

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**RADYAL KAPAKLI SAVAKLI BARAJDAN 15
SAFHALI TAŞKIN ÖTELEME İŞLETMESİ**

**Tezi Hazırlayan
Hatice ÇITAKOĞLU**

**Tez Danışmanı
Prof. Dr. Tefaruk Haktanır**

**İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi**

**Bu çalışma Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından
FBY-10-2906 kodlu proje ile desteklenmiştir.**

**Haziran 2010
KAYSERİ**

Prof. Dr. Tefaruk HAKTANIR danışmanlığında **Hatice ÇITAKOĞLU** tarafından hazırlanan “**Radyal Kapaklı Savaklı Barajdan 15 Safhalı Taşkın Öteleme İşletmesi**” adlı bu çalışma, jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında **Yüksek Lisans** tezi olarak kabul edilmiştir.

25.06.2010

JÜRİ:

Başkan : Prof. Dr. Tefaruk Haktanır

Üye : Doç. Dr. Mehmet Ardıçlıoğlu

Üye : Doç. Dr. Özgür Kişi

ONAY :

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun 29./06./2010 tarih ve 2010/21-03 sayılı kararı ile onaylanmıştır.

29./06/2010



N. Aygildiz

Prof. Dr. Nusret AYYILDIZ
Müdür

TEŞEKKÜR

Tez konumun seçiminde, çalışmalarım sırasında bana her türlü yardımda bulunan ve verdiği değerli bilgilerle beni aydınlatan Sayın Hocam Prof. Dr Tefaruk Haktanır' a teşekkürlerimi içtenlikle sunmayı bir borç bilirim.

Tez çalışması boyunca bana verdiği manevi destek, göstermiş olduğu sabır ve anlayıştan dolayı değerli aileme teşekkürü bir borç bilirim.

RADYAL KAPAKLI SAVAKLI BARAJDAN 15 SAFHALI TAŞKIN ÖTELEME İŞLETMESİ

Hatice ÇITAKOĞLU

Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi, Haziran 2010

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Tefaruk HAKTANIR

ÖZET

Yetersiz taşkın-uyarı sistemine sahip havzalara uygulanma amacıyla, kapaklı savağı bulunan barajlardan, çok küçük boyutlulardan muhtemel maksimum taşkın (MMT)’a kadar bütün taşkınların ötelenmesi için 15-safhalı işletme kuralları geliştirilmiştir. MMT’nın 0.05, 0.10, 0.15, 0.20, 0.25, 0.30, 0.35, 0.40, 0.45, 0.50, 0.60, 0.70, 0.80, 0.90, ve 1.00 oranlarıyla çarpılmasıyla 15 adet karar taşkınları hesaplanmaktadır. Önce, barajın taşkın öteleme hacminin aynı oranlardaki kısımları bu 15 farklı karar hidrograflarına ayrılmakta, öteleme hesapları sonucu, 15 kritik göl su kotu ve 15 savak kapak altı açıklığı belirlenmektedir. Baraja gelen taşkın MMT ise, bunun $0.05 \times \text{MMT}$ ’a eşit olduğu varsayımıyla işletmeye başlanacak, birinci kritik göl kotuna kadar birinci safhanın kapak altı açıklığı uygulanacak, diğer ara safhaların kuralları da uygulandıktan sonra, göl su kotu 14.üncü kritik kotu geçtiğinde kapak altı açıklığı 15.inci safhaninkine arttırılacak, ve maksimum göl su kotu yine sedde kret kotunun hava payı kadar altında kalacaktır. Sonra, düzenli bir sıra içinde, ilk safhaların kapak altı açıklıkları daraltılıp bunların kritik kotları yukarılara doğru yükseltilerek, küçük boyutlu taşkınların daha etkin bir azaltmayla ötelenmeleri, MMT’a yakın ve MMT gibi büyük boyutlu taşkınların ötelemesinde ise daha büyük debilerin bırakılması amacı ile birkaç farklı 15-safhalı işletme kuralları da hesaplanmakta, böylece 15-safhalı işletme için değişik opsiyonlar sunulmaktadır. Geliştirilen model birkaç baraja uygulanmış olup, taşkın öteleme hacmi büyük barajlarda başarılı olduğu gözlenmişken, taşkın öteleme kapasitesi küçük barajlarda da makul sonuçlar verdiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Kapaklı savaklı barajdan taşkın ötelemesi, taşkın ötelemesi için safhalı kapak işletmesi.

FIFTEEN-STAGE FLOOD ROUTING OPERATION FROM A DAM HAVING A RADIAL-GATED SPILLWAY

Hatice ÇITAKOĞLU

Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences

M.Sc. Thesis, June 2010

Thesis Supervisor: Prof.Dr. Tefaruk Haktanır

ABSTRACT

Intended for basins having ineffective flood-warning systems, 15-stage operation rules are determined for routing of all floods from very small magnitudes up to the probable maximum flood (PMF) for dams having gated spillways. 15 numbers of decision floods are decided on as: 0.05, 0.10, 0.15, 0.20, 0.25, 0.30, 0.35, 0.40, 0.45, 0.50, 0.60, 0.70, 0.80, 0.90, and 1.00 times that of PMF. First, portions of the flood-retention storage with the same ratios are allocated to those 15 decision hydrographs, and through a cycle of routing calculations, 15 critical lake levels and 15 spillway gate openings are determined. If the incoming flood is PMF, the fixed set of operation rules will begin with assuming it were $0.05 \times \text{PMF}$ and apply the gate opening of the first stage up to the first critical lake level, and by applying the operation rules of the intermediate stages, the gate opening will be enlarged to that of the 15th stage when the lake level overpasses the 14th critical level, and still the maximum water surface elevation will remain below the dam crest elevation by the freeboard. Next, in an orderly cycle, a few more 15-stage operation rules are determined such that the gate openings of the initial stages are encroached and their critical levels are pushed upwards stepwise with the objective of attenuating the smaller floods more effectively while releasing higher outflows for larger floods close to and including the PMF. Hence, many 15-stage flood routing operation options are offered. The developed model is applied to many dams; and, although it is successful for those with a considerably large flood-routing storage, it gives reasonable results for dams with little flood-retention capacity, also.

Key words: flood routing from gated dams, stepwise gate operation for flood routing

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY.....	i
TEŞEKKÜR.....	ii
ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	iv
İÇİNDEKİLER	v
KISALTMALAR VE SİMGELER.....	vii
TABLolar LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ	x
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2	5
RADYAL KAPAKLI BARAJLARDA TAŞKIN İŞLETMESİ VE İLGİLİ	
LİTERATÜR	5
2.1. Radyal Kapağı Olan Savaklı Barajlar	5
2.2. Taşkın Ve Taşkın İşletimine Genel Bakış.....	5
2.3. Taşkın İşletimi Üzerine Daha Önce Yapılan Çalışmalar	6
BÖLÜM 3	10
RADYAL KAPAKLI BARAJLARDA SAVAK DEBİSİ VE ÖTELEME HESAPLARI	
VE 15 SAFHALI İŞLETME MODELİ.....	10
3.1. Radyal Kapaklı Savaklarda Kapağın Tam Açık Olduğu Duruma Göre Debi Hesabı	
.....	10
3.2. Radyal Kapaklı Savaklarda Kapak Altı Açıklığına Göre Savaklanan Debinin	
Hesabı.....	18
3.3. Radyal Kapaklı Savaklarda Kapak Üst Kotu Hesabı.....	22
3.4. Düzenli Taşkın Öteleme Şartları.....	25
3.5. Yamula Akım Rasat İstasyonunda Kaydedilmiş Yıllık Taşkın Pikleri Serisi İle	
Frekans Analizi	26
3.6. 15 Safhalı Kapaklı Savak İşletme Modeli.....	27
3.6.1. Katastrofal Taşkın ve 15 Karar Taşkın Hesabı	27
3.6.2. Taşkın Debilerinin Bir kesitten Diğerine Taşınması.....	29
3.6.3. 15 Safhalı Taşkın Öteleme Modelinin Algoritması	29

3.7. Kritik Seviyeleri Ve Kapak Açıklık Kurallarını Tanımlayan Algoritma.....	34
3.8. Her Bir Safhada Öteleme İçin Algoritma.....	38
BÖLÜM 4	40
15 SAFHALI KAPAKLI SAVAK İŞLETME MODELİNİN ÜLKEMİZDEKİ BAZI BARAJLARA UYGULANMASI	40
4.1. Barajların ve Rezervuarların Dataları	40
4.2. Muhtemel Maksimum (Katastrofal) Taşkınların Hesabı	43
4.3. Ara Havzanın Katastrofal Taşkın Hidrografının Hesabı.....	44
4.4. 15 Safhalı Kapaklı Savak İşletme Modelinin Uygulanması	50
4.4.1 Yamula Barajı Birinci Opsiyon.....	60
4.4.2. Yamula Barajı İkinci Opsiyon	75
4.4.3 Bayramhacılı Barajı Birinci Opsiyon.....	80
4.4.4 Bayramhacılı Barajı İkinci Opsiyon.....	85
4.4.5 Çatalan Barajı Birinci Opsiyon	90
4.4.6 Çatalan Barajı İkinci Opsiyon.....	95
4.4.7. Seyhan Barajı Birinci Opsiyon.....	100
4.4.8. Seyhan Barajı İkinci Opsiyon	105
BÖLÜM 5	113
SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR	113
KAYNAKLAR	115
EKLER.....	118
ÖZGEÇMİŞ	125

KISALTMALAR VE SİMGELER

$A_{(o \text{ kesit})}$	: O kesite göre o nehrin drenaj alanı (km^2),
A_{1501}	: 1501 nolu istasyon kesitine göre Kızılırmak Nehrinin drenaj alanı
A_{1532}	: 1532 nolu istasyon kesitine göre Kızılırmak Nehrinin drenaj alanı
BB	: Bayramhacılı Barajı
C	: Kapakların tam açık halinde net savaklanan debi katsayısı ($\text{m}^{1/2}/\text{sn}$)
C_o	: Kapakların tam açık halinde H_o 'a karşılık gelen savaklanan debi katsayısı
C^*	: Kapakların yarı açık halinde kapak altı açıklığının savak eşik kotuna göre su derinliği oranına bağlı deşarj katsayısı
C_{mya}/C_o	: Kapakların tam açık halinde savak memba yüzü açısı için düzeltme katsayısı
C_h/C_o	: Kapakların tam açık halinde H_o 'dan farklı herhangi bir göl su kotu için düzeltme katsayısı
C_{ap}/C_o	: Kapakların tam açık halinde savağın mansap ucunda apron etkisi için düzeltme katsayısı
C_s/C_o	: Kapakların tam açık halinde savaklanan su yüzü profiline etki eden batıklık etkisi için düzeltme katsayısı
ÇB	: Çatalan Barajı
$Q_{(o \text{ kesit})}$	: O kesitteki taşkın debisi (m^3/sn)
DS1	: 1.inci karar taşkını ($Q1 = (0.05) \times Q_K$) için ayrılan tahmini ara hacmi
DS_i	: i ninci adım sonunda Δt saat süresinde göl su hacminde oluşan artış veya azalışı ifade eder (m^3)
g	: Yerçekimi ivmesi (m/sn^2)
He	: Gerçek su yüksekliği (m)
H_1	: Göl su kotu ile savak eşik kotu arasındaki su derinliği (m)
H_2	: Savak eşik kotuna göre göldeki su derinliği ile kapak altı açıklığı arasındaki fark (m)
H_o	: Savak tasarım debisinin savaklanmasında göl su kotu ile savak eşik kotu arasındaki su derinliği (m)
H_{maks1}	: $Q1$ 'in ötelenmesi sonunda oluşan maksimum göl su kotu (m)

Hmaksj	: j.inci karar taşkınının ötelenmesinde oluşan maksimum göl su kotu (m)
I	: Gelen hidrograf (m ³ /s)
K _p	: Efektif savak genişliği hesabında orta ayaklara ait büzülme faktörü
K _a	: Efektif savak genişliği hesabında kenar ayaklara ait büzülme faktörü
KKÜK	: Kapak kapalı iken üst ucunun kotu (m)
KMK	: Kapak mesnet merkezinin kotu (m)
KÜK	: Kapak açık iken kapak üst uç kotu (m)
L	: Kapak kolonları çıkarılarak savak genişliği (m)
L'	: Net savak genişliği (m)
L _e	: Efektif savak genişliği (m)
N	: Orta ayak sayısı (adet)
O	: Çıkan hidrograf (m ³ /s)
QSP _j (H _i)	: j ninci savağın kot-debi ilişkisini temsil eden terim
P	: Savak Yüksekliği (m)
Q	: Savaklanan debi (m ³ /sn)
Sb	: Faydalı hacim + ölü hacim
SB	: Seyhan Barajı
Smaks	: Üst limiti kotu olan Hül'teki rezervuar hacmi
SHP	: Savak hava payı (m).
SEK	: Savak eşik kotu (m)
ΔP	: Savak memba ve mansap uç noktaları kot farkı (m)
YB	: Yamula Barajı

TABLolar LİSTESİ

Tablo 4.1.	Barajlara Ait Bazı Özellikler.....	42
Tablo 4.2.	1532 ve 1501 Nolu Akım Rasat İstasyonlarında EİEİ Genel Müdürlüğü Tarafından Kaydedilmiş Olan Yıllık Alık Maksimum Akımlar Verileri Arasında Minitab Paket Programı Kullanılarak Yapılan Regresyon Analizi Çıktısı.....	44
Tablo 4.3.	On Beş Safhalı Kapaklı Savak İşletme Modeli İle Yamula Ve Bayramhacılı Barajları İçin Belirlenen Kritik Göl Su Kotu Ve Kapak Altı Açıklıkları...	57
Tablo 4.4.	On Beş Safhalı Kapaklı Savak İşletme Modeli İle Çatalan Ve Seyhan Barajları İçin Belirlenen Kritik Göl Su Kotu Ve Kapak Altı Açıklıkları.....	58

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3.1.	Kapaklar Tam Açık Halde Serbest Savaklanan Tasarım Debisi İçin Katsayısı Abağı.....	12
Şekil 3.2.	Kapaklar Tam Açık Halde Tasarım Debisinden Farklı Debiler İçin Düzeltme Katsayısı Abağı.....	13
Şekil 3.3.	Kapaklar Tam Açık Halde Savak Ön Yüz Açısı İçin Düzeltme Katsayısı Abağı.....	13
Şekil 3.4.	Kapaklar Tam Açık Halde Mansap Eteği Etkisi Düzeltme Katsayısı Abağı.....	14
Şekil 3.5.	Kapaklar Tam Açık Halde Serbest Savaklanan Debilerde Mansapta Hidrolik Sıçrama Etkisi İçin Düzeltme Katsayısı Abağı.....	15
Şekil 3.6.	Yarı Açık Radyal Kapaklı Savaklarda Debi Katsayısı Abağı.....	18
Şekil 3.7.	Seyhan Barajı Yedek Dolu Savağı Deneyleri Sonucunda Çıkarılmış Olan (Debi) – (Göl Su Kotu) İlişkileri.....	19
Şekil 3.8.	Radyal Kapağın Tam Kapalı Halinde Geometrik Konumun Ve Bazı İlgili Açılarının Görünümü (SEK: Savak Eşik Kotu).....	23
Şekil 3.9.	Radyal Kapaklı Savağın Kapak Altı Açıklığı D Mesafe Kadar Açılmış Halinde Geometrik Konumun Ve Bazı İlgili Açılarının Görünümü.....	24
Şekil 3.10.	On Beş Safhalı Taşkın Öteleme Modelinin Şematik İfadesi.....	27
Şekil 4.1.a.	Yamula Barajı Savağı.....	41
Şekil 4.1.b.	Bayramhacılı Barajı Savağı.....	42
Şekil 4.2.	Yamula Barajının Köprü Ayakları.....	43
Şekil 4.3.	Kızılırmak Havzasında; 1501, 1532ve BB Nolu Akım Rasat İstasyonlarının Konumları	49
Şekil 4.4.	Seyhan Havzasında; 1801, 1805, 1806 Ve 1818 Nolu Akım Rasat İstasyonlarının Konumları	50
Şekil 4.5.-a	Yamula Barajı kati projelerinde $\Delta t = 12$ saat aralıklarda verilmiş olan Muhtemel Maksimum Taşkın Hidrografları.....	51
Şekil 4.5.-b	Çatalan Barajları kati projelerinde $\Delta t = 12$ saat aralıklarda verilmiş olan Muhtemel Maksimum Taşkın Hidrografları.....	51

Şekil 4.6.-a	Yamula Barajı' nın muhtemel maksimum taşkın hidrograflarının DIV.for programı yardımıyla 15 sayfaya bölünmesi.....	52
Şekil 4.6.-b	Çatalan Barajı' nın muhtemel maksimum taşkın hidrograflarının DIV.for programı yardımıyla 15 sayfaya bölünmesi.....	53
Şekil 4.7.-a	Yamula Barajı' nın Toplam Taşkın Ötelenme Hacminin 15 Safhalı Taşkın Ötelenme Modelinde Ara Taşkın Öteleme Hacimlerine Bölünmesi.....	54
Şekil 4.7.-b	Çatalan Barajı' nın Toplam Taşkın Ötelenme Hacminin 15 Safhalı Taşkın Ötelenme Modelinde Ara Taşkın Öteleme Hacimlerine Bölünmesi.....	54
Şekil 4.7.-c	Bayramhacılı Barajı' nın Toplam Taşkın Ötelenme Hacminin 15 Safhalı Taşkın Ötelenme Modelinde Ara Taşkın Öteleme Hacimlerine Bölünmesi.....	55
Şekil 4.7.-d	Seyhan Barajı' nın Toplam Taşkın Ötelenme Hacminin 15 Safhalı Taşkın Ötelenme Modelinde Ara Taşkın Öteleme Hacimlerine Bölünmesi.....	55
Şekil 4.8.	Fd7 ve Fsr6 Programlarına Genel Bakış Diyagramı.....	49
Şekil 4.9.a.	Yamula Barajı' ndan 0.05 MMT' nin Ötelenmesi.....	60
Şekil 4.9.b.	Yamula Barajı' ndan 0.05 MMT' nin Ötelenmesi Anında Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	60
Şekil 4.10.a.	Yamula Barajı' ndan 0.10 MMT' nin Ötelenmesi.....	61
Şekil 4.10.b.	Yamula Barajı' ndan 0.10 MMT' nin Ötelenmesi Anında Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	61
Şekil 4.11.a.	Yamula Barajı' ndan 0.15 MMT' nin Ötelenmesi.....	62
Şekil 4.11.b.	Yamula Barajı' ndan 0.15 MMT' nin Ötelenmesi Anında Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	62
Şekil 4.12.a.	Yamula Barajı' ndan 0.20 MMT' nin Ötelenmesi.....	63
Şekil 4.12.b.	Yamula Barajı' ndan 0.20 MMT' nin Ötelenmesi Anında Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	63
Şekil 4.13.a.	Yamula Barajı' ndan 0.25 MMT' nin Ötelenmesi.....	64
Şekil 4.13.b.	Yamula Barajı' ndan 0.25 MMT' nin Ötelenmesi Anında Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	64
Şekil 4.14.a.	Yamula Barajı' ndan 0.30 MMT' nin Ötelenmesi.....	65

Şekil 4.14.b.	Yamula Barajı' ndan 0.30 MMT' nin Ötelenmesi Anında Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	65
Şekil 4.15.a.	Yamula Barajı' ndan 0.35 MMT' nin Ötelenmesi.....	66
Şekil 4.15.b.	Yamula Barajı' ndan 0.35 MMT' nin Ötelenmesi Anında Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	66
Şekil 4.16.a.	Yamula Barajı' ndan 0.40 MMT' nin Ötelenmesi.....	67
Şekil 4.16.b.	Yamula Barajı' ndan 0.40 MMT' nin Ötelenmesi Anında Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	67
Şekil 4.17.a.	Yamula Barajı' ndan 0.45 MMT' nin Ötelenmesi.....	68
Şekil 4.17.b.	Yamula Barajı' ndan 0.45 MMT' nin Ötelenmesi Anında Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	68
Şekil 4.18.a.	Yamula Barajı' ndan 0.50 MMT' nin Ötelenmesi.....	69
Şekil 4.18.b.	Yamula Barajı' ndan 0.50 MMT' nin Ötelenmesi Anında Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	69
Şekil 4.19.a.	Yamula Barajı' ndan 0.60 MMT' nin Ötelenmesi.....	70
Şekil 4.19.b.	Yamula Barajı' ndan 0.60 MMT' nin Ötelenmesi Anında Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	70
Şekil 4.20.a.	Yamula Barajı' ndan 0.70 MMT' nin Ötelenmesi.....	71
Şekil 4.20.b.	Yamula Barajı' ndan 0.70 MMT' nin Ötelenmesi Anında Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	71
Şekil 4.21.a.	Yamula Barajı' ndan 0.80 MMT' nin Ötelenmesi.....	72
Şekil 4.21.b.	Yamula Barajı' ndan 0.80 MMT' nin Ötelenmesi Anında Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	72
Şekil 4.22.a.	Yamula Barajı' ndan 0.90 MMT' nin Ötelenmesi.....	73
Şekil 4.12.b.	Yamula Barajı' ndan 0.90 MMT' nin Ötelenmesi Anında Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	73
Şekil 4.23.a.	Yamula Barajı' ndan 1.00 MMT' nin Ötelenmesi.....	74
Şekil 4.23.b.	Yamula Barajı' ndan 1.00 MMT' nin Ötelenmesi Anında Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	74
Şekil 4.24.	Yamula Barajı 0.05 MMT' nin Ötelenmesinde Giren- Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	75
Şekil 4.25.	Yamula Barajı 0.10 MMT' nin Ötelenmesinde Giren- Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	75

Şekil 4.26.	Yamula Barajı 0.15 MMT’ nin Ötelenmesinde Giren- Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	75
Şekil 4.27.	Yamula Barajı 0.20 MMT’ nin Ötelenmesinde Giren- Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	76
Şekil 4.28.	Yamula Barajı 0.25 MMT’ nin Ötelenmesinde Giren- Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	76
Şekil 4.29.	Yamula Barajı 0.30 MMT’ nin Ötelenmesinde Giren- Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	76
Şekil 4.30.	Yamula Barajı 0.35 MMT’ nin Ötelenmesinde Giren- Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	77
Şekil 4.31.	Yamula Barajı 0.40 MMT’ nin Ötelenmesinde Giren- Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	77
Şekil 4.32.	Yamula Barajı 0.45 MMT’ nin Ötelenmesinde Giren- Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	77
Şekil 4.33.	Yamula Barajı 0.50 MMT’ nin Ötelenmesinde Giren- Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	78
Şekil 4.34.	Yamula Barajı 0.60 MMT’ nin Ötelenmesinde Giren- Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	78
Şekil 4.35.	Yamula Barajı 0.70 MMT’ nin Ötelenmesinde Giren- Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	78
Şekil 4.36.	Yamula Barajı 0.80 MMT’ nin Ötelenmesinde Giren- Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	79
Şekil 4.37.	Yamula Barajı 0.90 MMT’ nin Ötelenmesinde Giren Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	79
Şekil 4.38.	Yamula Barajı 1.00 MMT’ nin Ötelenmesinde Giren- Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	79
Şekil 4.39.	Bayramhacılı Barajı Birinci Opsiyon 0.05 MMT’ nin Ötelenmesinde Giren- Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	80
Şekil 4.40.	Bayramhacılı Barajı Birinci Opsiyon 0.10 MMT’ nin Ötelenmesinde Giren- Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	80
Şekil 4.41.	Bayramhacılı Barajı Birinci Opsiyon 0.15 MMT’ nin Ötelenmesinde Giren- Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	80

Şekil 4.42.	Bayramhacılı Barajı Birinci Opsiyon 0.20 MMT' nin Ötelenmesinde Giren- Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	81
Şekil 4.43.	Bayramhacılı Barajı Birinci Opsiyon 0.25 MMT' nin Ötelenmesinde Giren- Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	81
Şekil 4.44.	Bayramhacılı Barajı Birinci Opsiyon 0.30 MMT' nin Ötelenmesinde Giren- Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	81
Şekil 4.45.	Bayramhacılı Barajı Birinci Opsiyon 0.35 MMT' nin Ötelenmesinde Giren- Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	82
Şekil 4.46.	Bayramhacılı Barajı Birinci Opsiyon 0.40 MMT' nin Ötelenmesinde Giren- Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	82
Şekil 4.47.	Bayramhacılı Barajı Birinci Opsiyon 0.45 MMT' nin Ötelenmesinde Giren- Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	82
Şekil 4.48.	Bayramhacılı Barajı Birinci Opsiyon 0.50 MMT' nin Ötelenmesinde Giren- Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	83
Şekil 4.49.	Bayramhacılı Barajı Birinci Opsiyon 0.60 MMT' nin Ötelenmesinde Giren- Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	83
Şekil 4.50.	Bayramhacılı Barajı Birinci Opsiyon 0.70 MMT' nin Ötelenmesinde Giren- Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	83
Şekil 4.51.	Bayramhacılı Barajı Birinci Opsiyon 0.80 MMT' nin Ötelenmesinde Giren- Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	84
Şekil 4.52.	Bayramhacılı Barajı Birinci Opsiyon 0.90 MMT' nin Ötelenmesinde Giren- Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	84
Şekil 4.53.	Bayramhacılı Barajı Birinci Opsiyon 1.00 MMT' nin Ötelenmesinde Giren- Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	84
Şekil 4.54.	Bayramhacılı Barajı İkinci Opsiyon 0.05 MMT' nin Ötelenmesinde Giren- Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	85
Şekil 4.55.	Bayramhacılı Barajı İkinci Opsiyon 0.10 MMT' nin Ötelenmesinde Giren- Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	85
Şekil 4.56.	Bayramhacılı Barajı İkinci Opsiyon 0.15 MMT' nin Ötelenmesinde Giren- Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	85
Şekil 4.57.	Bayramhacılı Barajı İkinci Opsiyon 0.20 MMT' nin Ötelenmesinde Giren- Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	86

Şekil 4.58.	Bayramhacılı Barajı İkinci Opsiyon 0.25 MMT' nin Ötelenmesinde Giren- Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	86
Şekil 4.59.	Bayramhacılı Barajı İkinci Opsiyon 0.30 MMT' nin Ötelenmesinde Giren- Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	86
Şekil 4.60.	Bayramhacılı Barajı İkinci Opsiyon 0.35 MMT' nin Ötelenmesinde Giren- Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	87
Şekil 4.61.	Bayramhacılı Barajı İkinci Opsiyon 0.40 MMT' nin Ötelenmesinde Giren- Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	87
Şekil 4.62.	Bayramhacılı Barajı İkinci Opsiyon 0.45 MMT' nin Ötelenmesinde Giren- Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	87
Şekil 4.63.	Bayramhacılı Barajı İkinci Opsiyon 0.50 MMT' nin Ötelenmesinde Giren- Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	88
Şekil 4.64.	Bayramhacılı Barajı İkinci Opsiyon 0.60 MMT' nin Ötelenmesinde Giren- Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	88
Şekil 4.65.	Bayramhacılı Barajı İkinci Opsiyon 0.70 MMT' nin Ötelenmesinde Giren- Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	88
Şekil 4.66.	Bayramhacılı Barajı İkinci Opsiyon 0.80 MMT' nin Ötelenmesinde Giren- Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	89
Şekil 4.67.	Bayramhacılı Barajı İkinci Opsiyon 0.90 MMT' nin Ötelenmesinde Giren- Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	89
Şekil 4.68.	Bayramhacılı Barajı İkinci Opsiyon 1.00 MMT' nin Ötelenmesinde Giren- Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	89
Şekil 4.69.	Çatalan Barajı Birinci Opsiyon 0.05 MMT' nin Ötelenmesinde Giren- Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	90
Şekil 4.70.	Çatalan Barajı Birinci Opsiyon 0.10 MMT' nin Ötelenmesinde Giren- Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	90
Şekil 4.71.	Çatalan Barajı Birinci Opsiyon 0.15 MMT' nin Ötelenmesinde Giren- Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	90
Şekil 4.72.	Çatalan Barajı Birinci Opsiyon 0.20 MMT' nin Ötelenmesinde Giren- Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	91
Şekil 4.73.	Çatalan Barajı Birinci Opsiyon 0.25 MMT' nin Ötelenmesinde Giren- Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	91

Şekil 4.74.	Çatalan Barajı Birinci Opsiyon 0.30 MMT' nin Ötelenmesinde Giren-Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	91
Şekil 4.75.	Çatalan Barajı Birinci Opsiyon 0.35 MMT' nin Ötelenmesinde Giren-Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	92
Şekil 4.76.	Çatalan Barajı Birinci Opsiyon 0.40 MMT' nin Ötelenmesinde Giren-Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	92
Şekil 4.77.	Çatalan Barajı Birinci Opsiyon 0.45 MMT' nin Ötelenmesinde Giren-Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	92
Şekil 4.78.	Çatalan Barajı Birinci Opsiyon 0.50 MMT' nin Ötelenmesinde Giren-Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	93
Şekil 4.79.	Çatalan Barajı Birinci Opsiyon 0.60 MMT' nin Ötelenmesinde Giren-Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	93
Şekil 4.80.	Çatalan Barajı Birinci Opsiyon 0.70 MMT' nin Ötelenmesinde Giren-Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	93
Şekil 4.81.	Çatalan Barajı Birinci Opsiyon 0.80 MMT' nin Ötelenmesinde Giren-Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	94
Şekil 4.82.	Çatalan Barajı Birinci Opsiyon 0.90 MMT' nin Ötelenmesinde Giren-Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	94
Şekil 4.83.	Çatalan Barajı Birinci Opsiyon 1.00 MMT' nin Ötelenmesinde Giren-Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	94
Şekil 4.84.	Çatalan Barajı İkinci Opsiyon 0.05 MMT' nin Ötelenmesinde Giren-Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	95
Şekil 4.85.	Çatalan Barajı İkinci Opsiyon 0.10 MMT' nin Ötelenmesinde Giren-Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	95
Şekil 4.86.	Çatalan Barajı İkinci Opsiyon 0.15 MMT' nin Ötelenmesinde Giren-Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	95
Şekil 4.87.	Çatalan Barajı İkinci Opsiyon 0.20 MMT' nin Ötelenmesinde Giren-Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	96
Şekil 4.88.	Çatalan Barajı İkinci Opsiyon 0.25 MMT' nin Ötelenmesinde Giren-Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	96
Şekil 4.89.	Çatalan Barajı İkinci Opsiyon 0.30 MMT' nin Ötelenmesinde Giren-Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	96

Şekil 4.90.	Çatalan Barajı İkinci Opsiyon 0.35 MMT' nin Ötelenmesinde Giren-Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	97
Şekil 4.91.	Çatalan Barajı İkinci Opsiyon 0.40 MMT' nin Ötelenmesinde Giren-Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	97
Şekil 4.92.	Çatalan Barajı İkinci Opsiyon 0.45 MMT' nin Ötelenmesinde Giren-Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	97
Şekil 4.93.	Çatalan Barajı İkinci Opsiyon 0.50 MMT' nin Ötelenmesinde Giren-Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	98
Şekil 4.94.	Çatalan Barajı İkinci Opsiyon 0.60 MMT' nin Ötelenmesinde Giren-Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	98
Şekil 4.95.	Çatalan Barajı İkinci Opsiyon 0.70 MMT' nin Ötelenmesinde Giren-Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	98
Şekil 4.96.	Çatalan Barajı İkinci Opsiyon 0.80 MMT' nin Ötelenmesinde Giren-Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	99
Şekil 4.97.	Çatalan Barajı İkinci Opsiyon 0.90 MMT' nin Ötelenmesinde Giren-Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	99
Şekil 4.98.	Çatalan Barajı İkinci Opsiyon 1.00 MMT' nin Ötelenmesinde Giren-Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	99
Şekil 4.99.	Seyhan Barajı Birinci Opsiyon 0.05 MMT' nin Ötelenmesinde Giren-Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	100
Şekil 4.100.	Seyhan Barajı Birinci Opsiyon 0.10 MMT' nin Ötelenmesinde Giren-Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	100
Şekil 4.101.	Seyhan Barajı Birinci Opsiyon 0.15 MMT' nin Ötelenmesinde Giren-Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	100
Şekil 4.102.	Seyhan Barajı Birinci Opsiyon 0.20 MMT' nin Ötelenmesinde Giren-Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	101
Şekil 4.103.	Seyhan Barajı Birinci Opsiyon 0.25 MMT' nin Ötelenmesinde Giren-Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	101
Şekil 4.104.	Seyhan Barajı Birinci Opsiyon 0.30 MMT' nin Ötelenmesinde Giren-Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	101
Şekil 4.105.	Seyhan Barajı Birinci Opsiyon 0.35 MMT' nin Ötelenmesinde Giren-Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	102

Şekil 4.106.	Seyhan Barajı Birinci Opsiyon 0.40 MMT' nin Ötelenmesinde Giren-Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	102
Şekil 4.107.	Seyhan Barajı Birinci Opsiyon 0.45 MMT' nin Ötelenmesinde Giren-Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	102
Şekil 4.108.	Seyhan Barajı Birinci Opsiyon 0.50 MMT' nin Ötelenmesinde Giren-Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	103
Şekil 4.109.	Seyhan Barajı Birinci Opsiyon 0.60 MMT' nin Ötelenmesinde Giren-Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	103
Şekil 4.110.	Seyhan Barajı Birinci Opsiyon 0.70 MMT' nin Ötelenmesinde Giren-Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	103
Şekil 4.111.	Seyhan Barajı Birinci Opsiyon 0.80 MMT' nin Ötelenmesinde Giren-Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	104
Şekil 4.112.	Seyhan Barajı Birinci Opsiyon 0.90 MMT' nin Ötelenmesinde Giren-Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	104
Şekil 4.113.	Seyhan Barajı Birinci Opsiyon 1.00 MMT' nin Ötelenmesinde Giren-Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	104
Şekil 4.114.	Seyhan Barajı İkinci Opsiyon 0.05 MMT' nin Ötelenmesinde Giren-Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	105
Şekil 4.115.	Seyhan Barajı İkinci Opsiyon 0.10 MMT' nin Ötelenmesinde Giren-Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	105
Şekil 4.116.	Seyhan Barajı İkinci Opsiyon 0.15 MMT' nin Ötelenmesinde Giren-Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	105
Şekil 4.117.	Seyhan Barajı İkinci Opsiyon 0.20 MMT' nin Ötelenmesinde Giren-Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	106
Şekil 4.118.	Seyhan Barajı İkinci Opsiyon 0.25 MMT' nin Ötelenmesinde Giren-Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	106
Şekil 4.119.	Seyhan Barajı İkinci Opsiyon 0.30 MMT' nin Ötelenmesinde Giren-Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	106
Şekil 4.120.	Seyhan Barajı İkinci Opsiyon 0.35 MMT' nin Ötelenmesinde Giren-Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	107
Şekil 4.121.	Seyhan Barajı İkinci Opsiyon 0.40 MMT' nin Ötelenmesinde Giren-Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	107

Şekil 4.122.	Seyhan Barajı İkinci Opsiyon 0.45 MMT' nin Ötelenmesinde Giren-Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	107
Şekil 4.123.	Seyhan Barajı İkinci Opsiyon 0.50 MMT' nin Ötelenmesinde Giren-Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	108
Şekil 4.124.	Seyhan Barajı İkinci Opsiyon 0.60 MMT' nin Ötelenmesinde Giren-Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	108
Şekil 4.125.	Seyhan Barajı İkinci Opsiyon 0.70 MMT' nin Ötelenmesinde Giren-Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	108
Şekil 4.126.	Seyhan Barajı İkinci Opsiyon 0.80 MMT' nin Ötelenmesinde Giren-Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	109
Şekil 4.127.	Seyhan Barajı İkinci Opsiyon 0.90 MMT' nin Ötelenmesinde Giren-Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	109
Şekil 4.128.	Seyhan Barajı İkinci Opsiyon 1.00 MMT' nin Ötelenmesinde Giren-Çıkan Hidrograflar Ve Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	109
Şekil 4.129.a.	Yamula Barajı' ndan MMT+0,5 MMT+ MMT' nin Ötelenmesi.....	110
Şekil 4.129.b.	Yamula Barajı' ndan MMT+0,5 MMT+ MMT' nin Ötelenmesi Anında Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	110
Şekil 4.129.a.	Çatalan Barajı' ndan MMT+0,5 MMT+ MMT' nin Ötelenmesi.....	111
Şekil 4.129.b.	Çatalan Barajı' ndan MMT+0,5 MMT+ MMT' nin Ötelenmesi Anında Göl Su Kotunun Zamanla Değişimi.....	111

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Tarih boyunca insan yaşamını devam ettirebilmesi için suya ihtiyaç duymuştur. Yeryüzündeki mevcut su kaynaklarının durumu ve kapasitesi bölgedeki yaşamı da etkilemiştir [1]. Akarsu kaynaklarındaki kıtlık ve mevsimler arası debi farklılıkları suyu depolama gereksinimi doğurmuştur. Bunun için ilkel setlerle başlayan su tutma mücadelesi günümüz teknolojisinde gelişmiş teknikler ve malzemeler kullanılarak yapılan barajlara kadar gelmiştir.

Su depolama yapıları olan barajlar, inşaatları uzun sürmesi, ilk yatırım maliyetleri yüksek olması ve yıkılması halinde çok büyük can ve mal kaybına sebep olmalarına rağmen, sulama, hidroelektrik enerji üretimi, içme ve kullanma suyu temini ve regreasyon gibi amaçlarla yapılan ve ekonomik ömürleri boyunca rantabiliteleri yüksek olan projelerdir.

Tüm dünyada olduğu gibi, su kaynaklarını etkin ve faydalı bir biçimde kullanma zorunluluğu içerisinde olan ülkemiz için de çok önemli bir yere sahip olan barajların, daha uzun süreli kullanımını sağlamak amacıyla, deprem ve taşkın tehlikelerine karşı gerekli tedbirlerin alınarak tasarlanması gerekmektedir. Barajların kullanım süreleri boyunca maruz kalacağı taşkınların, baraj seddesine ve hidroelektrik santral (HES) gibi yapılarına zarar vermeden ötelenmesini sağlayan dolu savakları barajların güvenliği açısından en önemli parçalarıdır. Dünyada birçok ülkede değişik tarihlerde vuku bulmuş olduğu gibi [2], şiddetli bir taşkın anında dolu savağın bu taşkın özelliğiyle pik debilerini çekemeyip yıkılması, devamında barajın yıkılmasına da sebep olur. Bu tehlikeli durumun vuku bulmasını önlemek için, ihtimali milyonda birler mertebesinde küçük olsa da, Türkçe teknik literatürde ‘katastrofal taşkın’ olarak ta bilinen, bütün meteorolojik etkenlerin maksimum yağmur üretmesi ve kar erimesi ile süperpoze olması sonucu oluşan Muhtemel Maksimum Taşkın’ın (MMT) baraja gelebileceği göz

önünde bulundurularak baraj dolu savağının boyutlandırması gerekmektedir [3, 4, 5, 6].

Dolu savakların tasarımında taşkınların etkisinin yanında, barajların yapılacağı bölgeler de oldukça önemli bir etkindir. Barajın memba kısmının bulunduğu bölge ekonomik açıdan fazla değeri olmayan bir arazideyse böyle bir konumdaki barajın dolu savakları kapaksız olarak inşaa edilir [7]. Böyle barajların savaklarının eşik kotları yüksek olur ve taşkın ötelenmesinde oluşan maksimum göl su kotu yüksek bir seviyeye çıkacağından dolayı, memba kısmındaki arazilerin büyük bir bölümü su altında kalır. Barajın memba kısmındaki arazilerin, kentler, tarihi ve turistik tesisler gibi ekonomik değerinin fazla olduğu durumlarda ise kapaklı savak inşa edilir. Böyle barajlarda faydalı hacim üst kotu savak eşik kotundan daha yüksekte olur ve savak kapakları kapalı tutularak baraj faydalı hacmi tasarlandığı büyük değerlerinde tutulabilir. Kapaklı savaklı bir barajdan şiddetli bir taşkının ötelenmesi esnasında savak kapakları gereken miktarlarda açılıp çıkan hidrograf kontrollü biçimde savaklanırken, barajın memba kısmındaki arazilerde maksimum göl su kotunun yüksek değerlere ulaşması da engellenmiş olmaktadır [7].

Baraja gelen şiddetli taşkınların etkin bir biçimde ötelenmesi gerekmektedir. Muhtemel maksimum taşkının ötelenmesi esnasında maksimum göl su kotunun emniyetli bir hava payı kadar sedde kret kotu altında kalacak biçimde mevcut taşkın ötelenme hacmi mümkün mertebe kullanılmalı ve çıkan hidrografın özellikle pik debilerinin çok büyük değerlere ulaşmayarak mansap kısmı bölgede taşkın zararlarının olabildiğince azaltılması gerekmektedir. Baraja gelecek bir taşkın gerçek boyutunun daha önceden doğru olarak hesapla bulunması mümkün değildir. Ülkemiz havzalarında taşkın erken uyarı sistemlerinin gelişmemiş olmasından dolayı insan yargısına bağlı tahminlere gerek duymadan yine de mümkün mertebe etkin bir biçimde taşkın ötelenmesi yapılabilmesinin büyük ekonomik kazançları olacaktır [8]. Çok büyük boyutlu olmayan bir taşkın baraja geldiğinde, paniğe kapılıp savaktan gereğinden fazla su bırakılırsa, enerji üretimi ve/veya sulamaya kullanılacak göldeki su heba edilmiş olacaktır. Bu sebepten dolayı, bu çalışmada, ülkemiz için gerçekçi bir durum olan, taşkın öngörüsünün doğru yapılamayacağı kabulü ile en küçükten muhtemel maksimum taşkına kadar bütün olası taşkınlar için uygulanabilecek, 15 safhalı taşkın öteleme savak kapağı işletme kuralı geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu 15 safhalı savak kapağı işletme kuralıyla, katastrofal taşkın veya bundan küçük herhangi şiddette bir taşkın baraja

geldiğinde savak kapakları göl su kotunun değişimine bağlı olarak açılacak ve kapak altı açıklıkları mümkün mertebe optimuma yakın değerlerde debilerin bırakılacağı biçimde ayarlanacaktır.

15 safhalı savak kapağı işletme kuralı, katastrofal taşkın veya ona yakın büyüklükteki ciddi boyutlarda taşkınların ötelenmesinde, savak kapaklarını baştan tamamen açmayıp safhalı olarak açarak, rezervuarın taşkın öteleme kapasitesinin ve savağın debi atma kapasitesinin etkin biçimde kullanılmasını sağlamaktadır. Herhangi bir safhanın kapak altı açıklığı, katastrofal taşkın belirli bir oranına eşit boyutta bir taşkın ötelenmesinde kullanılacaktır. Büyük boyutlu bir taşkın ötelenmesi, bu taşkın çok küçük bir taşkın olduğu varsayımıyla, birinci safhanın kapak altı açıklığı ile başlanacak, taşkın gerçek boyutunda dolayı göl su kotunun hızla yükselmesine paralel olarak yüksek safhalara geçilecek, kapak altı açıklıkları yükselen safhalarınkiler olarak arttırılacaktır. Bu sabit kurallar, katastrofal taşkın gelmesi durumunda maksimum göl su kotunun sedde kret kotunun hava payı kadar altında kalmasını da sağlayarak, taşkın etkin bir biçimde ötelenmesini ve geciktirilmesini sağlayacaktır. Ülkemizdeki havzalarda erken uyarı sistemleri için ön çalışmalar yapılmışsa da [9], havzalarımızda etkin erken uyarı sistemleri mevcut değildir. Dolayısıyla, herhangi bir ekstrem yağmur ve/veya kar erimesi sonucu oluşacak şiddetli bir taşkın hidrografının, sağlıklı olarak, baraja gelmeden 24 saat veya 48 saat gibi bir zamandan önceden hesap edilmesi mümkün değildir. Bu çalışmanın amacı, işletme ömrü süresince maruz kalacağı taşkınların boyutlarını önceden tahmin etmeye gerek kalmaksızın, en küçükten katastrofala kadar herhangi bir taşkın optimum veya optimuma yakın bir biçimde savaktan ötelenmesini sağlayan 15 safhalı taşkın işletme modelini geliştirmek ve bu modelin hesaplarını yapacak bilgisayar programını kodlamaktır.

Çok küçükten katastrofal taşkın kadar 15 farklı taşkın hidrografının optimum bir biçimde ötelenmesi amacıyla, tam kapalıdan, 10'ar cm kadar küçük olabilen artım aralıklarından, tam açığa kadar, birçok, ardışık sıralı, farklı kapak altı açıklıkları, baştan belirlenecektir. Baraj kapaklarının en uygun biçimde açılması için barajın kesin projesinde verilen katastrofal taşkın uygun oranlarla çarpılarak, 'karar taşkınları' olarak adlandırılan 15 farklı taşkın hidrografına ayrılır. Katastrofal taşkın yarısı 10 eşit aralıklı taşkın, katastrofal taşkın ile yarısı arasındaki bölge de 5 eşit taşkın bölünmektedir. İstatistiksel frekans analizleri, kullanılan olasılık dağılımı ne olursa

olsun, katastrofal taşkın bir yıl içindeki geçilme olasılığını milyonda bir ile onmilyonda bir arasında bir değer olarak verecektir. Katastrofal taşkın yarısı ise 100 ile 10bin yıl arası tekerrürlü, vuku bulması daha gerçekçi bir taşkındır. Dolayısıyla, bu çalışmada, vuku bulma olasılığı daha gerçekçi olan taşkınlar 10 eşit aralığa bölünmüş ve ilk 10 safha içinde savak kapakları işletme kuralları geliştirmek amaçlanmıştır. Katastrofal taşkın yarısı ile kendisi arasındaki üst bölge ise 5 eşit aralığa bölünerek, bu çok şiddetli taşkınlar da 11.inci ile 15.inci safhaların savak kapak açıklığı işletme kuralları ile ötelenmesi amaçlanmıştır.

BÖLÜM 2

RADYAL KAPAKLI BARAJLARDA TAŞKIN İŞLETMESİ VE İLGİLİ LİTERATÜR

2.1. Radyal Kapağı Olan Savaklı Barajlar

Radyal kapaklar, ülkemizde, ucuz, dayanıklı olması ve düz kapaklara göre daha küçük kuvvetlerle hareket edebilmeleri nedeniyle en çok tercih edilen kapak tipidir [1, 4]. Bu tip kapaklar, kapak ağırlığının, su basıncının yapmış olduğu kayma ve dönmeyi karşılayamadıkları zaman kullanılmaktadır. Genellikle taşkın sırasında üstten kaldırılan kapaklardır. Büyük akımlarda savakta oluşabilecek titreşimlerden barajı koruyabilmek için, radyal kapakların üzerinden suyun aşarak geçmesinin engellenmesi gerekir. Örneğin, konuyla ilgili birçok rapor ve kitapları bulunan ve HEC-1 ve HEC-5 gibi dünyada yaygınlıkla kullanılan bilgisayar programları bulunan Hydrologic Engineering Center'ın EM-1110-2-3600 olarak bilinen ilgili yayınının 4.üncü Bölümünde, '*Tainter gates are not designed for overtopping, and they are usually designed for 2 feet of freeboard ...* (Radyal kapaklar üzerlerinden su aşılması için tasarlanmamıştır ve çoğu kez 2 foot'luk bir hava payı ile tasarlanırlar ..)' denmektedir [10].

2.2. Taşkın Ve Taşkın İşletimine Genel Bakış

Katastrofal taşkın, 1Milyon yıl, 10Milyon yıl gibi mertebelerde ortalama tekerrür periyodu olan çok ekstrem bir taşkındır ve muhtemelen baraj işletmeye alındıktan sonraki 100 yıllık süreçte vuku bulmayacaktır. 1Milyon yıl tekerrürlü taşkın 100 yıllık bir süreçte en az bir kez vuku bulma ihtimali on bin de birine eşittir. Katastrofal taşkın baraja gelmesi söz konusu olursa, bu, ötelemenin ileri safhalarında kapakların tam açılmasını gerektirir. 50 yıl, 100 yıl 200 yıl, 500 yıl, hatta 1000 yıl gibi tekerrürlü taşkınların ise barajın ekonomik ömrü içinde baraja gelme olasılığı yüksektir ve dolayısıyla, bu ihtimali nispeten yüksek orta şiddetli ve şiddetli taşkınların, gereğinden

büyük debileri savaklamadan ve baraj göl su kotunu tehlikeli boyutlarda çok yükseltmeden, savak kapak altı açıklıkları iyi ayarlanarak, optimum bir biçimde ötelenmesi gerekir.

Etkin taşkın işletme politikası, gelecekte olması beklenen düşük olasılıklı büyük boyutlulardan büyük olasılıklı küçük ve orta boyutlulara kadar bütün taşkınların mümkün mertebe uygun biçimde ötelenmesini amaçlayan savak kapak altı açıklıklarını belirleyen kurallardır. Bu kuralların geliştirilmesinde taşkın öteleme senaryolarının benzeştirilmesi amacıyla bilgisayardan yararlanılması gerekmektedir [11].

2.3. Taşkın İşletimi Üzerine Daha Önce Yapılan Çalışmalar

İnşaat mühendisliğinin en önemli yapılarından olan barajların güvenliği insan hayatı ve büyük potansiyel parasal kayıp miktarları açılarından oldukça büyük önem taşımaktadır. Deprem tahribatına karşı güvenlik bu çalışmanın kapsamı dışındadır. Depremden sonra, deprem kadar etkili olan taşkınlardan dolayı bir barajın yıkılma riski bulunmaktadır ve dünyada ekstrem taşkınlar esnasında savak kapasitesi yetersizliğinden dolayı yıkılan baraj örnekleri vardır [2, 12, 13]. Sherard ve ark. [13], sadece A.B.D.’nde 1868 – 1951 yılları arasında 200’den fazla değişik boyutlarda barajda büyük hasar ve göçmenin olduğunu belirtmiştir. Tosun ve ark. ilgili yayınlarının 2.nci Bölümünde: “Baraj göçmesine etkili olan değişik faktörler vardır. ... Ancak bunlar arasında gövde üstünden aşma, borulanma ve sızma en önemli göçme nedenlerini oluşturmaktadır.” demektedir [2]. Diğer bir örnek olarak, Demiröz ve ark.: “Bugüne kadar yapılan araştırmalar baraj hasarlarının 1/3’ünün yetersiz dolusavak kapasiteleri sonucu oluştuğunu göstermektedir.” demektedir [12].

Barajların maruz kaldığı şiddetli taşkınlarda taşkın işletme kurallarını belirlemenin kolay bir çözümü yoktur. Problemin çözümünde bilgisayar kullanımı kolaylık sağlamakta, taşkın hacmi ve kapak açıklıklarının belirlenmesini sağlayan yaklaşımlar geliştirilmiştir (örneğin: 14). HEC-1 ve HEC-5 paket programları bu modellere örnek verilebilir [15, 16].

HEC-1 ve HEC-5, A.B.D. Ordu Mühendisler Birliği Hidrolojik Mühendislik Merkezi tarafından geliştirilmiştir. HEC-1, birbiriyle ilgili olan hidrolik ve hidrolojik olayların bir sistem olarak tanımlandığı bir akarsu havzasında, yüzey akışı modellemek amacıyla

oluşturulmuş bir modeldir [15]. Ayrıca bu programda taşkın zararını en aza indirmek amacıyla taşkından korunma analizi yapılabilmektedir. HEC-1 akarsu havzasını, hidrolojik özellikleri aynı olan küçük alt havzalara ayırmakta, böylece oluşan akarsu ağı içinde öteleme membadan mansaba doğru gerçekleştirilmektedir.

HEC-5 programı barajların taşkın, enerji, sulama gibi amaçlarını istenilen süreler içerisinde detaylı bir biçimde modelleyebilen kapsamlı bir programdır [16]. Bir barajdan veya seri halde bulunan barajlardan amaçlarına göre su bırakmaları ve barajların tasarımlarında belirlenene göre su seviyelerini tutmaları sağlanabilmektedir. Bu modelle rezervuarlar, kapak kısıtlarına, mansap kontrol noktalarına ait kısıtlara ve rezervuar sisteminin dengede tutulmasını sağlayan kısıtlara göre işletilirler. HEC-5 modeli, çok sayıda taşkın senaryolarının işletme simülasyon çalışmaları sonucu geliştirilmiş, ‘kontrol diyagramları’ olarak adlandırılan ve bu kılavuzlara kişisel tecrübe ve işletmeci yorumu da katarak kapaklı savaklardan belirli süreçlerde belirli boyutlardaki debilerin mansaba bırakılmasını tavsiye etmektedir [15, 16].

Taşkın ötelemesi için ‘water control diagrams (su kontrol diyagramları)’ olarak bilinen yöntem, HEC’in EM-1110-2-3600 olarak bilinen mühendislik el kitabında verilmektedir [10]. Birçok işletme simülasyonları sonucu A, B, C kriterleri olarak tanımlanan kapak altı işletme kuralları oluşturulmaktadır. A kriteri, toplam taşkın hidrografi hacminin rezervuarın taşkın öteleme hacmine orantılı olarak taşkın ötelenmesini hedeflemektedir [10]. B kriteri ise, gelen taşkın hidrografının yükselme dalında kapakları mümkün mertebe az değerlerde açıp baştan küçük debiler bırakıp, sona doğru çok büyük debiler savaklama amaçlıdır [10]. C kriterinin de A ve B kriterlerinin karışımı olduğu belirtilmektedir [10]. EM-1110-2-3600’taki bu kriterler de temelde baraja gelecek o özel taşkın hidrografının önceden tahmin edilmesine dayanmaktadır [10].

Kapaklı savakların işletilmesi üzerine EM-1110-2-3600’takine benzer diğer bir model de Beard tarafından sunulmuştur [17].

Karaboğa ve ark. [18, 19] taşkın ötelemesinde radyal kapak işletmesinin bulanık mantık yaklaşımı ile yapılması için bir model geliştirmişlerdir. Kapakların safhalı olarak açılıp kapatılması yerine bir bilgisayara otomatik bağlı kapak mekanizması göl su kotunun

değişimine bağlı olarak her an kapak altı açıklığını değiştirmektedir. Burada sunulan 15 safhalı ve daha önceki 10 safhalı yaklaşımlara göre daha avantajlı gözükmese de, bulanık mantık bazlı bu model, ister katastrofal taşkın olsun veya ondan küçük bir taşkın olsun, baraja gelen taşkın hidrografının önceden bilinmesini gerektirmektedir. Ayrıca, taşkın ötelenmesi sırasında kapak açma motorları her an çalışır vaziyette olacaktır.

Yukarıda özetlenen benzeri çalışmalardan farklı olarak, bu çalışmada uygulanan 15 safhalı taşkın işletme modelinde, baraja gelen taşkın hidrografının önceden doğru olarak hesaplanamayacağı kabulü yapılmakta, savak kapak açıklıkları, taşkın barajdan ötelenmesi esnasında, göl su kotunun zamana göre değişimine uygun olarak ayarlanmaktadır. 15 safhalı işletme modelinin bir evvelki versiyonu olan 10 safhalı öteleme modelinde [8, 4] ve bu çalışmadaki 15 safhalı öteleme modelindeki temel yaklaşım: “baraja gelen taşkın boyutu ne olursa olsun, aynı takım kapak altı açıklıkları ve kritik göl su seviyeleri, en küçük boyutlulardan katastrofal taşkın kadar bütün taşkınlara uygulandığında genel olarak optimuma yakın bir taşkın öteleme” sağlamaktır. 15 safhalı işletme modelinde 15 adet kapak altı açıklıkları ve 15 adet kritik göl su kotları belirlenecektir, öyle ki: bu sabit kurallar seti, boyutu ne olursa olsun, en küçükten katastrofal taşkın kadar herhangi bir taşkın uygulanacaktır. Böylece, baraja gelen herhangi bir taşkın hidrografının gerçek boyutunu önceden tahmin etmeye gerek kalmayacak, sabit 15 adet kurallar seti her boyutta taşkın için optimuma yakın bir taşkın öteleme sağlayacaktır.

Ayrıca, 10 safhalı işletme modelinde 7, 8, 9, ve 10.uncu safhaların, vuku bulma olasılıkları çok küçük çok ekstrem taşkınlar için ayrıldığı ve gelme olasılığı fazla olan yine şiddetli taşkınların ötelenmesi için 5 veya 6 safha kaldığını, bunun da biraz kaba bir işletme politikası olacağı yargısına varılmıştır. Dolayısıyla, 15 safhalı taşkın işletme modeli, Katastrofal taşkın 100 yıllık bir süreç içinde vuku bulma olasılığının on binde birler mertebesinde olduğu, katastrofal taşkın yarısının ve ondan daha küçük boyutlu taşkınların daha gerçekçi vuku bulma olasılıklarına sahip olduğu düşüncesiyle başlamıştır. Katastrofal taşkın yarısı 10 eşit parçaya bölünerek, çok küçükten yarı katastrofal taşkın kadar olan taşkınlar ilk 10 safha içinde ötelenmektedir. Yarı katastrofal taşkın ile katastrofal taşkın arasındaki büyük boyutlu küçük olasılıklı

taşkınlar da 5 eşit parçaya bölünerek 11.uncu ile 15.inci arasındaki üst 5 safha içinde ötelenmektedir.

Daha önceki 10 safhalı işletme modelinde, kapalı ile tam açık arası birçok muhtemel kapak altı açıklıklarındaki (savak debisi) $\leftrightarrow$ (göl su kotu) ilişkileri nümerik tablolar halinde hazırlanıp geliştirilmiş olan bilgisayar programı giriş datası dosyasına yazılıyor idi [8, 4]. Bunun bazı dezavantajları vardır: birincisi, barajın kesin projesinde 10 cm veya 20 cm gibi küçük kapak altı açıklığı aralıklarında (savak debisi) $\leftrightarrow$ (göl su kotu) ilişkileri mevcut değildir ve bunlar interpolasyonla çıkarılmalıdır. İkinci dezavantaj ise, çok sayıda, örneğin yaklaşık 40 adet kadar debi – kot ilişkileri data dosyasına yazılmak zorundadır. Üçüncü dezavantaj ise, baştan belirlenen kapak altı açıklık seti değiştirilememektedir. Bu çalışmada geliştirilen 15 safhalı öteleme modelinde ise, çalışmanın bir yan ürünü olarak, (savak debisi) $\leftrightarrow$ (göl su kotu) ilişkileri, ya Design of Small Dams (1973) kitabının ‘Spillways’ Bölümündeki ifadeler ve abaklar kullanılarak, ya da başka bir yöntem ile analitik olarak hesaplanmakta, böylece o uzun debi – kot tablolarına gerek kalmamaktadır. Kesin projedeki, birer metre veya ikişer metre aralıklarda verilen debi – kot eğrilerinden ara değerlerin enterpole edilmesindeki hata potansiyeli de böylece ortadan kalkmış olmaktadır.

Daha önceki 10 safhalı işletme modelinde, taşkın ötelenmesi esnasında göl su kotu ile kapak üst uç kotu arasında tutulması gereken hava payı göz ardı edilmiştir [8, 4]. Büyük taşkın öteleme hacmi olan barajlarda çoğu kez, savak kapağının her konumunda, savak üst uç kotu göl su kotundan hava payından daha fazla bir kotta bulunmakta ve suyun savak kapağından aşması söz konusu olmamaktadır. Fakat Yamula Barajı gibi, amaçları arasında taşkın zararının azaltılması amacı bulunmayan barajlarda ise, özellikle büyük boyutlu taşkınların ötelenmesi esnasında ve özellikle kapak altı açıklığının az olduğu taşkınların yükselme dalında göl su kotunun savak üst uç kotuna çok yaklaşması hatta aşması söz konusu olabilmektedir. Bu çalışmada geliştirilen 15 safhalı taşkın öteleme modelinde, ötelemenin her aşamasında bu kısıtın sağlandığı kontrol edilmekte, bazen kapak altı açıklığı bu kısıtın etkisiyle daha büyük bir değere arttırılmak zorunda kalmaktadır.

BÖLÜM 3

RADYAL KAPAKLI BARAJLARDA SAVAK DEBİSİ VE ÖTELEME HESAPLARI VE 15 SAFHALI İŞLETME MODELİ

3.1. Radyal Kapaklı Savaklarda Kapağın Tam Açık Olduğu Duruma Göre Debi Hesabı

Dolusavaklar, baraja gelen bir taşkınlı, baraja ve hidroelektrik santral gibi baraja ait diğler yapılaraya zarar vermeyecek biçimde baraj gölünde ötelenerek baraj mansabına aktarılmasını sağılayan barajın önemli bir bölümüdür. Baraj güvenliğı ve mansaptaki bölgenin taşkın zararı için önemi yüksek olan dolusavaktan geçen debinin doğru olarak hesaplanması gerekir. Savak debisini, suyun viskozitesinin yanı sıra, savak profili, yaklaşım kanalı geometrisi, varsa ayaklar gibi birçok büyüklük etkilediğı için bunun kesin olarak belirlenmesini güçtür.

Dünyada ve ülkemizde baraj tasarımlarında yaygınlıkla kullanıldığından dolayı, bu çalışmada da bir klasik kaynak olan Design of Small Dams kitabının ‘Spillways’ Bölümünde verilen yöntem kullanılmıştır [3, 4].

Ogee profilli kapaksız bir dolusavağın mansap yüzü şekli, suyun keskin kenarlı bir savaktan boşaldığında oluşturduğu jetin alt napının şekline yakın bir biçimdedir [3, 4]. Keskin kenarlı savaktan geçen debi ifadesinin çıkarılmasında savak membası ile kreti arasında yazılan Bernoulli Denkleminden yararlanılır. Teorik olarak tek tek değerlendirilmesi güç olduğundan serbest olarak Ogee profilli bir dolusavaktan geçen savak debisine etki eden bütün faktörleri bir bütün olarak tanımlayan C debi katsayısını içeren Bernoulli Denkleminin ürünü olan aşağıdaki teorik-ampirik ifade sunulmuştur [3, 4]:

$$Q = C * L * H_e^{3/2} \quad (3.1)$$

Burada,

- Q : Savaklanan gelen debi (m^3/sn),
 C : Debi katsayısı ($m^{1/2}/sn$),
 L : Etkili savak boyu (genişliği) (m),
 He : Gerçek su yüksekliğidir (m).

Gerçek su yüksekliği,

$$(H_e) = h + V_a^2 / 2g \quad (3.2)$$

olarak tanımlanmıştır. Burada, H: savak yaklaşım kanalında su yüzü kotu ile savak eşik kotu arasındaki fark, $V_a^2 / 2g$: yaklaşım kanalında hız yüküdür.

Taşkın sırasında, suyun yüksekliğinin değişmesi akış sırasında akım çizgilerinde değişikliklere sebep olacaktır. Ayrıca kapaklı dolu savakların kapak mesnetleri için orta ve yan ayakları bulunmaktadır. Bu orta ve yan ayakların da savak genişliğindeki daralmalara katkısı vardır. Ayakların sayısı ve şekilleri de akımda değişikliklere neden olmaktadır. Bu değişiklikler göz önüne alınarak savak etkili genişliği aşağıdaki formülle ile hesaplanmaktadır [3, 4].

$$L = L' - 2 * (N * K_p + K_a) H_e \quad (3.3)$$

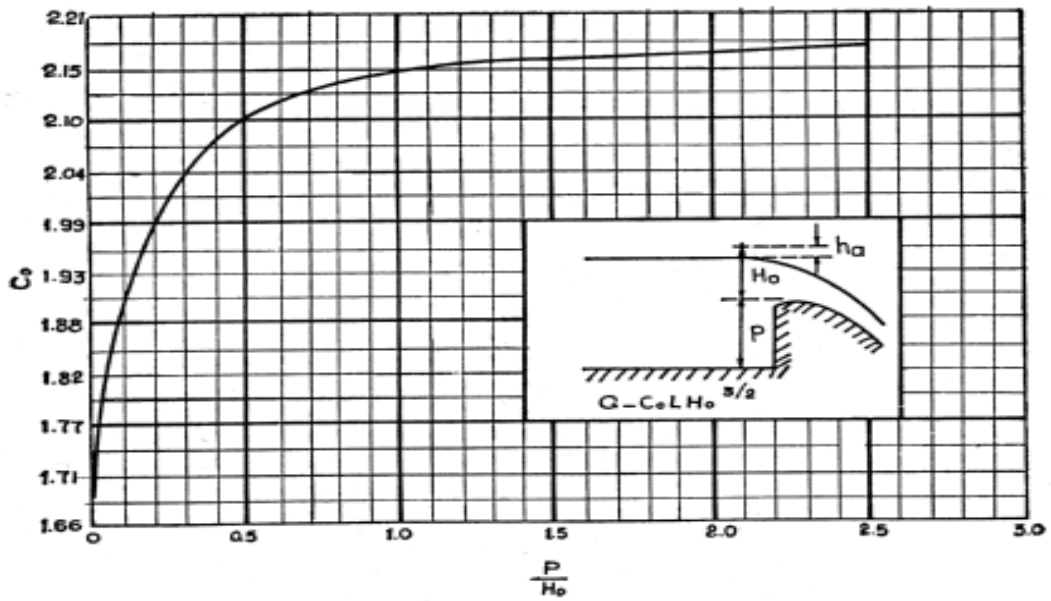
Burada,

- L' : Net dolu savak boyu (m),
 N : Orta ayak sayısı (adet),
 K_p : Orta ayaklara ait büzülme faktörü,
 K_a : kenar ayaklara ait büzülme faktörüdür.

Debi katsayısı (C) değeri yaklaşım derinliğine, savak gerçek yükünün (He) proje tasarım debisindeki yükünden (Ho) farklılığına, savağın memba yüzü eğimine ve mansap akım şartlarına bağlı olarak değişmektedir [3]. Bu her bir özellik için kapsamlı deneysel çalışmalar sonucu abaklar oluşturulmuştur. Debi katsayısı hesabında ilk kullanılan abak Şekil 3.1 dir. Bu abak düşey yüzü savak için debi katsayısını, savak eşik yüksekliği (P) nin proje yükü (Ho)'a oranına bağlı olarak vermektedir.

Savağın en üst noktasındaki suyun hızı küçük olduğu için su napı altında maksimum daralma meydana gelir. Derinlik azaldığında ise hız artar ve daralma azalır. Şekil 3.1 de

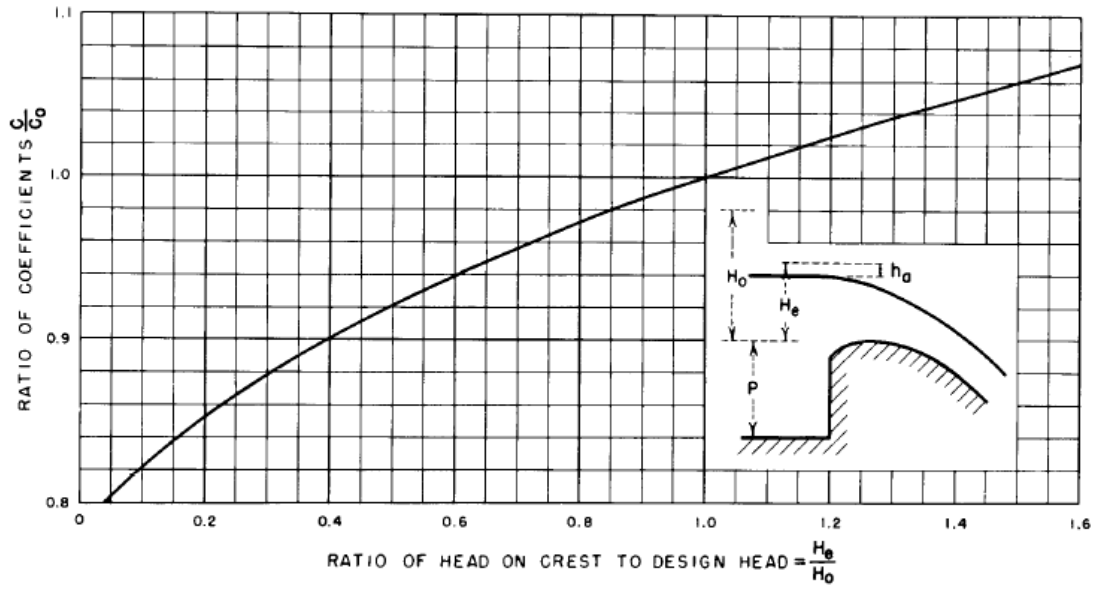
gözüküğü gibi P/H_o oranı 0,2 den küçük olduğunda debi katsayısı 1.99 değerine kadar sürekli artmaktadır. Bu da düşey daralmanın azalmasına sebep olmaktadır. P/H_o oranı 0,2 den büyük olduğu durumda ise düşey daralma artmaktadır. Yüksekliğin sıfır olduğu durumda ise daralma kalmayarak katsayısı 1.701 olan kanal akımı meydana gelmektedir. C_o katsayısı yüksekliğin artması veya azalması sonucunda oluşacak daralma veya genişlemeye bağlıdır. Bu abak sadece savak gerçek yükünün (H_e) proje yüküne (H_o) eşit olduğu hal için geçerlidir ($H_e/H_o = 1$). Yani proje yükünden farklı yükler için düzeltme katsayıları belirlenmesi gerekmektedir.



Şekil 3.1. Kapaklar tam açık halde serbest savaklanan tasarım debisi için savak katsayısı abacı [3, 20].

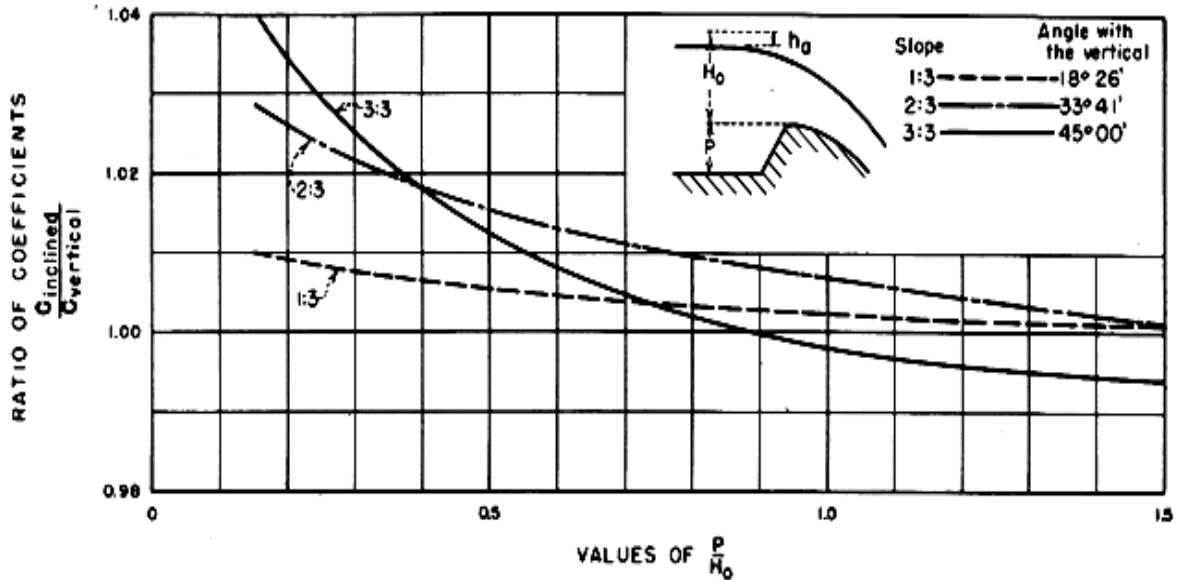
Şekil 3.1., debi katsayısı hesabında ana abaktır. Katsayıda diğer etkileri göz önüne alan düzeltmeler yapılacaktır.

Savak gerçek yükü (H_e) proje yükünden (H_o) daha büyük veya daha alçak olduğu durumda ($H_e/H_o \neq 1$) Şekil 3.2.'de verilen abak geçerlidir. Proje yükünün, savak gerçek yükünden daha büyük olması katsayının azalmasına sebep olmaktadır. Buna karşılık savak gerçek yükünün, proje yükünden büyük olması ise katsayının artmasını sağlar.



Şekil 3.2. Kapaklar tam açık halde tasarım debisinden farklı debiler için düzeltme katsayısı abağı [3, 20].

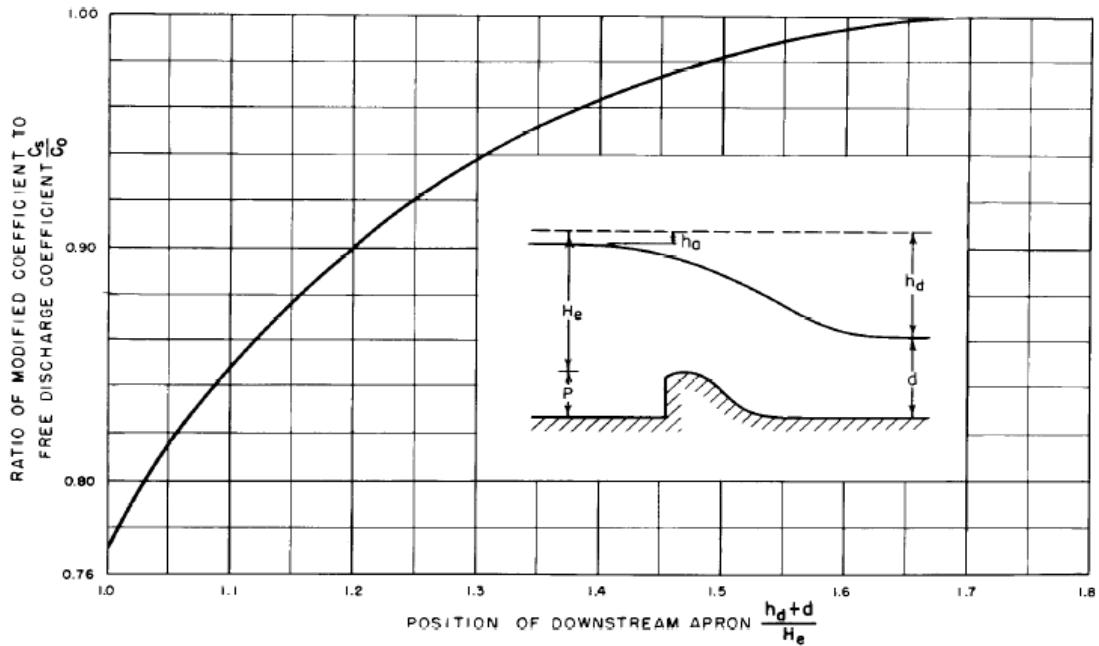
Debi katsayısında düzeltme gerektiren bir diğer husus da savak uç kısmındaki eğimin yapmış olduğu etkidir. Savak uç kısımlarının yapmış olduğu eğimlere bağlı olarak debi katsayısında düzeltmeler Şekil 3.3'te verilen abak yardımıyla yapılmaktadır.



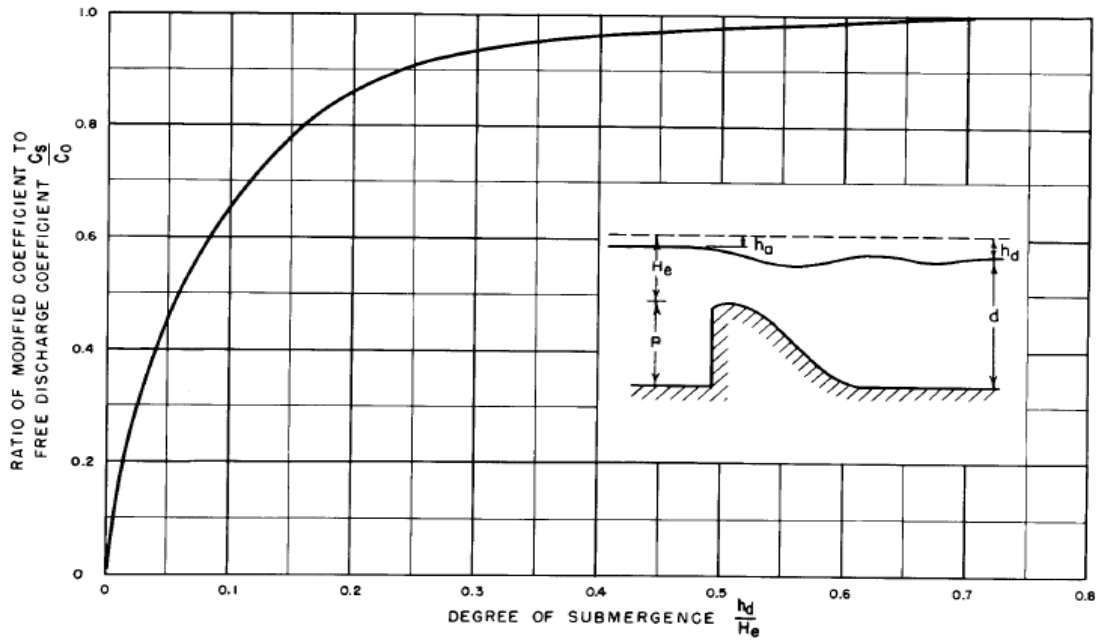
Şekil 3.3. Kapaklar tam açık halde savak ön yüz açısı için düzeltme katsayısı abağı [3, 20].

Şekil 3.4. ve Şekil 3.5.'in dahi iyi anlaşılabilmesi için serbest akım ve batmış akım şartlarının bilinmesi gerekmektedir. Serbest akım; mansap suyunun memba suyunu etkilemediği akım, batmış akım ise mansap suyunun memba suyunu etkilediği akımlardır. Yüksek seviyeli bir debide savak altı akım, savak çıkışını etkiliyorsa iki farklı biçimde etkileyebilmektedir. Bunlardan birisi hidrolik sıçramanın olduğu akımlardır. Savak mansap kısmındaki tahliye kanalı kısa ve düşük eğimli ise, savağın hemen mansap ucunda hidrolik sıçrama vuku bulabilir. Bu durum bazı bağlamalarda ve küçük barajlarda söz konusu olabilir. Bu tür akımlar meydana geldiği sırada akım ters etki yaparak savak katsayısında azalmalara sebep olur. Ancak bu sırada batıklık kuyruk suyundan bağımsızdır. Bu etki için abak Şekil 3.5'te verilmektedir. Yeteri kadar uzun ve sel rejimi akım oluşturacak biçimde dik eğime sahip tahliye kanalı olan barajlarda ise savak mansap ucunda hidrolik sıçrama vuku bulmaz.

Şekil 3.4. ise, savak mansabındaki tahliye kanalında sel rejimi akım oluşmasına rağmen, yine de bu sel rejimi akım derinliğinin savak katsayısı üzerindeki etkisini belirleyen abağı vermektedir. $(h_d + d)/H_e$ oranının 1.7'ye eşit ve daha büyük olduğu koşullarda debi katsayısına etkisi bulunmamaktadır.



Şekil 3.4. Kapaklar tam açık halde mansap eteği etkisi düzeltme katsayısı abağı [3, 20].



Şekil 3.5. Kapaklar tam açık halde serbest savaklanan debilerde mansapta hidrolik sıçrama etkisi için düzeltme katsayısı abağı [3, 20].

Debi katsayısında, özetlenen bütün bu etkileri hesaba katan düzeltmeler aşağıdaki ifade ile hesaplanır [10]:

$$C_{net} = C_o * (C_h / C_o) * (C_{mya} / C_o) * (C_{ap} / C_o) * (C_s / C_o) \quad (3.4)$$

Burada;

- C_o : H_o 'a karşılık gelen katsayı,
- C_{mya} / C_o : Savak memba yüzü açısı için düzelme katsayısı,
- C_h / C_o : H_o 'dan farklı herhangi bir göl su kotu için düzelme katsayısı,
- C_{ap} / C_o : Savağın mansap ucunda apron etkisi için düzelme katsayısı,
- C_s / C_o : Savağa etki eden batıklık etkisi için düzelme katsayısıdır.

Bu çalışmada debi katsayısı iki farklı yöntem ile hesaplanmaktadır. İlk yöntemde debi katsayısının hesaplaması için Design of Small Dams kitabında verilen abaklardaki eğriler için regresyon analizi ile elde edilen analitik ifadeler kullanılmaktadır. Bu çalışmada, ülkemizdeki birçok orta ve büyük boy barajda olduğu gibi, verilerini kullandığımız barajların savak kuyruğunda herhangi bir hidrolik sıçrama olmamasından dolayı C_s/C_o düzeltme katsayısı göz önüne alınmamış, bunun daima 1'e eşit olduğu

kabul edilmiştir. Bu sebeple hidrolik sıçrama batıklık etkisi için regresyon analizi yapılmamıştır. Diğer abaklardaki regresyon analizlerinde elde edilen ifadelerin determinasyon katsayıları 0.995'ten daha büyük ve ifadelerin katsayıları **t** testine göre % 99.9 seviyelerinde anlamlıdır.

Şekil 3.1.deki eğri için yapılan regresyon analizi sonucu elde edilen denklem aşağıdaki gibidir:

$$C_o = 2.15 + 0.103 * \log_{10} P/H_o - 0.113 * (\log_{10} P/H_o)^2 + 0.132 * (\log_{10} P/H_o)^3 \quad (3.5)$$

Şekil 3.2deki eğri. için yapılan regresyon analizi sonucu elde edilen denklem aşağıdaki gibidir:

$$C_h/C_o = 0.789 + 0.341 * H/H_o - 0.175 * (H/H_o)^2 + 0.0456 * (H/H_o)^3 \quad (3.6)$$

(928) (73) (-26) (16) R² = 0.9998

Şekil 3.3. için açılara göre yapılan regresyon analizi sonucu elde edilen denklemler aşağıdaki gibidir:

Savak memba yüzü açısı 45° ise,

$$C_i/C_o = 1.06 - 0.145 * P/H_o + 0.115 * (P/H_o)^2 - 0.032 * (P/H_o)^3 \quad (3.7)$$

(909) (-25) (14) (-10) R² = 0.998

Savak memba yüzü açısı 33° ise,

$$C_i/C_o = 1.04 - 0.0593 * P/H_o + 0.0405 * (P/H_o)^2 - 0.0111 * (P/H_o)^3 \quad (3.8)$$

Savak memba yüzü açısı 18° ise,

$$C_i/C_o = 1.01 - 0.0189 * P/H_o + 0.0111 * (P/H_o)^2 - 0.0259 * (P/H_o)^3 \quad (3.9)$$

Şekil 3.4.teki eğri için yapılan regresyon analizi sonucu elde edilen denklem aşağıdaki gibidir:

$$C_{ap}/C_o = -0.438 + 1.76 * (H_1 + P + \Delta P/H_1) - 0.542 * (H_1 + P + \Delta P/H_1)^2 \quad (3.10)$$

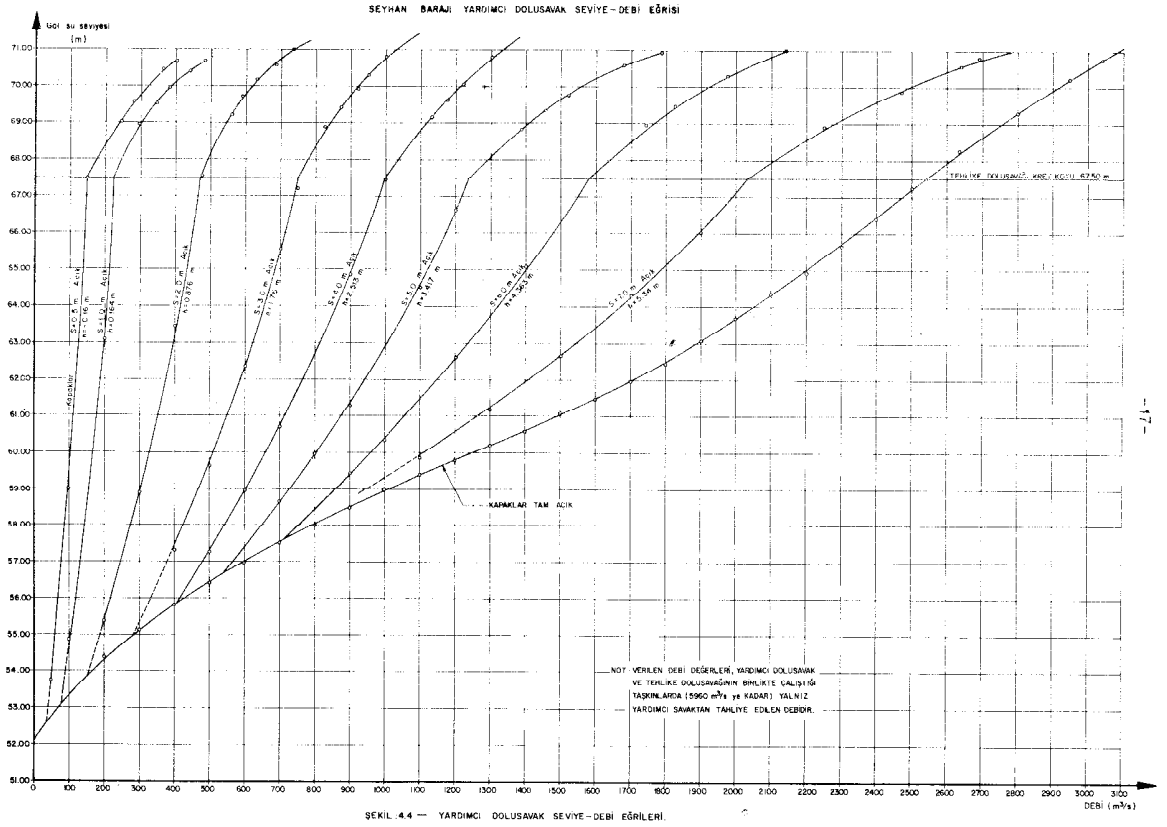
Bu ifadelerde;

P : Savak Yüksekliği (m),

ΔP : Savak memba ve mansap uç noktaları kot farkı (m) olup diğer terimler daha önce açıklandığı gibidir.

Katsayıların altında parantez içinde italik rakamlar, katsayı beklenen değerinin sıfır olduğu kabulü ile hesaplanan t değerleri olup, bunlara göre bütün katsayılar %99.9 güvenlikte anlamlıdır.

İkinci yöntem ise, tasarımında, yukarıda özetlenen Design of Small Dams kitabının ‘Spillways’ Bölümündeki yöntemi kullanmayan, (savak debisi) $\leftrightarrow$ (göl su kotu) ilişkisini laboratuvar deneyleri sonucu elde etmiş veya başka bir yöntemle hesaplanmış projelerdeki ilişkiler için kullanılmıştır. Bu yöntemde, projede verilen (savak debisi) $\leftrightarrow$ (göl su kotu) ilişkisi birçok küçük aralıklı noktalarda nümerik tablo haline getirilmekte, bu ilişkiye regresyon analizi yapılarak o savağa uygun denklem elde edilmektedir. Örneğin, çok önemli bir taşkın olan Nisan 1980 taşkınından sonra, Seyhan Barajı savaklarına ikinci bir dolusavak ilavesi planlanmış ve bunun (savak debisi) $\leftrightarrow$ (göl su kotu) ilişkileri DSİ Genel Müdürlüğü Teknik Araştırma Kalite Kontrol (TAKK) Dairesi Başkanlığında detaylı laboratuvar modeller sonucu çıkarılmıştır [21]. İlgili yayında verilen bu şekil burada da Şekil 3.6 olarak sunulmaktadır. Çalışmanın bu aşamasında, kapakların yarı açık halleri için (savak debisi) $\leftrightarrow$ (göl su kotu) ilişkileri biryana bırakılarak, Şekil 3.6’da en alttaki, kapakların tam açık hali için olan eğriye birçok farklı analitik yapıda regresyon ifadeleri denenmiş, bunlardan determinasyon katsayısı en büyük ve anlamlılığı en fazla olarak aşağıdaki ifade elde edilmiştir.



Şekil 3.6. Seyhan Barajı için planlanan ve DSİ TAKK Dairesindeki laboratuvar deneyleri sonucu elde edilen (savak debisi) ↔ (göl su kotu) ilişkileri [21].

Seyhan Barajı ikinci dolusavağının kapaklar tam açık halde (savak debisi) ↔ (göl su kotu) ilişkisi (Şekil 3.6.daki en alttaki eğri) için yapılan regresyon analizi sonucu elde edilen denklem aşağıdaki gibidir:

$$Q = 57.0 * H + 17.3 * H^2 - 0.658 * H^3 \quad (3.14)$$

(8.6) (15.7) (-15) $R^2 = 0.9995$

3.2. Radyal Kapaklı Savaklarda Kapak Altı Açıklığına Göre Savaklanan Debinin Hesabı

Kapakların açılması sırasındaki debi, kapak altından geçen akıma Bernoulli Denklemi uygulaması sonucu elde edilmiş olan aşağıdaki ampirik-teorik eşitlikle hesaplanmaktadır [3, 4]:

$$Q = \frac{2}{3} \sqrt{2g} C^* L_e (H_1^{3/2} - H_2^{3/2}) \quad (3.15)$$

Burada,

Q : Savaklanan debi (m^3/sn)

H_1 : Yaklaşım kanalında toplam enerji yükü ile savak eşik kotu (SEK) arasındaki fark (m) (Yaklaşım kanalı kısa ve düzgün geometrili ise bundaki kayıplar ihmal edilerek, $H_1 \approx$ Göl su kotu – SEK) ,

H_2 : Yaklaşım kanalında toplam enerji yükü ile kapak alt uç kotu arasındaki fark (m) ($H_2 \approx$ Göl su kotu ile kapak alt uç kotu arasındaki fark),

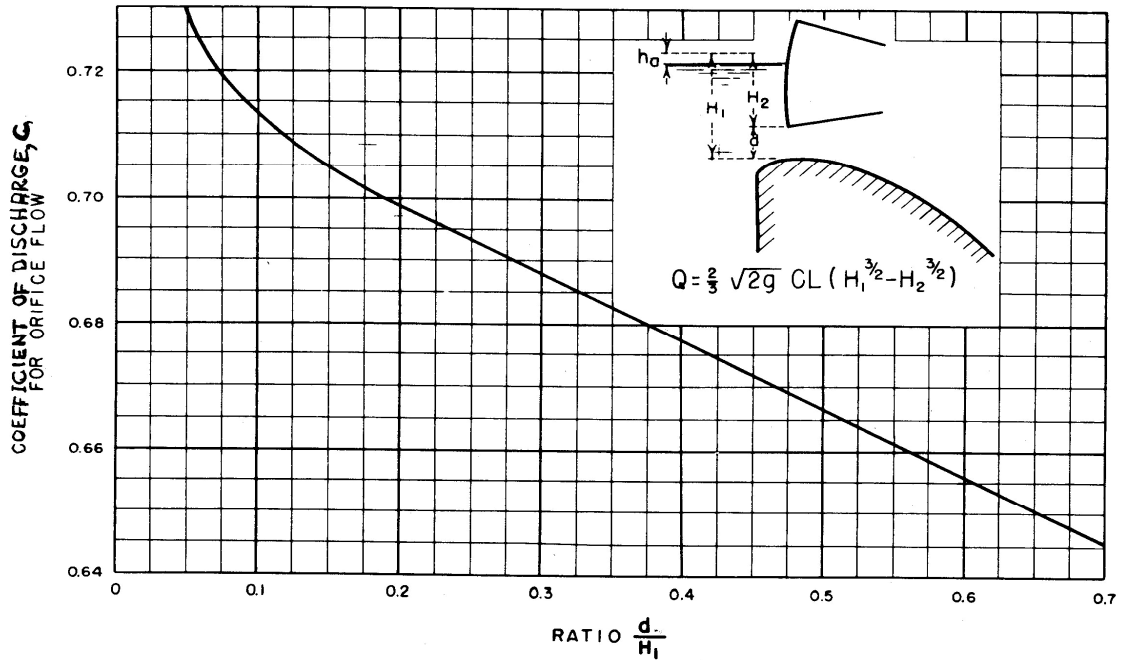
C^* : $(H_1 - H_2)/H_1$ oranına bağlı yarı açık savak deşarj katsayısı,

L_e : Efektif savak boyu (m),

g : Yerçekimi ivmesi (m/sn^2).

Design of Small Dams kitabının ‘Spillways’ Bölümünde yarı-açık Radyal kapaklı savak deşarj debi katsayısı abağının fotokopisi aşağıda Şekil 3.7 olarak verilmektedir. Bu şekilden görülebileceği gibi, kapak altı açıklığı (d) ile H_1 ve H_2 arasında aşağıdaki ilişki mevcuttur:

$$H_2 = H_1 - d \quad (3.16)$$



Şekil 3.7. Yarı açık radyal kapaklı savaklarda debi katsayısı abağı [3, 20].

Şekil 3.7.'de kopyası sunulan yarı-açık savak debi katsayısı abağındaki ilişkiye iki farklı regresyon ifadesi uydurulmuştur. Bu ilişki, $0.2 < d/H_1 \leq 0.75$ aralığında lineer iken $0.01 \leq d/H_1 \leq 0.2$ aralığında ise eğriseldir. Farklı ifadelerin denenmesi sonucu elde edilen en uygun eşitlikler aşağıda verilmiştir:

$0.01 \leq d/H_1 \leq 0.2$ için:

$$C = 0.762 - 0.911 * (d/H_1) + 5.33 * (d/H_1)^2 - 11.9 * (d/H_1)^3 \quad (3.17)$$

(430) (-11) (6) (-4.2) $R^2 = 0.995$

$0.2 < d/H_1 \leq 0.75$ için:

$$C = 0.720 - 0.1065 * (d/H_1) \quad (3.18)$$

(4870) (-362) $R^2 = 0.9998$

Görüldüğü gibi, bu denklemlerin determinasyon katsayısı 0.995'ten daha büyük ve katsayıları da % 99.9 seviyelerinde anlamlıdır.

Bu çalışmada, kapaklar tam açık hal için Design of Small Dams kitabındakinden farklı bir yöntemle yer verildiği gibi, kapakların yarı açık hali için de (savak debisi) $\leftrightarrow$ (göl su kotu) ilişkisinin Design of Small Dams kitabındakinden farklı bir yöntemle hesaplanmış olabileceği göz önünde bulundurularak ikinci yöntem oluşturulmuştur. Birkaç farklı barajın ilişkileriyle denenen regresyonlar neticesinde, laboratuvar deneyleri sonucu elde edilmiş veya Design of Small Dams kitabındakinden farklı bir yöntemle hesaplanmış (savak debisi) $\leftrightarrow$ (göl su kotu) ilişkisi için aşağıdaki regresyon ifadesinin en anlamlı olacağına karar verilmiştir:

$$Q = C_4 * (H_1^{1.5} - H_2^{1.5}) + C_5 * (H_1^{1.5} - H_2^{1.5})^2 \quad (3.19)$$

DSİ Genel Müdürlüğü TAKK Dairesince yapılan laboratuvar deneyleri sonucu elde edilmiş olan ve kopyası Şekil-3.6.'da sunulan, Seyhan Barajı ikinci dolusavağının kapak altı açıklıkları: 0.5, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 m'ler için verilen (debi) – (göl su kotu) eğrilerinden dikkatlice okunan 140 adet H_1 , H_2 ve Q değerleri ile elde edilen regresyon ifadesi aşağıda verilmektedir.

$$Q = 38.3 * (H_1^{1.5} - H_2^{1.5}) + 0.396 * (H_1^{1.5} - H_2^{1.5})^2 \quad (3.20)$$

(43.7) (12.8) $R^2=0.996$

Bu regresyon ifadesinin determinasyon katsayısı 0.995'ten daha büyük ve katsayıları % 99.9 seviyelerinde anlamlıdır.

Bayramhacılı Barajı kesin projesinde dolusavak hesapları tamamen Design of Small Dams kitabı yöntemine göre yapılmış, nihai (savak debisi) $\leftrightarrow$ (göl su kotu) ilişkileri ile birlikte ara hesap detayları da verilmiştir. Yamula Barajı kesin projesinde ara hesap detayları verilmemiştir. Yamula Barajı kesin projesinde, kapakların tam açık ve yarı açık halleri için verilen ilişkiler dikkatlice detaylı nümerik tablolara çevrilmiş, bunların Design of Small Dams kitabındakinden farklı bir yöntemle hesaplanmış olabileceği kabulü ile bunlara yukarıda özetlenen regresyon ifadeleri uydurulmuştur. Ayrıca, kesin projeden gerekli geometrik boyutlar ve kotlar alınarak, Yamula Barajı savağına Design of Small Dams kitabı yöntemi de uygulamıştır. Her iki yöntem ile birçok farklı hal için hesaplanan savak debilerinin birbirine çok yakın olduğu görüldüğünden Yamula Barajı savağının (savak debisi) $\leftrightarrow$ (göl su kotu) ilişkilerinin Design of Small Dams kitabındaki yöntemle yapılmış olduğu kanaatine varılmıştır. Dolayısıyla bu çalışmada, Bayramhacılı ve Yamula Barajları için Design of Small Dams kitabındaki yöntem kullanılmıştır.

1959 yılında DSİ Genel Müdürlüğü Seyhan Barajı savağında gerçek taşkınlarda prototip ölçümleri yapmıştır [22]. Bu çalışma sonucunda, Seyhan Barajı kesin projesinde hesaplama bulunmuş olan (savak debisi) $\leftrightarrow$ (göl su kotu) ilişkileri ile gerçek yapı üstünde yapılan ölçümlerden elde edilen (savak debisi) $\leftrightarrow$ (göl su kotu) ilişkileri karşılaştırılmış ve proje ilişkilerinin bir miktar düzeltilmesi gerektiği belirtilmiştir. Dolayısıyla bu çalışmada, Seyhan Barajı dolusavağının (savak debisi) $\leftrightarrow$ (göl su kotu) ilişkileri Design of Small Dams kitabının yöntemiyle değil, 1959 tarihli DSİ teknik raporunda verilen eğrilere uydurulan regresyon ifadeleriyle hesaplanmıştır. Ayrıca, diğer barajlarımızdan farklı olarak, Seyhan Barajının kapaklı dolusavağından başka savak eşit kotu 67.50 m olan ikinci bir kapaksız acil durum savağı mevcuttur. Bunun (savak debisi) $\leftrightarrow$ (göl su kotu) ilişkisi de kesin projesinden alınan kot – debi değerlerine uydurulan regresyon ifadesiyle hesaplanmıştır. Aşağıda bu ifadeler verilmektedir.

Seyhan Barajı dolusavağında savak kapağının tam açık hali için regresyon analizi sonucu elde edilen ifade aşağıdaki gibidir:

$$Q = (57) * H + (28.1) * H^2 - (0.734) * H^3 \quad (3.21)$$

(6) (9.5) (-3.4) $R^2 = 0.9998$

Seyhan Barajı dolusavağında savak kapağının yarı açık durumu için regresyon analizi sonucu elde edilen ifade aşağıdaki gibidir:

$$Q = (76.5) * (H1 - H2)^{1.5} - (0.001) * [(H1 - H2)^{1.5}]^2 \quad (3.22)$$

(45.6) (-0.01) $R^2 = 0.998$

Seyhan barajına ait bu regresyon analizinin detayları EK-2’de verilmektedir.

Seyhan Barajı kapaksız acil durum savağı için elde edilen regresyon ifadesi de aşağıdaki gibidir:

$$Q = (205) * H + (277) * H^2 - (21.5) * H^3 \quad (3.23)$$

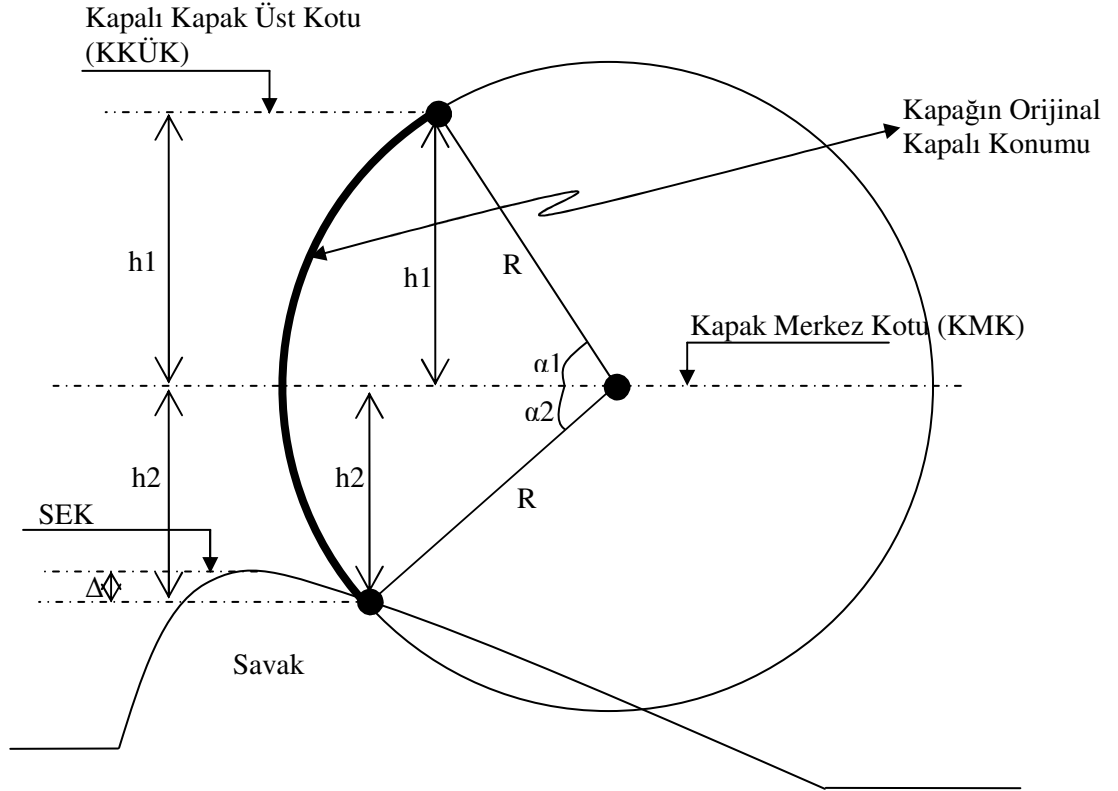
(8.6) (15.7) (-15) $R^2 = 0.9995$

3.3. Radyal Kapaklı Savaklarda Kapak Üst Kotu Hesabı

Bir çember parçası biçiminde olan bir radyal kapak, uygun bir debiyi savaktan bırakmak için bir miktar açıldığı zaman, çemberin merkezindeki mesnedi civarında bir miktar döneceği için, savağın ve radyal kapağın ilgili boyutları ve geometrik özelliklerine bağlı olarak kapağın üst uç kotu yükselir. Şekil 3.8.’de radyal kapağın, savak üzerinde kapalı halde ve kapak altı açıklığı d m olan bir haldeki görünümü ve ilgili büyüklükleri görülmektedir. Aşağıda, kapak altı açıklığı d metre iken, KÜK, sembolü ile gösterilen, kapak üst uç kotunun hesaplanmasında gerekli trigonometrik ilişkiler gösterilmektedir. Şekil 3.8.’de görüldüğü gibi, genel halde, radyal kapak tam kapalı iken, kapak üst uç kotu ile mesnet merkezi arasındaki düşey mesafe (h1), mesnet merkezi ile savak eşik kotu arasındaki düşey mesafeye (h2) eşit olmayabilir ve bunlar aşağıdaki gibi tanımlıdır:

$$h1 = KKÜK - KMK \quad (3.24)$$

$$h2 = KMK - SEK \quad (3.25)$$



Şekil 3.8. Radyal kapağın tam kapalı halinde geometrik konumun ve bazı ilgili açıların görünümü (SEK: savak eşik kotu).

Burada,

KKÜK: kapak kapalı iken üst uç noktasının kotu (m),

KMK: kapak mesnet merkezinin kotu (m),

SEK: savak eşik kotudur (m), ve bu değerler savağın kesin projesinde mevcuttur.

Kapağın üst ucunu merkeze birleştiren yarıçap ile mesnet merkezinde ufka paralel doğru arasındaki açı α_1 ile kapağın alt ucunu merkeze birleştiren yarıçap ile mesnet merkezinde ufka paralel doğru arasındaki açı α_2 ile gösterildiğinde α_1 ve α_2 için aşağıdaki ifadeler yazılabilir:

$$\alpha_1 = \arcsin(h_1/R) \quad (3.26)$$

$$\alpha_2 = \arcsin(h_2/R) \quad (3.27)$$

Burada,

R : radyal kapağın mesnet merkezi etrafında dönüğü çemberin yarıçapıdır (m).

$$K\ddot{U}K = KK\ddot{U}K + d^* \quad (3.33)$$

Bu eşitlikte, yukarıda da açıklandığı gibi, KK $\ddot{U}$ K: kesin projede belirli olan kapak kapalı iken kapak üst uç kotu (m), K $\ddot{U}$ K: kapak altı açıklığı: d (m) kadar olacak biçimde radyal kapak açıldığı vakit kapağın üst uç kotudur.

Bu çalışmada kapak üst kotu hesabı için ‘‘KUK.FOR’’ adı verilen bir Fortran programı geliştirilmiştir. Aşağıda programın çalışmasına bir örnek verilmiştir.

C:\KUK ↵

Giriş datası dosyası:

ybrks.d ↵

Göl su kotunu yazınız (m):

1090 ↵

Kapak altı açıklığını yazınız (m):

8 ↵ → (1 ile 17 arasında tam sayı yazılır veya tam açık ise 99 yazılır.)

Devam etmek istiyor musunuz (e/h):

h ↵

3.4. Düzenli Taşkın Öteleme Şartları

Bir barajın taşkın öteleme savağı kapaksız ise, baraj gölüne gelen taşkın hidrografının savaktan çıkan kısmı, rezervuarın savak eşik (kret) kotu üstündeki taşkın öteleme hacminin kota bağlı olarak değerleri ve savağın göl su kotuna bağlı olarak geçireceği debi değerlerine ilişkili olarak, kontrolsüz biçimde kendiliğinden oluşur. Çoğu bir çember parçası biçiminde olan radyal kapaklı savağı olan barajlarda ise, gelen taşkın hidrografının boyutuna bağlı olarak, taşkın süresince kapak altı açıklıkları, savaklanan hidrografın kontrollü biçimde oluşması ile baraj işletmecileri tarafından belirlenir. Örneğin, Su Kaynakları Mühendisliğinde, A.B.D. dâhil birçok ülkede paket programları ve tasarım yöntemleri kullanılmakta olan ABD Ordu Mühendisler Birliği, Hidrolojik Mühendislik Merkezinin (US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center, HEC) EM-1110-2-3600 olarak bilinen ilgili el kitabına göre, kısa ve uzun vadeli taşkın tahminlerine, taşkın öteleme hesaplarına, ve tecrübeye dayandırılmış, ‘su kontrol diyagramları (water control diagrams)’ adı verilen kurallara göre kapaklı savakların kapak altı açıklıklarını belirlenmektedir [16]. Bu yaklaşıma göre, savak kapakları

açıklıkları, A, B, C olarak tanımlanan şartlara göre belirlenmektedir [16]. Bu işletme kriterlerinin özeti 2.nci Bölümde verilmiştir.

3.5. Yamula Akım Rasat İstasyonunda Kaydedilmiş Yıllık Taşkın Pikleri Serisi İle Frekans Analizi

Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü tarafından 1939'dan beri işletilmekte olan 1501 nolu 'Yamula' akım rasat istasyonu Yamula Barajının aksına çok yakın bir konumdadır [23]. 1501 nolu istasyonda Yamula Barajı inşaatı başlamadan evvel ölçülmüş ve kaydedilmiş olan, 65 yıl süreli, doğal yıllık taşkın pikleri serisine, ERÜ İnşaat Mühendisliği Bölümünce daha önceden geliştirilmiş olan TTA07 adlı taşkın frekans analizi uygulanmıştır. Bunun sonuçlarına göre, sadece 2-parametrelili log-normal dağılımı ile 1Milyar ortalama tekerrürlü taşkın pik değeri $5220 \text{ m}^3/\text{sn}$ 'dir. Parametreleri, momentler, maksimum-olabilirlik, olasılık-ağırlıklı momentler yöntemleriyle ayrı ayrı hesaplanmış Gumbel, genel ekstrem değerler, 3-parametrelili log-normal, Pearson-3, log-Pearson-3, ve Wakeby dağılımları ile 1Milyar yıl ortalama tekerrür yıllık taşkın pik debisi $1735 \text{ m}^3/\text{sn}$ ile $3560 \text{ m}^3/\text{sn}$ arasında değerler almıştır. Bu ara analizden edinilen kanaat: Yamula Barajı kesin projesinde pik debisi $5500 \text{ m}^3/\text{sn}$ olarak verilen katastrofal taşkın tekerrür periyodunun 1 Milyar yıldan bile büyük olduğudur. 65 elemanlı Yamula akım rasat istasyonundaki yıllık taşkın pikleri serisine uygulanan frekans analizinin diğer bir bulgusu da, 1Milyar yıllık pik / 10Bin yıllık pik oranının, göz önünde bulundurulmuş bütün dağılımlar için 1.25 ile 2.6 arasında değerler aldığıdır. 65 eleman bir örnek serinin istatistiksel anlamlılığı için oldukça büyük bir rakamdır. Buna rağmen, Yamula akım rasat istasyonunda kaydedilmiş 65 elemanlı yıllık taşkın pikleri serisinin istisnai bir özellik içerdiği farz edilse, ülkemizde ve dünyada diğer akarsularda katastrofal taşkın pikinin 1Milyar değil de 1Milyon veya 10Milyon yıl tekerrürlü olduğu kabul edilebilir. Yamula rasat istasyonundaki taşkın pikleri frekans analizine göre, 1Milyar yıl veya 1Milyon yıl tekerrürlü taşkınların 10Bin yıl tekerrürlü taşkına olan oranının 2 civarında bir değer olduğu varsayımı yapılabilir.

3.6. 15 Safhalı Kapaklı Savak İşletme Modeli

3.6.1. Katastrofal Taşkın ve 15 Karar Taşkın Hesabı

Bu çalışmada, geliştirilen modelin uygulanacağı barajların kesin projelerinde verilen katastrofal taşkınlar aynen kabul edilmiştir. Elde edilen projelerde verilen katastrofal taşkın hidrograflarının debileri ancak $\Delta t = 12$ saatlik zaman aralıklarında doğru olarak alınabilmektedir. Geliştirilen ‘15 Safhalı Taşkın İşletme Modeli’ ise sağlıklı hesap yapılabilmesi için $\Delta t = 0.2$ saat gibi küçük zaman aralıklarında hesapların yapılmasını gerektirmektedir. Dolayısıyla, kesin projeden $\Delta t = 12$ saat aralıklarında nümerik tablo halinde alınan katastrofal taşkın $\Delta t = 0.2$ saat aralığındaki ordinatları, ardışık 4 noktadan geçen 3.üncü dereceden polinom kullanan, bu iş için geliştirilen AD.FOR (‘ara değer’ ifadesinin akronimi) adlı bir interpolasyon programı ile hesaplanmıştır. $\Delta t = 0.2$ saat aralıklarda katastrofal taşkın hidrografının ordinatları, ölçekli çizilmesi için zamana karşı iki sütun halinde, ayrıca öteleme hesaplarının giriş dosyasına yapıştırmak için de satır satır formatında ayrı bir dosyaya yazdırılmaktadır.

Aşağıda programın çalışmasına bir örnek verilmiştir.

C:\AD ↵

X e karşılık Y değerlerinin Dt1 aralıklarda iki sütun halinde yazılmış olduğu giriş datası dosyasının adını yazınız:

ybmmt.dat ↵

X e karşılık Y değerlerinin Dt2 aralıklarda iki sütun halinde yazılacağı çıkış datası dosyasının adını yazınız:

ybmmt.dat ↵

Y değerlerinin Dt2 aralıklarda yan yana yazılacağı ikinci çıkış datası dosyasının adını yazınız:

ybmmt.pyan ↵

Katastrofal taşkın, çok düşük bir ihtimali olan, fakat çok büyük boyutlu bir taşkındır. Düşük ihtimalli de olsa, barajın taşkın savağı, kapakları tam açık halde iken, bu boyutta bir taşkın hidrografını, maksimum göl su kotu, sedde kret kotunun birkaç metre kadar bir hava payı altında kalacak biçimde, barajdan öteleyebilecek boyutlarda tasarlanmıştır. 1000 yıl, hatta 10000 yıl gibi tekerrürlü taşkınların pik debisi ise, katastrofal taşkıninkinin belki de yarısı kadar değerlerde olur. Bu yüzden, katastrofal taşkın

hidrografının yarısı eşit aralıklar da 10 alt taşkına bölünmekte, geçilme olasılığı çok düşük olan çok büyük boyutlu taşkınları içeren üst bölgede, katastrofal taşkın ile onun yarısı arası da 5 eşit aralıklı alt taşkına bölünmektedir. Böylece, söz konusu baraja gelebilecek taşkınlar 15 kategoride sınıflandırılmaktadır.

Katastrofal taşkın hidrografının baştan sona tamamı, $Q_1 = (0.05)*Q_K$, $Q_2 = (0.10)*Q_K$, $Q_3 = (0.15)*Q_K$, $Q_4 = (0.20)*Q_K$, $Q_5 = (0.25)*Q_K$, $Q_6 = (0.30)*Q_K$, $Q_7 = (0.35)*Q_K$, $Q_8 = (0.40)*Q_K$, $Q_9 = (0.45)*Q_K$, $Q_{10} = (0.50)*Q_K$, $Q_{11} = (0.60)*Q_K$, $Q_{12} = (0.70)*Q_K$, $Q_{13} = (0.80)*Q_K$, $Q_{14} = (0.90)*Q_K$, ve $Q_{15} = Q_K$, olacak biçimde 15 adet taşkın hidrografına bölünür. Bu eşitliklerde, Q_K : katastrofal taşkın ve Q_1 'den Q_{15} 'e kadar olan ara hidrograflar da 15 safhalı işletme kurallarının belirleneceği karar hidrograflarıdır. Bunlardan birinci hidrografın pik debisi katastrofalin pik debisinin %5'ine eşitken, pik debi zamanı da katastrofalin pik debi zamanı ile aynıdır. Diğer 14 adet ara hidrografların pik debi zamanları da katastrofalin pik debi zamanı ile aynıdır. Katastrofalden küçük taşkınların pik debi zamanları katastrofalinkinden biraz küçük olabilir; fakat eşit olduğu varsayımının işletme çalışmalarında önemli değişiklikler yapmayacağı kabul edilmiştir. Taşkın ötelenmesinde, pik debinin boyutu, pik debi zamanından daha etkilidir. Pik debisi aynı iken pik debi zamanı, 15 safhalı işletme kurallarının geliştirilmesinde kullanılan bir hidrograftan biraz küçük olan taşkın ötelenmesi yine de optimuma yakın bir biçimde olacaktır.

0.2 saat aralıkla hesapladığımız katastrofal taşkın hidrografı, DIV15.FOR olarak adlandırılan özel bir program yardımıyla yukarıda belirtilen oranlarda 15 parçaya bölünmüştür.

Aşağıda programın çalışmasına bir örnek verilmiştir.

C:\DIV15 ↵

X e karşılık Y değerlerinin Dt1 aralıklarda iki sütun halinde yazılmış olduğu giriş datası dosyasının adını yazınız:

ybmmtp.dat ↵

.05 orantılı çıktı dosya adını yazınız:

ybmmtp05.dat ↵

.10 orantılı çıktı dosya adını yazınız:

ybmmtp10.dat ↵

.15 orantılı çıktı dosya adını yazınız:

ybmmt15.dat ↵

.20 orantılı çıktı dosya adını yazınız:

ybmmt20.dat ↵

ybmmt90.dat e kadar devam eder...

3.6.2. Taşkın Debilerinin Bir Kesitten Diğere Taşınması

Barajların kesin projelerinde verilen MMT ile sembolize ettiğimiz muhtemel maksimum taşkın (katastrofal taşkın) bu çalışmada da aynen kullanılmıştır. Fakat seri halde bulunan barajlarımız arasında kalan ara havza için MMT hesabının yapılması gerekmektedir. Bu yüzden de havzalara ait kayıtlı hiyetograf- hidrograf verilerinden daha önce belirlenmiş olan alansal ortalama sızma kapasitesi ilgili kaynaklardan elde edilir. Ana havza ve ara havzaların drenaj alanlarını da belirleyerek regresyon analizi yapılır. Bu iki alan arasında alan-debi ilişkisi çıkarılır. Bu ilişkiyi çıkarılabilmesi için taşkın debilerinin bir kesitten diğere taşınmasında kullanılan formül önerilir [24]:

$$Q_1/Q_2 = (A_1/A_2)^n$$

Hesaplanan bu ara havza ile seri halde bulunan barajlardan ilkinden çıkan taşkın debilerinin toplanması gerekir. Böylece ikinci baraja gelen MMT hesaplanmış olur.

3.6.3. 15 Safhalı Taşkın Öteleme Modelinin Algoritması

Taşkın ötelemesinde esas olan aktif hacim üst kotu ile baraj kretinin 1 ~ 2 m'lik bir hava payı aşağısındaki kot arasında kalan taşkın öteleme hacminin kullanılmasıdır. Taşkın sırasında baraj kapaklarının açılmasında bu hacmin 15 safhaya ayrılması gerekmektedir. 15 safhalı taşkın öteleme modelinin ilk döngüsünde taşkın hidrografının 15 bölüme ayrılma kuralları taşkın öteleme hacmi için de geçerlidir. Sedde kret kotundan hava payı aşağısındaki kota 'müsaade edilen nihaiyi maksimum üst göl kotu' denmekte ve H_{kr15} ile sembolize edilmektedir. Herhangi bir taşkın baraja geldiğinde, H_b ile sembolize edilen göldeki başlangıç su kotunun, faydalı (aktif) hacim üst kotuna ki bazı baraj projelerinde 'maksimum işletme kotu' olarak ta bilinmektedir [Örneğin: Bayramhacılı Barajı kesin projesi], eşit olduğu kabul edilmektedir. Dolayısıyla, en başta, H_{kr15} ile H_b arasında mevcut olan boş taşkın öteleme hacmi, 15 karar hidrografı için kullanılan oranlarda 15 adet ara taşkın öteleme hacimlerine bölünmekte, bunların her biri, 15 adet

karar hidrografından kendine ait olanının ötelenmesine ayrılmaktadır. Sonra, 15 parçaya ayrılan ara taşkın öteleme hacimlerine karşılık gelen kotlar belirlenerek bu kotlara kritik kotlar adı verilir. Bunlar, H_b ile H_{kr15} arasında, H_{kr1} , H_{kr2} , ..., H_{kr15} 'tir. Birinci safhadaki savak kapak altı açıklığı öyle bir miktara ayarlanacaktır ki, birinci karar taşkını olan 0.05 MMT taşkının ötelenmesinde oluşan maksimum göl su kotu H_{kr1} 'den küçük olmak zorundadır ($H_{max1} \leq H_{kr1}$). Savak kapak altı açıklıkları baştan 10 cm artımlarda tutulmaktadır. Bu şekilde oluşan H_{max1} H_{kr1} 'a eşit alınmakta, H_{kr1} ve üstteki diğer kritik kotlara ufak bir ayarlama yapılmaktadır. Baraja 2.nci karar hidrografı geldiğinde, öteleme 1.inci safhanın kapak altı açıklığı ile başlayacak, 1.inci safhanın kapak altı açıklığı ile göl kotu (H) H_{kr1} 'ı geçecek ve 2.nci safhaya girecektir. $H > H_{kr1}$ olduğu andan itibaren savak kapak altı açıklığı 2.nci safhanınkine yine adım adım, tedrici olarak arttırılacaktır. 2.nci karar hidrografının ötelenmesinde 2.nci safhanın kapak altı açıklığı öyle bir miktara getirilecektir ki 2.nci safhanın ötelenmesinde oluşan maksimum göl kotu 2.nci kritik kottan küçük olsun ($H_{max2} \leq H_{kr2}$). Yine, $H_{kr2} = H_{max2}$ olarak alınarak, H_{kr2} 'de ve daha üst kritik kotlarda küçük boyutlu düzeltme yapılır. 15 safhalı işletme modelinin temel yaklaşımı, yukarıdaki birkaç cümle içinde özetlenmiştir. 2.nci safhanın üstündeki bütün safhaların kapak altı açıklıkları ve modifiye edilen kritik kotlar aynı yaklaşımla hesaplanır. Her bir ara iterasyonda, $\Delta t = 0.2$ saat aralıklarda baştan sona öteleme hesapları, daha önceki 10 safhalı işletme modelinde geliştirilmiş olan algoritmalar ile ifa edilir. 15.inci ve sonuncu safhaya geldiğinde karar hidrografı katastrofal taşkındır ve daha önceki safhaların hesaplarından, ilk 14 safhanın kritik kotları ve kapak altı açıklıkları belirlenmiştir. 15.inci ve sonuncu safhada katastrofal taşkının ötelenmesi, bu devasa taşkın sanki bunun %5'ine eşit olan 1.inci karar taşkınıymış gibi kabul edilerek, birinci safhanın kapak altı açıklığı ile başlayacaktır. Katastrofal taşkının devasa boyutundan dolayı, küçük bir değer olan 1.inci safhanın kapak altı açıklığı ile göl su kotu hızla yükselerek birkaç saatlik kısa bir zaman içinde 1.inci kritik kotu aşacaktır. Bunun üzerine model gelen taşkının 1.inci karar taşkınından büyük bir taşkın olduğunu anlayacak fakat yine, iyimserliğe devam ederek katastrofal taşkının belki de 2.nci karar taşkını mertebelerinde bir taşkın olduğu kabulünü yapacak ve göl kotu 1.inci ile 2.nci kritik kotlar arasındaki zaman sürecinde savakları 2.nci safhanın kapak altı açıklığı kadar açacaktır. Katastrofal taşkının devasa boyutundan dolayı, 2.nci safhanın küçük kapak altı açıklığı ile göl su kotu yine hızla yükselerek 2.nci kritik kotu da kısa bir zaman içinde aşacaktır. Model,

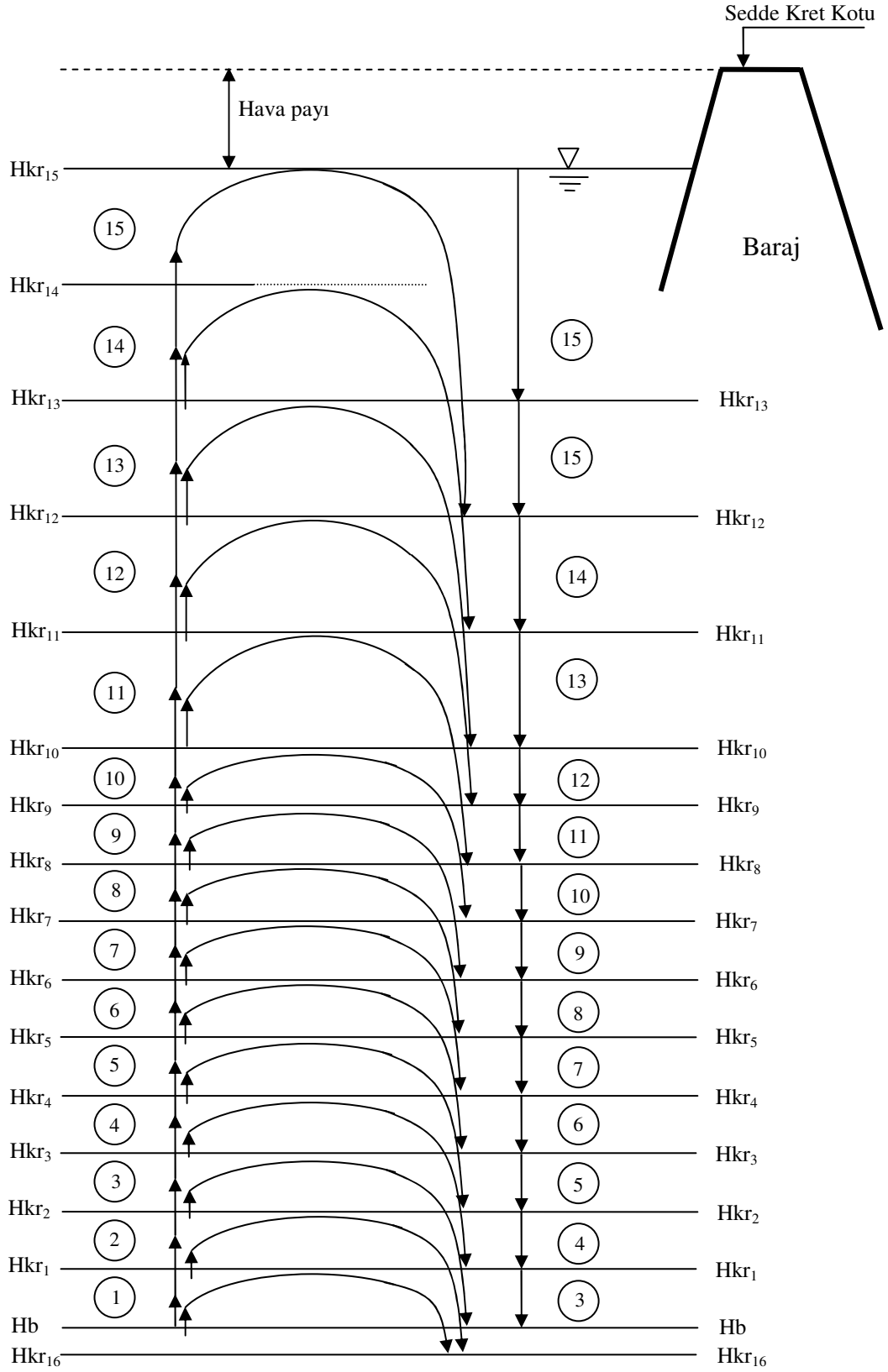
katastrofal taşkının ötelenmesinde göl su kotu hangi safhanın taban ve tavan kotları arasındaysa, kapak altı açıklığı o safhanınki değerinde tutulacaktır. 14.üncü kritik kot, katastrofal taşkının %90'ına eşit olan 14.üncü karar hidrografının ötelenmesinde oluşan maksimum göl su kotuna eşittir. Dolayısıyla, katastrofal taşkının %100'ü ötelendiği vakit, oluşan maksimum göl kotu tabi ki 14.üncü kritik kotu geçecek ve öteleme en üstteki 15.inci safha devam edecektir. 15.inci safhanın kapak altı açıklığı $H_{maks15} \leq H_{kr15}$ kısıtını sağlayacak değere tedrici olarak arttırılmaktadır. Yamula gibi taşkın öteleme hacmi küçük olan barajlarda, 15.inci safhada, hatta 14.üncü ve daha önceki safhalarda kapakları tam açmak gerekebilmektedir. Çatalan Barajı gibi, taşkın zararı azaltma amacıyla büyük taşkın öteleme hacmi olan barajlarda ise, katastrofal taşkın bile 15.inci safhada kapakları tam açık hale getirmeden $H_{maks15} \leq H_{kr15}$ kısıtını sağlamak mümkün olmaktadır.

Yukarıda özetlendiği gibi, birinciden katastrofale kadar 15 farklı karar hidrograflarının yükselme dallarının ötelenmesinde oluşan maksimum göl kotları ve kapak altı açıklıkları belirlenmektedir. Herhangi bir taşkın hidrografının baştan sona ötelenmesinde çıkış hidrografının alçalma dalında da yine yükselme dalında belirlenmiş olan kritik kotlar ve kapak altı açıklıkları esas alınmaktadır. Alçalma dalında, sık sık kapak altı açıklıklarını değiştirmemek ve etkin biçimde taşkın öteleme hacmini boşaltmak amaçlarıyla, alçalma dalında göl su kotu iki alt safhanın kritik kotunun altına inene kadar kapak altı açıklığı o safhanın değerinde tutulmaktadır.

Bu aynı kuralların uygulanması çok pikli taşkınlar için de uygun olduğundan dolayı safhalı taşkın ötelemenin önemli bir özelliğini oluşturmaktadır. Alçalma kısmında, j.'ninci safhanın işletme politikası (j-3)' üncü kritik seviyeye kadar hem j' ninci hem (j-1)' inci hem de (j-2)' inci safhada aynen uygulanır. Yani j' ninci safhada j' ninci işletme politikası hidrografın artan kısmında uygulanmaya devam ederken, pik aşıldıktan ve alçalmaya başladıktan sonra (j-1)' ve (j-2)' inci safhalarda da uygulanmaya devam edilir. Göl su kotunun azalmaya başladığı anda, H_{krj-3} ' den aşağıya doğru (j-3)'üncü safhada j'ninci safha işletme politikası uygulanmaktadır. Hidrografın azalan kısmı boyunca bu iki safha gecikmeli işletme politikası şekil 3.10'da gösterilmiştir. On beş safhalı işletme politikasında, artan kısım kuralları ile alçalma kısımlar arasındaki fark, alçalma kısmın iki safha gecikmeli işletilmesidir. Son safhaya gelindiğindeyse su

seviyesindeki azalmadan dolayı kapak kapanabilmesi için su kotunun H_{kr16} gelmesi gerekmektedir. Bu kot aktif hacim üst kotunun 0.1 metre kadar aşağısıdır.

Şekil 3.10. çıkan hidrografın yükselme ve alçalma dallarındaki bu safhaları, kritik seviyeleri ve herhangi bir taşkının ötelenmesi boyunca su yüzey kotunun davranışını şematik olarak göstermektedir.



Şekil 3.10. 15 safhalı taşkın öteleme modelinin şematik ifadesi.

Yukarıdaki paragraflarda özetlenen algoritma sonucu, mevcut taşkın öteleme hacmini muhtemel karar taşkınlarının boyutlarına yakın oranlarda kullanma kriteri ile 15 adet kritik safha kotu ve 15 adet kapak altı açıklığı belirlenmiş olmaktadır. Geliştirilen model ise burada durmamakta, tekrar 1.inci safhaya dönmekte, eğer 1.inci safhanın kapak altı açıklığı zaten tam kapalı halde değilse, bunu biraz daha azaltmaya çalışmaktadır. Kısaca, çok geniş bir döngü ile, model baştan ilk safhaların kapak altı açıklıklarını, yine tedrici bir sıra içinde bastırarak, daha büyük boyutlu taşkınların, örneğin 10.uncu, 11.inci, ..., 15.inci safhalarda ise kapak altı açıklıklarını mümkün mertebe fazlaca açarak farklı 15 safhalı işletim kuralları da hesaplamaktadır. Böylece, ‘taşkınlar, baraj taşkın öteleme hacminin kendi toplam hacimlerine oranları kadar kısımlarında ötelensin’ yaklaşımı yerine, ‘küçük boyutlu taşkınlar mümkün mertebe en etkin biçimde ötelensin, bunların çıkan hidrograflarının pikleri küçük olsun, fakat büyük taşkınların çıkan hidrograflarının pike debileri ise mecburen büyük olsun’ yaklaşımı modellenmektedir. Böylece, geliştirilen 15 safhalı taşkın öteleme modelinin hesaplarını yapan bilgisayar programı 15 safhalı taşkın ötelemesi için birkaç farklı işletme opsiyonları sunmaktadır. Bu bilgisayar programı ve incelenen barajların ilgili giriş datası dosyaları tezin arka kapağındaki CD’de verilecektir.

Bu bölümde yukarıda özetlenen ve Şekil-10’da öz biçimde sunulan 15 safhalı taşkın işletme modelinin bilgisayar programı olarak kodlanmasında detayları burada anlatılamayacak birçok nümerik analiz algoritmaları geliştirilmiştir.

3.7. Kritik Seviyeleri Ve Kapak Açıklık Kurallarını Tanımlayan Algoritma

Daha önceden de bahsedildiği gibi katastrofal taşkınının yarısından daha fazla olan kısmının gelme ihtimalinin az olmasından dolayı bu bölgeyi beş eşit parçaya diğer kısmıysa on eşit parça bölmüştük. Bu on beş parça ise safha olarak adlandırılmaktadır. Her bir safhanın ötelenebilmesi için daha önceden belirlediğimiz muhtemel kapak altı açıklıklarına uyulması gerekir. Bu açıklıklar, faydalı hacim üst kotu ile sedde kret kotu arasında kalan taşkın işletme hacmi ile su yüzü kotu arasındaki ilişki ve mevcut radyal kapaklı savağın aşağıdaki ifadelere göre açılmasından oluşmaktadır.

Örneğin Yamula Barajı için, önceden belirlediğimiz, 52 adet muhtemel kapak altı açıklıkları aşağıdaki gibidir:

(Kapak kapalı durumda) $\leq d \leq 1.0$ m aralığının da kapak açıklıkları 0.1 m artımla,
 $1.0 \text{ m} \leq d \leq 6.0$ m aralığının da kapak açıklıkları 0.2 m artımla,
 $6,0 \text{ m} \leq d \leq 12,0$ m aralığının da kapak açıklıkları 0.5 m artımla,
 $12,0 \text{ m} \leq d \leq (\text{tam açık})$ aralığının da kapak açıklıkları 1 m artımla açılır.

Her bir safhanın ötelenmesinde şüphesiz en önemli kısıtlardan birisi, her bir taşkında geçerli olan taşkın öteleme hacminin, o taşkın katastrofal taşkınlardaki oranına eşit orandaki bölgeye göre ötelenmesi gerektiği kabullüdür. Bu prensibe göre 0.05 MMT birinci karar taşkını olmaktadır ve katastrofal taşkın yarısının onda birine eşit olduğu kabul edildiği için ötelenmesi sırasında kullanması gereken hacim ise rezervuar taşkın hacminin yarısının onda birine eşit olması beklenmektedir.

Bu sözel ifade tekrar şöyle açıklanabilir:

$$DS1 = [(Smaks - Sb)/2]/10 = (Smaks - Sb)/20 \quad (3.34)$$

Burada,

Sb : Faydalı hacim + ölü hacim,

$Smaks$: Üst limiti kotu olan Hül'teki rezervuar hacmi,

$DS1$: 1.inci karar taşkını ($Q1 = (0.05) \times Q_K$) için ayrılan tahmini ara hacmidir.

Birinci karar taşkını ötelendiği zaman, tahmini maksimum su hacmi: $S1-t = Sb + DS1$ kadar olacaktır. Dolayısıyla, $S1-t$ 'ye karşılık gelen ve $Hkr1-t$ sembolü ile gösterilen göl su kotu tahmini 1.inci kritik kot olacaktır.

Rezervuarın taşkın öteleme hacminin büyük olduğu iyimser yaklaşımıyla, $Q1$ ile sembolize edilen 1.inci karar taşkınının ötelenmesi, en küçük kapak altı açıklığı olan 10 cm ile başlatılacaktır. En küçük kapak altı açıklığı ile yapılan ötelenme sonucu oluşan maksimum göl su kotu $Hkr1-t$ 'den küçükse, 1.inci karar taşkınının 1.inci bölge için ötelenmesi bitmiş olacak ve 1.inci kritik kot belirlenmiş olacaktır. 1.inci kritik kot birinci safhanın sonunda aşağıdaki gibi tayin edilir.

$$Hkr1 = Hmaks1 \quad (3.35)$$

Burada,

$Hmaks1$: $Q1$ 'in ötelenmesi sonunda oluşan maksimum göl su kotudur.

Eğer, en küçük kapak altı açıklığı (10 cm) ile Q1'in ötelenmesi sonucu oluşan maksimum göl su kotu Hkr1-t'den büyükse, bu 1.inci karar taşkınının ötelenmesi için rezervuar taşkın hacminin taşkın boyutuna oranlı olarak kullanılmadığı, gereğinden fazla hacim işgal edildiği anlamına gelecektir. Q1'in oranlı hacim kullanması için, Q1'in ötelenmesi sonucu oluşan Hmaks1, Hkr1-t'den küçük veya eşit olmalıdır. Hmaks1 > Hkr1-t olduğunda, kapak altı açıklığı bir sonraki daha fazla değere arttırılacaktır. Bu çalışmada geliştirilen modelde, bütün barajlar için, baştan 1 metre açıklığa kadar, kapak altı açıklıkları 10'ar cm artımlar olarak alınmaktadır. O halde, Q1'in ötelenme hesabı, kapak altı açıklığı: D = 20 cm ile tekrar edilecektir. 1.inci karar taşkını için kapak altı açıklığı değeri, Q1'in o kapak altı açıklığı ile ötelenmesi sonucunda, Hmaks1 ≤ Hkr1-t şartını sağlayan değer olacaktır.

Her bir safha için önemli ikinci kısıt ise açık kapağın üst kotu ile maksimum su kotu arasındaki farkın, baraj hava payına eşit veya daha küçük olmasıdır. Bu kısıdı aşağıdaki formül ile ifade edebiliriz:

$$KÜK \leq (H_{maksj} - SHP) \quad (3.36)$$

Burada,

KÜK: kapak üst uç kotu (m),

Hmaksj: j.inci kara taşkınının ötelenmesinde oluşan maksimum göl su kotu (m),

SHP: savak hava payı (m).

SHP, bu çalışmada söz konusu barajın kati projesinden alınmaktadır. Örneğin, SHP, Yamula Barajı kati projesinde 0.50 m, Bayramhacılı Barajı kati projesinde de 0.40 m olarak verilmektedir.

Hmaks1 < Hkr1-t ve $KÜK \leq (H_{maks1} - SHP)$ kısıtlarının her ikisi de sağlandıktan sonra, 1.inci karar taşkınının ötelenmesinde oluşan maksimum göl su kotu, 1.inci safhanın üst kotu olarak kabul edilmektedir. Böylece, 1.inci kritik kot, $Hkr1 = Hmaks1$ olarak belirlendikten sonra, Hkr1'e karşılık gelen göl su hacmi S1 ile sembolize edilerek 2.inci karar taşkınının ötelenmesine geçilmektedir.

İkinci karar taşkını Q2'nin ötelenmesinde ilk kapak altı açıklığı (d2-t) olarak, baştan verilen sabit sıralı açıklıklardan, Q1'in kapak altı açıklığı d1'den bir sonraki ile alınır. Q2'nin ötelenmesinde oluşacak maksimum göl su hacminin Q2 ile orantılı olması için,

tahmini maksimum su hacmi, toplam rezervuar hacmi ile 1.inci safhanın maksimum göl su hacmi arasında kalan hacmin, 2.inci safhaya oranlı kısmı ayrılır. İkinci safha için maksimum su hacmi aşağıdaki formül ile ifade edilir.

$$S2-t = S1 + (Smaks - S1) / 19 \quad (3.37)$$

Bu durumdaysa, S2-t'ye karşılık gelen ve Hkr2-t sembolü ile gösterilen göl su kotu tahmini 2.inci kritik kot olacaktır.

Q2'nin ilk deneme ötelemesi sonucunda oluşan maksimum göl su kotu Hkr2-t'den büyükse, savaklanan debiler küçük kaldığından dolayı, Q2 normalinden daha fazla bir hacim işgal edeceğinden, işgal hacmini azaltmak amacıyla d2-t kapak altı açıklığı sabit sıralı açıklıklardan bir sonraki değere arttırılır. Böylece, $H2maks \leq Hkr2-t$ eşitsizliği sağlanana kadar kapak altı açıklıkları arttırılarak tasarım d2 değeri bulunmuş olur.

10.uncu karar taşkınına kadar taşkınlardan j'ninci karar taşkını Qj'nin ötelenmesinde ilk kapak altı açıklığı (dj-t) olarak, baştan verilen sabit sıralı açıklıklardan, Qj-1'in kapak altı açıklığı dj-1'den bir sonraki ile alınır. Qj'nin ötelenmesinde oluşacak maksimum göl su hacminin Qj ile orantılı olması için, tahmini maksimum su hacmi, toplam rezervuar hacmi ile j-1.inci safhanın maksimum göl su hacmi arasında kalan hacmin, j.ninci safhaya oranlı kısmı ayrılır ve aşağıdaki formül ile ifade edilir:

$$Sj-t = Sj-1 + (Smaks - Sj-1) / [20 - (j-1)] \quad (3.38)$$

Dolayısıyla, Sj-t'ye karşılık gelen ve Hkrj-t sembolü ile gösterilen göl su kotu tahmini j.ninci kritik kot olacaktır.

Qj'nin ilk deneme ötelemesi sonucunda oluşan maksimum göl su kotu Hkrj-t'den büyükse, savaklanan debiler küçük kaldığından dolayı, Qj normalinden daha fazla bir hacim işgal edeceğinden, işgal hacmini azaltmak amacıyla dj-t kapak altı açıklığı sabit sıralı açıklıklardan bir sonraki değere arttırılır. Böylece, $Hjmaks \leq Hkrj-t$ eşitsizliği sağlanana kadar kapak altı açıklıkları arttırılarak tasarım dj değeri bulunmuş olur.

11.inci ile 15.inci (sonuncu = katastrofal) karar taşkınına kadar taşkınlardan j'ninci karar taşkını Qj'nin ötelenmesinde ilk kapak altı açıklığı (dj-t) olarak, baştan verilen sabit sıralı açıklıklardan, Qj-1'in kapak altı açıklığı dj-1'den bir sonraki ile alınır.

Q_j 'nin ötelenmesinde oluşacak maksimum göl su hacminin Q_j ile orantılı olması için, tahmini maksimum su hacmi, toplam rezervuar hacmi ile $j-1$.inci safhanın maksimum göl su hacmi arasında kalan hacmin, j .ninci safhaya oranlı kısmı ayrılır ve aşağıdaki formül ile ifade edilir:

$$S_{j-t} = S_{j-1} + [(S_{maks} - S_{j-1})/2] / [15 - (j-1)] \quad (3.39)$$

Dolayısıyla, S_{j-t} 'ye karşılık gelen ve H_{krj-t} sembolü ile gösterilen göl su kotu tahmini j .ninci kritik kot olacaktır.

Q_j 'nin ilk deneme ötelemesi sonucunda oluşan maksimum göl su kotu H_{krj-t} 'den büyükse, savaklanan debiler küçük kaldığından dolayı, Q_j normalinden daha fazla bir hacim işgal edeceğinden, işgal hacmini azaltmak amacıyla d_{j-t} kapak altı açıklığı sabit sıralı açıklıklardan bir sonraki değere arttırılır. Böylece, $H_{jmaks} \leq H_{krj-t}$ eşitsizliği sağlanana kadar kapak altı açıklıkları arttırılarak tasarım d_j değeri bulunmuş olur.

3.8. Her Bir Safhada Öteleme İçin Algoritma

Bu çalışmayı daha iyi anlayabilmemiz için daha önceden yapılan yüksek lisans ve doktora tez çalışmalarındaki algoritmaların neler olduğunu bilmemiz gerekir. Böylelikle her bir safhada ötelenmenin uygun bir biçimde nasıl gerçekleştiği anlayabiliriz.

15 safhalı taşkın ötelemesi için geliştirilen bilgisayar programı, süreklilik denkleminin sonucu farklar biçiminin Δt zaman aralıklarındaki çözümüne dayanan hidrolojik öteleme modeli daha önceden geliştirilmiştir. Programda kullanılan bu algoritmaların yapısı alışılmışın dışında kalan iteratif analizlerden oluşur. Bu iteratif yöntemde gelen taşkın debileri 0,1 saat, 0,2 saat gibi küçük zaman aralıklarında olması gerekmektedir [8].

i ninci zaman diliminin sonundaki göl su kotunun ilk tahminini $(i-1)$ inci zaman diliminin sonundaki seviye kabul edilir.

$$H_{i_1} = H_{i-1} \quad (3.40)$$

i ninci zaman diliminin sonunda çıkan hidrograf debisi için ilk tahmin ise $(i-3)$ inci, $(i-2)$ inci ve $(i-1)$ üncü zaman dilimlerinin sonucunda çıkan hidrografın üç nokta arasında iki dereceden polinomun ekstrapolasyonu yapılarak aşağıdaki denklem ile elde edilir:

$$O_{i_1} = O_{i-3} - 3 * O_{i-2} + 3 * O_{i-1} \quad (3.41)$$

Bu formülde O lar m³/s cinsindendir.

i ninci adım sonunda göl suyu hacmindeki değişim aşağıdaki denklem ile elde edilir:

$$DS_i = [(I_{i-1} + I_i / 2) + (O_{i-1} + O_i / 2)] * \Delta t * 0.036 \quad (3.42)$$

Burada,

DS_i, i ninci adım sonunda Δt saat süresinde göl su hacminde oluşan artış veya azalışı ifade eder (m³),

I, gelen hidrograf (m³/s),

O ise çıkan hidrograf (m³/s),

i ninci adım sonundaki tahmini göl su hacmi aşağıdaki denklem ile hesaplanır:

$$S_i = S_{i-1} + DS_i \quad (3.43)$$

(3.42) nolu denklem ile hesaplanan i ninci adım sonundaki tahmini su hacmine karşılık gelen göl su seviyesi (Hi₂), gölün kot-hacim ilişkisi tablosundan S_i den küçük iki adet ve S_i den büyük iki adet nokta olmak üzere toplam dört nokta arasında üçüncü dereceden polinom interpolasyonu ile bulunur[8].

$$(|Hi_2 - Hi_1|) / Hi_2 \leq 10^{-6} \quad (3.44)$$

Bulunan (Hi₂), (3.43) denklemini şartını sağlıyorsa Oi₁ çıkan hidrograf i ninci zaman diliminin sonundaki debidir. (3.43) eşitliği sağlanamadığında kot-debi ilişkisinde Oi'nin daha yaklaşık değeri alınarak (Hi₂) tekrardan hesaplanır. Bütün işlemler (3.43) eşitliği sağlanana kadar devam ettirilir. Bu anlatılan hesabı aşağıdaki formül ile kısaltabiliriz.

$$O_{i_2} = QSP_1(Hi_2) + QSP_2(Hi_2) + QSP_3(Hi_2) \quad (3.45)$$

Burada,

QSP_j(Hi) j ninci savağın kot-debi ilişkisini gösteriyor.

Bir safhadan diğeri safhaya geçiş anında öteleme hesabında kullanılan nümerik algoritmaların detayları da Acanal ve Haktanır [25] da açıklanmaktadır.

BÖLÜM 4

15 SAFHALI KAPAKLI SAVAK İŞLETME MODELİNİN ÜLKEMİZDEKİ BAZI BARAJLARA UYGULANMASI

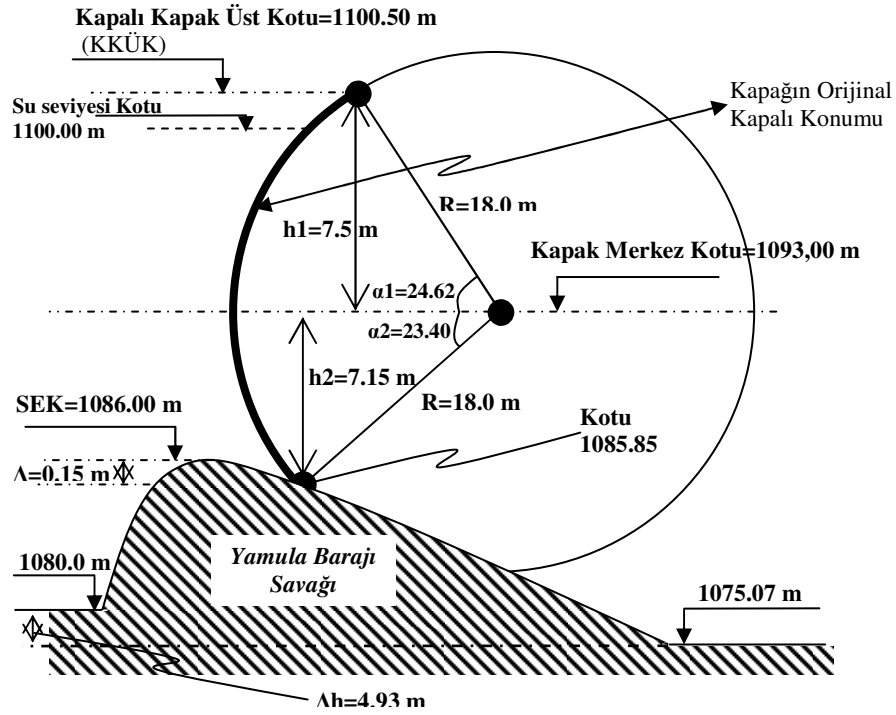
4.1. Barajların ve Rezervuarların Dataları

Ülkemizde yapılmış ve yapımı devam etmekte olan pek çok radyal kapaklı savaklı barajlar mevcuttur. Geliştirilen 15 safhalı kapaklı savak işletme modeli, Kızılırmak ve Seyhan Havzaları üzerinde bulunan iki seri baraja (dört baraja) uygulanmıştır.

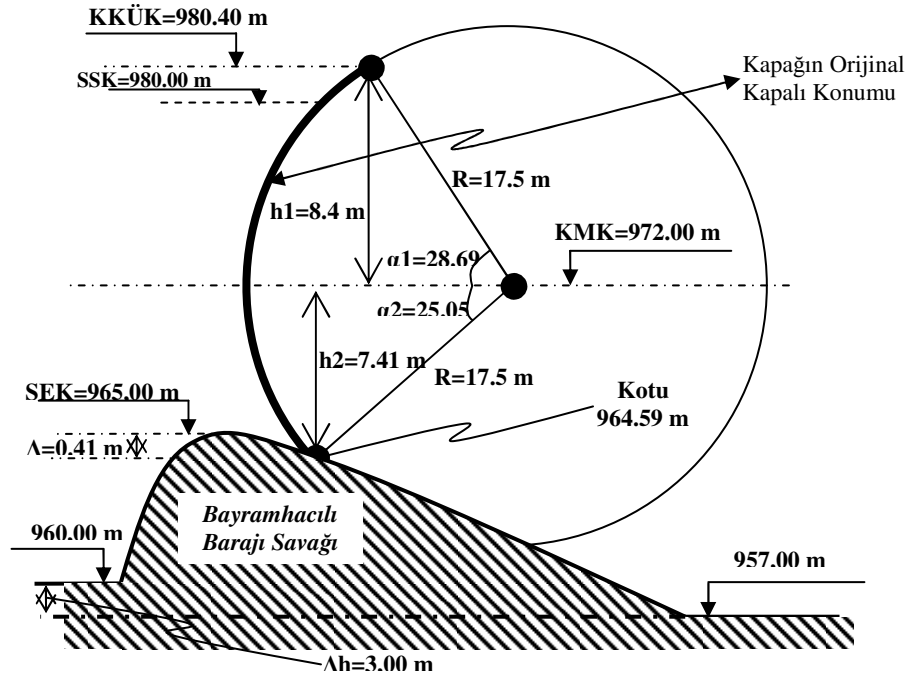
Kızılırmak Havzasının Kara Deniz'e döküldüğü kesitte toplam drenaj alanı 78180 km², ortalama yıllık su hacmi de 5.5 milyar m³ ün üzerindedir. Seyhan Havzasının Ak Deniz'e döküldüğü kesitte toplam drenaj alanı 20 450 km² ve ortalama yıllık su hacmi de 6 milyar m³ dür.

Yamula Barajı, Kayseri'ye 30 km mesafede, Kızılırmak Nehri üzerinde, toplam rezervuar kapasitesi 3500 Milyon m³ civarında, hidroelektrik enerji üretimi amaçlı bir baraj olup, 2005 yılında işletmeye açılmıştır. Bayramhacılı Barajı, Kızılırmak Nehri üzerinde, Yamula Barajı'nın mansabında, Avanos'a yakın, toplam rezervuar kapasitesi 250 Milyon m³ civarında, inşası devam eden, hidroelektrik enerji üretimi amaçlı bir baraj olup, 2011 yılında işletmeye açılacaktır. Çatalan Barajı, Adana'nın 30 km kadar kuzeyinde, Seyhan Nehri üzerine, hidroelektrik enerji üretimi ve taşkın kontrol amacıyla 1997 inşa edilmiş bir barajdır. Seyhan Barajı, eski Adana'nın 15 km yukarısında, hidroelektrik enerji üretimi ve taşkın kontrol amacıyla 1956'da işletmeye açılmış bir barajdır. Seyhan Barajı, eşik kotu 61.0 m'de olan radyal kapaklı bir savağı ve bunun yanında eşik kotu 67.5 m'de olan kapaksız ikinci bir savağı mevcuttur.

Şekil 4.1.'de Yamula ve Bayramhacılı Barajları savaklarının geometrik boyutları şematik olarak gösterilmektedir [13,14]. Çatalan ve Seyhan Barajlarının savakları ise EK-3'te verilmektedir [19,20].



Şekil 4.1.-a Yamula Barajı savağının geometrik özellikleri.



Şekil 4.1.-b Bayramhacılı Barajı savağı geometrik özellikleri.

Tablo 4.1. Barajlara ait bazı özellikler[13,14,21,22].

	Yamula	Bayramhacılı	Çatalan	Seyhan
İşletmeye başlama tarihi	2005	Yapımı devam ediyor	1997	1956
Amaç**	E+S	E	E+S+T	E+S+T
Drenaj alanı(km ²)	15581.6	18930.0	15387.0	19000.0
Aktif hacim+ ölü hacim (milyon m ³)	3480.0	215.0	1647.0	850.0
Taşkın öteleme hacmi (milyon m ³)	214.0	54.0	586.0	400.0
Baraj kret kotu (m)	1104.0	984.2	130.0	72.7
Aktif hacim üst kotu(m)	1100.0	980.0	118.6	63.5
Savak eşik kotu (m)	1086.0	965.0	110.0	61.0
İkinci savak eşik kotu (m)	yok	yok	yok	67.5
Maksimum savak debisi (m ³ /s)	5500.0	6527.67	10055.0	2500.0
Maksimum ikinci savak debisi (m ³ /s)	yok	yok	yok	3000.0
Maksimum türbin debisi (m ³ /s)	2x50=100	67.5x2=135	3 x180=360	3 x75=225
Kapak hava payı (m)	0.50	0.40	0.60	0.10
** E: Enerji üretme, S: Sulama, T: Taşkın Kontrolü				



Şekil 4.2. Yamula Barajı savağının radyal kapaklar arası ayakları.

4.2. Muhtemel Maksimum (Katastrofal) Taşkınların Hesabı

15 safhalı işletme modelinin uygulanmasında gereken, katastrofal taşkın hidrografi, hacim – alan eğrisi, taşkın savağının ve radyal kapaklarının geometrik özellikleri ve kot (m) – debi (m^3/s) ilişkisi verileri o barajın kati projesinden alınmıştır.

15 safhalı kapak işletme modeli önce Yamula Barajı'na uygulanmıştır. Kızılırmak Nehri üzerinde Yamula Barajı membasında herhangi bir baraj mevcut olmadığından, Yamula Barajı katastrofal taşkını, muhtemel maksimum yağmurun yüzey drenajı sonucu doğal akımların oluşturduğu muhtemel maksimum taşkındır. Katastrofal taşkın hidrografi ile 15 safhalı kapak işletme modeli Yamula Barajı'na uygulanarak, bu modelin verdiği 15 safhalı çıkış hidrografi hesaplanmıştır.

Yamula Barajı katastrofal çıkış hidrografına ara havza katastrofal taşkını ilave edilerek, Bayramhacılı Barajı'na giren katastrofal taşkın hidrografi hesaplanmıştır. Bütün veriler kullanılarak 15 safhalı kapak işletme modeli Bayramhacılı Barajı'na uygulanmıştır. Böylece Bayramhacılı Barajı'ndan çıkan katastrofal taşkın hidrografi hesaplanmıştır.

4.3. Ara Havzanın Katastrofal Taşkın Hidrografının Hesabı

Seri halde bulunan iki barajdan membadaından çıkan katastrofal taşkın hidrografı ile ara havzadan gelen katastrofal taşkın hidrografı, mansaptaki baraj için giriş katastrofal hidrografı olacaktır. Önce Kızılırmak üzerinde bulunan Yamula ve Bayramhacılı barajları arasındaki ara havzadan gelen doğal katastrofal taşkın hidrografı hesabı özetlenecektir.

Şekil 4.3'ten görülebileceği gibi, 1501 nolu akım rasat istasyonu, bir tesadüf olarak, Yamula Barajı aksının sadece 100 m kadar aşağısında bulunmaktadır. Hidrolojik açıdan, 15580 km² büyüklüğünde bir drenaj alanı için, 1501 nolu istasyon Yamula Barajı aksında demektir. Bayramhacılı Barajının bulunduğu kesitten 20 km kadar aşağıda 1532 nolu akım rasat istasyonu bulunmaktadır. 1501 ve 1532 nolu akım rasat istasyonlarında Elektrik İşleri Etüt İdaresi tarafından ölçülüp kaydedilmiş olan yıllık anlık maksimum akımlar (YAMA) serilerinden Yamula Barajının su tutmaya başlamasından evvelki 27 yıllık ortak kısımlarına lineer regresyon uygulanmıştır. Bu regresyonun çıktısı aşağıda Tablo 4.2'de sunulmaktadır. Görülebileceği gibi, bu regresyon analizinden elde edilen:

$$(1532 \text{ deki YAMA}) = (1.18) * (1501 \text{ deki YAMA}) \quad (4.1)$$

Regresyon ifadesinin determinasyon katsayısı $R^2 = 0.99$ olup 1.18 katsayısının t değeri de çok anlamlıdır.

Tablo 4.2. 1532 ve 1501 nolu akım rasat istasyonlarında EİEİ Genel Müdürlüğü tarafından kaydedilmiş olan yıllık alık maksimum akımlar verileri arasında Minitab paket programı kullanılarak yapılan regresyon analizi çıktısı.

```
MTB > exec '32-01p.mtb'
MTB > note 1963-1992 arası 1532 ve 1501 nolu ARİlerin ölçülmüş YAMA
değerleri
MTB > note 1983, 1970, 1968, ve 1962 yılı ölçümleri çıkarıldı
MTB > note c1: 1532nin YAMA ları, c: 1501in YAMA ları
MTB > read c49 c1 c2
1992 469 401
1991 319 317
1990 368 331
1989 404 369
1988 730 685
1987 539 482
1986 444 391
1985 662 591
1984 411 355
```

```

1982  524    497
1981  584    442
1980 1403   1089
1979  269    229
1978  396    315
1977  625    424
1976  791    638
1975  815    602
1974  424    335
1973  286    275
1972  411    388
1971  280    245
1969  638    617
1967  754    678
1966  385    348
1965  389    376
1964  522    465
1963  467    385

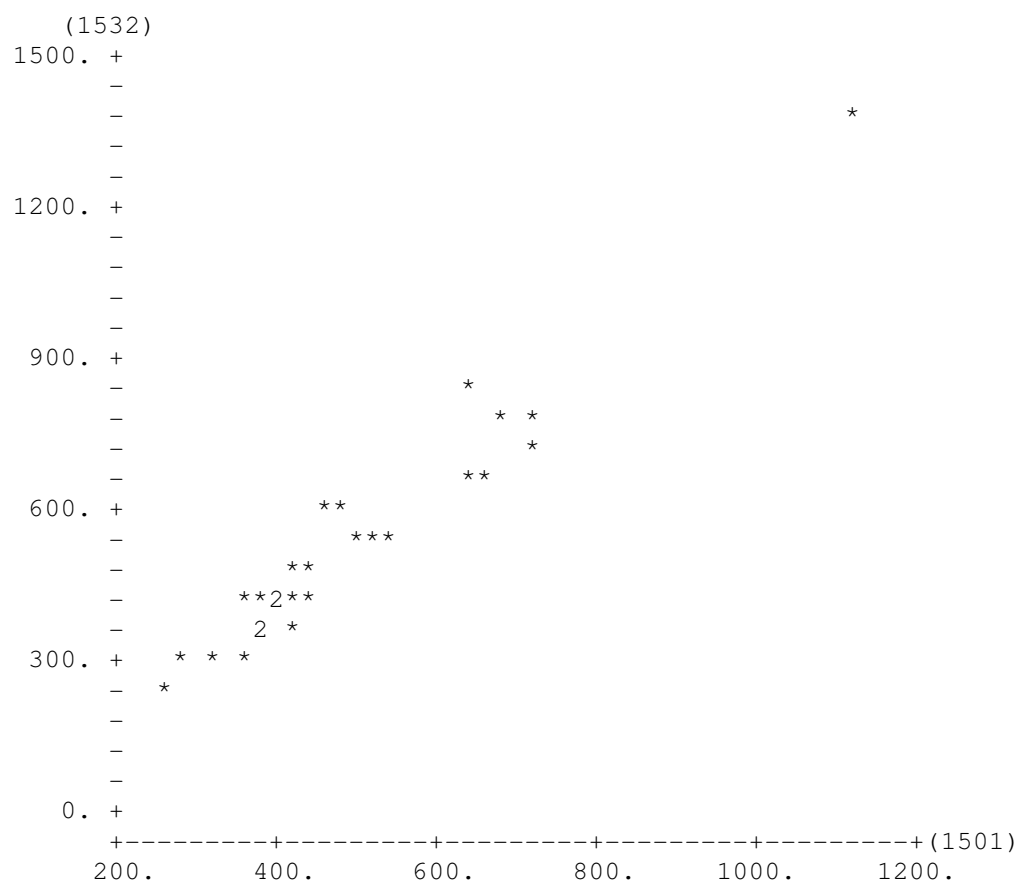
```

```
MTB > end
```

```
MTB > name c1='(1532)' c2='(1501)'
```

```
MTB > width 50,25
```

```
MTB > plot c1 c2
```



```
MTB > noco
```

```
MTB > regr c1 1 c2
```

```

THE REGRESSION EQUATION IS
(1532) = 1.18 (1501)

```

COLUMN	COEFFICIENT	ST. DEV. OF COEF.	T-RATIO = COEF/S.D.
NOCONSTANT (1501)	1.17856	0.02225	52.98

S = 56.42

ANALYSIS OF VARIANCE

DUE TO	DF	SS	MS=SS/DF
REGRESSION	1	8933643	8933643
RESIDUAL	26	82762	3183
TOTAL	27	9016405	

ROW	(1501)	Y (1532)	PRED. Y VALUE	ST.DEV. PRED. Y	RESIDUAL	ST.RES.
12	1089	1403.0	1283.5	24.2	119.5	2.35RX
15	424	625.0	499.7	9.4	125.3	2.25R

R DENOTES AN OBS. WITH A LARGE ST. RES.
X DENOTES AN OBS. WHOSE X VALUE GIVES IT LARGE INFLUENCE.

DURBIN-WATSON STATISTIC = 1.11

MTB > stop

*** MINITAB DATA ANALYSIS SOFTWARE * MINITAB, INC. * RELEASE 82.1 *
STORAGE AVAILABLE 8000

Bilindiği gibi, aynı akarsu üzerindeki kesitlerdeki debiler ile o kesitlerin drenaj alanlarının boyutları arasında aşağıda verilen basit ifade hidrolojide yaygınlıkla kullanılan bir modeldir:

$$Q_1/Q_2 = (A_1/A_2)^n \quad (4.2)$$

(4.2) nolu eşitlik 1532 ve 1501 nolu istasyonlardaki yıllık anlık maksimum akım (YAMA) değerleri için aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$(1532 \text{ deki YAMA}) = (1501 \text{ deki YAMA}) * (A_{1532}/A_{1501})^n \quad (4.3)$$

Burada, A_{1532} : 1532 nolu istasyon kesitine göre Kızılırmak Nehrinin drenaj alanı ve A_{1501} : 1501 nolu istasyon kesitine göre Kızılırmak Nehrinin drenaj alanıdır.

(4.1) ve (4.3) nolu eşitliklerin karşılaştırılmasından aşağıdaki eşitlik yazılabilir:

$$(A_{1532}/A_{1501})^n = 1.18 \quad (4.4)$$

Bu da, aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$n \cdot \log(A_{1532}/A_{1501}) = \log(1.18) \quad (4.4a)$$

1532 ve 1501 nolu akım rasat istasyonlarının bulunduğu kesitlerin drenaj alanları: $A_{1532} = 20622 \text{ km}^2$ ve $A_{1501} = 15581 \text{ km}^2$ olduğuna göre, (4.4a) nolu eşitlik n katsayısı için çözüldüğünde, $n = 0.59$ bulunur. Bayramhacılı Barajı 1532 ile 1501 nolu akım rasat istasyonları arasında bir yerde olduğu için, $n = 0.59$ değerinin Bayramhacılı ve Yamula Barajları drenaj alanları için de geçerli olduğu kabul edilerek Bayramhacılı Barajı drenaj alanı ile Yamula Barajı drenaj alanı taşkın debileri için aşağıdaki eşitlik yazılabilir:

$$Q_{YB} = Q_{BB} \cdot (A_{BB}/A_{YB})^{(0.59)} = Q_{BB} \cdot (A_{BB}/A_{1501})^{(0.59)} \quad (4.5)$$

Bayramhacılı Barajı drenaj alanı: $A_{BB} = 18930 \text{ km}^2$ olduğuna göre, bu eşitlik:

$$Q_{BB} = Q_{YB} \cdot (18930/15581)^{(0.59)} = Q_{YB} \cdot (1.21494)^{(0.59)} = Q_{YB} \cdot (1.1217) \quad (4.5a)$$

biçiminde olur. Bayramhacılı Barajı ile Yamula Barajı arasındaki ara havza debisi Bayramhacılı Barajı Havzasından gelen debinin Yamula Barajı Havzasından gelen debiden farkına eşit olacağına göre, bu iki baraj arasındaki ara havza debisi aşağıdaki ifade ile hesaplanacaktır:

$$Q_{(BB-YB \text{ ara havza})} = Q_{BB} - Q_{YB} = (0.1217) \cdot Q_{YB} \quad (4.6)$$

Benzer bir analiz Seyhan Nehri üzerinde seri durumdaki Seyhan ve Çatalan Barajları için Kişi tarafından yapılmış olup, bu iki baraj arasındaki ara havza taşkın debileri için aşağıdaki eşitlik verilmiştir [8]:

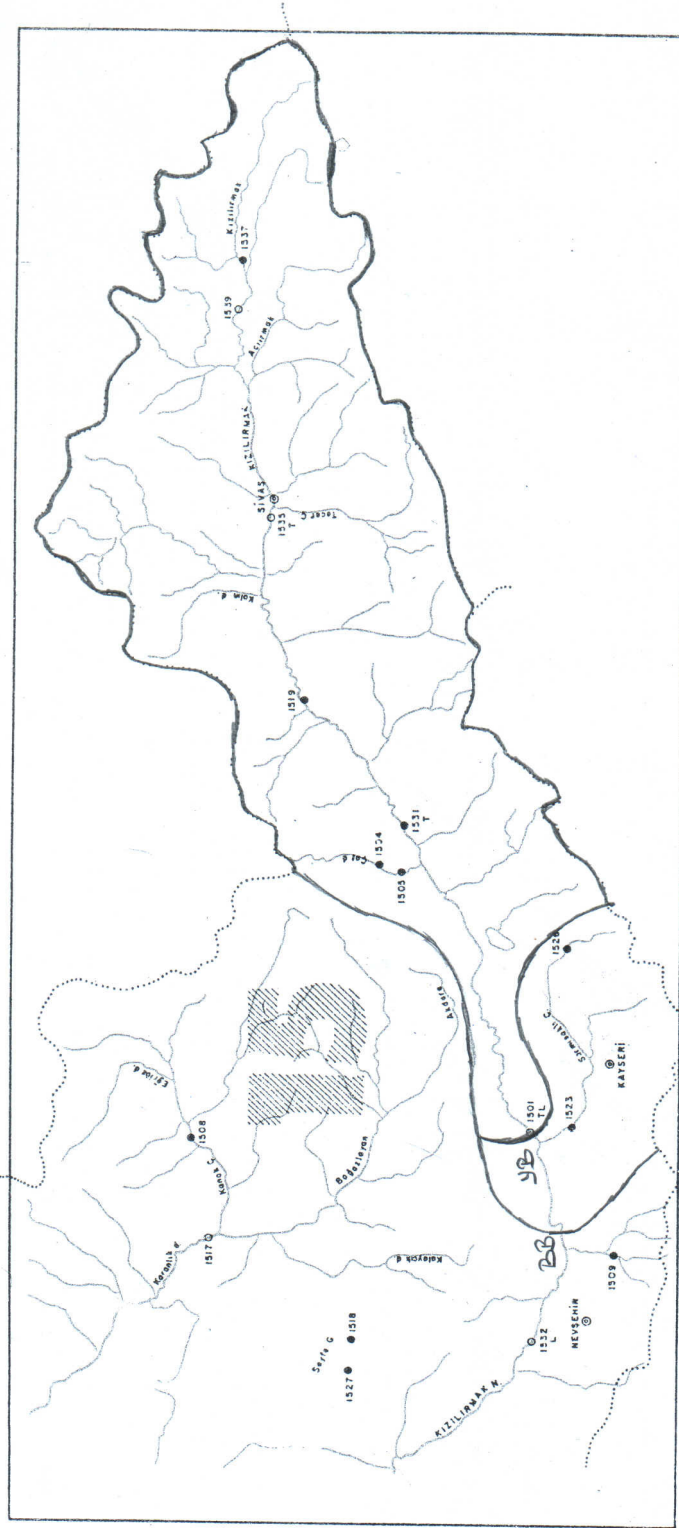
$$Q_{(ÇB-SB \text{ ara havza})} = (0.15) \cdot Q_{ÇB} \quad (4.7)$$

Yukarıdaki ifadelerdeki semboller, $Q_{(o \text{ kesit})}$: o kesitteki taşkın debisi (m^3/sn),

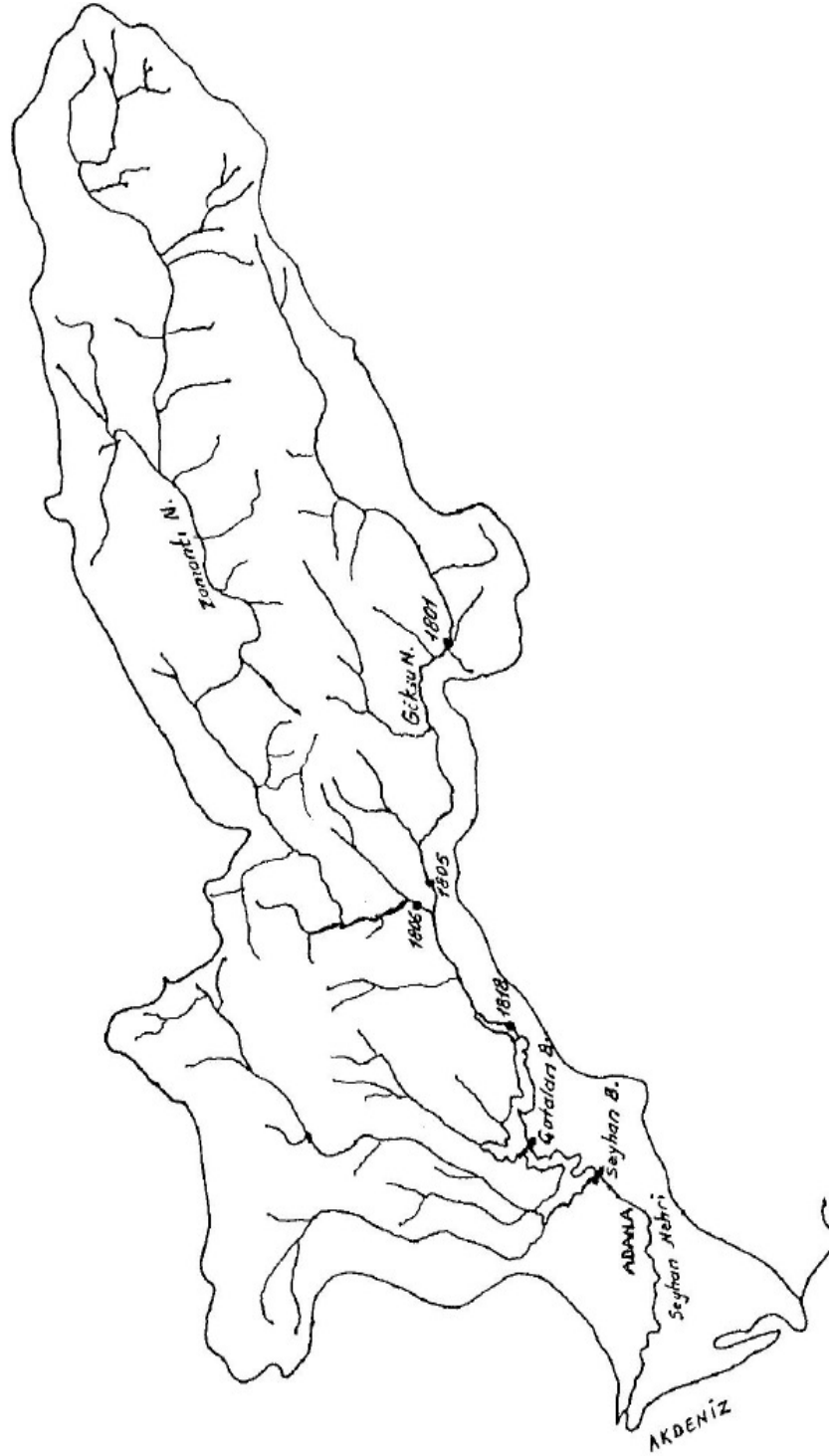
$A_{(o \text{ kesit})}$: o kesite göre o nehrin drenaj alanı (km^2), BB: Bayramhacılı Barajı, YB: Yamula Barajı, SB: Seyhan Barajı, ÇB: Çatalan Barajıdır.

Bu çalışmada, Bayramhacılı ve Yamula Barajları arasındaki ara havza taşkın debilerinin hesabında (4.6) nolu, Seyhan ve Çatalan Barajları arasındaki ara havza taşkın debilerinin hesabında (4.7) nolu eşitlikler kullanılmıştır.

İki seri baraj arasında kalan ara havzadan gelen doğal taşkın hidrografı, mansaptaki baraja gelen doğal taşkın hidrografı, Kızılırmak Nehri üstündeki için (0.1217), Seyhan Nehri üstündeki için (0.15) katsayısı ile çarpılarak hesaplanmıştır. Mansaptaki barajdan çıkan ötelenmiş hidrograf ile iki baraj arasında kalan ara havzadan gelen doğal taşkın hidrografı da toplanarak mansaptaki baraja giren taşkın hidrografı hesaplanmıştır. Bu çarpma ve toplama hesapları için CARP ve TOPLA adları verilen özel küçük programlar geliştirilmiştir.



Şekil 4.3. Kızılırmak Nehri üzerindeki, 1501 ve 1532 nolu akım rasat istasyonlarının ve Bayramhacılı ve Yamula Barajlarının konumları [23]

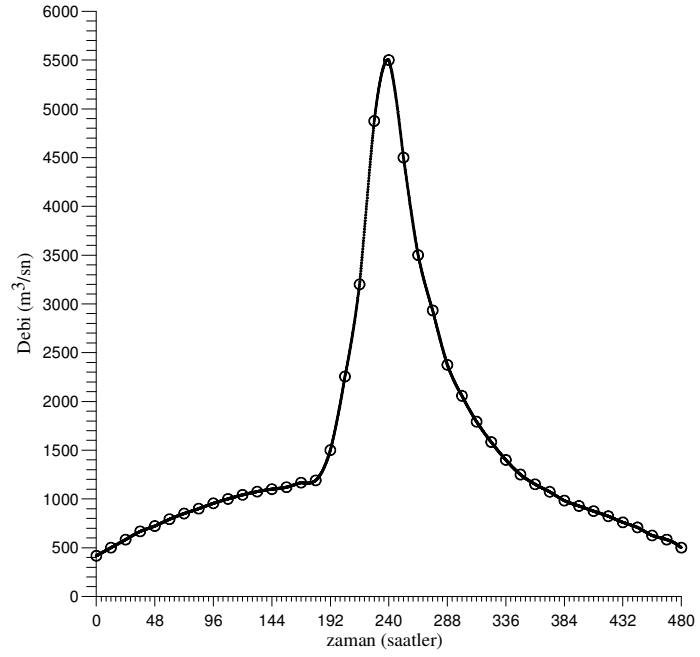


Şekil 4.4. Seyhan Nehri üzerindeki Seyhan ve Çatalan Barajlarının konumları [2].

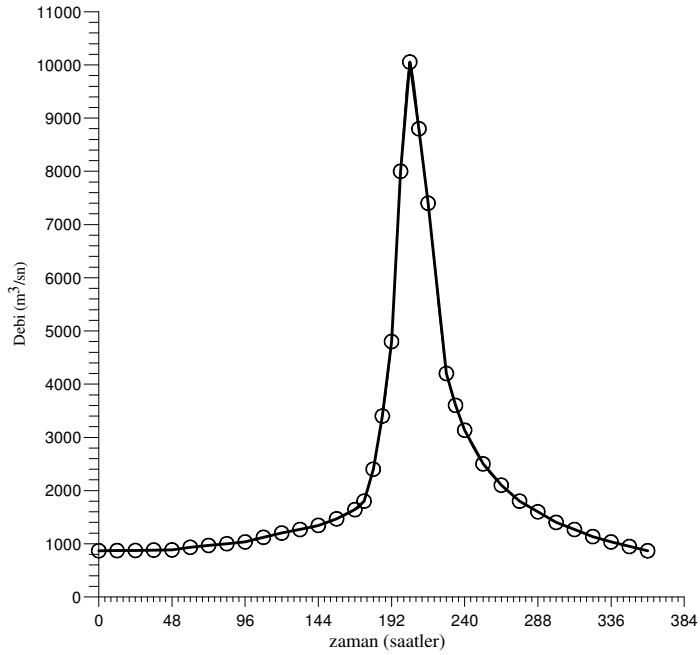
4.4. 15 Safhalı Kapaklı Savak İşletme Modelinin Uygulanması

15 safhalı kapaklı savak işletme politikasının uygulanabilmesi için öncelikle o barajın kati projesinden, muhtemel maksimum taşkın ve savakların ilgili verilerinin alınarak,

geliştirilmiş olan bilgisayar programın giriş datası dosyasına girilmesi gerekmektedir. Data hazırlama işlemlerinden ilki, barajların kati projelerinden alınan katastrofal taşkın hidrografındaki debi koordinatlarının AD.for adlı programı ile $\Delta t = 0.2$ saat aralıklarda interpolate edilmesidir.



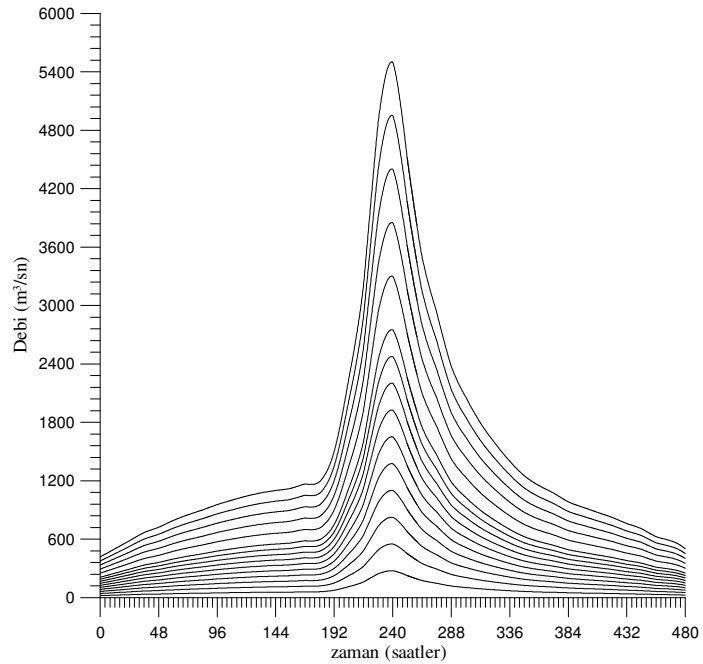
Şekil 4.5.-a Yamula Barajı kati projelerinde $\Delta t = 12$ saat aralıklarda verilmiş olan Muhtemel Maksimum Taşkın Hidrografı.



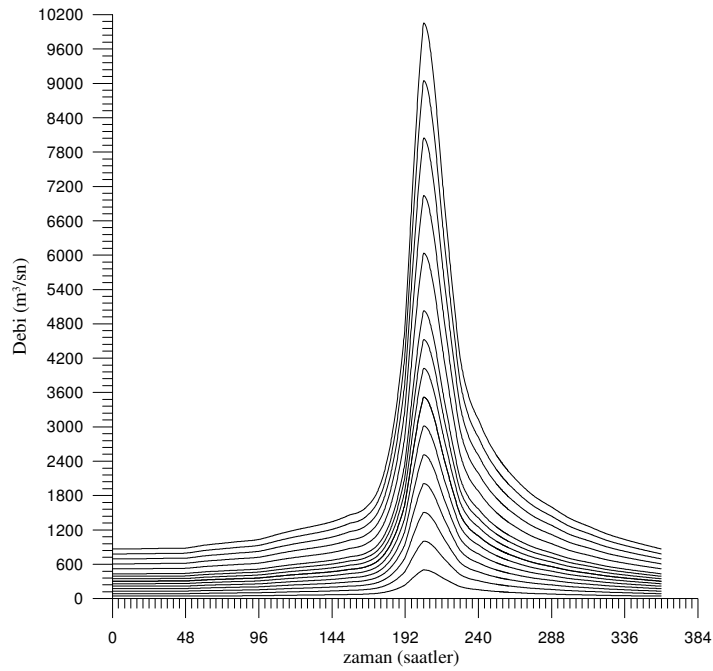
Şekil 4.5.-b Çatalan Barajları kati projelerinde $\Delta t = 12$ saat aralıklarda verilmiş olan Muhtemel Maksimum Taşkın Hidrografı.

Kati projesinde $\Delta t = 12$ saat aralıklarda verilmiş olan Muhtemel Maksimum Taşkın (MMT) Hidrografının ardışık dört noktasından geçen 3.üncü dereceden polinom kullanılarak o 4 nokta arasında bulunan $\Delta t = 0.2$ saat aralıklardaki debi değerlerini hesaplayan AD.for adlı programla hem Yamula Barajı hem de Çatalan Barajı muhtemel maksimum taşkın hidrographları $\Delta t = 0.2$ saat aralıklarda hesaplanıp 15 safhalı işletme programı giriş datası formatında yazdırılmıştır.

AD.for programı ile $\Delta t = 0.2$ saat zaman aralıklarına dönüştürülen bir katastrofal taşkın hidrografi, DIV.for adı verilen başka bir program yardımıyla, katastrofalin yanı sıra 14 alt hidrografa ayrılmıştır. Bunlardan en küçüğü Muhtemel Maksimum Taşkın (MMT) Hidrografının %5'ine eşitken, 10.uncuya kadar 0.05 artımlarla, 11.inciden 15.inciye (MMT'ye) kadar da 0.10 artımlarla ara karar hidrographları DIV.for programı ile hesaplanmıştır. Şekil 4.6'da Yamula ve Çatalan Barajları için, 15 farklı karar hidrographları gösterilmektedir.

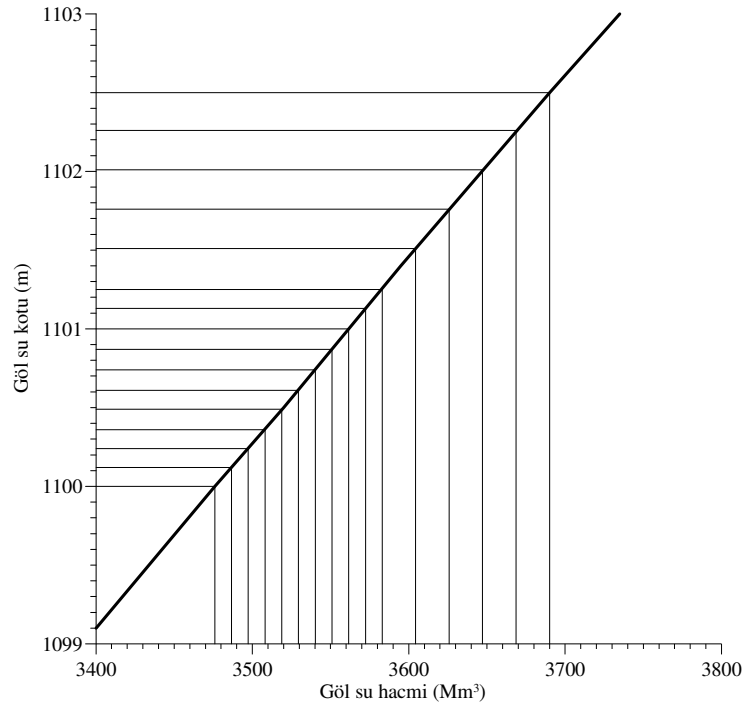


Şekil 4.6.-a Yamula Barajı' nın muhtemel maksimum taşkın hidrographlarının DIV.for programı yardımıyla 15 safhaya bölünmesi.

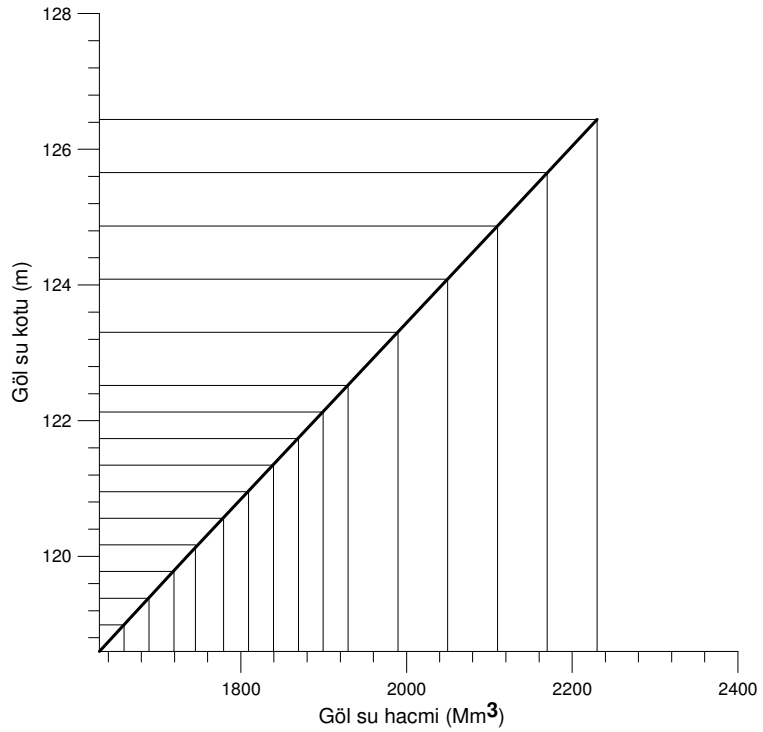


Şekil 4.6.-b Çatalan Barajı' nın muhtemel maksimum taşkın hidrograflarının DIV.for programı yardımıyla 15 safhaya bölünmesi.

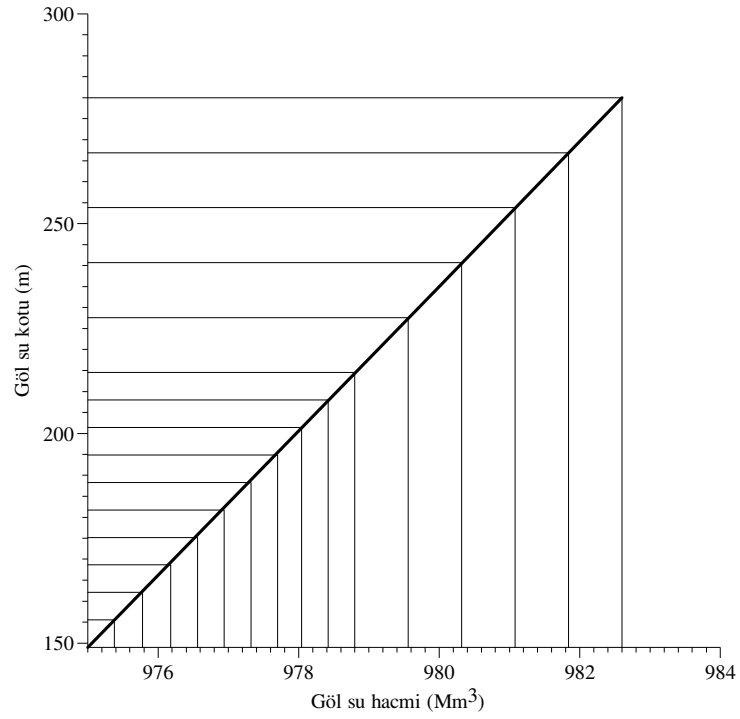
Muhtemel maksimum taşkının 15 adet karar hidrografına bölünmesinden sonra, 15 safhalı taşkın öteleme modelinin ilk yaklaşımında, barajın kati projesinde müsaade edilen maksimum su kotu ile aktif hacim üst kotu (maksimum işletme kotu) arasındaki taşkın öteleme hacmi de aynı oranlarda ara hacimlere bölünmüştür. Örneğin birinci taşkın öteleme bölgesi, maksimum işletme kotu üstünde taşkın öteleme hacminin %5'ine eşit miktardaki hacimdir ve daha önce de açıklandığı gibi, birinci karar hidrografı ötelendiği zaman oluşan maksimum su kotu birinci taşkın öteleme bölgesinin üst kotuna eşit veya ondan biraz aşağıda olacaktır. Şekil 4.7'de çalışmada alınan barajların 15 safhaya ayrılmış, başlangıç taşkın öteleme hacimleri ve karşılık gelen kritik su kotları gösterilmektedir.



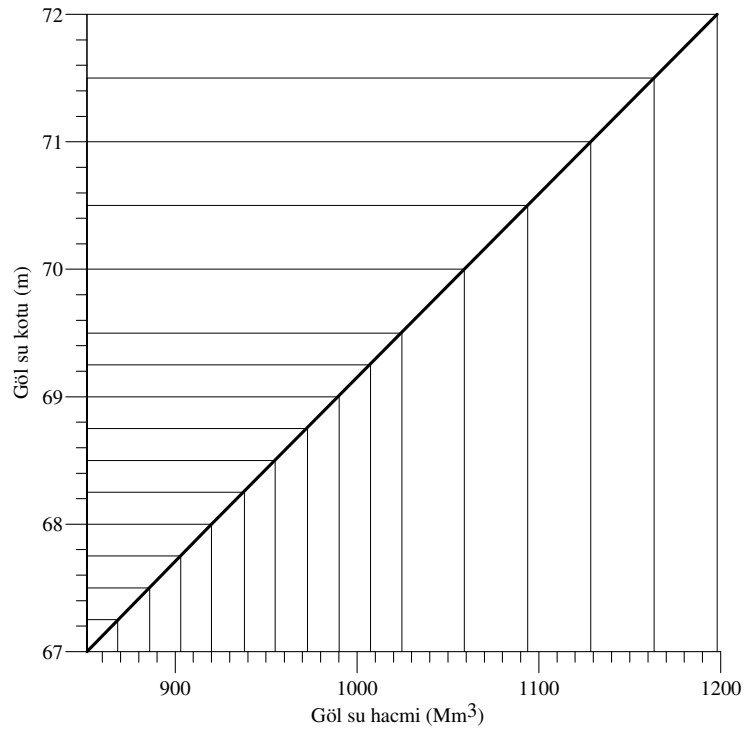
Şekil 4.7.-a Yamula Barajı' nın toplam taşkın ötelenme hacminin 15 safhalı taşkın ötelenme modelinde ara taşkın öteleme hacimlerine bölünmesi.



Şekil 4.7.-b Çatalan Barajı' nın toplam taşkın ötelenme hacminin 15 safhalı taşkın ötelenme modelinde ara taşkın öteleme hacimlerine bölünmesi.



Şekil 4.7.-c Bayramhacılı Barajı' nın toplam taşkın ötelenme hacminin 15 safhalı taşkın ötelenme modelinde ara taşkın öteleme hacimlerine bölünmesi.



Şekil 4.7.-d Seyhan Barajı' nın toplam taşkın ötelenme hacminin 15 safhalı taşkın ötelenme modelinde ara taşkın öteleme hacimlerine bölünmesi.

3.üncü Bölümde teorik yaklaşımı ve algoritmaları özetlenen 15 safhalı taşkın işletme modeli iki ayrı bilgisayar programından oluşmaktadır. FD7.for adlı birinci program önce, ‘En büyüğü MMT, en küçüğü $0.05 \times \text{MMT}$ olan 15 farklı karar hidrografının ötelenmesindeki savak kapak altı açıklıklarını ve kritik göl kotlarını, baraj gölü taşkın öteleme hacminin, karar hidrografları oranlarında oranlarındaki kısımlarını kullanarak belirleme’ prensibine dayanan birinci opsiyon için kurallar hesaplamaktadır. Sonra, ‘Küçük taşkınları daha etkin biçimde, MMT ve ona yakın boyutlu büyük taşkınları ise çıkan debiler girenlere yakın olacak biçimde’ prensibi ile birinciden başka birkaç farklı opsiyon için de kurallar hesaplamaktadır. Bu çalışmada, birinci opsiyon esas alınmaktadır. FSR6.for adlı ikinci program, FD7.for adlı programın verdiği opsiyonlardan seçilen birini alarak, 15 farklı karar hidrografından istenenin öteleme hesaplarını yapıp gerekli ara değerleri de sunmaktadır. 15 safhalı taşkın işletme modelinin hedeflenen çıktıları hesaplayan FD7.for adlı program, kapsamlı büyük öteleme döngüleri ve iterasyonlar yapmakta, ara öteleme adımlarını vermemektedir. FSR6.for adlı program ise, FD7.for’un sunduğu opsiyonlardan seçilen ile öteleme hesaplarını yapmakta, hem detaylı nümerik ve sözel bilgiler içeren tablolar, hem de zamana karşı giren ve çıkan hidrografların, göl su kotunun ölçekli şekillerinin çiziminde gerekli nümerik dataları, hem de, çıkan hidrografın ara havza hidrografi ile toplanıp mansaptaki baraja giren akım hidrografının hesabı için gereken data dosyalarını uygun adlarda hazırlayıp sunmaktadır. Giriş datası dosyası hazırlaması ve koşturması güç olmayan bu programların uygulamaları tez savunma oturumunda yapılacaktır.

Örneğin, Yamula ve Bayramhacılı Barajları için birinci işletme opsiyonu ile bulunan kritik göl suyu kotu ve kapak altı açıklıkları Tablo 4.4. gösterilmiştir. Çatalan Barajı ve Seyhan Barajı için kritik göl su kotu ve kapak altı açıklıkları da Tablo 4.5. verilmiştir.

Şekil 4.8. programların akış diyagramları gösterilmiştir.

Çalışmada ele alınan barajların 15 safhalı kapaklı işletme politikası ile elde edilen giren ve çıkan akım hidrografları Şekil 4.9.-a dan başlayarak devam eden bütün şekillerde sunulmaktadır. Ayrıca Şekil 4.9.-b den başlayarak devam eden bütün şekillerde ise bu ötelemeler anında göl su kotunun zamanla değişimi gösterilmektedir.

Tüm bu işletmelerde her dört barajdan çıkan türbin debileri taşkın süresi boyunca maksimum değerde alınmıştır.

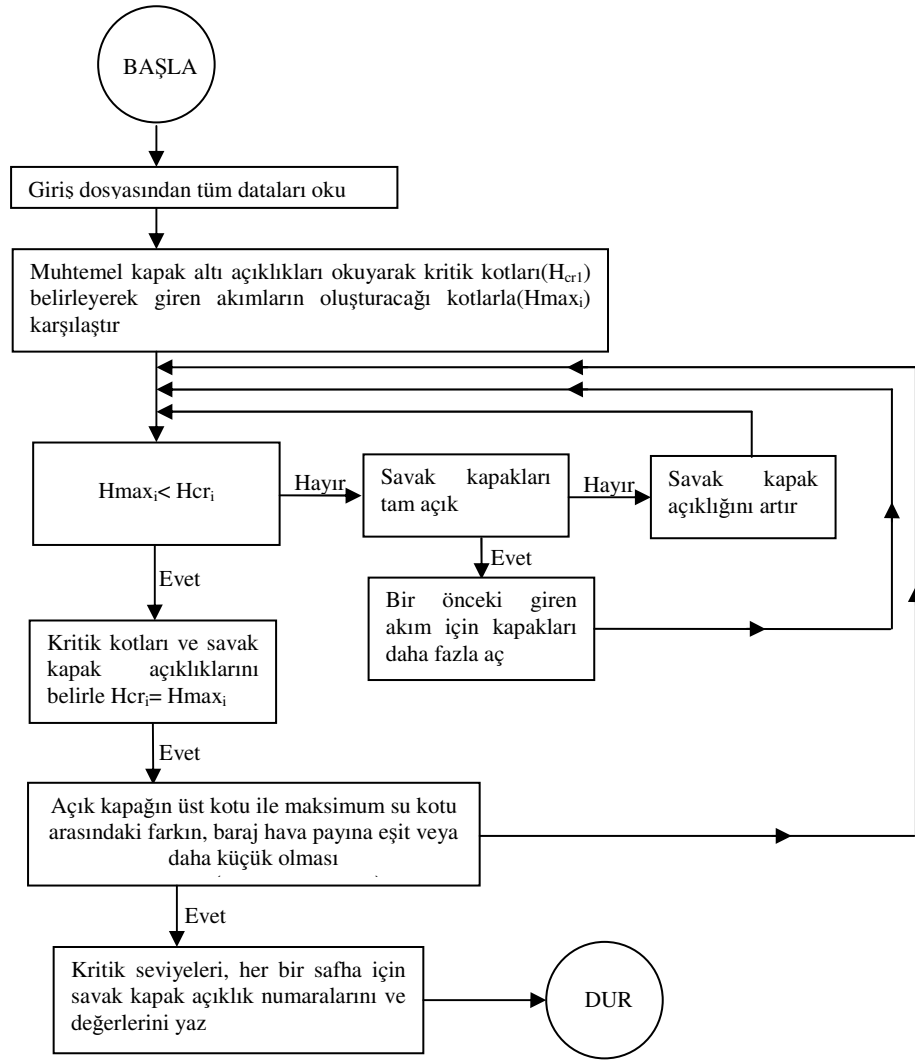
Önerilen 15 safhalı taşkın ötelenme kurallarının optimuma yakın bir biçimde herhangi birçok pikli hidrografa da otomatik olarak uygulanabileceğini göstermek amacıyla, MMT, 0,5MMT ve MMT' nin birleşiminden oluşan üç pikli hidrografın Yamula ve Çatalan Barajlar'ından ötelenmesi şekil 4.129 ve şekil 4.130 da sunulmaktadır.

Tablo 4.3. 15 safhalı kapaklı savak işletme modeli ile Yamula ve Bayramhacılı Barajları için belirlenen kritik göl su kotu ve kapak altı açıklıkları.

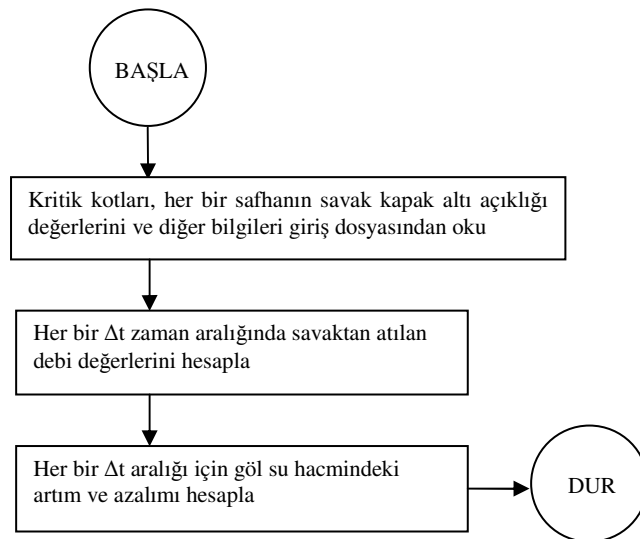
Yamula Barajı		Bayramhacılı Barajı	
Kritik Seviye (m)	Kapak Altı Açıklığı (m)	Kritik Seviye (m)	Kapak Altı Açıklığı (m)
H _b : 1100.0	0.0	H _b : 980.0	0.0
H _{kr1} : 1100.11	0.7	H _{kr1} : 980.15	0.6
H _{kr2} : 1100.22	0.8	H _{kr2} : 980.30	0.7
H _{kr3} : 1100.32	0.9	H _{kr3} : 980.44	0.8
H _{kr4} : 1100.42	1.6	H _{kr4} : 980.59	1.6
H _{kr5} : 1100.56	2.2	H _{kr5} : 980.79	2.6
H _{kr6} : 1100.87	3.6	H _{kr6} : 980.95	3.4
H _{kr7} : 1100.97	4.4	H _{kr7} : 981.15	4.0
H _{kr8} : 1101.10	5.2	H _{kr8} : 981.22	4.5
H _{kr9} : 1101.21	5.8	H _{kr9} : 981.30	5.5
H _{kr10} : 1101.34	7.0	H _{kr10} : 981.37	6.5
H _{kr11} : 1101.58	9.0	H _{kr11} : 981.44	7.5
H _{kr12} : 1101.76	10.5	H _{kr12} : 981.65	9.0
H _{kr13} : 1102.01	13.0	H _{kr13} : 982.06	10.0
H _{kr14} : 1102.23	15.0	H _{kr14} : 982.49	12.0
H _{kr15} : 1102.51		H _{kr15} : 982.61	

Tablo 4.4. 15 Safhalı Kapaklı Savak İşletme Modeli ile Çatalan ve Seyhan Barajları için belirlenen kritik göl su kotu ve kapak altı açıklıkları.

Çatalan Barajı		Seyhan Barajı	
Kritik göl kotu (m)	Kapak altı açıklığı (m)	Kritik göl kotu (m)	Kapak altı açıklığı (m)
$H_b : 117.00$	0.0	$H_b : 66.00$	0.5
$H_{kr1} : 118.93$	0.1	$H_{kr1} : 67.24$	0.6
$H_{kr2} : 119.24$	0.2	$H_{kr2} : 67.44$	0.7
$H_{kr3} : 119.56$	0.3	$H_{kr3} : 67.64$	0.9
$H_{kr4} : 119.87$	1.4	$H_{kr4} : 67.87$	3.2
$H_{kr5} : 120.56$	2.6	$H_{kr5} : 68.09$	4.6
$H_{kr6} : 120.35$	3.4	$H_{kr6} : 68.57$	5.0
$H_{kr7} : 120.77$	3.8	$H_{kr7} : 68.67$	tam açık
$H_{kr8} : 121.21$	4.2	$H_{kr8} : 68.87$	tam açık
$H_{kr9} : 121.68$	4.4	$H_{kr9} : 69.08$	tam açık
$H_{kr10} : 122.55$	4.6	$H_{kr10} : 69.22$	tam açık
$H_{kr11} : 123.30$	5.2	$H_{kr11} : 69.41$	tam açık
$H_{kr12} : 124.01$	6.0	$H_{kr12} : 69.71$	tam açık
$H_{kr13} : 124.74$	7.0	$H_{kr13} : 70.05$	tam açık
$H_{kr14} : 125.57$	8.0	$H_{kr14} : 70.42$	tam açık
$H_{kr15} : 126.51$		$H_{kr15} : 70.91$	tam açık

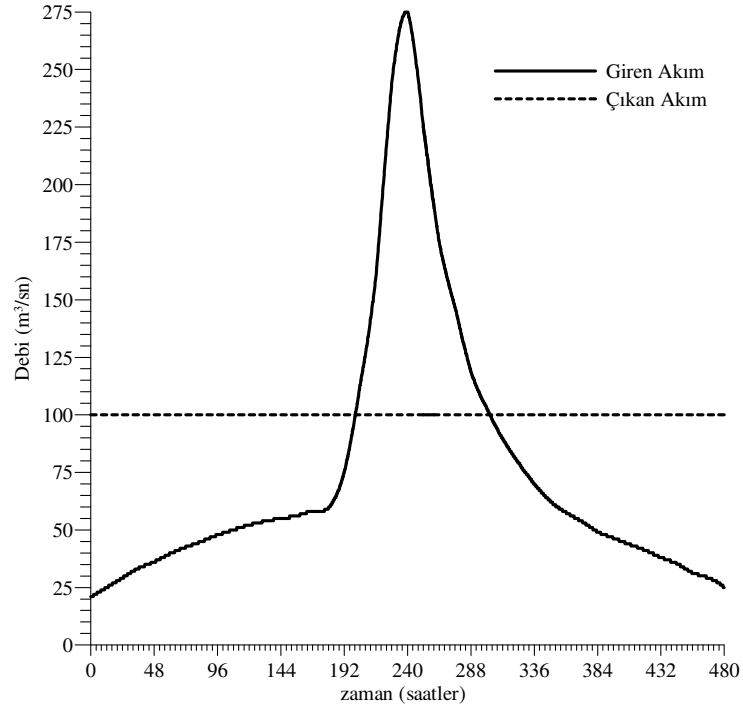


Şekil 4.8.-a FD7 programının akış diyagramı.

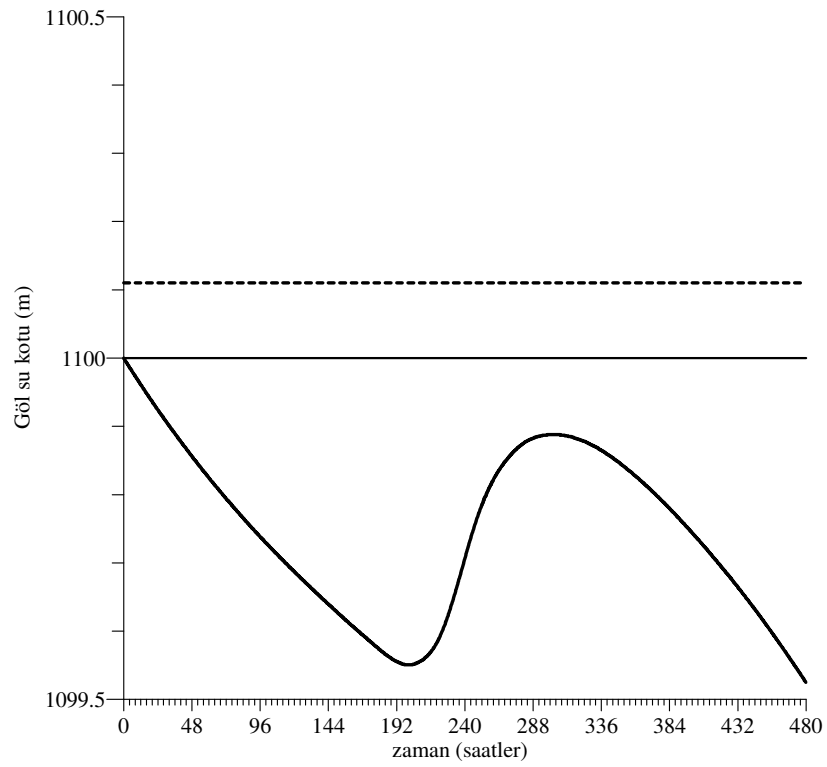


Şekil 4.8.-b FSR6 programının akış diyagramı.

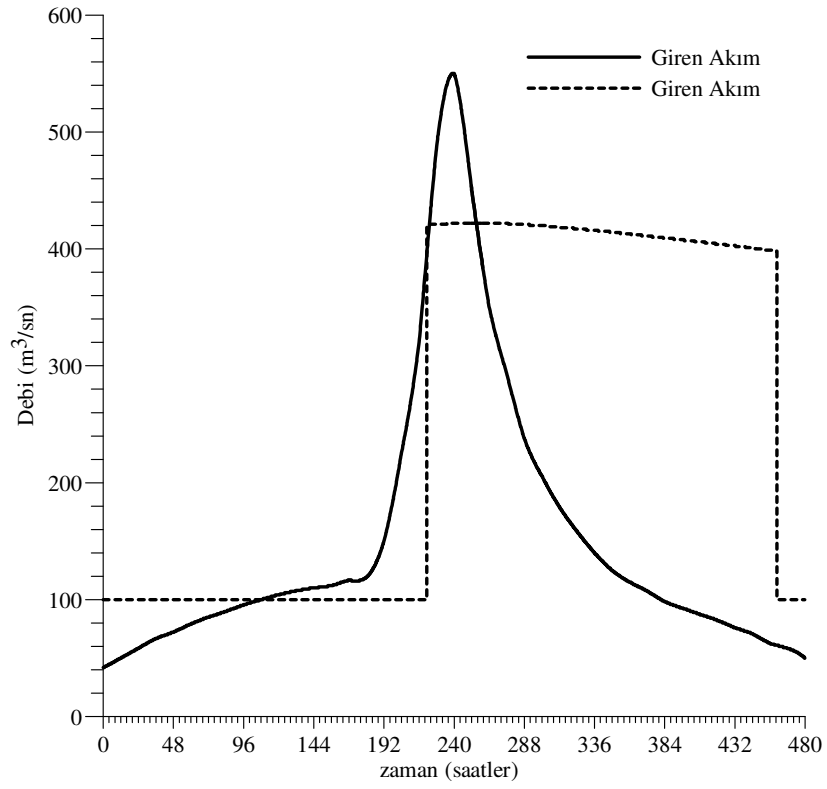
4.4.1 Yamula Barajı Birinci Opsiyon



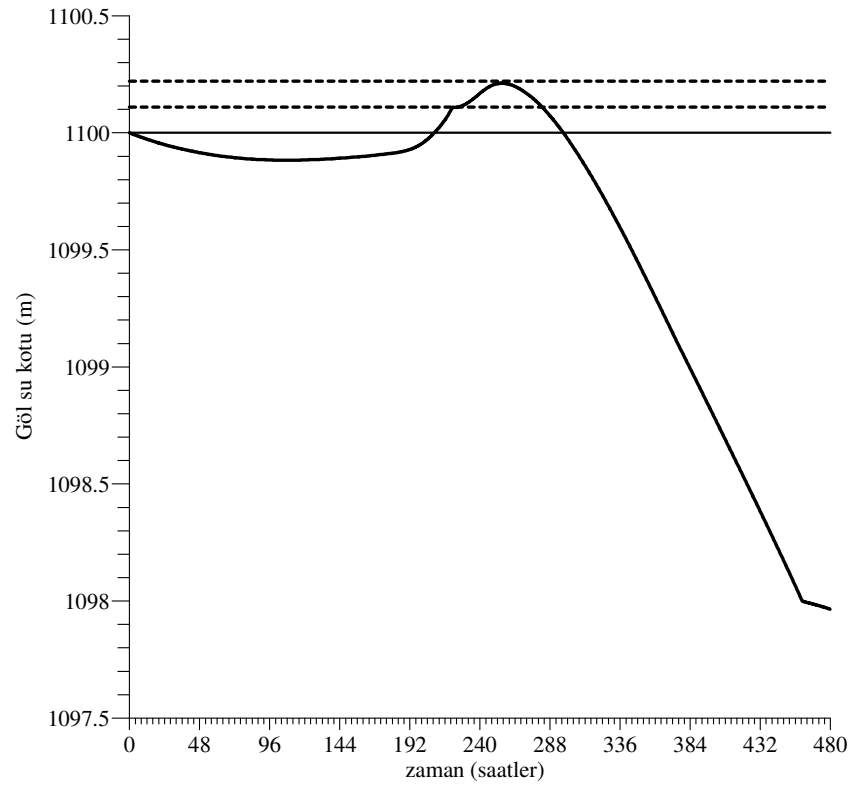
Şekil 4.9.-a Yamula Barajı'ndan $0.05 \times \text{MMT}$ 'nın ötelenmesi.



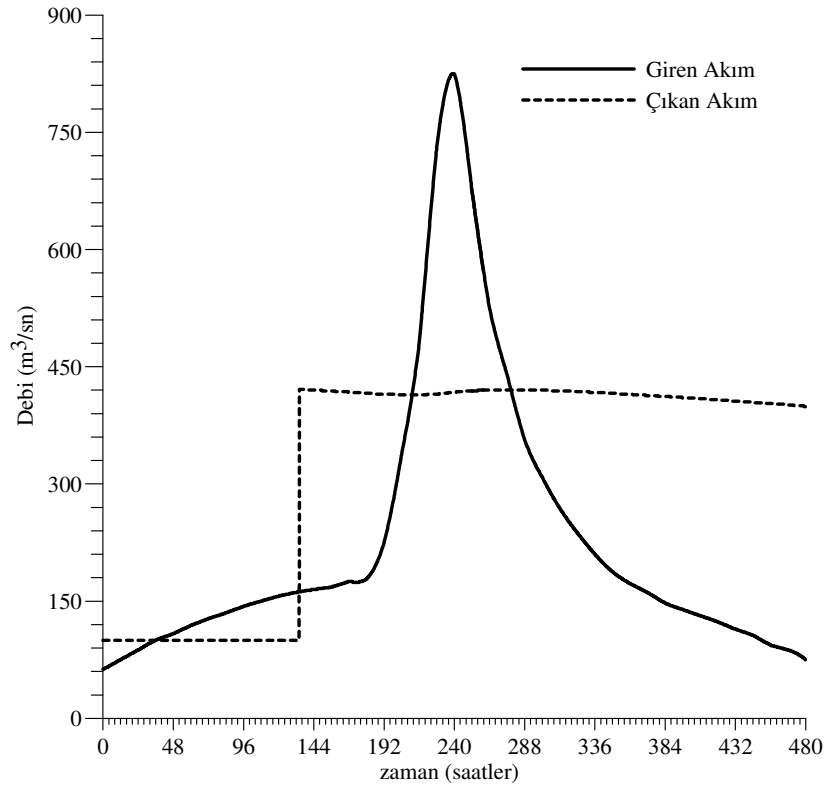
Şekil 4.9.-b Yamula Barajı'ndan $0.05 \times \text{MMT}$ 'nin ötelenmesi anında göl su kotunun zamanla değişimi.



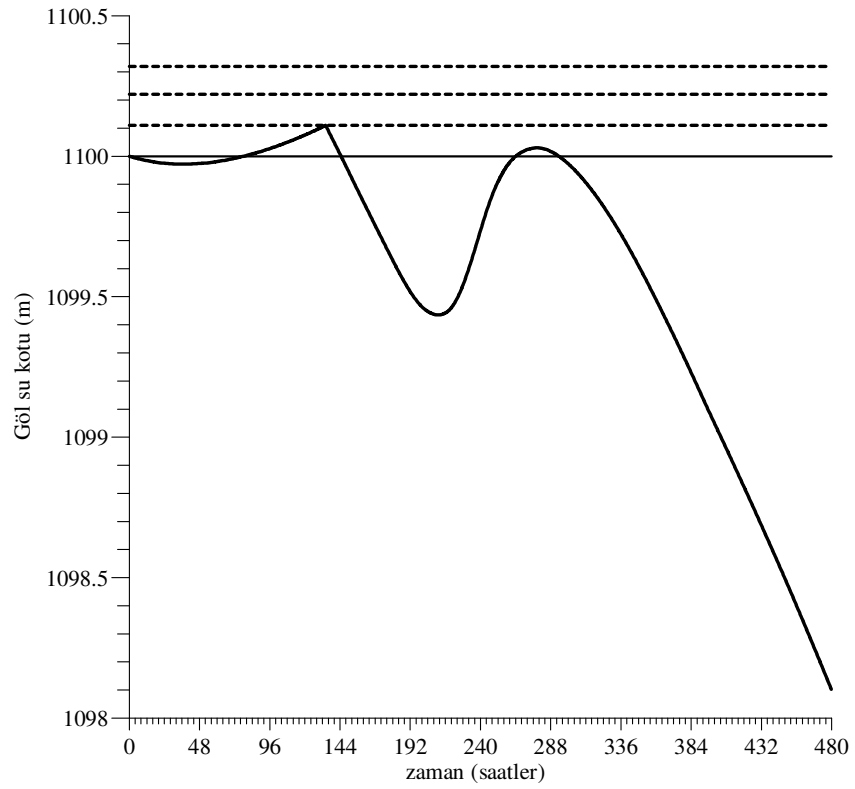
Şekil 4.10.-a Yamula Barajı'ndan 0.10×MMT'nin ötelenmesi



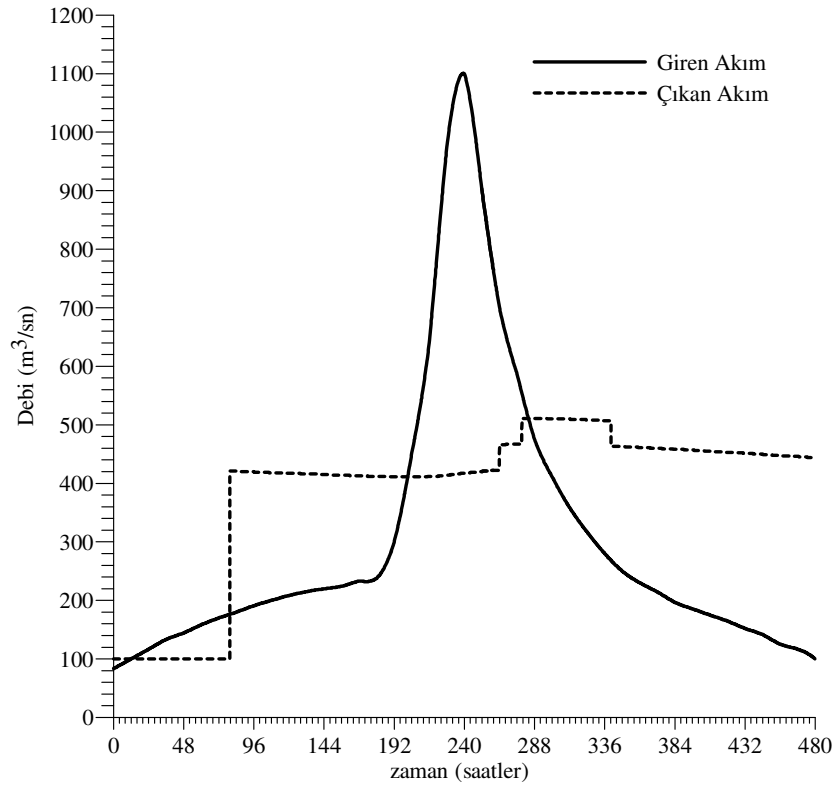
Şekil 4.10.-b Yamula Barajı'ndan 0.10×MMT'nin ötelenmesi anında göl su kotunun zamanla değişimi.



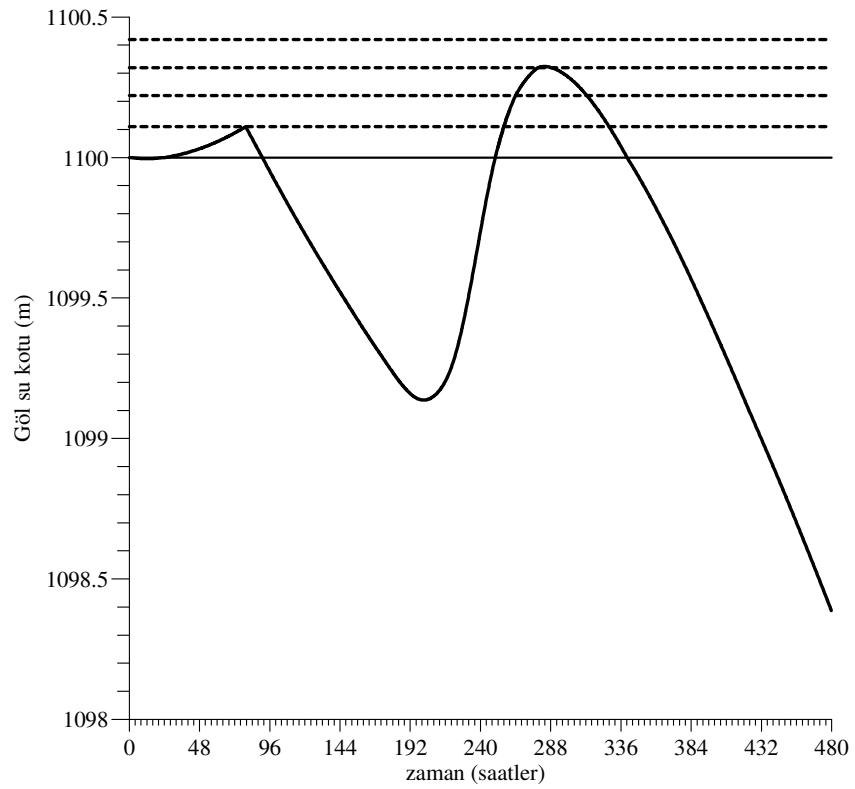
Şekil 4.11.-a Yamula Barajı'ndan 0.15×MMT'nın ötelenmesi.



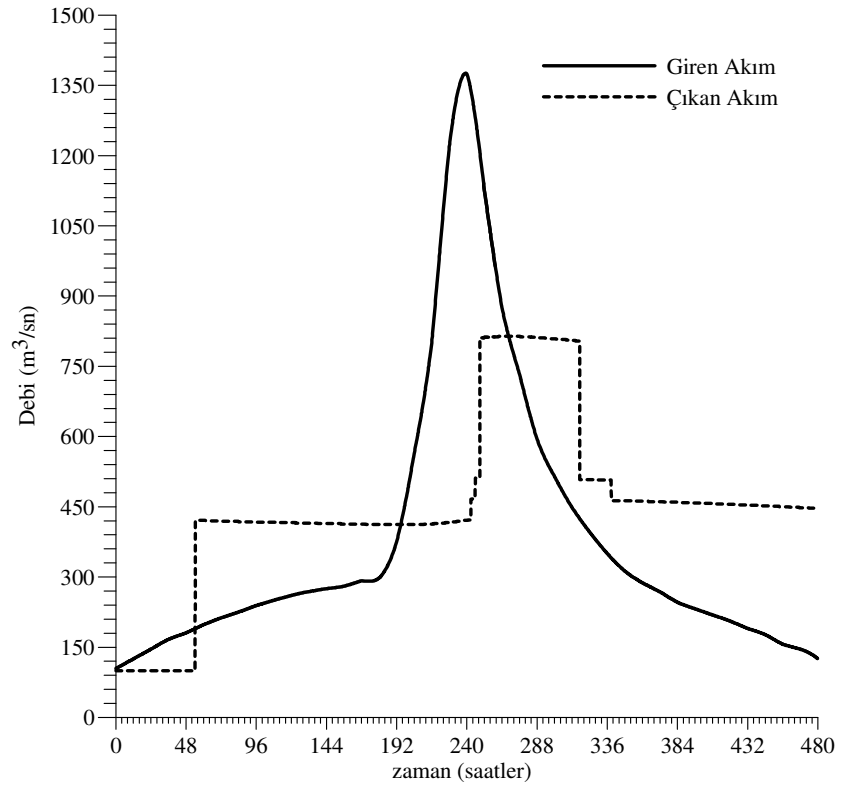
Şekil 4.11.-b Yamula Barajı'ndan 0.15×MMT'nın ötelenmesi anında göl su kotunun zamanla değişimi.



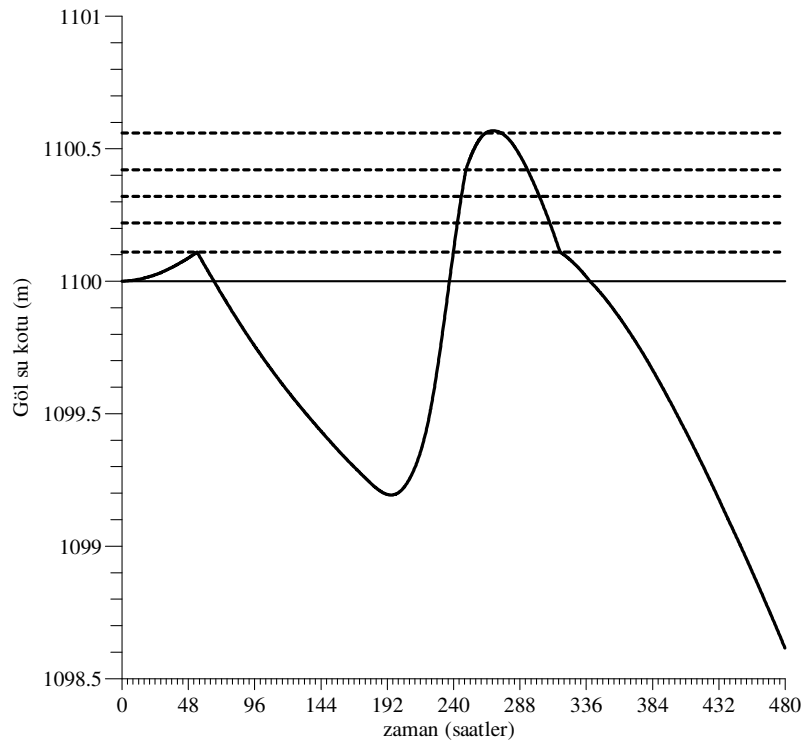
Şekil 4.12.-a Yamula Barajı'ndan 0.20×MMT'nin ötelenmesi.



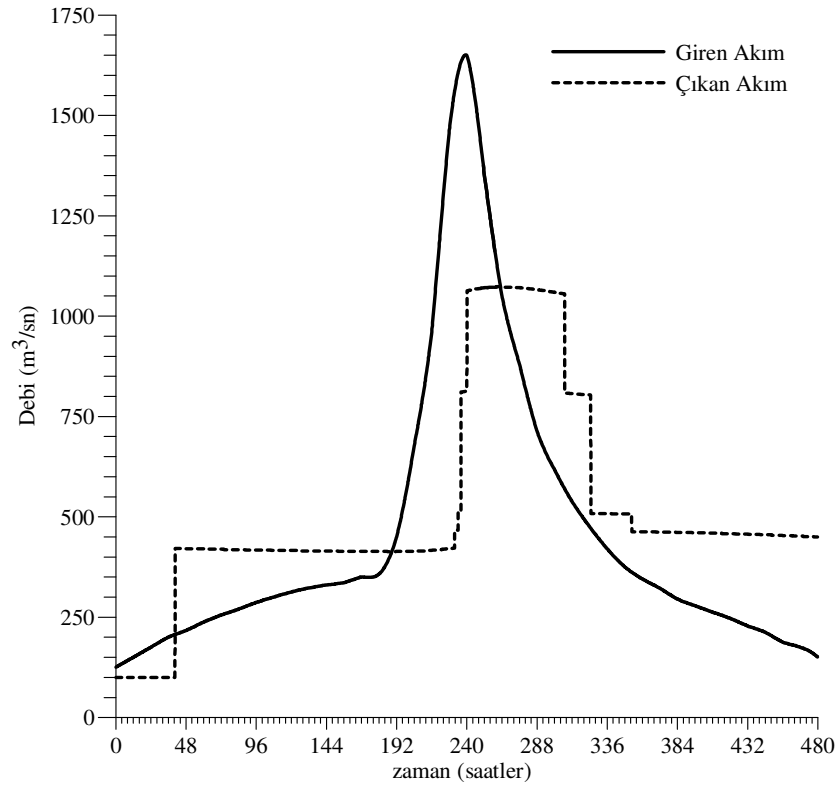
Şekil 4.12.-b Yamula Barajı'ndan 0.20×MMT'nin ötelenmesi anında göl su kotunun zamanla değişimi.



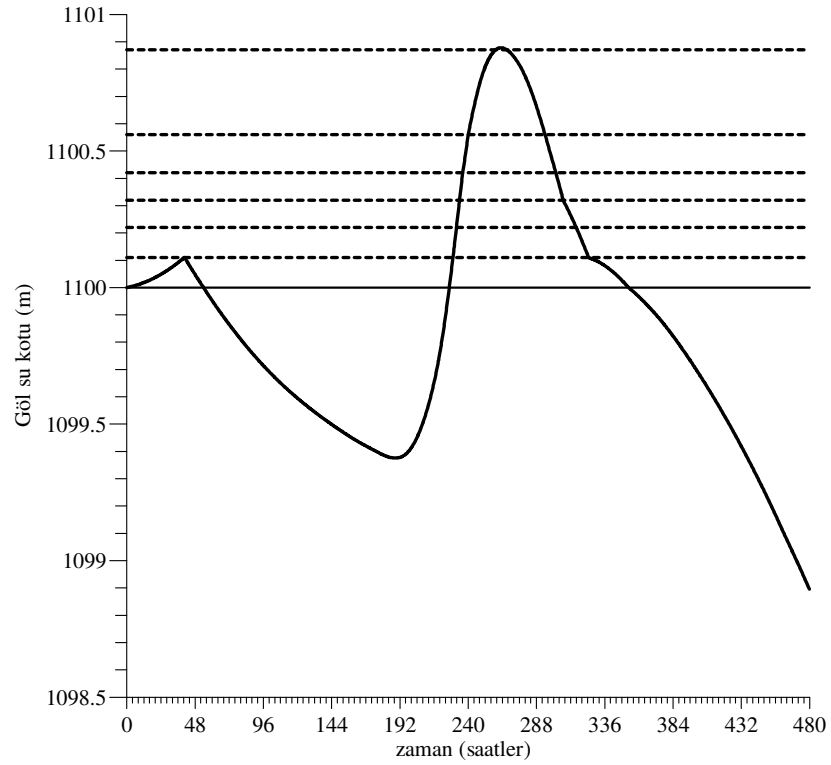
Şekil 4.13.-a Yamula Barajı'ndan 0.25×MMT'nın ötelenmesi.



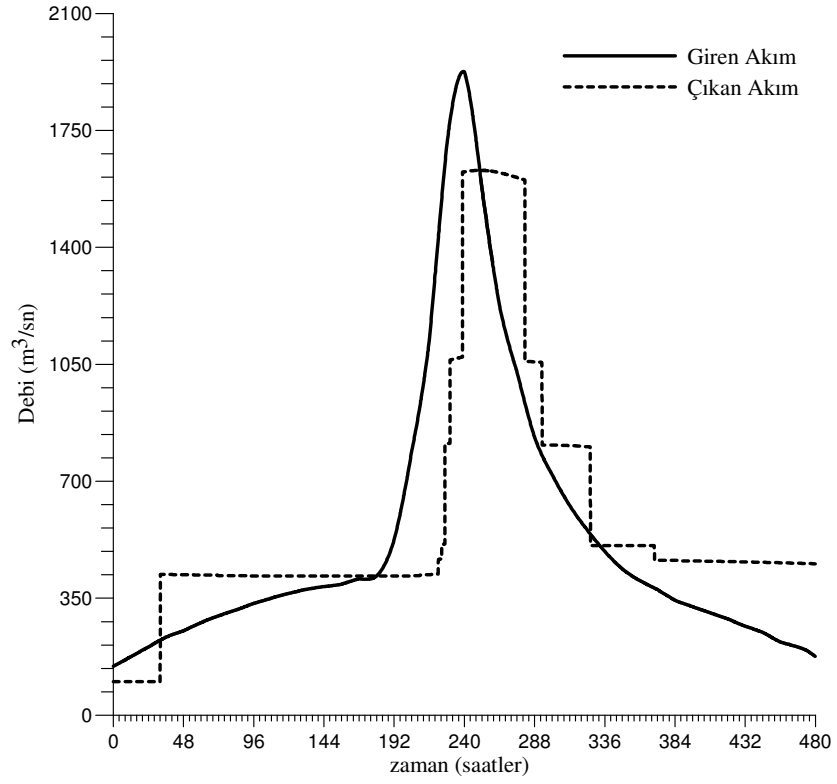
Şekil 4.13.-b Yamula Barajı'ndan 0.25×MMT'nın ötelenmesi anında göl su kotunun zamanla değişimi.



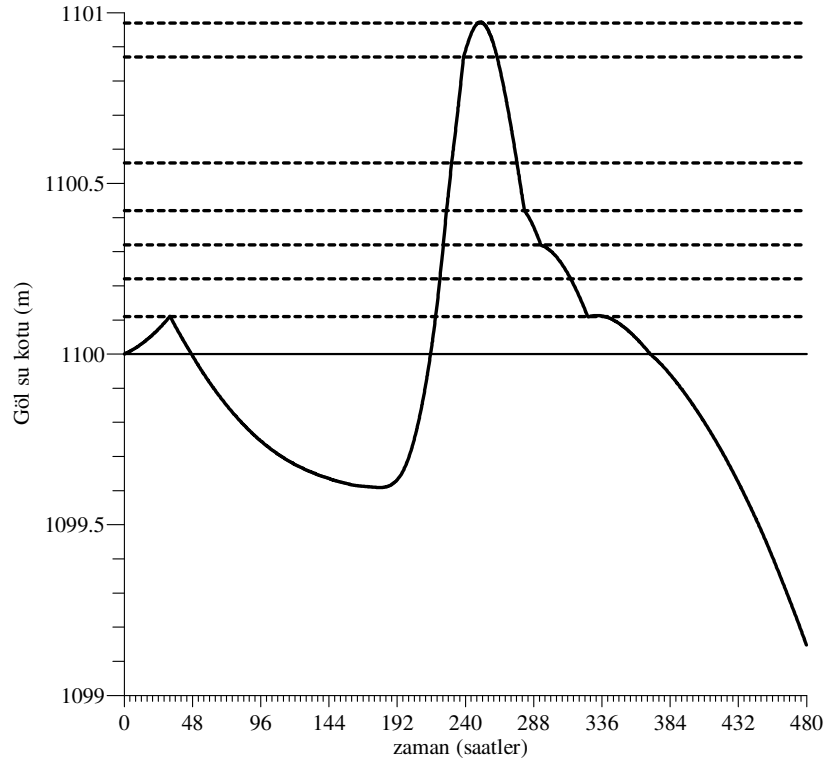
Şekil 4.14.-a Yamula Barajı'ndan $0.30 \times \text{MMT}$ 'nin ötelenmesi



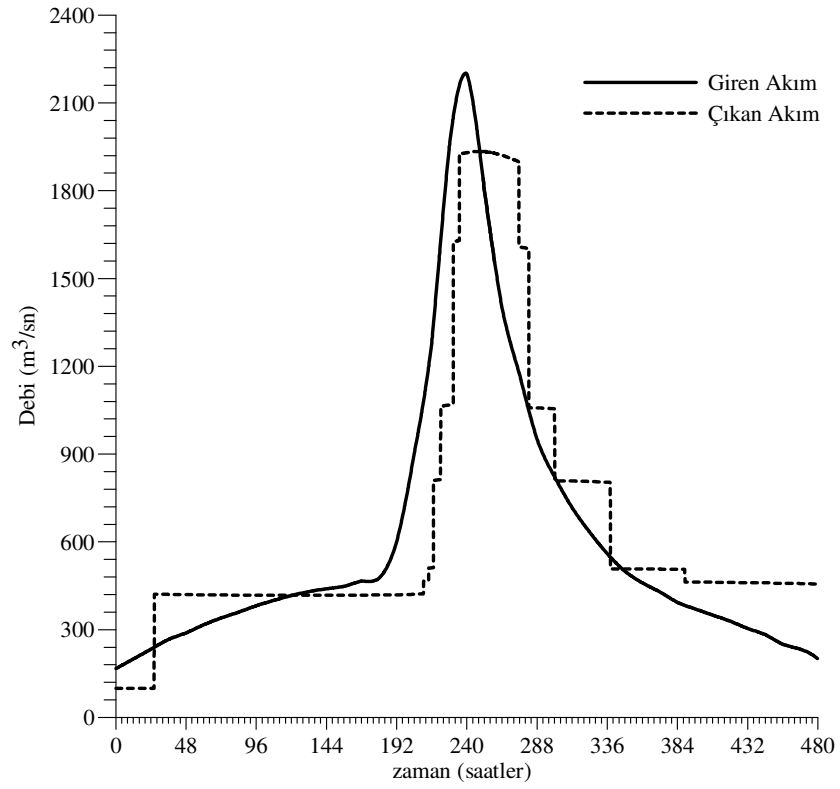
Şekil 4.14.-b Yamula Barajı'ndan $0.30 \times \text{MMT}$ 'nin ötelenmesi anında göl su kotunun zamanla değişimi.



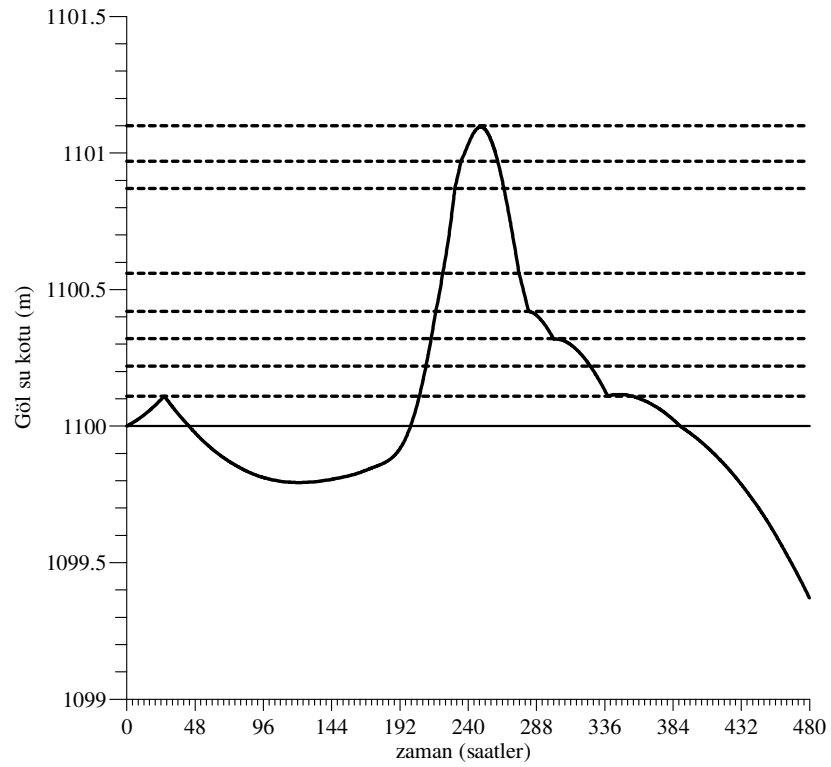
Şekil 4.15.-a Yamula Barajı'ndan 0.35×MMT'nin ötelenmesi



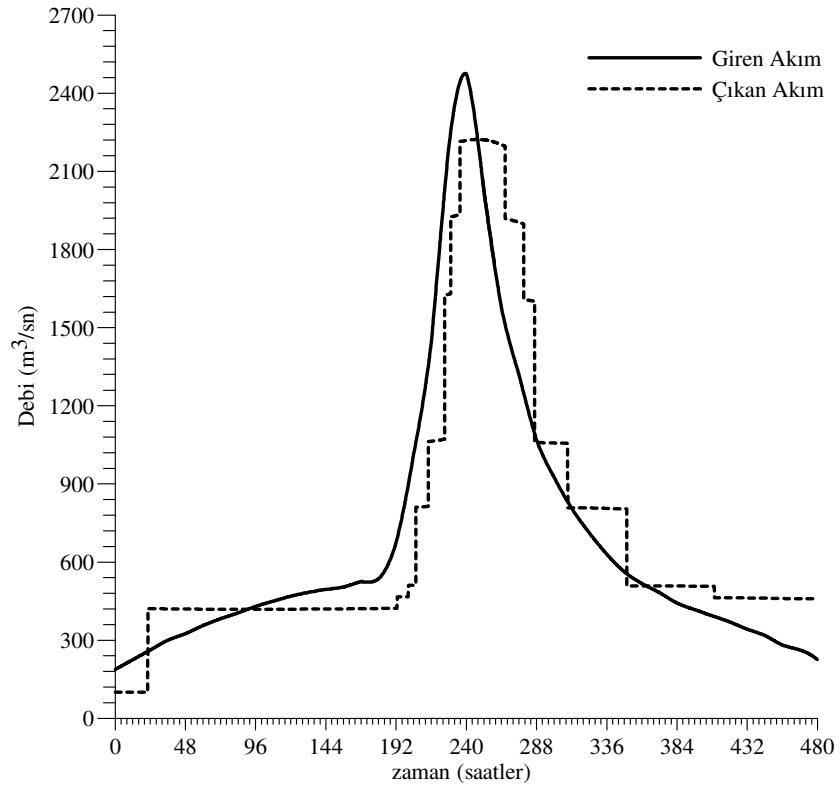
Şekil 4.15.-b Yamula Barajı'ndan 0.35×MMT'nin ötelenmesi anında göl su kotunun zamanla değişimi.



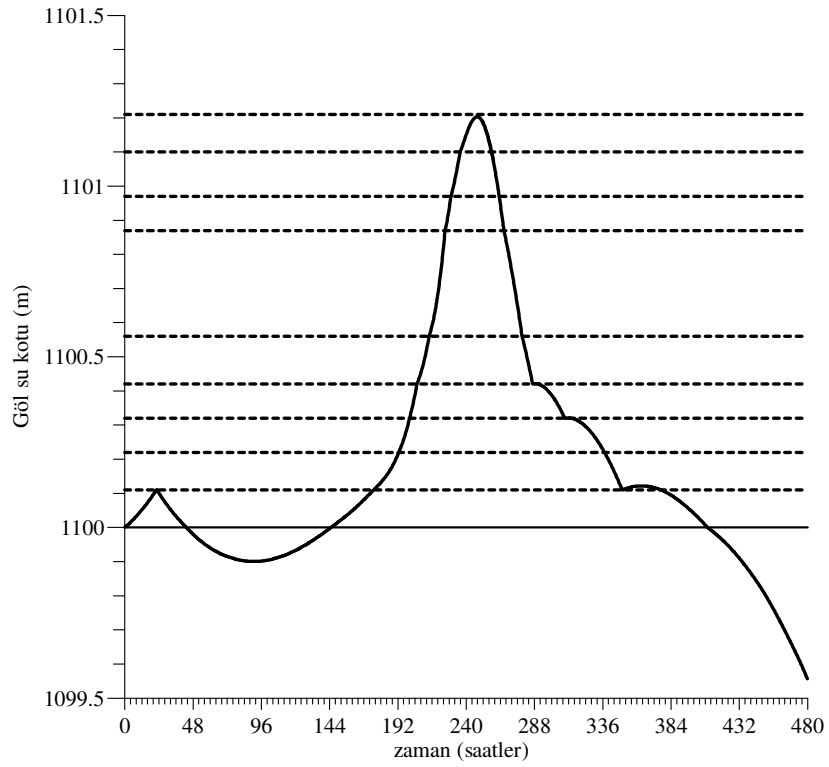
Şekil 4.16.-a Yamula Barajı'ndan $0.40 \times \text{MMT}$ 'nin ötelenmesi.



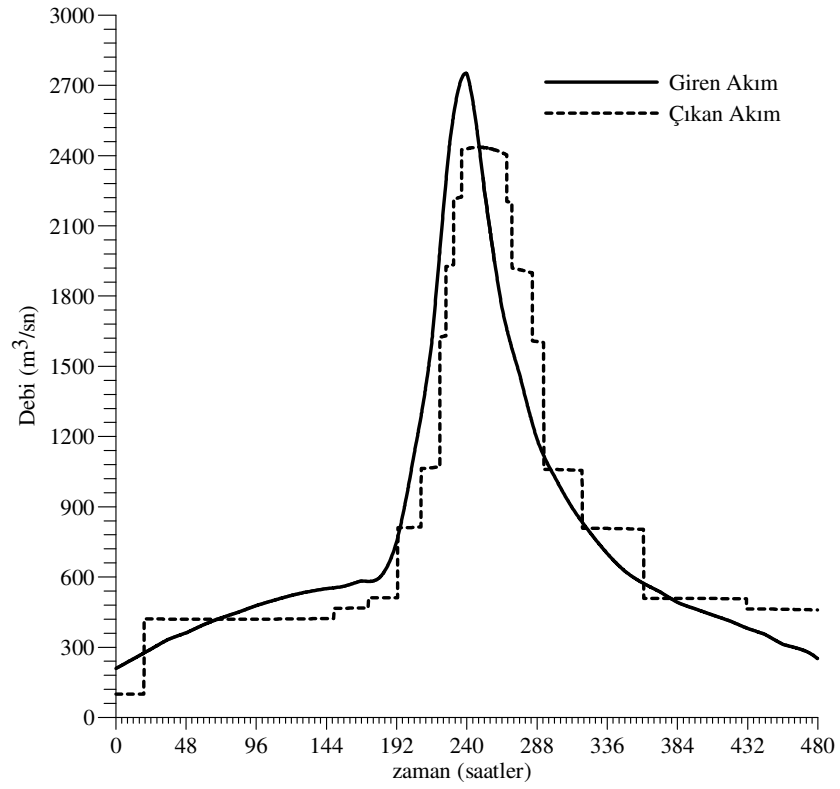
Şekil 4.16.-b Yamula Barajı'ndan $0.40 \times \text{MMT}$ 'nin ötelenmesi anında göl su kotunun zamanla değişimi.



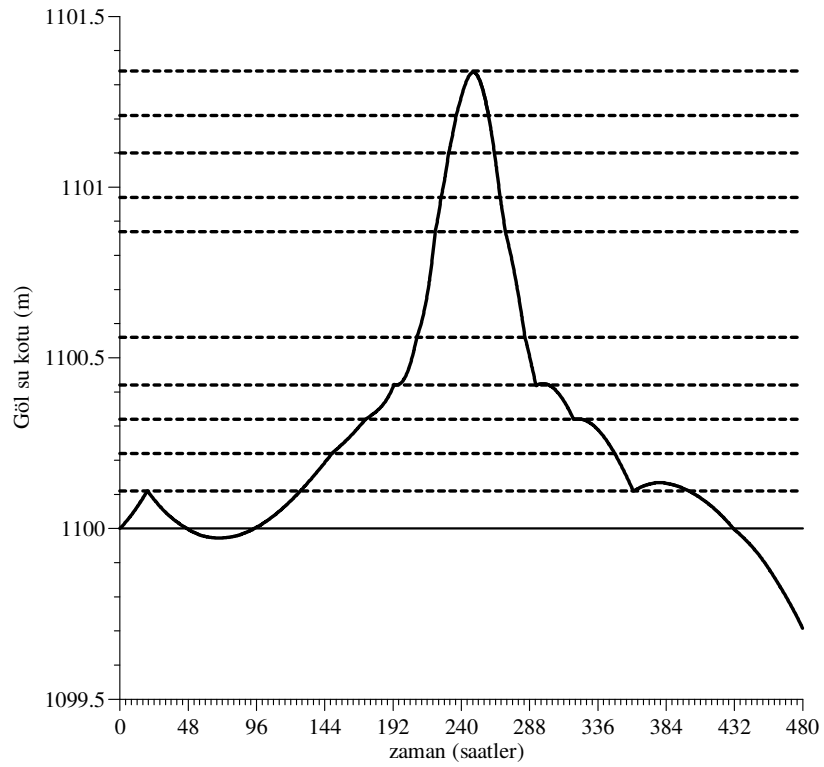
Şekil 4.17.-a Yamula Barajı'ndan 0.45×MMT'nın ötelenmesi.



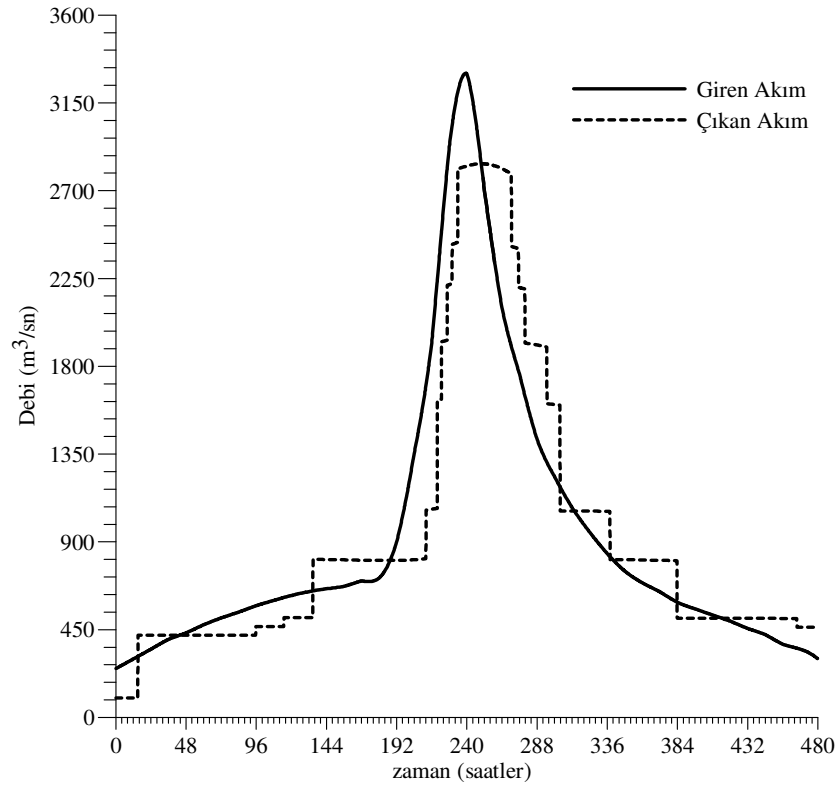
Şekil 4.17.-b Yamula Barajı'ndan 0.45×MMT'nın ötelenmesi anında göl su kotunun zamanla değişimi.



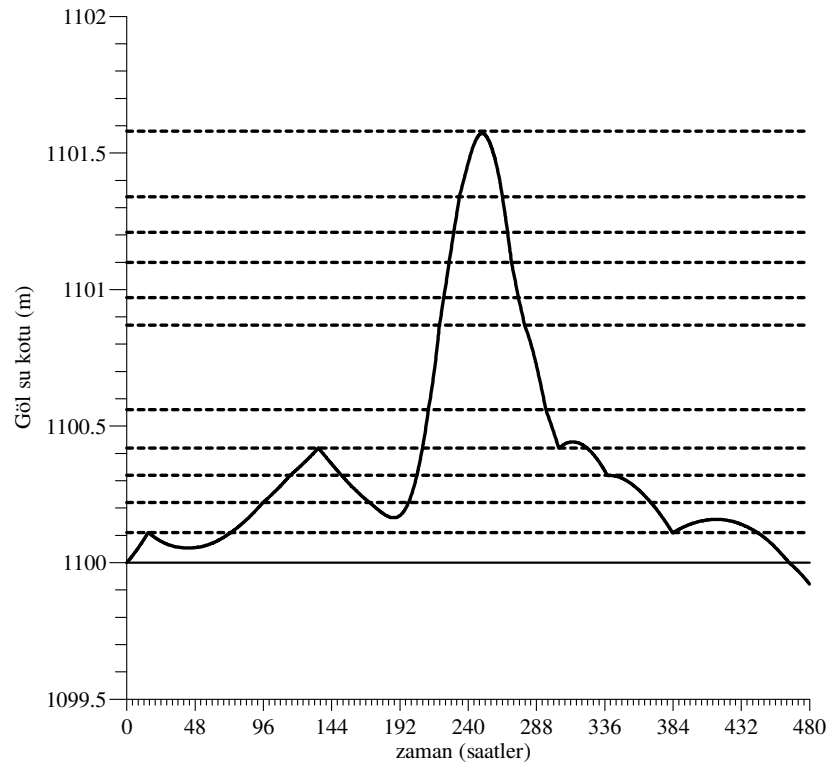
Şekil 4.18.-a Yamula Barajı'ndan 0.50×MMT'nin ötelenmesi.



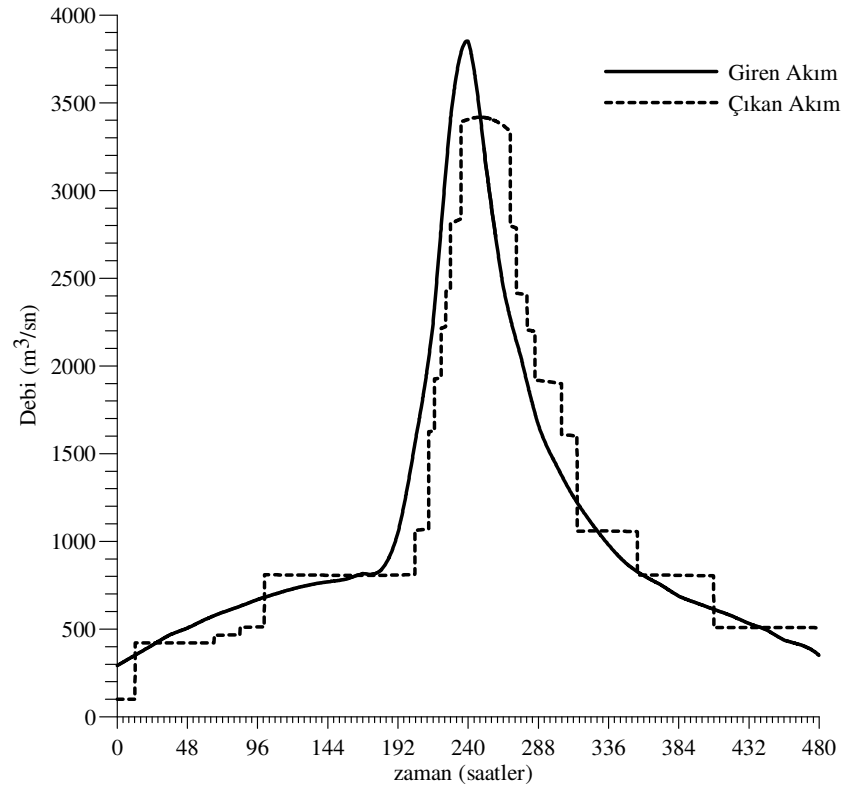
Şekil 4.18.-b Yamula Barajı'ndan 0.50×MMT'nin ötelenmesi anında göl su kotunun zamanla değişimi.



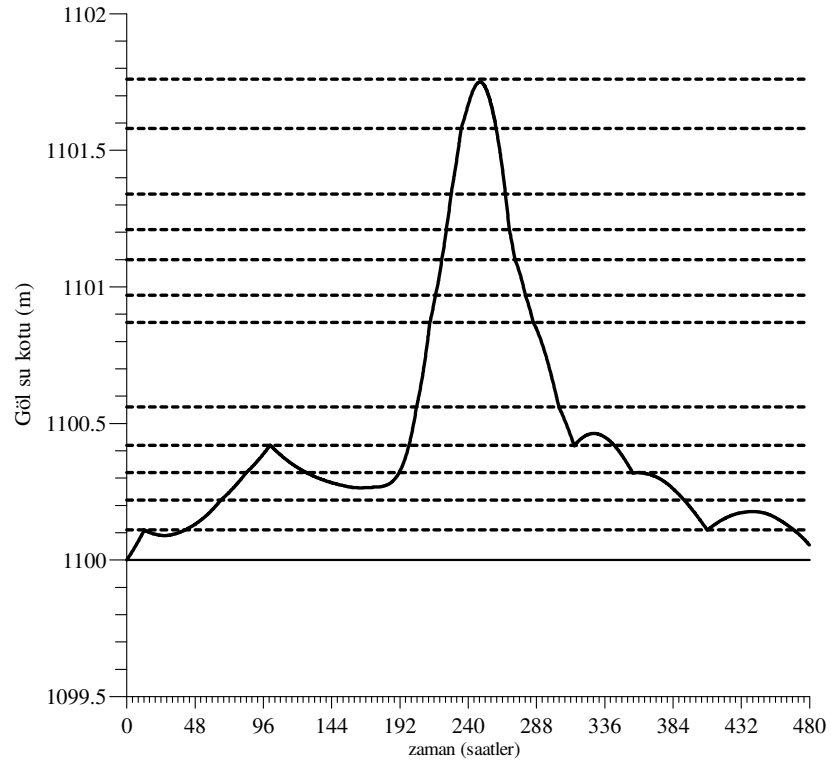
Şekil 4.19.-a Yamula Barajı'ndan 0.60×MMT'nın ötelenmesi.



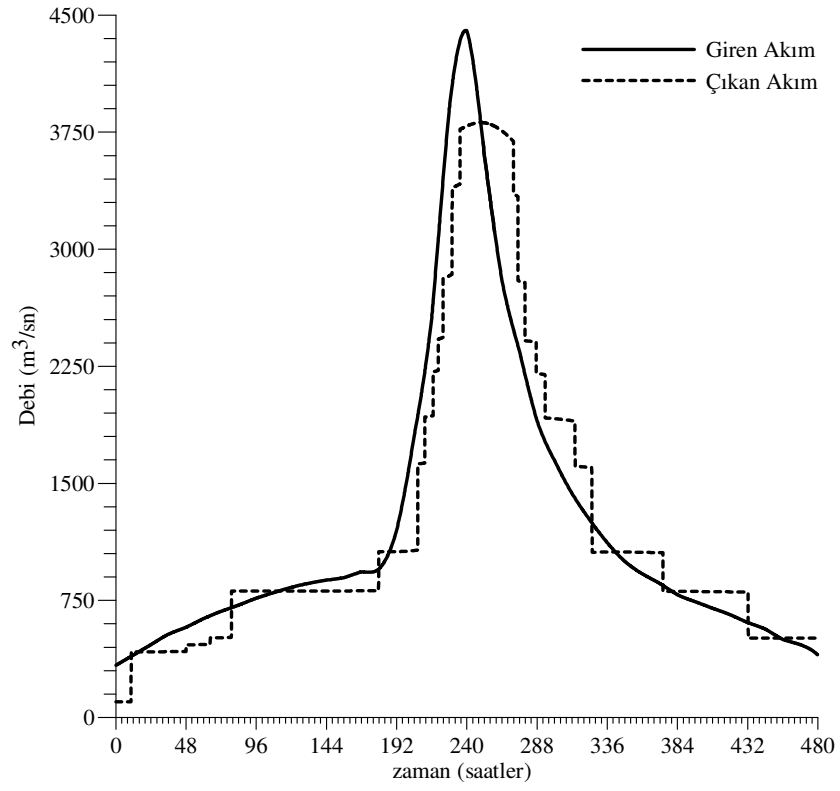
Şekil 4.19.-b Yamula Barajı'ndan 0.60×MMT'nın ötelenmesi anında göl su kotunun zamanla değişimi.



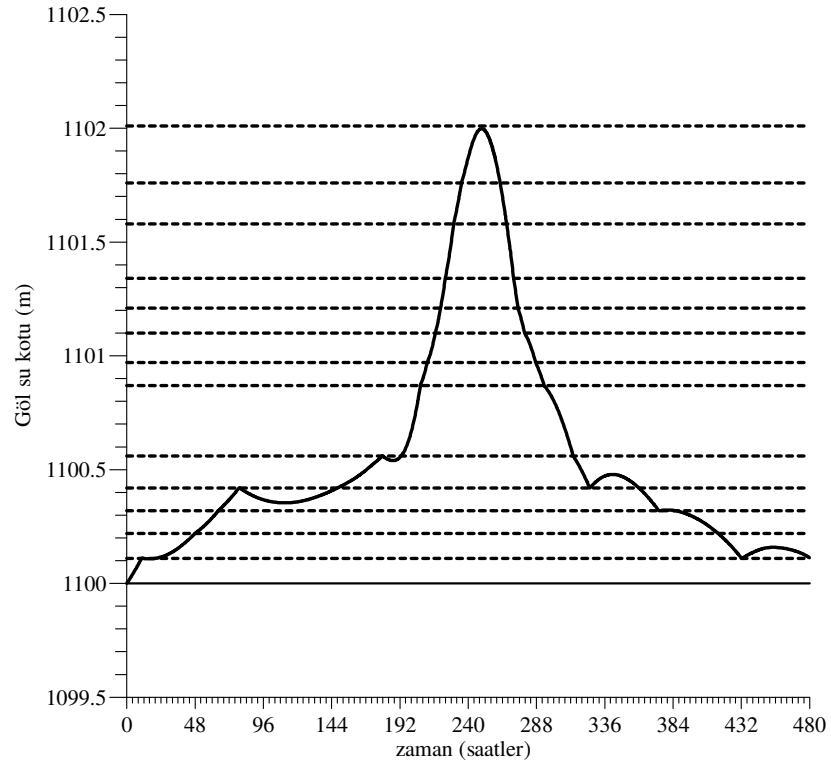
Şekil 4.20.-a Yamula Barajı'ndan 0.70×MMT'nın ötelenmesi.



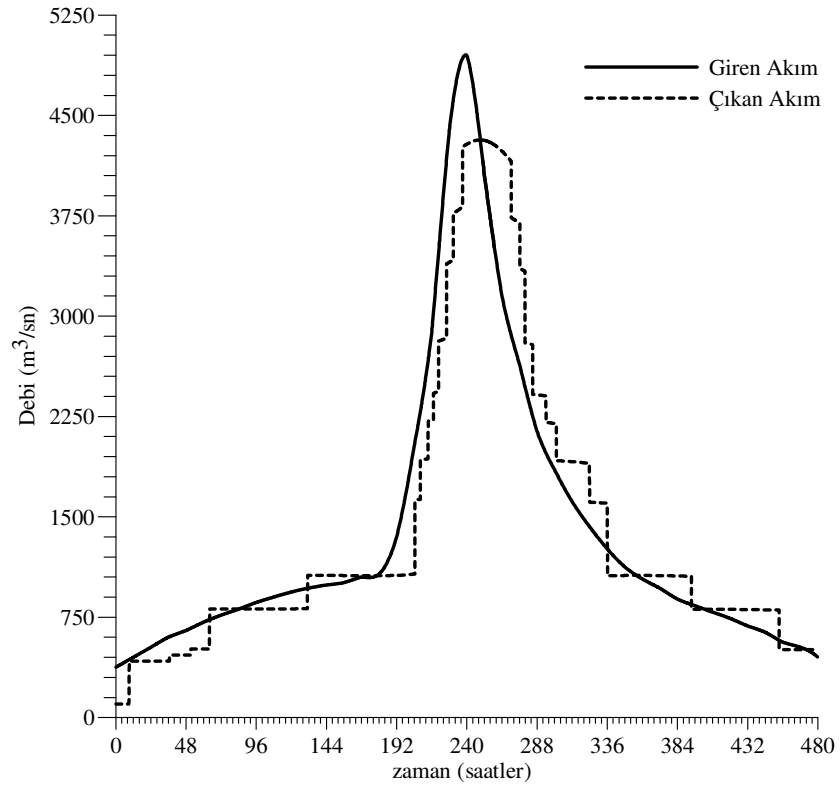
Şekil 4.20.-b Yamula Barajı'ndan 0.70×MMT'nın ötelenmesi anında göl su kotunun zamanla değişimi.



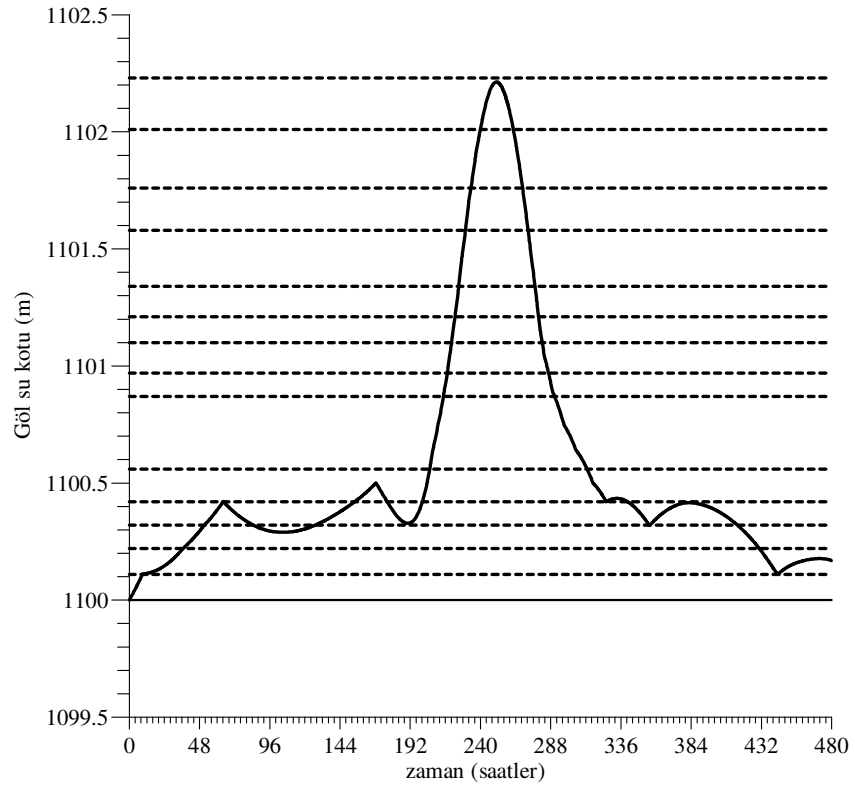
Şekil 4.21.-a Yamula Barajı'ndan 0.80×MMT'nın ötelenmesi.



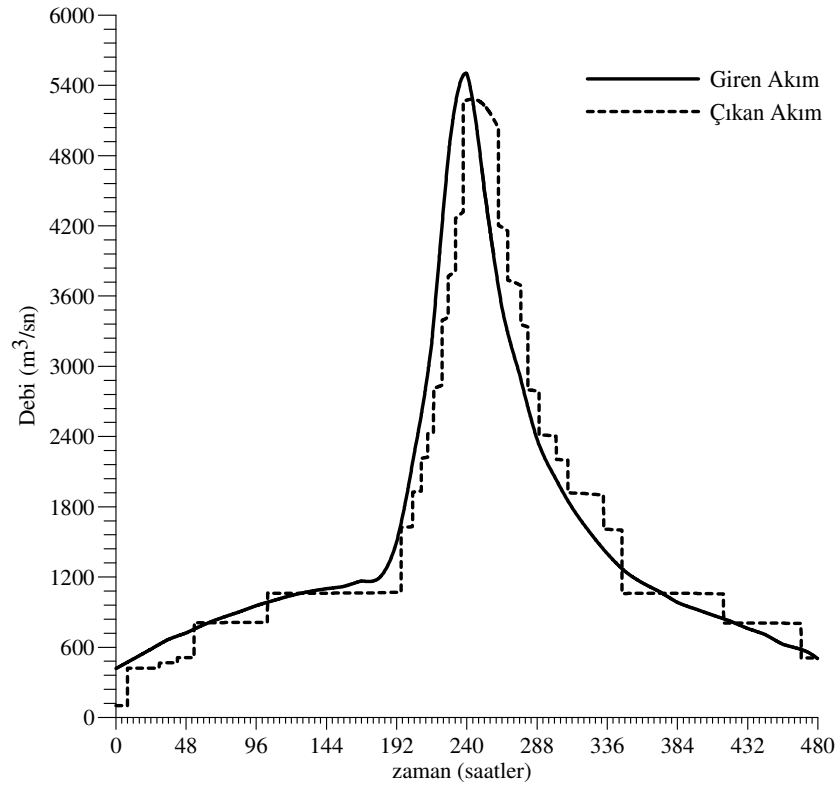
Şekil 4.21.-b Yamula Barajı'ndan 0.80×MMT'nın ötelenmesi anında göl su kotunun zamanla değişimi.



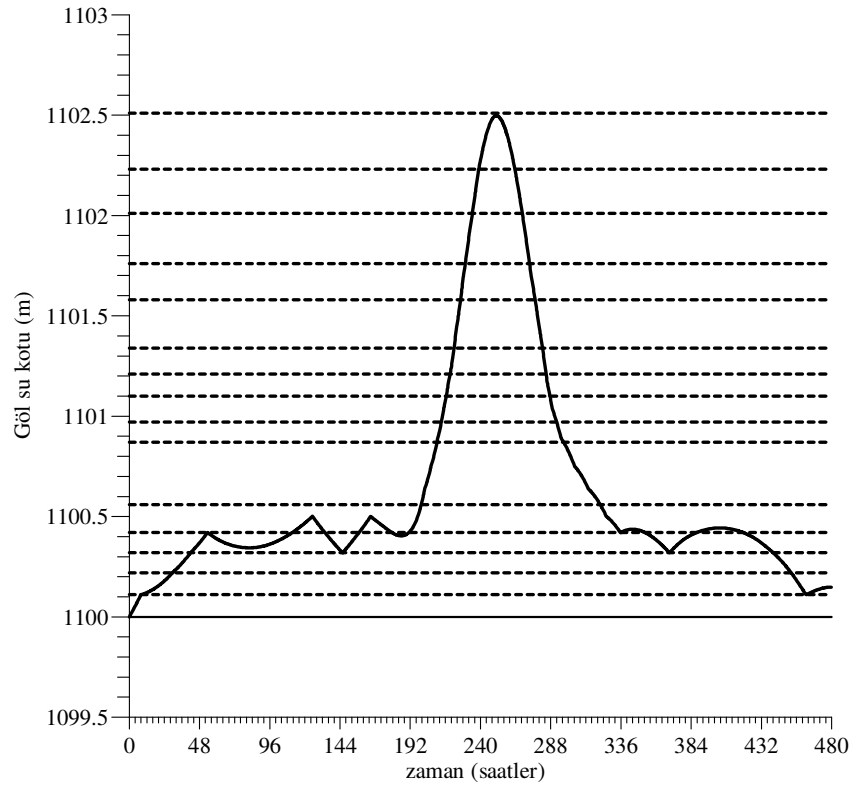
Şekil 4.22.-a Yamula Barajı'ndan $0.90 \times \text{MMT}$ 'nin ötelenmesi.



Şekil 4.22.-b Yamula Barajı'ndan $0.90 \times \text{MMT}$ 'nin ötelenmesi anında göl su kotunun zamanla değişimi.

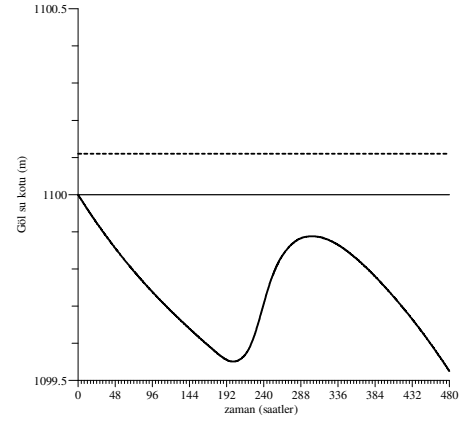
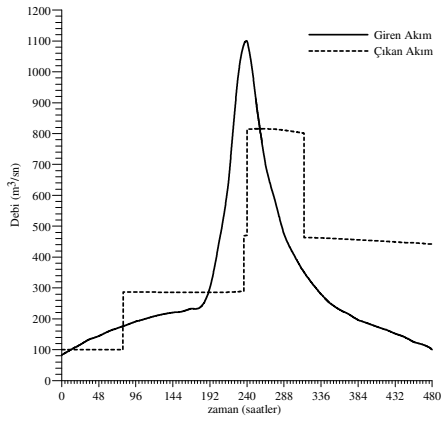


Şekil 4.23.-a Yamula Barajı'ndan 1.00×MMT'nin ötelenmesi.

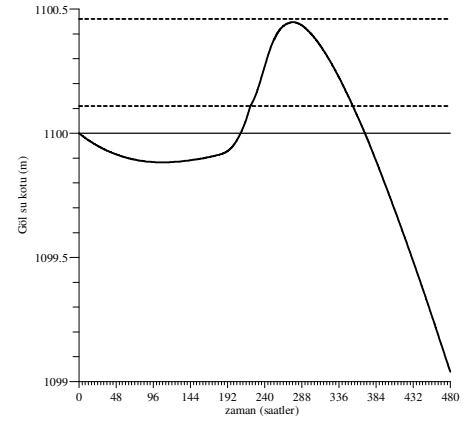
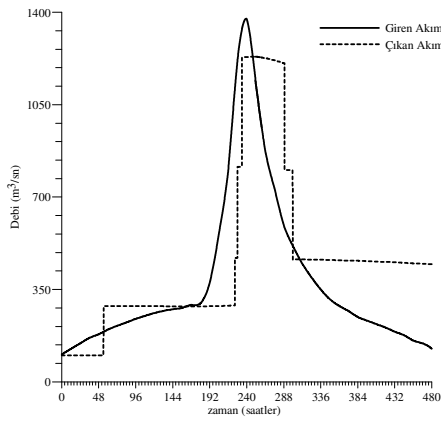


Şekil 4.23.-b Yamula Barajı'ndan 1.00 MMT' nin ötelenmesi anında göl su kotunun zamanla değişimi.

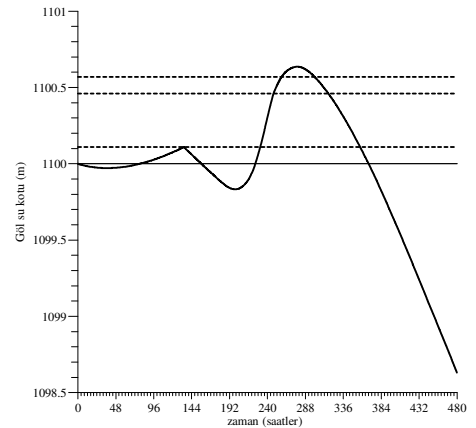
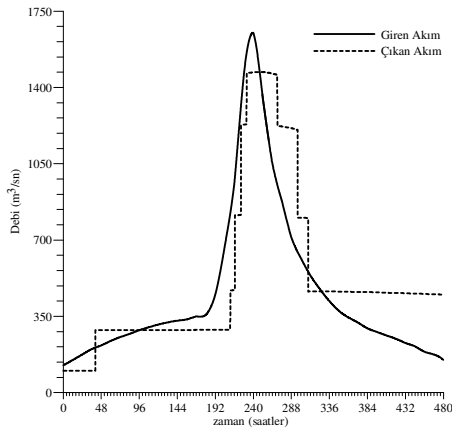
4.4.2. Yamula Barajı İkinci Opsiyon



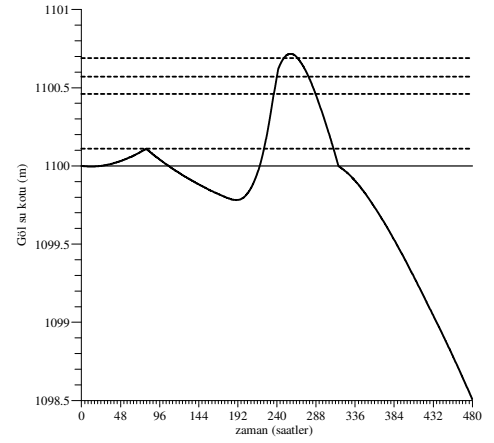
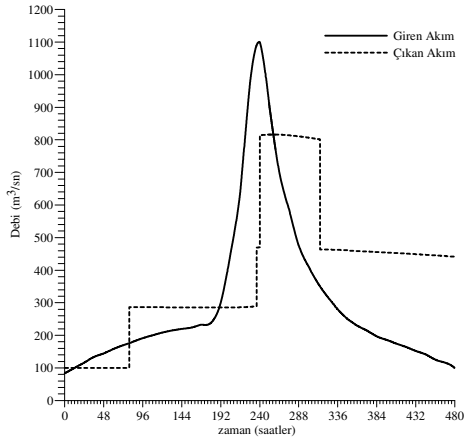
Şekil 4.24. Yamula Barajı ikinci opsiyon 0.05 MMT' nin ötelenmesinde giren- çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.



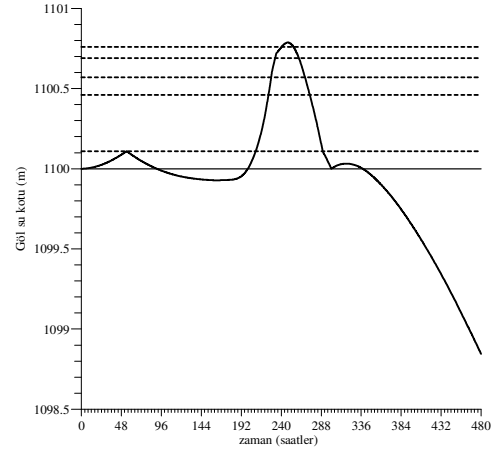
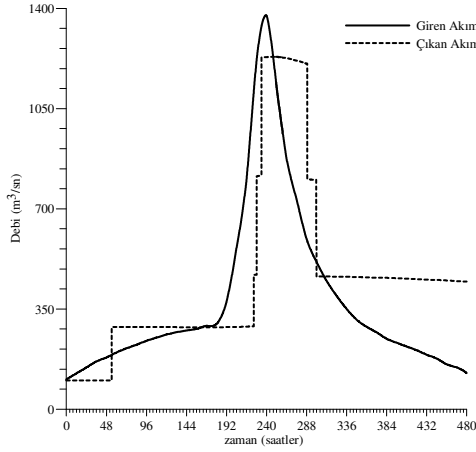
Şekil 4.25. Yamula Barajı ikinci opsiyon 0.10 MMT' nin ötelenmesinde giren- çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.



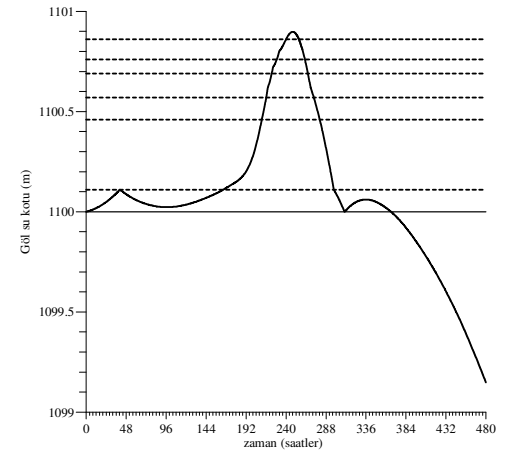
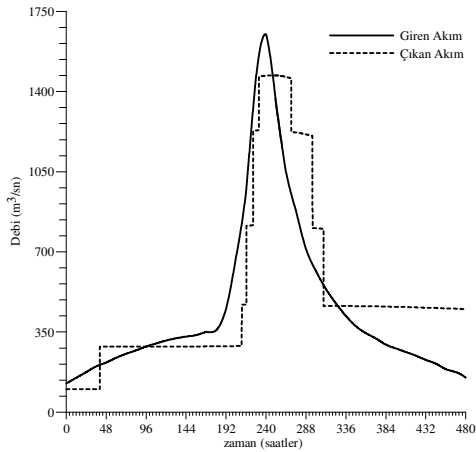
Şekil 4.26. Yamula Barajı ikinci opsiyon 0.15 MMT' nin ötelenmesinde giren- çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.



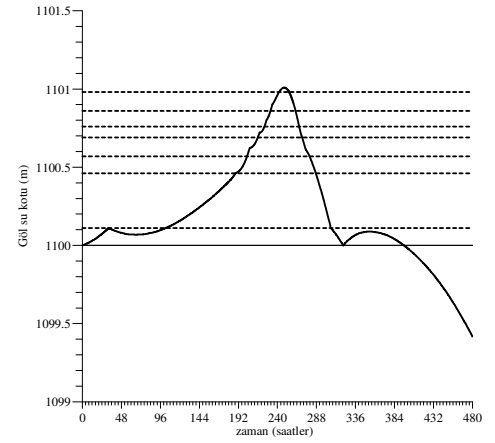
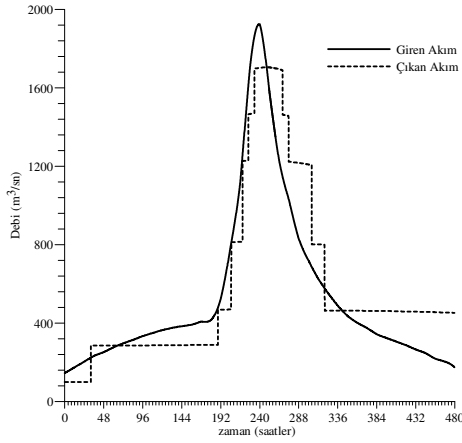
Şekil 4.27. Yamula Barajı ikinci opsiyon 0.20 MMT' nin ötelenmesinde giren- çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.



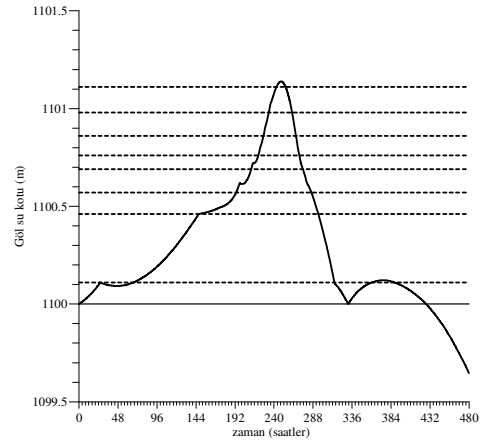
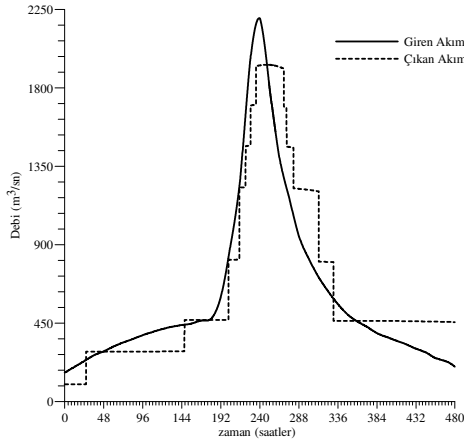
Şekil 4.28. Yamula Barajı ikinci opsiyon 0.25 MMT' nin ötelenmesinde giren- çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.



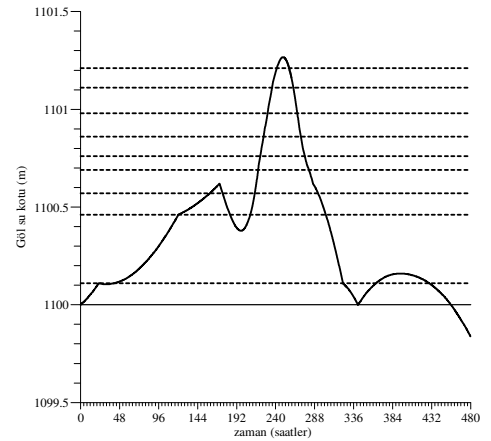
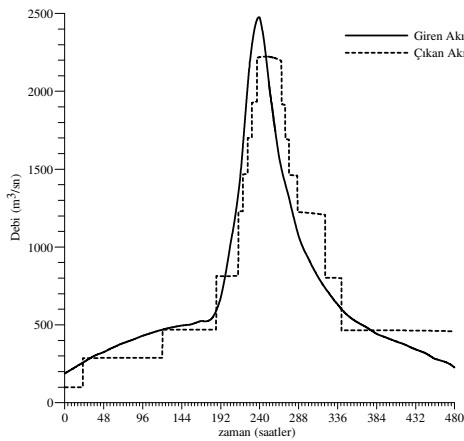
Şekil 4.29. Yamula Barajı ikinci opsiyon 0.30 MMT' nin ötelenmesinde giren- çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.



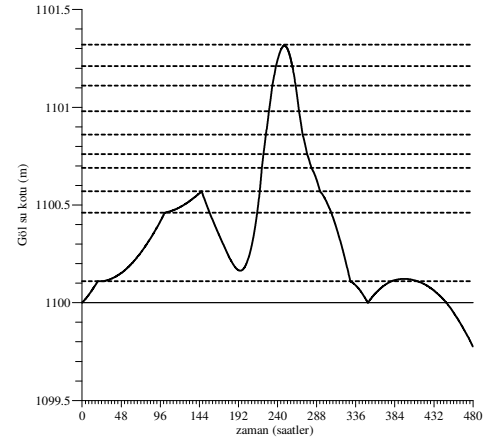
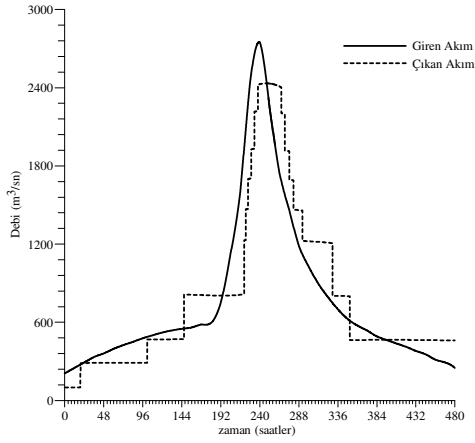
Şekil 4.30. Yamula Barajı ikinci opsiyon 0.35 MMT' nin ötelenmesinde giren- çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.



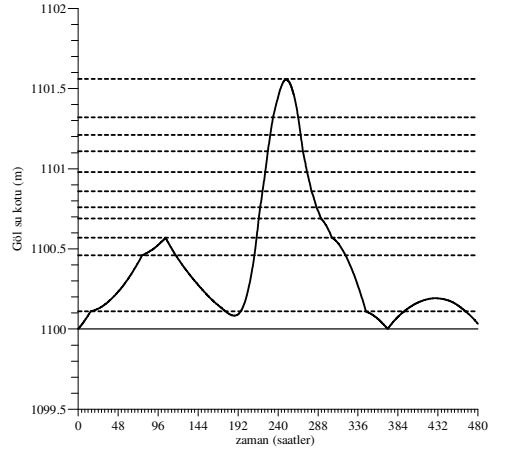
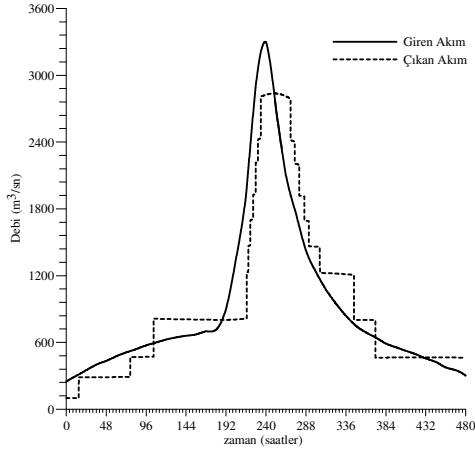
Şekil 4.31. Yamula Barajı ikinci opsiyon 0.40 MMT' nin ötelenmesinde giren- çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.



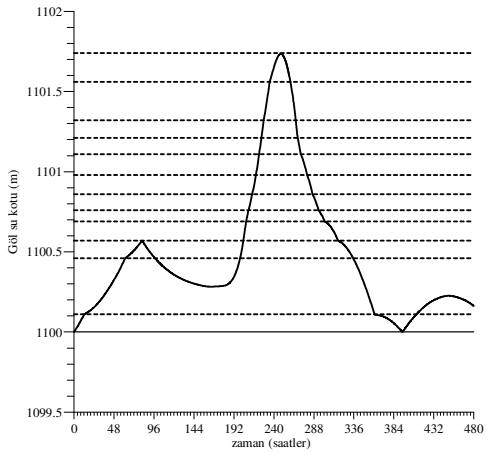
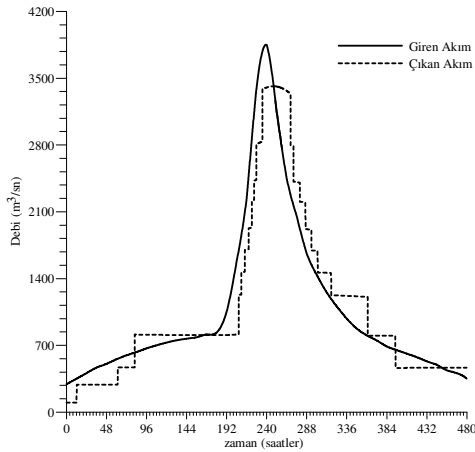
Şekil 4.32. Yamula Barajı ikinci opsiyon 0.45 MMT' nin ötelenmesinde giren- çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.



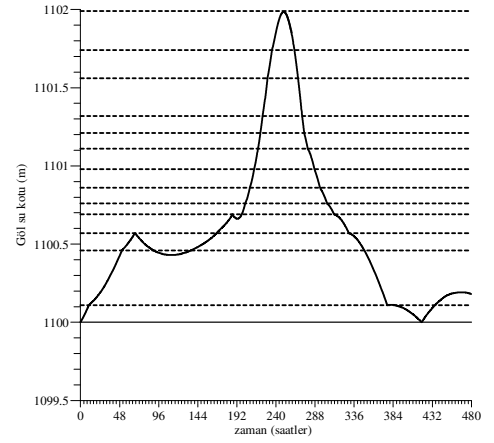
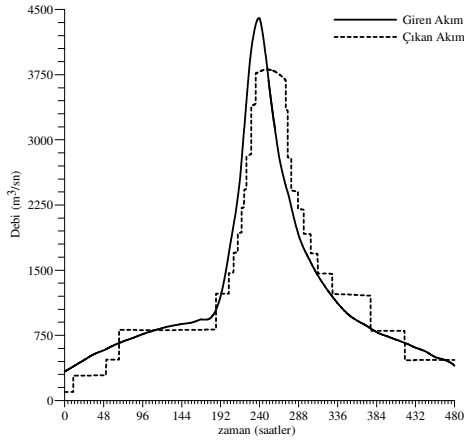
Şekil 4.33. Yamula Barajı ikinci opsiyon 0.50 MMT' nin ötelenmesinde giren- çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.



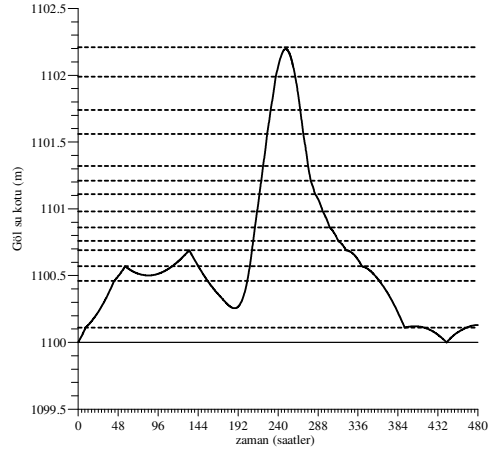
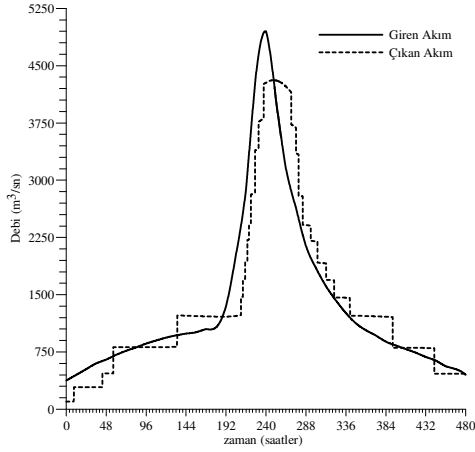
Şekil 4.34. Yamula Barajı ikinci opsiyon 0.60 MMT' nin ötelenmesinde giren- çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.



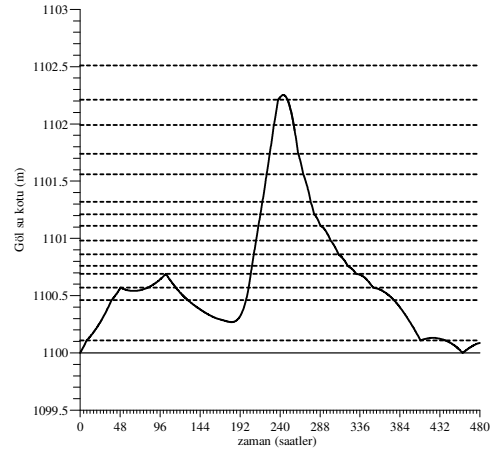
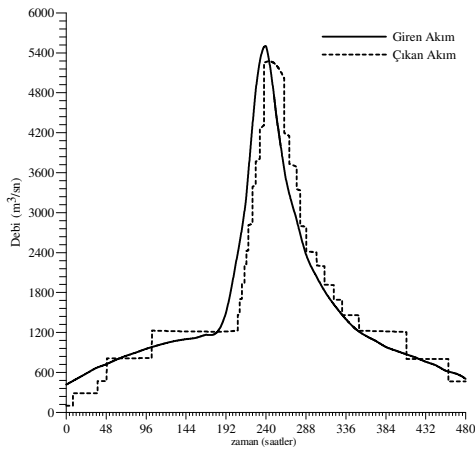
Şekil 4.35. Yamula Barajı ikinci opsiyon 0.70 MMT' nin ötelenmesinde giren- çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.



Şekil 4.36. Yamula Barajı ikinci opsiyon 0.80 MMT' nin ötelenmesinde giren- çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.

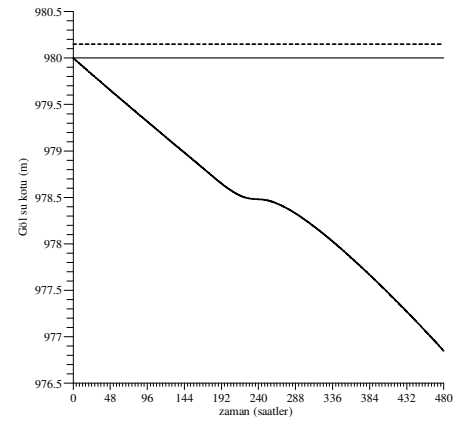
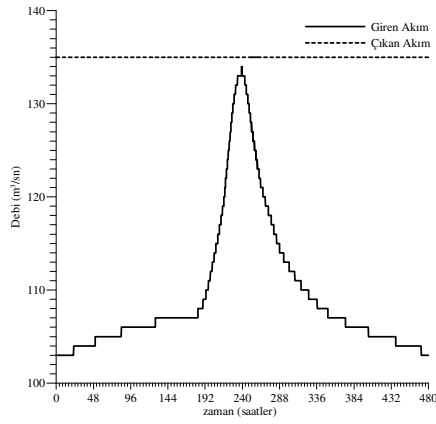


Şekil 4.37. Yamula Barajı ikinci opsiyon 0.90 MMT' nin ötelenmesinde giren- çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.

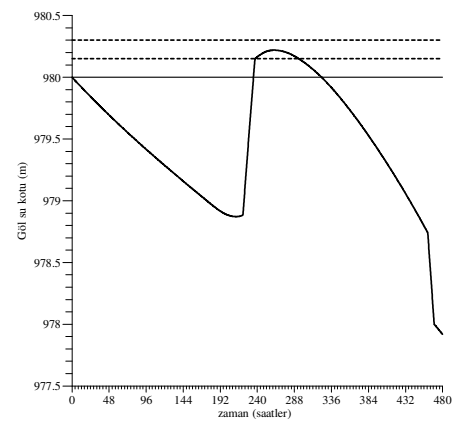
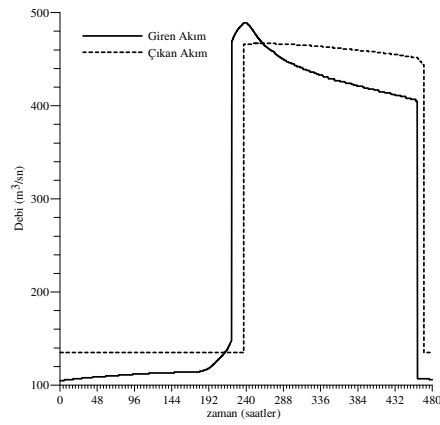


Şekil 4.38. Yamula Barajı ikinci opsiyon 1.00 MMT' nin ötelenmesinde giren- çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.

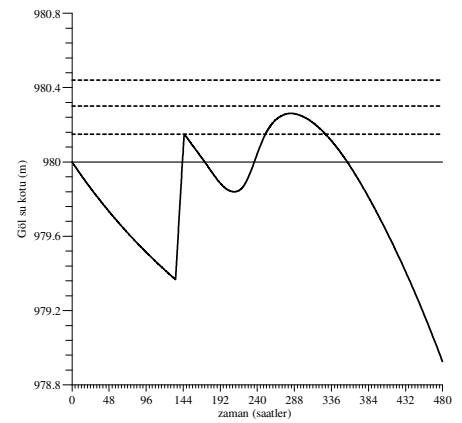
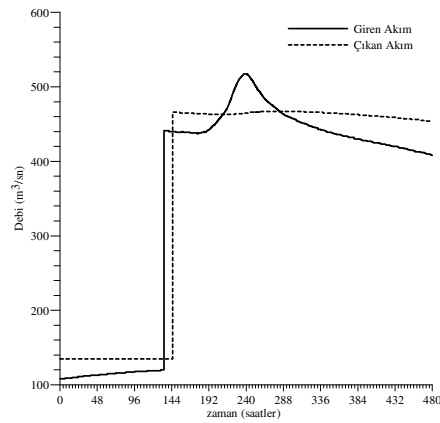
4.4.3 Bayramhacılı Barajı Birinci Opsiyon



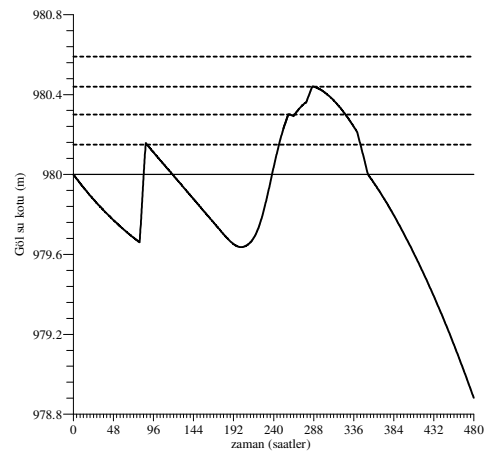
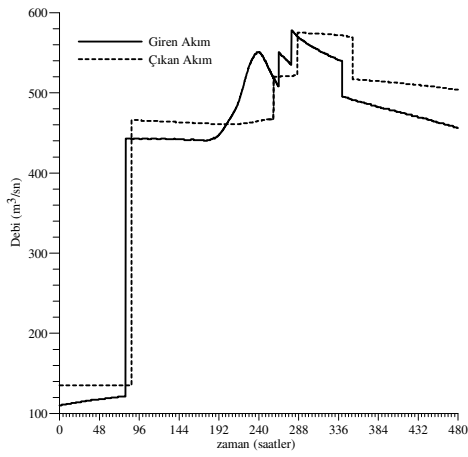
Şekil 4.39. Bayramhacılı Barajı birinci opsiyon 0.05 MMT' nin ötelenmesinde giren-çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.



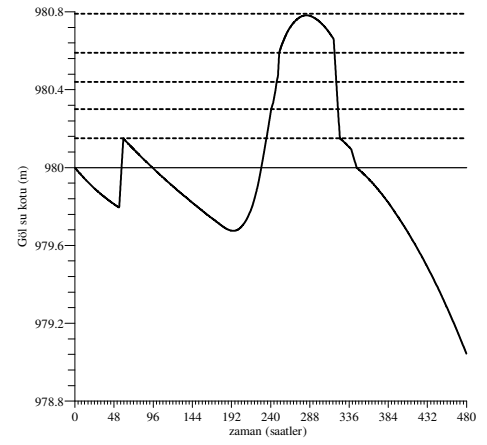
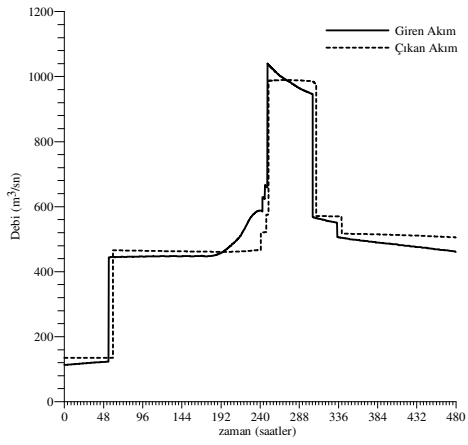
Şekil 4.40. Bayramhacılı Barajı birinci opsiyon 0.10 MMT' nin ötelenmesinde giren-çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.



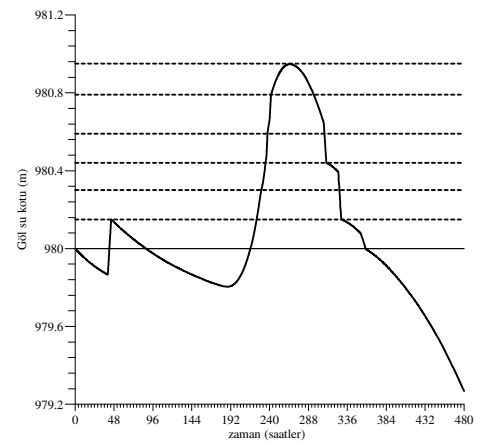
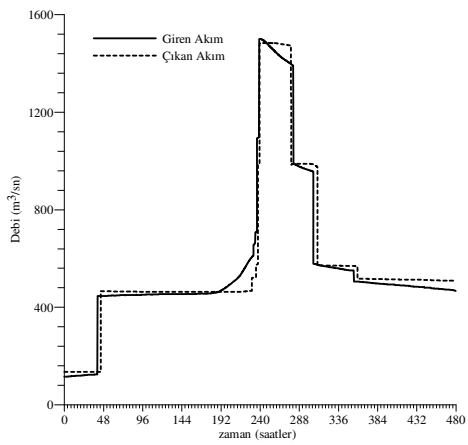
Şekil 4.41. Bayramhacılı Barajı birinci opsiyon 0.15 MMT' nin ötelenmesinde giren-çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.



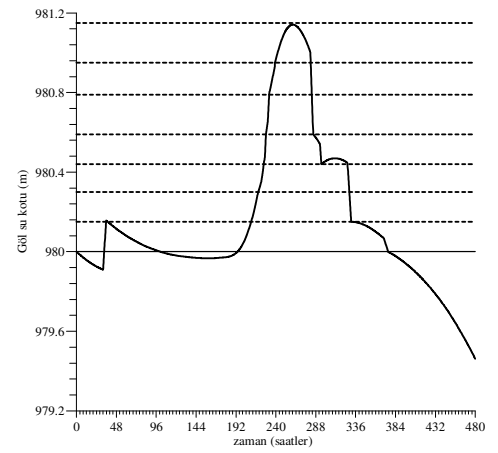
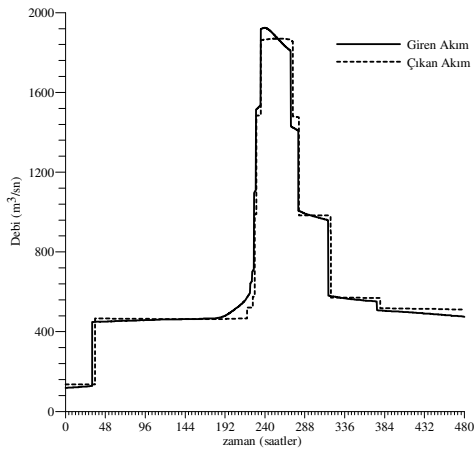
Şekil 4.42. Bayramhacılı Barajı birinci opsiyon 0.20 MMT' nin ötelenmesinde giren-çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.



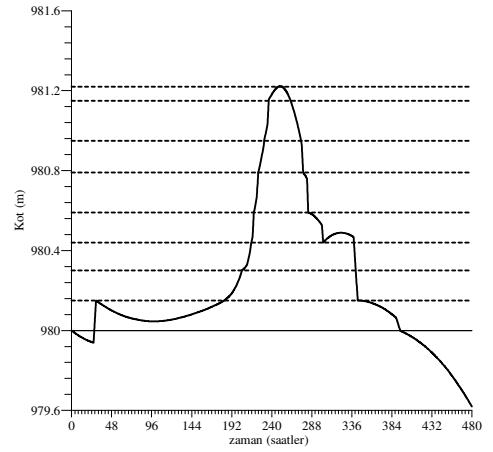
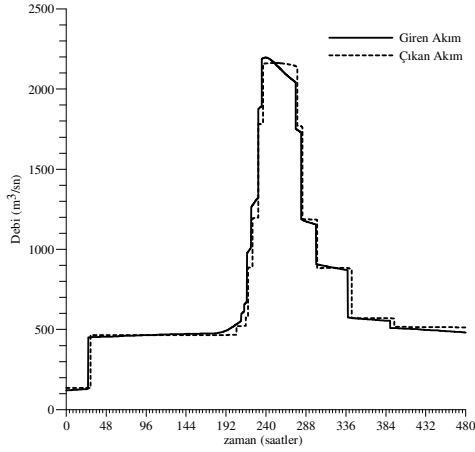
Şekil 4.43. Bayramhacılı Barajı birinci opsiyon 0.25 MMT' nin ötelenmesinde giren-çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.



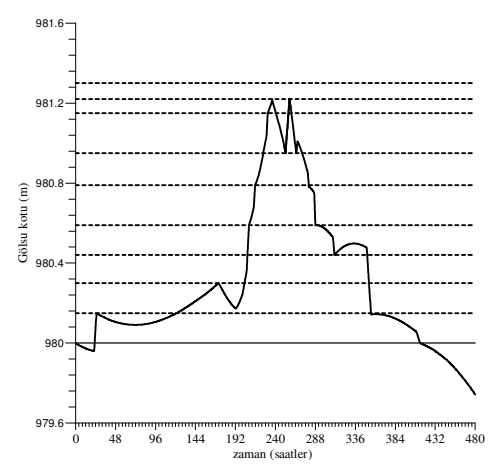
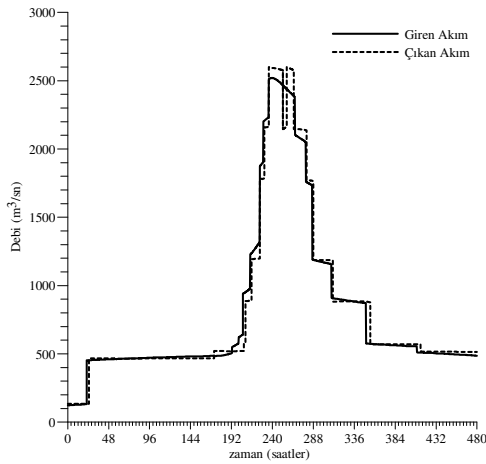
Şekil 4.44. Bayramhacılı Barajı birinci opsiyon 0.30 MMT' nin ötelenmesinde giren-çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.



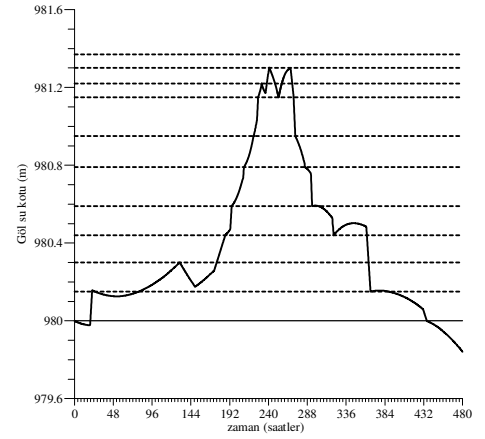
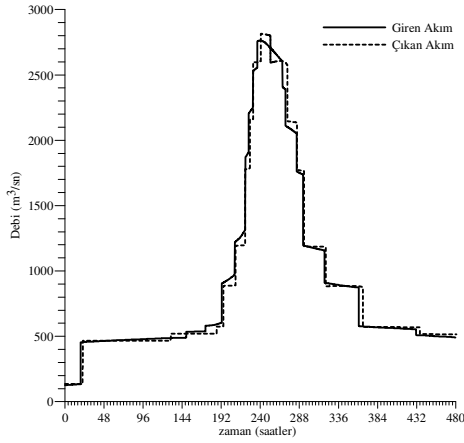
Şekil 4.45. Bayramhacılı Barajı birinci opsiyon 0.35 MMT’ nin ötelenmesinde giren-çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.



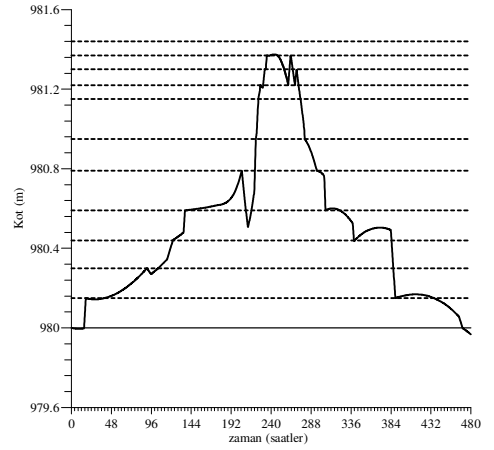
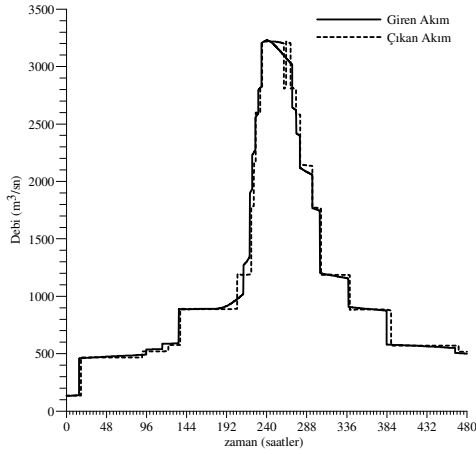
Şekil 4.46. Bayramhacılı Barajı birinci opsiyon 0.40 MMT’ nin ötelenmesinde giren-çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.



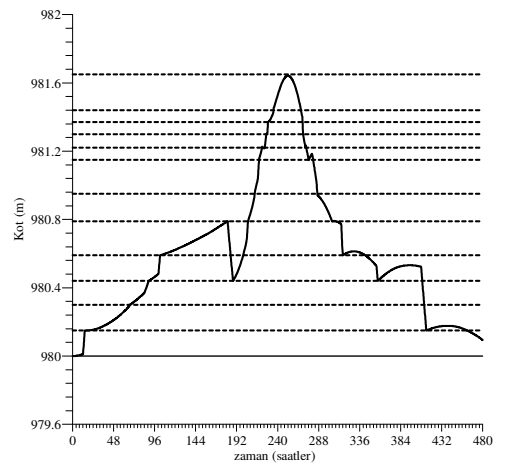
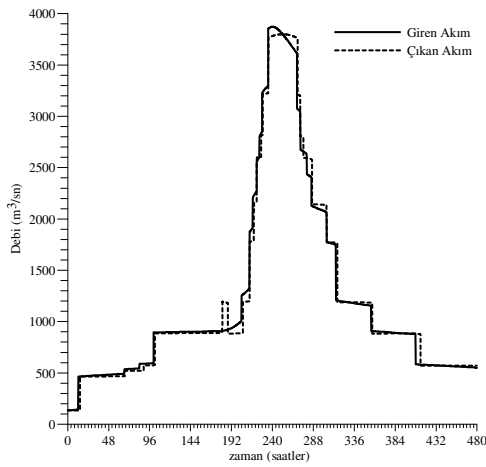
Şekil 4.47. Bayramhacılı Barajı birinci opsiyon 0.45 MMT’ nin ötelenmesinde giren-çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.



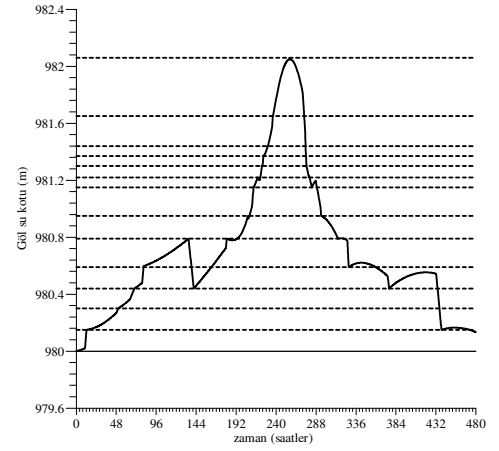
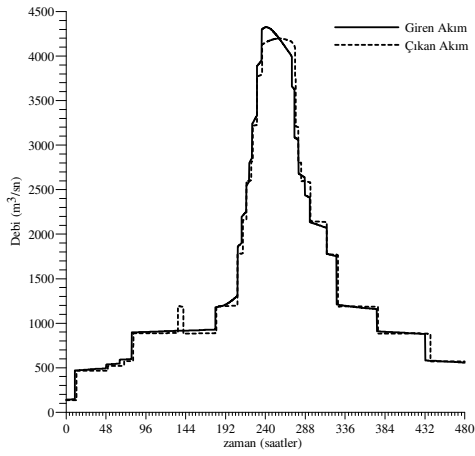
Şekil 4.48. Bayramhacılı Barajı birinci opsiyon 0.50 MMT' nin ötelenmesinde giren-çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.



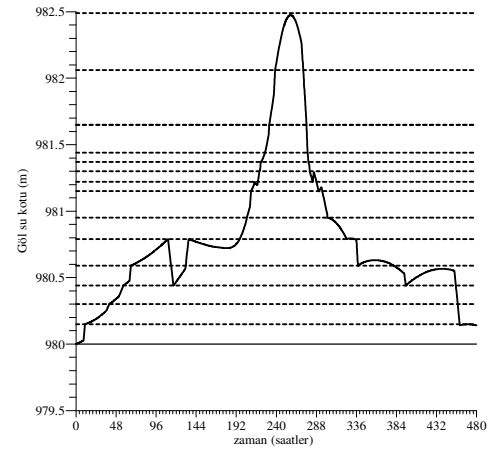
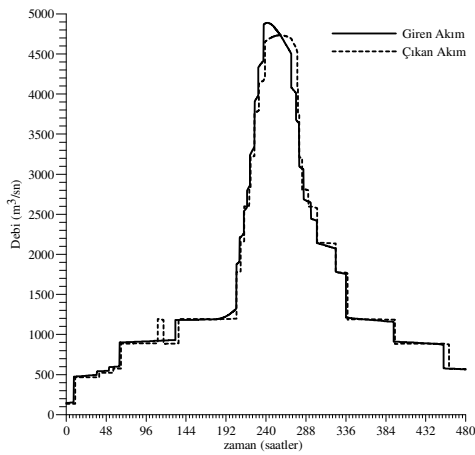
Şekil 4.49. Bayramhacılı Barajı birinci opsiyon 0.60 MMT' nin ötelenmesinde giren-çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.



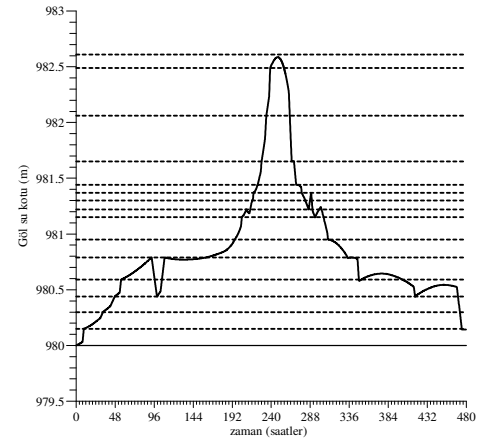
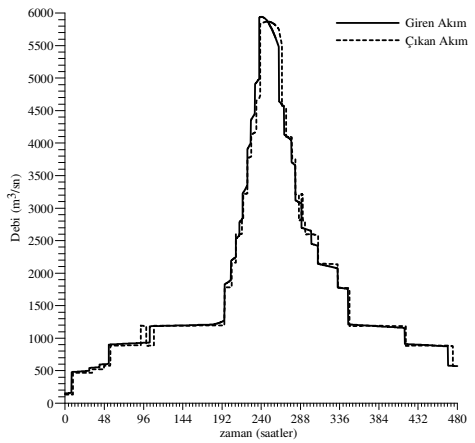
Şekil 4.50. Bayramhacılı Barajı birinci opsiyon 0.70 MMT' nin ötelenmesinde giren-çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.



Şekil 4.51. Bayramhacılı Barajı birinci opsiyon 0.80 MMT' nin ötelenmesinde giren-çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.

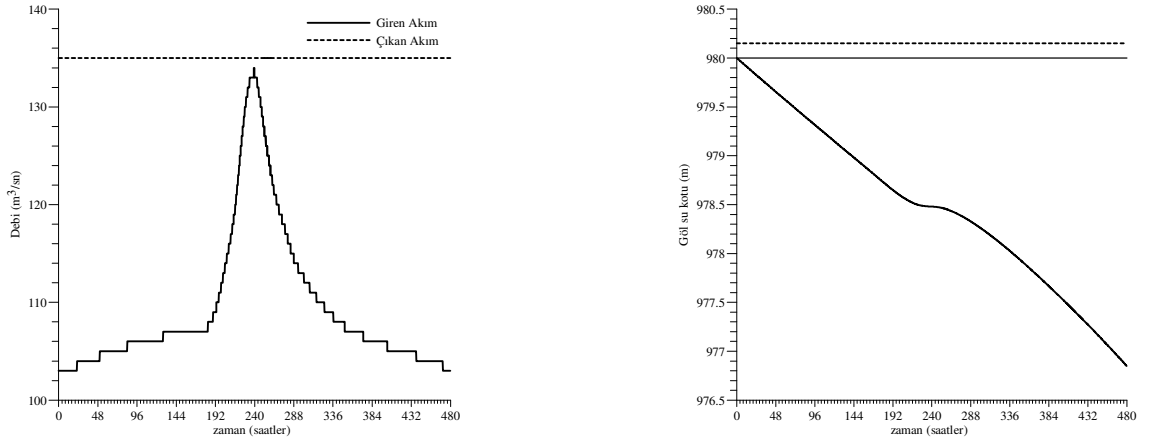


Şekil 4.52. Bayramhacılı Barajı birinci opsiyon 0.90 MMT' nin ötelenmesinde giren-çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.

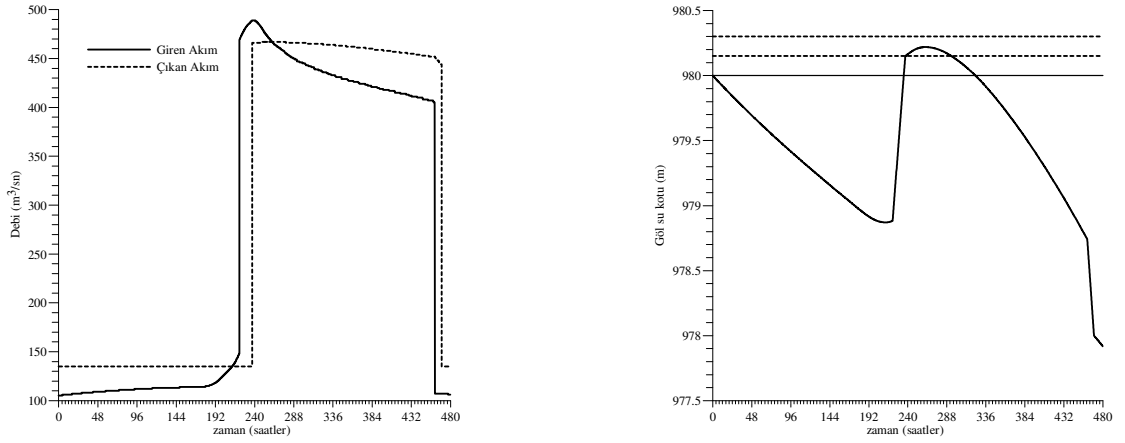


Şekil 4.53. Bayramhacılı Barajı birinci opsiyon 1.00 MMT' nin ötelenmesinde giren-çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.

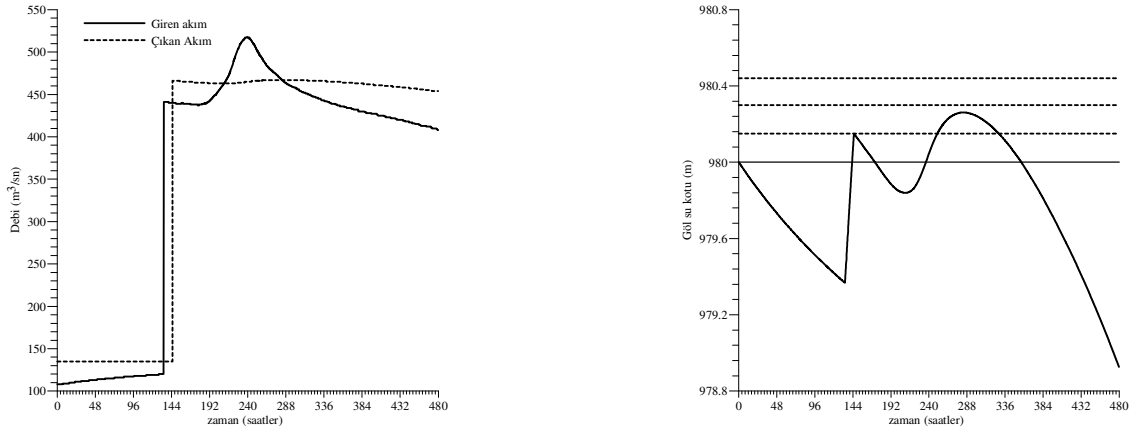
4.4.4 Bayramhacılı Barajı İkinci Opsiyon



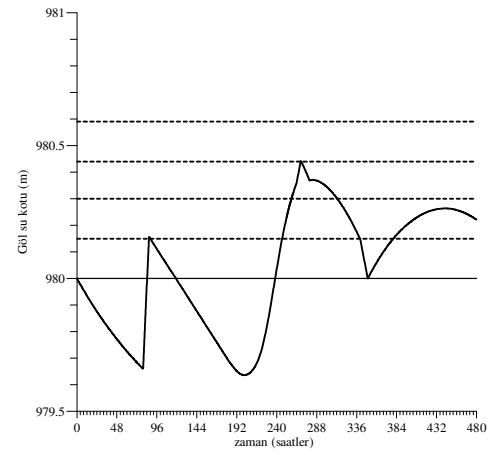
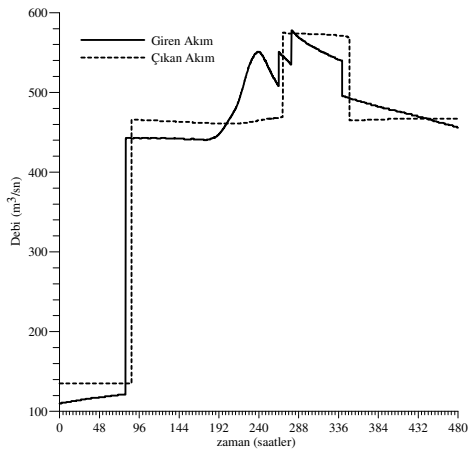
Şekil 4.54. Bayramhacılı Barajı ikinci opsiyon 0.05 MMT' nin ötelenmesinde giren-çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.



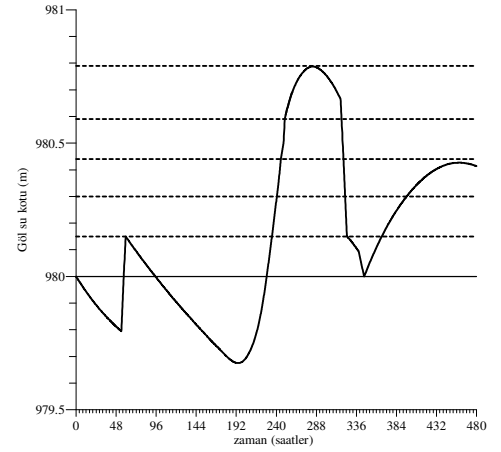
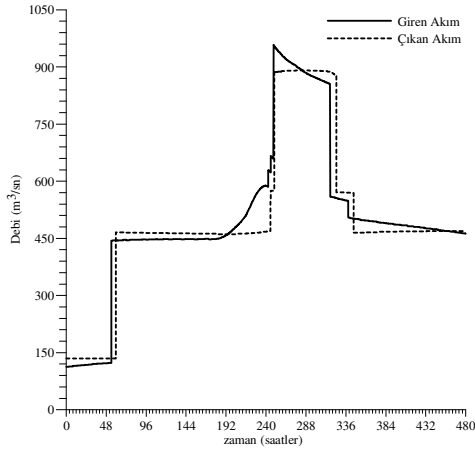
Şekil 4.55. Bayramhacılı Barajı ikinci opsiyon 0.10 MMT' nin ötelenmesinde giren-çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.



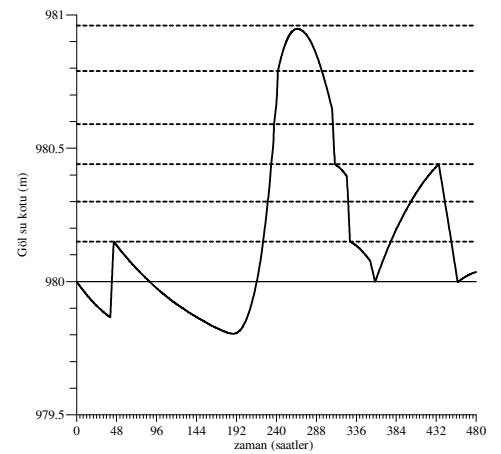
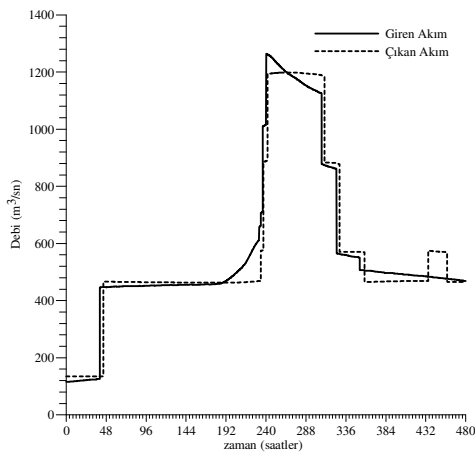
Şekil 4.56. Bayramhacılı Barajı ikinci opsiyon 0.15 MMT' nin ötelenmesinde giren-çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.



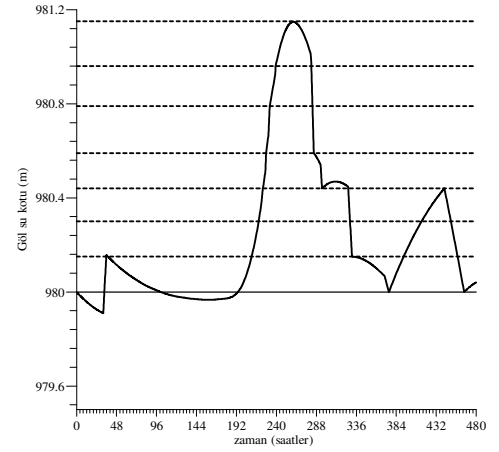
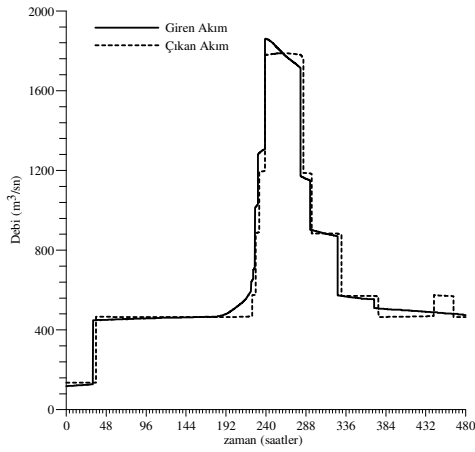
Şekil 4.57. Bayramhacılı Barajı ikinci opsiyon 0.20 MMT' nin ötelenmesinde giren-çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.



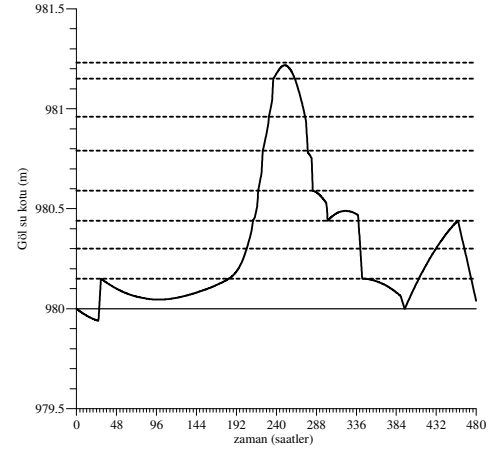
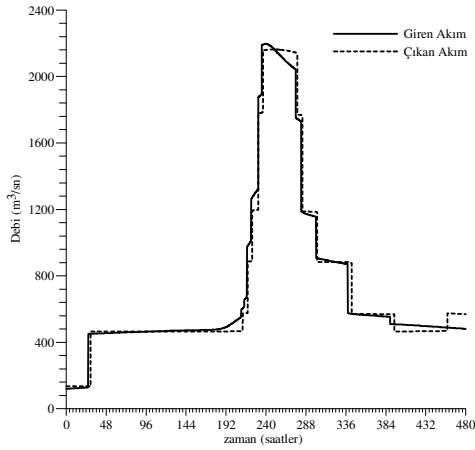
Şekil 4.58. Bayramhacılı Barajı ikinci opsiyon 0.25 MMT' nin ötelenmesinde giren-çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.



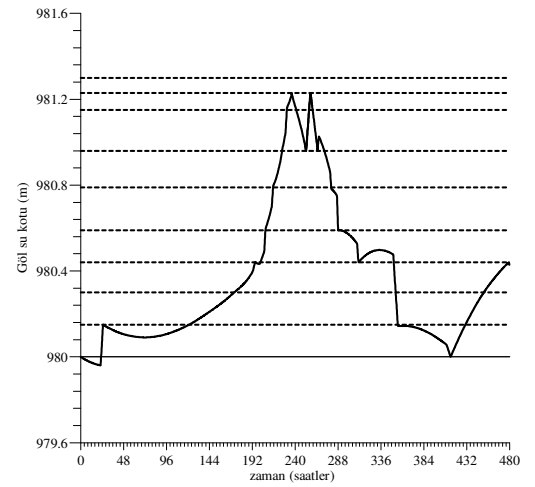
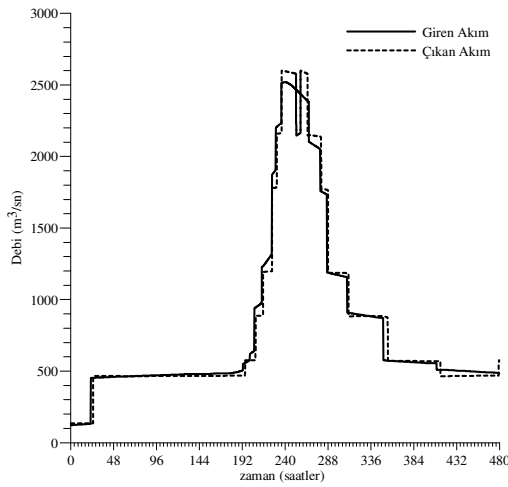
Şekil 4.59. Bayramhacılı Barajı ikinci opsiyon 0.30 MMT' nin ötelenmesinde giren-çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.



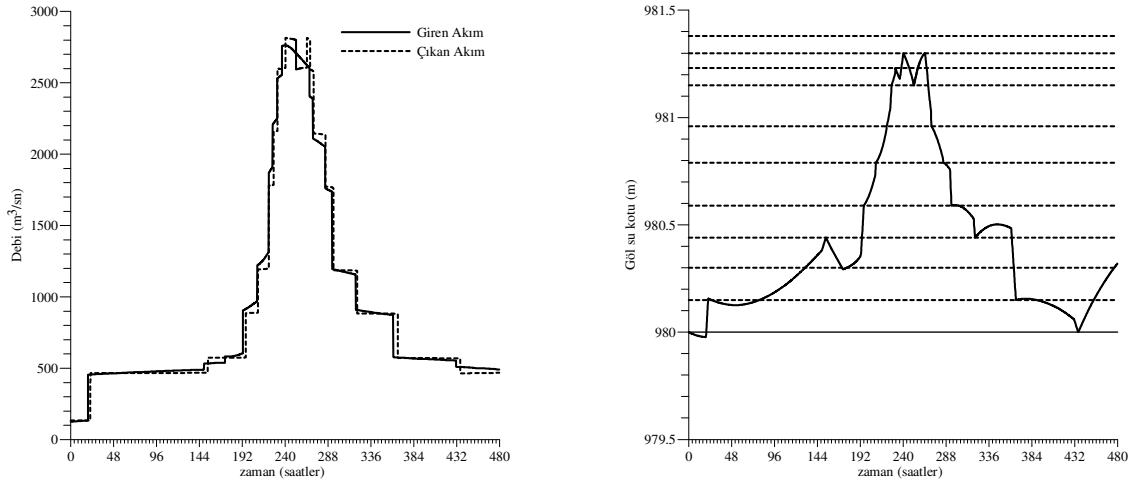
Şekil 4.60. Bayramhacılı Barajı ikinci opsiyon 0.35 MMT' nin ötelenmesinde giren-çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.



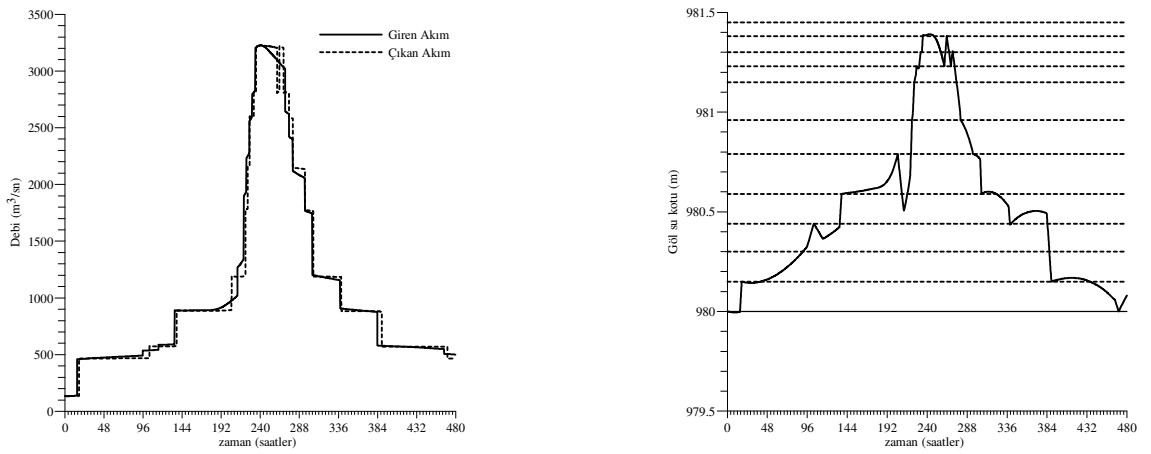
Şekil 4.61. Bayramhacılı Barajı ikinci opsiyon 0.40 MMT' nin ötelenmesinde giren-çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.



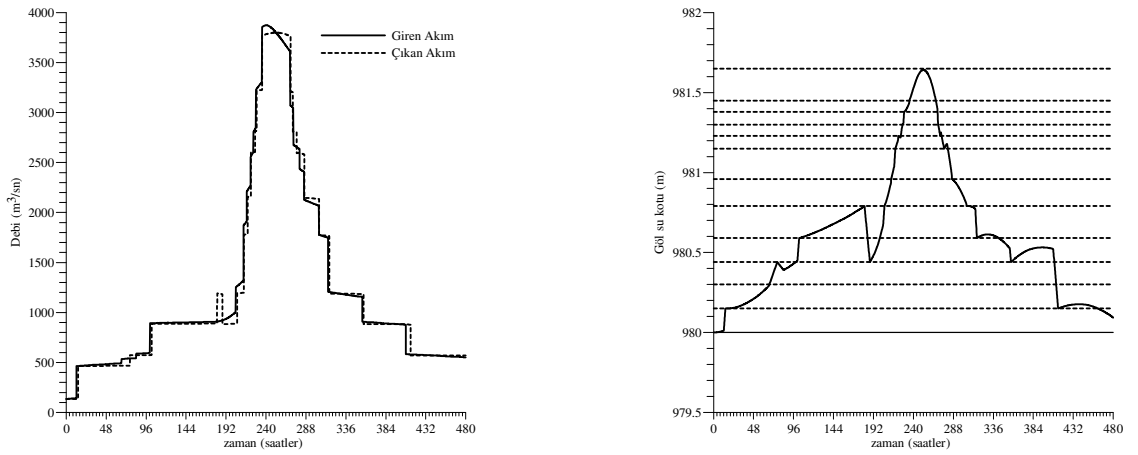
Şekil 4.62. Bayramhacılı Barajı ikinci opsiyon 0.45 MMT' nin ötelenmesinde giren-çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.



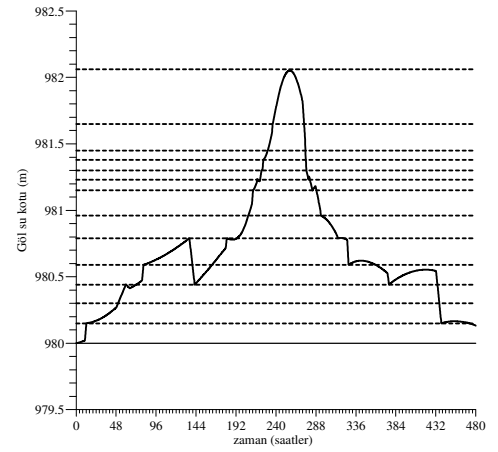
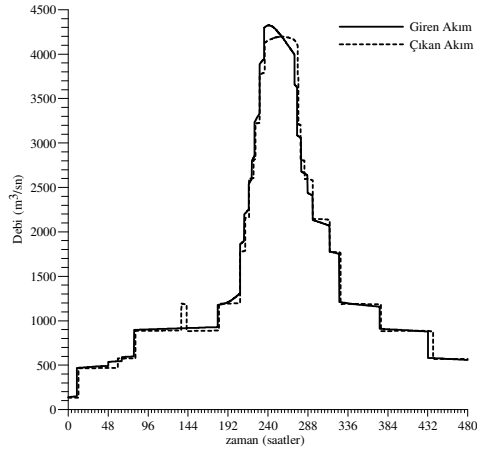
Şekil 4.63. Bayramhacılı Barajı ikinci opsiyon 0.50 MMT' nin ötelenmesinde giren-çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.



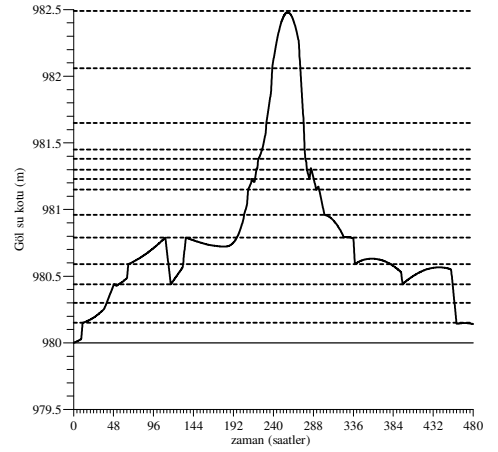
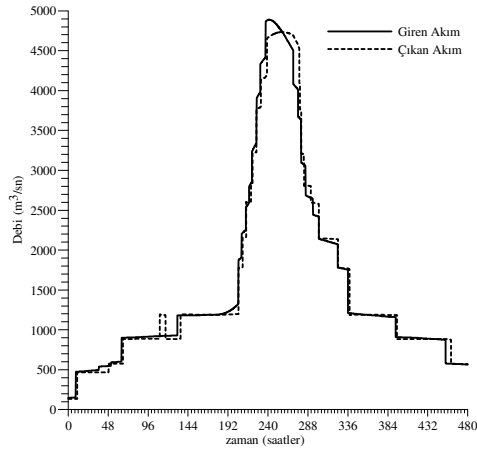
Şekil 4.64. Bayramhacılı Barajı ikinci opsiyon 0.60 MMT' nin ötelenmesinde giren-çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.



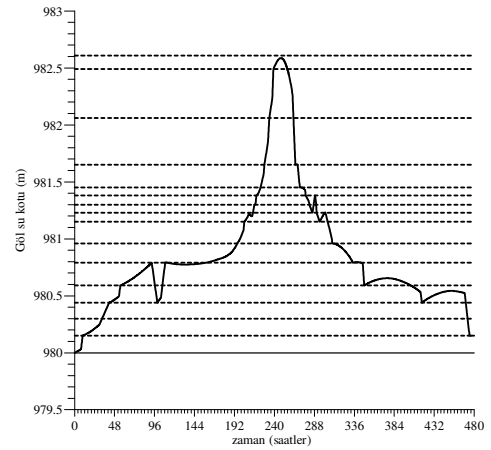
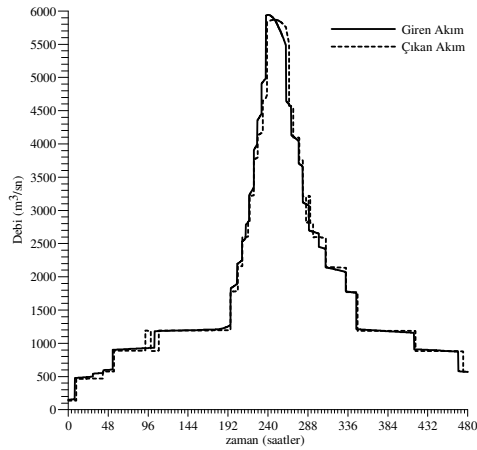
Şekil 4.65. Bayramhacılı Barajı ikinci opsiyon 0.70 MMT' nin ötelenmesinde giren-çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.



Şekil 4.66. Bayramhacılı Barajı ikinci opsiyon 0.80 MMT’ nin ötelenmesinde giren-çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.

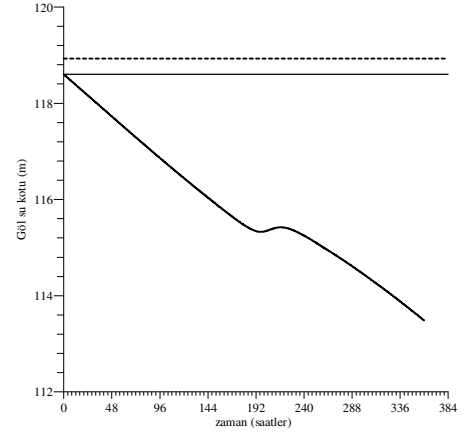
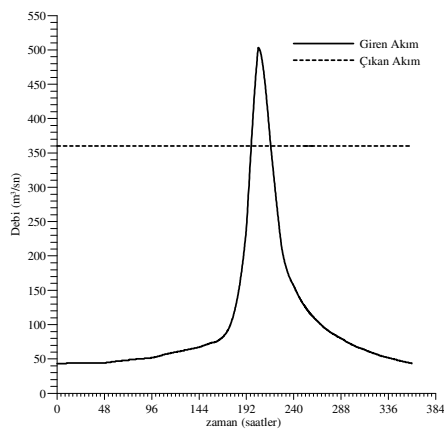


Şekil 4.67. Bayramhacılı Barajı ikinci opsiyon 0.90 MMT’ nin ötelenmesinde giren-çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.

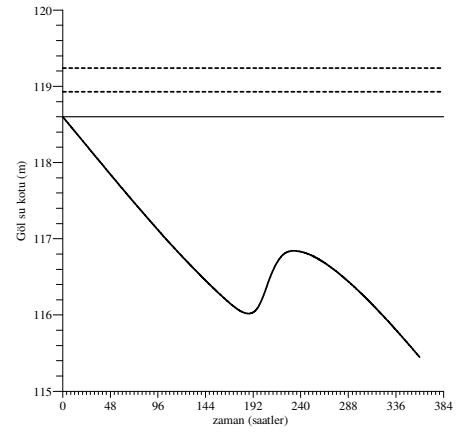
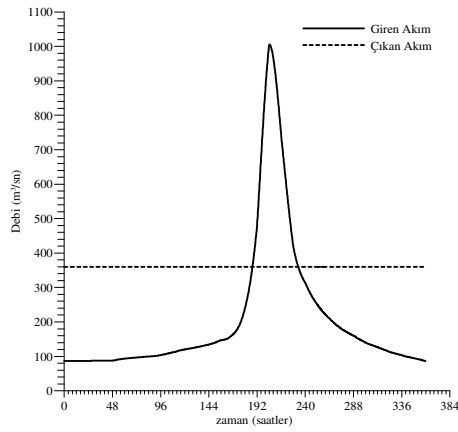


Şekil 4.68. Bayramhacılı Barajı ikinci opsiyon 1.00 MMT’ nin ötelenmesinde giren-çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.

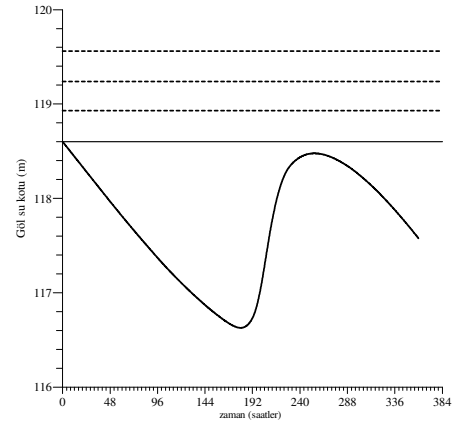
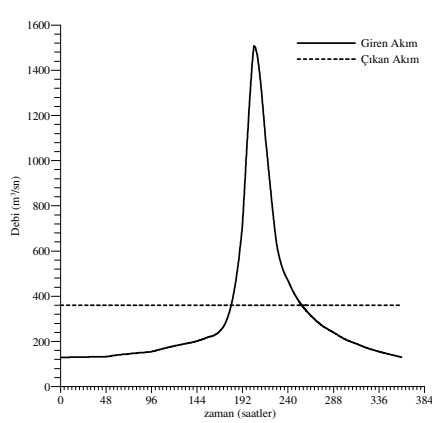
4.4.5 Çatalan Barajı Birinci Opsiyon



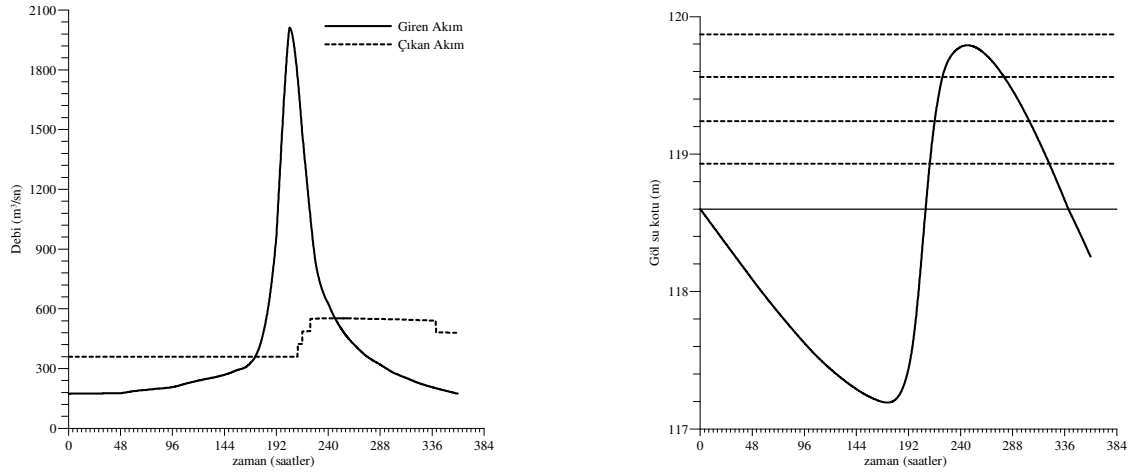
Şekil 4.69. Çatalan Barajı birinci opsiyon 0.05 MMT’ nin ötelenmesinde giren-çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.



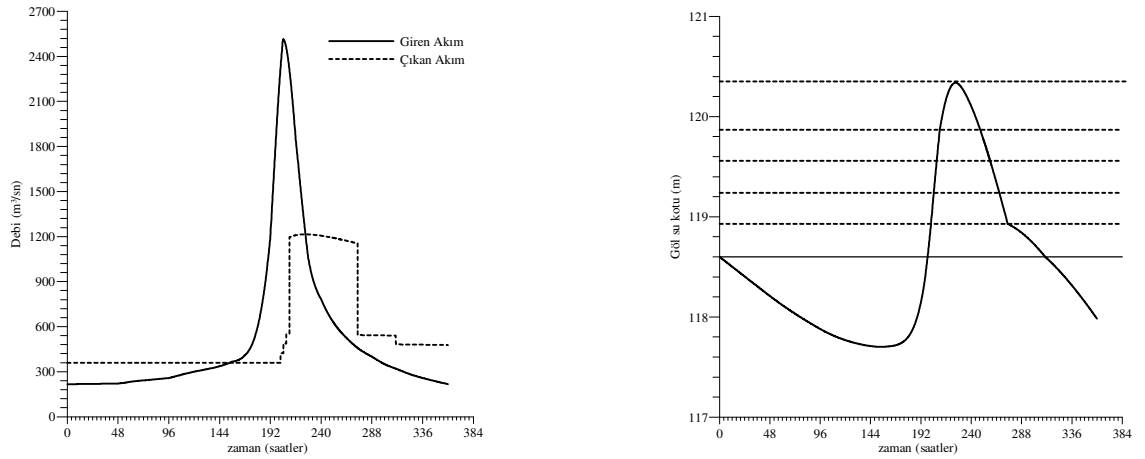
Şekil 4.70. Çatalan Barajı birinci opsiyon 0.10 MMT’ nin ötelenmesinde giren-çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.



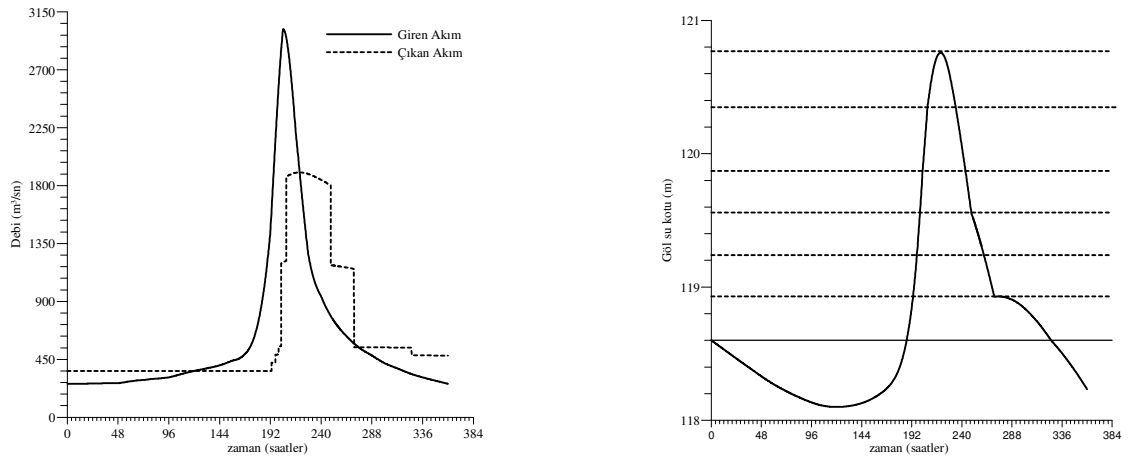
Şekil 4.71. Çatalan Barajı birinci opsiyon 0.15 MMT’ nin ötelenmesinde giren-çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.



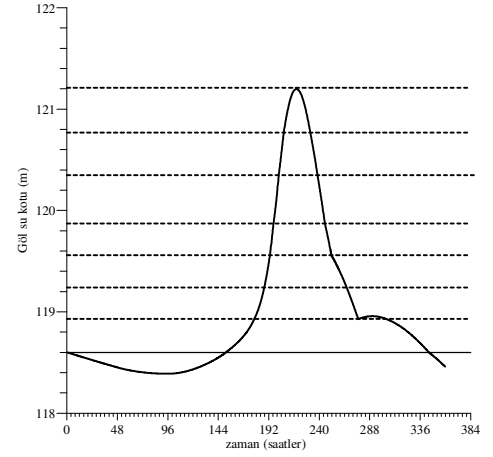
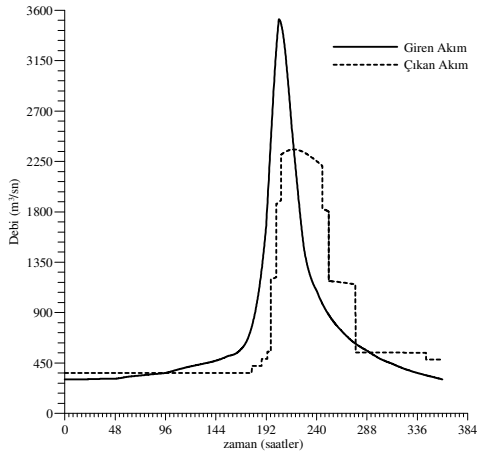
Şekil 4.72. Çatalan Barajı birinci opsiyon 0.20 MMT' nin ötelenmesinde giren-çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.



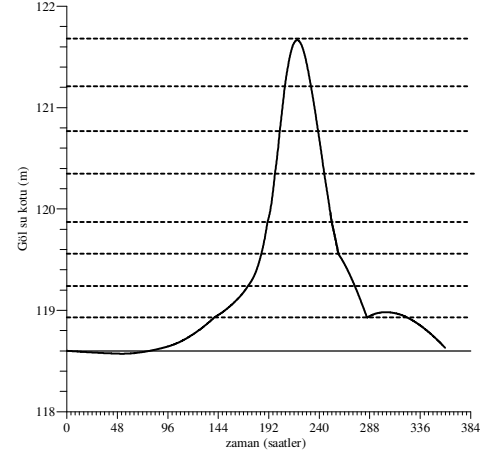
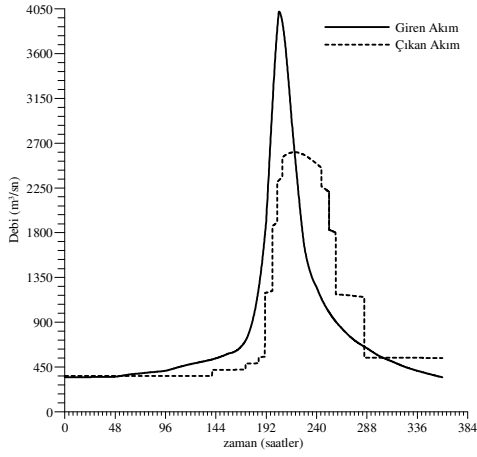
Şekil 4.73. Çatalan Barajı birinci opsiyon 0.25 MMT' nin ötelenmesinde giren-çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.



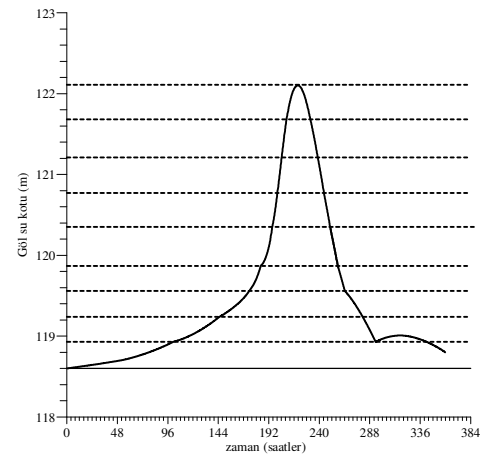
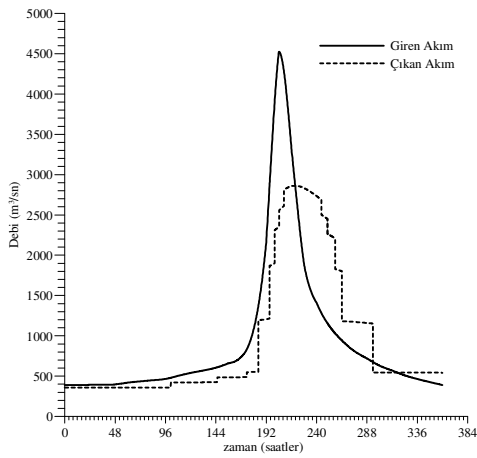
Şekil 4.74. Çatalan Barajı birinci opsiyon 0.30 MMT' nin ötelenmesinde giren-çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.



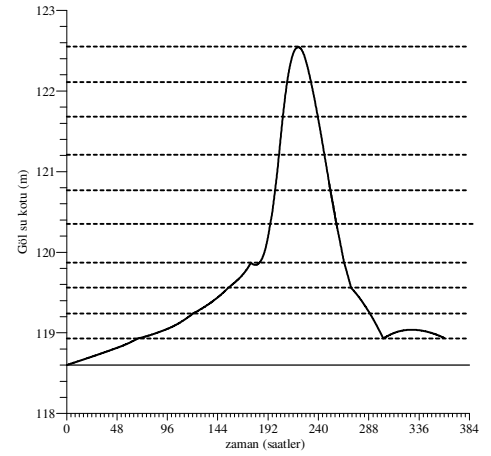
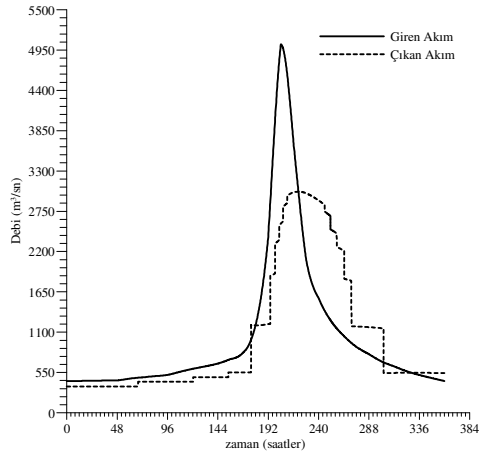
Şekil 4.75. Çatalan Barajı birinci opsiyon 0.35 MMT’ nin ötelenmesinde giren-çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.



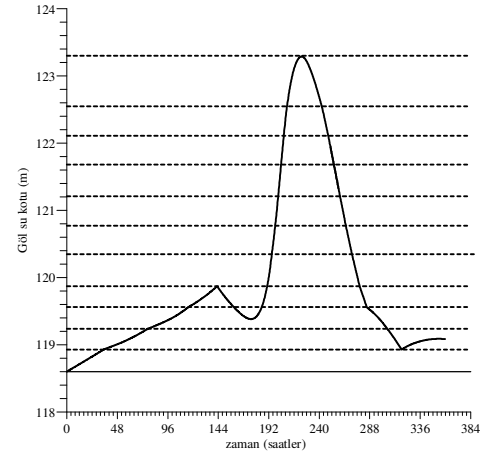
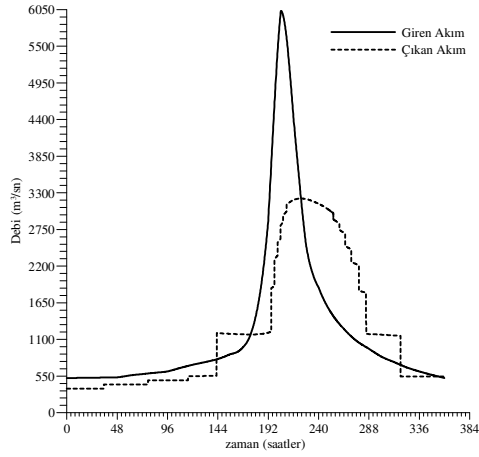
Şekil 4.76. Çatalan Barajı birinci opsiyon 0.40 MMT’ nin ötelenmesinde giren-çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.



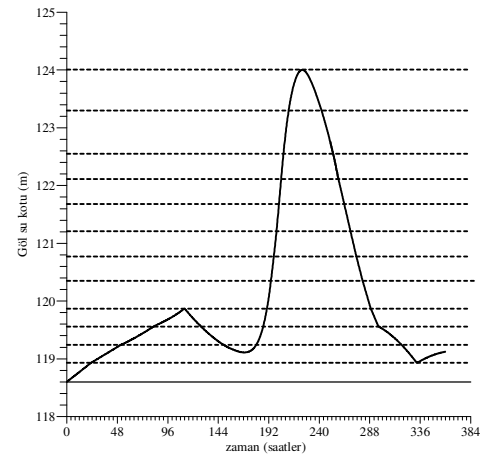
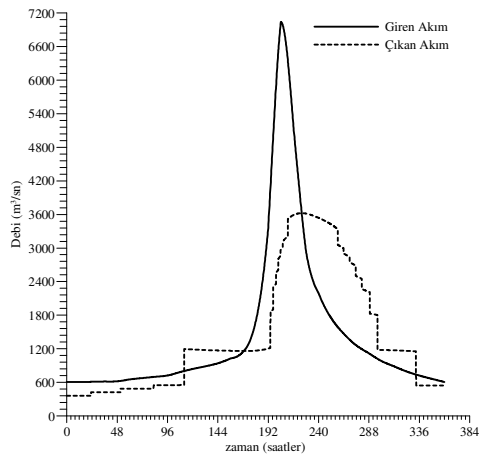
Şekil 4.77. Çatalan Barajı birinci opsiyon 0.45 MMT’ nin ötelenmesinde giren-çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.



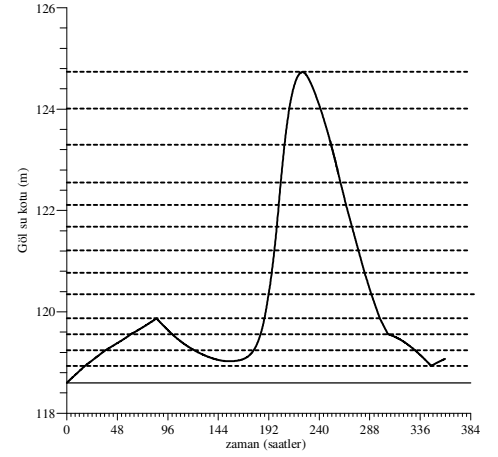
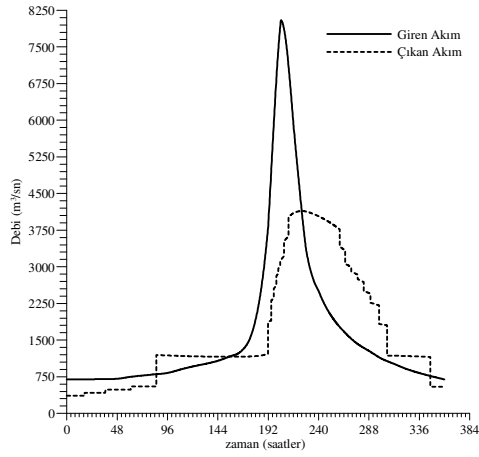
Şekil 4.78. Çatalan Barajı birinci opsiyon 0.50 MMT' nin ötelenmesinde giren-çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.



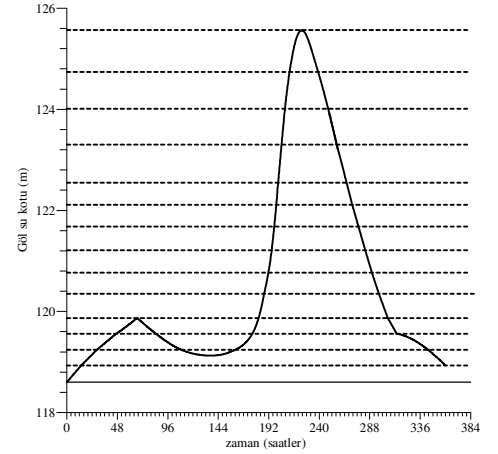
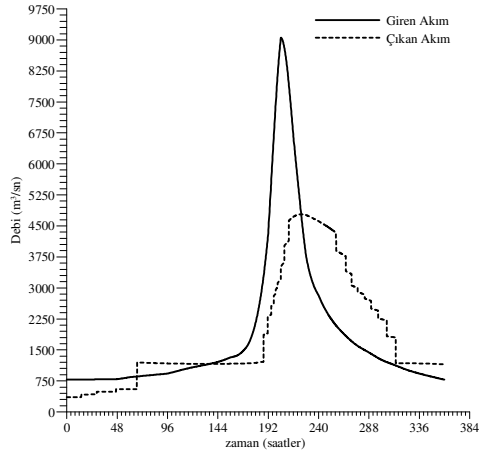
Şekil 4.79. Çatalan Barajı birinci opsiyon 0.60 MMT' nin ötelenmesinde giren-çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.



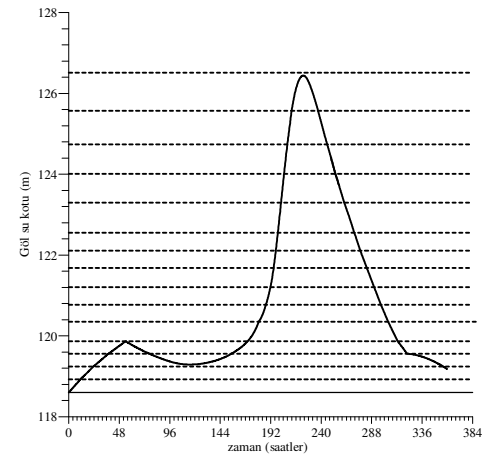
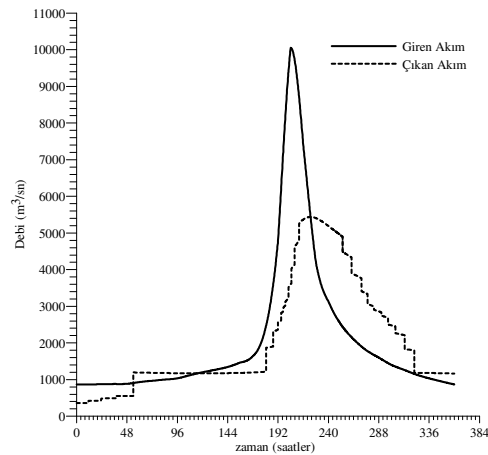
Şekil 4.80. Çatalan Barajı birinci opsiyon 0.70MMT' nin ötelenmesinde giren-çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.



Şekil 4.81. Çatalan Barajı birinci opsiyon 0.80 MMT' nin ötelenmesinde giren-çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.

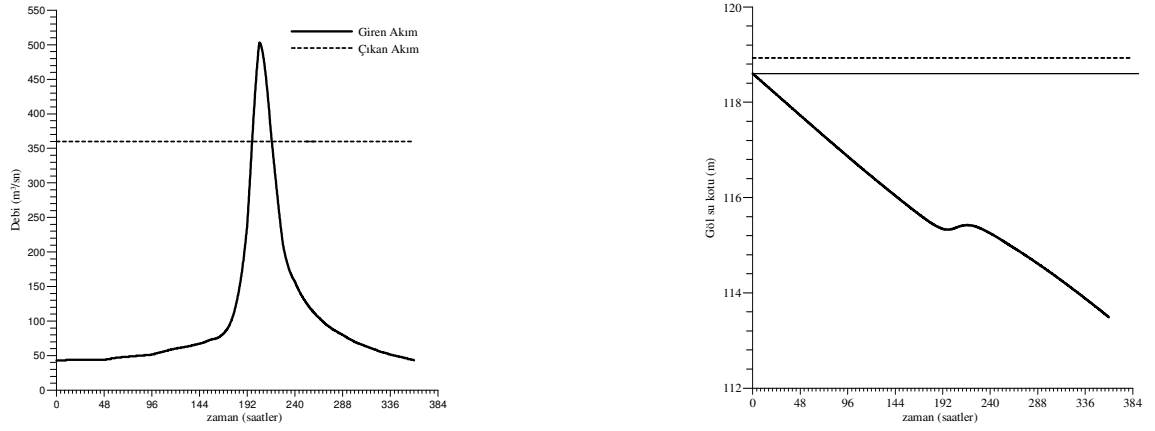


Şekil 4.82. Çatalan Barajı birinci opsiyon 0.90 MMT' nin ötelenmesinde giren-çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.

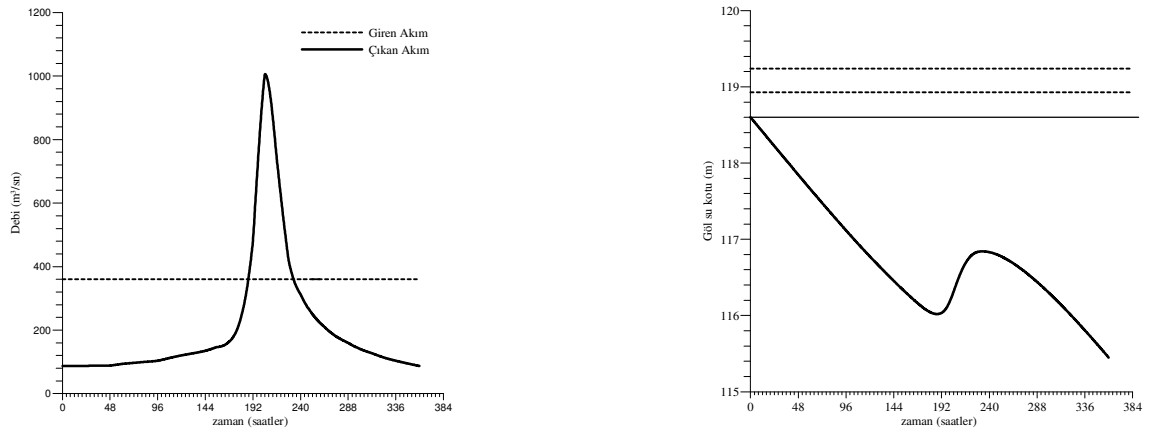


Şekil 4.83. Çatalan Barajı birinci opsiyon 1.00 MMT' nin ötelenmesinde giren-çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.

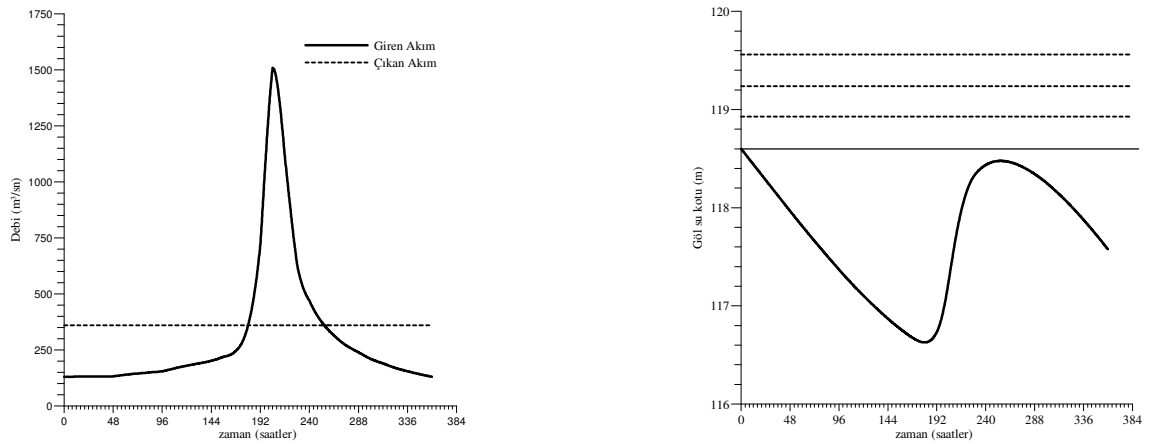
4.4.6 Çatalan Barajı İkinci Opsiyon



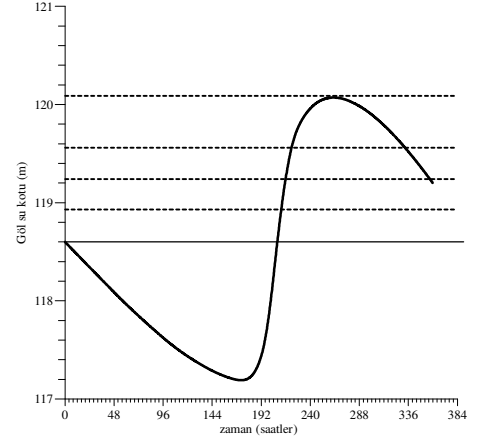
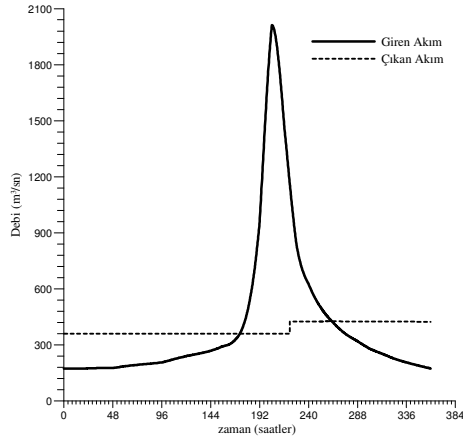
Şekil 4.84. Çatalan Barajı ikinci opsiyon 0.05 MMT' nin ötelenmesinde giren-çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.



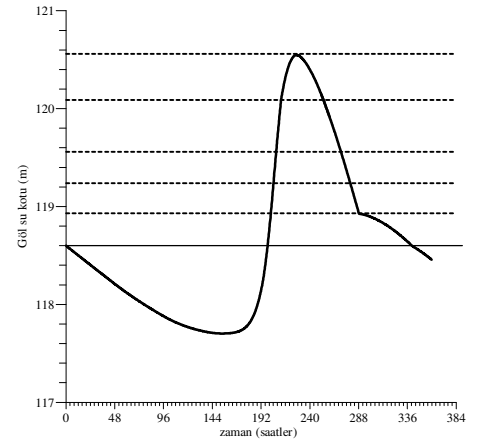
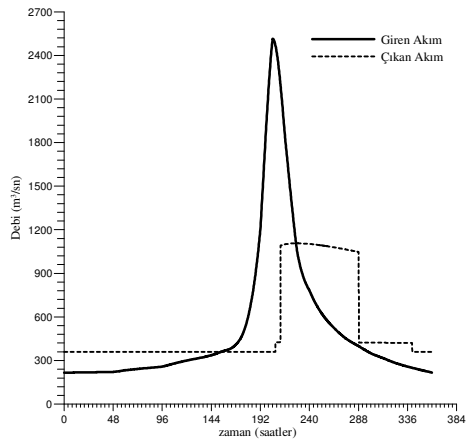
Şekil 4.85. Çatalan Barajı ikinci opsiyon 0.10 MMT' nin ötelenmesinde giren-çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.



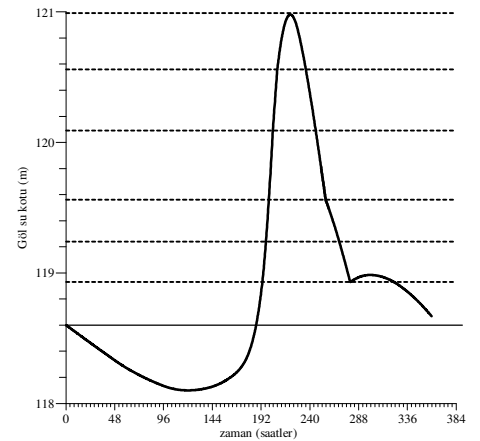
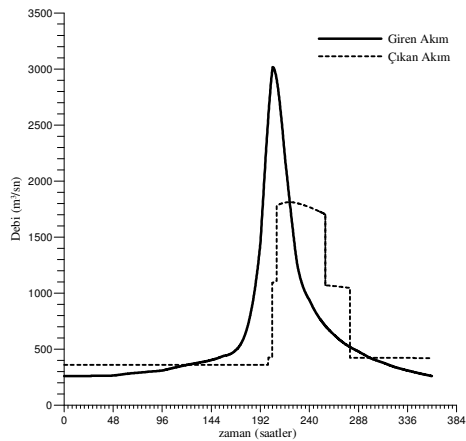
Şekil 4.86. Çatalan Barajı ikinci opsiyon 0.15 MMT' nin ötelenmesinde giren-çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.



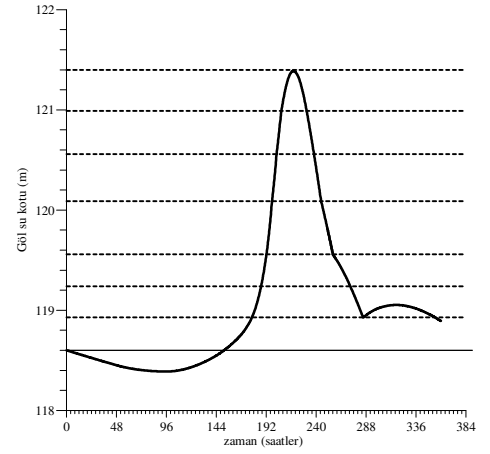
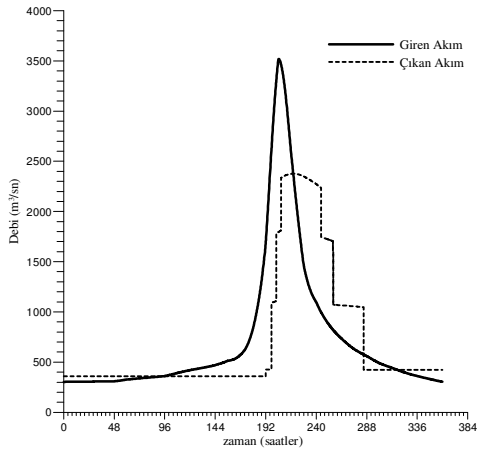
Şekil 4.87. Çatalan Barajı ikinci opsiyon 0.20 MMT' nin ötelenmesinde giren-çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.



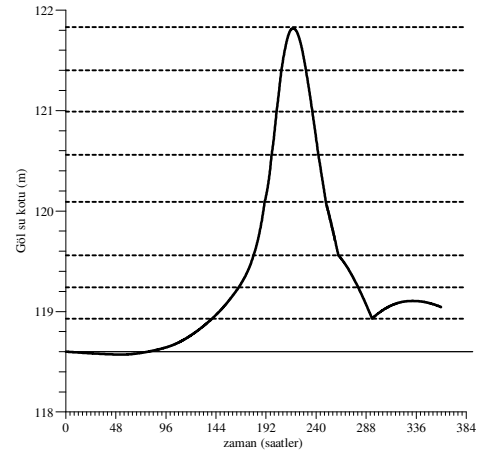
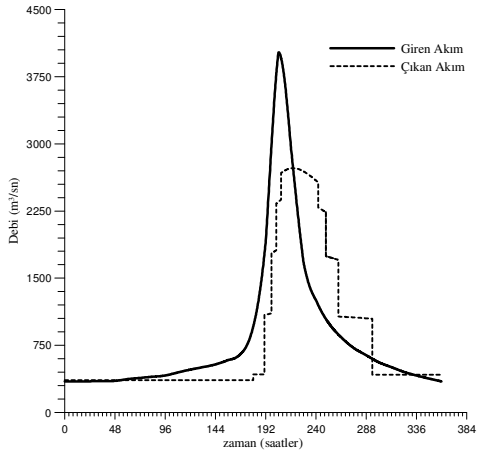
Şekil 4.88. Çatalan Barajı ikinci opsiyon 0.25 MMT' nin ötelenmesinde giren-çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.



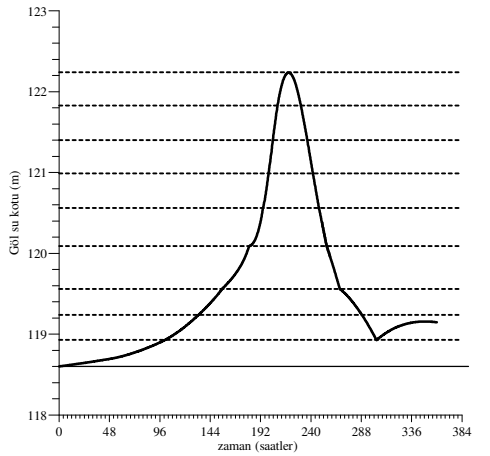
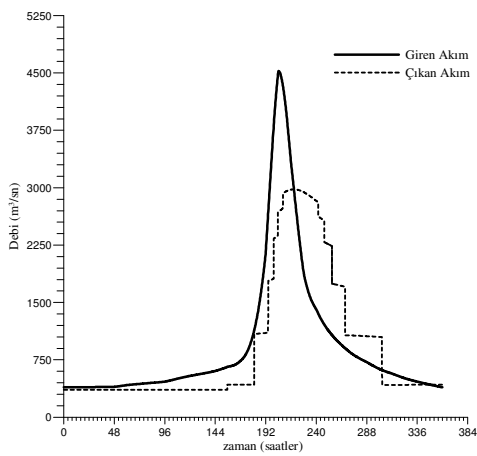
Şekil 4.89. Çatalan Barajı ikinci opsiyon 0.30 MMT' nin ötelenmesinde giren-çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.



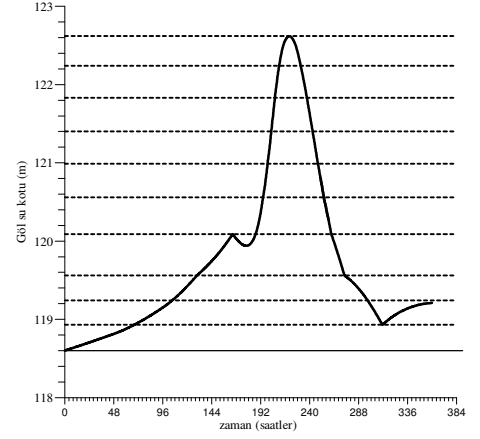
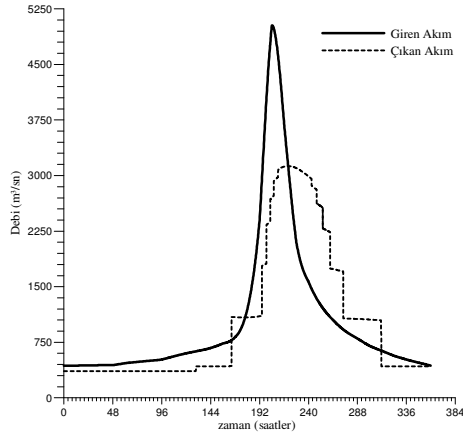
Şekil 4.90. Çatalan Barajı ikinci opsiyon 0.35 MMT' nin ötelenmesinde giren-çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.



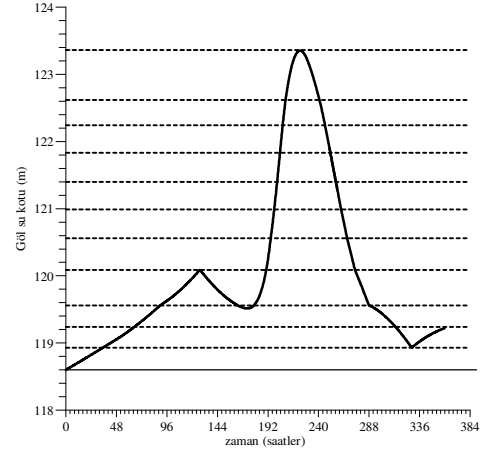
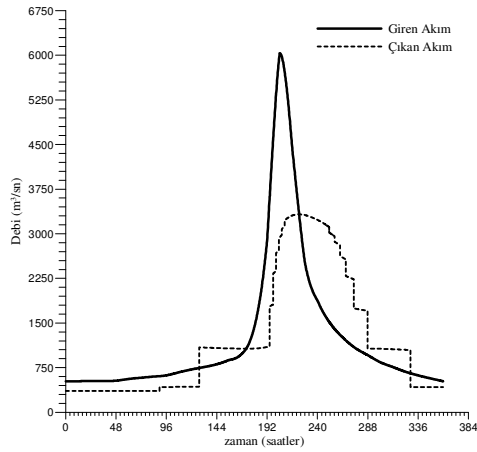
Şekil 4.91. Çatalan Barajı ikinci opsiyon 0.40 MMT' nin ötelenmesinde giren-çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.



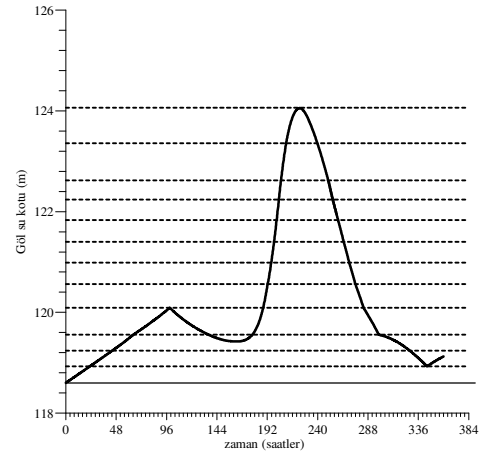
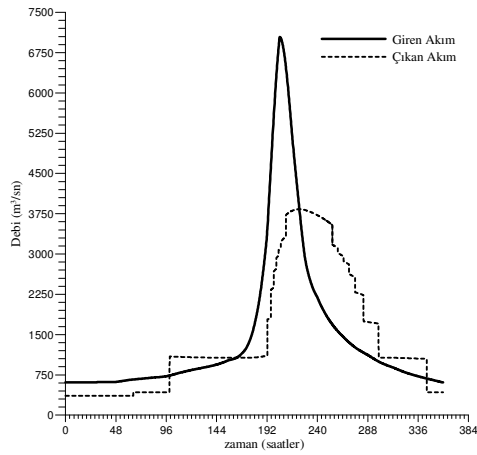
Şekil 4.92. Çatalan Barajı ikinci opsiyon 0.45 MMT' nin ötelenmesinde giren-çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.



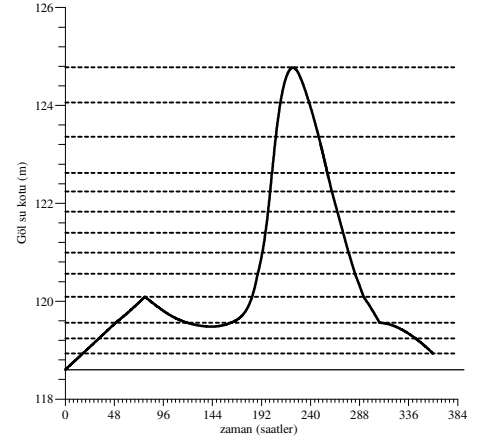
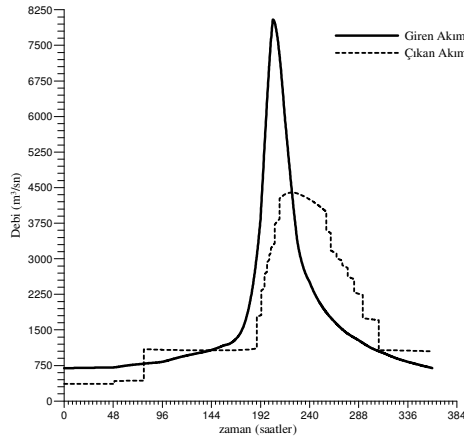
Şekil 4.93. Çatalan Barajı ikinci opsiyon 0.50 MMT' nin ötelenmesinde giren-çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.



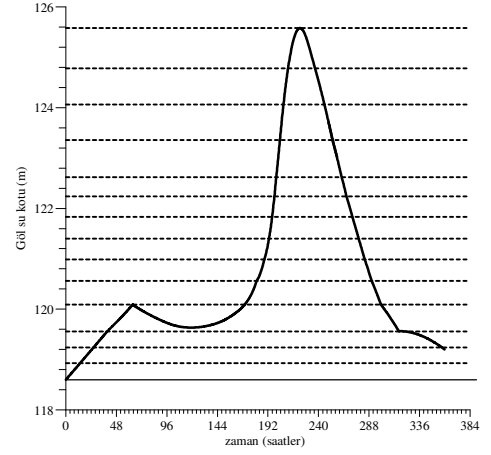
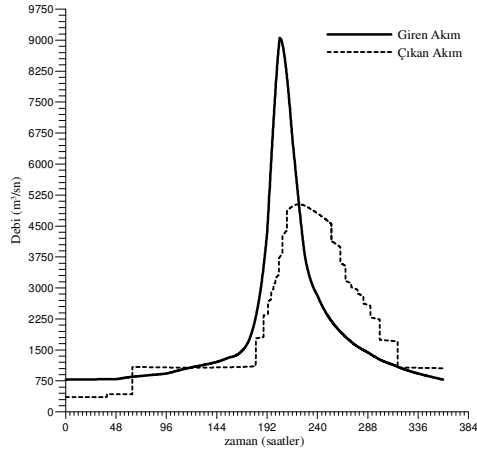
Şekil 4.94. Çatalan Barajı ikinci opsiyon 0.60 MMT' nin ötelenmesinde giren-çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.



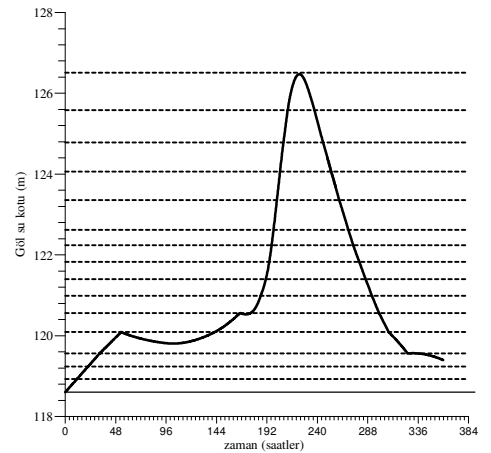
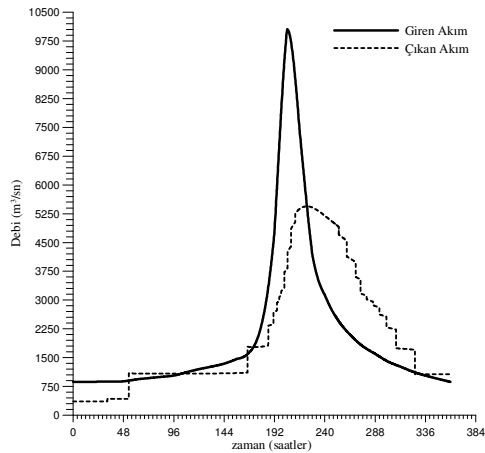
Şekil 4.95. Çatalan Barajı ikinci opsiyon 0.70 MMT' nin ötelenmesinde giren-çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.



Şekil 4.96. Çatalan Barajı ikinci opsiyon 0.80 MMT' nin ötelenmesinde giren-çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.

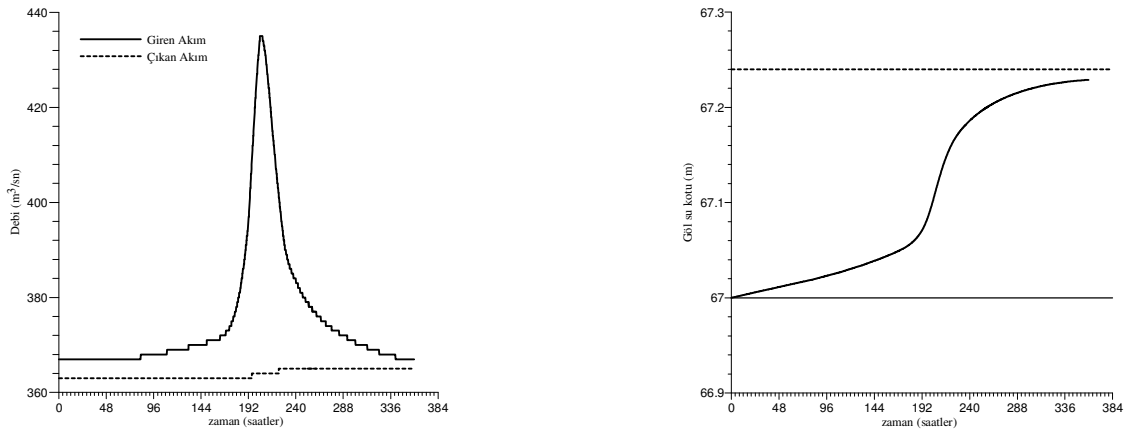


Şekil 4.97. Çatalan Barajı ikinci opsiyon 0.90 MMT' nin ötelenmesinde giren-çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.

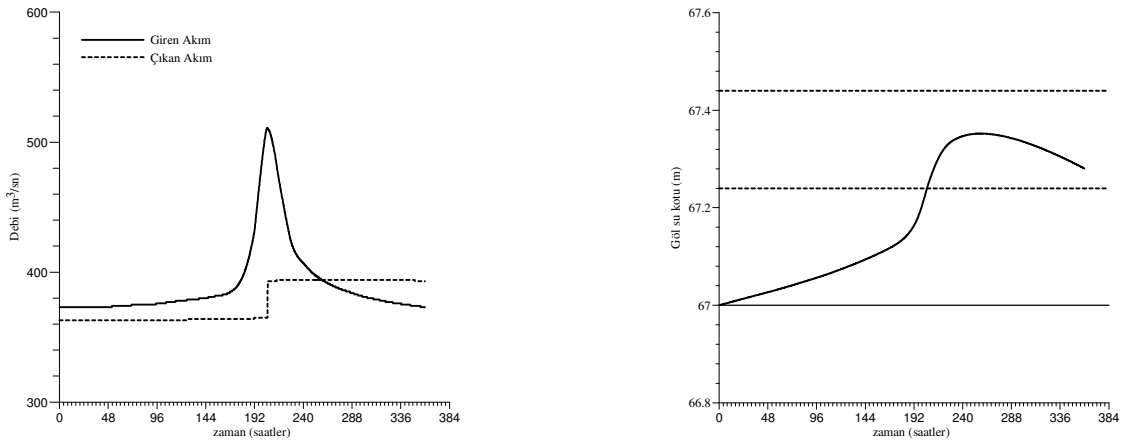


Şekil 4.98. Çatalan Barajı ikinci opsiyon 1.00 MMT' nin ötelenmesinde giren-çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.

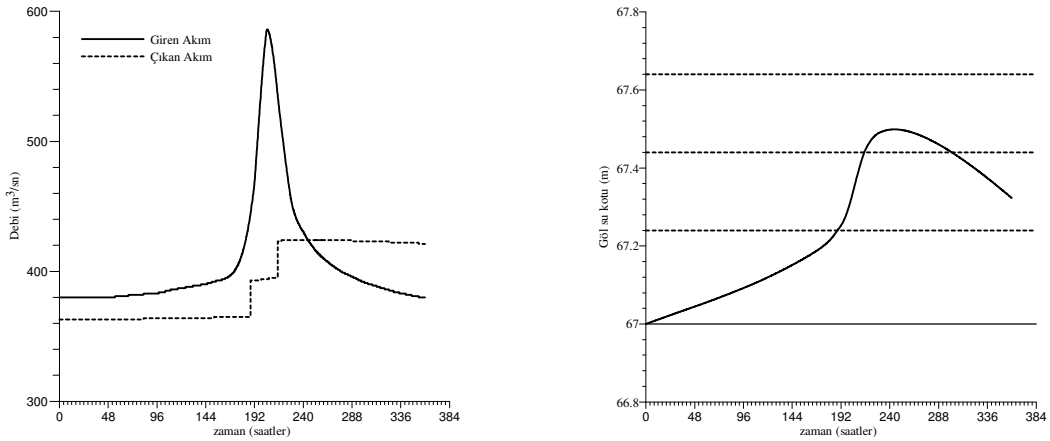
4.4.7. Seyhan Barajı Birinci Opsiön



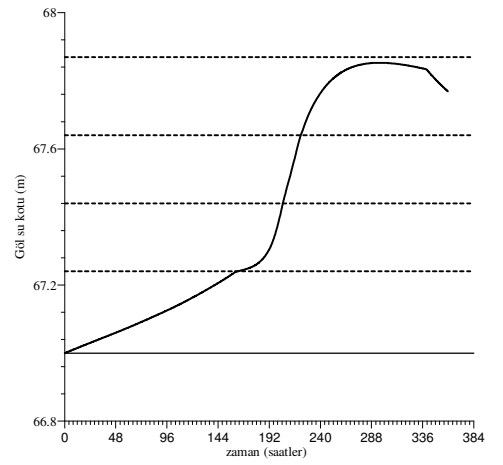
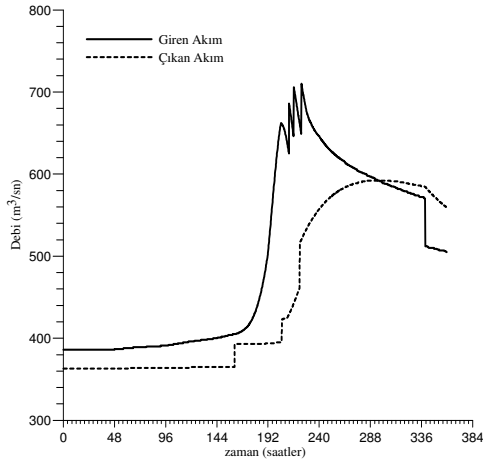
Şekil 4.99. Seyhan Barajı birinci opsiön 0.05 MMT' nin ötelenmesinde giren-çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.



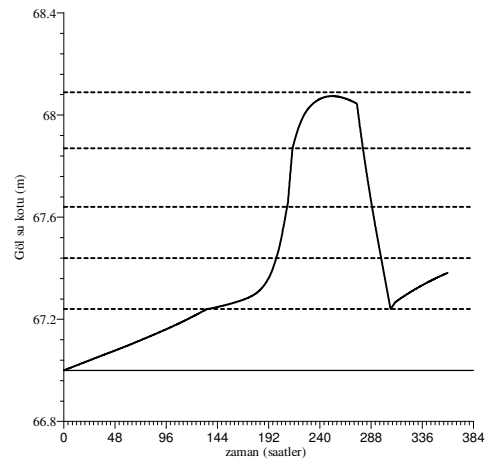
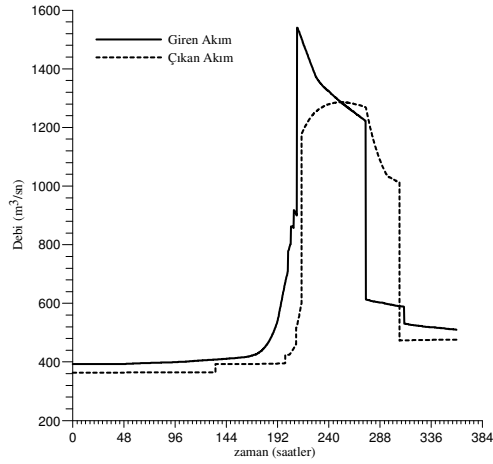
Şekil 4.100. Seyhan Barajı birinci opsiön 0.10 MMT' nin ötelenmesinde giren-çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.



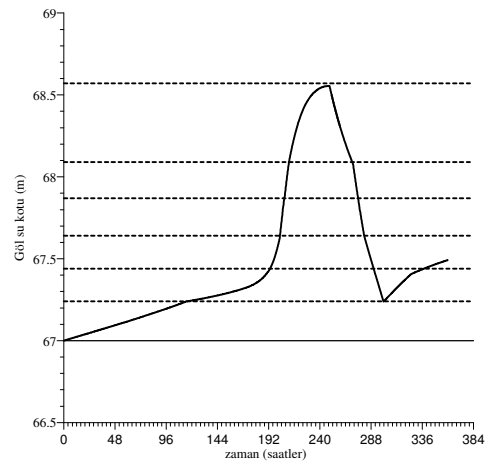
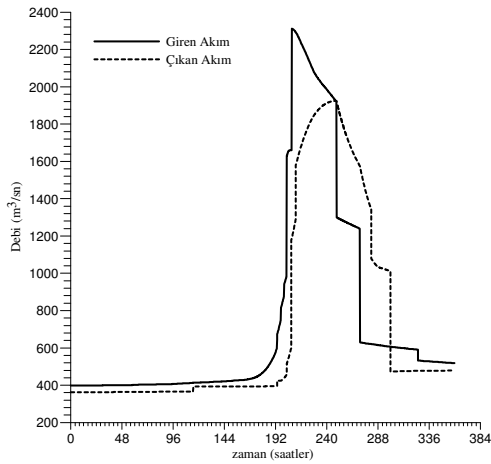
Şekil 4.101. Seyhan Barajı birinci opsiön 0.15 MMT' nin ötelenmesinde giren-çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.



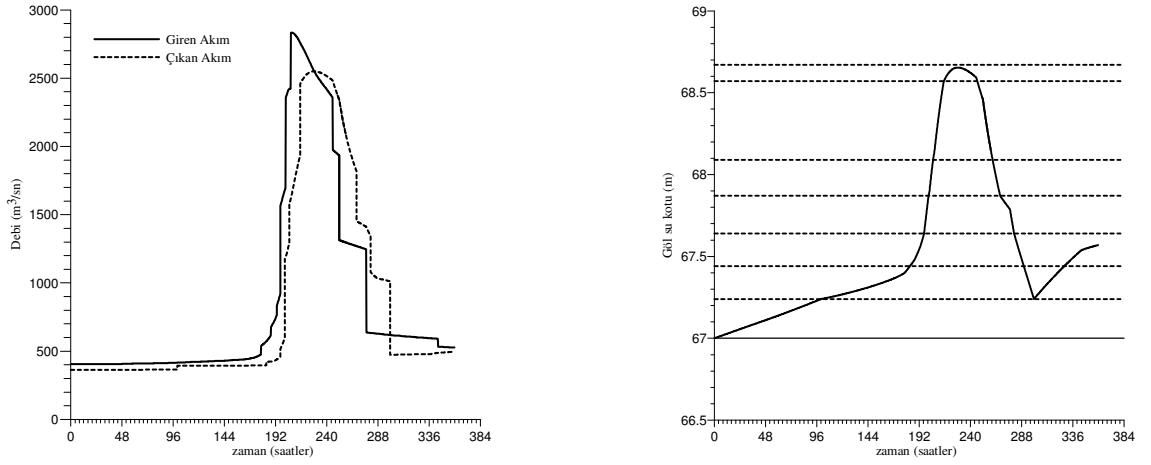
Şekil 4.102. Seyhan Barajı birinci opsiyon 0.20 MMT' nin ötelenmesinde giren-çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.



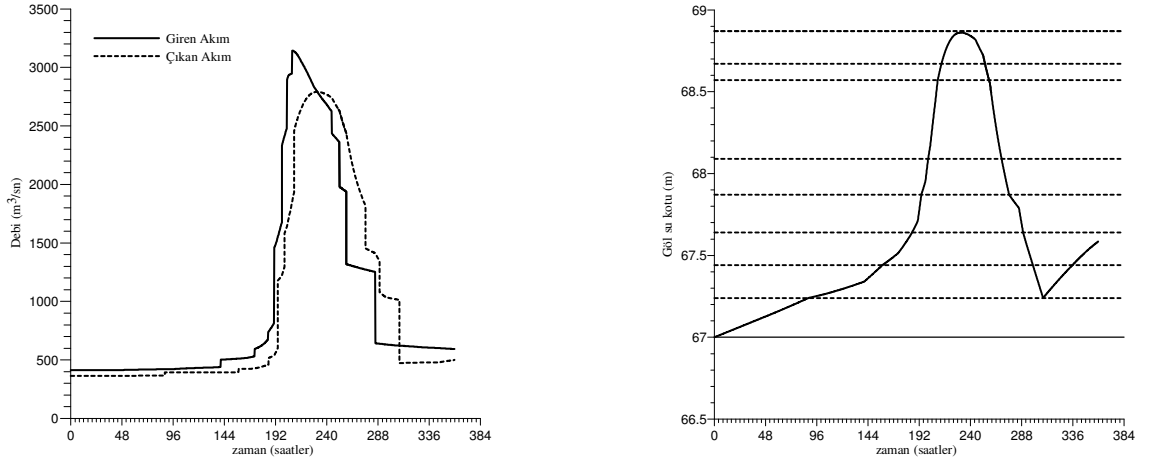
Şekil 4.103. Seyhan Barajı birinci opsiyon 0.25 MMT' nin ötelenmesinde giren-çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.



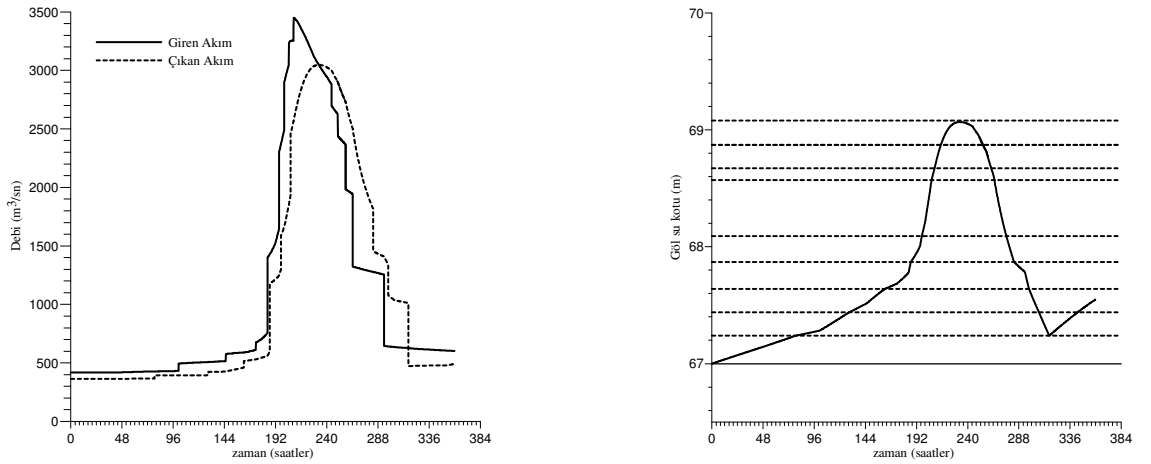
Şekil 4.104. Seyhan Barajı birinci opsiyon 0.30 MMT' nin ötelenmesinde giren-çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.



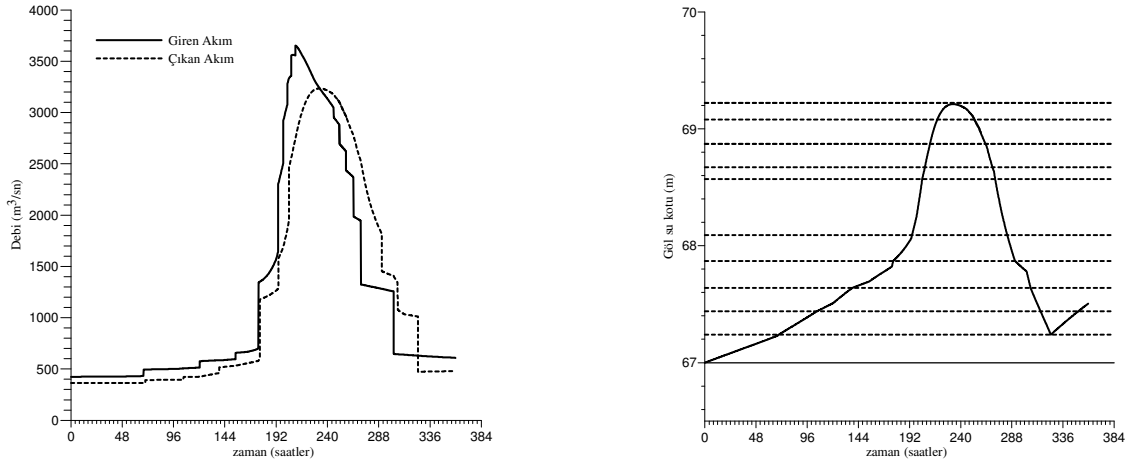
Şekil 4.105. Seyhan Barajı birinci opsiyon 0.35 MMT' nin ötelenmesinde giren-çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.



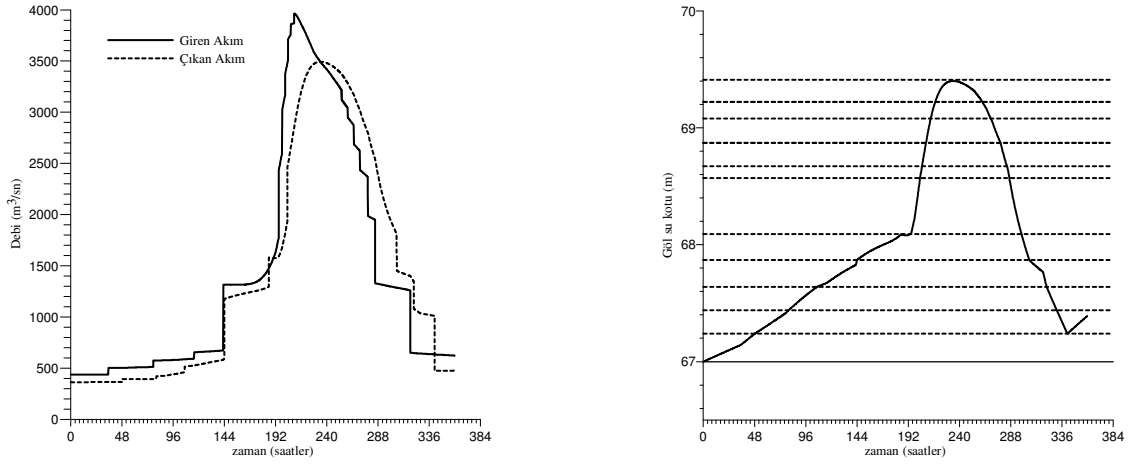
Şekil 4.106. Seyhan Barajı birinci opsiyon 0.40 MMT' nin ötelenmesinde giren-çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.



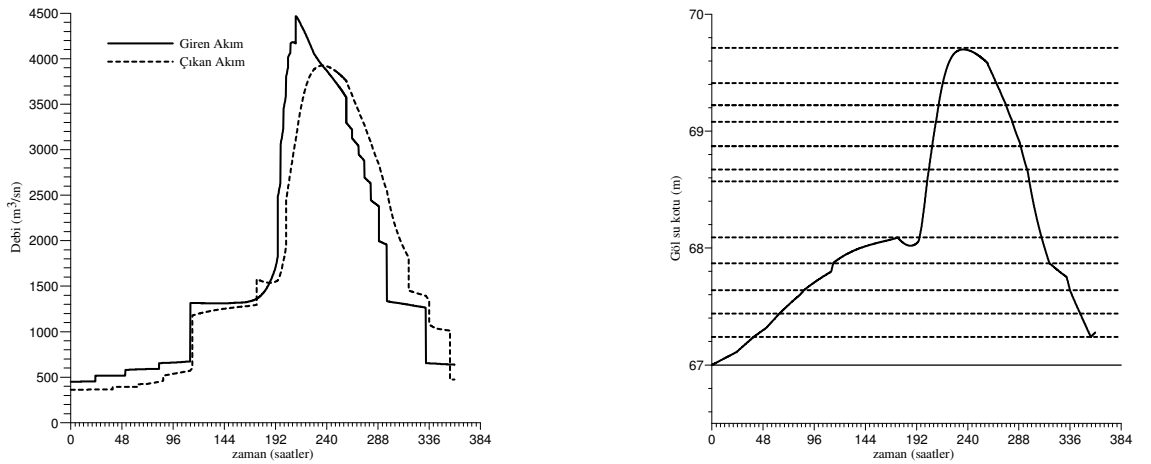
Şekil 4.107. Seyhan Barajı birinci opsiyon 0.45 MMT' nin ötelenmesinde giren-çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.



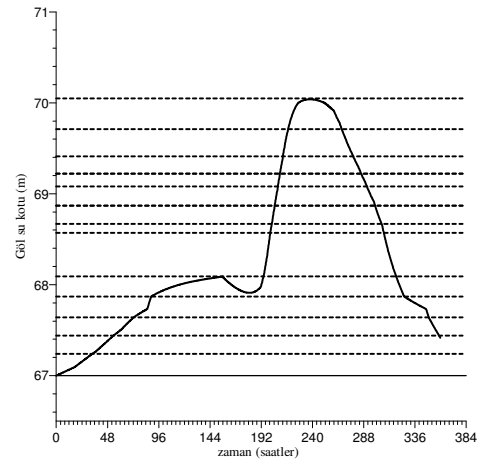
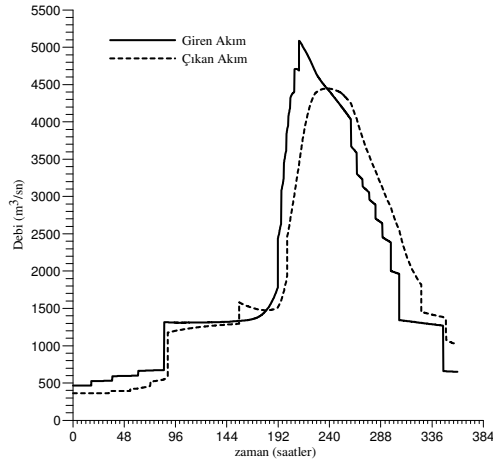
Şekil 4.108. Seyhan Barajı birinci opsiyon 0.50 MMT' nin ötelenmesinde giren-çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.



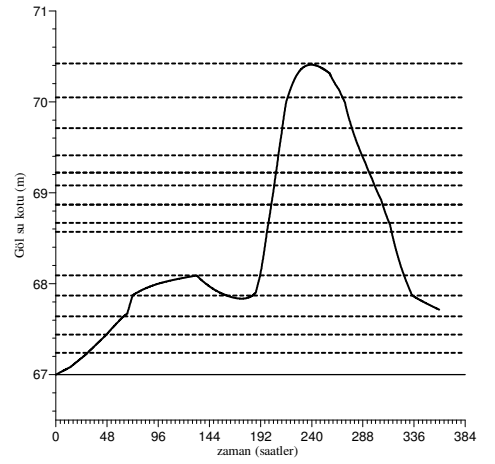
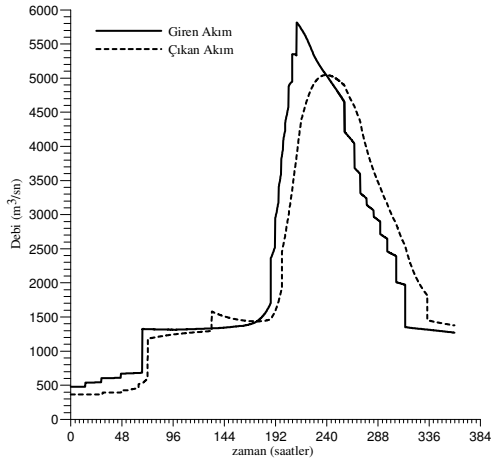
Şekil 4.109. Seyhan Barajı birinci opsiyon 0.60 MMT' nin ötelenmesinde giren-çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.



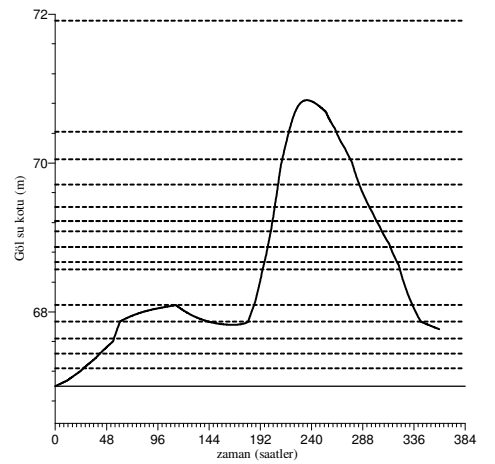
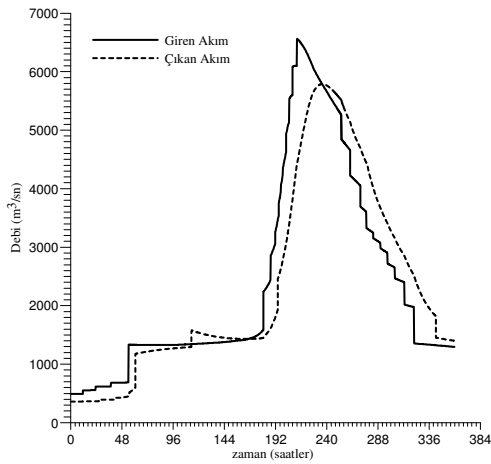
Şekil 4.110. Seyhan Barajı birinci opsiyon 0.70 MMT' nin ötelenmesinde giren-çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.



Şekil 4.111. Seyhan Barajı birinci opsiyon 0.80 MMT' nin ötelenmesinde giren-çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.

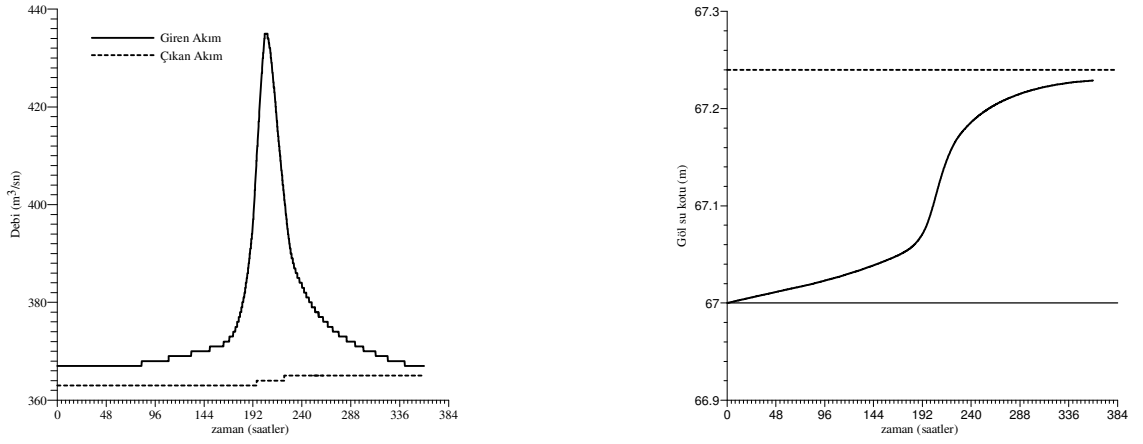


Şekil 4.112. Seyhan Barajı birinci opsiyon 0.90 MMT' nin ötelenmesinde giren-çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.

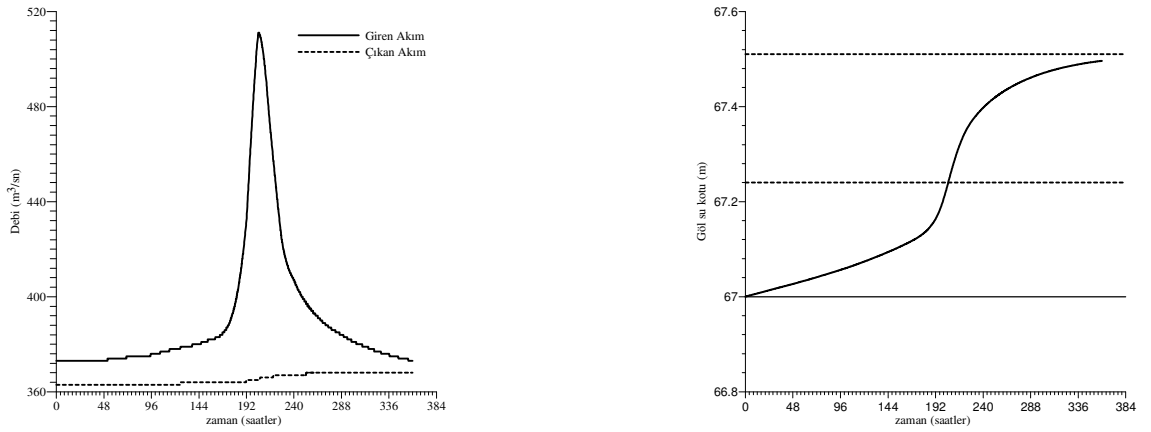


Şekil 4.113. Seyhan Barajı birinci opsiyon 1.00 MMT' nin ötelenmesinde giren-çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.

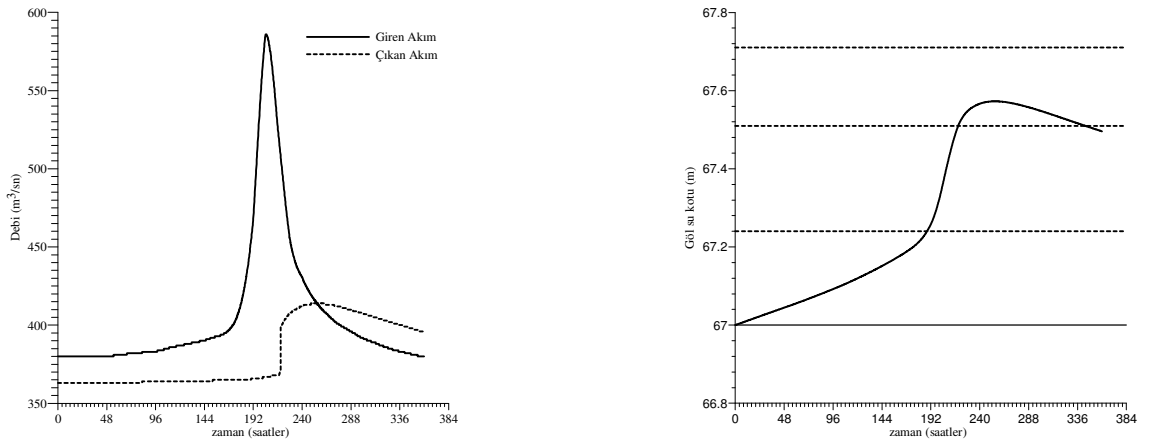
4.4.8. Seyhan Barajı İkinci Opsiyon



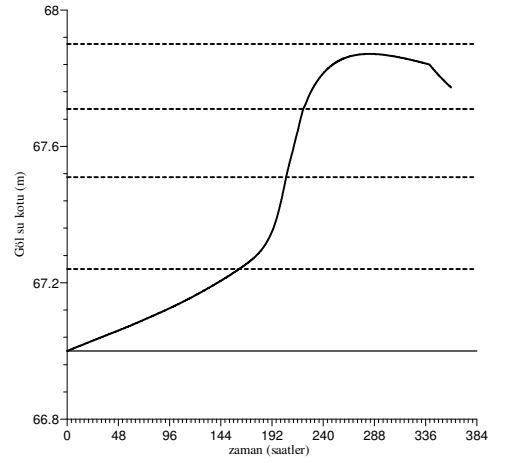
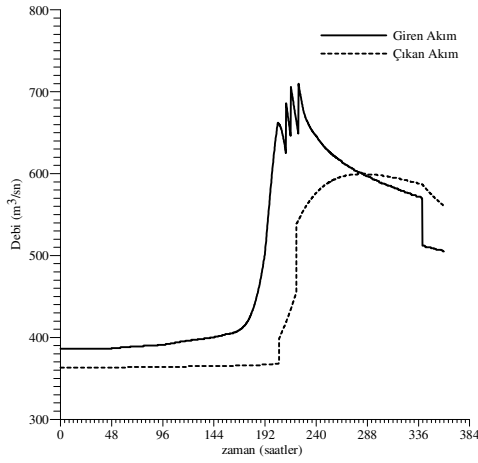
Şekil 4.114. Seyhan Barajı ikinci opsiyon 0.05 MMT' nin ötelenmesinde giren-çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.



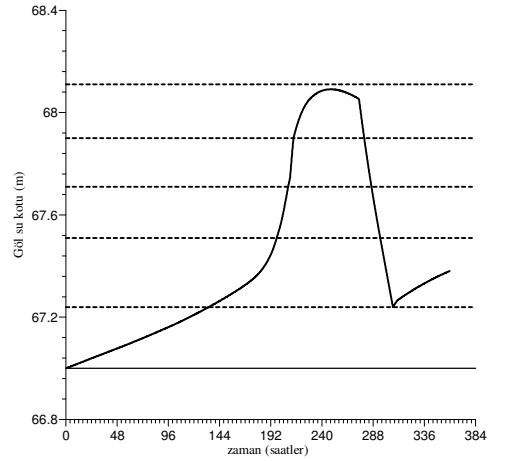
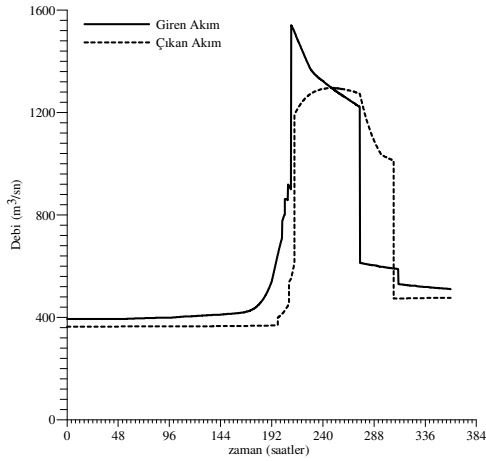
Şekil 4.115. Seyhan Barajı ikinci opsiyon 0.10 MMT' nin ötelenmesinde giren-çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.



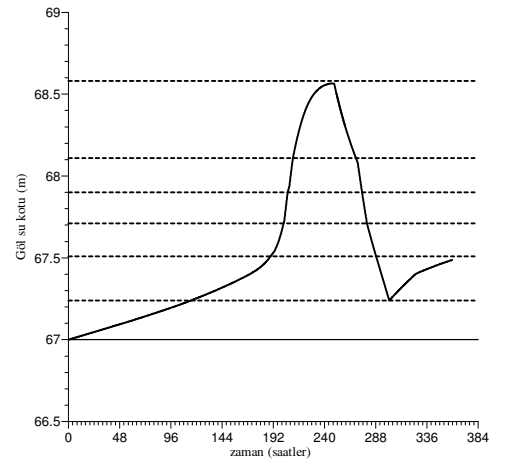
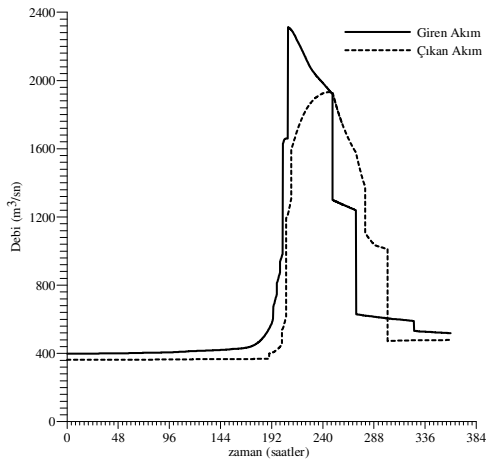
Şekil 4.116. Seyhan Barajı ikinci opsiyon 0.15 MMT' nin ötelenmesinde giren-çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.



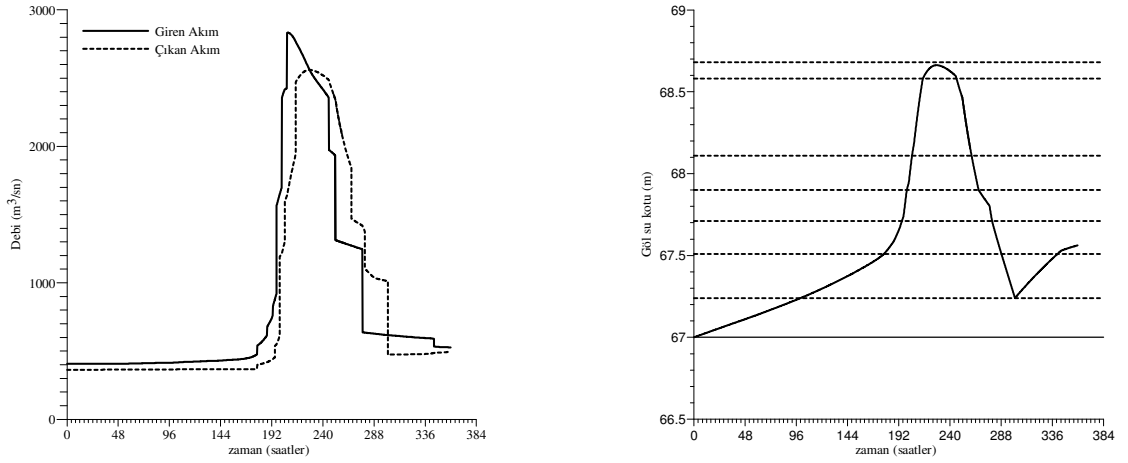
Şekil 4.117. Seyhan Barajı ikinci opsiyon 0.20 MMT' nin ötelenmesinde giren-çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.



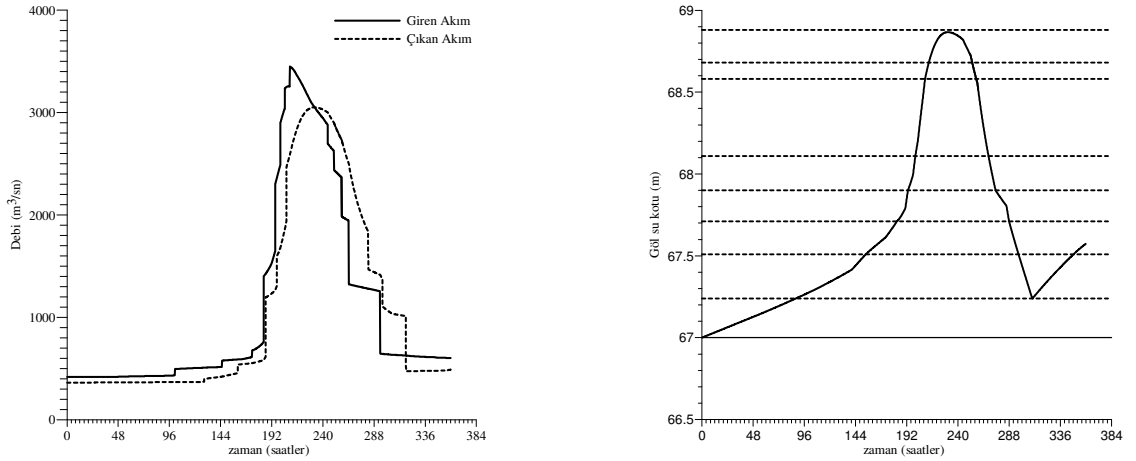
Şekil 4.118. Seyhan Barajı ikinci opsiyon 0.25 MMT' nin ötelenmesinde giren-çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.



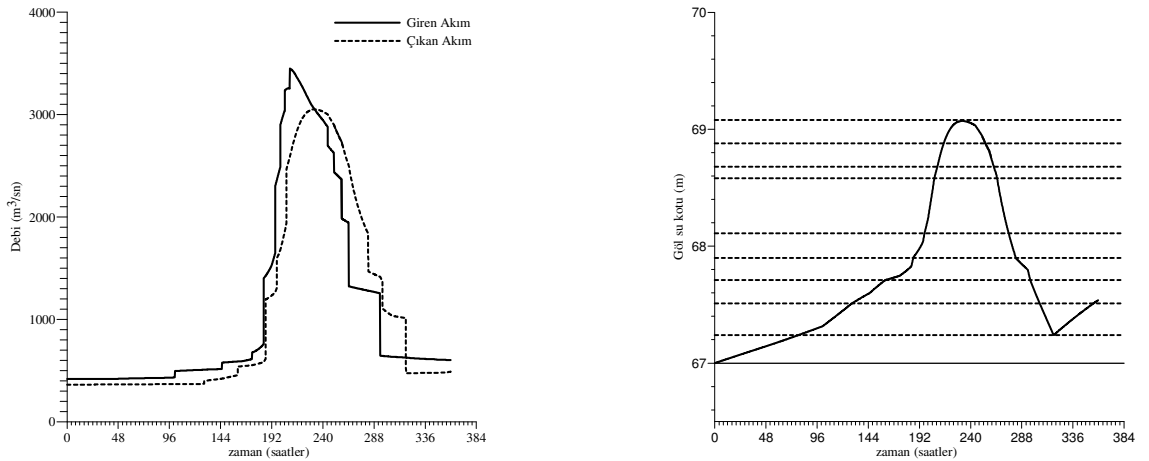
Şekil 4.119. Seyhan Barajı ikinci opsiyon 0.30 MMT' nin ötelenmesinde giren-çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.



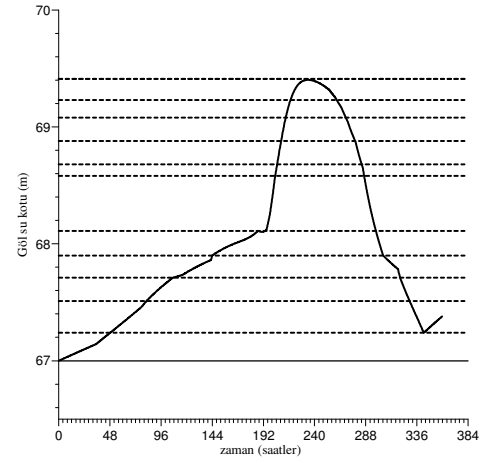
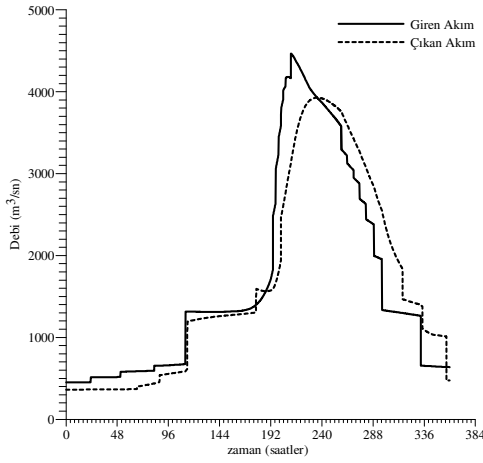
Şekil 4.120. Seyhan Barajı ikinci opsiyon 0.35 MMT' nin ötelenmesinde giren-çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.



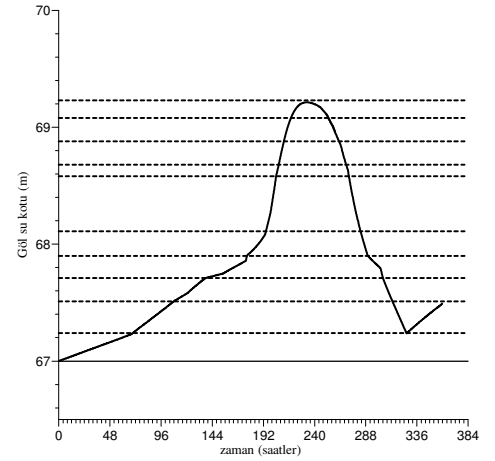
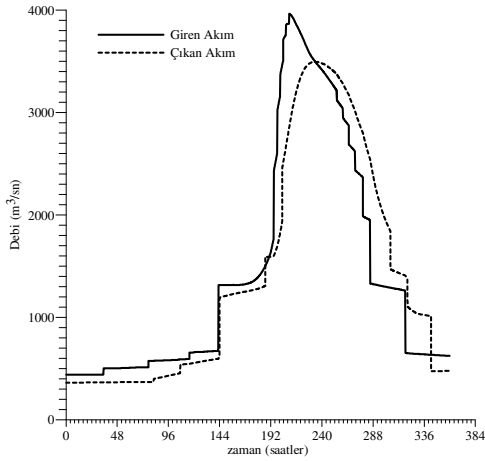
Şekil 4.121. Seyhan Barajı ikinci opsiyon 0.40 MMT' nin ötelenmesinde giren-çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.



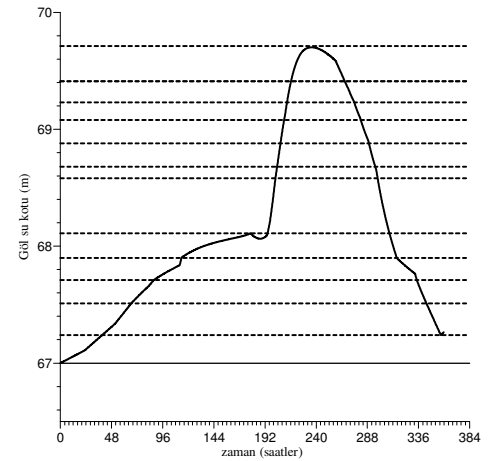
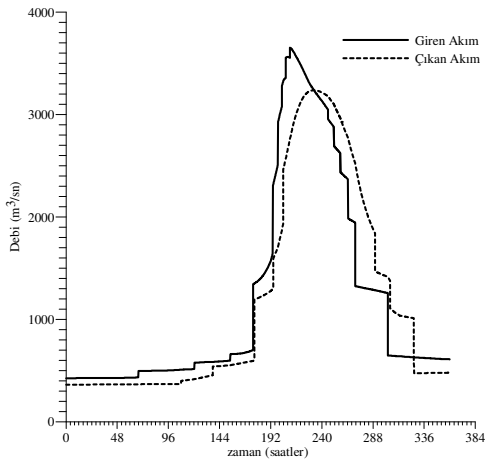
Şekil 4.122. Seyhan Barajı ikinci opsiyon 0.45 MMT' nin ötelenmesinde giren-çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.



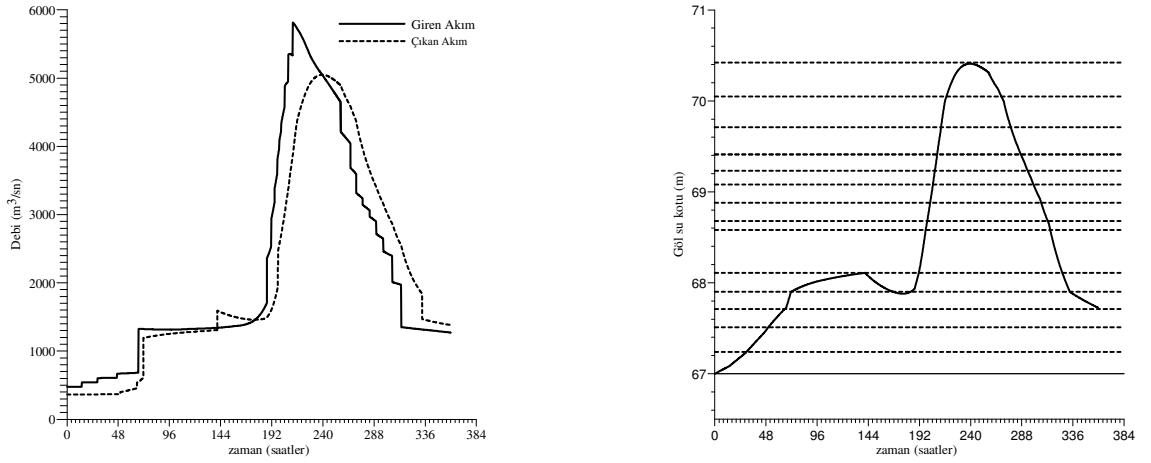
Şekil 4.123. Seyhan Barajı ikinci opsiyon 0.50 MMT' nin ötelenmesinde giren-çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.



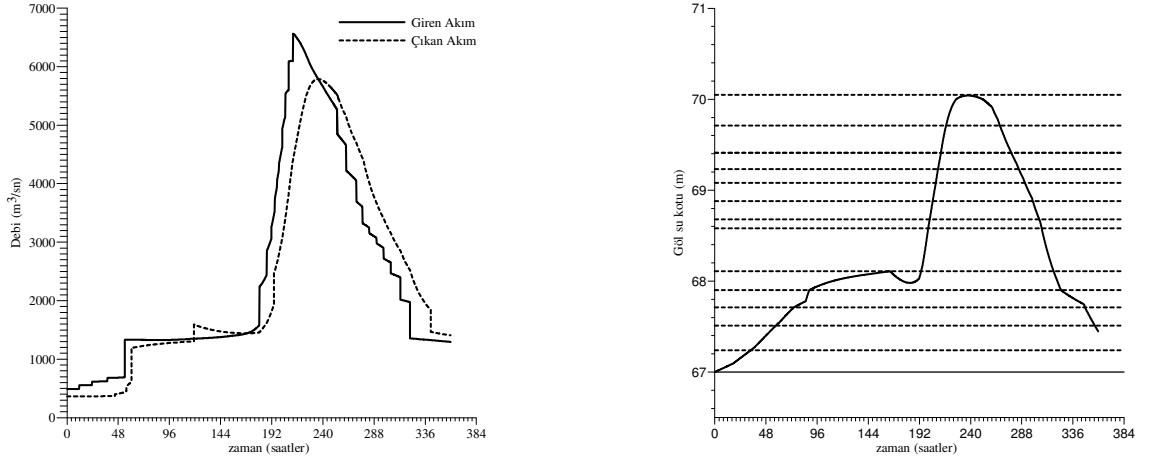
Şekil 4.124. Seyhan Barajı ikinci opsiyon 0.60 MMT' nin ötelenmesinde giren-çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.



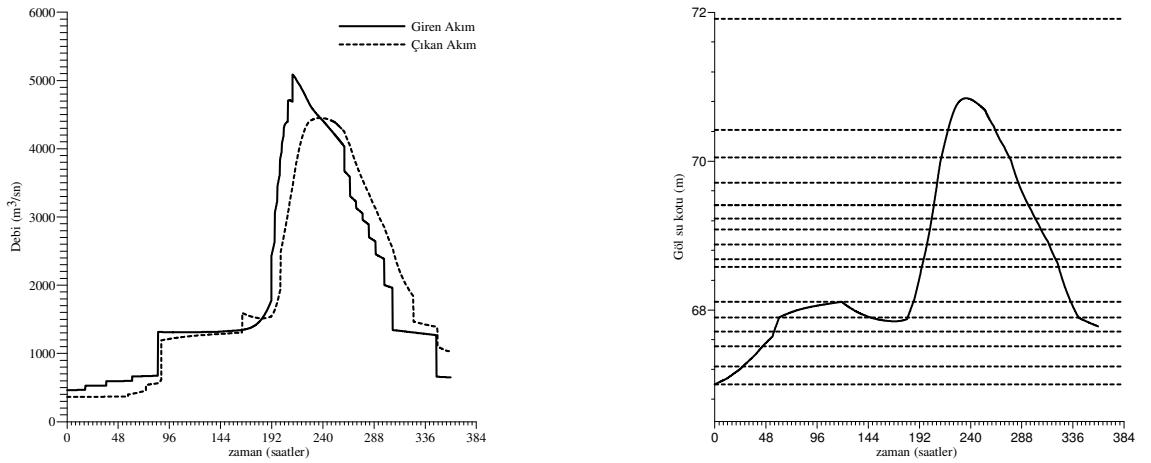
Şekil 4.125. Seyhan Barajı ikinci opsiyon 0.70 MMT' nin ötelenmesinde giren-çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.



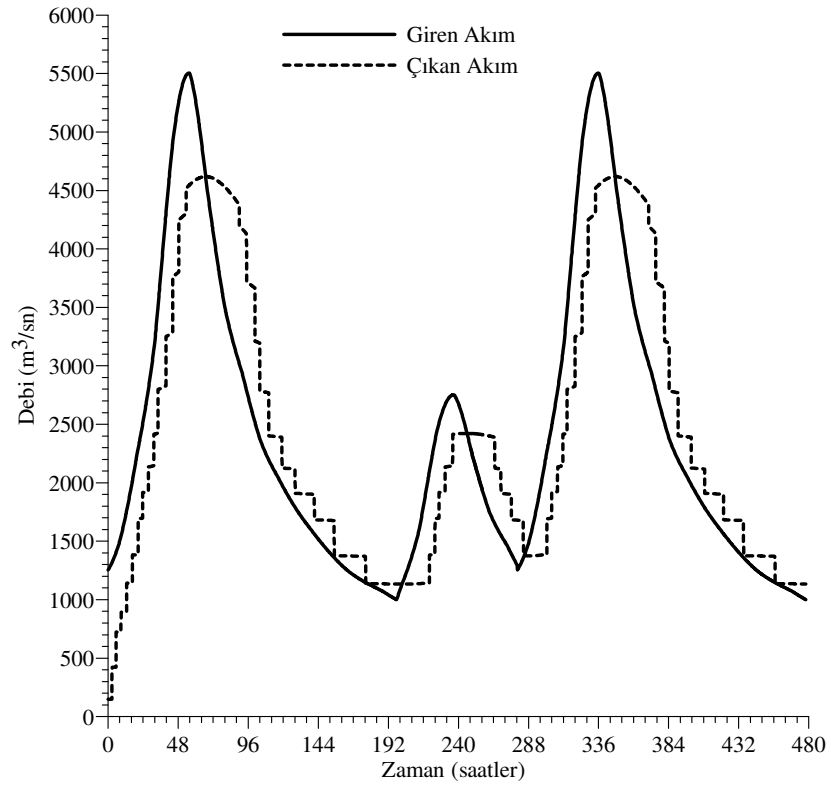
Şekil 4.126. Seyhan Barajı ikinci opsiyon 0.80 MMT' nin ötelenmesinde giren-çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.



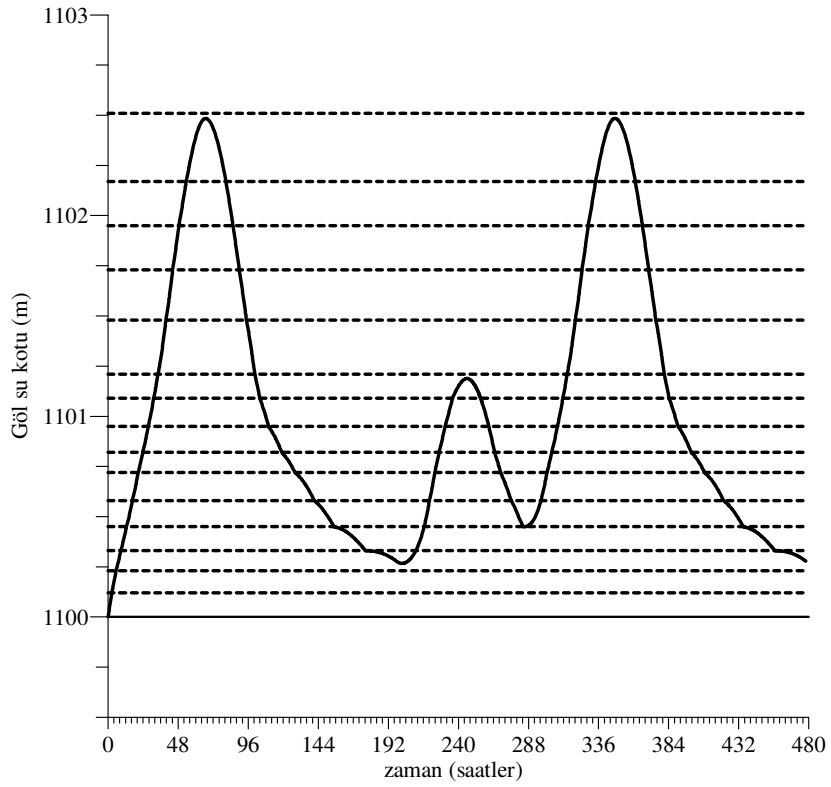
Şekil 4.127. Seyhan Barajı ikinci opsiyon 0.90 MMT' nin ötelenmesinde giren-çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.



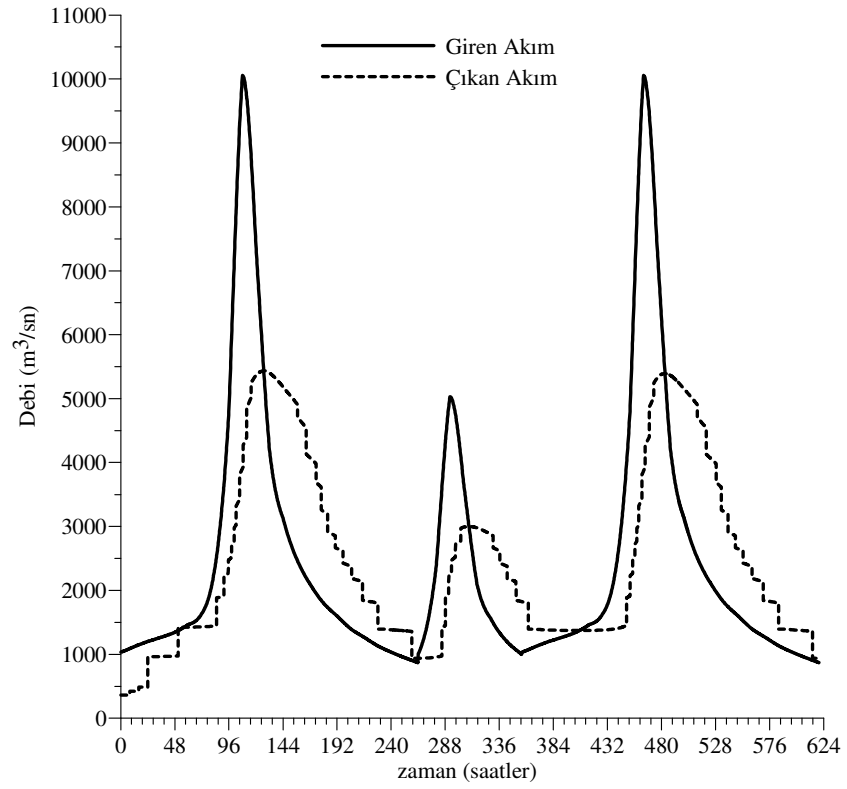
Şekil 4.128. Seyhan Barajı ikinci opsiyon 1.00 MMT' nin ötelenmesinde giren-çıkan hidrograflar ve göl su kotunun zamanla değişimi.



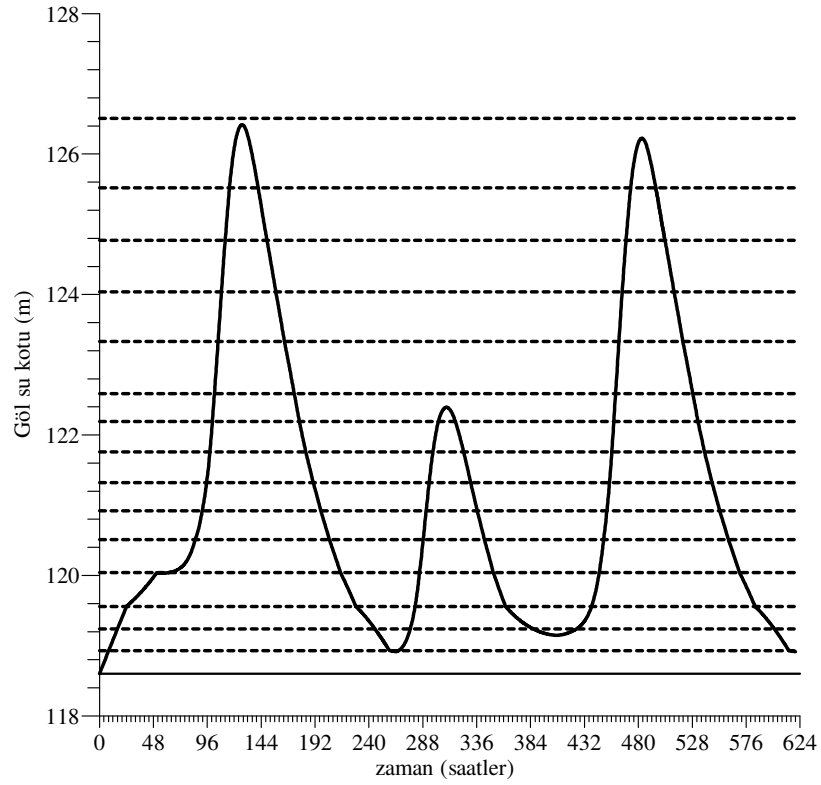
Şekil 4.129.a. Yamula Barajı'ndan MMT + 0,5 MMT+ MMT' nin ötelenmesi.



Şekil 4.130.b. Yamula Barajı'ndan MMT + 0,5 MMT+ MMT' nin ötelenmesi anında göl su kotunun zamanla değişimi.



Şekil 4.130.a. Çatalan Barajı'ndan MMT + 0,5 MMT+ MMT' nin ötelenmesi.



Şekil 4.130.b. Çatalan Barajı'ndan MMT + 0,5 MMT+ MMT' nin ötelenmesi anında göl su kotunun zamanla değişimi.

BÖLÜM 5

SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR

Gelen taşkın hidrografı gerçek boyutunun önceden tahmin edilemeyeceği kabulü ile radyal kapaklı savağı bulunan barajlar için uygulanması amacıyla, küçük boyutlu taşkınlardan muhtemel maksimum taşkına (MMT) kadar olan bütün taşkınlar için geçerli, 15 safhalı savak kapağı işletme modeli geliştirilmiş ve iki adet bilgisayar programı olarak kodlanmıştır. Model, birinci opsiyon olarak, baraj toplam taşkın öteleme hacmini, 15 farklı karar hidrograflarını öteleyeceği, hidrografların MMT'ye oranlarına eşit oranlarda alt kısımlara bölmekte, 15 farklı kritik göl su kotu ve savak kapak altı açıklığı değerleri bulmaktadır. Sonra, küçük boyutlu taşkınları daha küçük kapak altı açıklıklarıyla daha etkin ötelerken, MMT ve ona yakın büyük boyutlu taşkınları ise, büyük kapak altı açıklıklarıyla ve tam açık kapaklarla öteleme yaklaşımıyla birinciden başka birkaç farklı işletme opsiyonları da hesaplanmaktadır. Geliştirilen bilgisayar programları Kızılırmak Nehri üzerinde seri haldeki Yamula ve Bayramhacılı Barajlarına ve Seyhan Nehri üzerinde seri haldeki Çatalan ve Seyhan Barajlarına uygulanmıştır.

Bu uygulamalar sonucunda, MMT'nin toplam hacmine oranla taşkın öteleme hacminin çok küçük olduğu barajlarda, 15 safhalı işletme modelinin, aynı oranın büyük olduğu, taşkın zararı azaltma amacı da olan barajlara göre daha az başarılı olduğu kanaatine varılmıştır. Örneğin, MMT'nin Bayramhacılı Barajında 15 safhalı işletme modelinin sonucunda, çıkan hidrograf giren hidrografa eşit olacak biçimde 15 safhalı kurallar seti hesaplanabilmiştir. Bayramhacılı Barajı kati projesinde verilen MMT öteleme hesabı da burada bulunan sonuca çok yakındır. Çatalan Barajından MMT'nin 15 safhalı işletme modeli ile ötelenmesinde bulunan işletme kuralları ise otomatik olarak yapılan savak kapak işletmeleriyle çıkan hidrografın pik debisi girenin yarısı kadar olmakta, pik debi zamanı da gireninkinden birkaç gün gecikmeli olmaktadır. 2010 yılının Nisan ayında,

Kızılırmak Nehri üzerindeki Yamula Barajı'nın taşkın su kotu faydalı hacim üst kotu olan 1100.0 m'ye yakın iken, kret kotu 1104.0 m olan baraj seddesine göre durumu görülmektedir. Kati projeye göre, 1.50 m'lik hava payı ile taşkın ötelenmesinde müsaade edilen maksimum göl su kotu 1102.50 m'dir. Yamula Barajına gelen MMT'nin hacmi 2650 Milyon m³ iken, 1102.50 m ile 1100.0 m arasındaki 2.50 m'lik taşkın ötelenme hacminde sadece 210 Milyon m³'lük bir boş hacim bulunmaktadır (oran = %8). Çatalan Barajı için ise, gelen MMT'nin hacmi 2680 Milyon m³ iken taşkın ötelenme hacmi 590 Milyon m³'tür (oran = %22). Geliştirilmiş olan 15 safhalı taşkın işletme modeli Çatalan Barajında daha etkin kurallar sunmuşken Yamula Barajında da makul sonuçlar vermiş, hatta (taşkın öteleme hacmi)/(MMT'nin hacmi) oranı sadece %2 olan Bayramhacılı Barajında da mevcut kapasiteye göre olabilecek en makul sonucu vermiştir. Bu çalışmada geliştirilen 15 safhalı taşkın işletme modelinin anılan dört baraja uygulamasıyla elde edilen bulgulardan önemli olanları, nümerik tablolar ve ölçekli şekiller olarak bir evvelki Bölümde detaylı olarak sunulmuştur.

Seyhan Barajı'nın projesine bakıldığında yedek dolu savak ve asıl dolu savak olmak üzere iki farklı dolu savağının olduğu görülmektedir. Küçük boyutlu taşkınların ötelenmesinde radyal kapaklı olan ve savak eşik kotu 61.0 m olan birinci savağın kullanılması öngörülmüştür. MMT'na yakın boyutta büyük taşkınların ötelenmesinde ise, kapaklı savakla birlikte, eşik kotu 67.50 m olan kapaksız Ogee profilli ikinci savak devreye girecektir. Ülkemizdeki barajların çoğu ise yeterli kapasitede ve radyal kapaklı tek bir savağa sahiptir. Bu çalışmada geliştirilen model ve bilgisayar programı Seyhan Barajı gibi iki savaklı barajlara da başarıyla uygulanabilir.

Geliştirilmiş olan bilgisayar programı ötelemenin her aşamasında, yarı açık savak kapağının üst ucunun kotu ile göl su kotu arasındaki farkın, barajın kati projesinde müsaade edilen kapak hava payı kısıtını sağlayıp sağlamadığını da kontrol etmekte, kapak altı açıklık değerini, gerekirse bu kısıtı göz önünde bulundurarak belirlemektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Berkün, M., Su Yapıları (Barajlar, Savaklar ve Su kuvveti Tesisleri), s. 656, Birsen Yayınevi, İstanbul, 2007.
- [2] Tosun, H., ve ark., Baraj Göçmeleri, Geoteknik Yayınlar Serisi: 99/1. Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Batı Meşelik, Eskişehir, 1999.
- [3] Bureau of Reclamation, Design of Small Dams, U.S. Department of Interior, Bureau of Reclamation, 2nd printing, U.S. Government Printing Office, Washington D.C. , 1961.
- [4] Şentürk, F., Hydraulics of Dams and Reservoirs. Water Resources Publications, Highlands Ranch, Colorado, USA, 1994.
- [5] Kayseri Elektrik Üretim Sanayi ve Ticaret A.Ş. ve Aydınlar İnşaat A.Ş., Yamula Barajı ve HES Sözleşme Dökümanları Cilt 4, 2000.
- [6] Senerji Enerji Üretim A.Ş., Bayramhacılı Barajı ve HES Kesin Projesi (İnşaat), Temelsu Uluslararası Mühendislik Hizmetleri A.Ş., 2007.
- [7] Şentürk, F., Barajların Projelendirilmesinde Hidrolik Esaslar, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara, 1988.
- [8] Kişi, Ö., Kontrollü Savaklı Barajlar için Optimum On Safhalı Taşkın İşletme Modeli, Bölüm2,3,5, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Kayseri, 1999.
- [9] Japan International Corporation Agency, Feasibility Study on Flood Control, Forecasting and Warning System for Seyhan River Basin, Final Report, Vol.1, p. 3-39, Summary. The republic of Turkey, General Directorate of State Hydraulic Works and Nippon Koei Co. , Ltd. , October, 1994.
- [10] Hydrologic Engineering Center, Management of Water Control Systems, Engineering and Design, EM-11100-2-3600, U.S. Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center, Davis, CA. 1987.

- [11] Haktanır, T. and Kişi, Ö., Ten-Stage Discrete Flood Routing For Dams Having Gated Spillways, *Journal of Hydrologic Engineering*, ASCE, 6(1), 86-90, 2001.
- [12] Demiröz, E., Yıldız, D., Üzücek, E., Labirent Dolusavakların Projelendirme Kriterleri, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Teknik Araştırma ve Kalite Kontrol Daire Başkanlığı, Yayın No: Hİ-862, Ankara, 1993.
- [13] Sherard, J.L., Richard, J.W., Gieniski, S.F., and William, A.C., *Earth-Rock Dams, Engineering Problems of Design and Construction*, John Wiley and Sons, New York, 725p, 1963.
- [14] Açıanal, N. and Haktanır, T., Five Stage Flood Routingg For Gated Reservoirs By Grouping Floods Into Five Different Categories Based On Their Return Periods. *Hydrological Sciences Journal*, 265(2), 163-171, 1999.
- [15] HEC, HEC-1, Flood Hydrograph Package, User' s Manual, p.39, Hydrologic Engineering Center, Us army Corps of Engineers, 609, 2nd Street, Davis, CA, USA, 1990.
- [16] HEC, HEC-5 Simulation of Flood Control and Conservation Systems, p.16, Hydrologic Engineering Center, Us army Corps of Engineers, 609, 2nd Street, Davis, CA, USA, 1983.
- [17] Beard, L., R., Flood control operation of reservoirs. *Journal of Hydraulics Division*, ASCE, 89(1), 1-23, 1963.
- [18] Karaboga, D., Bagis, A., Haktanir, T., Controlling spillway gates of dams by using fuzzy logic controller with optimum rule number. *Applied Soft Computing*, 8(2008), 232-238, 2008.
- [19] Karaboga, D., Bagis, A., Haktanir, T., Fuzzy logic based operation of spillway gates of reservoirs during floods. *Journal of Hydrologic Engineering*, ASCE, 9(6), 544-549, 2004.
- [20] Sungur, T., “Su Yapıları, Cilt II, Regülâtörler (Su Alma Yapıları) (Teknik Rehber)”, DSİ Genel Müdürlüğü, DSİ Basımevi, Üçüncü Basılış, 1993.

- [21] DSİ, “Seyhan Barajı Yardımcı Dolusavak Model Deneyleri Raporu”, DSİ Genel Müdürlüğü, TAKK Daire Başkanlığı, Yayın no: Hİ-716, 1982.
- [22] DSİ, “ Seyhan Barajı Feyezan Tahliye Savaşında Akım Ölçümleri ”, DSİ Umum Müdürlüğü A.L. Fen Heyeti Müdürlüğü, Ankara, 1959.
- [23] Eİİ (1992-2002), Su Yılı Akım Değerleri, Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü, Eskişehir Yolu, 9.km, Yayın no: 25,1995.
- [24] Özdemir, H., Uygulamalı Taşkın Hidrolojisi, (s. 42-75), Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Yücepete, Ankara, 1978.
- [25] Açıkal, N., Hidroelektrik Üretimi ve Taşkın Zaralarının Birlikte Değerlendirilmesiyle Aşağı Seyhan Havzasındaki Seyhan, Çatalan, Yedigöze Barajlarının Taşkınlarda Optimum İşletmesi İçin Safhalı işletim Modeli, Bölüm 1,3 ve 7, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana, 1998.
- [26] DSİ, “Çatalan Barajı ve H.E.S. Kesin Projesi, Dolusavak, Dipsavak, Derivasyon Tünelleri ve Ek Derivasyon Deşarj Eğrileri”, Pafta No: HD-004, DSİ 6. Bölge Müdürlüğü, Adana, 1987.
- [27] Haktanır, T., “Çatalan Ve Seyhan Barajlarının Taşkın Durumunda İşletilmesi Üzerine Bir Çalışma”, Tübitak, Doğa Bilim Dergisi, Seri B, 10(1), 37–44, 1986.
- [28] DSİ, Türkiye’ deki Barajlar, DSİ Genel Müdürlüğü, Barajlar ve Hidroelektrik Santraller Dairesi Başkanlığı, sayfa: 24- 31, 1991.

EKLER**EK-1**

```
MTB > exec 'sbdsd.mtb'
MTB > note Seyhan Barajı dolu savağının (göl su kotu) - (savak
debisi)
```

```
MTB > note ilişkisi, H = (göl su kotu) - (savak eşik kotu)
```

```
MTB > note c1: H, c2: Q
```

```
MTB >
```

```
MTB > read c1 c2
```

```
0      0
1      68
2     214
3     404
4     640
5     900
6    1200
7    1540
8    1860
9    2230
9.56  2500
```

```
MTB > end
```

```
MTB > name c1='H' c2='Q'
```

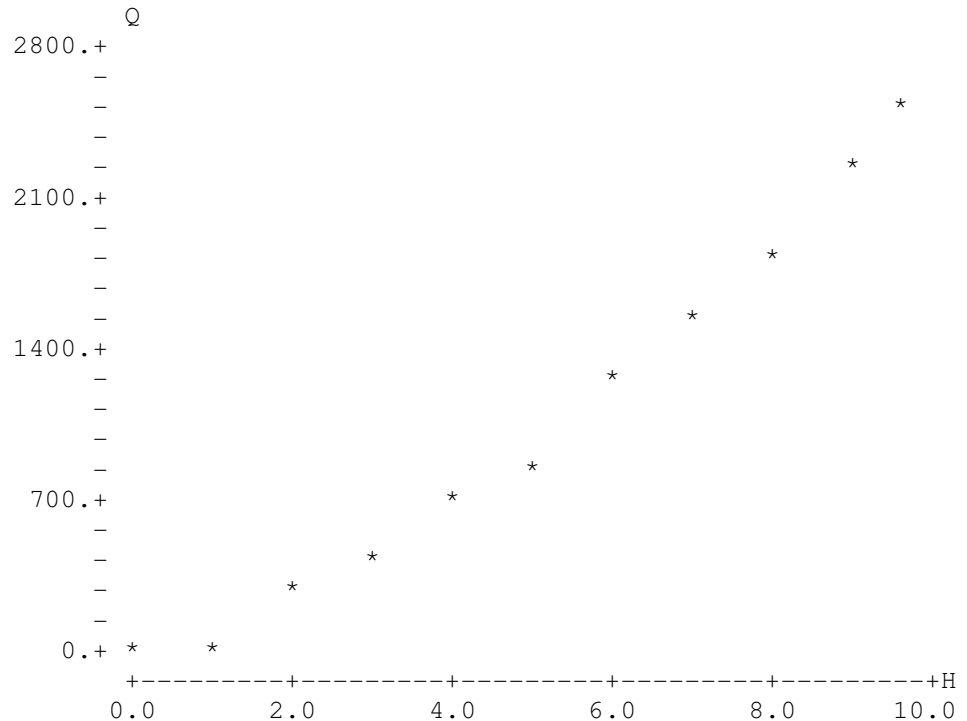
```
MTB > raise c1 2 c12
```

```
MTB > raise c1 3 c13
```

```
MTB > name c12='H^2' c13='H^3'
```

```
MTB > width 50,25
```

```
MTB > plot c2 c1
```



```
MTB > noco
```

```
MTB > brief
```

```
MTB > regr c2 3 c1 c12 c13
```

THE REGRESSION EQUATION IS

$$Q = 57.0 H + 28.1 H^2 - 0.734 H^3$$

COLUMN	COEFFICIENT	ST. DEV. OF COEF.	T-RATIO = COEF/S.D.
NOCONSTANT			
H	57.005	9.562	5.96
H^2	28.122	2.964	9.49
H^3	-0.7336	0.2182	-3.36

$$S = 17.31$$

ANALYSIS OF VARIANCE

DUE TO	DF	SS	MS=SS/DF
REGRESSION	3	19924940	6641646
RESIDUAL	8	2396	299
TOTAL	11	19927336	

MTB > stop

*** MINITAB DATA ANALYSIS SOFTWARE * MINITAB, INC. * RELEASE 82.1 *
STORAGE AVAILABLE 8000

EK-2

```

MTB > exec 'sbksd.mtb'
MTB > note Seyhan Barajı dolu savağının 1959da yapılan ölçümlerde
elde edilen
MTB > note radyal kapaklı taşkın savağında farklı kapak altı
MTB > note açıklıklarında H1, H2, d, Q (savaklanan debi) ilişkileri
MTB > note c1: H1, c2: H2, c3: Q
MTB >
MTB > read c1 c2 c3
0.0    0.0    0
1.0    0.0   100
2.0    1.0   136
3.0    2.0   178
4.0    3.0   210
5.0    4.0   234
6.0    5.0   254
7.0    6.0   272
8.0    7.0   292
9.0    8.0   312
10.0   9.0   322

2.36   0.36   280
3.0     1.0   328
4.0     2.0   388
5.0     3.0   444
6.0     4.0   490
7.0     5.0   532
8.0     6.0   572
9.0     7.0   612
10.0    8.0   654

3.2     0.2   488
4.0     1.0   558
5.0     2.0   644
6.0     3.0   728
7.0     4.0   784
8.0     5.0   846
9.0     6.0   910
10.0    7.0   982

4.4     0.4   744
5.0     1.0   822
6.0     2.0   928
7.0     3.0  1016
8.0     4.0  1100
9.0     5.0  1182
10.0    6.0  1262

5.72    0.72  1100
6.0     1.0  1128
7.0     2.0  1236
8.0     3.0  1338
9.0     4.0  1442
10.0    5.0  1548

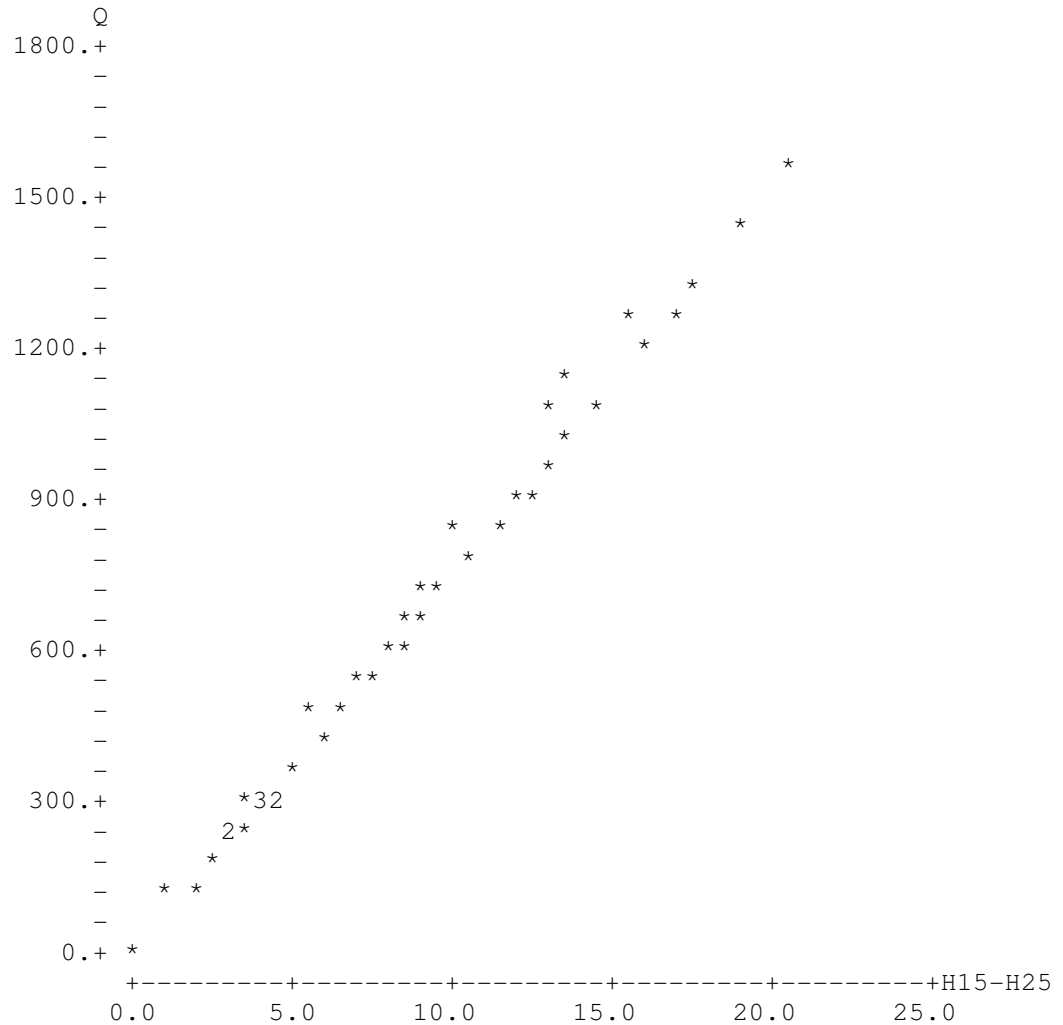
MTB > end
MTB > name c1='H1' c2='H2' c3='Q'
MTB > raise c1 1.5 c15
MTB > raise c2 1.5 c25

```

```

MTB > subtr c25 from c15 put into c4
MTB > raise c4 2 c42
MTB > name c4='H15-H25'  c42='H15-25^2'
MTB > width 50,30
MTB > plot c3 c4

```



```

MTB > noco
MTB > brief
MTB > regr c3 2 c4 c42

```

1

THE REGRESSION EQUATION IS
 $Q = 76.5 \text{ H15-H25} - 0.001 \text{ H15-25}^2$

COLUMN	COEFFICIENT	ST. DEV. OF COEF.	T-RATIO = COEF/S.D.
NOCONSTANT			
H15-H25	76.487	1.676	45.64
H15-25^2	-0.0006	0.1151	-0.01

S = 32.62

ANALYSIS OF VARIANCE

DUE TO	DF	SS	MS=SS/DF
REGRESSION	2	24944018	12472009
RESIDUAL	39	41487	1064
TOTAL	41	24985504	

MTB > stop

*** MINITAB DATA ANALYSIS SOFTWARE * MINITAB, INC. * RELEASE 82.1 *
STORAGE AVAILABLE 8000

_RATIO =			
COLUMN	COEFFICIENT	OF COEF.	COEF/S.D.
NOCONSTANT			
H15-H25	76.487	1.676	45.64
H15-25^2	-0.0006	0.1151	-0.01

S = 32.62

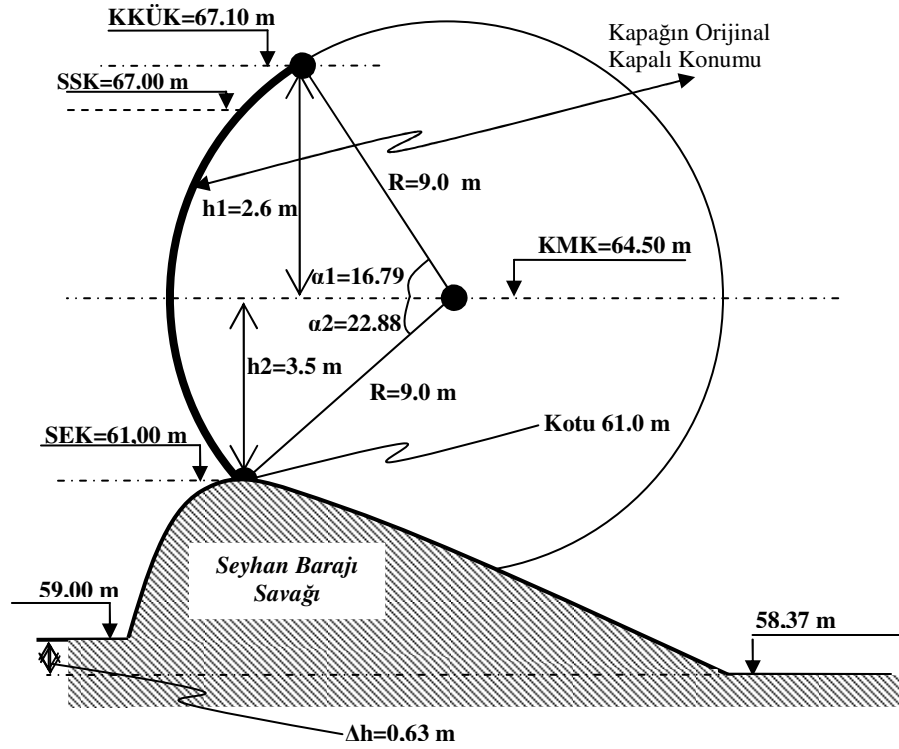
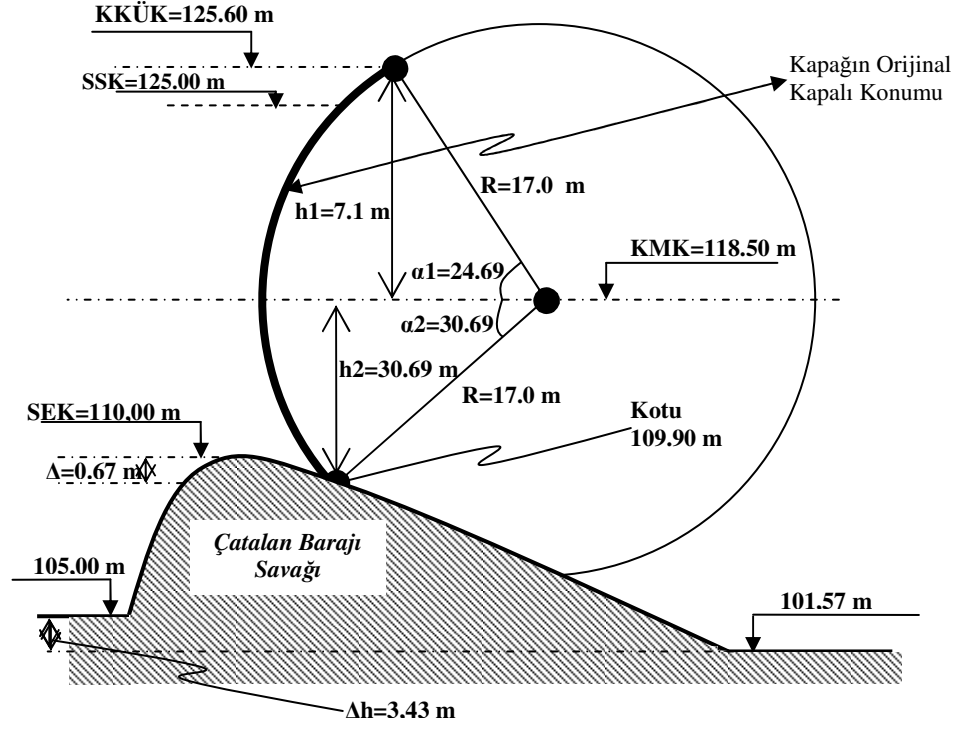
ANALYSIS OF VARIANCE

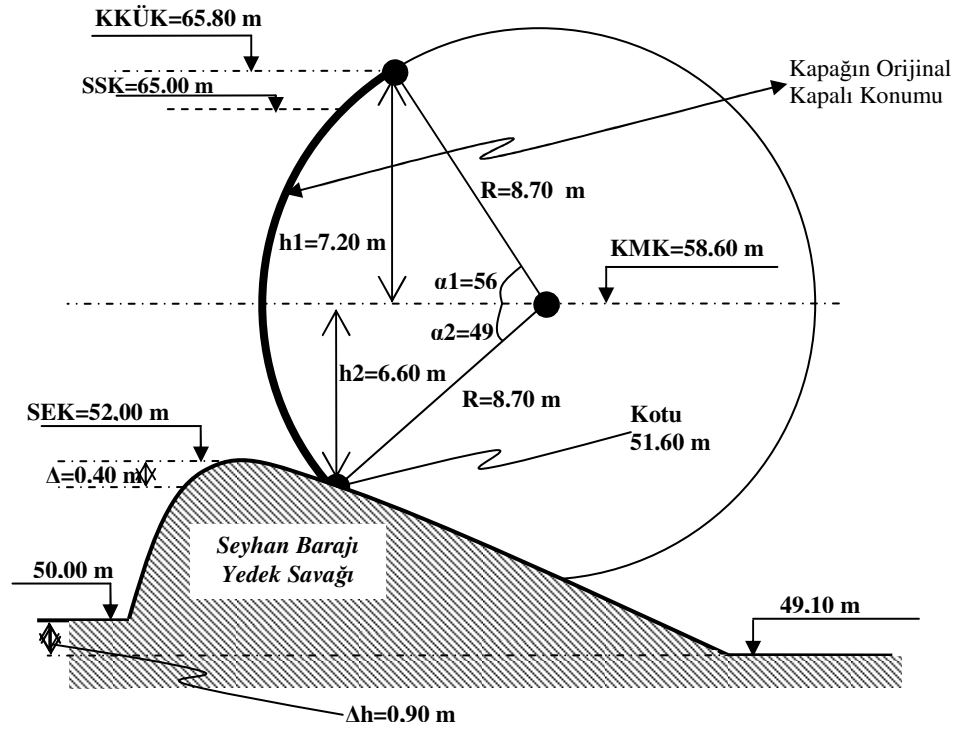
DUE TO	DF	SS	MS=SS/DF
REGRESSION	2	24944018	12472009
RESIDUAL	39	41487	1064
TOTAL	41	24985504	

MTB > stop

*** MINITAB DATA ANALYSIS SOFTWARE * MINITAB, INC. * RELEASE 8

EK-3





ÖZGEÇMİŞ

Adı- Soyadı : Hatice Çıtakoğlu
Baba Adı : Yaşar
Ana Adı : Vesile
Doğum Yeri : Kayseri
Doğum Tarihi : 01.04.1985

İlköğretimini Kayseri’ de Arif Eminoğlu İlköğretim Okulu’ nda tamamladı. Orta öğretimini, 2003 yılında Fevzi Çakmak Lisesi’ nden mezun olarak tamamladı. Aynı yıl Erciyes Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü’ nü kazandı. 1 yıl hazırlık görerek 2008 yılında mezun oldu. Mezun olduğu yıl Erciyes Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü’ nde yüksek lisansa başladı. 2009 yılında Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi araştırma görevliliği kadrosuna atandı.

Adres :Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
İnşaat Mühendisliği Bölümü
3809- KAYSERİ
Telefon :0 532 437 49 37- 32328
e-posta :hčitakoglu@erciyes.edu.tr