

Baraj Göleti Su Alma Yapısı Sayısal Modeli

Arş. Gör. Volkan Kiriççi¹, Yard. Doç. Dr. Ahmet Ozan Çelik¹

¹Anadolu Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi
İnşaat Mühendisliği Bölümü, Eskişehir

Öz

Su alma yapıları, baraj gölünde toplanan suyun, içme ve sulama gibi çeşitli amaçlarla kullanılmak üzere alınmasını sağlayan hidrolik yapılardır. Bu çalışmada bir baraj gölünde bulunan su alma yapısı Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) metodu ile sayısal olarak modellenerek baraj gölünde oluşabilecek farklı su seviyeleri için yapının performansı belirlenecektir. İncelenecek su alma yapısı klasik su alma yapılardan farklı olarak gölet yamacına dayalı olarak tasarlanmıştır. Farklı kotlarda kapaklara sahip olan sistem, göletteki su seviyesi değişikliklerinden daha az etkilenerek maksimum, orta ve minimum su seviyelerinde daha verimli çalışabilmektedir. Açık kanal, basınçlı akım birleşimlerinin, değişik kondüvi kesitlerinin, kayıpların ve hidrolik açıdan özel birçok mühendislik probleminin bulunduğu bu tür yapıların tasarımında genellikle deneye dayalı ifadelerden yararlanılarak oluşturulan abaklar kullanılmaktadır. Bu tür konvansiyonel yaklaşımlar bazı pratik mühendislik uygulamaları için hızlı çözümler ortaya koymakla birlikte ihtiyaç duyulan her durumda gereken hassasiyette sonuçlar vermekte yetersiz kalabilmektedir. HAD metodu ise akışkanlar mekaniği denklem sistemlerinin uzayda ve zamanda matematiksel yöntemlerle ayrıştırılarak, akım davranışının istenilen hassasiyette bilgisayar ortamında sayısal olarak benzetimin yapılmasını sağlayan detaylı bir yöntemdir. HAD metodu kullanılarak söz konusu yapı, farklı göl su seviyeleri için 1:1 ölçekte modellenecek ve tanımlanan akım alanı için akımla ilgili tüm parametrelerin tespiti sağlanacaktır. Oluşturulan bilgisayar destekli sayısal benzetim sayesinde kritik kesitlerde oluşabilecek basınç/hız değişimleri, su seviyeleri için debi, enerji kayıpları, sistemin verimliliği ve kapasitesi incelenecektir. Çalışma neticesinde klasik bir boyutlu ampirik hesaplamalar ile üç boyutlu sayısal model sonuçları karşılaştırılarak elde edilecek sonuçların (örneğin anahtar eğrisi), su alma yapılarında tasarım öncesi ya da tasarım sonrası aşamada oluşabilecek problemlerin tespiti açısından faydalı olabileceği düşünülmektedir.

Anahtar sözcükler: Su yapıları, Su alma yapısı, HAD, Hidrolik Kayıplar

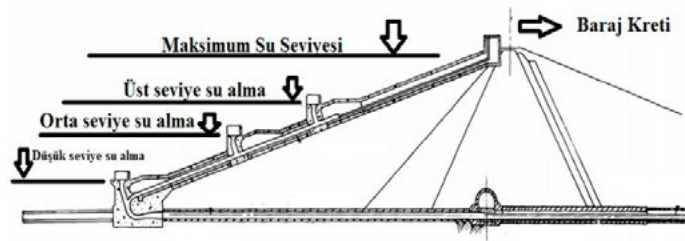
1.Giriş

Su alma yapıları, doğrudan akarsu yatağından ya da baraj ve regülatör gibi bir biriktirme yapısından içme, sulama ve elektrik üretimi gibi farklı kullanım amaçları için suyun iletimini sağlayan hidrolik yapılardır. Su alma yapıları tasarlanırken, gereken debi miktarını iletebilecek kapasitede olması, su yüklerine karşı dayanıklı olması, katı madde gibi yabancı cisimlerin geçişine izin vermemesi ve yük kayıplarının olabildiğince az olması amaçlanmaktadır. Akım özelliğine göre serbest yüzeyli veya basınçlı iletim yapıları kullanılabilir. Basınçlı su alma yapıları genel olarak su alma ağızı, ızgaralar, kapaklar, vanalar, farklı bağlantı ve kesitlerde cebri boru elemanlarından oluşan sistemlerdir. Bu çalışmada Dereboğazı Gölet'i, Çorum İli Osmancık İlçesinin 3

km kuzeydoğusunda, Köpekçayırı Deresi üzerinde inşa edilecek olan, içme suyu temini amaçlı eğimli bir basınçlı su alma yapısı incelenecektir. Şekil 1’de örnek bir eğimli su alma yapısı gösterilmiştir. Su alma yapılarında sürekli olarak istenilen debide su alınabilmesi önem arz etmektedir. Ancak baraj gölünde biriktirilen suyun miktarı ve yüksekliği dönemsel olarak iklimsel farklar nedeniyle değişiklik gösterebilmektedir. Bu nedenle gölet yamacına konumlandırılan su alma yapısı, farklı kotlarda bulunan su alma ağız kapakları sayesinde farklı su seviyelerinde daha verimli çalışabilmektedir (Şekil 2).



Şekil 1. Tipik bir eğimli su alma yapısı örneği (Denizli).



Şekil 2. Baraj gölü su seviyeleri.

Su alma yapıları hidrolik açıdan rezervuar su yüksekliği, ihtiyaç debisi ve enerji kayıpları temel alınarak tasarlanmaktadır. Kayıplar belirlenirken su alma yapısında bulunan ızgara, su alma girişi, farklı kesitler arası geçiş bölgeleri, kurplar, daralma ve genişleme bölgeleri, vanalar ve sürtünme kayıpları dikkate alınır. Sonuç olarak birim debi için meydana gelecek yük kaybı hesaplanmış olur. Kayıplar hesaplanırken deneysel çalışmalar ve uygulamalar neticesinde belirlenmiş olan katsayılar kullanılmaktadır. Sıklıkla kullanılan kesit ve geometrik yapılar üzerine oluşturulan abaklar ve ampirik formüller bu tip kayıp katsayılarını ortaya koymaktadır (Baraj Hidrolik Yapılar Tasarım Rehberi 2012).

İnşaat mühendisliğinde su yapılarının tasarım süreçlerinde sıklıkla deneysel ifadelerle dayalı genelleştirilmiş formüller kullanılmaktadır. İnşaat mühendisliği projelerinde her yapının kullanım koşullarına bağlı olarak kendine bir özgü yapısı ve farklı tasarım ölçütleri bulunmaktadır. Bu nedenle bazı durumlarda tasarım aşamasında genel çözüm araçları yerine problemle özgü çözüm araçlarının kullanılması gerekebilmektedir. Bu bağlamda incelenmekte olan yapının fiziksel ön modelinin oluşturularak gereken ölçüm ve gözlemlerin yapılması yoluna başvurulabilmektedir. Her ne kadar fiziksel model ve laboratuvar deneyleri oldukça güvenilir ve etkili sonuçlar verse de bir o kadar da zaman alan ve maliyeti yüksek süreçler içermektedir. Ayrıca fiziksel modelleme, ölçüm tekniklerinin limitleri ve inşaat mühendisliğinde kullanılan yapıların ölçeklerinin büyüklüğü nedeniyle bir takım dezavantajları da beraberinde getirmektedir. İnşaat mühendisliği uygulamalarında gerektiği kadar kullanılsa da bir diğer etkili çözüm

yöntemi de sayısal modellemedir. Su yapıları alanında ya da daha geniş kapsamda ifade etmek gerekirse akışkanlar mekaniği problemlerinde kullanılan Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) metodu da oldukça gelişmiş bir sayısal modelleme tekniğidir. Bu yöntem çerçevesinde tasarlanan modele ait geometri ve çözümlenecek olan probleme ait akışkanlar mekaniği denklem sistemleri uzayda ve zamanda matematiksel yöntemlerle ayrıklaştırılarak istenilen hassasiyette çözüm bilgisayar ortamında gerçekleştirilir. Bu amaçla çeşitli mühendislik alanlarında kullanılan birçok ticari veya açık kaynak kodlu yazılım geliştirilmiştir.

Su yapıları alanında HAD metodu kullanılarak yapılan birçok çalışma bulunmaktadır. Dolu savaklarda debi, basınç ve kayma gerilmeleri gibi hidrolik karakteristiklerin belirlenmesinde HAD metodu ile gerçekleştirilen çözümler ve fiziksel model ölçümleri karşılaştırılarak sonuçların birbiri ile uyum içerisinde olduğu gözlemlenmiştir (Aydın, Aydın 2006). Bir başka çalışmada olası taşkın debileri altında mevcut bir dolu savak ve buna ek olarak tasarlanan yardımcı dolu savak sayısal olarak modellenerek serbest yüzey su seviyeleri ve savak performansları incelenmiştir (Li ve diğ, 2011). Sayısal model sonuçları, ölçekli fiziksel model sonuçları ile karşılaştırılmış ve kabul edilebilir düzeyde uyumlu olduğu belirlenmiştir. Diğer bir çalışmada yine bir dolu savakta havalandırıcı-saptırıcı eşik tarafından oluşturulan su jetinin uzunluğu HAD metodu kullanılarak incelenmiş ve eşik performansları değerlendirilmiştir (Öztürk, Aydın 2007). Çalışmada elde edilen sonuçların, ölçek etkisinin ihmal edildiği deney sonuçları ile uyuşmadığı ancak ampirik ifadelerden elde edilen sonuçlarla makul bir uyum içerisinde olduğu görülmüştür. Dolu savak çalışmalarının yanı sıra kanal akımlarında sulama drenaj ve atık su sistemlerinde kullanılan farklı savak geometrileri içinde HAD metodu ile çok sayıda araştırma yapılmıştır. Bu çalışmalarda farklı kanal geometrilerinde ve kanal eğimlerinde farklı akım rejimleri için kanal akımları modellenerek, üç boyutlu serbest yüzeyli ve türbülanslı kanal akımları incelenmiştir (Hoseini ve diğ, 2013, Aydın 2012, Aydın, Emiroğlu 2013).

2. Metot

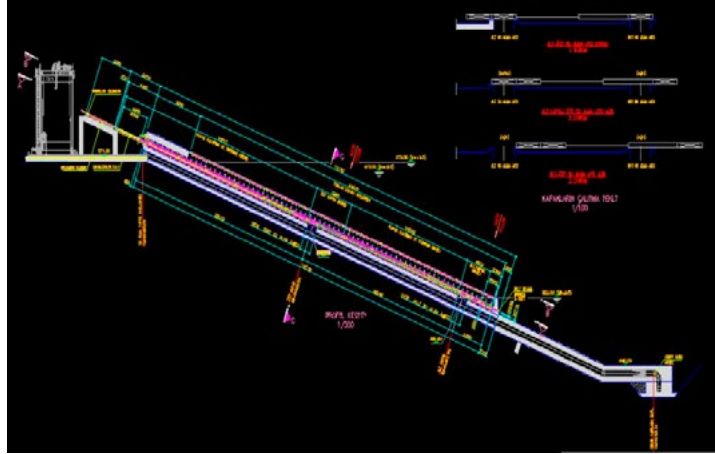
Bu projede üzerinde çalışılan su alma yapısı bilgisayar ortamında modellenerek sayısal analizi ve benzetimi gerçekleştirilmiştir. Sayısal modelleme aşamasında mevcut yazılımlar arasında endüstriyel ve akademik uygulamalarda oldukça yaygın olarak kullanılan ve kabul gören ANSYS CFX modülü kullanılmıştır. ANSYS CFX her türlü akışkanın tanımlanabildiği, serbest yüzeyli akım, basınçlı akım, laminar ve türbülanslı akım gibi birçok akışkanlar probleminin modellenerek çözümlenmesine imkân sağlayan ticari bir HAD yazılımıdır. Özellikle, gelişen bilgisayar teknolojisine paralel olarak, HAD alanında kullanılan yazılımlarda da önemli ilerlemeler kaydedilerek 3 boyutta karmaşık akım problemlerini istenilen türbülans modeli kullanılarak, zamana bağlı olarak gerçek koşullar tamamıyla yansıtacak biçimde modelleyerek çözebilmek mümkündür. Tipik bir HAD çözümünün aşamaları aşağıdaki gibidir;

- 1) Modelin CAD geometrisinin oluşturulması
- 2) Çözüm alanına uygun çözüm ağının oluşturulması
- 3) Problemin fiziksel koşulları, başlangıç ve sınır şartlarının belirlenmesi
- 4) Bilgisayar destekli çözümün yapılması
- 5) Çözümün görselleştirilmesi ve yorumlanması

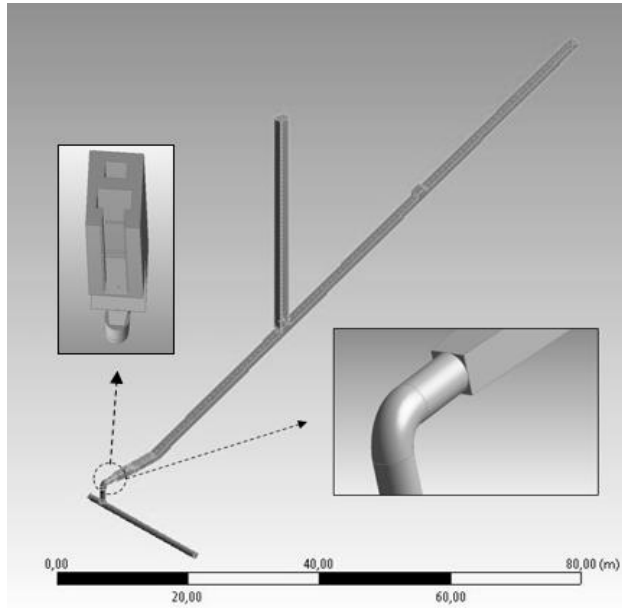
2.1. Su Alma Yapısı CAD Geometrisinin ve Çözüm Ağının Oluşturulması

HAD çözümünün ilk aşaması probleme ait çözüm alanını belirleyen geometrinin hazırlanmasıdır. İncelenmesi planlanan probleme bağlı olarak geometri 2 boyutlu

veyahut 3 boyutlu olabilir. Eğer 2 boyutta çalışılacak ise uygulanacak sayısal yöntem değişecek ve ayırıklaştırma metodu olarak sonlu farklar metodu kullanılacaktır. CFX yazılımı ise sonlu hacimler metodunu kullanarak 3 boyutta çözümler yapabilmektedir. Söz konusu su alma yapısının CAD geometrisi gerçek ölçülere bağlı kalınarak 1:1 ölçekte modellenmiştir. 31.47 m maksimum ve 10.47 m minimum su seviyesi bulunan sistemde farklı kotlarda 2 adet otomatik su alma kapağı bulunmaktadır. Sistem içme suyu amaçlı su temini sağlayacağı için suyun içerisinde bulunabilecek yüzen katı madde ve kirleticilerden kaçınmak amacıyla olabildiğince yüksek kottan su alınması gerekmektedir. Su alma yapısının geometrisi ve boyutları Şekil 3 ve Şekil 4’te gösterilmiştir.



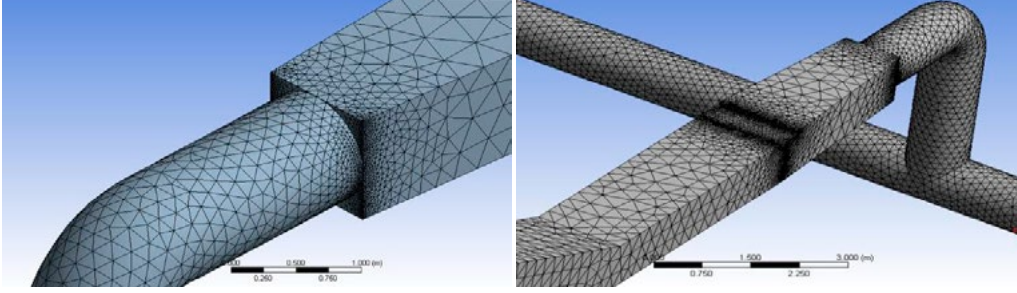
Şekil 3. Su alma yapısının boy kesiti ve boyutları.



Şekil 4. Su alma yapısı geometrisi ve dörtgen kesitten dairesel kesite bağlantı noktası.

Çözüm ağının (mesh) oluşturulması aşaması bir HAD çözümünün en kritik ve çözümün sonuçlarına doğrudan etki eden aşamalarından biridir. Daha önce geometrisi hazırlanmış olan akışkana ait çözüm alanı sonlu küçük hacimlere ayrılarak akışkanın hareket denklemleri her bir sonlu hacim elemanı için çözülerek tüm model için HAD çözümüne ulaşılmış olur. Kullanılan çözüm ağı eleman boyutu ve şekli yapılan çözümün doğruluğuna ve stabilitesine doğrudan etki etmektedir. Her ne kadar küçük eleman boyutu daha hassas bir çözüm elde edilmesini sağlasa da getirdiği hesaplama yükü nedeniyle çözüm süresi ve bilgisayar performans limitlerini

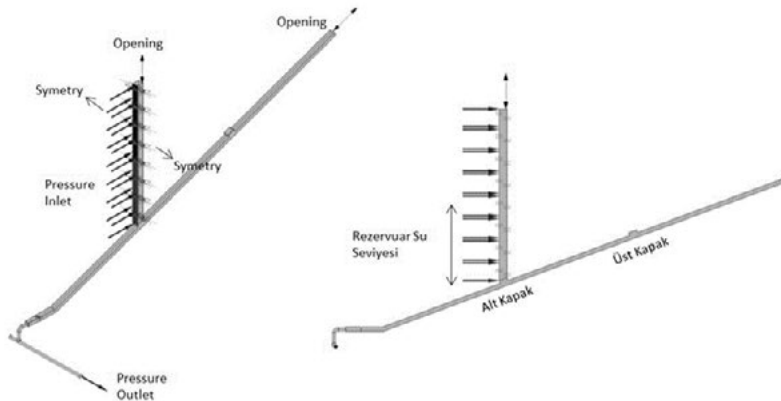
zorlamaktadır. Ayrıca çözümü yapılacak fiziksel durumun gerektirdiği hassasiyetin doğru belirlenmesi gereğinden fazla sayıda eleman kullanılmasını önleyecektir. Bu çalışmada bir su alma yapısının 1:1 ölçekte modellenmesi söz konusu olduğu için küçük ölçekli akım davranışları ihmal edilebilir düzeydedir. Bu nedenle çok küçük çözüm ağı elemanlarına gerek duyulmamakla birlikte yapısal olmayan çoğunlukla dört üçgen yüzlü 246900 elemanlı melez bir çözüm ağı oluşturulmuştur. Katı çeper ve kesit değişlerinin bulunduğu bölgeler gibi gerek görülen alanlarda çözüm ağı için sıklaştırma işlemi uygulanarak çözümün hassasiyeti artırılmıştır (Şekil 5).



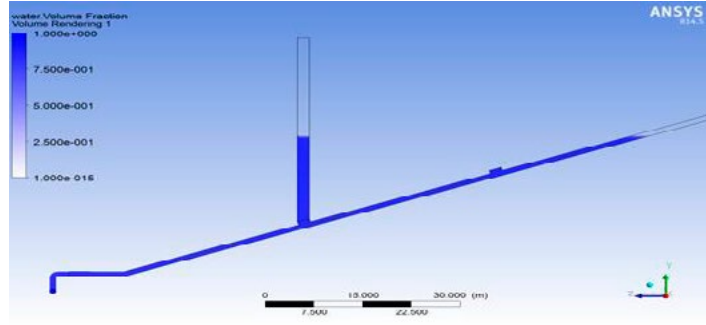
Şekil 5. Çözüm ağı ve geçiş bölgelerinde sıklaştırma bölgeleri.

2.2. Problemin fiziksel koşulları, başlangıç ve sınır şartlarının belirlenmesi

Modelin geometrisi ve çözüm ağı oluşturulduktan sonra çözümlenecek problemin ana hatlarının belirlenmesi aşamasına geçilir. Bu anlamda problemin fiziksel koşulları, başlangıç ve sınır şartları, kullanılacak sayısal yöntemin detayları, akışkana ve akıma ait temel parametrelerin tanımlanması gerekmektedir. HAD çözümünün gerçek koşullara uygun olarak modellenmesi için çözüm alanına ait başlangıç ve sınır şartlarının özenle belirlenmesi gerekmektedir. Su alma yapısı modellenirken rezervuarı tümüyle çözüm alanına dâhil ederek çözüm yükünü arttırmak yerine kapak üzerinde sabit bir su seviyesi yaratmak için alt kapak üzerine çevresi simetri ve sabit hidrostatik basınçlı “inlet”, üst kısmı ise atmosfere açık şekilde “opening” sınır koşulu ile tanımlanmış bir su sütunu oluşturulmuştur (Şekil 6). Su alma yapısının katı çeperlerinde kullanılan malzemeye uygun pürüzlülük değeri ile tanımlanmış ve iletim borusunun çıkışında ise basınçlı “outlet” sınır koşulu uygulanmıştır. Başlangıçta rezervuar su seviyesi belirlenerek su alma yapısının belirli bir kota kadar su ile dolu olduğu kabulü çerçevesinde başlangıç şartı tanımlanmıştır (Şekil 7). Akım koşullarının zamanla değişmeyeceği göz önünde bulundurularak zaman bağılı çözüm yerine “steady-state” çözüm yapılması uygun görülmüştür. Bu tür bir yapıda türbülans kaynaklı enerji kayıpları ihmal edilebilecek seviyede olduğu için türbülans modeli uygulanmamıştır.



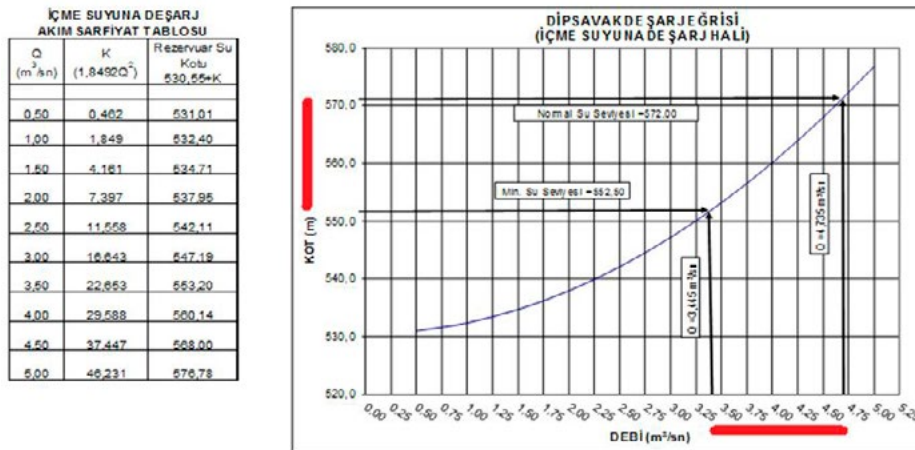
Şekil 6. Eğimli su alma yapısının geometrisi ve uygulanan sınır şartları.



Şekil 7. Su alma yapısı içerisindeki suyun başlangıç koşulu hacimsel gösterimi.

3.Çözüm

Su alma yapısında meydana gelebilecek olan enerji kayıplarının mevcut sayısal model ile hesaplanabilmesi için iletim borusunda meydana gelen basıncın belirlenmesi gerekmektedir. Bu bağlamda yapının hidrolik tasarımı yapılırken kullanılan debi, seviye ve enerji kaybı değerleri kullanılarak modelin çıkış basınç koşulları hesaplanmıştır. Çalışma minimum ve normal su seviyesi aralığında alt kapağın açık üst kapağın kapalı olduğu durum için gerçekleştirilmiştir. Şekil 8 ve Tablo 1’de rezervuar su seviyeleri ve buna karşılık gelen ampirik kayıp ve debi değerleri olarak gösterilmiştir.



Şekil 8. Deşarj eğrisi ve akım sarfiyat tablosu.

Tablo 1. Rezervuar su yüksekliği ve karşılık gelen debi değerleri.

Rezervuar Su Kotu	Rezervuar Su Yüksekliği (m)	Debi (m³/s)
556.5	18.77	3.75
560	22.27	4
564.5	26.77	4.25
568	30.27	4.5
572	34.27	4.735

Abaklardan elde edilen ampirik kayıp değerleri kullanılarak hesaplanan debi değerleri referans alınarak iletim borusunda meydana gelen basıncın hesaplanabilmesi için 5 farklı su yüksekliği için seri sayısal çözümler gerçekleştirilerek enterpolasyon ile çıkış basıncı bulunmuştur. (Tablo 2-6). Çözümler sonucunda abaktan gelen debi değeri ile sayısal çözümden elde edilen debinin aynı olduğu durum için model çıkış su basıncı belirlenmiştir.

Tablo 2. Rezervuar su yüksekliği ve karşılık gelen debi değerleri.

Basınç (Pa)	Su Yük. (m)	Kayıplar Dâhil Edilmeden		Kayıplar Dâhil Edilerek	
		Hız (m/s) (Bernoulli)	Debi m ³ /s (Bernoulli)	Hız (m/s) (HAD)	Debi m ³ /s (HAD)
0	18.77	19.19029442	15.06438112	11.6073	9.1117305
100000	18.77	12.789023	10.03938306	6.66676	5.2334066
150000	18.77	7.823360146	6.141337714	2.91451	2.28789035
125000	18.77	10.60103941	8.321815939	4.79669	3.76540165
130000	18.77	10.10676121	7.933807548	4.39916	3.4533406
126000	18.77	10.50404464	8.24567504	4.71748	3.7032218
125150	18.77	10.58654685	8.310439277	4.78463	3.75593455

Tablo 3. Rezervuar su yüksekliği ve karşılık gelen debi değerleri.

Basınç (Pa)	Su Yük. (m)	Kayıplar Dâhil Edilmeden		Kayıplar Dâhil Edilerek	
		Hız (m/s) (Bernoulli)	Debi m ³ /s (Bernoulli)	Hız (m/s) (HAD)	Debi m ³ /s (HAD)
0	22.27	20.90304762	16.40889239	12.6958	9.966
150000	22.27	11.39626974	8.946071745	5.6759	4.4555
155000	22.27	10.93798653	8.58631943	5.30222	4.16207
157000	22.27	10.74920386	8.43812503	5.1499	4.0426
157500	22.27	10.70148785	8.400667961	5.11154	4.01255
157750	22.27	10.67754988	8.381876656	5.09237	3.9975
158000	22.27	10.65355812	8.363043128	5.07339	3.9826

Tablo 4. Rezervuar su yüksekliği ve karşılık gelen debi değerleri.

Basınç (Pa)	Su Yük. (m)	Kayıplar Dâhil Edilmeden		Kayıplar Dâhil Edilerek	
		Hız (m/s) (Bernoulli)	Debi m ³ /s (Bernoulli)	Hız (m/s) (HAD)	Debi m ³ /s (HAD)
0	26.77	22.91784021	17.99050457	13.9684	10.965194
100000	26.77	17.90304749	14.05389228	10.8023	8.4798055
150000	26.77	14.77040839	11.59477059	8.54919	6.71111415
180000	26.77	12.52008294	9.828265106	6.81572	5.3503402
195000	26.77	11.22703136	8.813219618	5.79787	4.55132795
197000	26.77	11.04319099	8.668904931	5.65326	4.4378
200000	26.77	10.76154351	8.447811652	5.43148	4.2637118
200300	26.77	10.73297227	8.425383232	5.40944	4.2464104
201000	26.77	10.66600842	8.372816614	5.35729	4.205472

Tablo 5. Rezervuar su yüksekliği ve karşılık gelen debi değerleri.

Basınç (Pa)	Su Yük. (m)	Kayıplar Dâhil Edilmeden		Kayıplar Dâhil Edilerek	
		Hız (m/s) (Bernoulli)	Debi m ³ /s (Bernoulli)	Hız (m/s) (HAD)	Debi m ³ /s (HAD)
0	30.27	24.37001026	19.13045805	14.8766	11.678131
100000	30.27	19.72787645	15.48638301	12.0197	9.4354645
175000	30.27	15.35115277	12.05065492	9.05035	7.10452475
200000	30.27	13.58237161	10.66216172	7.75639	6.08876615
231000	30.27	11.0009658	8.635758152	5.79619	4.55000915
231500	30.27	10.95434649	8.599161996	5.76051	4.52200035
231900	30.27	10.91690771	8.569772551	5.72995	4.49801075
235000	30.27	10.62228398	8.338492922	5.50525	4.32162125

Tablo 6. Rezervuar su yüksekliği ve karşılık gelen debi değerleri.

Basınç (Pa)	Su Yük. (m)	Kayıplar Dâhil Edilmeden		Kayıplar Dâhil Edilerek	
		Hız (m/s) (Bernoulli)	Debi m ³ /s (Bernoulli)	Hız (m/s) (HAD)	Debi m ³ /s (HAD)
0	34.27	25.93024103	20.35523921	15.856	12.44696
200000	34.27	16.21606668	12.72961235	9.72591	7.6348
250000	34.27	12.67306882	9.948359023	7.6271	5.987
260000	34.27	11.83789864	9.292750433	6.59083	5.1738
265000	34.27	11.39738697	8.946948769	6.26358	4.9169
266250	34.27	11.28457248	8.858389397	6.17904	4.8505
267500	34.27	11.17061871	8.768935689	6.09424	4.7839
270000	34.27	10.93915057	8.587233196	5.91883	4.6486

Referans debilerine karşılık gelen çıkış basınçları HAD çözümleri ile belirlendikten sonra Bernoulli eşitliği kullanılarak sistemde meydana gelen toplam kayıp söz konusu 5 rezervuar su seviyesi için aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$H(\text{rezervuar su yüksekliği}) - h_f(\text{kayıplar}) = \frac{v^2}{2g} + \frac{p}{\gamma} + z$$

Rezervuar su seviyesinin 18,77 m olduğu durum için;

$$18,77 - h_f = \frac{4,78^2}{2 \times 9,81} + \frac{125150}{9780,57} + 0(\text{datum})$$

$$h_f = 4,80 \text{ [m]}$$

Rezervuar su seviyesinin 22,27 m olduğu durum için;

$$22,27 - h_f = \frac{5,09^2}{2 \times 9,81} + \frac{157750}{9780,57} + 0(\text{datum})$$

$$h_f = 4,82 \text{ [m]}$$

Rezervuar su seviyesinin 26,77 m olduğu durum için;

$$26,77 - h_f = \frac{5,41^2}{2 \times 9,81} + \frac{200300}{9780,57} + 0(\text{datum})$$

$$h_f = 4,80 \text{ [m]}$$

Rezervuar su seviyesinin 30,27 m olduğu durum için;

$$30,27 - h_f = \frac{5,73^2}{2 \times 9,81} + \frac{231900}{9780,57} + 0(\text{datum})$$

$$h_f = 4,89 \text{ [m]}$$

Rezervuar su seviyesinin 34,27 m olduğu durum için;

$$34,27 - h_f = \frac{6,09^2}{2 \times 9,81} + \frac{267500}{9780,57} + 0(\text{datum})$$

$$h_f = 5,03 \text{ [m]}$$

Diğer taraftan ampirik kayıp katsayıları kullanılarak yapılan hidrolik hesaplara göre birim debi için kayıp miktarı hesaplanarak Tablo 7'de gösterilmiştir. Sonrasında sistemde minimum su seviyesi ile maksimum su seviyesi aralığında HAD çözümü ve ampirik ifadelerle elde edilen toplam kayıp değerleri karşılaştırılmıştır (Tablo 8).

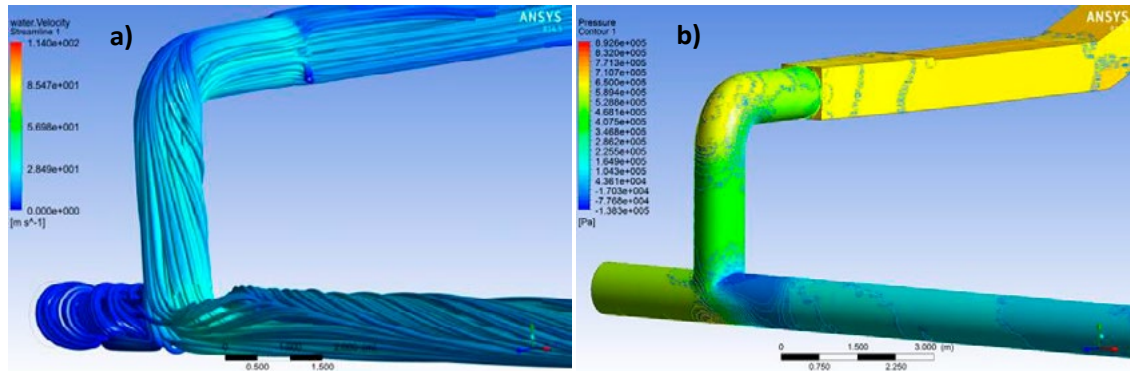
Tablo 7. Birim debi başına meydana gelen kayıpların ampirik ifadelerle göre hesaplanması.

Izgara Kaybı	0,09710 m
Giriş Kaybı	0,00566 m
Karesel Su Alma Yapısında Sürtünme Kaybı	0,01386 m
Tranzisyon Bölgesi Sürtünme Kaybı	0,00600 m
D = 1000 mm Cebri Boru Sürtünme Kaybı	0,00548 m
Düşey Kurp Kaybı (1)	0,01851 m
Düşey Kurp Kaybı (2)	0,01851 m
Yatay Kurp Kaybı	0,00537 m
Vana Odası Tedrici Daralma Kaybı	0,12394 m
Tedrici Daralmada Sürtünme Kaybı	0,04593 m
D = 500 mm Cebri Boru Sürtünme Kaybı	0,47809 m
Toplam Yük Kaybı (Q = 1 m ³ /s için)	1,84923 m

Tablo 8. HAD çözümü ve ampirik çözüm ile elde edilen toplam kaybın karşılaştırılması.

Rezervuar Su Seviyesi (m)	Debi (m ³ /s)	HAD Çözümü Toplam Kayıp (m)	Ampirik Toplam Kayıp (m)	Δh_f
18.77	3,75	4,80	6,9346	2,1346
22.27	4	4,82	7,3969	2,5769
26.77	4,25	4,80	7,8592	3,0592
30.27	4,5	4,89	8,3215	3,4315
34.27	4,735	5,03	8,7561	3,7261

HAD çözümü aynı zamanda modellenen problem ile ilgili çok detaylı sayısal ve görsel verilerin alınabilmesini sağlamaktadır. Su alma yapısının bütün kısımları için akım ile ilgili parametreler gözlemlenerek istenmeyen koşullar tespit edilebilmekte ve böylece tasarım öncesi ve tasarım sonrası iyileştirmeler sağlanabilmektedir. Şekil 9a ve 9b’de sırasıyla akım hız çizgileri ve su alma yapısı çeperlerinde oluşan basınç dağılım kontörleri görülmektedir. Bu görsel veri üzerinden kayıpların, negatif basınç bölgelerinin ve ölü akım bölgelerinin belirlenmesi mümkün olmaktadır.



Şekil 9 a) Akım hız çizgileri b) Basınç dağılım kontörleri.

4.Sonuç

HAD metodu havacılık ve makine mühendisliği alanlarında sıklıkla kullanılmasına karşın inşaat mühendisliği uygulamalarında yeterince kullanılmadığı görülmektedir. Su yapıları büyük ölçekli yapılar olması ve sınır koşullarının hassas bir şekilde belirlenmesindeki zorluklar bunun bir nedeni olarak gösterilebilir. Ancak HAD alanındaki gelişmeler bu tür nümerik yaklaşımların güvenilirliğini ve bilgisayar teknolojilerindeki gelişmeler ise hesaplama gücünü oldukça artırmaktadır. Bunun sonucu olarak büyük boyutlu karmaşık sistemlerin sayısal olarak modellenmesi ve yüksek hassasiyette çözümlenmesi mümkün olabilmektedir. Yapılan çalışmalar HAD çözümlerinin deneysel doğrulama ile karşılaştırıldığında uyumlu sonuçlar verdiğini göstermektedir. Bu çalışmada baraj gölü yamacına yapılması planlanan bir su alma yapısı 1:1 ölçekte modellenerek bilgisayar ortamında nümerik çözümü yapılmıştır. HAD çözümü için gerekli olan iletim borusu çıkış basıncının hesaplanması için farklı rezervuar su seviyeleri ve buna bağlı olarak deneye dayalı kayıp katsayıları kullanılarak hesaplanan debi değerleri referans alınarak seri HAD çözümleri uygulanmıştır. Sonrasında HAD çözümünden elde edilen basınç değerleri Bernoulli eşitliğinde kullanılarak sistemde meydana gelen toplam kayıp bulunmuştur. Sonuç olarak sistemde konvansiyonel yöntemlerle hesaplanan kayıplara karşılık gelen debi değerleri, HAD çözümünde çıkış basıncını bulmak için kullanılmış fakat HAD çözümünden elde edilen çıkış basıncına karşılık sistemdeki toplam kayıp konvansiyonel kayıp hesabı ile farklılık göstermiştir.

İnşaat mühendisliği hidrolik yapı projeleri aralarında benzerlik gösterebilir de çoğunlukla kendine özgü koşulları içerisinde değerlendirilmesi gereken sistemlerdir. HAD ya da farklı sayısal çözüm metodları, deneysel metodların alternatifi olarak değil birbirini destekleyici yöntemler olarak ele alınmalıdır. Klasik deneysel ve uygulamaya yönelik oluşturulmuş abaklar ve eşitlikler pratik ve güvenilir çözümler üretebilmesine karşın gelişen teknoloji ve mühendislik anlayışı içerisinde daha detaylı ve gelişmiş metodlar ile desteklenirse tasarım ve problem tespiti süreçlerinde faydalı sonuçlar ortaya çıkacağı aşikârdır.

5.Referanslar

- Aydin M.C. ve Aydin S. (2006) Dolusavaklarda Hidrolik Karakteristiklerin Sayısal Analiz Yöntemi ile Belirlenmesi. Fırat Üniv. Fen ve Müh. Bil. Dergisi. 18 (4), 521-533
- Aydin M.C. (2012) CFD simulation of free-surface flow over triangular labyrinth side weir. *Advances in Engineering Software*. 45, 159–166
- Aydin M. C. Emiroglu M.E. (2013) Determination of capacity of labyrinth side weir by CFD. *Flow Measurement and Instrumentation*. 29, 1–8
- Hoseini S. H. Jahromi S. H. M., Vahid M. S. R. (2013) Determination of Discharge Coefficient of Rectangular Broad-Crested Side Weir in Trapezoidal Channel by CFD. *International Journal of Hydraulic Engineering*. 2(4): 64-70
- Li S.P.E. Cain S. Wosnik M. Miller C. Kocahan H. Wyckoff R. (2011) Numerical Modeling of Probable Maximum Flood Flowing through a System of Spillways. *J. Hydraul. Eng.* 137:66-74
- Öztürk M. and Aydin M.C. (2007) Dolusavak Havalandırıcılarında Jet Uzunluğunun CFD Analiziyle Belirlenmesi. Fırat Üniv. Fen ve Müh. Bil. Dergisi. 20 (1), 157-164
- T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (2012) Baraj Hidrolik Yapılar Tasarım Rehberi, 1.Barajlar Kongresi, Ankara