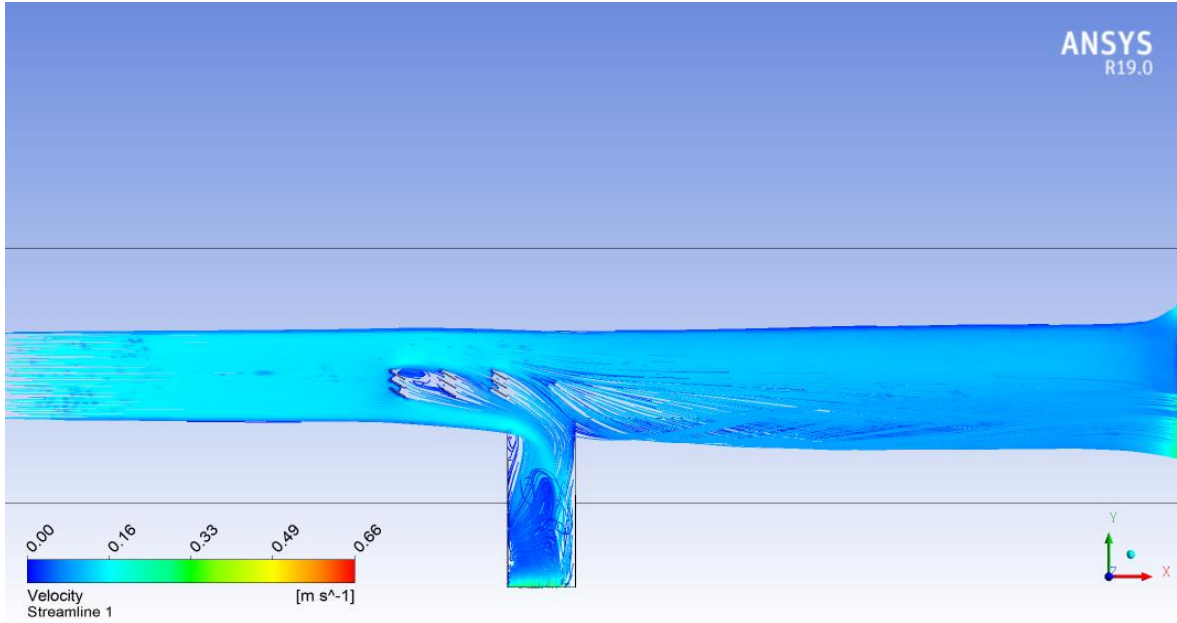
3.4.1. Kanal modelinin Ansys'e aktarımı

Gambit 2.2.30 ile geometrisi ve sınır şartları ve meshleri oluşturulan açık kanal modeli Ansys-Fluent 19.0 programına aktarılmıştır. Fluent 19.0'da aktarılan modelin sınır şartları ve kanal geometrisinin boyutları kontrol edilmiştir. Sonraki aşamalarda Setup, Materials, Cell Zone Conditions, Boundary Conditions, Solution, Results bölümleri düzenlenmiştir. Gambit 2.2.30'dan, Ansysy – Fluent 19.0'a aktarılan kanalın mesh görünümü Şekil 3.7'de gösterilmiştir.



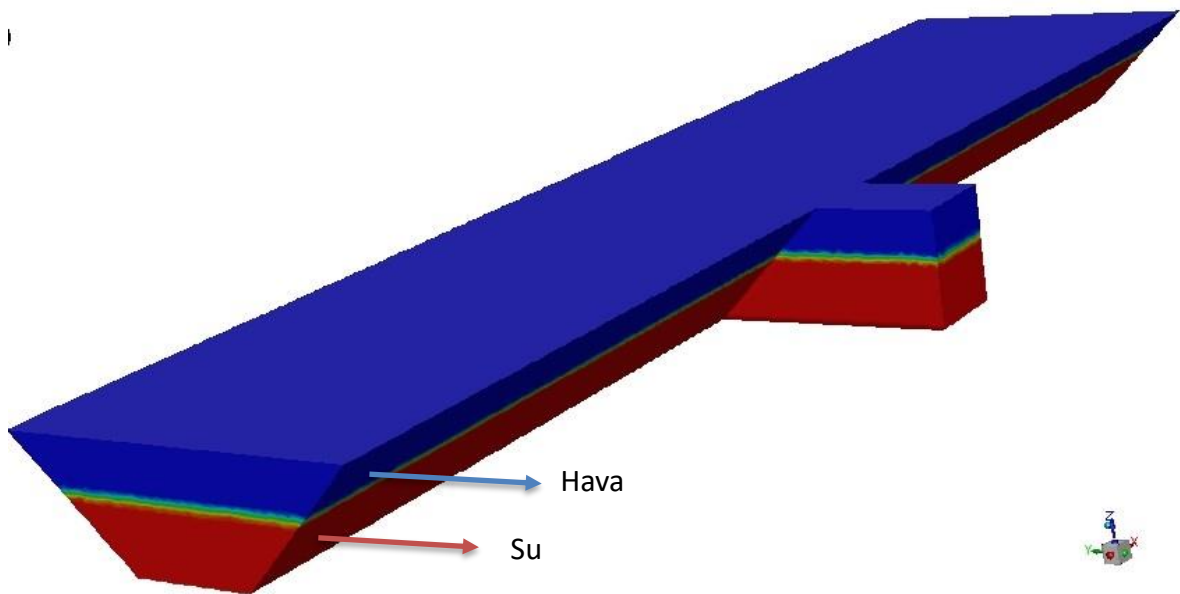
Şekil 3.7. Kanal modelinin Fluent 19.0'a aktarımı

Açık kanal sisteminde yerçekimi ivmesi g , 9.81 değeri girilerek tanımlanmıştır. Model seçenekleri tanımlanırken Volume of Fluid (VOF) seçilmiştir. Böylece akışkan hacimler yöntemi ile su yüzeyi belirlenmiştir. Implicit ve Implicit Body Force tuşları ile ağırlık kuvvetleri de sisteme dahil edilmiştir. k -epsilon türbülans modeli tanımlanarak açık kanal sisteminin standart türbülanslı akım olduğu belirtilmiştir. Türbülanslı akış türünde akışın parçacıkları düzgün ve düzenli değil, çalkantılı halde bulunmaktadır. Türbülanslı akım çizgileri modeli Şekil 3.8'de gösterilmiştir.



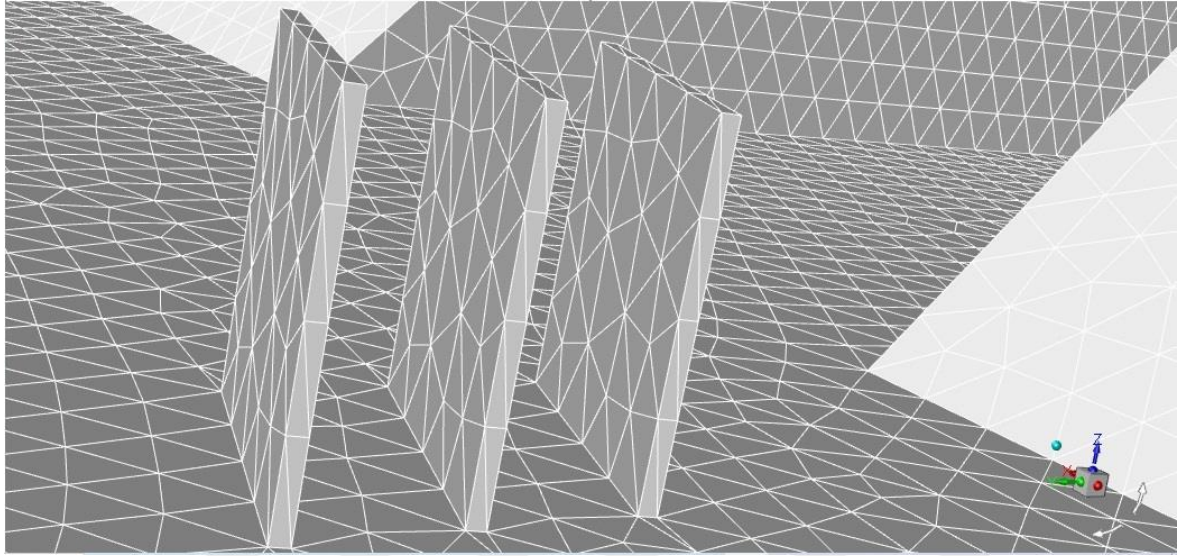
Şekil 3.8. Türbülanslı akım modelinde akım çizgileri

Kanaldaki hava ve suyun bulunduğu bölgelerde fazlar ayrı ayrı tanımlanmıştır. Sınır şartlarının çoğunluğu Gambit'te oluşturulmuş olduğundan Fluent 19.0'da giriş şartlarında birkaç düzenleme yapılmıştır. Kanalın su yüksekliği 0.23 m olduğundan bu seviyede giren maddenin %100'ü su olarak tanımlanmış ve giriş hızı 0.1858 m/s değerinde başlangıç hızı verilmiştir. Böylelikle başlangıç koşulları tamamlanmıştır. Hava ve su fazları Şekil 3.9'da gösterilmiştir.



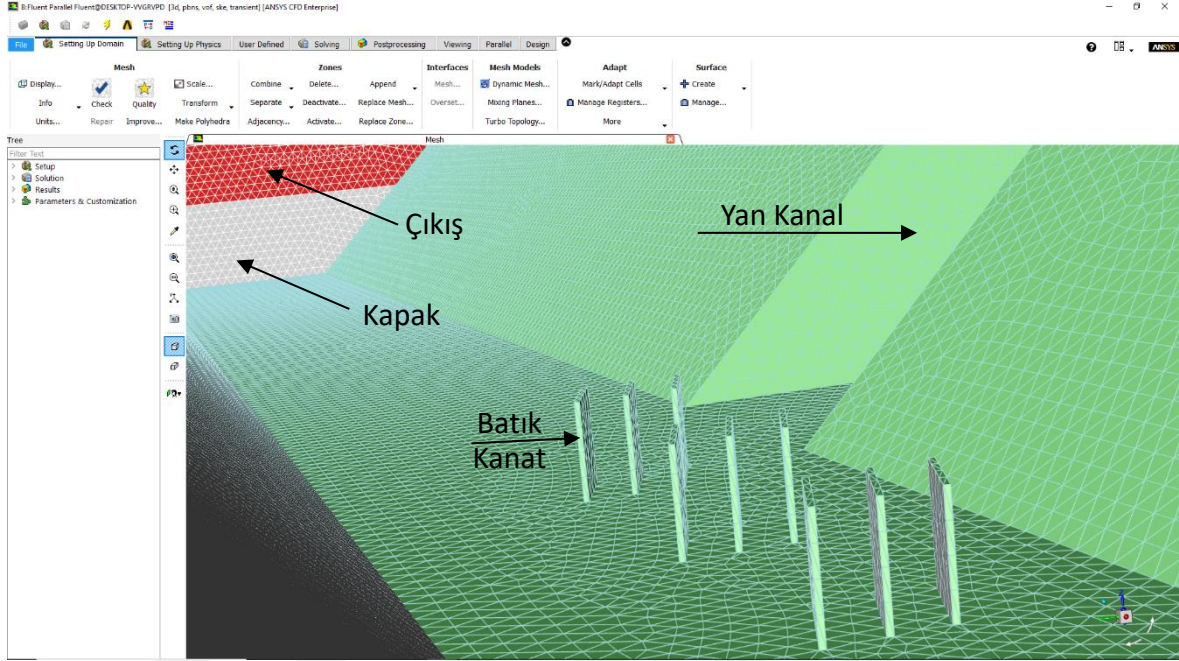
Şekil 3.9. Hava ve su fazlarının Fluent 19.0'da gösterimi

Modeldeki mesh sayısının 1 014 176 değerinde olduğu görülmüştür. Bu da analiz sonuçlarının hassas ve gerçeğe yakın olduğunu gösteren parametrelerden bir tanesidir. Meshler tetrahedral cells, dört yzly hücreler olarak tanımlanmıştır.şekil 3.10'da tetrahedral mesh gösterilmiştir.



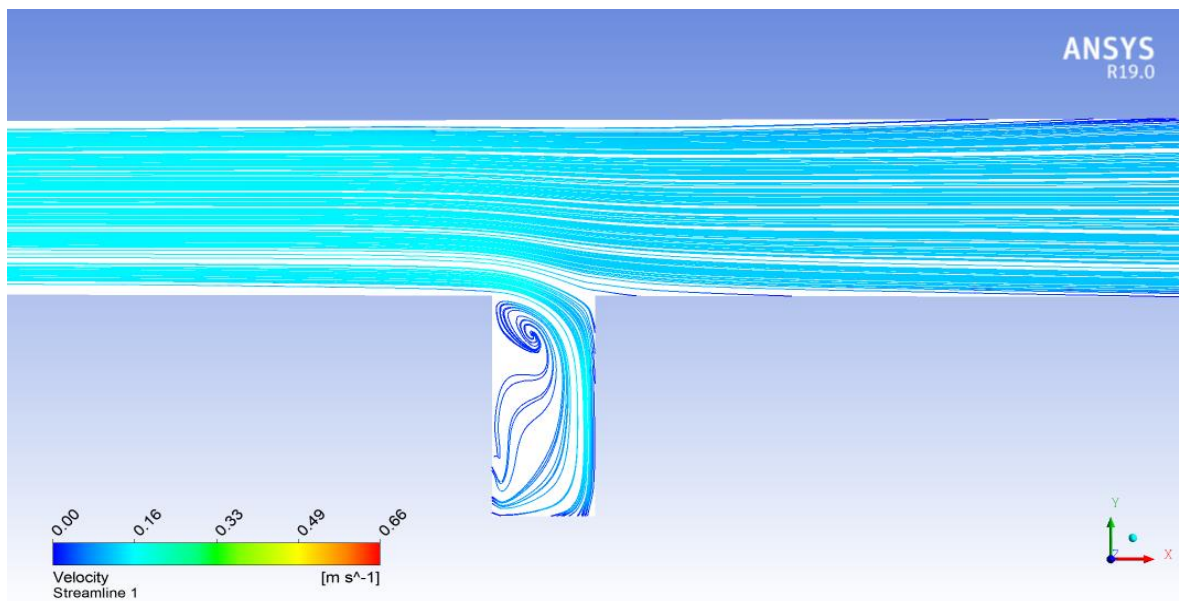
şekil 3.10. Tetrahedral mesh görünümü

Akışın gerçekleştiği bölümdeki meshlerin tümü su olarak tanımlanmıştır. Böylelikle kanalda akım oluşmadan önce içerisinde denge halinde duran bir su kütlesi oluşturulmuştur. Batık kanatlar da kanal kesiti gibi duvar olarak tanımlanmıştır. şekil 3.11'de batık kanatların dizilimi ve kanal kesitinin kanal içerisinden mesh görünümü verilmiştir.



Şekil 3.11. 20° Açıyla kanatlı kanal modelinin Fluent 19.0'a aktarımı

Son olarak analizin hesap bölümünde su fazının her bölgedeki değişimini her 10 iterasyonda bir defa kayıt alınması için komut verilmiştir. Her 5 iterasyonda 0,1 saniyeyi ölçüm için komut verilmiştir. Toplamda 60 sn için akış simülasyonu oluşturulmuştur. 60 saniyede 3000 iterasyonlu simülasyonun analizi başlatılmıştır. Şekil 3.12'de akım çizgilerinin Fluent 19.0'da görünümü verilmiştir.

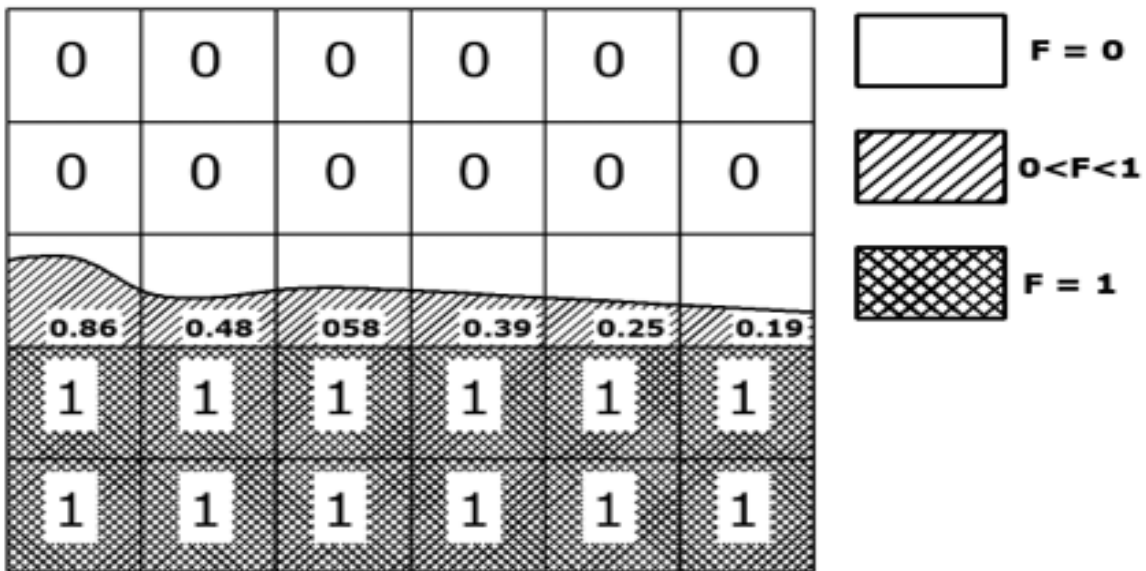


Şekil 3.12. Açık kanal akımının Fluent 19.0'daki akım çizgileri

3.5. VOF Yöntemi

Hesaplamalı akışkanlar dinamiğinde, akışkan hacmi (VOF) yöntemi serbest yüzey durumunda bulunan sıvıların modelleme tekniğidir, yani serbest yüzeyi izlemek ve bulmak için sayısal bir yöntemdir. Bu çalışmada su-hava arayüzeyini hesaplamak için sıvının hacmi (VOF) yöntemi kullanılmıştır. Volume of fluid (VOF), yani akışkan hacmi yöntemi modeli, momentum denklemleri setini çözerek ve sıvıların her birinin hacim oranını izleyerek iki veya daha fazla karışmayan sıvıyı modelleyebilir. Simülasyonu yapılan açık kanal akışı, 3 boyutlu, sıkıştırılamayan, türbülanslı, sabit serbest yüzey akışıdır. Tamamiyle havanın bulunduğu, tamamiyle suyun bulunduğu ve hava-su karışık bulunduğu durumlar incelenmiştir. (TAŞAR, 2021)

VOF yöntemi, temel olarak hesaplama ağındaki eleman hacimlerinin boş, kısmen dolu veya tamamen su ile dolu olup olmadığını belirler. Kafes elemanlarının hacimsel doluluk oranını temsil eden kafes elemanı $F=1$ için tamamen dolu, $F=0$ için boş (hava ile dolu) ve $0 < F < 1$ için kısmen su ile doludur. Şekil 3.13'te kafes elemanlarının doluluk oranı verilmiştir.



Şekil 3.13. Kafes elemanlarının doluluk oranı

3.6. Matematik Modeli Oluşturan Temel Denklemler

Akış, kütle korunumu ve momentum korunumu (Reynolds ortalamalı Navier-Stokes, RANS) denklemlerini yöneten temel denklemler aşağıdaki gibidir:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial(\rho \bar{u})}{\partial x} + \frac{\partial(\rho \bar{v})}{\partial y} + \frac{\partial(\rho \bar{w})}{\partial z} = 0 \quad (3.1)$$

Burada, \bar{u} ; \bar{v} ; \bar{w} and u' ; v' ; w' sırasıyla hız bileşenlerinin zamansal ortalama hızını ve x, y, z yönlerindeki türbülansı verir. x, y, z eksenini boyunca RANS denklemleri aşağıdaki gibidir.

$$\rho \left(\frac{\partial \bar{u}}{\partial t} + \bar{u} \frac{\partial \bar{u}}{\partial x} + \bar{v} \frac{\partial \bar{u}}{\partial y} + \bar{w} \frac{\partial \bar{u}}{\partial z} \right) = \rho K_x - \frac{\partial \bar{P}}{\partial x} + \mu \nabla^2 \bar{u} + \frac{\partial}{\partial x} (-\rho \overline{u'^2}) + \frac{\partial}{\partial y} (-\rho \overline{u'v'}) + \frac{\partial}{\partial z} (-\rho \overline{u'w'}) \quad (3.2)$$

$$\rho \left(\frac{\partial \bar{v}}{\partial t} + \bar{u} \frac{\partial \bar{v}}{\partial x} + \bar{v} \frac{\partial \bar{v}}{\partial y} + \bar{w} \frac{\partial \bar{v}}{\partial z} \right) = \rho K_y - \frac{\partial \bar{P}}{\partial y} + \mu \nabla^2 \bar{v} + \frac{\partial}{\partial x} (-\rho \overline{u'v'}) + \frac{\partial}{\partial y} (-\rho \overline{v'^2}) + \frac{\partial}{\partial z} (-\rho \overline{v'w'}) \quad (3.3)$$

$$\rho \left(\frac{\partial \bar{w}}{\partial t} + \bar{u} \frac{\partial \bar{w}}{\partial x} + \bar{v} \frac{\partial \bar{w}}{\partial y} + \bar{w} \frac{\partial \bar{w}}{\partial z} \right) = \rho K_z - \frac{\partial \bar{P}}{\partial z} + \mu \nabla^2 \bar{w} + \frac{\partial}{\partial x} (-\rho \overline{u'w'}) + \frac{\partial}{\partial y} (-\rho \overline{v'w'}) + \frac{\partial}{\partial z} (-\rho \overline{w'^2}) \quad (3.4)$$

Bu denklemler vektörel biçimde şu şekilde yazılır:

$$\rho \left(\frac{\partial \vec{V}}{\partial t} + \vec{V} \cdot \nabla \vec{V} \right) = \rho \vec{K} - \nabla \bar{P} + \mu \nabla^2 \vec{V} + \nabla \cdot \tau_{ij}' \quad (3.5)$$

Burada; "K" kütle kuvvetlerini, " \bar{P} " sıkıştırma kuvvetini, " μ " dinamik viskoziteyi, " τ_{ij}' " Reynolds gerilimlerini ifade eder. Türbülans modelleri, Reynolds gerilme denkleminde " τ_{ij}' " hesaplama ve dolayısıyla denklem sistemini çözme görevini üstlenir. Bu çalışmada Standart k- ϵ (Launder & Spalding, 1972) türbülans modeli kullanılmıştır. Standart k- ϵ modeli, türbülanslı kinetik enerji (k) ve bunun dağılım hızı (ϵ) için model taşıma denklemlerine dayanır. Açık kanalda üç boyutlu kararsız bir akış için girdap viskozitesi ν_t aşağıdaki denklemden hesaplanır,

$$\nu_t = C_\mu \frac{k^2}{\epsilon} \quad (3.6)$$

burada k, türbülanslı kinetik enerjidir ve ϵ , birim kütle başına türbülanslı enerji dağılım

oranıdır. k ve ε , aşağıdaki denklemlerin üç boyutlu akışta çözümünden elde edilir.
 k denklemi

$$\frac{\partial k}{\partial t} + \bar{u}_j \frac{\partial k}{\partial x_j} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(\nu + \frac{\nu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right] + Pr o d + G - \varepsilon \quad (3.7)$$

ve ε denklemi,

$$\rho \frac{\partial \varepsilon}{\partial t} + \bar{u}_j \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(\nu + \frac{\nu_t}{\sigma_\varepsilon} \right) \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} \right] + C_{1\varepsilon} \frac{\varepsilon}{k} Pr o d - C_{2\varepsilon} \frac{\varepsilon^2}{k} + C_{1\varepsilon} C_3 \frac{\varepsilon}{k} G \quad (3.8)$$

burada Prod, ortalama akıştan türbülanslı kinetik enerji üretimidir ve şu şekilde verilir:

$$Pr o d = \nu_t \left(\frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} + \frac{\partial \bar{u}_j}{\partial x_i} \right) \frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} \quad (3.9)$$

Bu denklemlerde G , türbülanslı kinetik enerjinin kaldırma kuvvetleri tarafından üretilmesi veya yok edilmesidir ve şu şekilde verilir:

$$G = g_i \beta \frac{\nu_t}{\sigma_t} \frac{\partial \bar{V}}{\partial x_i} \quad (3.10)$$

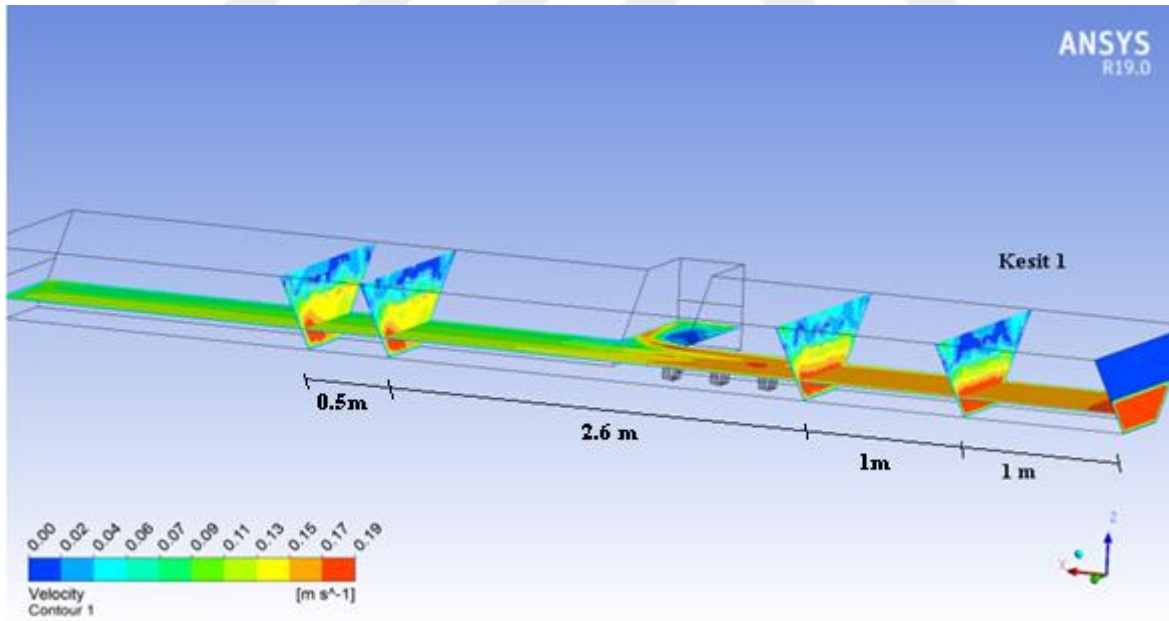
burada, β termal genişleme katsayısıdır. Ayrıca burada kullanılan k - ε türbülans modeli denklemlerinde yer alan C_μ , $C_{1\varepsilon}$, $C_{2\varepsilon}$, C_3 , σ_k , σ_ε ve σ_t katsayılarının değerlerine Launder ve Spalding (1974) tarafından önerilen standart değerler verilmiştir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Bu tezde, tezin 3. bölümünde söz edilen açık kanal deneyinin, hesaplamalı akışkanlar dinamiği yöntemi ile modellenmesi yapılmış ve akışın simülasyonu oluşturulmuştur. Deneyde belirli noktalarda ölçülen hız değerleri ile modelde aynı noktalarda tespit edilen hız değerleri karşılaştırılmıştır.

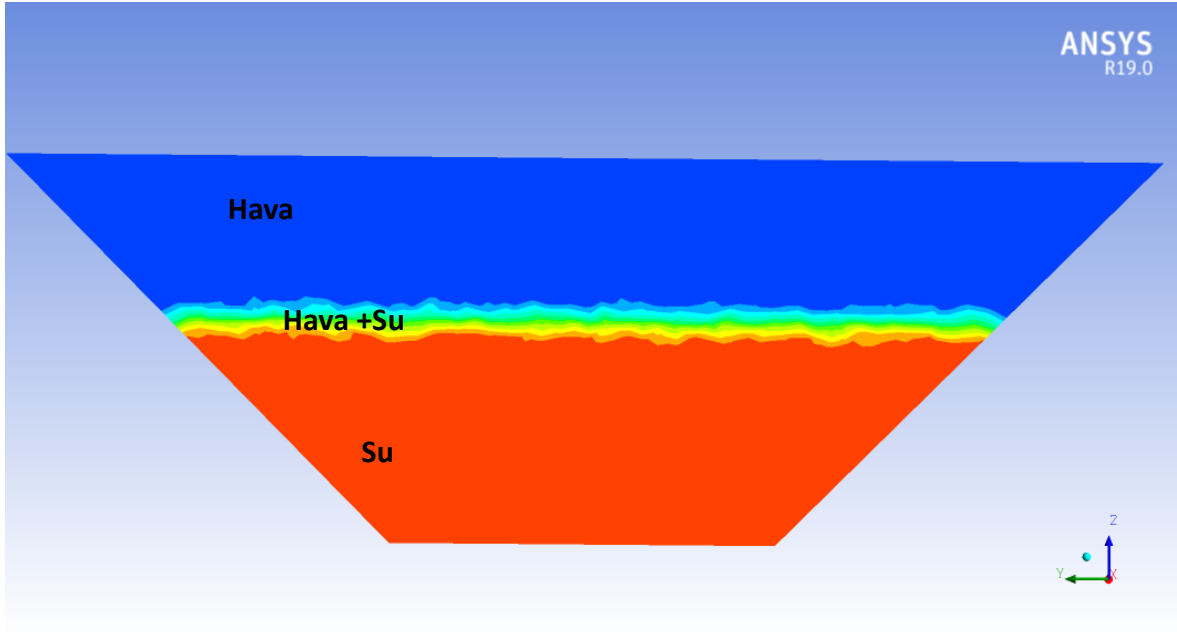
4.1. Modelleme

Modelleme yapılırken, batık kanatların konumları ve açıları, sınır şartları ve akış koşulları deney düzeneğindeki gibi tanımlanmıştır. Materyal ve yöntem kısmında anlatıldığı gibi öncelikle Gambit 2.2.30'te model geometrisi, mesh ve sınır şartları oluşturulmuş ve daha sonra Fluent 19.0 programlarında kullanılan metot (VOF metot) ve yöntem (k- ϵ yöntemi) gibi koşullar tanımlanarak açık kanal modelinin analizi başlatılmıştır. Şekil 4.1'de hızların incelendiği kesitler gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Kanaldaki hız ölçümü yapılan yüzeylerin gösterimi

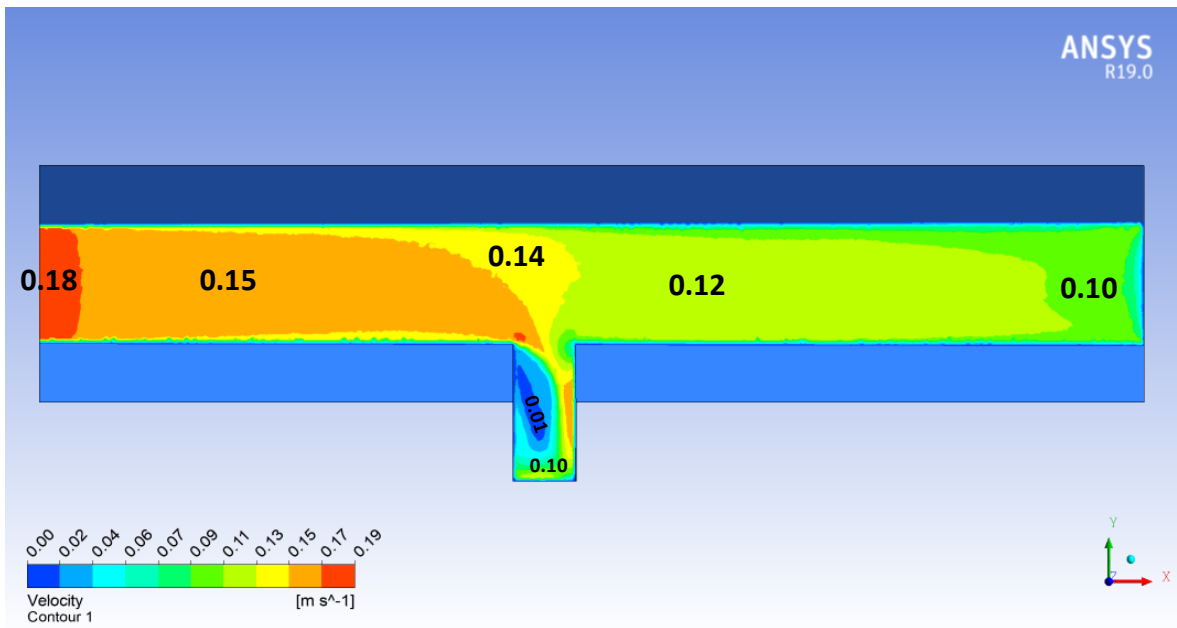
Açık kanalın YZ eksen kesitlerinden akış yönü doğrultusunda bakıldığında, hava ve su fazlarının ayrımı Şekil 4.2'de gösterilmiştir. Bu kesitte hava, su ve geçiş yüzeyi belirgin olarak görülmektedir.



Şekil 4.2. Faz ayrımlarının gösterimi

4.1.1. Batık Kanatsız Kanal Modeli

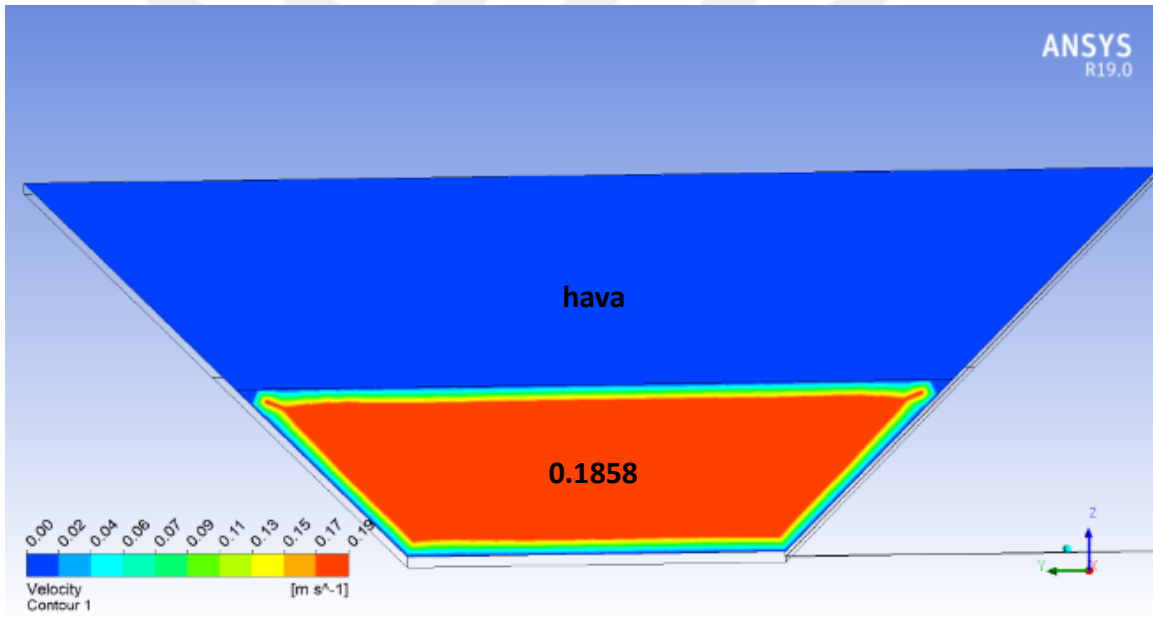
Batık kanat bulunmayan açık kanal sistemi modellenmiş ve tabandan 0,13 m yükseklikteki akış hızı analizi yapılmıştır. Kanatsız model de hız konturları Şekil 4.3'te gösterilmiştir.



Şekil 4.3. Kanatsız kanal modelinde hız konturları

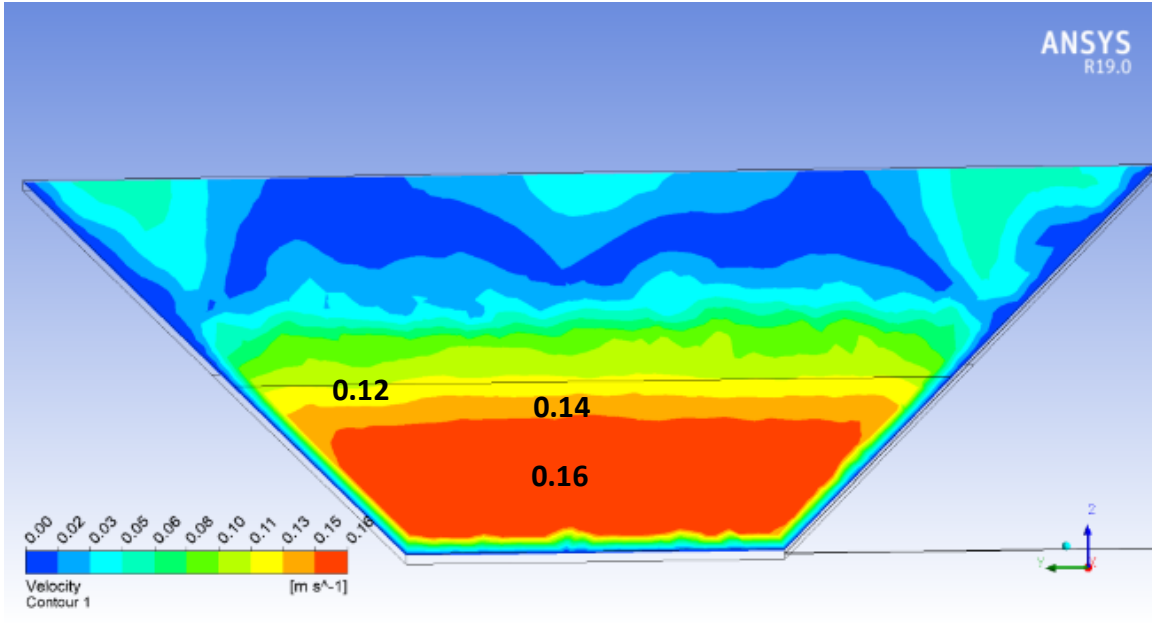
Hız konturlarına bakılarak ana kanaldan yan kanala geçiş bölgesinde hızın artış gösterdiği; ancak özellikle yan kanal içerisinde ve yan kanaldan sonraki ana kanal bölgesinde hız değerlerinin azaldığı görülmüştür. Batık kanat yapısı bulunmayan açık kanalın, başlangıç kısmı, başlangıçtan 1. metre, 2. metre, 3. metre, 4.6. metre, 5.1. metrelerdeki YZ eksenli kesiti, akış hızı konturları sırasıyla Şekil 4.4, Şekil 4.5, Şekil 4.6, Şekil 4.7, Şekil 4.8’de ayrıntılı olarak gösterilmiştir. Bu konumlardan kesit alınmasının nedeni deneylerde bu konumlarda hız ölçümlerini almış olmalarıdır.

Şekil 4.4’te başlangıç koşulları gösterilmiştir. İlk hızın 0.1858 m/s’lik değerle çıkışı gösterilmiştir. Kanal tabanından 0.23 m değerinde su yüksekliği mevcuttur. Suyun üzerinde kalan kısım ise hava olarak gösterilmektedir.



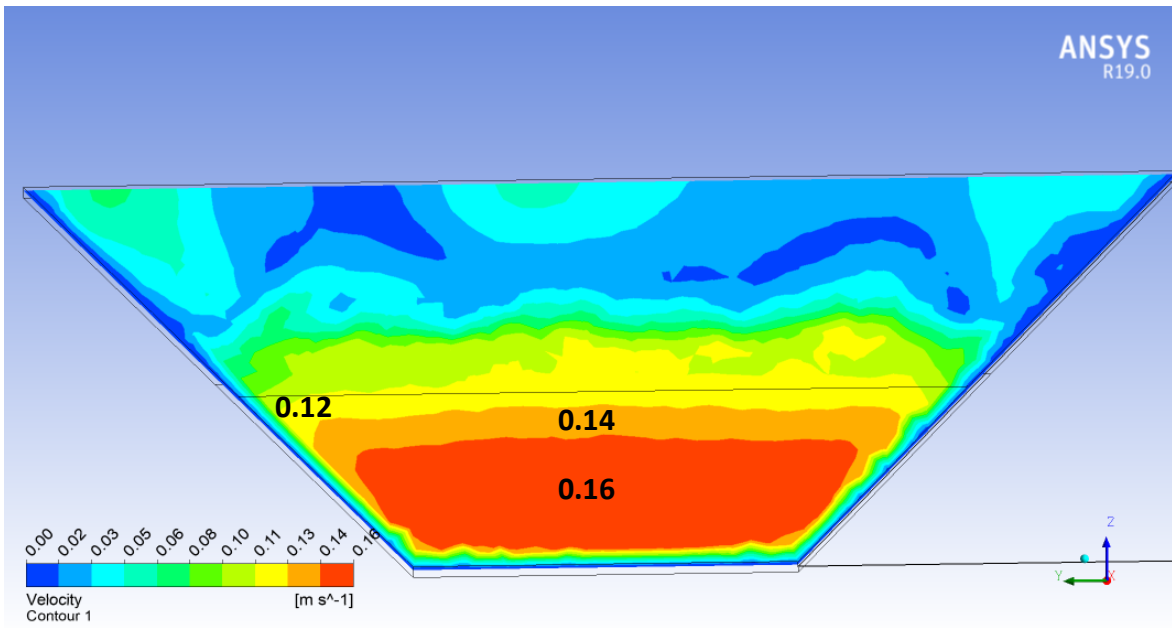
Şekil 4.4. Kanatsız kanalın başlangıçtaki hız konturları

Şekil 4.5’te başlangıçtan 1 metre uzaklıktaki hız konturlarında görüldüğü üzere hız, kanalın orta bölgesinde az miktarda azalma göstermiştir. Kanalın kenar ve suyun yüzey ve geçiş bölgelerinde azalmaya başladığı görülmektedir. Kesitteki hız değerleri Şekil 4.5’te gösterilmiştir.



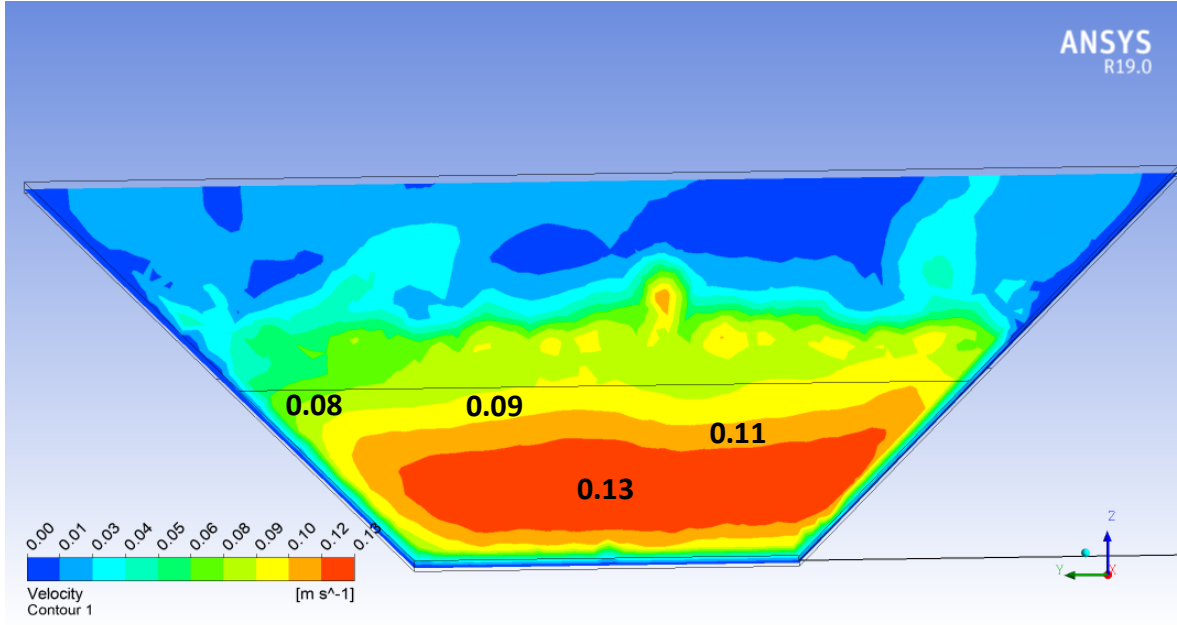
Şekil 4.5. Kanatsız kanalın 1. metresinde hız konturları

Şekil 4.6'da başlangıçtan 2 metre uzaklıktaki hız konturlarında görüldüğü üzere hız kanalın orta bölgesinde bulunan hız bölgesinde azalma göstermiştir. Kanalın kenar ve suyun yüzey bölgelerinde azalmaya başladığı görülmektedir. Kesitteki hız değerleri Şekil 4.6'da gösterilmiştir.



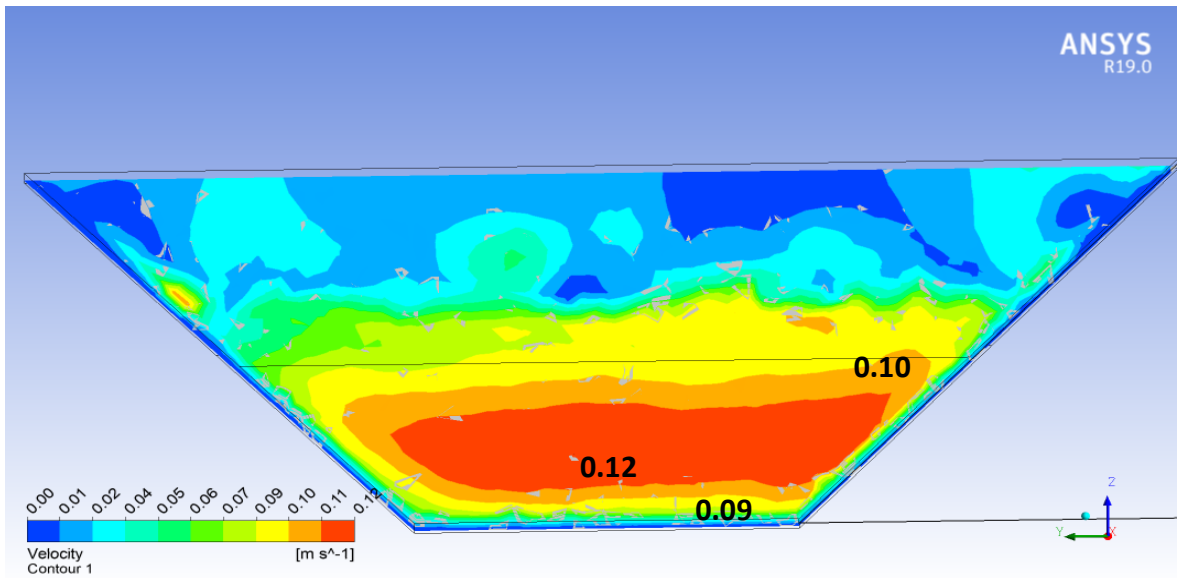
Şekil 4.6. Kanatsız kanalın 2. metresinde hız konturları

Şekil 4.7’de başlangıçtan 4.6. metrede görüldüğü üzere orta bölgedeki hız bölgesinde daralma açıkça görülmektedir. Kanal tabanı ve trapez kenarlarda azalmalar artış göstermiştir.



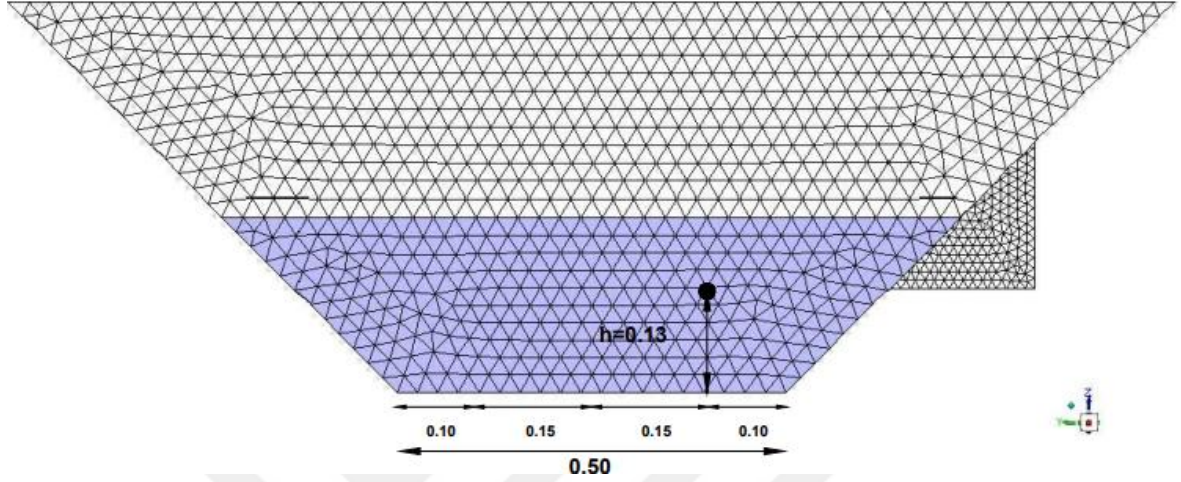
Şekil 4.7. Kanatsız kanalın 4.6. metresinde hız konturları

Şekil 4.8’de görüldüğü üzere 5.1. metrede, kanalın orta kısmında, kırmızı renkli hız bölgesi daralmaya devam etmiştir. Kanal tabanı ve trapez kenarlarda hız düşüşü görülmüştür.



Şekil 4.8. Kanatsız kanalın 5.1. metresinde modeldeki hız konturları

Batık kanat bulunmayan kanalda YZ kesitine bakıldığında, kanalın sağ bölgesinden alınan ve su yüksekliğinin 0.13 m olduğu ölçüm noktası Şekil 4.9’da gösterilmiştir.



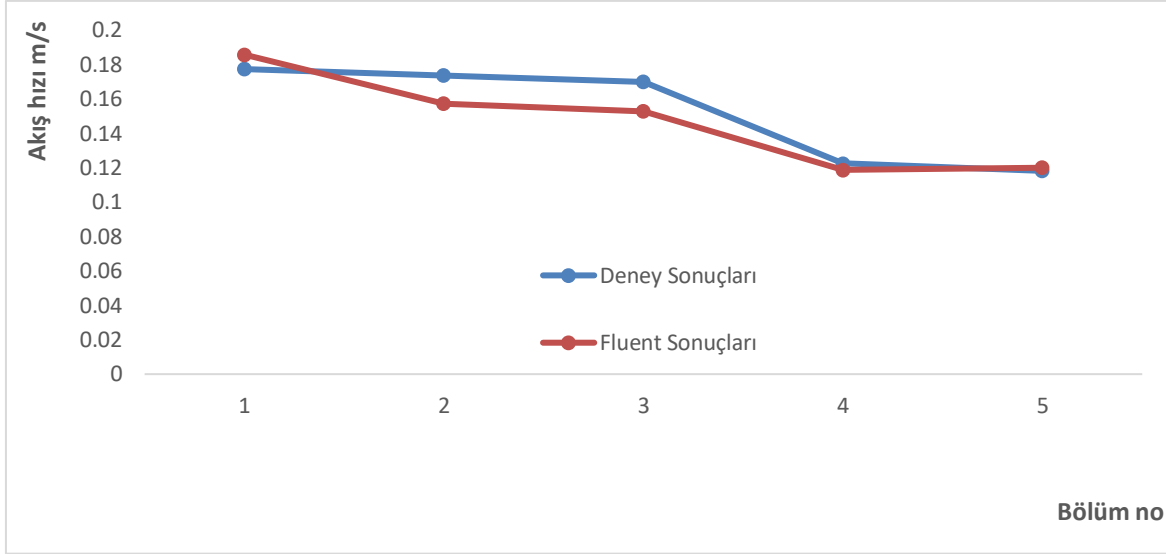
Şekil 4.9. Kanatsız kanal modelinde hız ölçümleri alınan kanalın sağ kısmı

Analiz sonucunda bulunan akış hızı değerleri kanalın sağ yanındaki bölge referans alınarak incelenmiş Çizelge 4.1’de gösterilmiştir. Daha önceki çalışmalarda yaptıkları deney sonuçları ile analiz sonuçları karşılaştırılmış ve hata oranları tespit edilmiştir.

Çizelge 4.1. Kanat bulunmayan kanalın sağ kısmında, deney ve analizin akış hızı değerleri

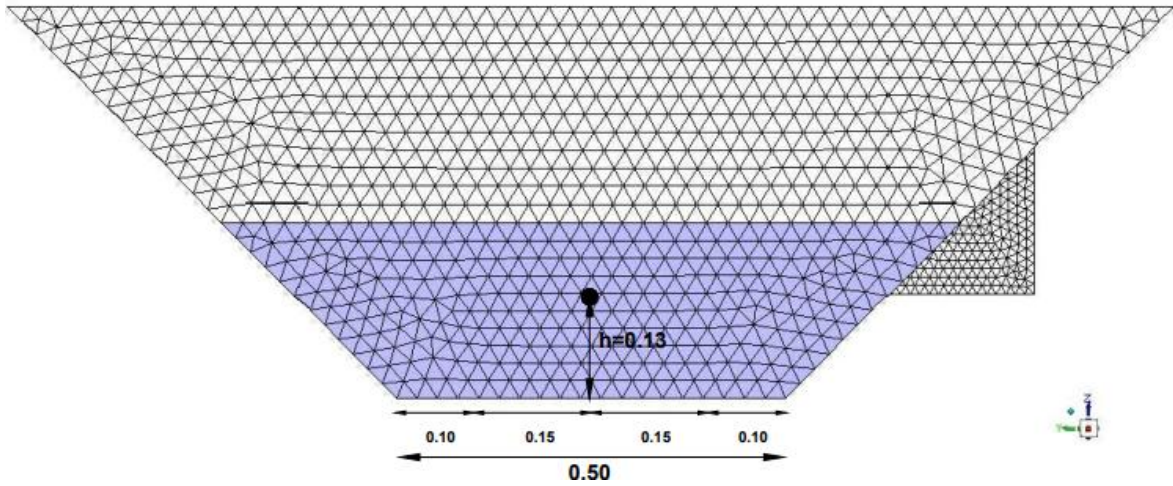
x yönünde konum (m)	y yönünde konum (m)	z yönünde konum (m)	Deney Sonuçları (m/s)	Fluent 19.0 (HAD) Sonuçları (m/s)	Hata (%)
0	0,1	0,13	0,1774	0,1858	4,74
1	0,1	0,13	0,1737	0,1573	9,44
2	0,1	0,13	0,1701	0,1528	10,17
4,6	0,1	0,13	0,1225	0,1188	3,02
5,1	0,1	0,13	0,1182	0,1202	1,69

Bu çizelgenin sonuçlarına göre batık kanat bulunmayan açık kanal sisteminin sağ yanındaki bölgede, deneyde bulunan ve Fluent 19.0’da bulunan akış hızı sonuçları Şekil 4.10’da grafik olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.10. Kanat bulunmayan kanalın sağ kısmındaki deney ve analiz sonuçları

Kanatsız deney kanalında kanal tabanına YZ kesitinden bakıldığında, kanalın orta bölgesinden alınan ve su yüksekliğinin 0.13 m olduğu ölçüm noktası Şekil 4.11’de gösterilmiştir.



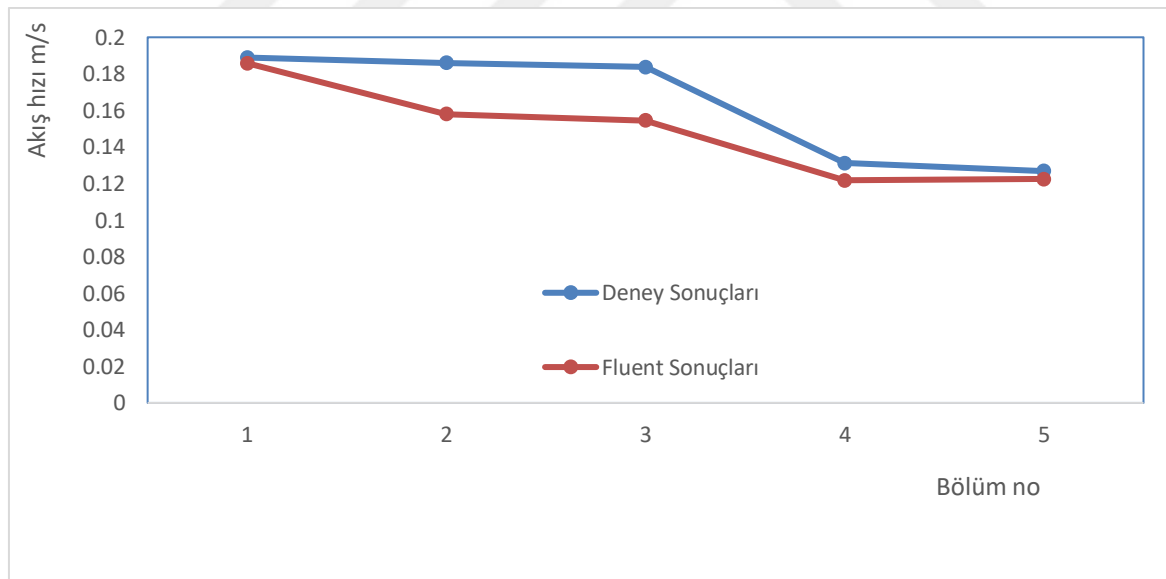
Şekil 4.11. Kanatsız kanal modelinde hız ölçümleri alınan kanalın orta kısmı

Batık kanat bulunmayan açık kanalın analiz sonucunda bulunan akış hızı değerleri kanalın orta bölgesi referans alınarak incelenmiş, Çizelge 4.2’de gösterilmiştir. Deneyde gözlemlenen sonuçlar ile analiz sonuçları karşılaştırılmış ve hata oranları tespit edilmiştir.

Çizelge 4.2. Kanat bulunmayan kanalın orta kısmında, deney ve analizin akış hızı değerleri

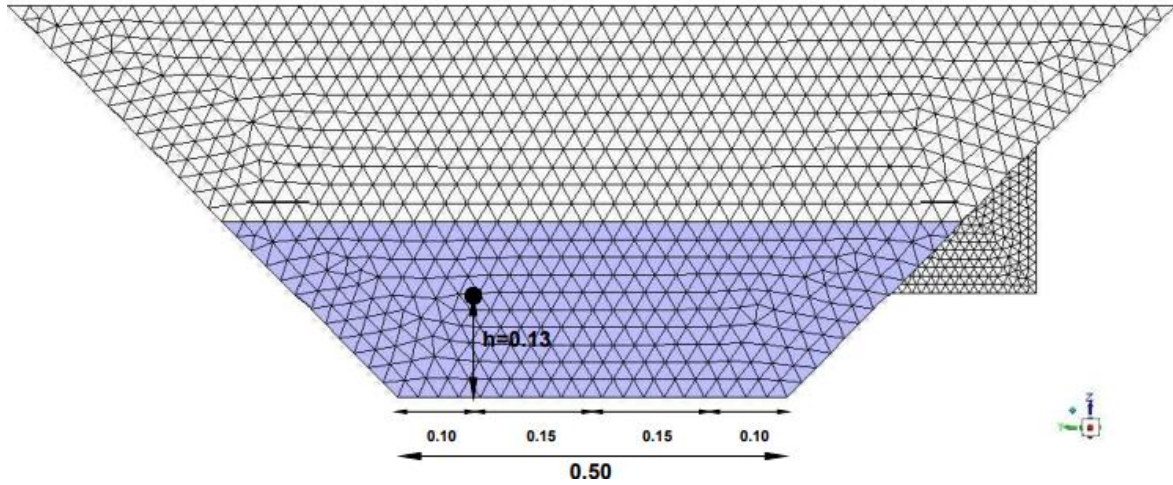
x yönünde konum (m)	y yönünde konum (m)	z yönünde konum (m)	Deney Sonuçları (m/s)	Fluent 19.0 (HAD) Sonuçları (m/s)	Hata (%)
0	0,25	0,13	0,1889	0,1858	1,64
1	0,25	0,13	0,186	0,158	15,05
2	0,25	0,13	0,1838	0,1544	16,00
4,6	0,25	0,13	0,1312	0,1218	7,16
5,1	0,25	0,13	0,1268	0,1224	3,47

Çizelge 4.2'ye göre batık kanat bulunmayan açık kanal sisteminin orta bölgede, deneyde bulunan ve Fluent 19.0'da bulunan akış hızı sonuçları Şekil 4.12'de grafik olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.12. Kanat bulunmayan kanalın orta kısmındaki deney ve analiz sonuçları

Kanatsız deney kanalında kanal tabanına YZ kesitinden bakıldığında, kanalın sol bölgesinden alınan ve su yüksekliğinin 0.13 m olduğu ölçüm noktası Şekil 4.13'te gösterilmiştir.



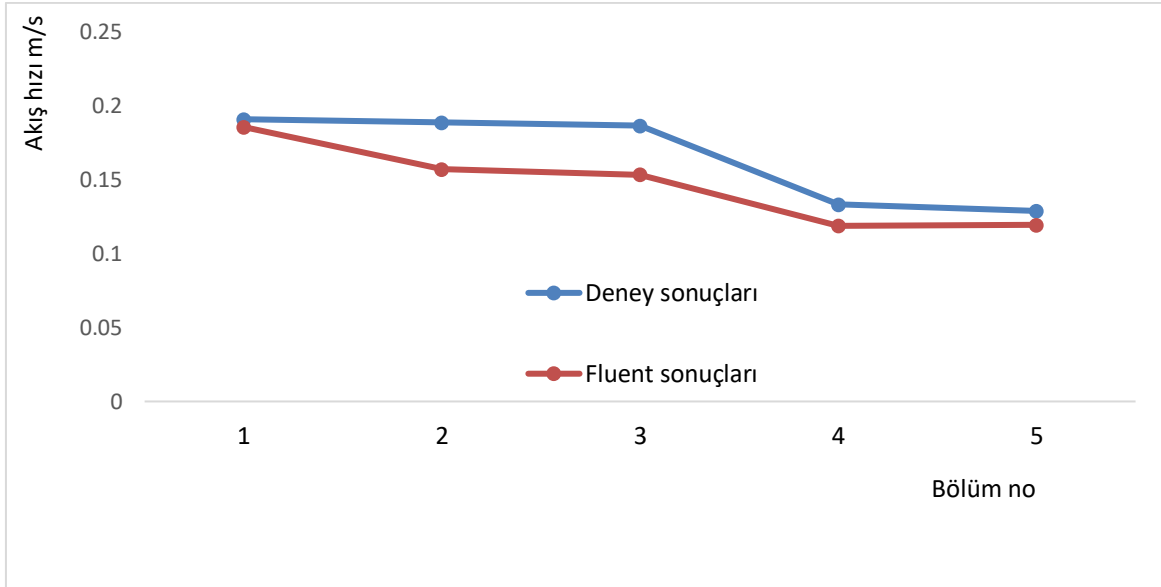
Şekil 4.13. Kanatsız kanal modelinde hız ölçümleri alınan kanalın sol kısmı

Batık kanat bulunmayan açık kanalın analiz sonucunda bulunan akış hızı değerleri kanalın sol yanındaki bölge referans alınarak incelenmiş Çizelge 4.3’de gösterilmiştir. Deneyde gözlemlenen sonuçlar ile analiz sonuçları karşılaştırılmış ve hata oranları tespit edilmiştir.

Çizelge 4.3. Kanat bulunmayan kanalın sol kısmında, deney ve analizin akış hızı değerleri

x yönünde konum (m)	y yönünde konum (m)	z yönünde konum (m)	Deney Sonuçları (m/s)	Fluent 19.0 (HAD) Sonuçları (m/s)	Hata (%)
0	0,4	0,13	0,1911	0,1858	2,77
1	0,4	0,13	0,1889	0,1572	16,78
2	0,4	0,13	0,1867	0,1536	17,73
4,6	0,4	0,13	0,1333	0,1189	10,80
5,1	0,4	0,13	0,129	0,1194	7,44

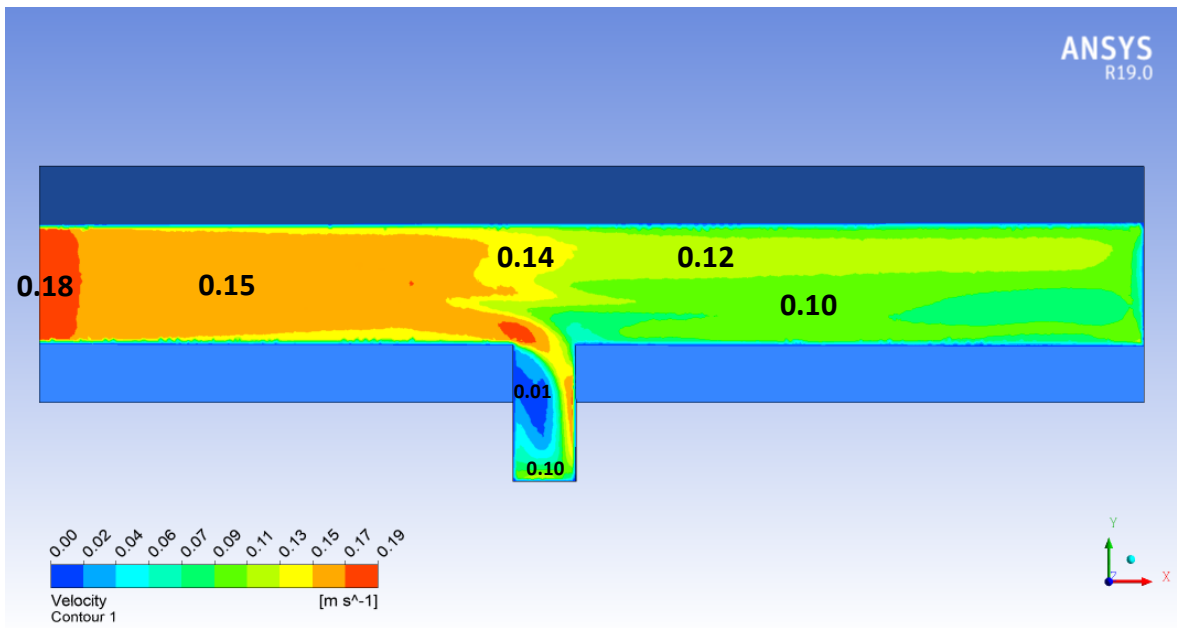
Çizelge 4.3’e göre batık kanat bulunmayan açık kanal sisteminin sol bölgesinde, deneyde bulunan ve Fluent 19.0’da bulunan akış hızı sonuçları Şekil 4.14’te grafik olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.14. Kanat bulunmayan kanalın sol kısmındaki deney ve analiz sonuçları

4.1.2. Batık Kanatların 20° Açılı ile Kanala Yerleştirilmesi

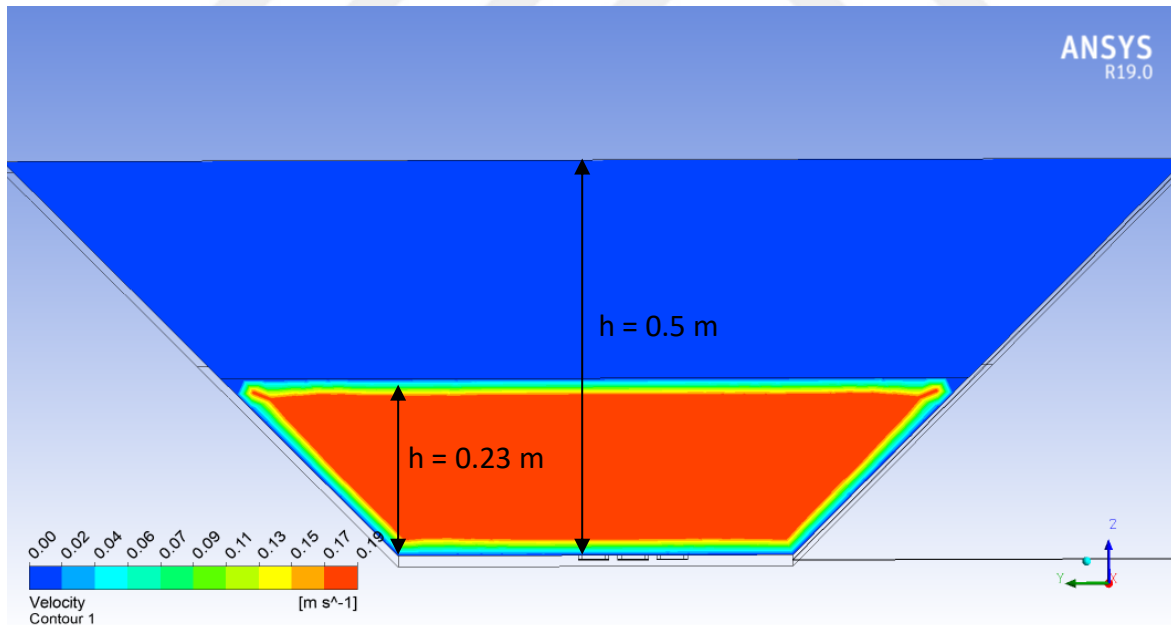
Batık kanatlar kanal içerisinde 20°'lik açılılarla yerleştirilerek açık kanal sistemi modellenmiş ve tabandan 0,13m yükseklikteki akış hızı analizi yapılmıştır. 20 ° açılıyla yerleştirilmiş batık kanatlı modelde hız konturları Şekil 4.15'te gösterilmiştir.



Şekil 4.15. Kanatların 20° açılı yerleştirilmesi sonucu kanal modelinde hız konturları

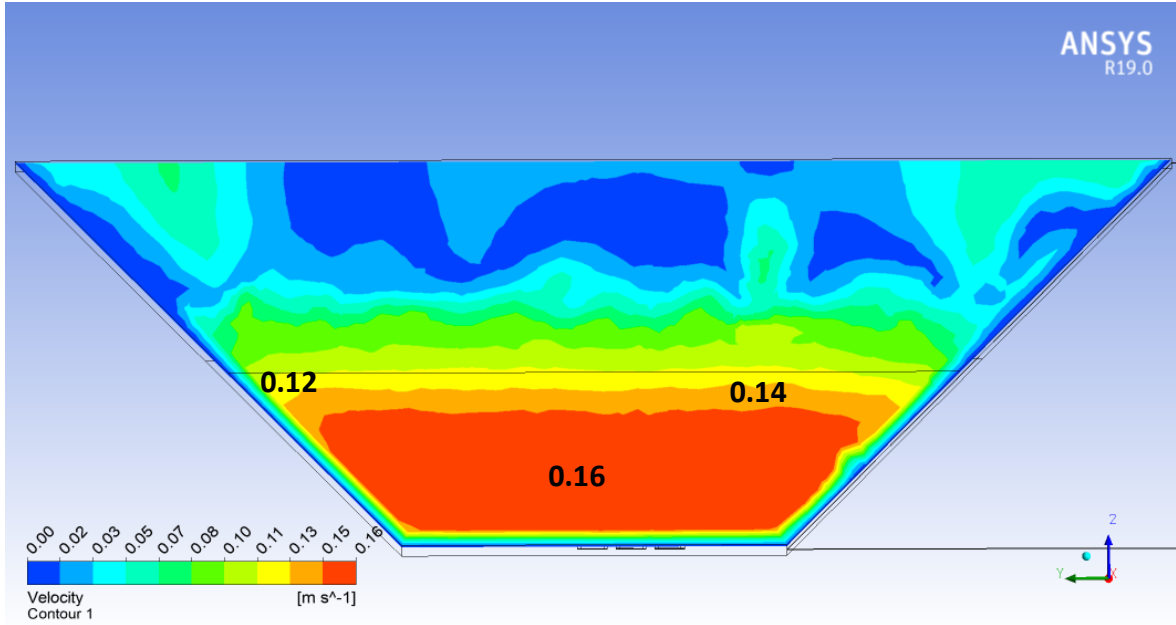
Kanatların başladığı bölgede akış hızı ani olarak azalmış ve akış yan kanal geçiş bölgesine doğru hızlanmıştır. Hız konturlarına bakılarak ana kanaldan yan kanala geçiş bölgesinde hızın kanat bulunmayan kanala göre daha da fazla artış gösterdiği görülmüştür. Yine kanatsız kanalda olduğu gibi özellikle yan kanal içerisinde ve yan kanaldan sonraki ana kanal bölgesinde hız değerlerinin azaldığı görülmüştür. Analiz sonucunda bulunan akış hızı değerleri kanalın sağ yanındaki bölge referans alınarak incelenmiş, Çizelge 4.4'te gösterilmiştir. Deneyde gözlemlenen sonuçlar ile analiz sonuçları karşılaştırılmış ve hata oranları tespit edilmiştir. Batık kanat yapılarının 20° açıyla konumlandırıldığı açık kanalın başlangıç kısmı, başlangıçtan 1. metre, 2. metre, 3. metre, 4.6. metre, 5.1. metrelerdeki YZ kesiti akış hızı konturları sırasıyla Şekil 4.16, Şekil 4.17, Şekil 4.18, Şekil 4.19, Şekil 4.20 de ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

Şekil 4.16'da başlangıç koşulları gösterilmiştir. İlk hızın 0.1858 m/s 'lik değerle çıkışı gösterilmiştir. Kanal tabanından 0.23 m değerinde su yüksekliği mevcuttur. Su yüzeyinin üzerinde kalan kısım ise hava olarak gösterilmektedir.



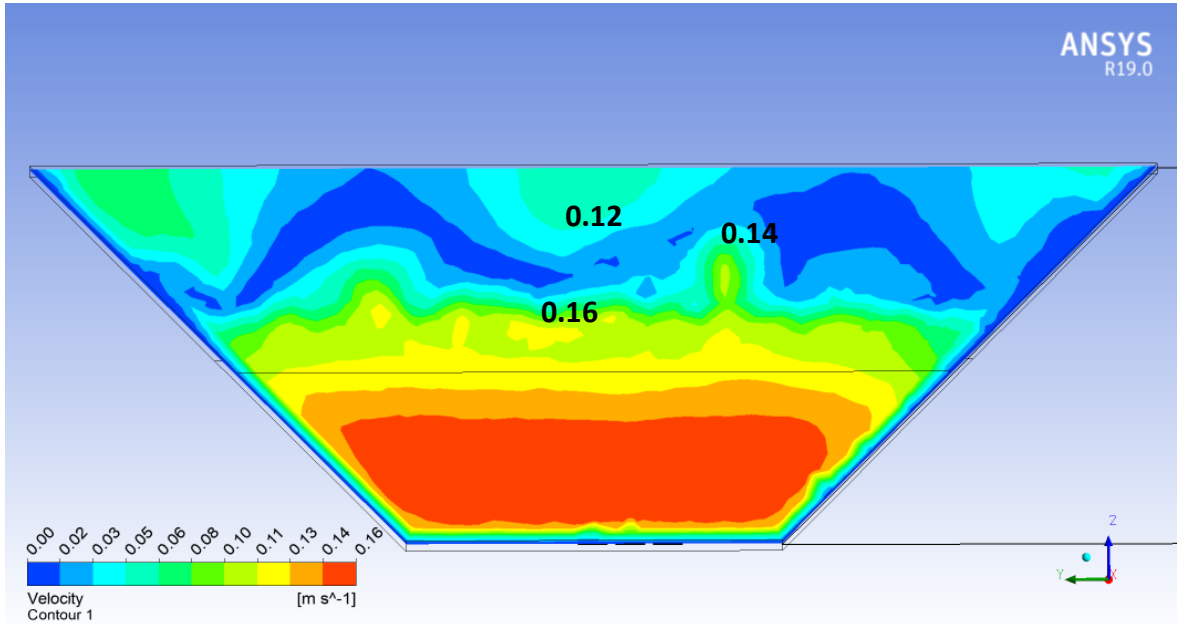
Şekil 4.16. Kanatların 20° olduğu kanalın başlangıçtaki hız konturları

Şekil 4.17'de kanalın başlangıç noktasından 1 metre uzaklıktaki hız konturları gösterilmiştir. Açık kanalın orta bölgesinde kontur renginin kırmızı olduğu bölgede akış hızında azalmalar görülmektedir.



Şekil 4.17. Kanatların 20° olduğu kanalın 1. metresinde modeldeki hız konturları

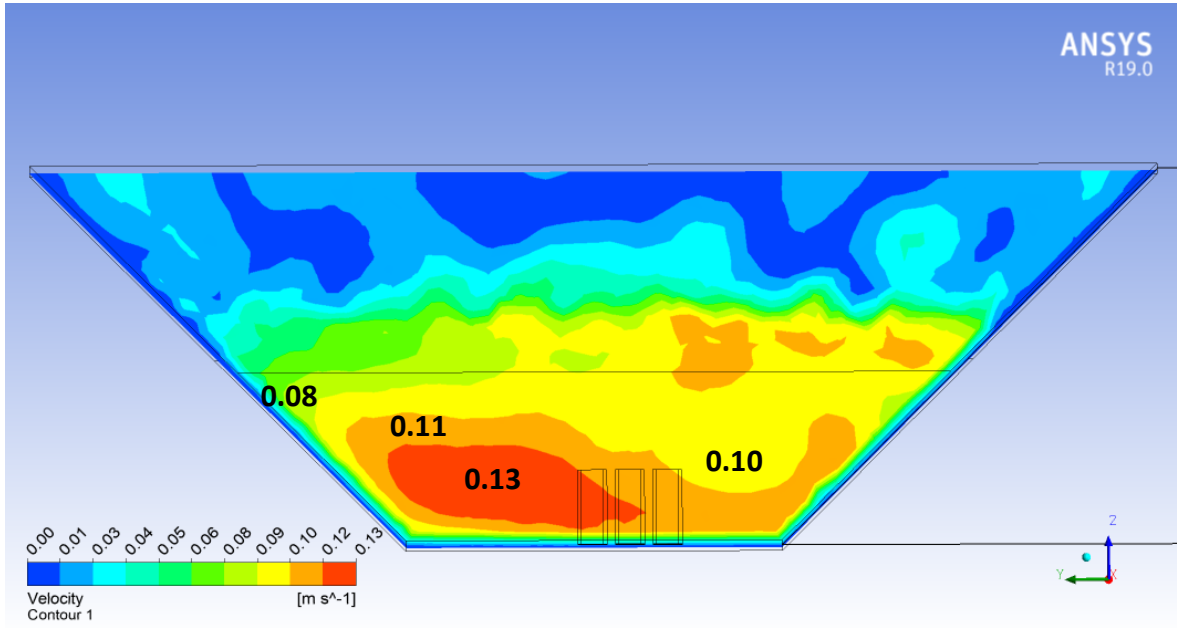
Şekil 4.18'de kanalın başlangıç noktasından 2 metre uzaklıktaki hız konturları gösterilmiştir. Ayrıca kanalın orta bölgesinde kontur renginin kırmızı olduğu bölgede hız azalmalarının devam ettiği görülmektedir.



Şekil 4.18. Kanatların 20° olduğu kanalın 2. metresinde modeldeki hız konturları

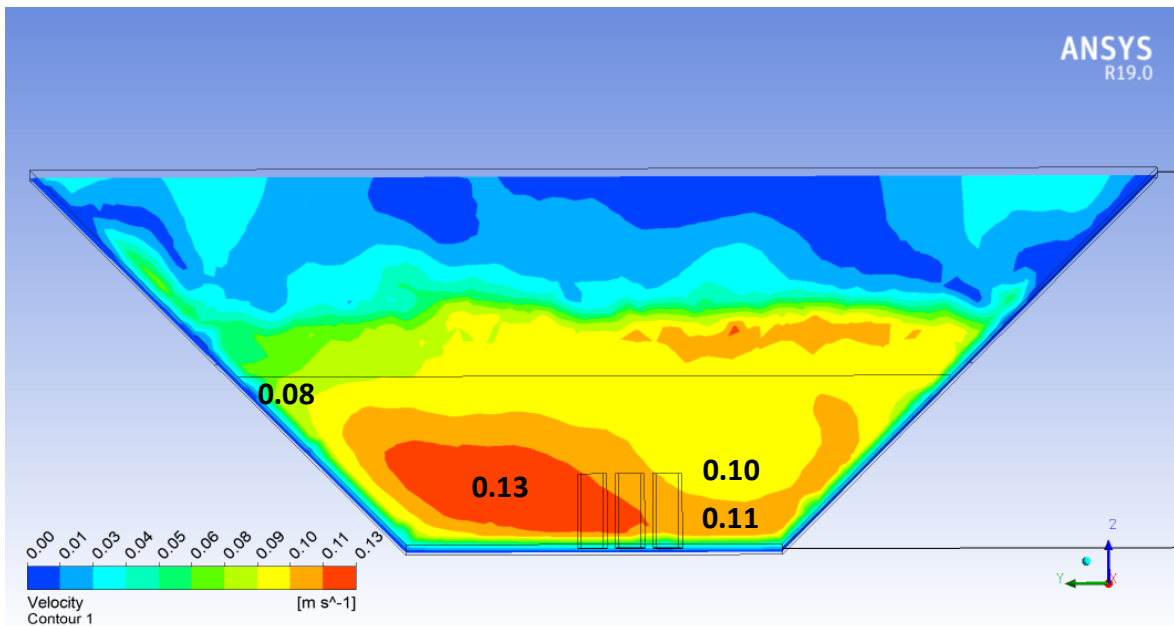
Şekil 4.19'da başlangıçtan 4.6. metrede görüldüğü üzere orta bölgedeki hız bölgesinde

daralma görülmektedir. Kanal tabanı ve trapez kenarlarda ve özellikle YZ kesitine akış yönünde bakıldığında sağ yan kısımda batık kanatların hızı azalttığı açıkça gösterilmiştir.



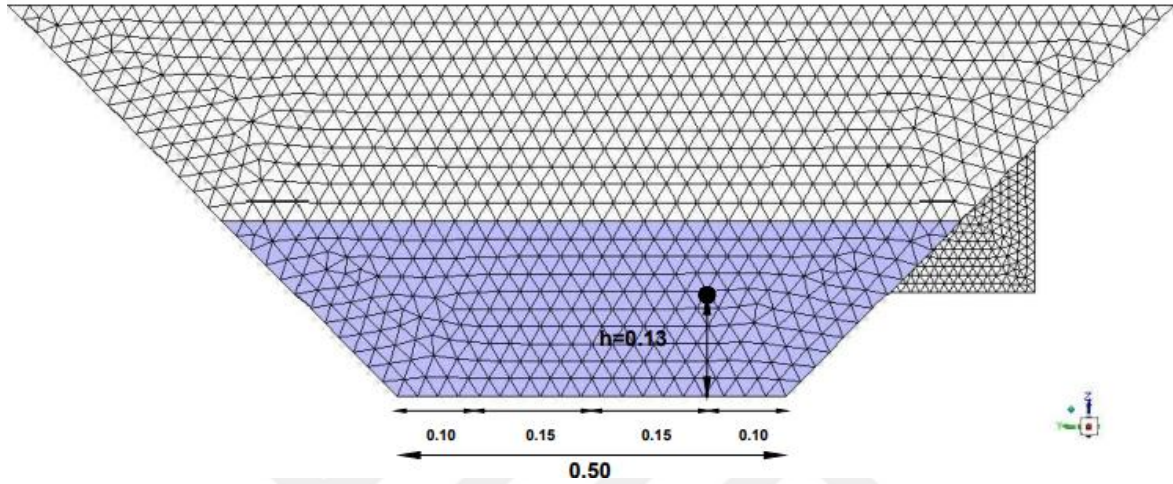
Şekil 4.19. Kanatların 20° olduğu kanalın 4.6. metresinde modeldeki hız konturları

Şekil 4.20’de başlangıçtan 5.1. metrede görüldüğü üzere orta bölgedeki akış hız bölgesi 4.6. metredeki değerlere yakın gözlenmiştir. Hız değerlerinde az da olsa 4.6. metredeki değerlere göre azalma görülmüştür.



Şekil 4.20. Kanatların 20° olduğu kanalın 5.1. metresinde modeldeki hız konturları

Batık kanatların 20° açılı bulunduğu kanalda YZ kesitine bakıldığında, kanalın sağ bölgesinden alınan ve su yüksekliğinin 0.13 m olduğu ölçüm noktası Şekil 4.21’de gösterilmiştir.

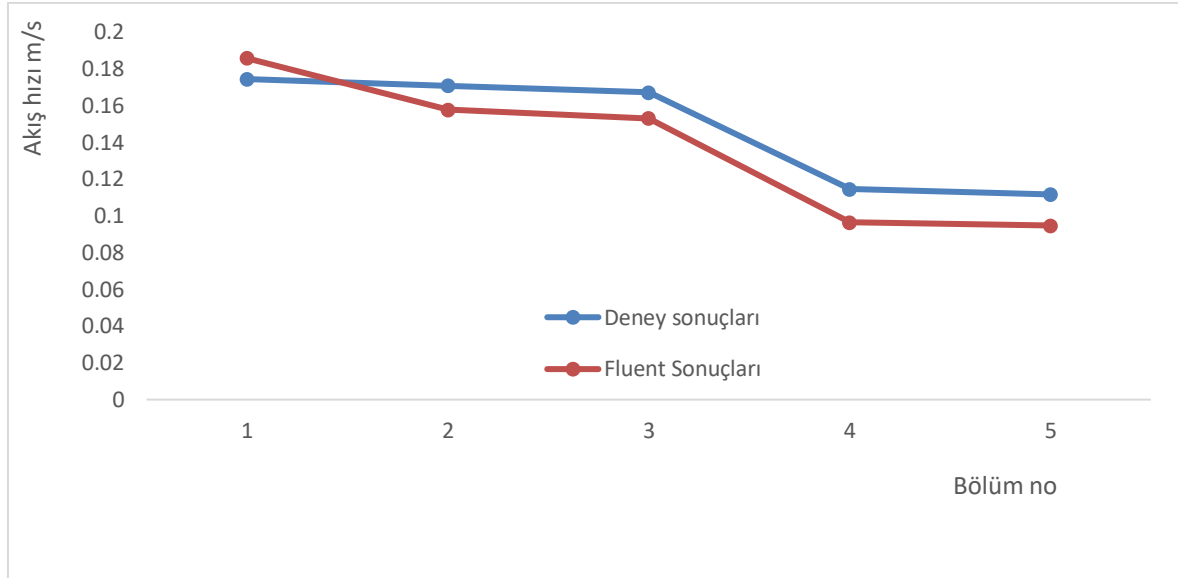


Şekil 4.21. Kanatların 20° açılı bulunduğu modelde hız ölçümleri alınan kanalın sağ kısmı

Çizelge 4.4. Kanatların 20° açılı bulunduğu kanalın sağ kısmında, deney ve analizin akış hızı değerleri

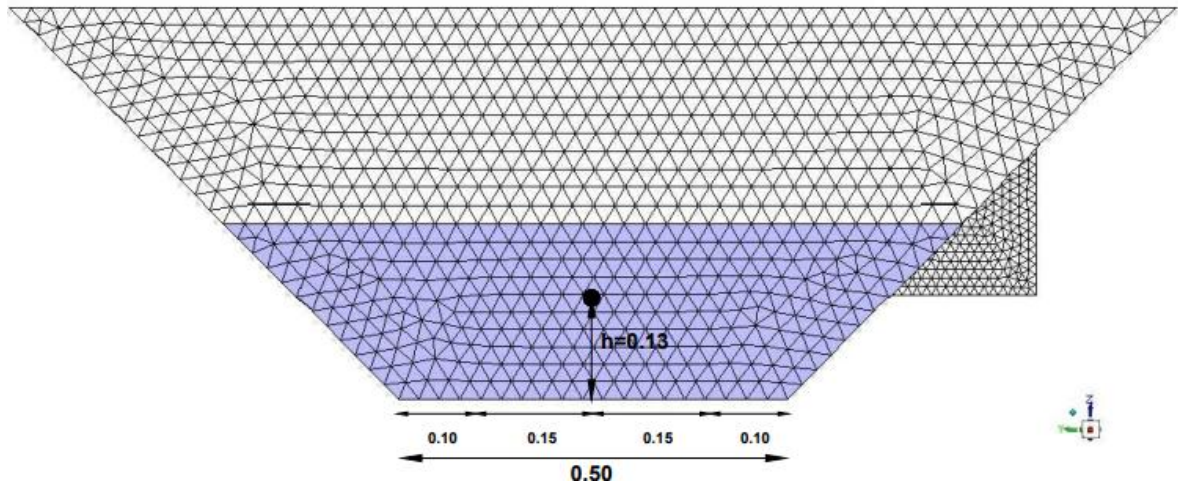
x yönünde konum (m)	y yönünde konum (m)	z yönünde konum (m)	Deney Sonuçları (m/s)	Fluent 19.0 (HAD) Sonuçları (m/s)	Hata (%)
0	0,1	0,13	0,1745	0,1858	6,48
1	0,1	0,13	0,1709	0,1578	7,67
2	0,1	0,13	0,1673	0,1531	8,49
4,6	0,1	0,13	0,1146	0,0964	15,88
5,1	0,1	0,13	0,1117	0,0948	15,13

Çizelge 4.4’e göre batık kanatların 20° açılarla yerleştirildiği açık kanal sisteminin sağ bölgesinde, deneyde bulunan ve Fluent 19.0’da bulunan akış hızı sonuçları Şekil 4.22’de grafik olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.22. 20° açılı kanatların bulunduğu kanalın sağ kısmındaki deney ve analiz sonuçları

Batık kanatların 20° açılı bulunduğu kanalda YZ kesitine bakıldığında, kanalın orta bölgesinden alınan ve su yüksekliğinin 0.13 m olduğu ölçüm noktası Şekil 4.23'te gösterilmiştir.



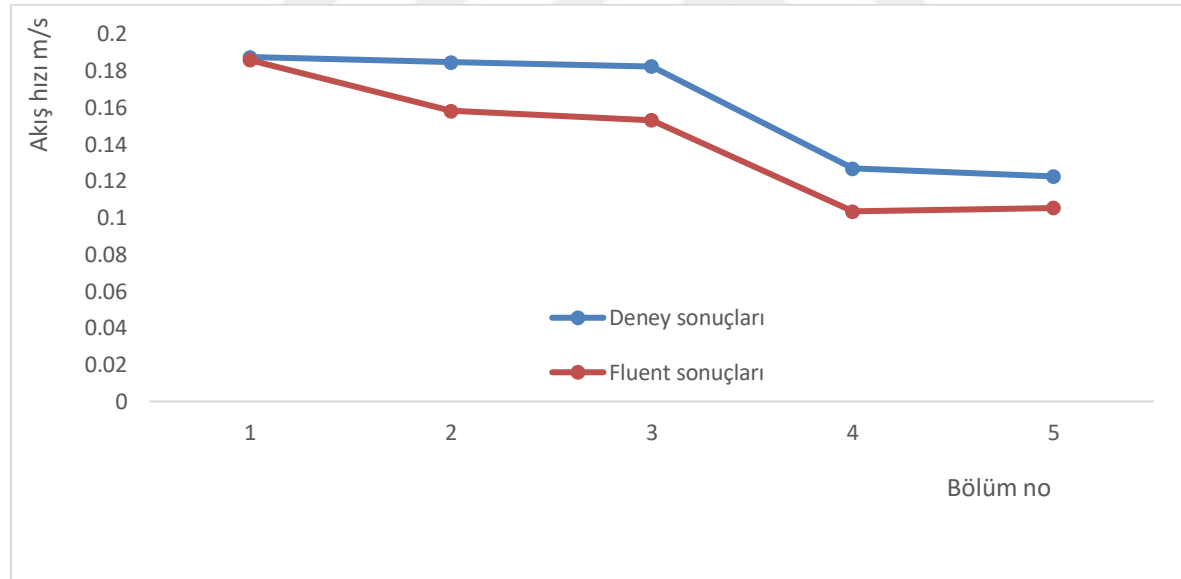
Şekil 4.23. Kanatların 20° açılı bulunduğu modelde hız ölçümleri alınan kanalın orta kısmı

Batık kanatlar kanal içerisinde 20°'lik açılarla yerleştirilerek açık kanal sisteminin analizi sonucunda bulunan akış hızı değerleri kanalın orta bölgesi referans alınarak incelenmiş, Çizelge 4.5'te gösterilmiştir. Deneyde gözlemlenen sonuçlar ile analiz sonuçları karşılaştırılmış ve hata oranları tespit edilmiştir.

Çizelge 4.5. Kanatların 20° açılı bulunduğu kanalın orta kısmında, deney ve analizin akış hızı değerleri

x yönünde konum (m)	y yönünde konum (m)	z yönünde konum (m)	Deney Sonuçları (m/s)	Fluent 19.0 (HAD) Sonuçları (m/s)	Hata (%)
0	0,25	0,13	0,1875	0,1858	0,91
1	0,25	0,13	0,1846	0,1581	14,36
2	0,25	0,13	0,1824	0,1532	16,01
4,6	0,25	0,13	0,1268	0,1035	18,38
5,1	0,25	0,13	0,1225	0,1053	14,04

Çizelge 4.5'e göre batık kanatların 20° açılarla yerleştirildiği açık kanal sisteminin orta bölgesinde, deneyde bulunan ve Fluent 19.0'da bulunan akış hızı sonuçları Şekil 4.24'te grafik olarak gösterilmiştir.

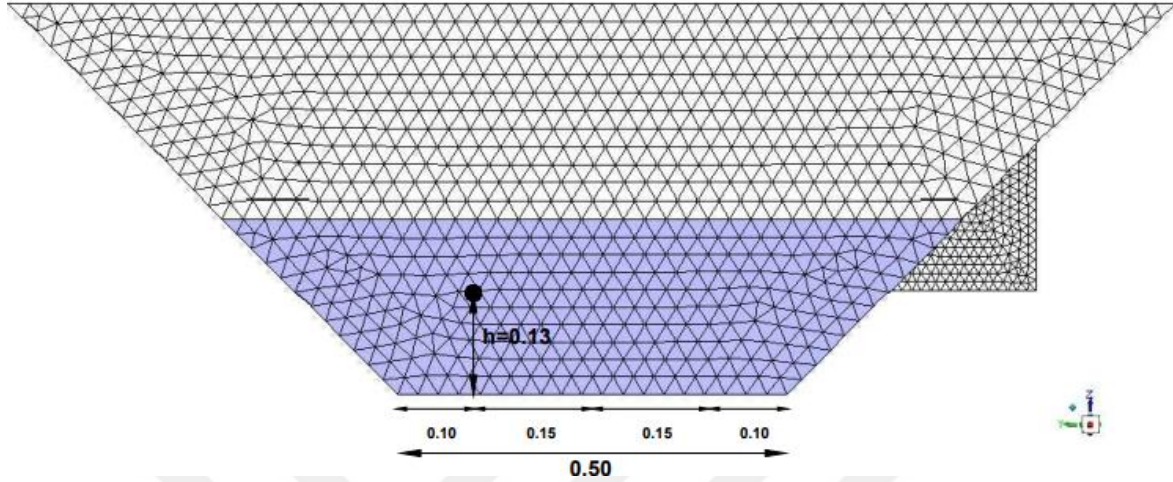


Şekil 4.24. 20° açılı kanatların bulunduğu kanalın orta kısmındaki deney ve analiz sonuçları

Batık kanatlar kanal içerisinde 20°'lik açılarla yerleştirilerek açık kanal sisteminin analizi sonucunda bulunan akış hızı değerleri kanalın sol yanındaki bölge referans alınarak incelenmiş, Çizelge 4.6'da gösterilmiştir. . Deneyde gözlemlenen sonuçlar ile analiz sonuçları karşılaştırılmış ve hata oranları tespit edilmiştir.

Batık kanatların 20° açılı bulunduğu kanalda YZ kesitine bakıldığında, kanalın sol

bölgesinden alınan ve su yüksekliğinin 0.13 m olduğu ölçüm noktası Şekil 4.25'te gösterilmiştir.

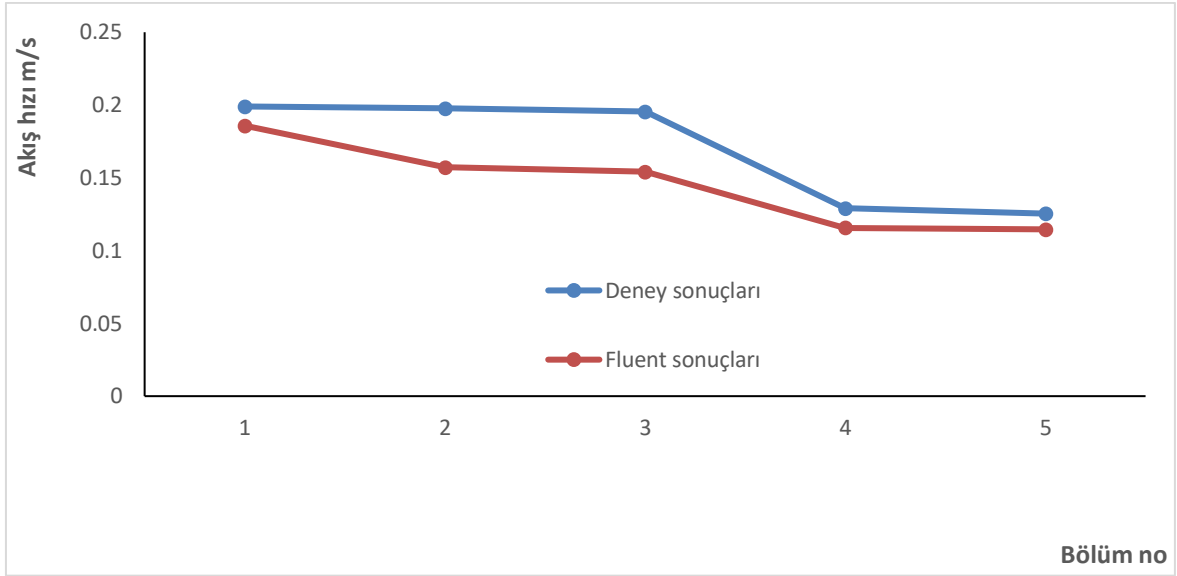


Şekil 4.25. Kanatların 20° açılı bulunduğu modelde hız ölçümleri alınan kanalın sol kısmı

Çizelge 4.6. Kanatların 20° açılı bulunduğu kanalın sol kısmında, deney ve analizin akış hızı değerleri

x yönünde konum (m)	y yönünde konum (m)	z yönünde konum (m)	Deney Sonuçları (m/s)	Fluent 19.0 (HAD) Sonuçları (m/s)	Hata (%)
0	0,4	0,13	0,199	0,1858	6,63
1	0,4	0,13	0,1976	0,1572	20,45
2	0,4	0,13	0,1954	0,154	21,19
4,6	0,4	0,13	0,129	0,1157	10,31
5,1	0,4	0,13	0,1254	0,1146	8,61

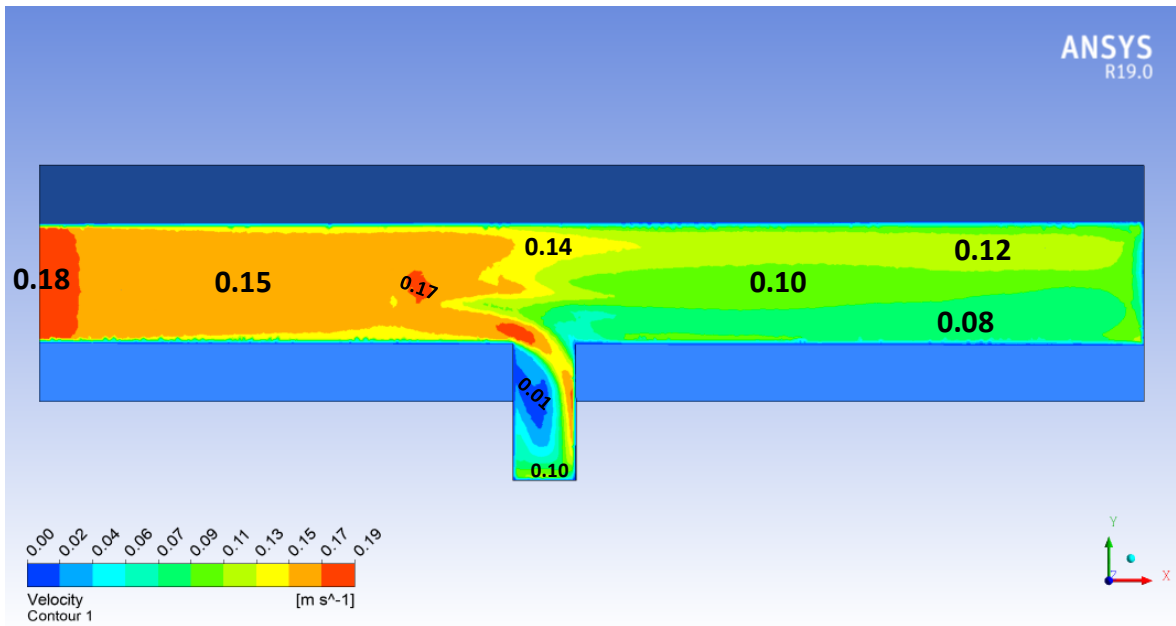
Çizelge 4.6'ya göre batık kanatların 20° açılarla yerleştirildiği açık kanal sisteminin sol bölgesinde, deneyde bulunan ve Fluent 19.0'da bulunan akış hızı sonuçları Şekil 4.26'da grafik olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.26. 20° açılı kanatların bulunduğu kanalın sol kısmındaki deney ve analiz sonuçları

4.1.3. Batık Kanatların 30° Açılı ile Kanala Yerleştirilmesi

Batık kanatlar kanal içerisinde 30°'lik açılarla yerleştirilerek açık kanal sistemi modellenmiş ve tabandan 0.13m yükseklikteki akış hızı analizi yapılmıştır. 30° açılıyla yerleştirilmiş batık kanatlı modelde hız konturları Şekil 4.27'de gösterilmiştir.

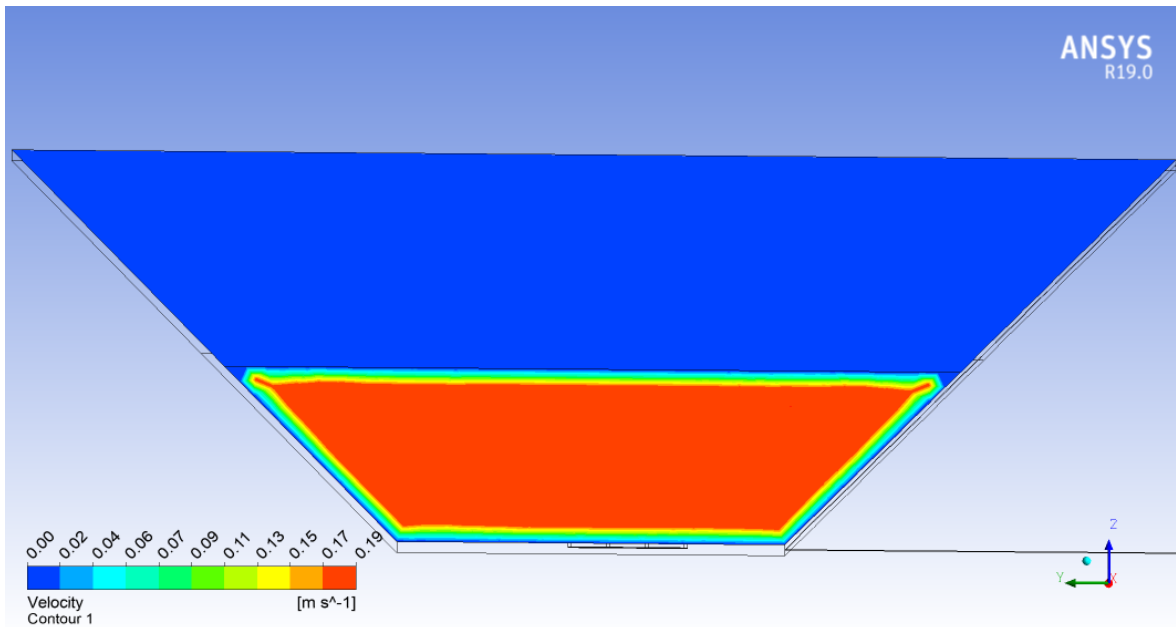


Şekil 4.27. Kanatların 30° açılı yerleştirilmesi sonucu kanal modelinde hız konturları

Kanatların başladığı konumda akış hızı küçük bir bölgede artış göstermiş daha sonra ani olarak azalmıştır. Hız konturlarına bakıldığında 30° açılı batık kanatların akış hızını azaltma etkisi 20° açılı batık kanatların akış hızını azaltma etkisinden daha fazla olduğu görülmüştür. Akış, 20° açılı batık kanatlarda olduğu gibi ana kanaldan yan kanala geçiş noktasında hızlanmıştır. Bu noktada akış hızı ve hızlanma alanı 20° açılı batık kanatların durumu ile benzerlik göstermektedir. Yan kanala bakıldığında ise 20° açılı batık kanatların durumuna benzer, özellikle yan kanal içerisinde ve yan kanaldan sonraki ana kanal bölgesinde hız değerlerinin azaldığı görülmüştür.

Batık kanat yapılarının 30° açıyla konumlandırıldığı açık kanalın başlangıç kısmı, başlangıçtan 1. metre, 2. metre, 3. metre, 4.6. metre, 5.1. metrelerdeki YZ kesiti akış hızı konturları sırasıyla Şekil 4.28, Şekil 4.29, Şekil 4.30, Şekil 4.31, Şekil 4.32 de ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

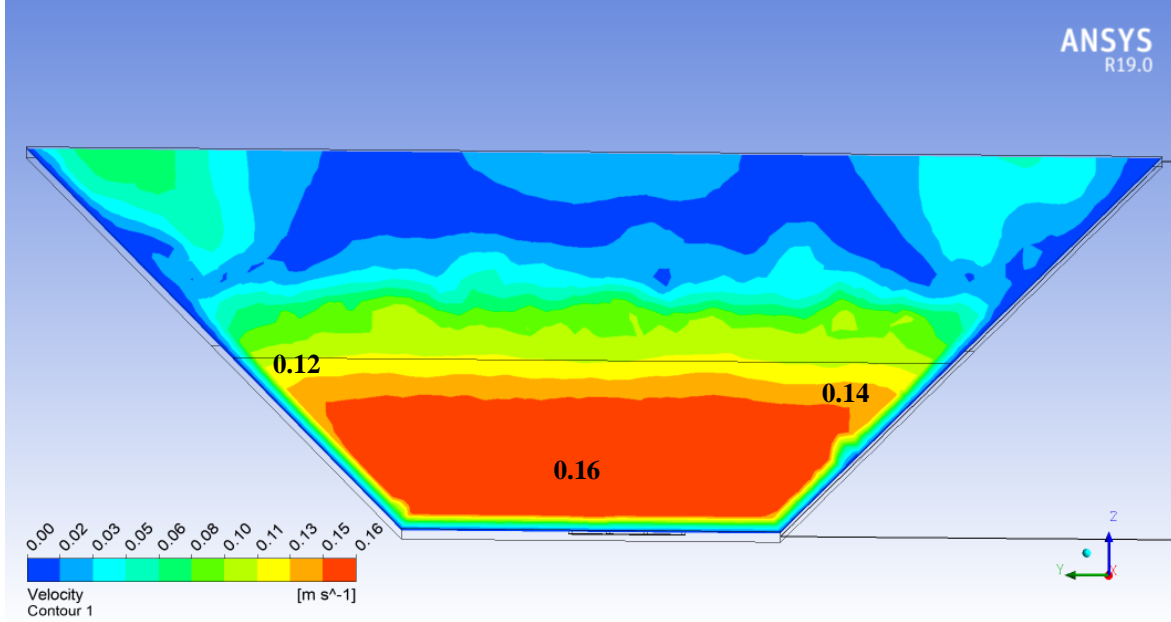
Şekil 4.28’de başlangıç koşulları gösterilmiştir. İlk hızın 0.1858 m/s ’lik değerle çıkışı gösterilmiştir. Kanal tabanından 0.23 m değerinde su yüksekliği mevcuttur. Su yüzeyinin üzerinde kalan kısım ise hava olarak gösterilmektedir.



Şekil 4.28. Kanatların 30° olduğu kanalın başlangıç noktasındaki hız konturları

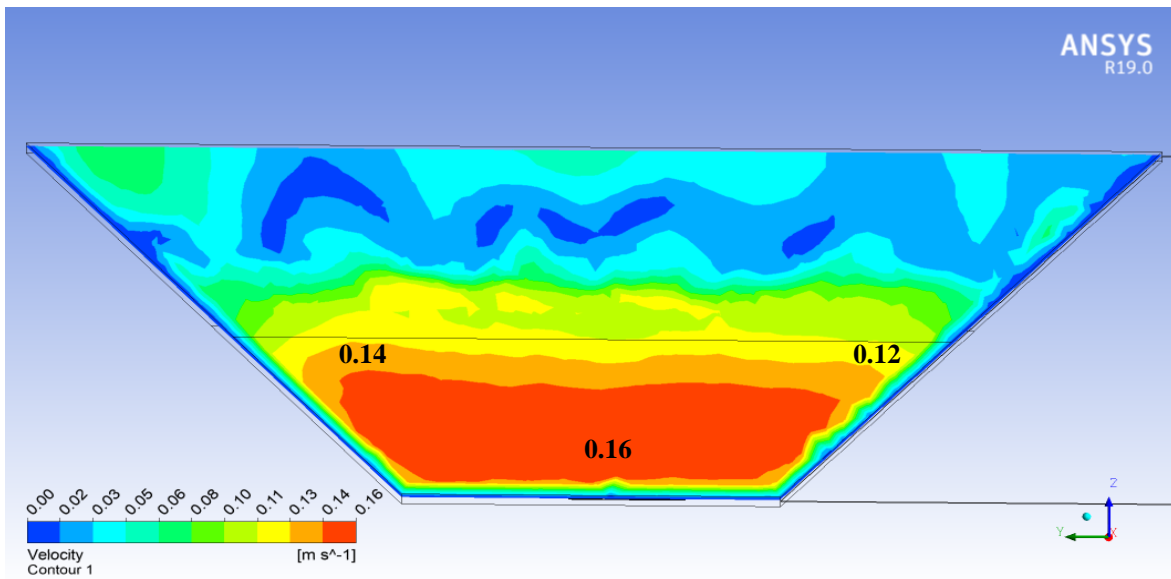
Şekil 4.29’da kanalın başlangıç noktasından 1 metre uzaklıktaki YZ kesitinde, akış yönüne

bakıldığında hız konturları gösterilmiştir. Kanalin orta bölgesinde kontur renginin kırmızı olduğu bölgede azalmalar görülmektedir.



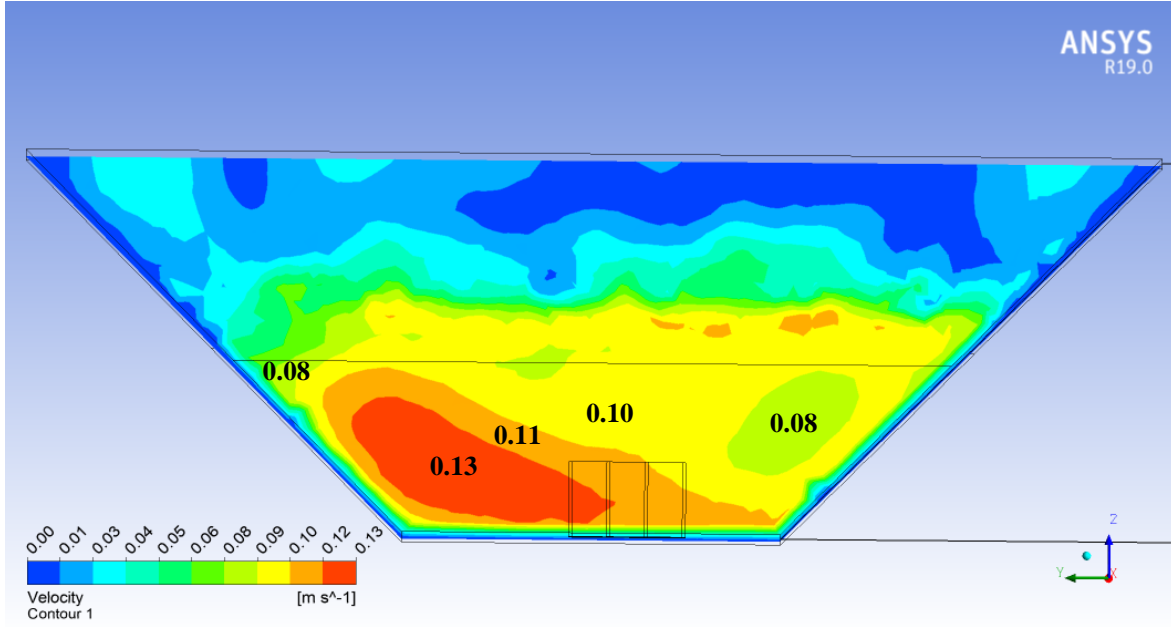
Şekil 4.29. Kanatların 30° olduğu kanalın 1. metresinde modeldeki hız konturları

Şekil 4.30'da kanalın başlangıç noktasından 2 metre uzaklıktaki hız konturları gösterilmiştir. Kanalın orta bölgesinde kontur renginin kırmızı olduğu bölgede hız azalmalarının devam ettiği görülmektedir.



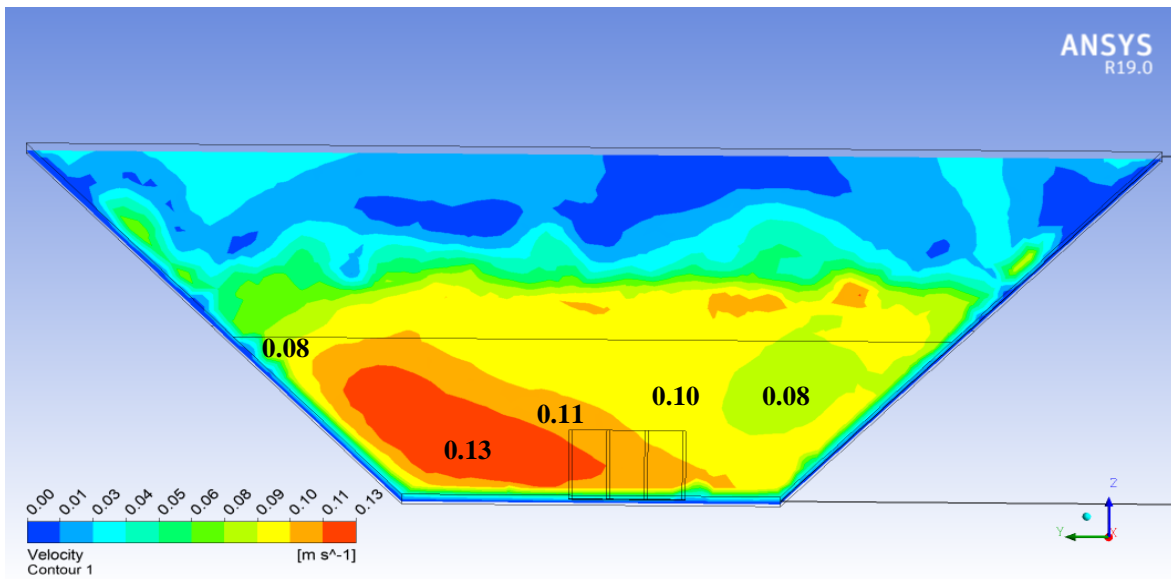
Şekil 4.30. Kanatların 30° olduğu kanalın 2. metresinde modeldeki hız konturları

Şekil 4.31’de başlangıçtan 4.6. metrede görüldüğü üzere hız bölgesinde aşırı bir daralma durumu görülmektedir. Kanal tabanı ve trapez kenarlarda ve YZ kesitine akış yönünde bakıldığında özellikle sağ yan kısımda batık kanatların hızı fazlaca azalttığı görülmektedir.

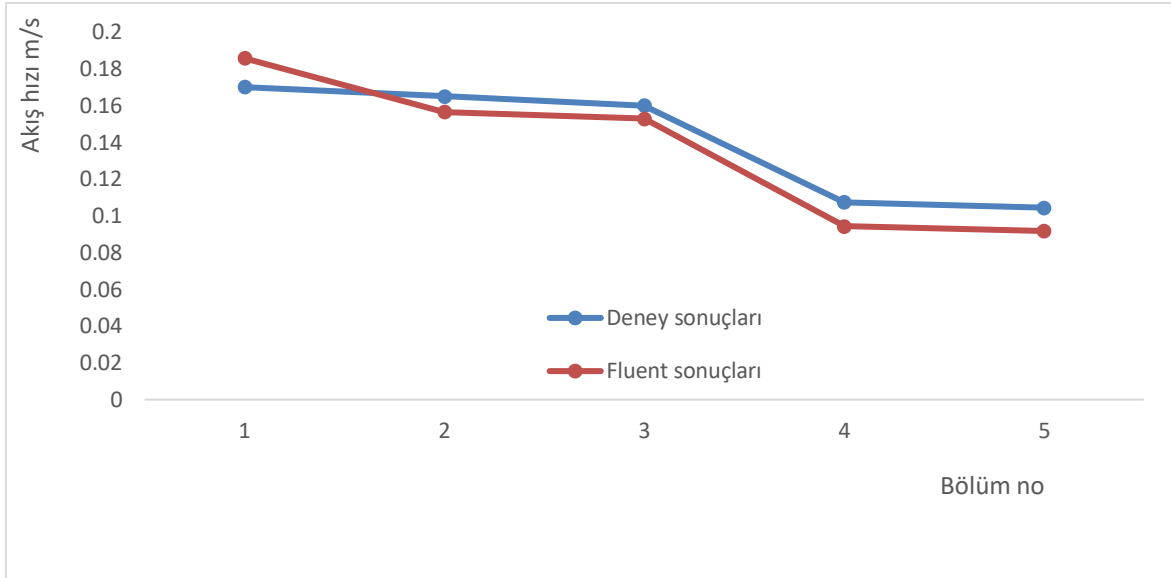


Şekil 4.31. Kanatların 30° olduğu kanalın 4.6. metresinde modeldeki hız konturları

Şekil 4.32’de başlangıçtan 5.1. metrede görüldüğü üzere hız bölgesinde 4.6. metreye benzer değerler gözlenmiştir. Ancak az da olsa Şekil 4.31’e kıyasla kanatların bulunduğu doğrultuda akış hızında azalma olduğu tespit edilmiştir.



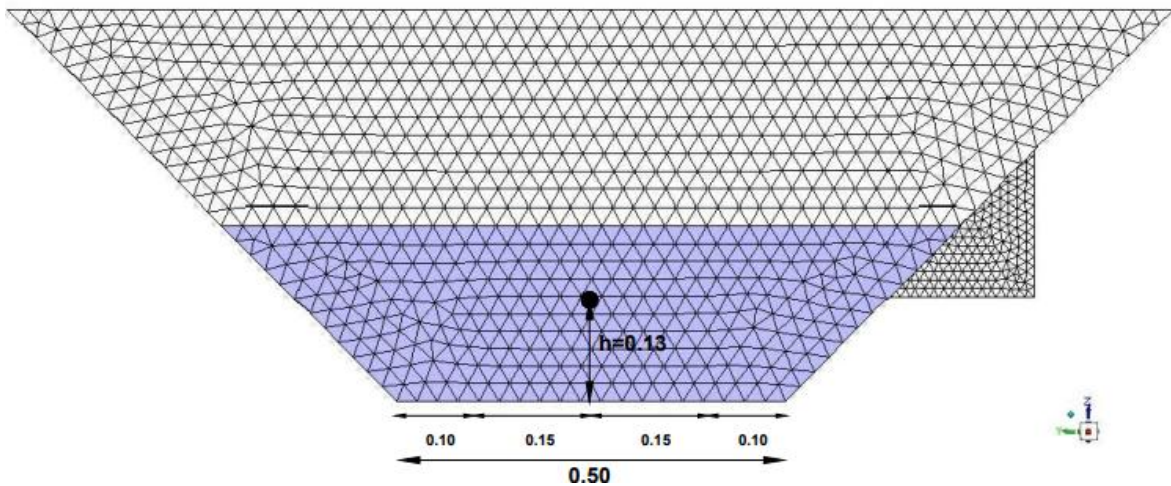
Şekil 4.32. Kanatların 30° olduğu kanalın 5.1. metresinde modeldeki hız konturları



Şekil 4.34. 30° açılı kanatların bulunduğu kanalın sağ kısmındaki deney ve analiz sonuçları

Batık kanatlar kanal içerisinde 30°'lik açılarla yerleştirilerek açık kanal sisteminin analiz sonucunda bulunan akış hızı değerleri kanalın ortası referans alınarak incelenmiş, Çizelge 4.8'te gösterilmiştir. Daha önceki çalışmalarda yaptıkları deney sonuçları ile analiz sonuçları karşılaştırılmış ve hata oranları tespit edilmiştir.

Batık kanatların 30° açılı bulunduğu kanalda YZ kesitine bakıldığında, kanalın orta bölgesinden alınan ve su yüksekliğinin 0.13 m olduğu ölçüm noktası Şekil 4.35'te gösterilmiştir.

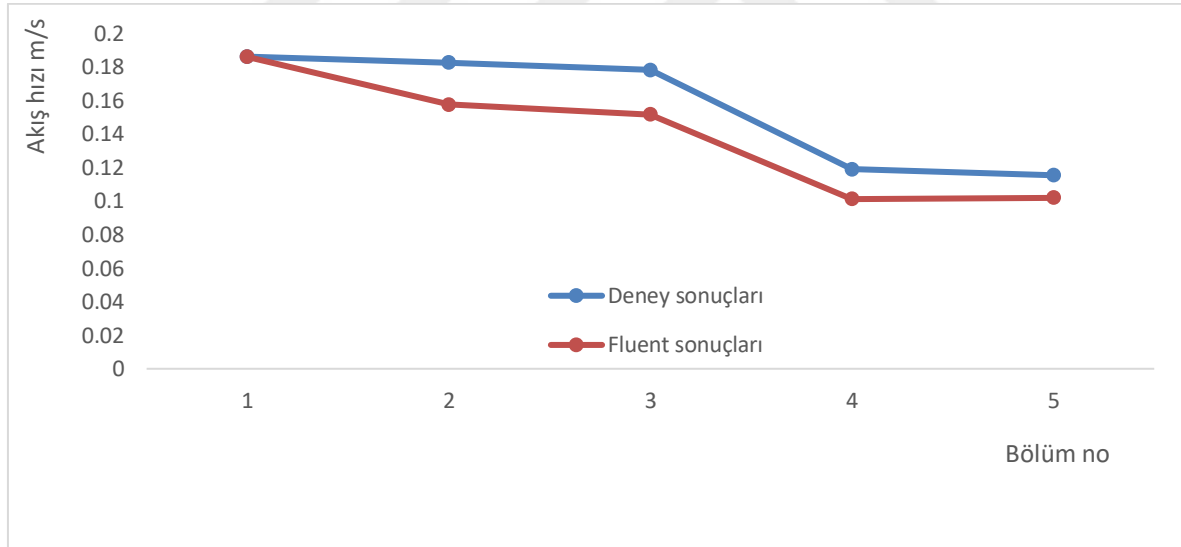


Şekil 4.35. Kanatların 30° açılı bulunduğu modelde hız ölçümleri alınan kanalın orta kısmı

Çizelge 4.8. Kanatların 30° açılı bulunduğu kanalın orta kısmında, deney ve analizin akış hızı değerleri

x yönünde konum (m)	y yönünde konum (m)	z yönünde konum (m)	Deney Sonuçları (m/s)	Fluent 19.0 (HAD) Sonuçları (m/s)	Hata (%)
0	0,25	0,13	0,186	0,1858	0,11
1	0,25	0,13	0,1824	0,1575	13,65
2	0,25	0,13	0,1781	0,1516	14,88
4,6	0,25	0,13	0,1189	0,1011	14,97
5,1	0,25	0,13	0,1153	0,102	11,54

Çizelge 4.8'e göre batık kanatların 30° açılarla yerleştirildiği açık kanal sisteminin orta bölgesinde, deneyde bulunan ve Fluent 19.0'da bulunan akış hızı sonuçları Şekil 4.36'da grafik olarak gösterilmiştir.

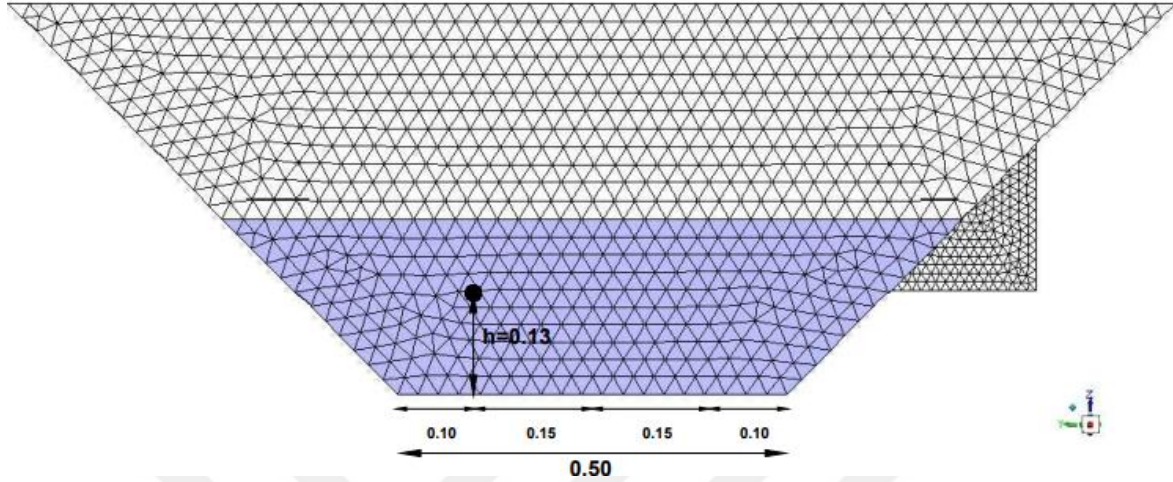


Şekil 4.36. 30° açılı kanatların bulunduğu kanalın orta kısmındaki deney ve analiz sonuçları

Batık kanatlar kanal içerisinde 30°'lik açılarla yerleştirilerek açık kanal sistemi analiz sonucunda bulunan akış hızı değerleri kanalın sol yanındaki bölge referans alınarak incelenmiş, Çizelge 4.9'te gösterilmiştir. Daha önceki çalışmalarda yaptıkları deney sonuçları ile analiz sonuçları karşılaştırılmış ve hata oranları tespit edilmiştir.

Batık kanatların 30° açılı bulunduğu kanalda YZ kesitine bakıldığında, kanalın sol

bölgesinden alınan ve su yüksekliğinin 0.13 m olduğu ölçüm noktası Şekil 4.37’de gösterilmiştir.

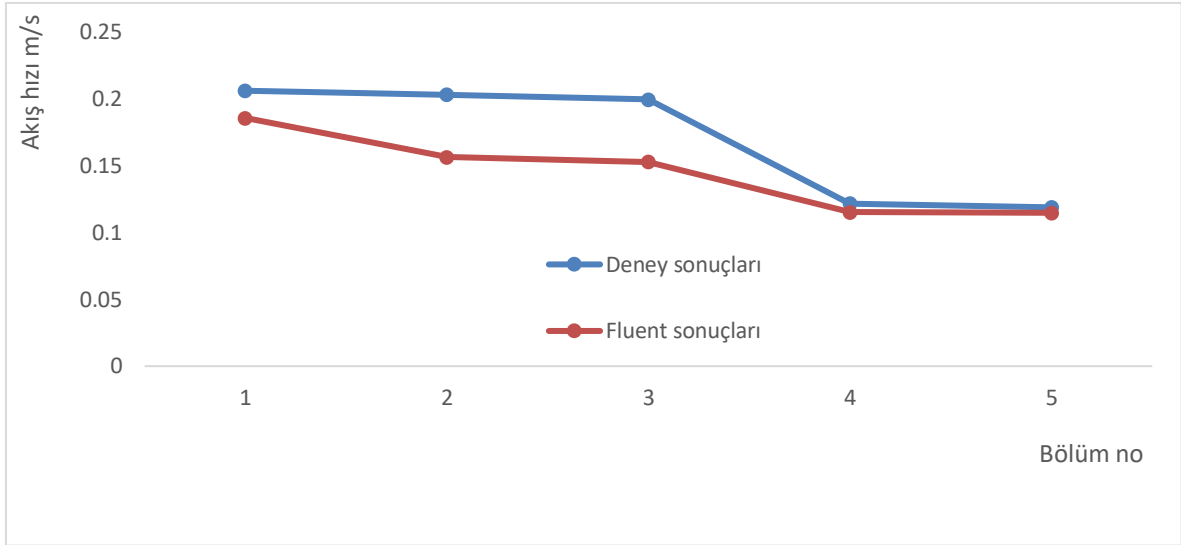


Şekil 4.37. Kanatların 30° açılı bulunduğu modelde hız ölçümleri alınan kanalın sol kısmı

Çizelge 4.9. Kanatların 30° açılı bulunduğu kanalın sol kısmında, deney ve analizin akış hızı değerleri

x yönünde konum (m)	y yönünde konum (m)	z yönünde konum (m)	Deney Sonuçları (m/s)	Fluent 19.0 (HAD) Sonuçları (m/s)	Hata (%)
0	0,4	0,13	0,2062	0,1858	9,89
1	0,4	0,13	0,2033	0,1566	22,97
2	0,4	0,13	0,1997	0,153	23,39
4,6	0,4	0,13	0,1218	0,1153	5,34
5,1	0,4	0,13	0,1189	0,1148	3,45

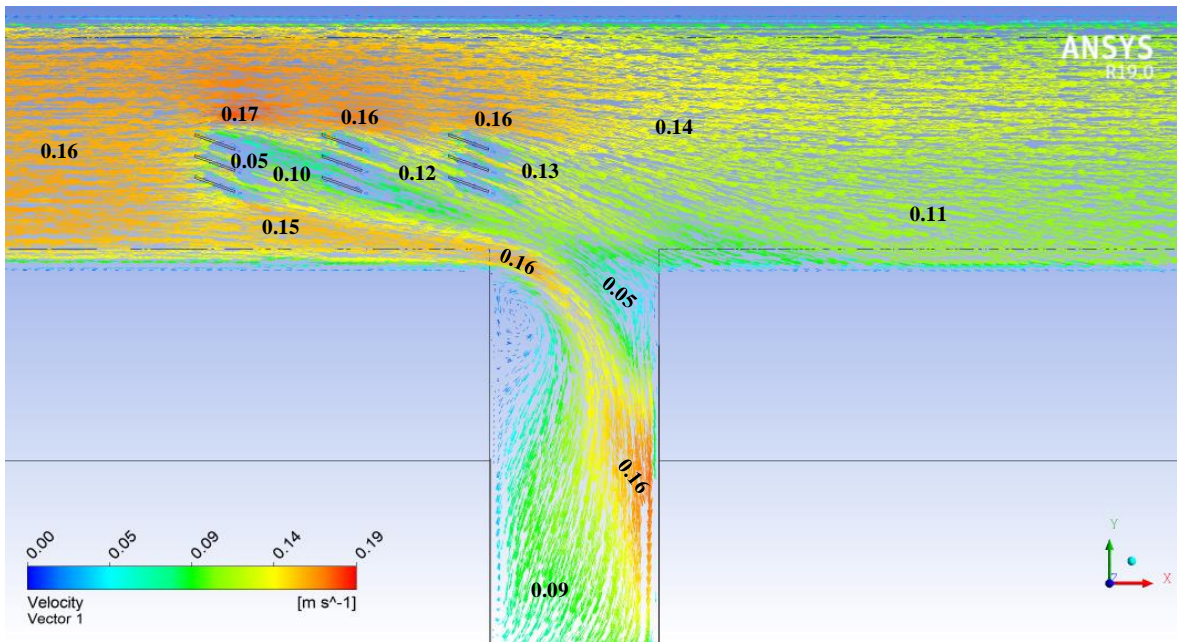
Çizelge 4.9’a göre batık kanatların 30° açılarla yerleştirildiği açık kanal sisteminin sol bölgesinde, deneyde bulunan ve Fluent 19.0’da bulunan akış hızı sonuçları Şekil 4.38’de grafik olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.38. 30° açılı kanatların bulunduğu kanalın sol kısmındaki deney ve analiz sonuçları

4.1.4. Batık Kanatların Akışa Etkisi

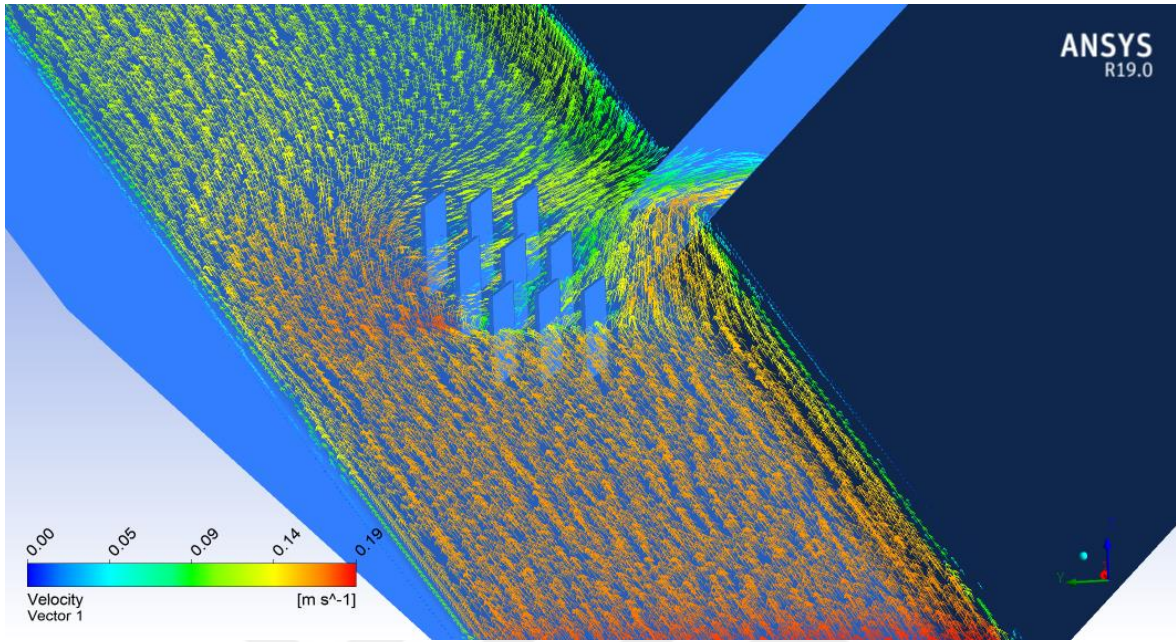
Batık kanatların çevresindeki akış incelendiğinde, açık kanaldaki akışın önüne geçerek, akıma yön verdiği görülmektedir. Şekil 4.39'da 20° açıyla konumlandırılmış batık kanat yapılarının akış hızına etkisi gösterilmiştir.



Şekil 4.39. 20° açılı batık kanatların akış hızına etkisi

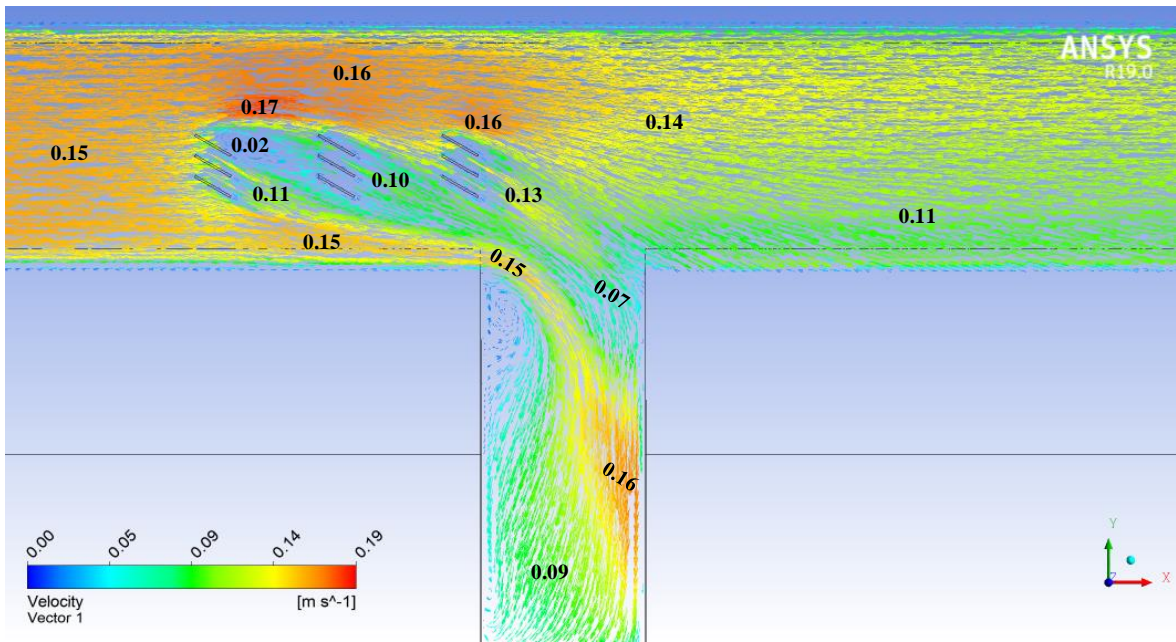
Şekil 4.40'ta 20° açılı batık kanatların akışı ana kanaldan yan kanala doğru yönlendirdiği

görülmektedir.



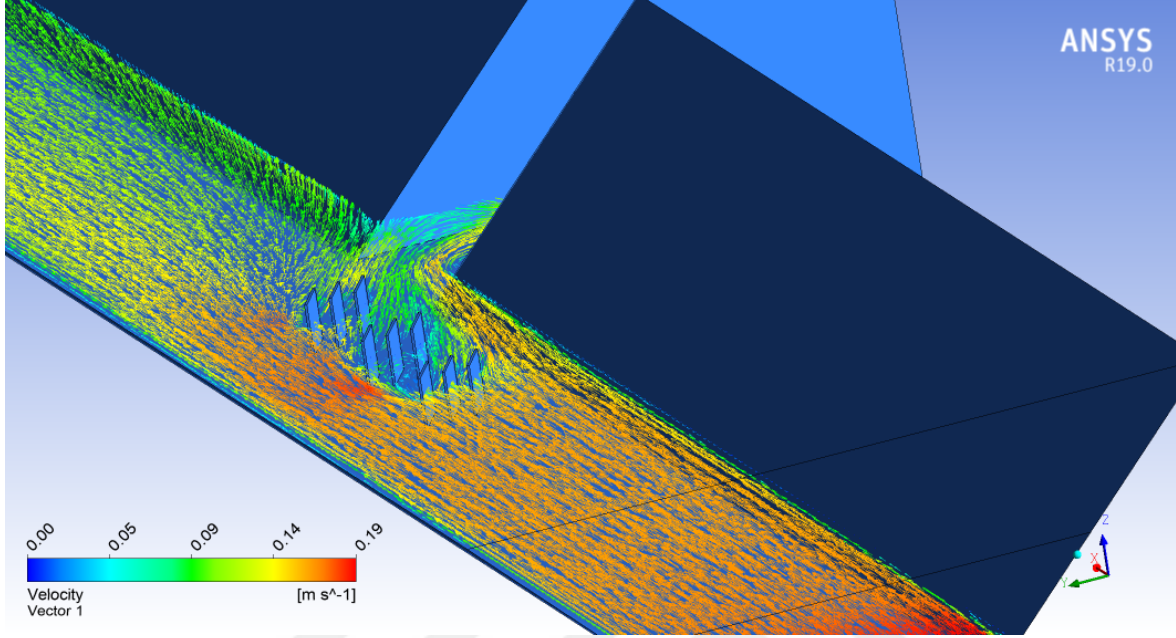
Şekil 4.40. 20° açılı yerleştirilen kanatların akışa etkisi

Şekil 4.41’da 30° açıyla konumlandırılmış batık kanat yapılarının akışa etkisi gösterilmiştir. Vektörel görünümde görüldüğü üzere 30° açılı kanatlar akışa belirgin şekilde yön vererek hız dağılımının değişmesine neden olmuştur.



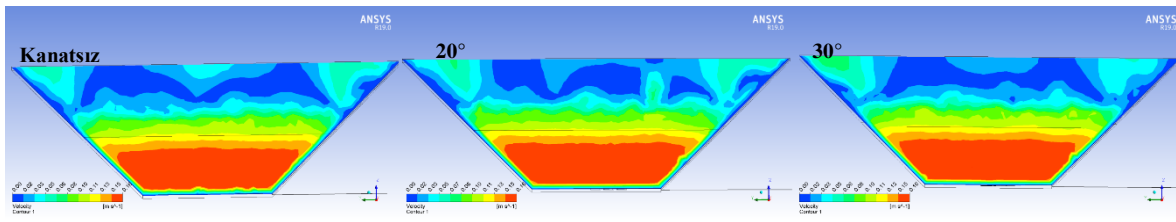
Şekil 4.41. 30° açıyla konumlandırılmış batık kanatların akış hızına etkisi

Şekil 4.40 30° açılı batık kanatların akışı ana kanaldan yan kanala doğru yönlendirdiği görülmektedir.

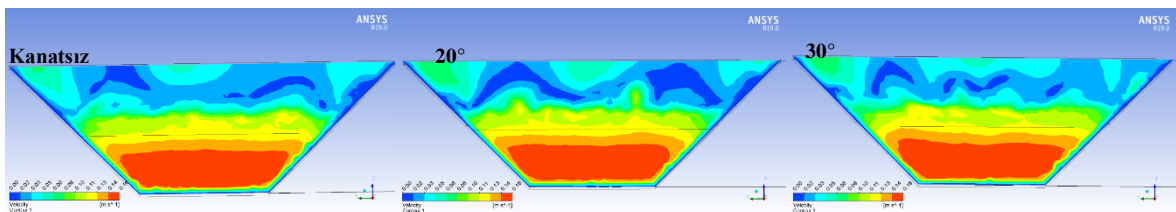


Şekil 4.42. 30° açılı kanatların akışa etkisi

Bu karşılaştırmalar neticesinde batık kanatların açık kanal akımı içerisindeki akış yönüne ve hızına etkisi görülmüştür. Kanatların henüz bulunmadığı kanalın 1. metresindeki hız konturları Şekil 4.43’de, 2. Metresindeki hız konturları Şekil 4.44’de gösterilmiştir. Kanatların olmadığı bölgede akışta bir değişim gerçekleşmemiş ve stabilitesini korumuştur.

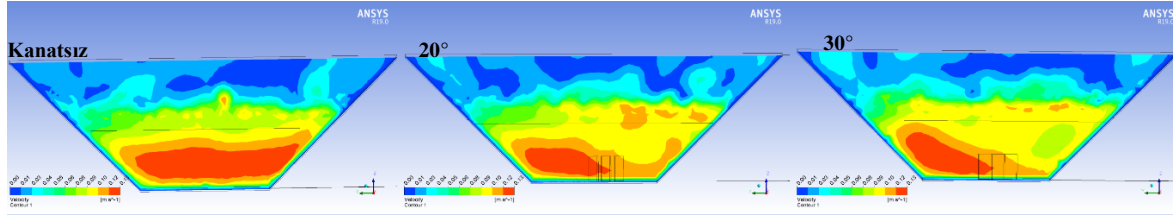


Şekil 4.43. Açık kanalın 1. metresindeki hız konturları

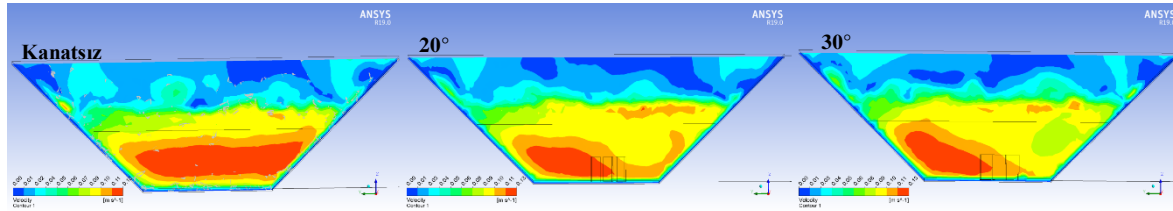


Şekil 4.44. Açık kanalın 2. metresindeki hız konturları

Şekil 4.45'te 4.6. metredeki ve Şekil 4.46'da 5.1. metredeki hız konturlarına bakıldığında batık kanatların açık kanal akış hızına etkisi net olarak görülmektedir.



Şekil 4.45. Açık kanalın 4.6. metresindeki hız konturları



Şekil 4.46. Açık kanalın 5.1. metresindeki hız konturları

Açık kanal akışı; kanatsız, kanat açılarının 20° ve kanat açılarının 30° açılı konumlandırıldığı 3 ayrı durumda değerlendirilmiştir. Bu 3 durumda kanalın YZ kesitine göre sağ yan bölgesi, orta bölgesi ve sol yan bölgesi olmak üzere 3 bölgede, kanalın başlangıç (0. m), 1, 2, 4.6, 5.1. metrelerindeki noktalarda analiz yapılmıştır. Yapılan analiz sonuçları, deney sonuçlarıyla çizelge ve grafikler ile karşılaştırılmıştır. Bu çalışmadaki bulgular doğrultusunda; kanatsız kanalda yapılan karşılaştırmalarda analiz ve deney arasındaki hata oranı %1-%18 aralığındadır. Kanatların kanal içerisine 20° açıyla konumlandırıldığı açık kanal sisteminde analiz ve deney arasındaki hata oranı %0-%22 aralığındadır. Kanatların kanal içerisine 30° açıyla konumlandırıldığı açık kanal sisteminde analiz ve deney arasındaki hata oranı %0-%24 aralığında olduğu tespit edilmiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada açık kanal sisteminin modeli hesaplamalı akışkanlar dinamiği ile oluşturulmuştur. Oluşturulan modelde batık kanat bulunmayan açık kanal akış simülasyonu yapılmış, kanal içerisine 20° açılarla yerleştirilen 9 adet batık kanatlı akış simülasyonu yapılmış, kanatların açısı 30° olarak konumlandırılarak 9 adet batık kanatlı akış simülasyonu oluşturulmuştur. Toplamda kanatsız, 20° kanatlı ve 30° kanatlı olmak üzere 3 durumda akışın analizi yapılmıştır. Akış simülasyonunda kullanılan sınır şartları, başlangıç koşulları, kanal içerisindeki su yüksekliği gibi parametreler Ercan Gemici'nin 2015 yılında yaptığı doktora tez çalışmasındaki deneylerle aynı değerler kullanılmıştır. Yukarıda belirtilen 3 durumda da deneyde akış hızlarının ölçüm noktaları, simülasyonlarda da belirlenip, bu noktalardaki akış hızı değerleri tespit edilmiştir. Deneyde bulunan sonuçlar ile akış simülasyonları sonucunda elde edilen değerler karşılaştırılmıştır ve bu değerlerin uyumlu olduğu gözlenmiştir.

Modellemede açık kanal hakkında akış hızı, akış yönü ve yönün değişimi gibi parametrelerin zamana bağlı değişim değerleri de tespit edilmiştir. Sonuçlar maddeler halinde sıralanmıştır;

- Batık kanatların kanatsız akıma göre akımın yönünü değiştirdiği, ani ve bölgesel hızların ortaya çıktığı görülmektedir.
- Kanatların 20° ve 30° açılı konumlandığı akış durumuna bakıldığında, kanatsız akışa göre kanatların bulunduğu bölgede akış hızı azalmış ve kanatlar akışı yan kanala yönlendirerek, akış hızının ana kanaldan yan kanala geçiş köşe noktasında artış göstermesine neden olmuştur.
- Kanatların 20° açılı konumlandırıldığı akış durumuna bakıldığında, kanatsız akışa göre kanatların başlangıç bölgesinde çok küçük bir alanda akış hızının artışı görülmüştür.
- Kanatların 20° ve 30° açılı bulunduğu akış durumuna bakıldığında, kanatsız akışa göre yan kanal içerisinde akış hızı genel olarak azalma göstermiştir.
- Kanatların 20° ve 30° açılı konumlandırıldığı akış durumuna bakıldığında, her iki durumda yan kanal içerisinde akış hızı genel olarak aynıdır.
- Kanatların 30° açılı konumlandırıldığı akış durumuna bakıldığında, kanatsız akışa göre kanat dizilerinin başladığı bölgede akış hızının fazlaca (20° açılıdan fazla) artış

gösterdiği tespit edilmiştir.

- 30° açılı açık kanal sisteminde akış hızının stabilitesi kanatsız akışa göre bozularak bölgesel hız değişimlerinin artışı görülmektedir.
- Hız dağılımındaki düzensizlik 30° açılı açık kanal sisteminde 20° açılı sisteme göre daha fazladır.

Açık kanallarda akım yönetiminin gerektiği durumlarda, hesaplamalı akışkanlar dinamiği çözümlenmeleri ile akışın parametreleri analiz edilerek, akışın davranışı ve akış hızı değerleri tespit edilmiştir. Bu davranışlara göre akım yönetimine ilişkin akarsu düzenleme yapılarından olan batık kanatlar, hesaplamalı akışkanlar dinamiği ile akışın analizi yapılarak optimum konuma yerleştirilmiştir. Böylelikle akışın istenilen hız ve doğrultuda yönetimi sağlanmıştır.

Batık kanat yapıları inşa edilmeden önce hesaplamalı akışkanlar dinamiği (HAD) ile modellenip simülasyonu yapıldığında akarsuyun akış hızı ve akımın davranışı hakkında tutarlı sonuçlar elde edilmiş olacaktır. Daha sonra yapılacak olan çalışmalarda batık kanatların pozisyonları, açıları ve boyutları değiştirilerek akışın hız, basınç ve diğer parametrelerine etkisi araştırma konusu olarak ele alınabilir.

KAYNAKLAR

- Baltazar, J., Alves, E., Bombar, G., & Cardoso, A. H. (2021). Effect of a submerged vane-field on the flow pattern of a movable bed channel with a 90 lateral diversion. *Water*, 13(6), 828.
- Biswas, P., & Barbhuiya, A. K. (2019). Effect of submerged vane on three dimensional flow dynamics and bed morphology in river bend. *River Research and Applications*, 35(3), 301-312.
- Bor, A. (2022). Experimental investigation of 90° intake flow patterns with and without submerged vanes under sediment feeding conditions. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 49(3), 452-463.
- Çakan, F. (2021). Düşürme şaft yapılarının fluent ile modellenmesi (Master's thesis, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Erkek, C., & Ağırlioğlu, N. (2006). Su kaynakları mühendisliği. Beta Basım Yayım Dağıtım.
- Fathi, A., & Zomorodian, S. M. A. (2018). Effect of submerged vanes on scour around a bridge abutment. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 22, 2281-2289.
- Gemici, E. (2015). Açık Kanallarda Batık Kanatlarla Akım Yönetimi / Flow Management With Submerged Vanes In Open Channels (Doctoral thesis Erciyes Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı).
- Gumgum, F., & Cardoso, A. H. (2023). Optimizing the Desilting Efficiency of Submerged Vane Fields at Lateral Diversions. *Journal of Hydraulic Engineering*, 149(1), 04022031.
- Kalathil, S. T., Wuppukondur, A., Balakrishnan, R. K., & Chandra, V. (2018). Control of sediment inflow into a trapezoidal intake canal using submerged vanes. *Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering*, 144(6), 04018020.
- Karami Moghadam, M., Amini, A., & Keshavarzi, A. (2020). Intake design attributes and submerged vanes effects on sedimentation and shear stress. *Water and Environment Journal*, 34(3), 374-380.
- Odgaard, A. J., & Kennedy, J. F. (1982). Analysis of Sacramento River bend flows, and development of a new method for bank protection. *Iowa Inst Of Hydraulic Research Iowa City*.
- Odgaard, A. J. (2009, April). River training and sediment management with submerged vanes. American Society of Civil Engineers.
- Rahmani Firozjahi, M., Salehi Neyshabouri, S. A. A., Amini Sola, S., & Mohajeri, S. H. (2019). Numerical simulation on the performance improvement of a lateral intake using submerged vanes. *Iranian Journal of Science and Technology, Transactions of*

Civil Engineering, 43(2), 167-177.

- Shabanlou, S., Azimi, H., Ebtehaj, I., & Bonakdari, H. (2018). Determining the scour dimensions around submerged vanes in a 180 bend with the gene expression programming technique. *Journal of Marine Science and Application*, 17(2), 233-240.
- Sinha, S. K., & Marelius, F. (2000). Analysis of flow past submerged vanes. *Journal of Hydraulic Research*, 38(1), 65-71.
- Solanki, K., & Sharma, H. (2020) Parameter Optimization of Tapered Submerged Vane.
- Tajari, M., Dehghani, A. A., Meftah Halaghi, M., & Azamathulla, H. (2020). Use of bottom slots and submerged vanes for controlling sediment upstream of duckbill weirs. *Water Supply*, 20(8), 3393-3403.
- Taşar, Bestami & Üneş, Fatih & Gemici, Ercan & Varçin, Hakan. (2021). Numerical simulation of channel flow using submerged vane in river arrangements. *Aerul și Apa: Componente ale Mediului*. 2021. 119-130. 10.24193/AWC2021_11.
- Taşar, Bestami & Üneş, Fatih & Gemici, Ercan. (2023). Laboratory and numerical investigation of the 2-array submerged vanes in meandering open channel. *Mathematical biosciences and engineering: MBE*. 20. 3261-3281. 10.3934/mbe.2023153
- Üneş, F. (2004). Coriolis İvmesinin ve Hazne Çıkış Seviyesinin Haznelerdeki Dalmış Akıma Etkilerinin Matematik Modelle İncelenmesi (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Üneş, F. (2008). Investigation of density flow in dam reservoirs using a three-dimensional mathematical model including Coriolis effect. *Computers & fluids*, 37(9), 1170-1192.

DİZİN

A

akarsu

1, 2, 3, 4, 34

akış

iv, x, 1, 3, 5, 6, 7, 8,
9,10,13,14,19,20,21,
22, 23, 24, 25, 26,27,
28, 29, 30, 31, 33,34

analiz

iv, ix, x, xi, 5, 15, 21,
22, 23, 24, 25, 26, 27,
28, 29, 30, 31, 34

B

batık kanat

5, 6, 9,10, 11,20,
21, 22, 23, 33, 34

Batık kanat

x, 6, 9, 10, 20, 22,
23,34

D

deney

iv, x, xi, 5, 6, 7, 11,
19, 21, 22, 23, 24, 25,
26, 27, 28, 29, 30, 31

M

model

iv, v, vi, 19, 20

mesh

x, 8, 12, 15, 19

Ö

ölçüm

x, 16, 19

K

kanal

vii, x, xi, 1, 5, 6, 7, 8,
9, 10, 11, 12, 13, 15,
16, 19, 20, 21, 22, 23,
24, 25, 26, 27, 28, 29,
30, 31, 33, 34

H

hız

x, xi, 4, 5, 6, 18, 19,
20, 21, 24, 25,
28, 29, 33, 34



TEKNOVERSİTE



teknoversite **AYRICALIĞINDASINIZ**

İSTE

