



## Investigation of sedimentation effects on Seyhan Dam Reservoir

Şerife Pınar Güvel<sup>1\*</sup> , Recep Yurtal<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>General Directorate of State Hydraulic Works, 6<sup>th</sup> Regional Directorate, Adana, 01120, Turkey

<sup>2</sup>Çukurova University, Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering, Adana, 01330, Turkey

### Highlights:

- Sedimentation effects on reservoir management
- Sediment accumulation in Seyhan Reservoir
- Investigation of reservoir water storage capacity loss

### Keywords:

- Seyhan Dam
- Reservoir management
- Water resources management
- Geographic information system
- Sediment accumulation

### Article Info:

Research Article

Received: 26.04.2018

Accepted: 27.11.2019

### DOI:

10.17341/gazimmfd.418702

### Correspondence:

Author: Şerife Pınar Güvel

e-mail:

spinar.guvel@dsi.gov.tr

phone: +90 322 459 05 90

### Graphical/Tabular Abstract

In this study, GIS technology is used to evaluate spatial and temporal changes of sediment accumulation in the period of hydrographic measurements in Seyhan Dam Reservoir. Sediment observation data of Çakıt and Körkün streams, which are the sediment source of Seyhan Reservoir in present, are used to determine the current state of sedimentation in the reservoir. Calculations made by researches with various techniques in previous years and GIS results to examine the change in storage volume in Seyhan Dam Reservoir between measurement years are presented. Since Çatalan Dam was taken into operation, the transport of sediment from main line of Seyhan River has been prevented, and technical measures developed in Çakıt branch are considered to be important in terms of sustainable management.

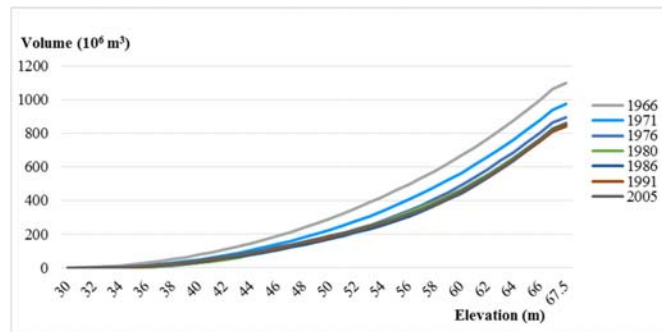


Figure A. Seyhan Reservoir elevation-volume graph based on hydrographic measurements

**Purpose:** In this study, it is aimed to investigate the changes in water storage capacity and the changes in bottom topography by additional data and developments in addition to GIS supported analyzes based on hydrographic measurements of Seyhan Dam Reservoir, and to provide the current results with respect to reservoir management in Seyhan Dam Reservoir by evaluating the current state of sediment accumulation.

### Theory and Methods:

GIS technique as a decision support tool is used in evaluation of distribution of sediment accumulation in Seyhan Dam reservoir. Water storage capacity loss is estimated by using hydrographic measurements and sediment observation data.

### Results:

It is determined that the maximum reservoir volume in Seyhan Dam Reservoir is reduced by 0.30% from 2005 to 2017 by evaluating the sediment observation data of E18A028 Çakıt Stream-Salbaş sediment observation station and E18A020 Körkün Stream-Hacılı Bridge sediment observation station.

### Conclusion:

As a result, sediment accumulation in Seyhan Dam reservoir is investigated by evaluating hydrographic measurements and sediment observation data of Çakıt and Körkün streams and current results on the effects of sediment accumulation on the reservoir operation in Seyhan Dam Reservoir are obtained.



## Seyhan Baraj rezervuarında katı madde birikimi etkisinin incelenmesi

Şerife Pınar Güvel<sup>1\*</sup>, Recep Yurtal<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Devlet Su İşleri 6. Bölge Müdürlüğü, 01120 Seyhan, Adana, Türkiye

<sup>2</sup>Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 01330 Sarıçam, Adana, Türkiye

### Ö N E Ç İ K A N L A R

- Rezervuar yönetimde katı madde birikimi etkisi
- Seyhan Baraj Rezervuarında katı madde birikim durumu
- Rezervuar depolama hacmi kapasite kaybının araştırılması

### Makale Bilgileri

Araştırma Makalesi

Geliş: 26.04.2018

Kabul: 27.11.2019

DOI:

10.17341/gazimmfd.418702

### Anahtar Kelimeler:

Seyhan Barajı,  
rezervuar yönetimi,  
su kaynakları yönetimi,  
coğrafi bilgi sistemi,  
katı madde birikimi

### ÖZET

Bu çalışmada, Seyhan Baraj rezervuarında ardışık hidrografik ölçüm yılları için rezervuar depolama kapasitesindeki ve dip topoğrafyasındaki değişimin CBS destekli analizler aracılığıyla irdelenmesi çalışmalarının ilave veriler ve gelişmelerle araştırılması, rezervuarda katı madde birikiminin mevcut durumunun değerlendirilerek rezervuar yönetimine etkileri yönüyle güncel sonuçların temin edilmesi amaçlanmaktadır. Bu çalışmada Seyhan Baraj rezervuarında katı madde birikiminin ardışık hidrografik ölçüm yılları arasında dönemsel olarak konumsal ve zamansal değişimlerinin irdelenmesinde CBS tekniği kullanılmaktadır. Mevcut durumda Seyhan Barajı için sediment kaynağı olan Çakıt ve Körkün çaylarına ait sediment gözlem verileri rezervuarda güncel durumun tespiti amacıyla kullanılmıştır. Seyhan Baraj Rezervuarında ardışık ölçüm yılları arasında depolama hacmindeki değişimin incelenmesi konusunda önceki yıllarda araştırmacılar tarafından çeşitli tekniklerle yapılan hesaplamalar ve CBS sonuçlarının karşılaştırmaları verilmektedir. Çatalan Barajının işletmeye alınması ile Seyhan Nehri ana kolundan Seyhan Barajına katı madde taşınımı önlenmiş olmakla beraber Çakıt kolunda geliştirilen teknik tedbirlerin sürdürülebilir yönetim açısından önemli olduğu değerlendirilmektedir. E18A028 Çakıt Suyu-Salbaş sediment gözlem istasyonu ile E18A020 Körkün Suyu-Hacılı Köprüsü sediment gözlem istasyonlarına ait sediment gözlem verilerinin değerlendirilmesi ile, 2005 yılından 2017 yılına kadar Seyhan Baraj rezervuarında maksimum rezervuar hacminde yaklaşık olarak %0,30 oranında azalma olduğu belirlenmiştir. Çalışmanın sonucunda, Seyhan Barajında katı madde birikiminin rezervuar işletmesine etkileri konusunda güncel sonuçlar elde edilmiştir.

## Investigation of sedimentation effects on Seyhan Dam reservoir

### H I G H L I G H T S

- Sedimentation effects on reservoir management
- Sediment accumulation in Seyhan Reservoir
- Investigation of reservoir water storage capacity loss

### Article Info

Research Article

Received: 26.04.2018

Accepted: 27.11.2019

DOI:

10.17341/gazimmfd.418702

### Keywords:

Seyhan Dam,  
reservoir management,  
water resources  
management,  
geographic information  
system,  
sediment accumulation

### ABSTRACT

In this study, it is aimed to investigate the changes in water storage capacity and the changes in bottom topography by additional data and developments in addition to GIS supported analyzes based on hydrographic measurements of Seyhan Dam Reservoir, and to provide the current results with respect to reservoir management in Seyhan Dam Reservoir by evaluating the current state of sediment accumulation. In this study, GIS technology is used to evaluate spatial and temporal changes of sediment accumulation in the period of hydrographic measurements in Seyhan Dam Reservoir. Sediment observation data of Çakıt and Körkün streams, which are the sediment source of Seyhan Reservoir in present, are used to determine the current state of sedimentation in the reservoir. Calculations made by researches with various techniques in previous years and GIS results to examine the change in storage volume in Seyhan Dam Reservoir between measurement years are presented. Since Çatalan Dam was taken into operation, the transport of sediment from main line of Seyhan River has been prevented, and technical measures developed in Çakıt branch are considered to be important in terms of sustainable management. It is determined that the maximum reservoir volume in Seyhan Dam Reservoir is reduced by 0.30% from 2005 to 2017 by evaluating the sediment observation data of E18A028 Çakıt Stream-Salbaş sediment observation station and E18A020 Körkün Stream-Hacılı Bridge sediment observation station. As a result, current results on the effects of sediment accumulation on the reservoir operation in Seyhan Dam Reservoir are obtained.

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: spinar.guvel@dsi.gov.tr, ryurtal@cu.edu.tr / Tel: +90 322 459 05 90

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Su kaynaklarının planlanması, geliştirilmesi ve yönetimi faaliyetleri kapsamında hizmete alınan depolama tesislerinde işletme aşamasında gerçekleştirilen izleme ve değerlendirme çalışmalarının yürütülmesi, su kaynaklarının etkin kullanımı açısından büyük öneme sahiptir. Çok amaçlı işletilen rezervuar sistemlerinde pek çok değişken bulunmaktadır. Bu kapsamda, baraj projelerinin etüd-planlama hizmetlerinde sediment ölçümleri barajların boyutlandırma hesaplamalarında değerlendirilmekte, barajların işletmeye alınmasından sonra da rezervuarlarda su hacmindeki değişimin ve katı madde birikiminin belirlenmesi amacıyla, baraj rezervuarlarında hidrografik haritalar hazırlanarak izleme faaliyetleri yürütülmektedir.

Seyhan Barajı, Türkiye'nin güneyinde, Adana İli'nde, Aşağı Seyhan Havzası'nda yer almaktadır. Seyhan Barajının inşa edilmesi amacıyla, Aşağı Seyhan Havzasında yürütülen planlama faaliyetlerinde 1934 yılında akım gözlem çalışmaları, 1937 yılında projenin mühendislik çalışmaları başlamıştır [1]. Seyhan Nehri üzerinde bulunan Seyhan Barajının 1953-1956 yılları arasında inşaatı tamamlanarak 1956 yılında işletmeye açılmıştır. Seyhan Nehri, Zamantı ve Gökse nehir kolları ve bu nehir kollarının birleşiminden sonra Seyhan nehrine karışan Eğlence, Körkün, Üçürge ve Çakıt nehir kolları ile havzadaki yan derelerden oluşmaktadır. Seyhan Barajı, sulama, taşkın koruma ve enerji üretimi amaçlı olarak işletilmektedir ve drenaj alanı 19254 km<sup>2</sup>'dir. Seyhan Havzası developman sürecinin tamamlanması, çok amaçlı ardışık baraj sistemlerinin hizmete alınarak işletilmesi ve sürdürülebilir su ve toprak kaynakları yönetimi açısından büyük önem arz etmektedir. Türkiye'nin önemli miktarda su potansiyelinin Seyhan Havzasında bulunması ve Aşağı Seyhan Havzasında ardışık baraj sistemleri içinde mansapta yer alan depolama tesisi olarak Seyhan barajının sulama, enerji üretimi, taşkın kontrolü amaçları ile işletilmekte olması, barajın ekonomik ömrünün ve baraj rezervuarındaki sediment miktar ve dağılımının araştırılmasının önemini göstermektedir.

Baraj rezervuarlarına üst havzadan katı madde taşınım miktar ve durumu, havza topoğrafyası ve havza özellikleri ile doğrudan ilgilidir. Planlama faaliyetleri kapsamında baraj rezervuarında ölü hacmin tayini için sediment ölçümlerinin değerlendirilmesi baraj boyutlandırılması açısından büyük öneme sahiptir. İter ve Ağralıoğlu (1987), baraj mühendisliğinde, baraj elemanlarının boyutlandırılması ve işletilmesi konusunda rezervuarda birikmesi tahmini yapılan sediment hacminin önemini belirtmektedir [2]. DSİ Genel Müdürlüğü faaliyetleri kapsamında, ülkemizdeki baraj ve göllerden verimli ve uzun süreli yararlanılması amacıyla, göllerin alansal büyüklüklerine göre belirlenen ölçeklerde hidrografik haritaların üretimi gerçekleştirilmektedir ve 2016 yılı itibarıyla Türkiye'de DSİ tarafından 120 baraj ile 62 gölün hidrografik haritası hazırlanmıştır [3]. Barajların ekonomik ömrünü etkilemesi yönüyle baraj rezervuarlarında katı madde birikimini araştırın, sürdürülebilir su kaynakları

yönetimi açısından önem taşıyan baraj rezervuarlarında katı madde birikiminin incelendiği ve değerlendirildiği çeşitli bilimsel ve teknik araştırmalar bulunmaktadır. Seyhan Baraj Rezervuarında katı madde birikimi de önceki yıllarda araştırmacılar için inceleme konusu olmuştur. İter ve Ağralıoğlu [2] tarafından yapılan çalışmada, Seyhan ve Çubuk I baraj göllerinde biriken sediment hacminin hesaplanmasında, Kot-Alan Eğrisi Metodu, Geliştirilmiş Prizmoidal Metod, Ortalama Sonlu Alan Metodu ve Simpson Kuralı kullanılarak uygulamalar yapılmış, bu uygulamalar kapsamında, 1976 yılına kadar olan süreçte Seyhan Baraj gölünde bu metodlarla hesaplanan rezervuar hacimleri hem birbirleriyle, hem de DSİ Genel Müdürlüğü tarafından gerçekleştirilen ölçümlerle karşılaştırılarak, Seyhan baraj gölü için hesaplanan sediment hacimleri incelenmiştir. Göğüş ve Adıgüzel [4] tarafından yapılan çalışmada, işletmedeki 16 barajda ölü hacimde ve üzerindeki hacimde sediment birikim yüzdeleri incelenmiştir ve aktif hacmi en çok dolmuş olan barajların Çubuk-1, Seyhan ve Kartalkaya barajları olduğu belirtilmektedir. Kırkgöz vd. [5], Türkiye'deki işletme aşamasında olan bazı barajlarda sediment çökmesinin sebep olduğu depolama kapasitesinde meydana gelen değişimler ile tutma yüzdesindeki değişimleri araştırarak; bu çalışmada Seyhan Barajında açılış yılı olan 1956 yılı ile 1986 yılı arasında depolama kapasitesinin %30'unun sediment ile dolduğunu belirtmektedir. Kırkgöz vd. [6], Seyhan Baraj Haznesinde, 1976, 1980 ve 1986 yılları için, Seyhan Nehri kolunda talveg çizgisinde katı madde birikiminden kaynaklanan taban profilindeki değişimleri incelemiştir. Fakioglu [7], Seyhan Barajında 1966, 1971, 1976, 1980, 1986 ve 1991 yıllarında klasik yöntemlerle hidrografik haritalar hazırlandığını, 2005 yılında hidrografik harita üretiminin Otomatik Veri Toplama Sistemi ile ölçümler alınarak üretildiğini belirterek; sözkonusu hidrografik haritaların sunulduğu çalışmada, Seyhan Barajında 1966, 1971, 1976, 1980, 1986, 1991 ve 2005 yıllarında rezervuarda biriken su miktarını ve 1966 tarihini başlangıç yılı olarak değerlendirerek rezervuarda biriken sediment miktarını hacim olarak hesaplamıştır. Güvel (2007) Seyhan Baraj Rezervuarında katı madde birikiminin durumunu araştırmıştır [8]. Seyhan Baraj Rezervuarında katı madde birikiminin alansal ve zamansal değişiminin incelenmesinde, CBS tekniği ile hazırlanan, farklı yıllara ait rezervuar sayısal arazi modelleri ile sediment birikim haritalarındaki değişim değerlendirilmiştir [8, 9]. Akgül vd. (2018), Seyhan Baraj Gölünde su derinliği ve batimetrik kotların tespit edilmesi için uzaktan algılama yöntemleriyle çalışarak, bu kapsamda üretilen uydu-kaynaklı batimetrik haritaların hassasiyetini değerlendirmiştir [10].

Rezervuarda sediment birikiminin baraj işletme faaliyetleri kapsamında incelenmesi ve değerlendirilmesi, sürdürülebilir rezervuar yönetimi açısından büyük önem taşımaktadır. Doğada sınırlı miktarda bulunan su kaynaklarının etkin kullanımı yönüyle de önem taşıyan rezervuarda sediment birikiminin incelenmesi konusunda Türkiye'de ve dünyada yapılan araştırmalara literatürde rastlamak mümkündür.

Güvel vd. [11], Berdan Barajı rezervuarında, planlama çalışmalarında öngörülen sediment miktarı ile baraj işletmeye alındıktan sonra gerçekleşen sediment miktarının karşılaştırılması amacıyla gerçekleştirdikleri çalışmada, CBS tekniği ile rezervuar su hacmindeki değişimi ve sediment dağılım durumunu değerlendirmiştir. Wulandari vd. [12], Wonogiri Rezervuarında 1980, 1993, 2004, 2005 ve 2011 yıllarına ait rezervuar taban kotu izleme verilerini kullanarak rezervuardaki mekânsal sedimentasyon problemlerini değerlendirmiştir. İnal vd. [13], Orta Kızılırmak Havzasında bulunan Sarımsaklı Barajında 1968 yılında hesaplanan 50 yıllık sediment miktarı ile 1972, 1982 ve 2013 yıllarında yapılan hidrografik haritalardan yararlanarak bahsedilen ölçüm yılları için hesaplanan sediment miktarlarını karşılaştırmıştır. Thomas vd. [14], Hindistan'daki Shetrunji rezervuarının revize kapasitesini değerlendirdikleri çalışmada uzaktan algılama ve CBS tekniğini kullanarak 1965 ve 2007 yılları arasındaki kapasite kaybını araştırmıştır. Albayati [15], Malezya'daki Kenyir Baraj rezervuarına sediment etkilerinin araştırılmasında CBS tekniğini sediment taşınım modeli ile birlikte kullanmıştır. Marak vd. [16], Hindistan'da bulunan Umiam Rezervuarında katı madde birikiminden kaynaklanan depolama hacmindeki azalma ile rezervuar alan ve derinlik değişimini incelemek için yapılan batimetri etüdünde CBS tekniğini kullanmış, 1965 ve 2013 yılları arasında meydana gelen hacimsel ve alansal değişimi incelemiştir. Patil ve Shetkar [17], Koyna rezervuarında 39 yıllık sürede rezervuarda farklı seviyelerde katı madde birikiminin neden olduğu kapasite kaybını araştırmıştır. Ninija Merina vd. [18], Hindistan'daki Vaigai Rezervuarında 1958 ve 2012 yılları arasında sediment taşınımından kaynaklanan rezervuar kapasitesi değişimini uzaktan algılama tekniğini kullanarak hesaplamıştır. Mandwar vd. [19], Totla Doh Rezervuarında mevcut depolama kapasitesini ve sedimentasyondan kaynaklanan kapasite kaybını tahmin etmek için uzaktan algılama tekniğini kullanmıştır. Dadoria vd. [20], Hindistan'daki Murrumsilli Rezervuarında sedimentasyon ve kapasite kaybının araştırılmasında CBS ve Uzaktan Algılama tekniklerini kullanarak, 1923 ve 2015 yılları arasında rezervuardaki kapasite kaybının %18,37 olduğu sonucunu elde etmiştir. Durbude ve Purandara [21], Lingankakki Rezervuarında 1989-1990 ve 2001-2002 yılları için sediment birikiminden kaynaklanan rezervuar kapasitesindeki değişimi Uzaktan Algılama tekniği ile araştırmıştır. Çelik vd. [22] tarafından yapılan çalışmada, İstanbul'da bulunan Alibey Barajında sedimentasyon durumunun araştırılmasında, sediment kaynakları da incelenerek alınması gereken önlemler belirtilmiştir. İrtem ve Özgür [23], Balıkesir-Çaygören Rezervuarında sedimentasyon durumunun araştırılmasında, farklı sediment hacim metodlarının uygulama sonuçları ile DSİ ölçümlerini, ayrıca sediment dağılım metodları uygulamalarını değerlendirerek, 1970 ve 1983 yılları arasındaki 13 yılda baraj ölü hacminin yaklaşık olarak %62'sinin dolmuş olduğunu belirtmiştir. Khadare ve Jedhe [24], Hindistan'daki Ujjani Rezervuarında 2001-2002 yılları için sedimentasyonun değerlendirilmesinde Uzaktan Algılama yaklaşımıyla yıllık kapasite kaybını 9,89 Mm<sup>3</sup> olarak

hesaplamıştır. Mupfiga vd. [25], Uzaktan Algılama yaklaşımı ile Zimbabve'de bulunan Tuli-Makwe Barajında 1966 ve 2013 yılları arasındaki 47 yıllık periyotta sedimentasyon durumunu ve rezervuar kapasite kaybını değerlendirmiştir. Bhavsar vd. [26], Uzaktan Algılama tekniği ile Hindistan'daki Sukhi Rezervuarında 2005 ve 2010 yılları arasındaki rezervuar kapasite kaybını incelemiştir. Abubakar ve Aliyu [27], Nijerya'da Rima Nehri üzerindeki Goronyo rezervuarında 1984 ve 2013 yılları arasındaki sediment birikimini araştırmış, rezervuarın 29 yıllık işletme süresinde sediment birikimine bağlı depolama kaybının toplam depolama hacminin %2,6'sı olarak gerçekleştiğini belirlemiştir. Tiwari vd. [28], Hindistan'da Tehri rezervuarında 2006-2011 yılları arasında rezervuar sedimentasyon durumunun tahmin edilmesinde Uzaktan Algılama tekniğini kullanmıştır. Yutsis vd. [29], Meksika'daki Cerro Prieto Barajında rezervuar tabanına ait sayısal veri setlerini, batimetrik model ile sediment kalınlıklarına ait modelin üretilmesinde ve depolama hacminin hesaplamasında kullanmıştır, ayrıca sediment kalınlığını 2,5-4,0 m, birikmiş toplam malzeme hacmini yaklaşık 9 milyon m<sup>3</sup> olarak değerlendirmiştir.

Seyhan Havzasında işletmeye alınan tesisler artmıştır. Aşağı Seyhan Ovası sulamaları açık kanal sulama sisteminin basınçlı borulu sisteme dönüştürülmesi önerileri gibi acil ve önemli nedenlerle Seyhan Baraj rezervuarındaki mevcut su hacminin bilinmesi teknik çalışmalara katkı sağlayacaktır. Bu çalışmada, güncel rezervuar hacim değerlerinin tespitine bir yaklaşım getirilmesi bakımından, Seyhan Baraj rezervuarında 2005 yılından sonra batimetrik çalışma yapılmamış olmasından dolayı, 2005-2017 yılları arasında havzadaki sediment gözlem istasyonlarındaki ölçümler kullanılmıştır. Bu çalışmanın amacı, Seyhan Baraj rezervuarında ardışık hidrografik ölçüm yılları için rezervuar sayısal arazi modellerinin CBS ortamında karşılaştırılarak rezervuar dip topoğrafyasındaki dönemsel değişimin irdelenmesi çalışmalarına ilave veriler ve gözlemlerle rezervuarda güncel durumunun araştırılmasıdır. Bu çalışmada, coğrafi bilgi sistemlerinin su kaynakları yönetiminde kullanılabilirliği, baraj rezervuarlarında katı madde birikiminin rezervuar işletme politikalarına etkilerinin araştırılması kapsamında Seyhan Baraj Rezervuarı örneği ile değerlendirilmektedir.

## 2. MATERYAL VE METOT (MATERIAL AND METHOD)

### 2.1. Materyal (Material)

Bu çalışmada, 1966, 1971, 1976, 1980, 1986 ve 1991 yıllarında klasik yöntemlerle üretilen ve TIFF formatındaki Seyhan Barajına ait hidrografik haritalar, otomatik veri toplama sistemi ile üretilen 2005 yılına ait hidrografik harita ile Güvel (2007) tarafından hazırlanan çalışma kapsamında bu hidrografik haritalardan CBS modülleri aracılığıyla üretilen Seyhan Baraj rezervuarı sayısal arazi modelleri altlık olarak kullanılmıştır [8]. Ayrıca çalışma kapsamında DSİ'ye ait E18A028 Çakıt Suyu-Salbaş ve E18A020 Körkün Suyu-Hacılı Köprüsü sediment gözlem istasyonlarına ait sediment

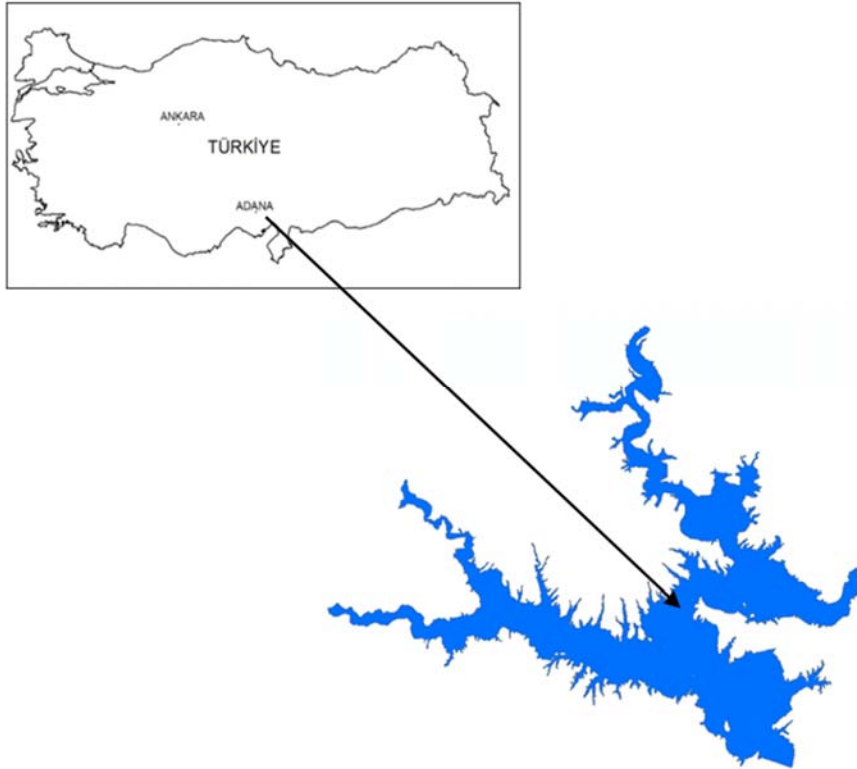
gözlem verileri Seyhan Barajına 2005-2017 yılları arasında gelen katı madde miktarının hesaplanmasında, güncel durumun araştırılması amacıyla kullanılmıştır. Çalışmada, rezervuar sayısal arazi modellerinin Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) tekniği ile incelenerek rezervuarda katı madde birikim haritalarının değerlendirilmesinde ve CBS uygulamalarında ArcGIS yazılımı kullanılmıştır. Çalışma alanı olarak belirlenen Seyhan Barajının Türkiye'deki yeri Şekil 1'de görülmektedir.

## 2.2. Metod (Method)

Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) tekniği, sayısal coğrafi veri altyapısı ile dinamik bir sistem olarak güvenilir bir veri tabanı ile kullanım kolaylığı sağlamakta, günümüzde, baraj, gölet ve sulama sistemlerinin planlama ve proje hizmetlerinin uygulanması, havza modellemeleri gibi farklı disiplinlerin yürüttüğü mühendislik hizmetlerinde ve büyük veri setlerinin değerlendirildiği bilimsel araştırmalarda kullanılmaktadır. CBS tekniği ile karmaşık sistemlere ait veri setlerinin analizi gerçekleştirilerek tematik haritalar veri tabanında birlikte güvenle saklanmaktadır. Etüd ve planlama sürecinde temin edilen gözlem sonuçlarının, işletmeye alınan tesislerde nasıl değişiklik gösterdiği, projeden beklenen performans değerlendirilirken CBS ortamında hazırlanan sayısal modellerin kullanımı ile daha kolay belirlenmektedir. Havza, alt-havza ve proje ölçeğinde yürütülen mühendislik hizmetlerinde sayısal haritaların öneminin artması ile bu kapsamda yürütülen etüd-planlama-proje-inşaat-işletme faaliyetlerinde CBS kullanımı ile katkı sağlanmaktadır. Bu

çalışmada, günümüzde karar destek aracı olarak farklı disiplinler tarafından etkin olarak kullanılmakta olan Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) tekniği katı madde birikim haritalarının değerlendirilmesinde kullanılmıştır. Seyhan Baraj Rezervuarına ait sayısal modellerin oluşturulması, rezervuar hacimlerinin hesaplanması ve incelenmesi aşamaları Güvel (2007)'de belirtilmektedir [8].

Güvel (2007) tarafından hazırlanan çalışmada, TIFF formatında temin edilen hidrografik haritalar CBS modülleri aracılığı ile koordinatlı olarak bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Rezervuar alanı eşyüksekti eğrileri için çizgi, noktasal okumalar için nokta vektör veri tipi seçilerek sayısallaştırma işlemleri yapılmıştır. Yükseklik verileri vektör verilerle ilişkilendirilerek rezervuar sayısal haritaları, çizgi ve nokta verilerin birleştirilmesi ile elde edilmiştir. 1966, 1971, 1976, 1980, 1986, 1991 ve 2005 yılları hidrografik ölçüm yılları için oluşturulan rezervuar sayısal arazi modelleri, ArcGIS yazılımında TIN (Triangulated Irregular Network) enterpolasyon yöntemiyle oluşturulmuş, bu şekilde yükseklik verilerinin rezervuarda alansal dağılımı temin edilmiştir. TIN modeller, sediment birikim haritalarının hazırlanması amacıyla GRID formuna aktarılarak her yıla ait modeller ekranda çakıştırılarak üç boyutlu olarak farkları bulunmuştur [8, 9]. Rezervuar katı madde birikim haritalarında hidrografik ölçüm yılları arasında konumsal ve zamansal değişimler, ayrıca katı madde birikiminin dağılımı Seyhan Barajı örnek uygulamasında belirtildiği gibi coğrafi bilgi sistemi tekniğinin kullanımı ile değerlendirilebilmektedir.



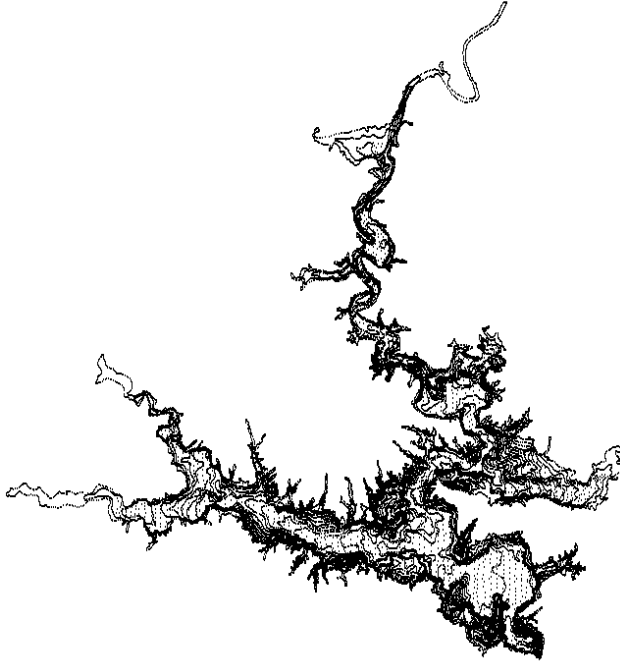
Şekil 1. Seyhan Barajının Türkiye'deki konumu (The location of Seyhan Dam in Turkey)

### 3. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR (RESULTS AND DISCUSSIONS)

#### 3.1. Seyhan Baraj Rezervuarında Ardışık Ölçüm Yılları Arasında Katı Madde Birikiminin İncelenmesi

(The Investigation Of Sediment Accumulation Between Measurement Years in Seyhan Reservoir)

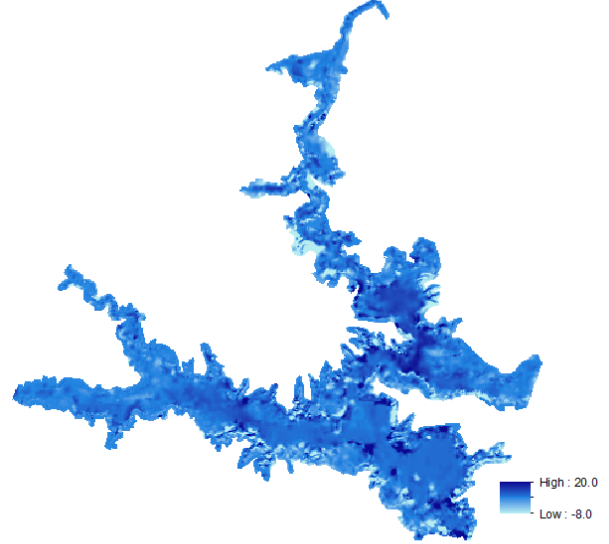
Seyhan Barajına ait 1966 yılı hidrografik haritasının CBS ortamında sayısallaştırılması ile rezervuar sahası dip topoğrafyasını gösteren sayısal harita Şekil 2’de verilmektedir.



**Şekil 2.** Seyhan Barajı 1966 yılı hidrografik haritasının sayısallaştırılması ile elde edilen sayısal noktalar [8]  
(The digitized points obtained by digitization of the hydrographic map belonging to 1966 of Seyhan Dam [8])

Sayısal modellerin üretilmesinde her hidrografik ölçüm yılına ait sayısal haritalar kullanılmıştır [8]. CBS enterpolasyon yöntemleri ile elde edilen sayısal arazi modelleri sürekli yüzeylerdir ve rezervuar sahasında her noktaya ait rezervuar kotunun tahmin edilmesini sağlamaktadır. Ardışık yıllara ait sayısal arazi modellerinin CBS ortamında aynı anda ekrana çağrılarak karşılaştırılması ile bu yıllar arasında katı madde birikim haritaları oluşturulmaktadır. Seyhan Barajında hidrografik ölçüm yılları arasındaki değişimin irdelenmesi için, 1966, 1971, 1976, 1980, 1986, 1991 ve 2005 yıllarına ait rezervuar sayısal arazi modelleri aynı anda ekrana çağrılarak CBS modülleri kullanımı ile katı madde birikim haritalarında konumsal değişimler değerlendirilmiştir [8]. 1966-1971 yılları arasındaki sediment birikimi incelendiğinde, Seyhan Nehri kolu üzerinde 8 metreye yaklaşan değerlerde, Seyhan Nehri ile Çakıt Suyunun birleştiği bölgede yaklaşık 2,5 metre değerlerinde sediment birikiminin gerçekleştiği tahmin

edilmiştir [8, 9]. 1971-1976 yılları arasında CBS ortamında hazırlanan rezervuar sahası sediment birikimi tahmin sonuçları [8], hidrografik ölçüm yılları arasındaki değişimin gösterimi amacıyla Şekil 3’de verilmektedir.



**Şekil 3.** 1971-1976 Yılları Arası Sediment Birikimi Haritası [8] (Sediment accumulation map between 1971-1976 [8])

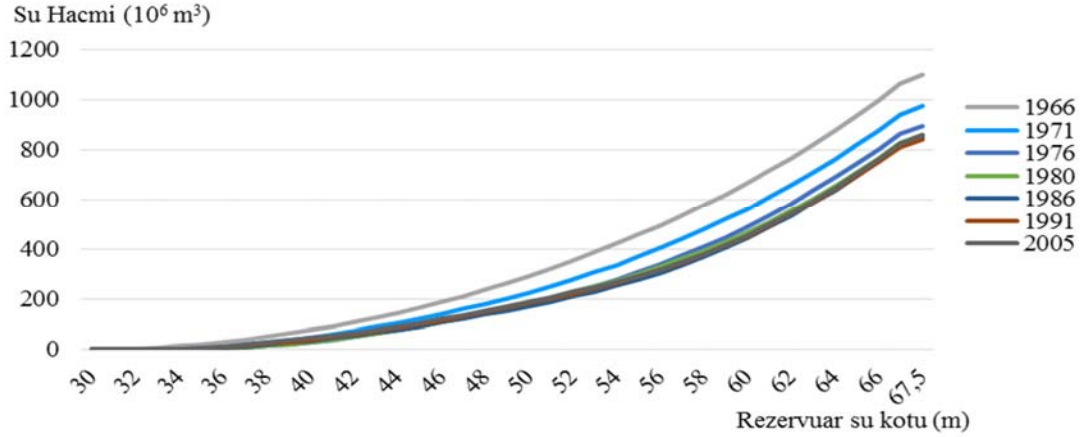
#### 3.2. Seyhan Baraj Rezervuarında Ardışık Ölçüm Yılları Arasında Depolama Hacmindeki Değişimin İncelenmesi

(The Investigation of Reservoir Capacity Changes Between Measurement Years in Seyhan Reservoir)

Seyhan Baraj rezervuarında ardışık hidrografik ölçüm yılları arasındaki sediment birikim miktarları incelendiğinde, CBS tekniği ile yapılan analiz sonuçlarına göre, en çok sediment birikiminin 1966-1971 yılları arasında gerçekleştiği, 1976 yılına kadar da azalmanın devam ettiği, diğer ardışık yıllar arasında sediment birikim oranının giderek azaldığı görülmektedir (Şekil 4). Seyhan Barajında Rezervuar Su Kotu-Hacim durumu Şekil 4’de grafik olarak verilmektedir [8]. Seyhan Barajı için rezervuar hacmi ile sediment hacminin araştırılmasında, İltter (1985) tarafından Kot-Alan eğrisi ve Geliştirilmiş Prizmoidal yöntemleri ile hazırlanan çalışmaya ait sonuçlar ile CBS sonuçları önceki çalışmalar kapsamında değerlendirilmiştir [8].

İltter ve Ağralıoğlu [2], tarafından yapılan çalışmada, Seyhan ve Çubuk I baraj göllerinde biriken sediment hacminin hesaplanmasında, Kot-Alan Eğrisi Metodu, Geliştirilmiş Prizmoidal Metod, Ortalama Sonlu Alan Metodu ve Simpson Kuralı kullanılarak uygulamalar yapılmış, bu uygulamalar kapsamında, 1976 yılına kadar olan süreçte Seyhan Baraj gölünde bu metodlarla hesaplanan rezervuar hacimleri hem birbirleriyle, hem de DSİ Genel Müdürlüğü tarafından gerçekleştirilen ölçümlerle karşılaştırılarak, Seyhan baraj gölü için hesaplanan sediment hacimleri incelenmiştir. Tablo 1 ve Tablo 2’de, İltter ve





Şekil 4. Seyhan Barajı Rezervuar Su Kotu-Hacim Grafiği [8] (Seyhan Reservoir elevation-volume graph [8])

Tablo 1. Seyhan Barajı Hesaplanan Rezervuar Hacimleri ( $10^6\text{m}^3$ ) (Seyhan Dam Calculated Reservoir Volumes ( $10^6\text{m}^3$ ))

	1966 yılı	1971 yılı	1976 yılı
CBS sonuçları [8]	1099,692	973,886	896,241
Kot-alan eğrisi*	1087,977	1021,443	973,473
Geliştirilmiş prizmoidal*	1112,176	1041,725	982,043
Ortalama sonlu alan*	929,130	-	705,210
Simpson*	1146,73	1077,26	1015,70

\*İlter ve Ağralıoğlu [2] tarafından yapılan çalışmada verilen değerler

Tablo 2. Seyhan Barajı Hesaplanan Sediment Hacimleri ( $10^6\text{m}^3$ ) (Seyhan Dam Calculated Sedimentation Volumes ( $10^6\text{m}^3$ ))

	1966-1971 yılları	1971-1976 yılları	1966-1976 yılları
CBS sonuçları [8]	125,806	77,645	203,451
Kot-alan eğrisi*	66,534	47,970	114,504
Geliştirilmiş prizmoidal*	70,451	59,682	130,133
Ortalama sonlu alan*			223,920
Simpson*	69,470	61,560	131,030

\*İlter ve Ağralıoğlu [2] tarafından yapılan çalışmada verilen değerler

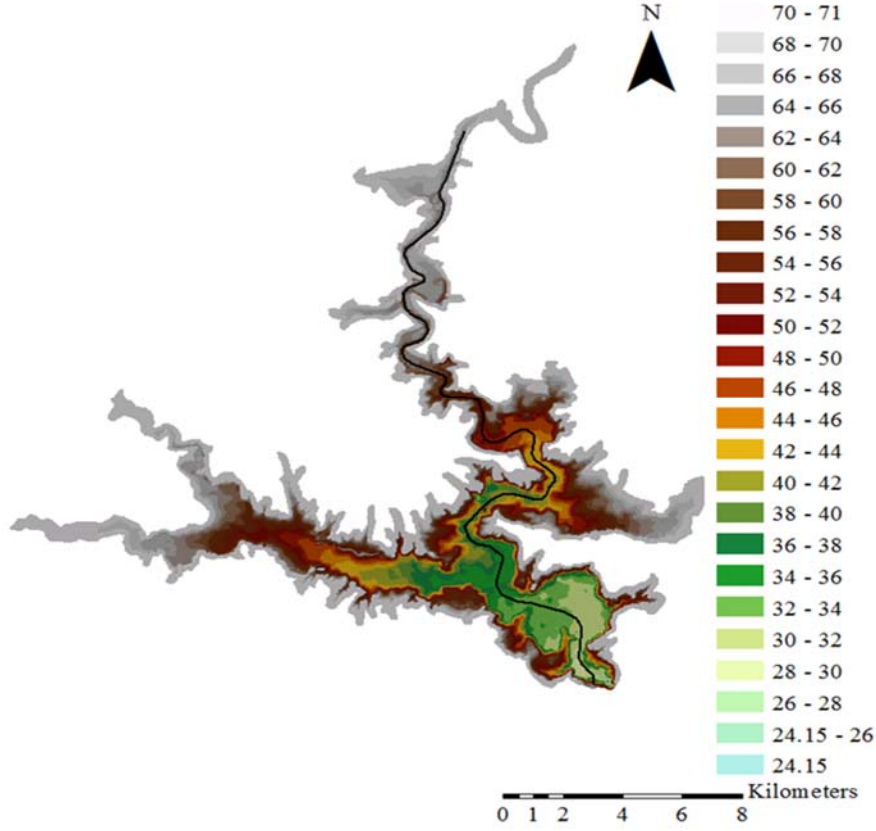
Ağralıoğlu [2] tarafından yapılan çalışmada farklı metodlarla hesaplanan Seyhan Barajında 1966, 1971 ve 1976 yıllarına ait rezervuar ve sediment hacimleri ile Güvel [8] tarafından CBS tekniği ile tahmin edilen rezervuar ve sediment hacimleri karşılaştırılmıştır [8]. Tablo 1 ve Tablo 2'de görüldüğü üzere; tabloda belirtilen metodların uygulanması ile elde edilen sonuçlara göre 1966 - 1971 ve 1971 - 1976 dönemleri için Seyhan Baraj rezervuarında sediment birikim miktarları karşılaştırıldığında sediment birikim oranlarında zamanla azalma olduğu görülmektedir.

### 3.3. Seyhan Baraj Rezervuarında Ardışık Ölçüm Yılları Arasında Boykesit Üzerinde Katı Madde Birikimindeki Değişimin İncelenmesi

(The Investigation Of Changes in Sediment Accumulation on Profiles Between Measurement Years in Seyhan Reservoir)

Seyhan Barajı rezervuarında dip topoğrafyasındaki değişimin tahmin edilmesine imkan sağlayan sayısal arazi modelleri ile alansal ve zamansal değişimin araştırılmasına örnek bir uygulama olarak 1966 yılı TIN modeli [8, 9] üzerinden örnek bir profil alınarak, diğer ölçüm yıllarına ait

TIN modeller CBS ortamında ekrana çağrılmış, çalışma sahasında zamansal olarak profil üzerindeki değişimler değerlendirilmiştir [8]. Seyhan Barajı 1966 yılı sayısal rezervuar modeli Şekil 5'de, örnek profil üzerinde ölçüm yılları arasında sediment birikimi durumu Şekil 6'da, 1966-2005 yılları arasında örnek profil üzerinde sediment birikimi durumu Şekil 7'de verilmektedir. Örnek profil üzerinde ölçüm yılları için sediment birikim yüksekliğinin irdelenmesinde, ilk ölçüm yılı siyah renkte, diğeri ise kırmızı renkte verilmektedir; Şekil 6 ve Şekil 7'de görüldüğü üzere baraj gövdesine yakın kısımlarda sediment birikiminin daha fazla gerçekleştiği, üst kotlarda ise erozyon olan alanların bulunduğu görülmektedir. Seyhan Barajı'nın ölü hacim kotu 49,00 m'dir. Sediment birikiminin yıllara göre değişimini gösteren boykesitler (Şekil 6, Şekil 7) incelendiğinde sediment birikiminin ölü hacim kotu ve dolayısıyla su alma kotunun çok altında kaldığı görülmektedir. Bu durum, sediment birikimi bakımından su alma yapılarının tehdit altında olmadığını göstermektedir. Barajda, sediment birikimi sadece rezervuardan doğrudan sulama suyu alınan pompa istasyonlarının çalışmasını etkileyebilir. Bu bölgede gerekli sediment temizlikleri düzenli olarak yapılmalıdır.



Şekil 5. Seyhan Barajı 1966 yılı sayısal rezervuar modeli [8, 9] (Seyhan Reservoir digital reservoir model of 1966 [8, 9])

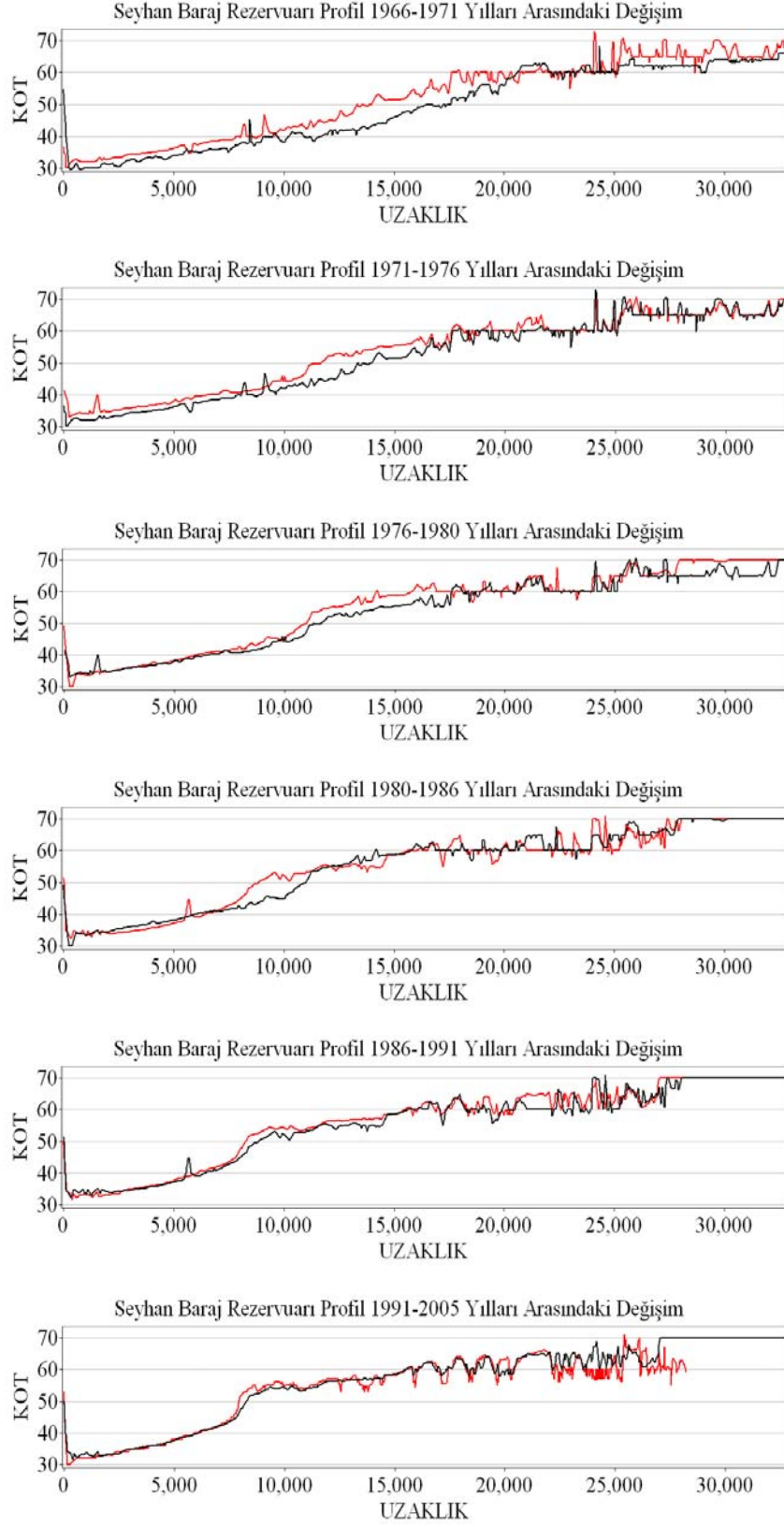
Şekil 6 ve 7 için ölçüm yılları için değişimin gösteriminde ilk ölçüm yılı siyah renkte, diğeri ise kırmızı renkte verilmektedir.

### 3.4. Seyhan Baraj Rezervuarında 2005-2017 Yılları Arasında Güncel Sediment Durumunun İncelenmesi (The Investigation Of Current Sedimentation Between 2005-2017 in Seyhan Reservoir)

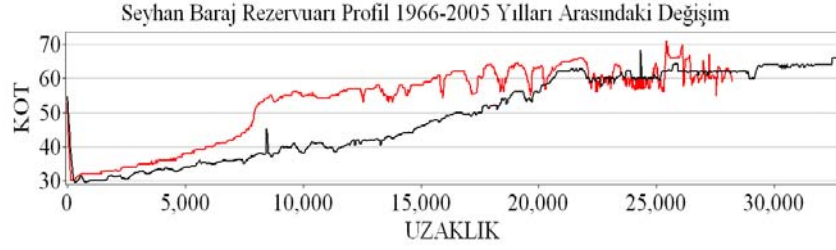
Seyhan Barajına 2005-2017 yılları arasında gelen katı madde miktarının hesaplanmasında ve güncel durumun irdelenmesinde, E18A028 Çakıt Suyu-Salbaş sediment gözlem istasyonundaki 2005-2017 yılları arasındaki sediment gözlem verileri ile E18A020 Korkün Suyu-Hacılı Köprüsü sediment gözlem istasyonundaki 1977-2017 yılları arasındaki sediment gözlem verileri, bu çalışma kapsamında değerlendirilmiştir. Çakıt Suyu-Salbaş istasyonu Çakıt Çayı üzerindedir, 2005 yılında gözlem faaliyetlerine başlamıştır ve günümüze kadar olan gözlem süresi 12 yıldır. Korkün Suyu-Hacılı Köprüsü istasyonu Korkün Suyu üzerinde bulunmaktadır, gözlem faaliyetlerine 1977 yılında başlamıştır ve günümüze kadar gözlem süresi 40 yıldır. E18A028 Çakıt Suyu-Salbaş gözlem istasyonunda gözlenen değerler kullanılarak, söz konusu istasyona ait sediment verimi, gözlem yılı ve sediment yağış alanı değerleri ile Çakıt nehir kolundan 2005-2017 yılları arasında Seyhan

Baraj rezervuarına gelen sediment hacmi  $1,12 \text{ hm}^3$  olarak tahmin edilmiştir. E18A020 Korkün Suyu-Hacılı Köprüsü gözlem istasyonunda 2005-2017 yılları arasındaki sürede rezervuarı gelen sediment hacmi ise benzer şekilde  $0,95 \text{ hm}^3$  olarak tahmin edilmiştir. Bu durumda, 2005-2017 yılları arasında Seyhan Baraj Rezervuarına gelen sediment hacmi, %25 oranında yatak yükünün eklenmesi ile toplamda  $2,59 \text{ hm}^3$  olarak tahmin edilmektedir. Çeşitli araştırmalarda, yatak yükü süspanse sediment yükünün belirli bir oranı olarak hesaplamalara dâhil edilmektedir. Bu hesaplamada ise akarsuda yatak yükü %25 oranında dikkate alınmıştır. Seyhan Baraj rezervuarına ait 2005 yılı hidrografik haritası kullanılarak CBS tekniği ile yapılan hesaplamalarla elde edilen 2005 yılı maksimum göl hacmi ile karşılaştırıldığında [8], bu çalışma ile Seyhan Baraj rezervuarında 2005-2017 yılları arasında maksimum rezervuar hacminde yaklaşık olarak %0,30 oranında azalma olduğu hesaplanmıştır. Ancak, baraj göllerinde biriken sedimentin büyük bir kısmı taşkın dönemlerinde gelmektedir. Süspanse sediment ölçümleri normal durumlarda yapıldığından gerçek durumu tam olarak yansıtmayabilir. Bu bakımdan, aktif hacim ve ölü hacim için kayıpların rezervuar içerisinde hangi bölgede oluştuğuna dair net değerlendirme ancak hidrografik harita alım sonuçları ile yapılabilir. Bu sebeple, sürdürülebilir rezervuar yönetiminde hidrografik harita üretiminin ne kadar önemli olduğu anlaşılmaktadır.





Şekil 6. Seyhan Baraj Rezervuarında örnek profil üzerinde ölçüm yılları arasında sediment birikimi durumu  
(The sediment accumulation state between the measurement years on the sample profile in Seyhan Reservoir)



Şekil 7. Seyhan Baraj Rezervuarında örnek profil üzerinde 1966-2005 yılları arasında sediment birikimi durumu  
(The sediment accumulation state between 1966-2005 on the sample profile in Seyhan Reservoir)

## SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Hidrografik ölçümler, baraj rezervuarlarında katı madde birikiminin araştırıldığı diğer yöntemlerle kıyaslandığında, rezervuar dip topoğrafyası durumunun detaylı olarak tespit edilmesini sağlaması yönüyle önem taşımaktadır. Rezervuar yönetiminde CBS destekli analizlerin gerçekleştirilmesi ile rezervuarda katı madde birikiminin konumsal ve zamansal dağılımının kısa sürelerde belirlenebilmesinin yanısıra rezervuarda ölü hacim, aktif hacim ve taşkın hacimlerdeki kapasite değişiminin tespit edilebilmesi kolaylaşmaktadır.

CBS tekniği, sayısal yükseklik modelleri ve sediment birikim haritalarının saklandığı dinamik bir sistem olarak, rezervuarda bir ölçüm yılında herhangi bir noktaya ait sediment birikim yüksekliğinin ve rezervuar taban yüzey kotunun sorgulanmasına, rezervuarlarda sediment durumunun izlenmesine ve analizine olanak sağlamaktadır.

Bu çalışmada, 2017 yılına kadar gerçekleştirilen araştırmalar, veri ve gözlemler değerlendirilerek Seyhan Baraj rezervuarında katı madde birikimi konusunda güncel sonuçlar tespit edilmiştir. E18A028 Çakıt Suyu-Salbaş sediment gözlem istasyonu ile E18A020 Körkün Suyu-Hacı Köprüsü sediment gözlem istasyonlarına ait sediment gözlem verilerinin değerlendirilmesi sonucunda, 2005 yılından 2017 yılına kadar Seyhan Baraj rezervuarında maksimum rezervuar hacmini yaklaşık olarak %0,30 oranında etkilediği belirlenmiştir. Bu durumun Seyhan Barajı membasında Seyhan Barajı havzasının %80'ini kontrol eden Çatalan Barajının 1997 yılında işletmeye alınmasının etkisinin olduğu değerlendirilmektedir. Çatalan Barajının su tutması ile birlikte Seyhan Barajı rezervuarına giren sediment miktarında önemli oranda azalma olmuştur. Bu durum Seyhan Barajı'nın işletme ömrünün uzamasına neden olmuştur. Bununla birlikte, barajın sağladığı faydalar ve barajın ekonomik ömrü açısından sediment etkisi değerlendirildiğinde, rezervuar aktif hacmindeki azalma rezervuar işletme kurallarını etkilemektedir; aktif hacim ve ölü hacimde sediment birikiminden kaynaklanan kapasite kaybının net olarak belirlenmesi, rezervuarda yeni bir hidrografik harita alımı ile mümkündür. Rezervuar işletme modeli hidrografik haritalarla desteklenmektedir. Ayrıca, Seyhan Baraj Rezervuarına katı madde taşınımı açısından, doğrudan rezervuara mansaplanan akarsu kollarının üst havzalarında inşa edilen tersip bendi, ıslah sekisi gibi

yapılar, yatak eğimlerini düşürmek suretiyle katı madde taşınımını azalttığından, rezervuar işletme ömrünü uzatacaktır.

## KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Selek, B., Tunçok, İ.K., Ercan, S., Mevcut ve Gelecekteki Sulama Projeleri Bakımından Seyhan Havzasının Değerlendirilmesi, Sulama ve Drenaj Konferansı Bildiri Kitabı, 110-123, Adana, 2008.
2. İter, K. ve Ağralıoğlu, N., Baraj Göllerinde Sediment Hacminin Bulunması, DSİ Teknik Bülteni, 61, 3-15, 1987.
3. Fakıoğlu, M., Atlıer, Y., Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü'nde Hidrografik Harita Çalışmaları, 8. Ulusal Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, İstanbul, 19-21 Ekim 2016.
4. Göğüş, M., Adıgüzel, F., Türkiye'de Bulunan Rezervuarların Sedimentasyonu, Türkiye İnşaat Mühendisliği 11. Teknik Kongre Bildiriler Kitabı, 1, 369-383, 1991.
5. Kırkgöz, M.S., Asaad, R., Özcan, Z., Türkiye'deki Bazı Baraj Haznelerinde Sediment Çökmesi Üzerine Bir İnceleme, Ç.Ü. Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 7 (2), 53-63, Aralık 1992.
6. Kırkgöz, M.S., Asaad, R., Özcan, Z., Seyhan Barajı Haznesinde Taban Profilindeki Değişmelerin Hesabı, Ç.Ü. Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 8 (1), 155-164, Haziran 1993.
7. Fakıoğlu, M., Seyhan Barajı Hidrografik Harita Alımı Değerlendirilmesi ve Sonuçları, 2. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, İstanbul, 23-25 Kasım 2005.
8. Güvel, Ş.P., Karar Destek Sistemi ile Seyhan Baraj Haznesi Katı Madde Birikiminin İncelenmesi, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 2007.
9. Güvel, Ş.P. ve Yurtal, R., Karar Destek Sistemi ile Seyhan Baraj Haznesi Katı Madde Birikiminin İncelenmesi, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 16 (1), 134-145, 2007.
10. Akgül, M.A., Dağdeviren, M., Biroğlu, İ., Çok Zamanlı Uydu Görüntüleri Kullanılarak Uydu-Kaynaklı Batimetri, DSİ Teknik Bülteni, Sayı:127, 14-27, Ocak 2018.
11. Güvel, Ş.P., Selek, B., Seçkin, G., Baraj Rezervuarlarına Sediment Etkisinin Araştırılması: Berdan Barajı Örneği,

- Ç.Ü. Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 32 (1), 89-97, Mart 2017.
12. Wulandari, D.A., Legono, D., Darsono, S., Evaluation of Deposition Pattern of Wonogiri Reservoir Sedimentation, *International Journal Of Civil & Environmental Engineering IJCEE-IJENS* 15 (2), April 2015.
  13. İnal, C., Fakioğlu, P., Bülbül, S., Hidrografik Ölçmeler ile Barajlardaki Sediment Miktarlarının Belirlenmesi, *S.Ü. Müh. Bilim ve Tekn. Derg.*, 3, 4, 2015. ISSN:2147-9364 (Elektronik)
  14. Thomas, T., Jaiswal, R.K., Galkate, R.V., Singh, S. Estimation of Revised Capacity in Shetrunji Reservoir Using Remote Sensing and GIS, *Journal of Indian Water Resources Society* 29 (3), July, 2009.
  15. Albayati, M.M.A., Modeling Sediment Accumulation at Kenyir Reservoir Using GSTARS3, *International Journal of Computational Engineering Research*, ISSN (e):2250-3005, 4 (10), 48-58, October 2014.
  16. Marak, J. D. K., Rathnam, E.V., Singh, N.R., Sudhakar, S., Bathymetry Generation of Umiam Reservoir Using SONAR and GIS Techniques, *International Journal of Engineering Science Invention*, 3 (5), 20-27, May 2014.
  17. Patil, R.A., Shetkar, R.V., Sediment deposition in Koyna Reservoir by integrated bathymetric survey, *IJRET: International Journal of Research in Engineering and Technology*, 4 (11), Nov 2015.
  18. Ninija Merina, R., Sashikkumar, M.C., Rizvana, N., Adlin, R., Sedimentation Study in a Reservoir Using Remote Sensing Technique, *Applied Ecology and Environmental Research*, 14 (4), 296-304, 2016.
  19. Mandwar, S.R., Hajare, H.V., Gajbhiye, A.R., Assessment of Capacity Evaluation and Sedimentation of Totla Doh Reservoir, in Nagpur District By Remote Sensing Technique, *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering*, ISSN:2278-1684, 4 (6), 22-25, Jan.-Feb., 2013.
  20. Dadoria, D., Tiwari, H.L., Jaiswal, R.K., Assessment of Reservoir Sedimentation in Chhattisgarh State Using Remote Sensing and GIS, *International Journal of Civil Engineering and Technology*, 8 (4), 526-534, 2017.
  21. Durbude, D.G., Purandara, B.K., Assessment of Sedimentation in the Lingankakki Reservoir Using Remote Sensing, *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 33 (4), 2005.
  22. Çelik, H.E., Şengönül, K., Akyüz, F., Altunel, O., Dağcı, M. ve Esin, A.İ., İstanbul'un İçme Suyu Barajlarının Sedimentasyon Problemi ve Çözüm Önerileri: Alibey Barajı Örneği, *Istanbul University Journal of the Faculty of Forestry*, 62 (2), 113-127, 2012.
  23. İrtem, E. ve Özgür, A.C.A., Balıkesir-Çaygören Rezervuarının Sedimentasyon Açısından İncelenmesi, *İMO Teknik Dergi*, Yazı 150, Kısa Bildiri, 2155-2164, 2000.
  24. Khadatare, M.Y., Jedhe, S.H., Sediment Assessment of UJJANI Reservoir in Maharashtra by using Remote Sensing Technique, *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 4 (8), Aug-2017.
  25. Mupfiga, E.T., Munkwakwata, R., Mudereri, B., Nyatondo, U.N., Assessment of Sedimentation in Tuli-Makwe Dam Using Remotely Sensed Data, *Journal of Soil Science and Environmental Management*, 7 (12), 230-238, December 2016.
  26. Bhavsar, M., Gohil, K.B., Shrimali, N.J., Estimation of Reservoir Capacity Loss of Sukhi Reservoir by Remote Sensing, *International Journal of Advanced Research in Engineering, Science & Management*, 1 (8), ISSN:2394-1766, 2015.
  27. Abubakar, S.D., Aliyu, M., Examining Sediment Accumulation in Goronyo Reservoir, Sokoto State, Nigeria, *IOSR Journal of Humanities and Social Science (IOSR-JHSS)*, 22 (8), Ver.II (August 2017), 60-65, 2017.
  28. Tiwari, S., Verma, S., Ghosh, S., Estimation of Sedimentation Rate of a Reservoir Using Remote Sensing Data: A Case Study of Tehri Reservoir, *International Journal Of Latest Trends in Engineering and Technology*, 7 (3), 245-253, 2016.
  29. Yutsis, V., Krivosheya, K., Levchenko, O., Lowag, J., De León-Gómez, H., Ponce, A.T., Bottom Topography, Recent Sedimentation and Water Volume of The Cerro Prieto Dam, NE Mexico, *Geofisica Internacional*, 53-1, 27-38, 2014.
  30. İlter, K., Rezervuar Sedimentasyonu ve Seyhan ile Çubuk I Rezervuarlarının Sedimentasyon Durumunun İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Anabilim Dalı, İstanbul, 1985.

