



ISSN:1306-3111
e-Journal of New World Sciences Academy
2009, Volume: 4, Number: 1, Article Number: 1A0005

ENGINEERING SCIENCES

Received: July 2008
Accepted: January 2009
Series : 1A
ISSN : 1308-7231
© 2009 www.newwsa.com

Cihat Tuna
University of Firat
ctuna@firat.edu.tr
Elazig-Turkiye

**SONU EŞİKLİ KASKATLARDA AKIM TIPLERİ VE HAVALANMAYAN BÖLGE
KARAKTERİSTİKLERİNİN İNCELENMESİ**

ÖZET

Kaskatlar çeşitli nedenlerle 3500 yıldan fazla bir süredir kullanılmaktadır. Kaskatlar, son yıllarda silindirele sıkıştırılmış beton (SSB) barajların inşaat tekniklerindeki gelişmeler neticesinde oldukça popüler olmuşlardır. Kaskatların önemli tasarım parametrelerinden birisi akışın içine giren hava miktarıdır. Zira akım içerisinde hava ne kadar kısa süre içerisinde karışırsa ki bu hidrolikte hava-su akımı diye isimlendirilmektedir, bu noktadan itibaren akımın enerjisi kırılmaya başlamış demektir. Bu deneysel çalışmanın amacı; sonu eşikli kaskatların havalanma ve hidrolik karakteristiklerini belirlemektir. Çalışma sonucunda bu tip kaskatların diğer tiplere göre oldukça avantajlı olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Kaskat, Basamaklı Dolusavak, Sıçramalı Akım, Nap Akımı, Geçiş Akımı, Eşik

**AN INVESTIGATION OF FLOW TYPES AND AIR NON AERATED REGION
CHARACTERISTICS FOR CASCADE WITH END SILL**

ABSTRACT

Cascades have been used for about 3500 years. Cascades have regained popularity over the last years with the evolution of the roller compacted concrete (RCC) dam construction technique. Stepped chutes an important design parameter is amount of entrained air. In stepped chutes, mixing of air into flow is called as two phase flow (air-water flow) in hydraulics engineering. In this condition, the energy of flow dissipates. In this experimental study, flow on the cascade the effect of steps with different sill types on aeration and hydraulic characteristics is investigated. It is concluded that this cascade type is very advantage according to the other types.

Keywords: Cascade, Stepped Spillway, Skimming Flow, Nappe Flow, Transition Flow, Sill



1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Yeni inşa tekniklerin uygulanmaya başlanmasıyla ve yapım tekniğindeki gelişmeler sonucunda basamaklı dolusavaklara olan ilgi daha da artmıştır. Son yıllarda özellikle küçük barajların dolusavaklarından mansaba bırakılan akımın enerjisini sönmek, isale hatlarında ve arıtma suyu tesislerinde suyu havalandırmak ayrıca su ürünleri tesislerinde suyun oksijen miktarını artırmak için basamaklı düşüler yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır [1].

Bundan dolayıdır ki basamaklı düşülerin hidroliği hakkında bir çok araştırmacı teorik ve deneysel olarak çalışmalar yapmışlardır. Bu çalışmalarda basamaklı düşülerdeki, akım karakteristikleri, enerji sönmelendirme ve oksijen kazandırma etkileri araştırılmıştır. Bu tip dolusavakların tasarımında deneysel olarak hidrolik laboratuvarlarında ve nümerik olarak bilgisayarlarla basamaklı dolusavakların hidroliği araştırılmış ve projelendirilmesi ilgili kriterler sunulmuştur. Literatürde basamaklı dolusavaklar hakkında deneysel olarak çalışma yapan bazı bilim adamları "Basamaklı dolusavakların hidrolik dizaynı" ile ilgili bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada farklı eğim ve basamak yüksekliklerinde basamaklı dolusavaklarda meydana gelen akım tiplerini ve koşullarını incelemişlerdir.

Essery ve Horner [2] "Basamaklı dolusavaklar üzerine küçük debilerle yaptıkları çalışmalarda bugün nap akımı diye adlandırılan akım şartlarının meydana geldiğini ortaya çıkarmışlardır.

Wilhelms ve Gulliver [3] "Düşülerde yapmış oldukları deneysel çalışmalarda oksijen ve azot gibi atmosferik gazların basamaklar vasıtasıyla transferinin meydana geldiğini bulmuşlardır.

Chanson [4] "Basamaklı dolusavaklarda oluşan nap, geçiş veya sıçramalı akımın önceden tahmini" hakkında bir çalışma yapmıştır. Bu çalışmada sıçramalı akım hallerinde basit bir analitik metot elde edilmeye çalışılmıştır. Bu metot basamak sonlarındaki akım jetinin çarpmalarındaki momentum yönlerinin değişimine dayanmaktadır.

Minor ve Hager [5] "Basamaklı dolusavakların hidroliği" hakkında bir çalışma yürütmüşlerdir. Bu çalışmada özellikle sıçramalı akımlar için basamaklı dolusavakların tasarımı model çalışmaları için iki farklı düşü eğimi geliştirildi.

Chamani ve Rajanaratham [6] "Basamaklı dolusavaklar üzerindeki sıçramalı akım karakteristikleri" hakkında bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada büyük bir basamaklı dolusavak modelinde farklı iki eğimde ve değişik basamak boyutlarında dolusavakta gelişen sıçramalı akım karakteristiklerinin çalışıldığı bir laboratuvar deney çalışması yapılmıştır.

Ferrando [7] "Basamaklı dolusavaklarda havalandırma akım başlangıcı" adında bir çalışma yapmıştır. Çalışmada uniform pürüzlülük, eğim açısı ve verilen debinin değeri için dikdörtgen bir düşüde havalanma noktasının başlangıcının tayini konusunda bir deneysel çalışma yürütülmüştür.

Chanson ve Toombes [8] "Basamaklı bir dolusavakda sıçramalı ve geçiş akım şartlarında hava girişinin deneysel araştırmaları" hakkında bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada nap, geçiş ve sıçramalı akımlar için büyük bir deney setinde hız, akım derinliği, hava kabarcık oranları, sürtünme katsayısı gibi parametrelerin değişim miktarları üzerine araştırmalar yapmışlardır.

Chanson [9] "Basamaklı dolusavaklarda sıçramalı akım hidroliği" adı altında yaptığı çalışmada sıçramalı akıma etki eden faktörleri araştırmıştır.

Baylar, Emiroğlu ve Bağatur [10] "Basamaklı Dolusavaklarda Havalanma Performansının İncelenmesi" hakkında bir çalışma yapmışlardır. Yapılan bu çalışmada nap, sıçramalı ve geçiş akımı ile



havalanmayan bölge uzunluklarının ilgisi araştırılmış havalanmayan bölge uzunluğu ile alakalı formüller verilmiştir.

Yapılan literatür incelemesi neticesinde, basamaklı dolusavaklarda akıma hava girişi arttıkça hidrolik karakteristiklerin değiştiği görülmüştür. Literatürden farklı olarak bu çalışmada, basamaklı dolusavakların uç kısımlarına yerleştirilen değişik geometrili eşiklerle dolusavakların hidrolik karakteristiklerinin nasıl etkileneceği ve klasik basamaksız dolusavaklardan ne gibi farklılıklar göstereceği deneysel olarak incelenmiştir.

Basamaklı düşülerde nap akımı, sıçramalı akım ve geçiş akımı olmak üzere üç ana akım tipi vardır. Nap akım rejimi, düşük debilerde ve büyük basamak yüksekliklerinde akışın her bir basamak kenarına serbest düşüm yaparak ve basamaklarda sekerek akmasıdır. Sıçramalı akım rejimi ise yüksek debilerde akışın basamak kenarları ile ana akış arasında vorteksler meydana getirerek hiç hava boşluğu olmaksızın basamaklar üzerinden sıçrayarak akmasıdır. Geçiş akım rejiminde ise orta ölçekli debilerde basamak kenarları üzerinde akım nap akımına benzer bir görünüşle sekerek akmakta fakat basamak altlarında vorteksler ve hava boşlukları meydana gelmektedir.

2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

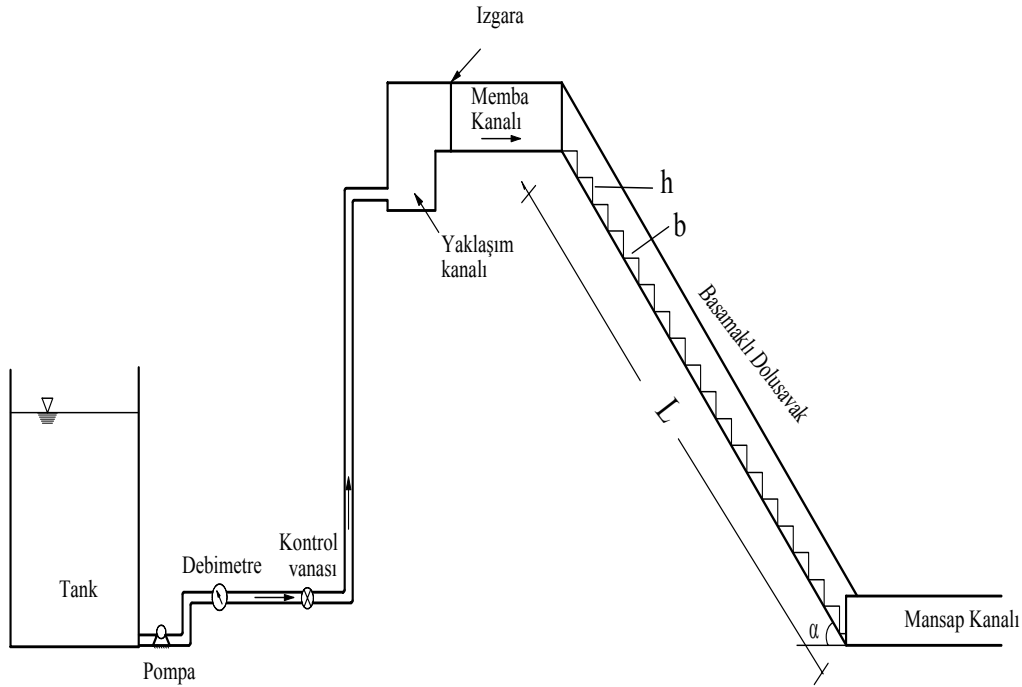
Yapılan literatür incelemesi neticesinde, basamaklı dolusavaklarda, akım ve havalanma karakteristiklerinin bağlı olduğu parametreler araştırılmıştır. Literatürden farklı olarak bu çalışmada, basamaklı dolusavakların uç kısımlarına yerleştirilen değişik geometrili eşiklerle basamaklı dolusavakların hidrolik karakteristiklerinin nasıl etkileneceği ve klasik basamaksız dolusavaklardan ne gibi farklılıklar göstereceği deneysel olarak incelenmiştir.

3. MATERYAL VE METOT (MATERIAL AND METHOD)

Basamak tipi dolusavak boşaltım kanallarında deneysel çalışmalar yapmak için Fırat Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Hidrolik Laboratuvarında Şekil 1'de kesiti verilen deney düzeneği hazırlanmıştır. Deney düzeneği laboratuvar tabanından 2,75 m yüksekte, genişliği sabit ($b=0,29$ m) olan dikdörtgen kesitli bir kanal olup dolusavak mansap eğimi $\alpha=30^\circ$ ve dolusavak uzunluğu $L= 5.51$ m olacak şekilde farklı basamak boyutları değişikliklerinin kolayca yapılabilmesine olanak sağlayacak şekilde tasarlanmıştır.

Deney düzeneğinde dolusavak boşaltım kanalının yan duvarı akım koşullarını görebilmek amacı ile cam malzemeden teşkil edilmiştir. Basamak düşü yükseklikleri; $h=10$ cm için $b=17,88$ cm olarak alınmıştır.

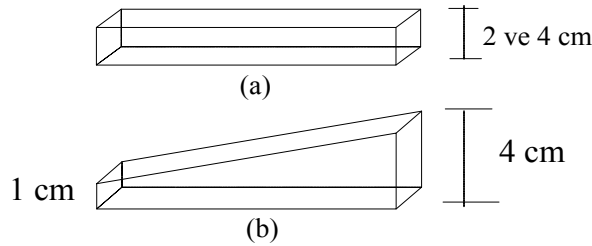
Basamak uçlarına, kesitleri Şekil 2'de gösterilmiş olan yükseklikleri 2 cm, 4 cm'lik dikdörtgen ve 4 cm ile başlayıp 1 cm'e giden trapez kesitli ahşap malzemeden yapılmış eşik yerleştirilmiştir. Sistemde debi, bir debimetre kullanılarak belirlenmiştir. Vana yardımı ile ayarlanan farklı debi miktarlarında; kritik akım derinliği, h_c , ve basamakların bittiği noktadaki hız yükseklikleri ve mansap havuzundaki akım derinlikleri yani "h" ölçülmüştür. Kanalda meydana gelen akımın sıçramalı, nap veya geçiş akımı şartlarından hangisini sağladıkları gözlemlenerek, kaydedilmiştir. Ayrıca dolusavakta havalanmayan bölgenin uzunluğu da tespit edilerek, tablolardaki yerlerine yazılmıştır.



Şekil 1. Deneysel düzeneğin kesiti
(Figure 1. Experimental Setup)

Deneysel düzeneği amaca uygun ölçümlerin yapılabilmesi için ölçüm aletleri ile teçhiz edilmiştir. Bu ölçümler ve kullanılan aletler aşağıda açıklanmıştır.

- **Su seviyesi ölçümleri:** Su seviyesi ölçümleri (kanal tabanına dik akım derinlikleri) nokta uçlu (point gage, limnometre) seviye ölçme aletleri ve dolusavak boşaltım kanalı yan duvarı üzerine yerleştirilen çelik şerit metreler yardımıyla yapılmıştır.
- **Debi ölçümleri:** Yapının menba kısmına yerleştirilen bir elektromanyetik debimetre yardımıyla yapılmıştır.
- **Hız yüksekliği ölçümleri:** Dolusavak kanalı ucuna yerleştirilen elektronik muline vasıtasıyla yapılmıştır.



Şekil 2. Eşik Kesitleri
(a) Dikdörtgen Enkesitli Eşikler (b) Trapez Enkesitli Eşik
(Figure 2. Sill Section)

4. BULGULAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSION)

Yüksekliği sabit bir deneysel düzeneğinde yapılan deneyler nap akımı, geçiş akımı ve sıçramalı akım koşulları durumunda sabit dolusavak eğiminde ve basamaklar üzerine yükseklikleri farklı üç tip eşik yerleştirilerek yapılmıştır.

Çalışmalar esnasında boşaltım kanalı taban eğim açısı $\alpha=30^\circ$, basamak yüksekliği $h=10$ cm ve basamak genişliği $b=17,88$ cm için

deneyler yapılmıştır. Deneyler sırasında ilk alternatif basamaklar çıkarılarak klasik basamaksız dolusavak için yapılmış, ikinci alternatifte, genişlik ve yüksekliği yukarıda verilmiş olan basamaklı dolusavak kullanılmış, üçüncü alternatifte de basamaklar üzerine yüksekliği 2 cm, genişliği 29 cm olan ahşaptan imal edilmiş eşikler bütün basamak uçlarında olacak şekilde teşkil edilmiştir. Dördüncü alternatifte de 2 cm yükseklikli eşikler bir basamak kenarında olup, diğerinde olmayacak şekilde yerleştirilmiştir. Beşinci alternatifte de 4cm yükseklikli eşikler bütün basamak kenarlarına yerleştirilmiştir. Altıncı alternatifte 4 cm yükseklikli eşikler bir basamak ucunda olup diğerinde olmayacak şekilde yerleştirilmiştir. Yedinci alternatifte, yüksekliği 4 cm den başlayıp 1cm'ye kadar azalan trapez kesitli eşikler bütün basamak uçlarına 4 cm olan tarafı bir sağa bir sola gelecek şekilde şaşırtmalı olarak yerleştirilmiş, sekizinci alternatifte de trapez kesitli eşiklerin 4 cm'lik kısımları üç kez sağa üç kez sola gelecek şekilde şaşırtmalı olarak dizilmiş ve sonuncu bir başka deyişle, dokuzuncu alternatifte trapez kesitli eşikler iki sağa, bir boş basamak ve iki sola şaşırtmalı olarak dizilmiş olup farklı debi miktarlarında bir dizi deney yapılmıştır.

Dolusavaklar da 5.00-45,30 L/s arasında yapılan deneylerde; H_1 , H_2 ve akım tipleri verilmiştir. Burada H_1 dolusavak sonunda ölçülmüş hız yüksekliği, H_2 boşaltım kanalı sonundaki akım yüksekliğidir. Havalanmayan bölge uzunluğu dolusavak boşaltım kanalına yerleştirilen şerit metre yardımıyla hesaplanmıştır. Akım tipleri; boşaltım kanalı boyunca her bir basamağa akımın çarpmasıyla nap akımı, bütün basamaklarda akımın hızla akması fakat basamak kenarlarında boşlukların oluşmasıyla geçiş akımı, bütün basamaklarda akımın kayarak ve tüm basamak boşluklarında vortexlerin oluşmasıyla sıçramalı akım koşulları gözlemlenerek tablodaki yerlerine yazılmıştır.

Debi arttıkça havalanmayan bölgenin uzunluğu da artmıştır. Nap akım rejimi küçük debilerde sıçramalı akım rejimi ise büyük debilerde gözlemlenmektedir. Altıncı alternatifte sıçramalı akım rejimi meydana gelmemiştir. Beşinci ve sekizinci alternatifte orta büyüklükteki debilerde sıçramalı akım şartları gözlemlenirken dokuzuncu ve dördüncü alternatiflerde ancak maksimum debide sıçramalı akım gözlemlenmiştir. Geçiş akım rejiminin gerçekleşmediği bir alternatif olmamıştır. Altıncı ve yedinci alternatiflerde 15 lt/s de nap akımı meydana gelmiştir. Dördüncü alternatifte havalanmayan bölge uzunluğu 1,37 m ile en uzun olmuştur. Havalanmayan bölge uzunluğunun ortalama olarak en fazla olduğu alternatif yedinci altaernatiftir.

Tablo 1. Birinci alternatifte ait değerler
(Table 1. First alternative)

Debi, Q [m ³ /s]	H ₁ [m]	H ₂ [m]	$h_{kr} = 3\sqrt{\frac{q^2}{g}}$ [m]	Akım Tipi	Havalanmamış bölgenin uzunluğu [m]
0,005	0,60	0,209	0,0312	Sel Rejimi	-
0,010	1,10	0,231	0,0495	Sel Rejimi	-
0,015	1,40	0,240	0,0648	Sel Rejimi	-
0,020	1,70	0,246	0,0785	Sel Rejimi	-
0,025	1,90	0,265	0,0912	Sel Rejimi	-
0,030	2,00	0,290	0,1029	Sel Rejimi	-
Max (0,0453)	2,20	0,315	0,13592	Sel Rejimi	-

Tablo 2. İkinci alternatifte ait değerler
(Table 2. Second alternative)

Debi, Q [m ³ /s]	H ₁ [m]	H ₂ [m]	$h_{kr} = 3\sqrt{\frac{q^2}{g}}$ [m]	Akım Tipi	Havalanmamış bölgenin uzunluğu [m]
0,005	0,085	0,225	0,0312	Nap Akımı	0,44
0,010	0,22	0,247	0,0495	Nap Akımı	0,60
0,015	0,28	0,256	0,0648	Geçiş Akımı	0,80
0,020	0,34	0,268	0,0785	Geçiş Akımı	0,83
0,025	0,40	0,274	0,0912	Sıçramalı Akım	0,90
0,030	0,47	0,281	0,1029	Sıçramalı Akım	0,95
Max (0,0453)	0,50	0,327	0,13592	Sıçramalı Akım	1,25

Tablo 3. Üçüncü alternatifte ait değerler
(Table 3. Third alternative)

Debi, Q [m ³ /s]	H ₁ [m]	H ₂ [m]	$h_{kr} = 3\sqrt{\frac{q^2}{g}}$ [m]	Akım Tipi	Havalanmamış bölgenin uzunluğu [m]
0,005	0,082	0,218	0,0312	Nap Akımı	0,32
0,010	0,20	0,231	0,0495	Nap Akımı	0,54
0,015	0,24	0,254	0,0648	Geçiş Akımı	0,65
0,020	0,30	0,259	0,0785	Geçiş Akımı	0,77
0,025	0,38	0,281	0,0912	Sıçramalı Akım	0,88
0,030	0,392	0,298	0,1029	Sıçramalı Akım	0,104
Max (0,0453)	0,445	0,316	0,13592	Sıçramalı Akım	1,12

Tablo 4. Dördüncü alternatifte ait değerler
(Table 4. Fourth alternative)

Debi, Q [m ³ /s]	H ₁ [m]	H ₂ [m]	$h_{kr} = 3\sqrt{\frac{q^2}{g}}$ [m]	Akım Tipi	Havalanmamış bölgenin uzunluğu [m]
0,005	0,078	0,221	0,0312	Nap Akımı	0,23
0,010	0,171	0,239	0,0495	Nap Akımı	0,30
0,015	0,26	0,249	0,0648	Geçiş Akımı	0,62
0,020	0,28	0,256	0,0785	Geçiş Akımı	0,91
0,025	0,29	0,273	0,0912	Geçiş Akımı	0,98
0,030	0,31	0,279	0,1029	Geçiş Akımı	1,10
Max (0,0453)	0,385	0,316	0,13592	Sıçramalı Akım	1,37

Tablo 5. Beşinci alternatifte ait değerler
(Table 5. Fifth alternative)

Debi, Q [m ³ /s]	H ₁ [m]	H ₂ [m]	$h_{kr} = 3\sqrt{\frac{q^2}{g}}$ [m]	Akım Tipi	Havalanmamış bölgenin uzunluğu [m]
0,005	0,065	0,22	0,0312	Nap Akımı	0,37
0,010	0,10	0,236	0,0495	Nap Akımı	0,51
0,015	0,18	0,254	0,0648	Geçiş Akımı	0,64
0,020	0,25	0,268	0,0785	Sıçramalı Akım	0,73
0,025	0,32	0,276	0,0912	Sıçramalı Akım	0,85
0,030	0,34	0,296	0,1029	Sıçramalı Akım	1,92
Max (0,0453)	0,402	0,319	0,13592	Sıçramalı Akım	1,06

Tablo 6. Altıncı alternatifte ait değerler
(Table 6. Sixth alternative)

Debi, Q [m ³ /s]	H ₁ [m]	H ₂ [m]	$h_{kr} = 3\sqrt{\frac{q^2}{g}}$ [m]	Akım Tipi	Havalanmamış bölgenin uzunluğu [m]
0,005	0,080	0,229	0,0312	Nap Akımı	0,37
0,010	0,12	0,240	0,0495	Nap Akımı	0,51
0,015	0,20	0,254	0,0648	Nap Akımı	0,64
0,020	0,25	0,269	0,0785	Geçiş Akımı	0,73
0,025	0,35	0,281	0,0912	Geçiş Akımı	0,85
0,030	0,39	0,289	0,1029	Geçiş Akımı	1,02
Max (0,0453)	0,45	0,319	0,13592	Geçiş Akımı	1,06

Tablo 7. Yedinci alternatifte ait değerler
(Table 7. Seventh alternative)

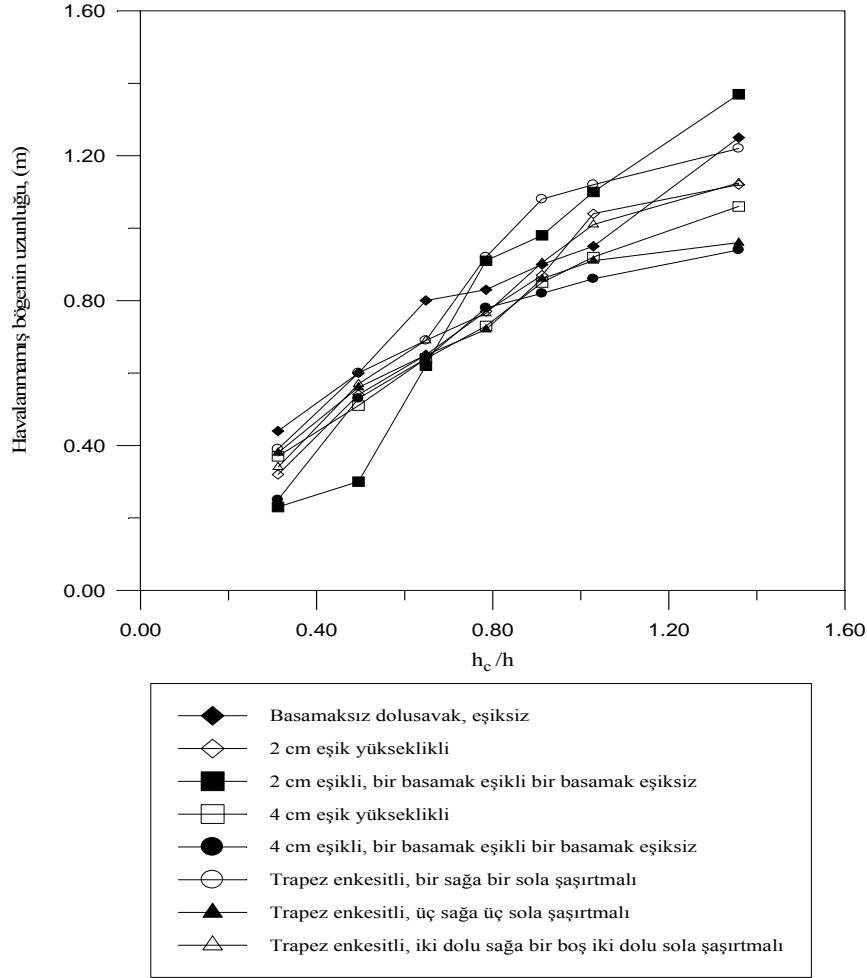
Debi, Q [m ³ /s]	H ₁ [m]	H ₂ [m]	$h_{kr} = 3\sqrt{\frac{q^2}{g}}$ [m]	Akım Tipi	Havalanmamış bölgenin uzunluğu [m]
0,005	0,082	0,225	0,0312	Nap Akımı	0,39
0,010	0,112	0,231	0,0495	Nap Akımı	0,60
0,015	0,15	0,248	0,0648	Nap Akımı	0,69
0,020	0,26	0,271	0,0785	Geçiş Akımı	0,92
0,025	0,37	0,279	0,0912	Sıçramalı Akım	1,08
0,030	0,42	0,287	0,1029	Sıçramalı Akım	1,12
Max (0,0453)	0,49	0,322	0,13592	Sıçramalı Akım	1,22

Tablo 8. Sekizinci alternatifte ait değerler
(Table 8. Eighth alternative)

Debi, Q [m ³ /s]	H ₁ [m]	H ₂ [m]	$h_{kr} = 3\sqrt{\frac{q^2}{g}}$ [m]	Akım Tipi	Havalanmamış bölgenin uzunluğu [m]
0,005	0,084	0,224	0,0312	Nap Akımı	0,39
0,010	0,132	0,241	0,0495	Nap Akımı	0,56
0,015	0,167	0,254	0,0648	Geçiş Akımı	0,65
0,020	0,199	0,263	0,0785	Sıçramalı Akım	0,72
0,025	0,271	0,279	0,0912	Sıçramalı Akım	0,86
0,030	0,361	0,288	0,1029	Sıçramalı Akım	0,91
Max (0,0453)	0,430	0,291	0,13592	Sıçramalı Akım	0,96

Tablo 9. Dokuzuncu alternatifte ait değerler
(Table 9. Ninth alternative)

Debi, Q [m ³ /s]	H ₁ [m]	H ₂ [m]	$h_{kr} = 3\sqrt{\frac{q^2}{g}}$ [m]	Akım Tipi	Havalanmamış bölgenin uzunluğu [m]
0,005	0,078	0,224	0,0312	Nap Akımı	0,34
0,0010	0,134	0,246	0,0495	Nap Akımı	0,57
0,015	0,176	0,261	0,0648	Geçiş Akımı	0,69
0,020	0,234	0,265	0,0785	Geçiş Akımı	0,765
0,025	0,337	0,282	0,0912	Geçiş Akımı	0,905
0,030	0,425	0,284	0,1029	Geçiş Akımı	1,01
Max (0,0453)	0,480	0,316	0,13592	Sıçramalı Akım	1,125



Şekil 3. Havalanmayan bölge uzunluğu ile h_c/h ilişkisi
(Figure 3. Non-Aeration Zone and h_c/h)

5. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Basamaklı dolusavaklarda boşaltım kanalı boyunca meydana gelen akım içerisinde hava ne kadar kısa süre içerisinde karışırsa ki bu hidrolikte hava-su akımı diye isimlendirilmektedir. Bu noktada akımın enerjisi kırılmaya başlanmıştır demektir. Bunun için havalanmayan bölgenin uzunluğu ne kadar kısa olursa enerji kırılımı o kadar fazla olacağından en uygun alternatifin sıçramalı akımın hangi debiden itibaren meydana geldiği hususlarının da dikkate alınarak belirlenmesinde fayda vardır.

Bu çalışmada aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- Basamaksız klasik dolusavakta akım tipi sel rejiminde olmuştur. Basamaklı ve eşikli dolusavak tiplerinde ise nap, geçiş ve sıçramalı akım gözlenmiştir. Genellikle küçük debilerde (5-10 L/s) nap akımı gözlenmiş, büyük debilerde ise sıçramalı akım gözlenmiştir.
- 4cm eşik yükseklikli bir basamağı eşikli bir basamağı boş olan basamaklı dolusavakta sıçramalı akım şartları gözlenmemiştir.
- Trapez kesitli eşikli dolusavakların havalanmayan bölge uzunluklarının diğer tiplere nispeten daha az olduğu gözlenmiştir.
- Birim debinin artması ile havalanmayan bölgenin uzunluğunun da arttığı görülmüştür.



- Test edilen alternatifler arasında en uygun iki sonucun 4 cm eşik yükseklikli (yani eşik yüksekliğinin basamak yüksekliğine oranı, $4 \text{ cm}/10 \text{ cm} = 0.40$ iken) ve trapez kesitli eşiklerle oluşturulan dolusavaklarda elde edilmiştir.
- Bir basamağı eşikli bir basamağı boş bırakılan alternatiflerde sıçramalı akım daha az gözlenmiştir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Boes, R.M. and Hager, W.H., (2001). Two-phase flow characteristics of stepped spillways. Journal of Hydraulic Engineering: under review.
2. Esery, I.T.S. and Horner, M.W., (1978). The Hydraulic Design of Stepped Spillway. CIRIA Report,33.
3. Wilhelms, S.C. and Gulliver, J.S., (1989). Self-Aerating Spillway Flow. *National Conference on Hydraulic Engineering*, ASCE, New Orleans, USA, M.A. PORTS editor, pp:881-533.
4. Chanson, H., (1996). Prediction of the Transition Nappe/Skimming Flow on a Stepped Channel, Journal of Hydraulic Research, 34, 3, pp:421-429.
5. Minor, H.E. and Hager, W.H., (2000). Hydraulics of stepped spillways, Proceedings of the international workshop on hydraulics of stepped spillways, Zürich, Switzerland, 90, 216.
6. Chamani, M.R. and Rajaratnam, N., (1999). Onset of skimming flow on stepped spillways, Journal Hydraulic Engineering., ASCE, 125, 9, pp:969-971.
7. Ferrando, M., (2002). On the incipient aerated flow in chutes and spillways Journal of Hydraulic Research, 40, 1, pp:94-98.
8. Chanson, H. and Toombes, L., (2001). Experimental Investigations of Air Entrainment in Transition and Skimming Flows down a stepped Chute Application to Embankment Overflow Stepped Spillways. RESEARCH REPORT No. CE 158, Department of Civil Engineering, The University of Queensland, Australia.
9. Chanson, H., (1994). Hydraulics of Skimming Flows over Stepped Channels and Spillways. Journal of Hydraulic Research, 32, 3, pp:445-460.
10. Baylar A., Emiroğlu M. and Bağatur T., (2006). An Experimental Investigation of Aeration Performance in Stepped Spillways, Water and Environment Journal, 20 (1), pp:35-42.