



T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



TUZLUCA BARAJI ÇEVRESEL ETKİLERİNİN MALİYET ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Çağrı AKGÜN

MAYIS 2018
GÜMÜŞHANE

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

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

TUZLUCA BARAJI ÇEVRESEL ETKİLERİNİN MALİYET ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Çağrı AKGÜN

**Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
“İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı”
Yüksek Lisans Programında Kabul Edilen Tezdir.**

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 09.04.2018

Tezin Sözlü Savunma Tarihi: 09.05.2018

MAYIS 2018



KABUL ve ONAY



Prof. Dr. Salim Serkan NAS danışmanlığında **Çağrı AKGÜN** tarafından hazırlanan “**TUZLUCA BARAJI ÇEVRESEL ETKİLERİNİN MALİYET ANALİZİ**” isimli bu çalışma jürimiz tarafından Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **İnşaat Mühendisliği** Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak Oy Birliği ile kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Şükrü YETGİN
Üye : Prof. Dr. Atakan AKSOY
Üye (Danışman) : Prof. Dr. Salim Serkan NAS

(Handwritten signatures of Prof. Dr. Şükrü YETGİN, Prof. Dr. Atakan AKSOY, and Prof. Dr. Salim Serkan NAS)

ONAY

Bu tez **30.5**/2018 tarihinde Enstitü Yönetim Kurulunca kabul edilmiştir.

(Handwritten signature of Doç. Dr. Ferkan SİPAHI)

Doç. Dr. Ferkan SİPAHI

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BEYANNAMESİ

Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlamış olduğum "Tuzluca Barajı Çevresel Etkilerinin Maliyet Analizi" isimli tez çalışmada; bütün bilgi ve belgeleri genel akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, görsel ve yazılı bütün bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak hazırlayıp sunduğumu, başka kaynaklardan yararlandığım bilgileri metin ve kaynaklarda eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma süresince bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksi durumda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 09/04/2018



Çağrı AKGÜN

ÖZET
YÜKSEK LİSANS TEZİ

TUZLUCA BARAJI ÇEVRESEL ETKİLERİNİN MALİYET ANALİZİ

Çağrı AKGÜN

Gümüşhane Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Salim Serkan NAS
2018, 119 sayfa

Bu çalışmada Iğdır ili, Tuzluca ilçesi Aras Nehri üzerinde, Aşağıçıyırıklı, Ağabey ve Aşağıbaşköy köyleri arasında kalan bir bölgede yapılması planlanan sulama ve elektrik üretimi amaçlı, 20 MW kurulu güce ve 16.52 km² rezervuar alanına sahip Tuzluca Barajı ve HES ele alınmıştır. Bu kapsamda, barajın ve arazinin karakteristik özellikleri, bölgedeki nüfus yoğunluğu ve rezervuar altında kalacak alan göz önüne alınarak gerekli veriler toplanmış ve Tuzluca Barajı'nın çevresel etki maliyet analizi yapılmıştır.

Çalışmanın genel bilgiler bölümünde; yenilenebilir enerji kaynakları, hidroelektrik enerji ve barajlarla ilgili çeşitli bilgiler verilerek baraj – çevre ilişkisi irdelenmiştir. Yapılan çalışmalar bölümünde, Tuzluca Barajı tanıtılıp, projeye ilgili bilgiler verilmiştir.

Çalışmanın bulgular bölümünde ise Tuzluca Barajı ve HES 'in çevresel etki maliyeti; GHG emisyonları, barajın yıkılması durumunda meydana gelebilecek can kaybı, iki farklı duruma göre yapılması planlanan relokasyon yolu, arazi ve tarımsal ürün kaybı ile yeniden yerleşimden kaynaklı etkilerin maliyetleri dikkate alınarak hesaplanmıştır.

Yapılan çevresel etki maliyet analizi sonucunda, Tuzluca Barajı'nın bir MWh elektrik üretimi için çevresel etki maliyeti yaklaşık 33.66 \$ (127.91 TL) olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan çevresel etki maliyeti; baraj maliyeti, zirai gelir artışı ve elektrik üretimi gelirleriyle karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda barajın, enerji üretimi ve zirai gelir artışlarıyla, yapım maliyetini ve 50 yıllık çevresel etkilerinin maliyetini 7.89 yılda amorti edeceği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Baraj – çevre ilişkisi, Çevresel etki maliyeti, GHG emisyonu, Hidroelektrik enerji, Tuzluca Barajı ve HES, Tuzluca Barajı'nın çevresel etkileri, Yenilenebilir enerji



ABSTRACT

MS THESIS

COST ANALYSIS OF ENVIRONMENTAL IMPACTS FOR TUZLUCA DAM

Çağrı AKGÜN

Gümüşhane University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Civil Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Salim Serkan NAS

2018, 119 pages

In this study, the Tuzluca Dam and hydroelectric power plant which planned to be made in a region among Aşağıcıyıklı, Ağabey and Aşağıbaşköy villages on the Aras River in Tuzluca district of province Iğdır for irrigation and electricity generation purposing with 20 MW installed capacity and reservoir area of 16.52 km² were discussed. Data for related to analysis were collected to be taking into account parameter of the dam and the land, population density in the region and the area impounding the reservoir and cost of environmental impacts of Tuzluca Dam were analyzed.

In the general information section of study, various information related to renewable energy sources, hydroelectric energy and dams were given and dam – environment relation were examined. The studies section, Tuzluca Dam were introduced and data related to project were given.

In the symptoms section of study, cost of environmental impacts of Tuzluca Dam and hydroelectric power plant; GHG emissions, the cost of life loss that could occur in the

event of dam collapse, relocation road which planned according to two different situations, cost of land loss and agricultural production loss and costs of resettlement were calculated by taking into consideration.

As a result of the environmental impact cost analysis which made, environmental cost in terms of one MWh electricity generation were calculated as about 33.66 \$ (127.91 TL) for Tuzluca Dam. Cost of environmental impacts that calculated; was compared with dam construction cost, increase of agricultural income and electricity generation revenues. It has been determined that the within 7.89 years Tuzluca Dam will amortize cost of construction and the cost of environmental impacts of 50 years by energy production.

Keywords: Dam – environment relation, Cost of environmental impact, GHG emission, Hydroelectric energy, Tuzluca Dam and HPP, Environmental impacts of Tuzluca Dam, Renewable energy

TEŞEKKÜR

“Tuzluca Barajı Çevresel Etkilerinin Maliyet Analizi” isimli bu çalışma, Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Yüksek Lisans tez danışmanlığımı üstlenerek çalışmanın her aşamasında değerli bilgilerini ve zamanını benden esirgemeyen, her fırsatta çalışmamla yakından ilgilenen kıymetli hocam Prof. Dr. Salim Serkan NAS’ a teşekkürlerimi sunarım.

Çalışma boyunca yardımlarını esirgemeyen Uzm. Biyolog Emrah Çoban’a, DSİ 24. Bölge Müdürlüğü Barajlar ve HES Şube Müdürü Mehmet Nebioğlu’na, DSİ 242. Şube Müdürlüğünden Ziraat Mühendisi İrfan Önal’a, KGM 18. Bölge Müdürlüğünden İnşaat Mühendisi Özkan Yavaş’a, Iğdır Üniversitesi İnşaat Mühendisliği bölümünden Dr. Öğr. Üyesi Aysun Altıkat’a, İnşaat ve Harita Mühendisi Ömer Faruk Öztürk’e ve İnşaat Mühendisi Ali Ekber Doğan’a teşekkürü borç bilirim.

Son olarak; beni bu günlere getiren, hayatımın her döneminde güven ve desteğini hissettiğim sevgili aileme sonsuz teşekkürler...

Çağrı AKGÜN
Gümüşhane, 2018

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

| | |
|--|------|
| ÖZET | IV |
| ABSTRACT | VI |
| TEŞEKKÜR | VIII |
| İÇİNDEKİLER..... | IX |
| ŞEKİLLER DİZİNİ | XII |
| TABLolar DİZİNİ..... | XV |
| SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ | XVII |
| 1. GENEL BİLGİLER..... | 1 |
| 1.1. Giriş | 1 |
| 1.2. Enerji Üretiminde Enerji Kaynaklarının Karşılaştırılması | 3 |
| 1.2.1. Farklı Enerji Santrallerinin Maliyet Yönünden Karşılaştırılması | 5 |
| 1.2.2. Farklı Enerji Santrallerinin Çevresel Etki Yönünden Karşılaştırılması | 7 |
| 1.3. Hidroelektrik Enerji ve Küresel Çapta Artan Önemi | 10 |
| 1.4. Hidroelektrik Enerjinin Ülkemiz Açısından Artan Önemi..... | 12 |
| 1.5. Türkiye'nin Hidroelektrik Enerji Potansiyeli | 13 |
| 1.6. Barajlar Hakkında Genel Bilgiler | 14 |
| 1.6.1. Barajların Kısımları | 16 |
| 1.6.2. Barajların Sınıflandırılması | 21 |
| 1.6.2.1. Büyüklüklerine Göre Sınıflandırılması | 21 |
| 1.6.2.2. Yapılış Amaçlarına Göre Sınıflandırılması | 21 |
| 1.6.2.3. Gövdenin Statik Projelendirilmesine Göre Sınıflandırılması..... | 21 |
| 1.6.2.4. Hidrolik Özelliklerine Göre Sınıflandırılması..... | 24 |
| 1.6.2.5. Gövde Malzemesine Göre Sınıflandırılması | 24 |
| 1.6.3. Barajların Yer Seçimine Etki Eden Faktörler..... | 26 |
| 1.6.4. Barajların Yapılış Amaçları..... | 27 |
| 1.7. Baraj Çevre İlişkisi | 28 |
| 1.8. Barajların Çevresel Etkileriyle İlgili Literatür Taraması | 31 |
| 1.9. Baraj Yıkılmaları ve Etkilerinin Analizi | 35 |
| 2. YAPILAN ÇALIŞMALAR | 41 |

| | | |
|----------|---|----|
| 2.1. | Tezin Amacı ve Kapsamı | 41 |
| 2.2. | Tuzluca Hakkında Genel Bilgiler | 41 |
| 2.3. | Tuzluca Barajı ve HES Uygulama Alanı Hakkında Genel Bilgiler | 45 |
| 2.3.1. | Tuzluca Barajı ve HES Uygulama Alanının Coğrafi Özellikleri | 45 |
| 2.3.2. | Tuzluca Barajı ve HES Uygulama Alanının Çevresel Özellikleri | 50 |
| 2.3.2.1. | Tuzluca Barajı ve HES Uygulama Alanının Fiziksel Çevre Özellikleri | 50 |
| 2.3.2.2. | Tuzluca Barajı Alanının Sosyo-Ekonomik Çevre Özellikleri | 55 |
| 2.3.3. | Tuzluca Barajı ve HES Projesinin Tanıtımı ve Amacı | 59 |
| 2.3.4. | Tuzluca Barajı ve HES Projesinin Önemi | 62 |
| 2.3.5. | Tuzluca Barajı ve HES Projesinin Nüfus Üzerindeki Etkileri | 63 |
| 2.3.6. | Tuzluca Barajı ve HES Projesinden Doğrudan Etkilenecek Yerleşimler | 65 |
| 2.4. | Tuzluca Barajı ve HES Projesinin Temel Özellikleri | 71 |
| 2.4.1. | Tuzluca Barajı ve HES Projesinin Konumu | 71 |
| 2.4.2. | Tuzluca Barajı ve HES Projesinin Karakteristik Özellikleri | 74 |
| 2.4.3. | Tuzluca Barajı ve HES Projesinin Yeniden Yerleşim Eylem Planı | 77 |
| 2.4.4. | Tuzluca Barajı ve HES Projesinin İnşaatında Mevcut Durum | 77 |
| 3. | BULGULAR | 78 |
| 3.1. | Tuzluca Barajı Rezervuarında Su Altında Kalacak Arazi Alanının Hesaplanması | 78 |
| 3.2. | Tuzluca Barajı ve HES Projesi'nde Yeniden Yerleşim Nüfusunun Hesaplanması | 81 |
| 3.3. | Tuzluca Barajı ve HES Projesinde Meydana Gelecek Toplam GHG Emisyon Maliyeti ve Miktarının Hesabı | 81 |
| 3.3.1. | İnşaat Sırasında Meydana Gelecek GHG Emisyonlarının Hesaplanması | 81 |
| 3.3.2. | Tuzluca Barajı ve HES'in İşletilmesi Esnasında Meydana Gelecek GHG Emisyonlarının Hesaplanması | 83 |
| 3.3.3. | Tuzluca Barajı ve HES Projesinde Bir Yılda Meydana Gelecek Toplam Emisyon Miktarının Hesaplanması | 85 |
| 3.3.4. | Tuzluca Barajı ve HES Projesinde Meydana Gelecek Toplam GHG Emisyonlarının Maliyetinin Hesaplanması | 87 |
| 3.4. | Olası Baraj Yıkılmasında Meydana Gelecek Can Kayıpları Miktarının Hesaplanması | 89 |
| 3.4.1. | Meydana Gelebilecek Can Kaybı Miktarının Tespiti İçin Uygun Model Seçimi | 89 |
| 3.4.1.1. | Lee and Others for the Institute of Water Resources Modeli İçin Can Kaybı Miktarlarının Hesabı (U.S. Army Corps of Engineers) | 90 |

| | | |
|----------|--|-----|
| 3.4.1.2. | DeKay and McClelland for the United States Modeli İçin Can Kaybı Miktarlarının Hesabı (Bureau of Reclamation)..... | 92 |
| 3.4.2. | Tuzluca Barajı'nın Yıkılması Durumunda Meydana Gelebilecek Can Kaybı Miktarının Hesaplanması..... | 95 |
| 3.4.3. | Tuzluca Barajı'nın Yıkılması Durumunda Meydana Gelebilecek Can Kaybı Maliyetinin Hesaplanması..... | 97 |
| 3.5. | Tuzluca Barajı ve HES Projesi İçin Yeniden Yerleşme Maliyetinin Hesaplanması..... | 98 |
| 3.6. | Tuzluca Barajı ve HES Projesi İçin Arazi Kaybı Maliyetinin Hesaplanması..... | 99 |
| 3.7. | Tuzluca Barajı ve HES Projesinden Kaynaklanacak Tarımsal Ürün Kaybının Hesaplanması..... | 101 |
| 3.8. | Tuzluca Barajı ve HES Projesi İçin Relokasyon Yollarının Maliyeti..... | 103 |
| 3.9. | Tuzluca Barajı ve HES Projesinin Toplam Çevresel Etki Maliyeti..... | 106 |
| 4. | İRDELEME..... | 108 |
| 5. | SONUÇLAR ve ÖNERİLER..... | 112 |
| 6. | KAYNAKLAR..... | 114 |
| | ÖZGEÇMİŞ | |

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

| | | |
|-------------|---|----|
| Şekil 1.1. | Kaynaklar bazında 2016 yılı Dünya enerji tüketim miktarları (BP, 2017) | 2 |
| Şekil 1.2. | 2016 yılı Dünya enerji tüketim oranları | 3 |
| Şekil 1.3. | Türkiye’de elektrik enerjisi kurulu gücünün değişimi (1990-2016) | 4 |
| Şekil 1.4. | Çeşitli elektrik santrallerinden kaynaklanan sera gazı miktarlarının karşılaştırılması (Hunt, 2001) | 9 |
| Şekil 1.5 | OECD Ülkeleri 2016 yılı elektrik üretiminin kaynak bazında dağılımı (IEA, 2017) | 11 |
| Şekil 1.6. | 2016 yılı Türkiye’nin elektrik üretiminde kaynakların dağılımı (ETKB, 2017) | 12 |
| Şekil 1.7. | Baraj haznesinin kısımları..... | 16 |
| Şekil 1.8. | a) Deriner Barajı gövdesi, b) Alaköprü Barajı gövdesi | 16 |
| Şekil 1.9. | a) Tatar Barajı gölü, b) Borçka Barajı gölü | 17 |
| Şekil 1.10. | Su alma yapısı örnekleri | 17 |
| Şekil 1.11. | a) Bir dip savak örneği, b) Monticello Barajı dip savak | 18 |
| Şekil 1.12. | a) Hasan Uğurlu Barajı, b) Hartwell Barajı | 18 |
| Şekil 1.13. | a) Artvin Barajı derivasyon tüneli, b) Feke Barajı derivasyon tüneli | 19 |
| Şekil 1.14. | a) Barajlarda batardo örnekleri | 19 |
| Şekil 1.15. | a) Ilısu Barajı şalt sahası, b) Obruk Barajı santral binası | 19 |
| Şekil 1.16. | Berke Barajı genel görünümü (Berkün, 2005)..... | 20 |
| Şekil 1.17. | a) Ağırlık baraj şeması, b) Porsuk Barajı | 22 |
| Şekil 1.18. | a) Kemer ağırlık baraj şeması, b) El Atazar Barajı | 22 |
| Şekil 1.19. | a) Kemer baraj şeması, b) Hoover Barajı | 23 |
| Şekil 1.20. | a) Payandalı baraj şeması, b) Barlett Barajı | 23 |
| Şekil 1.21. | a) Dolgu baraj şeması, b) Alkumru Barajı | 24 |
| Şekil 1.22. | Kagir baraj örnekleri; Bakacak (a) ve Taşoluk (b) Barajları | 24 |
| Şekil 1.23. | Beton baraj örnekleri; Oymapınar (a) ve Çubuk (b) Barajları | 25 |
| Şekil 1.24. | Dolgu baraj örnekleri; Yenice Gönen (a) ve Nilüfer (b) Barajları | 25 |
| Şekil 1.25. | Ahşap baraj örnekleri; Bir ahşap baraj örneği (a) ve Austin Barajı (b) | 25 |
| Şekil 1.26. | Çelik baraj örnekleri; Ash Fork’s (a) ve Redridge (b) Barajları | 26 |
| Şekil 1.27. | Lastik baraj örnekleri | 26 |
| Şekil 1.28. | Colarado Nehri debi değerlerinin değişimi (Berkün, Aras, Koç, 2008) | 29 |

| | | |
|-------------|---|----|
| Şekil 1.29. | Baraj göllerinde termal katmanlaşma oluşumu..... | 33 |
| Şekil 1.30. | Rezervuarlardan kaynaklanan GHG emisyonu gösterimi (IPCC, 2015)..... | 34 |
| Şekil 1.31. | Baraj yıkılma sebeplerinin şematik gösterimi..... | 35 |
| Şekil 1.32. | Geçmiş baraj yıkılmalarının sebepleri (Duygun, 2008; Ağırlioğlu, 2011) | 36 |
| Şekil 1.33. | Barajlarda Borulanma olayı | 37 |
| Şekil 1.34. | Teton Barajı yıkılma anı | 38 |
| Şekil 1.35. | Yıkılan barajların yaş aralıkları | 38 |
| Şekil 2.1. | Tuzluca ilçesinin yer bulduru haritası | 42 |
| Şekil 2.2. | Tuzluca ilçe merkezinin görünümü..... | 42 |
| Şekil 2.3. | Tuzluca Tuz Mağaraları | 43 |
| Şekil 2.4. | Tekelti Dağı | 44 |
| Şekil 2.5. | Tuzluca Barajı'nın yer bulduru haritası | 46 |
| Şekil 2.6. | Tuzluca Barajı göl alanının uydu görüntüsü..... | 47 |
| Şekil 2.7. | Tuzluca Barajı ve HES'in yapılacağı Aras Vadisi..... | 47 |
| Şekil 2.8. | Tuzluca Barajı aks yeri | 48 |
| Şekil 2.9. | Tuzluca Barajı aks yeri | 48 |
| Şekil 2.10. | Tuzluca Barajı ve HES yerinin canlı fay haritası (AK-TEL, 2014)..... | 50 |
| Şekil 2.11. | İğdır ilinin aylık yağış ortalaması | 53 |
| Şekil 2.12. | Aras Kuş Halkalama İstasyonu | 57 |
| Şekil 2.13. | Aras Kuş Halkalama İstasyonu | 57 |
| Şekil 2.14. | Aras Kuş Cenneti sazlık alan | 58 |
| Şekil 2.15. | Beş Parmaklı Arap Tavşanı | 58 |
| Şekil 2.16. | Tuzluca Barajı ve HES Projesi Yerleşimi (AK-TEL, 2015)..... | 59 |
| Şekil 2.17. | Tuzluca Barajı ve HES şematik gösterim (AK-TEL, 2013)..... | 60 |
| Şekil 2.18. | Aras Havzası genel görünümü | 61 |
| Şekil 2.19. | Aşağı Aras Havzası projeleri (Dolsar, 2004; AK-TEL, 2015) | 61 |
| Şekil 2.20. | Baraj yapılmasıyla sular altında kalan Tozköy (a), Hasankeyf (b), Pusat (c), Muratlı (d) köy ve yerleşimleri | 64 |
| Şekil 2.21. | Aşağıcıyıklı köyü uydu görüntüsü ve baraj sınırı..... | 66 |
| Şekil 2.22. | Aşağıcıyıklı köyünün bir görünümü..... | 66 |
| Şekil 2.23. | Aşağıcıyıklı köyünün bir görünümü..... | 67 |
| Şekil 2.24. | Yukarıcıyıklı mahallesinin bir görünümü..... | 67 |
| Şekil 2.25. | Ağabey köyü uydu görüntüsü ve baraj sınırı | 68 |

| | | |
|-------------|--|-----|
| Şekil 2.26. | Ağabey köyünün bir görünümü | 69 |
| Şekil 2.27. | Ağabey köyünün tarım alanları | 69 |
| Şekil 2.28. | Aşağıbaşköy köyü uydu görüntüsü ve baraj sınırı | 70 |
| Şekil 2.29. | Aşağıbaşköy köyünün bir görünümü | 71 |
| Şekil 2.30. | Tuzluca Barajı ve HES projesinin yollara göre konumu | 72 |
| Şekil 2.31. | Tuzluca Barajı ve HES projesi genel yerleşim planı (EİE ve Dolsar, 2004) | 74 |
| Şekil 3.1. | Bir baraj inşa edilmiş vadi kesiti | 79 |
| Şekil 3.2. | A_{RS} ' nin tespiti için gerekli parametrelerin şematik gösterimi | 80 |
| Şekil 3.3. | Tuzluca Barajı mansabında bulunan yerleşimler | 96 |
| Şekil 3.4. | Tuzluca Barajı'nın sular altında bırakacağı araziler | 100 |
| Şekil 3.5. | Tuzluca Barajı'nın sular altında bırakacağı tarım arazileri | 101 |
| Şekil 3.6. | İlk planlanan relokasyon yolu güzergahı | 103 |
| Şekil 3.7. | KGM' nin planladığı relokasyon yolu | 104 |

TABLolar DİZİNİ

Sayfa No

| | | |
|------------|--|----|
| Tablo 1.1. | Türkiye'nin kaynak bazında yenilenebilir enerji potansiyeli (Kılıç, 2015; DSİ, 2016) | 5 |
| Tablo 1.2. | Enerji santrallerinin maliyetleri (EIA, 2013) | 6 |
| Tablo 1.3. | Farklı enerji santrallerinin kapasite faktörü, ilk yatırım ve birim enerji üretim maliyetleri (Koç ve Şenel, 2013) | 7 |
| Tablo 1.4. | Sera etkisine sebep olan gazlar ve kaynakları (Aksay, Ketenoğlu, Kurt, 2015; Gürsel ve Meral, 2012)..... | 8 |
| Tablo 1.5. | Çeşitli enerji santrallerinin meydana getirdiği çevresel etkiler..... | 9 |
| Tablo 1.6. | Çeşitli ülkelerin hidroelektrik enerji üretimi (IHA, 2017) | 11 |
| Tablo 1.7. | Türkiye'nin HES potansiyel durumu (DSİ, 2016) | 14 |
| Tablo 1.8. | Barajların önemli çevresel etkileri (Berkün, Aras, Koç, 2008) | 30 |
| Tablo 1.9. | Başlıca baraj yıkılmaları, sebepleri ve gerçekleşen can kaybı sayıları (URL-2; Williamson, 2017) | 39 |
| Tablo 2.1. | Tuzluca Baraj yeri 10 yıllık akım değerleri (AK-TEL, 2015) | 51 |
| Tablo 2.2. | Aras Nehri Tuzluca Baraj yerinde yinelemeli taşkın pik debileri (AK-TEL, 2015)..... | 52 |
| Tablo 2.3. | Tuzluca Barajı mansaba bırakılacak can suyu miktarları (AK-TEL, 2015) | 52 |
| Tablo 2.4. | Tuzluca Barajı çevresel su kalitesi analiz sonuçları (AK-TEL, 2015) | 54 |
| Tablo 2.5. | Çalışma alanı içerisinde bulunan kamulaştırılacak arazi dağılımı..... | 54 |
| Tablo 2.6. | Aşağı Aras Havzası projeleri | 60 |
| Tablo 2.7. | Projeden etkilenecek yerleşimler ve nüfusları | 65 |
| Tablo 2.8. | Tuzluca Barajı ve HES proje alanının koordinatları ve alanları (AK-TEL, 2015)..... | 73 |
| Tablo 2.9. | Tuzluca Barajı ve HES projesine ait karakteristik bilgiler (EIE ve Dolsar, 2004; AK-TEL, 2015)..... | 75 |
| Tablo 3.1. | Yeni baraj inşaatı sırasında meydana gelecek emisyon faktörü değerleri (IEA, 1998) | 82 |
| Tablo 3.2. | Bir yıllık inşaat süresince meydana gelecek GHG emisyonları miktarı | 83 |
| Tablo 3.3. | Rezervuar işletmesinden dolayı meydana gelecek yıllık emisyon faktörü değerleri (WCD, 2000; IEA, 1998; Emiroğlu, 2009) | 84 |
| Tablo 3.4. | Tuzluca Barajı ve HES projesinin rezervuar işletmesinden kaynaklanan bir yıllık emisyon miktarları..... | 85 |

| | |
|--|-----|
| Tablo 3.5. Sera gazları küresel ısınma potansiyelleri ve ömürleri (Keskin, 2008)..... | 86 |
| Tablo 3.6. Tuzluca Barajı ve HES projesinde bir yılda meydana gelecek toplam GHG emisyonu miktarı | 87 |
| Tablo 3.7. Tuzluca Barajı ve HES'deki toplam emisyon maliyetleri | 88 |
| Tablo 3.8. Geçmişte yaşanan taşkın olayları ve karakteristik özellikleri (Bowles-McClelland, 2002) | 89 |
| Tablo 3.9. Modellerin karşılaştırılması | 95 |
| Tablo 3.10. Tuzluca Barajı'nın mansabında bulunan yerleşimlerin nüfusu..... | 96 |
| Tablo 3.11. Tarımsal üretim kayıplarının maliyeti | 102 |
| Tablo 3.12. Yapılacak viyadük, köprü ve tünelin maliyetleri | 105 |
| Tablo 3.13. 1 MWh enerji üretimi başına çevresel etki maliyetleri | 107 |

SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ

| | |
|-------------------------------|--|
| AKM | : Arazi kaybı maliyeti |
| A _{RS} | : Su altında kalan rezervuar alanı |
| B _{RS} | : Rezervuarın genişliği |
| C | : Karbon |
| CFC | : Kloroflorokarbon |
| CH ₄ | : Metan |
| C _M | : Karbonun birim maliyeti |
| CO ₂ | : Karbondioksit |
| ÇO | : Çözülmüş Oksijen |
| DSİ | : Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü |
| EF | : Emisyon faktörü |
| EİE | : Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü |
| EIA | : Enerji Bilgi Yönetim İdaresi (ABD) |
| EPA | : Çevre Koruma Ajansı (ABD) |
| EPDK | : Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu |
| ETKB | : Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı |
| EXP _{LOL} | : Bir yılda gerçekleşmesi beklenen can kaybı miktarı |
| GHG | : Sera Gazları |
| GSYH | : Gayrisafi yurt içi hasıla değeri |
| GWh | : Gigawatt saat |
| GWP _{CH₄} | : Metan gazının küresel ısınma potansiyeli |
| ha | : Hektar |
| H _B | : Baraj yüksekliği |
| HES | : Hidroelektrik enerji santrali |
| HFCs | : Hidroflorokarbonlar |
| ICOLD | : Uluslararası Büyük Barajlar Komisyonu |
| IEA | : Uluslararası Enerji Ajansı |
| IPCC | : Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli |
| IUCN | : Dünya Doğa ve Doğal Kaynakları Koruma Birliği |
| i | : Güncel faiz oranı |
| KF | : Kapasite faktörü |
| KGM | : Karayolları Genel Müdürlüğü |
| KOI | : Kimyasal Oksijen ihtiyacı |
| kW | : Kilowatt |
| LOL | : Muhtemel hayat kaybı sayısı |
| L _{RS} | : Rezervuarın uzunluğu |
| M _C | : Karbonun molekül ağırlığı |
| M _{CO₂} | : Karbondioksitin molekül ağırlığı |
| Mtep | : Milyon ton eşdeğer petrol |
| MW | : Megawatt |
| n | : Barajın ekonomik ömrü |
| NH ₄ -N | : Amonyum Azotu |
| NO ₂ -N | : Nitrit Azotu |
| NO ₃ -N | : Nitrat Azotu |
| NO _X | : Nitrik Oksit |

| | |
|--------------|--|
| N_2O | : Di Azot mono Oksit |
| O_3 | : Ozon |
| OECD | : Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü |
| P | : Kurulu güç |
| Par | : Risk altındaki nüfus |
| PFCs | : Perflorokarbonlar |
| RYM | : Relokasyon yolu maliyeti |
| SF_6 | : Kükürt heksaflorid |
| SO_2 | : Kükürt dioksit |
| Tan α | : Arazinin eğimi |
| Tan β | : Akarsuyun eğimi |
| TDS | : Toplam çözünmüş katı madde |
| TEİAŞ | : Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi |
| T_{ort} | : Ortalama baraj yıkılma oranı |
| TÜK | : Tarımsal üretim kaybı miktarı |
| TÜKM | : Tarımsal üretim kaybı maliyeti |
| WCD | : Dünya Barajlar Komisyonu |
| W_t | : Uyarı vakti |
| YYM | : Yeniden yerleşim maliyeti |
| YYN | : Yeniden yerleşen nüfus |

1. GENEL BİLGİLER

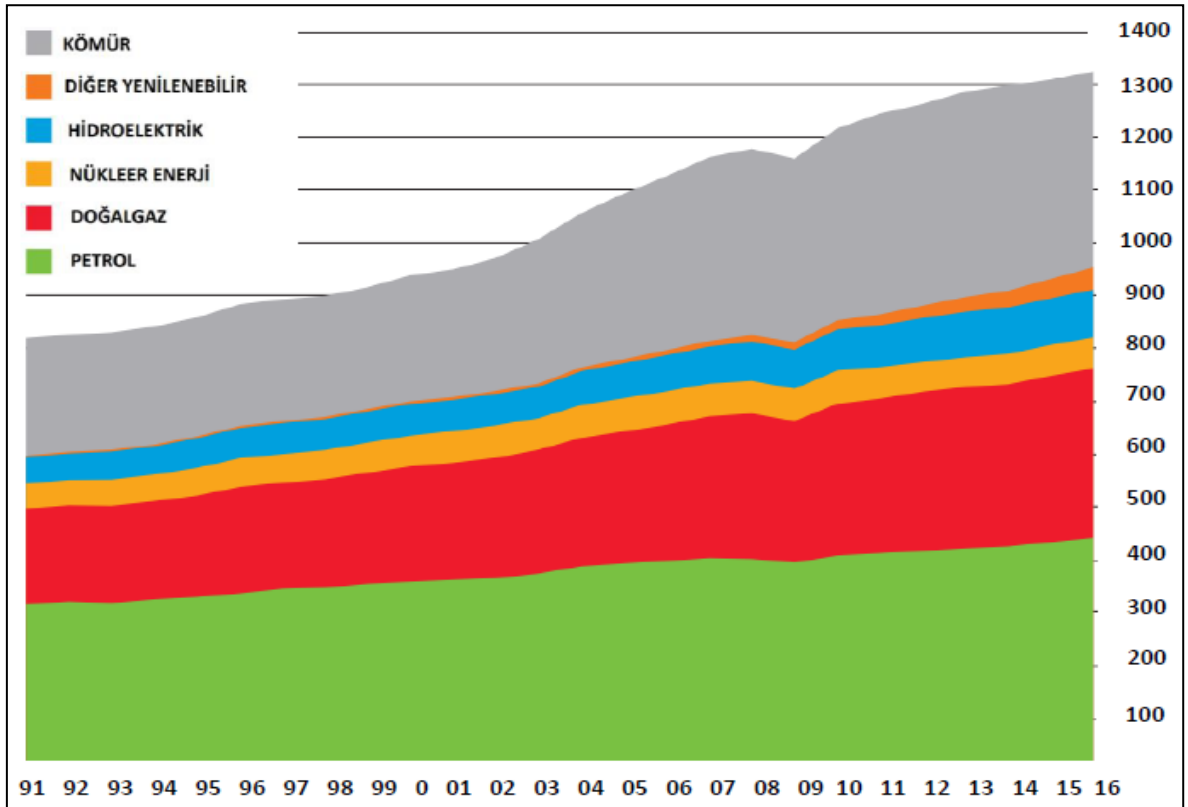
1.1. Giriş

Enerji, herhangi bir aktiviteyi yapabilme yeteneğidir. Yaşamımızı sürdürebilmemiz için gerekli en önemli tüketim malzemelerinden biri olan enerji, çeşitli maddelerde var olan potansiyelin birtakım işlemler sonucu ortaya çıkarılmasıyla meydana gelmektedir. Enerji potansiyeline sahip bu maddeler genel olarak enerji kaynağı olarak adlandırılmaktadır. Enerji kaynakları, günümüzde yenilenebilir enerji kaynakları ve yenilenemeyen enerji kaynakları olarak ikiye ayrılmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları; tükenme hızından çok daha çabuk bir şekilde kendini yenileyebilen kaynaklar olarak bilinmektedir. Güneş, rüzgâr ve su gibi kaynaklar yenilenebilir enerji kaynaklarına örnek verilebilir. Yenilenemeyen enerji kaynakları ise kullandıkça tükenen ve yeniden meydana gelmesi için çok uzun zaman gereken kaynaklardır. Fosil yakıtlar ve radyoaktif elementler bu sınıftaki kaynaklara birer örnektir (Veziroğlu ve Şahin, 2008; Üçgöl ve Elibüyük, 2017; Karagöl ve Kavaz, 2017).

Dünya nüfusunun artması, ülke sanayilerinin gelişmesi ve insanların yaşam kalitesindeki ilerlemelerle birlikte enerjiye olan ihtiyaç ve talep artmıştır. Bu ihtiyacın karşılanması için özellikle 1950'lerden sonra fosil yakıtlar yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının aksine, çevre dostu olmayan fosil yakıtların kullanımının artması sadece bu kaynakların rezervlerinin azalmasına sebep olmamıştır aynı zamanda küresel iklim değişimi tehdidi ve canlı ölümlerinin artmasıyla sonuçlanan birtakım çevresel etkiler meydana getirmiştir. Fosil yakıtların aşırı kullanımıyla birlikte atmosfere salınan CO₂ gazı küresel ısınmaya sebebiyet vermiştir. Gerek küresel ısınmanın baş göstermesi gerekse artan enerji ihtiyacıyla birlikte enerji krizinin alarm vermesi, insanları enerji ihtiyacının karşılanması için farklı alternatifler aramaya itmiş ve yenilenebilir enerji kaynakları bu amaçla kullanılmaya başlanmıştır (Youm, Sarr J, Sall, Kane, 2000; Farhad, Saffar - Avval, Younessi- Sinaki, 2008; Panwar, Kaushik, Kothari, 2011).

Yenilenebilir enerji kaynaklarıyla çalışan enerji santralleri, hem çevreye karşı duyarlı olması hem de herhangi bir yakıt maliyeti olmamasından dolayı uzun vadede daha ekonomik olması açısından son yıllarda giderek yaygınlaşmıştır.

Günümüzde dünya enerji talebinin çok büyük bir kısmı petrol ve doğalgaz gibi fosil yakıtlardan karşılanmaktadır. Artan enerji talebi doğrultusunda dünyadaki fosil yakıt üretiminin kısa süre içinde maksimum seviyeye ulaşacağı ancak bundan sonra yenilenebilir enerji santrallerinin yaygınlaşmasına bağlı olarak azalmaya başlayacağı öngörülmektedir (Veziroğlu ve Şahin, 2008). Aşağıda, yıllara göre Mtep biriminde ve kaynaklar bazında dünya enerji tüketim miktarları gösterilmektedir.



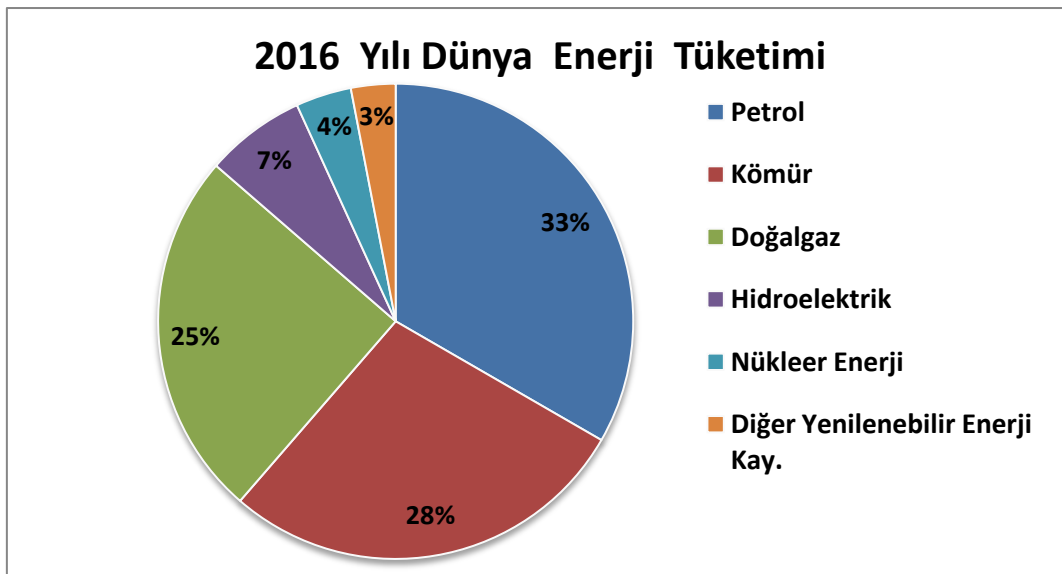
Şekil 1.1. Kaynaklar bazında 2016 yılı Dünya enerji tüketim miktarları (BP, 2017).

Şekil incelendiğinde fosil yakıtların tüketim miktarının yenilenebilir enerji kaynaklarına oranla çok daha yüksek olduğu görülmektedir. Son yıllarda fosil yakıtların çevreye verdiği zararlardan dolayı yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımında artış yaşanmıştır. Ancak bu dönemlerde dünyanın artan enerji ihtiyacının karşılanması için ulaşılabilirlik ve kullanıma uygunluk gibi sebeplerle fosil yakıtların kullanımında da ciddi bir artış yaşanmıştır. Yine şekil incelendiğinde 2008-2009 yılları arasında enerji tüketim miktarında bir azalma yaşandığı görülmektedir. Bu 2008 yılındaki küresel ekonomik krizden kaynaklanmaktadır.

1.2. Enerji Üretiminde Enerji Kaynaklarının Karşılaştırılması

Dünyada, çevreye zarar vererek canlıların yaşam alanlarının yok olmasına neden olan etkenlerin başında, enerji üretiminde kullanılan fosil kökenli enerji kaynaklarının yaygın olarak kullanılması gelmektedir. Bu kaynaklar, sanayi devriminden günümüze kadar geçen sürede sanayide, ulaşımda, konutlarda en önemli enerji sağlayıcısı olarak kullanılmaktadır. Önümüzdeki otuz kırk yılda da kullanılacağı tahmin edilmektedir. Sınırlı rezervlere sahip fosil kökenli kaynaklar bir süre sonra tükenecektir. Fakat toplumların ihtiyaç duyduğu enerji tükenmeyeceği gibi artarak devam edecektir. Yaşanabilir bir dünya için, artan enerji ihtiyacının çevreye en az zarar verecek kaynaklardan karşılanması zorunludur. Çevre dostu enerji olarak bilinen yenilenebilir enerji kaynakları konusunda dünyada önemli bir potansiyele sahip olan Türkiye’de bu kaynakların öncelikli tercih edilmesi ekonomik, sosyal ve çevre açısından birçok avantajı beraberinde getirecektir (Adıyaman, 2012).

2016 yılı itibariyle dünyada 13276 Mtep enerji tüketilmiştir. Bu tüketimin büyük bir kısmı fosil yakıtlardan karşılanmıştır. Enerji kaynaklarının tüketim oranlarının bir karşılaştırmasını yapmak için 2017 BP Dünya Enerji İstatistikleri Raporu’nun verileri kullanılmıştır. Aşağıdaki grafikte 2016 yılında tüketilen toplam 13276 Mtep enerjinin kaynak bazında dağılımı verilmiştir.

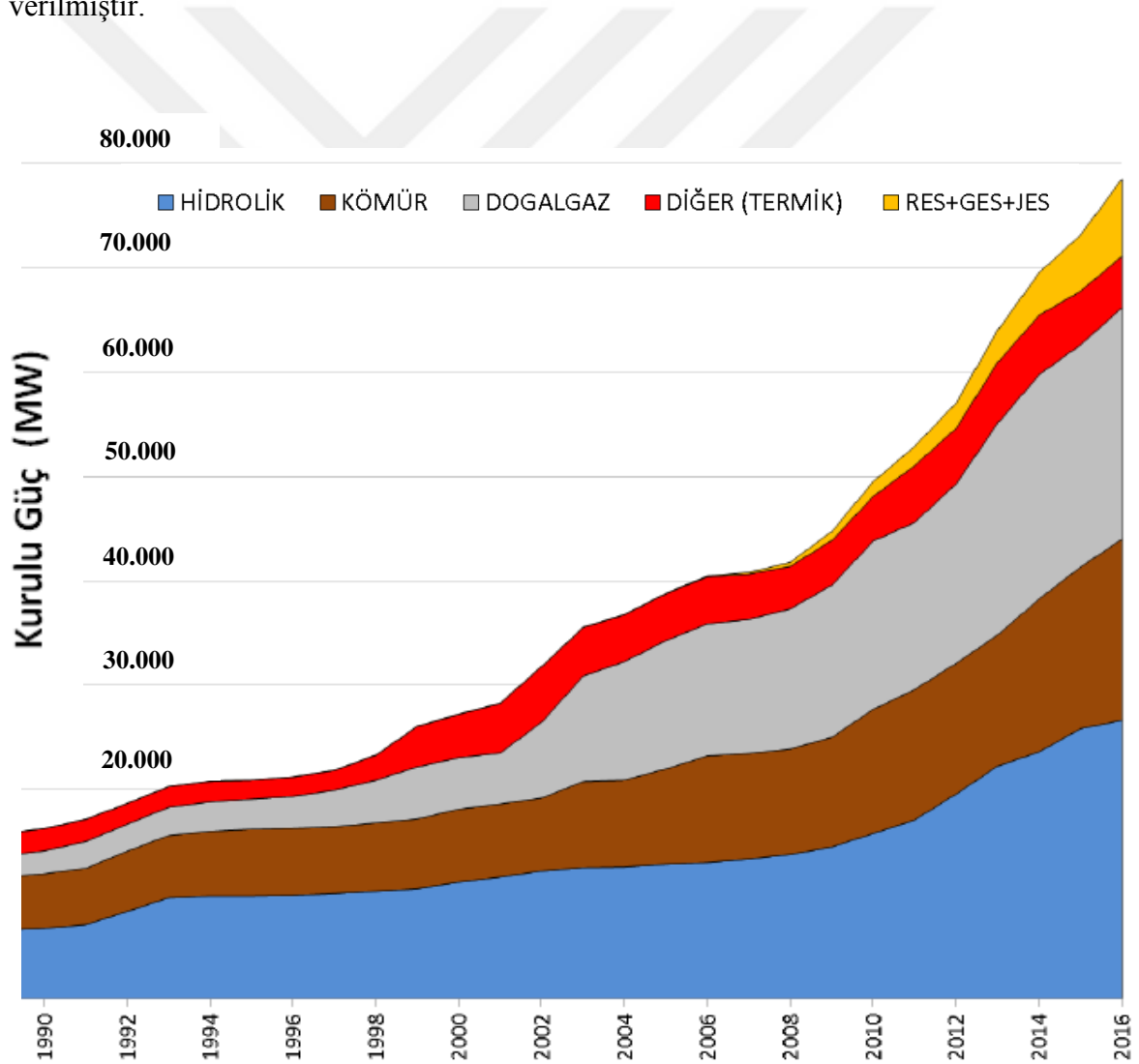


Şekil 1.2. 2016 yılı Dünya enerji tüketim oranları (BP, 2017).

Grafik incelendiğinde 2016 yılında tüketilen toplam enerjinin %86'sının fosil yakıtlardan karşılandığı görülmektedir.

Fosil yakıtlar üzerine yapılan araştırmalar sonucunda dünyadaki enerji tüketim hızının, fosil yakıtların oluşum hızından 300 bin kat daha fazla olduğu belirtilmiştir. Fosil yakıtların yakın zamanda tükenecek olması ve dünyaya verdiği zararlar düşünüldüğünde, enerji ihtiyacı duyan ülkelerin yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmesi bir zorunluluk halini almıştır (Kaya, 2017).

Bu düşüncelere paralel olarak ülkemiz de son yıllarda yenilenebilir enerji kaynaklarına doğru bir yöneliş göstermektedir. Aşağıdaki şekilde TEİAŞ'ın 2017 verilerine göre Türkiye'de elektrik enerjisi kurulu gücünün yıllara göre değişimi verilmiştir.



Şekil 1.3. Türkiye'de elektrik enerjisi kurulu gücünün değişimi (TEİAŞ, 2017).

Şekil incelendiğinde, özellikle 2008 yılından sonra ülkemizde yenilenebilir enerji kaynaklarına yapılan yatırımların artmaya başladığı görülmektedir. Ülkemiz yenilenebilir enerji kaynakları noktasında hidrolik, rüzgâr, güneş, jeotermal enerji gibi birçok alanda önemli bir potansiyele sahiptir. Bu konuda maliyet, çevresel etki, ülkenin potansiyeli gibi faktörler iyi analiz edilerek bu kaynaklardan optimum düzeyde faydalanılması gerekmektedir. Enerji politikamızın bu doğrultuda planlanması ve yatırımların yapılması ülkemiz ekonomisi açısından önem arz etmektedir. Ülkemizin yenilenebilir enerji kaynakları bazında potansiyeli aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 1.1. Türkiye'nin kaynak bazında yenilenebilir enerji potansiyeli (Kılıç, 2015; DSİ, 2016)

| Kaynak | Kurulu Güç Potansiyeli |
|---------------|--|
| Hidrolik | 47573 MW/Yıl |
| Rüzgâr | 48000 MW/Yıl |
| Jeotermal | Elektrik 610 MW/Yıl ; Isı 31500 MW/Yıl |
| Biyokütle | Elektrik 2.6 Mtep ; Isı 6 Mtep |
| Güneş | 380000 GWh/yıl |

Ülkemizde yenilenebilir enerji kaynakları arasında en fazla hidroelektrik enerjiye yatırım yapılmıştır. Şuan hidroelektrik enerji potansiyelimizin %37'sini gerçekleştirmiş bulunmaktayız. Hidroelektrik ve diğer yenilenebilir enerji kaynakları kullanımını yaygınlaştırırsak ülkemizin elektrik üretiminin tamamı yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanabilir. Bu tarz bir yaklaşım hem çevreye verilen zararı azaltacak hem de enerji sektöründe dışa bağımlılığımızı azaltacaktır.

1.2.1. Farklı Enerji Santrallerinin Maliyet Yönünden Karşılaştırılması

Yapılması planlanan tüm yatırımlarda akla gelen ilk faktör yatırım maliyetidir. Yenilenebilir enerji kaynaklarında da amortisman süresiyle doğrudan ilişkili olan bu faktör, dikkate alınması gereken önemli bir parametredir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının maliyetine baktığımızda ilk yatırım maliyeti ve işletme maliyeti olarak ayırabiliriz. Bununla ilgili çeşitli enerji santrallerinin maliyetleri Tablo 1.2.'de gösterilmektedir.

Tablo 1.2. Enerji santrallerinin maliyetleri (EIA, 2013)

| Santral Tipi | İlk Yatırım Maliyeti (\$/kW) | Sabit İşletme Maliyeti (\$/kW-yıl) | Yakıt Maliyeti (\$/MWh) |
|---------------------------------|-------------------------------------|---|--------------------------------|
| Rüzgâr Santrali (Deniz Üstü) | 6230 | 74 | - |
| Nükleer Santral | 5530 | 93.28 | 2.14 |
| Jeotermal Enerji Santrali | 4362 | 100 | - |
| Biyokütle Enerji Santrali | 4114 | 105.63 | 5.26 |
| Güneş Enerji Santrali | 3873 | 24.69 | - |
| Kömür Yakıtlı Linyit Santral | 3246 | 37.8 | 4.47 |
| Hidroelektrik Santral | 2936 | 14.13 | - |
| Rüzgâr Santrali (Kara) | 2213 | 39.55 | - |
| Doğalgaz Yakıtlı Termik Santral | 917 | 13.17 | 3.6 |

Tablo değerlendirildiğinde, hidroelektrik santral, karada kullanılan rüzgâr santrali ve doğalgaz santralinin ilk yatırım maliyetinin düşük olduğu görülmektedir. Güneş enerji santrali yüksek ilk yatırım maliyeti ile yenilenebilir enerji kaynakları arasında dikkat çekmektedir. Bunun yanında hidroelektrik santral, güneş enerjisi santrali, jeotermal enerji santrali ve rüzgâr enerji santralinin herhangi bir yakıt gideri olmadığından dolayı yenilenebilir enerji kaynaklarını uzun vadede ekonomik olarak ön plana çıkarmaktadır.

Yenilenebilir enerjinin maliyeti enerji tartışmalarında önde gelen meselelerden biridir. Maliyet hesaplamalarında ülkenin coğrafi konumu, enerji politikaları, vergilendirme sistemi ve hammadde kaynaklarına ulaşma şekli gibi birçok farklı girdi bulunduğu farklı maliyet değerlerine ulaşmak mümkündür (Traiforos, Adamantiades, Moore, 1990; Koç ve Şenel, 2013).

Enerji santrallerini iktisadi açıdan incelediğimizde; santrallerin kurulum, işletme ve bakım maliyetlerinin yanında yakıt olarak kullanılan kaynağın maliyeti, kaynağın dışa bağımlı olup olmaması, santralin verimini temsil eden kapasite faktörü gibi birçok etken göz önünde bulundurulmalıdır. Farklı enerji santrallerinin üretim maliyeti açısından daha genel bir şekilde gösterimi de Tablo 1.3.'de ifade edilmiştir.

Tablo 1.3. Farklı enerji santrallerinin kapasite faktörü, ilk yatırım ve birim enerji üretim maliyeti (Koç ve Şenel, 2013; Kaya ve Koç, 2015)

| Santral Tipi | Yerel / Dışa Bağımlı | Kapasite Faktörü (%) | İlk Yatırım Maliyeti (\$/kW) | Birim Enerji Üretim Maliyeti (cent/kWh) |
|-----------------------|----------------------|----------------------|------------------------------|---|
| Doğalgaz | Dışa bağımlı | 85-90 | 500-1300 | 3.6 – 10.6 |
| Linyit | Yerel | 50-85 | 2000-3000 | 4.6 – 12 |
| İthal Kömür | Dışa bağımlı | 50-85 | 1500-2500 | 4.5 – 8.8 |
| Hidroelektrik Santral | Yerel | 30-45 | 1900-2600 | 2.7 – 3.5 |
| Nükleer Santral | Yerel/Dışa bağımlı | 85-95 | 2500-5000 | 3.0 – 8.2 |
| Rüzgâr | Yerel | 25-45 | 1200-2500 | 5.1 – 14.6 |
| Jeotermal Enerji | Yerel | 80-90 | 1700-4000 | 3.3 – 4.0 |
| Güneş Enerjisi | Yerel | 20-25 | 4000-8000 | 12.3 – 24.5 |
| Biyokütle Enerjisi | Yerel | 80-90 | 2000-3500 | 4.8 – 8.0 |

Farklı enerji kaynaklarını kullanan santrallerin üretim maliyetleriyle ilgili tabloları incelediğimizde; ilk kurulum maliyeti düşük olan doğalgazla çalışan santrallerin yakıt maliyeti dahil edildiğinde maliyetinin çok yükseldiği görülmektedir. Hem ilk kurulum hem de işletme ve bakım maliyeti yüksek olan güneş enerji santrallerinin diğer yenilenebilir enerji santrallerine göre çok daha maliyetli olduğu görülmektedir. Hidrolik enerji ise; düşük kurulum ve işletme maliyeti, yerli olması, ortalama bir değerinde kapasite faktörüne sahip olması bakımından ekonomik açıdan en mantıklı seçenek olarak karşımıza çıkmaktadır.

1.2.2. Farklı Enerji Santrallerinin Çevresel Etki Yönünden Karşılaştırılması

Geçmişten günümüze artarak kullanılan fosil yakıtlar, kullanıldığı zaman çevreye zararlı gazlar salarak ekolojik dengeyi bozmaktadır. Fosil yakıtlar, asit yağmurlarına yol açması, taşınması esnasında denizlerin kirletilmesi ve bunun sonucu olarak denizdeki ekolojik dengeyi geriye dönüşü olmayacak şekilde bozması, insanoğlunun bu yakıtlar için başka ülkelerle savaşması ve birçok masum insanın ölmesi gibi etkileri düşünüldüğünde

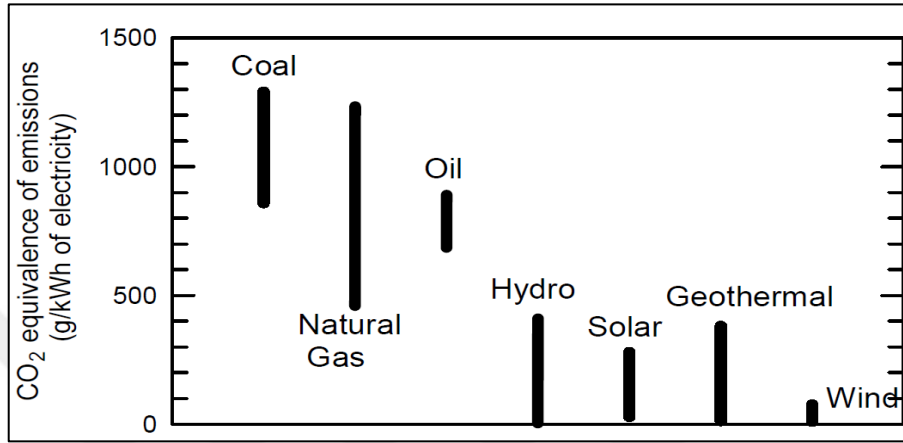
birçok anlamda zararlı bir kaynak olarak değerlendirilmektedir. Özellikle yaydığı sera gazlarıyla uzun zamandan beri tartışma ve endişe konusu olan fosil yakıtlı termik santraller, küresel ısınma ve iklim değişikliğinde baş rol oynamaktadır. Çeşitli sera gazları ve bunların kaynakları aşağıdaki tabloda özetlenmiştir.

Tablo 1.4. Sera etkisine sebep olan gazlar ve kaynakları (Aksay, Ketenoğlu, Kurt, 2005; Gürsel ve Meral 2012).

| Sera Etkisine Neden Olan Gazlar | Katkı Oranı | Kaynağı |
|---------------------------------|-------------|--|
| CO ₂ | %50 | <ul style="list-style-type: none"> • Kömür, petrol, doğalgaz gibi fosil yakıtların yakılması • Çimento fabrikaları |
| CFC | %22 | <ul style="list-style-type: none"> • Sprey kutularındaki aerosoller • Buzdolaplarındaki soğutucu maddeler • Özellikle elektronik sanayisinde kullanılan temizleme maddeleri • “Aircondition” sistemleri • Sert ve yumuşak köpük üretimi |
| CH ₄ | %14 | <ul style="list-style-type: none"> • Pirinç tarlaları • Baraj rezervuarları • İneklerin mideleri • Biyomasın yakılması • Çöp toplama alanları • Doğalgaz boru hatlarındaki kaçaklar • Kömür madenleri |
| O ₃ | %7 | <ul style="list-style-type: none"> • Trafik • Termik santrallerdeki yanma olayları • Tropikal ormanların yok olması |
| N ₂ O | %4 | <ul style="list-style-type: none"> • Tarımda suni gübre kullanılması |

Tablo incelendiğinde fosil yakıtların sera etkisine ne denli yüksek oranda sebebiyet verdiği görülmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarına geldiğimizde, bunlar çevresel anlamda fosil yakıtlara göre çok daha masum kaynaklar olmasına rağmen yine de birtakım çevresel problemler meydana getirmektedir.

Son yıllarda yapılan çalışmalarda fosil yakıtların yanında, yenilenebilir enerji kaynaklarının da az da olsa CO₂ salınımı yaptığı belirtilmektedir. Bununla ilgili olarak çeşitli enerji kaynaklarının sebep olduğu CO₂ gazı emisyonu miktarları, karşılaştırmalı olarak aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.



Şekil 1.4. Çeşitli elektrik santrallerinden kaynaklanan sera gazı miktarlarının karşılaştırılması (Hunt, 2001).

Şekilden de gördüğümüz gibi yenilenebilir enerji kaynakları da CO₂ gazı salınımına sebep olarak küresel ısınmaya etki etmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları arasında rüzgâr enerjisinin diğerlerine göre daha az CO₂ salınımı yapmasıyla bu konuda daha çevreci olduğu görülmektedir. Çeşitli enerji kaynaklarının ortaya çıkardığı farklı çevresel etkiler açısından bir karşılaştırma da aşağıda Tablo 1.5.'de verilmiştir.

Tablo 1.5. Çeşitli enerji santrallerinin meydana getirdiği çevresel etkiler

| Etkiler | Hidrolik | Güneş | Rüzgâr | Jeotermal | Doğalgaz | Nükleer | Kömür |
|-----------------------|----------|-------|--------|-----------|----------|---------|-------|
| Radyasyon | - | - | - | - | - | X | X |
| İklimsel Etki | X | - | - | - | X | X | X |
| Asit Yağmuru | - | - | - | - | X | - | X |
| Hava Kirliliği | - | - | - | - | X | X | X |
| Su Kirliliği | X | - | - | X | X | X | X |
| Toprak Kirliliği | - | - | - | X | - | X | X |
| Gürültü | X | - | X | - | X | - | X |
| Doğal Görüntüyü Bozma | X | X | X | X | X | X | X |
| Kaynakların Tükenmesi | - | - | - | - | X | X | X |

Tablo incelendiğinde çevresel etki açısından güneş enerjisi, en çevreci enerji kaynağı olarak karşımıza çıkmaktadır. Bunun yanında hidrolik enerji ve diğer yenilenebilir enerji kaynaklarının da yenilenemeyen enerji kaynaklarına göre doğaya karşı çok daha zararsız olduğu görülmektedir.

1.3. Hidroelektrik Enerji ve Küresel Çapta Artan Önemi

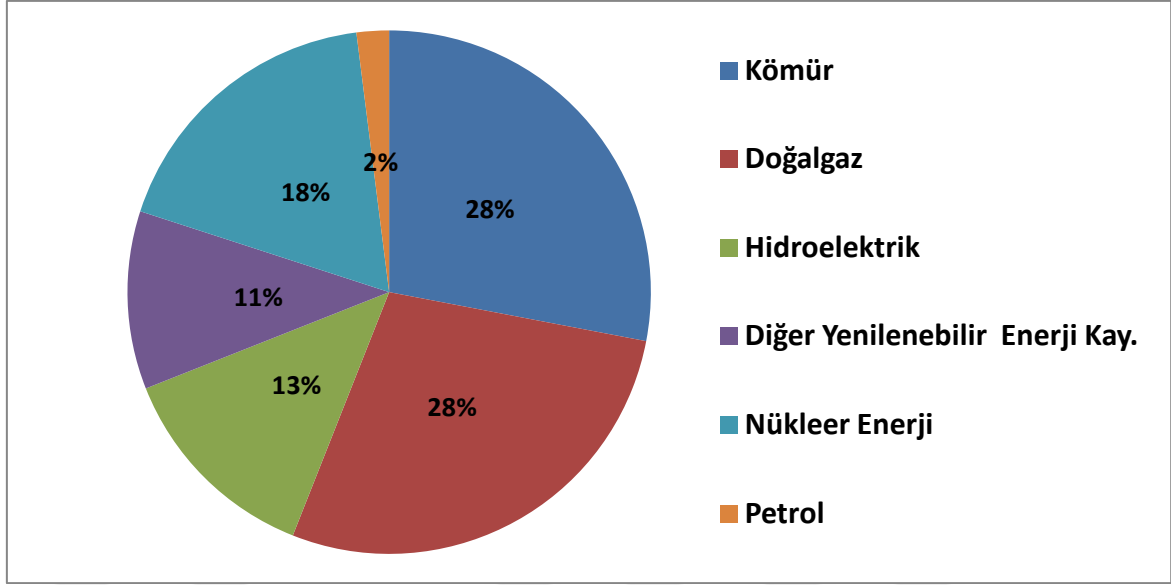
Dünyada nüfus artışı, teknolojik gelişmeler, kentleşme, sanayileşme ve küreselleşme sonucu gelişen ticaret olanakları, enerjiye olan talebi giderek artırmaktadır. Artık dünya ülkeleri bu ihtiyacın karşılanmasındaki politika ve çalışmalarını yenilenebilir enerjinin kullanılması ve geliştirilmesi merkezinde toplamaktadır.

Fosil enerji kaynaklarının; ciddi çevre sorunlara yol açması, rezervlerinin yakın gelecekte tükenerek olması, kaynak ülkelere bağımlılığın çeşitli siyasi ve ekonomik sorunlara yol açması ve fiyat istikrarsızlıkları gibi nedenlerinden dolayı, dünyada yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgi son zamanlarda giderek artmıştır (Yılmaz, 2012).

Hidroelektrik enerji, en genel tanımıyla akan suyun gücünün elektrik enerjisine dönüştürülmesidir. Hidroelektrik enerji; çevreci olması, fosil yakıtlara göre çok daha az sera gazı emisyonu ortaya çıkarması, ömrünün uzun olması, bölgede istihdam olanağı sağlaması, yerli imkânlarla yapılabilmesi ve bölgedeki sosyoekonomik yapıyı canlandırması açısından en önemli yenilenebilir enerji kaynaklarından biridir.

Bu sebeplerden ötürü dünya genelinde elektrik enerjisi üretiminde en yaygın kullanılan yenilenebilir enerji kaynağıdır. Hidroelektrik enerjinin yenilenebilir enerji kaynakları arasında ön plana çıkma sebeplerinden birisi de aynı anda birden fazla amaç için kullanılabilmesidir. Hidroelektrik enerji üreten bir baraj uygun şekilde tasarlandığında, tarımsal üretim için sulama suyu sağlayabilir veya içme suyu temini, taşkın koruma gibi amaçlara da hizmet edebilir.

Şekil 1.5.'de Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü (OECD) ülkelerinin 2016 yılında elektrik üretiminde kullandıkları kaynakların dağılımı verilmiştir.



Şekil 1.5. OECD Ülkeleri 2016 yılı elektrik üretiminin kaynak bazında dağılımı (IEA, 2017).

Şekilde görüldüğü gibi 2016 yılında üretilen elektriğin %24'ü yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilmişken, yenilenebilir enerji kaynakları içinde en büyük dilim hidroelektrik enerjiye aittir.

2016 yılında Dünya genelinde toplam 4102 TWh hidroelektrik enerji üretilmiştir. Tablo 1.6.'da ülkelerin 2016 yılı hidroelektrik enerji üretimi, büyükten küçüğe doğru sıralanmıştır.

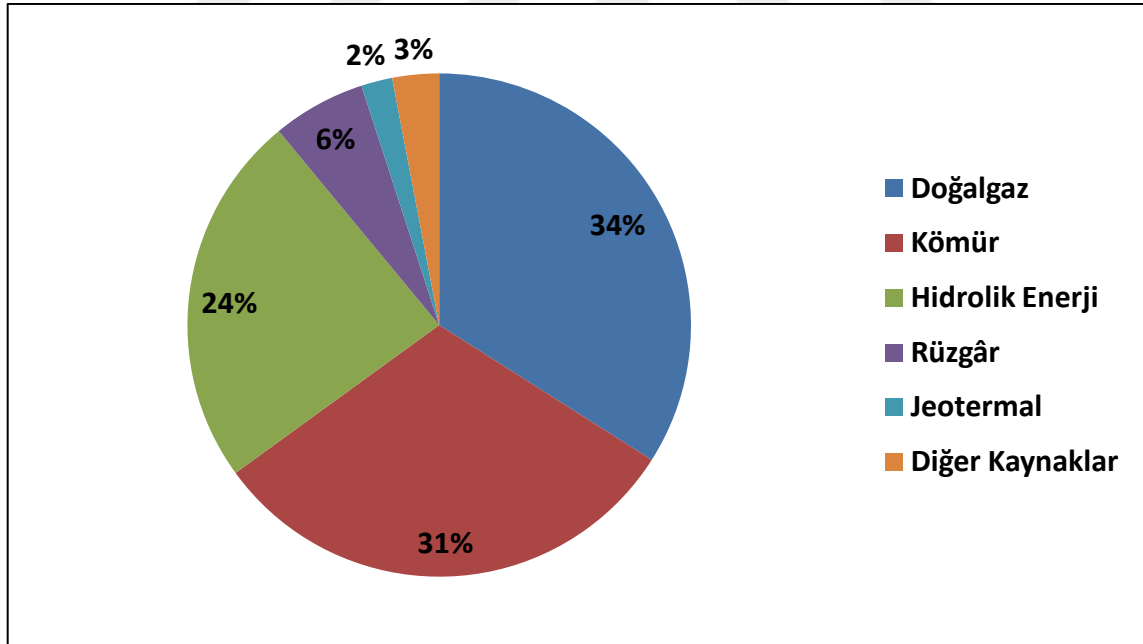
Tablo 1.6. Çeşitli ülkelerin hidroelektrik enerji üretimi (IHA, 2017)

| Sıra | Ülkeler | Kurulu Gücü (MW) | Elektrik Üretimi (TWh) | Dünyadaki Hidrolik Enerji Üretimindeki Payı (%) |
|------|-----------|------------------|------------------------|---|
| 1 | Çin | 331110 | 1180.70 | 28.8 |
| 2 | Brezilya | 98015 | 410.24 | 10.0 |
| 3 | Kanada | 79323 | 379.63 | 9.3 |
| 4 | ABD | 102485 | 266.39 | 6.5 |
| 5 | Rusya | 48086 | 178.31 | 4.3 |
| 6 | Norveç | 31626 | 144.01 | 3.5 |
| 7 | Hindistan | 51975 | 120.51 | 2.9 |
| 8 | Japonya | 49905 | 92.0 | 2.2 |
| 9 | Türkiye | 26249 | 67.03 | 1.6 |
| 10 | Fransa | 25405 | 64.52 | 1.5 |

1.4. Hidroelektrik Enerjinin Ülkemiz Açısından Artan Önemi

Gelişmişliğin bir göstergesi olan enerji tüketimi, enerji ihtiyacını da ortaya çıkarmaktadır. Son yıllarda ülkemizin kalkınmasıyla paralel olarak enerji talebimiz de önemli ölçüde artmıştır. Bu talebin karşılanmasında ağırlıklı olarak doğalgaz ve kömür gibi ithal kaynaklar kullanılmaktadır. Son zamanlarda ülkemiz, kendi enerji ihtiyacını yerli kaynaklarla karşılayarak dışa bağımlılığını azaltmak, kaynakları çeşitlendirerek sürdürülebilir enerji kullanımı sağlamak ve enerji tüketimi neticesinde çevreye verilen zarar en aza indirmek gibi amaçlarla yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmiştir.

2016 yıl sonu itibarıyla Türkiye'nin yenilenebilir enerji toplam kurulu gücü yaklaşık 35 GW olarak hesaplanırken, toplam elektrik üretiminin ise yüzde 35'i yenilenebilir kaynaklar tarafından karşılanmaktadır. Bu kurulu gücün büyük çoğunluğunu hidrolik enerji oluşturmaktadır (Karagöl ve Kavaz, 2017). Aşağıdaki şekilde 2017 yılı için ülkemizin elektrik üretiminde kaynakların dağılımı verilmiştir.



Şekil 1.6. 2017 yılı Türkiye'nin elektrik üretiminde kaynakların dağılımı (ETKB, 2017).

Grafik incelendiğinde ülkemizin elektrik üretiminin %65'inin fosil yakıtlardan karşılanmakta olduğu görülmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları tarafından karşılanan geriye kalan dilimin ise yaklaşık %70'ini tek başına hidrolik enerji oluşturmaktadır.

Ülkemizde su kaynaklarından bir yılda 86 milyar kWh enerji denize akmakta olup, bunun yıllık kayıp maliyeti yaklaşık 6 milyar dolardır. Elektrik ihtiyacını karşılayabilmek için; hidroelektrik enerji gibi temiz ve yenilenebilir bir kaynağın; teknik, ekonomik ve çevreci bir yaklaşımla potansiyel bakımından yapılabilir olanlarının geliştirilerek kullanılması önerilmektedir. HES'lerde yenilenebilir ve doğal kaynaklar kullanılmaktadır. Bu durum, günümüzde çok yoğun bir şekilde kullanılan fosil yakıt kaynaklarının kullanımını azaltarak atmosfere salınan karbon miktarının azalmasını sağlayacaktır. Bu sayede, günümüzün en önemli çevre sorunlarından olan küresel ısınma ve iklim değişikliğinin hızlanması önlenecektir. HES'ler ürettikleri temiz enerji sayesinde doğalgaz ve petrol fiyatlarındaki artışlar da dikkate alındığında, ülkemizin dışa bağımlılığını azaltacak, ülkemizin sanayicisine kendi işletmesinde daha ekonomik bir enerji kullanma imkânı sağlayarak rekabet ortamı oluşturacaktır. Ayrıca özel sektör yatırımlarıyla projeler daha kısa sürede bitecek, sanayi canlanacak ve istihdam artacaktır. Yerinde üretim ile hat kayıpları en aza indirilecek ve elektrik enerjisi kırsal kesimlere daha kolay ve kesintisiz ulaşacaktır (AK-TEL, 2014).

1.5. Türkiye'nin Hidroelektrik Enerji Potansiyeli

Bir ülkede, ülke sınırlarına veya denizlere kadar bütün tabii akışların %100 verimle değerlendirilebilmesi varsayımına dayanılarak hesaplanan hidroelektrik potansiyel, o ülkenin teorik hidroelektrik potansiyelidir. Ancak mevcut teknolojilerle bu potansiyelin tamamının kullanılması mümkün olmadığından mevcut teknoloji ile değerlendirilebilecek azami potansiyele teknik yapılabilir hidroelektrik potansiyel denir. Teknik potansiyelin, mevcut ve beklenen yerel ekonomik şartlar içinde geliştirilebilecek bölümü ekonomik yapılabilir hidroelektrik potansiyel olarak adlandırılır (Şekkeli ve Keçecioğlu, 2011).

Türkiye'de teorik hidroelektrik potansiyel 433 milyar kWh, teknik olarak değerlendirilebilir hidroelektrik potansiyel ise 216 milyar kWh olup, ekonomik, sosyal ve çevresel yönden mevcut yatırımlarla yapılabilir olarak geliştirilen potansiyel ise 158 milyar kWh/yıldır. Türkiye'nin teknik olarak değerlendirilebilir hidroelektrik potansiyeli dünya teorik potansiyelinin %1.5'i, Avrupa potansiyelinin ise %17.6'sıdır. Ülkemiz bu potansiyeli ile Avrupa ülkeleri içerisinde Rusya'dan sonra en büyük potansiyele sahip ikinci ülke konumunda olmasına rağmen bu potansiyelinin gelişim oranı açısından iyi bir konumda değildir.

ABD teknik hidroelektrik potansiyelinin %86'sını, Japonya %78'ini, Norveç %72'sini, Kanada %56'sını, Türkiye ise %37.3'ünü geliştirmiştir (DSİ, 2016). Aşağıdaki tabloda ülkemizin HES ve hidroelektrik enerji üretimiyle ilgili bilgiler özetlenmiştir.

Tablo 1.7. Türkiye'nin HES potansiyel durumu (DSİ, 2016)

| Potansiyel | HES (adet) | Toplam Kurulu Güç (MW) | Ortalama Yıllık Üretim (GWh/yıl) | Oran (%) |
|-----------------------|-----------------------|---------------------------------------|---|---------------------|
| İşletmede | 596 | 26819 | 93653 | 59 |
| İnşaat Halinde | 83 | 5424 | 16508 | 10 |
| İnşaatı Başlamayan | 639 | 15330 | 48383 | 31 |
| Toplam | 1318 | 47573 | 158544 | 100 |

1.6. Barajlar Hakkında Genel Bilgiler

Fransızca kökenli bir kelime olan baraj; bent, engel anlamına gelmektedir. Barajlar genel olarak sulama ve içme suyu temini, enerji üretimi, taşkın koruma vb. birçok amaç için, bir vadinin iki yakası arasına inşa edilerek bir su kütlesi meydana getiren yapılar olarak tanımlanabilmektedir (Üslü, 2011; DSİ).

Barajların tarihinden bahsederek; bilinen ilk su yapısı Ürdün'de M.Ö. 4000 yılından kaldığı sanılan 4 m yükseklik ve 94 m kret uzunluğuna sahip toprak dolgu Jawa Barajı'dır. Mısır'da M.Ö. 2900-2600 yılları arasında inşa edildiği sanılan Sadd-el Kafara Barajı ise 14 m yükseklikte olup dünyada inşa edilen ilk kaya dolgu barajı olma özelliğine sahiptir. Çin'de M.Ö. 2000 yıllarında yapılan Tu-Kiang Barajı 200000 ha'lık pirinç tarlalarını sulamak için günümüzde hala kullanılmaktadır. Dünyanın en eski kemer barajı ise İran'ın Kum kenti yakınlarında M.S. 1300'lü yıllarda Moğollar tarafından inşa edilmiştir (Jansen,1988; Berkün, 2005; Ağırlioğlu, 2007).

Ülkemiz açısından barajların tarihsel gelişimini incelediğimizde; Anadolu'nun göbeğinde M.Ö. 1000-500 yılları arasında Urartulardan; Batı ve Güneydoğu Anadolu'da, M.Ö. 500'lerden sonra Helenistik, Roma ve Bizans dönemlerinden; M.S. 10. yüzyıldan sonra Selçuklu ve Osmanlı dönemlerinden kalma pek çok su yapısı kalıntısı mevcuttur.

Selçuklu Döneminde baraj türü yapılarda pek gelişme kaydedilmemiştir. Fakat Selçuklular özellikle Konya'da sulama sistemleri kurmuşlardır. Osmanlı Döneminde Anadolu ve Trakya'da Mimar Sinan'la birlikte su isale sistemleri yaygın hale gelmiş; 17. yüzyıl başlarında ise kagir seddeler inşa edilmiştir. Osmanlı tarihinin en önemli barajları seddelerden meydana gelen Kırkçeşme ve Taksim su isale sistemleridir. Ayrıca 19. yüzyılın ortalarında Sakarya Karasu yakınlarında Maden Deresi üzerinde muhtemelen kurşun madeni arama çalışmaları için 23 m yüksekliğinde ve 34 m kret uzunluğunda toprak dolgulu bir baraj inşa edilmiştir. Cumhuriyet Dönemi'nin ilk barajı ise Atatürk'ün emriyle 1930 yılında yapımına başlanan Çubuk-I Barajıdır. Beton ağırlık baraj tipinde olan yapı 25 m yüksekliktedir (Ağırlioğlu, 2007; TRCOLD, 2014).

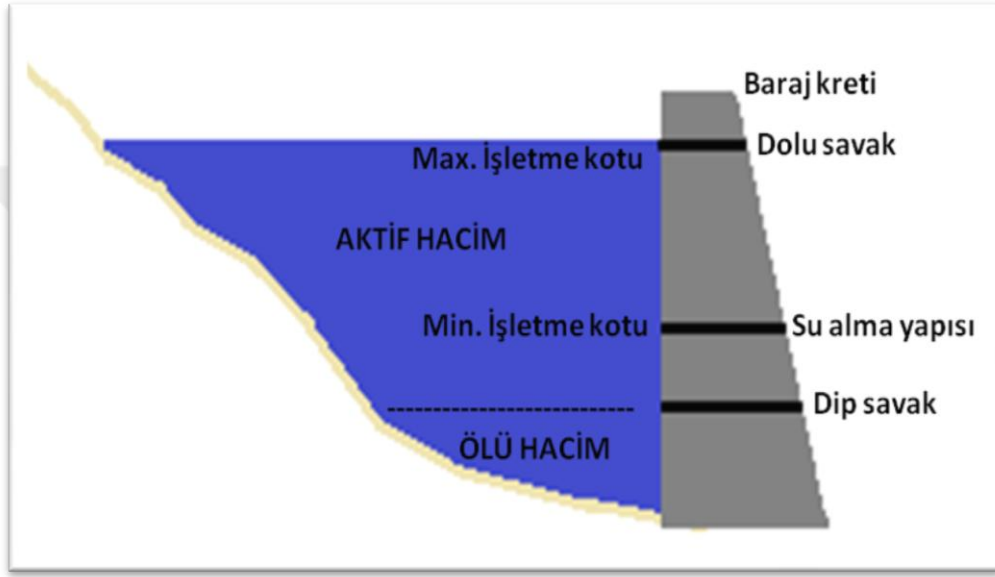
İlerleyen yıllarda ülkemizin kalkınmasıyla birlikte Keban ve Atatürk Barajı gibi ülkemizin enerji ve sulama sorunlarının çözümüne büyük katkı sağlayan barajlar ve hidroelektrik santraller inşa edilmiştir.

Ayrıca 2018 yılı ortalarında tamamlanması planlanan Yusufeli Barajı ve HES, tamamlandığında temelden 270 m yüksekliği ile dünyanın en yüksek barajlarından biri olacaktır. Tesisin Türkiye enerji üretimine 540 MW'lık (3 x 180 MW) kurulu güç ile katkıda bulunması beklenmektedir. Yüksek kurulu gücü ve yıllık 1705 GWh elektrik üretimi ile ülkemizin yıllık enerji ihtiyacının % 0.6'sını karşılayarak Türkiye'nin uzun vadeli enerji hedefleri çerçevesinde önemli bir yere sahip olacaktır (URL-1).

Ülkemiz, son yıllarda gelişen teknolojiyle birlikte hidrolik enerji alanında ciddi yatırımlar yapmaktadır. Özellikle özel sektör ve DSİ tarafından yapılan bu yatırımlar, ülkemizin enerji üretiminde hidrolik enerjinin payını günden güne artırmaktadır. Şuan Uluslararası Büyük Barajlar Komisyonu (ICOLD)' un verilerine göre ülkemiz baraj sayısı bakımından 972 baraj ile üye ülkeler içerisinde dokuzuncu sırada yer almaktadır. Birinci 23842 baraj ile Çin, ikinci ise 9261 baraj sayısı ile Amerika Birleşik Devletleri'dir. Yüksek barajlar açısından duruma baktığımızda, şuan işletmede olan dünyanın en büyük barajı 305 m yüksekliğiyle Çin'deki Jinping-1 Barajı'dır. Ülkemizin en yüksek barajı olan 249 m yüksekliğe sahip Deriner Barajı ise şuan mevcut barajlar içerisinde dünyanın en yüksek on üçüncü barajıdır. Yapımına devam eden barajları da bu sıralamaya dahil ettiğimizde birinci sıra 335 m yüksekliğiyle Tacikistan'daki Rogun Barajı'dır. 2018 yılında işletmeye açılması planlanan Artvin ilimizdeki Yusufeli Barajı ise 270 m yüksekliğiyle bittiğinde dünyanın en yüksek on birinci barajı olacaktır.

1.6.1. Barajların Kısımları

Barajların kısımları genel olarak; baraj gövdesi, baraj gölü, su alma yapıları, dip savak, dolu savak, derivasyon tesisleri ve diğer tesisler (santral binası, şalt sahası vb.) olarak sıralanmaktadır. Aşağıdaki şekilde bir baraj haznesi ve elemanları şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 1.7. Baraj haznesinin kısımları

Baraj gövdesi: Bütün vadiyi kapatarak yapay bir göl oluşmasını sağlar. Genellikle beton veya dolgu malzemesinden inşa edilen sabit bir yapıdır.



Şekil 1.8(a). Deriner Barajı gövdesi (Artvin)



Şekil 1.8(b). Alaköprü Barajı gövdesi (Mersin)

Baraj gölü: Baraj gövdesinin arkasında suyun depolandığı vadi kısmıdır. Baraj gölü, ölü hacim, faydalı hazne hacmi ve taşkın koruma hacminden oluşur.



Şekil 1.9(a). Tatar Barajı gölü (Elazığ)

Şekil 1.9(b). Borçka Barajı gölü (Artvin)

Su alma yapıları (Prizler): Baraj haznesinden su alınmasını veya rezervuarın boşaltılması amacıyla baraj gövdesi içinde veya yamaçlarda minimum su seviyesinde inşa edilen tesislerdir.

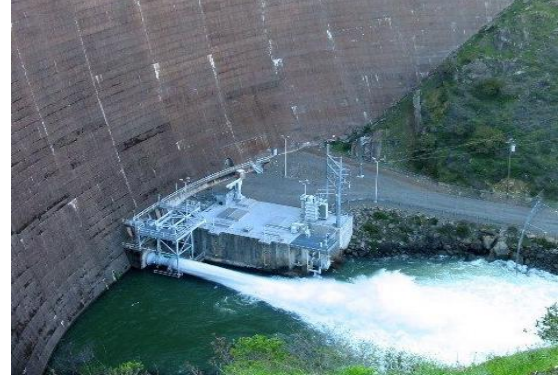


Şekil 1.10. Su alma yapısı örnekleri

Dip savak: Gerektiğinde baraj gölünü tamamen boşaltmak, dolusavak debisini azaltmak, akarsu mansabına bırakılması gerekli miktarda suyu vermek için kullanılan tesistir.



Şekil 1.11(a). Bir dip savak örneği



Şekil 1.11(b). Monticello Barajı dip savak (ABD)

Dolusavak: Barajın emniyet tesisi olup, taşkın sularının güvenli bir şekilde mansaba aktarılmasını sağlar.



Şekil 1.12(a). Hasan Uğurlu Barajı (Samsun)



Şekil 1.12(b). Hartwell Barajı (Gürcistan)

Derivasyon tesisleri: Bir derivasyon sistemi baraj inşaatının kuru bir ortamda yapılmasını sağlar. Suyun inşaat alanına girmesini önleyen batardolardan ve suyun mansaba aktarılmasını sağlayan açık veya kapalı iletim tesislerinden oluşur.



Şekil 1.13(a). Artvin Barajı deriv. tüneli



Şekil 1.13(b). Feke Barajı deriv. tüneli (Adana)



Şekil 1.14. Barajlarda batardo örnekleri



Diğer tesisler: Barajın hizmet ettiği amaca uygun olarak enerji santralleri, içme suyu arıtma tesisleri, balık geçidi, büro, laboratuvar, garaj gibi yapılar baraj kısımları arasında değerlendirilmektedir (Berkün, 2005; Nas, 2014).



Şekil 1.15(a). Ilisu Barajı şalt sahası (Mardin)



Şekil 1.15(b). Obruk Barajı santral binası (Çorum)

1.6.2. Barajların Sınıflandırılması

Barajları; boyutlarına, yapılış amaçlarına, statik projelendirilmesine, hidrolik özelliklerine ve gövde malzemesine göre sınıflandırmak mümkündür.

1.6.2.1. Büyüklüklerine Göre Sınıflandırılması

Uluslararası Büyük Barajlar Komisyonu'nun (ICOLD) büyük baraj tanımına göre; temelinden kret kotuna kadar 15 m veya daha fazla bir yüksekliğe sahip olan veya 3 milyon m³ 'den daha fazla su tutan ve temelden 5 m ile 15 m arasında bir kret yüksekliğine sahip olan barajlar büyük baraj olarak değerlendirilebilir.

1.6.2.2. Yapılış Amaçlarına Göre Sınıflandırılması

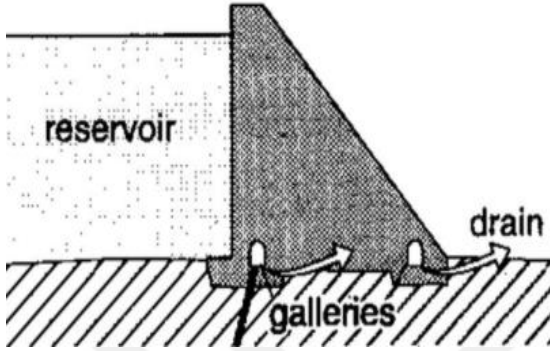
Günümüzde barajlar birçok farklı amaca hizmet etmek için tasarlanabilmektedir. Barajların yapılış amaçlarına göre sınıflandırılması aşağıda verilmiştir.

- 1) Hidroelektrik enerji üretimi sağlamak için tasarlananlar
- 2) Sulama suyu sağlamak için tasarlananlar
- 3) İçme suyu temini için tasarlananlar
- 4) Balıkçılığın geliştirilmesi ve korunması için tasarlananlar
- 5) Taşkın kontrolü için tasarlananlar
- 6) Akarsu ulaşımı sağlamak için tasarlananlar
- 7) Su kalitesinin geliştirilmesi için tasarlananlar
- 8) Bu amaçların birden fazlasını sağlamak için tasarlananlar

1.6.2.3. Gövdenin Statik Projelendirilmesine Göre Sınıflandırılması

Gövdenin statik projelendirilmesine göre barajlar; Ağırlık barajı, kemer ağırlık barajı, kemer barajı, payandalı baraj, dolgu baraj ve öngerilmeli baraj olarak sınıflandırılmaktadır.

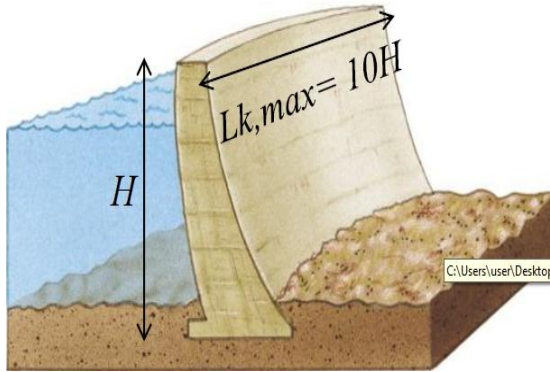
1) **Ağırlık Barajı:** Baraj gölünde depolanan suyun oluşturduğu basınca sadece kendi ağırlığıyla karşı koyan ve genelde betonarme malzemedan inşa edilen barajlardır.



Şekil 1.17(a). Ağırlık baraj şeması

Şekil 1.17(b). Porsuk Barajı (Eskişehir)

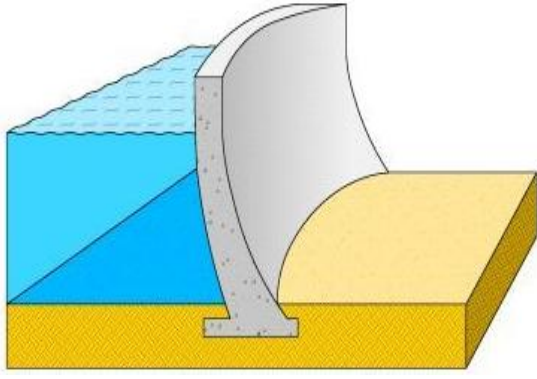
2) **Kemer Ağırlık Barajı:** Maruz kaldığı yükü hem kendi ağırlığıyla hem de kavisli yapısı sayesinde vadi yamaçlarına ileterek karşılayan barajlardır. Yükün iletildiği vadi yamaçlarının sağlam olması gerekmektedir.



Şekil 1.18(a). Kemer ağırlık baraj şeması

Şekil 1.18(b). El Atazar Barajı (İspanya)

3) **Kemer Baraj:** Maruz kaldığı yükün büyük bir kısmını, kavisli yapısı sayesinde vadi yamaçlarına ileten barajlardır. Genellikle dar ve derin vadilerde inşa edilen kemer barajlarda, yükün iletildiği vadi yamaçlarındaki kayaların (abatman) dayanıklı olması önemli bir husustur.

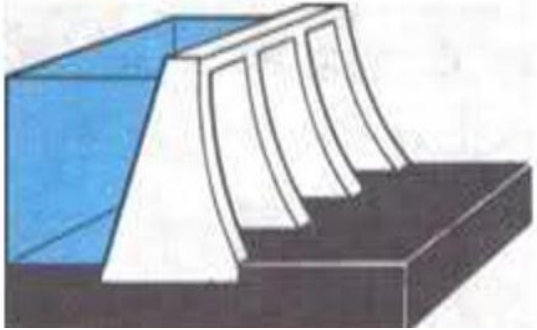


Şekil 1.19(a). Kemer baraj şeması



Şekil 1.19(b). Hoover Barajı (ABD)

4) Payandalı Baraj: Suyun basıncını kendi ağırlığı ve arkasındaki betonarmeden yapılmış payanda desteklerle karşılayan barajlardır. Beton ağırlık barajlara kıyasla betondan %30-%50 arası tasarruf sağlanmaktadır.

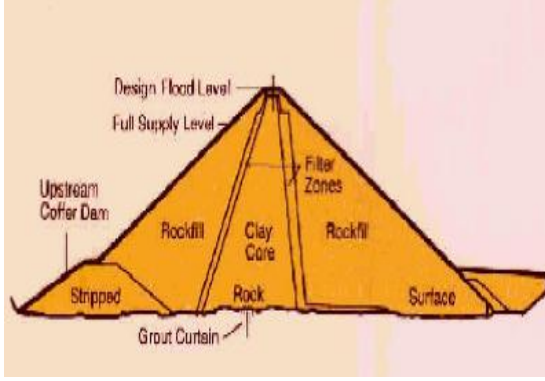


Şekil 1.20(a). Payandalı baraj şeması



Şekil 1.20(b). Barlett Barajı (ABD)

5) Dolgu Baraj: Rezervuarı oluşturmak için baraj yeri yakınlarından alınan toprak ve/veya kaya malzemenin yerine yerleştirilip sıkıştırılmasıyla inşa edilen barajlardır. Gövde ortasında geçirimsizliği sağlamak için kil veya betondan yapılan çekirdek bulunmaktadır. Dolgu barajlar, dar vadilerden geniş vadilere kadar her türlü vadi şekline uygun olmaları açısından sıklıkla kullanılmaktadır.



Şekil 1.21(a). Dolgu baraj şeması

Şekil 1.21(b). Alkumru Barajı (Siirt)

6) Ön Gerilmeli Baraj: Ön gerilmeli yapı elemanlarıyla suyun basıncına karşı mukavemeti artırılan barajlardır.

1.6.2.4. Hidrolik Özelliklerine Göre Sınıflandırılması

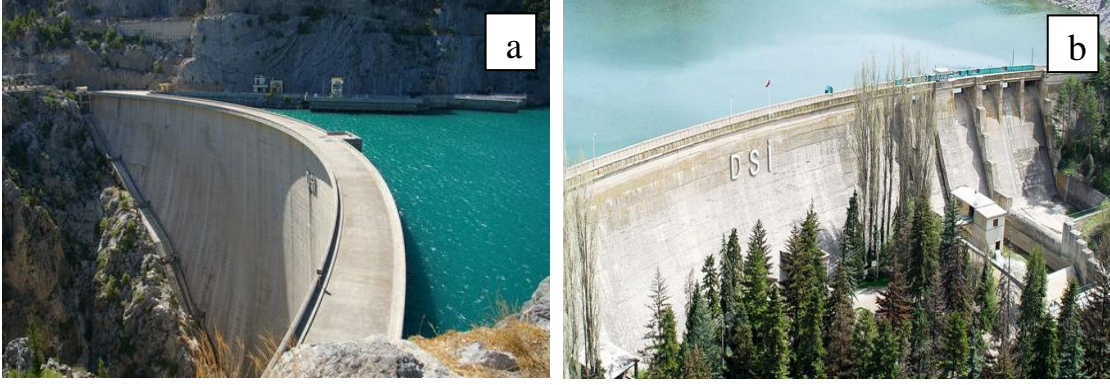
Hidrolik özelliklerine göre barajlar, üzerinden su akan barajlar ve üzerinden su akmayan barajlar olarak ikiye ayrılmaktadır.

1.6.2.5. Gövde Malzemesine Göre Sınıflandırılması

Barajlar gövde yapımında kullanılan malzemelerine göre; kâgir baraj, beton baraj, dolgu baraj, ahşap baraj, çelik baraj ve lastik baraj olarak sınıflandırılmaktadır (Çataklı, 1967; Doğanoğlu, 2011).



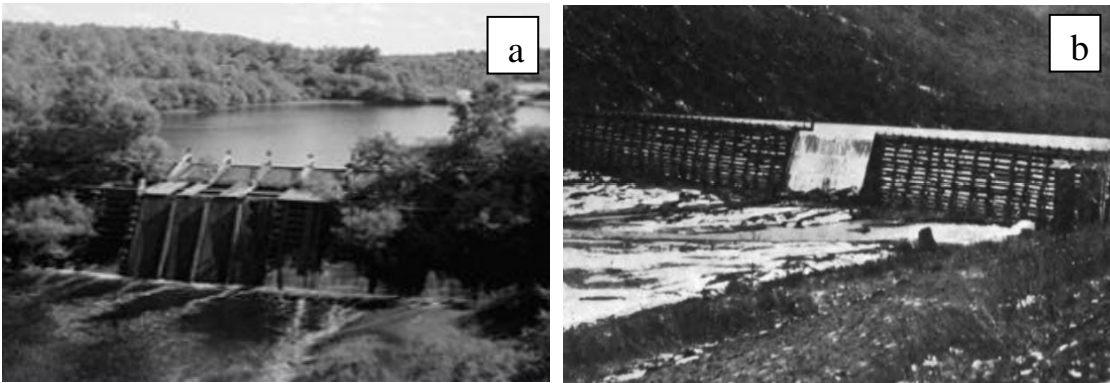
Şekil 1.22. Kâgir baraj örnekleri; Bakacak (a) ve Taşoluk (b) Barajları (Çanakale)



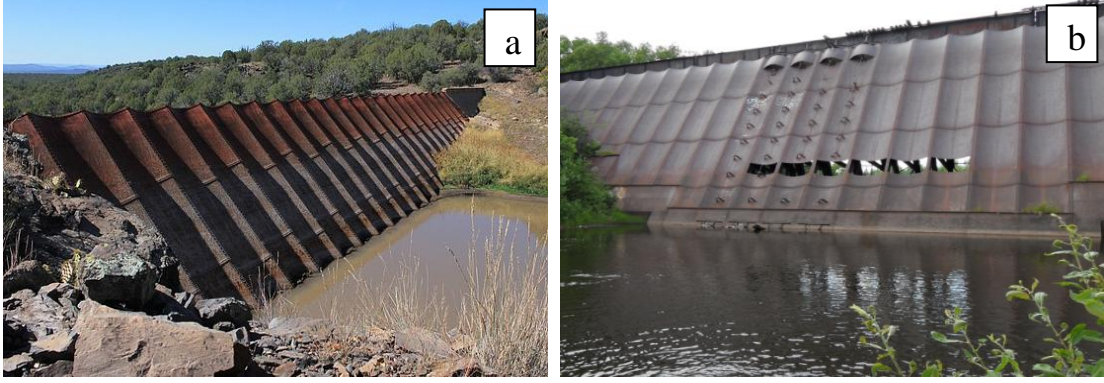
Şekil 1.23. Beton baraj örnekleri; Oymapınar (a) (Antalya) ve Çubuk (b) (Ankara) Barajları



Şekil 1.24. Dolgu baraj örnekleri; Yenice Gönen (a) (Balıkesir) ve Nilüfer (b) (Bursa) Barajları



Şekil 1.25. Ahşap baraj örnekleri; Bir ahşap baraj örneği (a) ve Austin Barajı (b) (ABD)



Şekil 1.26. Çelik baraj örnekleri; Ash Fork's (a) ve Redridge (b) Barajları (ABD)



Şekil 1.27. Lastik baraj örnekleri

1.6.3. Barajların Yer Seçimine Etki Eden Faktörler

Belirli ihtiyaçları karşılayacağı öngörülen bir barajın planlanma safhasında en önemli aşamalardan biri baraj yerinin belirlenmesidir. Birçok faktör göz önüne alınarak yapılan bu tür çalışmalar barajın maliyeti, verimi ve meydana getireceği çevresel etkiler bakımından önem taşımaktadır. Baraj planlama aşamasında baraj yer seçimine etki eden faktörler ve yapılması gerekenler aşağıda sıralanmıştır;

1) Topoğrafya: Gerek baraj yapısı gerekse hazne en ucuz elde edilecek şekilde baraj eksen yeri seçilir. Gövde maliyetinin daha az olması için vadinin dar yerleri tercih edilir.

2) Jeoloji: Hem geçirgenlik hem de sağlamlık bakımından baraj yerinin jeolojisinin belirlenmesi son derece önemlidir.

3) Malzeme: Agregası, kum, kil, çakıl, imento gibi inşaat malzemesinin varlığı ve yakınlığı gözden geçirilir.

4) Dolu savak yerleştirebilme durumu: Dolu savak için uygun ve yeterli büyüklükte yer olup olmadığı ve bu husustaki seçenekler ortaya konur.

5) İnşaat sırasında suyun evrilmesi (Derivasyon): İnşaatın kuruda yapılabilmesi inşaat sırasında meydana gelecek taşkınlardan zarar görülmemesi için akarsu yatağındaki suyun çevrilmesi gerekmektedir. Bu maksatla yapılan tünel ve batardo gibi tesislerin daha sonra dip savak ve gövdenin bir parçası olarak planlanması mümkündür.

6) Suyun taşıdığı katı madde miktarı: Bu katı maddeler barajın ekonomik ömrü süresince l hacim bölgesinde tutulacağı için, baraj büyüklüğüne etki eder.

7) Suyun kalitesi: İçme ve kullanma suyu veya sulama suyunun belirli bir vasıfta olması gerekir.

8) Kamulaştırma bedeli: Su altında kalacak araziler dahil, bütün kamulaştırılacak arazilerin bedeli tahmin edilir.

9) Deprem durumu: Fay hatlarına yakınlık ve deprem durumu belirlenir.

10) Mansap su hakları ve yeraltı su seviyesi: Baraj yapımından sonra mansapta ortaya çıkacak su ihtilafları dikkate alınır. Ayrıca baraj yapımından sonra beklenen yeraltı su seviyesindeki değişmeler ortaya konur. Düşünülen çeşitli baraj yerleri için yukarıda sıralanan etkenleri değerlendirebilecek bir ekonomik analiz ile baraj yerine karar verilir (Ağıralioğlu, 2007; Ağıralioğlu, 2011).

1.6.4. Barajların Yapılış Amaçları

Barajlar, birçok amaca hizmet etmek için yapılabilmektedir. Günümüzde en yaygın olarak içme - sulama suyu sağlama ve hidroelektrik enerji üretimi için inşa edilen barajların, yapılış amaçları aşağıda sıralanmıştır.

- 1) Sulama suyu sağlama
- 2) İçme ve kullanma suyu sağlama
- 3) Hidroelektrik enerji retme
- 4) Endüstri suyu sağlama
- 5) Taşkın kontrolü

- 6) Dinlenme yeri sağlama
- 7) Balıkçılığın korunması ve geliştirilmesi
- 8) Akarsu ve iç su yolu ulaşımı
- 9) Akarsu deltalarında tuzluluğun giderilmesi
- 10) Katı maddenin tutulması ve kontrolü
- 11) Su kalitesinin iyileştirilmesi
- 12) Atıkların toplanması
- 13) Canlıların korunması (Berkün, 2005; Ağırlioğlu, 2007).

1.7. Baraj Çevre İlişkisi

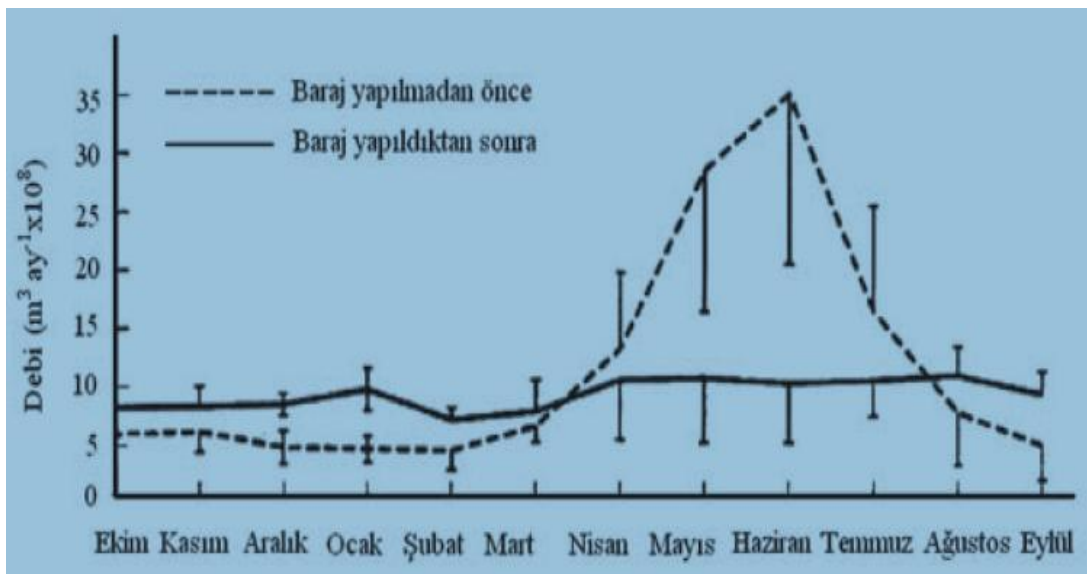
Hidroelektrik santraller ve barajlar; iklimsel, hidrolojik, ekolojik, sosyo-ekonomik ve kültürel etkilere sebep olmaktadır. Bu tesislerin ilk başlarda fazla önemsenmeyen etkileri son zamanlarda baraj sayısındaki artış ile birlikte bazı çevresel sorunlar ortaya çıkınca araştırma konusu olmuştur. Barajlar hava kalitesini çok fazla olumsuz etkilememesine rağmen yapım ve işletme safhasında, nehir sistemini olumsuz etkileyerek nehir ekosistemindeki canlı hayatını tehlikeye atabilir, nehrin su kalitesini bozabilir, baraj bölgesindeki tarihi yapılar ve verimli toprakları su altında bırakabilir, yine inşaat aşamasında ortaya çıkan toz ve gürültü de barajların çevreye verdiği zararlar arasında kabul edilmektedir.

Doğal bir akarsuyun bir kısmının baraj gölüne dönüşmesi önemli değişikliklere yol açmaktadır. Bunların sonucu olarak başta oksijen dengesi olmak üzere suyun fiziksel, kimyasal ve biyolojik birçok özelliği değişebilmektedir. Beklenen bu değişikliklerden bulanıklığın azalması, yosunların karbondioksiti alması sonucunda kalsiyum karbonatın azalması ve dolayısıyla su sertliğinin azalması, biyolojik oksijen ihtiyacının azalması ve kirlilik konsantrasyonunun düşmesi baraj biriktirmesinin önemli olumlu etkileridir. Buna karşılık, suyun hızının düşmesi sonucunda yosunlar ve diğer su bitkilerinin azalması, daha az karışım ve havalanma (oksijen alma) olması ve bir ısı tabakalaşmasının meydana gelmesi gibi olumsuz etkileri de vardır (Ağırlioğlu, 2007; Ağırlioğlu, 2011).

Baraj gölünün yüzey alanı itibariyle nehre göre daha geniş olması, buharlaşmanın artmasına sebep olmaktadır. Bu şekilde havadaki nem oranı artmakta ve hava hareketleri değişmekte sıcaklık, yağış, rüzgâr olayları farklılaşmaktadır. Bu durumda yöredeki doğa bitki örtüsü, tarım bitkileri, sucul ve karasal hayvan varlığı ani bir değişim içine girmekte

ve sadece uyum sağlayabilen türler yaşamlarını devam ettirmektedirler. Barajların negatif etkilerinden bahsetmeye devam edersek, geniş havzalarda büyük barajlar büyük toprak parçalarının sular altında kalmasına sebep olur; bölgedeki hayvanlar ve onların yaşam alanları yok olur; insanlar, geleneklerinde ve yaşam şekillerinde önemli değişikliklere sebep olan yerinden edilmeye maruz kalır ki bazı kaynaklara göre dünya genelinde yaklaşık 40 ile 80 milyon arasında insan, barajlar tarafından yerinden edilmiş durumdadır. Ayrıca barajlar dolayısıyla nehir hayvanlarının göç durumu etkilenmekte; akıntı yönündeki toprakların verimi için gerekli olan sedimentler sınırlandırılmaktadır. Büyük barajlar, oluşturduğu geniş rezervuar alanı ile sivrisinekler için üreme alanlarıdır ve hastalıkların yayılmasına sebep olur. Ayrıca barajlar bir ısı emici olarak hizmet eder ve suyu normal nehir suyundan sıcaktır, bu sıcak su nehre verildiğinde buradaki canlı hayatını olumsuz etkileyebilmektedir (Ludwig, 1982; Sadler, 1996; Sanguri, 2013).

Barajların inşasından sonra mansap kısmındaki akım koşulları işletme şartlarının durumuna göre değişmektedir. Doğal ortamdaki bu değişimler; ekosistemdeki canlılar için göç zamanlarının belirlenmesinde zamanlama açısından önemli bir gösterge olduğundan canlı hayatını olumsuz etkileyebilir. Sudaki yaşam için önemli olan bu doğal akış değerleri baraj yapımından sonra ekolojik değerlerini yitirmekte ve canlıların hareketliliğinin düzeni bozulmaktadır. Baraj yapımından sonra ABD’de Colorado nehrindeki debi değerlerinin değişimi aşağıdaki şekilde gösterilmektedir (Berkün, Aras, Koç, 2008).



Şekil 1.28. Colorado Nehrinde debi değerlerinin değişimi (Berkün, Aras, Koç, 2008).

Barajların nehir ekolojisi üzerindeki etkileri çok geniş bir çerçeve içinde büyük farklılıklar göstermesine rağmen, bunları baraj ve rezervuarın mevcudiyetinden ve barajın operasyon şeklinden kaynaklanan etkiler olmak üzere iki genel kategoride toplamak mümkündür. Barajların çevresel etkileri Tablo 1.8.'de genel olarak özetlenmiştir.

Tablo 1.8. Barajların önemli çevresel etkileri (Berkün, Aras, Koç, 2008)

| Barajın operasyon şeklinden kaynaklanan etkiler |
|--|
| 1) Mansap tarafının hidrolojisinin değişmesi a) Toplam akışın değişmesi b) Mevsimlik akışların değişmesi c) Akışta kısa süreli salınımların oluşması d) Çok yüksek ve çok düşük akımlarda değişmeler |
| 2) Değişen akım düzeni sebebiyle mansap morfolojisinin değişmesi |
| 3) Değişen akım düzeni sebebiyle mansap su kalitesinin değişmesi |
| 4) Taşkınların önlenmesi sebebiyle, akarsuda, kıyıda ve taşkın alanlarında habitat çeşitliliğinin değişmesi |
| Barajın ve rezervuarın mevcudiyetinden kaynaklanan etkiler |
| 1) Barajın vadideki konumunun uygun olmaması habitat kaybına sebep olmaktadır |
| 2) Değişen sediment yükü sebebiyle mansap tarafının morfolojisinin bozulması erozyona sebep olmaktadır |
| 3) Mansap tarafında su kalitesinin değişmesi; nehir sıcaklığı, nütrient yükü, bulanıklık, çözünmüş gaz miktarı, ağır metal ve mineral konsantrasyonları üzerinde etkilere sebep olmaktadır |
| 4) Organizmaların hareketlerinin bloklanması ve yukarıdaki etkiler sonucu biyolojik çeşitliliğin azalmasına sebebiyet vermektedir. |

Su altındaki biyokütlenin bakteriler tarafından parçalanması sonucunda baraj rezervuarlarından sera gazı (özellikle CO₂ ve CH₄) yayıldığı bilinmektedir. Yapılan araştırmalar sonucunda, dünya genelindeki baraj rezervuarlarından yıllık toplam 1 milyar ton GHG emisyonu olduğu tahmin edilmektedir. Baraj su tutmadan önce bölgeyi temizlemek bu gaz emisyonlarını azaltabilir. Özellikle yaprak, dal, çöp gibi çok hızlı çürüyen yumuşak biyokütlelerin baraj su tutmadan önce çıkarılması çok önemli bir noktadır.

Çok az deneysel çalışma olmasına rağmen belirtilmiştir ki; rezervuar alanının metrekaresi başına 0.1 Watt'tan az elektrik üreten bir baraj, eşdeğer bir kurulu güçteki termik santral tarafından salınan sera gazından daha fazla miktarda sera gazı salınımı yapabilir. Metrekare başına 0.5 Watt'tan fazla elektrik üreten bir barajın ise aynı kurulu güçteki bir termik santralden daha fazla sera gazı salınımı yapma şansı çok azdır (McCartney, Sullivan, Acreman, 2001; Deemer, Harrison, Li, Beaulieu, DelSontro, Barros, Neto, Powers, Santos, Vonk, 2016).

Bu açıdan baktığımızda çalışma yaptığımız Tuzluca Barajı'nı değerlendirirsek; 20 MW kurulu gücü ve 16.52 km² 'lik göl alanıyla m² başına 1.21 Watt elektrik üretmesi planlanmaktadır. Bu sayı da 0.5' den büyük olduğundan Tuzluca Barajı'nın eşdeğer güçte bir termik santralden çok daha az sera gazı salınımı yapacağı görülmektedir.

Bu çalışma kapsamında Tuzluca Barajı ve HES projesinin çevresel etki maliyeti hesaplanırken, yukarıda bahsedilen sera gazı emisyonu etkisi de dikkate alınmıştır.

1.8. Barajların Çevresel Etkileriyle İlgili Literatür Taraması

Barajlar ve rezervuarlar sulama, taşkın kontrol, elektrik üretimi gibi birçok amaca hizmet ederek ekonomik gelişimde anahtar bir rol oynamış durumdadır. Ama yine de büyük barajlar uluslararası çapta bir tartışma konusu olmuştur. Bu tartışma insanlar arasında baraj taraftarları ve muhalifleri olarak bir kutuplaşmaya yol açmıştır. Baraj karşıtları, baraj yapımının çevresel ve sosyal maliyetlerinin barajın getireceği kazanımlardan çok daha ağır bastığını iddia etmektedir. Büyük baraj projelerinin oldukça çeşitli, karmaşık ve olumsuz olan geri dönülmez birtakım çevresel değişikliklere sebep olabileceği endişesi vardır. Büyük barajlar, insanların hayatlarında yerinden edilme ve yeniden yerleşme gibi çok büyük sonuçlar doğurmaktadır. Baraj muhalifleri, baraj yapımının diğer altyapı projelerine göre çok daha fazla çevresel, ekonomik, sosyal ve kültürel etkilere sahip olduğunu iddia etmektedir (McCartney, Sullivan, Acreman, 2001; Manatunge, Priyadarshana, Nakayama, 2009).

Kaynaklar göstermiştir ki büyük baraj yapımının olumsuz etkilerinin başında ekolojik sorunlar ve biyoçeşitliliğin azalması gelmektedir. Barajlar işletim süresi boyunca ki bu 50 yıla hatta 100 yıla kadar sürebilir, balıklar ve su ortamında çok ciddi etkiler meydana getirir; nehir sisteminin ekolojisini ve sudaki bazı canlıların hayatını olumsuz etkiler.

Dünya Doğa ve Doğal Kaynakları Koruma Birliği (IUCN) tehdit altındaki canlılar listesinde, bilinen balık türünün % 6' sına denk gelen 617 tatlısu balığı türü olduğunu açıklamıştır. Diğer araştırmacılar da dünya çapındaki tatlısu balıklarının % 20 ile % 35 arasında bir değerinin yok olma tehdidi altında olduğunu düşünmektedir. Bu türlerdeki azalmalarda en önemli rolü barajların oynadığı bilinmektedir. Öyle ki ABD'nin Pasifik kıyısındaki endemik balık türlerinin yarısının baraj yapımından dolayı kaybedildiği tahmin edilmektedir (Staissy, 1996; Chatterjee, 1998; Garry, 2001; Heydari, Othman, Noori, 2013).

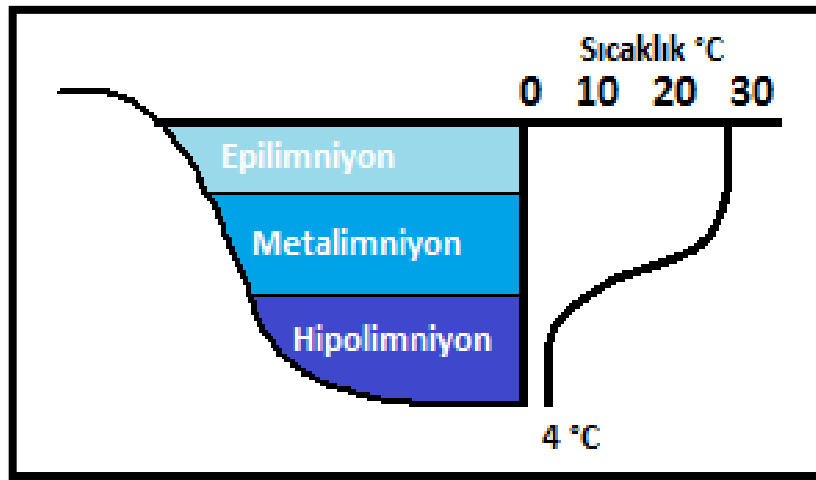
İlk zamanlarda sulama ve içme suyu temini için inşa edilen barajlar, sonraki yıllarda elektrik enerjisi üretimi amaçlı bir yatırım kaynağına dönüşmüştür. Bu durum ilerleyen yıllarda dünyadaki baraj sayısının çok hızlı bir şekilde artmasını sağlamıştır. Baraj yapımıyla oluşan rezervuardan dolayı yerinden edilen insan sayısının tespitinde eksik arşivciliğe, veri toplamaya ve istatistiklere bağlı olarak önemli belirsizlikler ortaya çıkmaktadır. Dünyada altyapı geliştirme projeleri nedeniyle yerinden edilen toplam insan sayısı ile ilgili kesin bir bilgi bulunmamakla birlikte bu sayının 200 milyon civarında olduğu ve bunun yaklaşık % 40'ına (80 milyon) barajların sebep olduğu düşünülmektedir. Yine bazı sivil toplum örgütlerinin verilerine göre her yıl 2 milyon insan altyapı ve geliştirme projeleri yüzünden yerinden edilmektedir (Jackson ve Sleight, 2000; Kirchherr ve Charles, 2016).

Barajların çevresel etkilerinden bahsetmeye devam edersek; yıllardır fosil yakıtların küresel ısınmaya sebep olduğu, barajların ise küresel ısınmaya herhangi bir etkisinin olmadığı düşünülürdü. Fakat son yapılan çalışmalar göstermiştir ki barajlar da oluşturduğu geniş rezervuar sebebiyle atmosfere GHG emisyonu yapmaktadır. Özellikle tropik bölgelerde, büyük barajların oluşturduğu rezervuarlardan ciddi miktarda CO₂ ve CH₄ gibi sera gazları yayılmaktadır. Emisyon miktarı ile ilgili hala bir belirsizlik olmakla birlikte atmosfere katılan emisyonun büyüklüğü, hem küresel seviyede bir etki yapmak için hem de hidrolik ve diğer enerji kaynaklarının karşılaştırılmasındaki karar verme süreci için yeterlidir. Brezilya'daki Tucuru Barajı örneği, 1990 yılında Sao Paulo şehri tarafından yakılan fosil yakıttan daha büyük bir sera gazı etkisine sebep olmasıyla, gelecek on yıllar boyunca Amazon Nehri üzerinde yapılması planlanan rezervuarlardan salınacak sera gazı emisyonu potansiyelini gözler önüne sermektedir (Fearnside, 2000; Sönmez, 2012).

Barajlar, hem uzun süren inşaat dönemi sürecinde hem de oluşturduğu geniş rezervuar alanıyla barajın işletme sürecinde atmosfere GHG emisyonu salmaktadır.

GHG emisyonu bakımından baraj rezervuarları; göl veya nehir gibi doğal su kütlelerinden çok daha farklıdır. Çünkü baraj rezervuar alanı, var olan büyük bir karasal alan ve doğal bir ekosistemi sular altında bırakmaktadır. Su altındaki organik maddelerin mikrobiyal parçalanmasının ana ürünleri olarak CO₂ ve CH₄ rezervuar yüzeyinden difüzyon veya kabarcıklanmayla atmosfere karışmaktadır (Galy-Lacaux, Delmas, Jambert, Dumestre, Labroue, Richard, Gosse, 1997; Fearnside, Pueyo, 2012).

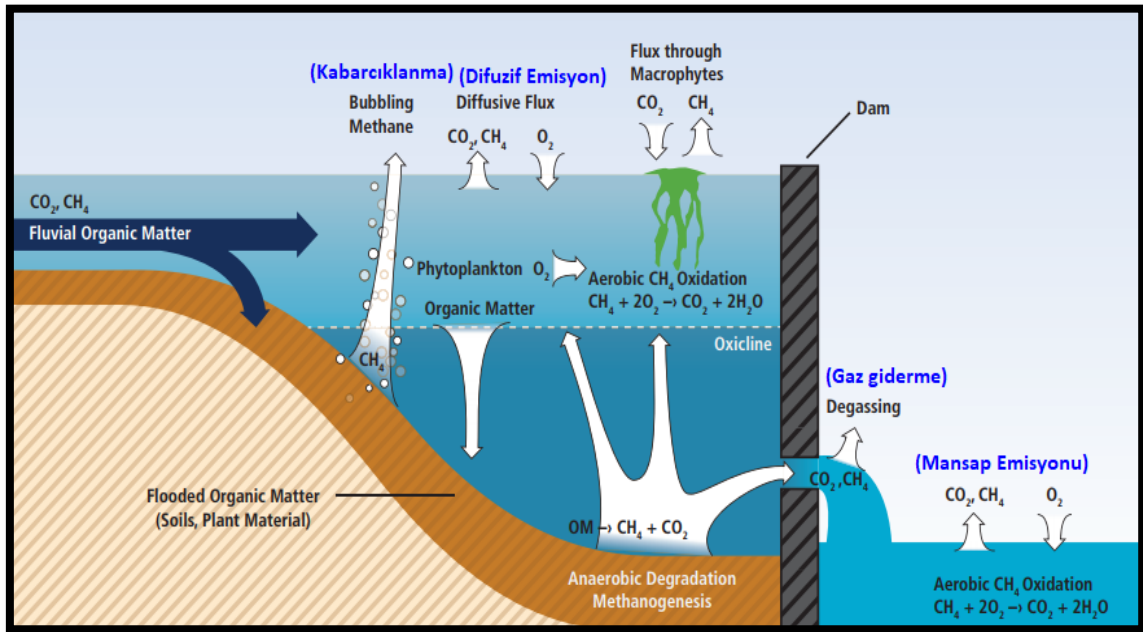
GHG salınımını etkileyecek bir diğer durum ise baraj gölünde meydana gelecek olan termal katmanlaşma etkisidir. Termal katmanlaşma, özellikle göldeki madde döngüleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olması nedeniyle üzerinde durulması gereken önemli bir konudur. Su sıcaklığının, suyun yoğunluğu üzerinde önemli bir etki yaptığı düşünüldüğünde, bir su kütleinde sıcaklık değişimlerine bağlı olarak bölge bölge farklı yoğunluklarda su kütleleri oluşmaktadır. Bu durum göllerde termal katmanlaşmaya sebep olmaktadır. Bu katmanlaşma, su kütleinde epilimniyon, metalimniyon (termoklin) ve hipolimniyon olarak adlandırılan 3 farklı tabaka oluşturur. Epilimniyon tabakasında rüzgâr ve dalga hareketleri nedeniyle sürekli bir karışım söz konusudur ve sıcaklık bu tabakada genelde sabittir. Hipolimniyon tabakasında ise daha yoğun su bulunmakta ve üst katmanlara göre daha soğuk olmaktadır. Metalimniyon bölgesi ise bir geçiş bölgesidir ve bu bölgedeki sıcaklık değişimleri metrede 1 °C veya daha fazla olabilir (Eken, 1998; Göncü, Hasanoğlu, Avdan, Z. Avdan, Albek, 2015). Bu tabakalaşmanın şematik gösterimi aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 1.29. Baraj göllerinde termal katmanlaşma oluşumu

Termal katmanlaşmanın en önemli etkilerinden birisi de su kütlesindeki çözünmüş gazların miktarını ve taşınımını etkilemesidir. Özellikle tabakalaşmanın yoğun ve organik madde yükünün fazla olduğu göl su kütlelerinde hipolimniyon bölgesinde biyolojik aktiviteye bağlı oksijen tüketiminin yüksek olması nedeniyle sera gazı emisyonu olma ihtimali yüksektir. Tuzluca Barajı'nın yapılmasıyla oluşacak rezervuar alanı, o bölgede daha önce var olan bir ekosistemi sular altında bırakacağından organik madde yükünün fazla olduğu bir alan üzerine kurulacaktır. Bu durum baraj gölündeki hipolimniyon bölgesinden GHG yayılmasına sebep olacaktır. Yine rezervuar alanında derinlerdeki su türbinlerden veya dolusavaktan geçerken baraj öncesi hipolimniyon bölgesindeki çözünmüş gazlar (özellikle CH₄) ani basınç ve sıcaklık değişiminden dolayı atmosfere karışmaktadır. Bu olay degassing (gaz giderme) olarak adlandırılır. Ayrıca su barajlardan geçerken mansap bölgesinde biriken su da emisyon salınımının da dikkate alınmalıdır (Fearnside, 2004; Yang, Lu, Zhou, Wang, Duan, Sun, 2014; Göncü, Hasanoğlu, Avdan, Z. Avdan, Albek, 2015).

Sonuç olarak rezervuarlardan kaynaklanan GHG emisyonları dört farklı şekilde meydana gelmektedir. Bunlar difüzyon emisyonu, kabarcıklanma emisyonu, türbinler ve dolusavaklarda gaz giderme emisyonu ve mansap emisyonu olarak karşımıza çıkmaktadır (Chen, Hao, Jiang, 2012). Aşağıdaki şekilde baraj rezervuarından kaynaklanan GHG emisyonları şematik olarak gösterilmiştir.

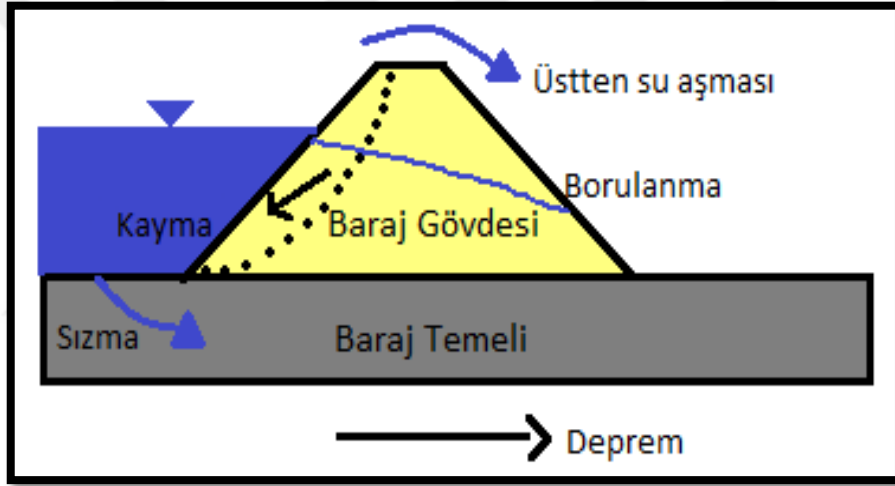


Şekil 1.30. Rezervuarlardan kaynaklanan GHG emisyonu gösterimi (IPCC, 2015).

1.9. Baraj Yıkılmaları ve Etkilerinin Analizi

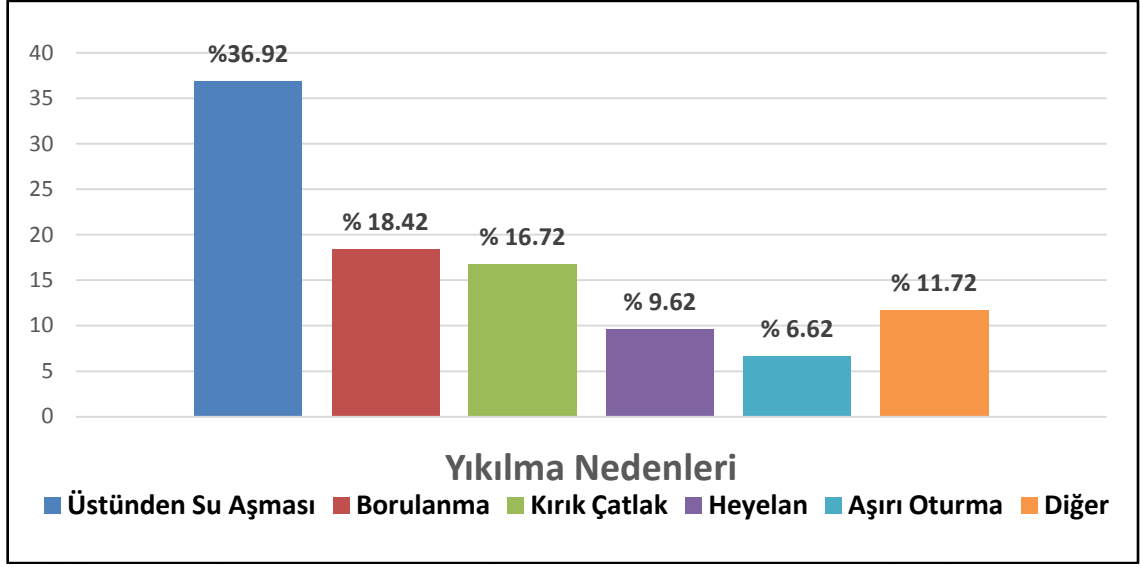
Barajların yaratabileceği en büyük problemlerden biri de yıkılması durumunda meydana gelebilecek can ve mal kayıplarıdır. Tarih boyunca çeşitli sebeplerden dolayı yıkılan birçok baraj birçok insanın hayatını ve mallarını kaybetmesine, birçok alanın sular altında kalmasına, milyonlarca hayvan ve bitki türünün yok olmasına sebep olmuştur.

Baraj göçmelerinin sebepleri; üstünden su aşması, aşırı yağış, deprem, borulanma, hatalı tasarım, heyelan, zamanla oluşan deformasyonlar ve temelde meydana gelen kusurlar olarak sıralanmaktadır. Aşağıda baraj yıkılma sebepleri şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 1.31. Baraj yıkılma sebeplerinin şematik gösterimi

Geçmiş baraj yıkılmalarının detaylı bir şekilde incelenmesi sonucunda ortaya çıkarılan bilgiler yardımıyla tarihteki baraj yıkılma sebepleriyle ilgili birçok istatistiksel veri ve analiz ortaya atılmıştır. Şekil 1.32.'de geçmiş baraj yıkılmalarının sebepleri yüzdesel olarak verilmiştir.



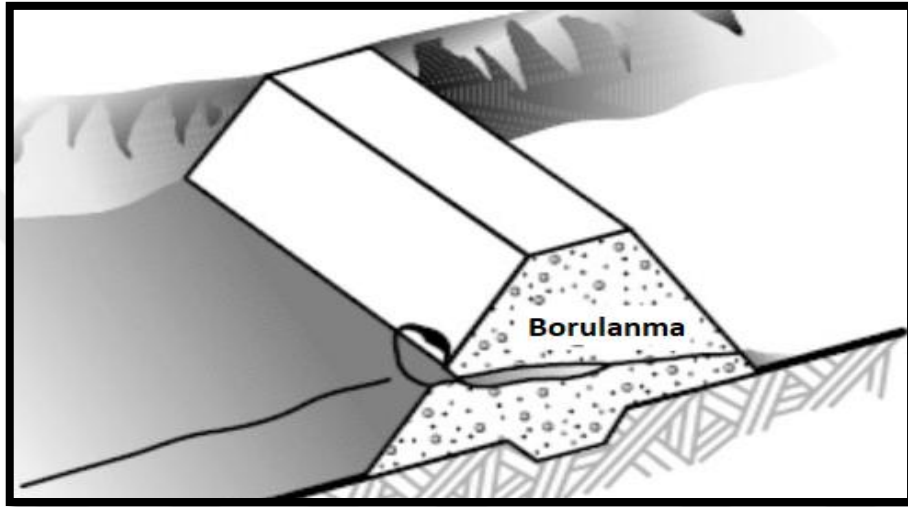
Şekil 1.32. Geçmiş baraj yıkılmalarının sebepleri (Duygun, 2008; Ağırlioğlu, 2011).

Grafik incelendiğinde baraj yıkılmalarının en önde gelen sebepleri; üstünden su aşması, borulanma ve kırık çatlaklardan meydana gelen sızmaların olduğu bilinmektedir. Bunun yanı sıra, ciddiye alınmayacak ölçüdeki küçük etkenlerin etkime süreleri uzadıkça, barajlarda can alıcı boyutlara ulaşabilmektedirler. Ayrıca yer kırıklarının genişlemesi yapıları ciddi biçimde etkilemekte, deprensellik de yıkılmalarda en önemli etkenlerden biri olmaktadır (Abay, Baykan, N.O. Baykan, 2015).

Baraj gövdesinin üzerinden su aşması, rezervuarın seviyesi baraj yüksekliğini veya kapasitesini aştığında meydana gelmektedir. Bunun sebebi yetersiz, işlevsel olmayan, hatalı tasarlanmış bir dolusavak olabilir. Böyle bir durumda barajın yapısal bütünlüğü tehlike altına girerek göçme durumu meydana gelebilir. Bu tarz bir durumun meydana gelmemesi için projelendirme aşamasında, barajın yeterli bir dolu savak ve hava payı olacak şekilde tasarlanmasına dikkat edilmesi gerekmektedir. Yine oturmaların azaltılması da koruyucu tedbir olarak gösterilebilir (Ağırlioğlu, 2007; Ağırlioğlu, 2011).

Borulanma olayı özellikle dolgu barajlar için çok ciddi bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır. Yapılan araştırmalarda görülmüştür ki borulanma, dolgu barajların yıkılma sebepleri arasında %40' a yakın bir oranla ilk sırayı almaktadır. Borulanma olayı; dolgu barajlarda baraj gövdesine veya temelinde sızan suyun bir iç erozyon oluşturması olarak açıklanmaktadır.

Baraj gövdesine sızan su, ince malzemeyi taşıyarak boşluklar oluşturur ve bir boru hattı gibi su akımına izin veren bu boşluklar, zamanla genişleyerek barajın göçmesine sebebiyet verir. Borulanma olayını önlemek için barajda filtrasyon (iç drenaj) sistemi uygulanmaktadır. Filtreler sızan suyun uygun bir şekilde drene edilmesini sağlamaktadır. Aşağıda Şekil 1.33.'de barajlarda borulanma olayının şematik gösterimi verilmiştir.



Şekil 1.33. Barajlarda Borulanma olayı

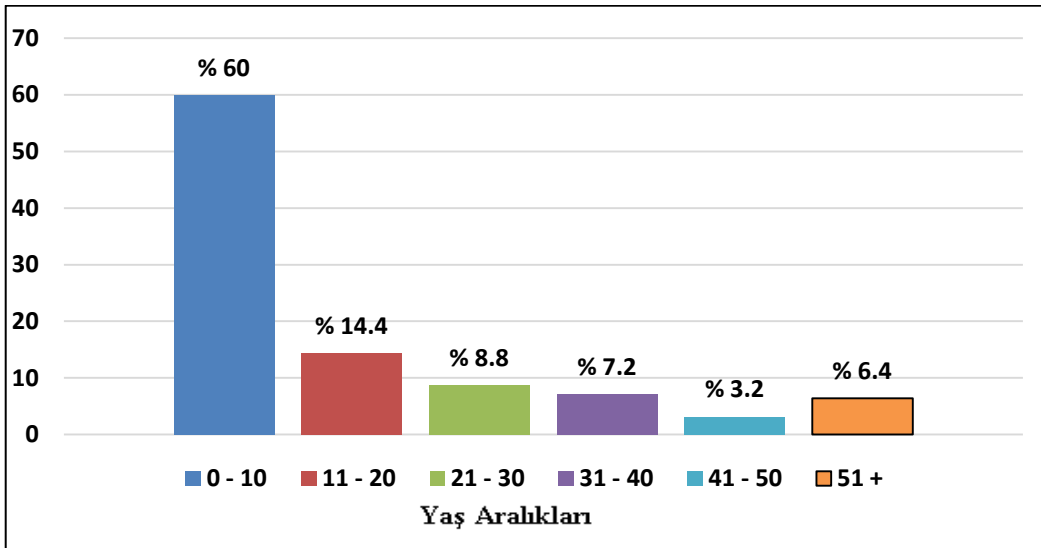
Borulanma olayı sonucunda yıkılan barajlara örnek verecek olursak; akla gelen ilk örnek 5 Haziran 1976 yılında yıkılan Teton Barajı'dır. ABD'nin Idaho eyaletinde, Bureau of Reclamation tarafından projelendirilen, yüksekliği 93 m, dolgu hacmi 7.65 milyon m³, toprak – kaya dolgu tipinde olan baraj, 1975 yılında açıldıktan bir yıl sonra ani bir şekilde yıkılmış ve 11 kişinin hayatını kaybetmesine sebep olmuştur. Barajın yıkılmasından sonra konuyu incelemek için oluşturulan komisyonun nihai raporunda barajın yıkılma sebebi; kil çekirdeğin yeterince sıkıştırılmamış olması sebebiyle gövdede meydana gelen borulanma olarak gösterilmiştir. Dolgu içinde oluşan bir hattan sızan su ile aşınan malzeme, taşınarak bir içsel erozyon meydana getirmiş ve baraj birkaç saat içinde yıkılmıştır (Uysal, 1977; Ertunç, 2003). Şekil 1.34.'de Teton Barajı'nın yıkılma anı gösterilmiştir.



Şekil 1.34. Teton Barajı yıkılma anı (1976)

Kırık ve çatlaklar ile heyelan da baraj yıkılmalarında ciddi bir sebep olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu tür durumlar genellikle barajın projelendirme ve inceleme aşamasında, baraj yerinin coğrafik, hidrolojik, litolojik ve yapısal özelliklerinin derinlemesine incelenmemesinden kaynaklanmaktadır.

Geçmişte yıkılan barajların yaşlarıyla ilgili bir inceleme yaptığımızda, beklenenin aksine yıkılan barajların büyük bir çoğunluğunun 0 – 10 yaş arasında olduğu görülmektedir. Yıkılan barajların yaş aralıklarıyla ilgili dağılım aşağıdaki şekilde verilmiştir.



Şekil 1.35. Yıkılan barajların yaş aralıkları (Duygun, 2008).

Grafikte yıkılan barajların yaş aralıklarını incelediğimizde, bu barajların yaklaşık %60'ının yapıldıktan sonra ilk 10 yıl içinde yıkıldığını görmekteyiz. Bu durum bizlere, baraj yapımından önce fizibilite ve projelendirme aşamasında veya barajın inşaatı sırasında uygulamada yapılan hataların, kısa sürede etkilerini göstereceği sonucunu vermektedir.

Baraj yıkılmalarının meydana getireceği en önemli etkilerin başında hayatını kaybeden insanlar gelmektedir. Tablo 1.9.'da Dünya genelinde 1950 yılından sonraki başlıca baraj yıkılmaları, sebepleri ve meydana gelen hayat kaybı sayıları verilmiştir.

Tablo 1.9. Başlıca baraj yıkılmaları, sebepleri ve gerçekleşen hayat kaybı sayıları (URL-2; Williamson, 2017)

| Sıra | Baraj | Yıl | Ülke | Ölüm Sayısı | Yıkılma Nedeni |
|------|---------------------|------|-------------|-------------|----------------------|
| 1 | Dakrong 3 | 2012 | Vietnam | 0 | Hatalı tasarım |
| 2 | Ivanovo | 2012 | Bulgaristan | 8 | Kırık ve çatlaklar |
| 3 | Fujinuma | 2011 | Japonya | 8 | Deprem |
| 4 | Kyzylagash | 2010 | Kazakistan | 43 | Üstünden su aşma |
| 5 | Situ Gintung | 2009 | Endonezya | 98 | Borulanma ve sızma |
| 6 | Sayano-Shushenskaya | 2009 | Rusya | 75 | Türbin kopması |
| 7 | Koshi | 2008 | Nepal | 250 | Aşırı yağış |
| 8 | Gusau | 2006 | Nijerya | 40 | Aşırı yağış |
| 9 | Shakidor | 2005 | Pakistan | 70 | Hatalı tasarım |
| 10 | Zeyzoun | 2002 | Suriye | 22 | Üstünden su aşma |
| 11 | Gouhou | 1993 | Çin | 400 | Borulanma ve sızma |
| 12 | Val di Stava | 1985 | İtalya | 268 | Hatalı Tasarım |
| 13 | Machchu 2 | 1979 | Hindistan | 5000 | Üstünden su aşması |
| 14 | Teton | 1976 | ABD | 11 | Borulanma ve sızma |
| 15 | Banqiao-Shimantan | 1975 | Çin | 171000 | Aşırı yağış |
| 16 | Canyon Lake | 1972 | ABD | 238 | Dolusavak tıkanması |
| 17 | Buffalo Creek | 1972 | ABD | 125 | Tasarım hatası |
| 18 | Bagauda | 1970 | Nijerya | 50 | Üstünden su aşması |
| 19 | Sempor | 1967 | Endonezya | 2000 | Üstünden su aşması |
| 20 | Vratsa | 1966 | Bulgaristan | 107 | Taşkın |
| 21 | Vajont | 1963 | İtalya | 2000 | Üstünden su aşması |
| 22 | Panshet | 1961 | Hindistan | 1000 | Yetersiz dolusavak |
| 23 | Malpasset | 1959 | Fransa | 421 | Temel kaynaklı sorun |
| 24 | Vega de Tera | 1959 | İspanya | 144 | Hatalı tasarım |
| 25 | Heiwa | 1951 | Japonya | 117 | Aşırı yağış |

Baraj yıkılmalarının bu denli ağır faturalara yol açması, araştırmacıları olası baraj yıkılmalarında meydana gelebilecek hayat kayıplarının tahmini noktasında çalışmaya yönlendirmiştir.

Bir barajın yıkılması sonucunda meydana gelebilecek can kayıplarının tahmini için, geçmiş baraj yıkılmalarının sonuçları analiz edilerek birçok model ortaya atılmıştır. Wayne J. Graham, baraj yıkılmasından kaynaklı can kayıplarının tahmini için üç ana faktör belirlemiştir. Bu faktörler; baraj alanındaki nüfus, uyarı vakti ve selin şiddetidir. Burada uyarı vakti, barajın yıkılmak üzere olduğu uyarısının yapılmasından, barajın yıkılmasına kadar geçen süreyi temsil etmektedir. Araştırmacılar, muhtemel can kaybının hesaplanabilmesi için bu faktörleri kullanarak çeşitli bağıntılar geliştirmiştir. İncelemeler sonucunda görülmüştür ki uyarı vakti değeri yükseldikçe gerçekleşebilecek can kaybı miktarı azalmaktadır. Nitekim ABD’de baraj güvenliğinden sorumlu kamu kuruluşlarından olan Bureau of Reclamation geçmiş baraj yıkılmaları üzerinde yaptığı çalışmalar sonucu, uyarı vaktinin 90 dakikadan fazla olduğu durumlarda baraj bölgesindeki nüfusun %0.02’si risk altındayken, uyarı vaktinin 15 dakikadan daha az olduğu durumlarda ise nüfusun %50’sinin risk altına girdiğini belirtmiştir. Benzer şekilde Lee ve DeKay-McClelland, baraj alanındaki nüfus, uyarı vakti ve sel şiddeti parametrelerini kullanarak iki farklı bağıntı geliştirmişlerdir (Brown ve Wayne, 1988; Graham, 1999; Bowles - McClelland, 2002; Feinberg, Engemoen, Fiedler, Osmun, 2016).

Bu çalışma kapsamında Tuzluca Barajı ve HES projesinin çevresel etki maliyeti hesaplanırken, olası baraj yıkılmasında meydana gelebilecek can kaybı sayısı ve maliyeti de dikkate alınarak analize dahil edilmiştir. Hesaplamalar yapılırken Lee ve DeKay-McClelland bağıntıları, geçmişte yaşanmış sel olaylarının ölüm sayılarıyla karşılaştırılmış, uygun model kullanılarak Tuzluca Barajı’nın yıkılması durumunda meydana gelebilecek can kaybı sayısı tespit edilmiştir. Bu sayı, her ne kadar insan hayatının tam olarak karşılığı olmasa da literatürdeki çeşitli kabullerle ekonomik bir değere dönüştürülmüştür.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Tezin Amacı ve Kapsamı

Dünya nüfusunun sürekli olarak artmasıyla birlikte enerji kaynaklarının da hızla tüketilmesi, küresel çapta bir enerji ihtiyacı meydana getirmektedir. Enerji üretmek için fosil yakıtlar gibi hem atmosferi kirleten hem de rezervleri gitgide azalan kaynakları kullanmaktansa, hidrolik enerji gibi temiz, yenilenebilir ve dışa bağımlı olmayan bir enerji kullanmak özellikle bu konuda ciddi bir potansiyele sahip olan ülkemiz açısından son derece mantıklı ve çevreci bir yaklaşımdır. Nitekim ülkemiz bu konuda ciddi yatırımlar yapmış ve yapmaya da devam etmektedir.

Bu düşüncelere paralel olarak Dünya’da ve ülkemizde birçok büyük barajlar inşa edilmeye başlanmıştır. Zamanla bu barajların sayısının artmasıyla birlikte birtakım çevresel sorunlar meydana gelince, barajların çevresel etkileri de tartışma ve araştırma konusu olmuştur.

Bu tezin amacı; Iğdır ili, Tuzluca ilçesi, Aras Nehri üzerinde ve Aşağıçıyıklı, Ağabey ve Aşağıbaşköy köyleri arasında kalan bir bölgede yapılacak olan Tuzluca Barajı ve HES’ in çevresel etki maliyetinin, farklı çevresel faktörler (GHG emisyonları, yer değiştirme, arazi kaybı, insan hayatı kaybı, bitkisel üretim kayıpları ve relokasyon yolları) göz önüne alınarak hesaplanması ve baraj maliyeti, zirai gelir artışı ve elektrik üretimi gelirleriyle karşılaştırılmasıdır.

2.2. Tuzluca Hakkında Genel Bilgiler

Tuzluca, 43.07 doğu boylamı ile 38.35 kuzey enleminin kesiştiği yerde olup, Iğdır’a 39 km uzaklıkta Iğdır-Kars karayolu üzerinde, 1254 km²’lik yüz ölçümü ile Iğdır ilinin topraklarının yaklaşık %35.4’ünü oluşturan en büyük ilçesidir. Doğuda Iğdır, batıda Kars’ın Kağızman ilçesi, kuzeyde Ermenistan (18 km’lik sınır) ve Kars’ın Dığor ilçesi, güneyde ise Ağrı’nın Doğubeyazıt ve Taşlıçay ilçeleri ve Ağrı merkez ile sınırlıdır. Şekil 2.1.’de Tuzluca ilçesinin yer bulduru haritası verilmiştir.



Şekil 2.1. Tuzluca ilçesinin yer bulduru haritası



Şekil 2.2. Tuzluca ilçe merkezinin görünümü

Osmanlı Devleti’ni kuran Kayı boylarının da Aras Nehri’nin orta havzasında Iğdır – Tuzluca - Ermenistan arasında Sürmeli Çukuru olarak adlandırılan bir bölgede bir müddet yaşadığı ve özellikle Ertuğrul Gazi’nin oğlu ve Osmanlı Devleti’nin kurucusu Osman Gazi’nin de burada doğduğu bazı kaynaklarda geçmektedir. Önceki adı Kulp olan Tuzluca ilçesi birçok medeniyete ev sahipliği yapmış eski bir Türk yurdu olup, 7 Ekim 1920 tarihinde Rus işgalinden kurtulmuş ve 1923 tarihinde ilçe olmuştur. 1934 yılında ilçede bulunan kaya tuzundan esinlenilerek Kulp ismi Tuzluca olarak değiştirilmiştir. Bölgeyi İspanyol elçi Ruy González de Clavijo seyahatnamesinde şöyle anlatmıştır; “*Mayıs 1404'te tekrar Aras Nehri kıyısında ilerlemeye devam ettik. Yol bozuk ve birçok yeri dimdikti. Ertesi gün yine bir köyde kaldık. Burada dağın tepesine kurulmuş bir kale vardı. Dağ, taş tuz kayalarıyla kaplıydı. Civar köylerden gelenler buradan tuz alıp yemeklerinde kullanıyorlarmış.*” (URL-3, URL-4).

İlçede 55 dönümlük bir araziyi kaplayan ve Türkiye’nin 100 yıllık tuz ihtiyacını karşılayabilecek kapasitede tuz mağaraları mevcuttur. Tarih boyunca bu bölgede hüküm süren birçok medeniyet tuz ihtiyacını bu mağaralardan karşılamıştır. Günlük ortalama 60 ton tuz üretimi yapılan ve astım gibi solunum yolu hastalıklarına iyi geldiği bilinen tuz mağaraları, ülkenin her yerinden ziyaretçiler ağırlamaktadır.



Şekil 2.3. Tuzluca Tuz Mağaraları

Karasal iklimin hakim olduğu ilçede hava sıcaklığı genel olarak -19 °C ile +37 °C arasında değişmektedir. İlçe merkezinin denizden yüksekliği 975 metredir. Coğrafi yapı olarak dağlık bir alana sahip olan ilçenin en ünlü dağı 2552 metre yüksekliğiyle Tekelti Dağı'dır. Tuzluca'nın hemen her bölgesinden ve Iğdir'dan görülebilen dağ, doğa sporlarıyla ilgilenen sporcuları bölgeye çekmekte ve her yıl tırmanış festivalleri düzenlenmektedir.



Şekil 2.4. Tekelti Dağı

Bölgenin en önemli su kaynağı Ermenistan sınırını oluşturan Aras Nehri'dir. Aras Nehri; Bingöl Dağları'nın Erzurum il sınırları içinde kalan kuzey yamaçlarından doğar. Buradan Erzurum-Kars platosunun güneyindeki çöküntü alanlarında akarak Ermenistan sınırına kadar ulaşır. Türkiye-Ermenistan sınırı boyunca akan nehir, Iğdir-Tuzluca yakınlarında Arpaçay'ı da içine alarak 11 km'lik Azerbaycan-Türkiye koridorundan sonra Azerbaycan (Nahçıvan)-İran, Ermenistan-İran ve tekrar Azerbaycan-İran sınırını izlemektedir. Daha sonra nehir Azerbaycan'ın içlerine akarak Kura Nehri ile birleşip Hazar Denizi'ne dökülür. 1072 km uzunluğunda, 102 bin km² havza alanına sahip nehir Kafkaslar'ın en büyük nehirlerinden biridir. Nehrin 548 km'si Türkiye sınırları içerisinde (URL-5).

İlçenin ekonomisi tarım ve hayvancılığa dayanmaktadır. Iğdır kaysısı ile birlikte birçok sebze ve meyve yetiştirilmektedir. İlçedeki arazinin %35'i çayır/mera, %34'ü tarıma elverişsiz alan ve %31'i tarıma elverişli alandır.

Tuzluca'nın güneyinde Ağrı sınırındaki dağlık alanlarda yaylalar bulunmaktadır. Bu yaylalarda yaz mevsimi boyunca yetişen gür çayırlar mera hayvancılığının gelişmesini sağlamıştır Tuzluca ilçesinin bulunduğu alan, ulaşım sistemi açısından çok önemli bir konuma sahiptir. Ülkemizin üç ülkeye birden ortak sınırı olan Iğdır ilinin diğer il ve bölgelere karayolu bağlantısı Tuzluca üzerinden geçmektedir. Bunun yanında Kars ilini Ağrı iline bağlayan en kısa karayolu bağlantısı ve yine Kars üzerinden, Karadeniz limanları (Hopa, Trabzon) ile İran'a, Azerbaycan'a olan karayolu bağlantısı buradan geçmektedir.

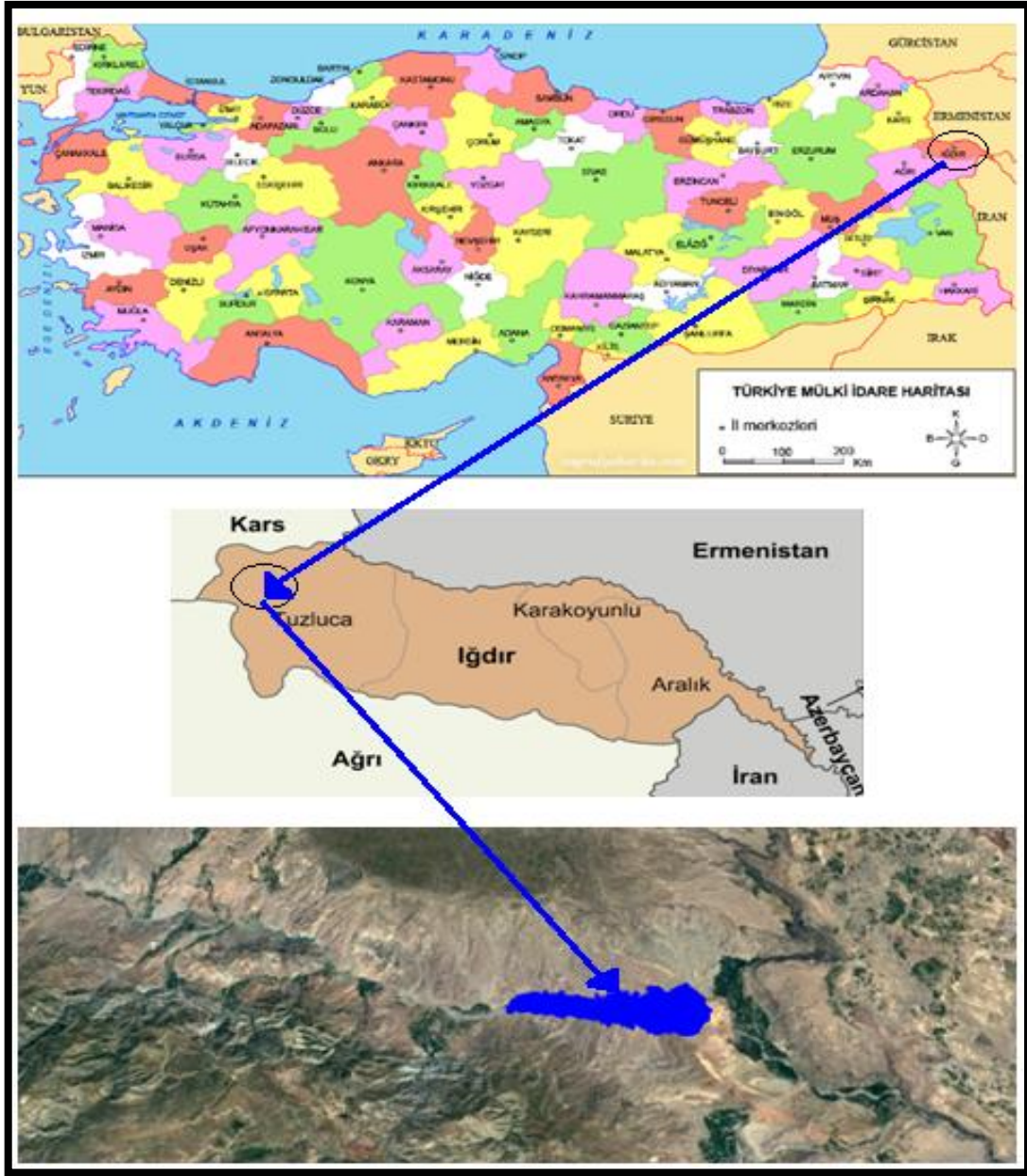
Tuzluca ilçesine bağlı 81 köy yerleşmesi bulunurken, yine bu köylere bağlı olarak 19 mahalle bulunmaktadır. İlçe, göç veren bir konumdadır. 1960 yılında 24137 kişi olan nüfusu 1980 yılında 33297 kişiye çıkmış ve verilen göçlerden dolayı 2000 yılında 25954 kişiye inmiştir. Sürekli bir azalma içinde olan yöre nüfusu 2016 yılı verilerine göre 23402 kişidir (URL-6).

2.3. Tuzluca Barajı ve HES Uygulama Alanı Hakkında Genel Bilgiler

Bu bölümde Tuzluca Barajı ve HES projesine ait coğrafik, sosyo-ekonomik ve çevresel birtakım bilgiler verilmiştir.

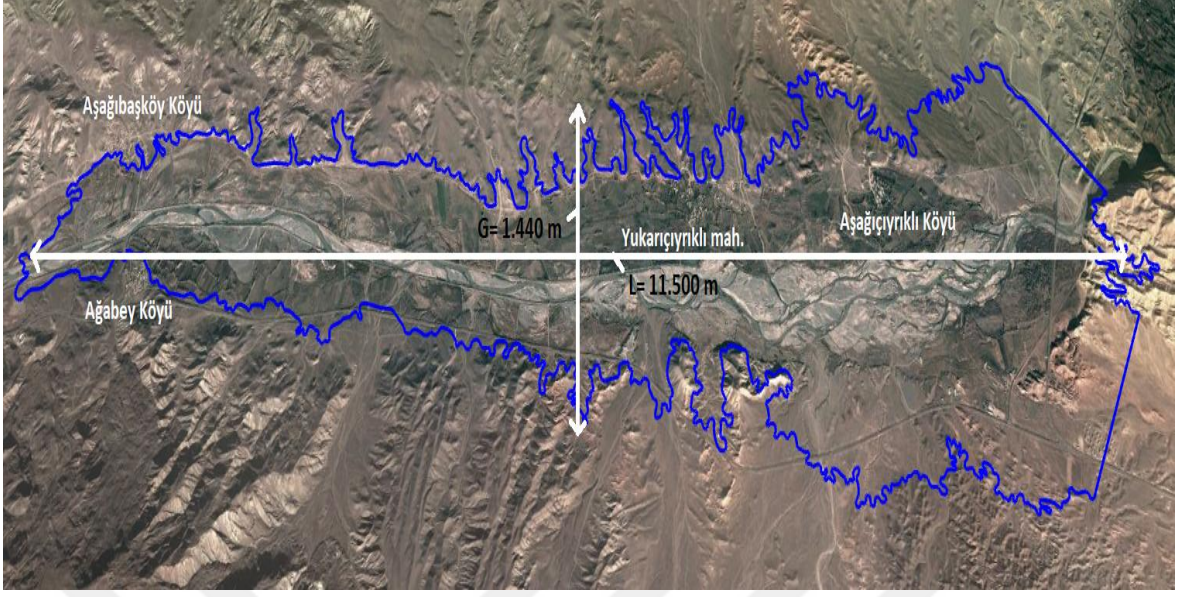
2.3.1. Tuzluca Barajı ve HES Uygulama Alanının Coğrafik Özellikleri

Tuzluca Barajı'nın proje sahası, Iğdır ili, Tuzluca ilçesi, Aras Nehri'ne paralel olarak devam eden Erzurum-Iğdır karayolu güzergâhında yer almaktadır. Yapılacak olan Tuzluca Barajı ve HES'e ait yer bulduru haritası Şekil 2.5.'de verilmiştir.



Şekil 2.5. Tuzluca Barajı'nın yer bulduru haritası

Barajın yapılmasıyla birlikte Iğdır'ın Tuzluca ilçesine ait Ağabey köyü ile Aşağıçıyıklı köyü ve Kars'ın Digor ilçesine ait Aşağıbaşköy köyü, oluşacak rezervuar alanından etkilenecektir. Aşağıçıyıklı köyünün tamamı, Aşağıbaşköy ve Ağabey köylerinin ise bir kısmı sular altında kalacaktır. Aşağıda baraj çevresiyle ilgili görseller verilmiştir.



Şekil 2.6. Tuzluca Barajı göl alanının uydu görüntüsü



Şekil 2.7. Tuzluca Barajı ve HES'in yapılacağı Aras Vadisi

Tuzluca Barajı'nın gövde eksenini, Iğdır-Digor-Kars karayolunun Aras Nehri'ni kestiği noktadaki köprü'nün yaklaşık 500 m mansabında yer almaktadır (AK-TEL, 2015). Baraj gövdesinin yapılacağı yer Şekil 2.8. ve 2.9.'da gösterilmiştir.



Şekil 2.8. Tuzluca Barajı aks yeri



Şekil 2.9. Tuzluca Barajı aks yeri

Bölgenin iklimi Iğdır ili iklim özellikleriyle büyük ölçüde aynıdır. Iğdır Ovası ve çevresi, Türkiye ve Doğu Anadolu ölçüsünde kendine özgü iklim özellikleriyle “mikroklima” alanı içine girmektedir. Iğdır Rasat İstasyonunun 40 yıllık ölçümlerine göre, bu merkezde yıllık sıcaklık ortalaması 11.6 °C, yıllık ortalama sıcaklık farkı ise 29.2 °C kadardır. Ovada, genel olarak doğudan batıya doğru gidildikçe yıllık ortalama sıcaklık değerlerinde bir azalmanın olduğu dikkati çeker. Nitekim, Dil Ovasında bulunan Rasat İstasyonu’nun ölçümlerine göre, 12.8 °C olan yıllık sıcaklık ortalaması, Iğdır’da 11.6 °C, Tuzluca ilçesinde ise 10.3 °C dolayına düşmektedir. Kuşkusuz, bunun sebebi olarak doğudan batıya doğru yükseltinin az da olsa artmasını göstermek mümkündür.

Iğdır’da genel olarak depresyon alanı çevresinde yarı kurak iklim şartları, yüksek kesimlerde ise yarı nemli soğuk iklim şartları hüküm sürer. Bu özelliklere bağlı olarak ağaç yetiştirme sınırının altın da bulunan ve yarı kurak iklim şartlarının görüldüğü depresyon alanına step vejetasyonu, yüksek kesimlerde dağ stepi ve Alpin vejetasyonu mevcuttur. Bölge, iktisadi anlamda orman zenginliğinden büyük ölçüde yoksundur. Ovanın, tuzlu-alkali topraklarında genellikle tuzcul bitkiler görülür. Bu vejetasyon, daha çok Doğu Iğdır ve Dil ovalarında yaygındır. Söz konusu bu yörelerdeki çorak arazilerde genellikle “kazayağı” familyasına ait bitki türlerine rastlanır. Özellikle taban suyunun yüksek olduğu alanlarda ve bataklıklarda sazlık ve kamışlıklara rastlanır, Aras Nehri kıyısında elverişli bir yerleşme ortamı bulan söğüt ve yabancı iğde ağaçları, su taşkınlarının etkilerinin azaltılmasında yardımcı olurlar (AK-TEL,2015).

Iğdır’da yıllık yağış tutarı, 44 yıllık ortalamalara göre, 257.6 mm kadardır. Doğu Anadolu bölgesinde ise bu değer ortalama 559 mm olarak tespit edilmiştir. Buradan da anlaşılacağı gibi, Iğdır ilinde yıllık ortalama yağış tutarı bölge ortalamasının hayli altındadır. Bölgede yıllık yağış tutarlarının dağılışı gözden geçirildiğinde, genel olarak yağışların doğudan batıya doğru gidildikçe arttığı dikkati çeker. Örneğin; yıllık yağış ortalamaları Iğdır’da 257.6 mm iken Tuzluca’da ise 282.4 mm’dir. Kuşkusuz bu durum batıya doğru yüksekliğin artması yanın da, bölgeyi etkileyen nemli hava kütlelerinin daha çok bu yönde esmesiyle açıklanabilir. Nitekim, bu artış Aras Nehri vadi yamaçlarındaki Kağızman’da 425.5 mm’ye, Kars platosunda bulunan Digor’da 475.6 mm’ye kadar çıkmaktadır (URL-7).

2.3.2. Tuzluca Barajı ve HES Uygulama Alanının Çevresel Özellikleri

Baraj projeleri gibi büyük miktarda yatırım gerektiren projelerde, uygulama alanının çevresel, fiziksel ve sosyo-ekonomik özellikleri, inşaat öncesi derinlemesine incelenmesi gereken, projenin verimi ve uygulanabilirliğini doğrudan etkileyen önemli özelliklerdir.

2.3.2.1. Tuzluca Barajı ve HES Uygulama Alanının Fiziksel Çevre Özellikleri

- Jeoloji: Tuzluca formasyonu arazide kızıl kahverengi ve açık yeşilimsi gri renk arılanması ile kolayca tanınmaktadır. Birimdeki tabaka kalınlıkları 50 cm ile 300 cm arasında değişmektedir. Aras Havzası yukarısında, Akkoz Köyü ile Gergeve Tepe arasında, tabanda orta dayanımlı, sıkı kil çimentolu kumtaşı ile başlayan Tuzluca formasyonu üstte kıltaşı silttaşı ve jips arılanmasıyla devam etmektedir. Gergeve Tepe'den itibaren inceleme alanının doğusunda Ermenistan sınırına kadar, genellikle tabanda 100 m kalınlığa kadar çakıltaşı, kumtaşı arılanmasıyla başlayan Tuzluca formasyonu çakıltaşı, kumtaşı, silttaşı, kıltaşı, çamurtaşı, jips ve tuz arılanması ile devam etmektedir. Proje alanı, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın yayınladığı deprem bölgeleri haritasına göre 2. Derece deprem bölgesidir. Proje alanının güneyinde bulunan diri fay hatları 16 km uzaklıkta bulunmaktadır (AK-TEL, 2014).



Şekil 2.10. Tuzluca Barajı ve HES yerinin canlı fay haritası (AK-TEL, 2014).

- Hidroloji: Proje alanının su kaynağı Aras Nehri ve onun yan kollarıdır. Aras Nehri; Bingöl Dağları'nın Erzurum il sınırları içinde kalan kuzey yamaçlarından doğar. Buradan Erzurum-Kars platosunun güneyindeki çöküntü alanlarında akarak Ermenistan sınırına kadar ulaşır. Türkiye-Ermenistan sınırı boyunca akan nehir, Iğdır-Tuzluca yakınlarında Arpaçay'ı da içine alarak 11 km'lik Azerbaycan-Türkiye koridorundan sonra Azerbaycan (Nahçıvan)-İran, Ermenistan-İran ve tekrar Azerbaycan-İran sınırını izlemektedir. Daha sonra nehir Azerbaycan'ın içlerine akarak Kura Nehri ile birleşip Hazar Denizi'ne dökülür. 1072 km uzunluğunda, 102 bin km² havza alanına sahip nehir Kafkaslar'ın en büyük nehirlerinden biridir. Nehrin 548 km'si Türkiye sınırları içerisinde (URL-5).

DSİ tarafından onaylı verilere göre, Aras Nehri'nin Tuzluca Barajı proje alanındaki aylık ortalama debisi 61.90 m³/sn' dir. Baraj bölgesinde Aras Nehri'nin 1954-2012 yılları arası aylık debi değerlerine bakıldığında akım ortalamasının en fazla olduğu ayın 225.40 m³/sn'lik debisiyle Mayıs ayı olduğu görülmektedir. Akım ortalamalarının en düşük olduğu ay ise 17.55 m³/sn debisiyle Eylül ayıdır. Aşağıdaki Tablo 2.1.'de Aras Nehri'nin on yıllık akım değerleri verilmiştir.

Tablo 2.1. Tuzluca Baraj yeri 2003-2012 yılları akım değerleri (m³/sn) (AK-TEL, 2015)

| Ay | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Ekim | 26.97 | 23.50 | 27.09 | 25.70 | 27.78 | 27.44 | 21.90 | 23.18 | 20.88 | 20.96 |
| Kasım | 27.78 | 47.00 | 29.98 | 34.50 | 26.16 | 39.82 | 24.37 | 25.63 | 22.17 | 32.86 |
| Aralık | 20.49 | 30.56 | 22.34 | 26.40 | 21.19 | 30.45 | 22.16 | 23.48 | 14.56 | 22.53 |
| Ocak | 24.77 | 27.21 | 23.62 | 20.95 | 20.14 | 18.06 | 20.31 | 18.81 | 16.33 | 23.49 |
| Şubat | 21.53 | 27.90 | 28.02 | 20.14 | 26.16 | 19.80 | 23.92 | 19.07 | 17.39 | 22.73 |
| Mart | 25.59 | 136.61 | 65.41 | 49.67 | 40.40 | 152.82 | 35.76 | 23.75 | 35.12 | 70.65 |
| Nisan | 355.41 | 192.18 | 202.60 | 283.64 | 148.19 | 119.24 | 104.11 | 230.30 | 105.68 | 154.19 |
| Mayıs | 206.07 | 259.32 | 174.81 | 202.60 | 365.83 | 68.77 | 157.60 | 254.83 | 152.87 | 178.50 |
| Haz. | 89.03 | 121.56 | 114.03 | 29.64 | 48.16 | 29.41 | 128.68 | 83.45 | 82.63 | 110.53 |
| Tem. | 25.82 | 35.43 | 20.14 | 19.22 | 17.37 | 13.89 | 40.33 | 19.31 | 20.40 | 32.66 |
| Ağus. | 18.41 | 22.11 | 19.80 | 12.16 | 23.85 | 13.66 | 22.34 | 18.55 | 18.09 | 19.60 |
| Eylül | 16.90 | 21.19 | 20.26 | 12.97 | 15.51 | 12.62 | 16.98 | 17.16 | 18.03 | 17.62 |
| ORT. | 71.56 | 78.71 | 62.34 | 61.46 | 65.06 | 45.50 | 51.54 | 63.13 | 43.68 | 58.86 |

Proje alanındaki çeşitli yıl yinelemeli taşkın pik debileri, 2402 numaralı Kağızman akım gözlem istasyonunda gözlenen pik debi değerlerinden yararlanılarak aşağıdaki Tablo 2.2.'de verilmiştir.

Tablo 2.2. Aras Nehri Tuzluca Barajı yerinde yinelemeli taşkın pik debileri (m³/sn) (AK-TEL, 2015)

| Tuzluca Barajı ve HES | Yinelenme Yılları | | | | | | |
|--------------------------|-------------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | 2 | 5 | 10 | 25 | 50 | 100 | 500 |
| Kağızman AGİ | 389.1 | 606.6 | 750.6 | 932.5 | 1067.4 | 1201.4 | 1510.9 |
| Tuzluca Barajı | 424.9 | 662.4 | 819.7 | 1018.3 | 1165.6 | 1312.0 | 1650.0 |

Bir akarsu üzerinde baraj inşa edildikten sonra, nehrin akım koşullarında ciddi değişimler meydana gelmektedir. Bu durum nehirdeki canlı hayatını tehlikeye atmaktadır. Tuzluca Barajı ve HES işletilmeye başlandıktan sonra, akarsudaki ekosistemin devamlılığının sağlanması için nehre bırakılacak can suyu miktarı Tablo 2.3.'de verilmiştir.

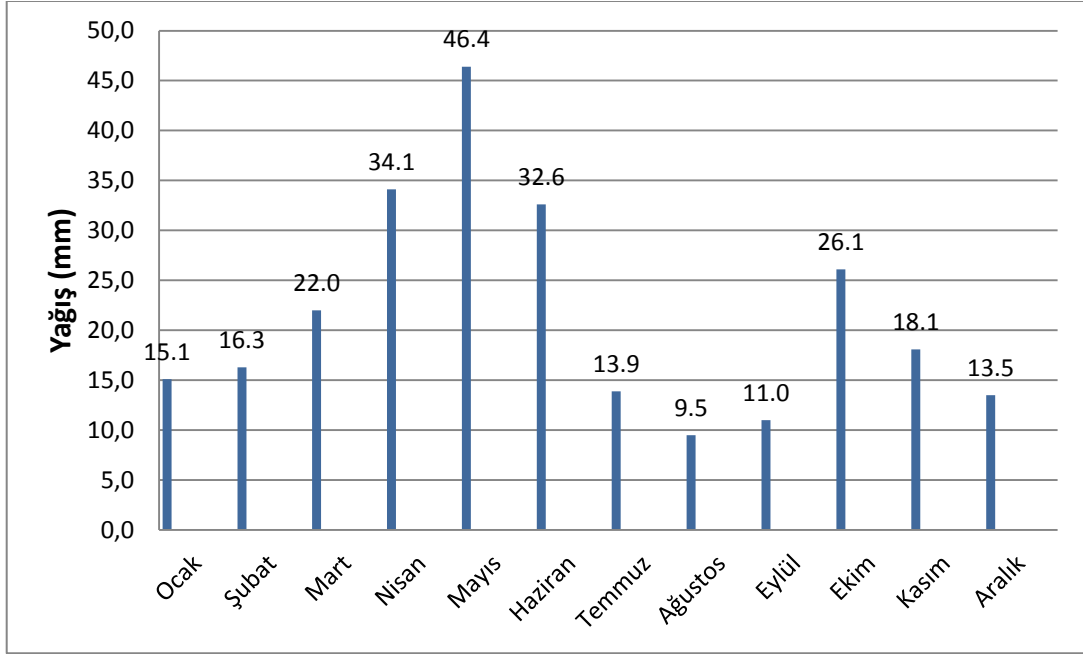
Tablo 2.3. Tuzluca Barajı mansaba bırakılacak can suyu miktarları (AK-TEL, 2015)

| Aylar | Ekim | Kasım | Aralık | Ocak | Şubat | Mart | Nisan | Mayıs | Haz. | Tem. | Ağus. | Eylül |
|---|------|-------|--------|------|-------|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|
| Q_{can} m³/sn | 8.05 | 8.05 | 8.05 | 8.05 | 8.05 | 8.05 | 23.36 | 30.00 | 16.03 | 8.05 | 8.05 | 8.05 |

Aras Nehri'ndeki katı madde hareketini incelediğimizde; Tuzluca Barajı rezervuar alanında 50 yıllık süreçte toplam 42.75 milyon m³ sediment birikimi olacağı tespit edilmiştir. Bu miktar da Tuzluca Barajı'nın 265 milyon m³'lük toplam depolama hacminin % 16'sına tekabül etmektedir.

Tuzluca, karasal iklim etkisi altındadır. Bu sebeple proje alanına düşen yağışın büyük bir kısmı ilkbahar mevsiminde görülür. Yine karasal iklim etkisinin bir sonucu olarak kar erimeleri de en çok ilkbahar mevsiminde meydana gelir.

Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün verilerine göre Iğdır ilinin aldığı yıllık ortalama yağış tutarı 258.6 mm iken ülkemizin yıllık yağış ortalaması 643 mm'dir. Sulama ihtiyacını karşılaması bakımından Tuzluca Barajı'nın 70530 ha'lık Iğdır ovası için oldukça önemli olduğu görülmektedir. Aşağıda şekilde Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün verilerine göre Iğdır ilinin aylık yağış ortalamaları verilmiştir.



Şekil 2.11. Iğdır ilinin aylık yağış miktarı ortalaması

Bölgenin hidrolojisini su kalitesi açısından incelediğimizde; 2402 numaralı Aras Nehri Kağızman akım gözlem istasyonunda 1971-1993 yılları arasında sulama suyu açısından birtakım gözlemler yapılmıştır. Bu gözlemler sonucunda su kalitesi sınıfı C₂S₁ olarak belirlenmiştir (AK-TEL, 2015).

Bu sınıftaki sular, orta derecede tuzludur ve düşük seviyede sodyum içerir. Sulama sırasında orta seviyede bir tuz yıkanmasının sağlanabileceği hallerde kullanılabilir. Sodyum miktarının az olması bakımından hemen her toprağın sulanmasında kullanılabilir. Sadece kaysı gibi sodyuma karşı aşırı hassas olan sert çekirdekli meyve ağaçlarının bünyelerinde zararlı miktarda sodyum birikmesine sebebiyet verebilmesi bakımından dikkat edilmesi gerekmektedir.

EİE Genel Müdürlüğü tarafından 2003 yılında Tuzluca Barajı ve HES projesi kapsamında bir su kalitesi analizi yapılmıştır. Tuzluca – Kars yolu üzerinde yaklaşık 2.5-3 km sonraki dere yatağından alınan su numunelerinin sonuçları Tablo 2.4.’de verilmiştir.

Tablo 2.4. Tuzluca Barajı çevresel su kalitesi analiz sonuçları (AK-TEL, 2015)

| Parametreler | Tuzluca Barajı ve HES | Kalite Sınıfı |
|------------------------|-----------------------|---------------|
| Sıcaklık (°C) | 22.6 | I |
| pH | 8.11 | I |
| ÇO (mg/l) | 7.6 | II |
| Oksijen Doygunluğu (%) | 75 | II |
| İletkenlik (µs) | 0.71 | |
| TDS (mg/l) | 0.36 | |
| Bulanıklık (NTU) | 461 | |
| NO2-N (mg/l) | 0.122 | IV |
| NO3-N (mg/l) | 6.1 | II |
| NH4-N (mg/l) | 2.75 | IV |
| KOI (mg/l) | - | - |

- Arazi Kullanımı: Proje sahasının olduğu yer nispeten daha düz ve deltalardan oluşmaktadır. Barajın su tutmasıyla birlikte Aşağıcıyıklı ve Yukarıcıyıklı yerleşimlerinin tamamı, Aşağıbaşköy ve Ağabey köylerinin ise bir kısmı sular altında kalacaktır.

Bölgedeki arazilerde, hayvan yemi olarak kullanılan bitkilerin yanında sebze ve meyve tarımı da yapılmaktadır. Çalışma alanı içerisindeki arazilerin dağılımı aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 2.5. Çalışma alanı içerisinde bulunan kamulaştırılacak arazi dağılımı

| Arazi Kullanım Şekli | Alan (ha) | Proje Alanı İçindeki Oranı % |
|-----------------------------------|-----------|------------------------------|
| Sulanabilir Tarla | 311.54 | 41.16 |
| Bozuk Mera Arazisi | 356.5 | 47.10 |
| Kavaklık Arazi | 19.51 | 2.58 |
| Kayıp Bahçeleri | 67.35 | 8.90 |
| Ev, Ahır, Cami, Kamu Binaları vs. | 1.94 | < 1 |

- Toprak: Proje sahası, genelde dalgalı, yer yer derelerle parçalanmış, erozyon sonucu sığ (20-50 cm), çok sığ (0-20 cm) toprak gövdesi olan; hatta litozolik karakterde belirgin bir toprak gövdesi bulunmayan arazilere sahiptir. Özellikle, nehrin sağ sahili boyunca, oldukça geniş topraktan yoksun çıplak kayalık araziler bulunmaktadır. Aras nehri boyunca, geniş bir arazi bandında, yanlış arazi kullanımı ve özellikle, orta ve hatta dik eğimlerde yapılan ters arazi işlemeli tarım sonucu, toprak büyük oranda erozyona uğramıştır. Erozyonun bir nedeni de orman ve fundalıklardaki kesim ve hayvan otlatımıdır.

Proje sahasında yaygın toprak grubu, ot ve çalılık bitki örtüsü altında, kireççe zengin killi, marn ve şistik arazilerde gelişmiş kahverengi topraklarla, bazaltik arazilerde gelişmiş kireççe fakir, ağır bünyeli kile sahip bazaltik topraklar ve gelişim itibarıyla kahverengi topraklara benzer, ancak daha fazla organik maddeye sahip kestane rengi topraklardır. Rezervuar göl aynasının çok az bir kısmı nehrin iki yanı boyunca sığ-çok sığ kahverenkli toprakların bulunduğu arazilerde bulunmakla beraber büyük alan kaba materyalli ırmak yatağı ile yer yer çorak, drenajı bozuk, kamışlık ve sucul fundaların bulunduğu arazide yer almaktadır. Aras'ın oluşturduğu bu alüvyal arazilerin tuzluluk ve taban suyu yönünden elverişli olan kesimlerinde sulu tarım yapılmaktadır (AK-TEL, 2014).

2.3.2.2. Tuzluca Barajı Alanının Sosyo-Ekonomik Çevre Özellikleri

Yerleşim yapısı incelendiğinde proje tamamlandığında su altında kalacak yerleşimler çoğunlukla kırsal alanlardır. Bu yerleşimler Aras Nehri etrafında yerleşmiş, düzlük, tarıma elverişli küçük köylerdir. Nitekim Tablo 2.5. incelendiğinde proje alanı içerisinde tarım arazilerinin oranı % 50'den fazla olduğu görülmektedir. Bölgenin ekonomik özellikleri incelendiğinde, il merkezi ve ilçe merkezleri dışında yörede herhangi bir sanayi kuruluşu yoktur. Barajdan etkilenen yerleşim bölgelerinde (Aşağıçıyıklı, Aşağıbaşköy ve Ağabey köyleri) halkın temel ekonomik faaliyeti tarım ve hayvancılıktır. Büyükbaş ve küçükbaş hayvancılığın yanında yörede az da olsa arıcılık da yapılmaktadır. Üretilen ballar köydeki arıcılık yapmayan ailelere ve Kars, Iğdır, Tuzluca merkezlerinde satılmaktadır.

Iğdır – Kars bölgesinde hayvancılığın yoğun olarak yapılması, bu bölgelerde yem bitkisi tarımının yaygınlaşmasını sağlamıştır. Bunun yanında kayısı tarımı da bölgede tarımla uğraşan kişiler için en önemli gelir kaynaklarından biridir. Bu ürünlerin dışında yörede elma ve sebze tarımı da yapılmaktadır.

Bölge insanının tek gelir kaynağının tarım ve hayvancılık olması, köylerden il merkezine veya büyükşehirlere mevsimlik göçlerin yaşanmasına da sebep olmuştur. Köy nüfusu genellikle kendi hayvanları ve tarım arazileriyle uğraştıkları için yörede işsizlik azdır. Bölgedeki kısıtlı ekonomik imkânlar, yöre halkının büyük şehirlere göç etmesine neden olmuştur.

Tuzluca Barajı ve HES projesi inşaatı kapsamında 500 personel çalıştırılması düşünülmektedir. Personel ihtiyacının çoğunlukla yöreden karşılanılacak olması halkın ekonomisine katkı sağlayacaktır. Ayrıca proje kapsamındaki teknik, altyapı ve sosyal ihtiyaçların il ve ilçe merkezinden alınacak olmasının bölgedeki ticari yaşamı canlandıracağı düşünülmektedir.

Baraj rezervuarının oluşmasıyla birlikte baraj gölünün kıyı şeridinde bir dinlenme alanı oluşturulacaktır. Bölgede yapılacak dinlenme tesisleri buradaki turizmi canlandıracaktır. Ayrıca oluşacak baraj gölünün bölgede ticari balıkçılığı geliştireceği düşünülmektedir. Tüm bu faaliyetler yöre halkının ekonomisine ek gelir sağlayacaktır.

Baraj projesi alanında herhangi bir tarihi ve kültürel miras veya korunması gereken tabiat alanı tespit edilmemiştir. Bölgede Aşağıcıyıklı köyünde Yukarıcıyıklı mahallesinin Aras Nehri kıyısında "Aras Kuş Cenneti" olarak adlandırılan bir sazlık alan bulunmaktadır. Bu alanda, Utah Üniversitesi Öğretim Üyesi Doç. Dr. Çağan Şekercioğlu ve ekibi tarafından kurulan Aras Kuş Araştırma ve Eğitim Merkezi Halkalama İstasyonu bulunmaktadır. Iğdır ilinde kaydedilmiş olan 305 kuş türü, Türkiye kuş türlerinin %65'ini oluşturmaktadır ve bu Iğdır'ı Türkiye'de kuşlar için en önemli illerden biri yapmaktadır. Bu sayıda en büyük rolü 258 kuş türü ile Aras Nehri Kuş Cenneti oynamaktadır. Halkalama istasyonu, 1059 km'lik Aras Nehri'nin kuzey kıyısında Iğdır'ın Tuzluca ilçesine bağlı Aşağıcıyıklı köyünün Yukarıcıyıklı mahallesinin 300 metre uzağında, nehir ile köyün meyve bahçeleri ve merasının arasındaki sulak alanda kurulmuştur. Burası Afrika-Avrasya kuş göç yolu üzerinde ve Doğu Anadolu Bölgesi'ndeki ilk kuş göçü araştırma istasyonudur. İstasyon 2006 yılından beri faaliyetlerine devam ederek 220 türden 70000'den fazla kuşa halka takmıştır. Bölge, Türkiye'de tespit edilmiş 472 kuş türünün yarısından fazlasının tek bir yerde görülebildiği ender alanlardan biridir. Aras Kuş Cenneti, Türkiye'de ve dünya çapında, kuşların göç sırasında dinlenmek, beslenmek ve üremek için kullandıkları önemli bir noktadır (URL-8).

Bu bölge barajın yapılmasıyla birlikte sular altında kalacaktır. Bu konuyla ilgili DSİ yetkilileriyle yapılan görüşmede, bu durumun bilincinde olduklarını ve konuya çok hassas

yaklaştıklarını; bu alanının sular altında kalmasından dolayı göç yolu üzerindeki kuşların olumsuz etkilenmemesi için rezervuar ortasında her türlü insan etkisinden uzak, kuşların dinlenmek, beslenmek ve üremek için kullanabileceği bir ada yapılmasını planladıklarını ifade etmişlerdir.



Şekil 2.12. Aras Kuş Halkalama İstasyonu



Şekil 2.13. Aras Kuş Halkalama İstasyonu



Şekil 2.14. Aras Kuş Cenneti sazlık alan

Aras Kuş Cenneti sadece kuşlara ev sahipliği yapmıyor. Bölgede birçok türde hayvan bulmak mümkün. Aras Kuş Cenneti'nin yaşam sunduğu en ilginç canlılardan birisi bir kemirgen türü olan Beş Parmaklı Arap Tavşanı Türkiye'de sadece Iğdır'da bulunmaktadır. (URL-8).

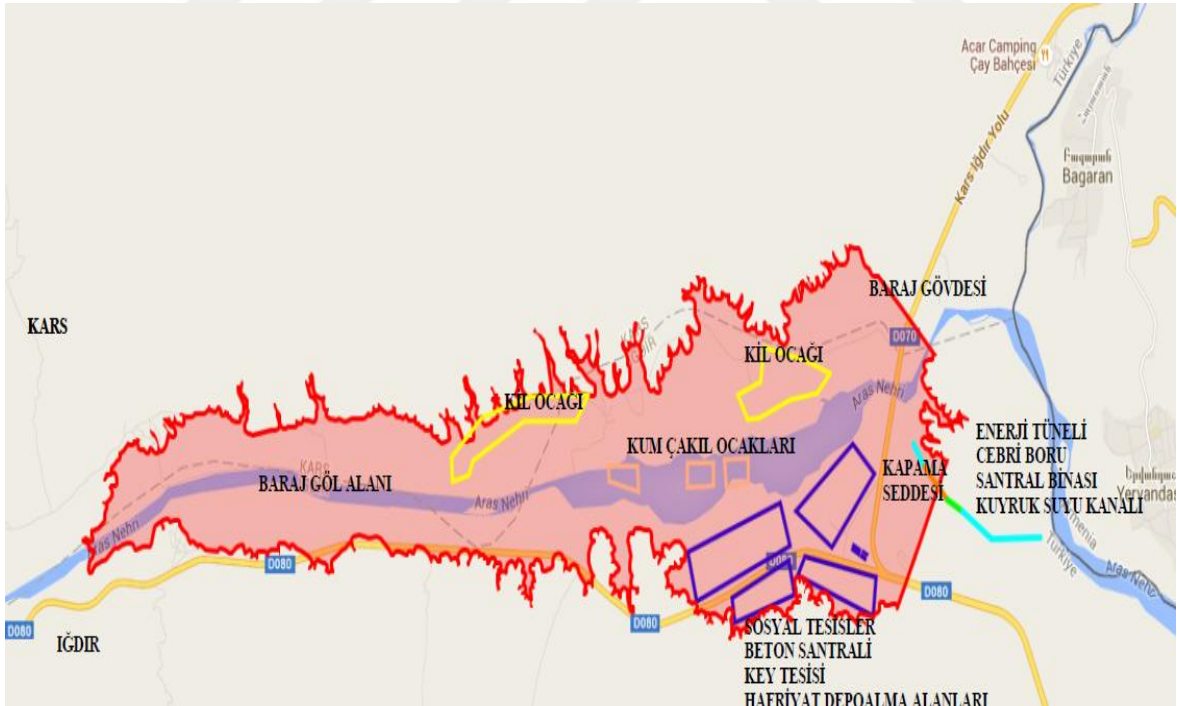


Şekil 2.15. Beş Parmaklı Arap Tavşanı

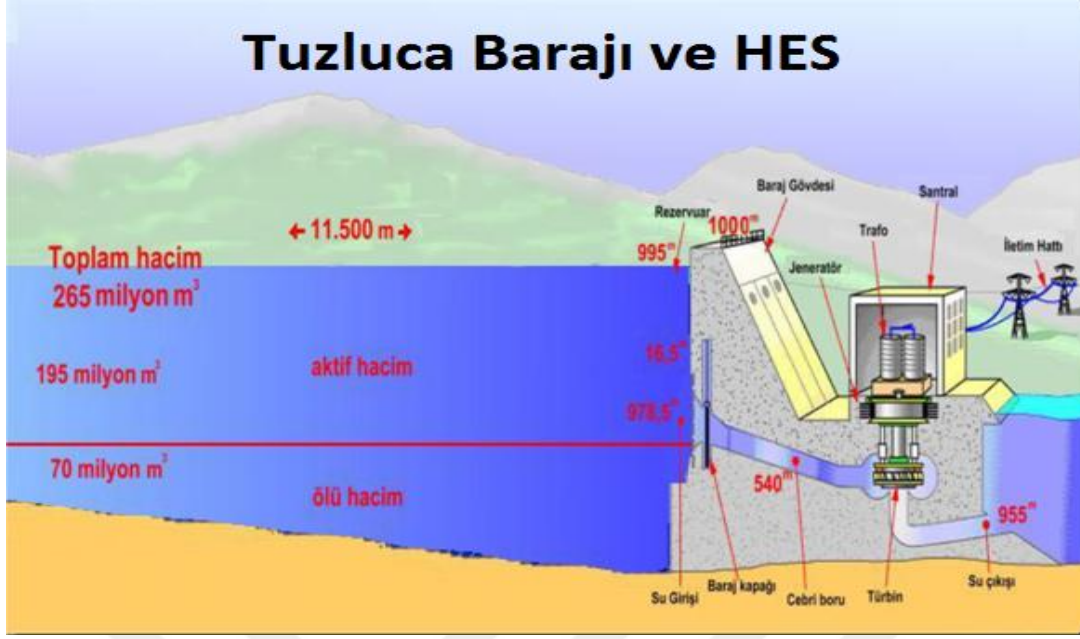
2.3.3. Tuzluca Barajı ve HES Projesinin Tanıtımı ve Amacı

DSİ 24. Bölge Müdürlüğü tarafından Kars ili, Digor ilçesi ve Iğdır ili, Tuzluca ilçesi Aras Nehri üzerinde aktif göl hacmi 195.13 milyon m³ olan Tuzluca Barajı ve HES kurulması planlanmaktadır. Proje kapsamında 2 adet 10 MW kapasiteli toplamda 20 MW kurulu gücünde santralle yıllık ortalama 117.10 GWh enerji üretileceği düşünülmektedir. Proje hem sulama hem de elektrik üretimi amaçlı bir projedir.

Baraj, Aras Nehri üzerinde 955 m talveg kotunda 45 m yükseklikte, kapama seddeleri ile birlikte 4 milyon m³ dolgu hacminde kil çekirdekli kaya dolgu tipinde inşa edilecektir. Tuzluca Barajı inşaatında kullanılacak malzemelerin temin edileceği ocaklar da baraj yeri yakınındadır. Proje kapsamında 1 adet geçirimli malzeme, 1 adet geçirimsiz malzeme ve 1 adet kaya malzeme ocağı olmak üzere toplam 3 adet ocak alanı belirlenmiştir. Proje kapsamında inşaat aşamasında işletilmek üzere beton santrali, kırma-eleme-yıkama tesisi kurulması planlanmaktadır (AK-TEL, 2015).



Şekil 2.16. Tuzluca Barajı ve HES Projesi Yerleşimi (AK-TEL, 2015).

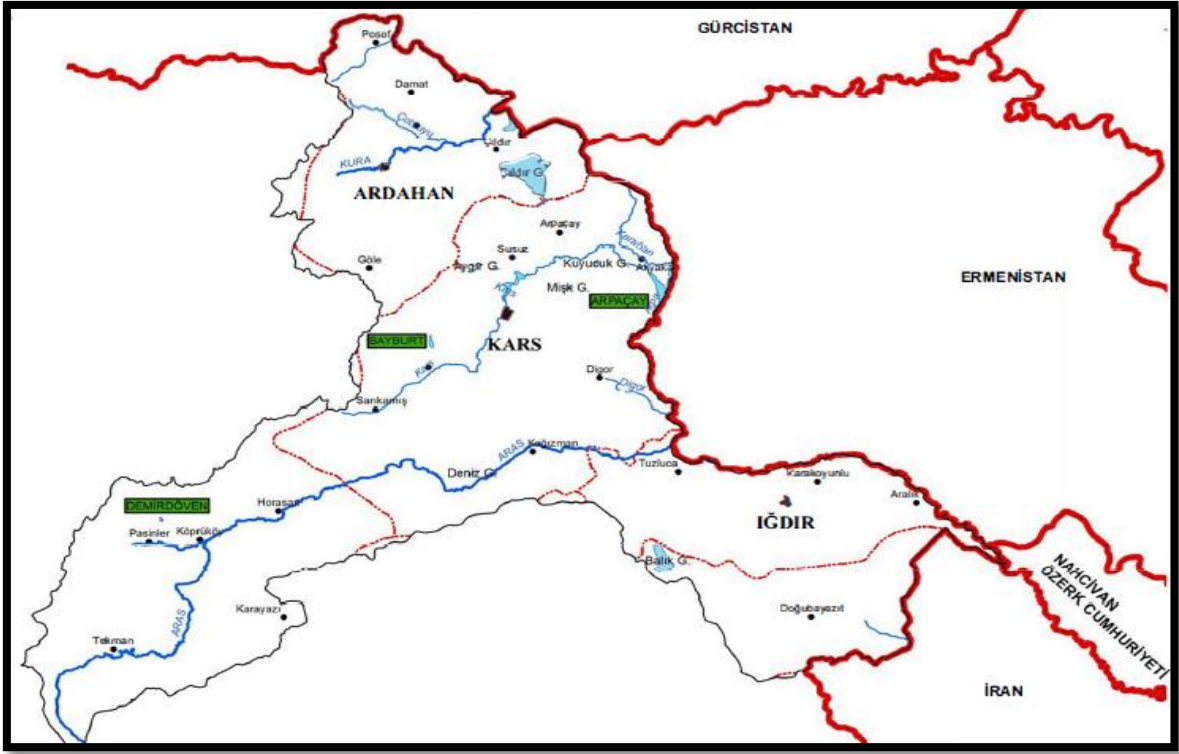


Şekil 2.17. Tuzluca Barajı ve HES şematik gösterimi (AK-TEL, 2013).

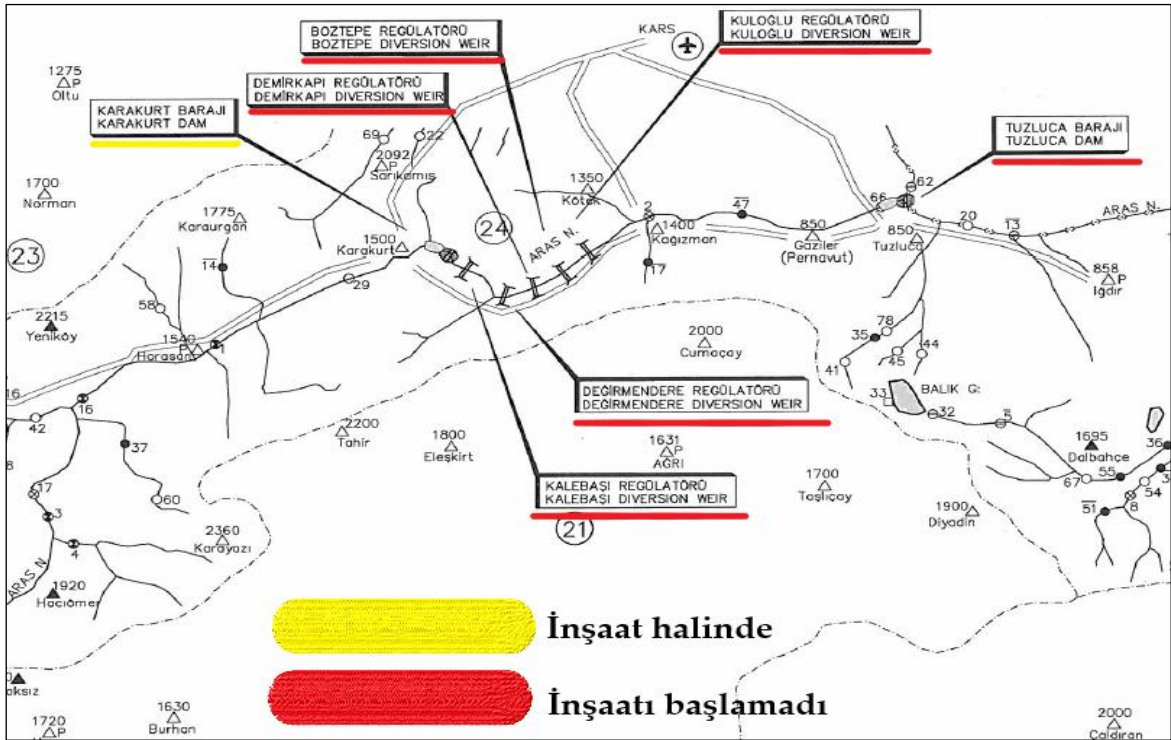
Aras Nehri üzerinde yer alacak Tuzluca Barajı ve HES projesi, Aşağı Aras Havzası Projeleri kapsamında planlanan projelerden biridir. Aşağı Aras Havzası Türkiye'nin 40° 24' ve 39° 54' kuzey enlemleri ile 42° 10' ve 43° 40' doğu boylam daireleri arasında yer almakta olup takriben Horasan ilçesinden başlayarak Aras Nehri'nin Arpaçay ile birleştiği ve Ermenistan ile sınır teşkil ettiği yere kadar uzanır. Aşağı Aras Havzası (950m-1530m) Projesi 2 baraj ve 5 regülatörden oluşmaktadır. Orman ve Su İşleri Bakanlığı tarafından hazırlanan bu önemli proje toplam 220.3 MW kurulu güce sahiptir.

Tablo 2.6. Aşağı Aras Havzası Projeleri

| Baraj/Santral Adı | Temelden Yüksekliği (m) | Kurulu Gücü (MW) |
|--------------------------------|-------------------------|------------------|
| Karakurt Barajı ve HES | 157 | 110 |
| Kalebaşı Regülatörü ve HES | 20.5 | 12.6 |
| Değirmendere Regülatörü ve HES | 21.5 | 14.1 |
| Demirkapı Regülatörü ve HES | 22.5 | 14.8 |
| Boztepe Regülatörü ve HES | 20.5 | 13.4 |
| Kuloğlu Regülatörü ve HES | 24.5 | 35.4 |
| Tuzluca Barajı ve HES | 61 | 20 |



Şekil 2.18. Aras Havzası genel görünümü



Şekil 2.19. Aşağı Aras Havzası Projeleri (EİE ve Dolsar, 2004; AK-TEL, 2015).

2.3.4. Tuzluca Barajı ve HES Projesinin Önemi

Tuzluca Barajı ve HES projesi, sulama ve elektrik üretimi amaçlı bir projedir. Yıllık ortalama 117.10 GWh enerji üretimiyle milli ekonomimize katkı yapmasının yanında, Iğdır Ovası'nın temmuz ve ağustos aylarındaki 255 hm³ sulama suyu ihtiyacını karşılayacak olması barajın şehir için önemini ortaya koymaktadır.

Iğdır'ın kendine has iklim özellikleriyle mikroklime iklimine sahip olması bölgede birçok tarım ürününün yetişmesine olanak sağlamıştır. Uygun iklim koşulları ve toprak yapısıyla Iğdır'da kayısı, şeftali, kiraz, şekerpancarı, buğday, arpa, mısır ve pamuk gibi birçok meyve, sebze ve bitki yetişmektedir. Özellikle pamuk ve diğer sebze ve meyvelerin yetişmesi Iğdır'a "Doğu'nun Çukurova'sı" denilmesine sebep olmuştur.

Tuzluca Barajı ve HES projesiyle Iğdır Ovası'nın Temmuz, Ağustos aylarında ihtiyacı olan yılda ortalama 255.07 hm³ sulama suyu ihtiyacı karşılanacaktır. Tuzluca Barajı ile Aras nehrinin hudut teşkil ettiği kesimde hidrolojik statüyü bozmadan brüt 70530 hektarlık Iğdır Ovası'nın eksik olan sulama suyu ihtiyacı karşılanmış olmaktadır. Mevcut durumda Iğdır Ovası'nda sulama şebekesi hazır olup, eksik bir sulama yapılmaktadır. Projenin inşaat aşamasının 4 yıl içerisinde bitirilmesi planlanmaktadır (AK-TEL, 2015).

Iğdır Ovası Türkiye'nin en az yağış alan bölgelerinden birisidir. Şehir, en fazla yağışı nisan, mayıs ve haziran aylarında; en az ise temmuz, ağustos ve eylül aylarında almaktadır. Tuzluca Barajı ile birlikte bölgenin temmuz ve ağustos aylarındaki su ihtiyacının karşılanacak olmasının tarımsal ürün miktarı ve çeşidinde ciddi artışlara sebep olarak bölge ekonomisine önemli bir katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Enerji yapısı çok büyük bir oranda dışa bağımlı olan ülkemiz, yüksek yenilenebilir enerji kaynakları potansiyelini değerlendirme noktasında önemli çalışmalar yapmaktadır. Bu konuda hiç şüphesiz hidroelektrik enerji; ülkemizin potansiyeli, uygun maliyeti, çevreye olumsuz etkilerinin çok az olması ve aynı anda başka amaçlara da (taşkın koruma, sulama, akarsu ulaşımı, balıkçılık vb.) hizmet edebiliyor olması sebepleriyle ön plana çıkmaktadır.

Ülkemizin yenilenebilir enerji kaynakları arasında en fazla yatırım yapılan ve elektrik üretilen kaynağı olan hidrolik enerjiyle yıllık 93653 GWh elektrik enerjisi üretilmektedir. Tuzluca Barajı ve HES yıllık 117.10 GWh elektrik enerjisi üretimiyle ülkemizin elektrik üretimine ve ekonomisine katkı sağlayacaktır.

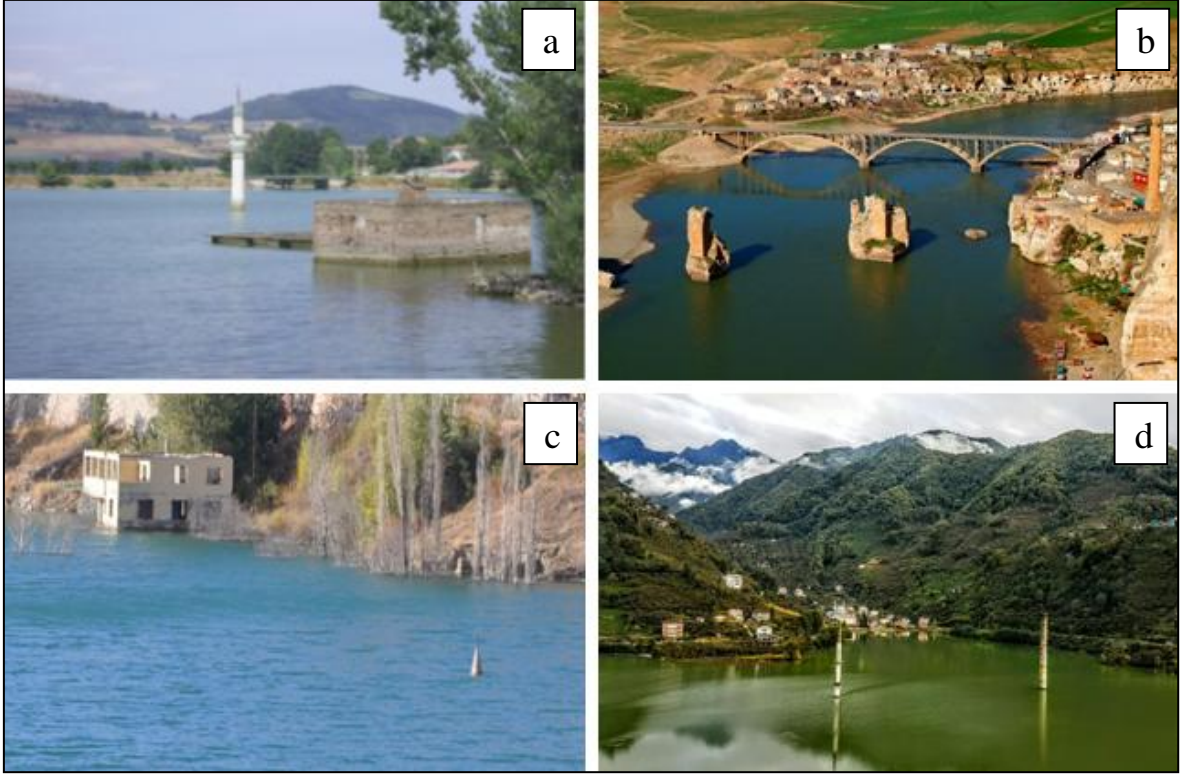
Iğdır ilinde DSİ verilerine göre şu an işletme halinde bulunan üç adet HES bulunmaktadır. Bunlar; yıllık 50.6 GWh enerji üretimiyle Gaziler HES, yıllık 11.37 GWh enerji üretimiyle Kiti HES ve yıllık 25.88 GWh enerji üretimiyle Bayra HES' tir. Iğdır'da bu üç HES' ten yıllık toplam 87.85 GWh elektrik üretimi yapılmaktadır. 2016 yılı Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu'nun (EPDK) verilerine göre Iğdır'da yıllık 182.27 GWh elektrik tüketilmektedir. Tuzluca Barajı ve HES' in tamamlanıp işletmeye alınmasıyla birlikte Iğdır'da yıllık toplam 204.95 GWh elektrik üretimi gerçekleştirilmiş olacak ve böylelikle şehrin elektrik üretim/tüketim oranı %48.2' den %112.4'e çıkacaktır. Böylece Iğdır ili tükettiği elektrikten fazlasını yenilenebilir enerji kaynağı kullanarak yine kendi il sınırları içerisinde üretebilir hale gelecektir.

Tuzluca Barajı'nın sulama ve elektrik üretimi yanında bir diğer önemli noktası; Aras Nehri'nin ülkemiz sınırlarını terk etmeden önce nehir üzerinde yapılabilecek son baraj olmasıdır. Bu açıdan bakıldığında Tuzluca Barajı için düşünülen alan, alternatifsiz bir yerdir. Yakın gelecek için büyük endişe uyandıran küresel çaptaki su kıtlığını düşündüğümüzde, ülkemizdeki su kaynaklarını etkin bir şekilde kullanma politikamız doğrultusunda Tuzluca Barajı ve HES projesi, uzun yıllar boyunca bölgede su kıtlığı yaşanmamasını sağlayacak hayati bir projedir.

2.3.5. Tuzluca Barajı ve HES Projesinin Nüfus Üzerindeki Etkileri

Baraj projelerinin en önemli etkilerinden birisi projenin yapılacağı alanda bulunan yerleşimlerin sular altında kalmasıdır. Burada yaşayan insanlar yaşadıkları yerleri terk etmek zorunda kalmaktadır. Bu durum bölgedeki insanlar üzerinde sosyal, kültürel, ekonomik ve psikolojik birçok sıkıntılar meydana getirmektedir. Bölge insanı sadece evlerini ve tarlalarını değil aynı zamanda geçmişlerini, kültürlerini ve hatta atalarının mezarlarını da sular altında bırakmaktadır.

Şekil 2.20.'de Ülkemizde yapılan Derbent (Samsun), Ilısu (Mardin), Özen (Sivas) ve Muratlı (Artvin) Barajlarının su tutmasıyla birlikte sırasıyla sular altında kalan Tozköy (a), Hasankeyf (b), Pusat (c), Muratlı (d) köy ve yerleşimlerine ait görseller verilmiştir.



Şekil 2.20. Baraj yapılmasıyla sular altında kalan Tozköy (a), Hasankeyf (b), Pusat (c), Muratlı (d) köy ve yerleşimleri

Barajların yapıldığı bölgelerde yaşayan insanlar genellikle geçimlerini tarımsal üretimle sağlamaktadır. Tarım arazilerinin su altında kalması yöre insanların ekonomik dengesinin bozulmasına sebep olmaktadır. İnsanların göç etmesiyle birlikte yeni yaşamlarına uyum sağlama kaygısı, ortaya çıkan ekonomik belirsizliklerle birleşince bölgedeki insanların psikolojisi bu durumdan olumsuz etkilenmektedir.

Uluslararası kriterler insanların yer değiştirmesini gerektiren büyük projelerde, bu insanların yaşam standartlarının aynı kalmasını veya daha ileriye gitmesini şart koşmaktadır. Bu durum büyük projelerin planlama aşamasında yeniden yerleşim eylem planlarının titiz bir şekilde hazırlanmasını gerektirmektedir.

Tuzluca Barajı ve HES projesi kapsamında Iğdır Tuzluca ilçesine bağlı Aşağıçıyıklı ve Ağabey köyleri ile Kars Dığor ilçesine bağlı Aşağıbaşköy köyü oluşacak rezervuar alanından doğrudan etkilenecek alanlardır. Aşağıçıyıklı köyüne bağlı Yukarıçıyıklı mahallesi ve Taşlıkent mevkiisi bulunmaktadır. Taşlıkent mevkiisi çok eski bir yerleşim kalıntısı olup şu an orada kimse yaşamamaktadır.

2.3.6. Tuzluca Barajı ve HES Projesinden Doğrudan Etkilenecek Yerleşimler

Tuzluca Barajı ve HES'in yapılmasıyla birlikte doğrudan etkilenecek yerleşimler ve nüfusları Tablo 2.7.'de verilmiştir.

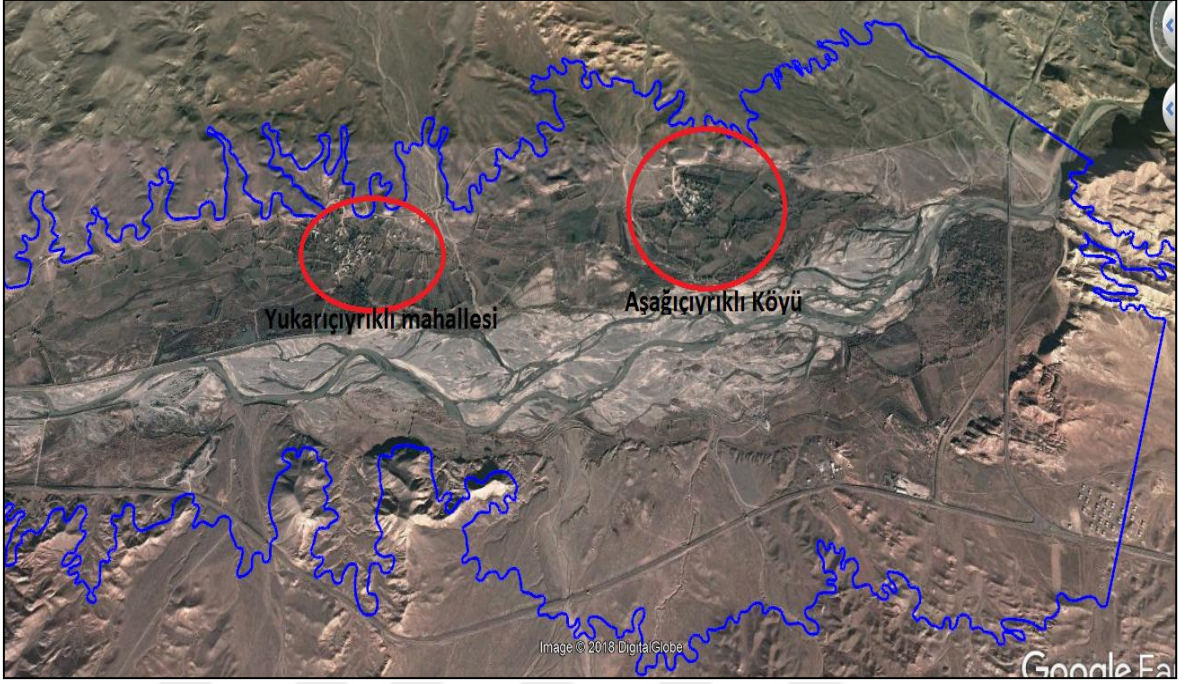
Tablo 2.7. Projeden etkilenecek yerleşimler ve nüfusları

| Yerleşim | Erkek Nüfus (2016) | Kadın Nüfus (2016) | Etkilenme Durumu |
|--|-----------------------|-----------------------|---------------------|
| Iğdır - Tuzluca Aşağıcıyıklı Köyü - Yukarıcıyıklı Mahallesi - Taşlıkent Mevkii | 46 | 63 | Tamamen |
| Iğdır - Tuzluca Ağabey Köyü | 35 | 43 | Kısmen |
| Kars – Dığor Aşağıbaşköy Köyü | 69 | 63 | Kısmen |

2.3.6.1. Aşağıcıyıklı Köyü

Iğdır'ın Tuzluca ilçesine bağlı Aşağıcıyıklı köyü, barajın yapılmasıyla tamamen sular altında kalacaktır. Son nüfus sayımına göre nüfusu 109 olan Aşağıcıyıklı köyünün halkı, geçimini tarım ve hayvancılıktan karşılamaktadır. Köyde bulunan kayısı ve elma bahçeleri Iğdır ve bölge illerde satılarak köy halkına önemli bir gelir sağlamaktadır. Köye bağlı Yukarıcıyıklı mahallesinde tarımla birlikte arıcılık da yapılmaktadır.

Köy halkıyla yapılan bire bir görüşmelerde halkın genelinin barajın yapılmasını istemediği görülmüştür. Buna sebep olarak, halkın büyük bir çoğunluğunun yeni yaşamlarına adapte olma sorunu yaşayacağını düşündüğü ve köydeki tarım arazilerinin genelinin köy halkının Avrupa'da yaşayan akrabalarına ait olduğu, buna bağlı olarak herhangi bir kamulaştırma bedeli alamayacak olmaları gösterilmektedir.



Şekil 2.21. Aşağıcıyıklı köyünün uydu görüntüsü ve baraj sınırı



Şekil 2.22. Aşağıcıyıklı köyünün bir görünümü



Şekil 2.23. Aşağıcıyıklı köyünün bir görünümü

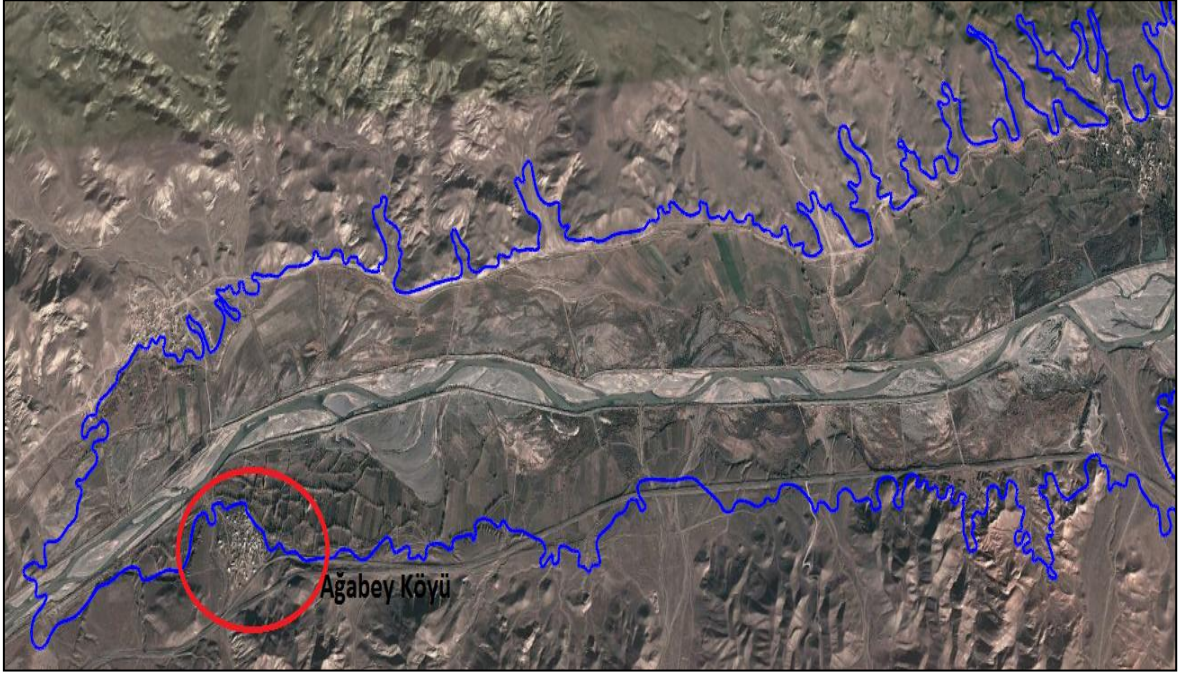


Şekil 2.24. Yukarıcıyıklı mahallesinin bir görünümü

2.3.6.2. Ağabey Köyü

Tuzluca Barajı ve HES projesinin yapılmasıyla Iğdır'ın Tuzluca ilçesine bağlı Ağabey köyü kısmen etkilenecektir. Köyün sadece tarım alanları sular altında kalacaktır. Nüfusu 78 olan köy halkı, geçimini ağırlıklı olarak tarım ve hayvancılıktan sağlamaktadır. Köyde ağırlıklı olarak yonca, elma ve kayısı tarımı yapılmaktadır. Yine köyde yer yer kavaklık alanlar ve ceviz yetiştirilen alanlar da bulunmaktadır.

Köy halkıyla ve muhtarla yapılan görüşmelerde Ağabey köyü halkının Aşağıçıyıklı köyü halkı aksine barajın yapılmasına daha sıcak baktığı görülmektedir.



Şekil 2.25. Ağabey köyü uydu görüntüsü ve baraj sınırı



Şekil 2.26. Aġabey köyünün bir görünümü

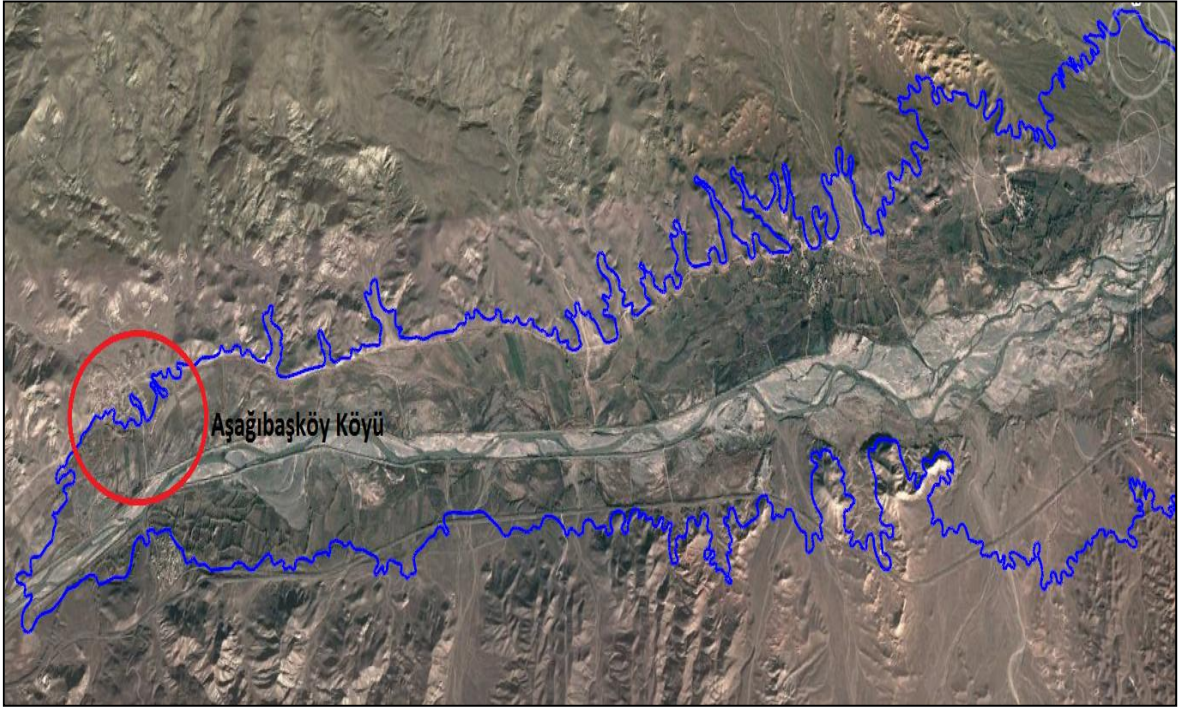


Şekil 2.27. Aġabey köyünün tarım alanları

2.3.6.3. Aşağıbaşköy Köyü

Kars'ın Digor ilçesine bağlı olan Aşağıbaşköy köyü 132 nüfusa sahiptir. Köy, barajın yapılmasından kısmen etkilenecektir. Köy halkı geçimini tarım ve hayvancılıktan sağlamaktadır. Halkın ekonomisinde özellikle büyükbaş hayvancılık ağır basmaktadır. Halk yazın yaylalara çıkarak mera hayvancılığı yapmaktadır. Barajın etkileyeceği diğer köylere nazaran tarım alanları daha azdır.

Köy halkı ile yapılan bire bir görüşmeler sonucunda halkın genelinin barajın yapılmasına karşı olduğu görülmüştür. Buna sebep olarak, ödenecek kamulaştırma bedelleriyle ilgili çekincelerinin bulunduğu gösterilmektedir.



Şekil 2.28. Aşağıbaşköy köyü uydu görüntüsü ve baraj sınırı



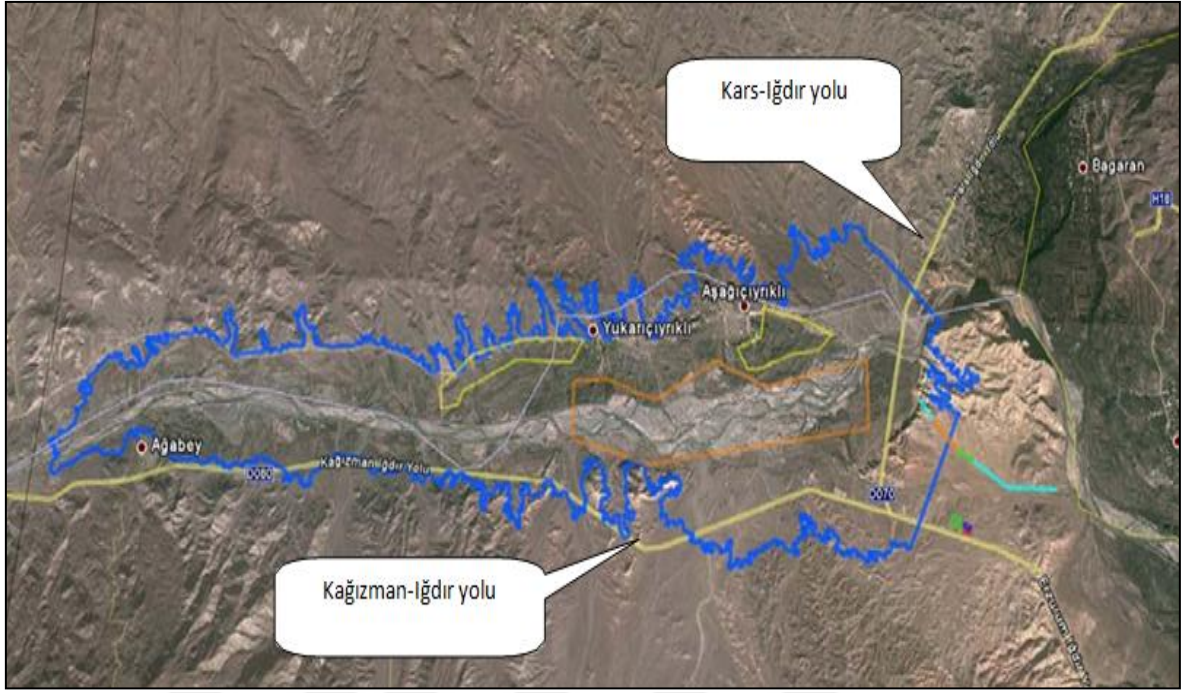
Şekil 2.29. Aşağıbaşköy köyünün bir görünümü

2.4. Tuzluca Barajı ve HES Projesinin Temel Özellikleri

Bu bölümde; barajın konumu, karakteristik özellikleri, yeniden yerleşim eylem planı, ve mevcut inşaat durumu gibi teknik ve temel bilgiler verilerek Tuzluca Barajı ve HES projesi kısaca özetlenmiştir.

2.4.1. Tuzluca Barajı ve HES Projesinin Konumu

Proje sahası, Aras Nehri'ne paralel olarak devam eden Horasan-Iğdır karayolu güzergâhında yer almaktadır. Tuzluca Barajı eksenini Iğdır-Digor-Kars karayolunun Aras Nehri'ni kestiği noktadaki köprünün yaklaşık 500 m mansabında yer almaktadır. Şekil 2.30.'da Tuzluca Barajı ve HES Projesinin Kars-Iğdır ve Kağızman-Iğdır karayollarına göre konumu verilmiştir. Proje sahasının koordinatları ise Tablo 2.8.'de verilmiştir.



Şekil 2.30. Tuzluca Barajı ve HES projesinin yollara göre konumu

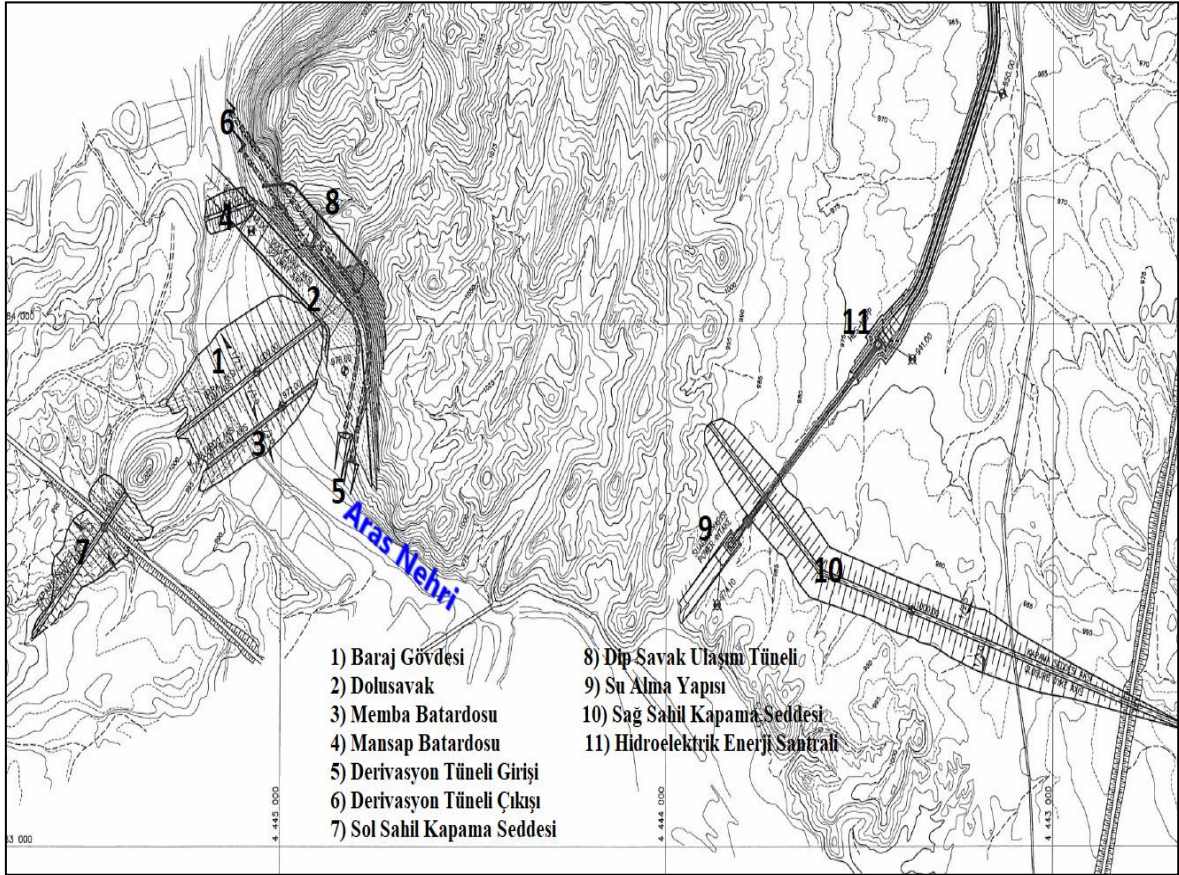
Tuzluca Barajı ve HES projesi kapsamında 1 adet geçirimli malzeme, 1 adet geçirimsiz malzeme ve 1 adet kaya malzeme ocağı olmak üzere toplam 3 adet ocak alanı belirlenmiştir. Yine proje kapsamında inşaat aşamasında işletilmek üzere beton santrali ve kırma-eleme-yıkama tesisi kurulması planlanmaktadır. Tuzluca Barajı'na ait koordinat bilgileri ve bu tesislere ait sahaların alanları Tablo 2.8.'de özetlenmiştir.

Tablo 2.8. Tuzluca Barajı ve HES proje alanının koordinatları ve malzeme sahalarının alanları (AK-TEL, 2015)

| | |
|--|---|
| Koor. Sırası : Sağa, Yukarı Datum Türü : ED-50 UTM D.O.M. : 45 Zon : 38 Dilim Gen. : 6 derece | Koor. Sırası : Enlem, Boylam Datum Türü : WGS-84 Coğrafi D.O.M. : -- Ölçek Fak. : ----- |
| PAFTA: ERİVAN H51d1 H51d2 H51d3 H51d4 | |
| TUZLUCA BARAJI | |
| 384313.000:4442432.000 383181.000:4440566.000 381050.000:4440332.000 379802.000:4440537.000 378188.000:4440865.000 376617.000:4441246.000 375612.000:4441167.000 373511.000:4441461.000 372449.000:4441215.000 372187.000:4441251.000 372345.000:4441915.000 372684.000:4442455.000 374432.000:4442952.000 375381.000:4443020.000 376946.000:4442770.000 378358.000:4443353.000 379054.000:4443366.000 380035.000:4443413.000 380584.000:4443800.000 381671.000:4443478.000 382147.000:4443820.000 382697.000:4444116.000 383869.000:4443004.000 | 40.12262059:43.64228839 40.10565703:43.62934446 40.10325085:43.60439148 40.10491991:43.58971527 40.10764202:43.57072214 40.11084466:43.55222186 40.10998513:43.54044815 40.11231979:43.51574581 40.10994383:43.50333677 40.11022830:43.50025642 40.11623260:43.50197851 40.12114750:43.50584883 40.12588660:43.52625955 40.12664024:43.53738086 40.12461907:43.55579070 40.13007547:43.57224748 40.13029298:43.58041173 40.13085687:43.59191390 40.13442069:43.59828423 40.13167419:43.61109885 40.13482143:43.61662186 40.13756442:43.62302217 40.12771140:43.63697612 |
| ALAN | 2659.83 hektar |
| TOPLAM GEÇİRİMLİ (KUM-ÇAKIL) MALZEME SAHASI | |
| Alan | 29.6 hektar |
| TOPLAM KAYA MALZEME (BAZALT) SAHASI | |
| Alan | 24.2 hektar |
| TOPLAM GEÇİRİMSİZ (KİL) MALZEME SAHASI | |
| Alan | 84.27 hektar |
| KIRMA ELEME YIKAMA TESİSİ SAHASI | |
| Alan | 3.614 m ² |
| BETON SANTRALİ ALANI | |
| Alan | 3.573 m ² |
| TOPLAM HAFRİYAT DEPOLAMA ALANLARI | |
| Alan | 1.75 hektar |

2.4.2. Tuzluca Barajı ve HES Projesinin Karakteristik Özellikleri

Bu bölümde Tuzluca Barajı ve HES'e ait teknik bilgiler proje görseli ve tablolar yardımıyla verilmiştir. Şekil 2.31.'de Tuzluca Barajı ve HES projesinin genel yerleşim planı verilmiştir.



Şekil 2.31. Tuzluca Barajı ve HES projesi genel yerleşim planı (EİE ve Dolsar, 2004; AK-TEL, 2015).

Tuzluca Barajı ve HES projesine ait karakteristik bilgiler Tablo 2.9.'da detaylı bir şekilde verilmiştir.

Tablo 2.9. Tuzluca Barajı ve HES projesine ait karakteristik bilgiler (EİE ve Dolsar, 2004; AK-TEL, 2015)

| Konu | Birim | Veri - Özellik |
|-------------------------------------|-------------------|---------------------------|
| Baraj | | |
| Tip | - | Kil çekirdekli kaya dolgu |
| Kret Kotu | m | 1000 |
| Kret Uzunluğu | m | 550 |
| Kret Genişliği | m | 10 |
| Talveg Kotu | m | 955 |
| Temelden Yükseklik | m | 61 |
| Baraj Dolgu Hacmi | m ³ | 2.04 x 10 ⁶ |
| Toplam Kapama Seddeleri Dolgu Hacmi | m ³ | 1.95 x 10 ⁶ |
| Memba Şevi | - | 3/1 |
| Mansap Şevi | - | 2.5/1 |
| Rezervuar | | |
| Maksimum İşletme Kotu | m | 995 |
| Minimum İşletme Kotu | m | 978.5 |
| Toplam Göl Hacmi | m ³ | 265.03 x 10 ⁶ |
| Aktif Göl Hacmi | m ³ | 195.13 x 10 ⁶ |
| Ölü Göl Hacmi | m ³ | 69.90 x 10 ⁶ |
| Maksimum Su Kotunda Göl Alanı | km ² | 16.52 |
| Rezervuar Uzunluğu | m | 11500 |
| Ortalama Rezervuar Genişliği | m | 1436 |
| Yıllık Ortalama Akım | m ³ | 1687.69 x 10 ⁶ |
| Dolusavak | | |
| Tip | - | Radyal kapaklı |
| Dolusavak Hidrograf Piki | m ³ /s | 5420.10 |
| Dolusavak Eşik Kotu | m | 980 |
| Dolusavak Kapak Adedi | - | 4 |
| Radyal Kapak Boyutları | m | 10.00 x 16.00 |

Tablo 2.9.'un devamı

| Batardo Yapıları | | |
|--------------------------------------|-------------------|------------|
| Tip | - | Kaya Dolgu |
| Memba Batardosu Kret Kotu | m | 972 |
| Mansap Batardosu Kret Kotu | m | 965 |
| Memba Batardosu Yüksekliği | m | 17 |
| Memba Batardosu Şevi | - | 3/2 |
| Mansap Batardosu Şevi | - | 2.5/1 |
| Derivasyon Tünelleri | | |
| Derivasyon Tüneli Kapasitesi | m ³ /s | 1018.3 |
| Derivasyon Tüneli Adedi | - | 2 |
| Derivasyon Tüneli Çapı | m | 8 |
| Derivasyon Tüneli Giriş Kotu | m | 960 |
| Derivasyon Tüneli Çıkış Kotu | m | 955 |
| Tünel-1 Uzunluğu | m | 675.15 |
| Tünel-2 Uzunluğu | m | 815.66 |
| Hidroelektrik Enerji Santrali | | |
| Ünite Gücü | MW | 10 |
| Ünite Adedi | - | 2 |
| Kurulu Güç | MW | 20 |
| Kapasite (Yük) Faktörü | - | 0.67 |
| Üretilen Firm Enerji | GWh | 72.92 |
| Üretilen Sekonder Enerji | GWh | 44.18 |
| Üretilen Toplam Enerji | GWh | 117.10 |
| Cebri Boru Uzunluğu | m | 540 |
| Cebri Boru Çapı | m | 5 |
| Türbin Tipi | - | Francis |

2.4.3. Tuzluca Barajı ve HES Projesinin Yeniden Yerleşim Eylem Planı

Yeniden yerleşim eylem planı, insanların yaşadıkları toprakları terk etmek zorunda bırakıldıkları büyük projelerde uygulanan ve bu insanların ekonomik, sosyal ve psikolojik sorunlarını en aza indirmeyi amaçlayan çalışmalardır. Çok sayıda insana fayda sağlayacağı düşünülerek uygulanan büyük projeler, yöredeki nispeten az sayıdaki insanı da çeşitli ekonomik, sosyal ve psikolojik sorunların içine atmaktadır. Bu gibi sorunları minimize edebilmek için başta Dünya Bankası olmak üzere uluslararası kuruluşların uygulamalarıyla ortaya çıkan yeniden yerleşim eylem planları günümüzde daha da yaygınlaşır hale gelmiştir (Kurniati, Sutanhaji, Anggraini, 2012).

Baraj projeleri genellikle kırsal alanlarda yapılmakta ve burada yaşayan insanların da geçimini tarım ve hayvancılıktan sağlamaktadır. Yeniden yerleşim eylem planları hazırlanırken bu gerçekliğin göz ardı edilmemesi gerekmektedir. Aksi halde bu insanlar sadece yüksek kamulaştırma bedelleri ödenerek alışmış oldukları yaşam tarzlarından uzaklaştırıldığında, tarım ve hayvancılıktan başka bildikleri bir geçim kaynağı olmadığından ellerindeki parayı hızla tüketerek sonrasında ciddi problemlerle karşı karşıya kalmaktadırlar. Uluslararası kuruluşlar yeniden yerleşme gerektiren büyük projelerde, yer değiştiren insanların yaşam standartlarının aynı kalmasını veya daha ileriye gitmesini şart koşturmaktadır. Bu açıdan bakıldığında yeniden yerleşim eylem planları hazırlanırken birçok faktör göz önüne alınıp yöre halkının da istekleri doğrultusunda makul, gerçekçi ve yöredeki insanlar için faydalı olacak bir planın hazırlanması gerekmektedir.

Tuzluca Barajı ve HES projesi için yeniden yerleşim eylem planının ise henüz hazırlık aşamasında olduğu ve ilerleyen zamanlarda sonuçlanacağı belirtilmiştir.

2.4.4. Tuzluca Barajı ve HES Projesinin İnşaatında Mevcut Durum

Tuzluca Barajı ve HES projesi rezervuar alanı, kapama seddeleri, elektrik santrali ve diğer yardımcı tesislerden oluşmaktadır. Proje tamamlama süresi 4 yıl olarak belirlenmiştir. Yetkililerden alınan bilgiler neticesinde; baraj projesinin her türlü kati projesinin hazır olduğu ve projenin hükümetimiz tarafından 2018 yılı yatırım programında dahil edildiği, 2018 yılı içerisinde barajın ihalesinin yapılarak inşaatına başlanacağı öğrenilmiştir.

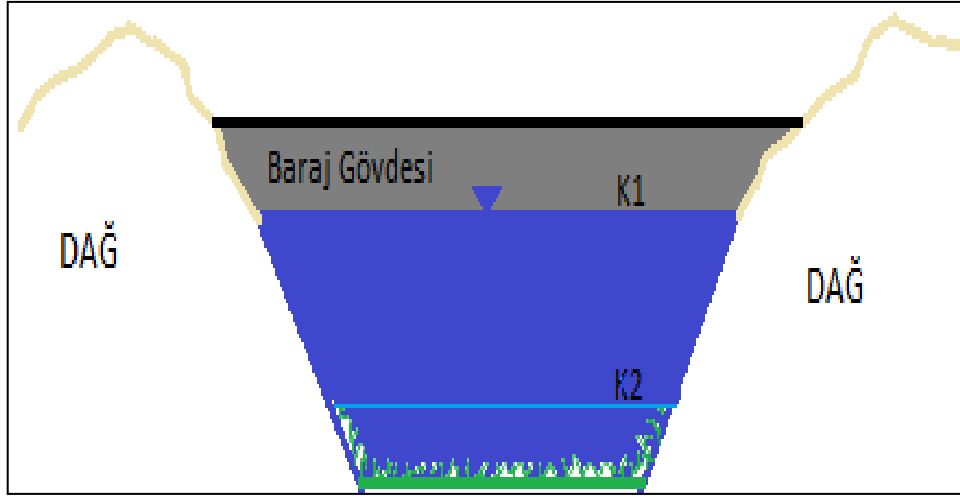
3. BULGULAR

Çalışmanın bu bölümünde Tuzluca Barajı ve HES'in meydana getireceği çevresel etkiler ve bu etkilerin maddi karşılıkları tespit edilmiştir. Bu çevresel etkilerin maliyeti; güncel faiz oranları da dikkate alınarak, barajın ekonomik ömrü süresince her yıl eşit miktarlarda oluşacağı esasına dayanarak hesaplanmıştır. Hesaplamalar yapılırken baraj, rezervuar ve topografyanın karakteristik özellikleri, su altında kalacak alan, bölgenin nüfus yoğunluğu ile daha önce yapılan kabul ve esaslar dikkate alınmıştır. Hesaplamalar sonunda arazi ve tarımsal ürün kayıpları, yeniden yerleşim, GHG emisyonları, iki farklı duruma göre relokasyon yolu maliyetleri ve olası baraj yıkılmasında meydana gelebilecek insan ölümlerinin parasal karşılıkları elde edilmiştir.

3.1. Tuzluca Barajı Rezervuarında Su Altında Kalacak Arazi Alanının Hesaplanması

Barajlar, oluşturduğu geniş su kütlesiyle yapıldığı bölgede bir göl alanı ortaya çıkarmaktadır. Oluşan bu rezervuarda iki farklı alan söz konusudur. Bunlardan biri rezervuarın maksimum su seviyesindeki yüzey alanı, diğeri ise rezervuarın su altında kalan arazi alanıdır ki bu da bölgede baraj su tutmadan önce var olan ve barajın yapılmasıyla birlikte sular altında kalan yerleşim, tarım alanı, yol vs. gibi alanlardır.

Şekil 3.1.'de baraj inşa edilen bir vadi kesiti gösterilmiştir. Burada rezervuarın K1 kotundaki yüzey alanı, rezervuarın maksimum su seviyesindeki yüzey alanıdır ve barajın karakteristik bilgilerinde de verildiği gibi bu alan 16.52 km² 'dir. Şekilde rezervuarın K2 kotundaki yüzey alanı ise; rezervuarın su altında kalan arazi alanını ifade etmektedir ve bu bölümde bu alan hesaplanacaktır.



Şekil 3.1. Bir baraj inşa edilmiş vadi kesiti

Tuzluca Barajı rezervuar alanında sular altında kalacak arazi alanının (A_{RS}) tespiti için barajın karakteristik özellikleri dikkate alınarak aşağıdaki trigonometrik eşitlikler kullanılmıştır.

$$\tan \alpha = \frac{H_B}{0.5 \times 1000 \times B_{RS}} \quad (3.1)$$

$$\tan \beta = \frac{H_B}{1000 \times L_{RS}} \quad (3.2)$$

$$A_{RS} = \frac{(H_B)^2}{\tan \alpha \times \tan \beta \times 10^6} \quad (3.3)$$

Burada;

Tan α : Arazinin eğimi

Tan β : Akarsuyun eğimi

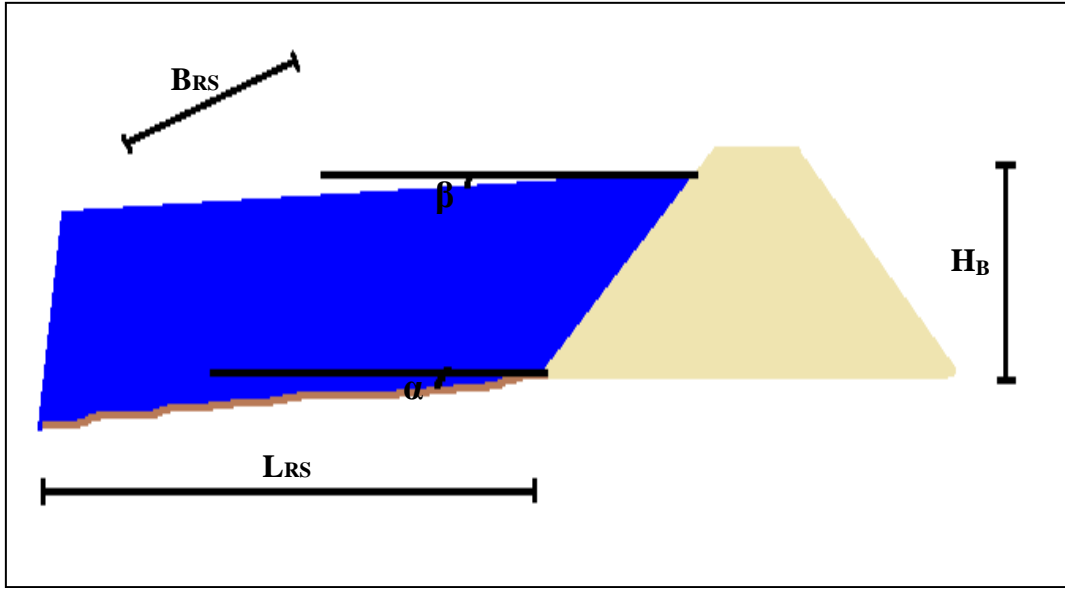
A_{RS} : Su altında kalan rezervuar alanı (km^2)

H_B : Baraj yüksekliği (m)

B_{RS} : Rezervuarın genişliği (m)

L_{RS} : Rezervuarın uzunluğu (m)

Olmak üzere, eşitliklerdeki tüm parametreler aşağıda Şekil 3.2.'de şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 3.2. A_{RS} ' nin tespiti için gerekli parametrelerin şematik gösterimi

$$\tan \alpha = \frac{45}{0.5 \times 1000 \times 1436} = 6.3 \times 10^{-5}$$

$$\tan \beta = \frac{45}{1000 \times 11500} = 3.9 \times 10^{-6}$$

$$A_{RS} = \frac{(45)^2}{6.3 \times 10^{-5} \times 3.9 \times 10^{-6} \times 10^6} = 8.24 \text{ km}^2 \text{ olarak hesaplanmıştır.}$$

3.2. Tuzluca Barajı ve HES Projesi'nde Yeniden Yerleşim Nüfusunun Hesaplanması

Tuzluca Barajı'nın rezervuarından dolayı su altında kalan arazinin alanı bulunduktan sonra ilçe nüfus yoğunluğu dikkate alınarak yeniden yerleşim nüfusu tespit edilmiştir.

$$\text{Yeniden Yerleşim Nüfusu} = A_{RS} \times \text{Nüfus Yoğunluğu} \quad (3.4)$$

$$\text{Yeniden Yerleşim Nüfusu} = 8.24 \times \frac{23402}{1254} = 153.77 \approx 154 \text{ kişi}$$

3.3. Tuzluca Barajı ve HES Projesinde Meydana Gelecek Toplam GHG Emisyon Maliyeti ve Miktarının Hesabı

Küresel boyutta artan enerji talebi dünyanın her yerinde fosil yakıtlara dayalı enerji santrallerinin kurulmasını gerektirmiştir. Bu santraller enerji ihtiyacımızı karşılamasının yanında atmosfere son derece zararlı gazlar salmaktadır. Son yıllarda küresel ısınmanın etkilerinin belirginleşmesi ve canlı hayatının yok olacağı endişesi, enerji üretiminde atmosfer için daha zararsız kaynakların kullanılmasını zorunlu kılmıştır. Bu doğrultuda hidroelektrik, rüzgâr ve güneş gibi yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı santrallere olan yatırımlar son yıllarda büyük ölçüde artmıştır.

Son zamanlarda yapılan çalışmalar göstermiştir ki; yenilenebilir enerji kaynakları da atmosfere CO₂, CH₄ ve SO₂ gibi kirletici gazlar yaymaktadır. Bu gazların miktarının fosil yakıt kullanan santrallere nazaran çok daha az olduğu da bilinmektedir.

3.3.1. İnşaat Sırasında Meydana Gelecek GHG Emisyonlarının Hesaplanması

Çalışmanın bu bölümünde barajların inşaatı ve işletmesi sürecinde havaya yaydığı zararlı gazların miktarı emisyon faktörü kullanılarak tespit edilmiştir.

Emisyon faktörü, herhangi bir faaliyetten kaynaklanan birim değerdeki kirletici miktarını ifade eden katsayı olarak tanımlanmaktadır. Aşağıdaki Tablo 3.1.'de IEA verilerine göre emisyon faktörleri 100 yıllık zaman dilimi esas alınarak verilmiştir.

Tablo 3.1. Yeni baraj inşaatı sırasında meydana gelecek emisyon faktörü değerleri (IEA,1998; Emiroğlu, 2009)

| EF _{inşaat} | | | | |
|----------------------|-------------------------|------------|-------------------------|-------------------------|
| Emisyon Miktarları | CO ₂ (g/kWh) | | SO ₂ (g/kWh) | NO _x (g/kWh) |
| | Beton | Kaya Dolgu | | |
| Düşük | 1.00 | 0.10 | 0.008 | 0.003 |
| Yüksek | 5.90 | 1.00 | 0.100 | 0.013 |
| Ortalama | 2.733 | 0.55 | 0.035 | 0.006 |

Tablodaki veriler kullanılarak aşağıdaki formülasyonla birlikte yeni bir barajın inşaatı sırasında meydana gelen yıllık emisyon miktarı hesaplanmıştır.

$$\text{Emisyon}_{\text{inşaat}} = \text{EF}_{\text{inşaat}} [\text{g/kWh}] \times P [\text{kW}] \times 8760 [\text{sa}] \times \text{KF} \quad (3.5)$$

Burada;

EF_{inşaat} : Emisyon faktörü

P : Santralin kurulu gücü

KF : Kapasite faktörü

Kapasite faktörü (KF), bir santralin belli bir zaman diliminde ürettiği enerjinin maksimum kapasitede üretebileceği enerjiye oranı olarak tanımlanmaktadır. Bir başka deyişle kapasite faktörü, bir santralin verimini gösteren rakamsal bir ifadedir.

Tuzluca Barajı ve HES'in kapasite faktörü, barajın karakteristik bilgilerinde de belirtildiği gibi %67'dir. Tuzluca Barajı ve HES kaya dolgu tipinde bir barajdır ve 20 MW kurulu güce sahiptir.

Formülasyonda gerekli değerler yerlerine yazılarak barajın inşaatı süresince bir yılda meydana gelecek emisyon miktarları aşağıda hesaplanmıştır. Sonuçlar Tablo 3.2. de özetlenmiştir.

$$\text{Emisyon}_{\text{inşaat CO}_2 \text{ düşük}} = 0.10 \times 20 \times 1000 \times 8760 \times 0.67 = 11.74 \text{ ton / yıl}$$

$$\text{Emisyon}_{\text{inşaat CO}_2 \text{ yüksek}} = 1 \times 20 \times 1000 \times 8760 \times 0.67 = 117.40 \text{ ton / yıl}$$

$$\text{Emisyon}_{\text{inşaat CO}_2 \text{ ortalama}} = 0.55 \times 20 \times 1000 \times 8760 \times 0.67 = 64.56 \text{ ton / yıl}$$

$$\text{Emisyon}_{\text{inşaat SO}_2 \text{ düşük}} = 0.008 \times 20 \times 1000 \times 8760 \times 0.67 = 0.94 \text{ ton / yıl}$$

$$\text{Emisyon}_{\text{inşaat SO}_2 \text{ yüksek}} = 0.10 \times 20 \times 1000 \times 8760 \times 0.67 = 11.74 \text{ ton / yıl}$$

$$\text{Emisyon}_{\text{inşaat SO}_2 \text{ ortalama}} = 0.035 \times 20 \times 1000 \times 8760 \times 0.67 = 4.11 \text{ ton / yıl}$$

$$\text{Emisyon}_{\text{inşaat NO}_x \text{ düşük}} = 0.003 \times 20 \times 1000 \times 8760 \times 0.67 = 0.35 \text{ ton / yıl}$$

$$\text{Emisyon}_{\text{inşaat NO}_x \text{ yüksek}} = 0.013 \times 20 \times 1000 \times 8760 \times 0.67 = 1.53 \text{ ton / yıl}$$

$$\text{Emisyon}_{\text{inşaat NO}_x \text{ ortalama}} = 0.006 \times 20 \times 1000 \times 8760 \times 0.67 = 0.70 \text{ ton / yıl}$$

Tablo 3.2. Bir yıllık inşaat süresince meydana gelecek GHG emisyonları miktarı

| Emisyon _{inşaat} | | | |
|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Emisyon Miktarları | CO ₂ (ton/yıl) | SO ₂ (ton/yıl) | NO _x (ton/yıl) |
| Düşük | 11.74 | 0.94 | 0.35 |
| Yüksek | 117.40 | 11.74 | 1.53 |
| Ortalama | 64.56 | 4.11 | 0.70 |

3.3.2. Tuzluca Barajı ve HES'in İşletilmesi Esnasında Meydana Gelecek GHG Emisyonlarının Hesaplanması

Tuzluca Barajı ve HES rezervuarının işletilmesinden dolayı meydana gelecek emisyon miktarının hesabı için, IEA'nın ve WCD'nin verileri kullanılmıştır.

Tablo 3.3. Rezervuar işletmesinden dolayı meydana gelecek yıllık emisyon faktörü değerleri (IEA, 1998; WCD, 2000; Emiroğlu, 2009)

| EF _{işletme} | | | | |
|-----------------------|---|---|---|---|
| Emisyon Miktarları | Tropik | | Kuzey | |
| | CO ₂ (ton/km ² /yıl) | CH ₄ (ton/km ² /yıl) | CO ₂ (ton/km ² /yıl) | CH ₄ (ton/km ² /yıl) |
| Düşük | 150 | 1.5 | 183 | 1.8 |
| Yüksek | 4000 | 40 | 1350 | 13.5 |
| Ortalama | 1798 | 18 | 693 | 6.9 |

Tuzluca Barajı için tabloda Kuzey sütunundaki emisyon faktörü değerleri dikkate alınmıştır.

$$\text{Emisyon}_{\text{işletme}} = A_{RS} [\text{km}^2] \times \text{EF}_{\text{işletme}} [\text{ton/km}^2/\text{yıl}] \quad (3.6)$$

Burada A_{RS} ; Tuzluca Barajı'nın rezervuarından dolayı su altında kalan arazinin alanını temsil etmektedir. Bu alan daha önce 8,24 km² olarak hesaplanmıştı. Tablo 3.3.'den alınan $\text{EF}_{\text{işletme}}$ değerleri formülasyonda yerine konulduğunda ortaya çıkan emisyon miktarı hesapları aşağıda gösterilmiştir.

$$\text{Emisyon}_{\text{işletme CO}_2 \text{ düşük}} = 8.24 \times 183 = 1507.92 \text{ ton/yıl}$$

$$\text{Emisyon}_{\text{işletme CO}_2 \text{ yüksek}} = 8.24 \times 1350 = 11124 \text{ ton/yıl}$$

$$\text{Emisyon}_{\text{işletme CO}_2 \text{ ortalama}} = 8.24 \times 693 = 5710.32 \text{ ton/yıl}$$

$$\text{Emisyon}_{\text{işletme CH}_4 \text{ düşük}} = 8.24 \times 1.80 = 14.83 \text{ ton/yıl}$$

$$\text{Emisyon}_{\text{işletme CH}_4 \text{ yüksek}} = 8.24 \times 13.5 = 111.24 \text{ ton/yıl}$$

$$\text{Emisyon}_{\text{işletme CH}_4 \text{ ortalama}} = 8.24 \times 6.90 = 56.86 \text{ ton/yıl}$$

Tuzluca Barajı'nın işletilmesiyle meydana gelecek yıllık emisyon miktarları yukarıda hesaplanıp Tablo 3.4.'de özetlenmiştir.

Tablo 3.4. Tuzluca Barajı ve HES projesinin rezervuar işletmesinden kaynaklanan bir yıllık emisyon miktarları

| Emisyon _{işletme} | | |
|----------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Emisyon Miktarı | CO ₂ (ton/yıl) | CH ₄ (ton/yıl) |
| Düşük | 1507.92 | 14.83 |
| Yüksek | 11124 | 111.24 |
| Ortalama | 5710.32 | 56.86 |

3.3.3. Tuzluca Barajı ve HES Projesinde Bir Yılda Meydana Gelecek Toplam Emisyon Miktarının Hesaplanması

Toplam GHG emisyonu miktarını hesaplariken Karbon eşdeğer formunda bir toplam emisyon miktarı hesaplanmıştır. Bu hesaplama yapılırken CH₄ (metan) gazının küresel ısınma potansiyeli (GWP_{CH4}) ile Karbon (C) ve Karbondioksit (CO₂) gazlarının birim molekül ağırlıkları kullanılmıştır.

Kyoto Protokolü kapsamındaki altı sera gazı, sera etkisi açısından farklı etkilere sahiptir. CO₂'nin etkisinin bir birim kabul edilmesi halinde her bir gazın 100 yıllık zaman diliminde atmosferde yarattığı göreceli etki “küresel ısınma potansiyeli” olarak hesaplanmaktadır. Altı temel sera gazı ve ömürleri Tablo 3.5.'de gösterilmektedir. İnsan kaynaklı sera gazının toplam değerinin CO₂ eşdeğeri olarak ifade edilmesi için bu dönüştürme katsayıları kullanılmaktadır (Keskin, 2008).

Tablo 3.5. Sera gazları küresel ısınma potansiyelleri ve ömürleri (Keskin, 2008)

| Kyoto Protokolü Kapsamındaki Sera Gazları | Küresel Isınma Potansiyeli | Atmosferde Kalma Süresi (yıl) |
|--|-----------------------------------|--------------------------------------|
| Karbondiyoksit (CO ₂) | 1 | 5-200 |
| Metan (CH ₄) | 21 | 12 |
| Diazot Monoksit (N ₂ O) | 310 | 114 |
| Hidroflorokarbonlar (HFCs) | 140-12000 | 2- > 50000 |
| Perflorokarbonlar (PFCs) | | |
| Kükürt Heksaflorid (SF ₆) | 23900 | 3200 |

$$GHG_{\text{toplam}} = [CO_2 \text{ inşaat} + CO_2 \text{ işletme} + (GWP_{CH_4} \times CH_4 \text{ işletme})] \times \frac{M_C}{M_{CO_2}} \quad (3.7)$$

Burada M_C ve M_{CO_2} ; sırasıyla Karbon ve Karbondiyoksitin moleküler ağırlığını temsil etmektedir. $M_C = 12 \text{ g/mol}$, $M_{CO_2} = 44 \text{ g/mol}$ olduğu bilinmektedir.

Tablo 3.2., 3.4. ve 3.5.' deki gerekli değerler alınıp formülasyondaki işlemler aşağıda yapılarak Tuzluca Barajı ve HES'in meydana getireceği toplam GHG emisyon miktarı hesaplanmıştır. Sonuçlar Tablo 3.6.'da verilmiştir.

$$GHG_{\text{toplam düşük}} = [11.74 + 1507.92 + (21 \times 14.83)] \times \frac{12}{44} = 499.40 \text{ ton/yıl}$$

$$GHG_{\text{toplam yüksek}} = [117.40 + 11124 + (21 \times 111.24)] \times \frac{12}{44} = 3702.94 \text{ ton/yıl}$$

$$GHG_{\text{toplam ortalama}} = [64.56 + 5710.32 + (21 \times 56.86)] \times \frac{12}{44} = 1900.62 \text{ ton/yıl}$$

Tablo 3.6. Tuzluca Barajı ve HES projesinde bir yılda meydana gelecek toplam GHG emisyonu miktarı

| Toplam Emisyonlar | |
|--------------------------|----------------------------------|
| Emisyon Miktarları | Toplam GHG Emisyonu (ton/yıl) |
| Düşük | 499.40 |
| Yüksek | 3702.94 |
| Ortalama | 1900.62 |

Benzer emisyon miktarı hesabı daha önceden, Tuzluca Barajı'na göre çok daha büyük bir kurulu güce (103 MW) sahip Sarıgül Barajı için de yapıldığında toplam emisyon miktarının Tuzluca Barajı'ninkinden daha az olduğu görülmüştür. Hesaplamalar sonucunda Sarıgül Barajı'nın meydana getireceği toplam emisyon miktarı ortalama ölçekte 471.82 ton/yıl olarak tespit edilmiştir (Doğanoğlu, 2011).

Bu sonuç Tuzluca Barajı'nın su altında kalan arazi alanının Sarıgül Barajı'ninkine oranla daha büyük olmasından kaynaklanmaktadır. Bu örnek barajlardan kaynaklanan GHG emisyon miktarının hesabında en etkin parametrenin üretilen enerji miktarının değil, su altında kalan arazinin alanı olduğunu ortaya koymaktadır.

3.3.4. Tuzluca Barajı ve HES Projesinde Meydana Gelecek Toplam GHG Emisyonlarının Maliyetinin Hesaplanması

Salınan toplam emisyonun maliyetinin hesaplanabilmesi için karbon emisyonunun birim maliyetinin (C_M) bilinmesi gerekmektedir. Uluslararası piyasada ekonomik bir karşılığı bulunan karbon emisyonunun güncel maliyeti 7.81 €/ton (8.87 \$/ton = 33.81 TL/ton) olduğu tespit edilmiştir. (URL-9).

$$\text{Emisyon Maliyeti}_{\text{MWh}} = \frac{\text{GHG}_{\text{toplaml,yillik}} \times C_M}{P[\text{MW}] \times 8760[\text{sa}] \times \text{KF}} \quad (3.8)$$

Formülasyondaki ifadeler yerlerine yazılarak Tuzluca Barajı ve HES'in bir MWh başına üreteceği emisyon miktarının düşük, yüksek ve ortalama ölçekte ekonomik karşılıkları hesaplanmıştır. Sonuçlar Tablo 3.7.'de özetlenmiştir.

$$\text{Emisyon Maliyeti}_{\text{MWh düşük}} = \frac{499.40 \times 8.87}{20 \times 8760 \times 0.67} = 0.038 \text{ \$/MWh}$$

$$\text{Emisyon Maliyeti}_{\text{MWh yüksek}} = \frac{3702.94 \times 8.87}{20 \times 8760 \times 0.67} = 0.28 \text{ \$/MWh}$$

$$\text{Emisyon Maliyeti}_{\text{MWh ortalama}} = \frac{1900.62 \times 8.87}{20 \times 8760 \times 0.67} = 0.14 \text{ \$/MWh}$$

Tablo 3.7. Tuzluca Barajı ve HES'deki toplam emisyon maliyetleri

| Emisyon Miktarı | Emisyon Maliyeti _{MWh} (\$/MWh) |
|-----------------|---|
| Düşük | 0.038 |
| Yüksek | 0.28 |
| Ortalama | 0.14 |

Hesaplamalar sonucunda bir MWh enerji üretimi için meydana gelecek toplam emisyon maliyeti 0.14 \$ (0.53 TL) olarak hesaplanmıştır.

3.4. Olası Baraj Yıkılmasında Meydana Gelecek Can Kayıpları Miktarının Hesaplanması

Barajların yıkılması, birçok can ve mal kaybına sebep olması bakımından felaket olarak nitelendirilebilir. Yıkılmanın etkileri bölgenin karakteristik özelliklerine göre her bölge için farklı boyutlarda meydana gelmektedir.

Baraj yıkılmasından kaynaklı hayat kaybının tespiti için, önce uygun model seçimine gidilmiştir. Bunun için Tuzluca Barajı'nın risk altındaki nüfusu (Par) ve uyarı vakti (W_t) dikkate alınarak, baraj yıkılması veya aşırı yağıştan dolayı geçmişte yaşanan 5 ayrı sel olayı seçilmiştir. Bu taşkınların yaşanması sonucunda meydana gelen gerçek ölüm sayıları, iki farklı modelden elde edilen tahmini hayat kaybı sayılarıyla karşılaştırılarak hata durumu tespit edilmiştir ve bu doğrultuda hata miktarı az olan model uygun model olarak seçilmiştir.

3.4.1. Meydana Gelebilecek Can Kaybı Miktarının Tespiti İçin Uygun Model Seçimi

Aday modeller olarak Lee ve Dekay-McClelland modelleri dikkate alınmıştır. Hesaplamaların yapılacağı 5 taşkın olayı ise Tablo 3.8.'de verilmiştir.

Tablo 3.8. Geçmişte yaşanan taşkın olayları ve karakteristik özellikleri (Bowles-McClelland, 2002).

| Baraj Adı | Par (kişi) | W_t (saat) | Sel Şiddeti | Gerçek Ölüm Sayısı |
|--------------------------------------|---------------|-----------------|----------------|-----------------------|
| Teton Barajı (ABD 1976) | 2000 | 0.75 | 1 | 11 |
| Austin Shoal Taşkını (ABD 1981) | 1180 | 1 | 1 | 13 |
| Big Thompson Taşkını (ABD 1976) | 2500 | 0.5 | 1 | 144 |
| Mohegan Park Barajı (İngiltere 1963) | 1000 | 0 | 0 | 6 |
| Buffalo Creek Barajı (ABD 1972) | 5000 | 0.5 | 1 | 125 |

3.4.1.1. Lee and Others for the Institute of Water Resources Modeli İçin Can Kaybı Miktarlarının Hesabı (U.S. Army Corps of Engineers)

Çalışmanın bu bölümünde Lee ve diğer Institute of Water Resources kuruluşu uzmanları tarafından geliştirilen bağıntı yardımıyla, seçtiğimiz 5 ayrı taşkın olayı ayrı ayrı irdelenmiş ve muhtemel can kaybı sayıları tespit edilmiştir.

$$LOL = e^{0.67\log(\text{Par}) - 0.014(W_t)} \quad (3.9)$$

Burada;

LOL: Muhtemel hayat kaybı sayısı

Par: Risk altındaki nüfus

W_t : Uyarı vakti

1) Teton Barajı Yıkılması

Teton Barajı 1976 yılında ABD'nin Idaho eyaletinde yıkılmıştır. Yıkılma sebebi olarak baraj gövdesinde meydana gelen borulanma gösterilmiştir. Barajın yıkılması sonucu 11 kişi hayatını kaybetmiştir.

Teton Barajı için $\text{Par} = 2000$ kişi, $W_t = 0.75$ saat, değerler bağıntıda yerine yazıldığında;

$$LOL = e^{0.67\log(2000) - 0.014(0.75)}$$

$$LOL = 9.03 \approx 9 \text{ kişi}$$

Tahmini hayat kaybı sayısı 9 olarak hesaplanmıştır.

2) Austin Shoal Taşkını

Austin Shoal taşkını, ABD'nin Teksas eyaletinin Austin kentinde, 1981 yılında meydana gelmiştir. Shoal deresinde meydana gelen taşkın olayında 13 kişi hayatını kaybetmiştir.

Austin taşkını için; $Par = 1180$ kişi, $W_t = 1$ saat, değerler bağıntıda yerine yazıldığında;

$$LOL = e^{0.67\log(1180) - 0.014(1)}$$

$$LOL = 7.72 \approx 8 \text{ kişi}$$

Tahmini hayat kaybı sayısı 8 olarak hesaplanmıştır.

3) Big Thompson Taşkını

Big Thompson taşkını, ABD'nin Colorado eyaletinde 1976 yılında meydana gelmiştir. Big Thompson Nehrinde meydana gelen taşkın olayında 144 kişi hayatını kaybetmiştir.

Big Thompson taşkını için; $Par = 2500$ kişi, $W_t = 0.5$ saat, değerler bağıntıda yerine yazıldığında;

$$LOL = e^{0.67\log(2500) - 0.014(0.5)}$$

$$LOL = 9.67 \approx 10 \text{ kişi}$$

Tahmini hayat kaybı sayısı 10 olarak hesaplanmıştır.

4) Mohegan Park Barajı Yıkılması

Mohegan Park Barajı 1963 yılında İngiltere'nin Norwich kentinde yıkılmıştır. Barajın yıkılma sebebi olarak gövdedeki çatlaklardan suyun sızması gösterilmiştir. Barajın yıkılması sonucunda 6 kişi hayatını kaybetmiştir.

Mohegan Park Barajı için $Par = 1000$ kişi, $W_t = 0$ saat, değerler bağıntıda yerine yazıldığında;

$$LOL = e^{0.67\log(1000)}$$

$$LOL = 7.46 \approx 7 \text{ kişi}$$

Tahmini hayat kaybı sayısı 7 olarak hesaplanmıştır.

5) Buffalo Creek Barajı Yıkılması

Buffalo Creek Barajı 1972 yılında ABD'nin Virginia eyaletinde yıkılmıştır. Barajın yıkılma sebebi olarak temel tasarımında yapılan hatalar ve dolgu sıkıştırmasının iyi yapılamaması gösterilmiştir. Barajın yıkılması sonucunda 125 kişi hayatını kaybetmiştir.

Buffalo Creek Barajı için $Par = 5000$ kişi, $W_t = 0.5$ saat, değerler bağıntıda yerine yazıldığında;

$$LOL = e^{0,671\log(5000) - 0,014(0,5)}$$

$$LOL = 11.83 \approx 12 \text{ kişi}$$

Tahmini hayat kaybı sayısı 12 olarak hesaplanmıştır.

3.4.1.2. DeKay and McClelland for the United States Modeli İçin Can Kaybı Miktarlarının Hesabı (Bureau of Reclamation)

Çalışmanın bu bölümünde DeKay ve McClelland tarafından geliştirilen bağıntı yardımıyla, seçtiğimiz 5 ayrı taşkın olayı ayrı ayrı irdelenmiş ve muhtemel can kaybı sayıları tespit edilmiştir.

$$\text{Sel Şiddeti: 1} \rightarrow LOL = \frac{Par}{1 + 13.277(Par^{0.44}) \times e^{[2.982(W_t) - 3.79]}} \quad (3.10)$$

$$\text{Sel Şiddeti: 0} \rightarrow LOL = \frac{Par}{1 + 13.277(Par^{0.44}) \times e^{[0.759(W_t)]}} \quad (3.11)$$

1) Teton Barajı Yıkılması

Teton Barajı için; Par = 2000 kişi, $W_t = 0.75$ saat ve Sel şiddeti: 1, değerler bağıntıda yerine yazıldığında;

$$LOL = \frac{2000}{1 + 13.277(2000^{0.44}) \times e^{[2.982(0.75) - 3.79]}}$$

$$LOL = 24.83 \approx 25 \text{ kişi}$$

Tahmini hayat kaybı sayısı 25 olarak hesaplanmıştır.

2) Austin Shoal Taşkını

Austin taşkını için; Par = 1180 kişi, $W_t = 1$ saat ve Sel şiddeti: 1, değerler bağıntıda yerine yazıldığında;

$$LOL = \frac{1180}{1 + 13.277(1180^{0.44}) \times e^{[2.982 - 3.79]}}$$

$$LOL = 8.81 \approx 9 \text{ kişi}$$

Tahmini hayat kaybı sayısı 9 olarak hesaplanmıştır.

3) Big Thompson Taşkını

Big Thompson taşkını için; Par = 2500 kişi, $W_t = 0.5$ saat ve Sel şiddeti: 1, değerler bağıntıda yerine yazıldığında;

$$LOL = \frac{2500}{1 + 13.277(2500^{0.44}) \times e^{[2.982(0.5) - 3.79]}}$$

$$LOL = 58.6 \approx 59 \text{ kişi olarak hesaplanmıştır.}$$

4) Mohegan Park Barajı Yıkılması

Mohegan Park Barajı için Par = 1000 kişi, $W_t = 0$ saat ve Sel şiddeti: 0, değerler bağıntıda yerine yazıldığında;

$$LOL = \frac{1000}{1 + 13.277(1000^{0.44}) \times e^{[0]}}$$

$$LOL = 3.59 \approx 4 \text{ kişi}$$

Tahmini hayat kaybı sayısı 4 olarak hesaplanmıştır.

5) Buffalo Creek Barajının Yıkılması

Buffalo Creek Barajı için Par = 5000 kişi, $W_t = 0.5$ saat ve Sel şiddeti: 1, değerler bağıntıda yerine yazıldığında;

$$LOL = \frac{5000}{1 + 13.277(5000^{0.44}) \times e^{[2.982(0.5) - 3.79]}}$$

$$LOL = 86.93 \approx 87 \text{ kişi}$$

Tahmini hayat kaybı sayısı 87 olarak hesaplanmıştır.

İki ayrı model için de hesaplamalar yapılmıştır. Sonuçlar gerçek ölüm sayıları ile karşılaştırılarak hata miktarları tespit edilmiştir.

Hata miktarının tespiti;

Hata miktarı = Gerçek Ölüm Sayısı – Tahmini Hayat Kaybı Sayısı olarak belirlenerek sonuçlar Tablo 3.9.'da verilmiştir.

Tablo 3.9. Modellerin karşılaştırılması

| Baraj | Gerçek Ölüm Sayısı | LOL _{Lee} | LOL _{DeKay-McClelland} | Hata Miktarları | |
|----------------------|--------------------|--------------------|---------------------------------|-----------------|------------------|
| | | | | Lee | DeKay McClelland |
| Teton Barajı | 11 | 9 | 25 | 2 | 14 |
| Austin | 13 | 8 | 9 | 5 | 4 |
| Big Thompson | 144 | 10 | 59 | 134 | 85 |
| Mohegan Park Barajı | 6 | 7 | 4 | 1 | 2 |
| Buffalo Creek Barajı | 125 | 12 | 87 | 113 | 38 |

Tablo 3.9.'da görüldüğü gibi seçilen barajlarda DeKay-McClelland tarafından ortaya atılan model gerçek sonuçlara daha çok yaklaşmıştır. Bu sebeple Tuzluca Barajı'nın yıkılması durumunda meydana gelebilecek can kayıplarının sayısının tespiti için DeKay-McClelland modeli kullanılmıştır.

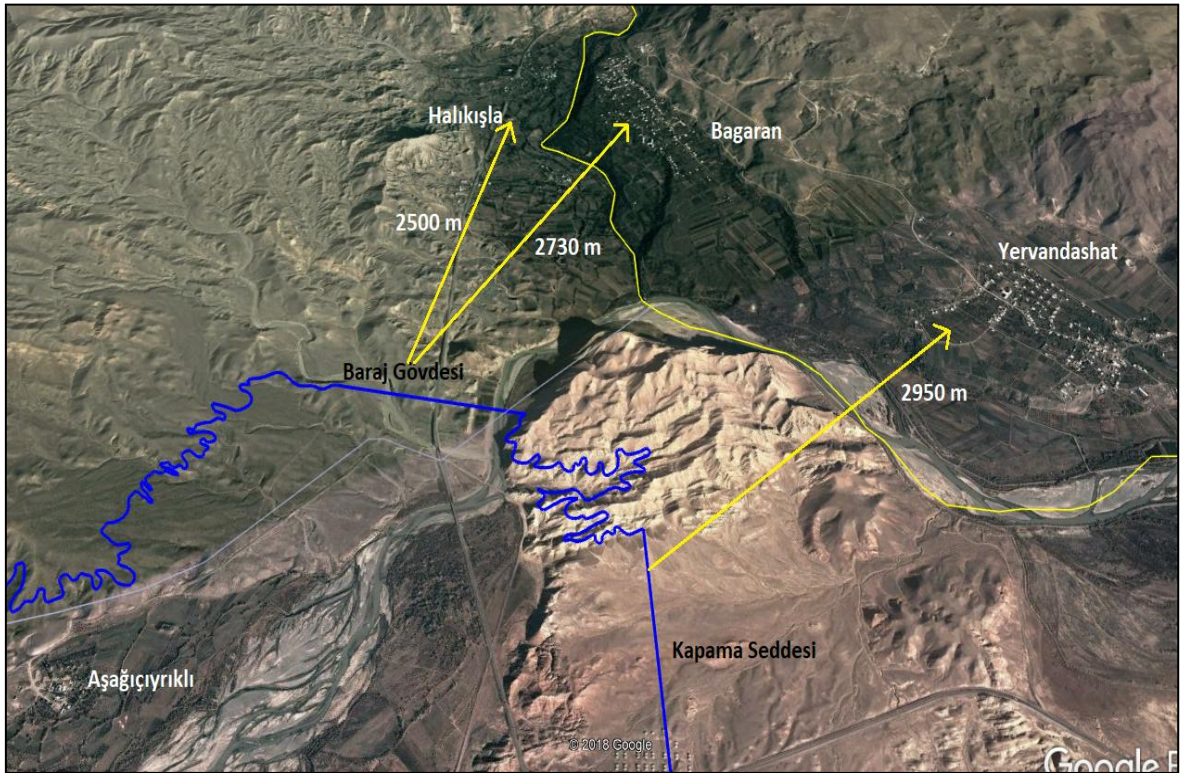
3.4.2. Tuzluca Barajı'nın Yıkılması Durumunda Meydana Gelebilecek Can Kaybı Miktarının Hesaplanması

Tuzluca Barajı'nın yıkılması durumunda oluşabilecek hayat kayıplarının hesaplanabilmesi için risk altındaki nüfus (P_r) ve uyarı vaktinin (W_t) bilinmesi gerekmektedir. Risk altındaki nüfus olarak Tuzluca Barajı'nın mansap kısmında bulunan yerleşimlerin nüfusu dikkate alınmıştır.

Tuzluca Barajı'nın mansabında bulunan yerleşimler; Kars'ın Digor ilçesine bağlı Halıkışla Köyü ile şuan Ermenistan sınırlarında bulunan, eski adı Hacı Bayram olan Bagaran Köyü ve yine Ermenistan sınırlarındaki Yervandashat Köyüdür. Bu yerleşimlerin nüfusu Tablo 3.10.'da verilmiştir.

Tablo 3.10. Tuzluca Barajı'nın mansabında bulunan yerleşimlerin nüfusu

| Yerleşim Adı | Nüfus |
|----------------------------|-------------|
| Halıkışla Köyü | 502 (2014) |
| Bagaran (Hacı Bayram) Köyü | 622 (2011) |
| Yervandashat Köyü | 654 (2011) |
| Toplam | 1778 |



Şekil 3.3. Tuzluca Barajı mansabında bulunan yerleşimler

Tuzluca Barajı'nın yıkılması durumunda hesaplamalar DeKay-McClelland modeline göre yapılmıştır. Uyarı vakti değeri 0.5 saat ve sel şiddeti 1 olarak kabul edilmiştir. Değerler bağıntıda yerine yazıldığında;

$$LOL = \frac{Par}{1 + 13.277(Par^{0.44}) \times e^{[2.982(W_t) - 3.79]}}$$

$$LOL = \frac{1778}{1 + 13.277(1778^{0.44}) \times e^{[2.982(0.5) - 3.79]}}$$

LOL = 48.2 \approx 49 kişi olarak hesaplanmıştır.

Ortalama baraj yıkılma oranına (T_{ort}) bağlı olarak bir yılda gerçekleşmesi beklenen can kaybı miktarı (EXP_{LOL}) aşağıda hesaplanmıştır. J. Tatalovich, ortalama baraj yıkılma oranının (T_{ort}) 10^{-4} olarak alınabileceğini belirtmiştir (Tatalovich, 1998).

$$EXP_{LOL} = T_{ort} \times LOL \quad (3.12)$$

$$EXP_{LOL} = 10^{-4} \times 49$$

$EXP_{LOL} = 0.0049$ kişi olarak hesaplanmıştır.

3.4.3. Tuzluca Barajı'nın Yıkılması Durumunda Meydana Gelebilecek Can Kaybı Maliyetinin Hesaplanması

Herhangi bir sebepten dolayı baraj yıkılmasına bağlı olarak beklenen can kayıplarının ekonomik bir değere dönüştürülebilmesi için, insan hayatının istatistiksel değerinin bilinmesi gerekmektedir. 2010 yılında Amerikan Çevre Koruma Ajansı (EPA), maliyet-kazanç analizleri sonucunda insan hayatının ekonomik değerinin 9.1 milyon \$ olduğunu belirtmiştir. Bununla ilgili daha güncel bir veri olarak, ABD Ulaştırma Bakanlığı 2016 yılında yayınladığı bir raporda bu değer 9.6 milyon \$ olduğunu açıklamıştır.

Bu çalışma kapsamında insan hayatının ekonomik değeri, ABD Ulaştırma Bakanlığı'nın yayınladığı rapora göre 9.6 milyon \$ olarak kabul edilmiştir. Eşitlik 3.13. yardımıyla 1 MWh üretim başına gerçekleşmesi beklenen can kaybının ekonomik karşılığı hesaplanmıştır.

$$EXP_{LOL(\$)} = \frac{EXP_{LOL} \times 9.6 \times 10^6 \$}{P \text{ [MW]} \times 8760 \times KF} \quad (3.13)$$

$$EXP_{LOL(\$)} = \frac{0.0049 \times 9.6 \times 10^6 \$}{20 \times 8760 \times 0.67} = 0.40 \$ \text{ (1.52 TL) olarak hesaplanmıştır.}$$

3.5. Tuzluca Barajı ve HES Projesi İçin Yeniden Yerleşme Maliyetinin Hesaplanması

Yeniden yerleşme maliyetinin hesabı için Markandya (2000) tarafından geliştirilen bağıntı kullanılmıştır (Emiroğlu, 2009).

$$YYM = YYN \times [1.33 \times GSYH_{kişi} (\$/kişi)] \quad (3.14)$$

Burada;

YYM: Yeniden yerleşim maliyeti

YYN: Yeniden yerleşen nüfus

GSYH_{kişi} : Kişi başına düşen gayrisafi yurtiçi hasıla değeri

Bağıntıdaki GSYH_{kişi} değeri TÜİK'in Aralık-2017 verilerine göre 11760 \$ olarak kabul edilmiştir. YYN ise daha önceden bölüm 3.2.'de 154 kişi olarak hesaplanmıştır.

$$YYM = 154 \times (1.33 \times 11760 \$)$$

$$YYM = 2.40 \times 10^6 \$$$

Baraj projeleri gibi ekonomik ömrü uzun olan projelerin fayda – maliyet analizleri yapılırken karşılaştırmalar aynı para biriminde ve aynı zamanda yapılmaktadır. Fayda ve maliyetlerin aynı zamana dönüştürülmesi için, güncel faiz oranları da dikkate alınarak yıllık seri ödemelerin bugünkü değeri formülü kullanılmaktadır (Ağırlioğlu, 2007).

Tuzluca Barajı'nın yapılmasıyla bir MWh başına düşen yeniden yerleşme maliyetinin harici bileşeni [\$/MWh], eşitlik 3.15 yardımıyla hesaplanmıştır.

$$YYM_{\text{harici,MWh}} = \frac{YYM [\text{\$}] \times \frac{i \times (1 + i)^n}{(1 + i)^n - 1}}{P[\text{MW}] \times 8760 \times \text{KF}} \quad (3.15)$$

Burada;

i: Güncel faiz oranı

n: Barajın ekonomik ömrü

Tuzluca Barajı ve HES'in ekonomik ömrü 50 yıldır.

Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası'nın 2017 verilerine göre ülkemiz için güncel faiz oranı % 9,25'tir.

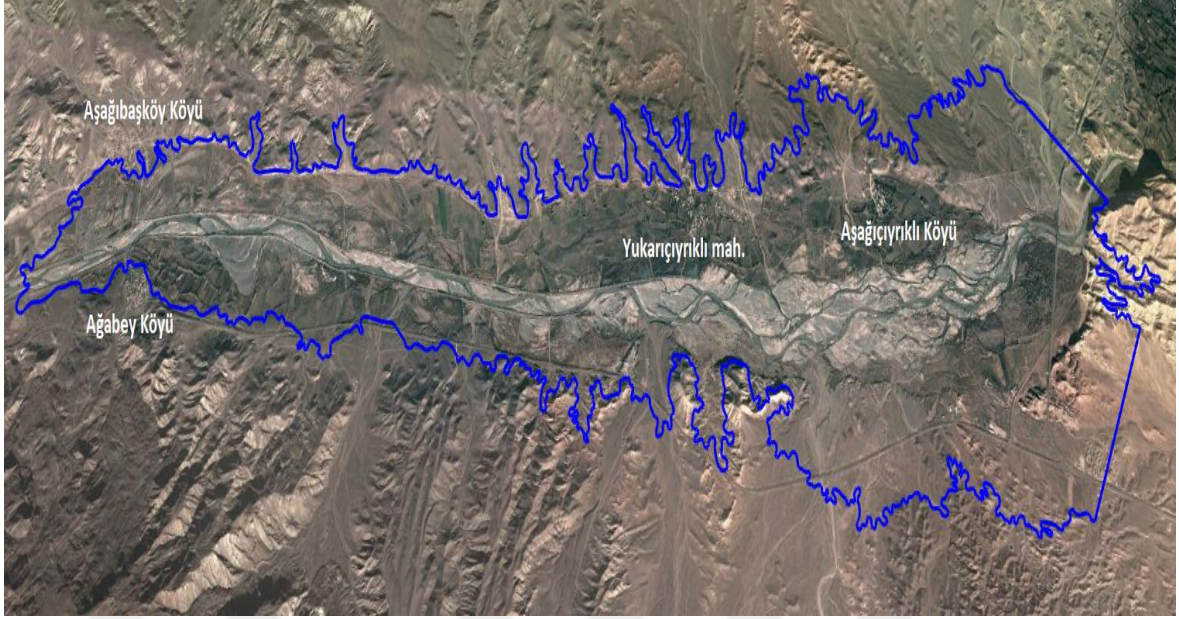
$$YYM_{\text{harici,MWh}} = \frac{2.40 \times 10^6 \$ \times \frac{0.0925 \times (1 + 0.0925)^{50}}{(1 + 0.0925)^{50} - 1}}{20 \times 8760 \times 0.67}$$

$YYM_{\text{harici,MWh}} = 1.92 \$ (7,30 \text{ TL})$ olarak hesaplanmıştır.

3.6. Tuzluca Barajı ve HES Projesi İçin Arazi Kaybı Maliyetinin Hesaplanması

Barajın yapılmasıyla birlikte oluşan rezervuar, o bölgedeki araziye su altında bırakarak bir arazi kaybı meydana getirmektedir. Tuzluca Barajı ve HES'in yapılmasıyla birlikte su altında kalacak olan Tuzluca ilçesine ait Aşağıçıyırıklı ve Ağabey köyleri ile Digor ilçesine bağlı Aşağıbaşköy köyü ayrı ayrı incelenmiştir.

Şekil 3.4.'de Tuzluca Barajı ve HES projesinin yapılmasıyla su altında kalacak araziler gösterilmiştir.



Şekil 3.4. Tuzluca Barajı'nın sular altında bırakacağı araziler

Tuzluca Barajı'nın meydana getireceği arazi kaybının ekonomik değeri için daha önceden belirlenen kamulaştırma bedeli esas alınmıştır. Tuzluca Barajı kamulaştırma etütleri EİE İdaresi Genel Müdürlüğü Kamulaştırma Şube Müdürlüğü tarafından yapılmış ve 950-1010 m kotları arası kamulaştırma bedeli 2002 yılı birim fiyatlarıyla 7.861 trilyon TL (eski) olarak belirtilmiştir. Bu parasal değeri 2018 yılına göre güncellemek için TÜİK'in Parasal Değerleri Güncelleme Aracı kullanılmıştır. Buna göre toplam kamulaştırma bedeli 36,398,823.32 TL olarak belirlenmiştir.

$$\text{Arazi Kaybı Maliyeti} = 36,398,823.32 \text{ TL}$$

$$\text{Arazi Kaybı Maliyeti} = 9.58 \times 10^6 \text{ \$}$$

Üretilecek bir MWh enerji için meydana gelecek arazi kaybı maliyetinin tespiti için yine güncel faiz oranları da dikkate alınarak eşitlik 3.16 kullanılmıştır.

$$AKM_{MWh} = \frac{AKM [\text{\$}] \times \frac{i \times (1 + i)^n}{(1 + i)^n - 1}}{P[\text{MW}] \times 8760 \times KF} \quad (3.16)$$

Burada;

AKM_{MWh} : 1 MWh üretim başına arazi kaybı maliyeti

AKM : Arazi kaybı maliyeti

n: Barajın ekonomik ömrü

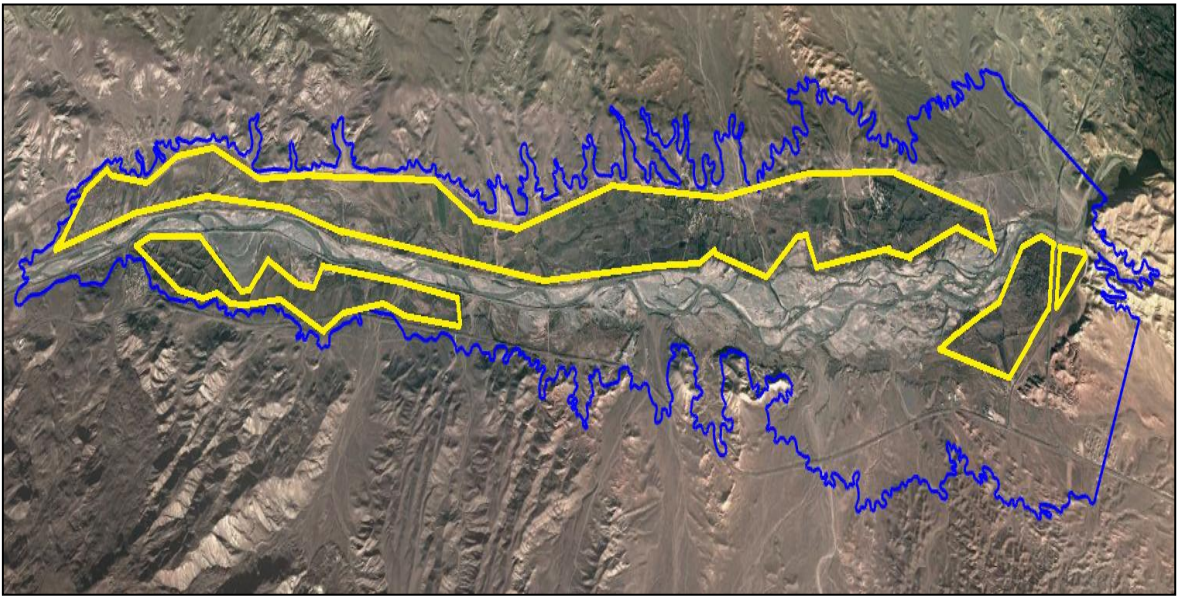
i: Güncel faiz oranı

$$AKM_{MWh} = \frac{9.58 \times 10^6 [\text{\$}] \times \frac{0.0925 \times (1 + 0.0925)^{50}}{(1 + 0.0925)^{50} - 1}}{20 \times 8760 \times 0.67}$$

$AKM_{MWh} = 7.64 \text{ \$ (29.04 TL)}$ olarak hesaplanmıştır.

3.7. Tuzluca Barajı ve HES Projesinden Kaynaklanacak Tarımsal Ürün Kaybının Hesaplanması

Bir bölgeye baraj yapılması o bölgede daha önceden süregelen tarımsal üretimin de sonlanmasına sebep olmaktadır. Baraj bölgesinde tarımın yoğun olarak yapıldığı alanlar aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.



Şekil 3.5. Tuzluca Barajı'nın sular altında bırakacağı tarım arazileri

Tuzluca Barajı ve HES projesinin çevresel etki maliyeti hesaplanırken tarımsal üretim kayıpları da dikkate alınmıştır. Proje alanında yetiştirildiği tespit edilen kayısı, elma, domates, buğday, arpa, yonca, fasulye, patates gibi sebze ve bahçe ürünlerinin yıllık üretim miktarları Tuzluca Barajı ve HES Projesi Yapılabilirlik Raporundan alınmış, birim maliyet tespitinde ise TÜİK verilerine göre piyasa fiyatlarından yararlanılmıştır (URL-10). Sonuçlar Tablo 3.11.'de özetlenmiştir.

Tablo 3.11. Tarımsal üretim kayıplarının maliyeti

| Tarımsal Ürünler | Üretim miktarı (ton) | Birim Fiyat (TL/ton) | Tarımsal Üretim Kaybı Maliyeti (TL) |
|------------------|-------------------------|-------------------------|---|
| Kayısı | 67.35 | 2290 | 154231.50 |
| Elma | 107.76 | 1060 | 114225.60 |
| Domates | 316.55 | 1250 | 395687.50 |
| Buğday | 278.40 | 810 | 225504.00 |
| Arpa | 10.80 | 680 | 7344.00 |
| Yonca | 249.23 | 500 | 124615.00 |
| Fasulye | 13.47 | 2510 | 33809.70 |
| Patates | 23.61 | 640 | 15110.40 |
| TOPLAM | | | 1,070,527.70 |

1,070,527.70 TL = 281718 \$

$$TÜKM_{MWh} = \frac{TÜK [\text{ton}] \times TÜKM [\$]}{P [\text{MW}] \times 8760 \times KF} \quad (3.17)$$

Burada;

$TÜKM_{MWh}$: 1 MWh Başına Tarımsal Üretim Kaybı Maliyeti

TÜK : Tarımsal Üretim Kaybı Miktarı

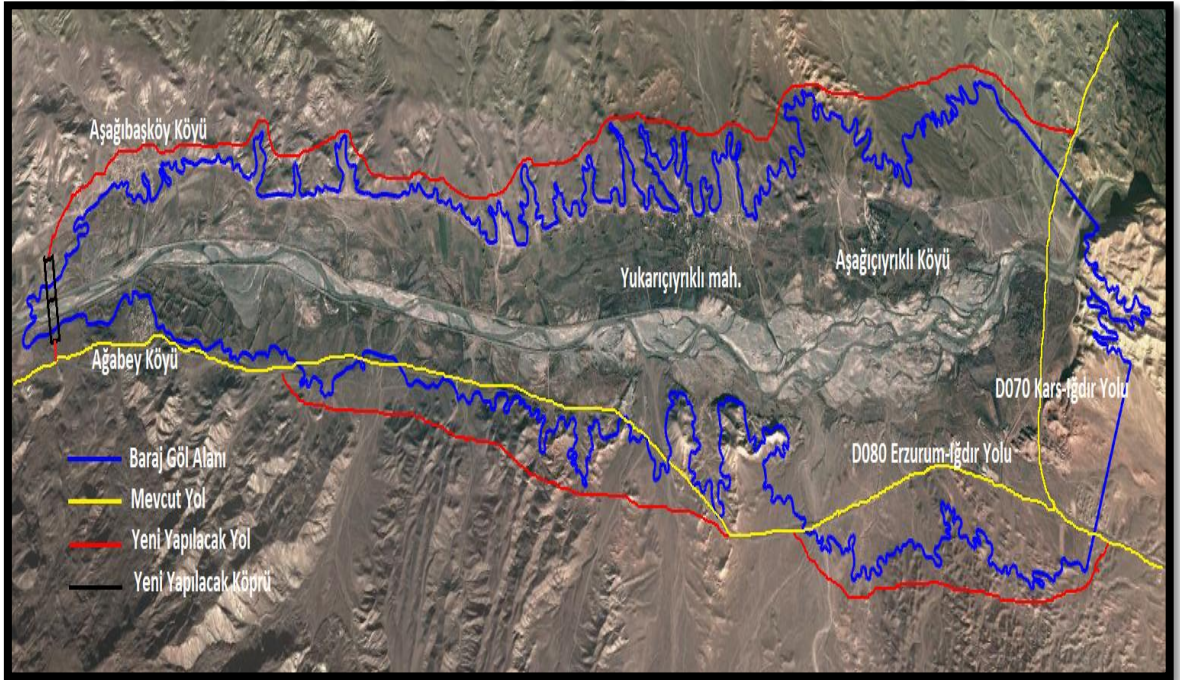
$$TÜKM_{MWh} = \frac{281718 \$}{20 \times 8760 \times 0.67} = 2.40 \$ \text{ (9.12 TL) olarak hesaplanmıştır.}$$

3.8. Tuzluca Barajı ve HES Projesi İçin Relokasyon Yollarının Maliyeti

Tuzluca Barajı ve HES projesi kapsamında Iğdır-Erzurum ve Iğdır-Kars ulaşım yollarının bir kısmı sular altında kalacaktır. Bu nedenle her iki şehire de ulaşımın sağlanması için yeni yolların yapılması gerekmektedir.

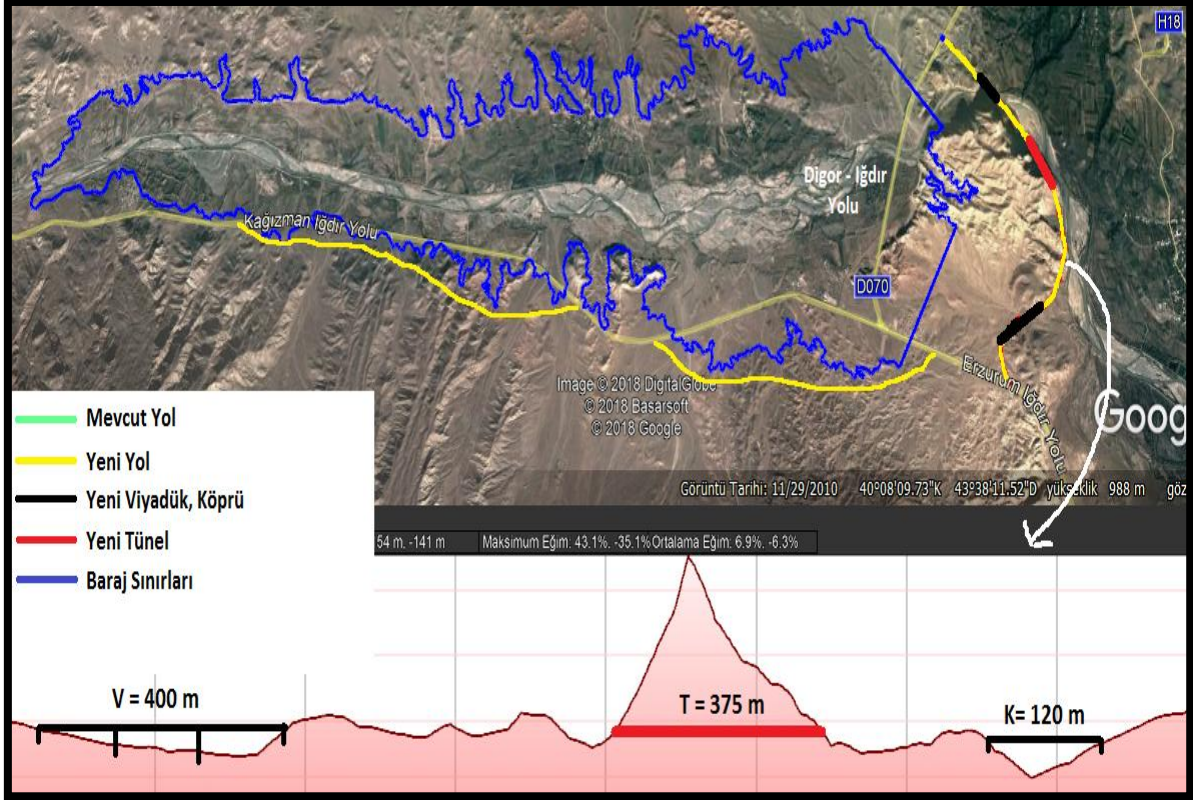
2004 yılında hazırlanmış olan Tuzluca Barajı ve HES Projesi Yapılabilirlik Raporu'nda toplamda 22 km'lik yeni yol ve tahmini 150 m uzunluğunda bir köprü yapılacağı belirtilmiştir. Ancak KGM 18. Bölge Müdürlüğü yetkilileri ile yapılan görüşmede bu rapordaki güzergâhın, Aşağıbaşköy köyünün içinden geçtiği ve D070 Kars – Iğdır uluslararası yolunu gereksiz şekilde yaklaşık 18 km uzattığı için değiştirildiği; yeni planlanan güzergâhla birlikte toplam 11,5 km'lik çift şerit yol, 400 m çift şeritli viyadük, 375 m çift tüp tünel ve 120 m uzunluğunda çift şeritli bir köprü yapılacağı öğrenilmiştir.

Tuzluca Barajı ve HES Projesi Yapılabilirlik Raporu'nda belirtilen yol aşağıdaki Şekil 3.6.'de kabaca çizilmiştir.



Şekil 3.6. İlk planlanan relokasyon yolu güzergahı

KGM 18. Bölge Müdürlüğü tarafından planlanan yeni yol güzergâhı ise; yetkililerinden alınan bilgiler neticesinde, kesin olmamakla birlikte aşağıda Şekil 3.7.’de kabaca çizilmiştir.



Şekil 3.7. KGM'nin planladığı relokasyon yolu

Tuzluca Barajı'nın çevresel etki maliyeti hesaplanırken bu yeni yapılacak yol, viyadük, tünel ve köprünün maliyeti de göz önüne alınmıştır.

Yapılacak relokasyon yollarının bir MWh elektrik üretimi başına düşecek yıllık maliyetinin hesaplanmasında güncel faiz oranları da dikkate alınarak eşitlik 3.18 kullanılmıştır.

$$RYM_{MWh} = \frac{\text{Toplam Relokasyon Maliyeti} \times \frac{i \times (1 + i)^n}{(1 + i)^n - 1}}{P[\text{MW}] \times 8760 \times \text{KF}} \quad (3.18)$$

Burada;

RYM_{MWh} : 1 MWh üretim başına yapılacak relokasyon yolunun maliyeti

n: Barajın ekonomik ömrü

i: Güncel faiz oranı

Yapılacak relokasyonların maliyetleri henüz belli olmadığından belli kabuller yapılarak, KGM'nin maliyet verileri ile birlikte yeni yapılacak yol, viyadük, tünel ve köprünün maliyetleri ayrı ayrı hesaplanmıştır.

Yapılacak yeni yolun birim maliyeti; 2017 yılında ihalesi yapılan Kars – Dığor – İğdır karayolu yapım işinin birim maliyeti esas alınarak, 1,025,750 TL/km (269934 \$/km) olarak belirlenmiştir. Bu bilgiler doğrultusunda;

Yeni Yol Maliyeti = Toplam Yol Uzunluğu (km) x Yol Birim Maliyeti (\$)

Yeni Yol Maliyeti = 11.5 x 269934

Yeni Yol Maliyeti = 3.10 x 10⁶ \$ olarak hesaplanmıştır.

Yapılacak viyadük ve köprünün maliyetinin tespiti için, 2015 birim fiyatlarıyla hazırlanan KGM Karayolu Planlama Bilgileri El Kitabı'nın verileri kullanılmıştır. Yapılacak tünelin maliyeti için ise Ardahan ili Çıldır ilçesinde inşa edilen Aşıkşenlik Tüneli'nin 2015 birim fiyatlarıyla belirlenen birim maliyeti esas alınmıştır. Bu maliyetleri 2018 yılına güncellemek için TUİK'in Parasal Değer Güncelleme Aracı kullanılmıştır. Yapılacak viyadük, tünel ve köprünün maliyetlerine ait bilgiler Tablo 3.12.'de özetlenmiştir.

Tablo 3.12. Yapılacak viyadük, köprü ve tünelin maliyetleri

| | Uzunluk (m) | 2015 Birim Maliyet (m/TL) | 2018 Birim Maliyet (m/TL) | 2018 Yılı Toplam Maliyet (TL) |
|---|----------------|------------------------------|------------------------------|---|
| Viyadük | 400 | 70800 | 95632.81 | 38,253,124 |
| Tünel | 375 | 77600 | 104760 | 39,285,000 |
| Köprü | 120 | 70800 | 95632.81 | 11,475,937.20 |
| Toplam Köprü, Viy. ve Tünel Maliyeti | | | | 89,014,061.20 TL (23.42 x 10⁶ \$) |

Buna göre;

Toplam Relokasyon Maliyeti = Yeni Yol Maliyeti + Toplam Köprü, Viy.ve Tünel Maliyeti

$$\text{Toplam Relokasyon Maliyeti} = 3.10 \times 10^6 \$ + 23.42 \times 10^6 \$$$

Toplam Relokasyon Maliyeti = $26.52 \times 10^6 \$$ olarak hesaplanmıştır.

1 MWh enerji üretimi için meydana gelecek toplam relokasyon maliyeti ise;

$$\text{RYM}_{\text{MWh}} = \frac{26.52 \times 10^6 \$ \times \frac{0.0925 \times (1 + 0.0925)^{50}}{(1 + 0.0925)^{50} - 1}}{20 \times 8760 \times 0.67}$$

$\text{RYM}_{\text{MWh}} = 21.16 \$$ (80.41 TL) olarak hesaplanmıştır.

Benzer hesaplar Tuzluca Barajı ve HES Projesi Yapılabilirlik Raporu'nda belirtilen (ilk planlanan) güzergâh için yapıldığında, maliyet yaklaşık olarak 36,894,921.50 TL ($9.71 \times 10^6 \$$) ve 1 MWh enerji üretimi başına yol maliyeti ise 7.75 \$ olarak hesaplanmıştır.

3.9. Tuzluca Barajı ve HES Projesinin Toplam Çevresel Etki Maliyeti

Çalışma kapsamında, Tuzluca Barajı ve HES'in üreteceği 1 MWh enerji başına meydana gelecek çeşitli çevresel etki maliyetleri ayrı ayrı hesap edilmiştir. 6 ana faktör (GHG emisyonu, can kayıpları, yeniden yerleşim, arazi kaybı, tarımsal ürün kaybı, relokasyon yolu) üzerinde maliyet hesaplamaları yapılarak Tuzluca Barajı ve HES Projesi için toplam çevresel etki maliyeti tespit edilmiştir. Hesaplamalar yapılırken relokasyon yolu için iki farklı durum da incelenerek analize dahil edilmiştir. Bulgular Tablo 3.13.'de özetlenmiştir.

Tablo 3.13. Bir MWh enerji üretimi başına çevresel etki maliyetleri

| Ana Faktörler | Maliyet _{MWh} | | Maliyet _{MWh} | |
|-----------------------|------------------------|--------------|------------------------|---------------|
| | (\$) | | (TL) | |
| GHG Emisyonu | 0.14 | | 0.53 | |
| Can Kaybı | 0.40 | | 1.52 | |
| Yeniden Yerleşme | 1.92 | | 7.30 | |
| Arazi Kaybı | 7.64 | | 29.04 | |
| Tarımsal Üretim Kaybı | 2.40 | | 9.12 | |
| Relokasyon Maliyeti | 7.75 | 21.16 | 29.45 | 80.41 |
| TOPLAM | 20.25 | 33.66 | 76.96 | 127.91 |

4. İRDELEME

Enerji, yaşamsal faaliyetlerin devamlılığı açısından insanoğlunun en önemli ihtiyaçlarından biri haline gelmiştir. Dünya nüfusunun artması ve teknolojik gelişmelere paralel olarak, enerjiye olan talebin son yıllarda artmasıyla birlikte enerjinin önemi çok farklı boyutlara ulaşmıştır.

Dünyadaki enerji üretiminin halen çoğunlukla fosil yakıtlara dayalı olması, dünyanın geleceği açısından endişe yaratmaktadır. Enerji ihtiyacının karşılanmasında yenilenebilir enerji kaynaklarının yaygınlaştırılması gerekliliği, bugün dünyanın birçok yerinde güneş, su, rüzgâr ve jeotermal enerji gibi yenilenebilir enerji kaynakları kullanılarak enerji üretimi yapılmasını sağlamıştır.

Yenilenebilir enerji kaynakları bakımından iyi bir potansiyele sahip olan ülkemizde de son yıllarda bununla ilgili çalışmalar yapılmakta ve enerji üretimimizde yenilenebilir enerjinin payı artmaktadır. Ülkemizde enerji üretimi için en yaygın kullanılan yenilenebilir enerji kaynağı hidroelektrik enerjidir. Son yıllarda hidroelektrik enerjiye yapılan ciddi yatırımlara rağmen ülkemiz halen teknik hidroelektrik potansiyelinin %37.3'ünü gerçekleştirmiştir.

Barajların, elektrik üretiminin yanında sulama, taşkın önleme, içme suyu sağlama gibi farklı amaçlara da hizmet etmesi bakımından yapıldığı bölgeye birçok önemli faydası bulunmaktadır. İnsanlar bu düşünceye paralel olarak, kaynakların el verdiği ölçüde potansiyel bakımından uygun bulunduğu birçok bölgeye baraj yapmıştır. İlerleyen yıllarda bu barajların çeşitli çevresel etkiler meydana getirdiği anlaşılınca, baraj projeleri öncesinde hazırlanan çevresel etki değerlendirme raporları önem kazanmaya başlamıştır. Bununla birlikte Çevre Kanunu kapsamında baraj yapımından önce hazırlanması gereken çevresel etki değerlendirme raporlarının yeterlilikleri de tartışma konusudur.

Baraj yapılacak bölgenin coğrafik ve jeolojik yapısı, barajın inşa maliyetini önemli ölçüde etkilediği gibi; barajın meydana getireceği çevresel etkileri de etkilemektedir. Bu nedenle barajların ekonomik ömrü boyunca sağlayacağı gelirlerin, barajın inşa maliyeti ve çevresel etki maliyetiyle karşılaştırılması barajın verimliliğini belirlemek noktasında ciddi bir öneme sahiptir. Barajın sağlayacağı ekonomik fayda ile çevresel etkilerinin maliyeti arasında bir karşılaştırma yapmak için tamamen oturmuş bir yöntem bulunmamaktadır.

Eksikliği duyulan bu konuda, daha önce Yusufeli Barajı, Ilısu Barajı ve Sarıgözel Barajı için yapılan bir yöntem denemesi, kapsamı genişletilerek Tuzluca Barajı ve HES için uygulanmış ve bir maliyet karşılaştırılması yapılmıştır.

Bu çalışma kapsamında yapılan hesaplamalar sonucunda, Tuzluca Barajı ve HES'in bir MWh elektrik üretiminin çevresel etki maliyeti 33.66 \$ (127.91 TL) olarak tespit edilmiştir. TEDAŞ'ın 2017 yılı ocak ayından itibaren belirlediği birim fiyata göre konutlara satılacak elektriğin bedeli 412 TL/MWh (108.42 \$) olarak kabul edilmiştir (URL-11).

Bu durum, Tuzluca Barajı ve HES'in üreteceği elektriğin çevresel etki maliyetinin, satılacak elektrik gelirlerinden çok daha düşük olduğunu ve barajın elektrik üretimi – çevresel etki açısından verimli bir proje olduğuna işaret etmektedir.

Çeşitli araştırma ve incelemeler sonucunda, Tuzluca Barajı ve HES 'in yapımı için gereken toplam maliyetin 39.75×10^6 \$ olduğu tespit edilmiştir. Baraj tamamlandığında yıllık toplam 117.10 GWh elektrik enerjisi üretecektir. Enerji üretiminden beklenen yıllık gelir ise 12.7×10^6 \$'dır. Elektrik üretimi-barajın maliyeti açısından projenin amortisman süresine baktığımızda;

$$\frac{39.75 \times 10^6 \$}{12.7 \times 10^6 \$} = 3.13 \text{ yılda barajın inşa maliyetini karşılayacağı görülmektedir.}$$

Tuzluca Barajı ve HES Projesi; hem elektrik üretimi hem de sulama amaçlı bir projedir. Barajın işletmeye alınmasıyla birlikte Iğdır'ın net 60066 ha'lık sulama sahasının su açığı kapatılacaktır. Şuan Iğdır Ovası'nın sulama şebekesi hazır olup eksik sulama yapılmaktadır. Tuzluca Barajı Iğdır Ovası'nın sulama sahasının 200000 dekarlık bir alanına sulama suyu sağlayacaktır.

Sulamayla birlikte ortaya çıkacak zirai gelir artışını hesaplayıp maliyet analizinde kullanmak için DSİ'nin sulama amaçlı barajlar için belirlediği ve genellikle 200-500 TL/dekar arasında değişen sulama faydası değeri kullanılmıştır. Sulama faydası değeri, barajın yapılacağı bölgenin iklim, toprak ve topoğrafik özellikleriyle birlikte yetiştirilen tarım ürünü çeşitlerinin ekonomik değerleri göz önüne alınarak belirlenmektedir.

Bu çalışmada, yapılan araştırma ve incelemeler sonucunda Iğdır ili için sulama faydası değeri 330 TL/dekar olarak kabul edilmiştir. Böylece Tuzluca Barajı ve HES'ten beklenen yıllık zirai gelir artışı;

$$200000 \times 330 = 66 \times 10^6 \text{ TL } (17.37 \times 10^6 \$) \text{ olarak hesaplanmıştır.}$$

Tuzluca Barajı'nın hem sulama hem de elektrik gelirlerini dikkate aldığımızda karşımıza çıkan amortisman süresi;

$$\frac{39.75 \times 10^6 \$}{(12.7 + 17.37) \times 10^6 \$} = 1.32 \text{ yıldır.}$$

Bu sayı, yaklaşık 16 ay gibi kısa bir sürede Tuzluca Barajı ve HES Projesinin kendi inşa maliyetini karşılayacağını göstermektedir.

Tuzluca Barajı'nın 1 MWh elektrik üretiminin yıllık 33.66 \$ çevresel etki maliyeti olduğuna göre, projenin 50 yıllık ekonomik ömrü içerisinde;

$33.66 \times 20 \times 8760 \times 0.67 \times 50 = 197.56 \times 10^6 \$$ lık çevresel etki meydana getireceği düşünülmektedir.

Barajın ekonomik ömrü boyunca meydana getireceği çevresel etki maliyeti ve barajın yapılması için gereken toplam maliyet, barajın yıllık getirisiyle karşılaştırıldığında;

$$\frac{39.75 \times 10^6 \$ + 197.56 \times 10^6 \$}{(12.7 + 17.37) \times 10^6 \$} = 7.89 \text{ yılda barajın, 50 yıllık çevresel etki maliyetini}$$

ve toplam yatırım maliyetini karşılayacağı görülmektedir.

Buradaki $197.56 \times 10^6 \$$ lık çevresel etki maliyetinin büyük bir kısmını, yapılması gereken relokasyon yolunun maliyeti oluşturmaktadır. Daha farklı bir senaryo olarak relokasyon yolu için, Tuzluca Barajı ve HES Projesi Yapılabilirlik Raporu'nda belirtilen güzergâh kabul edilirse; söz konusu amortisman süresi 7.89 yıldan 5.27 yıla düşmektedir.

Tuzluca Barajı ve HES tamamlandığında ekonomimize yıllık ortalama 30.07×10^6 \$ katkı sağlayacağı düşünüldüğünde, bu değerin proje ömrü olan 50 yıllık süre içerisinde;

$30.07 \times 10^6 \times 50 = 1.5$ milyar \$ olacağı öngörülmektedir.

Tuzluca Barajı ve HES Projesi'nin ülkemiz ekonomisine sağlayacağı 1.5 milyar \$ gelirin yanında, proje için öngörülen toplam maliyet ve tez kapsamında incelenip hesaplanan çevresel etki maliyetinin oldukça küçük bir değer olduğu görülmüştür.



5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında, Tuzluca Barajı ve HES projesinin 1 MWh elektrik enerjisi üretimi için meydana gelecek çevresel etkilerinin maliyetleri, 6 farklı çevresel faktör (GHG emisyonu, hayat kaybı, yeniden yerleşme, arazi kaybı, tarımsal ürün kaybı ve relokasyon yolu) dikkate alınarak hesaplanmıştır. Hesaplamalar yapılırken relokasyon yolu için iki farklı durum da incelenerek analize dahil edilmiştir. Sonuçlar aşağıda sıralanmıştır.

- 1) Tuzluca Barajı ve HES'in yıllık ortalama 117.10 GWh elektrik üreteceği kabul edildiğinden projenin 50 yıllık ekonomik ömrü içerisindeki elektrik üretimi 5855 GWh olarak hesaplanmıştır.
- 2) Tuzluca Barajı ve HES, elektrik üretimi ve sulama gelirleriyle birlikte ekonomize yıllık 30.07×10^6 \$ katkı sağlayacağı bilindiğine göre, barajın kendisini 16 ay gibi kısa bir sürede amorti edeceği tespit edilmiştir.
- 3) Tuzluca Barajı ve HES 1 MWh elektrik üretimi için yılda 33.66 \$ maliyetinde bir çevresel etki meydana getireceğine göre barajın 50 yıllık ekonomik ömrü içerisinde 197.56×10^6 \$'lık çevresel etki maliyeti meydana getireceği tespit edilmiştir.
- 4) Tuzluca Barajı'nın çevresel etki maliyeti de dahil edildiğinde barajın, 7.89 yılda kendisini amorti edeceği görülmüştür. Amortisman süresinin hesabı, ilk planlanan relokasyon yoluna göre yapıldığında barajın, 5.27 yılda kendisini amorti edeceği tespit edilmiştir.
- 5) Tuzluca Barajı ve HES projesinin işletilmesiyle ekonomimize yıllık 30.07×10^6 \$ katkı sağlayacağı bilindiğine göre 50 yıl içinde bu değer 1.5 milyar \$'a ulaşacağı öngörülmektedir.

- 6) Projenin ülkemiz ekonomisine sağlayacağı 1.5 milyar \$'lık katma değer yanında, 39.75×10^6 \$ inşaat maliyeti ve 197.56×10^6 \$ çevresel etki maliyetinin oldukça küçük bir değer olduğu görülmüştür.
- 7) Barajın ekonomik ömrü içerisinde, projenin yapımı için gereken 39.75×10^6 \$'lık inşaat maliyetinin yaklaşık 5 katı kadar da çevresel etki maliyeti (197.56×10^6 \$) oluşturacağı tespit edilmiştir.

Çalışmanın konusunu oluşturan Tuzluca Barajı ve HES'in Çevresel Etkilerinin Maliyet Analizi, çeşitli çevresel faktörler dikkate alınarak projenin fiziksel etkileri kapsamında değerlendirilmiştir. Projenin yatırım bedeli, inşaat ve işletme süreçlerindeki çevresel etkilerinin maliyeti ve projenin getirileri üçgeninde yapılan analizler, projenin verimliliği noktasında önemli ipuçları vermiştir.

Yapılan analizlerle ilgili daha hassas sonuçlar elde etmek için, çalışmanın kapsamı genişletilerek fiziksel etkilerin yanı sıra, biyolojik çeşitlilik, kültürel alanlar; su, toprak ve hava kalitesi gibi etkilerin maliyeti de çevresel etki maliyetine dahil edilmelidir. Benzer şekilde çalışmanın kapsamını genişletmek için, incelemeye alınan zaman dilimi uzatılabilir. Barajın ekonomik ömrünü tamamlamasından sonraki geri dönüşü olmayacak etkiler ile nehir yatağı ve doğal çevrenin eski fiziksel ve biyolojik yapısına çevrilebilmesi için gereken maliyetler de analiz kapsamına alınarak çalışmanın derinliği artırılabilir.

Yine farklı bir öneri olarak; Tuzluca Barajı ve HES projesi için hesaplanan çevresel etki maliyeti, başka baraj projelerinde de hesaplanarak ilerleyen yıllarda baraj yerinde çeşitli deneysel çalışmaların yapılmasıyla çevresel etki maliyetlerinin doğruluğu kontrol edilebilir. Yapılan kontrollerden elde edilecek sonuçlar, şuan sağlam bir temele oturmayan çevresel etki maliyet hesaplama yöntemlerinin, ileriki yıllarda geliştirilerek yaygınlaşmasını sağlayabilir.

Bunun yanı sıra; Tuzluca Barajı ve HES projesi özelinde yapılan bu çalışmanın, Aşağı Aras Havzası Projeleri kapsamında bulunan Kalebaşı, Değirmendere, Demirkapı, Kuloğlu, Boztepe ve Karakurt Baraj ve HES'leri için de uygulanıp, sonuçlar karşılaştırılabilir.

6. KAYNAKLAR

- Abay, O., Baykan, N., Baykan, N.O., 2015, Tarih Boyunca Barajların Elden Çıkma Nedenleri, 4. Su Yapıları Sempozyumu, Antalya, 157-166s.
- Adıyaman, Ç., 2012, Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Politikaları, Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Niğde, 163s.
- Ağırlioğlu, N., 2007, Baraj Planlama ve Tasarımı, Su Vakfı Yayınları, ISBN 978 - 975-6455-29-6, İstanbul, 262s.
- Ağırlioğlu, N., 2011, Baraj Güvenliği, Beta Yayınları, ISBN 9786053774518, İstanbul, 275s.
- Aksay, C. S., Ketenoğlu, O., Kurt, L., 2005, Küresel Isınma ve İklim Değişikliği, Selçuk Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Dergisi, Konya, 25, 29-41.
- AK-TEL, 2013. Aşağı Aras Havzası Tuzluca Barajı ve HES Projesi Çed Başvuru Dosyası, AK-TEL Mühendislik Eğt. Tur. Gd. San. Tic. Ltd. Şti., Ankara, 55s.
- AK-TEL, 2014. Aşağı Aras Havzası Tuzluca Barajı ve HES Projesi Çed Raporu, AK-TEL Mühendislik Eğt. Tur. Gd. San. Tic. Ltd. Şti., Ankara, 149s.
- AK-TEL, 2015. Aşağı Aras Havzası Tuzluca Barajı ve HES Projesi Nihai Çed Raporu, AK-TEL Mühendislik Eğt. Tur. Gd. San. Tic. Ltd. Şti., Ankara, 166s.
- Berkün, M., Aras, E. ve Koç, T., 2008, Barajların ve Hidroelektrik Santrallerin Nehir Ekolojisi Üzerinde Oluşturduğu Etkiler, Türkiye Mühendislik Haberleri, İnşaat Mühendisleri Odası, 53/2008-6, 41-48s.
- Berkün, M., 2005, Su Kaynakları Mühendisliği, Birsen Yayınevi, İstanbul, 439s.
- Bowles, D.S., McClelland, D.M., 2002. Estimating Life Loss For Dam Safety Risk Assessment : A Review and New Approach, U.S. Army Corps of Engineers, Utah, 403p.
- BP, 2017. Statistical Review of World Energy, London, 66th edition, 49p.
- Brown, C. A., and Wayne, J. G., 1988. Assessing, The Threat To Life From Dam Failure, Water Resources Bulletin, 24,6, 1303-1309p.
- Chatterjee, P., 1998, Dam Busting. New Scientist 34-37p.
- Chen, B.H., Hao, Q.J., Jiang, C.S., 2012, Research Progress On The Emission Of Greenhouse Gases From Reservoir and Its Influence Factors, Wetland Science, 10, 1, 121 – 128p.
- Çataklı, O.N., 1967, Büyük Bentler, İTÜ İnşaat Fakültesi Ders Notları, İstanbul.

- Deemer, B. R., Harrison, J.A., Li, S., Beaulieu, J., DelSontro, T., Barros, N., Neto, J.F., Powers, S.M., Santos, M.A., Vonk, J.A., 2016, Greenhouse Gas Emissions from Reservoir Water Surfaces: A New Global Synthesis, *BioScience*, 66, 11, 949-964p.
- Doğanoğlu, K., 2011, Sarıgüzel Barajı Çevresel Etki Maliyet Analizi, Yüksek Mühendislik Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 82s.
- DSİ, 2016. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü 2016 Yılı Faaliyet Raporu, Ankara, 379s.
- DSİ, (2017 Eylül). DSİ Hidroloji Sözlüğü, <http://dsi.gov.tr/dsi-sozlukler>.
- Duygun, F., 2008, Dikilitaş Göleti Islah Çalışması, Yüksek Mühendislik Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 256s.
- EIA, 2013. Updated Capital Cost Estimates for Utility Scale Electricity Generating Plants, U.S. Energy Information Administration, Washington, 197p.
- EİE ve Dolsar, 2004. Aşağı Aras Havzası Tuzluca Barajı ve Hidroelektrik Santrali Projesi Yapılabilirlik Raporu, Elektrik İşleri Etüt İdaresi ve Dolsar Müh. Ltd. Şti., Ankara, 298s.
- Eken, E., 1998, İznik Gölü İçin Uzun Süreli Fosfor Denge Modelin Uygulanması, Yüksek Mühendislik Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 83s.
- Emiroğlu, N., 2009, Yusufeli Barajı'nın Çevresel Etki Maliyet Analizi, Yüksek Mühendislik Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 93s.
- Ertunç, A., 2003. Mühendislik Jeolojisi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Yayın No: 41, S.D.Ü Basımevi, Isparta.
- ETKB, (2017, Aralık) Türkiye'nin 2017 Yılı Elektrik Üretiminde Kaynakların Dağılımı, <http://www.enerji.gov.tr/tr-tr/sayfalar/elektrik>.
- Farhad, S., Saffar-Avval, M., Younessi- Sinaki., 2008. Efficient Design of Feedwater Heaters Network in Steam Power Plants Using Pinch Technology and Exergy Analysis, *International Journal of Energy Research*, 32, 1-11p.
- Fearnside, P.M., 2000. Greenhouse Gas Emissions From A Hydroelectric Reservoir (Brazil's Tucuruí Dam) and the Energy Policy Implications. *Water, Air, and Soil Pollution*. 133, 69–96p.
- Fearnside, P.M., 2004. Greenhouse Gas Emissions From Hydroelectric Dams: Controversies Provide A Springboard For Rethinking A Supposedly 'Clean' Energy Source An Editorial Comment, *Climatic Change*, 66 (1-2), 1–8p.
- Fearnside, P.M. and Pueyo, S., 2012, Underestimating Greenhouse - Gas Emissions From Tropical Dams, *Nature Climate Change*, ISSN: 1758-678X, 2, 382-384p.

- Feinberg, B., Engemoen, W., Fiedler, W. and Osmun, D., 2016, Reclamation's Empirical Method for Estimating Life Loss Due to Dam Failure, 3rd European Conference on Flood Risk Management, 7, 06002, 11p.
- Galy-Lacaux C., Delmas, R., Jambert, C., Dumestre, J.F., Labroue, L., Richard, S., Gosse, P., 1997, Gaseous Emissions and Oxygen Consumption in Hydroelectric Dams, A Case Study in French Guyana, *Global Biogeochem*, 11, 4, 471 - 483p.
- Garry, B.M., 2001, Environmental Issues, Capacity and Information Base for Management of Fisheries Affected by Dams, *Dams, Fish and Fisheries: Opportunities, Challenges and Conflict Resolution*, ISBN 92-5-104694-8.
- Göncü, S., Hasanoğlu, E., Avdan, U., Avdan, Z., Albek, E.A., 2015, Borabey Göleti'nin Termal Katmanlaşma Yapısının İncelenmesi, *Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, Eskişehir, 16, 3, 351-366s.
- Graham, W.J. 1999. A Procedure for Estimating Loss of Life Caused by Dam Failure, Dam Safety Office, US Bureau of Reclamation, Report No. DSO-99-06, Denver, 43p.
- Gürsel A.P. ve Meral Ç., 2012. Türkiye'de Çimento Üretimini Karşılaştırmalı Yaşam Döngüsü Analizi, 2. Proje ve Yapım Yönetimi Kongresi, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, 1-13s.
- Heydari, M., Othman, F., Noori, M., 2013, A Review of the Environmental Impact of Large Dams in Iran, *International Journal of Advancements Civil Structural and Environmental Engineering*, Vol:1, Issue:1, 1-4p.
- Hunt, T.M., 2001. Five Lectures On Environmental Effects of Geothermal Utilization, United Nations University, Institute of Geological and Nuclear Sciences, New Zealand, 109p.
- IEA, 1998. Benign Energy, The Environmental Implications of Renewable, Appendix F, Large Scale Hydro, Report by the International Energy Agency (EIA).
- IEA, 2017. World Energy Balances: Overview, International Energy Agency, France, 21p.
- IHA, 2017. Hydropower Status Report, International Hydropower Association, U.K., 81p.
- IPCC, 2015. Renewable Energy Sources And Climate Change Mitigation, Special Report Of The Intergovernmental Panel On Climate Change, Chapter 5, 437 - 496p.
- Jackson, S. and Sleight, A., 2000. Resettlement for China's Three Gorges Dam: Socio-Economic Impact and Institutional Tensions, *Communist and Post- Communist Studies*, 33, 223-241p.
- Jansen, R.B., 1988, *Advanced Dam Engineering For Design, Construction, and Rehabilitation* New York, 811p.
- Karagöl, E.T. ve Kavaz, İ., 2017. Dünyada ve Türkiye'de Yenilenebilir Enerji, SETA Siyaset, Ekonomi ve Toplum Araştırmaları Vakfı, Türkiye. 197, 30s.

- Kaya, E., (2017, 2 Kasım). Uluslararası Enerji Kongresi ve Fuarı, <http://www.enerjiportali.com/enerji-etkinlikleri/eif-2017-kongre-programi-2-gun/>.
- Kaya, K. ve Koç, E. 2015. Enerji Üretim Santralleri Maliyet Analizi, Mühendis ve Makina, 56, 660, 61-68s.
- Keskin, T., 2008. İklim Değişikliği Süreci, Mühendis ve Makina, 49, 581, 63-68s.
- Kılıç, F.Ç., 2015. Güneş Enerjisi, Türkiye'deki Son Durumu ve Üretim Teknolojileri, Mühendis ve Makina, 56, 671, 28-40.
- Kirchherr J. and Charles, K.J., 2016, The Social Impacts of Dams: A New Framework For Scholarly Analysis, *Environmental Impact Assessment Review*, 49p.
- Koç, E. ve Şenel, M.C., 2013 Türkiye Enerji Potansiyeli ve Yatırım - Üretim Maliyet Analizi, Termodinamik Dergisi, 1, 245, 72-84.
- Kurniati, E., Sutanhaji, A.T., Anggraini, O.A., 2012, Land Acquisition and Resettlement Action Plan (LARAP) of Dam Project Using Analytical Hierarchical Process (AHP): A Case Study in Mujur Dam, Lombok Tengah District – West Nusa Tenggara, Indonesia, *Procedia Environmental Sciences*, Vol:17, 418-423p.
- Ludwig, H. F., 1982. Environmental Aspects of Multi - Purpose Reservoir Projects in Developing Countries, *Water Science and Technology*, 14, 269-288.
- Manatunge, J., Priyadarshana, T., Nakayama, M., 2009, Environmental and Social Impacts of Reservoirs: Issues and Mitigation, *Oceans and Aquatic Ecosystems, EOLLS*, Vol:1, 212-255p.
- McCartney, M.P., Sullivan, C. and Acreman, M.C., 2001, *Ecosystem Impacts of Large Dams IUCN / UNEP / WCD*, 82p.
- Nas, S.S., 2014. Su Kaynakları-1 Ders Notları, Gümüşhane Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Gümüşhane.
- Üçgül, İ. ve Elibüyük, U., 2017. Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Enerji Jeopolitiği, Süleyman Demirel Üniversitesi Teknoloji ve Sosyal Bilimler Dergisi, 2, 1, 27– 32.
- Panwar, N. L., Kaushik and S. C., Kothari, S. 2011. Role of Renewable Energy Sources in Environmental Protection, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 15, 1513-1524.
- Sadler, B., 1996. Environmental Assessment In A Changing World: Evaluating Practice To Improve Performance, International Study Of The Effectiveness Environmental Assessment Final Report, International Association for Impact Assessment, Canadian Environmental Assessment Agency, Canada, 248p.

- Sanguri M; (2013, May) Negative Impacts of Hydroelectric Dams, <https://www.brighthub-engineering.com/geotechnical-engineering/71200-negative-impacts-of-hydroelectric-dams/>.
- Sönmez, M.E., 2012, Barajların Mekân Üzerindeki Olumsuz Etkileri ve Türkiye’den Örnekler Gaziantep Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, Gaziantep, 11, 1, 213-231s.
- Staissny, M.L.J., 1996, An Overview of Freshwater Biodiversity: With Some Lessons From: African Fishes. Fisheries Journal, 21, 7-13p.
- Şekkeli M., ve Keçecioglu, Ö.F., 2011. Hidroelektrik Santrallerin Türkiye’deki Gelişimi ve Kahramanmaraş Bölgesi Örnek Çalışması, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 14, 2, 19-26.
- Tatalovich, J., 1998, Comparison of Failure Modes From Risk Assessment and Historical Data for Bureau of Reclamation Dams, Bureau of Reclamation, DSO-98-1, 70p.
- Traiforos, S., Adamantiades, A., Moore, E., 1990. The Status of Nuclear Power Technology An Update, World Bank, USA, 39p.
- TRCOLD, 2014, Türkiye’deki Barajlar, Uluslararası Büyük Barajlar Komisyonu Türk Milli Komitesi, DSİ Vakfı 2014/1, Ankara, 587s.
- Uysal, T., 1977, Teton Barajı’nın Yıkılma Nedenleri Üzerine Araştırmalar ve Sonuçlar, Türkiye Mühendislik Haberleri, İnşaat Mühendisleri Odası, Sayı:266, 22-31s.
- Üslü, A., 2011, Ilısu Barajı Çevresel Etki Maliyet Analizi, Yüksek Mühendislik Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 98s.
- Veziroğlu, T.N., Şahin S., 2008. 21st Century’s Energy: Hydrogen Energy System, Energy Conversion and Management, 49, 1820–1831.
- WCD, 2000. A New Framework for Decision-Making, The Report of the World Commission on Dams, Earthscan Publications Ltd., London, England, 17p.
- Williamson, T., 2017, Historic Dam Failures and Recent Incidents, Engineers Ireland, Ireland, 56p.
- Yang, L., Lu, F., Zhou, X., Wang, X., Duan, X., Sun, B., 2014, Progress In the Studies On The Greenhouse Gas Emissions From Reservoirs, Acta Ecologica Sinica, 34, 204 - 212p.
- Yılmaz, M., 2012. Türkiye’nin Enerji Potansiyeli ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Açısından Önemi, Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi, 4, 2, 33-54.
- Youm, I., Sarr, J., Sall, M., Kane, MM., 2000. Renewable Energy Activities in Senegal, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 4, 1, 75-59.

URL-1 , http://www2.dsi.gov.tr/yusufeli_projesi.pdf. 10 Temmuz 2017.

URL-2, https://en.wikipedia.org/wiki/Dam_failure. 04 Ağustos 2017.

URL-3, <http://www.tuzluca.gov.tr/ilcemizin-tarihcesi>. 25 Ağustos 2017.

URL-4, <http://www.tuzluca.bel.tr/page.php?kat=53&altkat=0&konumid=1&id=9>. 25 Ağustos 2017.

URL-5, <http://www.kozanbilgi.net/turkiyenin-akarsulari.html>. 02 Eylül 2017.

URL-6, <http://www.serka.gov.tr/bolgemiz/igdir-genel-bilgi-47.html>. 19 Eylül 2017.

URL-7, <http://www.turksitesi.net/cografyasi-bitki-ortusu/igdirin-cografi-ozellikleri.html>. 22 Eylül 2017.

URL-8, <https://www.kuzeydoga.net/kuslar>. 04 Ekim 2017.

URL-9, <https://tr.investing.com/commodities/carbon-emissions>. 19 Ekim 2017.

URL-10, <http://www.tuik.gov.tr/ZipGetir.do?id=24845>. 07 Kasım 2017.

URL-11, <http://enerjienstitusu.com/elektrik-fiyatlari/>. 11 Aralık 2017.

ÖZGEÇMİŞ

Çağrı AKGÜN, 1992 yılında Iğdır ilinde doğmuştur. 2010 yılında Iğdır M.E.V. Anadolu Lisesi'nden mezun olmuştur. 2011-2015 yılları arasındaki lisans eğitimini Gümüşhane Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde bölüm birincisi olarak tamamlamıştır. 2015 yılında Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde Yüksek Lisans eğitimine başlayan Çağrı AKGÜN İngilizce bilmektedir.

