

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

**DİNAMİK PROGRAMLAMA İLE BARAJ İŞLETİM
ÇALIŞMASI, SIR VE BERKE BARAJI ÖRNEĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş. Müh. Zafer Yavuz GÜNER

Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ
Enstitü Bilim Dalı : HİDROLİK
Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Mehmet SANDALCI

Haziran 2011

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DİNAMİK PROGRAMLAMA İLE BARAJ İŞLETİM
ÇALIŞMASI, SIR VE BERKE BARAJI ÖRNEĞİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş. Müh. Zafer Yavuz GÜNER

Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

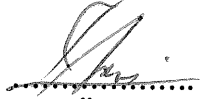
Enstitü Bilim Dalı : HİDROLİK

Bu tez 28/06/2011 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

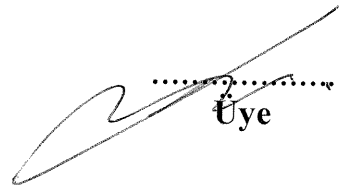
Yrd. Doç. Dr. Mehmet Sarıdalca Doç. Dr. İbrahim YÜKSEL Yrd. Doç. Dr. Emrah DOĞAN



.....
Jüri Başkanı



.....
Üye



.....
Üye

ÖNSÖZ

Günümüzde su kaynaklarının azalmasından dolayı suya olan ihtiyaç bir o kadar artmaktadır. Bundan dolayı mevcut su kaynakları en iyi şekilde kullanılmalıdır. Bu çalışmada çoklu baraj sisteminde güvenilir gücü büyüklerken minimum işletme seviyelerini elde etmek, güvenilir gücü kısıt olarak koyup ortalama güç değerlerini ve normal işletme seviyeleri elde edilmeye çalışılmıştır.

Bu çalışmada yardımlarını esirgemeyen tez danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Mehmet SANDALCI' ya, yüksek lisans boyunca verdiği derslerle bize yol gösteren Sayın Doç. Dr. İbrahim YÜKSEL' e, hidrolik bilim dalı hocalarından Sayın Yrd. Doç. Dr. Emrah DOĞAN' a ve tez çalışmamda yardımcı olan Yrd. Doç. Dr. Mücahit OPAN' a teşekkür ederim.

Bugüne kadar maddi manevi her türlü desteğini esirgemeyen aileme çok teşekkür ederim. Arkadaşlarıma başta İnş. Müh. Sabri KARCI ve Mekatronik Müh. Kaan AKTAŞ olmak üzere tüm arkadaşlarıma teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	ii
İÇİNDEKİLER	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	v
ŞEKİLLER LİSTESİ	vii
TABLolar LİSTESİ.....	viii
ÖZET.....	ix
SUMMARY.....	x

BÖLÜM 1.

GİRİŞ.....	1
1.1. Türkiye’deki Su Kaynakları Ve Geliştirilmesinin Önemi	1
1.2. Çok Barajlı Havzalarda Optimizasyon Kriterleri	3
1.3. Uzun Süreli Planlama Ve İşletme Optimizasyonu	4

BÖLÜM 2.

OPTİMİZASYON HESAP METOTLARI.....	6
2.1. Optimizasyon.....	6
2.1.1. Doğrusal programlama.....	7
2.1.2. Doğrusal olmayan programlama.....	7
2.1.3. Simülasyon yöntemi.....	8
2.1.4. Dinamik programlama.....	8

BÖLÜM 3.

DİNAMİK PROGRAMLAMA İLE ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	11
3.1. Dünyadaki Önemli Çalışmalar.....	11
3.2. Türkiye’deki Önemli Çalışmalar.....	12

BÖLÜM 4.

DİNAMİK PROGRAMLAMA İLE BARAJ İŞLETİM ÇALIŞMASI	14
4.1. Çalışma Sahasının Verileri Ve Özellikleri.....	19
4.1.1. Buharlaştırma değerleri.....	28
4.1.2. Yükseklik hacim ilişkisi.....	29
4.1.3. Yükseklik alan ilişkisi.....	31
4.1.4. Barajlara gelen akımlar.....	32
4.2. Dinamik Programlama İle Güç Hesaplamaları.....	38
4.2.1. Güvenilir güç sonuçları.....	41
4.2.2. Ortalama güç sonuçları.....	45
4.3. DSİ Formülleri İle Güç Hesaplamaları.....	51
4.3.1. Güvenilir güç sonuçları.....	52
4.3.2. Ortalama güç sonuçları.....	53
4.4. Barajlarda Üretilen Aylık Güç Değerleri.....	54

BÖLÜM 5.

DEĞERLENDİRMELER.....	57
-----------------------	----

BÖLÜM 6.

SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	62
---------------------------	----

KAYNAKLAR.....	65
----------------	----

EKLER.....	67
------------	----

ÖZGEÇMİŞ.....	88
---------------	----

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

IDP	: Artırımlı dinamik programlama
DDDP	: Ayrık farksal dinamik programlama
IDPSA	: Ardışık yaklaşırmalı artırımlı dinamik programlama
MIDP	: Çok seviyeli artırımlı dinamik programlama
DDP	: Ayrık dinamik programlama
DPSA	: Ardışık yaklaşırmalı dinamik programlama
HES	: Hidroelektrik santrali
EİEİ	: Elektrik işleri etüt idaresi
GPS	: Küresel konumlandırma sistemi
DSİ	: Devlet su işleri
B	: Baraj sayısı
DM	: İşletme süresi
x	: Barajın işletme seviyesi
d	: Barajdan enerji üretimi için bırakılan su miktarı
t	: Zaman
X	: Hazneye giren akımlar
Y	: Hazneden çıkan akımlar
$Q_{i,t}$: i-barajından t-zamanda enerji üretimi için bırakılan akım miktarı
$F_{i,t}$: i-barajının havzasından t-zamanda gelen akım miktarı
$S_{i,t}$: i- barajında t-zamanda depolanan su miktarı
$B_{i,t}$: i-barajından t-zamandaki buharlaşma kaybı
S_i^{\min}	: i-barajında depolanan minimum su miktarını
S_i^{\max}	: i-barajında depolanan maksimum su miktarını

- Q_i^{maks} : i-barajında enerji üretimi için bırakılabilecek maksimum su miktarını
- P_{k_i} : i-barajı için kurulu güç
- k_i : Enerji üretim katsayısı
- $h_{i,t}$: i-barajında t-zamandaki ortalama net düşüdüür.
- P_{ort} : Ortalama güç değeri
- P_{min} : Minimum güç değeri
- P_{maks} : Maksimum güç değeri
- P_G : Güvenilir güç değeri
- $S_{i,t}^{min}$: i-barajında t- zamanındaki minimum işletme seviyesi
- $S_{i,t}^{nor}$: i-barajında t- zamanındaki normal işletme seviyesi

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1.	Uzun süreli optimal işletme süreci.....	5
Şekil 2.1.	Dinamik programlamada aşamalar arası ilişkinin şematik gösterimi.....	10
Şekil 4.1.	Birbirine seri bağlı çok barajlı bir su kaynakları sisteminin şematik görünüşü.....	14
Şekil 4.2.	Ceyhan Havzasının görünüşü.....	21
Şekil 4.3.	Sır ve Berke barajlarının uydu görüntüsü.....	22
Şekil 4.4.	Sır ve Berke barajının şematik görünüşü.....	24
Şekil 4.5.	Sır barajından bir görünüş	26
Şekil 4.6.	Berke barajından bir görüntü.....	27
Şekil 4.7.	Sır barajı yükseklik- hacim grafiği, denklemi ve regresyon değeri.....	29
Şekil 4.8.	Berke barajı yükseklik- hacim grafiği, denklemi ve regresyon değeri.....	30
Şekil 4.9.	Sır ve Berke barajlarına ait ortalama aylık akımların zaman içerisindeki değişimi.....	36
Şekil 4.10.	Sır ve Berke barajlarına ait kurak dönem aylık akımlarının zaman içerisindeki değişimi.....	37
Şekil 4.11.	Kurak dönem aylık toplam güç değerleri – zaman grafiği.....	42
Şekil 4.12.	Sır barajı aylık minimum işletme miktarı.....	44
Şekil 4.13.	Berke barajı aylık minimum işletme miktarı.....	45
Şekil 4.14.	Barajlarda aylık toplam güç - zaman grafiği.....	47
Şekil 4.15.	Sır barajı normal işletme miktarı.....	49
Şekil 4.16.	Berke barajı normal işletme miktarı.....	50
Şekil 4.17.	Barajlarda üretilen aylık toplam güç – zaman grafiği.....	56
Şekil 5.1.	Sır ve Berke barajlarının güvenilir güç zaman grafiği.....	57
Şekil 5.2.	Sır ve Berke barajlarına ait minimum işletme seviyeleri zaman grafiği.....	58

Şekil 5.3.	Sır ve Berke barajlarının ortalama güç zaman grafiği.....	59
Şekil 5.4.	Sır ve Berke barajlarına ait normal işletme seviyeleri zaman grafiği.....	60
Şekil 5.5.	Aylık ortalama güç değerleri – zaman grafiği.....	61

TABLolar LİSTESİ

Tablo 4.1.	Ceyhan nehri ana kolu üzerinde birbirine seri bağlı olarak bulunan Sır ve Berke barajlarına ait veriler.....	25
Tablo 4.2.	Sır ve Berke barajında kullanılan buharlaşma değerleri.....	28
Tablo 4.3.	Uzun süreli işletme optimizasyonu için yükseklik-hacim denkleminin parametreleri ve regresyon değeri.....	31
Tablo 4.4.	Uzun süreli işletme optimizasyonu için Sır ve Berke barajının yükseklik-alan denkleminin parametreleri.....	32
Tablo 4.5.	Sır barajı 1973-2000 yılları arası aksına gelen akımlar.....	33
Tablo 4.6.	Berke barajı 1973-2000 yılları arası aksına gelen akımlar	34
Tablo 4.7.	Barajlara havzasından gelen aylık ortalama akım değerleri.....	35
Tablo 4.8.	Barajlara kurak dönemde havzasından gelen aylık ortalama akım değerleri.....	35
Tablo 4.9.	Barajlara havzasından gelen kurak döneme ait aylık akımlar.....	38
Tablo 4.10	Barajlara havzasından gelen aylık ortalama akımlar.....	39
Tablo 4.11	Barajların maksimum ve minimum işletme seviyeleri.....	39
Tablo 4.12	Barajlardan enerji üretimi için bırakılacak maksimum akım miktarları.....	40
Tablo 4.13	Barajların kurak dönemdeki aylık güç değerleri.....	41
Tablo 4.14	Kurak dönemde barajların minimum işletme seviyeleri.....	43
Tablo 4.15	Barajların aylık güç değerleri	46
Tablo 4.16	Barajlardaki aylık norma işletme seviyeleri.....	48
Tablo 4.17	DSİ formülü ile güvenilir güç sonuçları	52
Tablo 4.18	DSİ formülü ile ortalama güç sonuçları.....	53
Tablo 4.19	Sır ve Berke barajlarının aylık ortalama güç değerleri.....	55

ÖZET

Anahtar kelimeler: Dinamik programlama, İşletme çalışması, Sır barajı, Berke barajı

Su kaynaklarının planlanması ve işletilmesinde ekonomik ve çevresel şartlar birleşik olarak düşünüldüğünde büyük önem arz etmektedir. Bu açıdan su kaynaklarının planlanması ve kullanımı karmaşık bir süreçtir. Bu karmaşık süreci çözmek su kaynakları problemi olarak ele alınmalıdır ve su kaynaklarının sınırlı oluşundan dolayı optimum çözüm aranmalıdır.

Bu çalışmada, çok barajlı su kaynakları yapıma amaçlarına göre tanımlanmıştır. Bu sistemde Ceyhan havzasında bulunan Sır ve Berke barajlarının enerji maksatlı olarak tanımlanmıştır. Çalışmanın amacı kurak dönem akımları ile güvenilir gücü büyüklerken minimum işletme seviyelerini elde etmek, aynı modelde güvenilir gücü kısıt olarak koyarak aylık ortalama akımlar ile ortalama güçleri ve normal işletme seviyelerini elde etmektir.

Sonuçlara göre ampirik formülle bulunan güvenilir güç değeri programdan bulunan güç değerinin 3,3 katıdır. Buna karşın programdan bulunan ortalama güç değeri ampirik formül ile bulunan güç değerinin 2,58 katıdır.

RESERVOIR OPERATION WITH DYNAMIC PROGRAMMING, THE EXAMPLE AT DAM OF SIR AND DAM OF BERKE

SUMMARY

Key Words: Dynamic Programming, Reservoir operation, Dam of Sir, Dam of Berke

Considering economical and environmental conditions together become great importance on planning and operating of water sources. In this respect, using and planning of water sources is a complex process. Solving this complex process come up as a water sources problem and looking for optimal solving because of the limited water sources.

In this study, water sources with multiple barrage are described according to the purpose of making. In this system Sir and Berke barrages at the Ceyhan basin are described as the purpose of energy. The purpose of this study is to get minimum processing level while captivating reliable power with the arid period circulation, and is to get average power, normal process levels and monthly average inflows putting the reliable power as a restrict in the same model.

According to the result, the reliable power value finding with the empirical formula is better 3,3 times than the power value at the program. In spite of that, the average value of the program is better 2,58 times than the value by the empirical formula.

BÖLÜM 1.GİRİŞ

1.1. Türkiye'deki Su Kaynakları Ve Geliştirilmesinin Önemi

Dünyadaki toplam su miktarı 1,4 milyar km³ tür. Bu suların % 97,5'u okyanuslarda ve denizlerde tuzlu su olarak, % 2,5'u ise nehir ve göllerde tatlı su olarak bulunmaktadır. Bu kadar az olan tatlı su kaynaklarının da % 90'ının kutuplarda ve yer altında hapsedilmiş olarak bulunması sebebiyle insanoğlunun kolaylıkla yararlanabileceği elverişli tatlı su miktarının ne kadar az olduğu anlaşılmaktadır.

Türkiye'de yıllık ortalama yağış yaklaşık 643 mm olup, yılda ortalama 501 milyar m³ suya tekabül etmektedir. Bu suyun 274 milyar m³ ü toprak ve su yüzeyleri ile bitkilerden olan buharlaşmalar yoluyla atmosfere geri dönmekte, 69 milyar m³ lük kısmı yeraltı suyunu beslemekte, 158 milyar m³ lük kısmı ise akışa geçerek çeşitli büyüklükteki akarsular vasıtasıyla denizlere ve kapalı havzalardaki göllere boşalmaktadır. Yeraltı suyunu besleyen 69 milyar m³ lük suyun 28 milyar m³ ü pınarlar vasıtasıyla yerüstü suyuna tekrar katılmaktadır. Ayrıca, komşu ülkelerden ülkemize gelen yılda ortalama 7 milyar m³ su bulunmaktadır. Böylece ülkemizin brüt yerüstü suyu potansiyeli 193 (158+ 28+7) milyar m³ olmaktadır.

Yer altı suyunu besleyen 41 milyar m³ de dikkate alındığında, ülkemizin toplam yeni lenebilir su potansiyeli brüt 234 milyar m³ olarak hesaplanmıştır. Ancak, günümüz teknik ve ekonomik şartları çerçevesinde, çeşitli amaçlara yönelik olarak tüketilebilecek yerüstü suyu potansiyeli, yurt içindeki akarsulardan 95 milyar m³, komşu ülkelerden yurdumuza gelen akarsulardan 3 milyar m³ olmak üzere yılda ortalama toplam 98 milyar m³, 14 milyar m³ olarak belirlenen yeraltı suyu

potansiyeli ile birlikte ülkemizin tüketilebilir yerüstü ve yeraltı su potansiyeli yılda ortalama toplam 112 milyar m³ olmaktadır [1].

Su varlığına göre ülkeler aşağıdaki şekilde sınıflandırılmaktadır;

- Su fakiri: yılda kişi başına düşen kullanılabilir su miktarı 1 000 m³ ten daha az
- Su azlığı: yılda kişi başına düşen kullanılabilir su miktarı 2 000 m³ ten daha az
- Su zengini: yılda kişi başına düşen kullanılabilir su miktarı 8 000-10 000 m³ ten daha fazladır [1].

Türkiye su zengini bir ülke değildir. Kişi başına düşen yıllık su miktarına göre ülkemiz su azlığı yaşayan bir ülke konumundadır. Kişi başına düşen yıllık kullanılabilir su miktarı 1500 m³ civarındadır.

Su kaynaklarının kısıtlı oluşu su kaynaklarını kullanırken maksimum faydayı gözetmeyi zorunlu hale getirmiştir. Mevcut kaynaklarla çeşitli ihtiyaçları minimum derecede karşılayacak ve birden fazla ihtiyacın bir arada optimum faydası aranarak kullanılması gerekmektedir.

Su kaynakları sistemlerinde çeşitli faydaların bir arada sağlanması istense de bu genellikle ihtiyaçların farklı zaman dilimlerinde gözlenmesinden dolayı sistemi bir bütün olarak ele alınmalıdır. Farklı istekleri (sulama, enerji, içme suyu, taşkın kontrol, endüstri, vs.) kısıtları da göz önünde bulundurarak optimum çözümü verecek işletme çalışmaları yapılmalıdır.

İhtiyaçların bir arada ele alınmaması yapılacak su yapılarını ve bu yapıların işletilmesinin olumsuz yönde etkileyecek, bu şekilde sınırlı su kaynaklarımızı istediğimiz verimle kullanamamamıza sebebiyet verecektir. Bundan dolayı sınırlı su

kaynaklarımıza en verimli şekilde kullanabilmek için optimum işletim çalışması benimsenmelidir.

1.2. Çok Barajlı Havzalarda Optimizasyon Kriterleri

Su kaynakları gelişen ihtiyaçlar doğrultusunda temini ve kullanımı çözülmesi gereken önemli sorunlar doğurmaktadır. Çeşitli iş kolu (endüstri, tarım ...) ve insani ihtiyaçların (sulama, içme suyu...) giderilmesi için sınırlı su kaynaklarını en verimli şekilde kullanıma sunmak mühendislik problemidir. Artan nüfusla birlikte değişik iş kollarındaki artış su kaynaklarındaki yönetimi daha dikkatle ele alınmasını zorunlu kılmaktadır.

Hidrolojik olayların belirsizliği su kaynakları sistemlerinin işletilmesinde doğru işletim çalışmasının yapılmasını bir yapıya sokmaktadır. Bu belirsiz olayların (hava tahmini, debi ölçüm, taşkın, ...) daha önceden kayıt altına alınmasıyla gelecek için daha belirgin ve gerçeğe yakın tahminlerin yapılmasına olanak sağlamaktadır.

Bu veriler ışığında çok karmaşık sistemler optimizasyon yöntemleri ile başarılı işletim çalışmalarıyla sonuçlanabilir. Daha fazla veriler sayesinde çok farklı kısıtlar içeren, çok fazla karar değişkenine sahip karmaşık su kaynakları sistemlerinin planlama ve işletilmesinde optimizasyon teknikleri uygulanmıştır. Bu uygulamalar çok kez başarı ile sonuçlanmıştır.

Havza sistemlerinde farklı amaç ve kısıtlar kullanıldığından genel bir algoritma oluşturulamamaktadır. Bu nedenle her havza sistemi için kendi amaç ve kısıtları doğrultusunda algoritma geliştirilmelidir. Model oluşturulurken havzaya ait verilerin toplanarak doğru yorumlanması ilk adım olarak görülebilir.

Sistem modellemesinde barajlara gelen akımlar ve barajdan bırakılan akımların en iyi şekilde tahmin ve optimizasyonu birbirini izleyen ve sistemin doğru işletilmesi için önemli kriterlerdendir.

Farklı rezervuar sistemlerinin işletilmesindeki problemler optimizasyon kriterleri dikkate alınarak çözümlenebilir. İşletim çalışmalarında en iyi çözümleri benzetim ve optimizasyon tekniklerinin bir arada kullanılmasıyla sağlanılmıştır.

1.3. Uzun Süreli Planlama Ve İşletme Optimizasyonu

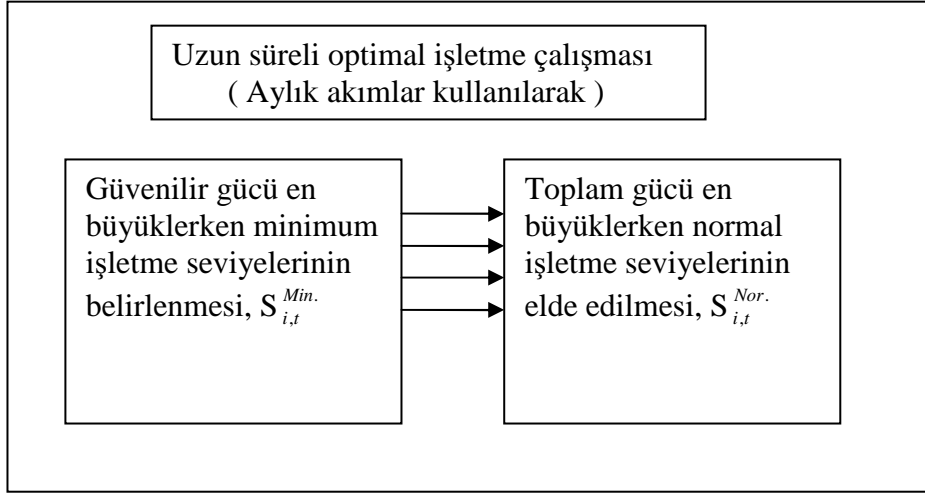
Havza içerisinde seri veya paralel bağlı çok baraj içeren sistemlerde uzun süreli planlama; bu sistem içerisindeki barajların ekonomik ömrü süresince elde edilecek faydanın optimal olması amaçlanmaktadır.

Bu sistemlerin işletilmesinde göz önünde bulundurulması gereken kriterler, elde edilmesi düşünülen faydaların topyekûn en büyük faydası ve en düşük zararı olmalıdır. Bundan dolayı elde edilecek amaçlar enerji üretimi, sulama, içme suyu... gibi amaçlar için en büyük faydayı elde etmekle beraber taşkın kontrolü, kuraklık... gibi zararlarında önüne geçilerek sistemin en yüksek faydası aranmalıdır.

Kurulan sistemde uzun süreli optimizasyon çalışması ile elde edilen sonuçların (güvenilir güç ve toplam güç) kısıtlara uyularak en büyüklenmesi amaçlanmaktadır. Bu çalışmada, çok barajlı ve tek amaçlı (enerji) bir su kaynakları sistemini ele alarak uzun süreli planlama çalışması dinamik programlama tekniği kullanılarak yapılmıştır.

Bu sistemde, kurak dönemin aylık ortalama akımları kullanılarak yapılan işletme çalışması sonucunda bulunan güvenilir güç ve minimum işletme seviyeleri elde

edilmiştir. Elde edilen güvenilir güç aynı modelde kısıt olarak kullanılarak toplam güç ve normal işletme seviyeleri elde edilmiştir. Burada, $i= 1, 2, 3, \dots$, B : baraj sayısı, $t= 1, 2, 3, \dots$ DM DM : işletme süresini (ay olarak) göstermektedir. Şekil 1’de, bu çalışma özetlenmiştir.



Şekil 1.1. Uzun süreli optimal işletme süreci

BÖLÜM 2. OPTİMİZASYON HESAP METOTLARI

Mevcut su kaynaklarımızın çeşitli ihtiyaçları karşılayacak ve bu ihtiyaçların bir arada optimum çözümü aranarak kullanılmalıdır. Bunun için en uygun hesap metodunu seçmemiz gerekmektedir. Baraj haznelerinin işletilmesinde çeşitli optimizasyon yöntemleri kullanılabilir. Burada matematik optimizasyon yöntemlerinden kısaca bahsedilmektedir. Genel bir algoritmanın bulunmayışı uygulanacak yöntemin elimizde bulunan mevcut verilere, hazne özelliklerine, kısıtlarımıza ve amaç fonksiyonumuza göre belirlenmelidir.

2.1. Optimizasyon

Optimizasyon; bir problemde belirli koşullar altında mümkün olan alternatifler içinden en iyisini seçebilmektir. Tanımlı bir çözüm uzayı içinde çok değişkenli bir fonksiyonun bu çözüm uzayı içerisinde kısıtlara uyarak en büyük (veya en küçük) yapacak nokta ve noktaları bulmaktır. Dolayısıyla bu çözüm uzayı içerisinde bu noktalardan birisi optimum çözüm olacaktır.

Baraj haznelerinin işletme optimizasyonunda ise haznenin tek ya da çok maksatlı oluşuna, maksatların neler olduğuna, haznenin tek başına mı yoksa diğer haznelerle beraber mi işletileceğine bağlıdır. Bu optimizasyon kriterlerini göz önüne alarak matematik optimizasyon yöntemlerinden birisini veya birkaçını bir arada kullanarak optimum çözüm aranır.

Matematik optimizasyon yöntemleri aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir;

- 1.Doğrusal programlama
- 2.Doğrusal olmayan programlama
- 3.Simülasyon yöntemi
- 4.Dinamik programlama

2.1.1. Doğrusal programlama

Doğrusal programlama kısıtları da doğrusal olmak koşulu ile doğrusal bir amaç fonksiyonunun değerini maksimum veya minimum yapmaya çalışır. Doğrusal programlamanın bileşenleri bir grup karar değişkenleri, bir amaç fonksiyonu ve bir grup kısıtlıktır. Bu bileşenlerin her birisi için doğrusal olma koşulu sağlanmalıdır.

Doğrusal programlamanın hazne işletilmesinde kullanılışında amaç, bütün (doğrusal şekilde yazılmış) kısıtlara uyarak hazne kapasitesini (maliyeti) minimum yapacak işletme şeklini belirlemek, ya da kapasitesi bilinen bir haznenin işletme süresince sağlayacağı toplam faydayı maksimum yapacak işletme şeklini belirlemek olabilir [2].

2.1.2. Doğrusal olmayan programlama

Su kaynaklarında genellikle amaç fonksiyonu ve kısıtlar doğrusal olmadığında doğrusal olmayan programlama yöntemleri kullanılabilir. Doğrusal olmayan programlama yöntemleri ile çok barajlı ve çok amaçlı sistemlerin çözümünde değişken sayısının ve kısıtların çok fazla oluşundan dolayı algoritma kurmak çok güçleşmemektedir. Tek adımda karar verilmek istendiğinden dolayı çok yavaş ve

optimum çözümün bulunması çok zorlaşmaktadır. Çok fazla matematiksel güçlükler içerdiğinden dolayı matematik optimizasyon teknikleri içerisinde tek başına kullanım yerine diğer yöntemlerle beraber kombinize şekilde kullanılmaktadır.

2.1.3. Simülasyon yöntemi

Simülasyon yöntemleri taşkın kontrol, içme suyu, sulama ve enerji amaçlı baraj ve baraj sistemlerinin işletim simülasyonlarının oluşturulmasında kullanılır. Planlama aşamasındaki barajların kapasite tayinlerinde, yapılmış ve yapılacak olan rezervuar sistemlerinin birbirlerine olan etkilerinin incelenmesinde simülasyon yöntemleri uygulanarak havza su potansiyelinin optimum şekilde kullanılması amaçlanır. Sistemin optimum çözüm verebilmesi için depolanan ve bırakılan su miktarlarını göz önüne alarak hesap yöntemi belirler.

Simülasyon yöntemlerinde oluşturulan model değişkenleri ve kısıtları sabit tutularak değişik işletme politikaları ile çalıştırılarak optimum çözüm aranabilir. Simülasyon yöntemlerinde en iyi işletme kuralını doğrudan vermese de en iyi kuralı bulmak için yardımcı olabilir. Bu yöntem doğrudan doğruya optimum çözümü vermediğinden dolayı diğer yöntemlerle beraber optimum çözüme ulaşılması zaman ve çözümün doğruluğu açısından daha uygundur.

2.1.4. Dinamik programlama

Baraj işletmesinde çok sayıda optimizasyon teknikleri geliştirilmiştir. Ancak, çok amaçlı çok barajlı su kaynaklarının olduğu havzalarda, sistemin karmaşıklığından dolayı genel bir algoritma kurmak güçtür. Su kaynakları sistemlerinde en uygun yöntem olarak dinamik programlama yöntemi çok yaygın bir kullanım alanı bulmaktadır.

Dinamik programlama optimizasyon modelini geliştirmeye yönelik yapılan çalışmalar, genelde bilgisayarda bellek ve zaman kullanımını azaltmak amacıyla; çok baraj, çok amaç ve çok kısıtı işleme dahil etmek zor olmaktadır. Bu nedenlerden dolayı, dinamik programlama üzerine farklı yaklaşımlar ve değişik çözüm alternatifleri geliştirilmiştir.

Bir problemin çözümü için gerekli işlem sayısı, yaklaşık olarak değişken sayısı ile üssel, alt problem sayısı ile de doğrusal bir şekilde artmaktadır. Dinamik programlamada ise, işlem ve dolayısı ile zaman kaybını azaltmak için n değişkenli bir fonksiyon, tek değişkenli n fonksiyon şekline dönüştürülerek çözüm aranmaktadır. Dinamik programlamanın bir diğer avantajı ise, gerek amaçlarda gerekse kısıtlarda doğrusallık koşulu aranmadığı gibi sistemin bir bütün olarak düşünülmesi de gerekmemektedir. Baraj işletmesinde de çok adımlı karar verme problemi yerine, her bir adımda tek bir karar verilmesini sağlamakta ve problemi oldukça çözümü kolay bir hale getirmektedir [3].

Dinamik programlama, içerisinde üç değişken tipi bulunmaktadır. Bunlar;

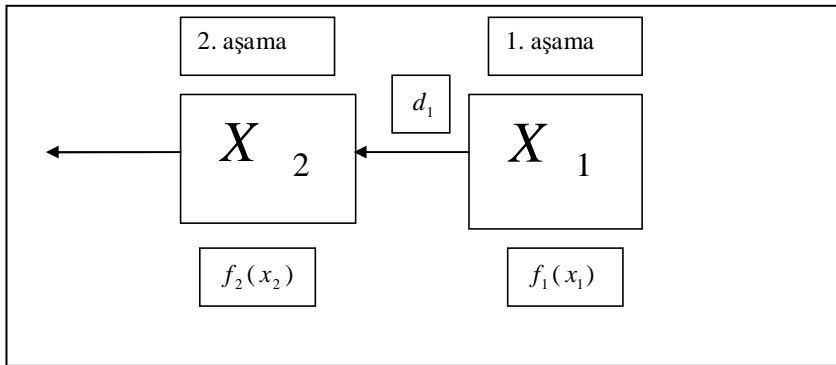
a) Sistemin davranışını olduğu gibi tanımlayan ve sistemin herhangi bir andaki durumunu gösteren durum değişkenleri, $((x)$, sistemde barajın işletme seviyesidir.)

b) Seçilen bir amaca göre sistemin kontrol edilebilir girdileri hakkında karar vermeyi sağlayan karar değişkenleri, $((d)$, sistemde barajdan enerji üretimi için bırakılan su miktarıdır.)

c) Bu kararların verildikleri aralıkları belirleyen aşama değişkenleri, $((t)$, sistemde zamanı göstermektedir.)

şeklindedir. Bu girdilerin bazı kısıtlara bağlı olarak aldıkları değer takımına politika adı verilmektedir. Bu politikanın sistemin çıktıları üzerine etkisini belirleyen ölçüt ise, amaç fonksiyonu olarak tanımlanmaktadır [4].

Dinamik programlamada aşamalar arası ilişki Şekil 2' de gösterilmektedir. Şekil 2.2.'de görüleceği üzere (n+1) aşamasında x_{n+1} durumunda bulunan $f_{n+1}(x_{n+1})$ optimal değeri ile n aşamasındaki $f(x_n)$ değerini optimum yapacak d_n karar değişkeni aranmaktadır. Çözüm (n+1). Aşamadan 1. aşamaya kadar tekrarlanmaktadır. Bu çözüm şekli geriye doğru dinamik programlama olarak tanımlanmaktadır. Benzer şekilde çözümün 1. aşamadan (n+1). aşamaya doğru çözümü ise, ileriye doğru dinamik programlama olarak adlandırılmaktadır [5].



Şekil 2.1. Dinamik programlamada aşamalar arası ilişkinin şematik gösterimi

Çok barajlı su kaynakları sisteminde, aşama olarak zaman, durum değeri olarak baraj, durum değişkeni olarak barajdaki işletme seviyesi, karar değişkeni olarak barajdan enerji üretimi için bırakılan su miktarı tanımlanmaktadır. Herhangi bir barajdaki durum değişkeni o barajın maksimum ve minimum işletme seviyeleri arasında değerler almaktadır. Karar değişkeni ise, barajdan enerji üretimi için bırakılacak su miktarı ile sınırlanmaktadır. Her aşamada her durum değişkenine ait en iyi karar, hedeflenen amaç fonksiyonuna göre belirlenebilmektedir.

BÖLÜM 3. DİNAMİK PROGRAMLAMA İLE ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Dinamik programlama ile Dünyada ve Türkiye’de birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalar iki kısımda ele alınmıştır. Dinamik programlama tekniğinin bulunuşu ve geliştirilmesi sırası ile ele alınmaktadır.

3.1. Dünyadaki Önemli Çalışmalar

Dinamik programlama, ilk olarak Bellman (1957) tarafından geliştirilmiştir. Bu programlama tekniği genelde, su kaynakları planlaması ve yönetimi üzerine, özellikle de çok barajlı su kaynakları sisteminin işletilmesinde kullanılan optimizasyon tekniklerinden birisidir, (Yakowitz, 1982). Dinamik programlama, barajlardan oluşan bir su kaynakları sisteminde optimizasyon problemlerinin ardışık karar yapısını etkili bir şekilde ele alabilmektedir. Yine, Bellman ve Dreyfus (1962), çok boyutlu sistemlerin dinamik programlama ile optimizasyonu için lagranj çarpanları ve ardışık yaklaşım tekniğini önermişlerdir. Ayrıca, ayrık dinamik programlama' yı geliştirerek işlem sayısını azaltma yolu ile hesaplama kolaylığı sağlamaya çalışmışlardır (Nopmongcol ve Askew, 1976).

Young (1967) baraj hacmini durum değişkeni olarak kullanmıştır. Daha sonra benzer bir çalışma Hall ve diğ. (1969) tarafından Kaliforniya'da Shasta Barajı'nda uygulanmıştır. Larson (1968) hafıza kullanımını ve işlem sayısını azaltmak için IDP modelini önermiştir ve dört barajlı bir sisteme Bellman ve Dreyfus (1962) ardışık yaklaştırmayı kullanarak uygulamıştır. Hall ve diğ. (1969) 'da daha önceki çalışmasını enerji faydası, güvenilir su, taşkın kısıtı gibi ilaveler ile geliştirmiştir. Roefs ve Bodin (1970) yöntemi birden fazla baraja sahip sistemlere uygulamıştır.

Heidari ve diğ. (1971) ise dört barajlı bir sistem için işlem sayısını azaltmaya yönelik olarak DDDP modelini geliştirmiştir. Gerçekte DDDP yöntemi IDP yönteminin geliştirilmiş halidir. IDP yönteminde her aşamada (zaman periyodunda) sabit olan durum artımları, DDDP yönteminde her aşamada farklı olarak alınmıştır. Ancak, Heidari ve diğ. (1971) çalışmalarında her aşamada farklı alınması gereken bu durum artımlarının nasıl olacağını net olarak açıklamamış, sadece uygun bir artım olarak belirtmişlerdir (Turgeon, 1982). Larson (1968) tarafından geliştirilen IDPSA daha sonra Trott ve Yeh (1971), Yeh ve Trott (1972), ve Giles ve Wunderlick (1981) tarafından çok barajlı sistemlere uygulanmıştır. Nopmongcol ve Askew (1976) IDP yöntemini yine çok baraj ve çok amaçlı sistemler için geliştirerek MIDP yöntemini önermiştir. Turgeon (1982), IDP yönteminde her aşamada durum değişkenlerinin eşit olarak artırılması halinde optimal olamayan yerel çözümler elde edilebileceğini göstermiş ve her aşamada artım miktarının farklı alınmasını ve farklı başlangıç politikaları ile sistemin birkaç kez çözülmesini önermiştir, Yakowitz (1982) durum artımlarının ve başlangıç politikasının uygun seçilmesi halinde IDPSA yönteminin gerçek optimumu bulması ve boyut problemini azaltmasının diğer yöntemlerden daha iyi olduğunu göstermiştir. Yakowitz (1982) ve Yeh (1985) su kaynaklarında kullanılan optimizasyon yöntemleri karşılaştırarak IDPSA yönteminin ve çok barajlı havza sistemlerinde kullanılabilir en iyi yöntemlerden biri olduğunu belirtmişlerdir. Karamouz ve diğ. (1992) Baltimore yakınında Gunpowder Havzası'nda çok barajlı bir su kaynakları sistemine DDP' yi uygulamıştır [6].

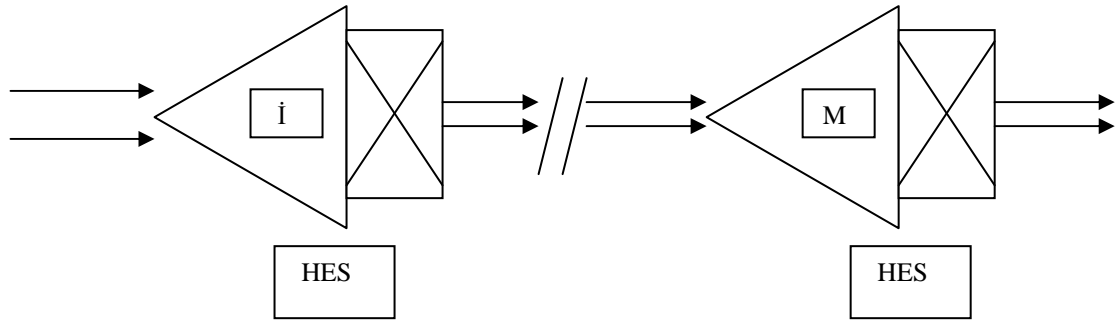
3.2. Türkiye'deki Önemli Çalışmalar

Sert (1982) bir akarsu üzerindeki bir seri hidroelektrik tesisin optimal boyutlandırma ve işletmesi çalışmasında ve Sert ve diğ. (1983) Sakarya Havzasının enerji üretimini maksimize etmek için DPSA tekniğini benzetim yöntemleri ile birlikte kullanmıştır. Beyazıt ve Duranyıldız (1985, 1987, 1988a ve 1988b) ise, yine Orta Sakarya Havzası'nın enerji üretiminin en büyüklenmesinde ve Ankara Su Temini Projesi'nde kullanmıştır. Sert (1986) havza planlamasında genel amaçlı sistem yaklaşımı tanımlamıştır. Sert (Eylül 1987 ve Haziran 1987) su kaynakları planlamasında sistem

optimizasyonunun gerekliliğini vurgulamıştır. Yurtal (1993, 1995) ok barajlı sistemlerinin enerji optimizasyonu için IDPSA tekniğini, Türkiye’de, Seyhan Havzası’ndaki çok barajlı sisteme başarıyla uygulamıştır. Opan (2007) ok barajlı sistemlerin çeşitli optimizasyon modellerini ardışık yaklaştırmalı dinamik programlama tekniği ile kurarak Ceyhan havzasındaki çok amaçlı ve çok barajlı su kaynakları sistemlerinin, hem enerji üretiminin en büyüklenmesi hem de taşkın durumunda barajdan bırakılan akımların pik değerinin en küçüklenmesi açısından başarılı bir şekilde değerlendirmiştir.

BÖLÜM 4. DİNAMİK PROGRAMLAMA İLE BARAJ İŞLETİM ÇALIŞMASI

Bir akarsu üzerindeki çok sayıda baraj ve hidroelektrik santral (HES) çok amaçlı ve çok barajlı bir su kaynakları sistemi olarak tanımlanabilir. Çok barajlı ve çok amaçlı su kaynakları sistemleri barajların seri veya paralel bağlanması ile çözüm aranır. Bizim inceleyeceğimiz sistemde barajlar seri bağlı olarak bulunmaktadır. Bir akarsu üzerindeki seri olarak bağlı olan barajların şematik gösterimi Şekil 4.1’de gösterilmektedir.



Şekil 4.1. Birbirine seri bağlı çok barajlı bir su kaynakları sisteminin şematik görünüşü.

Bu sistemi çeşitli kısıtlar koyarak optimum işletilmesi sağlanabilir. Sistemdeki su dengesi ilişkisi ve kısıtlar her aşamada doğru şekilde uygulanmalıdır.

Bir baraj haznesi için su dengesi ilişkisi,

$$\frac{dS}{dt} = X - Y \quad (4.1)$$

şeklinde yazılabilir. Burada,

X : Hazneye giren akımları,

Y : Hazneden çıkan akımları,

$\frac{dS}{dt}$: Haznede toplanan su miktarı

olarak tanımlanmıştır. Formülasyonda i: baraj sayısını t: dönem sayısını göstermek üzere, ayrık zaman dilimi için,

$$\frac{dS}{dt} = \frac{\Delta S}{\Delta t} \quad (4.2)$$

ile gösterildiğinde, buradan,

$$\frac{\Delta S_i}{\Delta t} = X_{i,t} - Y_{i,t} \quad (4.3)$$

olarak yazılabilir. Bu durumda yapısal denklemler,

$$X_{i,t} = F_{i,t} + Q_{i-1,t} \quad (4.4)$$

$$Y_{i,t} = Q_{i,t} + B_{i,t} \quad (4.5)$$

olarak gösterilir. Burada,

$Q_{i,t}$: i-barajından t-zamanda enerji üretimi için bırakılan akım miktarı

$F_{i,t}$: i-barajının havzasından t-zamanda gelen akım miktarı

$S_{i,t}$: i- barajında t-zamanda depolanan su miktarı

$B_{i,t}$: i-barajından t-zamandaki buharlaşma kaybı

olarak tanımlanabilir. Eğer $\Delta t = 1$ birim (ay) olarak alındığında, su dengesi ilişkisi,

$$\Delta S_i = S_{i,t+1} - S_{i,t} \quad (4.6)$$

$$S_{i,t+1} - S_{i,t} = F_{i,t} + Q_{i-1,t} - Q_{i,t} - B_{i,t} \quad (4.7)$$

şeklinde ifade edilebilir [7].

Yukarıda elde edilen yapısal denklemlerde kullanılarak çok barajlı su kaynakları sistemlerinin optimum işletilebilmesi için kısıtlar oluşturulmuştur. Bu kısıtlar baraj maksimum ve minimum hacmine bağlı olarak hacim kısıdı, güç üretim kapasitesine bağlı olarak debi kısıdı, barajların kurulu gücüne bağlı olarak güç kısıdı şeklinde üç farklı kısıt olarak ele alınmaktadır.

a. Hacim kısıtı

Çok barajlı bir su kaynakları sisteminde her bir baraj için depolanan su miktarları, baraj maksimum ve minimum hacimleri ile sınırlanmış olmaktadır. Buna göre her bir barajda depolanmış su miktarı

$$S_i^{\min} \leq S_{i,t} \leq S_i^{\max} \quad (4.8)$$

arasında olmakta ve,

S_i^{\min} : i-barajında depolanan minimum su miktarını

S_i^{\max} : i-barajında depolanan maksimum su miktarını

göstermektedir.

b. Debi kısıtı

Barajdan bırakılacak akımlar enerji üretim kapasitesine bağlı olarak sınırlanabilir. Buna göre, barajdan bırakılan akımlar

$$0 \leq Q_{i,t} \leq Q_i^{\max} \quad (4.9)$$

olmaktadır. Burada,

Q_i^{\max} : i-barajında enerji üretimi için bırakılabilecek maksimum su miktarını

göstermektedir.

c. Güç kısıtı

Her bir barajda enerji üretimi için bırakılan akımdan elde edilen güç hidroelektrik santral kurulu gücünü aşmaması gerekmektedir. Yani, t-zamanda i-barajında elde edilen güç

$$P_{i,t} = k_i \cdot Q_{i,t} \cdot h_{i,t} \quad (4.10)$$

olup,

$$P_{i,t} \leq P_{k_i}$$

olmalıdır. Burada, P_{k_i} , i-barajı için kurulu güç, k_i enerji üretim katsayısı ve $h_{i,t}$, i-barajında t-zamandaki ortalama net düşüdüdür [8].

Yapısal denklemler olarak her bir baraj ve dönem için su dengesi ilişkisinden, barajlara toplam giren ve çıkan akımlar Denklem 4.4 ve Denklem 4.5' de ifade edilmektedir.

Denklem 4.4 ve Denklem 4.5 kullanılarak Denklem 4.6 ve Denklem 4.7 çıkartılmıştır. Bu denklemler kullanılarak barajlardan bırakılabilecek akım miktarları, buna bağlı olarak barajların işletme seviyeleri ve güç değerleri hesaplanmaktadır.

Yapısal denklemler kullanılarak her bir baraj ve dönem için su dengesi sağlanmış aynı zamanda sistemdeki kısıtlar uygulanarak kurak dönem aylık ortalama akımları ile güvenilir gücü belirleyip minimum işletme seviyeleri belirlenmiştir. Aynı sistemde yapısal denklemler ve kısıtlara uyarak güvenilir gücü kısıt olarak koyup aylık ortalama akımlar ile ortalama güç değerleri ve normal işletme seviyeleri elde edilmeye çalışılmıştır.

Bu çalışmada 1973 – 2000 yılları arasında gelen aylık ortalama akımlar değerlendirilerek kurak dönemin 1973 yılı olduğu saptanmıştır. 1973 yılına ait aylık bırakım değerlerine göre barajların aybaşı ve ay sonu hacimlerine bağlı olarak buharlaşma değerleri elde edilmiştir. Barajların bırakım değerlerine göre yükseklik değerleri hesaplanarak güç değerleri hesaplanmıştır. Kurak dönemde elde edilen güç değerlerinden en küçük olan değer her halükarda üretilebileceğinden bu değer güvenilir güç değeri olarak alınmıştır. 1973 – 2000 yılları arasındaki aylık ortalama akım değerlerinin ortalaması alınarak bu akım değerleri ile aynı şekilde güç hesaplaması yapılmış fakat bu güç değeri hesaplanırken güvenilir güç değeri kısıt olarak konulmuştur. Bulunan güç değerlerinin ortalaması alınarak ortalama güç değeri elde edilmiştir.

4.1. Çalışma Sahasının Verileri Ve Özellikleri

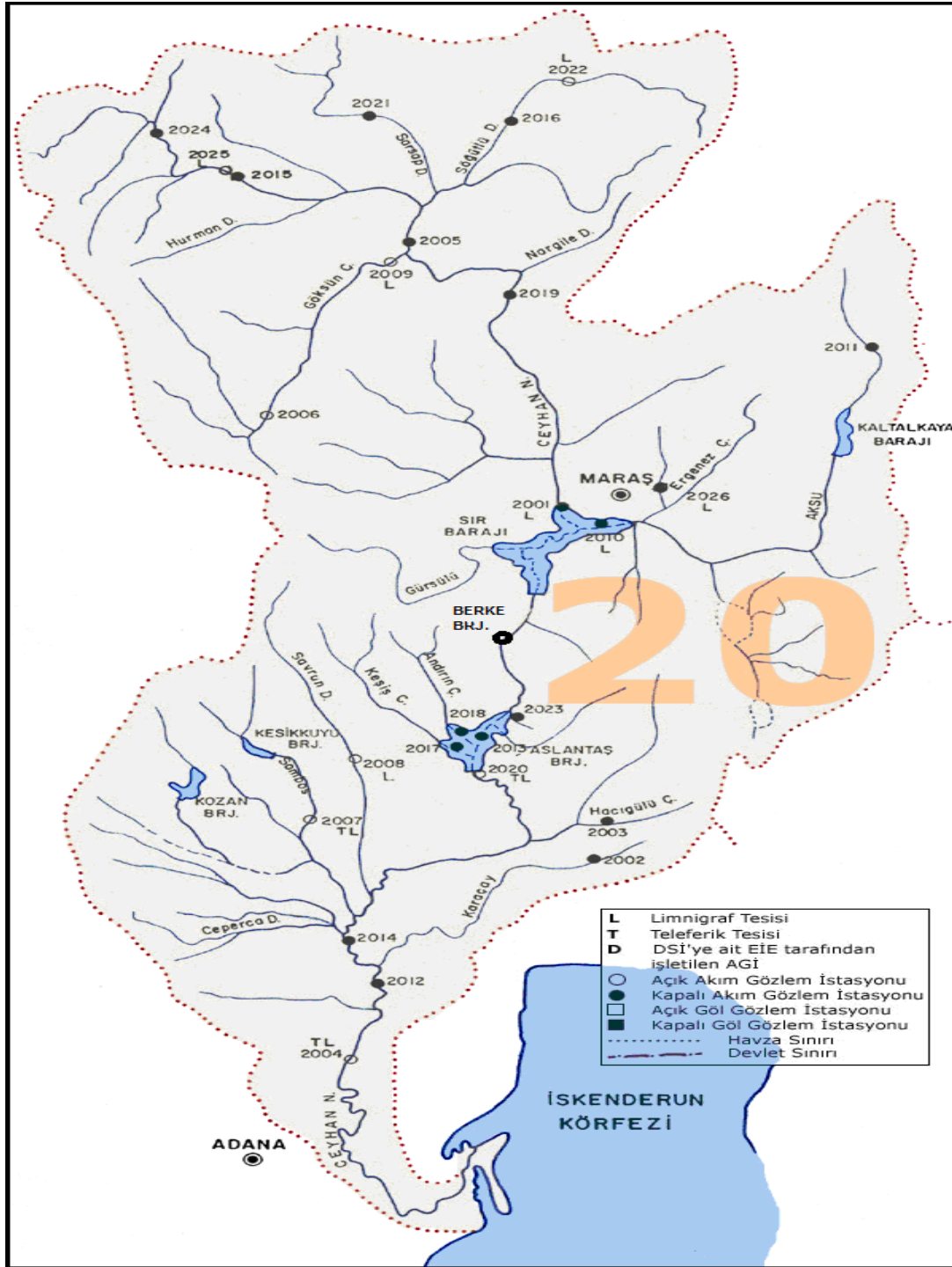
Türkiye 26 adet hidrolojik havzaya ayrılmıştır. Havzaların ortalama yıllık toplam akışları 186 milyar m³tür. Havza verimleri birbirlerinden farklı olup, Ceyhan Nehri bu su potansiyelinin yaklaşık % 4' ünü karşılamaktadır.

Türkiye'nin en önemli akarsularından birisidir. Çukurova'nın iki ana hayat kaynağından birisidir.(diğeri Seyhan Nehri'dir.) Uzunluğu 509 km.dir. Elbistan'ın 3 km Güneydoğusunda, Pınarbaşı Mevkii'nden doğan ve Elbistan'ın ortasından geçen Ceyhan ırmağı şehrin can damarıdır. Akdeniz bölgesinin en büyük akarsularındandır. Çukurova'da geniş bir delta oluşturarak Akdeniz'de İskenderun Körfezi'ne dökülür. Başlıca kolları; Söğütlü, Hurman, Göksun, Mağara Gözü, Fırınz, Tekir, Körsulu ve Aksu çaylarıdır. Ceyhan nehri Kahramanmaraş İl sınırları içerisinde genellikle derin vadilerden geçmektedir. Ceyhan vadisi barajlar için son derece elverişli olması nedeniyle üzerinde birçok baraj kurulmuştur. Nehir üzerine Menzelet, Aslantaş, Sır ve Berke hidroelektrik santralleri yer almaktadır. Ayrıca Ceyhan tarım sulaması yönünden büyük bir kaynaktır [9].

Ceyhan nehri üzerinde seri bağılı bulunan Sır ve Berke barajı enerji maksatlı olarak inşa edilmiştir. Sır Barajı, Kahramanmaraş'ta, Ceyhan Nehri üzerinde enerji üretmek amacıyla 1987-1991 yılları arasında inşa edilmiş olup 1991 yılında işletmeye alınmıştır. Beton kemer gövde dolgu tipi olan barajın gövde hacmi 494.000 m³, akarsu yatağından yüksekliği 116,00 m, normal su kotunda göl hacmi 1.120,00 hm³, normal su kotunda göl alanı 47,50 km²'dir. Baraj 284 MW'lık güçle yılda 725 GWh'lık elektrik enerjisi üretilmektedir [10].

Berke Barajı 1995 yılında Ocak ayında yapımına başlanılan baraj Ceyhan Nehri üzerinde ve 201 m yüksekliğindedir. Yapımı 1999 yılından tamamlanmıştır. Türkiye'de birinci ve Dünya'da 16. sırada beton kemer barajıdır. Berke Hidroelektrik santrali ise bölgemizin en büyük hidroelektrik santrali olmaktadır. 2002 yılı başında üretime geçen Berke Barajı, Sır Barajı ile Aslantaş Barajı arasında yaklaşık 200 metrelik düşüştan yararlanılarak, 201 m yüksekliğinde, çift eğrilikli ince beton kemer tipinde bir barajdan, 9,3 m çapında toplam 1921 m uzunluğunda bir enerji tünelinden ve 3 x 170 = 510 MW kurulu gücünden 120 x 120 x 44 m boyutunda bir yer altı santralinden oluşmaktadır. Barajın arkasında oluşacak göl hacmi 427 milyon m³ olup, yaklaşık 30 km uzunluğundadır. Santralde yılda ortalama 1 milyar 669 milyon kwh enerji üretilmektedir. Berke Barajı ve Hidroelektrikle santralinin dünyanın 16.inci ve Türkiye'nin en yüksek kemer barajıdır[11].

Barajlara gelen akımlar E.İ.E.İ. ve DSİ tarafından akım gözlem istasyonları kurularak aylık akım değerleri ölçülmektedir. Gelen akımlar ölçülen akım gözlem istasyonlarından baraj akımlarına taşınmış şekilde kullanılmaktadır. Sır ve Berke barajının akım değerleri ve buharlaşma değerleri aşağıdaki bölümlerde ayrıntılı olarak incelenecektir.



Şekil 4.2. Ceyhan Havzasının görünüşü [12].

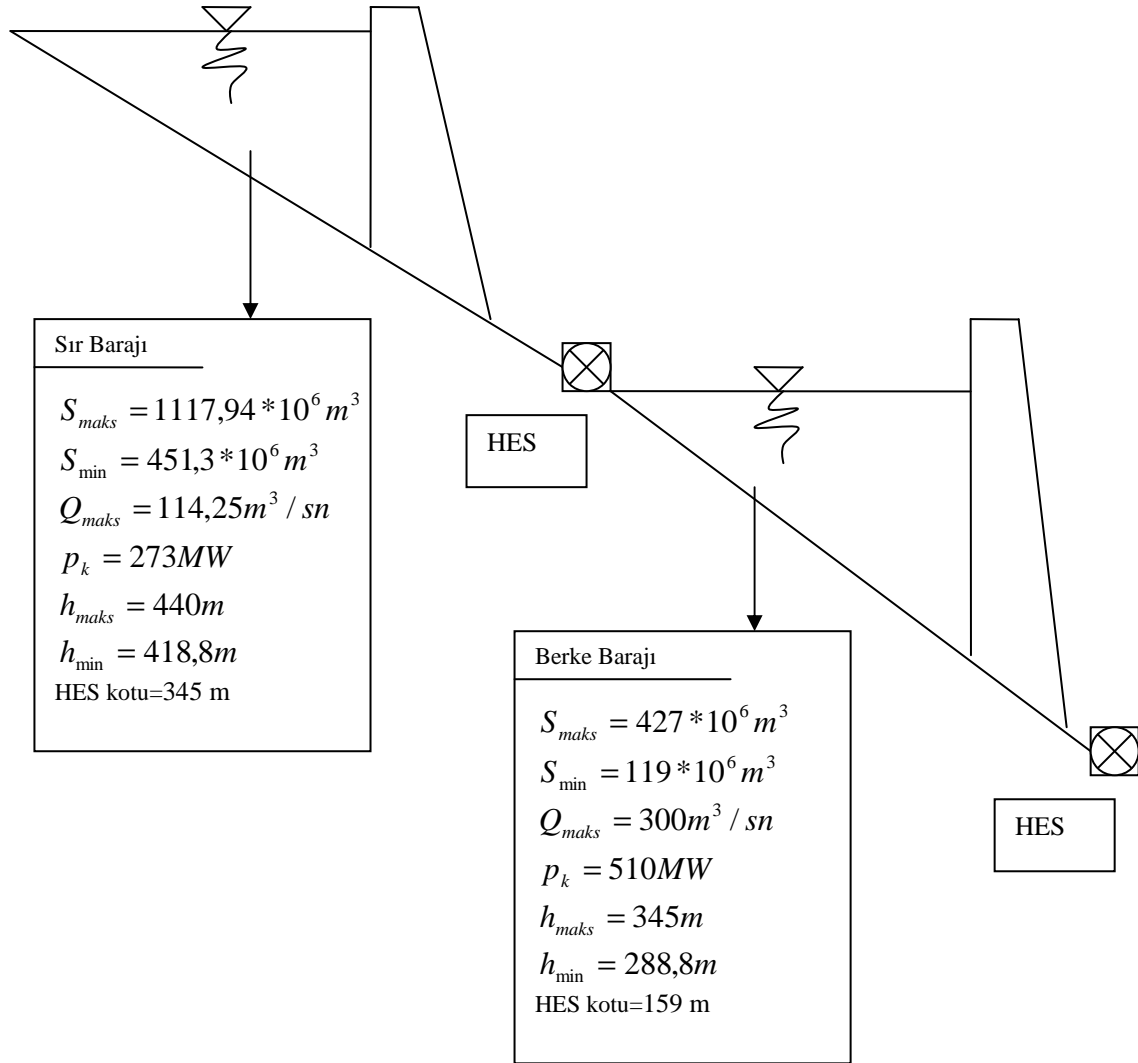
Ceyhan havzası görünüşü içerisinde ana kolları, tali kolları ve bu kollar üzerindeki barajlar ve akım gözlem istasyonları Şekil 4.2'de gösterilmektedir.



Şekil 4.3. Sır ve Berke Barajlarının uydu görüntüsü [13].

Sır ve Berke barajlarının Google Earth'le uydu görüntüsü Şekil 4,3'de verilmektedir. Barajların bulunduğu yerler işaretlenmiş şekildedir. Ceyhan nehri ana kolu üzerinde seri bağlı olarak bulunan bu iki barajın nehir üzerindeki görüntüsü bu şekildedir.

Ceyhan nehri üzerinde seri bağlı olarak bulunan Berke barajının mansabından yaklaşık 44,2 km sonra Aslantaş barajı, memba tarafından yaklaşık 4,34 km önce Sır barajı bulunmaktadır. Sır barajının membasından yaklaşık 33,61 km önce kılavuzlu barajı yer almaktadır.



Şekil 4.4. Sır ve Berke Barajının şematik görünüşü.

Ceyhan nehri ana kolu üzerinde seri bağlı olarak bulunan enerji maksatlı olarak yapılmış Sır ve Berke barajlarının şematik görünüşü Şekil 4.4’de verilmektedir. Sır ve Berke barajlarında ait maksimum hacim, minimum hacim, maksimum debi, kurulu güç, maksimum işletme seviyesi, minimum işletme seviyesi, HES kotu Şekil 4.4’de verilmektedir.

Tablo 4.1. Ceyhan nehri ana kolu üzerinde birbirine seri bağılı olarak bulunan Sır ve Berke Barajlarına ait veriler [14];

BARAJLAR	SEMBOL	SİR	BERKE
Yağış Alanı (km^2)		12950	13222
Amaç		Enerji	Enerji
Kurulu Güç (MW)	P_k	273	510
Baraj Yüksekliği (m)		120	201
Maksimum işletme seviyesi (m)	h_{maks}	440	345
Minimum işletme seviyesi (m)	h_{min}	418,8	288,8
Maksimum Hacim ($10^6 m^3$)	S_{maks}	1117,94	427
Minimum Hacim ($10^6 m^3$)	S_{min}	451,3	119
Kuyruksuyu kotu (m)	HES kotu	345	159
Dolu Savak Kapasitesi (m^3 / sn)		7460	2000
Enerji Üretimi Kapasitesi (m^3 / sn)		114,25	300
Aylık Maksimum Akım (m^3 / sn)		782,57	799,07
Aylık Minimum Akım (m^3 / sn)		19,05	19,39
Aylık Ortalama Akım (m^3 / sn)		119,65	122,26

Ceyhan Nehri'nin ana kolunun uzunluğu 510 km' dir. Burada, baraj aksından baraj aksına mesafeleri belirlemek için Google Earth Programı'nda baraj aks yerlerinin koordinatları alınmıştır. Bu koordinatlar, Ceyhan Nehri'nin koordinatlarının işlenebildiği bir GPS tabanlı programda işlenerek barajlar arası mesafeler metre boyutunda belirlenmiştir [15].

Bu ölçümlere göre Sır ve Berke barajları arasındaki mesafe baraj aksından baraj aksına 4340 m dir.

Barajların resimleri sırası ile Şekil 4.5 ve Şekil 4.6'de gösterilmektedir.



Şekil 4.5. Sır Barajından bir görünüş [16].



Şekil 4.6. Berke Barajından bir görüntü [16].

4.1.1. Buharlaşma değerleri

Ceyhan nehri üzerinde bulunan Sır ve Berke barajlarının buharlaşma değerleri işletme seviyelerini doğrudan etkilediğinden dolayı buharlaşma miktarları aybaşı ve ay sonu hacimlerinin bir fonksiyonu olarak alınmaktadır. Bu buharlaşma değerleri hacim değerlerini alarak yükseklik değerleri hesaplanmakta bu yükseklikteki alan değerleri hesaplanarak mevcut alana ait buharlaşma değerleri hesaplanmaktadır. Buharlaşma değerleri mm/ay olarak kullanılmaktadır.

Ceyhan Havzası'ndaki çok barajlı su kaynakları sisteminin işletilmesi sırasında kullanılan buharlaşma değerleri (mm/ay) olarak Tablo 4.2' de verildiği gibidir. Bu değerler Çukurova Elektrik AŞ tarafından hazırlanan Berke Barajı ve Hidroelektrik Enerji Santrali Fizibilite Raporu'ndan alınmıştır.

Tablo 4.2. Sır ve Berke Barajında kullanılan buharlaşma değerleri verilmektedir. Değerler mm/ay olarak verilmiştir [14].

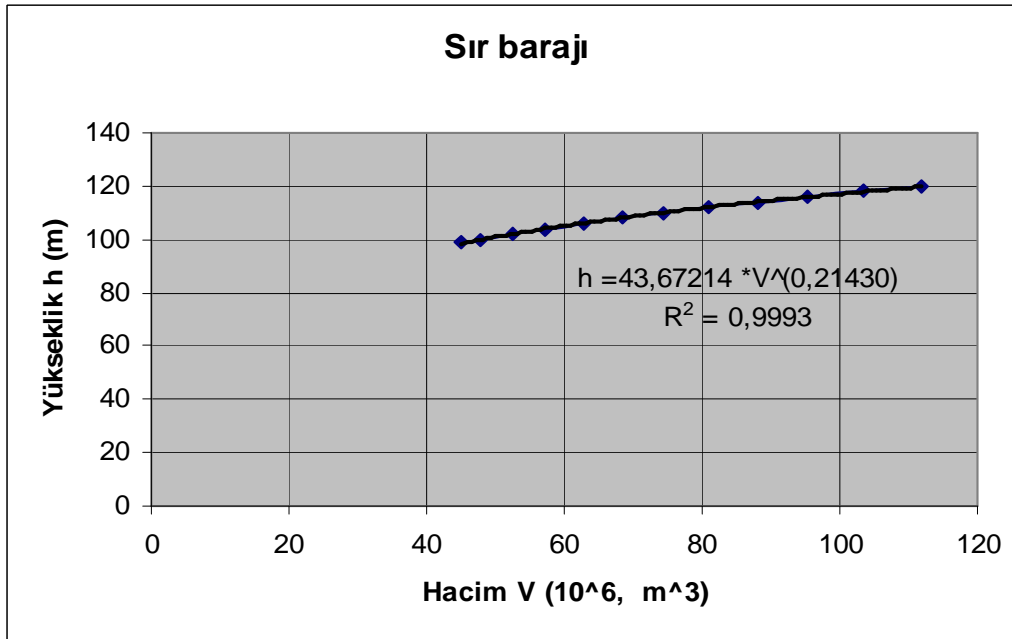
Temmuz mm/ay	Ağustos mm/ay	Eylül mm/ay	Ekim mm/ay	Kasım mm/ay	Aralık mm/ay	Ocak mm/ay	Şubat mm/ay	Mart mm/ay	Nisan mm/ay	Mayıs mm/ay	haziran mm/ay
395	397	270	154	55	26	24	45	66	118	202	296

Yukarıdaki Tablo 4.2'de verilmiş olan buharlaşma değerleri iki baraj içinde bir yıl boyunca bütün aylar için barajların her yükseklik değerinde ölçülmüş net buharlaşma değerlerinin aylık ortalaması şeklinde verilmiştir.

4.1.2. Yükseklik hacim ilişkisi

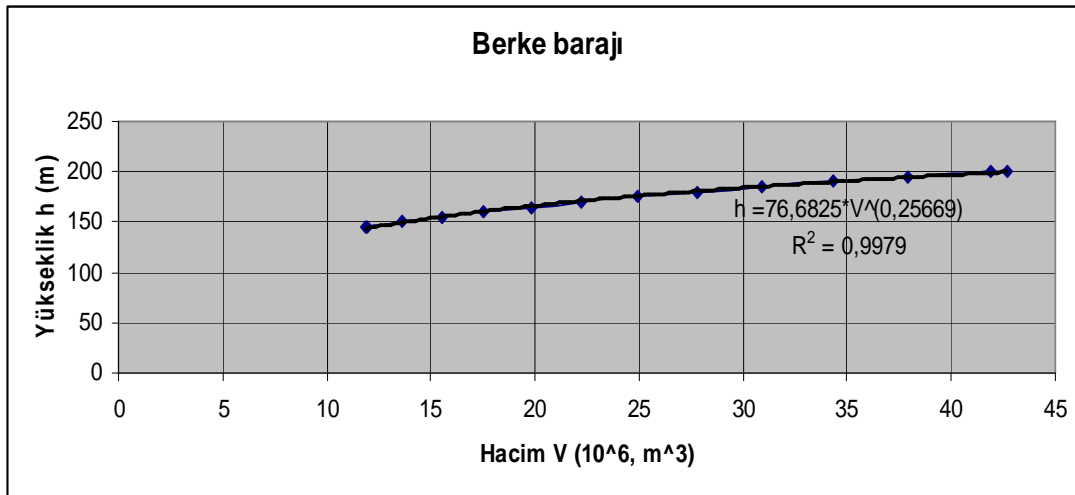
Güç değerlerini bulabilmemiz için işletme seviyelerine bağlı olarak yükseklik değerlerini bilmemiz gerekmektedir. Yükseklik hacim arasında tanımlanan $h = a * V^n$ denkleminde regresyon analizi yapılarak a,n katsayıları ve R^2 regresyon katsayısı hesaplanarak grafik üzerinde gösterilmektedir.

Ceyhan havzasındaki Sır ve Berke barajlarına ait yükseklik hacim grafikleri ve denklemleri sırası ile Şekil 4.7, Şekil 4.8’de gösterilmektedir.



Şekil 4.7. Sır Barajı yükseklik- hacim grafiği, denklemleri ve regresyon değeri.

Yukarıdaki Şekil 4.7’ye göre Sır barajı için maksimum hacim değeri için maksimum baraj yüksekliği ve ölü hacim seviyesi içinde minimum baraj yüksekliği elde edilmektedir. Maksimum ve ölü hacim arasında seçilen herhangi bir hacim değeri için yükseklik değeri hesaplanmaktadır.



Şekil 4.8. Berke Barajı yükseklik- hacim grafiği, denklemi ve regresyon değeri.

Yukarıdaki Şekil 4.8’de Berke barajı için maksimum hacim değeri için maksimum baraj yüksekliği ölü hacim seviyesi içinde minimum baraj yüksekliği elde edilmektedir. Maksimum ve ölü hacim arasında seçilen hacim değeri için baraj yüksekliği elde edilmektedir.

Uzun süreli işletme çalışmasında, barajlardaki su miktarı $10^7 m^3$ olarak alınmaktadır. Sır ve Berke barajı yükseklik hacim denkleminin parametreleri ve regresyon değerleri Tablo 4.3’de verilmektedir.

Tablo 4.3. Uzun süreli işletme optimizasyonu için yükseklik-hacim denkleminin parametreleri ve regresyon değeri ($h = a.V^n$, h(m), $V(10^7 m^3)$).

Barajlar	a	n	R^2
Sır barajı	43,67214	0,21430	0,9993
Berke barajı	76,6825	0,25669	0,9979

Yukarıda elde edilen değerlere göre Sır ve Berke barajlarının yükseklik hacim arasındaki geçiş denklemi elde edilmiştir. Bu denklemlerde yükseklik hacim arasında logaritmik bir değişim olduğu görülmektedir. Bu denklemlerin yüksekliğe göre türevi alınarak yükseklik – alan arasındaki bağıntı elde edilmiştir.

4.1.3. Yükseklik alan ilişkisi

Barajların gölet yüzeyinin artması su yüksekliğine bağlı olarak artmaktadır. Gölet yüzey alanındaki buharlaşma değerlerini bulabilmek için farklı yüksekliklere ait gölet yüzey alanının bilinmesi gerekmektedir [17]. Bu nedenle bir önceki bölümde yükseklik hacim denkleminin türevi alınarak yükseklik alan denklemi elde edilmiştir. Bu denklem $A = b.h^m$ şeklinde olup Sır ve Berke barajları için denklem parametreleri Tablo 4.4’de verilmektedir.

Yükseklik – alan arasındaki elde edilen bu parametrelerle herhangi baraj yüksekliğindeki alan değerleri hesaplanmaktadır. Alan değerleri $10^6 m^2$ olarak verilmektedir.

Tablo 4.4. Uzun süreli işletme optimizasyonu için Sır ve Berke Barajının yükseklik-alan denkleminin parametreleri ($A = b.h^m$, A ($10^6 m^2$), h (m))

Barajlar	b	m
Sır barajı	$1,035648937 * 10^{-7}$	3,666347903
Berke barajı	$1,770315082 * 10^{-7}$	2,895883386

4.1.4. Barajlara gelen akımlar

1973'den 2000 yılına kadar olan akım gözlem değerleri barajların aksına taşınmış olarak m^3/sn boyutunda düzenlenmiştir [14]. Sır ve Berke barajları için akımlarına taşınmış akım gözlem değerleri Tablo 4.5 ve Tablo 4.6'da verilmektedir.

Bu akım değerlerinden her baraj için ortalama akım değerleri elde edilmiş bu değerlerde aşağıda Tablo 4.7'de verilmiştir. 1973'den 2000 yılları arasındaki akım değerleri göz önüne alındığında kurak dönemin 1973-1974 yılları arası olduğu belirlenmiştir. Kurak döneme ait akımlarda Tablo 4.8'de verilmektedir.

Tablo 4.5. Sır Barajı 1973-2000 yılları arası aksına gelen akımlar (m³/sn)[14].

Sıra	Yıllar	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Toplam
1	1973	52,37	59,52	47,4	38,45	65,28	126,32	182,8	107,76	43,43	21,35	19,05	19,24	782,96
2	1974	30,06	38,3	59,79	45,39	62,1	225,54	195,83	107,18	45,03	25,12	21,93	32,22	888,51
3	1975	36,66	38,36	82,73	100,51	105,55	247,34	497,5	309,07	108,38	53,97	37,42	37,73	1655,22
4	1976	44,74	46,78	47,4	88,47	86,83	192,28	497,5	367	164,09	69,45	42,52	42,83	1689,89
5	1977	77,55	90,93	197,44	112,22	217,04	345,41	418,68	333,73	145,72	70,03	44,53	47,69	2100,97
6	1978	57,48	55,26	66,67	143,53	222,12	243,9	333,92	251,72	121,42	59,13	40,69	42,71	1638,54
7	1979	58,62	64,26	125,17	287,49	232,28	202,6	205,91	155,93	99,49	53,39	36,16	38,8	1560,12
8	1980	51,34	95,08	135,5	121,73	137,1	413,67	782,57	687,61	261,29	90,67	58,58	56,52	2891,66
9	1981	67,8	66,04	88,47	129,76	206,88	497,98	390,82	294,73	171,21	75,19	44,87	47,57	2081,32
10	1982	56,33	65,45	200,88	210,06	122,43	168,76	319,7	243,69	96,53	52,25	40,46	43,24	1619,77
11	1983	53,46	51,34	48,43	55,2	69,09	190,56	328,59	232,22	94,75	46,28	33,8	37,79	1241,52
12	1984	48,59	110,49	128,04	104,53	142,62	204,32	276,44	215,58	82,9	40,32	30,08	33,82	1417,71
13	1985	40,67	45,3	44,42	69,54	110,36	124,03	214,21	99,15	37,09	21,35	19,05	18,89	844,05
14	1986	46,75	51,11	59,79	142,95	109,09	133,78	130,64	95,14	63,93	21,35	19,05	20,84	894,42
15	1987	34,71	59,52	75,85	177,94	213,23	231,07	444,75	330,29	155,2	59,7	36,79	40,28	1859,33
16	1988	47,84	78,49	150,41	117,72	148,75	327,63	502,24	348,07	148,09	70,6	40,46	43,18	2023,48
17	1989	75,26	97,45	122,88	83,31	76,07	143,53	111,68	61,87	26,54	21,35	19,05	36,96	875,94
18	1990	46,75	51,11	67,64	142,95	112,8	133,78	130,64	95,14	63,93	21,35	19,05	20,84	905,98
19	1991	34,79	51,59	62,32	43,42	75,85	171,97	241,61	146,72	79,93	29,94	19,05	18,89	976,06
20	1992	22,7	46,86	73,32	67,81	74,8	166,54	323,37	261,8	108,86	44,86	34,27	44,98	1270,18
21	1993	68,69	102,49	144,88	80,8	80,18	178,76	386,47	391,96	123,7	45,7	22,82	85,05	1711,51
22	1994	45,87	51,12	52,02	88,31	104,29	130,28	166,68	99,11	16,15	21,35	19,05	25,67	819,9
23	1995	33,24	71,81	77,7	148,44	118,06	159,74	329,32	228,13	89,22	28,36	19,05	28,03	1331,09
24	1996	50,83	137,66	83,4	169,38	149,34	358,08	501,07	399,2	118,9	49,98	23,24	37,59	2078,66
25	1997	87,68	65,06	126,8	136,15	96,81	88,87	305,24	223,17	71,49	21,45	19,05	33,11	1274,88
26	1998	50,35	79,35	93,61	68,5	84,51	159,87	347,63	228,29	79,69	22,23	19,05	34,09	1267,16
27	1999	32,1	69,28	190,43	112,42	187,78	179	240,48	134,75	51,04	21,35	19,05	25,32	1262,99
28	2000	35,06	37,6	38,68	84,83	92,59	182,92	406,18	223,92	53,72	25,15	33,36	23,65	1237,67

Tablo 4.6. Berke Barajı 1973-2000 yılları arası aksına gelen akımlar (m³/sn)[14].

Sıra	Yıllar	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Toplam
1	1973	53,54	60,84	48,47	39,33	66,72	129,04	186,7	110,1	44,5	22,01	19,65	19,75	800,66
2	1974	30,76	39,18	61,11	46,42	63,48	230,35	200,02	109,52	46,13	25,86	22,6	33	908,42
3	1975	37,5	39,24	84,54	102,69	107,71	252,6	508,02	315,64	110,82	55,32	38,41	38,63	1691,1
4	1976	45,75	47,83	48,47	90,39	88,72	196,39	508,02	374,79	167,7	71,13	43,62	43,83	1726,63
5	1977	79,25	92,91	201,66	114,47	221,67	352,74	427,54	340,82	148,94	71,71	45,67	48,8	2146,17
6	1978	58,75	56,48	68,14	146,61	226,86	249,09	341,01	257,08	124,13	60,59	41,74	43,71	1674,2
7	1979	59,92	65,68	127,87	293,59	237,23	206,93	210,3	159,29	101,74	54,73	37,12	39,72	1594,13
8	1980	52,49	97,15	138,41	124,36	140,05	422,42	799,07	702,13	266,93	92,79	60,02	57,81	2953,63
9	1981	69,29	67,5	90,39	132,56	211,3	508,5	399,1	301	174,96	76,98	46,02	48,67	2126,28
10	1982	57,58	66,89	205,17	214,54	125,07	172,38	326,48	248,89	98,71	53,56	41,51	44,26	1655,04
11	1983	54,65	52,49	49,52	56,43	70,61	194,63	335,56	237,17	96,9	47,47	34,72	38,69	1268,84
12	1984	49,68	112,88	130,8	106,79	145,68	208,68	282,31	220,19	84,8	41,38	30,91	34,64	1448,74
13	1985	41,59	46,32	45,42	71,07	112,75	126,7	218,77	101,32	38,02	22,01	19,65	19,39	863,03
14	1986	47,8	52,25	61,11	146,03	111,45	136,66	133,45	97,22	65,43	22,01	19,65	21,38	914,45
15	1987	35,5	60,84	77,51	181,75	217,78	235,94	454,16	337,31	158,62	61,17	37,76	41,23	1899,58
16	1988	48,91	80,2	153,64	120,26	151,94	334,58	512,86	355,46	151,36	72,3	41,51	44,2	2067,23
17	1989	76,91	99,57	125,53	85,12	77,74	146,61	114,09	63,25	27,25	22,01	19,65	37,84	895,58
18	1990	47,8	52,25	68,97	146,03	115,16	136,66	133,45	97,22	65,43	22,01	19,65	21,38	926,01
19	1991	35,59	52,74	63,7	44,4	77,51	175,65	246,75	149,88	81,77	30,79	19,65	19,39	997,81
20	1992	23,24	47,92	74,93	69,3	76,44	170,11	330,23	267,38	111,3	46,02	35,2	46,03	1298,1
21	1993	70,21	104,71	147,99	82,57	81,94	182,58	394,66	400,28	126,45	46,87	23,5	86,95	1748,7
22	1994	46,91	52,26	53,18	90,24	106,55	133,08	170,24	101,27	16,65	22,01	19,65	26,32	838,37
23	1995	34,01	73,39	79,4	151,62	120,61	163,17	336,3	233	91,25	29,18	19,65	28,73	1360,3
24	1996	51,97	140,62	85,22	173	152,54	365,67	511,66	407,66	121,56	51,25	23,93	38,48	2123,56
25	1997	89,59	66,5	129,53	139,07	98,91	90,81	311,72	227,94	73,15	22,12	19,65	33,91	1302,9
26	1998	51,47	81,09	95,64	70	86,35	163,3	355	233,16	81,52	22,92	19,65	34,91	1295,03
27	1999	32,84	70,81	194,5	114,85	191,79	182,82	245,6	137,66	52,27	22,01	19,65	25,96	1290,76
28	2000	35,87	38,46	39,56	86,68	94,61	186,83	414,78	228,7	55,01	25,9	34,27	24,26	1264,91

Tablo 4.7. Barajlara havzasından gelen aylık ortalama akım değerleri (m³/sn)

Tablo 4.7

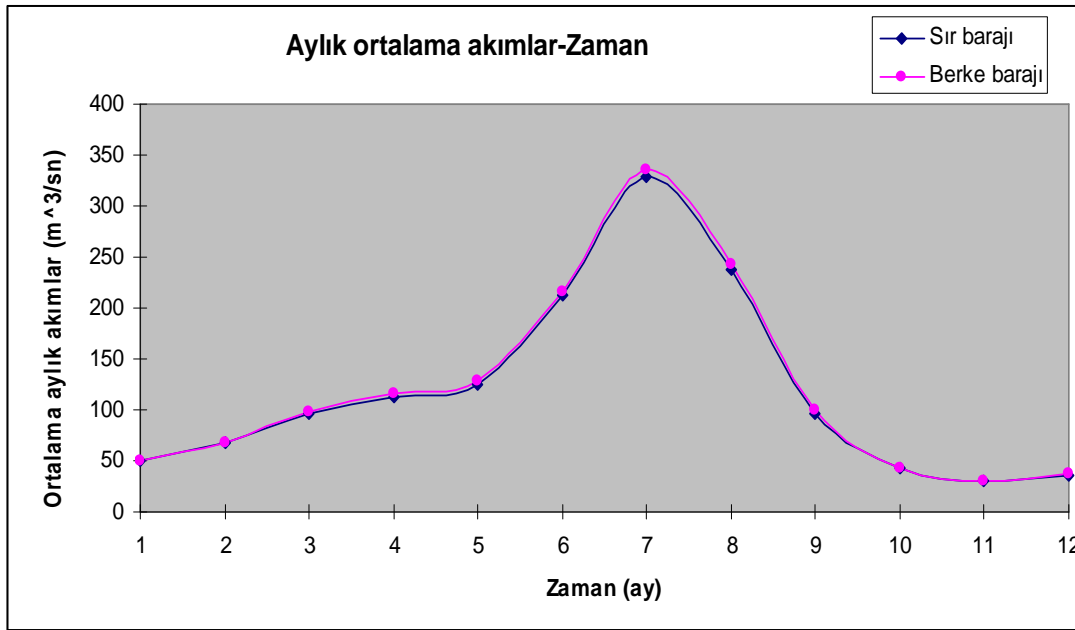
Barajlar	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Toplam
Sır	49,58	67,06	96,15	113,28	125,14	211,73	329,02	238,32	97,2	42,26	29,7	36,34	1435,8
Berke	50,69	68,54	98,23	115,72	127,83	216,25	335,99	243,4	99,4	43,36	30,52	37,21	1467,15

Tablo 4.8. Barajlara kurak dönemde havzasından gelen aylık ortalama akım değerleri (m³/sn)

Tablo 4.8

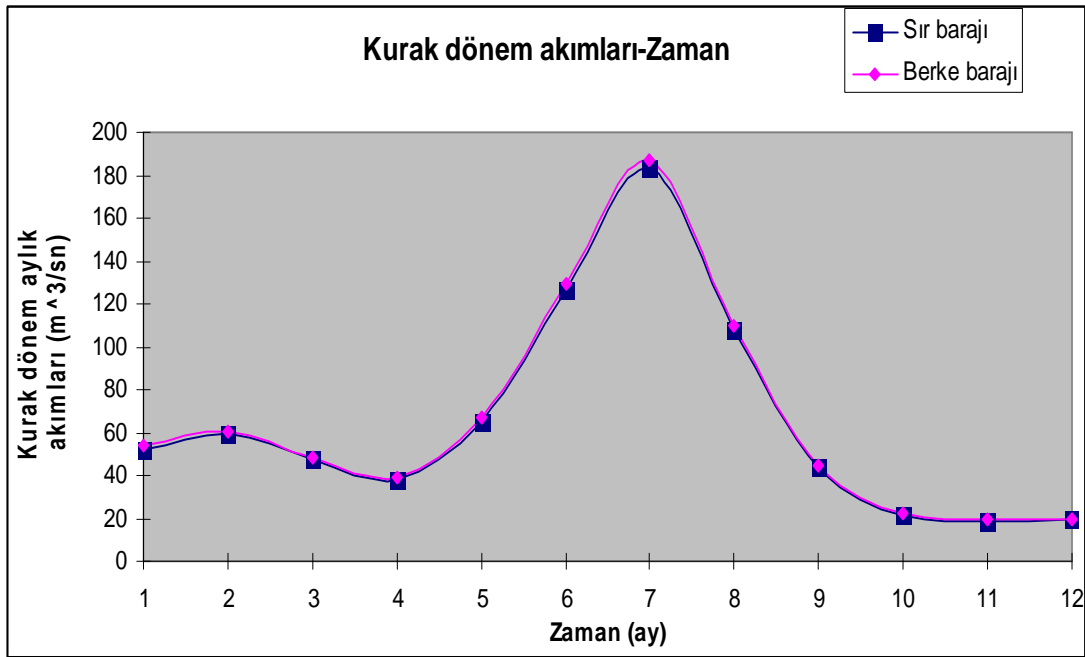
Barajlar	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Toplam
Sır	21,35	19,05	19,24	52,37	59,52	47,4	38,45	65,28	126,32	182,8	107,76	43,43	782,96
Berke	22,01	19,65	19,75	53,54	60,84	48,47	39,33	66,72	129,04	186,7	110,1	44,5	800,66

Barajlara havzasından gelen aylık ortalama akımlar ve kritik dönem aylık akımlarının grafik gösterimi Şekil 4.9. ve Şekil 4.10'da sırası ile gösterilmektedir.



Şekil 4.9. Sır ve Berke Barajlarına ait ortalama aylık akımların zaman içerisindeki değişimi.

Şekil 4.9'a göre Sır ve Berke barajlarına havzasından gelen akımların en fazla olduğu ay ocak ayı, akımların en az olduğu ay ise mayıs ayı olarak görülmektedir. Bu iki barajın havzasına gelen ortalama aylık akımların paralellik göstermektedir. Sır ve Berke barajlarının ocak ayında havzasından gelen aylık ortalama akım farkı $6,97 \cdot 10^7 m^3$ tür. Sır ve Berke barajlarının dönem içindeki toplam akım farkı ise $31,35 \cdot 10^7 m^3$ dür. Ocak ayındaki fark toplam dönem içi ortalama akım farkının yaklaşık % 22'si olmaktadır. Aylık ortalama akımların en düşük olduğu mayıs ayında ise Sır ve Berke barajlarının akım farkı $0,82 \cdot 10^7 m^3$ 'tür. Barajların mayıs ayındaki aylık ortalama akım farkı, dönem içi toplam aylık ortalama akım farkının yaklaşık % 3'ü olduğu görülmektedir.



Şekil 4.10. Sır ve Berke Barajlarına ait kurak dönem aylık akımlarının zaman içerisindeki değişimi

Şekil 4.10'a göre Sır ve Berke barajlarına belirlenen kurak dönemde gelen akımların en fazla olduğu ay ocak ayı, en düşük olduğu ay ise mayıs ayı olarak görülmektedir. Kurak dönem içerisinde Sır ve Berke barajlarına gelen akımların paralellik gösterdiği görülmektedir. Kurak dönem içerisinde farkın en fazla olduğu ocak ayında fark $3.9 \cdot 10^7 m^3$ olmakta bu değer kurak dönemde barajlara gelen toplam akım farkının yaklaşık % 22'sine denk gelmektedir. Kurak dönemde akımların en az olduğu mayıs ayında ise fark $0,6 \cdot 10^7 m^3$ olmakta bu değer toplam akım farkının % 3,4'ü olmaktadır.

4.2. Dinamik Programlama İle Güç Hesaplamaları

Kurak dönem (1973 yılı) aylık akımları ile güvenilir gücü maksimum yapacak şekilde minimum işletme seviyelerini elde edebilmek için modele giren veriler ve kısıtlar aşağıda tablo şeklinde sırası ile verilmektedir. Güvenilir güç aynı modelde kısıt olarak konularak aylık ortalama akımlar ile toplam ortalama güçler hesaplanmakta ve normal işletme seviyeleri elde edilmektedir. Toplam ortalama güç hesapları için veriler ve kısıtlar aşağıda tablo şeklinde verilmektedir.

Başlangıç işletme politikası ile birlikte kısıtlar ve akım değerleri programa girdi olarak yazılmaktadır. Bunun sonucunda programdan güvenilir güç değeri, minimum işletme seviyeleri, ortalama güç değerleri, normal işletme seviyeleri elde edilmektedir.

Tablo 4.9. Barajlara havzasından gelen kurak döneme ait aylık akımlar

Barajlar	Aylar											
	T	A	E	E	K	A	O	Ş	M	N	M	H
Sır ($10^7 m^3$)	3	3	2	5	6	5	4	6	12	17	10	4
Berke ($10^7 m^3$)	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0

Barajlara havzasından kurak dönem içerisinde gelen aylık akımların $10^7 m^3$ şeklinde programa girdi olarak verilmiş hali Tablo 4.9'da gösterilmektedir. Sır barajına kurak dönem içerisinde gelen akım değerinin en fazla olduğu ay nisan ayı olarak görülmektedir. Sır barajında kurak dönem içerisinde gelen aylık akımların değişiminin çok yüksek olduğu görülmektedir. Sır barajı için akımın en az olduğu ay olan eylül ayında $2 \cdot 10^7 m^3$ olmakta ve bu değer akımın en fazla olduğu nisan ayının yaklaşık % 12'si kadar olmaktadır.

Berke barajında kurak dönem içerisinde gelen aylık akımlarının Sır barajına göre düşük olduğu görülmektedir. Berke barajı için gelen akımın en az olduğu ay eylül ayı $0,132 \cdot 10^7 m^3$, en fazla olduğu ay nisan ayında ise $1,01 \cdot 10^7 m^3$ akım değeri gelmektedir. Kurak dönemde Berke barajına gelen toplam akım miktarı Sır barajına gelen akım miktarının yaklaşık % 6'sı kadardır.

Tablo 4.10. Barajlara havzasından gelen aylık ortalama akımlar

Barajlar	Aylar											
	T	A	E	E	K	A	O	Ş	M	N	M	H
Sır ($10^7 m^3$)	5	4	4	5	6	9	11	12	19	30	22	9
Berke ($10^7 m^3$)	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2	1	1

Barajlara havzasından gelen aylık ortalama akımlar $10^7 m^3$ şeklinde Tablo 4.10'da verilmiştir. Tablo 4.10'a bakıldığında Sır barajında ortalama akımın en fazla olduğu ay nisan ayı, ortalama akımların en az olduğu ay ise ağustos ayı olarak görülmektedir. Berke barajında ise ortalama akımın en fazla olduğu ay nisan ayı, en az olduğu ay ise ağustos ayı olduğu görülmektedir. Sır barajına gelen aylık ortalama akım değeri toplamı $135,45 \cdot 10^7 m^3$ olmaktadır. Berke barajına gelen aylık ortalama akım değeri toplamı $8,1 \cdot 10^7 m^3$ dür. Bu değerlere bakıldığında Berke barajına gelen toplam akım miktarı Sır barajına gelen toplam akım miktarının % 6'sı olmaktadır.

Tablo 4.11. Barajların maksimum ve minimum işletme seviyeleri

Barajlar	Sır	Berke
$S_i^{maks} (10^7 m^3)$	112	43
$S_i^{min} (10^7 m^3)$	45	12

Tablo 4.11’de Sır ve Berke barajları için minimum ve maksimum işletme seviyeleri $10^7 m^3$ şeklinde verilmektedir. İşletme çalışmasında bu maksimum ve minimum değerler kısıt olarak kullanılıp işletme seviyeleri bu değerler arasında değişmektedir.

Tablo 4.12. Barajlardan enerji üretimi için bırakılacak maksimum akım miktarları

Barajlar	Sır	Berke
Q_i^{maks} ($10^7 m^3 / ay$)	84	89

Barajlardan aylık enerji üretimi için bırakılabilecek maksimum akım miktarları Tablo 4.12’de verilmektedir. Bu değerler kısıt olarak kullanılıp enerji üretimi için aylık bırakılabilecek maksimum akım miktarları bu kısıt’ı aşmamaktadır.

Tablo 4.2. Barajlardaki aylık buharlaşma değerleri (mm/ay)

T	A	E	E	K	A	O	Ş	M	N	M	H
395	397	270	154	55	26	24	45	66	118	202	296

Barajlarda kullanılan buharlaşma değerleri aylık mm cinsinden Tablo 4.2’de verilmektedir. Bu değerler barajların her ay için maksimum seviye ile ölü hacim seviyesine kadar bütün kotlarda buharlaşma ölçümü yapılmış ve ortalaması alınarak her ay için buharlaşma değerleri oluşturulmuştur. Kullanılan değerler net buharlaşma değerleridir.

4.2.1. Güvenilir güç sonuçları

Başlangıç işletme politikası ile birlikte Tablo 4.9, 11, 12, 2’de verilmiş olan değerler programda girdi olarak kullanılarak güvenilir güç değerleri ve minimum işletme seviyeleri elde edilmiştir. Bu değerler Tablo 4.13 ve Tablo 4.14’de verilmektedir.

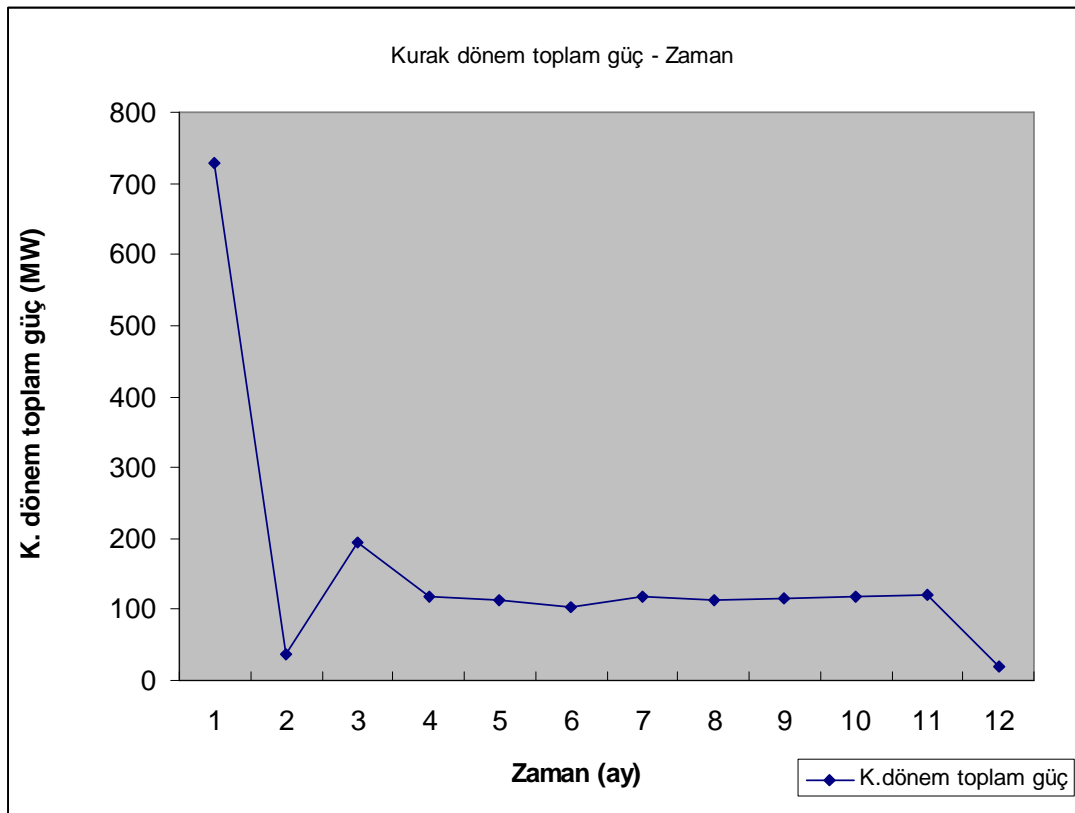
Tablo 4.13. Barajların kurak dönemdeki aylık güç değerleri.

Aylar	Barajlar (MW)		Toplam (MW)
	Sır	Berke	
Temmuz	227,990	501,510	729,5
Ağustos	0	37,878	37,878
Eylül	67,469	126,320	193,790
Ekim	38,730	78,798	117,530
Kasım	38,800	73,455	112,260
Aralık	36,049	68,405	104,450
Ocak	38,781	78,749	117,530
Şubat	38,829	73,688	112,520
Mart	39,267	75,292	114,560
Nisan	39,872	78,409	118,280
Mayıs	40,599	80,405	121,00
Haziran	4,9269	15,493	20,420

Yapılan çalışmadaki kurak dönem güç değerleri Tablo 4.13’de her ay ve her baraj için verilmektedir. Bu değerlere göre Sır barajında ağustos ayında güç üretimi için akım bırakılmadığından dolayı güç değeri hesaplanamamıştır. Bunun sebebi temmuz ayının sonunda baraj işletim seviyesi ölü hacim seviyesinin altına düşmesinden kaynaklanmaktadır. Sır barajı için en kurak dönem içerisinde en düşük güç değeri akım bırakılmadığı için ağustos ayında, en büyük güç değeri ise temmuz ayında

olduğu görülmektedir. Diğer aylarda güç değerleri yaklaşık aynı düzeyde devam ettiği görülmektedir. Berke barajında ise kurak dönem içerisinde üretilen gücün en az olduğu ay haziran ayı, gücün en fazla olduğu ay ise temmuz ayı olduğu görülmektedir. Sır ve Berke barajlarının kurak dönem sonunda güç değerlerinde büyük miktarda azalma olduğu görülmektedir. Bu azalmanın sebebi barajların işletme sonunda maksimum işletme seviyesine gelmesinden kaynaklanmaktadır.

Kurak dönem içerisinde üretilen toplam güç değeri 1899,715 MW tır. Bu güç değerinin yaklaşık % 32'si Sır barajında, % 68'i Berke barajında üretilmektedir. Sır barajında kurak dönem içerisinde üretilen toplam güç değeri, Berke barajında kurak dönem içerisinde üretilen toplam güç değerinin % 47,4'ü kadardır.



Şekil 4.11. Kurak dönem aylık toplam güç değerleri – zaman grafiği.

Kurak dönem içerisinde üretilen aylık güç değerleri zaman grafiği Şekil 4.11’de verilmektedir. Şekil 4.11’deki değerlere göre kurak dönemin ilk ayında (temmuz) aylık gücün en büyük olduğu görülmekte ve en düşük güç değerinin de kurak dönemin son ayında (haziran) elde edilmektedir. Kurak dönemin ikinci (ağustos) ve onikinci (haziran) ayında güç değerlerinde düşüş olsa da diğer aylarda yaklaşık aynı seviyede devam etmiştir.

Kurak dönem içerisinde güç üretiminin en fazla olduğu temmuz ayında toplam gücün % 38’i kadar güç üretilmektedir. Aylık toplam güç değerinin en az olduğu haziran ayındaki güç değeri, toplam kurak dönem içerisinde üretilen güç değerinin %1’i kadardır.

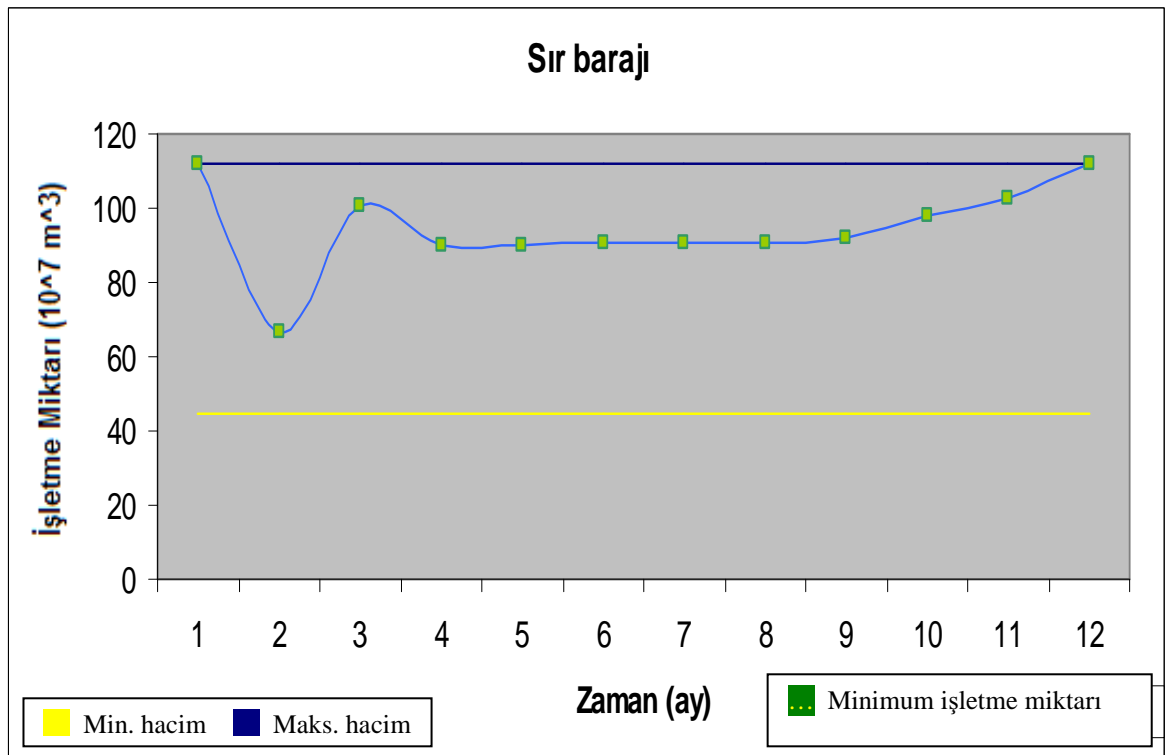
Kurak dönem akımları ile elde edilen güç değerlerine bakıldığı zaman aylık toplam üretilebilecek en küçük güç değerinin haziran ayında olduğu görülmüştür. Kurak dönem akımları ile elde edilen aylık toplam güç değerleri içerisinde en küçük olan aylık toplam güç değeri diğer aylarda da üretilebileceğinden güvenilir güç olarak seçilmektedir. Diğer aylara bakıldığı zaman aylık toplam güç değerleri bu değer üstünde olduğu görülmektedir. Bu değer aylık toplam minimum değeri ifade etmektedir. Bundan dolayı güvenilir güç değeri $P_G = 20,420 \text{ MW}$ (haziran ayı toplam güç değeri) olarak seçilmiştir.

Tablo 4.14. Kurak dönemde barajların minimum işletme seviyeleri.

Barajlar	Aylar											
	T	A	E	E	K	A	O	Ş	M	N	M	H
Sır ($10^7 m^3$)	112	67	101	90	90	91	91	91	92	98	103	112
Berke ($10^7 m^3$)	43	38	31	31	31	31	31	31	32	36	43	43

Kurak dönem akımları ile yapılan işletme çalışmasından elde edilen minimum işletme seviyeleri Tablo 4.14’de verilmektedir. İşletme seviyelerine bakıldığı zaman ilk ayda büyük düşüş olmasına rağmen, daha sonraki aylarda belirli bir seviyede devam ettikten sonra tekrar maksimum seviyeye doğru yükseldiği görülmektedir.

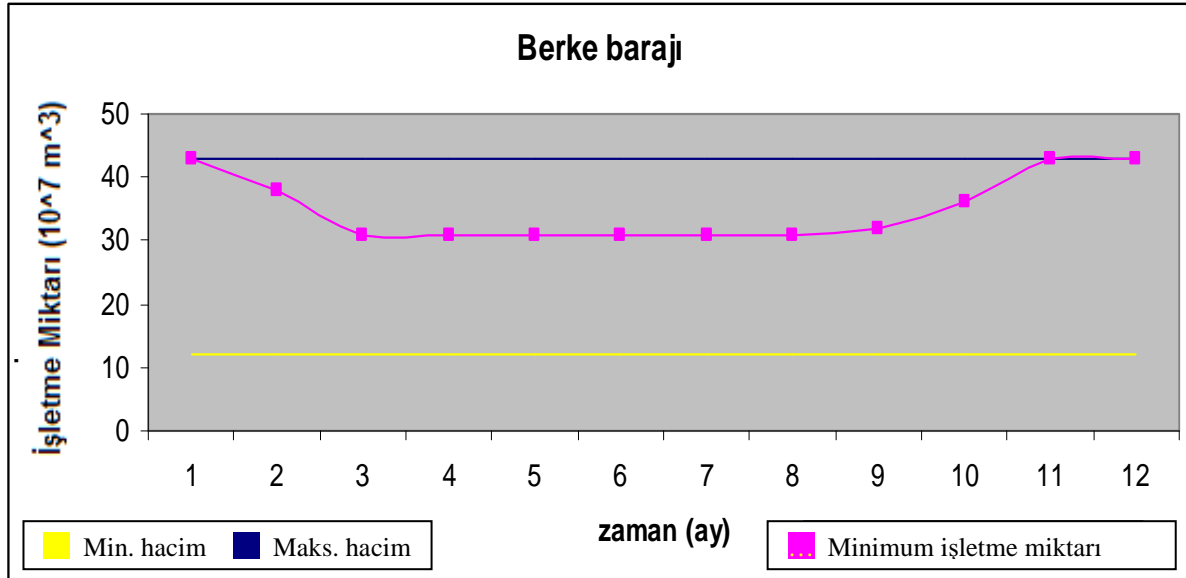
Barajların elde edilen kurak dönem işletme seviyelerinin grafikleri Şekil 4.12 ve Şekil 4.13’de gösterilmektedir.



Şekil 4.12. Sır Barajı aylık minimum işletme miktarı.

Sır barajının minimum işletme seviyelerine bakıldığı zaman ilk ayda sonra yaklaşık işletme seviyesinde $45 \cdot 10^7 m^3$ 'lük düşüşün olduğu görülmektedir. Bu düşüşün sebebi ilk ayda enerji üretimi için bırakılabilecek maksimum akım değerine yakın akım değeri bırakmasından kaynaklanmaktadır. İkinci ayda enerji üretimi için akım bırakılmadığından biriktirme yapılmış bundan dolayı üçüncü ayda işletme seviyesi

$101 \cdot 10^7 m^3$ seviyesine kadar çıkmıştır. Daha sonraki aylarda işletme seviyesi yaklaşık $92 \cdot 10^7 m^3$ seviyesinde devam etmiştir. Nisan ayından itibaren işletme seviyesinde yükselme başlamış ve son ay olan haziran ayında maksimum seviyede işletme çalışması tamamlanmıştır.



Şekil 4.13. Berke Barajı aylık minimum işletme miktarı.

Berke barajının minimum işletme seviyelerine bakıldığı zaman üçüncü aya kadar $12 \cdot 10^7 m^3$ 'lük düşüşün olduğu diğer aylarda yaklaşık $31 \cdot 10^7 m^3$ seviyesinde işletildiği görülmektedir. Nisan ayından itibaren işletme seviyeleri yükselmeye başlamış ve son ay maksimum işletme seviyesinde çalışma tamamlanmıştır.

4.2.2. Ortalama güç sonuçları

Bulduğumuz güvenilir güç değeri aynı modelde kısıt olarak konularak Tablo 4.10, 11, 12, 2 deki değerlerde kullanılarak ortalama güç değerleri ve normal işletme seviyeleri elde edilmiştir. Bu değerler Tablo 4.15 ve Tablo 4.16 da verilmiştir.

Tablo 4.15. Barajların aylık güç değerleri.

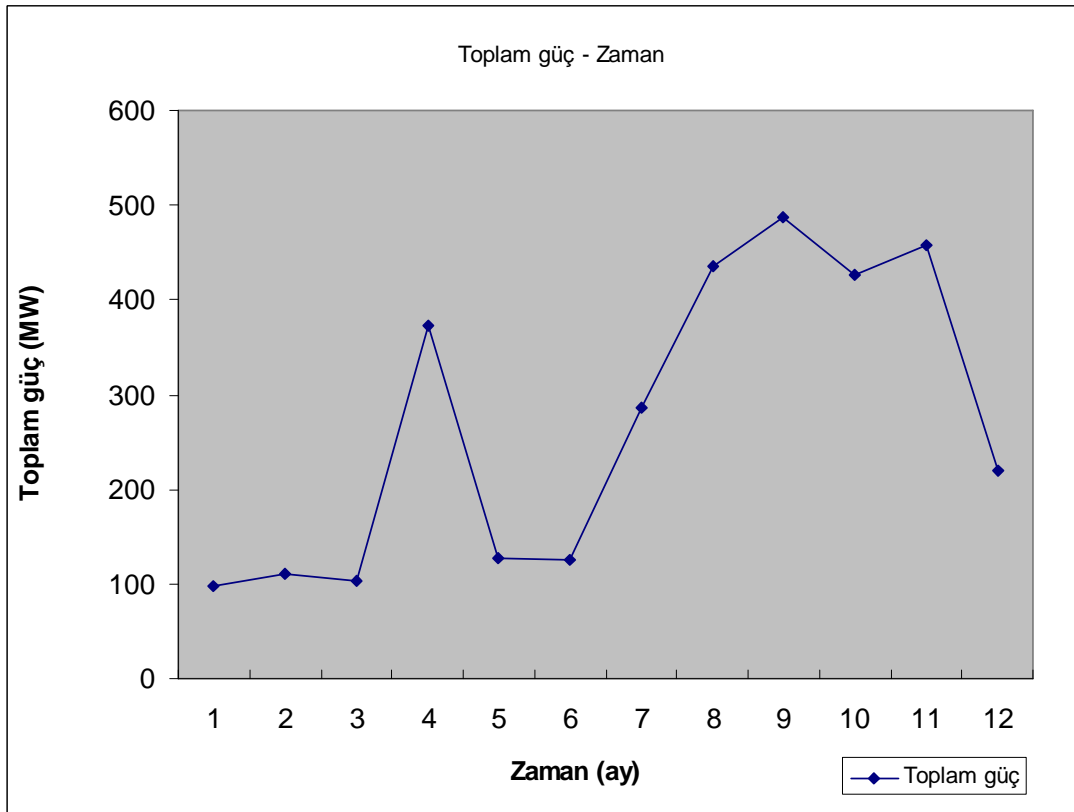
Aylar	Barajlar (MW)		Toplam (MW)
	Sır	Berke	
Temmuz	29,421	69,112	98,533
Ağustos	36,839	73,347	110,186
Eylül	34,454	68,752	103,206
Ekim	125,450	247,270	372,72
Kasım	42,122	84,673	126,795
Aralık	41,184	83,730	124,914
Ocak	95,575	190,76	286,335
Şubat	145,670	289,200	434,87
Mart	162,630	325,140	487,77
Nisan	140,930	286,300	427,23
Mayıs	152,220	305,590	457,81
Haziran	70,898	149,480	220,378

Barajlarda aylık ortalama akımlar ile elde edilen güç değerleri Tablo 4.15’de verilmektedir. Bu güç değerlerine göre Sır barajı için aylık güç değerinin en düşük olduğu temmuz ayında 29,421 MW olduğu, güç değerinin en fazla olduğu mart ayında ise 162,630 MW olduğu görülmektedir. Sır barajında ortalama akımlar ile elde edilen güç değerlerinin dönem içerisindeki dağılımına bakıldığında % 15’i mart ayında, % 2,7’si temmuz ayında elde edilmiştir. Ortalama akımlar ile dönem içerisindeki toplam güç değerine en fazla katkının mart ayında en az katkının ise temmuz ayında olduğu görülmektedir.

Berke barajında ortalama akımlar ile elde edilen güç değerlerine bakıldığı zaman en fazla güç değerinin üretildiği ay mart ayında 321,140 MW, güç değerinin en az olduğu ay eylül ayında ise 68,752 MW güç değeri elde edilmiştir. Berke barajı için güç değerlerinin dönem içerisindeki dağılımına bakıldığı zaman %14,7’si mart ayında elde edilmiş, % 3,16’sı ise eylül ayında elde edilmiştir. Berke barajında

ortalama akımlar ile elde edilen güç değerlerine bakıldığında toplam güce en büyük katkının mart ayında, en az katkının ise eylül ayında olduğu görülmektedir.

Dönem içerisinde ortalama akımlar ile elde edilen güç değerlerine bakıldığı zaman toplam güç değerinin % 33'ü Sır barajından, % 67'si Berke barajı tarafından karşılanmaktadır. Dönem içerisindeki üretilen toplam güç değerinin barajların bu dönemde ürettiği güç değerleri dağılımına bakıldığında Berke barajında üretilen güç değeri Sır barajının yaklaşık iki katı olmaktadır.



Şekil 4.14. Barajlarda aylık toplam güç - zaman grafiği.

Barajlardaki aylık güç üretiminin dönem içerisindeki aylara göre değişim grafiği Şekil 4.14'de verilmektedir. Bu değerlere bakıldığında aylık toplam akımın en az olduğu birinci (temmuz ayı) ayda 98,533 MW, en fazla olduğu ay dokuzuncu (mart)

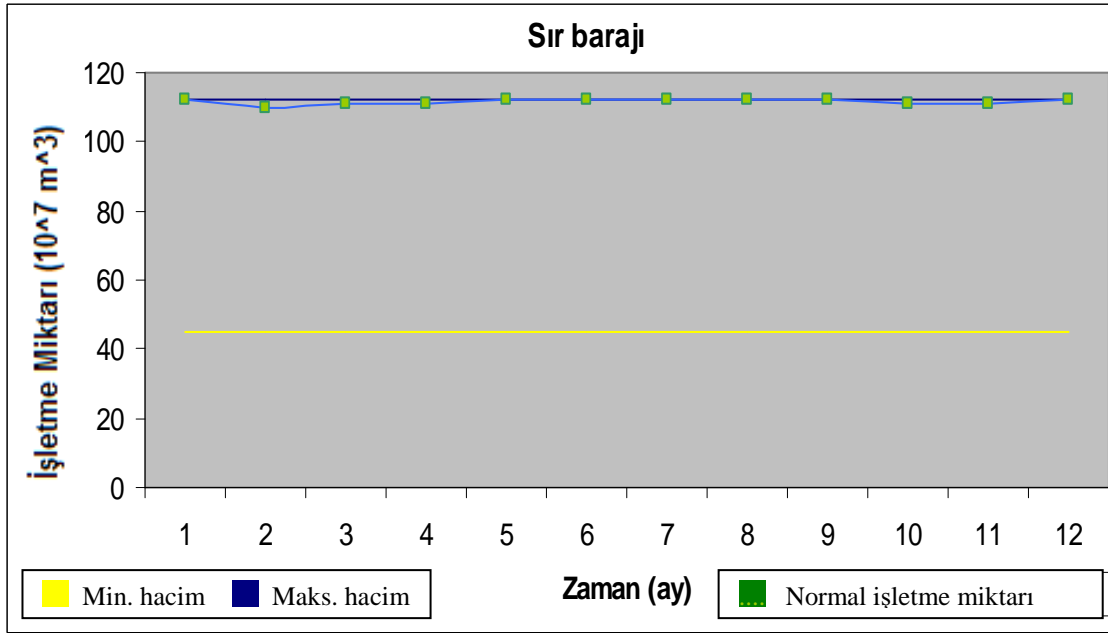
ayda 487,77 MW elde edilmiştir. Diğer aylardaki aylık toplam güç değerlerine bakıldığı zaman dördüncü aydaki % 261,14'lük artış hariç altıncı aya kadar yaklaşık 118 MW'lık güç üretim değerinde devam etmekte daha sonra dokuzuncu ayda maksimum seviyeye çıkmaktadır. Sonraki aylarda sırası ile aylık toplam güç değerlerinde yaklaşık % 12 düşüş, % 6 artma gözlenmiştir. Son ayda ise maksimum seviyedeki güç değerinin yaklaşık % 54'ü kadar azalma gözlenmiştir.

Tablo 4.16. Barajlardaki aylık normal işletme seviyeleri.

Barajlar	Aylar											
	T	A	E	E	K	A	O	Ş	M	N	M	H
Sır ($10^7 m^3$)	112	110	111	111	112	112	112	112	112	111	111	112
Berke ($10^7 m^3$)	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43

Ortalama akımlar ile yapılan işletme çalışması sonucunda elde edilen barajlardaki normal işletme seviyeleri Tablo 4.16'da verilmektedir. Bu değerlere göre barajların ortalama akımlar ile işletilmesi sonucunda elde edilen normal işletme seviyeleri maksimum işletme seviyelerine çok yakın olduğu görülmektedir.

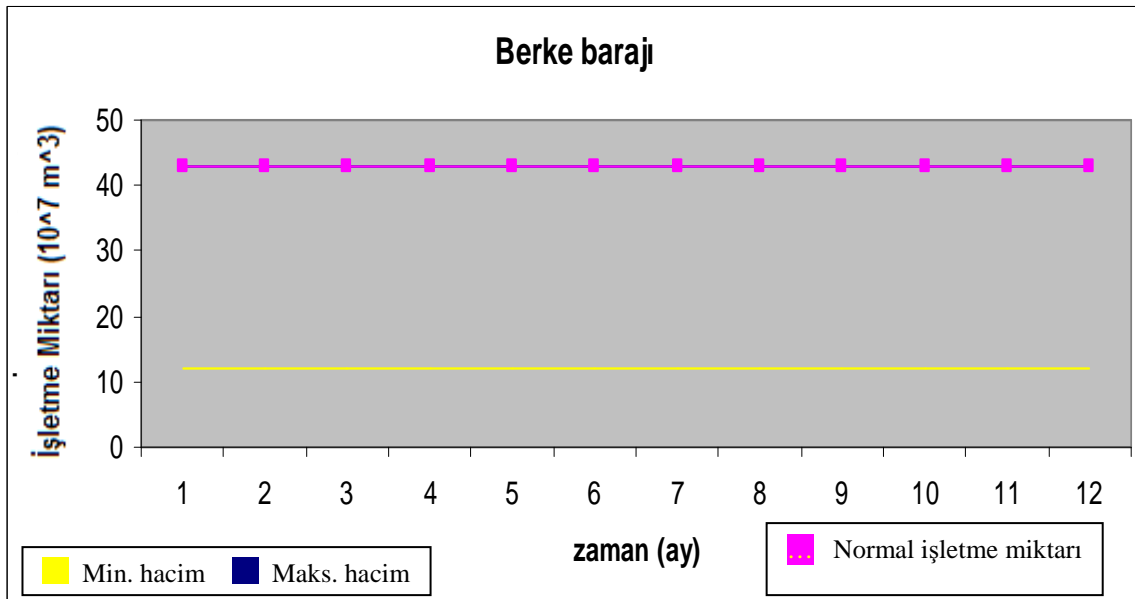
Barajlarda ortalama aylık akımlar ile yapılan işletme çalışması sonucunda elde edilen normal işletme seviyeleri, her barajın maksimum işletme seviyesi ve minimum işletme seviyesi ile birlikteki grafik gösterimi Şekil 4.15 ve Şekil 4.16'da gösterilmektedir.



Şekil 4.15. Sır Barajı normal işletme miktarı

Şekil 4.15’de Sır barajının normal işletme seviyesi maksimum ve minimum işletme seviyeleri arasında gösterilmektedir. Bu değerlere göre Sır barajında normal işletme seviyesi maksimum işletme seviyesine çok yakın olduğu görülmektedir. Normal işletme seviyesinin en düşük olduğu ağustos ayında bile $110 \cdot 10^7 m^3$ seviyesinde işletilmektedir.

Sır barajında ortalama aylık akımlar ile elde edilen normal işletme seviyelerine bakıldığında, maksimum işletme seviyesine yakın değerlerde işletilmesine karşın güç değerlerinde kurak dönem ortalama aylık akım değerleri ile elde edilen güç değerlerinin yaklaşık iki katı elde edilmektedir. Güç değerlerinin yükselmesi işletme seviyelerinin yükselmesi ile düşü yüksekliğindeki artış ve ortalama aylık akımların artması ile artmaktadır.



Şekil 4.16. Berke Barajı normal işletme miktarı

Şekil 4.16’de aylık ortalama akımlar ile yapılan işletme çalışması sonucunda Berke barajının normal işletme seviyesinin maksimum işletme seviyesi ile minimum işletme seviyesi arasındaki değişimi gösterilmektedir. Berke barajının normal işletme seviyesi maksimum işletme seviyesine çok yakın değerde işletildiği görülmektedir.

Birbirine seri bağlı halde bulunan Sır ve Berke barajlarının işletme seviyeleri kurak dönemde ve normal işletme döneminde benzer değişim göstermektedir. Bunun sebebi Sır barajının bırakım değerine göre Berke barajının bırakım değerini belirlemesinden dolayı işletme seviyelerindeki değişimde paralellik göstermektedir.

Güvenilir gücün kısıt olarak konulup aylık ortalama akımlar ile yapılan işletme çalışmasında elde edilen güç değerleri, maksimum güç $P_{maks} = 487,77$ MW, minimum güç $P_{min} = 98,533$ MW ve ortalama güç değeri $P_{ort} = 270,896$ MW olarak bulunmuştur.

4.3. DSİ Formülleri İle Güç Hesaplamaları

DSİ genel müdürlüğünce güvenilir gücün ve ortalama gücün hesaplanması için aşağıda belirtilen denklemler verilmiştir [18]. Denklemler sırası ile Denklem 4.11 ve Denklem 4.12'de verilmektedir. DSİ tarafından önerilen bu ampirik formüller yardımıyla Sır ve Berke barajları için güvenilir güç değerleri ve ortalama güç değerleri hesaplanacaktır.

$$P_G = 3,08 \cdot 10^{-3} \left(\frac{V_a}{L} + q_{\min} \right) \left(h_{\min} + \frac{2}{3} h_a \right) \quad (4.11)$$

$$P_{ort} = 3,08 \cdot 10^{-3} \cdot q_{ort} \cdot \sum_{i=1}^2 h_{i_{maks}} \quad (4.12)$$

V_a : Aktif baraj hacmi ($10^6 m^3$)

L : Kurak dönem ay sayısı (12 ay)

q_{\min} : Minimum aylık akım ($10^6 m^3$)

h_{\min} : Hidroelektrik (HES) üzerindeki minimum yükseklik (m)

h_a : Aktif hacim yüksekliği (m)

q_{ort} : Her i- barajında aylık ortalama akım ($10^6 m^3$)

$h_{i_{maks}}$: Her i- barajında HES' ler üzerindeki maksimum yükseklik (m)

olarak verilmektedir. Bu denklem parametrelerinin değerleri Sır ve Berke barajları için hesaplanmış ve tablo halinde verilmiştir.

4.3.1. Güvenilir güç sonuçları

Yukarıda verilen Denklem 4.11 kullanılarak Sır ve Berke barajları için güvenilir güç değerleri hesaplanmıştır. Güvenilir güç değerleri ve denklem parametreleri Tablo 4.18'de verilmiştir.

Tablo 4.17. DSİ formülü ile güvenilir güç sonuçları

Barajlar	$V_a (10^6 m^3)$	$q_{min} (10^6 m^3)$	$h_{min} (m)$	$h_a (m)$	$P_G (MW)$
Sır	666,64	49,3776	73,8	21,2	28,419
Berke	308	50,2589	129,8	56,2	39,11
					67,529

DSİ formülü ile elde edilen güvenilir güç değerleri Sır barajı için 28,419 MW, Berke barajı için 39,11 MW olarak hesaplanmıştır. Formülle hesaplanan toplam güvenilir gücün % 42,08'i Sır barajından, % 57,91'i Berke barajından elde edilmiştir.

Kurak dönem akımları ile yapılan işletme çalışması sonucunda elde edilen güvenilir güç değerleri Sır barajı için 4,9269 MW, Berke barajı için 15,493 MW elde edilmiştir. Güvenilir gücün % 24,12'si Sır barajından, % 75,88'i Berke barajından elde edilmektedir.

DSİ formülü ve kurak dönem işletme çalışmasından elde edilen güvenilir güç değerlerine bakıldığı zaman Sır barajı için DSİ formülü ile elde edilen değer % 476,8 kadar, Berke barajı için DSİ formülü ile elde edilen değer % 152,4 kadar daha fazladır. Toplamda güvenilir güç sonuçlarına bakıldığı zaman DSİ formülü ile hesaplanan güç değeri % 230,7 kadar daha fazla olduğu görülmektedir.

4.3.2. Ortalama güç sonuçları

Yukarıda verilen Denklem 4.12 kullanılarak Sır ve Berke barajları için toplam ortalama güç değeri hesaplanmıştır. Sır ve Berke barajları için toplam ortalama güç değeri ve denklem parametreleri Tablo 4.19'da verilmiştir. Denklem 4.12 içerisinde q_{ort} değeri yer almaktadır. Ortalama akım değeri aşağıdaki gibi;

$$q_{ort} = \frac{\sum_{i=1}^2 q_{i,ort} \cdot h_{i,maks}}{\sum_{i=1}^2 h_{i,maks}} \quad \text{hesaplanmaktadır.}$$

Tablo 4.18. DSİ formülü ile ortalama güç sonuçları.

Barajlar	$q_{i,ort}$	$h_{i,maks}$	$\sum q_{i,ort} \cdot h_{i,ort}$	q_{ort}	$\sum h_{i,maks}$	P_{ort} (MW)
Sır	119,65	95	11366,75	121,4	281	105,07
Berke	122,26	186	22740,36			

DSİ formülü ile elde edilen ortalama güç sonucu Tablo 4.18'de verilmiştir. DSİ formülü ile elde edilen ortalama güç değeri 105,07 MW' tır. Ortalama akımlar ile elde edilen ortalama güç değeri ise 270,896 MW hesaplanmıştır. DSİ formülü ile elde edilen değerden % 157,82 kadar daha fazladır.

4.4. Barajlarda Üretilen Aylık Güç Değerleri

İşletme çalışmasında kullanılan Sır ve Berke barajlarına ait işletmeye alındıktan sonra elde edilen aylık güç değerleri Elektrik Üretim A.Ş.'den elde edilmiştir.

Sır barajı 1991 yılının nisan ayında işletmeye alınmıştır. Sır barajı için işletmeye alındıktan sonra 2010 yılı sonuna kadarki aylık üretilen güç değerleri kullanılmıştır. Berke barajı 2002 yılının ocak ayında işletmeye alınmıştır. Berke barajı için işletmeye alındıktan sonra 2010 yılı sonuna kadarki aylık üretilen güç değerleri kullanılmıştır.

Sır ve Berke barajları için işletmeye alındıktan 2010 yılına kadarki aylık güç değerlerinin ortalaması alınarak aylık ortalama güç değerleri elde edilmiştir. Bu değerler barajların işletilmesi sonucunda elde edilen gerçek değerleridir.

Sır barajı yapımına 1987 yılında başlanmış 1991 yılında yapımı tamamlanmıştır. 1991 yılında işletmeye alınmıştır. Kurulu gücü 273 MW' tır. Berke barajı ise 1995 yılında yapımına başlanmış 1999 yılında yapımı tamamlanmıştır. Berke barajı 2002 yılında işletmeye alınmıştır. Kurulu gücü 510 MW' tır.

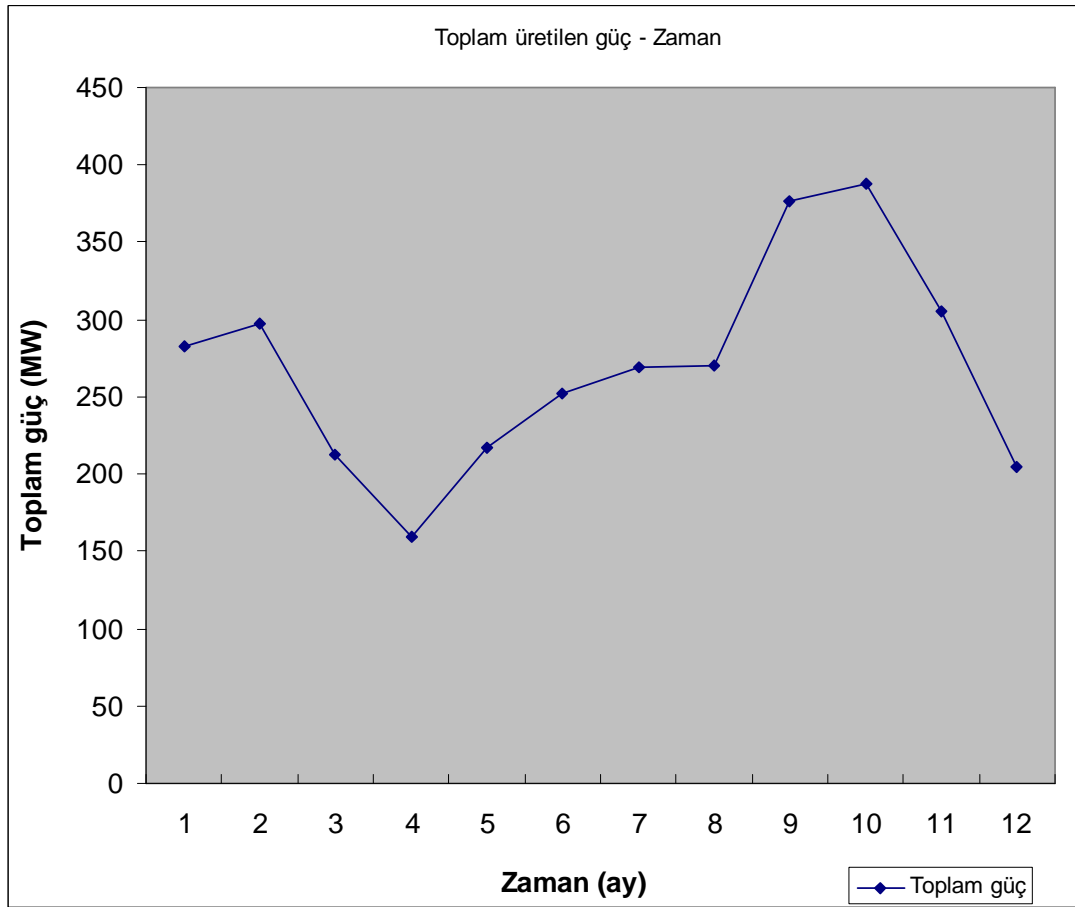
Bu barajların yapımı tamamlanıp işletmeye alındıktan sonra üretilen aylık güç değerleri aylık ortalamaları alınmış şekilde Tablo 4.19'da verilmektedir. Üretilen bu gerçek değerler ve program ile elde edilen, DSİ formülü ile elde edilen ortalama güç değerleri aşağıdaki bölümde ayrıntılı olarak incelenecektir.

Tablo 4.19. Sır ve Berke barajlarının aylık ortalama güç değerleri [19].

Aylar	Barajlar (MW)		Toplam (MW)
	Sır	Berke	
Temmuz	78,12815694	204,7155139	282,8436708
Ağustos	83,78383194	213,3551867	297,1390187
Eylül	69,38697917	142,8117562	212,1987353
Ekim	66,16505069	93,7633963	159,928447
Kasım	79,04920556	137,7279151	216,7771207
Aralık	96,1541	155,5553102	251,7094102
Ocak	92,34374269	176,4247302	268,7684729
Şubat	91,80433772	178,3517253	270,156063
Mart	115,646701	260,7659049	376,412606
Nisan	117,5786063	269,8839537	387,46256
Mayıs	102,4309215	203,3543272	305,7852487
Haziran	70,33081667	134,6971667	205,0279833

Tablo 4.19’da bakıldığında Sır barajı için aylık ortalama değerlere bakıldığında en yüksek güç değeri nisan ayında elde edilmiştir. Sır barajı için en düşük güç değeri ise ekim ayında elde edilmiştir. Berke barajı üretilen aylık ortalama güç değerlerine bakıldığında ise en büyük güç üretiminin nisan ayında, en düşük güç üretiminin ise ekim ayında olduğu görülmektedir.

Üretilen güç değerlerine bakıldığında iki baraj içinde en düşük ve en yüksek güç üretim değerleri aynı ayda olmaktadır. Bunun sebebi barajların aynı akarsu ana kolu üzerinde birbirine seri bağlı olarak bulunmasından kaynaklanmaktadır.



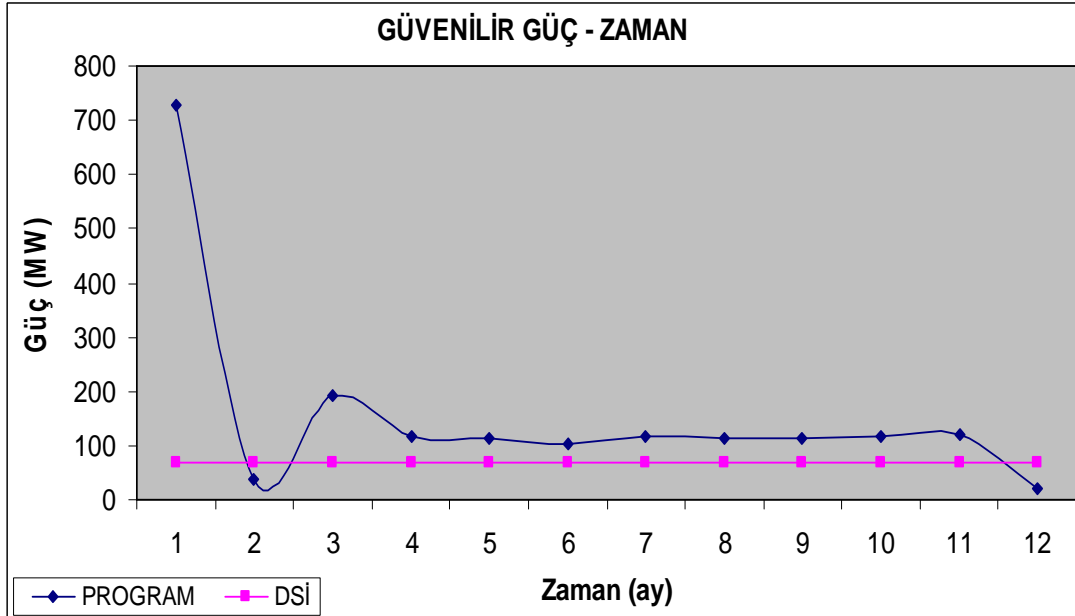
Şekil 4.17. Barajlarda üretilen aylık toplam güç – Zaman grafiği

Barajlarda üretilen aylık ortalama güç değerleri Şekil 4.17’de verilmektedir. Bu değerlere bakıldığında en az güç üretiminin olduğu ekim ayında 159,92 MW güç üretilmiştir. Bu değer yıllık ortalama üretilen güç değerinin % 4,9’unu oluşturmaktadır. Güç üretiminin en fazla olduğu nisan ayında ise 387,46 MW güç üretilmiştir. Bu değer yıllık ortalama üretilen güç değerinin % 11,9’unu oluşturmaktadır. Üretilen aylık ortalama güç değerlerine bakıldığında üretimin en fazla olduğu ay en düşük olduğu ayın 2,42 katıdır. Buda su kaynakları sistemlerinin çok fazla değişkenlik gösterdiğine bir örnek olabilir.

Barajlarda üretilen aylık ortalama güç değerlerinin toplamının ortalaması alındığında toplam aylık ortalama değer elde edilmiştir. $P_{ort}=269,518$ MW bulunmuştur.

BÖLÜM 5. DEĞERLENDİRMELER

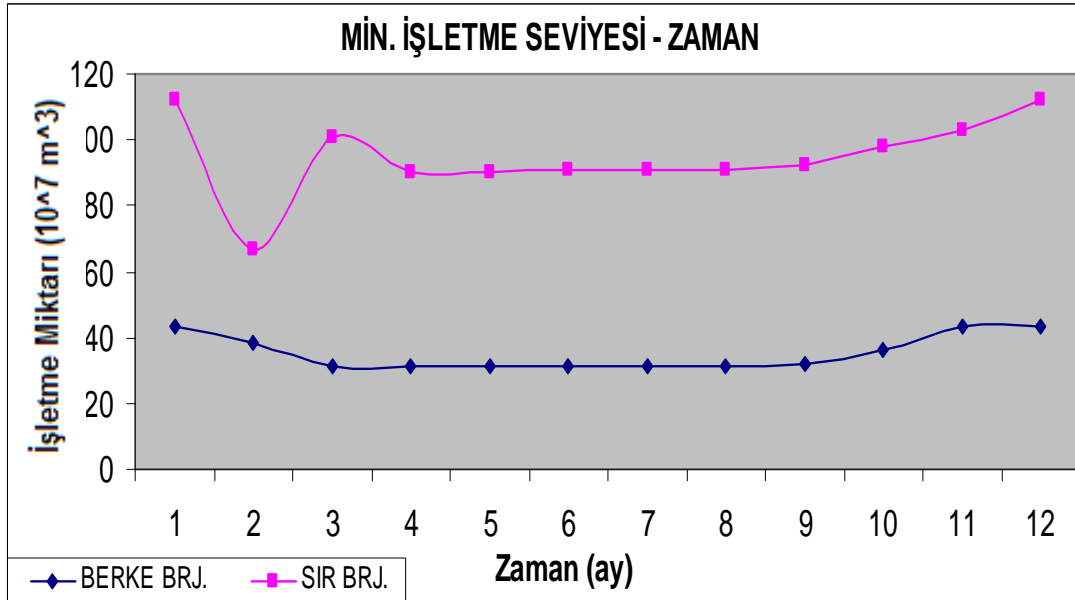
Yapılan işletme çalışması neticesinde elde edilen sonuçlara göre Sır ve Berke barajlarının işletme seviyeleri ve güç değerlerinin grafik karşılaştırması aşağıda verilmektedir.



Şekil 5.1. Sır ve Berke Barajlarının güvenilir güç zaman grafiği

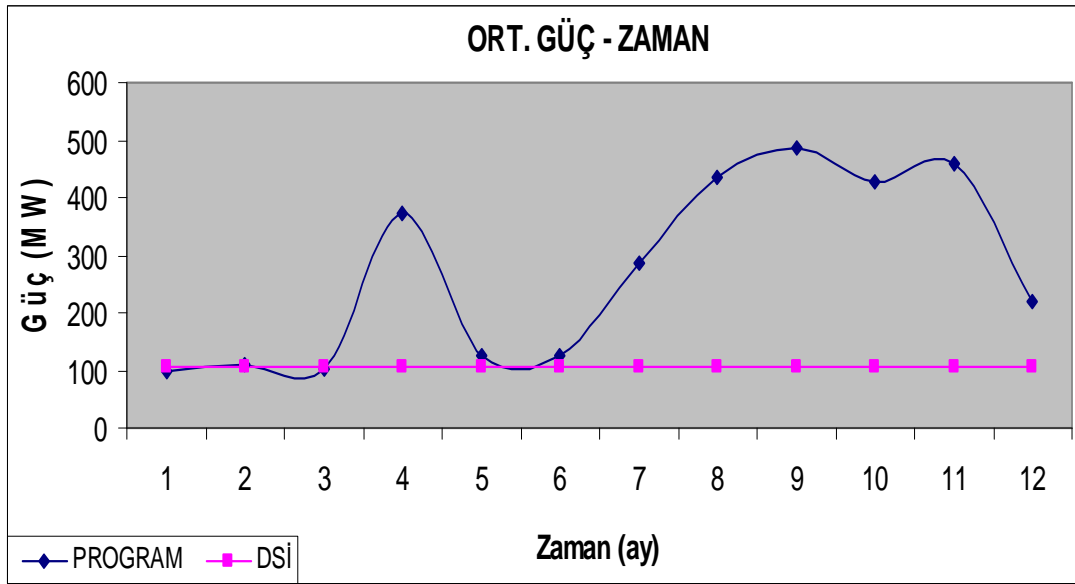
Yapılan işletme çalışması sonucunda programdan elde edilen ve DSİ formülü ile elde edilen güvenilir güç değerleri Şekil 5.1’de verilmektedir. DSİ formülü ile elde edilen güvenilir güç değeri tek değer olduğundan her ay için aynı değer alınarak grafik elde edilmiştir.

Şekil 5.1'e göre programdan elde edilen aylık güç değeri ile DSİ formülü ile elde edilen güç değerleri karşılaştırıldığı zaman güç farkının en fazla olduğu ay temmuz ayı, farkın en az olduğu ay ise ağustos ayı olarak görülmektedir. Temmuz ayında program ile elde edilen güç değeri DSİ formülü ile elde edilen güç değerinin yaklaşık 11 katıdır. Ağustos ayında ise DSİ formülü ile elde edilen güç değeri program ile elde edilen güç değerinin 1,8 katı olmaktadır. Güvenilir güç değerlerini elde ederken gelen toplam akım ve bırakılan akım değerlerine göre minimum işletme seviyeleri elde edilmektedir.



Şekil 5.2. Sır ve Berke Barajlarına ait minimum işletme seviyeleri zaman grafiği

Şekil 5.2'de Sır ve Berke Barajlarının minimum işletme seviyeleri aynı grafik içerisinde verilmektedir. Bu grafiğe göre Ceyhan nehri ana kolu üzerinde birbirine seri bağlı olarak bulunan bu barajların işletme seviyeleri arasındaki farkın en az olduğu ay ağustos ayı, en fazla olduğu ay ise eylül ayı olduğu görülmektedir. Diğer aylarda ise işletme seviyeleri arasındaki fark paralellik göstermektedir.

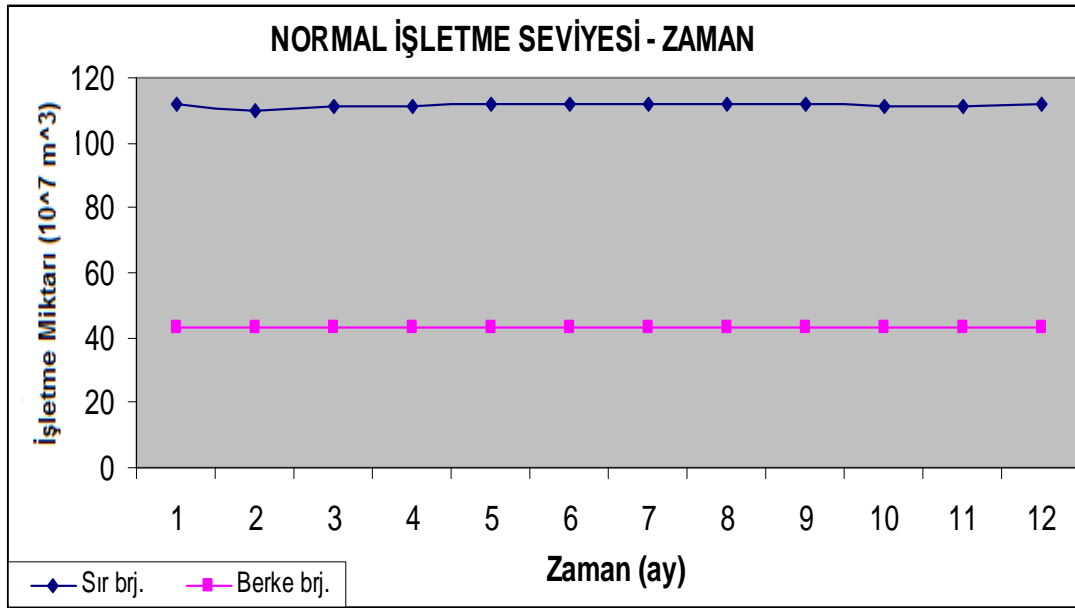


Şekil 5.3. Sır ve Berke Barajlarının ortalama güç zaman grafiği

Şekil 5.3’de Sır ve Berke Barajlarının program ve DSİ formülü ile elde edilen güç değerleri grafik olarak verilmektedir. DSİ formülü ile elde edilen ortalama güç değeri tek değer olduğundan her ay için aynı değer alınarak grafik elde edilmiştir.

Şekil 5.3’e göre programlama sonucu elde edilen güç değeri ile DSİ formülü ile elde edilen güç değeri karşılaştırıldığı zaman güç farkının en fazla olduğu ay mart ayı, farkın en az olduğu ay ise eylül ayı olarak görülmektedir. Mart ayında programdan elde edilen güç değeri DSİ formülü ile elde edilen güç değerinin 4,64 katı, eylül ayında ise DSİ formülü ile elde edilen güç değeri programdan elde edilen güç değerinin 1,02 katı olmaktadır.

Program ile hesaplanan ortalama güç değeri elde edilirken barajlara normal dönem içerisinde gelen toplam akımlar ve barajlardan bırakılan akımlar neticesinde barajların normal işletme seviyeleri belirlenmektedir. İşletme seviyeleri belirlenirken buharlaşma değerleri de göz önüne alınmaktadır.

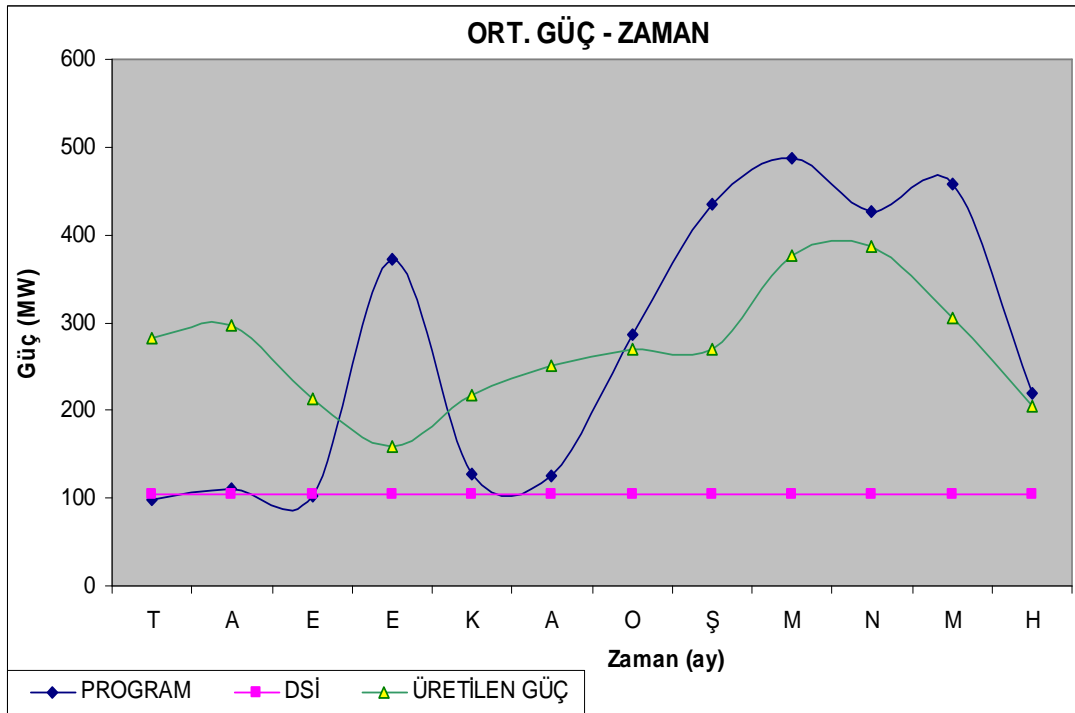


Şekil 5.4. Sır ve Berke Barajlarına ait normal işletme seviyeleri zaman grafiği

Şekil 5.4'de Sır ve Berke Barajlarına ait normal işletme seviyeleri aynı grafik üzerinde verilmektedir. Bu grafikteki verilere göre işletme seviyeleri arasındaki farkın en az olduğu ay ağustos ayı olarak görülmektedir. İşletme çalışması süresindeki diğer aylarda işletme seviyeleri arasındaki fark yaklaşık sabit kalmaktadır. İşletme seviyeleri arasındaki farkın sabit kalması grafikten de anlaşılacağı gibi iki baraj içinde yaklaşık maksimum seviyede işletilmesinden kaynaklanmaktadır.

Sır ve Berke barajları için elde edilen güç değerleri programdan elde edilen, DSİ formülü ile hesaplanan ve barajlar işletmeye alındıktan sonra üretilen gerçek güç değerleri aynı grafik üzerinde karşılaştırmalı olarak verilmektedir. Şekil 5.5'de barajların aylık güç değerleri (üç farklı değer için) zaman grafiği verilmektedir.

DSİ formülü ile elde edilen güç değeri tek değer olduğundan her ay için aynı değer alınarak diğer verilerle birlikte grafik oluşturulmuştur.



Şekil 5.5. Aylık ortalama güç değerleri – Zaman grafiği

Şekil 5.5’de program ve DSİ formülü ile hesaplanan güç değerleri ve üretilen gerçek güç değerleri aynı grafik üzerinde gösterilmektedir. Şekil 5.5’e bakıldığında programla elde edilen güç değeri ile üretilen gerçek güç değeri arasındaki farkın en fazla olduğu ekim ayında 212,792 MW olmaktadır. Farkın en az olduğu haziran ayında ise 15,35 MW olmaktadır. Program ile elde edilen toplam aylık ortalama güç değeri 270,896 MW, üretilen gerçek toplam aylık ortalama güç değeri 269,518 MW olmaktadır. Programlama ile elde edilen güç değeri üretilen gerçek güç değerinden %1 kadar daha büyüktür.

DSİ formülü ile elde edilen aylık ortalama güç değeri ile üretilen gerçek aylık ortalama güç değeri arasındaki farkın en fazla olduğu nisan ayında 282,4 MW olmaktadır. Farkın en az olduğu ekim ayında ise bu değer 54,86 MW olmaktadır. DSİ formülü ile elde edilen ortalama güç değeri 105,07 MW, üretilen gerçek toplam aylık ortalama güç değeri 269,518 MW olmaktadır. Gerçek değerler DSİ formülü ile elde edilen değerden % 156 (2,56 katı) daha fazladır.

BÖLÜM 6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada öncelikli olarak kurak dönem akımları ile buharlaşma değerleri de göz önüne alınarak güvenilir güç değerleri hesaplanmakta ve bulunan güvenilir güç değeri çalışmada kısıt olarak konulup aylık ortalama akımlar ile ortalama güç değerleri elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre;

1. 1973 – 2000 yılları arasındaki aylık ortalama akımlar incelenerek kurak dönemin 1973 yılı olduğu bulunmuştur.

2. Programlama sonucunda bulunan güvenilir güç değeri $P_G = 20,420$ MW olarak elde edilmiştir. DSİ formülüyle de güvenilir güç değeri hesaplanmış buradan bulunan güvenilir güç değeri $P_G = 67,529$ MW' dır. Uzun süreli işletme optimizasyonu ile bulunan güç değeri DSİ formülasyonu ile bulunan güç değerinin % 30,23'ü kadardır. DSİ formülünden elde edilen güç değerinden % 69,77 daha düşüktür.

3. Kurak dönem akımları ile yapılan uzun süreli işletme çalışması sonucunda bulunan güvenilir güç değeri kısıt olarak konulup aylık ortalama akımlar ile yapılan uzun süreli işletme çalışması sonucunda ortalama güç değeri hesaplanmış elde edilen ortalama güç değeri $P_{ort} = 270,896$ MW' tır. DSİ formülüyle de ortalama güç değeri elde edilmiş olup bu formülden elde edilen ortalama güç değeri $P_{ort} = 105,07$ MW' tır. Uzun süreli işletme optimizasyonu ile bulunan ortalama güç değeri DSİ formülasyonu ile bulunan güç değerinden % 158 (2,58 katı) daha fazladır.

4. Yapılan uzun süreli işletme optimizasyonu neticesinde güvenilir gücün DSİ formülü ile hesaplanan güçten 2,3 kat düşük olmasına rağmen, ortalama güç değerleri DSİ formülüne göre hesaplanan güç değerinden 1,58 kat daha fazladır.

5. Kurak dönemde ve normal dönem içinde elde edilen maksimum güç değerleri farklı aylarda elde edilmektedir. Kurak dönemin temmuz ayında maksimum gücü elde edebilmesi, işletme çalışmasının ilk ay için bırakılabilecek maksimum akım miktarlarını bırakmasından ve işletme seviyelerinin maksimum seviyede olmasından kaynaklanmaktadır. Normal dönem için mart ayında elde edilmesinin sebebi havzasından gelen akımlar ve diğer barajdan enerji üretimi için bırakılan akımların pik değerine ulaşmasından kaynaklanmaktadır.

6. İşletme çalışmasının sonucuna bağlı olarak güvenilir gücün büyüklenmesi ortalama gücü her zaman büyütmemektedir. Bundan dolayı güvenilir gücün optimum seçimi ortalama gücün büyüklenmesini sağlamaktadır.

7. Uzun süreli işletme optimizasyonunun uygulandığı bu sisteme bakıldığında güvenilir gücün büyüklenmesinde ve ortalama güç değerlerinin büyüklenmesine en büyük katkının Berke barajından sağlandığı görülmektedir. Berke barajının aktif hacmi Sır barajının aktif hacminin % 46,26'sı kadardır. Maksimum düşü yüksekliğine bakıldığında Berke barajının maksimum düşü yüksekliği, Sır barajının maksimum düşü yüksekliğinden % 95,79 kadar daha fazla olduğu görülmektedir. Bu değerlere göre işletme çalışmasına yön veren baraj Berke barajı olmaktadır.

8. DSİ formülü ile hesaplanan güç değerlerinde tek değer elde edilmektedir. Buna karşın programlama ile her ay için güç değeri elde edilmektedir. Dönem içerisindeki ayların birbiri ile kıyaslanması sağlanabilmekte bu şekilde her ay için optimum işletim sağlanmaktadır.

9. Barajlar işletmeye alındıktan 2010 yılına kadar barajlarda üretilen toplam aylık ortalama güç değeri 269,518 MW olmaktadır. Uzun süreli işletme optimizasyonu ile elde edilen ortalama güç değeri ise 270,896 MW olmaktadır. Uzun süreli işletme optimizasyonu ile elde edilen değer %1 kadar daha fazladır. DSI'nin önerdiği formül ile elde edilen ortalama güç değeri 105,07 MW olmakta bu değer barajlarda üretilen güç değerinin %39'u kadardır.

10. Uzun süreli işletme optimizasyonu ile elde edilen ortalama güç değeri barajların işletilmesi ile üretilen ortalama güç değeri ile yaklaşık aynı çıkmıştır. Bu değerlere göre işletilmekte olan barajlar yapılan işletme optimizasyonu ile aynı sonucu elde ettiğinden şuan işletilmekte olan barajlarda uygulanan işletme şekli optimum çözümü vermiştir diyebiliriz.

11. Yapılan uzun süreli işletme optimizasyonunda barajların her ikisinde enerji maksatlı olarak yapıldığından diğer amaçlar (içme suyu, sulama, taşkın kontrol...) gözetilmemiştir. Çok amaçlı barajlarda ise bir amaç esas alınarak diğer maksatlarda kısıt olarak işleme dahil edilip optimum çözüm aranabilir.

KAYNAKLAR

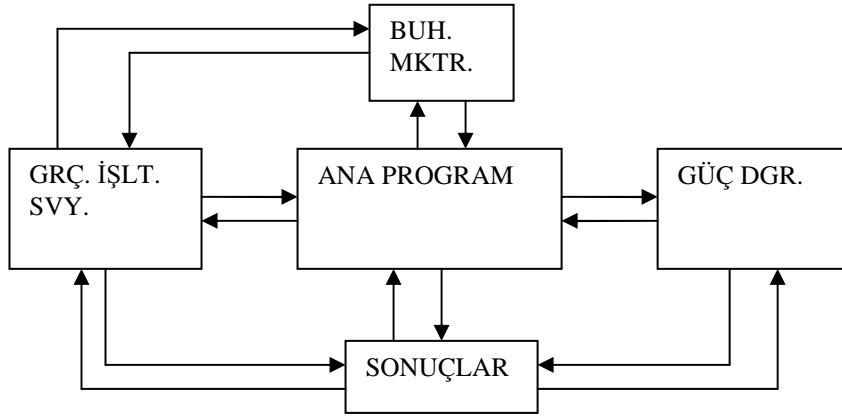
- [1] DSİ 52.yıl yayını, ANKARA, 2006
- [2] BAYAZIT, M., Biriktirme haznelerinin tasarımı ve işletilmesi, İTÜ, 1997
- [3] SEZEN, K. , Dinamik Programlama, Ekin Yayınevi, Bursa, 1998
- [4] SERT, M. , Su kaynakları planlamasında sistem optimizasyonu, Yöneylem Araştırması Bölümü Marmara Araştırma Enstitüsü, TÜBİTAK, GEBZE, 1987
- [5] SERT, M., Sakarya havzasında optimal hidroelektrik enerji üretimi, TMMOB dergisi cilt: 2 ,Ocak 1990
- [6] DURANYILDIZ, İ. , Çok hazneli sistemlerin işletilmesinin dinamik programlama ile optimizasyonu, İTÜ , Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İSTANBUL, 1986
- [7] BAYAZIT, M. , DURANYILDIZ, İ., Hazne sistemlerinin işletilmesinin Optimizasyonu, İnşaat Mühendisliğinde Bilgisayar Kullanımı Sempozyumu, İTÜ İnşaat Fakültesi, İstanbul, 1988
- [8] BAYAZIT, M., DURANYILDIZ, İ. , Çoklu baraj işletmesinde sistem analizi, Hidroelektrik Enerji Sempozyumu Tebliğleri, EİEİ, ANKARA 1985
- [9] http://tr.wikipedia.org/wiki/Ceyhan_Nehri, Ceyhan Nehri Hakkından Bilgi, 10.02.2011
- [10] <http://www2.dsi.gov.tr/baraj/detay.cfm?BarajID=142>, Sır barajı bilgi, 13.03.2011
- [11] <http://www2.dsi.gov.tr/baraj/detay.cfm?BarajID=200>, Berke barajı bilgi, 13.03.2011
- [12] Elektrik İşleri Etüt İdaresi, Su akımları aylık ortalamaları 1935 – 2005, Eylül 2008, ANKARA
- [13] Google Earth, Sır ve Berke Barajlarının Uydu Görüntüsü, 06/15/2010

- [14] AKBULUT, U. , Çok amaçlı baraj işletme çalışmaları ve Ceyhan Havzası'nın HEC-5 simülasyon programı ile modellenmesi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Y.Lisans Tezi, ANKARA, 2003
- [15] OPAN, M., Çok barajlı sistemlerde çok amaçlı optimal işletme, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Kocaeli , 2007
- [16] <http://www2.dsi.gov.tr/bolge/dsi20/maras.htm>, Ceyhan havzasında bulunan Sır ve Berke Barajlarından görünüş, 21.04.2011
- [17] YURTAL, R. , Çoklu baraj sistemlerinin enerji optimizasyonu için geliştirilmiş etkin bir artırılmış dinamik programlama modeli ve aşağı Seyhan Havzası'na uygulanması, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, ADANA , 1993
- [18] I I I. DSİ Hidroloji Semineri , ANKARA , 1979
- [19] ELEKTRİK ÜRETİM A.Ş. , Hidrolik Santraller Daire Başkanlığı, ANKARA , 2011

EKLER (AKIŞ ŐEMALARI VE BİLGİSAYAR PROGRAMININ TANITILMASI)

EK A (AKIŞ ŐEMALARI VE AÇIKLAMALARI)

Uzun süreli işletme sürecinin programlamasında C tabanlı bir bilgisayar programı kullanılmıştır. Bu programlamada bir ana program ve üç alt programdan oluşmaktadır. Programın çalışma esası kurak dönem akımları ile güvenilir gücü büyüklerken minimum işletme seviyelerini elde etmek ve bulunan güvenilir gücü kısıt olarak koyup ortalama güç değerlerini ve normal işletme seviyelerini elde etmektir.



Şekil A.1. Uzun süreli işletme modeli için bilgisayar programının yapısı

Yukarıda Şekil 1.'de gösterildiği gibi bir ana programa bağlı üç alt programdan oluşmaktadır. Ana program ve alt programlarda birim ayarlaması yapıldıktan sonra çalışmaya başlanmıştır.

1. ANA PROGRAM

Ana programın yaptığı işlemler sırası ile ilk önce verileri okumak sonra işletme politikasına göre bırakım değeri bulmaktır.

Okunacak değerler;

- * Baraj sayısı
- * Ay sayısı
- * Enerji için bırakılabilecek maksimum akım miktarları
- * Havzasından barajlara gelen akım miktarları
- * Baraj maksimum ve minimum hacimleri
- * Hesapla belirlenecek başlangıç politikası

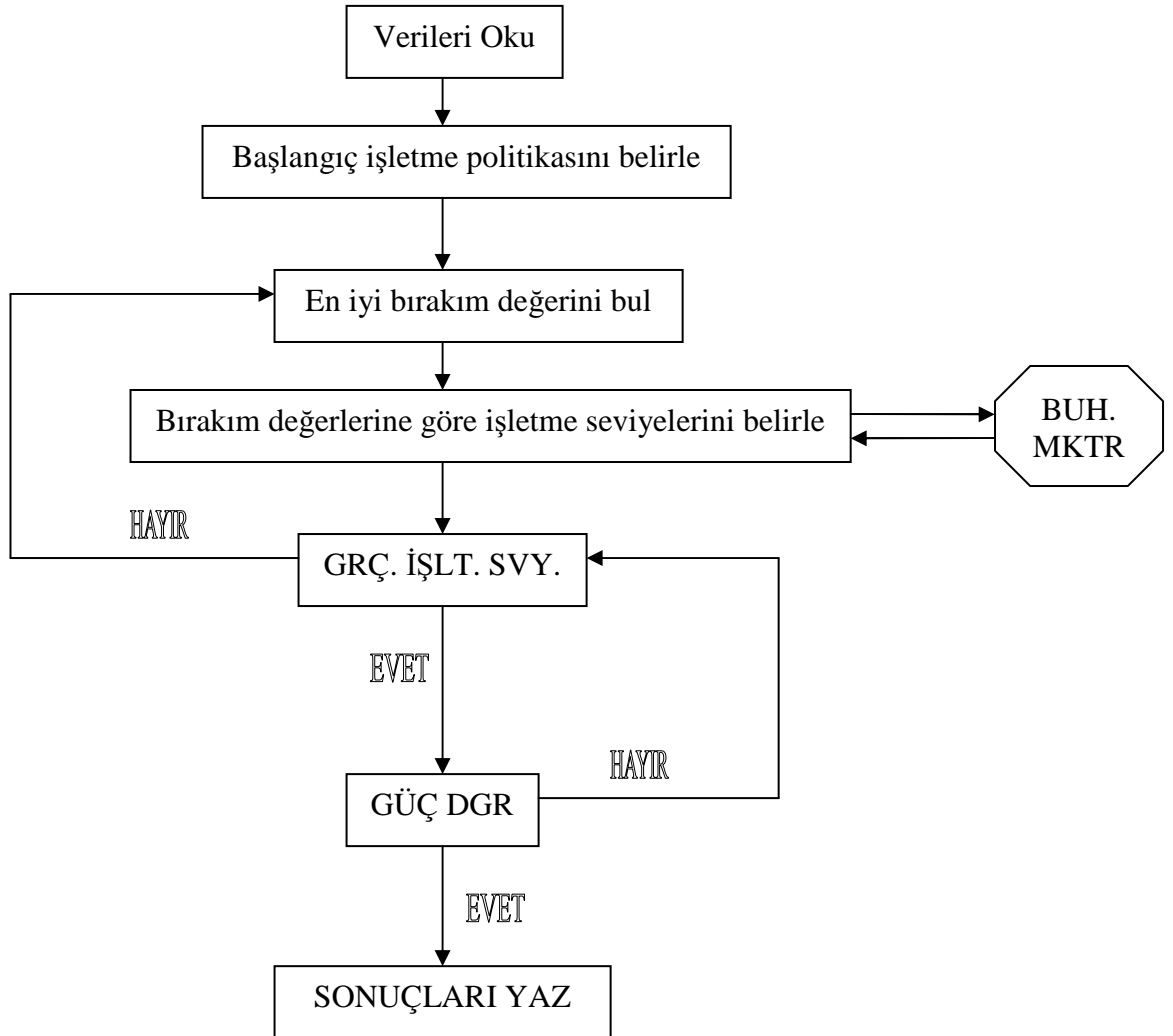
Bu değerleri okuduktan sonra başlangıç işletme politikasına göre ilk ay için su dengesi ilişkisi içerisinde bırakılabilecek su miktarını hesaplar.

Bırakım değeri maksimum bırakım değerine eşit veya küçük olmalıdır. Değilse işleme devam etmez tekrar başa döner yeniden hesaplama yapar. Bunun nedeni dolu savaktan su bırakmak istemememizden dolayıdır.

Bırakım değerini hesaplamak için baraj seviyesini kademeli olarak düşürür bu durumda elde edilecek maksimum $Q \cdot H$ değerinin yerini bulur ve o seviyeye kadar düşer. Buradan bulunduğu optimum bırakım debisi ve yükseklik değerini alt program olan GÜÇ DGR.'e gönderir.

Bu bırakım değerini belirledikten sonra ilk ve son seviyeyi B.U.H. MKTR.'a gönderir. Bırakım değeri belirlendikten sonra bırakım değerinden sonraki ve önceki işletme seviyelerini GRÇ. İŞLT. SVY.'e yollar ve burada saklanır.

Ana program bırakım değerlerini alt programlardan gelen verilere göre değiştirir veya devam eder. Ana program verileri okumak ve alt programlarla bağlantı kurmak görevindedir.



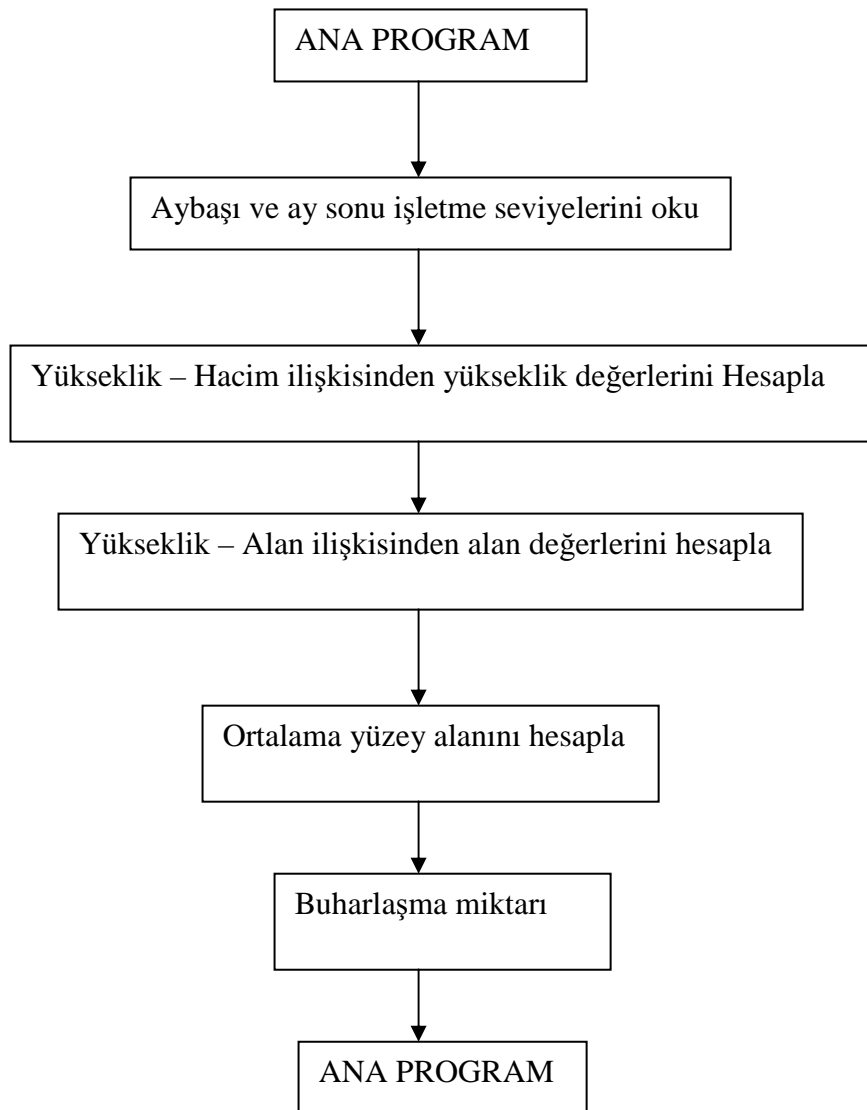
şekil A.2. ANA PROGRAM akış şeması

şekil 2'de ana programın akış şeması verilmektedir. Alt programların ana program içerisindeki yerleri de gösterilmektedir.

1.1. ALT PROGRAM - BUH. MKTR.

Bu programda ana programdan gelen bırakım değerlerine göre başlangıç ve bırakımdan sonraki işletme seviyelerini okuyarak bu seviyelerdeki hacim değerinden yükseklik hesaplaması yapar. Bu yükseklik değerlerindeki alan hesaplamasını yapar ve aybaşı ile ay sonu alanlarının ortalamasını hesaplar. Bulunan bu ortalama alanlar ile buharlaşma katsayısı çarpılarak aylık buharlaşma miktarları hesaplanır.

Bu buharlaşma miktarlarını ANA PROGRAMA' a geri gönderir. Dönem içerisindeki her ay için bunu tekrarlar.

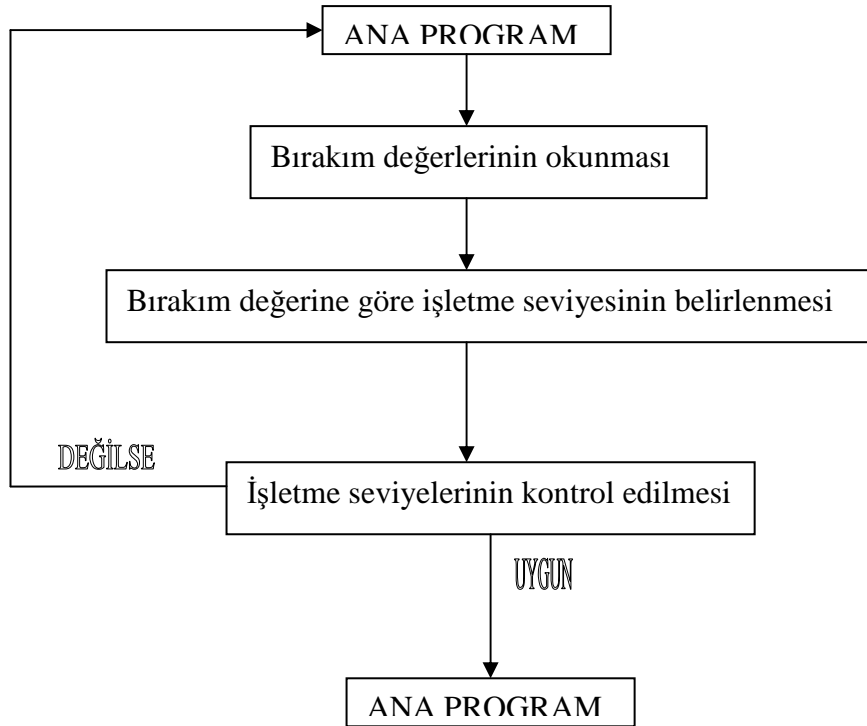


Şekil A.3. Alt program BUH. MKTR. Akış şeması

Şekil 3’de Buharlaşıma hesaplanmasının akış şeması sırası ile verilmektedir. Hesaplanan buharlaşma değerleri m/ay olarak hesaplanır. Bu buharlaşma değerleri işletme seviyesinden düşülerek işletme çalışmasına devam edilir.

1.2. ALT PROGRAM – GRÇ. İŞLT. SVY.

Bu alt programda ana programdan gelen bırakım değerleri ve buharlaşma değerleri için işletme seviyesi belirlir. Bu değerleri maksimum ve minimum işletme seviyelerine göre kontrol eder. Eğer değer ölü hacmin altına düşmüşse bunu ana programa bildirir ve ana programda bir sonraki ay için akım değeri bırakmaz. Değer kısıtlar içerisinde ise bir sonraki ay için hesaplarını tekrarlar. Bu çalışma işlemine göre işletme seviyelerini dönem sonuna kadar tekrarlar.

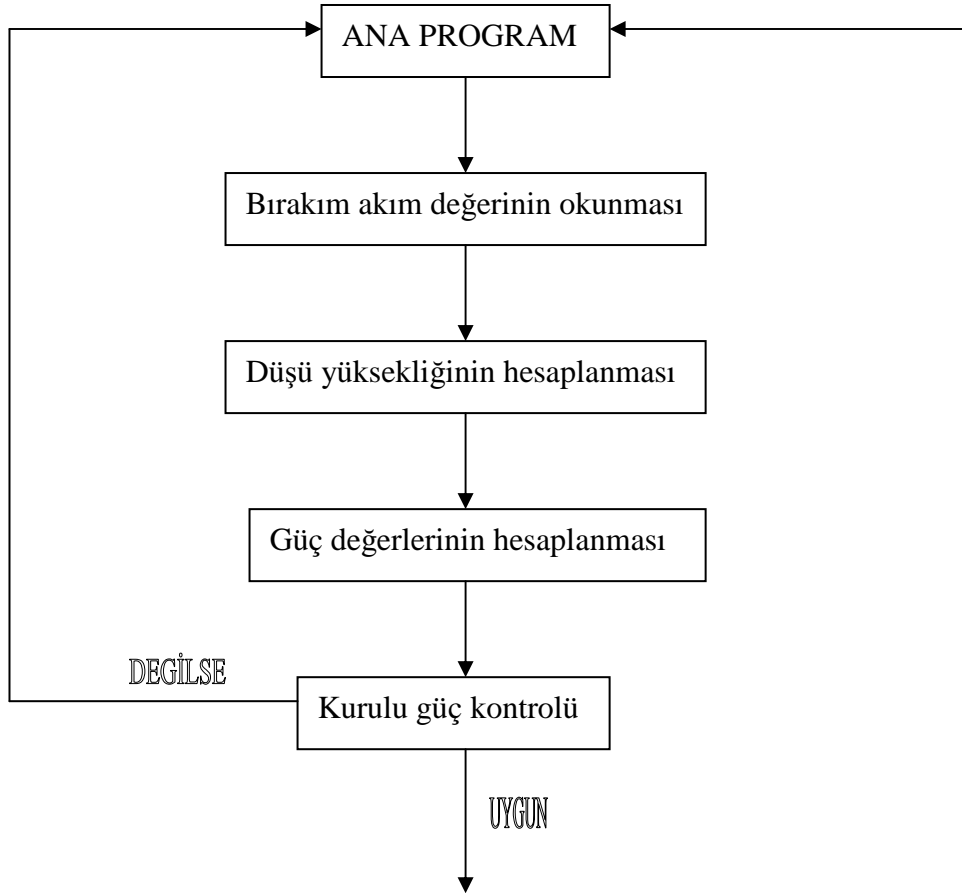


Şekil A.4. Alt program GRÇ. İŞLT. SVY. Akış şeması

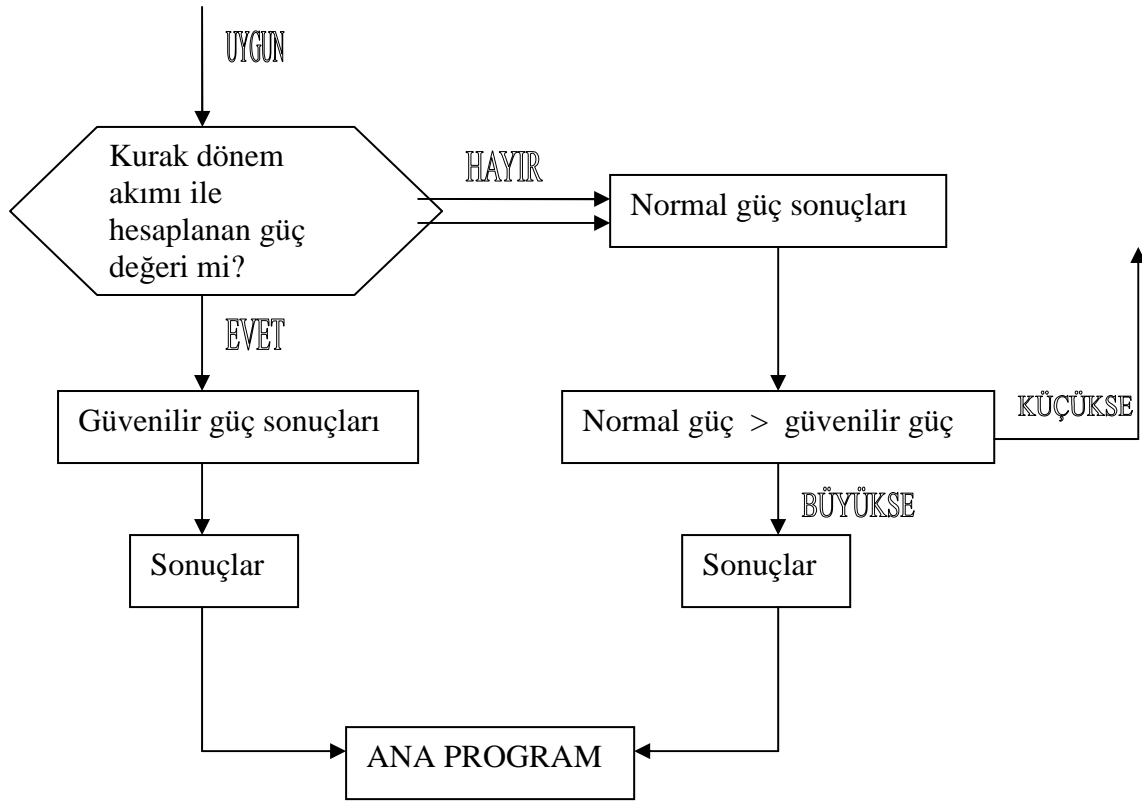
Şekil 4’de işletme seviyelerinin hesaplanması akış şeması içerisinde sırası ile verilmektedir. İşletme seviyeleri bırakım değerlerine göre kısıtları kontrol ederek bu değerleri saklar ve aynı zamanda ana programa geri gönderir.

1.3. ALT PROGRAM – GÜÇ DGR.

Ana programdan gelen akım değerlerine ve yükseklik değerlerine göre güç değerlerini hesaplar. Eğer sonuç kurulu gücü geçerse ana programa geri gönderir değilse o ayki güç değerini hesaplar ve kaydeder. Ortalama güç içinde farklı olarak güvenilir gücüde kontrol eder. Güvenilir güçten küçükse ana programa geri gönderir değilse o ayki güç değerini kaydeder ve işlemini sonraki aylar için tekrarlar.



Şekil A.5. Alt program GÜÇ DGR. Akış şeması



Şekil A.5. Alt program GÜÇ DGR. Akış şeması devamı

Şekil 5'de güvenilir güç değerinin elde edilmesi ve normal güç değerinin hesaplanmasının akış şeması sırası ile verilmektedir. Güç değerleri MW biriminde elde edilmiştir.

Şekil A.1. Uzun süreli işletme modeli için bilgisayar programının yapısı.....	67
Şekil A.2. ANA PROGRAM akış şeması.....	69
Şekil A.3. Alt program BÜH. MKTR. Akış şeması.....	70
Şekil A.4. Alt program GRÇ. İŞLT. SVY. Akış şeması.....	71
Şekil A.5. Alt program GÜÇ DGR. Akış şeması.....	72

EK B (BİLGİSAYAR PROGRAMININ YAPISI)

a) ANA PROGRAM

Başlangıç Koşullarının Hesaplanması

```
clear;
clc;
```

i-1 barajından enerji için bırakılan aylık akım = $Q(i-1)t = Q_{ut}$
global Qut;

i barajında havzasından gelen aylık akımlar = Fit
global Fit;

Baraj seviyesi = Sit; Başlangıç Koşulları
 $S_{11}=112 \times 10^7, S_{21}=43 \times 10^7$
global Sit;

Buharlaşmasız enerji için bırakılan
global Qe;

Baraja gelen toplan hacim miktarı
global Vbrk;

Maksimum yeri bulan bir vektör
global I ;
global I1 ;

$T=2592000/(10^7)$; %gun x saat x dak x sn (10^7 m^3 çevirme)

Emakssir=84;
Emaksberke=89;

Sit(1,1)=112;
Sit(2,1)=43;

a=43.6721366823879;
n=0.2143003524316;

a1=76,68243291924243868411000309272;
n1=0,25668119421691423344946001437142;

Barajdan bırakılan değerler sırası

```
vbrksir=12;
```

```
for m=1:1:vbrksir
```

```
Vbrk(m)=Qut(1,m)+Fit(1,m)*T; % Vbrk(m) değeri brjdan düşülen hacim
```

```
end
```

```
Qe(1)=Emakssir;
```

```
Sit(1,2)=Sit(1,1)+Vbrk(1)-Emakssir;
```

```
oluhcm=78,5;
```

```
ayeleman=12;
```

```
for m=3:1:ayeleman;
```

```
if Sit(1,m-1)<=oluhcm
```

```
Qe(m-1)=0;
```

```
Sit(1,m)=Sit(1,m-1)+Vbrk(m-1)-Qe(m-1);
```

```
else
```

```
uy=Sit(1,m-1)+Vbrk(m-1); % Qe'siz hacim miktarı
```

```
fark=round(uy-oluhcm);
```

```
for v=fark:-1:1
```

```
h(v)=(a*((v+oluhcm)^n))-25;
```

```
if h(v)>95
```

```
h(v)=95;
```

```
end
```

```
end
```

```
for b=fark:-1:1;
```

```
hort(b)=(max(h)+h(b))/2;
```

```
Q(b)=(fark-b)/T;
```

```
guceleman(b)=Q(b)*hort(b);
```

```
if Q(b)>114
```

```
Q(b)=114;
```

```
end
```

```
end
```

```
[C,I]=max(guceleman);
```

```
Qe(m-1)=Q(I)*T;
```

```
if m>=10
```

```
if Qe(m-1)>14;
```

```
fark2(m-1)= Qe(m-1)-14;
```



```

Qe(m-1)=14;
else
fark2(m-1)=0;
end
else
fark2(m-1)=0;
end

Sit(1,m)=Sit(1,m-1)+Vbrk(m-1)-Qe(m-1);
Sit(1,m-1)=Sit(1,m-1)+fark2(m-1);
end

C=0;I=0;Q=0;%h=0;hort=0;v=0;b=0;guceleman=0;fark=0;uy=0;
end

Sit(1,12)=112;
Qe(12)=Sit(1,11)+Vbrk(12)-Sit(1,12);

Barajdan bırakılan değerler berke

vbrkberke=12;

for k=1:1:vbrkberke

vbrk1(k)=Qe(k)+Fit(2,k)*T; % Vbrk(m) degeri brjdan dusulen hacim

end

Qeb(1)=Emaksberke;
Sit(2,2)=Sit(2,1)+Vbrk1(1)-Emaksberke;

oluhcm1=27.5;

ayeleman1=12;

for k=3:1:ayeleman1;

if Sit(2,k-1)<=oluhcm1
Qeb(k-1)=0;
Sit(2,k)=Sit(2,k-1)+Vbrk1(k-1)-Qeb(k-1);
else
uy1=Sit(2,k-1)+Vbrk1(k-1); %Qeb'siz hcm miktarı

fark1=round(uy1-oluhcm1);

for v1=fark1:-1:1
h1(v1)=(a1*((v1+oluhcm1)^n1)-15);

```

```

if h1(v1)>186
h1(v1)=186;
end

end

for b1=fark1:-1:1;

hort1(b1)=(max(h1)+h1(b1))/2;
Q1(b1)=(fark1-b1)/T;
guceleman1(b1)=Q1(b1)*hort1(b1);

if Q1(b1)>300
Q1(b1)=300;
end
end

[C1,I1]=max(guceleman1);

Qeb(k-1)=Q1(I1)*T;

if k>=10
if Qeb(k-1)>14;
farkbrk(k-1)= Qeb(k-1)-14;

Qeb(k-1)=14;
else
farkbrk(k-1)=0;

end
else
farkbrk(k-1)=0;

end

Sit(2,k-1)=Sit(2,k-1)+farkbrk(k-1);
Sit(2,k)=Sit(2,k-1)+Vbrk1(k-1)-Qeb(k-1);

end

C1=0;I1=0;% v1=0;b1=0;guceleman1=0;Q1=0;fark1=0;uy1=0;

end

Sit(2,12)=43;
Qeb(12)=Sit(2,11)+Vbrk1(12)-Sit(2,12);

```

i-1 barajından enerji için bırakılan aylık akım = $Q(i-1)t = Q_{ut}$
global Q_{utnrm} ;

i barajında havzasından gelen aylık akımlar = Fit
global $Fitnrm$;

Baraj seviyesi = Sit ; Başlangıç Koşulları
 $S11=112 \times 10^7, S21=43 \times 10^7$
global $Sitnrm$;

Havzasından ve yukardan toplam gelen akımlar
global $Vbrknrmsir$;

Buharlaşma katsayıları
global k_{buh} ;

Yer vektörleri
global $I3$;
global Pay ;
global $guckontrol$;

$T=2592000/(10^7)$;

$a=43.6721366823879$;
 $n=0.2143003524316$;
 $x=1.035648937 \times 10^{(-7)}$;
 $y=3.666347903$;

$a1=76.68243291924243868411000309272$;
 $n1=0.25668119421691423344946001437142$;
 $x1=1.770315082 \times 10^{(-7)}$;
 $y1=2.895883386$;

$oluhcm=78,5$;

$ay=12$;
for $anrm=1:1:ay$;

$Vbrknrmsir(anrm) = Q_{utnrm}(anrm) + Fitnrm(1,anrm)*T$;
 $Vbrknrmberke(anrm) = Vbrknrmsir(anrm) + Fitnrm(2,anrm)*T$;

if $Vbrknrmsir(anrm) > 84$;
 $maxsumktsir(anrm) = 1$;
else
 $maxsumktsir(anrm) = 0$;

end
if $Vbrknrmberke(anrm) > 89$;
 $maxsumktberke(anrm) = 1$;

```

else
maxsumktberke(anrm)=0;
end

```

```

end

```

```

anrm=0;

```

b) Buharlaşma miktarları (buh.mik.)

```

% Buharlaşma Hesabı
% Alan x Aylık_Buhr_Miktarı = Buharlasma Miktarı(m^3)
% b x h^a = Alan(m^2) ---h:yükseklik
% y x V^n = h(m) ----V:hacim
% Başlangıç Koşullarının Hesaplanması

```

```

clear;
clc;

```

```

global hdeg;
global kbuh;
global Adeg;
global Aort;
global Bhr_deg;
global hdeg1;
global Adeg1;
global Aort1;
global Bhr_deg1;

```

```

a=43.6721366823879;
n=0.2143003524316;
x=1.035648937*10^(-7);
y=3.666347903;

```

```

a1=76.68243291924243868411000309272;
n1=0.25668119421691423344946001437142;
x1=1.770315082*10^(-7);
y1=2.895883386;

```

Sir buharlaşma değerleri

```

ay=12;

```

```

for b=1:1:ay

```

```

hdeg(b)=a*(Sit(1,b)^n)-25;
Adeg(b)=(x*((hdeg(b)+25)^y));
end

```

```
for c=2:1:12;
Aort(c-1)=(Adeg(c-1)+Adeg(c))/2;
```

```
end
Aort(12)=(Adeg(1)+Adeg(12))/2
```

```
for d=1:1:ay
Bhr_deg(d)=kbuh(1,d)*Aort(d);
```

```
end
```

Berke buharlaşma değerleri

```
ay=12;
```

```
for b=1:1:ay
```

```
hdeg1(b)=a1*(Sit(2,b)^n1)-15;
Adeg1(b)=(x1*((hdeg1(b)+15)^y1));
end
```

```
for c=2:1:12;
Aort1(c-1)=(Adeg1(c-1)+Adeg1(c))/2;
```

```
end
Aort1(12)=(Adeg1(1)+Adeg1(12))/2
```

```
for d=1:1:ay
Bhr_deg1(d)=kbuh(2,d)*Aort1(d);
```

```
end
```

NORMAL İŞLETME SEVİYESİ BUHARLAŞMA MİKTARLARI

```
Sitnrm(1,1)=112;
Sitnrm(2,1)=43;
Sitnrm(1,12)=112;
Sitnrm(2,12)=43;
```

Sir buharlaşma degerleri

```
hdegnrm(1,1)=a*(Sitnrm(1,1)^n)-25;
Adegnrm(1,1)=(x*((hdegnrm(1,1)+25)^y));
hdegnrm(1,12)=a*(Sitnrm(1,12)^n)-25;
Adegnrm(1,12)=(x*((hdegnrm(1,12)+25)^y));
Aortnrm(1,1)=Adegnrm(1,1);Aortnrm(1,12)=Adegnrm(1,12);
```

```
Bhr_degnrm(1,1)=kbuh(1,1)*Aortnrm(1,1);
Bhr_degnrm(1,12)=kbuh(1,12)*Aortnrm(1,12);
```

```

ay1=12;
for b=1:1:ay1

Sitnrm(1,b)=112;
Sitnrm(2,b)=43;

hdegnrm(1,b)=a*(Sitnrm(1,b)^n)-25;
Adegnrm(1,b)=(x*((hdegnrm(1,b)+25)^y));
hdegnrm(2,b)=a1*(Sitnrm(2,b)^n1)-25;
Adegnrm(2,b)=(x1*((hdegnrm(2,b)+25)^y1));

Aortnrm(1,b)=Adegnrm(1,b);
Aortnrm(2,b)=Adegnrm(2,b);

Bhr_degnrm(1,b)=kbuh(1,b)*Aortnrm(1,b);
Bhr_degnrm(2,b)=kbuh(2,b)*Aortnrm(2,b);

end

Vbrknrmsir(1)=Vbrknrmsir(1)-Bhr_degnrm(1,1);
Vbrknrmsir(12)=Vbrknrmsir(12)-Bhr_degnrm(1,12);

```

c) İşletme seviyeleri (GRÇ. İŞLT. SVY.)

```

global Sit;
global Bhr_deg;
global Sitg;
global Bhr_deg1;
global Sitg1;

```

Gerçek Sit değerleri sır barajı

```
for a=2:1:11
```

```
Sitg(a)=Sit(1,a)-Bhr_deg(a);
end
```

```
Sitg(1)=Sit(1,1);
Qe(1)=Qe(1)-Bhr_deg(1);
```

```
Sitg(12)=Sit(1,12);
Qe(12)=Qe(12)-Bhr_deg(12);
```

Gerçek Sit değerleri berke barajı

```
for a=2:1:11
```

```
Sitg1(a)=Sit(2,a)-Bhr_deg1(a);
end
```

```
Sitg1(1)=Sit(2,1);
Qeb(1)=Qeb(1)-Bhr_deg1(1);
```

```
Sitg1(12)=Sit(2,12);
Qeb(12)=Qeb(12)-Bhr_deg1(12);
```

NORMAL İŞLETME SEVİYELERİ

```
for b=1:1:12
```

```
if 1<b && b<12;
Sitnrm_g(1,b)=112-Bhr_degnrm(1,b);
Sitnrm_g(2,b)=43-Bhr_degnrm(2,b);
Else
Sitnrm_g(1,b)=Sitnrm(1,b);
Sitnrm_g(2,b)=Sitnrm(2,b);
end
end
```

d) Güç değerleri (GÜÇ. DER.)

```
global P; P güvenilir
global Qe;
global hgguc;
global P1; P1 güvenilir
global Qeb;
global hgguc1;
global I3;
global Pay;
```

```
T=2592000/(10^7);
a=43.6721366823879;
n=0.2143003524316;
a1=76.68243291924243868411000309272;
n1=0.25668119421691423344946001437142;
```

```
ay=11;
```

```
for b=1:1:ay
hgguc(b)=(a*(((Sitg(b)+Sitg(b+1))/2))^n)-25;
```

```
P(b)=8*Qe(b)/T*hgguc(b) ;
end
```

```

P(12)=8*Qe(12)/T*95 ;

ay=11;

for b=1:1:ay
hgguc1(b)=(a1*(((Sitg1(b)+Sitg1(b+1))/2))^n1)-15;

P1(b)=8*Qeb(b)/T*hgguc1(b) ;
end

P1(12)=8*Qeb(12)/T*186 ;

ayguc=12;
for b=1:1:ayguc;

Pay(b)=P(b)+P1(b);
end
[C,I3]=min(Pay);

```

NORMAL GÜÇ DEGERLERİ

```

ay=12;
for bnm=1:1:ay
Pnrmsir(bnm)=8*95*Vbrknrmsir(bnm)/T;

Pnrnberke(bnm)=8*186*Vbrknrberke(bnm)/T;
Pguvenilir(bnm)=Pnrmsir(bnm)+Pnrnberke(bnm);

if Pguvenilir(bnm)> Pay(I3);

guckontrol(bnm)=1;
else
guckontrol(bnm)=0;

end

end

bnrm=0;

```

Ana program ve ana programla birlikte çalışan alt programların programlama dilindeki çalışma yapısı EK B’de açıklanmıştır.

EK C (BARAJLARDA ÜRETİLEN ENERJİ MİKTARLARI)

Sır ve Berke barajlarının işletmeye alındıktan 2010 yılına kadarki üretilen aylık enerji miktarları tablosu aşağıda sırası ile verilmektedir.

Tablo C.1. Sır barajı aylık enerji üretim tablosu

SANTRAL ADI:	SİR HES (Kwh)												TOPLAM
YILLAR	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	
1991	.	.	.	29.506.000	62.269.000	55.818.000	29.773.000	45.413.000	46.824.000	66.110.000	66.712.000	100.348.000	502.773.000
1992	59.747.000	65.891.000	79.343.000	47.090.000	61.285.000	56.082.000	26.904.000	48.717.000	56.182.000	53.730.000	39.574.000	102.654.000	697.199.000
1993	42.211.000	47.248.000	85.722.000	139.745.000	162.681.000	83.495.000	63.782.000	60.536.000	79.998.000	60.930.000	67.138.000	81.387.000	974.873.000
1994	45.969.000	45.087.000	53.867.000	40.320.000	24.827.000	46.100.000	35.483.000	40.919.000	53.700.000	52.055.000	41.284.000	67.185.000	546.786.000
1995	93.468.000	68.290.000	47.658.000	70.032.000	93.188.000	63.707.000	62.820.000	62.551.000	54.334.000	55.657.000	73.997.000	95.182.000	840.884.000
1996	118.294.000	91.942.000	192.289.000	201.143.000	209.579.000	91.238.000	60.046.000	62.032.000	77.155.000	107.444.000	91.115.000	100.351.000	1.402.598.000
1997	123.386.000	75.231.000	63.045.000	70.728.000	74.459.000	50.085.000	60.613.000	56.886.000	67.799.000	46.140.000	98.276.000	113.141.000	899.789.000
1998	51.207.000	59.892.000	78.332.000	107.720.000	76.338.000	37.995.000	65.977.000	83.653.000	50.336.000	38.527.000	61.168.000	122.766.000	833.911.000
1999	95.756.000	119.192.000	100.615.000	67.509.000	23.598.000	21.191.000	34.568.000	51.505.000	41.498.000	60.042.000	60.571.000	61.721.000	737.766.000
2000	71.236.000	82.716.000	73.891.000	94.500.000	58.086.000	46.170.000	62.842.000	70.181.000	43.685.000	46.962.000	61.130.000	61.352.000	772.751.000
2001	56.250.000	37.681.000	30.294.000	28.678.000	32.650.000	28.898.000	28.327.000	42.965.000	47.361.000	63.128.000	27.267.000	56.772.000	480.271.000
2002	48.088.000	84.630.000	110.522.000	122.605.000	136.740.000	47.059.000	54.725.000	59.450.000	66.462.000	73.420.000	66.090.000	44.777.000	913.568.000
2003	32.782.000	41.702.000	103.439.000	124.641.000	69.426.000	70.111.000	72.399.000	47.157.000	39.039.000	30.779.000	52.509.000	53.456.000	344.324.000
2004	75.302.000	79.341.000	105.363.000	74.034.000	48.991.000	46.719.000	60.016.000	74.598.000	80.469.000	30.521.000	47.277.000	62.751.000	785.372.000
2005	40.626.000	58.168.000	116.927.000	96.546.000	63.212.000	41.252.000	54.841.000	76.854.000	48.439.000	38.978.000	39.273.000	63.770.000	728.886.000
2006	74.866.000	64.490.000	90.040.000	74.845.000	48.476.000	58.513.000	67.754.000	60.853.000	25.053.000	15.368.700	52.300.690	54.325.350	686.874.740
2007	46.210.590	26.981.540	39.092.640	34.564.900	18.506.490	30.114.670	68.048.510	57.322.110	37.101.980	13.418.160	20.240.650	40.686.370	432.286.520
2008	52.892.720	21.034.820	6.199.310	50.113.220	38.236.560	45.725.390	73.260.270	73.240.760	18.380.450	12.799.460	14.804.870	27.408.910	434.093.740
2009	25.795.330	9.525.880	42.576.230	102.769.510	102.440.690	51.186.500	61.015.000	62.328.590	36.786.190	54.074.410	97.811.770	44.904.490	691.215.190
2010	109.175.760	176.840.100	162.842.690	116.042.300	70.026.530	41.304.200	81.851.680	69.325.720	28.569.370	32.733.000	60.769.580	39.680.920	999.161.850

Tablo C.2. Berke barajı aylık enerji üretim tablosu

SANTRAL ADI:	BERKE HES (Kwh)												
	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
2002	52.958.000	127.700.000	227.279.000	276.582.000	324.208.000	102.701.000	105.052.000	121.418.000	139.840.000	159.834.000	161.305.000	125.305.000	1.924.162.000
2003	77.104.000	92.435.000	231.272.000	267.583.000	169.061.000	145.421.000	161.186.000	126.220.000	83.652.000	52.422.000	96.351.000	101.945.000	1.604.652.000
2004	170.200.000	183.629.000	239.748.000	148.012.000	109.182.000	84.990.000	135.553.000	150.381.000	196.891.000	59.027.000	81.425.000	149.116.000	1.708.154.000
2005	112.339.000	119.969.000	260.254.000	219.131.000	132.851.000	72.165.000	134.069.000	136.526.000	116.978.000	91.482.000	84.317.000	107.752.000	1.587.843.000
2006	163.247.000	171.204.000	215.078.000	174.483.000	103.685.000	118.788.000	152.713.000	168.483.000	79.183.000	26.359.000	83.526.180	135.130.270	1.591.879.450
2007	109.498.710	74.462.580	78.699.220	79.189.190	33.527.390	60.216.740	166.908.180	163.022.820	78.757.840	27.309.270	63.071.400	92.827.610	1.027.490.950
2008	121.306.440	55.182.830	11.721.330	93.422.230	46.574.340	88.318.900	151.143.350	191.033.790	79.530.340	26.653.470	32.104.240	78.889.530	975.880.790
2009	55.461.750	6.720.770	89.605.430	230.555.600	238.226.310	100.327.000	139.510.000	140.978.000	67.356.000	101.041.000	217.677.000	112.798.000	1.500.256.860
2010	291.117.352	324.416.000	336.106.084	259.910.000	160.421.000	99.910.000	180.422.000	184.479.000	83.232.000	63.449.088	72.700.070	104.235.000	2.150.397.574

Tablo C.1. Sır barajı aylık enerji üretim tablosu.....	85
Tablo C.2. Berke barajı aylık enerji üretim tablosu.....	86

ÖZGEÇMİŞ

Zafer Yavuz GÜNER, 10.04.1986 da Gümüşhane’de doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini İstanbul’da tamamladı. 2004 yılında Özel Gaye Lisesinden mezun oldu. 2004 yılında başladığı Kocaeli Üniversitesi İnşaat mühendisliği bölümünü 2009 yılında bitirdi. 2009 yılında Sakarya Üniversitesi, İnşaat mühendisliği hidrolik anabilim dalında yüksek lisans eğitimine başlamıştır. Kocaeli’nde çeşitli firmalarda kontrollük ve saha mühendisliği yapmıştır.