

T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**LABİRENT SAVAKLARIN HİDROLİK
KARAKTERİSTİKLERİNİN DENEYSEL OLARAK
İNCELENMESİ**

Ömer BİLHAN

Tez Yöneticisi
Doç. Dr. M. Emin EMİROĞLU

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ELAZIĞ, 2005

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**LABİRENT SAVAKLARIN HİDROLİK
KARAKTERİSTİKLERİNİN DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ**

Ömer BİLHAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu tez, 26/05/2005 tarihinde aşağıda belirtilen jüri tarafından oybirliği /oyçokluğu ile başarılı / başarısız olarak değerlendirilmiştir.

Danışman: Doç.Dr. M.Emin EMİROĞLU

Üye: Prof. Dr. Nusret ŞEKERDAĞ

Üye: Yrd. Doç. Dr. Nihat KAYA

Bu tezin kabulü, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun/...../..... tarih ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

TEŞEKKÜR

Bu tezin hazırlanmasında, bilimsel anlamda ve yürüttüğüm deneysel çalışmalarda büyük yardımlarını gördüğüm danışman hocam, Sayın Doç. Dr. M. Emin EMİROĞLU'na teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Ayrıca deneysel çalışmalarım süresince bana bilimsel anlamda yardımlarını esirgemeyen Sayın İnşaat Yüksek Mühendisi Dursun YILDIZ'a (Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü) ve aileme teşekkürü bir borç bilirim.

Ömer BİLHAN

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR

İÇİNDEKİLER.....	I
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	II
TABLolar LİSTESİ.....	V
SİMGELER LİSTESİ.....	VI
ÖZET.....	VIII
ABSTRACT.....	IX
1. GİRİŞ.....	1
2. LABİRENT SAVAK AKIMLARININ HİDROLİĞİ.....	2
3. UYGULAMADA LABİRENT DOLUSAVAKLAR.....	6
3.1 Labirent Dolusavaklara Sahip Bazı Barajların Genel Yerleşim Planları.....	10
3.1.1 Sarioğlan Barajı (Türkiye).....	10
3.1.2 Kızılcapınar Barajı (Türkiye).....	11
3.1.3 Avon Barajı (Avusturalya).....	12
3.1.4 Hyrum Barajı (A.B.D).....	13
3.1.5 Ute Barajı (A.B.D).....	14
4. LABİRENT DOLUSAVAKLARLA İLGİLİ LİTERATÜR ÖZETİ.....	16
5. MATERYAL VE METOT.....	21
5.1 Deney Düzenegi.....	21
5.2 Deneylerin Yapılışı.....	21
6. DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA.....	31
6.1 Üçgen Labirent Savaklar için Kret Uzunluğuyla Debi Kapasitesi Arasındaki İlişki.....	32
6.2 h/P Boyutsuz Parametresinin Kret Katsayısına Etkisi.....	52
6.2.1 Lineer Savaklar için h/P ile Cd İlişkisi.....	52
6.2.2 Labirent Savaklar için h/P ile C _d İlişkisi.....	53
6.2.3 Savak Yüksekliğinin Deşarj Kapasitesi Üzerindeki Etkisi	59
7. SONUÇLAR.....	66
KAYNAKLAR.....	68
ÖZGEÇMİŞ	
EK	

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1	Üçgen ve Trapez Labirent Savakların Geometrik Şekilleri.....	4
Şekil 2.2	Labirent Savakların Mansabındaki Akımın Görünüşü.....	5
Şekil 3.1	East Park Barajı Labirent Dolusavağı, California.....	6
Şekil 3.2	Ritschard Barajı Dolusavak Genel Yerleşim Planı.....	7
Şekil 3.3	Ritschard Barajı Ana Dolusavak ve Labirent Tipi Yardımcı Dolusavağı.....	8
Şekil 3.4	Sarıoğlan Barajı Labirent Tipi Dolusavak Yerleşim Planı, Kesit ve Detayı.....	10
Şekil 3.5	Kızılcapınar Barajı Labirent Dolusavak Yerleşim Planı, Kesit ve Detayı.....	11
Şekil 3.6	Avon Barajı Labirent Dolusavak Yerleşim Planı ve Savak Detayı.....	12
Şekil 3.7	Hyrum Barajı Labirent Dolusavağı Yerleşim Planı ve Kesiti.....	13
Şekil 3.8	Ute Barajı Labirent Dolusavağı Yerleşim Planı.....	14
Şekil 3.9	Ute barajı Labirent Dolusavağı, New Mexico.....	15
Şekil 4.1	Trapez Plan Formundaki Labirent Savaşın Debi Deşarj Katsayısının Değişimi.....	18
Şekil 4.2	Üçgen Plan Tipindeki Labirent Savaşın Debi Artış Eğrisi.....	19
Şekil 4.3	Debi Katsayısının Savak Açısı ve Savak Yüksekliğine Bağlı Değişim Grafiği, Utah Su Araştırmaları Laboratuvarı.....	20
Şekil 5.1.a-h	Test edilen Labirent Savakların Plan Görünüşleri ve Sınıflandırılması.....	23
Şekil 5.1.a-h	Test edilen Labirent Savakların Plan Görünüşleri ve Sınıflandırılması.....	24
Şekil 5.2.a-b	Deney Setinin Görünüşü.....	25
Şekil 5.3.a-i	Deney Setinde Kullanılan Savakların Görünüşü.....	26
Şekil 5.3.a-i	Deney Setinde Kullanılan Savakların Görünüşü.....	27
Şekil 5.3.a-i	Deney Setinde Kullanılan Savakların Görünüşü.....	28
Şekil 5.3.a-i	Deney Setinde Kullanılan Savakların Görünüşü.....	29
Şekil 5.3.a-i	Deney Setinde Kullanılan Savakların Görünüşü.....	30
Şekil 6.1	Üçgen Labirent Savakların Farklı Kret Uzunlukları için Debi ile Nap Yüğü Arasındaki Değişim, (A Serisi, P=20 cm).....	33
Şekil 6.2	Üçgen Labirent Savakların Farklı Kret Uzunlukları için Debi ile Nap Yüğü Arasındaki Değişim (B Serisi, P=15 cm).....	33
Şekil 6.3	Üçgen Labirent Savaklar için $Q/Q_0-L/L_0$ Değişimi, (A Serisi, P=20 cm).....	34
Şekil 6.4	Üçgen Labirent Savaklar için $Q/Q_0-L/L_0$ Değişimi, (B Serisi, P=15 cm).....	34
Şekil 6.5	Üçgen Labirent Savaklar için $Q/Q_0-h/P$ Değişimi, (A Serisi, P=20 cm).....	36
Şekil 6.6	Üçgen Labirent Savaklar için $Q/Q_0-h/P$ Değişimi, (B Serisi, P=15 cm).....	36

Şekil 6.7 Trapez Labirent Savaklar Farklı Kret Uzunlukları için Debi ile Nap Yükü Arasındaki Değişim Eğrileri, (C Serisi, P=20 cm).....	38
Şekil 6.8 Trapez Labirent Savaklar Farklı Kret Uzunlukları için Debi ile Nap Yükü Arasındaki Değişim Eğrileri, (D Serisi, P=15 cm).....	38
Şekil 6.9 Trapez Labirent Savaklar için $Q/Q_0-L/L_0$ Değişimi, (C Serisi, P=20 cm).....	39
Şekil 6.10 Trapez Labirent Savaklar için $Q/Q_0-L/L_0$ Değişimi, (D Serisi, P=15 cm).....	39
Şekil 6.11 Trapez Labirent Savaklar için $Q/Q_0-h/P$ Değişimi, (C Serisi, P=20 cm).....	41
Şekil 6.12 Trapez Labirent Savaklar için $Q/Q_0-h/P$ Değişimi, (D Serisi, P=15 cm).....	41
Şekil 6.13 Dikdörtgen Labirent Savakların Farklı Kret Uzunlukları için Debi ile Nap Yükü Arasındaki değişim Eğrileri, (E Serisi, P=20 cm).....	43
Şekil 6.14 Dikdörtgen Labirent Savakların Farklı Kret Uzunlukları için Debi ile Nap Yükü Arasındaki değişim Eğrileri, (F Serisi, P=15 cm).....	43
Şekil 6.15 Dikdörtgen Labirent Savaklar için $Q/Q_0-L/L_0$ Değişimi, (E Serisi, P=20 cm).....	44
Şekil 6.16 Dikdörtgen Labirent Savaklar için $Q/Q_0-L/L_0$ Değişimi, (F Serisi, P=15 cm).....	44
Şekil 6.17 Dikdörtgen Labirent Savaklar için $Q/Q_0-h/P$ Değişimi, (E Serisi, P=20 cm).....	46
Şekil 6.18 Dikdörtgen Labirent Savaklar için $Q/Q_0-h/P$ Değişimi, (F Serisi, P=15 cm).....	46
Şekil 6.19 Dairesel Labirent Savakların Farklı Kret Uzunlukları için Debi ile Nap Yükü Arasındaki Değişim Eğrileri, (G Serisi, P=20 cm).....	48
Şekil 6.20 Dairesel Labirent Savakların Farklı Kret Uzunlukları için Debi ile Nap Yükü Arasındaki Değişim Eğrileri, (H Serisi, P=15cm).....	48
Şekil 6.21 Dairesel Labirent Savaklar için $Q/Q_0-L/L_0$ Değişimi, (G Serisi, P=20 cm).....	49
Şekil 6.22 Dairesel Labirent Savaklar için $Q/Q_0-L/L_0$ Değişimi, (H Serisi, P=15 cm).....	49
Şekil 6.23 Dairesel Labirent Savaklar için $Q/Q_0-h/P$ Değişimi, (G Serisi, P=20 cm).....	51
Şekil 6.24 Dairesel Labirent Savaklar için $Q/Q_0-h/P$ Değişimi, (H Serisi, P=15 cm).....	51
Şekil 6.25 Lineer Savaklar için Kret Katsayısı ile h/P , H/P Değişim Grafiği, ($\alpha=90^\circ$).....	52
Şekil 6.26 Üçgen Labirent Savaklar İçin Kret Katsayısı ile h/P Değişim Grafiği, A Serisi, (P=20 cm).....	54
Şekil 6.27 Üçgen Labirent Savaklar için Kret Katsayısı ile h/P Değişim Grafiği, B Serisi, (P=15 cm).....	54
Şekil 6.28 Trapez Labirent Savaklar için Kret Katsayısı ile h/P Değişim Grafiği, C Serisi, (P=20 cm).....	55
Şekil 6.29 Trapez Labirent Savaklar için Kret Katsayısı ile h/P Değişim Grafiği, D Serisi, (P=15 cm).....	55

Şekil 6.30 Dikdörtgen Labirent Savaklar için Kret Katsayısı ile h/P Değişim Grafiği, E Serisi, (P=20 cm).....	56
Şekil 6.31 Dikdörtgen Labirent Savaklar için Kret Katsayısı ile h/P Değişim Grafiği, F Serisi, (P=15 cm).....	56
Şekil 6.32 Dairesel Labirent Savaklar için Kret Katsayısı ile h/P Değişim Grafiği, G Serisi, (P=20 cm).....	57
Şekil 6.33 Dairesel Labirent Savaklar için Kret Katsayısı ile h/P Değişim Grafiği, H Serisi, (P=15 cm).....	57
Şekil 6.34 Üçgen Labirent Savaklar için Kret katsayısının h/P ile Değişiminin Karşılaştırılması (P=15 cm).....	58
Şekil 6.35 Üçgen Labirent Savaklar için Savak Yüksekliğinin Debi Katsayısı (Cd) Üzerindeki Etkisi, A ₁ -B ₁	60
Şekil 6.36 Üçgen Labirent Savaklar için Savak Yüksekliğinin Debi Katsayısı (Cd) Üzerindeki Etkisi, A ₂ -B ₂	60
Şekil 6.37 Üçgen Labirent Savaklar için Savak Yüksekliğinin Debi Katsayısı (Cd) Üzerindeki Etkisi, A ₃ -B ₃	61
Şekil 6.38 Trapez Labirent Savaklar için Savak Yüksekliğinin Debi Katsayısı (Cd) Üzerindeki Etkisi, C ₁ -D ₁	61
Şekil 6.39 Trapez Labirent Savaklar için Savak Yüksekliğinin Debi Katsayısı (Cd) Üzerindeki Etkisi, C ₂ -D ₂	62
Şekil 6.40 Trapez Labirent Savaklar için Savak Yüksekliğinin Debi Katsayısı (Cd) Üzerindeki Etkisi, C ₃ -D ₃	62
Şekil 6.41 Dikdörtgen Labirent Savaklar için Savak Yüksekliğinin Debi Katsayısı (Cd) Üzerindeki Etkisi, E ₁ -F ₁	63
Şekil 6.42 Dikdörtgen Labirent Savaklar için Savak Yüksekliğinin Debi Katsayısı (Cd) Üzerindeki Etkisi, E ₂ -F ₂	63
Şekil 6.43 Dikdörtgen Labirent Savaklar için Savak Yüksekliğinin Debi Katsayısı (Cd) Üzerindeki Etkisi, E ₃ -F ₃	64
Şekil 6.44 Dairesel Labirent Savaklar için Savak Yüksekliğinin Debi Katsayısı (Cd) Üzerindeki Etkisi, G ₁ -H ₁	64
Şekil 6.45 Dairesel Labirent Savaklar için Savak Yüksekliğinin Debi Katsayısı (Cd) Üzerindeki Etkisi, G ₂ -H ₂	65
Şekil 6.46 Dairesel Labirent Savaklar için Savak Yüksekliğinin Debi Katsayısı (Cd) Üzerindeki Etkisi, G ₃ -H ₃	65

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 3.1 Çeşitli Ülkelerde Bugüne Kadar İnşa Edilen Bazı Labirent Dolusavaklara Ait Proje Karakteristikleri.....	9
Tablo 5.1 Deneylerde Test Edilen Farklı Tipteki Labirent Savakların Karakteristikleri.....	22
Tablo 6.1 Üçgen Labirent Savaklar için L/L_0 Değerinin, Q/Q_0 Değerine Etkisi, (A Serisi, $P=20\text{cm}$).....	35
Tablo 6.2 Üçgen Labirent Savaklar için L/L_0 Değerinin, Q/Q_0 Değerine Etkisi, (B Serisi, $P=15\text{ cm}$).....	35
Tablo 6.3 Trapez Labirent Savaklar için L/L_0 Değerinin, Q/Q_0 Değerine Etkisi, (C Serisi, $P=20\text{ cm}$).....	40
Tablo 6.4 Trapez Labirent Savaklar için L/L_0 Değerinin, Q/Q_0 Değerine Etkisi, (D Serisi, $P=15\text{ cm}$).....	40
Tablo 6.5 Dikdörtgen Labirent Savaklar için L/L_0 Değerinin, Q/Q_0 Değerine Etkisi, (E Serisi, $P=20\text{ cm}$).....	45
Tablo 6.6 Dikdörtgen Labirent Savaklar için L/L_0 Değerinin, Q/Q_0 Değerine Etkisi, (F Serisi, $P=15\text{ cm}$).....	45
Tablo 6.7 Dairesel Labirent Savaklar için L/L_0 Değerinin, Q/Q_0 Değerine Etkisi, (G Serisi, $P=20\text{ cm}$).....	50
Tablo 6.8 Dairesel Labirent Savaklar için L/L_0 Değerinin, Q/Q_0 Değerine Etkisi, (H Serisi, $P=15\text{ cm}$).....	50

SİMGELER LİSTESİ

A_0	: 20 cm yüksekliğinde 39.5 cm uzunluğunda lineer savak
A_1	: 20 cm yüksekliğinde 47.4 cm uzunluğunda üçgen labirent savak
A_2	: 20 cm yüksekliğinde 55.3 cm uzunluğunda üçgen labirent savak
A_3	: 20 cm yüksekliğinde 63.2 cm uzunluğunda üçgen labirent savak
a	: Labirent gözünün alın duvarının memba yüzü yarım uzunluğu (m)
B_0	: 15 cm yüksekliğinde 39.5 cm uzunluğunda lineer savak
B_1	: 15 cm yüksekliğinde 47.4 cm uzunluğunda üçgen labirent savak
B_2	: 15 cm yüksekliğinde 55.3 cm uzunluğunda üçgen labirent savak
B_3	: 15 cm yüksekliğinde 55.3 cm uzunluğunda üçgen labirent savak
b	: Labirent savak yan duvar uzunluğu (m)
C_0	: 20 cm yüksekliğinde 39.5 cm uzunluğunda lineer savak
C_1	: 20 cm yüksekliğinde 47.4 cm uzunluğunda trapez labirent savak
C_2	: 20 cm yüksekliğinde 55.3 cm uzunluğunda trapez labirent savak
C_3	: 20 cm yüksekliğinde 63.2 cm uzunluğunda trapez labirent savak
C_d	: Debi katsayısı
C_{d0}	: Lineer savak debi katsayısı
C_{d1}	: 47.4 cm kret uzunluğunda labirent savak debi katsayısı
C_{d2}	: 55.3 cm kret uzunluğunda labirent savak debi katsayısı
C_{d3}	: 63.2 cm kret uzunluğunda labirent savak debi katsayısı
D_0	: 15 cm yüksekliğinde 39.5 cm uzunluğunda lineer savak
D_1	: 15 cm yüksekliğinde 47.4 cm uzunluğunda trapez labirent savak
D_2	: 15 cm yüksekliğinde 55.3 cm uzunluğunda trapez labirent savak
D_3	: 15 cm yüksekliğinde 63.2 cm uzunluğunda trapez labirent savak
E_0	: 20 cm yüksekliğinde 39.5 cm uzunluğunda lineer savak
E_1	: 20 cm yüksekliğinde 47.4 cm uzunluğunda dikdörtgen labirent savak
E_2	: 20 cm yüksekliğinde 55.3 cm uzunluğunda dikdörtgen labirent savak
E_3	: 20 cm yüksekliğinde 63.2 cm uzunluğunda dikdörtgen labirent savak
F_0	: 15 cm yüksekliğinde 39.5 cm uzunluğunda lineer savak
F_1	: 15 cm yüksekliğinde 47.4 cm uzunluğunda dikdörtgen labirent savak
F_2	: 15 cm yüksekliğinde 55.3 cm uzunluğunda dikdörtgen labirent savak
F_3	: 15 cm yüksekliğinde 63.2 cm uzunluğunda dikdörtgen labirent savak
G_0	: 20 cm yüksekliğinde 39.5 cm uzunluğunda lineer savak
G_1	: 20 cm yüksekliğinde 47.4 cm uzunluğunda dairesel labirent savak

G_2	: 20 cm yüksekliğinde 55.3 cm uzunluğunda dairesel labirent savak
G_3	: 20 cm yüksekliğinde 63.2 cm uzunluğunda dairesel labirent savak
g	: Yerçekim ivmesi (m/s^2)
H_0	: Savağın memba kısmındaki toplam yük (m)
H_o	: 15 cm yüksekliğinde 39.5 cm uzunluğunda lineer savak
H_1	: 15 cm yüksekliğinde 47.4 cm uzunluğunda dairesel labirent savak
H_2	: 15 cm yüksekliğinde 55.3 cm uzunluğunda dairesel labirent savak
H_3	: 15 cm yüksekliğinde 63.2 cm uzunluğunda dairesel labirent savak
h	: Savak kreti üzerindeki nap yükü (cm)
L	: Savak kret uzunluğu (cm)
L_o	: Lineer savak kret uzunluğu (cm)
L_1	: Labirent savak kret uzunluğu (cm)
L_2	: Labirent savak kret uzunluğu (cm)
L_3	: Labirent savak kret uzunluğu (cm)
L_{ef}	: Savağın etkili uzunluğu (m)
n	: Labirent savak göz sayısı
P	: Savağın kret yüksekliği (cm)
Q	: Debi (L/s)
Q_o	: Lineer savak üzerinden aşan debi (L/s)
Q_1	: 47.4 cm uzunluğunda labirent savak üzerinden aşan debi (L/s)
Q_2	: 55.3 cm uzunluğunda labirent savak üzerinden aşan debi (L/s)
Q_3	: 63.2 cm uzunluğunda labirent savak üzerinden aşan debi (L/s)
W	: Labirent savak göz genişliği (cm)
α	: Savak gözü yan duvarlarının akım doğrultusuyla yaptığı açı (derece)

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

LABİRENT SAVAKLARIN HİDROLİK KARAKTERİSTİKLERİNİN DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ

Ömer BİLHAN

Fırat Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

2005, Sayfa: 68

Labirent dolusavaklar, barajlarda dolusavak deşarj kapasitesinin artırılması için uygulanan etkili bir yöntemdir. Labirent dolusavak kapasitesi, toplam su yükünün, etkin kret uzunluğunun ve kret katsayısının bir fonksiyonudur. Kret katsayısı ise toplam su yüküne, savak yüksekliğine, kret şekline, kenar duvar açılarına bağlı olmaktadır. Tasarım prosedürleri, istenilen debi kapasitesi ve uygun yerleştirme elde edilene kadar, kenar duvar açılarının ve labirent savak göz sayısının değiştirilmesine izin vermektedir.

Bu çalışmada, labirent savaklara planda, üçgen, trapez, dikdörtgen ve dairesel şekiller verilerek belirli nap yüklerinde geçirdikleri debiler ölçülmüş, debi deşarj katsayıları belirlenmiş ve lineer savaklardan elde edilen verilerle karşılaştırılmıştır. Ayrıca test edilen trapez ve üçgen labirent savakların kenar duvar açıları, 26.83° , 33.53° , 45.57° olarak alınmıştır.

Birinci bölümde; çalışmanın amacı, kapsamı açıklanmış, avantajları ve önemi vurgulanmıştır.

İkinci bölümde, labirent savak akımlarının hidrolik özellikleri sunulmuştur.

Üçüncü bölümde, labirent savakların uygulama alanları sunulmuştur.

Dördüncü bölümde, konu ile ilgili literatür araştırması yapılmış ve sunulmuştur.

Beşinci bölümde, deneylerde kullanılan materyaller ve deney seti şekillerle verilmiştir.

Altıncı bölümde, deneysel çalışmalardan elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

Yedinci bölümde, sonuçlar sunulmuştur. Labirent savak debi kapasitesinin, savak geometrisi, savak şekli ve akım koşulları ile yakından ilgili olduğu bulunmuştur.

Anahtar kelimeler: Dolusavak, Labirent savak, Lineer savak, Debi katsayısı, Nap yükü, Savak yüksekliği, Yardımcı dolusavak, Kret uzunluğu.

ABSTRACT

Master Thesis

THE EXPERIMENTAL ANALYSIS OF HYDRAULIC CHARACTERISTICS OF LABYRINTH WEIRS

Ömer BİLHAN

Fırat University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Civil Engineering

2005, Page: 68

The labyrinth spillways are an effective method which is applied for increasing the spillway discharge capacity in dams. The capacity of a labyrinth spillway is a function of the total head, the effective crest length and crest coefficient. The crest coefficient depends on the total head, weir height, crest shape and the angle of the side legs. The design procedure allows the angle of the side walls and the number of cycles to be varied until the desired layout and capacity are achieved.

In this study, the discharge that the labyrinth spillways pass in certain total head are measured by giving them triangular, trapezoidal, rectangular and circular shapes in the plan, the discharge coefficient are determined and compared with data acquired from linear weirs. Furthermore, the side wall angles of trapezoidal and triangular labyrinth weirs that are tested are fixed as 26.83° , 33.53° and 45.57° .

In the first section; the purpose of this study with its contents was explained and its advantages and importance were accented.

In the second section; hydraulic characteristics of labyrinth spillway flows were presented.

In the third section; application area of the labyrinth weirs were presented.

In the fourth section; the articles, related to this study, were analyzed and presented.

In the fifth section; the experimental setup and the materials which were used in experiments were given with figures.

In the sixth section; the experimental results obtained from the study were evaluated.

In the seventh section; the conclusions were presented. It was found that discharge capacity of labyrinth weirs is closely related to weir geometry, weir shapes and flow conditions.

Keywords: Spillway, Labyrinth weir, Linear weir, Discharge coefficient, Water head, Weir height, Auxiliary spillway, Crest length.

1. GİRİŞ

Dolusavaklar bir barajın proje maliyetinde önemli bir yer tutan ve baraj güvenliği ile ilgili önemli fonksiyonları olan yapılardır. Bugüne kadar yapılan araştırmalar baraj hasarlarının 1/3'ünün yetersiz dolusavak kapasiteleri sonucu oluştuğunu ortaya koymuştur [1]. Bazı mevcut su yapılarında proje hidrolojisi tekrar incelendiğinde olası maksimum taşkın debisinin arttırılması ihtiyacı ortaya çıkabilmektedir. Eğer baraj dolusavağı yeni belirlenen debiyi geçirecek kapasitede değil ise, taşkın depolama kapasitesinin ve dolusavak deşarj kapasitesinin arttırılması yoluna gidilebilir. Rezervuarlara giren büyük taşkın debilerinin savaklanması dolusavak kret uzunluğunun arttırılması veya dolusavak üzerindeki proje su yükünün arttırılması ile gerçekleştirilebilir. Uygulamada proje su yükünün arttırılması kapaklı dolusavaklar kullanılarak sağlanmaktadır. Bu seçim ile dolusavağın birim debisinin büyük oranda arttırılması sağlanabilir.

Son yıllarda barajların üzerinden suyun aşması ile oluşacak hasarların azaltılması ve insan yaşamının tehlikeye atılmasının en aza indirilmesi konularında daha yoğun çalışmalar yapılmıştır. Bundan dolayı baraj mühendisleri, taşkın debilerini daha uzun tekerrür aralığını dikkate alarak belirlemek ihtiyacını hissetmişlerdir. Bu da baraj boşaltım yapılarının boyutlarını ve maliyetlerini arttırmıştır.

Labirent dolusavaklar ile dolusavak kretinin etkili uzunluğu arttırılarak belirli bir göl seviyesinde savaklanabilen debinin arttırılması veya sabit bir debinin daha küçük kret su yükleri ile geçirilmesi sağlanarak, rezervuar su seviyesinin düşürülmesi amaçlanmıştır. Bu savaklar; özellikle taşkın debisinin oluşturacağı rezervuar su seviyesi için membadaki alanın kısıtlı olduğu veya topografyanın dolusavak genişliğini sınırlandırdığı koşullarda avantajlar sağlayan bir alternatif olarak değerlendirilebilir. Ancak gittikçe artan sayılarına rağmen savak mansabında oluşan karışık akım koşulları ve klasik olmayan projelendirilme yöntemi, labirent dolusavakların projeciler tarafından tercih edilmesinde bazı tereddütler yaratmaktadır.

Bu çalışmada; labirent savaklara üçgen, trapez, dairesel ve dikdörtgen kret şekilleri verilerek, debi deşarj katsayıları araştırılmış ve bu savakların geçirdikleri debiler belirlenmeye çalışılmıştır.

2. LABİRENT SAVAK AKIMLARININ HİDROLİĞİ

Plandaki karışık şeklinden ötürü, labirent dolusavakların deşarj kapasiteleri birçok faktör tarafından etkilenir. Labirent savakların performansını belirleyen temel faktörler; savak geometrisi, maksimum debi ve proje su yüküdür [2]. Labirent dolusavakların en önemli karakteristiği, plan şekillerinin doğrusal olmamasıdır. Labirent dolusavaklarda, planda düz olmayan kret şekillerinden bir dizi kullanılmaktadır. Bu tip dolusavaklarda genellikle üçgen ve trapez plan şekilleri kullanılmaktadır. Dolusavak planında kullanılan bu şekiller diğer dolusavaklara kıyasla farklı akım koşulları oluştururlar. İdeal olarak labirent üzerinden geçen debinin, dolusavak kret boyunun artışı ile doğru orantılı bir şekilde artması düşünülebilir. Fakat bu durum sadece kret üzerindeki alçak su yükleri için mümkün olabilmektedir.

Labirent savak üzerindeki su yükü arttıkça, savaklanan akım dört ana aşamadan oluşur. Bunlar; tam havalanmış, kısmi havalanmış, geçiş ve batık akım koşullarıdır [2].

Akımın tam havalanması, küçük su yüklerinde akımın tüm labirent kreti boyunca serbest olarak düştüğü durumda oluşur. Bu akım koşullarında nap kalınlığı ve kuyruksuyu derinliği dolusavağın deşarj kapasitesini etkilemez. Bu durumda labirent savak hemen hemen aynı düşey kesite sahip doğrusal bir savak gibi çalışır [2].

Savak üzerindeki su yükü arttıkça özellikle nap ve labirent duvarı arasındaki mansap kuyruksuyu seviyesi de artar. Duvarlar üzerinden aşan napların birbirleriyle girişimi, yüksek mansap su derinliği ve mansapta napın düştüğü dar alan nedeniyle napın havalanması güçleşir. Bu durum da debi deşarj katsayısını düşürür. Labirent dolusavaklar özellikle yaklaşım akım koşullarından oldukça hassas bir şekilde etkilenirler. Bu koşullar, yaklaşım akımının doğrultusu ve labirentin hemen membasındaki giriş koşullarıdır. Yaklaşım akımının doğrultusu, labirentin performansını etkileyen önemli bir faktördür. Bu doğrultunun labirent göz eksenlerine paralel olması, akımın dolusavak girişinde labirentin gözlerine en eşit şekilde dağılımını sağlar [2].

Labirent savaklarda giriş yapısı, yaklaşım ve girişteki yük kayıplarını en aza indirecek şekilde projelendirilmelidir. Bu yük kayıpları, labirentin birim debisinin daha büyük olması nedeniyle klasik dolusavak yapılarında oluşan kayıplardan çok daha fazla olmaktadır. Labirent savak gözlerinin her bir memba girişi, kapaklı dolusavaklarda girişteki yük kayıplarını arttıran ayaklara benzer davranış gösterirler [3].

Labirent savak memba girişleri, inşaat kolaylığı için daha uzun trapez giriş kullanmak ile nap girişimini ve alın duvarı yarım uzunluğunu azaltmak arasında yapılan ve giriş kayıplarını en aza indirecek bir detaylı analiz sonucu projelendirilir.

Birkaç göze sahip labirent dolusavaklarda, kret uzunluğunun önemli bir bölümü giriş koşullarından etkilenebilir. Uygulama projeleri kullanılarak yapılan bazı hidrolik model çalışmalarının sonuçları, düzensiz giriş koşullarının labirentin performansını %18 oranında düşürdüğünü ortaya koymuştur [3]. Modelleme çalışmalarında, düzenli yaklaşım ve giriş koşullarında, hesaplarda kullanılan debi katsayısındaki azalma yaklaşık %3 ile %8 oranında olmuştur. Mansap ucu bir daire yayı üzerine yerleştirilen labirent gözlerinden oluşan labirent savaklar en uygun giriş akım koşullarına sahip olmaktadır [3]. Bu yerleşim akımın her bir göze daha üniform olarak yaklaşımını sağlamaktadır.

Girişteki yapının boyutlarını azaltmasının yanı sıra, yaklaşım ve giriş kayıplarını en aza indiren etkili diğer bir yol da labirenti rezervuar içerisine doğru olabildiğince uzatmaktır. Böyle bir yerleşimde, akım hatlarının labirent üzerinden geçmeden önce yönlendirilmesi zorunluluğu ortadan kalktığı için kayıplar azalmaktadır [2].

Yapılan laboratuvar çalışmalarında labirentin memba ve mansabındaki taban kotlarının farklı tutulması ile aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir [2].

Mansap taban kotunun memba taban kotundan daha yüksek olduğu durumda, mansap kanalındaki batıklığın artmasından dolayı dolusavak deşarj kapasitesi azalmıştır. Memba ve mansap kanalı taban kotlarının eşit olduğu durumda, labirentin memba ve mansap bölümlerindeki akım tipik bir nehir rejimi akımıdır. Mansap kanalındaki kuyruksuyu seviyesi etkisini en aza indirmek için labirentin mansabındaki akımın sel rejiminde bir akım olması gerekir. Bu da mansap kanalına belirli bir eğim vererek veya labirent savak yapısının hemen mansabını oldukça dik bir eğimle boşaltım kanalına bağlayarak gerçekleştirilebilir [2]. Mansap kanalındaki akımın sel rejiminde bulunması durumu için bir labirent savak projelendirildiğinde, toplam yükün duvar yüksekliğine oranı H_0/P , havalanmış akım bölgesinde kalır. Labirent savakların batık akım koşullarında, H_0/P oranının yükseltilmesi ile labirent dolusavağın performansı düşer. Buna ters olarak ogee profilindeki bir savağın performansı ise çok daha fazladır. Bu koşullar altında hangi savağın seçileceği inşaat ve işletme maliyeti göz önüne alınarak değerlendirilir.

Çok küçük su yükleri ile çalışan labirent savaklarda, yapışık ve havalanmamış naplar da oluşabilmektedir [3,4]. Nap altındaki basıncın atmosfer basıncı ile atmosfer altı basınç arasındaki değişimi, salınımlar ile sesler yaratır. Nap altındaki negatif basınçlar savağın deşarj kapasitesini arttırmakla birlikte vibrasyon ve rezonans etkisi ile yapı güvenliğini tehdit edebilecek problemler de yaratabilir [2].

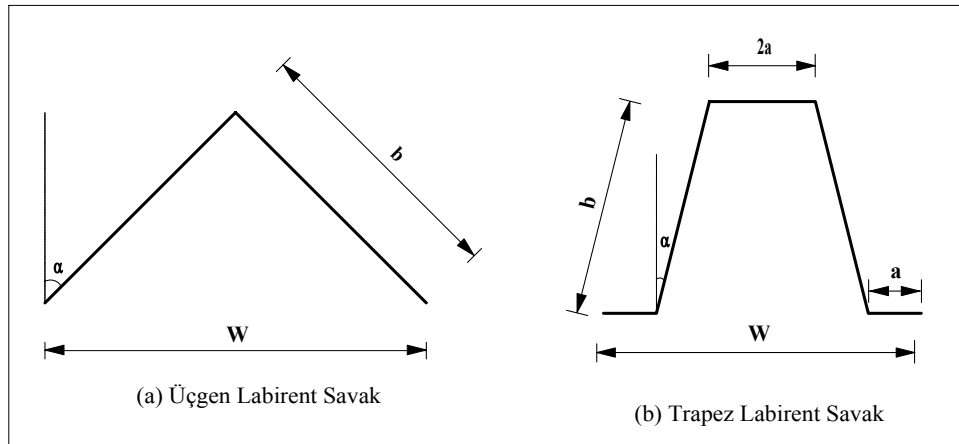
Napın havalanmasını sağlamak için yapılan en yaygın uygulama saptırıcı ayaklarıdır. Bu saptırıcı ayaklar Ute ve Hyrum Barajları'nda inşa edilmiştir. Bu barajların labirent

savaklarında kullanılan saptırıcı ayaklar labirent gözlerinin her bir yan duvarı üzerine, yan duvar uzunluğunun % 8 ile % 10'u aralığında yerleştirilmiştir. Saptırıcı ayakların dolusavağın tam yük ile çalıştığı durumda da akımı havalandırmak için yüksek yapılması zorunluluğu yoktur. Büyük debilerin savaklanmasında bu saptırıcı ayakların batık çalışabileceği kabul edilmektedir [2].

Avon Barajında ise akımın havalandırılması için kretin mansap ucu boyunca epoks ile kaplanmış kesme taşlar kullanılmıştır. Kullanılan bu taşların napı yarararak nap altındaki bölgenin havalanmasını sağladığı ve böylece napta oluşan sesleri ortadan kaldırdığı ancak savağının deşarj kapasitesini de küçük bir oranda azalttığı belirlenmiştir [2].

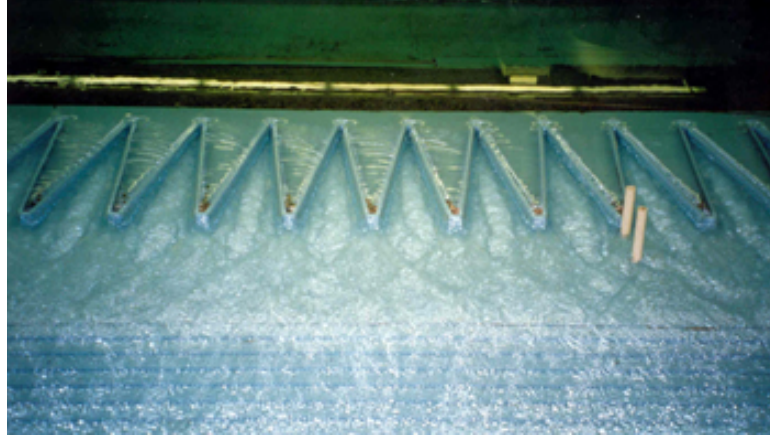
Labirent savaklarda kırıklı bölümler sabit bir genişlikte savak uzunluğunun artırılabilmesi olanağını sağlar. Labirent için herhangi bir geometrik şekil kullanılabilmesine rağmen, inşaat kolaylığı açısından çoğunlukla üçgen veya trapez şekiller tercih edilmektedir. Şekil 2.1'de görüldüğü gibi.

Labirent savakların geometrik şekilleri; kırıklı kret uzunluğunun $(4a+2b)$, bir gözün genişliğine (W) oranı ve savak gözü yan duvarlarının akım doğrultusuyla yaptığı açı ile (α) tanımlanırlar.



Şekil 2.1 Üçgen ve Trapez Labirent Savakların Geometrik Şekilleri

Labirent savak üzerindeki akım koşulları lineer savaklara nazaran daha düzensizdir. Her bir kıvrımda birbirine yaklaşan savak geometrisi akımın büyük bir bölümünü savak kreti üzerinden bir açı ile geçmeğe zorlar. Bu durum, aynı zamanda savak kreti boyunca su yükü farklılıkları yaratmaktadır. Akım savak kıvrımları arasından geçerek kret üzerinden kanala geçtiğinde mansapta girişime başlamaktadır (Şekil 2.2).



Şekil 2.2 Labirent Savakların Mansabındaki Akımın Görünüşü

Bir labirent savağın projelendirilmesi için aşağıda verilen lineer bir savağın temel eşitliği kullanılabilmektedir. Bu deneysel çalışmalarda da debi katsayıları (C_d), bu eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır.

$$Q = \frac{2}{3} \cdot C_d \cdot \sqrt{2g} \cdot L_{ef} \cdot h^{\frac{3}{2}} \quad (1)$$

Burada,

Q: Debi

C_d : Debi katsayısı

L_{ef} : Savağın etkili uzunluğu

h: Kret üzerindeki nap yükünü gösterir.

g: Yerçekimi ivmesi

Deneyler tamamlandıktan sonra elde edilen veriler değerlendirilmiş ve bir grafik programı yardımıyla grafikler çizilmiştir. Çizilen grafikler ve yorumlara bölüm 6'da yer verilmiştir.

3. UYGULAMADA LABİRENT DOLUSAVAKLAR

Dolusavakların deşarj kapasitelerinin artırılması için çözüm alternatiflerinden birisi de savağın kret uzunluğunu arttırmaktır. Bu da labirent veya çeşitli geometrik plan formlarına sahip savakların projelendirilmesi ile gerçekleştirilebilir.

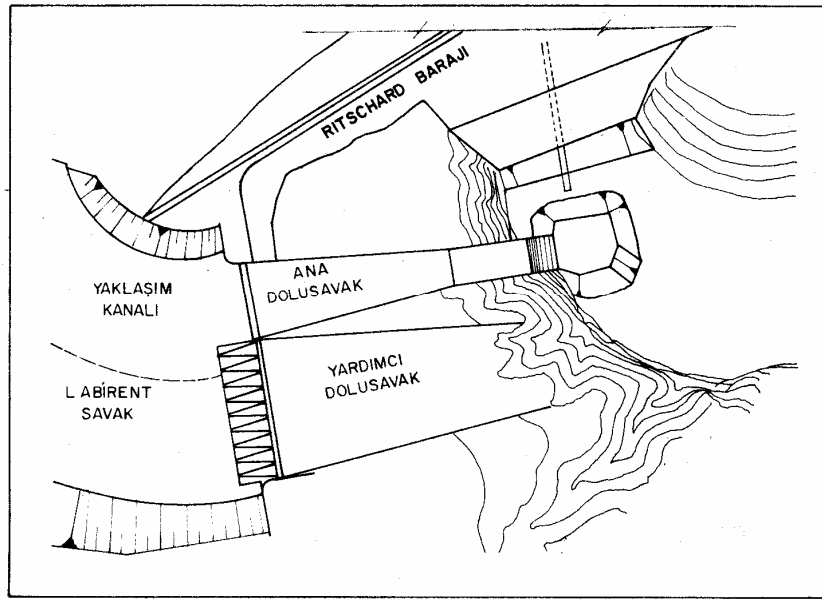
Labirent tipindeki bir savak aynı bir trapez veya üçgen formda sürekliliğe sahip olan kırıklı bir savak planı olarak düşünülebilir. Böylece belirli bir genişlik için labirent tipindeki savaklar doğrusal veya radyal olanlara nazaran daha uzun bir kret uzunluğuna sahip olurlar. Bu tip savaklar eşit bir toplam genişlik ve eşit su yükünde diğer savaklara oranla daha büyük debileri deşarj ederler veya aynı toplam genişlikte daha düşük su yükünde aynı debinin deşarjını sağlarlar. İkinci durumda barajın gövde yüksekliğinin azaltılması veya rezervuarın normal su seviyesinin yükseltilmesi avantajı sağlanabilmektedir. Labirent ismi savağın geometrik formundan gelmektedir. Labirent savaklar genellikle dolusavağa serbest akış olanağı tanıyacak şekilde bir ince duvar yapısı göz önüne alınarak projelendirilirler. Bu savaklara planda çeşitli formlar verilebilir. Şekil 3.1’de görülen labirent dolusavakta, her bir labirent gözü dairesel olarak tasarlanmıştır.



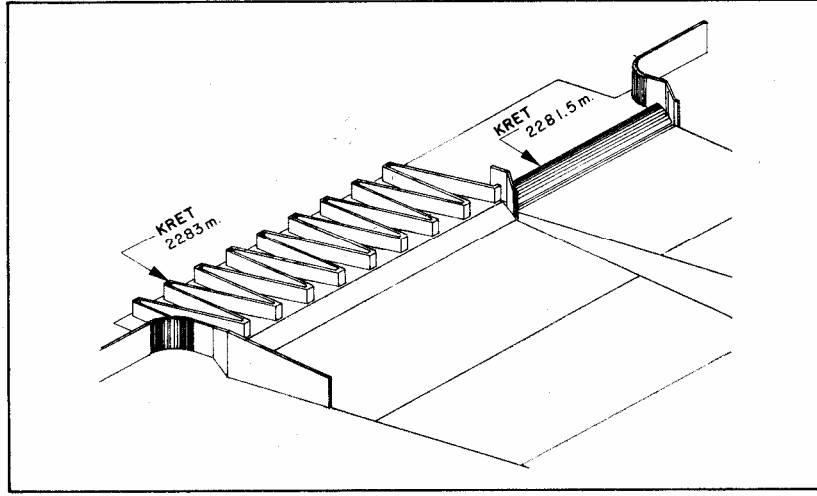
Şekil 3.1 East Park Barajı Labirent Dolusavağı, California

Labirent tipi dolusavakların büyük debileri daha küçük su yüklerinde geçirebilme özellikleri, bu tip yapıların birçok yerde uygulama alanı bulması sonucunu doğurmuştur. Labirent dolusavaklar genellikle baraj dolusavakları olarak uygulanmıştır. Bu tip dolusavaklar daha çok arazide dolusavağın yerleştirileceği bölgenin genişliğinin kısıtlı olduğu veya rezervuardaki taşkın öteleme hacminin kısıtlı olduğu bölgeler için uygun olmaktadır. Kapaklı dolusavak tiplerine nazaran daha düşük maliyeti olan bu dolusavaklar aynı zamanda kontrolsüz dolusavaklarla kıyaslandıklarında dolusavağın eşit kret kotlarında baraj gövdesi kret kotunun düşürülmesine, olanak tanımaktadır. Bunun yanı sıra, gövde kret kotunun eşit olduğu durumda ise klasik kontrolsüz dolusavaklara oranla rezervuarın aktif depolama kapasitesinin artırılmasına olanak tanımaktadır. Labirent dolusavaklar kapaklı dolusavaklara nazaran daha güvenilir ve düşük maliyetli işletme olanağı sağlamaktadır [2].

Labirent savaklar yardımcı dolusavak uygulamalarında en uygun tipi oluşturmaktadır. Bu tip savaklar, baraj yeri topografyası dolusavak genişliğini kısıtladığında özellikle önem kazanırlar ve genellikle küçük bir servis dolusavağı ile birlikte kullanılırlar. Bu yaklaşım ABD’de Ritschard Barajı projesinde kullanılmıştır (Şekil 3.2). Labirentin kreti servis dolusavağı ogee kretinden 1,5 m yüksekte projelendirilmiştir. Kret seviyeleri arasındaki 1,5 m’lik fark yardımcı dolusavağın 100 yıllık taşkın debilerin den daha küçük debi değerlerinde işletme dışı olması amacıyla seçilmiştir (Şekil 3.3). Labirent tipi yardımcı dolusavak, az olan işletme olasılığından dolayı kaplamasız bir kaya kanal içine inşa edilmiştir [2].



Şekil 3.2 Ritschard Barajı Dolusavak Genel Yerleşim Planı [5]



Şekil 3.3 Ritschard Barajı Ana Dolusavak ve Labirent Tipi Yardımcı Dolusavağı [5]

Labirent dolusavaklar nehir-kanal santrallerinde ve kanallar için derivasyon yapılarında da kullanılmaktadır. Çeşitli ülkelerde bugüne kadar inşa edilen bazı labirent dolusavakların proje karakteristikleri Tablo 3.1’de verilmiştir.

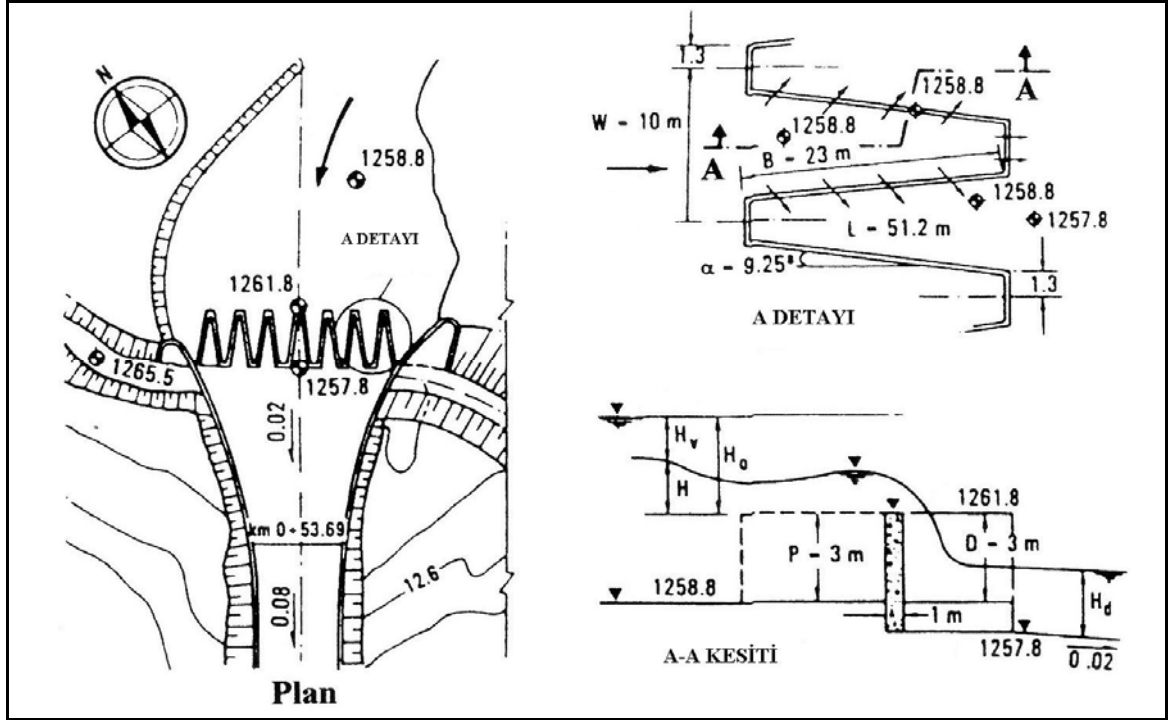
Tablo 3.1 Çeşitli Ülkelerde Bugüne Kadar İnşa Edilen Bazı Labirent Dolusavaklara Ait Proje Karakteristikleri [6]

İsim	Ülke	Yapım Yılı	Q (m ³ /s)	H ₀ (m)	P (m)	W (m)	L (m)	n (-)	Kaynak
Agua Branca	Portekiz		124	1.65	3.50	12.50	28.0	2.0	Quintel ve diğ.(2000)
Alfaiates	Portekiz	1999	99	1.60	2.50	13.20	37.5	1.0	Quintel ve diğ.(2000)
Alijo	Portekiz	1991	52	1.23	2.50	8.70	21.05	1.0	Magalhaes (1989)
Arcosso	Portekiz	2001	85	1.25	2.50	13.30	16.68	1.0	Quintel ve diğ.(2000)
Avon	Avustralya	1970	1420	2.16	3.00	13.50	26.5	10.0	Darvis (1971)
Bartletts Ferry	A.B.D	1983	5920	2.19	3.43	18.30	70.30	20.5	Mayer (1980)
Belia	Zaire		400	2.00	3.0/2.0	18.00	31.00	2.0	Magalhaes (1989)
Beni Bahdel	Cezayir	1944	1000	0.50		4.00	62.50	20.0	Afshar (1988)
Bordman	A.B.D	1978	387	1.77	2.76	18.30	53.50	2.0	Babb (1976)
Calde	Portugal	2001	21	0.60	2.50	7.40	28.19	1.0	Quintel ve diğ.(2000)
Carty	A.B.D	1977	387	1.80	2.8/4.3	18.30	54.60	2.0	Afshar (1988)
Climia	İtalya	1982	1100	1.50	15.50	30.00	87.50	4.0	Lux/Hinchliff (1985)
Dungo	Angola	1985	576	2.40	4.30	9.70	28.60	4.0	Lux (1989)
Estancia	Venezuela	1967	661	3.01		32.00	65.00	1.0	Magalhaes (1989)
Harreza	Cezayir	1983	350	1.90	3.50	9.70	28.60	3.0	Lux (1989)
Hyrum	A.B.D		256	1.68	3.66	9.10	45.70	2.0	Lux (1989)
Kızılcapınar	Türkiye		2270	4.60	4.00	75.40	263.90	5.0	Yıldız (1996)
Ritschard	A.B.D	**	1555	2.74	3.05	83.8	411.00	9.0	Vermeyen (1991)
Sarıoğlan	Türkiye		490.70	1.06	3.00	70.0	358.40	7.0	Yıldız (1996)
Ute	A.B.D	1983	1557	5.79	9.14	18.30	73.70	14.0	Lux (1989)

** Başka tipte bir dolusavak inşa edilmiştir.

3.1 Labirent Dolusavaklara Sahip Bazı Barajların Genel Yerleşim Planları

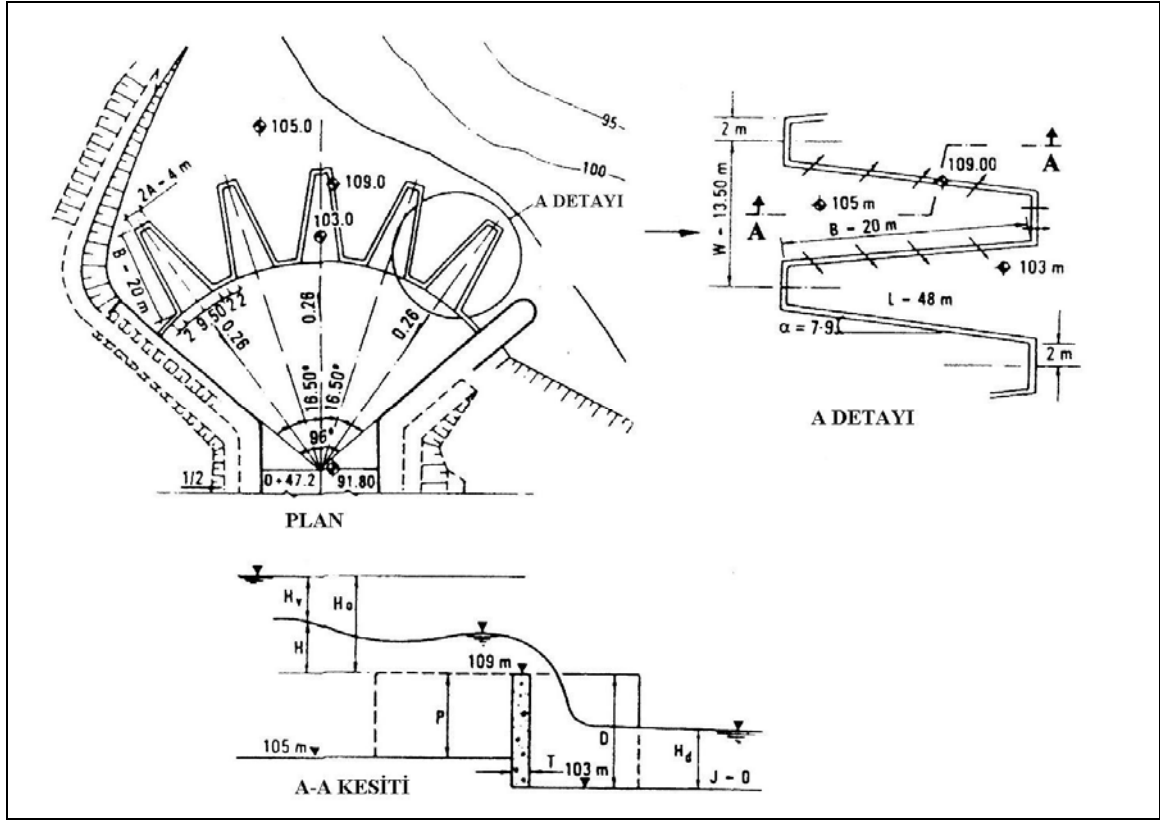
3.1.1 Sarıoğlan Barajı (Türkiye)



Şekil 3.4 Sarıoğlan Barajı Labirent Tipi Dolusavak Yerleşim Planı, Kesit ve Detayı [6]

Sarıoğlan Barajı, Kayseri yakınlarında olup Kestuvan suyu ile Düzençik çayı üzerinde sulama amacı için inşa edilmektedir. Baraj homojen toprak dolgu tipindedir. Kret kotu 1265,50 m, kret uzunluğu 1783,535 m, kret genişliği 10,00 m, talveg kotu 1234,30 m, temel kotu 1227,50 m, temelden yüksekliği 38,00 m'dir. Barajın deşarj kapasitesi 490,70 m³/s'dir [2].

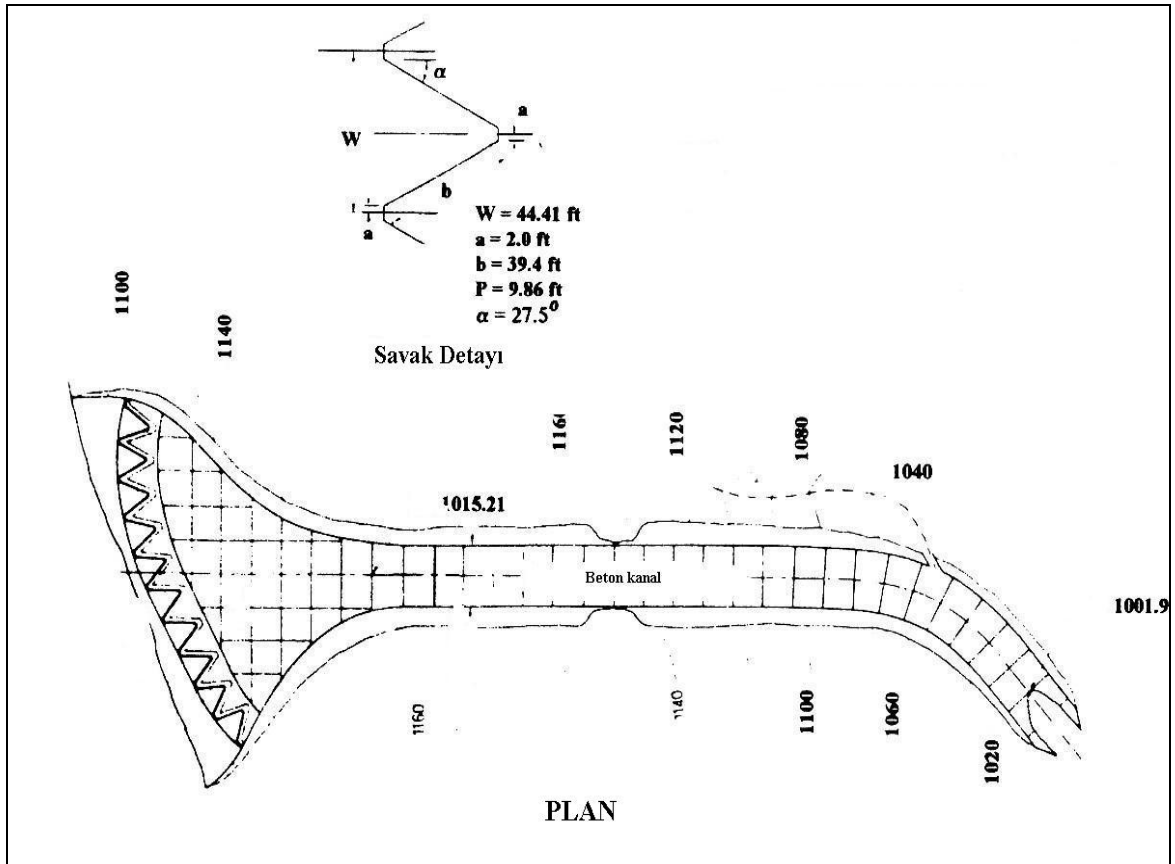
3.1.2 Kızılcapınar Barajı (Türkiye)



Şekil 3.5 Kızılcapınar Barajı Labirent Dolusavak Yerleşim Planı, Kesit ve Detayı [6]

Erdemir Su Temini Projesi Kızılcapınar Barajı ve Hidroelektrik Santrali, Zonguldak ili Ereğli ilçesi Kızlar çayı üzerindedir. Endüstri, içme suyu temini, sulama ve enerji üretimi amaçları için inşa edilmektedir. Baraj kaya dolgu tipindedir. Kret kotu 117 m, kret uzunluğu 263 m, kret genişliği 10 m, talveg kotu 63 m, talvegden yüksekliği 53 m ve temel kotu 57 m'dir. Barajın deşarj kapasitesi $2270 \text{ m}^3/\text{s}$ 'dir [2].

3.1.3. Avon Barajı (Avusturalya)

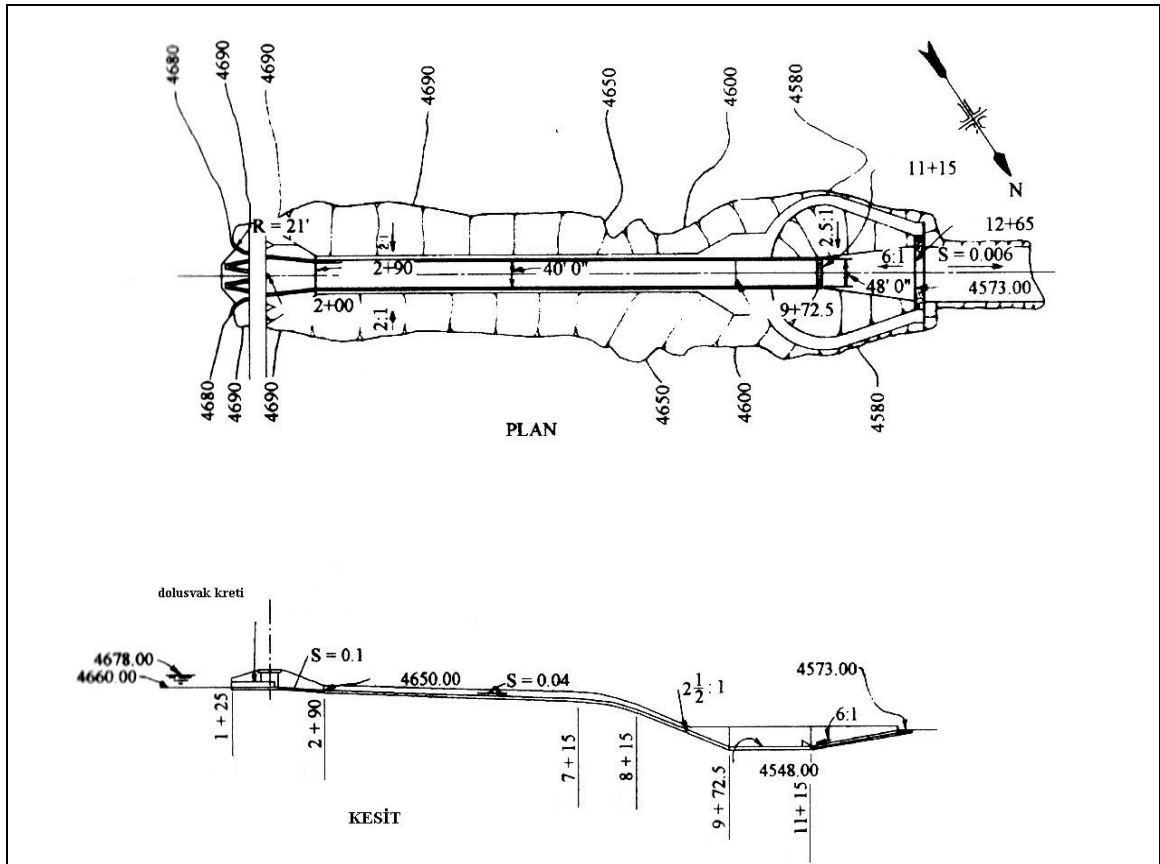


Şekil 3.6 Avon Barajı Labirent Dolusavak Yerleşim Planı ve Savak Detayı [6]

Avon barajı Avustralya’da 1927 yılında tamamlanmıştır. 27 m yüksekliğinde kargir olarak inşa edilen baraj 146 m uzunluğunda fan şeklinde bir dolusavağa (fan shape weir) sahiptir. Dolusavağın maksimum debisi $756 \text{ m}^3/\text{s}$ olup bu debide kret üzerindeki su yükü 2,80 m’dir [2].

Daha sonra yapılan hidrolojik çalışmalar, olası taşkın debisinin projelendirilmede kullanılan değerden çok yüksek olduğunu ortaya çıkarmıştır [7]. Yapılan hidrolik model çalışmaları sonunda, orijinal savağın yerine aynı genişlikte bir labirent savak yerleştirilmesine karar verilmiştir. 1970 yılında yapılan labirent savak 265 m toplam uzunluğa sahip olup, on gözden oluşmuştur. Yapılan hidrolik model çalışmalarında bu savağın 2,8 m’lik su yükünde $1970 \text{ m}^3/\text{s}$ ’lik debiyi deşarj ettiği belirlenmiştir. Bu değer aynı su yükünde orijinal savaktan geçen debinin 2,3 katına karşılık gelmektedir.

3.1.4. Hyrum Barajı (A.B.D)

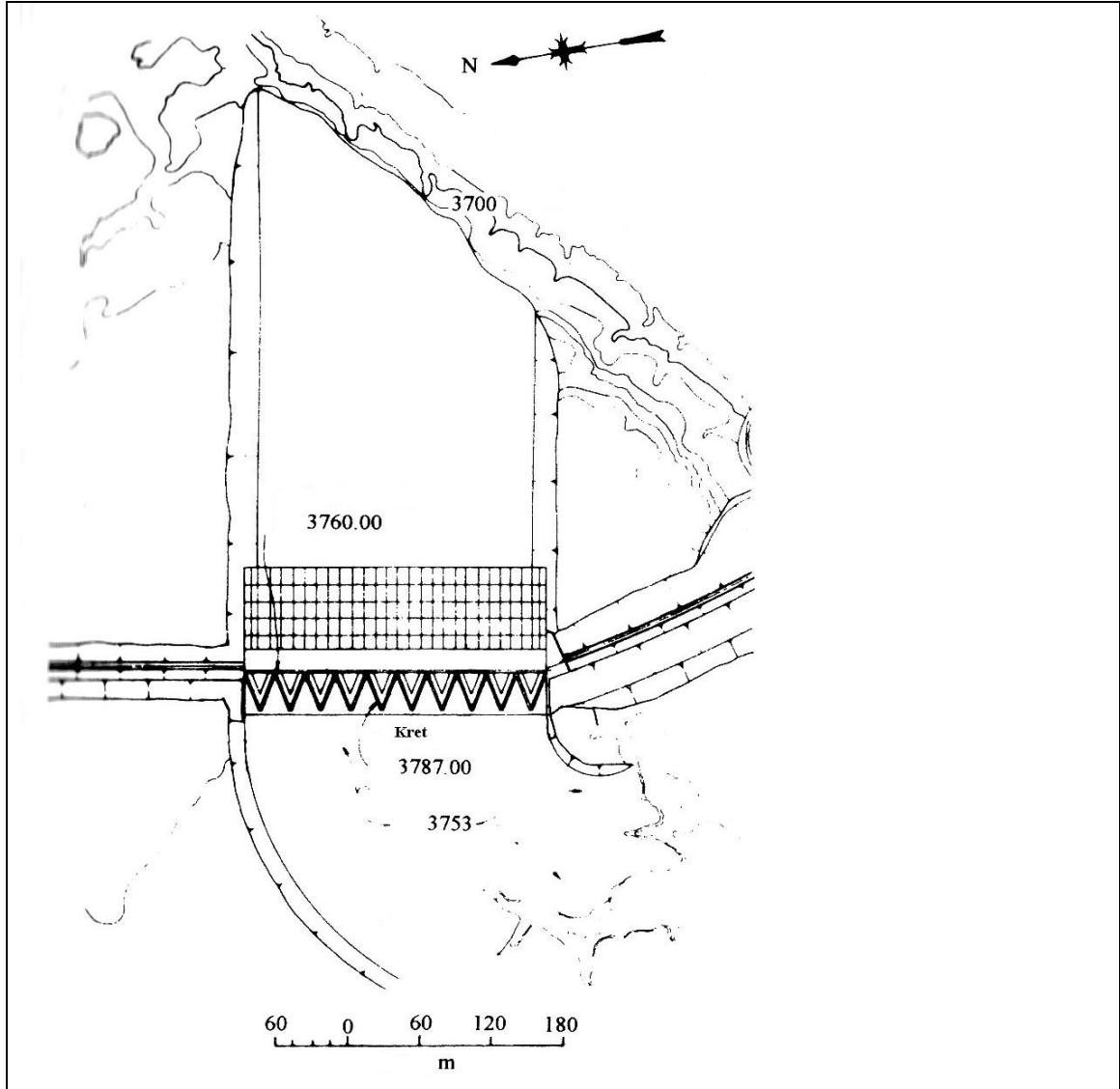


Şekil 3.7 Hyrum Barajı Labirent Dolusvağı Yerleşim Planı ve Kesiti [6]

ABD'nin Utah eyaletinin Little Bear nehri üzerinde bulunan Hyrum Barajı, 1935 yılında tamamlanmıştır. Baraj dolusavağı 15 m genişliğinde kapaklı bir dolusavaktır. Dolusavak proje debisi $160 \text{ m}^3/\text{s}$, dipsavak deşarj kapasitesi ise $8,5 \text{ m}^3/\text{s}$ 'dir [2].

Rezervuar taşkın debisinin 1981 yılında revize edilmesinden sonra mevcut yapının bu debiyi deşarj edemeyeceği anlaşılmıştır. Bazı alternatifler üzerine yapılan çalışmalar sonunda, labirent tipi yardımcı dolusavağın en ekonomik alternatif olduğuna karar verilmiştir. Bu dolusavağın hidrolik model çalışmaları yapılarak savağın iki açıklıklı, 18,20 m toplam genişlikte, 91,40 m toplam uzunlukta yapılması önerilmiştir. Söz konusu savağın $256 \text{ m}^3/\text{s}$ 'lik debiyi 1,68 m su yükü ile deşarj ettiği belirlenmiştir [8].

3.1.5 Ute Barajı (A.B.D)



Şekil 3.8 Ute Barajı Labirent Dolusavağı Yerleşim Planı [6]

37 m yüksekliğinde ve toprak dolgu tipindeki baraj, ABD'nin New Mexico eyaletinde 1962 yılında tamamlanmıştır. Barajın dolusavağı doğrusal ve ogee profiline sahip olup, 265 m uzunluğundadır. Dolusavak daha sonra üzerine kapak yerleştirmeye uygun olarak projelendirilmiştir. Ancak birkaç sene sonra rezervuar depolama kapasitesinin arttırılması için kapak yerleştirilmesine ihtiyaç duyulduğunda, kapak maliyetinin 30 milyon dolar olduğu tespit edilmiş ve bu miktar kabul edilmeyecek oranda yüksek bulunmuştur. Yapılan araştırmalar sonunda, baraj gövdesinin 3,35 m yükseltilmesi ve mevcut dolusavağın yerine labirent tipi dolusavak inşa edilmesinin en ekonomik çözüm olacağı belirlenmiştir [9]. Bu düzenlemelerin

toplam maliyetinin yaklaşık 10 milyon dolar olacağı hesaplanmıştır. Yapılan hidrolik model çalışmaları sonunda, mevcut dolusavağın yerine 256 m genişliğinde, 14 gözü bulunan ve toplam uzunluğu 1024 m olan bir labirent savak projelendirilmiş ve inşaatı da 1983 yılında tamamlanmıştır [4]. Bu labirent dolusavağın 1557 m³/s'lik debiyi 5,79 m'lik su yükü ile geçirdiği tespit edilmiştir.



Şekil 3.9 Ute barajı Labirent Dolusavağı, New Mexico [10]

4. LABİRENT DOLUSAVAKLARLA İLGİLİ LİTERATÜR ÖZETİ

Küçük nap yüklerinde, labirent savaklar lineer savaklar gibi çalışarak uzun kretli savakların sağladığı avantajları sağlarlar. Savak üzerindeki su yükünün artışı, savak performansının düzenli olarak azalması sonucunu doğurmaktadır. Labirent dolusavaklarda kretin membasında büzülmeler ve kret mansabında ise nap girişimleri oluşmaktadır. Bu koşulların savak performansına olan etkileri ise en sağlıklı şekilde laboratuvar çalışmaları ile belirlenebilmektedir.

Taylor (1968), labirent dolusavakların hidrolik davranışları konusunda geniş bir araştırma yapmıştır. Bu çalışmada, aynı kanal genişliğinde keskin kenarlı lineer bir savakla, labirent savağı hidrolik açıdan karşılaştırmıştır [11]. Bu çalışmayı takiben 1970 yılında Hay ve Taylor [12], üçgen ve trapez labirent savaklar için proje kriterlerini yayınlamışlardır.

Darvas [13], labirent savakların dizaynı konusunda hidrolik modelleme çalışmaları yapmış ve deneylerden elde ettiği sonuçlar, Avustralya'daki Woronora ve Avon barajları için önemli katkı sağlamıştır. Mayer (1980), Bartlett projesi kapsamında inşa edilecek labirent dolusavak için 1/20 ölçeğinde bir modelleme çalışması yapmış ve elde ettiği sonuçlar, bu projeye büyük katkı sağlamıştır [11].

Lux [14], labirent savaklar için modelleme çalışmaları yapmış ve labirent savakların hidrolik performansı konusunda önemli sonuçlar elde etmiştir. Lux [14], bu çalışmaları sonucunda, labirent savaklar üzerinden aşan debi için bir eşitlik geliştirmiştir.

Labirent tipi savaklar üzerinde USBR (Birleşik Devletler Arazi Islah Çalışmaları Bürosu) tarafından yapılan ilk araştırma, New Meksiko'da Logar yakınındaki Ute Barajı dolusavağı için 1982 yılında yapılmıştır [4]. Bu çalışmayı daha sonra Hyrum Barajı [3] ve Ritschard Barajı [5], labirent dolusavak çalışmaları izlemiştir. Houston ve Hinchliff (1982, 1983, 1984), Ute ve Hyrum barajları labirent dolusavakları için USBR'da modelleme çalışmaları yapmışlardır [11]. Bu çalışmalarda, daha önce Ute barajı dolusavağı için Hay ve Taylor [12] tarafından belirlenen tasarım eğrileri temel alınarak, on gözlü bir labirent dolusavağın maksimum rezervuar yüksekliğinde tasarım debisini geçiremediğini belirlemişlerdir. Houston ve diğ. [4], Hay ve Taylor [12] tarafından hesaplanan labirent savak üzerindeki toplam piyezometrik yüksekliğin, hız yüksekliği göz önüne alınmadan hesaplandığını belirlemişler ve bu durumun da tasarım kriterlerini etkilediğini ortaya çıkarmışlardır.

1989 yılında ise Magalhaes ve Lorena [15], labirent savakların debi deşarj katsayıları üzerine çalışmalar yapmışlar ve bazı grafikler yayınlamışlardır. Bu araştırmacılar, Şekil 4.1'deki grafikte boyutsuz deşarj katsayısı μ 'yü L/W ile H_0/P parametrelerinin bir fonksiyonu olarak vermişler ve labirent savağın deşarj kapasitesini aşağıdaki eşitlik ile tanımlamışlardır.

$$Q = \mu \cdot W_T \cdot 2g \cdot H_0^{1.5} \quad (2)$$

Burada;

g = Yerçekimi ivmesi (m/sn^2)

H_0 = Memba toplam yükü

L = Savağın bir gözünün uzunluğu

n = Savağın göz sayısı

P = Kret yüksekliği

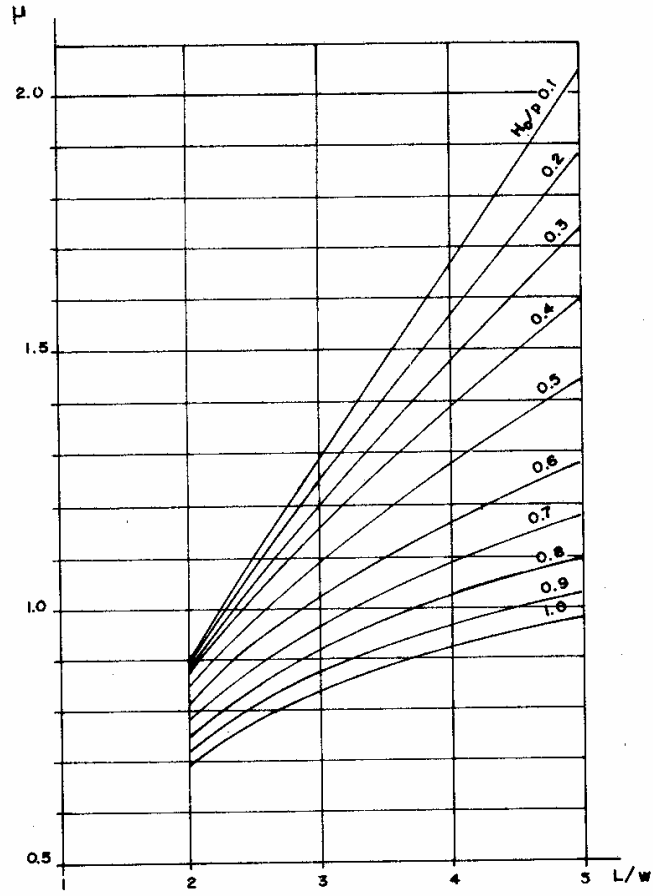
Q = Toplam debi

w = Bir gözün genişliği

W_T = Savağın toplam genişliği

$W_T = n \cdot w$

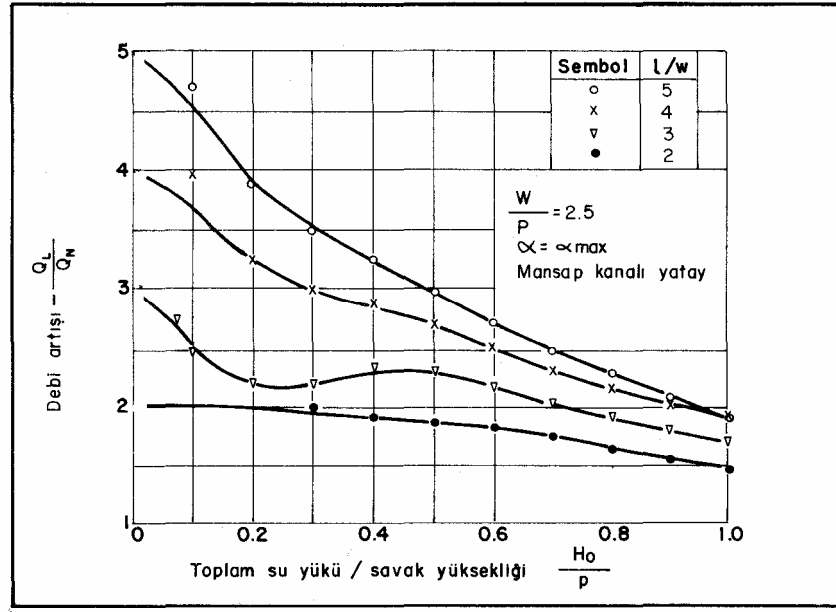
μ = Deşarj katsayısı



Şekil 4.1 Trapez Plan Formundaki Labirent Savağın Debi Deşarj Katsayısının Değişimi [15]

1991 yılında Vermeyen [5], USBR’da Ritschard barajı labirent dolusavağı için bir model çalışması yapmış, bu çalışmaların sonuçları 1993 yılında Tullis ve diğ. [11], tarafından Standley Lake barajı labirent dolusavağı projesi için de kullanılmıştır.

Houston’un [3], üçgen şeklindeki bir labirent savakta yaptığı çalışmalardan elde ettiği sonuçlar, Şekil 4.2’de verilmiştir. Bu şekildeki her bir eğri farklı L/W oranlarında H_0/P ye bağlı olarak labirent savakla elde edilen debi artışını vermektedir. Burada H_0 savak üzerindeki toplam yük, P ise savağın yüksekliğini göstermektedir. Şekil incelendiğinde H_0/P ’nin küçük değerlerine büyük debi artışlarının karşılık geldiği ve H_0/P ’nin büyük değerleri için savak performansında genel olarak bir düşme olduğu görülmektedir. Ara değerlerde performansta görülen küçük artışlar akım napının kısmi sıkışmasından kaynaklanmaktadır.

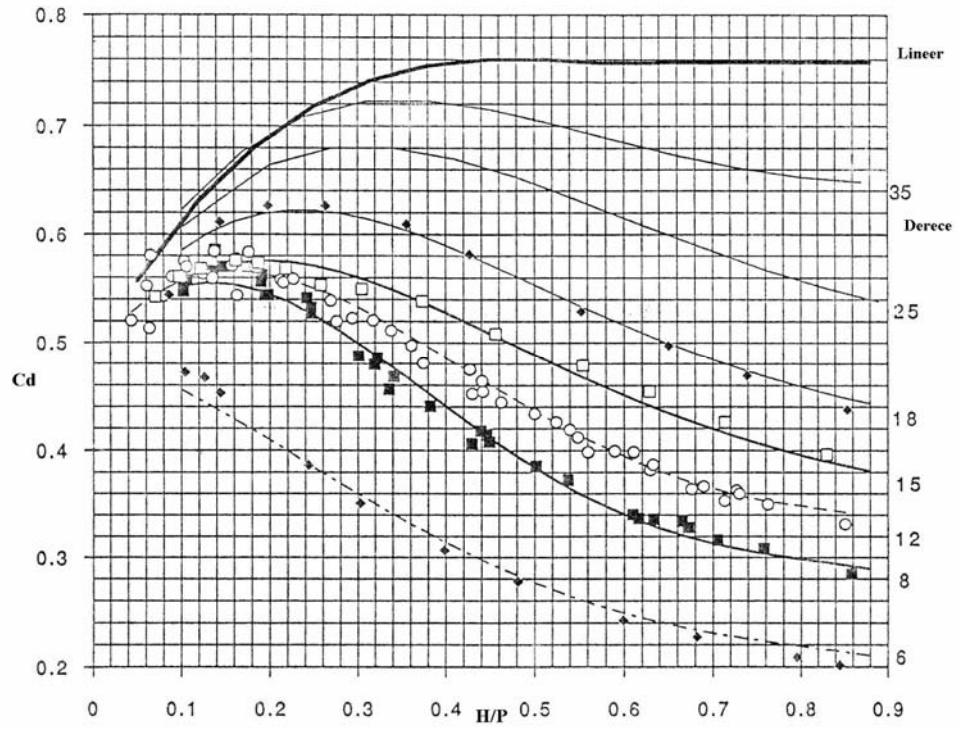


Şekil 4.2 Üçgen Plan Tipindeki Labirent Savağın Debi Artış Eğrisi [3]

Labirent dolusavakların büyük debileri göreceli olarak küçük su yükleri ile geçirmesi, bu savakların rezervuarda depolanan su hacminin arttırılması ve büyük debilerin daha düşük rezervuar su seviyelerinde deşarjı için oldukça uygun yapılar olduğunu ortaya koymaktadır.

Labirent dolusavaklardaki çok düzenli olmayan akım koşulları ve projelendirmede oldukça geniş değişiklik yapılabilme olanağı tanınması bu konuda elde edilebilir proje kriterlerini sınırlamaktadır.

Tullis ve diğ. [11], üçgen ve trapez savak formları için proje kriterleri elde edebilmek amacıyla çalışmalar yapmışlardır. Bu araştırmacılar model çalışmalarında, 152 mm ve 229 mm yüksekliğinde savaklar kullanmışlardır. Test ettikleri labirent savakların yan duvarlarının akım yönü ile yaptığı açılar ise 6° ile 35° arasında değişmektedir (Şekil 4.3).



Şekil 4.3 Debi Katsayısının Savak Açısı ve Savak Yüksekliğine Bağlı Değişim Grafiği. Utah Su Araştırmaları Laboratuvarı [11]

Bu çalışmalar projeciler için oldukça yararlı olmuş ancak bu projeler için hidrolik model çalışması yapılması zorunluluğunu ortadan kaldırmamıştır. Bu nedenle her bir labirent savak projesi için hidrolik model çalışmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Şekil 4.3'den de görüldüğü gibi Tulis ve diğ. [11], sadece 6° ile 35° arasındaki açılar için üçgen labirent savakların debi katsayılarını araştırmışlardır.

5. MATERİYAL VE METOT

5.1. Deney Düzenegi

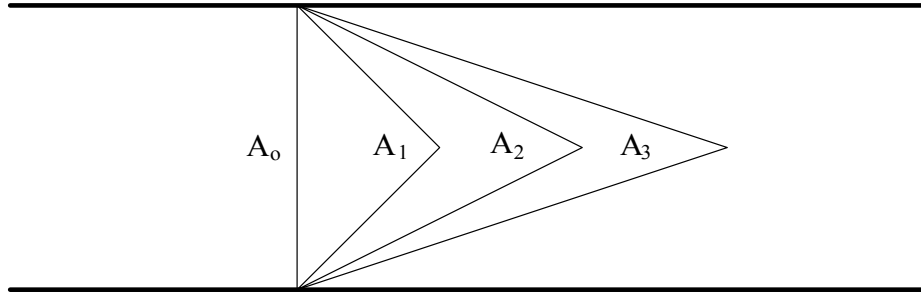
Bu çalışmadaki tüm deneyler, Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Hidrolik Laboratuvarında mevcut bir deney seti ile yürütülmüştür. Deney seti; bir su tankı, su pompası, ana kanal, tahliye vanası, bir adet limnimetre ve bir adet debimetreden oluşmaktadır. Ana kanal 10 m uzunluğunda, 39,5 cm genişliğinde ve 60 cm derinliğindedir. Ana kanalın tabanı sac malzeme kullanılarak, yan yüzeyleri ise cam malzemeden imal edilmiştir. Labirent savaklar 2 mm kalınlığında sac malzeme kullanılarak yapılmıştır. Savaklar, ana kanalın memba kısmından itibaren 7 m uzaklıkta kanal içerisine monte edilmiştir. Deneylerde kullanılan farklı labirent savak tipleri ve bunların karakteristikleri, Tablo 5.1’de; planları ise Şekil 5.1’de verilmiştir.

5.2. Deneylerin Yapılışı

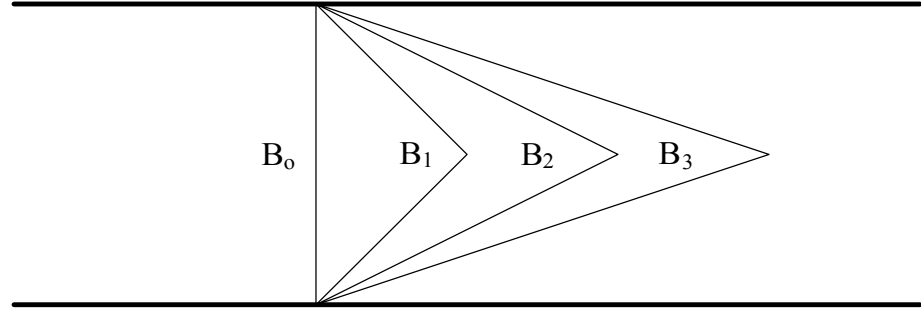
Su tankında mevcut bulunan su, bir su pompası yardımıyla tanktan alınarak ana kanala verilmiş ve ana kanala daha önceden yerleştirilmiş savaktan savaklanması sağlanmıştır. Başlangıçta 15 cm ve 20 cm yüksekliğinde, 39.5 cm genişliğindeki lineer savaklar test edilmiş, daha sonra sırasıyla üçgen, trapez, dikdörtgen, ve dairesel labirent savaklarla çalışılmıştır. Labirent savakların kret uzunlukları, kanal genişliğinin %20, %40 ve %60 oranında artırılması ile sırasıyla 47.4 cm, 55.3 cm ve 63.2 cm olarak alınmıştır. Savak kanala monte edildikten sonra savak üzerindeki nap yükü, limnimetre yardımıyla 2 cm olarak ayarlanmış ve savak üzerinden savaklanan debi, debimetre yardımıyla ölçülmüştür. Daha sonra bu nap yükü değeri, 0.50’ şer cm artırılarak, 10.5 cm’ye ulaşınca kadar debi değerlerinin ölçülmesine devam edilmiştir. Her bir savak için toplam 18 debi değeri ölçülmüştür. Deney setinde kullanılan kanal ve savaklara ait fotoğraflar Şekil 5.2 ve Şekil 5.3’te verilmiştir.

Tablo 5.1 Deneylerde Test Edilen Farklı Tipteki Labirent Savakların Karakteristikleri

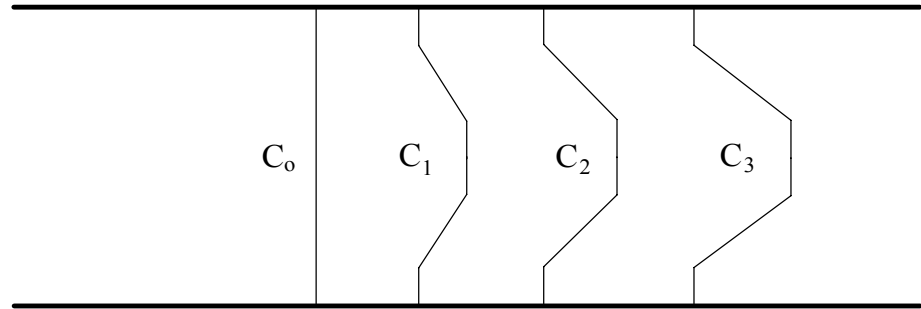
Model Tipi	Kanal Genişliği W (cm)	Savak Yüksekliği P (cm)	Savak Uzunluğu L (cm)	Savak Tipi
A ₀	39.5	20	39.5	Lineer, $\alpha=90^\circ$
A ₁	39.5	20	47.4	gen labirent savak, $\alpha=56.44^\circ$
A ₂	39.5	20	55.3	gen labirent savak, $\alpha=45.58^\circ$
A ₃	39.5	20	63.2	gen labirent savak, $\alpha=38.68^\circ$
B ₀	39.5	15	39.5	Lineer, $\alpha=90^\circ$
B ₁	39.5	15	47.4	gen labirent savak, $\alpha=56.44^\circ$
B ₂	39.5	15	55.3	gen labirent savak, $\alpha=45.58^\circ$
B ₃	39.5	15	63.2	gen labirent savak, $\alpha=38.68^\circ$
C ₀	39.5	20	39.5	Lineer, $\alpha=90^\circ$
C ₁	39.5	20	47.4	Trapez labirent savak, $\alpha=45.37^\circ$
C ₂	39.5	20	55.3	Trapez labirent savak, $\alpha=33.53^\circ$
C ₃	39.5	20	63.2	Trapez labirent savak, $\alpha=26.83^\circ$
D ₀	39.5	15	39.5	Lineer, $\alpha=90^\circ$
D ₁	39.5	15	47.4	Trapez labirent savak, $\alpha=45.37^\circ$
D ₂	39.5	15	55.3	Trapez labirent savak, $\alpha=33.53^\circ$
D ₃	39.5	15	63.2	Trapez labirent savak, $\alpha=26.83^\circ$
E ₀	39.5	20	39.5	Lineer, $\alpha=90^\circ$
E ₁	39.5	20	47.4	Dikdörtgen labirent savak
E ₂	39.5	20	55.3	Dikdörtgen labirent savak
E ₃	39.5	20	63.2	Dikdörtgen labirent savak
F ₀	39.5	15	39.5	Lineer, $\alpha=90^\circ$
F ₁	39.5	15	47.4	Dikdörtgen labirent savak
F ₂	39.5	15	55.3	Dikdörtgen labirent savak
F ₃	39.5	15	63.2	Dikdörtgen labirent savak
G ₀	39.5	20	39.5	Lineer, $\alpha=90^\circ$
G ₁	39.5	20	47.4	Dairesel labirent savak
G ₂	39.5	20	55.3	Dairesel labirent savak
G ₃	39.5	20	63.2	Dairesel labirent savak
H ₀	39.5	15	39.5	Lineer, $\alpha=90^\circ$
H ₁	39.5	15	47.4	Dairesel labirent savak
H ₂	39.5	15	55.3	Dairesel labirent savak
H ₃	39.5	15	63.2	Dairesel labirent savak



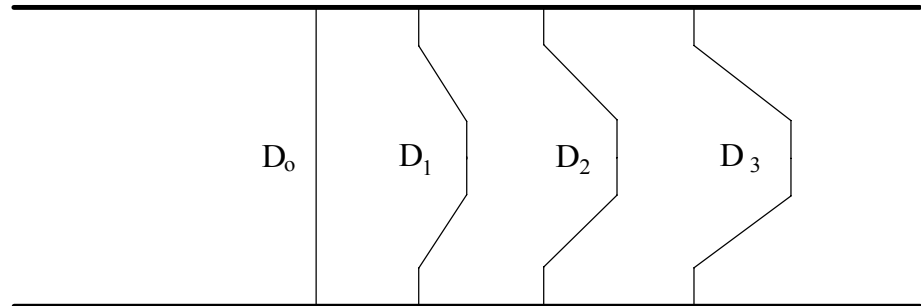
Şekil 5.1.a A Serisi, $P=20$ cm



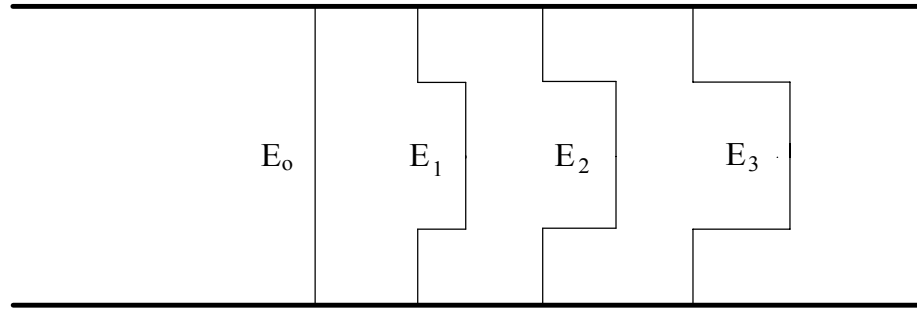
Şekil 5.1.b B Serisi, $P=15$ cm



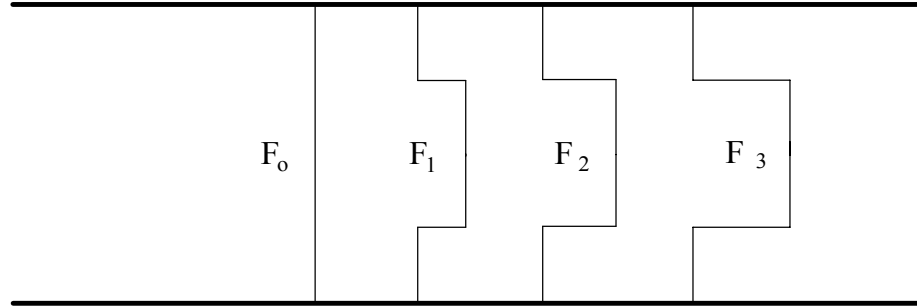
Şekil 5.1.c C Serisi, $P=20$ cm



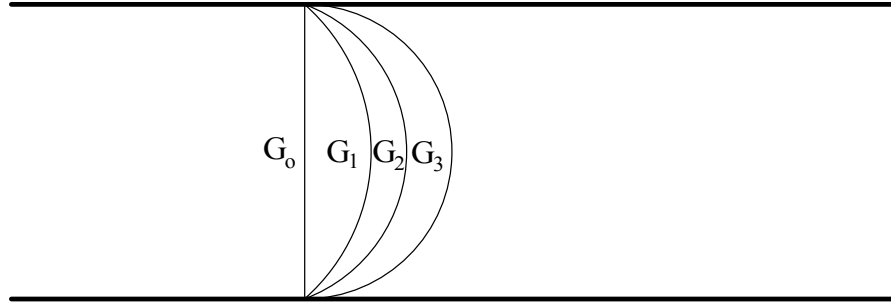
Şekil 5.1.d D Serisi, $P=15$ cm



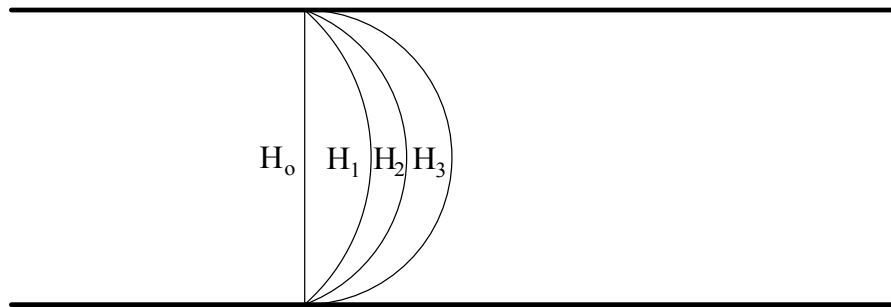
Şekil 5.1.e E Serisi, P=20 cm



Şekil 5.1.f F Serisi, P=15 cm



Şekil 5.1.g G Serisi, P=20 cm



Şekil 5.1.h H Serisi, P=15 cm

Şekil 5.1 Test edilen Labirent Savakların Plan Görünüşleri ve Sınıflandırılması



Şekil 5.2.a



Şekil 5.2.b

Şekil 5.2 Deney Setinin Görünüşü



Şekil 5.3.a



Şekil 5.3.b



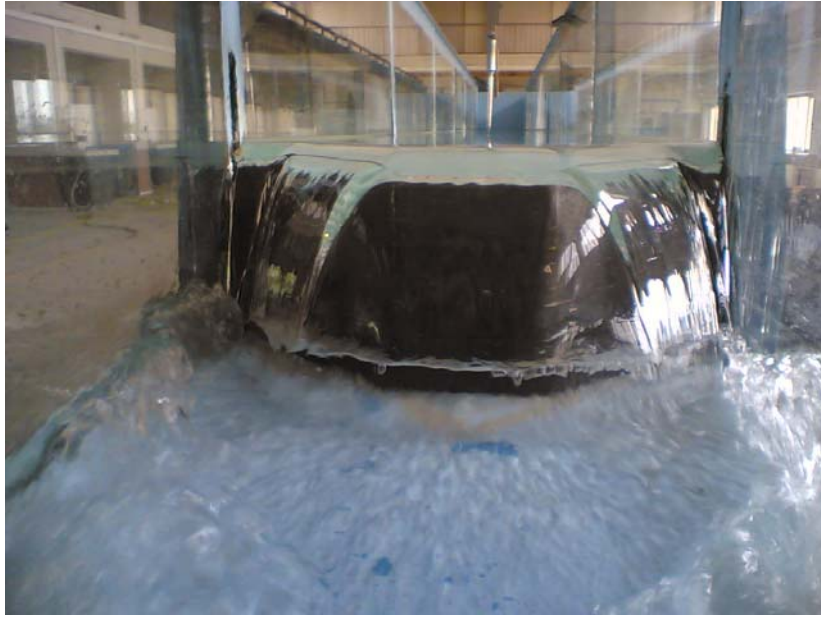
Şekil 5.3.c



Şekil 5.3.d



Şekil 5.3.e



Şekil 5.3.f



Şekil 5.3.g



Şekil 5.3.h



Şekil 5.3.1



Şekil 5.3.i

Şekil 5.3 Deney Setinde Kullanılan Savakların Görünüşü

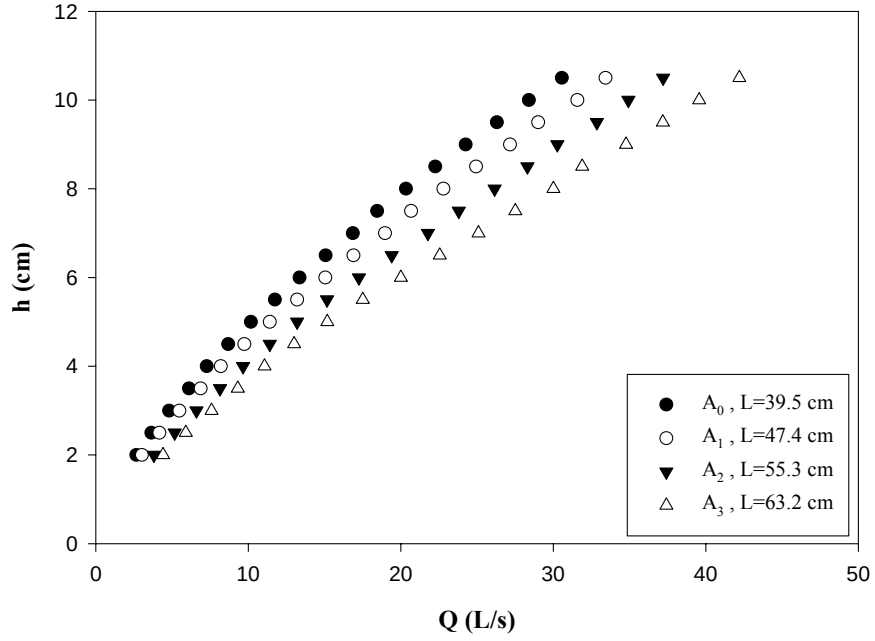
6. DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada; farklı kret uzunluklarına sahip üçgen, trapez, dikdörtgen ve dairesel labirent savakların debi katsayılarını tespit etmek için bir dizi deneysel çalışma yürütülmüş ve bu savakların geçirdikleri debiler belirlenmeye çalışılmıştır.

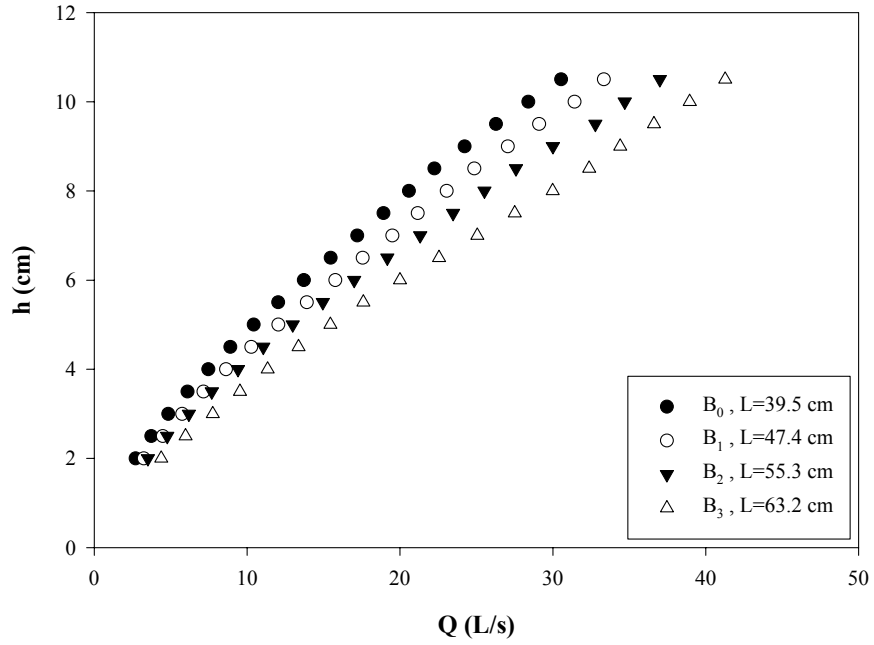
Önemli boyutsuz parametreler olarak bu çalışmada dikkate alınan Q/Q_o , h/P , C_d ve L/L_o , her bir deney serisi için hesaplanmış ve bunlara ait grafikler çizilmiştir. Ayrıca her seri için, önceden belirlenen aynı nap yüklerine karşılık gelen debi değerleri belirlenmiş ve bunlara ait grafikler çizilmiştir.

6.1 Üçgen Labirent Savaklar için Kret Uzunluğuyla Debi Kapasitesi Arasındaki İlişki

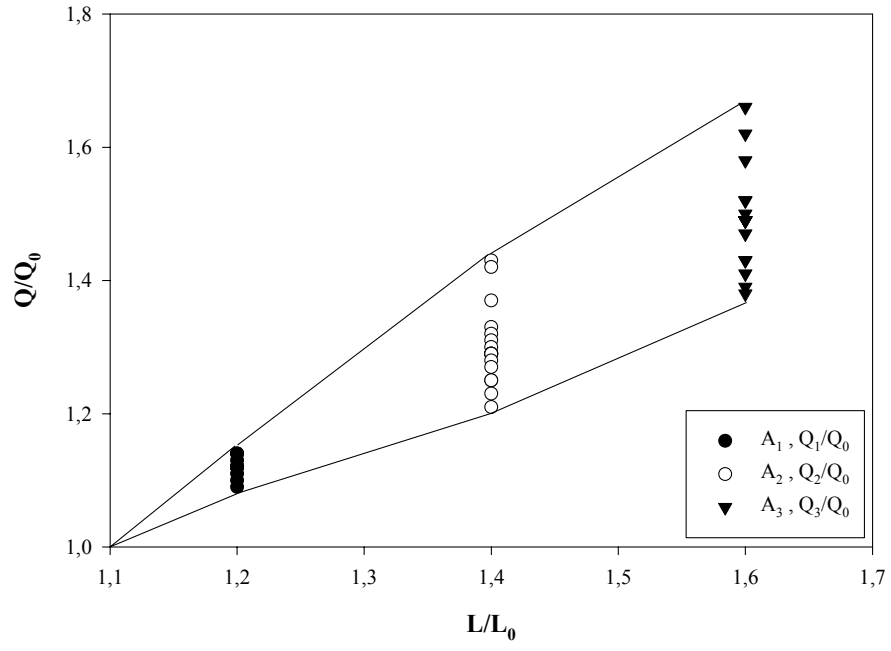
Bu çalışmada, A ve B serileri olarak isimlendirilen üçgen labirent savakların, test edilen farklı kret uzunlukları için, debi ile nap yükü arasındaki değişim Şekil 6.1 ve Şekil 6.2’de verilmiştir. Test edilen üçgen labirent savaklar içerisinde aynı nap yükü değerleri dikkate alındığında A_3 ve B_3 serilerinin, en büyük debiyi geçirdiği gözlenmiştir. Aynı debi değerleri dikkate alındığında A_3 ve B_3 serileri bu debileri en düşük nap yükünde geçirmektedir. Şekil 6.3 ve Şekil 6.4’de ise labirent savakların kret uzunlukları ile geçirdikleri debiler arasındaki ilişki, Q/Q_0 ve L/L_0 boyutsuz parametrelerine bağlı olarak verilmiştir. Şekil 6.3’de A_1 olarak ifade edilen üçgen labirent savağın L/L_0 oranı 1.2’dir. Bu büyüklük A_0 olarak ifade edilen lineer savağın, kret uzunluğunun % 20 arttırılmasıyla elde edilen A_1 labirent savağın kret uzunlukları arasındaki oranı ifade etmektedir. Kret uzunluğunun % 20 arttırılmasına bağlı olarak Q/Q_0 değerleri test edilen bu savaklar için 1.09 ile 1.14 arasında değişmektedir. Yani lineer bir savağın yerine, kret uzunluğu % 20 arttırılarak elde edilen tek gözlü üçgen bir labirent savak kullanılırsa debi kapasitesi % 9–14 arasında bir artış gösterir. A ve B serilerindeki her bir savak için bu değerler hesaplanmış, Tablo 6.1 ve Tablo 6.2’de verilmiştir. $\Delta Q/Q_0$ boyutsuz parametresi A_1 serisi için % 9–14, A_2 serisi için % 43–21 ve A_3 serisi için % 66–38 arasında bir değişim gösterdiği, yapılan deneysel çalışma sonuçlarından elde edilmiştir. Bu çalışmada, özellikle küçük nap yüksekliklerinde (örneğin 2–6,5 cm) $\Delta Q/Q_0$ boyutsuz parametresinin değişim aralığı küçük olmaktadır. h/P ’nin büyük değerlerinde $\Delta Q/Q_0$ değişim aralığı da büyük olmaktadır. $\Delta L/L_0$ değeri arttıkça (kret uzunluğu arttıkça), $\Delta Q/Q_0$ değeri de artmaktadır.



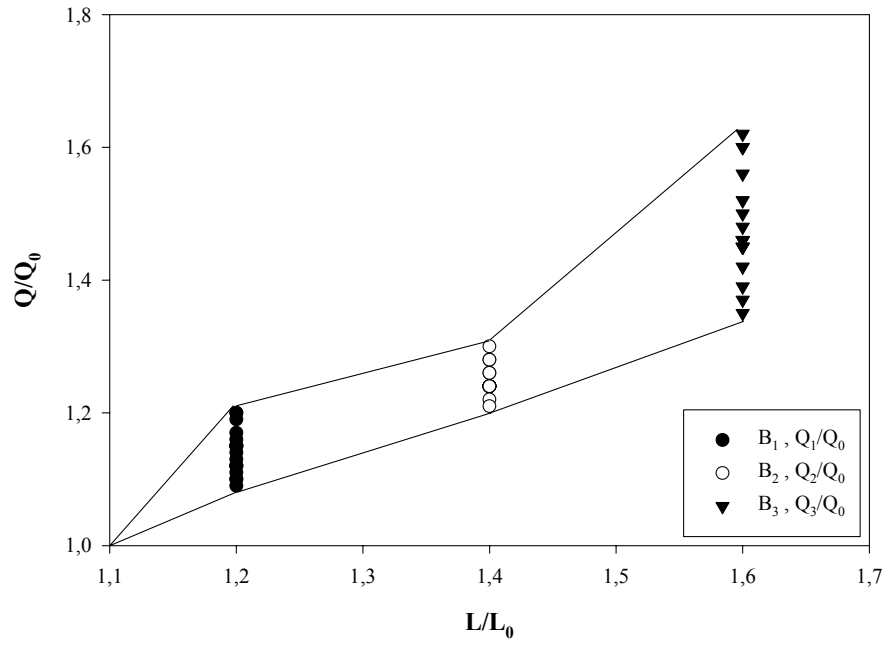
Şekil 6.1 Üçgen Labirent Savakların Farklı Kret Uzunlukları için Debi ile Nap Yükü Arasındaki Değişim, (A Serisi, P=20 cm)



Şekil 6.2 Üçgen Labirent Savakların Farklı Kret Uzunlukları için Debi ile Nap Yükü Arasındaki Değişim, (B Serisi, P=15 cm)



Şekil 6. 3 Üçgen Labirent Savaklar için Q/Q_0 - L/L_0 Değişimi, (A Serisi, P=20 cm)



Şekil 6. 4 Üçgen Labirent Savaklar için Q/Q_0 - L/L_0 Değişimi, (B Serisi, P=15 cm)

Tablo 6.1 Üçgen Labirent Savaklar İçin L/L_0 Değerinin, Q/Q_0 Değerine Etkisi, (A Serisi, $P=20$ cm)

Model tipi	α	L/L_0	$(Q/Q_0)_{\min} - (Q/Q_0)_{\max}$	$\Delta L/L_0$ (%)	$\Delta Q/Q_0$ (%)
A_0	90°	1.00	1.00-1.00	0	0
A_1	56.44°	1.20	1.09-1.14	20	09-14
A_2	45.58°	1.40	1.21-1.43	40	21-43
A_3	38.68°	1.60	1.38-1.66	60	38-66

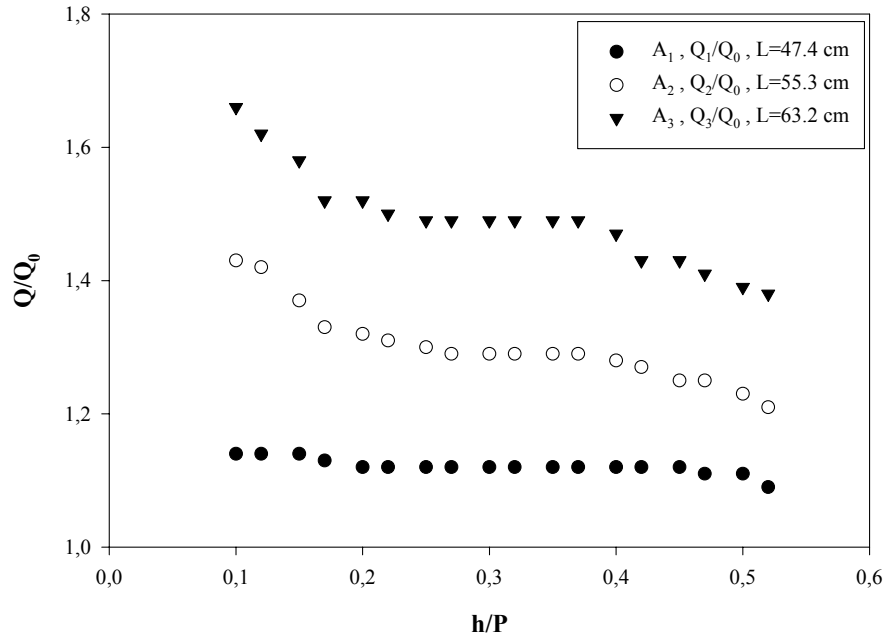
Tablo 6.2 Üçgen Labirent Savaklar İçin L/L_0 Değerinin, Q/Q_0 Değerine Etkisi, (B Serisi, $P=15$ cm)

Model tipi	α	L/L_0	$(Q/Q_0)_{\min} - (Q/Q_0)_{\max}$	$\Delta L/L_0$ (%)	$\Delta Q/Q_0$ (%)
B_0	90°	1.00	1.00-1.00	0	0
B_1	56.44°	1.20	1.09-1.20	20	09-20
B_2	45.58°	1.40	1.21-1.30	40	21-30
B_3	38.68°	1.60	1.35-1.62	60	35-62

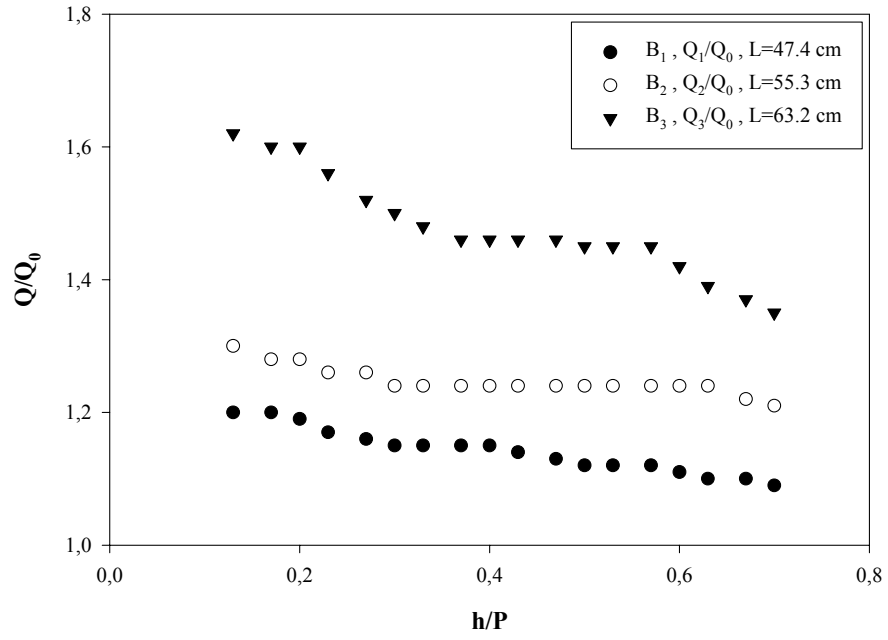
Şekil 6.5 ve Şekil 6.6’da test edilen üçgen labirent savaklar için Q/Q_0 boyutsuz parametresinin h/P boyutsuz parametresi ile değişimi görülmektedir. Burada labirent savağın kret uzunluğu arttıkça debi kapasitesinin de arttığı açıkça görülmektedir. Şekil 6.5’te A_1 serisi için Q/Q_0 değerlerinin h/P değerleri ile değişimi neredeyse ihmal edilebilir iken, A_2 ve A_3 serileri için; h/P değerinin artmasıyla, Q/Q_0 değerlerinde bir azalış eğilimi olduğu görülmektedir. Şekil 6.6’da ise; test edilen en küçük h/P değerleri için Q/Q_0 değerlerinin değişimi görülmektedir. Burada; h/P değerlerinin artmasıyla, B_1 ve B_2 serilerine ait Q/Q_0 değerlerinde, B_3 serisine göre daha az bir azalış eğilimi görülmektedir. Her iki şekilde de h/P ’nin maksimum değerlerinde Q/Q_0 değerleri minimum olmaktadır.

Savak üzerindeki su yükü arttıkça, labirent dolusavağın klasik dolusavağa göre deşarj verimliliği azalmaktadır. Test edilen labirent savaklardan alınan veriler, küçük su yüklerinde labirent savakların daha etkili bir şekilde çalıştığını ortaya koymuştur.

Test edilen tüm labirent savaklardan elde edilen verilere göre çizilmiş olan h/P , Q/Q_0 değişim grafikleri incelendiğinde, savakların üzerindeki su yükünün artması ile debi katsayısının azaldığı görülmektedir. Bu durum savağın ön gözünün hemen mansabında başlayarak mansap kanalının sonuna doğru ilerleyen nap girişimlerinden ve akım koşullarından kaynaklanmaktadır.



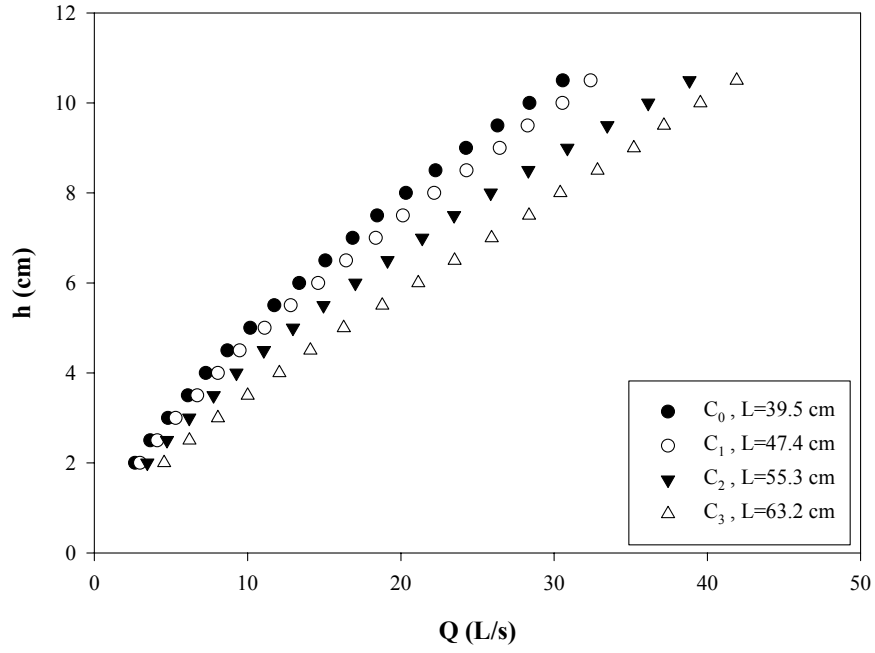
Şekil 6. 5 Üçgen Labirent Savaklar için Q/Q_0 - h/P Değişimi, (A Serisi, $P=20 \text{ cm}$)



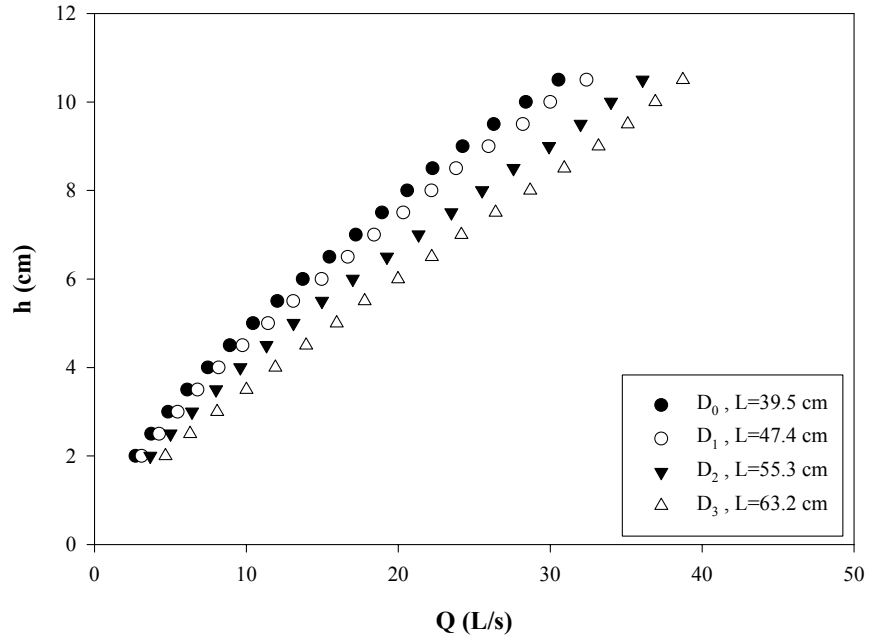
Şekil 6. 6 Üçgen Labirent Savaklar için Q/Q_0 - h/P Değişimi, (B Serisi, $P=15 \text{ cm}$)

C ve D serileri olarak isimlendirilen trapez labirent savakların test edilen farklı kret uzunlukları için debi ile nap yükü arasındaki değişim Şekil 6.7 ve Şekil 6.8’de verilmiştir. Test edilen trapez labirent savaklar içerisinde aynı nap yükü değerleri dikkate alındığında C_3 ve D_3 serilerinin, en büyük debiyi geçirdiği gözlenmiş aynı debi değerleri dikkate alındığında ise; C_3 ve D_3 serileri bu debileri en düşük nap yükünde geçirdiği belirlenmiştir. Şekil 6.9 ve Şekil 6.10’da ise; trapez labirent savakların kret uzunlukları ile geçirdikleri debiler arasındaki ilişki, Q/Q_0 ve L/L_0 boyutsuz parametrelerine bağlı olarak verilmiştir. Şekil 6.9’da C_1 olarak ifade edilen trapez labirent savağın L/L_0 oranı 1.2’dir. Bu büyüklük C_0 olarak ifade edilen lineer savağın, kret uzunluğunun % 20 arttırılmasıyla elde edilen C_1 labirent savağın kret uzunlukları arasındaki oranı ifade etmektedir. Kret uzunluğunun % 20 arttırılmasına bağlı olarak Q/Q_0 değerleri test edilen bu savaklar için 1.06 ile 1.12 arasında değişmektedir. Yani lineer bir savağın yerine, kret uzunluğu % 20 arttırılarak elde edilen tek gözlü trapez labirent savak kullanılırsa debi kapasitesi %6–12 arasında bir artış gösterir. C ve D serilerindeki her bir savak için bu değerler hesaplanmış, Tablo 6.3 ve Tablo 6.4’te verilmiştir. $\Delta Q/Q_0$ boyutsuz parametresi C_1 serisi için %6–12, C_2 serisi için %27–30 ve C_3 serisi için %37–72 arasında bir değişim gösterdiği, yapılan deneysel çalışma sonuçlarından elde edilmiştir. h/P ’nin büyük değerlerinde, $\Delta Q/Q_0$ değişim aralığı da büyük olmaktadır. $\Delta L/L_0$ değerinin artmasıyla, yani kret uzunluğu arttıkça, $\Delta Q/Q_0$ değeri de artmaktadır.

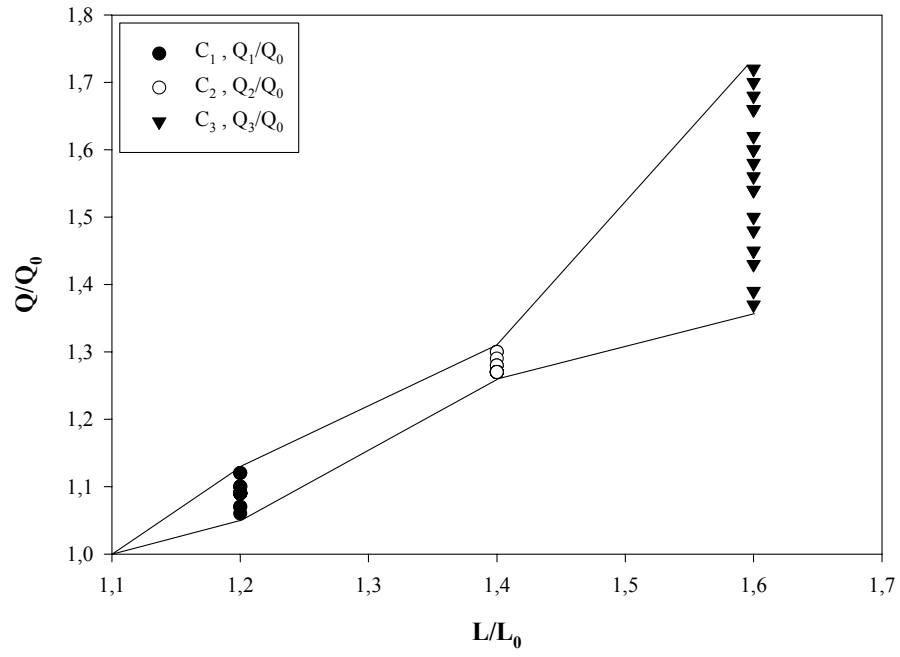
Test edilen trapez savaklardan elde edilen verilere göre çizilmiş olan Şekil 6.9 ve Şekil 6.10 incelendiğinde, L/L_0 değeri arttırıldıkça, Q/Q_0 değerindeki artış, test edilen diğer savaklara göre daha büyük olmaktadır.



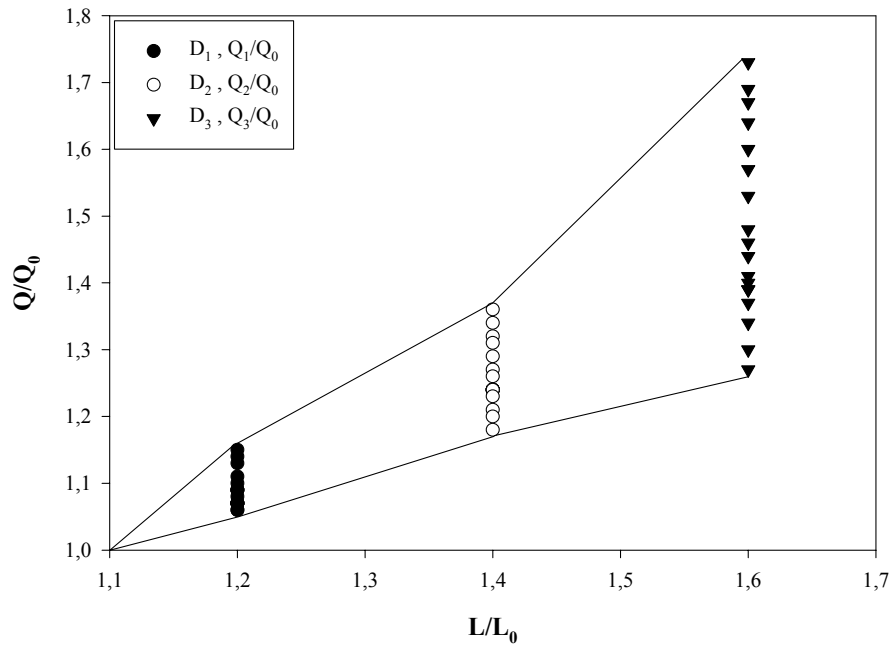
Şekil 6.7 Trapez Labirent Savaklar Farklı Kret Uzunlukları için Debi ile Nap Yükü Arasındaki Değişim Eğrileri, (C Serisi, $P=20$ cm)



Şekil 6.8 Trapez Labirent Savaklar Farklı Kret Uzunlukları için Debi ile Nap Yükü Arasındaki Değişim Eğrileri, (D Serisi, $P=15$ cm)



Şekil 6.9 Trapez Labirent Savaklar için Q/Q_0 - L/L_0 Değişimi, (C Serisi, $P=20$ cm)



Şekil 6.10 Trapez Labirent Savaklar için Q/Q_0 - L/L_0 Değişimi, (D Serisi, $P=15$ cm)

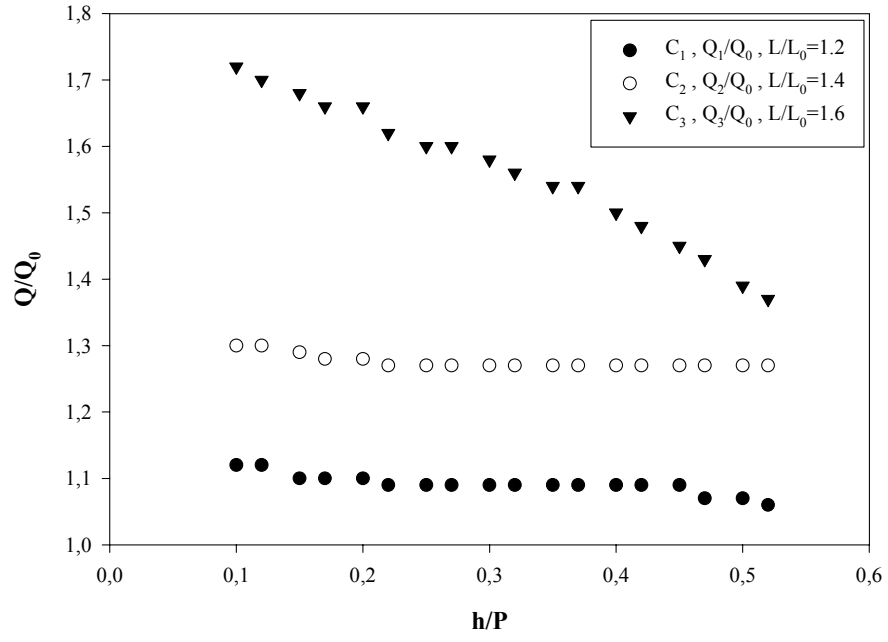
Tablo 6.3 Trapez Labirent Savaklar İçin L/L_o Değerinin, Q/Q_o Değerine Etkisi, (C Serisi, $P=20$ cm)

Model tipi	α	L/L_o	$(Q/Q_o)_{\min} - (Q/Q_o)_{\max}$	$\Delta L/L_o$ (%)	$\Delta Q/Q_o$ (%)
C_o	90°	1.00	1.00-1.00	0	0
C_1	$45^\circ.37$	1.20	1.06-1.12	20	06-12
C_2	$33^\circ.53$	1.40	1.27-1.30	40	27-30
C_3	$26^\circ.83$	1.60	1.37-1.72	60	37-72

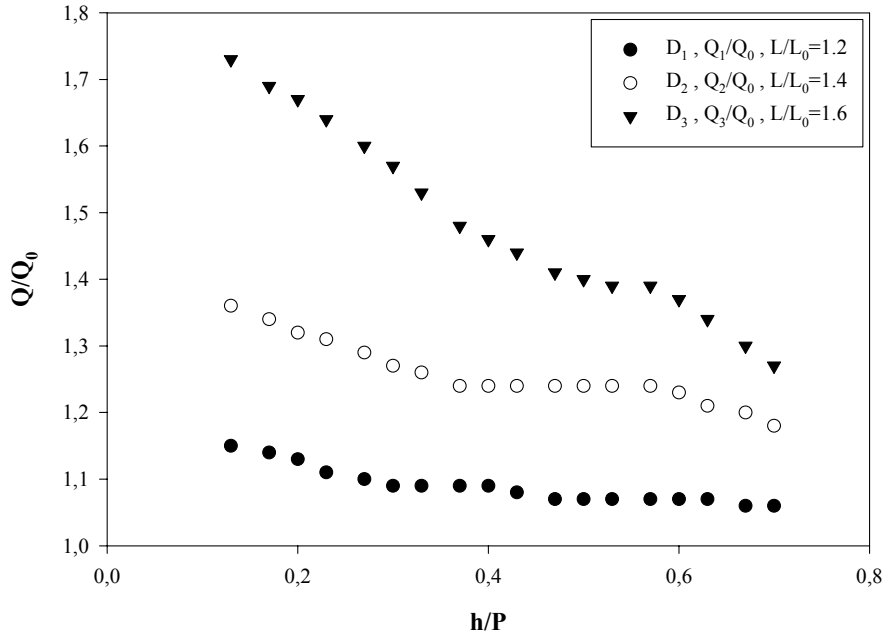
Tablo 6.4 Trapez Labirent Savaklar İçin L/L_o Değerinin, Q/Q_o Değerine Etkisi, (D Serisi, $P=15$ cm)

Model tipi	α	L/L_o	$(Q/Q_o)_{\min} - (Q/Q_o)_{\max}$	$\Delta L/L_o$ (%)	$\Delta Q/Q_o$ (%)
D_o	90°	1.00	1.00-1.00	0	0
D_1	$45^\circ.37$	1.20	1.06-1.15	20	06-15
D_2	$33^\circ.53$	1.40	1.18-1.36	40	18-36
D_3	$26^\circ.83$	1.60	1.27-1.73	60	27-73

Şekil 6.11 ve Şekil 6.12’de test edilen trapez labirent savaklar için Q/Q_o boyutsuz parametresinin h/P boyutsuz parametresi ile değişimi görülmektedir. Burada labirent savağın kret uzunluğu arttıkça debi kapasitesinin de arttığı açıkça görülmektedir. Şekil 6.11’de C_1 ve C_2 serileri için Q/Q_o değerlerinin h/P değerleri ile değişimi neredeyse ihmal edilebilir iken, C_3 serisi için; h/P değerinin artmasıyla, Q/Q_o değerlerinde bir azalım eğilimi olduğu görülmektedir. Şekil 6.12’de ise; test edilen en küçük h/P değerleri için Q/Q_o değerlerinin değişimi görülmektedir. Burada; h/P değerlerinin artmasıyla, D_1 ve D_2 serilerine ait Q/Q_o değerlerinde, D_3 serisine göre daha az bir azalım eğilimi görülmektedir. Her iki şekilde de h/P ’nin maksimum değerlerinde Q/Q_o değerleri minimum olmaktadır.

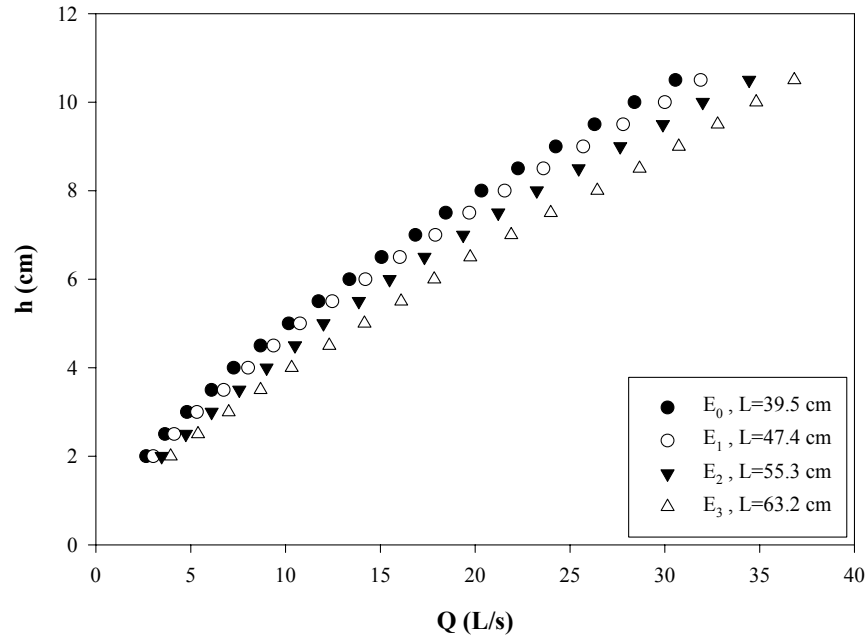


Şekil 6.11 Trapez Labirent Savaklar için Q/Q_0 - h/P Değişimi, (C Serisi, $P=20$ cm)

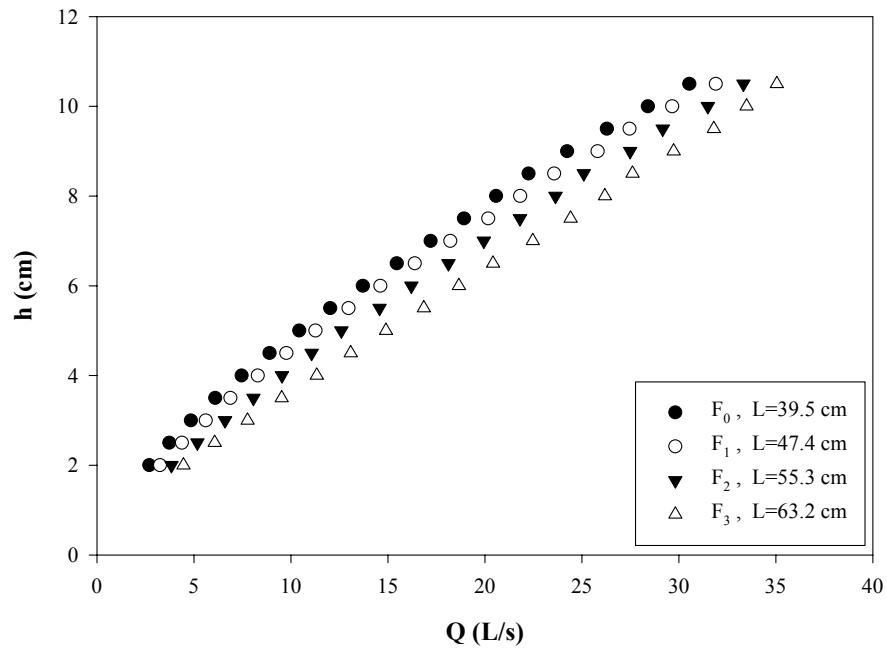


Şekil 6.12 Trapez Labirent Savaklar için Q/Q_0 - h/P Değişimi, (D Serisi, $P=15$ cm)

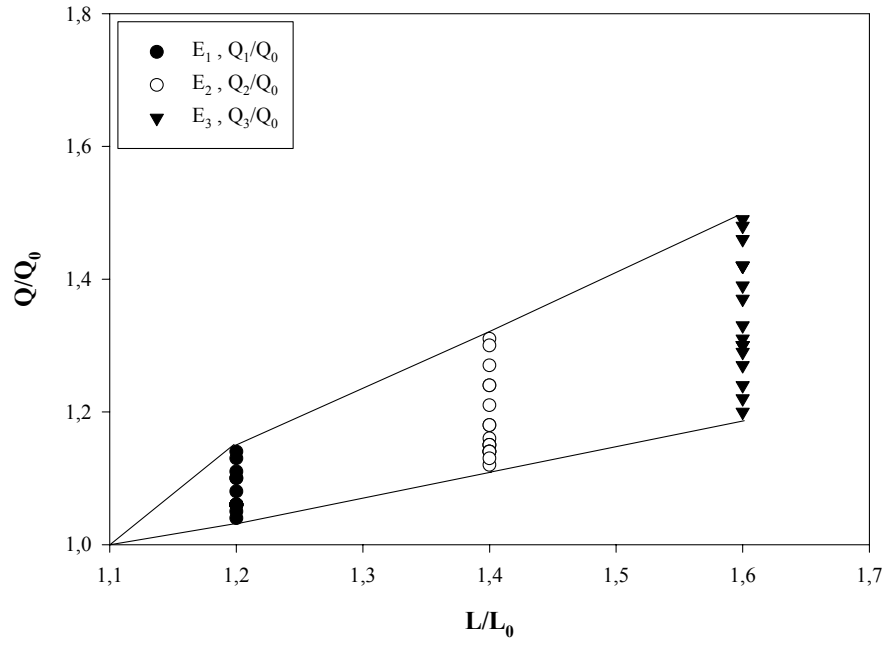
Test edilen dikdörtgen labirent savaklardan alınan sonuçlara göre, E ve F serileri olarak isimlendirilen labirent savakların farklı kret uzunlukları için debi ile nap yükü arasındaki değişim Şekil 6.13 ve Şekil 6.14’ de verilmiştir. Test edilen dikdörtgen labirent savaklar içerisinde aynı nap yükü değerleri dikkate alındığında E_3 ve F_3 serilerinin, en büyük debiyi geçirdiği gözlenmiştir. Aynı debi değerleri dikkate alındığında E_3 ve F_3 serileri bu debileri en düşük nap yükünde geçirmektedir. Şekil 6.15 ve Şekil 6.16’da ise labirent savakların kret uzunlukları ile geçirdikleri debiler arasındaki ilişki, Q/Q_0 ve L/L_0 boyutsuz parametrelerine bağlı olarak verilmiştir. Şekil 6.15’de E_1 olarak ifade edilen dikdörtgen labirent savağın L/L_0 oranı 1.2’dir. Bu büyüklük E_0 olarak ifade edilen lineer savağın, kret uzunluğunun % 20 arttırılmasıyla elde edilen E_1 labirent savağın kret uzunlukları arasındaki oranı ifade etmektedir. Kret uzunluğunun % 20 arttırılmasına bağlı olarak Q/Q_0 değerleri test edilen bu savaklar için 1.04 ile 1.14 arasında değişmektedir. Yani lineer bir savağın yerine, kret uzunluğu % 20 arttırılarak elde edilen tek gözlü dikdörtgen labirent savak kullanılırsa debi kapasitesi % 04–14 arasında bir artış gösterir. E ve F serilerindeki her bir savak için bu değerler hesaplanmış, Tablo 6.5 ve Tablo 6.6’da verilmiştir. $\Delta Q/Q_0$ boyutsuz parametresi E_1 serisi için % 04–14, E_2 serisi için % 13–31 ve E_3 serisi için % 20–49 arasında bir değişim gösterdiği, yapılan deneysel çalışma sonuçlarından elde edilmiştir. h/P ’nin büyük değerlerinde $\Delta Q/Q_0$ değişim aralığı da büyük olmaktadır. $\Delta L/L_0$ değeri arttıkça (kret uzunluğu arttıkça), $\Delta Q/Q_0$ değeri de artmaktadır.



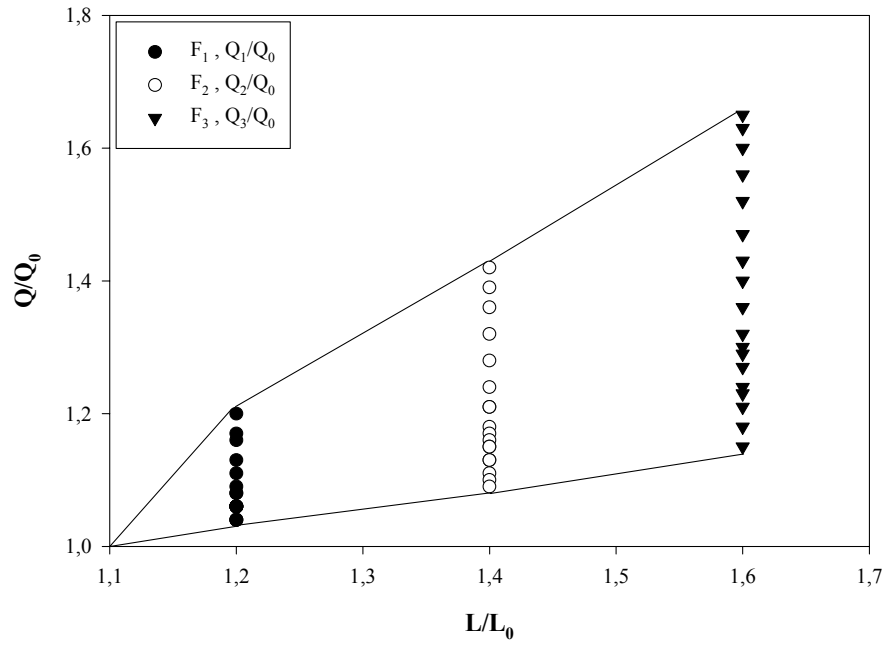
Şekil 6.13 Dikdörtgen Labirent Savakların Farklı Kret Uzunlukları için Debi ile Nap Yükü Arasındaki Değişim Eğrileri, (E Serisi, $P=20$ cm)



Şekil 6.14 Dikdörtgen Labirent Savakların Farklı Kret Uzunlukları için Debi ile Nap Yükü Arasındaki Değişim Eğrileri, (F Serisi, $P=15$ cm)



Şekil 6.15 Dikdörtgen Labirent Savaklar için Q/Q_0 - L/L_0 Değişimi, (E Serisi, $P=20$ cm)



Şekil 6.16 Dikdörtgen Labirent Savaklar için Q/Q_0 - L/L_0 Değişimi, (F Serisi, $P=15$ cm)

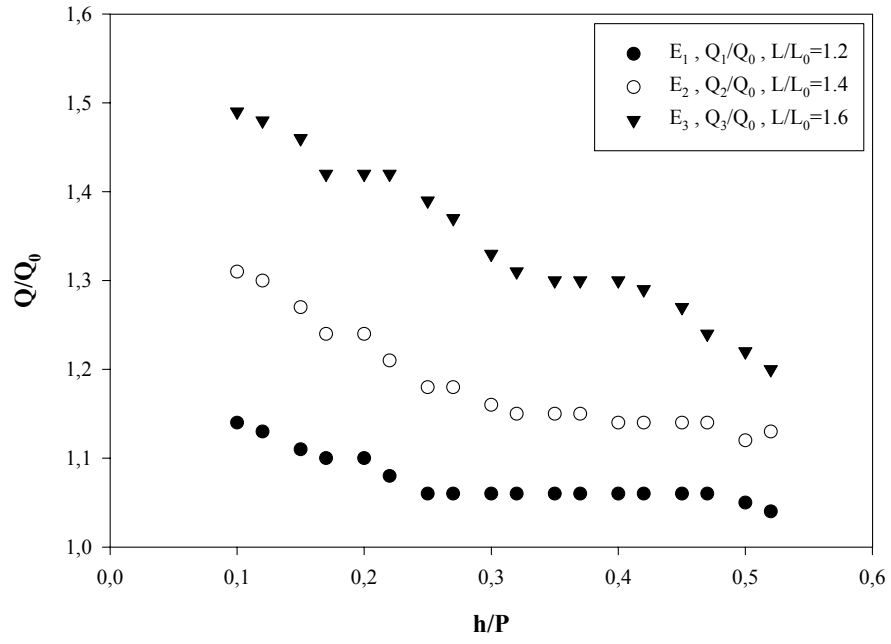
Tablo 6.5 Dikdörtgen Labirent Savaklar İçin L/L_o Değerinin, Q/Q_o Değerine Etkisi, (E Serisi, $P=20$ cm)

Model tipi	α	L/L_o	$(Q/Q_o)_{\min} - (Q/Q_o)_{\max}$	$\Delta L/L_o$ (%)	$\Delta Q/Q_o$ (%)
E_o	90°	1.00	1.00-1.00	0	0
E_1	-	1.20	1.04-1.14	20	04-14
E_2	-	1.40	1.13-1.31	40	13-31
E_3	-	1.60	1.49-1.20	60	20-49

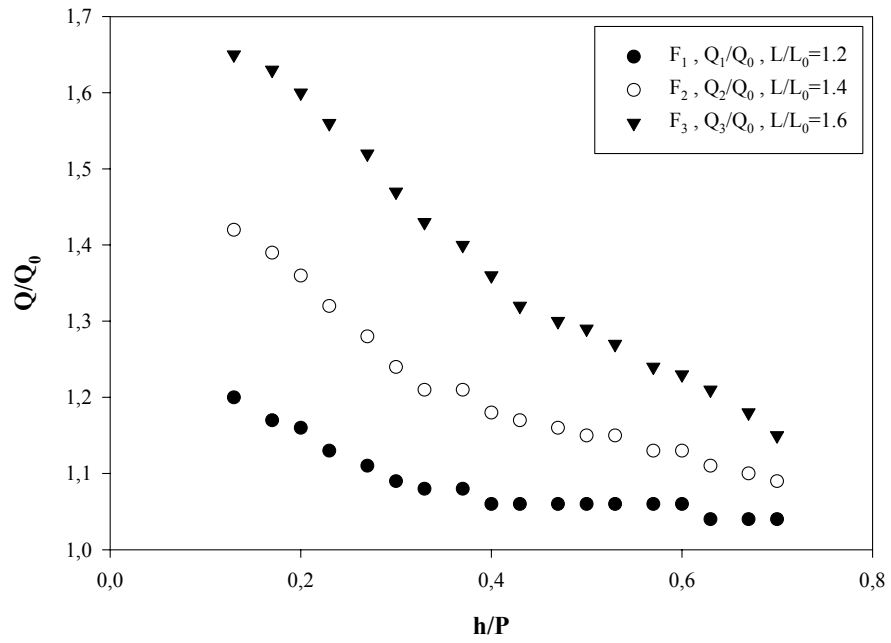
Tablo 6.6 Dikdörtgen Labirent Savaklar İçin L/L_o Değerinin, Q/Q_o Değerine Etkisi, (F Serisi, $P=15$ cm)

Model tipi	α	L/L_o	$(Q/Q_o)_{\min} - (Q/Q_o)_{\max}$	$\Delta L/L_o$ (%)	$\Delta Q/Q_o$ (%)
F_o	90°	1.00	1.00-1.00	0	0
F_1	-	1.20	1.04-1.20	20	04-20
F_2	-	1.40	1.09-1.42	40	09-42
F_3	-	1.60	1.15-1.65	60	15-65

Test edilen dikdörtgen labirent savaklar için Q/Q_o boyutsuz parametresinin h/P boyutsuz parametresi ile Şekil 6.17 ve Şekil 6.18’de görülmektedir. Burada labirent savağın kret uzunluğu arttıkça debi kapasitesinin de arttığı açıkça görülmektedir. Şekil 6.17’de E_1 ve E_2 serileri için Q/Q_o değerlerinin h/P değerleri ile gösterdiği azalım eğilimi, E_3 serisi için daha büyük olmaktadır. Şekil 6.18’de ise; test edilen en küçük h/P değerleri için Q/Q_o değerlerinin değişimi görülmektedir. Burada; h/P değerlerinin artmasıyla, Q/Q_o değerlerinde bir azalma eğilimi olduğu, h/P ’nin büyük değerlerinde ise; bu azalmanın daha az olduğu görülmektedir. Her iki şekilde de h/P ’nin maksimum değerlerinde Q/Q_o değerleri minimum olmaktadır.

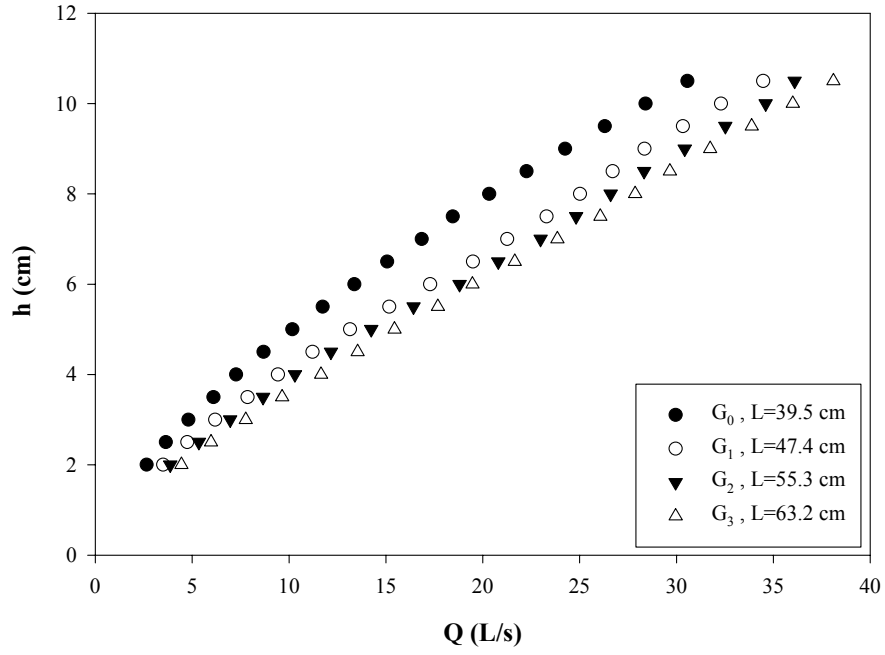


Şekil 6.17 Dikdörtgen Labirent Savaklar için Q/Q_0 - h/P Değişimi, (E Serisi, $P=20$ cm)

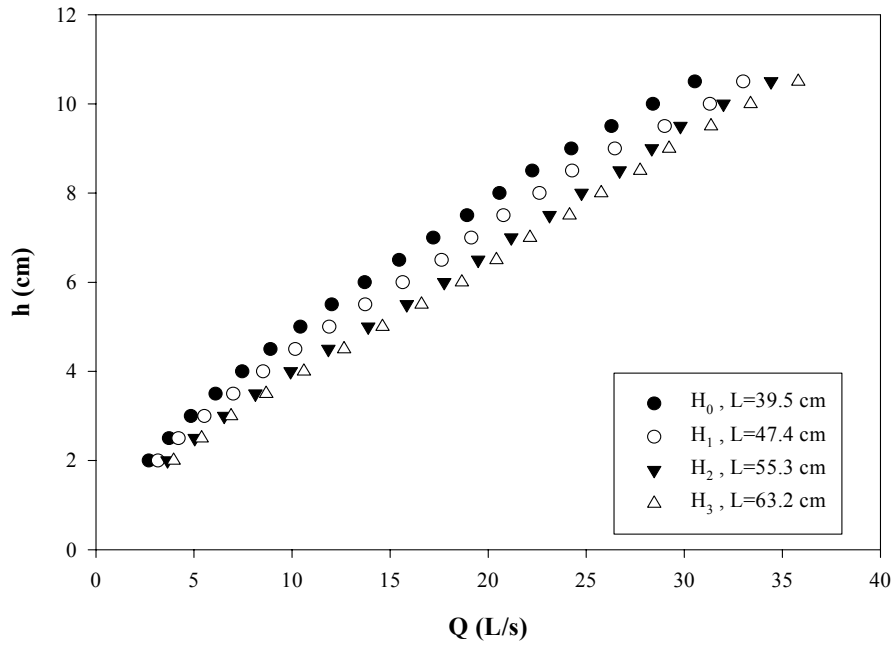


Şekil 6.18 Dikdörtgen Labirent Savaklar için Q/Q_0 - h/P Değişimi, (F Serisi, $P=15$ cm)

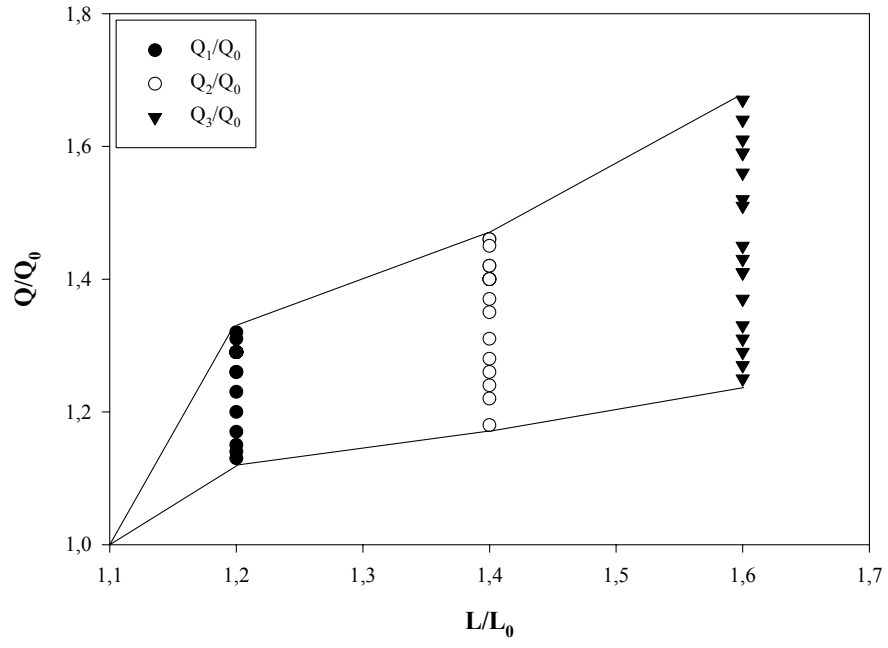
Test edilen dairesel labirent savaklardan alınan sonuçlara göre, G ve H serileri olarak isimlendirilen labirent savakların farklı kret uzunlukları için debi ile nap yükü arasındaki değişim Şekil 6.19 ve Şekil 6.20’de verilmiştir. Test edilen dairesel labirent savaklar içerisinde aynı nap yükü değerleri dikkate alındığında G_3 ve H_3 serilerinin, en büyük debiyi geçirdiği gözlenmiştir. Aynı debi değerleri dikkate alındığında G_3 ve H_3 serileri bu debileri en düşük nap yükünde geçirmektedir. Şekil 6.21 ve Şekil 6.22’de ise labirent savakların kret uzunlukları ile geçirdikleri debiler arasındaki ilişki, Q/Q_0 ve L/L_0 boyutsuz parametrelerine bağlı olarak verilmiştir. Şekil 6.21’de G_1 olarak ifade edilen dikdörtgen labirent savağın L/L_0 oranı 1.2’dir. Bu büyüklük G_0 olarak ifade edilen lineer savağın, kret uzunluğunun %20 arttırılmasıyla elde edilen H_1 labirent savağın kret uzunlukları arasındaki oranı ifade etmektedir. Kret uzunluğunun %20 arttırılmasına bağlı olarak Q/Q_0 değerleri, test edilen bu savaklar için 1.13 ile 1.32 arasında değişmektedir. Yani lineer bir savağın yerine, kret uzunluğu %20 arttırılarak elde edilen tek gözlü dikdörtgen labirent savak kullanılırsa debi kapasitesi %13-32 arasında bir artış gösterir. G ve H serilerindeki her bir savak için bu değerler hesaplanmış, Tablo 6.7 ve Tablo 6.8’de verilmiştir. $\Delta Q/Q_0$ boyutsuz parametresi G_1 serisi için %13-32, G_2 serisi için %18-46 ve G_3 serisi için %25-67 arasında bir değişim gösterdiği, yapılan deneysel çalışma sonuçlarından elde edilmiştir. h/P ’nin büyük değerlerinde $\Delta Q/Q_0$ değişim aralığı da büyük olmaktadır. $\Delta L/L_0$ değeri arttıkça (kret uzunluğu arttıkça), $\Delta Q/Q_0$ değeri de artmaktadır. Şekil 6.21 ve 6.22 incelendiğinde kret uzunluğu arttıkça, 20 cm yüksekliğinde dairesel labirent savağın 15 yüksekliğindeki dairesel labirent savağa göre debi deşarj verimliliği daha büyük olmaktadır.



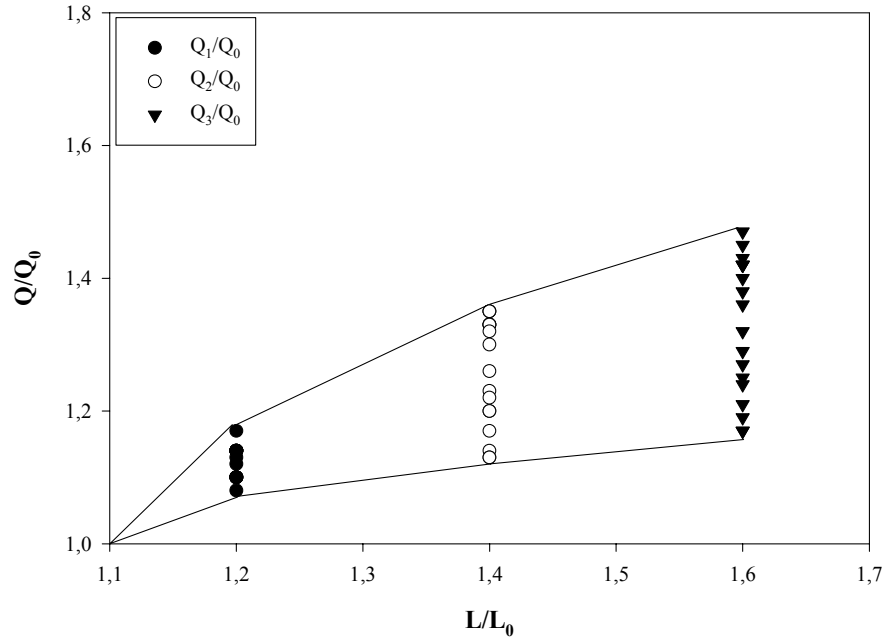
Şekil 6.19 Dairesel Labirent Savakların Farklı Kret Uzunlukları için Debi ile Nap Yükü Arasındaki Değişim Eğrileri, (G Serisi, $P=20$ cm)



Şekil 6.20 Dairesel Labirent Savakların Farklı Kret Uzunlukları için Debi ile Nap Yükü Arasındaki Değişim Eğrileri, (H Serisi, $P=15$ cm)



Şekil 6.21 Dairesel Labirent Savaklar İçin Q/Q_0 - L/L_0 Değişimi, (G Serisi, P=20 cm)



Şekil 6.22 Dairesel Labirent Savaklar İçin Q/Q_0 - L/L_0 Değişimi, (H Serisi, P=15 cm)

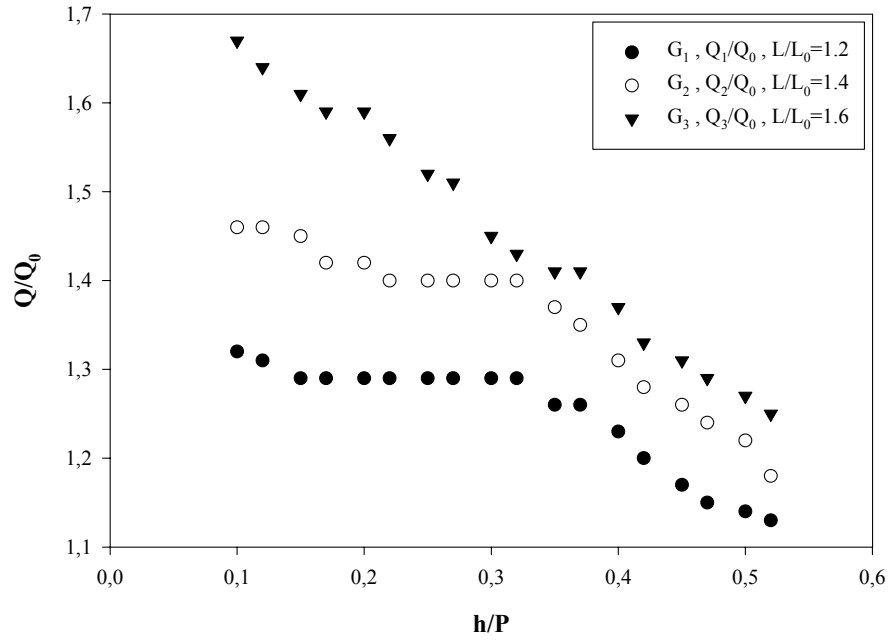
Tablo 6.7 Dairesel Labirent Savaklar İçin L/L_0 Değerinin, Q/Q_0 Değerine Etkisi, (G Serisi, $P=20$ cm)

Model tipi	α	L/L_0	$(Q/Q_0)_{\min}$ - $(Q/Q_0)_{\max}$	$\Delta L/L_0$ (%)	$\Delta Q/Q_0$ (%)
G_0	90°	1.00	1.00-1.00	0	0
G_1	-	1.20	1.13-1.32	20	13-32
G_2	-	1.40	1.18-1.46	40	18-46
G_3	-	1.60	1.25-1.67	60	25-67

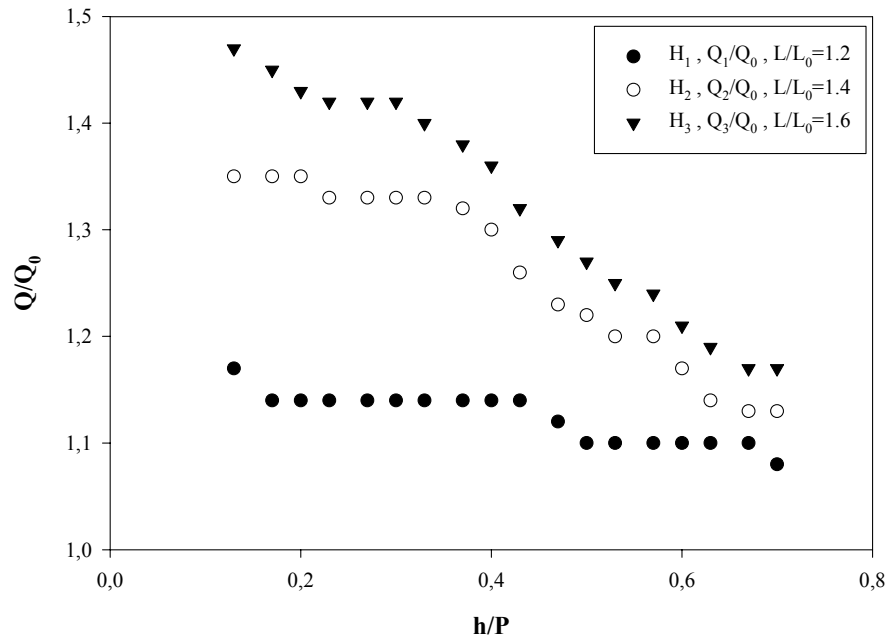
Tablo 6.8 Dairesel Labirent Savaklar İçin L/L_0 Değerinin, Q/Q_0 Değerine Etkisi, (H Serisi, $P=15$ cm)

Model tipi	α	L/L_0	$(Q/Q_0)_{\min}$ - $(Q/Q_0)_{\max}$	$\Delta L/L_0$ (%)	$\Delta Q/Q_0$ (%)
H_0	90°	1.00	1.00-1.00	0	0
H_1	-	1.20	1.08-1.17	20	08-17
H_2	-	1.40	1.13-1.35	40	13-35
H_3	-	1.60	1.17-1.47	60	17-47

Test edilen dairesel labirent savaklar için Q/Q_0 boyutsuz parametresinin h/P boyutsuz parametresi ile değişimi Şekil 6.23 ve Şekil 6.24'te görülmektedir. Burada labirent savağın kret uzunluğu arttıkça debi kapasitesinin de arttığı açıkça görülmektedir. Şekil 6.23'te G_1 ve G_2 serileri için Q/Q_0 değerlerinin h/P değerleri ile gösterdiği azalım eğilimi, G_3 serisi için daha büyük olmaktadır. Şekil 6.24'te ise; test edilen en küçük h/P değerleri için Q/Q_0 değerlerinin değişimi görülmektedir. Burada; h/P değerlerinin artmasıyla, Q/Q_0 değerlerinde bir azalma eğilimi olduğu, H_1 serisi için ise; h/P 'nin büyük değerlerinde bu azalmanın daha az olduğu görülmektedir. Her iki şekilde de h/P 'nin maksimum değerlerinde Q/Q_0 değerleri minimum olmaktadır.



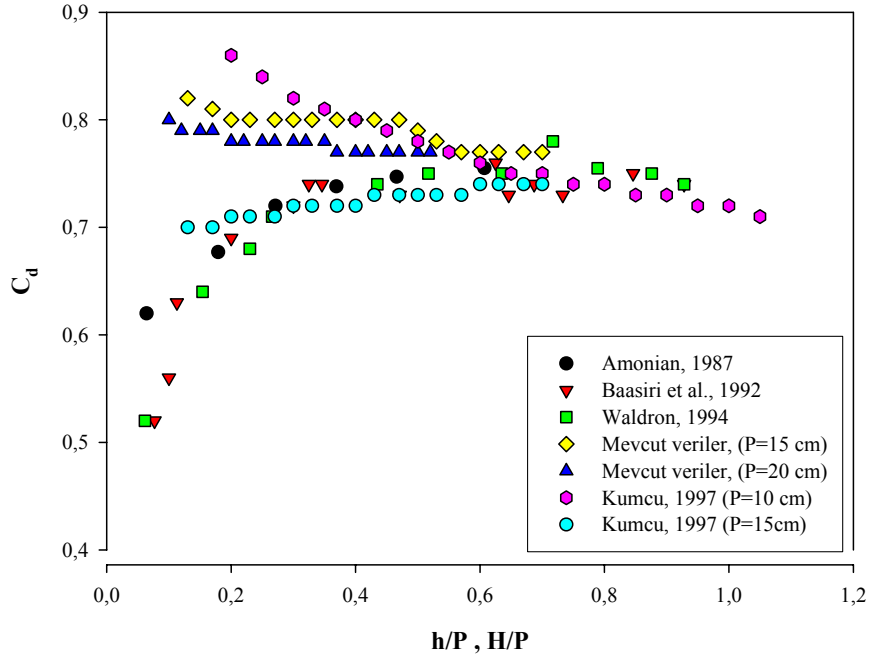
Şekil 6.23 Dairesel Labirent Savaklar için Q/Q_0 - h/P Değişimi, (G Serisi, $P=20$ cm)



Şekil 6.24 Dairesel Labirent Savaklar için Q/Q_0 - h/P Değişimi, (H Serisi, $P=15$ cm)

6.2 h/P Boyutsuz Parametresinin Kret Katsayısına Etkisi

6.2.1 Lineer Savaklar için h/P ile C_d İlişkisi



Şekil 6.25 Lineer Savaklar için Kret Katsayısı ile h/P, H/P Değişim Grafiği, ($\alpha=90^\circ$)

Şekil 6.25’de akım eksenine dik olarak ($\alpha=90^\circ$) yerleştirilen, farklı yüksekliklere sahip lineer savakların debi katsayıları ile savak üzerindeki toplam yük arasındaki ilişki, farklı araştırmacıların (Amanian, Baasiri, Waldron [11] ve Kumcu [16]) verilerine dayanılarak verilmiştir. Bu grafik incelendiğinde h/P’nin 0.4 ile 0.7 arasındaki değerlerinde, debi katsayısı (C_d)’nin 0.75 civarında yoğunlaştığı görülmektedir. Ayrıca grafik incelendiğinde h/P, H/P değerlerinin 0.7’den büyük olduğu durumda, tüm araştırmacıların elde ettiği debi deşarj katsayılarında bir artış eğilimi görülmemektedir.

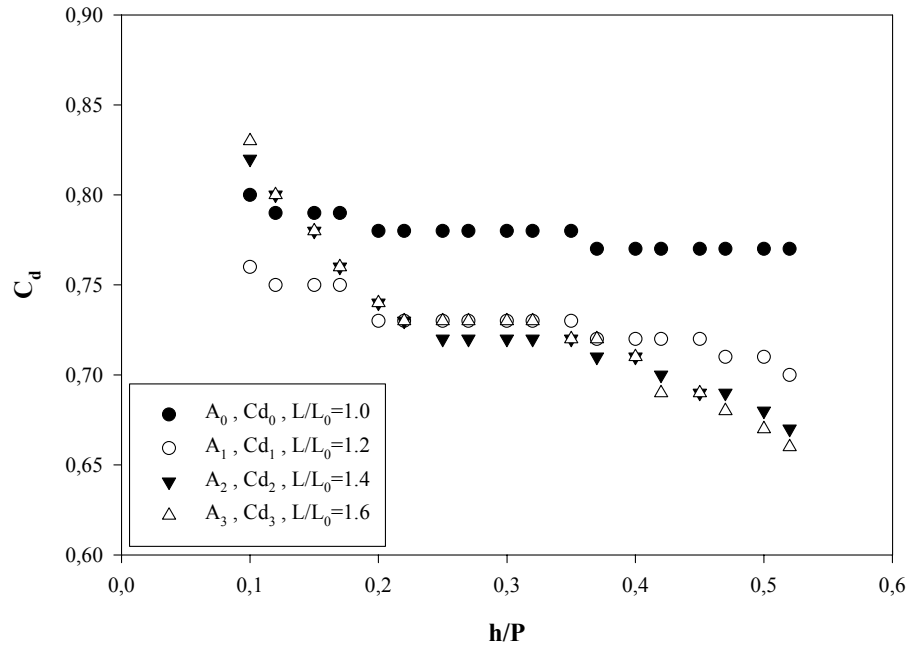
6.2.2 Labirent Savaklar için h/P ile C_d İlişkisi

Şekil 6.26-6.33'teki grafikler debi deşarj katsayısı C_d ile h/p ve L/L_o arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Her bir şekilde L/L_o oranının artmasıyla, verilen h/P değerleri için debi deşarj katsayısındaki azalma eğiliminin daha fazla olduğu görülmektedir. Şekillerden de görülebileceği gibi h/P 'nin büyük değerlerinde labirent savakların debi deşarj katsayıları, lineer savağın debi deşarj katsayılarına göre daha büyük bir azalım eğilimi göstermektedir. Ayrıca, L/L_o oranının artmasıyla da bu azalım eğiliminde artış görülmektedir. Şekil 6.26–6.33'teki grafikler incelendiğinde, 63.2 cm kret uzunluğuna sahip üçgen, trapez, dikdörtgen ve dairesel labirent savakların debi deşarj katsayıları, maksimum h/P oranlarında minimum değerler almakta, lineer savakların debi deşarj katsayıları ise, maksimum h/P oranlarında, labirent savaklara göre daha büyük değerler almaktadır.

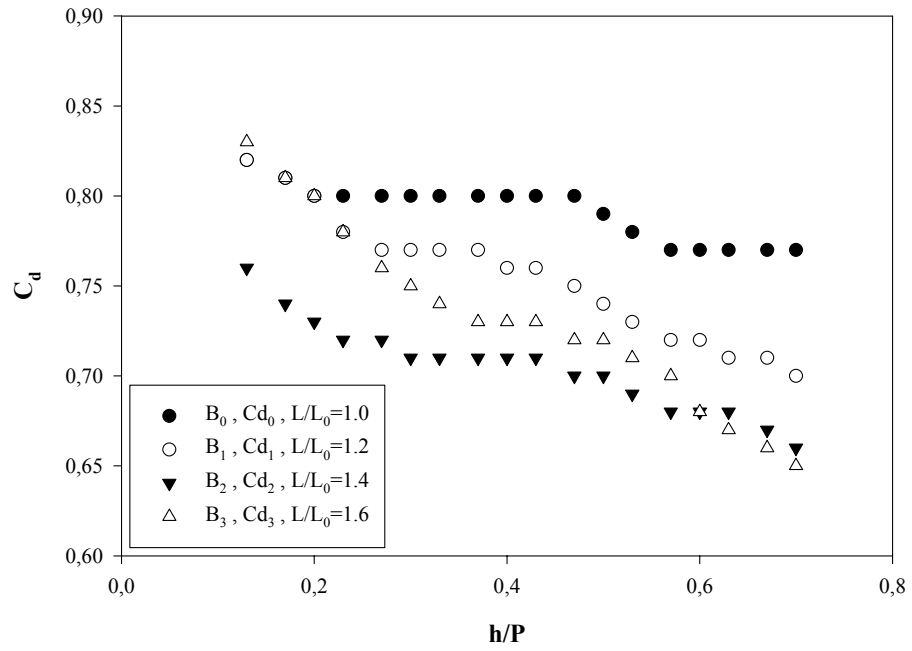
Şekil incelendiğinde, üçgen, trapez, dikdörtgen ve dairesel labirent savakların C_d katsayıları, lineer savakların C_d katsayılarından genellikle daha düşük çıkmıştır. Bunun nedeni labirent savakların arttırılmış kret uzunluklarından kaynaklanmaktadır. Özellikle, test edilen büyük nap yükü değerlerinde ve 63.2 cm kret uzunluğuna sahip labirent savakların C_d katsayıları, diğerlerine göre daha düşük değerler aldığı Şekil 6.26–6.33'ten görülmektedir.

Deneyler sonucunda elde veriler esas alınarak çizilmiş olan Şekil 6.26–6.33 incelendiğinde, havalanmış ve kısmi havalanmış akım arasındaki sınırı göstermek oldukça zordur. Batık ve geçiş akım bölgesi içerisinde labirent kalın kenarlı savak olarak çalışır. Bu nedenle debi katsayısı eğrisi h/P 'nin ara değerlerinde daha yatay olarak elde edilir. Geçiş bölgesi içerisinde deşarj katsayısındaki süreksizlik akımın havalanmasındaki azalma ve batmaya başlamasının sonucu olarak ortaya çıkmaktadır.

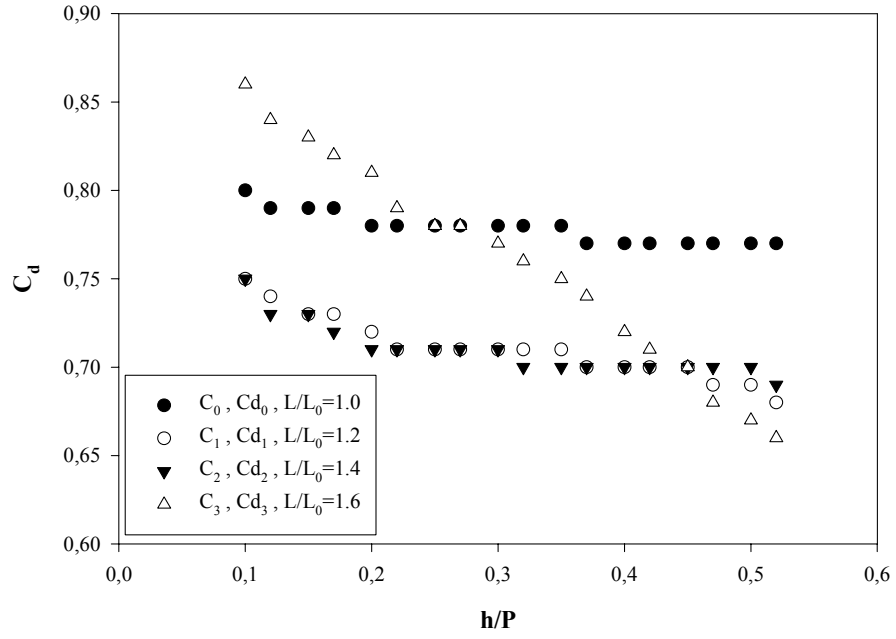
Labirent savakların yaklaşım duvarları ve kret üzerindeki akımın yarattığı düzensizlikler nedeniyle mansapta deşarj kapasitesini etkileyen basınç dalgaları oluşabilir. Bu durum labirent savağın mansap akım koşullarının çeşitli yapılar kullanarak düzenlenmesi ihtiyacını ortaya koymaktadır. Yine yapılan deneysel çalışmadan elde edilen verilere göre, labirent savak üzerindeki su yükü arttıkça özellikle nap ve labirent duvarı arasındaki mansap kuyruksuyu seviyesinin arttığı görülmüş ve duvarlar üzerinden aşan napların birbirleriyle girişimi, yüksek mansap su derinliği ve mansapta napın düştüğü dar alan nedeniyle, napın havalanmasını güçleştirmiştir. Bu durumun da debi deşarj katsayısını düşürdüğü gözlenmiştir.



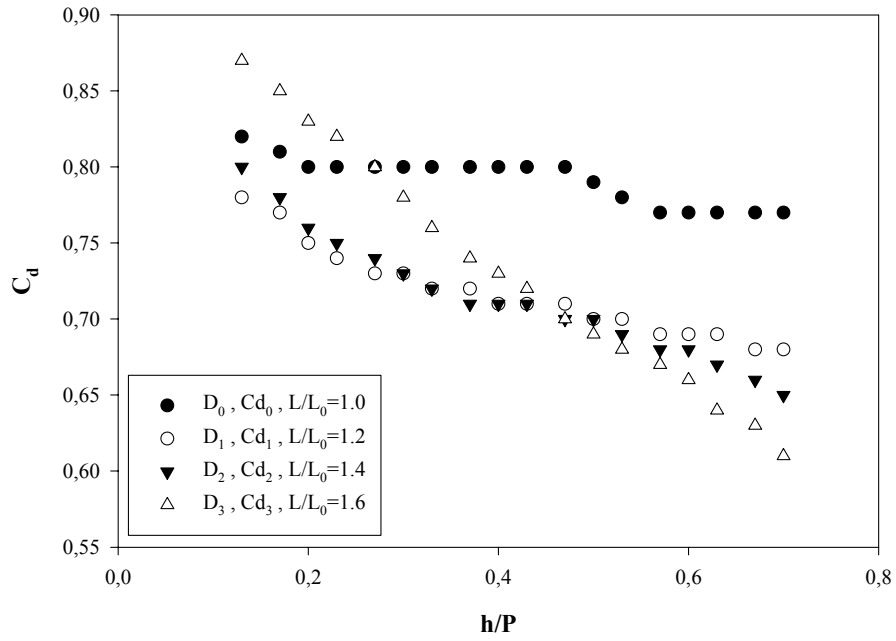
Şekil 6.26 Üçgen Labirent Savaklar için Kret Katsayısı ile h/P Değişim Grafiği, A Serisi (P=20 cm)



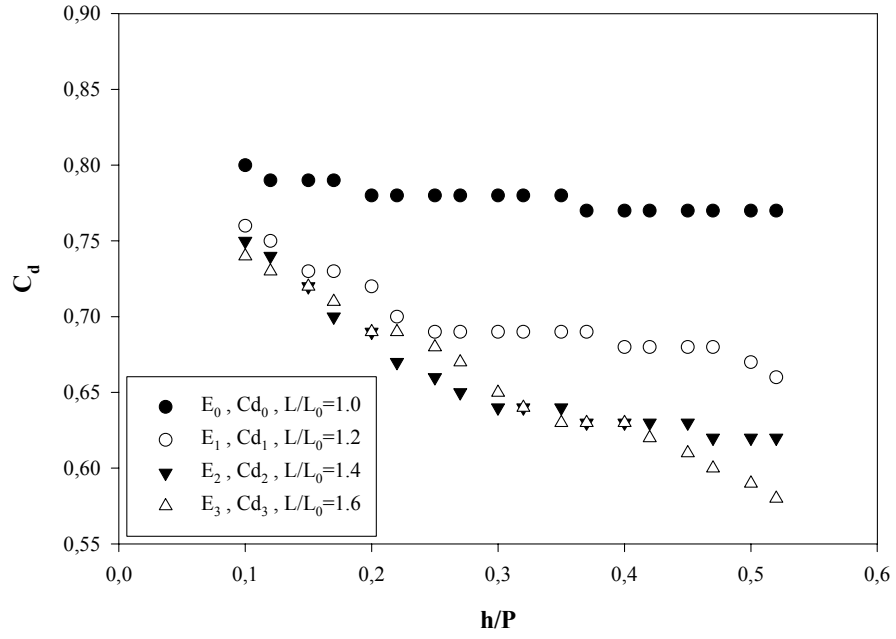
Şekil 6.27 Üçgen Labirent Savaklar için Kret Katsayısı ile h/P Değişim Grafiği, B Serisi, (P=15 cm)



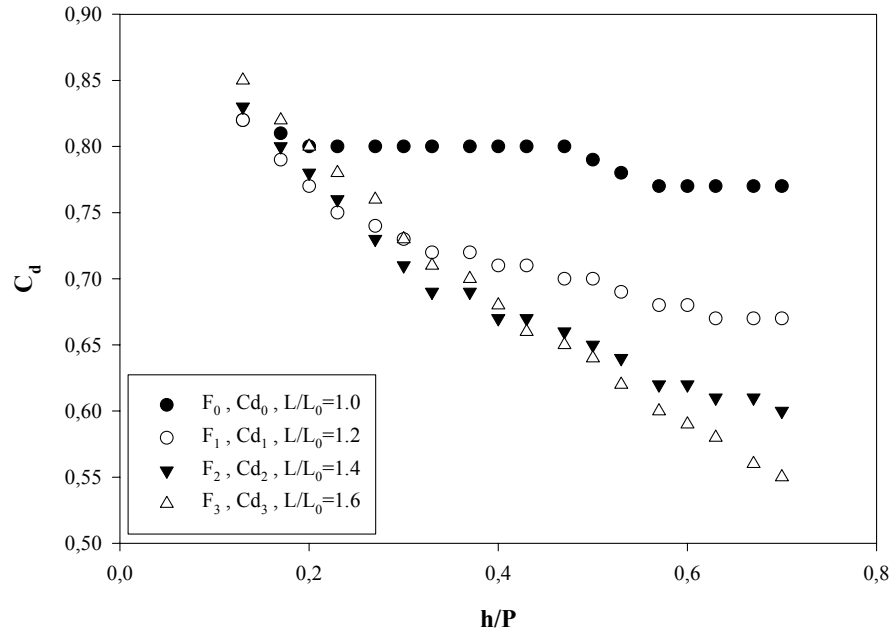
Şekil 6.28 Trapez Labirent Savaklar için Kret Katsayısı ile h/P Değişim Grafiği, C Serisi, ($P=20$ cm)



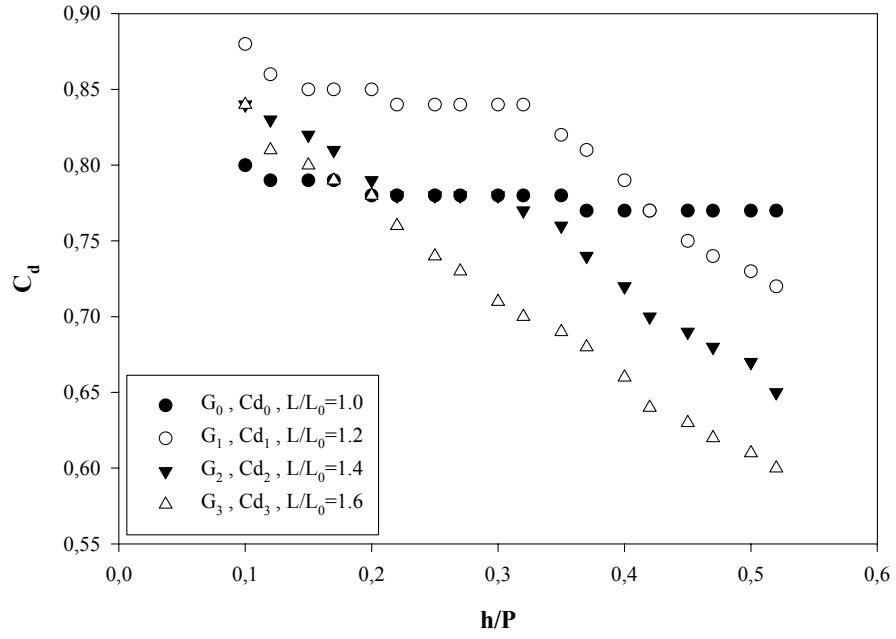
Şekil 6.29 Trapez Labirent Savaklar için Kret Katsayısı ile h/P Değişim Grafiği, D Serisi, ($P=15$ cm)



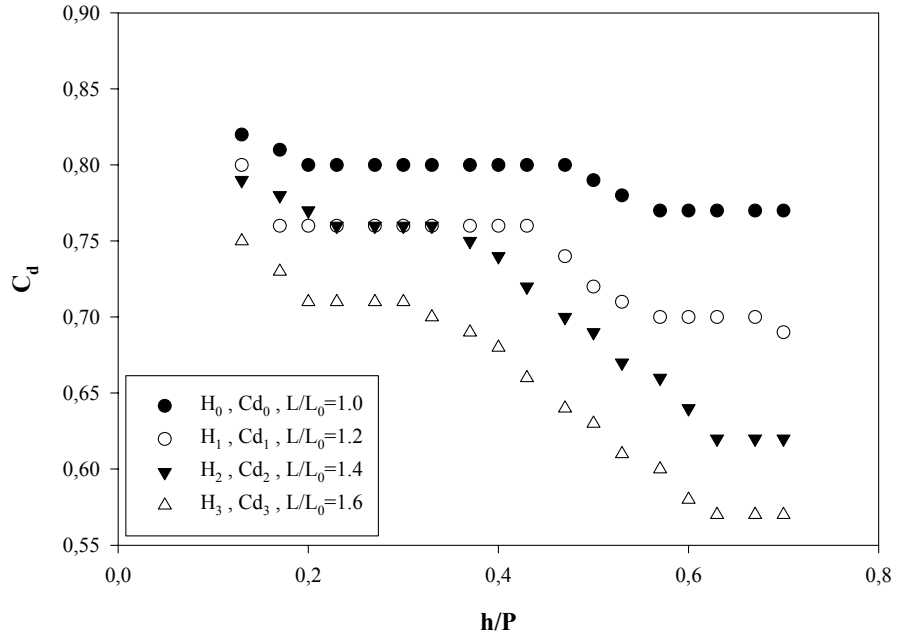
Şekil 6.30 Dikdörtgen Labirent Savaklar için Kret Katsayısı ile h/P Değişim Grafiği, E Serisi, ($P=20$ cm)



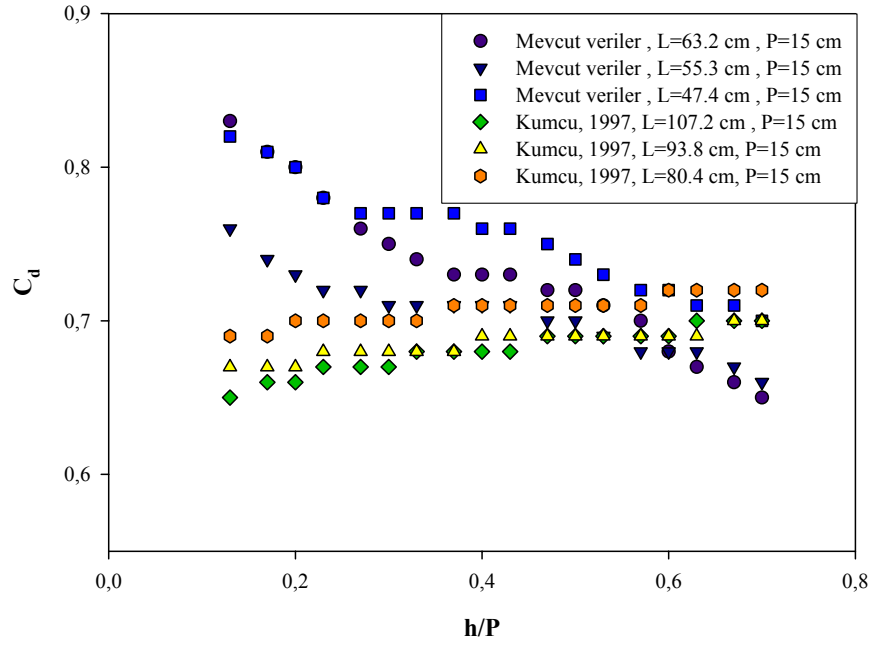
Şekil 6.31 Dikdörtgen Labirent Savaklar için Kret Katsayısı ile h/P Değişim Grafiği, F Serisi, ($P=15$ cm)



Şekil 6.32 Dairesel Labirent Savaklar için Kret Katsayısı ile h/P Değişim Grafiği, G Serisi, ($P=20$ cm)



Şekil 6.33 Dairesel Labirent Savaklar için Kret Katsayısı ile h/P Değişim Grafiği, H Serisi, ($P=15$ cm)



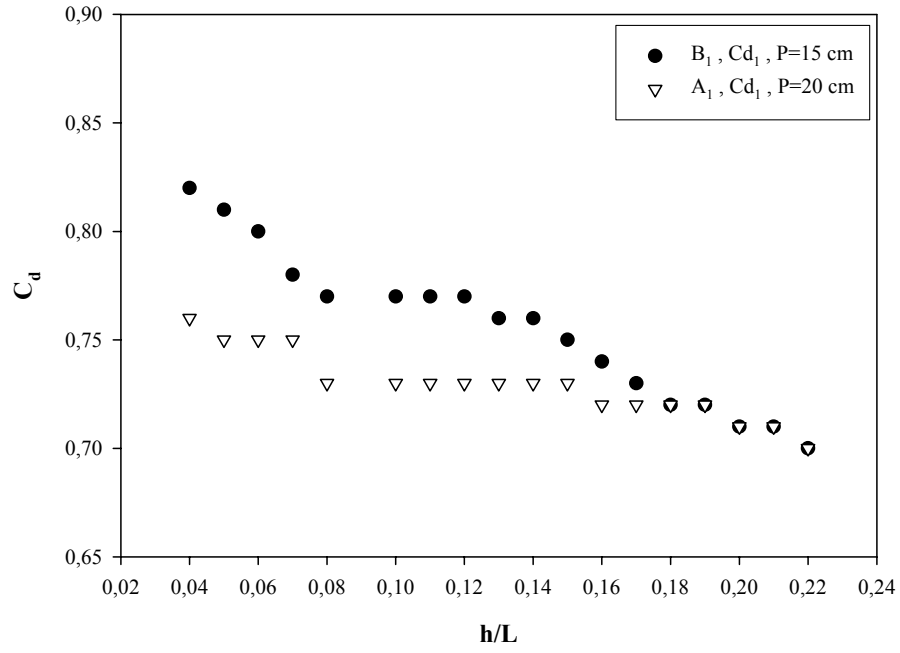
Şekil 6.34 Üçgen Labirent Savaklar için Kret katsayısının h/P ile Değişiminin Karşılaştırılması (P=15 cm)

Kumcu [16], tarafından test edilen üçgen labirent savaklardan elde edilen veriler ile mevcut veriler Şekil 6.34'te karşılaştırılmıştır. Bu grafikte h/P değerinin 0.3 ile 0.7 arasında olduğu durumda, C_d katsayısının 0.70 civarında yoğunlaştığı görülmektedir.

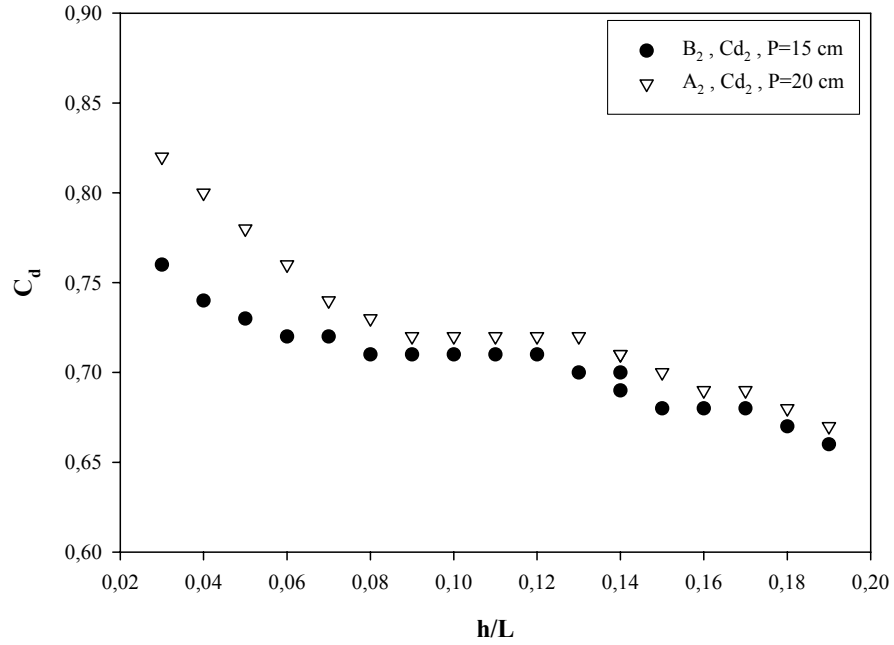
6.3.3 Savak Yüksekliğinin Deşarj Kapasitesi Üzerindeki Etkisi

Şekil 6.35-6.46’da test edilen labirent savakların farklı kret yükseklikleri için, debi deşarj katsayıları ile h/L arasındaki değişimler sunulmuştur.

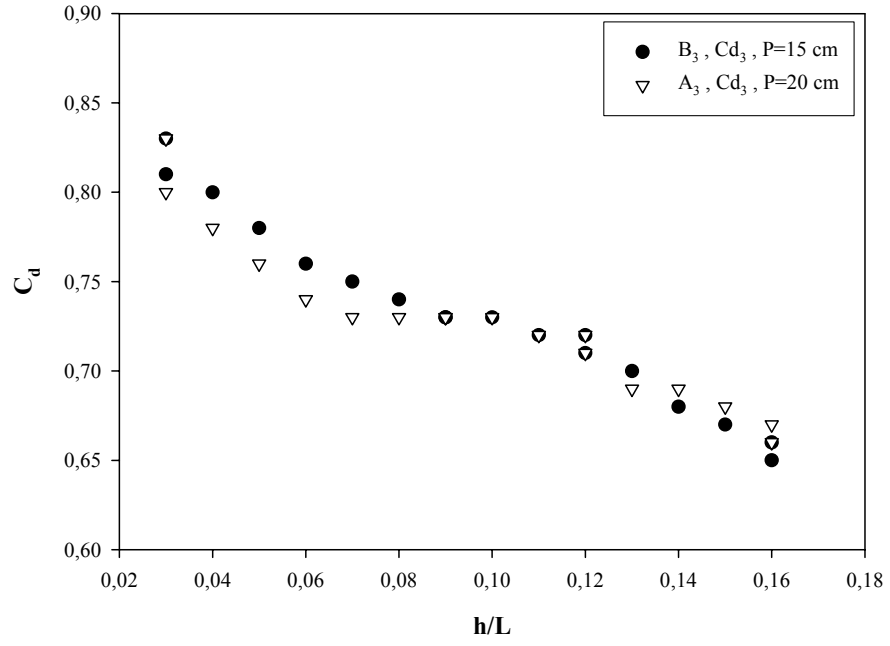
Şekil 6.35-6.46 incelendiğinde, h/L ’nin küçük değerlerinde genelde 15 cm yüksekliğindeki üçgen labirent savağın, 20 cm yüksekliğindeki üçgen labirent savağa göre deşarj kapasitesinin daha yüksek değerler aldığı görülmektedir. Buna karşılık h/L değeri büyüdükçe, test edilen labirent savakların büyük çoğunluğunda 20 cm yüksekliğindeki labirent savakların deşarj kapasitesinin, 15 cm yüksekliğindeki labirent savakların deşarj kapasitesine göre daha büyük değerler aldığı görülmektedir. Bunun nedeni 15 cm yüksekliğindeki labirent savakların, yüksek debilerde, 20 cm yüksekliğindeki labirent savaklara göre daha çabuk batık akım şartlarına ulaşması olmaktadır. Bu durum labirent savağın geometrik şekliyle de yakından ilgilidir. Şekil 6.44-6.46 incelendiğinde, test edilen 20 cm yüksekliğindeki dairesel labirent savakların, aynı kret uzunluğunda 15 cm yüksekliğindeki dairesel labirent savaklara göre daha büyük debi katsayısı değerleri aldığı görülmüyor.



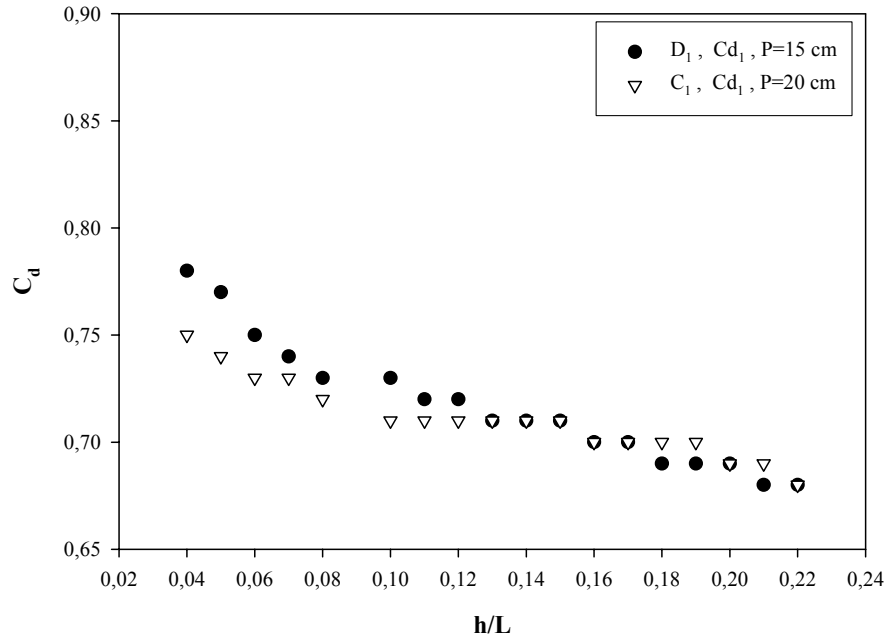
Şekil 6.35 Üçgen Labirent Savaklar için Savak Yüksekliğinin Debi Katsayısı (C_d) Üzerindeki Etkisi, A_1 - B_1



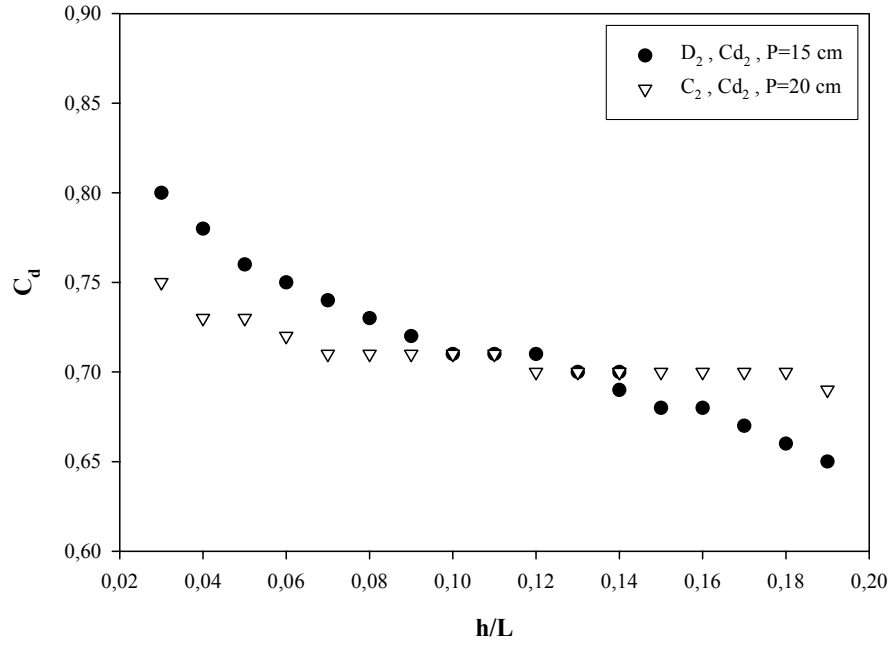
Şekil 6.36 Üçgen Labirent Savaklar için Savak Yüksekliğinin Debi Katsayısı (C_d) Üzerindeki Etkisi, A_2 - B_2



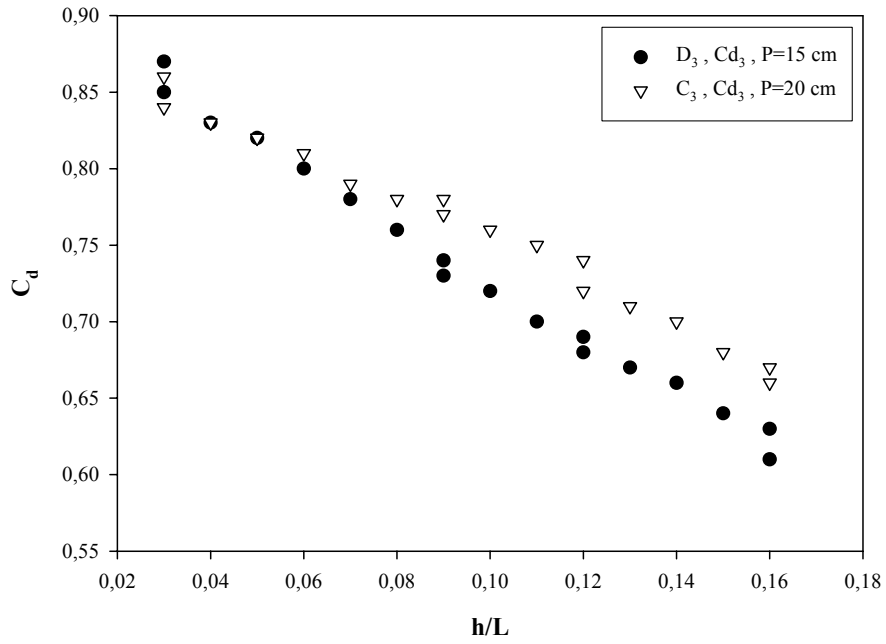
Şekil 6.37 Üçgen Labirent Savaklar için Savak Yüksekliğinin Debi Katsayısı (C_d) Üzerindeki Etkisi, A₃-B₃



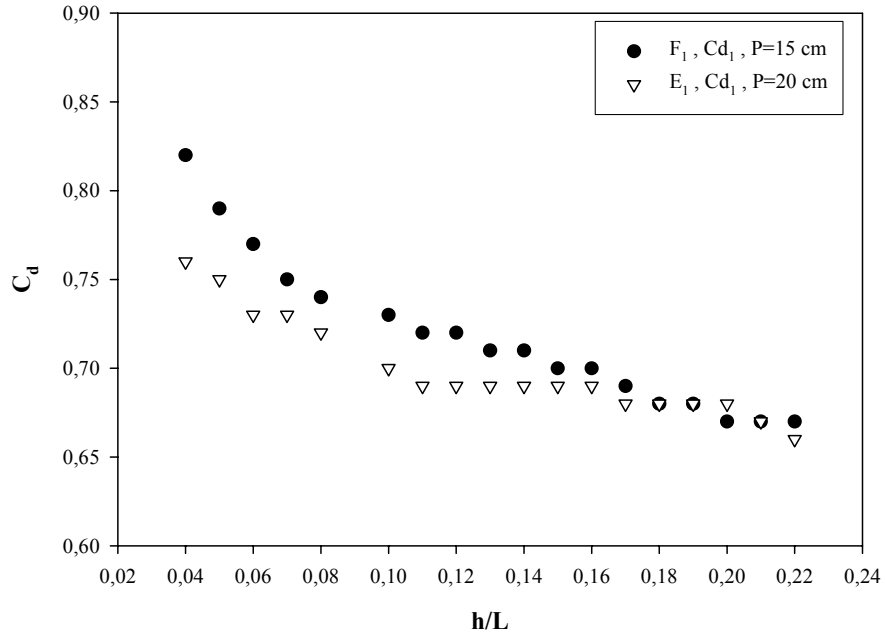
Şekil 6.38 Trapez Labirent Savaklar için Savak Yüksekliğinin Debi Katsayısı (C_d) Üzerindeki Etkisi, C₁-D₁



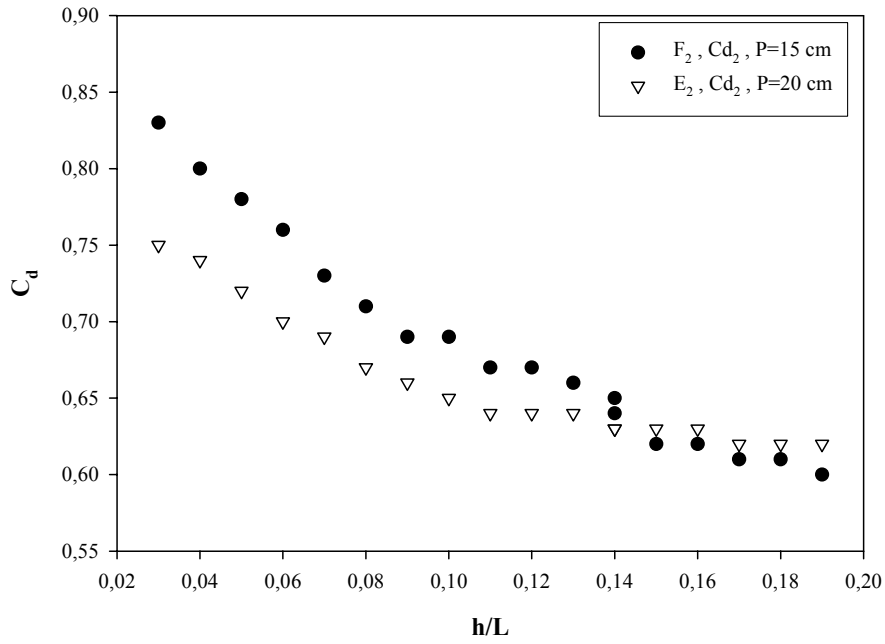
Şekil 6.39 Trapez Labirent Savaklar için Savak Yüksekliğinin Debi Katsayısı (C_d) Üzerindeki Etkisi, C_2 - D_2



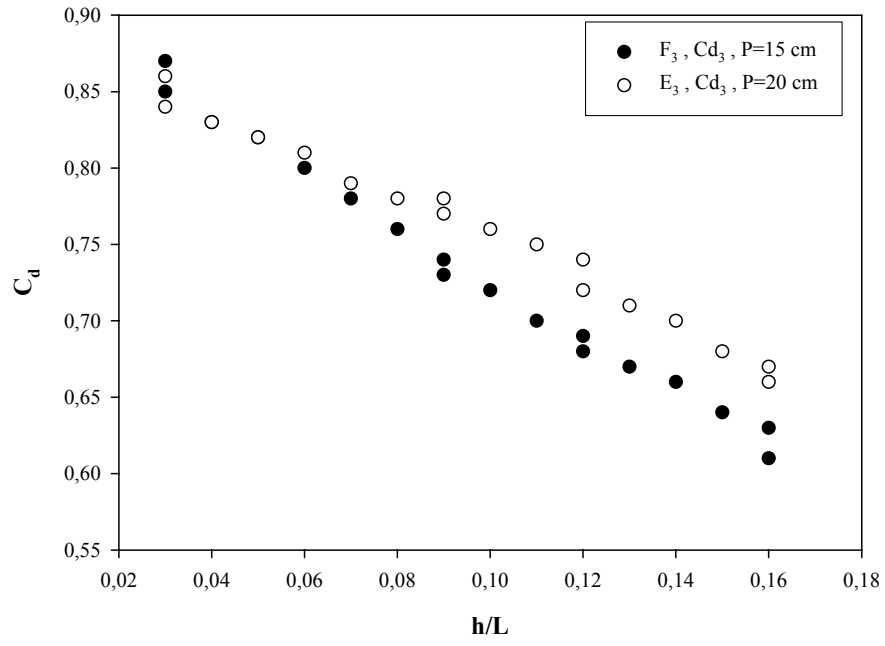
Şekil 6.40 Trapez Labirent Savaklar için Savak Yüksekliğinin Debi Katsayısı (C_d) Üzerindeki Etkisi, C_3 - D_3



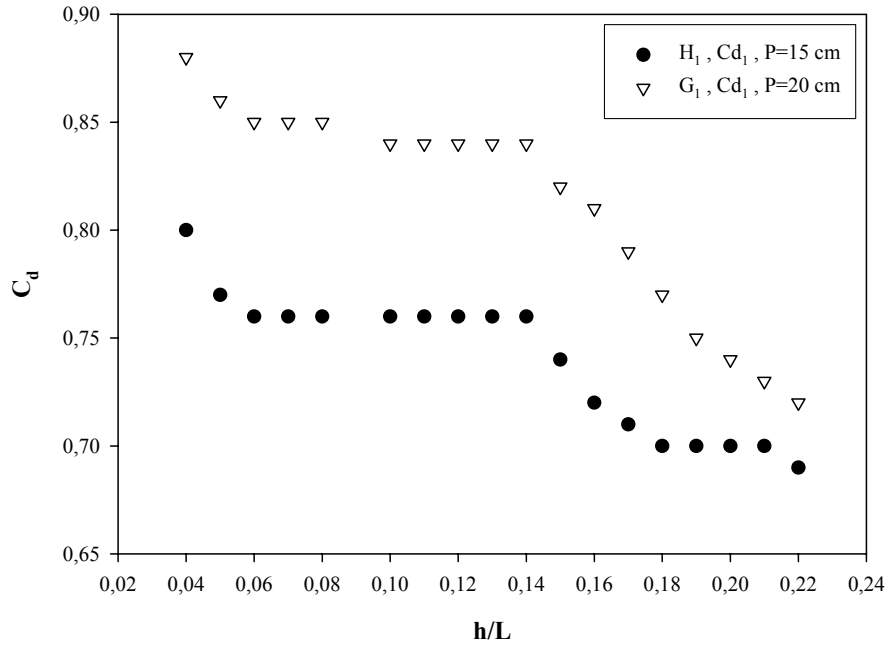
Şekil 6.41 Dikdörtgen Labirent Savaklar için Savak Yüksekliğinin Debi Katsayısı (C_d) Üzerindeki Etkisi, E_1 - F_1



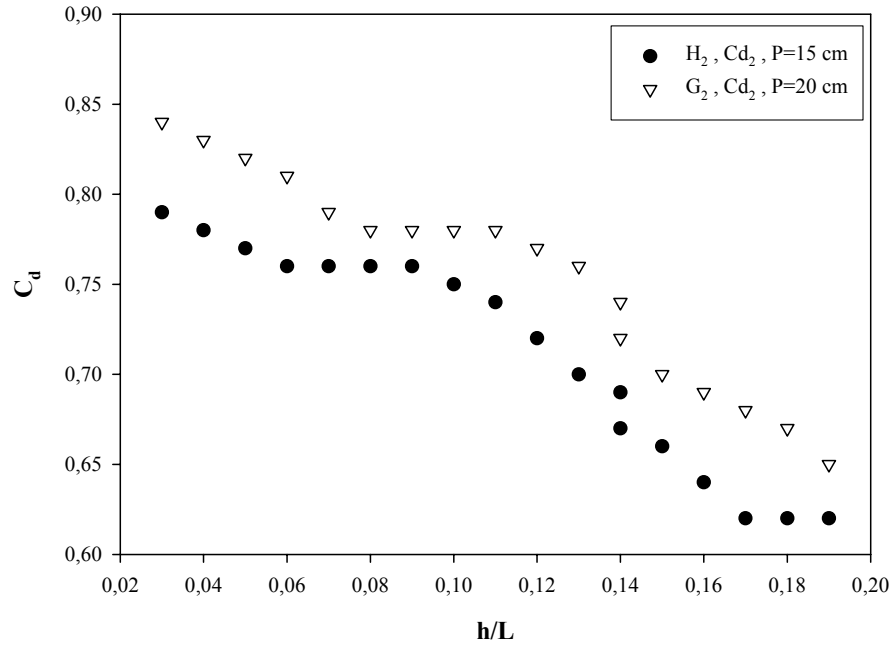
Şekil 6.42 Dikdörtgen Labirent Savaklar için Savak Yüksekliğinin Debi Katsayısı (C_d) Üzerindeki Etkisi, E_2 - F_2



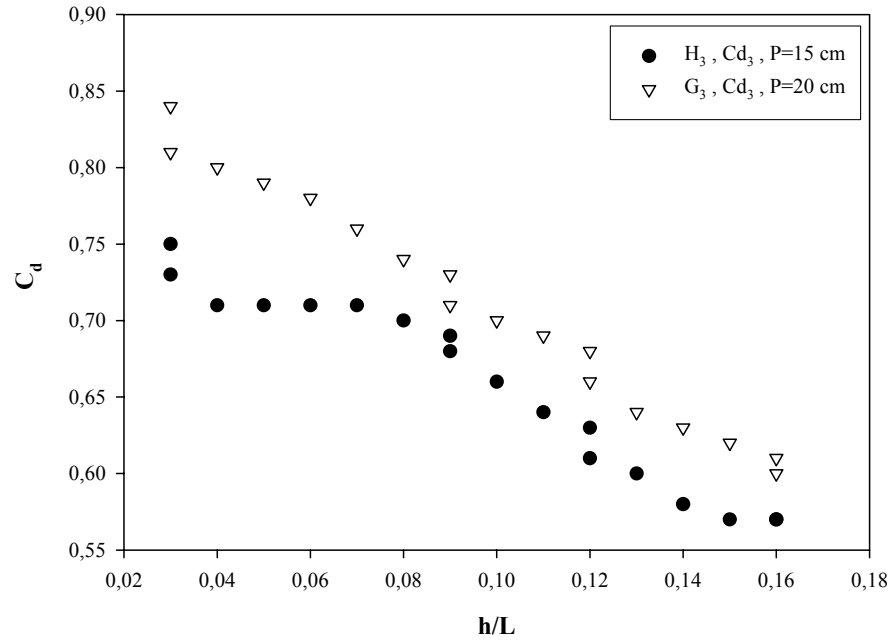
Şekil 6.43 Dikdörtgen Labirent Savaklar için Savak Yüksekliğinin Debi Katsayısı (C_d) Üzerindeki Etkisi, E_3 - F_3



Şekil 6.44 Dairesel Labirent Savaklar için Savak Yüksekliğinin Debi Katsayısı (C_d) Üzerindeki Etkisi, G_1 - H_1



Şekil 6.45 Dairesel Labirent Savaklar için Savak Yüksekliğinin Debi Katsayısı (C_d) Üzerindeki Etkisi, G_2 - H_2



Şekil 6.46 Dairesel Labirent Savaklar için Savak Yüksekliğinin Debi Katsayısı (C_d) Üzerindeki Etkisi, G_3 - H_3

7. SONUÇLAR

Plandaki karışık formundan ötürü, labirent dolusavakların deşarj kapasiteleri birçok faktör tarafından etkilenir. Labirentin performansını etkileyen temel faktörler, savak geometrisi, maksimum debi ve proje su yüküdür. Labirent dolusavakların en önemli karakteristiği, plan şekillerinin doğrusal olmamasıdır. Bu tip dolusavaklarda genellikle üçgen ve trapez plan şekilleri kullanılmaktadır. Dolusavak planında kullanılan bu şekiller diğer dolusavaklara kıyasla farklı akım koşulları oluştururlar. İdeal olarak labirent üzerinden geçen debinin, dolusavak kret boyunun artışı ile doğru orantılı bir şekilde artması düşünülebilir. Fakat bu durum sadece kret üzerindeki alçak su yükleri için mümkün olabilmektedir.

Bu çalışmada; farklı kret uzunluklarına sahip üçgen, trapez, dikdörtgen ve dairesel labirent savakların debi katsayılarını tespit etmek için bir dizi deneysel çalışma yürütülmüş ve bu savakların geçirdikleri debiler belirlenmiş ve lineer savaklarla karşılaştırılmıştır.

- Üçgen, trapez, dikdörtgen ve dairesel labirent savakların debi deşarj katsayıları, lineer savakların debi deşarj katsayılarından genellikle daha düşük çıkmıştır. Bu durum labirent savakların arttırılmış kret uzunluklarından ve akım koşullarından kaynaklanmaktadır.
- h/P 'nin büyük değerlerinde labirent savakların kret katsayıları, lineer savağın kret katsayılarına göre daha büyük bir azalım eğilimi göstermektedir. Ayrıca, labirentin kret uzunluğunun artmasıyla da bu azalım eğilimi artış göstermiştir.
- Labirent savakların debi deşarj kapasiteleri, labirent savağın geometrik şekli ile yakından ilgilidir.
- Labirent savakların yaklaşım duvarları ve kret üzerindeki akımın yarattığı düzensizlikler nedeniyle mansapta deşarj kapasitesini etkileyen basınç dalgaları oluşabilir. Bu durum labirent savağın mansap akım koşullarının çeşitli yapılar kullanarak düzenlenmesi ihtiyacını ortaya koymaktadır. Yine yapılan deneysel çalışmadan elde edilen verilere göre, labirent savak üzerindeki su yükü arttıkça, özellikle nap ve labirent duvarı arasındaki mansap kuyruksuyu seviyesinin arttığı görülmüş ve duvarlar üzerinden aşan napların birbirleriyle girişimi, yüksek mansap su derinliği ve mansapta napın düştüğü dar alan nedeniyle, napın havalanmasını güçleştirmiştir. Bu durumun da debi deşarj katsayısını düşürdüğü gözlenmiştir.
- Bu deneysel çalışmada, memba ve mansap kanalı taban kotlarını eşit alınmıştır. Bu durumda labirentin memba ve mansap bölümlerindeki akım tipik bir nehir rejimi akımı olmakta, bu da mansap kanalındaki kuyruksuyu seviyesi etkisini arttırmaktadır. Bu

etkiyi azaltmak, mansap kanalına belirli bir eğim vererek veya labirent savak yapısının hemen mansabını oldukça dik bir eğimle boşaltım kanalına bağlayarak mümkün olabilir.

- Test edilen labirent savakların kret uzunluğu %60 oranında arttırıldığında; 20 cm yüksekliğindeki üçgen labirent savak için debi deşarj oranı %38-66 oranında bir artış gösterirken, 15 cm yüksekliğindeki üçgen labirent savak için bu oran %35-62 olmakta, 20 cm yüksekliğindeki trapez labirent savak için debi deşarj oranı %37-72 oranında bir artış gösterirken, 15 cm yüksekliğindeki trapez labirent savak için bu oran %27-73 olmakta, 20 cm yüksekliğindeki dikdörtgen labirent savak için debi deşarj oranı %20-49 oranında bir artış gösterirken, 15 cm yüksekliğindeki dikdörtgen labirent savak için bu oran %15-65 olmakta, 20 cm yüksekliğindeki dairesel labirent savak için ise debi deşarj oranı %25-67 oranında bir artış gösterirken, 15 cm yüksekliğindeki dairesel labirent savak için bu oran %14-47 olmaktadır.
- Test edilen trapez labirent savaklardan elde edilen verilere göre, L/L_0 değeri arttırıldıkça, Q/Q_0 değerindeki artış, test edilen diğer labirent savaklara göre daha büyük olmaktadır.
- Deneyler sonucunda elde verilere göre, havalanmış ve kısmi havalanmış akım arasındaki sınırı göstermek oldukça zordur. Batık ve geçiş akım bölgesi içerisinde labirent, geniş kenarlı savak olarak çalışır. Bu nedenle debi katsayısı eğrisi, h/P 'nin ara değerlerinde daha yatay olarak elde edilir. Geçiş bölgesi içerisinde deşarj katsayısındaki süreksizlik akımın havalanmasındaki azalma ve batmaya başlamasının sonucu olarak ortaya çıkmaktadır.
- Batık akım koşullarında, h/P oranının yükseltilmesi ile labirent dolusavaşın performansı düşer. Buna ters olarak lineer bir savaşın performansı ise daha fazla olabilmektedir. Bu koşullar altında hangi savaşın seçileceği inşaat ve işletme maliyeti göz önüne alınarak değerlendirilmelidir.
- Labirent savak memba girişleri, inşaat kolaylığı için daha uzun trapez giriş kullanmak ile nap girişimini ve alın duvarı yarım uzunluğunu azaltmak arasında yapılan ve giriş kayıplarını en aza indirecek bir optimizasyon sonucu projelendirilmesi labirentin performansı açısından oldukça önemli bir husustur.

KAYNAKLAR

1. Baab, A. F., Hydraulic model study of the Boardman Reservoir Spillway, R.L. Albrook Hydraulics Laboratory Washington State University, Pullan, Washington, May 1976.
2. Yıldız D., Üzücek E., Labirent dolusavakların projelendirilme kriterleri. Devlet Su İşleri Teknik Araştırma Kalite ve Kontrol Dairesi Başkanlığı. Yayın No: Hİ-862 Ankara 1993.
3. Houston, K.L., Hydraulic model study of Hyrum Axuiliary Labyrinth Spillway, report no. GR -82-13, Bureau of Reclamation, Denver, Colorado, 1982.
4. Houston K.L., Hydraulic model study of Ute Dam Labyrinth Spillway, report no. GR-82-7, Bureau of Reclamation Denver, Colorado, August 1982.
5. Vermeyen, T.B., Hydraulic model study of Ritschard Dam Spillway report R – 91-08, Bureau of Reclamation, Denver, Colorado, October 1991.
6. Falvey, H.T., 2003, Hydraulic Design of Labyrinth Weirs ASCE, 162p.
7. Carter, F.J., 1970, The Strengthening of Avon Dam. The Journal of the Institution of Engineers, Australia, June 1970, 75–77.
8. Houston, K.L., 1983, Hydraulic model study of Hyrum Dam Auxiliary Labyrinth Spillway, USDI Bureau of Reclamation, Denver, Colorado, May, 1983.
9. ENR, 1983 – BUREC Stretches Spillway. Engineering News-Record Set. 1, 1983.
10. Rhone, T.J., M. ASCE Research Hydraulic Engineer Bureau of Reclamation.
11. Tullis, P.J., Amanian, N., Waldron, D., Design of labyrinth spillways, Journal Hydraulic Engineering, Vol. 121, No. 3, 247–255, March, 1995.
12. Hay, N., and Taylor, G., Performance and design of labyrinth weirs, Journal of Hydraulic Division, ASCE. Vol. 96, Hy11: 2337 – 2357, November, 1970.
13. Darvas, L.A. 1971, Performance and design of labyrinth weirs, Journal of Hydraulic Engineering., ASCE, 97 (8), 1246 – 1251.
14. Lux, F., Design and Application of Labyrinth Weirs, Design of Hydraulic Structures 89, Balkema, Rotterdam, 1989, ISBN, 90, 6191 – 8987.
15. Magalhaes, A.P. and Lorena, M., 1989, Hydraulic design of labyrinth weirs, Memoria LNEC no 736, Lisboa, 1989.
16. Kumcu, Ş. Y., 1997. Hydraulic characteristics of sharp-crested weirs with application to labyrinth spillways, MSc Thesis, Middle East Technical University, 75p.

EK

Üçgen Labirent Savak, P=20cm																
h(cm)	h/P	h/L ₃	h/L ₂	h/L ₁	h/L ₀	Q ₃ (l/s)	Q ₂ (l/s)	Q ₁ (l/s)	Q ₀ (l/s)	Cd ₃	Cd ₂	Cd ₁	Cd ₀	Q ₃ /Q ₀	Q ₂ /Q ₀	Q ₁ /Q ₀
2.00	0.10	0.03	0.03	0.04	0.05	4.40	3.80	3.02	2.65	0.83	0.82	0.76	0.80	1.66	1.43	1.14
2.50	0.12	0.03	0.04	0.05	0.06	5.89	5.17	4.16	3.64	0.80	0.80	0.75	0.79	1.62	1.42	1.14
3.00	0.15	0.04	0.05	0.06	0.08	7.58	6.60	5.47	4.80	0.78	0.78	0.75	0.79	1.58	1.37	1.14
3.50	0.17	0.05	0.06	0.07	0.09	9.30	8.14	6.87	6.10	0.76	0.76	0.75	0.79	1.52	1.33	1.13
4.00	0.20	0.06	0.07	0.08	0.10	11.06	9.65	8.19	7.27	0.74	0.74	0.73	0.78	1.52	1.32	1.12
4.50	0.22	0.07	0.08	0.10	0.11	13.00	11.40	9.73	8.68	0.73	0.73	0.73	0.78	1.50	1.31	1.12
5.00	0.25	0.08	0.09	0.11	0.13	15.17	13.20	11.40	10.17	0.73	0.72	0.73	0.78	1.49	1.30	1.12
5.50	0.27	0.09	0.10	0.12	0.14	17.50	15.16	13.20	11.74	0.73	0.72	0.73	0.78	1.49	1.29	1.12
6.00	0.30	0.09	0.11	0.13	0.15	20.00	17.25	15.05	13.37	0.73	0.72	0.73	0.78	1.49	1.29	1.12
6.50	0.32	0.10	0.12	0.14	0.16	22.55	19.40	16.89	15.07	0.73	0.72	0.73	0.78	1.49	1.29	1.12
7.00	0.35	0.11	0.13	0.15	0.18	25.09	21.77	18.96	16.85	0.72	0.72	0.73	0.78	1.49	1.29	1.12
7.50	0.37	0.12	0.14	0.16	0.19	27.50	23.80	20.67	18.45	0.72	0.71	0.72	0.77	1.49	1.29	1.12
8.00	0.40	0.12	0.14	0.17	0.20	30.00	26.15	22.79	20.33	0.71	0.71	0.72	0.77	1.47	1.28	1.12
8.50	0.42	0.13	0.15	0.18	0.21	31.89	28.30	24.93	22.26	0.69	0.70	0.72	0.77	1.43	1.27	1.12
9.00	0.45	0.14	0.16	0.19	0.23	34.76	30.27	27.16	24.25	0.69	0.69	0.72	0.77	1.43	1.25	1.12
9.50	0.47	0.15	0.17	0.20	0.24	37.18	32.85	29.10	26.30	0.68	0.69	0.71	0.77	1.41	1.25	1.11
10.00	0.50	0.16	0.18	0.21	0.25	39.56	34.92	31.58	28.40	0.67	0.68	0.71	0.77	1.39	1.23	1.11
10.50	0.52	0.16	0.19	0.22	0.26	42.19	37.20	33.42	30.56	0.66	0.67	0.70	0.77	1.38	1.21	1.09

Üçgen Labirent Savak, P=15cm üçgen																
h(cm)	h/P	h/L ₃	h/L ₂	h/L ₁	h/L ₀	Q ₃ (l/s)	Q ₂ (l/s)	Q ₁ (l/s)	Q ₀ (l/s)	Cd ₃	Cd ₂	Cd ₁	Cd ₀	Q ₃ /Q ₀	Q ₂ /Q ₀	Q ₁ /Q ₀
2.00	0.13	0.03	0.03	0.04	0.05	4.38	3.51	3.24	2.70	0.83	0.76	0.82	0.82	1.62	1.30	1.20
2.50	0.17	0.03	0.04	0.05	0.06	5.97	4.77	4.48	3.73	0.81	0.74	0.81	0.81	1.60	1.28	1.20
3.00	0.20	0.04	0.05	0.06	0.08	7.75	6.19	5.75	4.84	0.80	0.73	0.80	0.80	1.60	1.28	1.19
3.50	0.23	0.05	0.06	0.07	0.09	9.53	7.69	7.14	6.10	0.78	0.72	0.78	0.80	1.56	1.26	1.17
4.00	0.27	0.06	0.07	0.08	0.10	11.34	9.40	8.62	7.46	0.76	0.72	0.77	0.80	1.52	1.26	1.16
4.50	0.30	0.07	0.08	0.10	0.11	13.36	11.06	10.28	8.90	0.75	0.71	0.77	0.80	1.50	1.24	1.15
5.00	0.33	0.08	0.09	0.11	0.13	15.44	12.98	12.04	10.43	0.74	0.71	0.77	0.80	1.48	1.24	1.15
5.50	0.37	0.09	0.10	0.12	0.14	17.60	14.95	13.90	12.03	0.73	0.71	0.77	0.80	1.46	1.24	1.15
6.00	0.40	0.09	0.11	0.13	0.15	20.00	17.00	15.77	13.71	0.73	0.71	0.76	0.80	1.46	1.24	1.15
6.50	0.43	0.10	0.12	0.14	0.16	22.55	19.17	17.56	15.46	0.73	0.71	0.76	0.80	1.46	1.24	1.14
7.00	0.47	0.11	0.13	0.15	0.18	25.05	21.32	19.50	17.20	0.72	0.70	0.75	0.80	1.46	1.24	1.13
7.50	0.50	0.12	0.14	0.16	0.19	27.50	23.47	21.16	18.92	0.72	0.70	0.74	0.79	1.45	1.24	1.12
8.00	0.53	0.12	0.14	0.17	0.20	29.98	25.52	23.05	20.58	0.71	0.69	0.73	0.78	1.45	1.24	1.12
8.50	0.57	0.13	0.15	0.18	0.21	32.37	27.59	24.86	22.25	0.70	0.68	0.72	0.77	1.45	1.24	1.12
9.00	0.60	0.14	0.16	0.19	0.23	34.41	30.00	27.05	24.24	0.68	0.68	0.72	0.77	1.42	1.24	1.11
9.50	0.63	0.15	0.17	0.20	0.24	36.61	32.78	29.10	26.29	0.67	0.68	0.71	0.77	1.39	1.24	1.10
10.00	0.67	0.16	0.18	0.21	0.25	38.95	34.70	31.42	28.40	0.66	0.67	0.71	0.77	1.37	1.22	1.10
10.50	0.70	0.16	0.19	0.22	0.26	41.27	37.00	33.33	30.54	0.65	0.66	0.70	0.77	1.35	1.21	1.09

Trapez Labirent Savak, P=20cm																
h(cm)	h/P	h/L ₃	h/L ₂	h/L ₁	h/L ₀	Q ₃ (l/s)	Q ₂ (l/s)	Q ₁ (l/s)	Q ₀ (l/s)	Cd ₃	Cd ₂	Cd ₁	Cd ₀	Q ₃ /Q ₀	Q ₂ /Q ₀	Q ₁ /Q ₀
2.00	0.10	0.03	0.03	0.04	0.05	4.55	3.45	2.97	2.65	0.86	0.75	0.75	0.80	1.72	1.30	1.12
2.50	0.12	0.03	0.04	0.05	0.06	6.20	4.74	4.10	3.64	0.84	0.73	0.74	0.79	1.70	1.30	1.12
3.00	0.15	0.04	0.05	0.06	0.08	8.06	6.19	5.30	4.80	0.83	0.73	0.73	0.79	1.68	1.29	1.10
3.50	0.17	0.05	0.06	0.07	0.09	10.12	7.78	6.71	6.10	0.82	0.72	0.73	0.79	1.66	1.28	1.10
4.00	0.20	0.06	0.07	0.08	0.10	12.07	9.27	8.06	7.27	0.81	0.71	0.72	0.78	1.66	1.28	1.10
4.50	0.22	0.07	0.08	0.10	0.11	14.09	11.06	9.48	8.68	0.79	0.71	0.71	0.78	1.62	1.27	1.09
5.00	0.25	0.08	0.09	0.11	0.13	16.27	12.96	11.11	10.17	0.78	0.71	0.71	0.78	1.60	1.27	1.09
5.50	0.27	0.09	0.10	0.12	0.14	18.78	14.95	12.81	11.74	0.78	0.71	0.71	0.78	1.60	1.27	1.09
6.00	0.30	0.09	0.11	0.13	0.15	21.13	17.03	14.60	13.37	0.77	0.71	0.71	0.78	1.58	1.27	1.09
6.50	0.32	0.10	0.12	0.14	0.16	23.50	19.13	16.42	15.07	0.76	0.70	0.71	0.78	1.56	1.27	1.09
7.00	0.35	0.11	0.13	0.15	0.18	25.92	21.39	18.36	16.85	0.75	0.70	0.71	0.78	1.54	1.27	1.09
7.50	0.37	0.12	0.14	0.16	0.19	28.36	23.47	20.13	18.45	0.74	0.70	0.70	0.77	1.54	1.27	1.09
8.00	0.40	0.12	0.14	0.17	0.20	30.40	25.86	22.17	20.33	0.72	0.70	0.70	0.77	1.50	1.27	1.09
8.50	0.42	0.13	0.15	0.18	0.21	32.83	28.32	24.28	22.26	0.71	0.70	0.70	0.77	1.48	1.27	1.09
9.00	0.45	0.14	0.16	0.19	0.23	35.20	30.86	26.45	24.25	0.70	0.70	0.70	0.77	1.45	1.27	1.09
9.50	0.47	0.15	0.17	0.20	0.24	37.16	33.47	28.27	26.30	0.68	0.70	0.69	0.77	1.43	1.27	1.07
10.00	0.50	0.16	0.18	0.21	0.25	39.54	36.14	30.54	28.40	0.67	0.70	0.69	0.77	1.39	1.27	1.07
10.50	0.52	0.16	0.19	0.22	0.26	41.91	38.83	32.38	30.56	0.66	0.69	0.68	0.77	1.37	1.27	1.06

Trapez Labirent Savak, P=15cm																
h(cm)	h/P	h/L ₃	h/L ₂	h/L ₁	h/L ₀	Q ₃ (l/s)	Q ₂ (l/s)	Q ₁ (l/s)	Q ₀ (l/s)	Cd ₃	Cd ₂	Cd ₁	Cd ₀	Q ₃ /Q ₀	Q ₂ /Q ₀	Q ₁ /Q ₀
2.00	0.13	0.03	0.03	0.04	0.05	4.67	3.67	3.10	2.70	0.87	0.80	0.78	0.82	1.73	1.36	1.15
2.50	0.17	0.03	0.04	0.05	0.06	6.29	5.00	4.25	3.73	0.85	0.78	0.77	0.81	1.69	1.34	1.14
3.00	0.20	0.04	0.05	0.06	0.08	8.07	6.42	5.47	4.84	0.83	0.76	0.75	0.80	1.67	1.32	1.13
3.50	0.23	0.05	0.06	0.07	0.09	10.00	8.00	6.78	6.10	0.82	0.75	0.74	0.80	1.64	1.31	1.11
4.00	0.27	0.06	0.07	0.08	0.10	11.90	9.60	8.17	7.46	0.80	0.74	0.73	0.80	1.60	1.29	1.10
4.50	0.30	0.07	0.08	0.10	0.11	13.93	11.32	9.74	8.90	0.78	0.73	0.73	0.80	1.57	1.27	1.09
5.00	0.33	0.08	0.09	0.11	0.13	15.94	13.10	11.42	10.43	0.76	0.72	0.72	0.80	1.53	1.26	1.09
5.50	0.37	0.09	0.10	0.12	0.14	17.78	14.97	13.09	12.03	0.74	0.71	0.72	0.80	1.48	1.24	1.09
6.00	0.40	0.09	0.11	0.13	0.15	19.98	17.00	14.95	13.71	0.73	0.71	0.71	0.80	1.46	1.24	1.09
6.50	0.43	0.10	0.12	0.14	0.16	22.20	19.25	16.67	15.46	0.72	0.71	0.71	0.80	1.44	1.24	1.08
7.00	0.47	0.11	0.13	0.15	0.18	24.15	21.33	18.40	17.20	0.70	0.70	0.71	0.80	1.41	1.24	1.07
7.50	0.50	0.12	0.14	0.16	0.19	26.40	23.49	20.32	18.92	0.69	0.70	0.70	0.79	1.40	1.24	1.07
8.00	0.53	0.12	0.14	0.17	0.20	28.68	25.52	22.18	20.58	0.68	0.69	0.70	0.78	1.39	1.24	1.07
8.50	0.57	0.13	0.15	0.18	0.21	30.92	27.58	23.80	22.25	0.67	0.68	0.69	0.77	1.39	1.24	1.07
9.00	0.60	0.14	0.16	0.19	0.23	33.18	29.92	25.94	24.24	0.66	0.68	0.69	0.77	1.37	1.23	1.07
9.50	0.63	0.15	0.17	0.20	0.24	35.10	32.00	28.20	26.29	0.64	0.67	0.69	0.77	1.34	1.21	1.07
10.00	0.67	0.16	0.18	0.21	0.25	36.92	34.00	30.00	28.40	0.63	0.66	0.68	0.77	1.30	1.20	1.06
10.50	0.70	0.16	0.19	0.22	0.26	38.73	36.08	32.39	30.54	0.61	0.65	0.68	0.77	1.27	1.18	1.06

Dikdörtgen Labirent Savak, P=20cm																
h(cm)	h/P	h/L ₃	h/L ₂	h/L ₁	h/L ₀	Q ₃ (l/s)	Q ₂ (l/s)	Q ₁ (l/s)	Q ₀ (l/s)	Cd ₃	Cd ₂	Cd ₁	Cd ₀	Q ₃ /Q ₀	Q ₂ /Q ₀	Q ₁ /Q ₀
2.00	0.10	0.03	0.03	0.04	0.05	3.95	3.47	3.03	2.65	0.74	0.75	0.76	0.80	1.49	1.31	1.14
2.50	0.12	0.03	0.04	0.05	0.06	5.39	4.75	4.13	3.64	0.73	0.74	0.75	0.79	1.48	1.30	1.13
3.00	0.15	0.04	0.05	0.06	0.08	7.00	6.11	5.33	4.80	0.72	0.72	0.73	0.79	1.46	1.27	1.11
3.50	0.17	0.05	0.06	0.07	0.09	8.68	7.56	6.74	6.10	0.71	0.70	0.73	0.79	1.42	1.24	1.10
4.00	0.20	0.06	0.07	0.08	0.10	10.32	9.00	8.03	7.27	0.69	0.69	0.72	0.78	1.42	1.24	1.10
4.50	0.22	0.07	0.08	0.10	0.11	12.31	10.50	9.37	8.68	0.69	0.67	0.70	0.78	1.42	1.21	1.08
5.00	0.25	0.08	0.09	0.11	0.13	14.16	12.00	10.76	10.17	0.68	0.66	0.69	0.78	1.39	1.18	1.06
5.50	0.27	0.09	0.10	0.12	0.14	16.10	13.87	12.47	11.74	0.67	0.65	0.69	0.78	1.37	1.18	1.06
6.00	0.30	0.09	0.11	0.13	0.15	17.84	15.49	14.21	13.37	0.65	0.64	0.69	0.78	1.33	1.16	1.06
6.50	0.32	0.10	0.12	0.14	0.16	19.74	17.33	16.03	15.07	0.64	0.64	0.69	0.78	1.31	1.15	1.06
7.00	0.35	0.11	0.13	0.15	0.18	21.90	19.37	17.90	16.85	0.63	0.64	0.69	0.78	1.30	1.15	1.06
7.50	0.37	0.12	0.14	0.16	0.19	23.99	21.22	19.69	18.45	0.63	0.63	0.69	0.77	1.30	1.15	1.06
8.00	0.40	0.12	0.14	0.17	0.20	26.44	23.25	21.56	20.33	0.63	0.63	0.68	0.77	1.30	1.14	1.06
8.50	0.42	0.13	0.15	0.18	0.21	28.67	25.46	23.60	22.26	0.62	0.63	0.68	0.77	1.29	1.14	1.06
9.00	0.45	0.14	0.16	0.19	0.23	30.74	27.65	25.70	24.25	0.61	0.63	0.68	0.77	1.27	1.14	1.06
9.50	0.47	0.15	0.17	0.20	0.24	32.79	29.90	27.80	26.30	0.60	0.62	0.68	0.77	1.24	1.14	1.06
10.00	0.50	0.16	0.18	0.21	0.25	34.82	32.00	30.00	28.40	0.59	0.62	0.67	0.77	1.22	1.12	1.05
10.50	0.52	0.16	0.19	0.22	0.26	36.83	34.45	31.89	30.56	0.58	0.62	0.66	0.77	1.20	1.13	1.04

Dikdörtgen Labirent Savak, P=15cm																
h(cm)	h/P	h/L ₃	h/L ₂	h/L ₁	h/L ₀	Q ₃ (l/s)	Q ₂ (l/s)	Q ₁ (l/s)	Q ₀ (l/s)	Cd ₃	Cd ₂	Cd ₁	Cd ₀	Q ₃ /Q ₀	Q ₂ /Q ₀	Q ₁ /Q ₀
2.00	0.13	0.03	0.03	0.04	0.05	4.46	3.84	3.25	2.70	0.85	0.83	0.82	0.82	1.65	1.42	1.20
2.50	0.17	0.03	0.04	0.05	0.06	6.07	5.18	4.38	3.73	0.82	0.80	0.79	0.81	1.63	1.39	1.17
3.00	0.20	0.04	0.05	0.06	0.08	7.76	6.60	5.61	4.84	0.80	0.78	0.77	0.80	1.60	1.36	1.16
3.50	0.23	0.05	0.06	0.07	0.09	9.52	8.07	6.88	6.10	0.78	0.76	0.75	0.80	1.56	1.32	1.13
4.00	0.27	0.06	0.07	0.08	0.10	11.33	9.54	8.29	7.46	0.76	0.73	0.74	0.80	1.52	1.28	1.11
4.50	0.30	0.07	0.08	0.10	0.11	13.08	11.07	9.76	8.90	0.73	0.71	0.73	0.80	1.47	1.24	1.09
5.00	0.33	0.08	0.09	0.11	0.13	14.90	12.60	11.27	10.43	0.71	0.69	0.72	0.80	1.43	1.21	1.08
5.50	0.37	0.09	0.10	0.12	0.14	16.85	14.57	12.97	12.03	0.70	0.69	0.72	0.80	1.40	1.21	1.08
6.00	0.40	0.09	0.11	0.13	0.15	18.66	16.21	14.61	13.71	0.68	0.67	0.71	0.80	1.36	1.18	1.06
6.50	0.43	0.10	0.12	0.14	0.16	20.42	18.12	16.39	15.46	0.66	0.67	0.71	0.80	1.32	1.17	1.06
7.00	0.47	0.11	0.13	0.15	0.18	22.47	19.95	18.22	17.20	0.65	0.66	0.70	0.80	1.30	1.16	1.06
7.50	0.50	0.12	0.14	0.16	0.19	24.42	21.81	20.17	18.92	0.64	0.65	0.70	0.79	1.29	1.15	1.06
8.00	0.53	0.12	0.14	0.17	0.20	26.19	23.64	21.82	20.58	0.62	0.64	0.69	0.78	1.27	1.15	1.06
8.50	0.57	0.13	0.15	0.18	0.21	27.61	25.10	23.57	22.25	0.60	0.62	0.68	0.77	1.24	1.13	1.06
9.00	0.60	0.14	0.16	0.19	0.23	29.73	27.49	25.81	24.24	0.59	0.62	0.68	0.77	1.23	1.13	1.06
9.50	0.63	0.15	0.17	0.20	0.24	31.80	29.17	27.46	26.29	0.58	0.61	0.67	0.77	1.21	1.11	1.04
10.00	0.67	0.16	0.18	0.21	0.25	33.49	31.50	29.66	28.40	0.56	0.61	0.67	0.77	1.18	1.10	1.04
10.50	0.70	0.16	0.19	0.22	0.26	35.05	33.33	31.91	30.54	0.55	0.60	0.67	0.77	1.15	1.09	1.04

Dairesel Labirent Savak, P=20 cm																
h(cm)	h/P	h/L ₃	h/L ₂	h/L ₁	h/L ₀	Q ₃ (l/s)	Q ₂ (l/s)	Q ₁ (l/s)	Q ₀ (l/s)	Cd ₃	Cd ₂	Cd ₁	Cd ₀	Q ₃ /Q ₀	Q ₂ /Q ₀	Q ₁ /Q ₀
2.00	0.10	0.03	0.03	0.04	0.05	4.44	3.87	3.50	2.65	0.84	0.84	0.88	0.80	1.67	1.46	1.32
2.50	0.12	0.03	0.04	0.05	0.06	5.97	5.35	4.75	3.64	0.81	0.83	0.86	0.79	1.64	1.46	1.31
3.00	0.15	0.04	0.05	0.06	0.08	7.76	6.96	6.19	4.80	0.80	0.82	0.85	0.79	1.61	1.45	1.29
3.50	0.17	0.05	0.06	0.07	0.09	9.68	8.66	7.86	6.10	0.79	0.81	0.85	0.79	1.59	1.42	1.29
4.00	0.20	0.06	0.07	0.08	0.10	11.59	10.31	9.43	7.27	0.78	0.79	0.85	0.78	1.59	1.42	1.29
4.50	0.22	0.07	0.08	0.10	0.11	13.54	12.16	11.21	8.68	0.76	0.78	0.84	0.78	1.56	1.40	1.29
5.00	0.25	0.08	0.09	0.11	0.13	15.44	14.24	13.15	10.17	0.74	0.78	0.84	0.78	1.52	1.40	1.29
5.50	0.27	0.09	0.10	0.12	0.14	17.68	16.43	15.17	11.74	0.73	0.78	0.84	0.78	1.51	1.40	1.29
6.00	0.30	0.09	0.11	0.13	0.15	19.47	18.80	17.28	13.37	0.71	0.78	0.84	0.78	1.45	1.40	1.29
6.50	0.32	0.10	0.12	0.14	0.16	21.65	20.80	19.49	15.07	0.70	0.77	0.84	0.78	1.43	1.40	1.29
7.00	0.35	0.11	0.13	0.15	0.18	23.85	22.99	21.26	16.85	0.69	0.76	0.82	0.78	1.41	1.37	1.26
7.50	0.37	0.12	0.14	0.16	0.19	26.07	24.82	23.29	18.45	0.68	0.74	0.81	0.77	1.41	1.35	1.26
8.00	0.40	0.12	0.14	0.17	0.20	27.87	26.60	25.02	20.33	0.66	0.72	0.79	0.77	1.37	1.31	1.23
8.50	0.42	0.13	0.15	0.18	0.21	29.66	28.33	26.71	22.26	0.64	0.70	0.77	0.77	1.33	1.28	1.20
9.00	0.45	0.14	0.16	0.19	0.23	31.74	30.43	28.35	24.25	0.63	0.69	0.75	0.77	1.31	1.26	1.17
9.50	0.47	0.15	0.17	0.20	0.24	33.88	32.52	30.33	26.30	0.62	0.68	0.74	0.77	1.29	1.24	1.15
10.00	0.50	0.16	0.18	0.21	0.25	36.00	34.60	32.30	28.40	0.61	0.67	0.73	0.77	1.27	1.22	1.14
10.50	0.52	0.16	0.19	0.22	0.26	38.10	36.10	34.48	30.56	0.60	0.65	0.72	0.77	1.25	1.18	1.13

Dairesel Labirent Savak, P=15cm																
h(cm)	h/P	h/L ₃	h/L ₂	h/L ₁	h/L ₀	Q ₃ (l/s)	Q ₂ (l/s)	Q ₁ (l/s)	Q ₀ (l/s)	Cd ₃	Cd ₂	Cd ₁	Cd ₀	Q ₃ /Q ₀	Q ₂ /Q ₀	Q ₁ /Q ₀
2.00	0.13	0.03	0.03	0.04	0.05	3.96	3.65	3.16	2.70	0.75	0.79	0.80	0.82	1.47	1.35	1.17
2.50	0.17	0.03	0.04	0.05	0.06	5.39	5.04	4.25	3.73	0.73	0.78	0.77	0.81	1.45	1.35	1.14
3.00	0.20	0.04	0.05	0.06	0.08	6.89	6.54	5.53	4.84	0.71	0.77	0.76	0.80	1.43	1.35	1.14
3.50	0.23	0.05	0.06	0.07	0.09	8.68	8.13	7.00	6.10	0.71	0.76	0.76	0.80	1.42	1.33	1.14
4.00	0.27	0.06	0.07	0.08	0.10	10.60	9.93	8.52	7.46	0.71	0.76	0.76	0.80	1.42	1.33	1.14
4.50	0.30	0.07	0.08	0.10	0.11	12.65	11.85	10.16	8.90	0.71	0.76	0.76	0.80	1.42	1.33	1.14
5.00	0.33	0.08	0.09	0.11	0.13	14.61	13.88	11.90	10.43	0.70	0.76	0.76	0.80	1.40	1.33	1.14
5.50	0.37	0.09	0.10	0.12	0.14	16.60	15.85	13.73	12.03	0.69	0.75	0.76	0.80	1.38	1.32	1.14
6.00	0.40	0.09	0.11	0.13	0.15	18.66	17.76	15.64	13.71	0.68	0.74	0.76	0.80	1.36	1.30	1.14
6.50	0.43	0.10	0.12	0.14	0.16	20.42	19.49	17.63	15.46	0.66	0.72	0.76	0.80	1.32	1.26	1.14
7.00	0.47	0.11	0.13	0.15	0.18	22.13	21.18	19.14	17.20	0.64	0.70	0.74	0.80	1.29	1.23	1.12
7.50	0.50	0.12	0.14	0.16	0.19	24.15	23.13	20.78	18.92	0.63	0.69	0.72	0.79	1.27	1.22	1.10
8.00	0.53	0.12	0.14	0.17	0.20	25.76	24.76	22.62	20.58	0.61	0.67	0.71	0.78	1.25	1.20	1.10
8.50	0.57	0.13	0.15	0.18	0.21	27.75	26.71	24.28	22.25	0.60	0.66	0.70	0.77	1.24	1.20	1.10
9.00	0.60	0.14	0.16	0.19	0.23	29.23	28.35	26.46	24.24	0.58	0.64	0.70	0.77	1.21	1.17	1.10
9.50	0.63	0.15	0.17	0.20	0.24	31.36	29.80	29.00	26.29	0.57	0.62	0.70	0.77	1.19	1.14	1.10
10.00	0.67	0.16	0.18	0.21	0.25	33.38	32.00	31.31	28.40	0.57	0.62	0.70	0.77	1.17	1.13	1.10
10.50	0.70	0.16	0.19	0.22	0.26	35.81	34.43	33.00	30.54	0.57	0.62	0.69	0.77	1.17	1.13	1.08