



# SİLİNDİR SAVAKLAR İÇİN SAVAK KATSAYISI

**Senayi DÖNMEZ\*, Ramazan LEKESİZ\*\***

\*Ankara Üniversitesi, Çankırı Meslek Yüksekokulu, İnşaat Programı, Çankırı

\*\*Umran İnşaat A.Ş., Nasuh Akar Mah. 28 Sokak, No: 19/1-2, Balgat/Ankara

Geliş Tarihi : 21.09.2001

## ÖZET

Bu çalışmada silindirik savaklar deneysel olarak incelenmiştir. Dört farklı çapta silindirik savak üzerinde yapılan deneyler sonucunda silindirik savağa ait savak katsayısı bulunmuştur. Deneyler hem serbest hem de batık akım şartlarında yapılmıştır. Serbest akım şartlarında savak katsayısının 3.50-3.80 arasında olduğu görülmüştür. Batık akım şartlarında ise savak katsayısı batıklık ile değişim göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler :** Silindirik savak, Savak katsayısı, Serbest akım, Batık akım, Debi ölçümü

## WEIR COEFFICIENT FOR CYLINDRICAL WEIRS

### ABSTRACT

In this study, the weir coefficient for cylindrical weirs was experimentally investigated. Experiments were conducted for both free and submerged overflow conditions. Experimental results have indicated that the weir coefficient is about 3.50-3.80 for the free overflow condition. The weir coefficient for the submerged overflow condition varies with the amount of submergence.

**Key Words :** Cylindrical weir, Weir coefficient, Free overflow, Submerged overflow, Discharge measurement

## 1. GİRİŞ

Mühendislik uygulamaları açısından savaklar; açık kanallarda, akarsularda ve çeşitli su yapılarında debi ölçümleri için kullanılır. Debi ölçümü için kullanılan çeşitli savak tipleri vardır. Kullanım ve imalat kolaylıkları nedeniyle, genellikle dikdörtgen, üçgen ve eşik savaklar tercih edilir. Silindirik savaklar veya kapaklar merkezi kuvvetlere maruz kaldıklarından bağlı buldukları taşıma yapılarına herhangi bir moment aktarmazlar. Bu nedenle bilhassa fazla su yükü olmayan baraj veya sulama kanallarında kontrol yapısı olarak kullanılabilirler. Silindirik savaklar uygulamada Ogee şekilli savakların geliştirilmesinden önce yaygın olarak kullanılıyordu (Chanson and Montes, 1998).

19. yüzyılın son dönemlerinde Fransa da savak debisinin artırılması için yapılan çalışmalar silindirik savaklar üzerinde yapıldı (Bazin, 1888; 1890; 1891; 1894; 1896; 1898). Silindirik savaklar ile ilgili

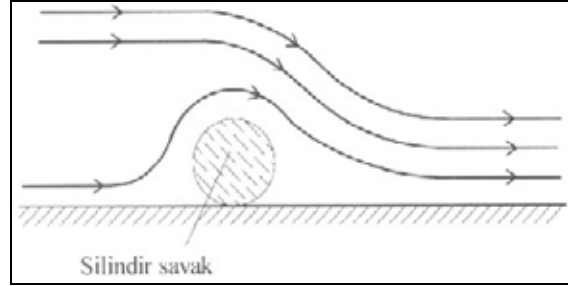
20. yüzyıl içerisinde birçok çalışma yapılmıştır (Rehbock, 1929; Fawer, 1937; Sarginson, 1972). Araştırmacılar bu çalışmalarda savak debi katsayısı  $C_d$  'nin 1 olduğunu ve  $C_d$  'nin menba kotunun kret çapı oranına bağlı olarak değiştiğini göstermişlerdir. Kretin mansap çıkışındaki hız ile ilgili son yıllarda yapılan bir çalışmada, bu bölgedeki akım için ideal akışkan akımı kabulünün yapılması önerilmiştir (Vo, 1992). Görüldüğü gibi bu güne kadar silindirik savaklar için savak katsayısını belirleyen bir çalışma literatürde yer almamaktadır. Bu çalışmada silindirik savaklara ait savak katsayısı deneysel olarak incelenmiştir.

## 2. TEMEL İLKELER

Savak üzerinden geçen akıma ait akım çizgilerinin önemli ölçüde eğriliğe sahip olmaları ve viskozite nedeniyle savaktan geçen debinin denklemi tam

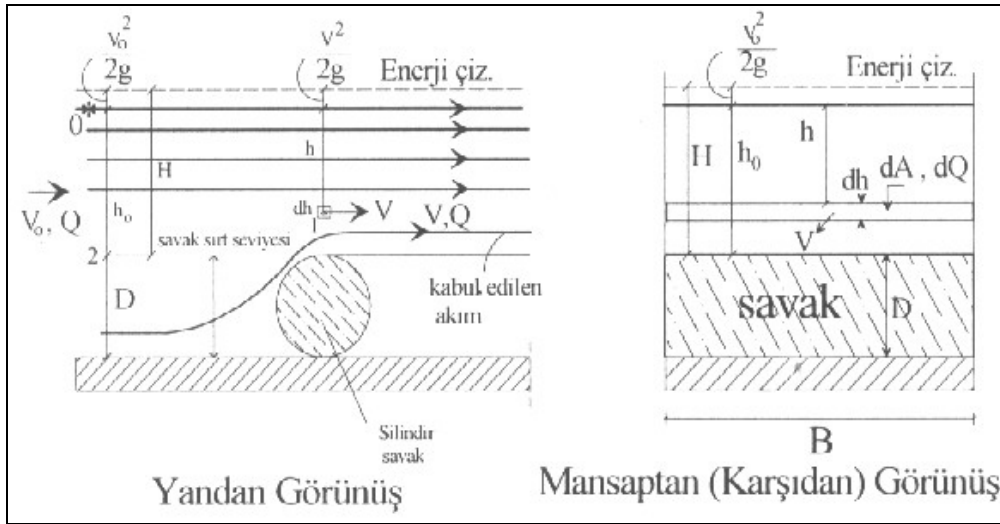
olarak belirlenemez. Savaktan geçen debiyi etkileyen çok sayıda değişken vardır. Savak üzerinden geçen debiyi bulmak için yaklaşık yöntemler uygulanır. Bu yaklaşık yöntemlerde viskozite etkisi, yüzey gerilmesi, savak boyutlarının yaklaşım kanalının boyutlarına oranı, savak kreinin eğriliği, yaklaşım kanalındaki hız dağılımı, savak yüzeyindeki ve yaklaşım kanalındaki yüzey pürüzlülüğü göz önüne alınmaz (diğer bir deyişle akışkanın ideal akışkan olduğu kabul edilir). Gerçekte savak üzerinden geçen akım Şekil 1'de gösterildiği gibi aşağı doğru eğrilerek geçmektedir. Akımdaki bu eğrilik nedeniyle akımın hızına ve dolayısıyla gerçek akışkan debisine ait ifadeyi bulmak oldukça zordur. İşte bu nedenle önce savak üzerinden geçen ideal akışkan akımına ait teorik debi bulunur. Bulunan teorik debi bir katsayı ile

çarpılarak aranan gerçek debi elde edilir (diğer çeşit savaklarda izlenen yöntemlerde olduğu gibi).



Şekil 1. Gerçekte silindir savak üzerindeki akım

Diğer tip savaklarda olduğu gibi teorik debi hesabında silindir savak üzerinden geçen akımın yatay bir jet halinde gittiği kabul edilsin (Şekil 2).



Şekil 2. Teorik olarak bir silindir savak üzerindeki akım

Şekil 2'de görüldüğü üzere dh yüksekliğinde ve B boyunda bir akım kesit elemanı dA göz önüne alınır. dA dan geçen teorik debi dQ<sub>th</sub>,

$$dQ_{th} = V \cdot dA = V \cdot B \cdot dh \quad (1)$$

Burada, Q<sub>th</sub> = teorik debi, B= silindir savağın boyu, h= dA akım elemanının su yüzeyine olan düşey mesafesi, V = dA daki akım hızı ve dA = B.dh'dır. Şekil 2'de gösterilen 1 ve 2 noktaları arasında enerji denklemi yazıldığında (savak sırtı kotu kıyas alınır);

$$H = \frac{V_0^2}{2g} + h_0 = \frac{V^2}{2g} + 0 + (h_0 - h) + \text{sifir kayıp} \quad (2)$$

Burada, H = yaklaşım akımının savak sırtına göre enerjisi ("savak yükü" olarak bilinir) ve h<sub>0</sub> = yaklaşım akımının savak sırtına göre derinliğidir.

Genellikle savaktan yeterince uzakta (savağın menba tarafında, savaktan kritik derinliğin yaklaşık olarak 7 katından büyük mesafede) h<sub>0</sub> ölçülür ve  $\frac{V_0^2}{2g}$ 'nin ihmal edilecek kadar küçük olması şartı altında (  $H \approx h_0$  ve  $\frac{V_0^2}{2g}$  ihmal edilerek) ifade (2) den,

$$V = \sqrt{2gh} \quad (3)$$

bulunur. Bu hız teorik hızdır. İfade (3) ve (1) den,

$$Q_{th} = \sqrt{2g} \cdot B \cdot \int_{h=0}^{h=H} \sqrt{h} \cdot dh = \frac{2}{3} \sqrt{2g} \cdot B \cdot H^{\frac{3}{2}} \quad (4)$$

Gerçek akım şartında savak üzerinden geçen debi gerçek debi  $Q$  olup, teorik debinin bir debi katsayısı  $C_d$  ile çarpılması ile elde edilir.  $C_d$  katsayısı teorik akım kesitindeki daralmayı içeren daralma (büzülme) katsayısını ( $C_c$ ) ve viskozite v.s gibi nedenlerle teorik hız dağılımını düzelten hız dağılım katsayısı  $C_v$  yi içerir.  $C_d = C_c \cdot C_v$ 'dir. Yukarıdaki açıklamaların ışığı altında ve ifade (4) den faydalanarak savak üzerinden geçen gerçek debi  $Q$ ,

$$Q = C_d \cdot Q_{th} = \frac{2}{3} \sqrt{2g} \cdot C_d \cdot B H^{\frac{3}{2}} \quad (5)$$

İfade (5) deki  $\frac{2}{3} \sqrt{2g} \cdot C_d = C$  diye gösterilsin.  $C$  'ye "savak katsayısı" denir. O halde,

$$Q = C \cdot B \cdot H^{\frac{3}{2}} \quad (6)$$

Silindir savağın eğriliği ve su jetinin alt yüzünün bu eğri gövde ile devamlı temas halinde olması nedeniyle ifade (6)'da  $H$  'nin gücü olan  $\frac{3}{2}$  değeri yerine silindir savaklar üzerinden geçen gerçek akım için biraz farklı bir değer gelebilir. Genel olarak ifade (6) şu şekilde de yazılabilir;

$$Q = C \cdot B \cdot H^a \quad (7)$$

Deneyler yapılarak silindir savağa ait  $C$  ve  $a$  değerleri bulunur.

İfade (7)'den,

$$\log Q = \log C + \log B + a \log H \quad (8)$$

İfade (8)'de görüldüğü üzere eğer deneyler yapılır ve  $\log Q$  'ye karşı  $\log H$  çizilirse elde edilecek grafik bir doğru olup eğimi " $a$ " 'ya eşittir. Elde edilen  $\log Q - \log H$  doğrusal grafiğinde herhangi iki deneye ait veriler çifti ( $Q_1, H_1$ ) ve ( $Q_2, H_2$ ) olsun. Bu takdirde ifade (8)'den,

$$\log Q_1 = \log C + \log B + a \log H_1$$

$$\log Q_2 = \log C + \log B + a \log H_2$$

olup bu eşitlikler taraf-tarafa çıkartıldıklarında;

$$\log \frac{Q_1}{Q_2} = a \log \frac{H_1}{H_2} \text{ veya } a = \frac{\log \frac{Q_1}{Q_2}}{\log \frac{H_1}{H_2}} \quad (9)$$

$a$  bulunduktan sonra herhangi bir deney verisi  $Q, H$  kullanılarak ifade (7) veya (8)'den  $C$  elde edilir.

### 3. DENEY

Deneylerde 5 m boyunda ve 30 cm genişliğinde yatay dikdörtgen bir kanal kullanılmıştır (Şekil 3). Deneyde kullanılan 22 kW gücündeki pompanın kapasitesi 60 lt/sn kadardır.

Deneyde 4 değişik çapta (5, 10, 15 ve 20 cm ) ve genişliği kanalın genişliğine eşit pürüzsüz yüzeye sahip olan PVC silindir savaklar kullanılmıştır. Silindirler kanal içine uzun eksenleri akım doğrultusuna dik olacak şekilde yerleştirilmiş olup bunların kanal içinde suyun kaldırma ve itme kuvvetine karşı stabilizelerini sağlamak için içlerine yeterli ağırlık kondu ve gerekli bağlamalar yapıldı. Bunun yanı sıra silindirlerin kenarları ve altları, su sızıntısına karşı macun ile izole edildi.

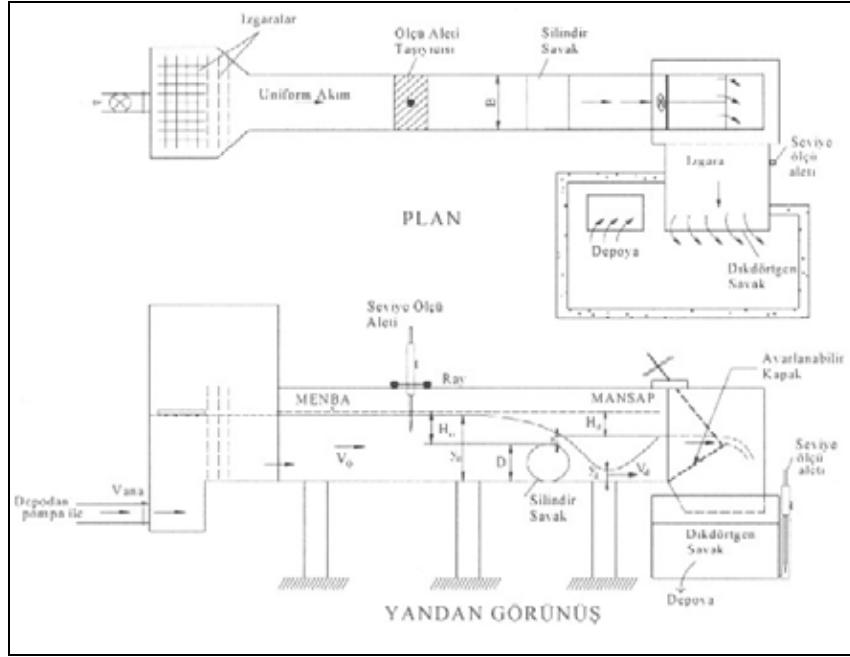
Deneyler, her bir silindir savak için hem serbest hem de batmış (boğulmuş) akım için yapılmıştır. Serbest akım; mansap suyunun memba suyunu etkilemediği akım, batmış akım ise; mansap suyunun memba suyunu etkilediği akım olarak anlaşılmalıdır.

Şekil 4. (a) durumunda, mansap su kotu < kret kotu ve (b) durumunda, mansap su kotu > kret kotu,  $a > h_{kr}$  olması hallerinde batmamış akım halleri mevcuttur. (c) durumunda ise, mansap su kotu > kret kotu,  $a > h_{kr}$  olduğundan batmış akım söz konusudur. Deney sırasında, akımının serbest veya batmış olması hali kanal sonundaki kapak yardımıyla sağlanmıştır.

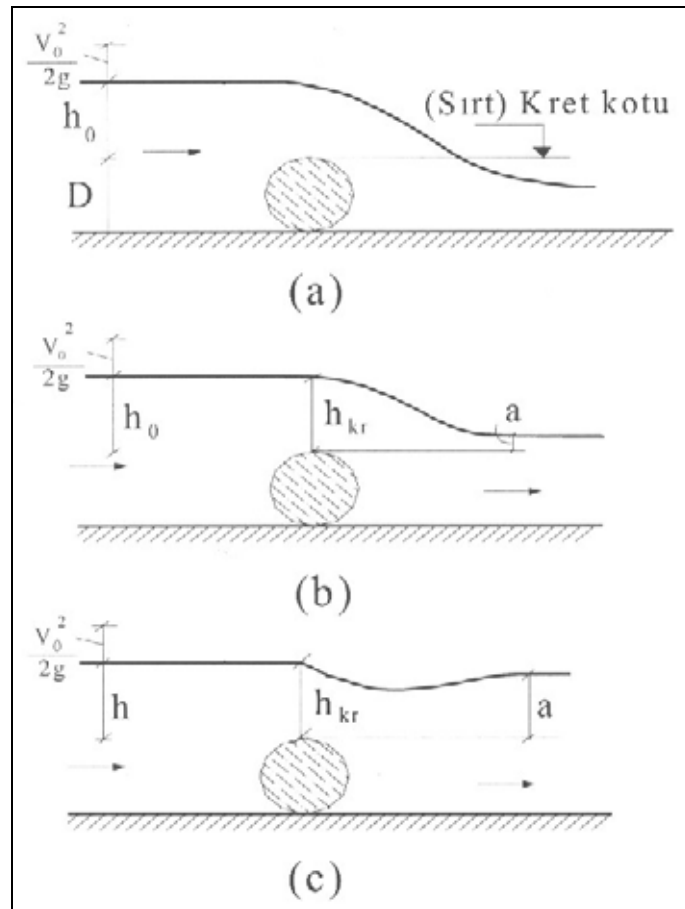
Deney için bütün hazırlıklar tamamlandıktan sonra kanal taban kotu ve silindir savak sırt kotu ölçülmüştür. Daha sonra kanal içerisinden çeşitli miktarlarda debiler geçirilerek memba su kotu, mansap su kotu ölçülmüştür. Eğer memba su kotu, savaktan yeterli mesafede (en az  $4h_{kr} - 7h_{kr}$  kadar)

ölçülürse, nehir rejiminde akan suyun  $\frac{V_0^2}{2g}$  hız yükü

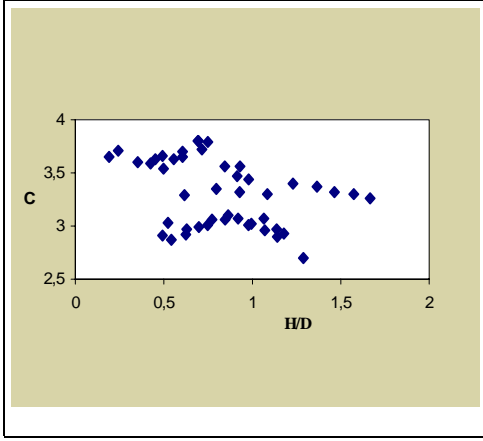
ihmal edilebilir. Böylece enerji yüksekliği, su yüksekliğine eşit alınabilir. Bu yüzden silindir savakta memba su kotu ölçümleri savaktan itibaren memba su kotu yeterli mesafede yapılmıştır. Deney neticeleri Şekil 5 ve 6'da gösterilmiştir.



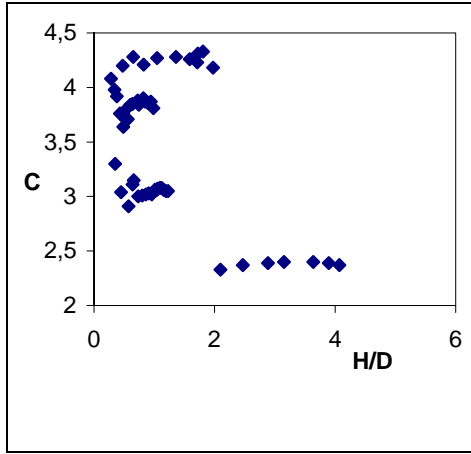
Şekil 3. Deney düzeneğinin plandan ve yandan görünüşü



Şekil 4. Silindir savak üzerinde serbest ve batmış akım durumları



Şekil 5. Silindir savakta serbest akım durumu için C'nin H/D ile değişimi



Şekil 6. Silindir savakta batmış akım durumu için C'nin H/D ile değişimi

#### 4. DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Şekil 6 gösteriyor ki batmış ve aşırı batmış durumlara ait savak katsayısı önemli değişim göstermektedir. Aşırı batmış durumda ( $H/D \geq 2$  için) savak katsayısı sabit kalmakta olup yaklaşık  $C \approx 2.40$ 'dır (Şekil 6). Küçük batıklık değerlerinde C'nin değeri 3 ile 4.5 arasında değişmekte olup serbest durumdaki C değerlerinden fazla uzaklaşmamaktadır (Şekil 5 ve 6).

#### 5. SONUÇ VE ÖNERİ

Bu çalışmada silindir savaklara ait savak katsayısı (C) bulunmuştur. Daha sonra, enerji yüksekliği ile savak katsayısı ( $H/D-C$ ) arasındaki ilişki irdelenmiştir. Serbest durum küçük batıklıklar için C belirli bir aralıkta (3-4 arası) değişirken, aşırı

batmış durum için  $C \approx 2.40$  sabit değerini almaktadır. Bu çalışmada tabana oturan tam silindir savaklara ait savak katsayısı incelenmiştir. Bundan sonra yapılacak çalışmalarda, tabana oturmeyen (tabandan değişik yüksekliklerde bulunan) silindir savaklar için savak katsayısının araştırılması önerilir.

#### 6. SEMBOLLER

- a : Batıklık
- a : Bir sabit
- B : Kanal genişliği
- C : Savak katsayısı
- $C_c$  : Daralma (büzülme) katsayısı
- $C_d$  : Savak debi katsayısı
- $C_v$  : Hız dağıtım katsayısı
- D : Silindir savak çapı
- g : Yerçekimi ivmesi
- h : Su derinliği
- $h_{kr}$  : Kritik su derinliği
- $H_0$  : Enerji yüksekliği
- $h_0$  : Memba su yüksekliği
- Q : Gerçek debi
- $Q_{th}$  : Teorik debi
- V : Hız
- $V_0$  : Yaklaşım kanalında akım hızı

#### 7. KAYNAKLAR

Bazin, H. 1888. "Expériences Nouvelles Sur l'Écoulement par Dèversoir [Recent Experiments on the Flow of Water Over Weirs]." Mèmoires et Documents, Annales des Ponts et Chaussées, Paris, France, Sèr. 6, Vol. 16, 2 nd Sem., 393-448 (in French).

Bazin, H. 1890. "Expériences Nouvelles Sur l'Écoulement Par Dèversoir [Recent Experiments on the Flow of Water Over Weirs]." Mèmoires et Documents, Annales des Ponts et Chaussées, Paris, France, Sèr. 6, Vol. 19, 1 st Sem., 9-82 (in French).

Bazin, H. 1891. "Expériences Nouvelles sur l'Écoulement Par Dèversoir [Recent Experiments on the Flow of Water Over Weirs]." Mèmoires et Documents, Annales des Ponts et Chaussées, Paris, France, Sèr. 7, Vol. 2, 2 nd Sem., 445-520 (in French).

Bazin, H. 1894. "Expériences Nouvelles Sur l'Écoulement Par Dèversoir [Recent Experiments on the Flow of Water Over Weirs]." Mèmoires et

Documents, Annales des Ponts et Chaussées, Paris, France, Sèr. 7, Vol. 7, 1 st Sem., 249-357 (in French).

Bazin, H. 1896. "Expèriences Nouvelles sur l'Ecoulement par Dèversoir [Recent Experiments on the Flow of Water Over Weirs]." Mèmories et Documents, Annales des Ponts et Chaussées, Paris, France, Sèr. 7, Vol. 12, 2 nd Sem., 645-731 (in French).

Bazin, H. 1898. "Expèriences Nouvelles sur l'Ecoulement Par Dèversoir [Recent Experiments on the Flow of Water Over Weirs]." Mèmories et Documents, Annales Des Ponts et Chaussées, Paris, France, Sèr. 7, Vol. 15, 2 nd Sem., 151-264 (in French).

Chanson, H and Montes, J. S. 1998. "Overflow Characteristics of Circular Weirs: Effects of Inflow Conditions" Journal of Irrigation & Drainage

Engineering, May/June 98, Vol. 124 Issue 3, p, 152-162.

Fawer, C. 1937. " Etude de Quelques Ecoulements Permanents à Filets Courbes [study of Some Steady Flows With Curved Streamlines]," Thesis, Lausanne, Switzerland, Imprimerie La Concorde (in French).

Rehbock, T. 1929. "The River Hydraulic Laboratory of the Technical University of Karlsruhe." Hydraulic Laboratory Practice, ASME, New York, N.Y., 111-242.

Sarginson, E. J. 1972. " The Influence of Surface Tension on Weir Flow." J. Hydr. Res., Delft, The Netherlands, 10 (4), 431-446.

Vo, N. D. 1992. "Characteristics of Curvilinear Flow Past Circular-Crested Weirs," PhD Thesis, Concordia University, Montreal, Canada.