T.C.
BİLECİK ŞEYH EDEBALİ ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DENİZSUYU POMPAJ DEPOLAMALI HİDROELEKTRİK SANTRALLER: HATAY BÖLGESİNDE ÖRNEK ÇALIŞMA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GÜNGÖR GÜNEY

TEZ DANIŞMANI
DR. ÖĞR. ÜYESİ YILDIRIM BAYAZIT

BİLECİK, 2024
10628081

T.C.
BİLECİK ŞEYH EDEBALİ ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DENİZSUYU POMPAJ DEPOLAMALI HİDROELEKTRİK SANTRALLER: HATAY BÖLGESİNDE ÖRNEK ÇALIŞMA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GÜNGÖR GÜNEY

TEZ DANIŞMANI
DR. ÖĞR. ÜYESİ YILDIRIM BAYAZIT

BİLECİK, 2024
10628081

BEYAN

"Denizsuyu Pompaj Depolamalı Hidroelektrik Santraller: Hatay Bölgesinde Örnek Çalışma" adlı yüksek lisans/doktora/sanatta yeterlik tezi/dönem projesinin hazırlık ve yazımı sırasında bilimsel araştırma ve etik kurallarına uyduğumu, başkalarının eserlerinden yararlandığım bölümlerde bilimsel kurallara uygun olarak atıfta bulunduğumu, kullandığım verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı, tezin herhangi bir kısmının Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını, aksinin tespit edileceği muhtemel durumlarda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

<table>
<tr><td colspan="4">Bu çalışmanın,
Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP), TÜBİTAK veya benzeri kuruluşlarca desteklenmesi durumunda; projenin ve destekleyen kurumun adı proje numarası ile birlikte, ETİK KURUL onayı alınması durumunda ise ETİK KURUL tarih karar ve sayı bilgilerinin beyan edilmesi gerekmektedir.</td></tr>
<tr><td>DESTEK ALINMIŞTIR</td><td></td><td>DESTEK ALINMAMIŞTIR</td><td>X</td></tr>
<tr><td colspan="4">Destek alındı ise;</td></tr>
<tr><td colspan="4">Destekleyen kurum;</td></tr>
<tr><td colspan="2">Desteğin Türü</td><td colspan="2">Proje Numarası</td></tr>
<tr><td colspan="2">1- BAP (Bilimsel Araştırma Projesi)</td><td colspan="2" rowspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="2">2- TÜBİTAK</td></tr>
<tr><td colspan="2">Diğer;…… ……</td></tr>
<tr><td colspan="4">ETİK KURUL onayı var ise;</td></tr>
<tr><td colspan="2">ETİK KURUL karar tarih/sayı:</td><td colspan="2">……/…… ……..</td></tr>
</table>

Güngör GÜNEY

…/…/2024

ÖN SÖZ

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde, değerli bilgilerini paylaşan, kendisine danışıldığında kıymetli zamanını ayırıp sabırla ve büyük bir ilgiyle faydalı olabilmek için elinden gelenden fazlasını sunan, her zaman güler yüzlü ve samimi olan, kıymetli tez danışmanım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Yıldırım BAYAZIT'a katkı ve emekleri için teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen sevgili eşime ve değerli aileme, özveri ve emekleri için teşekkür ederim.

Akademik çalışmalarımı destekleyen ve yanımda olan müdürüm Sayın Saygın COŞKUN'a desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Güngör GÜNEY

2024

ÖZET

DENİZSUYU POMPAJ DEPOLAMALI HİDROELEKTRİK SANTRALLER: HATAY BÖLGESİNDE ÖRNEK ÇALIŞMA

Ülkeler teknolojilerini geliştirdikçe sanayilerinin enerji ihtiyaçları her geçen gün artmaktadır. Ülkelerin teknolojik gelişimleri refah düzeyinin artacağının güzel habercisi olurken, enerji kıtlığı yaşanmasının kötü haberci sayılır. Gelişmekte olan ülkeler arasında Türkiye, sanayileşmeden ve artan nüfustan kaynaklı enerji talebini sınırlı kaynaklarından karşılamaya çalışmaktadır. Ülkemiz enerji politikalarını, tükenebilir (fosil) enerji kaynaklarından ziyade tükenmez enerji kaynaklarına yani yenilenebilir enerji kaynaklarına göre belirlemelidir. Enerjide dışa bağımlı olmamak ve sürdürülebilir kalkınma için mevcut enerji kaynaklarımızı daha verimli kullanmamız gereklidir. Enerji ihtiyacının fazla olmadığı saat veya dönemlerde ise mevcut enerji kaynaklarımız değerlendirilerek enerjisi depolanmalıdır. Depolanan enerji pik saatlerde enerji taleplerini karşılamada kullanılmalıdır. Bu çalışmada enerji depolama yöntemlerinden deniz suyu pompaj depolamalı hidroelektrik santraller araştırılmış ve Hatay'da Akdeniz alt rezervuarlı bir santral tasarlanmıştır. Hatay ilinin Samandağ ilçesinde tasarlanan santral 265 m kotuna 4.000.000 m^3 hacimli üst rezervuara, 650 m uzunluğunda ve 5 m çapında beton kaplamalı iletim hattına, 1 adet şafta, 150 m uzunluğunda ve 5 m çapında kuyruk suyu tüneline, 25 m kotunda santral binasına ve 4 adet türbine sahiptir. Tasarlanan santralin kurulu gücü 326 MW, yıllık net kazancı 16.705.440 $ olarak hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Denizsuyu Pompaj Depolamalı Hidroelektrik Santraller, Enerji Depolama, Akdeniz, Rezervuar, Korozyon

ABSTRACT

SEAWATER PUMPED STORAGE HYDROELECTRIC POWER PLANTS: A CASE STUDY IN HATAY REGION

As countries develop their technologies, the energy needs of their industries increase day by day. While the technological developments of countries are good news that the level of welfare will increase, energy shortages are considered bad news. Among the developing countries, Turkey is trying to meet the energy demand resulting from industrialization and increasing population from its limited resources. Our country should determine its energy policies based on inexhaustible energy resources, that is, renewable energy resources, rather than exhaustible (fossil) energy resources. We need to use our existing energy resources more efficiently in order not to be dependent on foreign sources of energy and for sustainable development. In hours or periods when the need for energy is not high, our existing energy resources should be utilized and energy should be stored. The stored energy should be used to meet energy demands during peak hours. In this study, hydroelectric power plants with seawater pumped storage, one of the energy storage methods, were investigated and a power plant with a Mediterranean sub-reservoir was designed in Hatay. The power plant, designed in the Samandaÿ district of Hatay province, has an upper reservoir with a volume of 4,000,000 m3 at an elevation of 265 m, a concrete-lined transmission line of 650 m in length and 5 m in diameter, 1 shaft, a tailwater tunnel of 150 m in length and 5 m in diameter, a power plant building at an elevation of 25 m, and It has 4 turbines. The installed power of the designed power plant is calculated as 326 MW and the annual net income is 16,705,440 dollars.

Key Words: Hydroelectric Power Plants with Seawater Pumped Storage, Energy Storage, Mediterranean, Reservoir, Corrosion

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖN SÖZ ..... **İ**

ÖZET ..... **İİ**

ABSTRACT ..... **İİİ**

TABLOLAR LİSTESİ ..... **Vİİ**

ŞEKİLLER LİSTESİ ..... **Vİİİ**

KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ ..... **X**

1.GİRİŞ **1**

1.1. Enerji Kavramı **1**

1.2. Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması **2**

1.2.1. Yenilenemez (Tükenir) Enerji Kaynaklar **3**

1.2.2. Yenilenebilir (Tükenmez) Enerji Kaynaklar **5**

1.3. Dünyada Kaynaklarına Göre Elektrik Enerjisi Üretimi **6**

1.4. Türkiye'de Kaynaklara Göre Elektrik Üretimi **8**

2. HİDROELEKTRİK ENERJİ **10**

2.1. Hidroelektrik Santraller **10**

2.2. Hidroelektrik Santrallerin Sınıflandırılması **11**

3. POMPAJ DEPOLAMALI HİDROELEKTRİK SANTRALLER (PDHES) **13**

3.1. PDHES Elemanları **13**

3.1.1. PDHES Elemanlarının Ekonomik Yerleşimi **14**

3.2. PDHES'lerin Biriktirme Durumuna Göre çeşitleri **14**

3.3. PDHES'lerin Avantajları ve Dezavantajları **15**

3.4. PDHES'lerin Dünyadaki Durumu **16**

3.5. PDHES'lerin Türkiye'deki durumu **18**

3.6. PDHES Yatırımlarının Türkiye'de Arttırılması 18

4. DENİZ ALT REZERVUARLI PHES 20

4.1. Deniz Alt Rezervuarlı PDHES Örnekeleri 21

4.1.1. Okinawa Deniz Pompaj Depolamalı HES 21

4.1.2. Valhalla Deniz Pompaj Depolamalı HES 21

4.1.3. Kerma Deniz Pompaj Depolamalı HES 22

4.2.Deniz Tipi PDHES'lerin Normal PDHES'e Göre Avantajları ve Dezavantajları ..23

5. AKDENİZ ALT REZERVUARLI HATAY DPDHES SANTRAL TASARIMI 24

5.1. Hatay İli ve Çevresinin İncelenmesi 24

5.2. Hatay İli Ulaşım Ağı 25

5.2.1. Karayolu Ulaşımı 25

5.2.2. Demiryolu Ulaşımı 26

5.2.3. Havayolu Ulaşımı 27

5.2.4. Denizyolu Ulaşımı 27

5.3. Hatay İli Topoğrafya ve Eğim 28

5.3.1. Heyelan ve Kaya Düşmesi Durumu 29

5.4. İklim Yapısı 30

5.4.1. Yağış 31

5.4.2. Sıcaklık 32

5.4.3. Hakim Rüzgar Yönü 33

5.5. Hatay İli Jeolojik Yapısı 33

5.6. Hatay İli Depremselliği 35

6. SAMANDAĞI DPDHES SANTRAL TASARIMI 36

6.1. Samandağı ve Çevresinin İncelenmesi 36

6.2. Proje Yeri ve Bilgileri 36

6.2.1. Üst Rezervuar Yeri Seçimi 38

6.2.2. Alt Rezervuar ve Santral Yeri Seçimi 39

6.3. Proje Tasarım Bilgileri 39

6.4. Akış Hesapları 40

6.4.1. Yük Kaybı Hesabı 41

6.4.2. Hidroelektrik Santralin Gücünün Hesaplanması 43

6.4.3. Türbin Hesaplamaları 44

6.5. Maliyet hesabı 45

7. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER 49

KAYNAKÇA 52

TABLOLAR LİSTESİ

Sayfa

Tablo 1.1. Yenilenemez (Tükenir) Enerji Kaynaklarının Avantajları ve Dezavantajları 4

Tablo 1.2. Yenilenebilir (Tükenmez) Enerji Kaynaklarının Avantajları ve Dezavantajları 6

Tablo 1.3. Enerji İhtiyacındaki Artış 9

Tablo 3.1. Bazı Ülkelerin Kurulu PDHES Güçleri.....17

Tablo 3.2. Çeşitli Ülkelerde Yapılmış PDHES Örnekleri 17

Tablo 3.3. EİE Tarafından Planlanan PDHES'ler 18

Tablo 4.1. Okinawa DPDHES'i Teknik Verileri.....21

Tablo 5.1. Türlerine Göre Yol Ağı Verileri 26

Tablo 5.2. Hatay Yıllık Yağış Verileri.....32

Tablo 5.3. Hatay İli Litolojik Birimlerinin Su Geçirimlilikleri.....34

Tablo 6.1. EPDK Çok Zamanlı Tarifesi 39

Tablo 6.2. Türbin Tipi ve Özgül Hızları 44

Tablo 6.3. PDHES Maliyet Tablosu 46

Tablo 6.4. 1 Ekim 2023 Tarihinden İtibaren Uygulanacak Elektrik Fiyatları 47

Tablo 6.5. Hidrolik Üretim Tesisleri İçin Korozyona Bağlı Maliyetlerinin Yüzdesi.....48

Tablo 7.1. İllere Göre Elektrik Tüketimi 50

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1. Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması 3

Şekil 1.2. Yenilenemez Enerji Kaynakları 4

Şekil 1.3. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının 5

Şekil 1.4. Dünyanın Enerji Çeşitlerine Göre Tüketimi 7

Şekil 1.5. Enerji Kaynaklarının Küresel Payları 7

Şekil 1.6. Kaynaklara Göre Birincil Enerji Tüketimi 8

Şekil 2.1. Hidroelektrik Santral Kesiti 11

Şekil 3.1. PDHES Tesisi Şematik Gösterimi 13

Şekil 3.2. PDHES Tesisi Kesiti 13

Şekil 3.3. Ülkelerin Pompaj Depolamalı Hidroelektrik Santrali Kurulu Güçleri 16

Şekil 4.1. Japonya'da Denizi Alt Rezervuar Olarak Kullanan Okinawa PDHES 20

Şekil 4.2. Okinawa DPDHES Kesiti 21

Şekil 4.3. Valhalla DPDHES Kesiti 22

Şekil 4.4. Kerma DPDHES'i 22

Şekil 5.2. Hatay İli İlçeleri 24

Şekil.5.3. Hatay Karayolu Ulaşım Ağı 25

Şekil 5.4. Hatay Demiryolu Ağı 26

Şekil 5.5. Hatay Havaalanı Verileri 27

Şekil 5.6. Hatay Limanı Verileri 27

Şekil 5.7. Hatay Eğim ve Eşyükselti Haritası 28

Şekil 5.8. Hatay Morfolojisi 29

Şekil 5.9. Heyelan ve Kaya Düşmesi Gerçekleşen Yerler 30

Şekil 5.10. Türkiye İklim Haritası 30

Şekil 5.11. Türkiye Yağış Haritası 31

Şekil 5.12. Türkiye Sıcaklı Dağılım Haritası.....32

Şekil 5.13. Türkiye Rüzgar Hızı Haritası 33

Şekil 5.14. Hatay İli Jeoloji Haritası 34

Şekil 5.15. Hatay İli Deprem Haritası 35

Şekil 6.1. Samandağı'nın Türkiye'deki Konumu 36

Şekil 6.2. Proje Yerinin Enerji Nakil Hatlarına Yakınlığı.....37

Şekil 6.3. Hatay İlinin Yerleşim Alanı Dağılımı 37

Şekil 6.4. Proje Yerine Yakın Sanayiler.....38

Şekil 6.5. Proje Üst Rezervuar Yeri 38

Şekil 6.6. Alt rezervuar ve Santral Binası 39

Şekil 6.7. Proje Bilgilerinin Şematik Gösterimi 40

Şekil 6.8. Düşü – Debi Değerlerine Göre Türbin Seçim.....44

Şekil 7.1. Sektörlere Göre Elektrik Tüketimi 49

KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ

ɣ: suyun özgül ağırlığı

ɳ: verim (%)

ρ: yoğunluk

A: Borunun kesit alanı

ABD: Amerika Birleşik Devleti

As: Süpürme alanı

BP: British Petroleum

d/d: devir/dakika

D: Boru iç çapı

d: mesafe

DPDHES: deniz suyu pompaj depolamalı hidroelektrik santral

DSİ: devlet su işleri

E: Enerji

EİE: Elektrik İşleri Etüt İdaresi

EİE: Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü

EPDK: enerji piyasası düzenleme kurumu

f: frekans

F: Kuvvet

g: yer çekimi ivmesi

GPM: Günlük Pompalama Maliyeti

GÜK: Günlük Üretim Kazancı

GW: Gigavat

H: Düşü yüksekliği

HES: Hidroelektrik santral

h_k: Sürekli enerji kaybı

H_{net}: net düşü (m)

km^2: kilometrekare

kWh: kilovatsaat

L: İletim hattı uzunluğu

m^2: metrekare

m^3: metreküp

MW: Megavat

n: Türbin devir sayısı

n_s: özgül hız

P: Santral gücü

p: yoğunluk

PDHES: pompaj depolamalı hidroelektrik santral

PDHES: Pompaj Depolamalı Hidroelektrik Santral

Q: debi

TCDD: Türkiye Cumhuriyeti devlet demiryolları

TEİAŞ: Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi Genel Müdürlüğü

V: Akış hızı

Y: Akışkanın birim hacim ağırlığı

1.GİRİŞ

Nüfusu hızla artan ve gelişen dünyanın enerji açığı günbegün fazlalaşmaktadır. Ülkelerin çoğu enerji arz-talebini karşılayamamaktadır. Bunun sonucu olarak insanların; temel ihtiyaçları, sanayi ve ticari faaliyetleri, teknolojiyi kullanımları, ulaşımları, sağlık hizmetleri, eğitimleri, tarım ve hayvancılıkları ne kadar kısıtlanıyorsa ülkelerinde; güvenlik ve savunmaları, ekonomik kalkınmaları, toplumsal refahı, jeopolitik güçleri kısacası bağımsızlıkları da o kadar kısıtlanıyor demektir.

Devletlerin varlığını bağımsız bir şekilde sürdürmeleri için enerji büyük önem taşımaktadır. Devletler bağımsız geleceği için kendi enerji ihtiyacını kendi kaynaklarından karşılamalıdır. Yani devletlerin enerjide dışa bağımlı olmamaları, kendi ekonomik ve güvenlik politikalarına kendilerinin karar verebileceğini ifade eder.

Ülkelerin ekonomik gelişimleri, halkının yaşam standartlarının yükselmesi ve uluslararası alanlarda üstünlüğü az maliyetli, güvenilir, çevreye zararsız ve yenilenebilir olan enerji kaynaklarına sahip olmasına bağlıdır. Bu nedenle, enerji kaynaklarının çeşitli olmasının yanında etkin kullanımı da önemlidir.

Türkiye, harcadığı enerjinin dörtte üçünü ithal eden enerji ithalatına mecbur bir ülkedir. Bu nedenle enerji arz güvenliği Türkiye'nin en kritik konularından biridir. Enerjinin yeterli, güvenli ve kesintisiz bir şekilde, minimum maliyetle, çevreci yöntemlerle temin edilebilmesi ise enerji politikasının temelini oluşturur **(**Furtana, 2018:1).

Ülkemiz, enerjide dışa bağımlılığını en aza indirebilmek için enerji kaynağı çeşitliliğini artırmalı ve mevcut enerji kaynaklarını geliştirmelidir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından faydalanılarak enerji ihtiyacının büyük bir kısmının karşılanması, enerji bağımsızlığı yolunda çevreci bir yaklaşım olacaktır. Temiz enerji ile enerji kaynakları devamlılığı korunarak sürdürülebilir bir enerji politikası sağlanabilir.

1.1. Enerji Kavramı

Enerji, bir iş yapma yetisi olarak ifade edilmektedir. Işık (radyant), ısı, kimyasal, mekanik, nükleer, elektrik enerjisi gibi farklı enerji çeşitleri vardır (Çınar, 2021:2).

Enerji, insanlık tarihi boyunca ülkelerin ihtiyaç duyduğu unsurların başında gelmektedir. İnsanların hayatını devam ettirmelerinde önem arz eden gıda, ulaşım, barınma ve sanayinin temel ham maddesi enerjidir. Enerji; üretimi, günlük hayatı ve bunların sonucu olarak da kalkınmayı yani refahı etkiler. İnsanların refah seviyelerini arttırmaları için enerji üretim

kaynaklarını arttırmaları gerekmektedir. Ülkeler kaynak çeşitliğini arttırarak enerjide dışa bağımlılıklarını azaltmalı, ekonomilerinde sürdürülebilirliği sağlamalı ve gelişmişlik düzeylerini yükseltmelidirler. Aksi takdirde enerji arzı talebi karşılayamaz ve enerji açığı meydana gelir. Bu durumda ülkeyi enerjide dışa bağımlı hale getirir.

Enerji talebi, ülke ekonomisinde insan ihtiyaçlarını gideren hizmet ve malları temin edilmesi amacıyla, gündelik tüketim sonucu ortaya çıkan enerji ihtiyacını karşılayacak, kurumlar veya bireyler tarafından talep edilen enerji miktarı olarak ifade edilebilir (Ömer ve Bayrak, 2015:47).

Enerji arzı, enerji kaynaklarının değerlendirilerek kullanıma hazır hale getirilmesidir. Yani mevcut ekonomik koşullarda talebin karşılanması için yenilenemez enerji kaynakları ve yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji talebinin karşılanmasıdır (Adaçay, 2014:90).

Enerji açığı, ülkelerin enerji ihtiyaçlarını (enerji kullanımı) öz kaynakları ile karşılanamaması ya da ekonomilerinin enerji talebini karşılamada yetersizliği olarak ifade edilebilir. Kısacası, enerji üretiminin ülkenin enerji ihtiyacını karşılayamamasıdır. Yani bir ülkede üretilen enerji, sarf edilen enerjiden az ise o ülkede enerji açığı sorunundan bahsedilebilir (Ömer ve Bayrak, 2015:46).

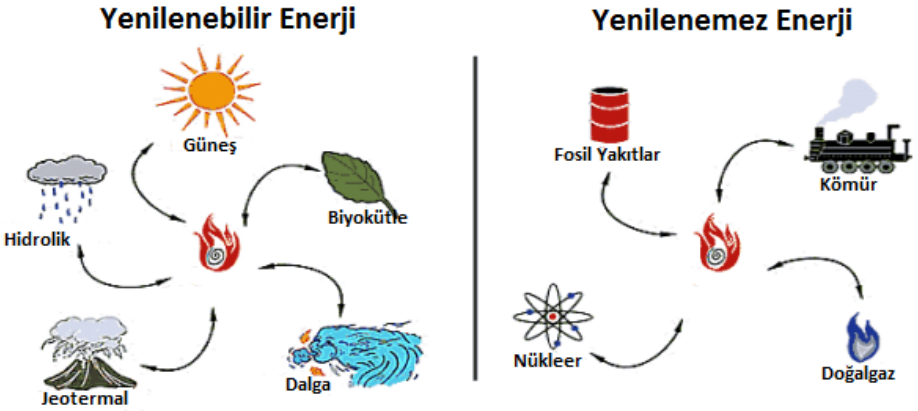
Enerji, ekonomik büyümenin temel unsurlarından bir tanesidir. Elektrik enerjisi ise, enerji türleri içinde en değişken yapıda olanıdır. Bu sebeple günlük hayatın her anında geniş kullanıma sahiptir. Tüm ülkeler gibi Türkiye'de de iktisadi gelişmenin sonucu olarak, hizmet ve mal tüketimi fazlalaşmaktadır. Bunun sonucu olarak elektrik sarfiyatı artmaktadır. Bir yandan sanayinin ana girdilerinden biri olması, diğer yandan hayat kalitesinin arttırılması için yeni malların üretimi, elektrik enerjisine bağımlılığı giderek artırmaktadır (Nişancı, 2005).

Günlük yaşantımızda kullandığımız çoğu araç ve gereç elektrik enerjisi ile çalışmaktadır. Yaşantımızı kolaylaştıracak aletlerin birçoğunun elektrikle çalıştığı dikkate alındığında elektrik tüketiminin artması o ülkenin refahının arttığının göstergesi olacaktır. Ayrıca erişim kolaylığı açısından, diğer enerji türlerine rahat dönüşebildiğinden ve depolanabildiğinden elektrik enerjisi ülkelerin temel enerji talebi haline gelmiştir.

1.2. Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması

Bir cismin iş yapabilme yeteneğine enerji denir. Enerji kullanımlarına göre; yenilenemez ve yenilenebilir olarak ikiye ayrılabilir. Tükenmez (yenilenebilir) enerji kaynakları güneş, biyokütle, jeotermal, rüzgar, hidroelektrik enerjisidir. Tükenir (yenilenemez) enerji kaynakları ise petrol, doğalgaz, kömür ve uranyumdan oluşmaktadır. Tükenmez enerji

kaynakları, doğada her zaman var olacak ve tükenmeyecek kaynakları ifade ederken; tükenir enerji kaynakları, doğada hazır halde bulunan ancak tükenebilen enerji kaynaklarını ifade etmektedir (Şekil 1.1). Tükenmez enerji kaynaklarından enerji elde edilmesi fosil yakıtlı enerji kaynaklarını kullanarak enerji üretilmesinden maliyetlidir. Ancak doğaya en az zarardadır. Diğer taraftan yenilenemez enerji kaynaklarından enerji üretimi, zararlı atıklar oluşturarak (sera gazları gibi) doğaya geri dönüşü olamayan zararlar verir (İzgi ve Kök:301).



Şekil 1.1. Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması

Kaynak: (Tekkanat, 2018)

1.2.1. Yenilenemez (Tükenir) Enerji Kaynaklar

Yenilenemez kaynaklar fosil yakıtları temsil etmektedir. Fosil yakıtlar, canlı organizma kalıntılarının milyarca yıl yer altında kalmasıyla oluşmaktadır. Fosil yakıtların enerji bakımından zengin olmasının nedenini milyarca yıl yer kabuğunda sıkışarak meydana gelmesi açıklamaktadır. Fakat fosil enerji kaynakları sınırlıdır. Bu nedenle tükenme sorunları bulunmaktadır. Yenilenemez enerji kaynaklarının yerlerinin tespit edilme zorluğu göz ardı edildiğinde, kaynaklara ulaşım kolaylığının yanında az miktarlarından çok enerji elde edilişi bu kaynakları vazgeçilmez yapmaktadır. Ancak bu kaynakların kullanımından açığa çıkan karbondioksit iklim değişikliğinin yanında hava kirliliğine ve asit yağmurlarına neden olmaktadır (Tablo 1.1).

Yenilenemez enerji (fosil yakıt) kaynakları (Şekil 1.2);

• Petrol

• Kömür

• Doğalgaz

• Uranyumdur.

Şekil 1.2. Yenilenemez Enerji Kaynakları

Tablo 1.1. Yenilenemez (Tükenir) Enerji Kaynaklarının Avantajları ve Dezavantajları

Yakıt	Kaynak	Avantajlar	Dezavantajları
Kömür (fosil yakıt)	Fosil hale gelmiş bitkilerden oluşur ve organik ve inorganik bileşiklerle karbondan oluşur. Yeryüzündeki kaya katmanları arasında bulunan kömür damarlarından çıkarılır.	Kömür yakıldığında elektrik enerjisine dönüştürülmesi ucuz, hazır bir yakıttır. Rezervi çoktur.	Yandığında sera gazı ile çeşitli gaz salınımı yaparak atmosferi kirletir.
Petrol (fosil yakıt)	Fosil hale gelmiş hayvanlardan oluşan karbon bazlı sıvıdır. Yeryüzü altında kayaçlar arasında petrol göletleri bulunur.	Petrol, çıkarılması ve enerjiye dönüştürülmesi ucuz olan hazır bir yakıttır. Sanayide ve ulaşımda kullanılır.	Petrol yakıldığında sera gazları da dahil olmak üzere atmosferik kirleticiler yayar. Sınırlı bir petrol kaynağı var.
Doğal gaz (fosil yakıt)	Yeryüzü altında kayaçlar arasında sıkışan metan ve çeşitli gazlar, sondajlar sonucu salınır.	Gaz kullanıma hazır bir yakıttır. Temini ucuzdur. Ev ve iş yerlerinde ocak ile ısınma için kullanılır. Kömür ve akaryakıttan daha temiz bir yakıttır.	Yandığında sera gazı ile çeşitli gaz salınımı yaparak atmosferi kirletir. Rezervi sınırlıdır.
Nükleer	Uranyum gibi radyoaktif maddelerdir. Bu maddeler atomlarına ayrıldığında enerji açığa çıkar ve bu enerjiden elektrik üretilir.	Çok az radyoaktif madde ile çok fazla enerji üretilebilir. Ucuzdur enerji kaynağıdır. Uzun süre üretilebilir. Kirletici gaz salınımı yapmaz.	Nükleer santraller pahalıdır ve atıkları oldukça zehirlidir. Nükleer santrallerden sızıntı, canlılar üzerinde ölümcül etkidedir.
Biokütle	Çürüyen canlılar ya da atıklarından veya organik malzemeden üretilir. Enerji sağlamak için yakılabilir.	Ucuz ve erişimi kolay enerji kaynağıdır. Enerjisi yüksek ekinler ekildiğinde sürdürülebilir bir enerji olabilir.	Yandığında sera gazları ve atmosferi kirletici gazlar yayar.
Odun	Devrilen veya çürüyen ağaçlar değerlendirilerek ısı ve ışık üretilebilir.	Ucuz ve erişimi kolay enerji kaynağıdır. Enerjisi yüksek ağaçlar değerlendirilirse, sürdürülebilir bir enerji olabilir.	Yandığında sera gazları ve atmosferi kirletici gazlar yayar.

Kaynak: (Arslan, 2022)

1.2.2. Yenilenebilir (Tükenmez) Enerji Kaynaklar

Birçok ülkede yenilenemez enerji kaynaklarının yanında alternatif enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır. Bazı ülkelerin yenilenebilir enerji kaynak potansiyeli fazla olmasına rağmen enerji üretiminde ilk sırada tercih edilmemektedir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji elde edilmesi, sera gazı salınımı azaltarak çevreci bir yaklaşımın yanında fosil kaynakların tükenmesinin de önüne geçer (Tablo 1.2).

Yenilenebilir enerji kaynakları (Şekil 1.3);

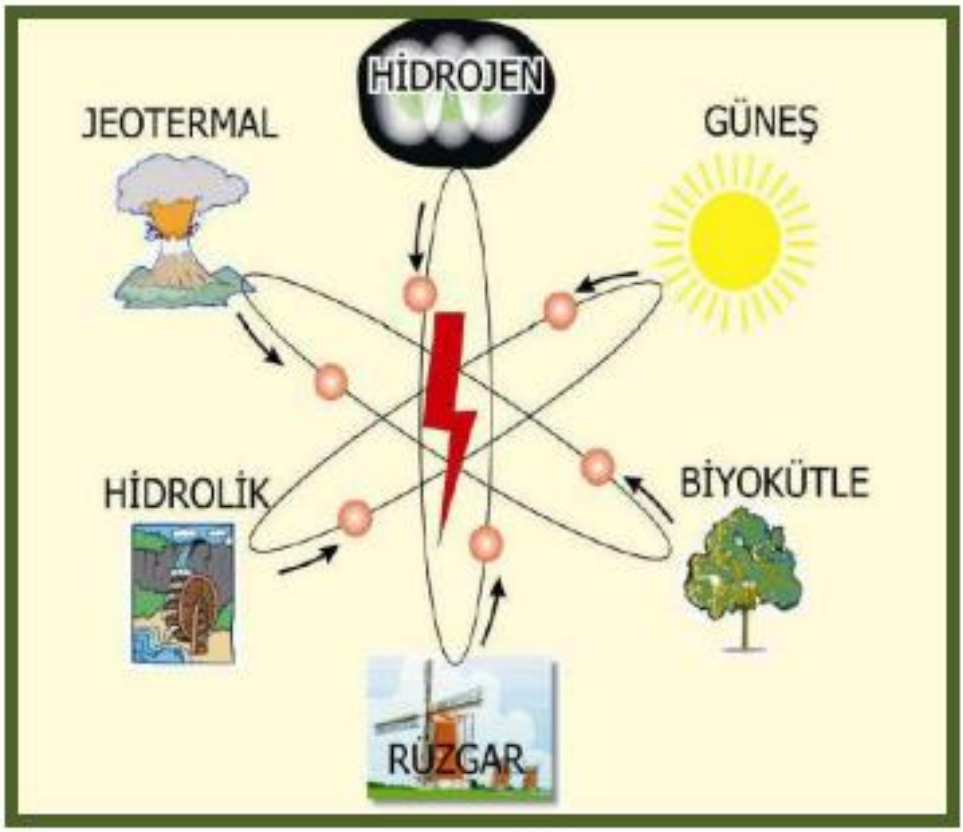
• Hidroelektrik enerjisi

• Güneş enerjisi

• Rüzgar enerjisi

• Jeotermal enerji

• Biyokütle enerjisidir.



Şekil 1.3. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının

Kaynak: (T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2018)

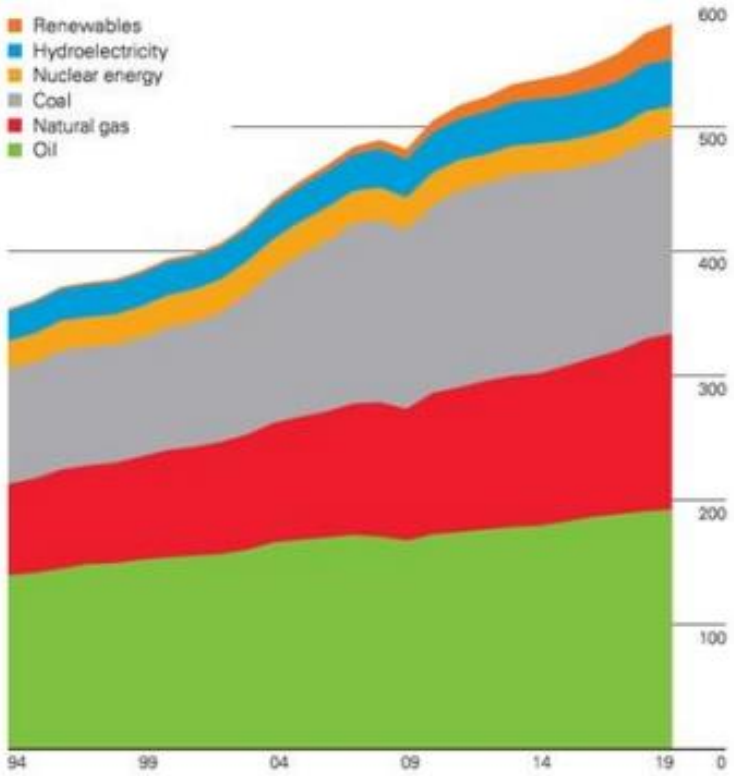
Tablo 1.2. Yenilenebilir (Tükenmez) Enerji Kaynaklarının Avantajları ve Dezavantajları

Enerji	Enerjinin kaynağı	Avantajlar	Dezavantajları
Güneş Enerjisi	Güneş ışığı enerjisi, güneş panelleri ile tutulur ve elektriğe dönüştürülür.	Potansiyel olarak sonsuz enerji kaynağı. Konutların elektrik ihtiyacını giderebilir.	Güneş panelleri ve varsa aküleri maliyetlidir.
Rüzgâr Enerjisi	Rüzgâr türbinleri sayesinde rüzgâr enerjisi elektriğe dönüştürülür.	Rüzgâr potansiyel olarak sonsuz bir enerji kaynağıdır.	Rüzgâr enerji santralleri maliyetlidir.
Jeotermal Enerji	Soğuk su yer altına pompalanarak buhar halinde dışarı çıkar. Buhar, ısınma ve elektrik üretiminde kullanılabilir.	Potansiyel olarak sonsuz enerji kaynağı.	Kurulumu pahalıdır. Yeraltında bulunabilecek tehlikeli maddelerin dikkatli bir şekilde ayrıştırılması gerekmektedir.
Hidrolojik Enerji	Suyun potansiyel ve kinetik enerjisinden faydalanılır.	Enerji kaynağı su rezervleridir.	İnşası maliyetlidir. Barajların yerel flora ve fauna üzerindeki etkileri iyi araştırılmalıdır.
Dalga Enerjisi	Deniz suyunun git gel hareketi faydalanılarak türbinler çalıştırır.	Açık denize kıyısı olan ülkeler için idealdir.	İnşası maliyetlidir. Deniz canlıları üzerindeki etkisi iyi araştırılmalıdır.

Kaynak: (Arslan, 2022)

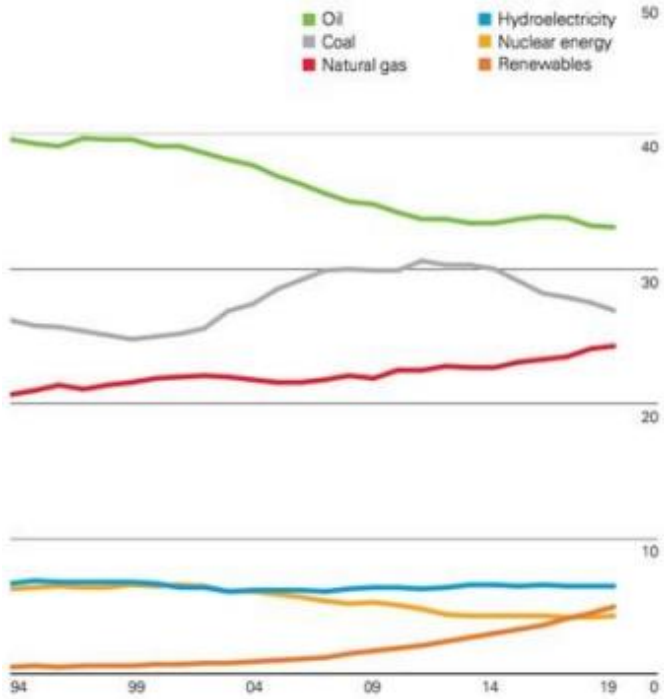
1.3. Dünyada Kaynaklarına Göre Elektrik Enerjisi Üretimi

BP 2020 Dünya Enerji İstatistik Görünümü Raporunda, 2019'da toplam küresel elektrik üretiminin 27.009 TWh ulaştığı yazmaktadır. 2019'da Dünya genelinde elektrik 9.824 TWh kömürden, 6.297,9 TWh doğalgazdan, 4.222,2 TWh hidroelektrik enerji kaynaklarından üretildiği bahsedilmektedir (Şekil 1.4 ve Şekil 1.5). Ayrıca raporda, Çin'de elektrik üretimi önceki yıla göre yüzde 4,7 artarak 7.503,4 TWh yükseldiği, böylelikle küresel elektrik tüketiminin yaklaşık yüzde 28'inin Çin'de gerçekleştiği hesaplanmıştır. Ne yazık ki yenilenebilir enerji kaynaklarından (güneş, rüzgar, hidrolik, jeotermal vb.) enerji üretiminde bir artış olmadığından da söz edilmiştir. Dünyanın elektrik enerjisi ihtiyacı 2040 yılında en az %30 oranında artacağı beklenmektedir (Çiçek ve Özdemir, 2021:2).



Şekil 1.4. Dünyanın Enerji Çeşitlerine Göre Tüketimi

Kaynak: (Aktaş & Technology, 2022)



Şekil 1.5. Enerji Kaynaklarının Küresel Payları

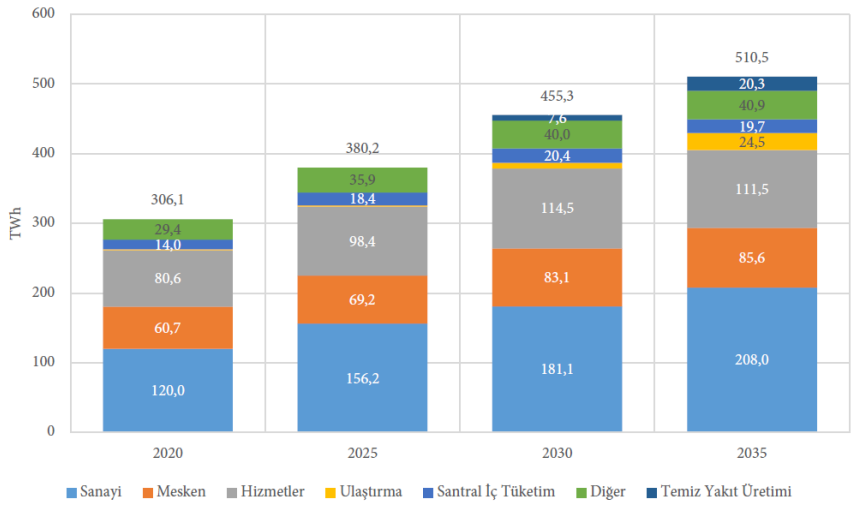
Kaynak: (Şahin, 2022)

1.4. Türkiye'de Kaynaklara Göre Elektrik Üretimi

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın verilerinde, 2019 yılının Eylül ayında kurulu gücümüzün %31,4'ü hidrolik enerjiden, %28,6'sı doğal gazdan, %22,4'ü kömürden, %8,1'i rüzgârdan, %6,2'si güneşten, %1,6'sı jeotermalden ve %1,7'si ise diğer kaynaklardan oluşmaktadır.

2019'da dünyada toplam elektrik enerjisinin %36,37'si kömürden, %23,32'si doğalgazdan, %15,63'ü hidroelektrikten, %10,35'i nükleer enerjiden, %10,39'u tükenmez (yenilenebilir) enerji kaynaklarından ve % 3,95'i diğer enerji kaynaklarından üretilmiştir. 2019 yılı enerji üretimimizin, kaynaklara göre dağılımına bakıldığında dünya ortalamasına yakın olduğumuz görülmektedir. Ancak ülkemizin 126 milyar kWh/yıl hidroelektrik potansiyelinin yaklaşık 45 milyar kWh/yıl (%36) kısmını kullanmaktadır. Türkiye'nin mevcut su kaynaklarından daha fazla yararlanarak hidroelektrik su potansiyelini değerlendirmesi gerekmektedir.

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığının açıkladığı verilerde, Türkiye elektrik enerjisi tüketimi 2022 yılında bir önceki yıla göre %0,5 oranında azalarak 331,1 TWh, elektrik üretimi ise bir önceki yıla göre %1,9 azalarak 328,3 TWh olarak gerçekleşmiştir. 2022 yılında elektrik üretimimizin, %34,6'sı kömürden, %22,9'u doğal gazdan, %20,3'ü hidrolik enerjiden, %10,6'sı rüzgardan, %5,1'i güneşten, %3,4'ü jeotermal enerjiden ve %3'ü diğer kaynaklardan elde edilmiştir. Türkiye Ulusal Enerji Planı çalışmasının sonuçlarına göre elektrik tüketiminin 2025 yılında 380,2 TWh, 2030 yılında 455,3 TWh, 2035 yılında ise 510,5 TWh seviyesine ulaşması beklenmektedir (Şekil 1.6) (ETBK, 2023).



Şekil 1.6. Kaynaklara Göre Birincil Enerji Tüketimi

Kaynak: (Türkiye Ulusal Enerji Planı, 2022)

Bir ülke için istikrar, refah, gelişme, kalkınma ve artan hayat kalitesini ifade eden enerji her zaman önemli bir gerekliliktir. Dünyada şehirleşme, nüfus artışı, sanayileşme ve teknolojinin yaygınlaşmasına yanında enerji tüketimi de sürekli artmaktadır. Ülkemiz gelişmekte olan ülkeler arasında olduğu için enerji ihtiyacındaki artış diğer dünya ülkelerinin yıllık enerji ihtiyacı artışından fazladır (Tablo 1.3) (Bayazıt, 2013:2).

Tablo 1.3. Enerji İhtiyacındaki Artış

ÜLKELER	**YILLIK TALEP ARTIŞI (%)**
Dünya ortalaması	2,4
Gelişmiş ülkeler ortalaması	<2,0
Gelişmekte olan ülkeler ortalaması	4.1
Türkiye	6-8

Kaynak: (Bayazıt, 2013)

2. HİDROELEKTRİK ENERJİ

Hidroelektrik enerji, suyun yükseklik ile kazanmış olduğu potansiyel enerjinin kinetik enerjiye dönüştürülmesidir. Yani su kaynağı (rezervuar) ile santral arasındaki yükseklik farkından yararlanılıp, suyun basınçlı şekilde türbinlerden geçirilmesi ve şaftın/alternatörün çevrilmesi sonucu elektrik enerjisi açığa çıkar. Su ile elektrik enerjisi elde edilmesi diğer yenilebilir enerji kaynaklarından elektrik enerjisi elde edilmesinden daha basittir.

Hidroelektrik enerji, yüzyıldan fazladır çalışan, gelişmiş ve kanıtlanmış bir teknolojiye sahiptir. Bugünkü santraller %80-95 gibi yüksek bir verimle çalışabilmektedir. Bu aynı zamanda çevreci bir yaklaşımdır. En gelişmiş fosil kaynaklı santrallerin verimi %60, güneş enerjisinden elektrik üreten PV panellerinin ise %18 dolayındadır. Hidroelektrik diğer büyük ölçekli enerji üretim sistemi kalemleriyle kıyaslandığında, en uzun işletme ömrüne sahip ve en düşük işletme maliyetine sahiptir (Güney, 2017:3).

2.1. Hidroelektrik Santraller

Hidroelektrik santraller, suyun enerjiye dönüştürülmesi için bünyesinde mekanik ve yapısal elemanları barındıran tesise denir. Bu tesisler, enerji büyüklüğüne, maliyete ya da arazi koşullara göre farklılık gösterebilir. Hidroelektrik santral elemanları (Şekil 2.1);

- Baraj gövdesi; akarsuyun depolamasını ve istenilen su yüksekliğini sağlar,

- Su alma yapısı; iletim hattına suyun geçmesini sağlar.

- Su iletim hattı; su ile türbinler arasındaki iletim yapısıdır. Bunlar borular yada tünellerdir.

- Santral binası; elektrik panoları, kontrol odası, generatör, türbin gibi cihazlar bulunmaktadır.

- Santral su bırakma yapısı; türbinlerden çıkan suyun alt rezervuara iletimini sağlar.

- Şalt sahası; trafoların, iletim hatlarının, topraklama hattının, paratoner ve transformatör gibi elemanlarının yer aldığı sahadır.

- Dip savak; barajın memba kısmındaki suyun mansap kısmına hızlı bir şekilde geçişini sağlar.

- Dolu savak; su seviyesinin planlanandan daha fazla olması durumunda baraj gövdesinin zarar görmemesi için fazla suyun tahliyesini sağlar.

Yukarıdaki bahsi geçen elemanlar HES planlamasına göre farklılık gösterebilir. Bu yapıların bazıları olmayabilir ya da bu yapılara ilave tesislerde (balık geçidi, enerji kırıcı havuz vb.) yapılabilir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarından hidroelektrik santraller, dünyadaki elektrik gereksiniminin yaklaşık olarak %22'ni karşılamaktadır (Bayazıt ve Bakış, 2015:368).

Şekil 2.1. Hidroelektrik Santral Kesiti

Kaynak: (Güney, 2017)

2.2. Hidroelektrik Santrallerin Sınıflandırılması

Hidroelektrik santralleri Geleneksel Hidroelektrik Santraller ve Pompaj Depolamalı Hidroelektrik Santraller olarak iki sınıfa ayırmak mümkündür. Hidroelektrik Santraller;

Düşülerine Göre:

• Yüksek düşütü HES'ler (H>50 m den büyük düşütü)

• Orta düşülü HES'ler (H= 10-50 m arası)

• Alçak düşülü HES'Ier (H<10m)

Depolama Yapılarına Göre:

• Nehir Tipi (regülatör) HES'ler

• Depolamalı(rezervuarlı) HES'ler

Santral Binasının Konumuna Göre

• Yarı Gömülü veya Batık HES

• Yer Altı veya Üstü HES

Kurulu Güçlerine Göre:

• Büyük kapasiteli (> 10000 kW)

• Orta kapasiteli (1000-10000 kW)

• Küçük(mini) kapasiteli (100-1000 kW)

• Çok küçük kapasiteli (mikro) (<100 kW)

Baraj Gövdesinin Tipine Göre:

• Toprak veya Kaya Dolgulu Gövdeli HES vb.

• Beton Kemer Gövdeli Barajlı HES

• Ağırlıklı Beton Gövdeli Barajlı HES

Ulusal Elektrik Sisteminin Yükünü Karşılama Durumuna Göre:

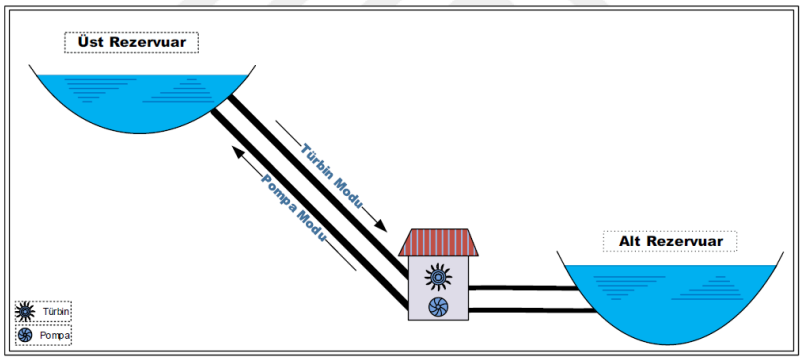
• Puant (Pik) Yük HES

• Baz Yük HES

• Hem Baz hem de Puant (Pik) Yük HES

3. POMPAJ DEPOLAMALI HİDROELEKTRİK SANTRALLER (PDHES)

PDHES'ler elektrik enerjisinin depolanması için planlanan tesislerdir. Büyük miktarda bir su ile elektrik üretilip, tüketilmesi mantığı ile çalışmaktadır. PDHES yapılarında iki adet rezervuar bulunmaktadır. Bu iki rezervuar arasındaki yükseklik farkından faydalanılarak elektrik üretilir (Şekil 3.1). Elektrik fiyatlarının düşük olduğu saatlerde suyun üst hazneye pompa yardımıyla basılması ile elektrik tüketilir ve üst haznede su biriktirilir. Elektrik fiyatının yüksek olduğu saatlerde de üst hazneden alt hazneye su bırakılarak, türbünlenen su ile elektrik üretilir.

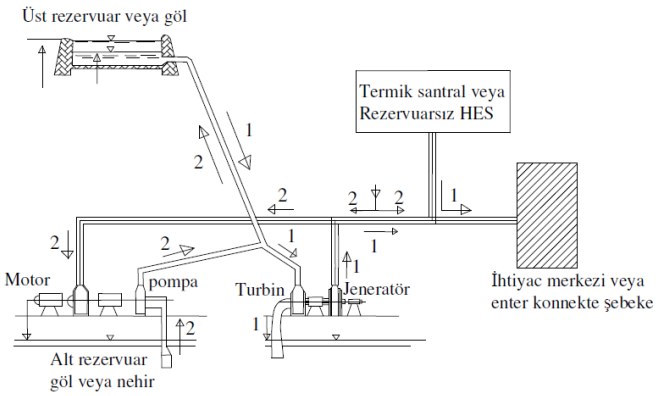


Şekil 3.1. PDHES Tesisi Şematik Gösterimi

Kaynak: (Yıldız, 2017)

3.1. PDHES Elemanları

Pompajlı santrallerde göz önünde bulundurulması gereken konu borudaki akımın çift yönlü olmasıdır. Bölüm 2.1' de açıklanan hidroelektrik santralleri oluşturan yapılara ek olarak PDHES için gerekli olan elemanlar Şekil 3.2 de gösterilmiştir.



Şekil 3.3 Pompa depolamalı santralin şeması

Şekil 3.2. PDHES Tesisi Kesiti

Kaynak: (Börçek, 2012)

a:Üst rezervuar; Üst hazne, genellikle bir dağ ya da tepe üzerindeki çukur önüne setler yapılarak su tutmayı sağlayan yapılardır.

b:Su alma yapısı(ağzı); üst rezervuardan su almayı sağlayan, üst rezervuarın altında ya da yanında olacak şekilde tasarlanan yapılardır.

c:Su iletim hattı; üst rezervuar ile alt rezervuar arasında su iletimini sağlayan yapılardır. Borular veya tünellerden yararlanılır.

d:Kuyruk suyu tüneli; Türbinlerden çıkan suyun alt rezervuara ulaşmasını sağlayan yapılardır.

e:Alt hazne: Genellikle göl, deniz ya da akarsu üzerindeki baraj kullanılır.

f:Denge bacası; basınç düzenlenmede kullanılan yapılardır

3.1.1. PDHES Elemanlarının Ekonomik Yerleşimi

PDHES'lerin üst rezervuarı dağ ya da tepe olmalıdır. Üst rezervuar dağın üstünde, alt rezervuar dağın eteğinde, elektrik santrali ise alt rezervuarın yakınında olmalıdır. Üst rezervuarda suyun depolanması için yeterli hacme sahip olmalıdır.

PDHES'lerin ekonomik olması için, PDHES yapılarında bulunması gereken özellikler;

1. Üst rezervuar jeolojisi bakımından su sızdırmaz yapıda olması gerekir.

2. Alt rezervuar ile üst rezervuar arasındaki kot farkı fazla olmalıdır.

3. Su iletim hattı kısa olmalıdır.

4. Rezervuar alanları en az dolgu veya kazı gerektirmelidir.

5. Santral binası enerji nakil hatlarına yakın olmalıdır.

6. Rezervuarlara ulaşımın kolay olması gerekmektedir.

8. Yenilenebilir enerji kaynakları ile entegre çalışacak ise bu tesislere yakın olmalıdır.

3.2. PDHES'lerin Biriktirme Durumuna Göre çeşitleri

PDHES tesisleri günlük, haftalık ve sezonluk biriktirme yapabilme durumuna göre planlanabilmektedir.

Günlük çevrim, pik saatler dışında üst rezervuara pompalanan su pik saatlerde üretimde kullanılır. Gece saatlerinde üst hazneye su basılır. Gece üst hazneye basılan su pik saatlerde türbünlenerek elektrik enerjisine dönüştürülür.

Haftalık çevrim, hafta sonu pik saatler dışında üst rezervuara pompalanan su hafta içi pik saatlerde elektrik üretimde kullanılır. Üst rezervuarın tamamen boşalmasından sonra tekrar doldurulma işlemine geçilir.

Sezonluk biriktirme, akarsu, göl veya denizden enerji ihtiyacının az olduğu dönemde üst rezervuara su pompalanır. Enerji ihtiyacının fazla olduğu dönemde ise depolanan su elektrik enerjisine dönüştürülerek sisteme verilir. Tüketimin en az olduğu ay haziran en fazla olduğu ay ise Şubat ayıdır. Üst rezervuara Nisan ve Temmuz aylarında su pompalanarak kışın Ocak ve Şubat aylarındaki pik tüketim karşılanabilir.

3.3. PDHES'lerin Avantajları ve Dezavantajları

PDHES'lerin avantajları;

✓ Hızlı Devreden Çıkama - Devreye Girme: Enerjiye ihtiyaç duyulması halinde aniden devreye girebilir ya da fazla olması durumundan aniden devreden çıkabilir. Bu da işletmeciler için saniyeyi bile değerlendirebilecekleri anlamı taşır. Yük talepleri çok hızlı bir şekilde karşılandığından enerjiyi daha değerle hale getirir.

✓ Yük Dengelemesi: Stabil frekans ve gerilim sanayi esnafı açısından oldukça önemlidir. Çünkü makineler sabit frekans ve gerilimle çalıştığından sistemdeki dalgalanmalar makineleri arızalandırmakta ve üretimi durdurmaktadır. Bu sebeple, sabit frekans ve gerilim için organize sanayi bölgeleri PHES'lerden faydalanmak isterler.

✓ Black-start'sız çalışma: Santralde bulunan tüm jeneratörlerin devre dışı kalması durumun da ya şebekeden enerji çekiler ilk çalışma gerçekleşir ya da dizel jeneratörlerden faydalanır. Hidroelektrik santraller herhangi bir beslemeye ihtiyacı olmadan devreye girebilir ve devreden çıkabilir.

✓ Enerjinin Sürekliliği: Elektrik fiyatının düşük olduğu saatlerde rezervuara pompalanan suyun pik saatlerde enerjiye dönüştürmeyi beklemesidir. Kısaca pik saatlerde depolanmış enerjinin kullanıma hazır olmasıdır.

PDHES'lerin dezavantajları;

× İlk yatırım maliyetleri yüksek olduğundan kendini amorti süresi uzundur.

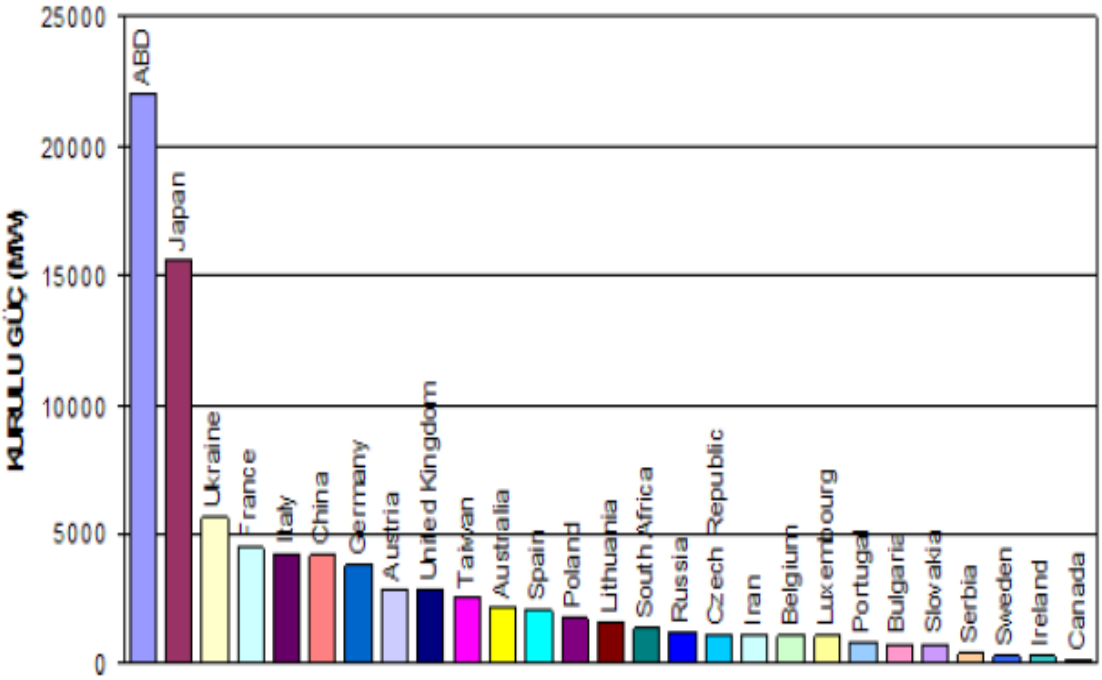
× Üst rezervuarın geçirimsiz tabakaya sahip olması gerekmektedir.

× Tesis bölgesi kaya düşmesi ve heyelan gibi doğa olaylarına korunaklı olmalıdır.

× Deniz suyu kullanımında korozyon dezavantaj olabilmektedir.

3.4. PDHES'lerin Dünyadaki Durumu

İlk PDHES'ler 1890'larda İsviçre ve İtalya'dadır. Dünyada 39 ülkede (Şekil 3.3) işletmede olan PDHES'ler yaklaşık 135.000 MW kurulu güce sahiptir. Bu ülkelerden Japonya 25.000 MW'lık kurulu gücü ile öncülük etmektedir. DPDHES gücü, Japonya'nın toplam kurulu gücünün yaklaşık %10'unu oluşturmaktadır. Diğer taraftan Çin, PDHES kurulu gücünü her geçen gün arttığından dünya ülkeleri arasında ilk sıraya yerleşebileceği düşünülmektedir (Tablo 3.1). Norveç, elektrik üretiminde hidroelektrik kaynaklarını kullanarak elektrik ihtiyacının %99'unu karşılamaktadır. Ayrıca bu gücün 1.300 MW kısmı PDHES'den karşılanmaktadır. Gelişmiş ülkelerde işletmede olan PDHES'ler, gelişmekte olan ülkelerde de yeni yeni işletmeye geçmektedir. 2014 yılı hesaplamaları ile dünyadaki PDHES kurulu gücü 175.000 MW dolaylarındadır (Karaçay, 2010:27).



Şekil 3.3. Ülkelerin Pompaj Depolamalı Hidroelektrik Santrali Kurulu Güçleri

Kaynak: (Karaçay, 2010)

PDHES'lerin 2009 yılındaki dünyadaki toplam gücü 99.663 MW olduğu bilinmektedir. 2009 yılından 2015 yılına kadar PDHES toplam gücünün 1,5 kattan fazla artması ve 2030 yılına kadar bu güce 78.000 MW'ın ek PDHES'in devreye alınma planları dünyanın PDHES'lere ne kadar önem verdiğini kanıtlamaktadır. Ülkemiz olarak dünya ülkelerinin sıralanmış olduğu listede ilk 20 bile olamayışımız PDHES'lere daha çok önem vermemiz gerektiğini anlatmaktadır.

Tablo 3.1. Bazı Ülkelerin Kurulu PDHES Güçleri

ÜLKE	PDHES KURULU GÜÇ(MW)	ÜLKE	PDHES KURULU GÜÇ(MW)	ÜLKE	PDHES KURULU GÜÇ(MW)
Çin	33.199	Fransa	5.894	Norveç	967
Japonya	28.652	G.Kore	4.700	Portekiz	3.547
Amerika	26.645	Japonya	4.820	Portekiz	3.547
İspanya	7.903	Amerika	33.199	İngiltere	3.428
İtalya	7.485	Rusya	2.196	Ukrayna	3.173
Hindistan	6.772	Tayland	1.391	G.Afiika	2.912
Almanya	6.688	Bulgaristan	1.052	Tayvan	2.608
İsviçre	6.427	İran	1.040	Avusturalya	2.542

Kaynak: (Sertkaya ve ark., 2015)

Dünya üzerinde 40'dan fazla ülkede 386'dan fazla PDHES tesisi bulunmaktadır (Tablo 3.2). Bu ülkelerin kurulu depolama teknolojilerinin %94'ü PDHES'tir. Yine toplam depolama kapasitelerinin %99'unu PDHES'ler oluşturmaktadır (Günler, 2020:45).

Tablo 3.2. Çeşitli Ülkelerde Yapılmış PDHES Örnekleri

Japonya Okinawa PDHES (30 MW)	Fransa La Blanc PDHES (10000 MW)	Çin Fengning PDHES (3.6 GW)
ABD Bath County (3 GW)	Japonya Okutataragi PDHES (1.9 GW)	İngiltere Dinorwig PDHES (360 MW)

Kaynak: (Vikipedi, 2022)

3.5. PDHES'lerin Türkiye'deki durumu

Ülkemizde ilk kez EİE Genel Müdürlüğü tarafından PDHES çalışmalarına 2005 yılında başlanmıştır. Farklı proje çalışmaları yapılmakta olup, 17 adet ilk etütleri yapılıp raporları hazırlanmış PDHES projesi bulunmaktadır (Tablo 3.3). (Karaçay, 2010:35).

Ülkemizde DSİ ve EİE tarafından PDHES'ler konusunda çalışmalar yapılmıştır. Ancak şu ana kadar uygulama kararı alınan ve inşası başlayan PDHES projesi bulunmamaktadır. PDHES'lerin yapım yönetmeliği DSİ, EPDK ve ETKB tarafından düzenlemeleri gerekmektedir. Henüz konuyla ilgili yönetmelik mevcut değildir (Gürsakal, 2022:9).

Tablo 3.3. EİE Tarafından Planlanan PDHES'ler

Tesis Adı	Kumlu Gücü (MW)	İli	Türü	Proje Debisi	Düşü (m)
Gökçekaya PHES	1600	Eskişehir	Mevcut baraj gölüne entegre	193	962
İznik I PHES	1500	Bursa	Tamamen yeni yatırım	687	255
Sarıyar PHES	1000	Ankara	Mevcut baraj gölüne entegre	270	434
Bayramhacılı PHES	1000	Kayseri	Mevcut baraj gölüne entegre	720	161
Haşan Uğurlu PHES	1000	Samsun	Mevcut baraj gölüne entegre	204	570
Adıgüzel PHES	1000	Denizli	Mevcut baraj gölüne entegre	484	242
Burdur PHES	1000	Burdur	Tamamen yeni yatırım	316	370
Eğridir PHES	1000	Isparta	Tamamen yem yatırım	175	672
Kargı PHES	1000	Ankara	Mevcut baraj gölüne entegre	238	496
Karacaören II PHES	1000	Burdur	Mevcut baraj gölüne entegre	190	615
Yalova PHES	500	Yalova	Tamamen yem yatırımı	147	400
Yamula PHES	500	Kayseri	Mevcut baraj gölüne entegre	228	260
Oymapınar PHES	500	Antalya	Mevcut baraj gölüne entegre	156	372
Aslantaş PHES	500	Osmaniye	Mevcut baraj gölüne entegre	379	154
İznik II PHES	500	Bursa	Tamamen yem yatırımı	221	263
Demirköprü PHES	300	Manisa	Mevcut baraj gölüne entegre	166	213

Kaynak: (Gürsakal, 2022).

3.6. PDHES Yatırımlarının Türkiye'de Arttırılması

Ülkemizin hidroelektrik enerji potansiyeli göz önüne alındığında Dünya'da ilkler arasında olduğu bilinmektedir. Milli Enerji politikalarımız da bu potansiyelden daha fazla faydalanmamız ülkemize daha fazla katkı sağlayacaktır.

Hidroelektrik potansiyelimizi değerlendirmek adına pompaj depolamalı santral projelerinde yatırımların artması için;

- Mevzuattaki tanımların açıklayıcı olması,
- PDHES projelerini destekler fonların oluşturulması

- Elektrik Piyasası Düzenleme Kurumunun düzenlemeler yapması;
- Projelerin uygulana bilmesi için özel teşvik kararlarının alınması,
- Deniz suyu ile zengin ülkemizde pompaj depolamalı santrallerin deniz suyu ile çalışabilirliğinin araştırılması;
- Depolamalı barajların memba kısmından faydalanarak pompaj depolamalı santrallerin kurulmasının araştırılması;
- Santraller elemanlarında kullanılan malzemelerde yerli üretimlere yer verilmesi,

Bir göl veya deniz kenarına inşa edildiğinde çevreye herhangi bir olumsuz etkisi bulunmamaktadır. Ayrıca oluşturulacak rezervuar alanları farklı amaçlarda da kullanılabilir. Örneğin taşkın kontrolleri, sulama, içme veya kullanma suyu temini, sediment kontrolü ve balıkçılık gibi amaçlar içinde kullanılabilir (Ayder, 2015:18).

4. DENİZ ALT REZERVUARLI PHES

Denizler PDHES'ler için alt rezervuar olarak değerlendirilebilir. Ancak deniz suyunun tuzlu olması sebebi ekipmanlarda korozyona sebebiyet verebilir. Bu nedenle deniz suyundan tuzun arıtımı için tesis kurulabilir veya ekipmanlarda süper alaşımlarla korozyona dayanıklı hale getirile bilinir. Diğer bir taraftan tuzlu suyun doğaya zararını engellemek amaçlı üst rezervuarda sızmaya karşı ilave önlemlerin alınması gerekebilir.

PDHES'ler de deniz suyu kullanılabileceğinin ilk örneği, Japonya'nın Okinawa Adasının kuzeyinde kurulan santraldir. Dünyadaki ilk DPDHES'dir. DPDHES'ler de, alt rezervuar inşaatına gerek duyulmaması, büyük ölçekli nükleer veya termik santrallerin yakınına kurulabilmeleri veya güç talebi artan meskûn alanlarda kurulabilmeleri sayesinde, maliyet ve sistem işletmesi açısından normal bir PDHES' e göre üstündür. Bununla birlikte, denizdeki bitki ve hayvan ekolojisine zarar verebilmesi, üst rezervuarda deniz suyunun etrafa saçıla bilmesi sonucu çevre yaşamının olumsuz etkilenmesi, organizmaların sisteme ve türbinlere yapışması sonucu güç üretimi ve pompalama veriminin düşmesi, malzemelerin korozyona uğrayabilmeleri gibi dezavantajları da vardır (Ünver ve ark., 2015:62).

Japonya'da denizden beslenen Okinawa PDHES (Şekil 4.1), üç tarafı deniz olan ülkemiz için araştırılması gereken PDHES tiplerindendir. Ege, Akdeniz, Karadeniz ve Marmara bölgelerinde enerji yoğunluğu yaşanan yerlerde kurulması ekonomimize fayda sağlayabilir.

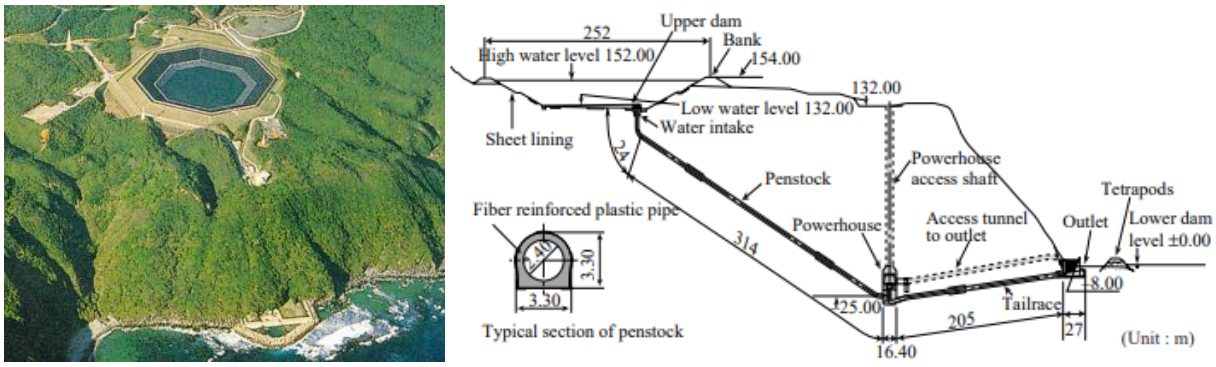
Şekil 4.1. Japonya'da Denizi Alt Rezervuar Olarak Kullanan Okinawa PDHES

Kaynak: (Peker, 2022)

4.1. Deniz Alt Rezervuarlı PDHES Örnekleri

4.1.1. Okinawa Deniz Pompaj Depolamalı HES

1981 yılında fizibilite çalışması başlatılmıştır. 1991 yılında inşaatı başlamış ve 8 yıl sonra 1999 yılında işletmeye alınmıştır. 30 MW gücündeki ilk DPDHES projesi olan Okinawa DPDHES'nin (Şekil 4.2), üst rezervuar kotu 150 m ve 600 metre mesafededir (Tablo4.1). Türbin, cebri borular ve diğer teknik teçhizatın gömülü olarak inşa edilmiştir. Ayrıca proje üst rezervuarı tuzlu deniz suyundan en az etkilenecek şekilde özel yöntemlerle kaplanmıştır (Tesab, 2022:68).



Şekil 4.2. Okinawa DPDHES Kesiti

Kaynak: (Semantic Scholar, 1998)

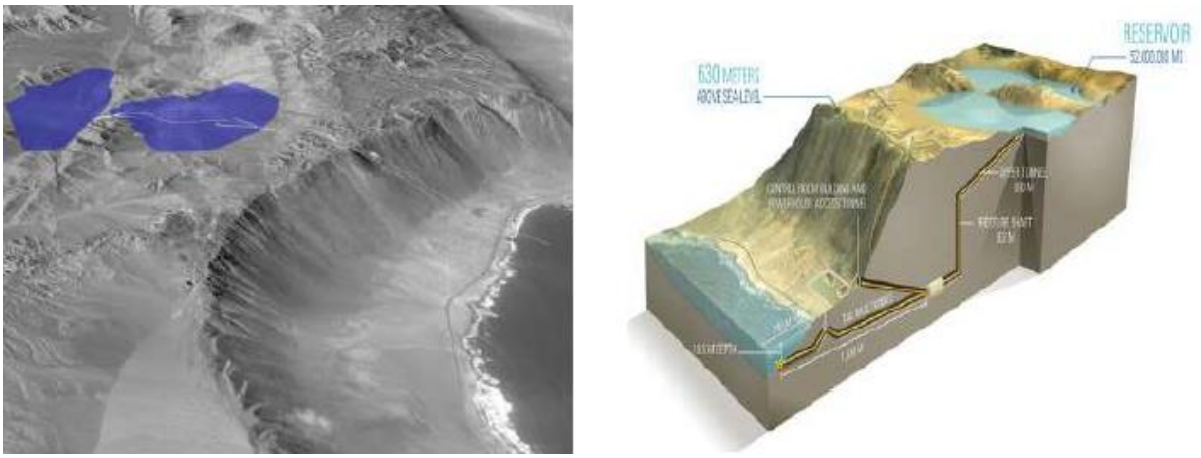
Tablo 4.1. Okinawa DPDHES'i Teknik Verileri

Türbin İşletmesi		Pompa İşletmesi	
Maksimum güç	31.400 kW	Maksimum giriş gücü	31.800 kW
Maksimum net düşü	141 m	Dinamik düşü	160 m
Maksimum debi	26 m^3/sn	Debi	20,2 m^3/sn
Dönüş hızı	450 ± 6 devir/dakika	Depolama Kapasitesi	564.000 m^3

Kaynak: (Tutuş ve Pasin, 2006)

4.1.2. Valhalla Deniz Pompaj Depolamalı HES

Projenin inşaatına 2017 yılında başlanılmıştır. Projede Atacama Çölü'nde güneş panelleri vasıtasıyla elektrik üretimi gerçekleştirilir. Üretilen bu elektrik enerjisi ile çölün okyanus kıyısından su pompalanması yapılarak, su yüksek kotta depolanır. Neredeyse hiç yağmur olmayan çölde, okyanusa yakın konumlanmış, doğal yüzey oyukları içeren, yüksek bir kıyı uçurumu üzerinde deniz suyu depolanır (Şekil 4.2). Depolanan su puant saatlerde türbünlenerek elektrik üretimi gerçekleştirilir (Tesab, 2022:69).



Şekil 4.3. Valhalla DPDHES Kesiti

Kaynak: (Fujihara ve ark., 1998)

4.1.3. Kerma Deniz Pompaj Depolamalı HES

Kuzey Denizi'ndeki Kerma projesi deniz içerisinde inşa edilmiştir. Kurulu gücü 1500 MW civarındadır. Belçika açık deniz hidroelektrik santrali, su pompalamak yerine su dışarı pompalayarak elektrik üretecektir. Projenin orta kısmında at nalı şeklinde yapay bir gölet bulunmaktadır (Şekil 4.4). Rüzgâr türbinlerinden üretilen elektrik enerji ile su dışarı pompalanırken, puant saatlerde deniz suyunun hidroelektrik türbinler aracılığıyla geri akmasına izin verilecektir. Proje süresinin 5 ila 7 yıl olduğu düşünülmektedir (Tesab, 2022:69).

Şekil 4.4. Kerma DPDHES'i

Kaynak: (Star, 2021)

4.2. DPDHES'lerin Normal PDHES'e Göre Avantajları ve Dezavantajları

Deniz Tipi PDHES projelerinin avantajları olarak;

• Alt rezervuara inşai faaliyete ihtiyaç duyulmamaktadır

• Güç talebi artan bölgelerde jeolojik durumlara göre kurulabilirler.

Tüm projelerin avantajları olduğu gibi dezavantajlı da bulunmaktadır. Deniz tipi PDHES'lerin en belirgin dezavantajları;

• Yukarı rezervuarda depolanan deniz suyunun toprağa sızma ihtimali

• Deniz canlılarının türbinlere yapışmasından kaynaklı güç kayıpları

• Tuzlu suyun metal malzemelerde oluşturabileceği korozyon,

• Alt rezervuar için dalga kıran ihtiyacıdır.

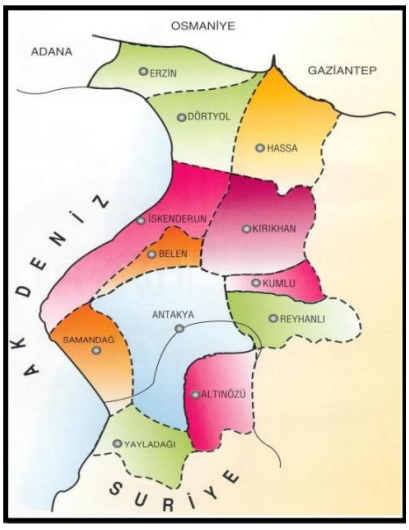
5. AKDENİZ ALT REZERVUARLI HATAY DPDHES SANTRAL TASARIMI

5.1. Hatay İli ve Çevresinin İncelenmesi

Hatay ili Akdeniz Bölgesi'nin güneydoğusunda yer alır. Hatay ili 5403 km² yüz ölçümüne sahiptir. İl arazisi $35^{0}52'$ ile $37^{0}04'$ kuzey enlemleri, $35^{0}40'$ ile $36^{0}35'$ doğu boylamları arasında yer alır. Samandağ ilçesi ise ilin güneybatı kesiminde yer almaktadır. Akdeniz'e kıyısı bulunan ilçe batıda Akdeniz, doğuda Yayladağı ve kuzey-kuzeybatı yönünde de Antakya merkez ilçesiyle çevrelenmiştir (Cengiz, 2012:21). Samandağı, temel kayaların oluşturduğu, topografik yükseltilerle çevrelenmiş, çöküntü alanıdır. Hatay Akdeniz bölgesinin bir sınır ilidir. Büyükşehir statüsünde olan Hatay'ın il sınırları Şekil 5.1' de, ilçe sınırları ise Şekil 5.2'de gösterilmiştir.

Şekil 5.1. Hatay İlinin Türkiye'deki Konumu

Kaynak: (T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2019)



Şekil 5.2. Hatay İli İlçeleri

Kaynak: (T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2019)

5.2. Hatay İli Ulaşım Ağı

Türkiye'nin 13., Akdeniz Bölgesinin 4. büyük şehri Hatay, yük ve yolcu trafiği yoğunluğunu; hava, kara ve denizyolu ile gidermektedir. Ülkemizin güneyinde yer alan Hatay, coğrafi konum olarak ulaşımı kolay bir noktadır. Şehir, uluslararası ve ulusal karayolu bağlantılarına sahiptir.

5.2.1. Karayolu Ulaşımı

Hatay; karayolu ile İstanbul'a 1.130 km, Ankara'ya 681 km, İzmir'e 1091 km, Gaziantep'e 194 km, Adana'ya 191 km, uzaklıktadır (Şekil 5.3). Hatay'da Karayolları Genel Müdürlüğü'nün denetiminde yaklaşık 4100 km'si köy yolundan oluşan toplamda 4831 kilometre karayolu bulunmaktadır (Tablo 5.1).

Şekil.5.3. Hatay Karayolu Ulaşım Ağı

Kaynak: (T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2019)

Tablo 5.1. Türlerine Göre Yol Ağı Verileri

ASFALT YOLLAR				DİĞER YOLLAR	ŞEBEKE
	Asfalt Betonu	Sathi Kaplama	Toplam		
Otoyol	77	0	77	0	77
Devlet	164	175	339	31	370
İl Yolu	47	219	266	12	278
Toplam	288	394	682	43	725

Kaynak: (T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2019)

5.2.2. Demiryolu Ulaşımı

Türkiye'nin güneyinde demiryolunun son noktası olan Hatay, TCDD 6. Bölgeye (Adana) bağlıdır (Şekil 5.4). Ayrıca demiryolu İskenderun Limanına ulaşımda etkilidir.

Şekil 5.4. Hatay Demiryolu Ağı

Kaynak: (T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2019)

5.2.3. Havayolu Ulaşımı

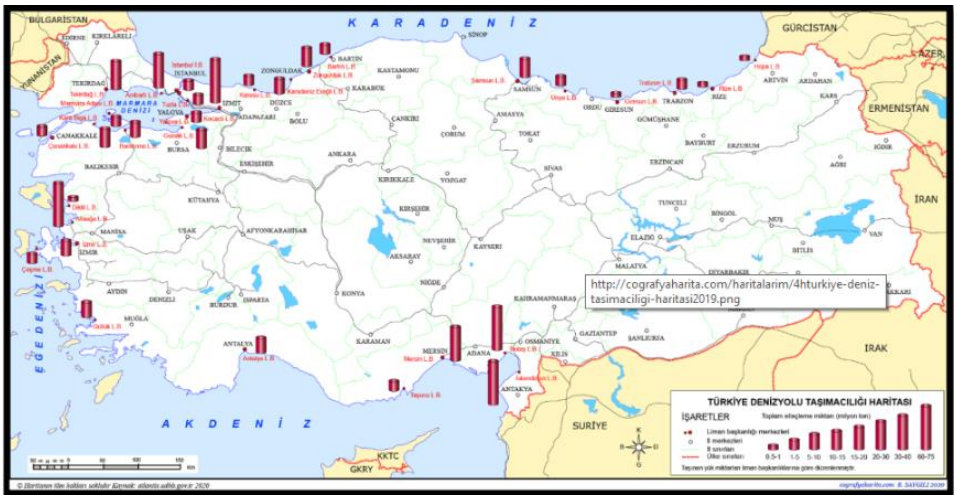
Hava ulaşımında Hatay, konumu gereği stratejik öneme sahiptir. 9 Aralık 2007'de açılan Hatay Havalimanı (Şekil 5.5), Antakya ilçesine 25 km, İskenderun ilçesine 30 km mesafede bulunmaktadır.

Şekil 5.5. Hatay Havaalanı Verileri

Kaynak: (T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2019)

5.2.4. Denizyolu Ulaşımı

Akdeniz'in kuzeydoğusunda kritik noktada bulunan; Ortadoğu, Güney Anadolu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerine hizmet sağlamaktadır (Şekil 5.6). Transit liman özelliğinde bir limandır. Artalanının (Hinterland) güçlü olması potansiyelini arttıran temel etkenlerdendir.

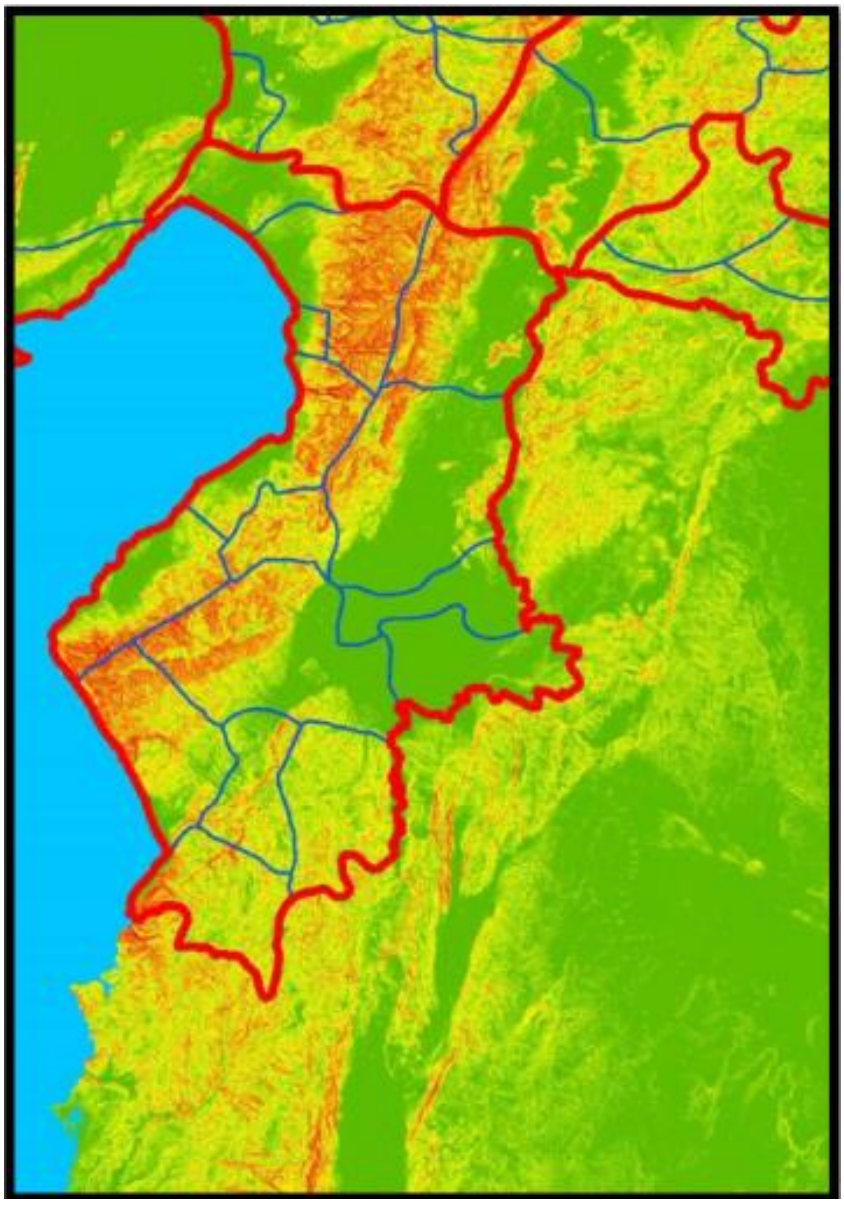


Şekil 5.6. Hatay Limanı Verileri

Kaynak: (T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2019)

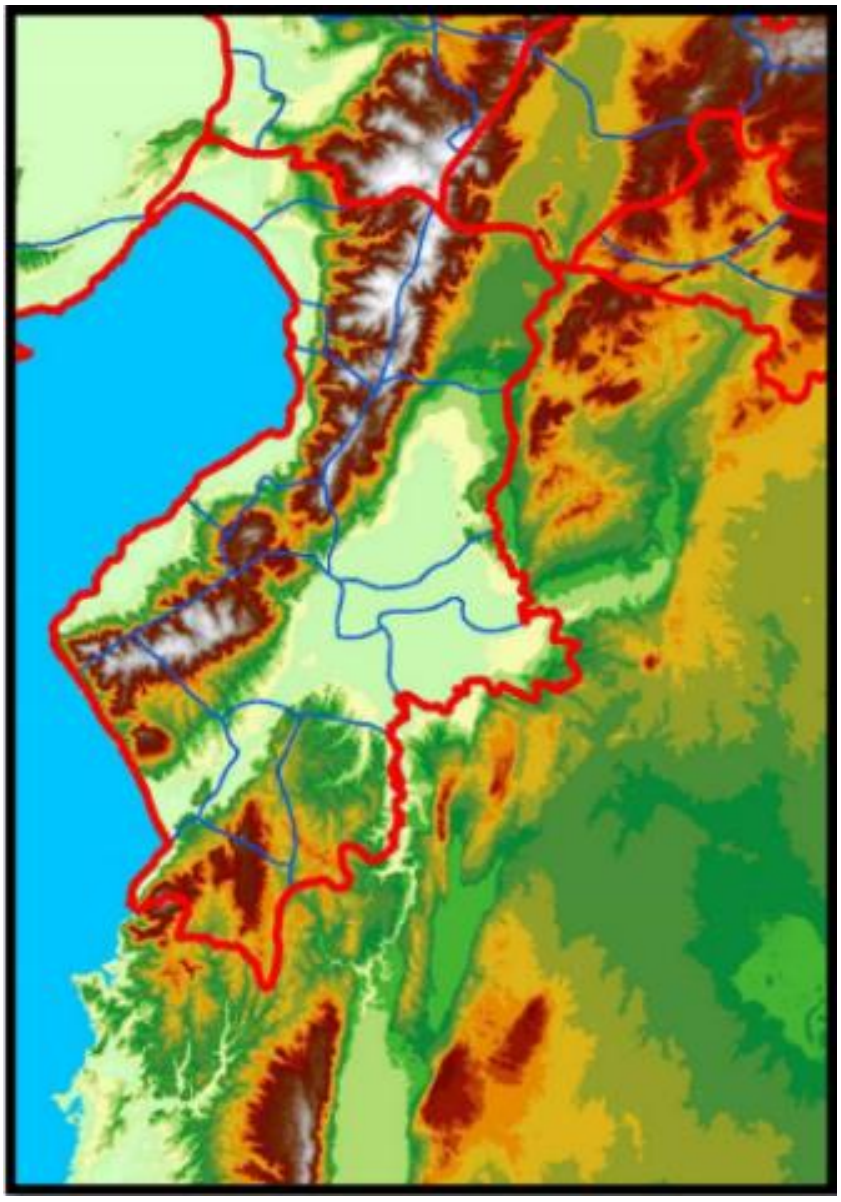
5.3. Hatay İli Topoğrafya ve Eğim

Hatay İl toprakları; çöküntü alanları, kıyı ovaları ve kıyı dağlarından oluşmaktadır (Şekil 5.7). Kuzeyden Islahiye Çöküntüsü ve Amonos Dağları'nın kolları, doğudan Suriye tektoniğinin yüksek olmayan platoları ve batıda Akdeniz ile çevrilmiştir. İl merkezi deniz seviyesinden 85 m yüksekte kurulmuştur. Kahramanmaraş'tan başlangıç gösteren çöküntü alanları; güneye doğru gidildikçe Amik Ovası'nı, Suriye'de Gob Çukurluğu'nu, Antilübnan Dağları ve Lübnan arasındaki El Bekaa Vadisi'ni oluşturmaktadır. En zirve noktası Bozdağ (Mığır Tepe)'dir. Mığır Tepe Nur Dağları üzerinde Hassa ilçesinde bulunur (Şekil 5.8). Yüksekliği 2.240 m'dir.



Şekil 5.7. Hatay Eğim ve Eşyükselti Haritası

Kaynak: (T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2019)

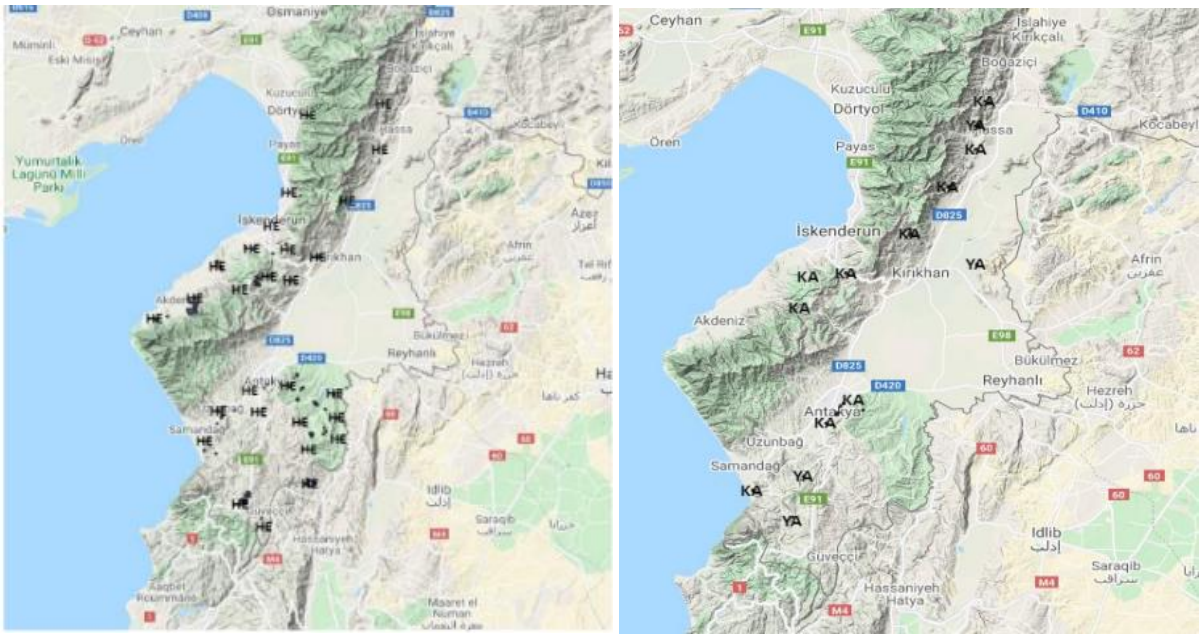


Şekil 5.8. Hatay Morfolojisi

Kaynak: (T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2019)

5.3.1. Heyelan ve Kaya Düşmesi Durumu

Hatay ilinin jeomorfolojik, jeolojik, iklim koşulları ile engebeli, dağlık alanların varlığına bakıldığında heyelan afeti sık görülen afetlerdendir. Yapılan incelemelerde Hatay ilinde meydana gelen heyelanlar (Şekil 5.9), Amik ovasının ile Akdeniz arasında yükselen Amanos Dağlarında meydana gelmiştir. İl heyelanları, kuvaterner sedimanter ve senozoyik kayaçlarda meydana gelmiştir. Hatay ilinde kaya akmaları, Kızıldağ ofiyoliti türünden serpantinin, hava ve sudan bozulmasından meydana gelir. Bu durum kayalarda durağanlık açısından problem oluşturur. Serpantinlerin bulunduğu bölgelerde detaylı analizler yapılmalıdır.



Şekil 5.9. Heyelan ve Kaya Düşmesi Gerçekleşen Yerler

Kaynak: (AFAD, 2022)

5.4. İklim Yapısı

Hatay, Akdeniz Havzası'nda deniz etkisindedir. Akdeniz iklimi hâkimiyeti ilde hissedilmektedir. Hatay ili yazları kurak ve sıcak, kışları yağışlı ve ılık geçmektedir (Şekil 5.10). İklim iç kesimlere gidildikçe karasallaşmaktadır.

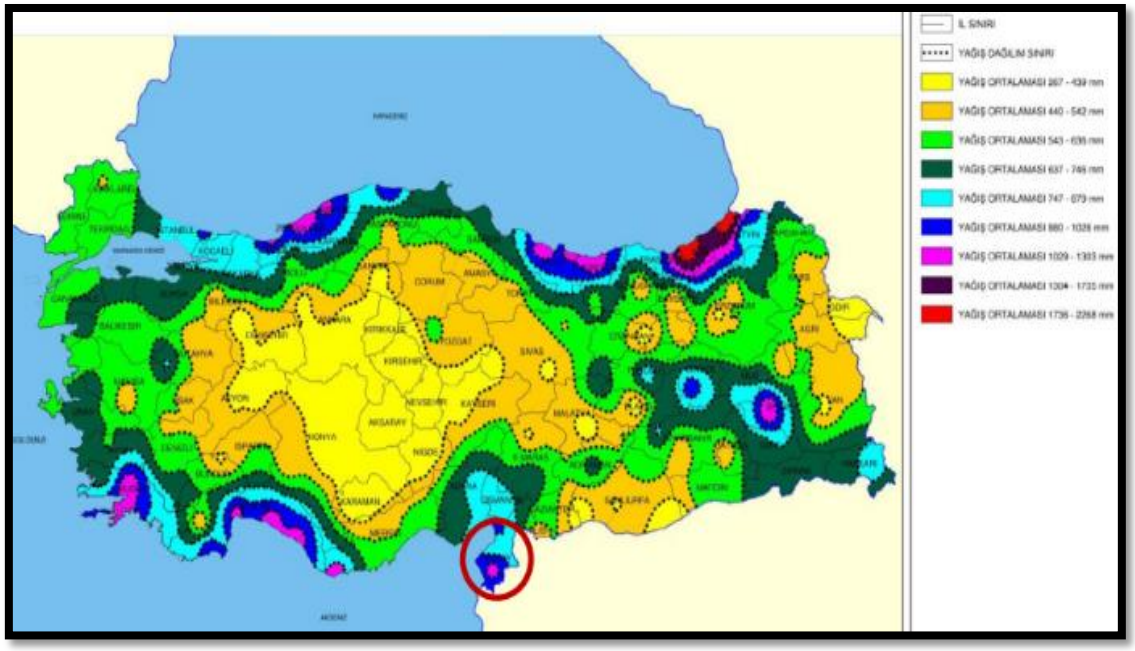
Şekil 5.10. Türkiye İklim Haritası

Kaynak: (T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2019)

İlin bitki örtüsü makidir. Maki bitki türleri olarak; mersin, defne, zakkum, keçiboynuzu, katırtırnağı ve delice gibi türler bulunmaktadır. Makilerin yok olduğu alanlarda garig toplulukları ortaya çıkmıştır. Orman alanları kızılçam, göknar, ardıç, karaçam ve meşe gibi ağaç türlerinden oluşur. Ayrıca Amanos Dağlarında ıhlamur, fındık ve kayın ve gibi Karadeniz bitki örtüsüne ait türler görülür. İlin yüz ölçümünün yaklaşık % 38'ini ormanlık alanlar oluşturur. Hatay'ın ormanlık alanları ile Türkiye orman alanları ortalamasının üzerindedir.

5.4.1. Yağış

Hatay, minimum yağışı yaz aylarında maksimum yağışı kış aylarında almaktadır. Amanos Dağları'nın denizden gelen hava akımına dik uzandığından orografik yağışlar oluşur (Şekil 5.11). Bu yağışlar yıllık ortalama 1500 mm civarındadır. Hatay'da zaman zaman şiddetli yağışlar görülebilir ki bu da toprak erozyonu, sel ve taşkın gibi doğal afetlere neden olabilir. Kıyı bölgelerinde daha fazla yağış alınırken, dağlık alanlarda yağış miktarı ve dağılımı farklılık gösterebilir.



Şekil 5.11. Türkiye Yağış Haritası

Kaynak: (T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2019)

Hatay ili genel olarak sağanak yağışlıdır. Bu durum sel afetine yol açabilmektedir. Hatay ilinde en yüksek yağış, 24 saatte 432,1 kg/m^2 ile sele sebebiyet vermiştir (Tablo 5.2). Bununla beraber yıllık ortalama toplam yağış miktarı 1.084 mm'dir. En az yağış yaz aylarında, en fazla yağış kış aylarında düşmektedir. Hatay'da yağış genellikle yağmur şeklinde olmakla birlikte, kış aylarında yüksek rakımlı bölgelerde kar yağışı da gözlenebilir.

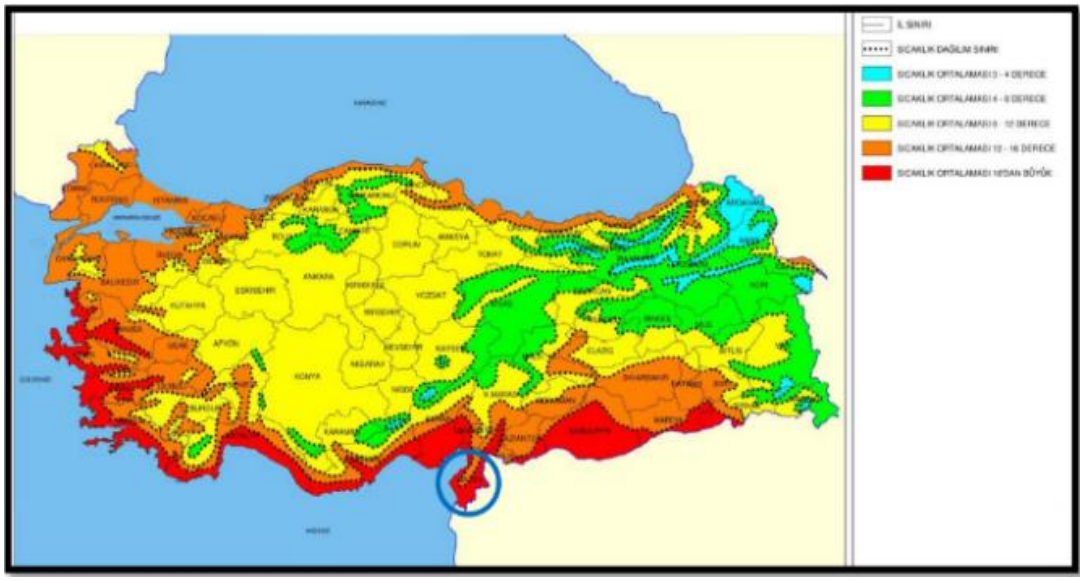
Tablo 5.2. Hatay Yıllık Yağış Verileri

AYLAR	MAX. ORT C^O	MİN. ORT C^O	ORT. C^O	ORT. NEM	TOP.YAĞIŞ
Ocak	11,3	5,2	8,1	76,5	313,3
Şubat	14,3	6,6	10,0	76,7	235,7
Mart	17,2	8,4	12,6	74,7	222,4
Nisan	21,1	10,2	15,2	73,3	93,7
Mayıs	29,2	15,9	22,3	59,2	0,3
Haziran	30,6	21,6	25,6	69,3	50,
Temmuz	31,7	24,0	27,3	66,7	15,6
Ağustos	32,4	24,9	28,0	70,6	4,4
Eylül	21,4	21,3	26,0	65,8	1,6
Ekim	28,1	17,4	22,4	65,6	18,5
Kasım	22,0	1,2	15,6	54,7	46,2
Aralık	13,7	7,1	9,9	87,8	301,8
YILLIK	**22,7**	**13,6**	**18,5**	**70,3**	**104,8**

Kaynak: (T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2019)

5.4.2. Sıcaklık

Hatay'ın yıllık sıcaklık ortalaması 15-20 °C aralığında değişir. Hatay'da aylık sıcaklık ortalaması ocak ayında minimum, ağustos ayında maksimum seviyelere ulaşır (Şekil 5.12).



Şekil 5.12. Türkiye Sıcaklı Dağılım Haritası

Kaynak: (T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2019)

5.4.3. Hakim Rüzgar Yönü

Hatay ilinin rüzgar hakim yönü güneybatı yönüdür. Yaz rüzgarları Hatay ili ve çevresi için serinletici bir etkidedir. İlkbahar mevsimi yer rüzgarları güneybatıdan 3600 saatte, kuzeydoğudan 1500 saatte esmekte olup, yaz mevsimi yer rüzgarları güneybatıdan 6000 saatte esmektedir (Şekil 5.13). Sonbahar mevsimi yer rüzgarları güney ve güneybatıdan 5400 saatte, kış mevsiminde ise rüzgar kuzeydoğudan esmektedir.

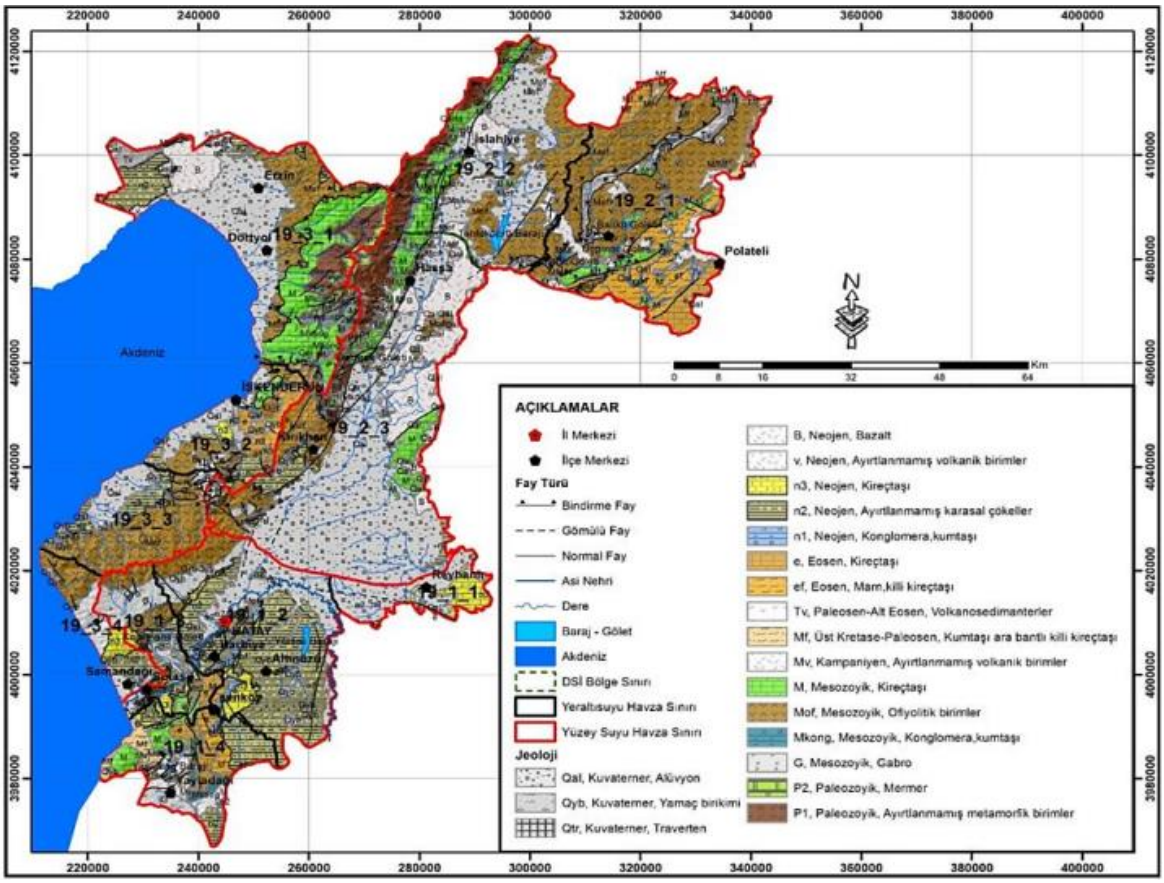
Şekil 5.13. Türkiye Rüzgar Hızı Haritası

Kaynak: (T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2019)

5.5. Hatay İli Jeolojik Yapısı

Hatay'da birçok farklı jeolojik formasyon bulunur. Bunlar arasında kalkerler, kumtaşları, volkanik kayaçlar, tortul birikintiler ve metamorfik kayaçlar yer alır. Bu formasyonlar, milyonlarca yıl boyunca çeşitli jeolojik süreçlerle oluşmuştur.

Hatay'ın jeolojik yapısında, tarih boyunca gerçekleşen orojenik (dağ oluşumu) olaylar önemli bir rol oynamıştır. Bu olaylar sırasında dağlar yükselmiş, fay hatları oluşmuş ve yer kabuğu şekillenmiştir. Hatay'ın, Torosların güneyinde Amanos dağları yer alır. Amanos dağları, kuzey-güney gidişli bir dağ kuşağı şeklinde, Alt Paleozoik'ten günümüze kadar yaygın bir çökel istifini kapsar (Şekil 5.14). Ölü Deniz Rifti boyunca Suriye sınırına kadar uzanan, Amanos dağları 25 kilometre genişliğinde, 200 kilometre uzunluğundadır. Bu bölge esas olarak üst kretaseofiyolitleri, üç fazlı volkanikler ve alt paleozoyikten kuvaternere kadar uzanan sedimanlardan oluşur (Tablo 5.3). (MTA)



Şekil 5.14. Hatay İli Jeoloji Haritası

Kaynak: (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, 2020)

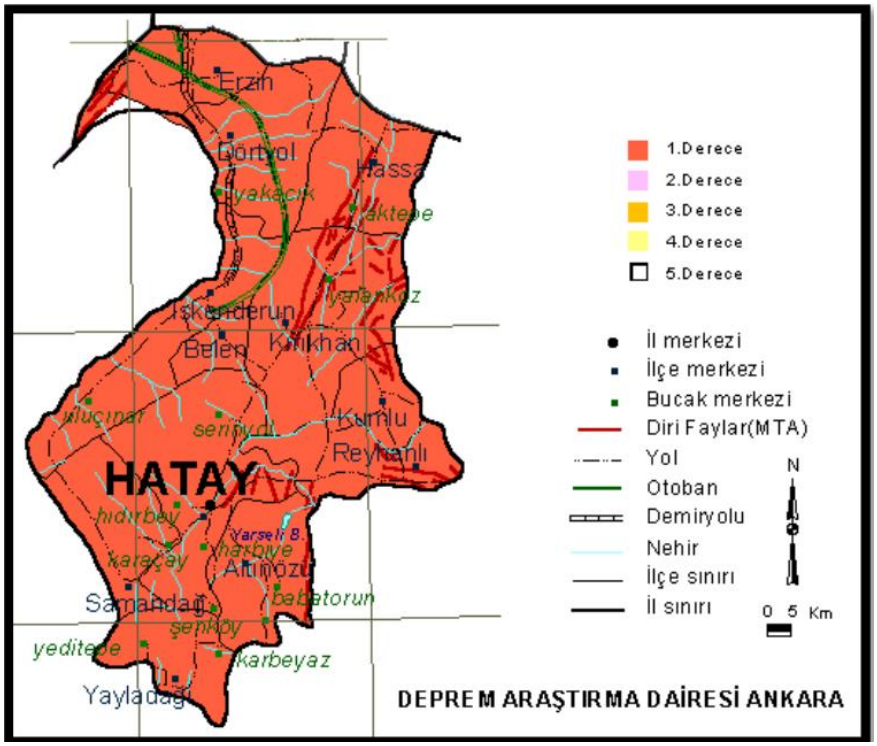
Tablo 5.3. Hatay İli Litolojik Birimlerinin Su Geçirimlilikleri

Litolojik Birim	Geçirimlilik dununu	Alanı km^2	Oranı%
Tektonik Peridotit	Geçirimsiz	17,23	13,87
Kümülat Gabiro	Geçirimsiz	14,97	12,05
Diyabaz Dayk Kompleksi	Geçirimsiz	21,75	17,51
Kireçtaşı	Geçirimli	3,03	2,44
Kumtaşı Çakıltası	Geçirimli	5,44	4,38
Resifal Kireçtaşı	Geçirimli	3,82	3,08
Kumtaşı, silttaşı, kiltaşı.	Geçirimsiz	8,48	6,82
Kiltaşı, silttaşı	Geçirimsiz	16,66	13,42
Tutturulmamış çakıl, kum	Geçirimli	20,77	16,73
Akarsu çökelleri	Geçirimli	12,02	9,7
Toplam		124,17	100

Kaynak: (Değerliyurt, 2013)

5.6. Hatay İli Depremselliği

Hatay sismik açıdan aktif bir bölgede yer almaktadır. Tarihsel ve aletsel dönemlerde bölgede fazla sayıda hasar oluşturan deprem oluşmuştur. Arabistan levhasının kuzeye hareketi Ölü Deniz Fayı'nda gerilmelerin artmasına sebep olmuştur (Şekil 5.14). Artan gerilmeler jeolojik birimlerin direnim gücünü aştığında enerji aniden boşalır ve depremler meydana gelir. Bu durum Antakya ve yakın çevresinde deprem riskini arttırır. Tarihsel ve aletsel dönemlerdeki depremler de bunu ortaya koymaktadır.



Şekil 5.15. Hatay İli Deprem Haritası

Kaynak: (T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2022)

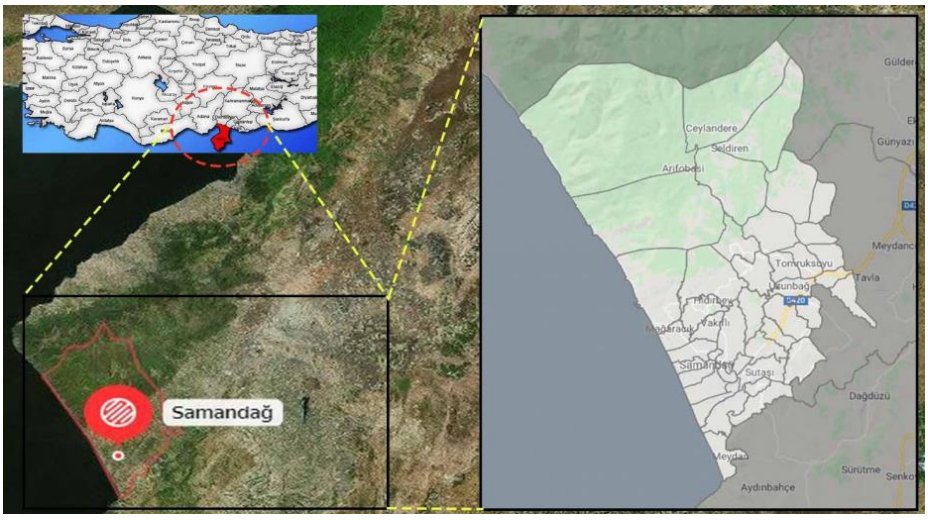
Depremin etkilerini azaltmada kullanılacak bazı önlemler şunlardır:

- Malzeme denetimi
- Deprem yönetmeliklerine uygun yapı tasarımları
- Projeye uygun imalat
- Deprem acil planı
- İmalat kontrolleri
- Stratejik ve riskli bölgelere yapıların yapılmaması
- İmalatı gerçekleştiren kişilerin eğitilmesi
- Zemin etütlerinin dikkatli yapılması
- Deprem kuvveti hesaplanarak testlerinin yapılması

6. SAMANDAĞI DPDHES SANTRAL TASARIMI

6.1. Samandağı ve Çevresinin İncelenmesi

Samandağı Hatay'ın bir ilçesidir. Akdeniz Bölgesinin Doğu Akdeniz bölümünde yer alan Samandağı'nın kuzeyinde İskenderun, doğusunda Antakya, güneyinde Yayladağı batısında Akdeniz bulunmaktadır. İlçe sınırlarını güneyinde Kuseyr Platosu, kuzeyde Amanos Dağları, batısında Akdeniz, doğusunda Samandağı yer almaktadır. Yüz ölçümü 446 km2 dir.



Şekil 6.1. Samandağı'nın Türkiye'deki Konumu

Kaynak: Samandağ Mahalleleri

6.2. Proje Yeri ve Bilgileri

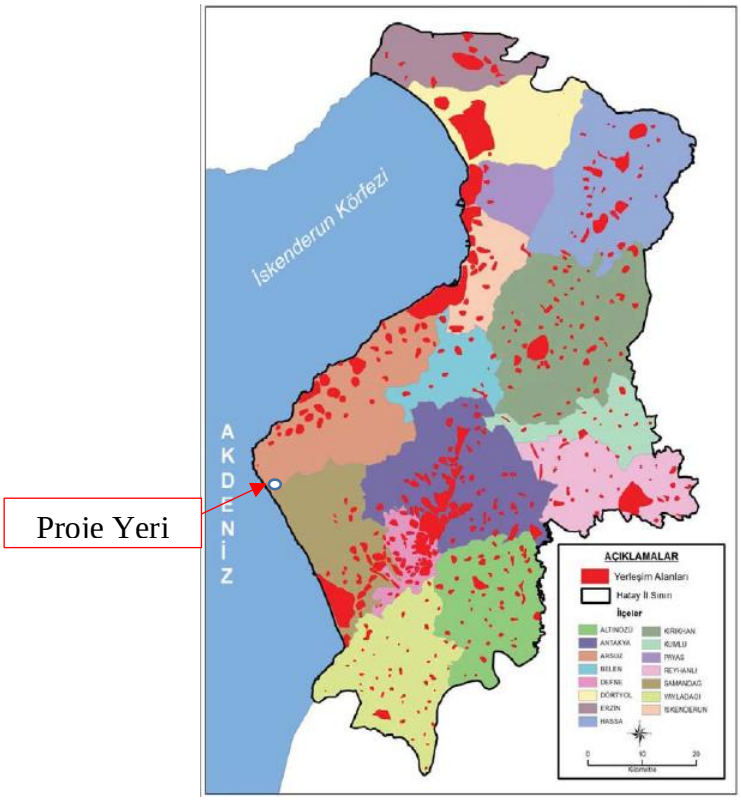
Proje yeri Samandağı ilçesi sınırları içerisinde bulunan Amanos Dağı (2.240 m) yamaçları seçilmiştir. Amanos Dağları Akdenize dik bir şekilde ve aniden yükselti kazandığı için üst rezervuar olarak istenilen kota ulaşılabilinmektedir. Alt rezervuar olarak Akdeniz düşünüldüğünde, Amanos Dağı eteklerinin Akdenize sınır oluşu su şarj ve deşarjını kolaylaştırmaktadır. PDHES'lerde ekonomik tasarım açısından alt ve üst rezervuarın birbirine yakın oluşunun yanında kot farkının ise en fazla olması istenir. Bu sayede minimum maliyet ile maksimum fayda sağlanır.

Proje yerine ulaşım; Samandağı-Arsuz yolu üzeri yaklaşık 11. Km de bulunan Kayra Deresi mevkidir. Proje yerine asfalt yollar ile ulaşım sağlanabilmektedir (Şekil 6.2).

PDHES'ler enerji talebinin en yüksek olduğu bölgelerde özellikle pik saatlerde bu talebi karşılamak amaçlı kuruldukları bilinmektedir. Sanayi bölgesine yakınlık, nüfus yoğunluğu ve enerji nakil hatlarına yakınlık gibi kriterler seçmiş olduğumuz proje yerini işaret etmektedir (Şekil 6.3). Elektrik ilettim hatlarına ortalama 10 km mesafededir.

Şekil 6.2. Proje Yerinin Enerji Nakil Hatlarına Yakınlığı

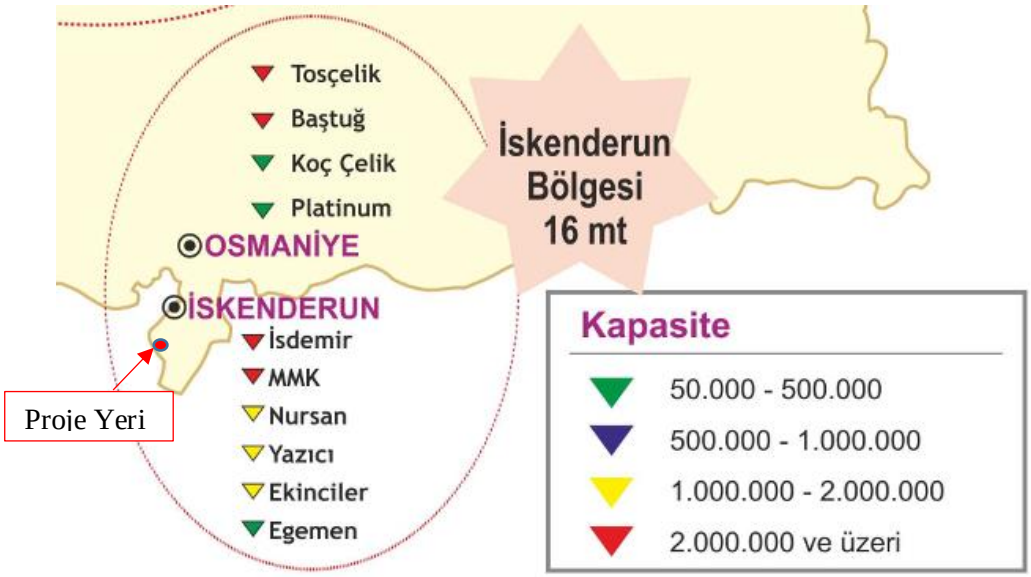
Kaynak: (AFAD, 2022)



Şekil 6.3. Hatay İlinin Yerleşim Alanı Dağılımı

Kaynak: (Çoruh, 2018)

Bu proje İskenderun Demir Çelik Termik Santrali ve İskenderun Sugözü Termik Santralinin pik saatlerde enerji ihtiyacını karşılayamaması durumunda devreye sokulabilecek hazır enerji kaynağı şeklinde dizayn edilmiştir.



Şekil 6.4. Proje Yerine Yakın Sanayiler

Kaynak: (TÇÜD, 2022)

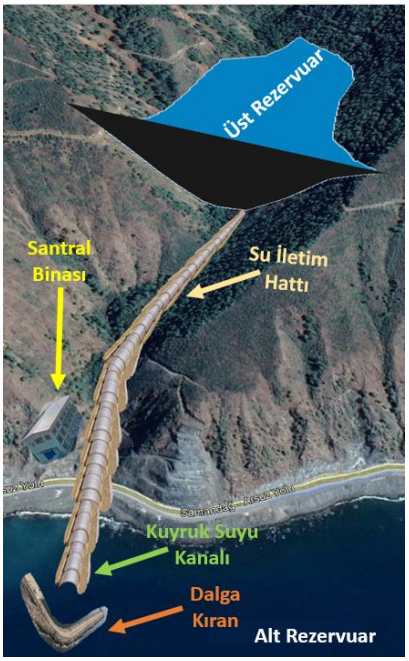
6.2.1. Üst Rezervuar Yeri Seçimi

Yerleşim yerlerinden uzak, doğal hayata zarar vermeyecek, ulaşımı kolay, düşü yüksekliği fazla ve en önemlisi jeolojik açıdan geçirimsiz birimlere (peridotit) sahip olan alan tercih edilmiştir. Ayrıca maliyet açısında çanak şeklinde suyu tutabilecek ve vadi ağzının dar olacağı bölge seçilmiştir. Koordinatları 36°12'19.70" Kuzey ve 35°52'2.81" Doğu, rakımı 265 m'dir (Şekil 6.4).

Şekil 6.5. Proje Üst Rezervuar Yeri

6.2.2. Alt Rezervuar ve Santral Yeri Seçimi

Alt rezervuar Akdeniz olacaktır. Denizin kıyı kesiminde su alımı yapılamayacağından kıyıdan 150 m uzaklıktan su alma noktası seçilmiştir. Üst rezervuar ile su alma noktası arası mesafe yatayda 650 m'dir. Santral binası kıyıdan 150 içeride, su alma yapısına 300 m, üst rezervuara ise 500 m mesafededir.



Şekil 6.6. Alt rezervuar ve Santral Binası

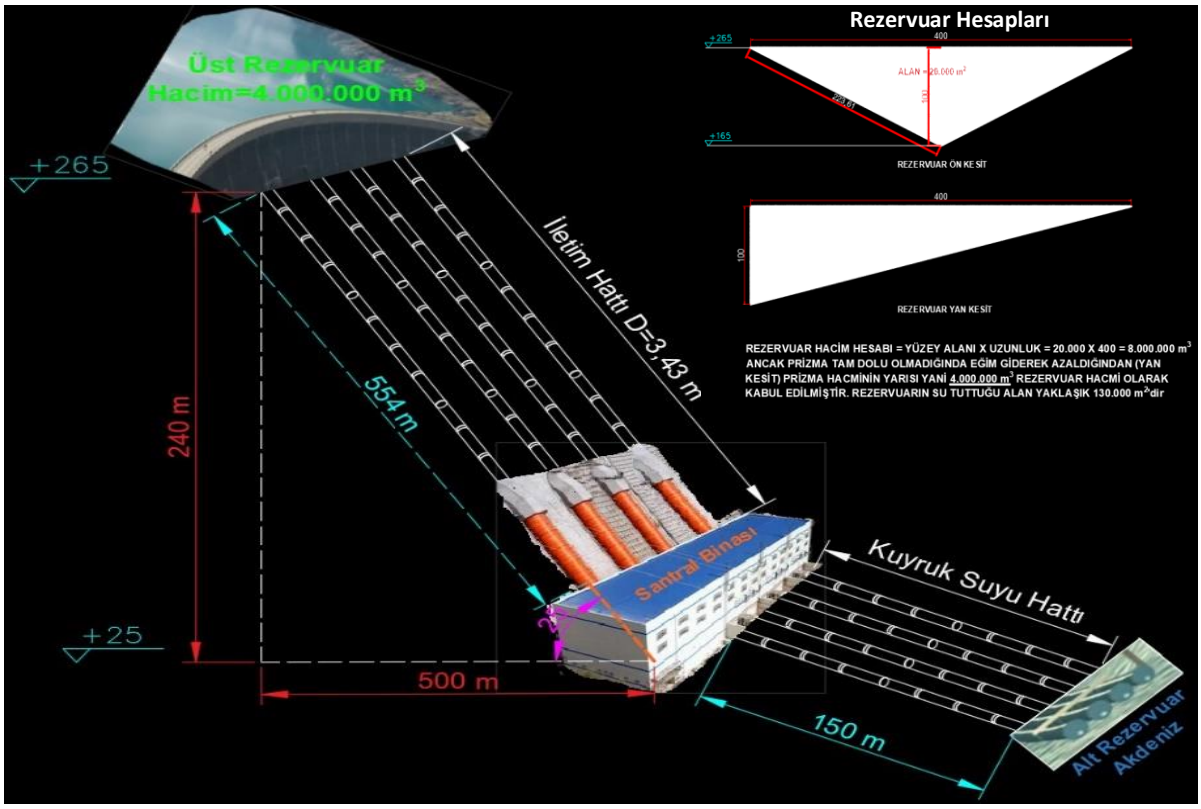
6.3. Proje Tasarım Bilgileri

Samandağı Deniz Suyu Pompaj Depolamalı Hidroelektrik Santrali projesi kapsamında; 265 m kotunda 4.000.000 m^3 hacimli üst rezervuar, 650 m uzunluğunda ve 3,43 m çapında 4 adet beton kaplamalı iletim hattı, 1 adet şaft, 150 m uzunluğunda ve 3,43 m çapında 4 adet kuyruk suyu tüneli, 25 m kotunda santral binası, 4 adet türbin ve en son olarak da Akdeniz'in alt rezervuar olarak kullanılması planlanmıştır (Şekil 6.7). Samandağı DPDHES'i, 17:00-22:00 saatleri arasında 5 saat çalışacak şekilde planlanmıştır (Tablo 6.1). Çalışma saatleri EPDK kurulunun 31/12/2015 tarihli ve 29579 sayılı kararına istinaden çok zamanlı tarife seçilmiştir.

Tablo 6.1. EPDK Çok Zamanlı Tarifesi

Çok Zamanlı Tarife İçin Kış ve Yaz Dönemi Saat Dilimleri		
	Kış	**Yaz**
Gündüz	07:00- 18:00	06:00- 17:00
Puant	18:00-23:00	17:00-22:00
Gece	23:00-07:00	22:00-06:00

Kaynak: (Değerliyurt, 2013)



Şekil 6.7. Proje Bilgilerinin Şematik Gösterimi

6.4. Akış Hesapları

EPDK puant tarife saatleri 17:00-22:00 ve 18:00-23:00 alınarak 5 saat çalışacak şekilde proje hesaplamalarında kullanılmıştır (EPDK, 2015). Üst rezervuar su hacminin proje zamanına bölünmesi ile proje debisi bulunur (Eşitlik 6.1) Hesaplanan debi değerinin boru kesit alanına bölünmesi ile proje hız değeri bulunur (Eşitlik 6.2).

5 saat = 18.000 saniyedir

Q: Birim zamanda akışa geçen akışkanın hacmini yani debiyi (m^3/sn) ifade eder.

V: Akışkan hızı (m/s)

A: İletim kanalı kesit alanı (m^2)

D: İletim kanalı çapı (m)

Q= Rezervuarın hacmi (m^3)/zaman (sn) (6.1)

Q= 4.000.000 m^3/18.000 sn= 222,22 m^3/sn

Hesaplamalarımızda 4 adet cebri boru kullanılacağından cebri boru başına düşen debi Q/4 olacaktır. Bu da cebri boru başına düşen debinin 55,555 m^3/sn olacağı anlamına gelmektedir.

Cebri borularda ortalama akışkan hızı 3-6 m/s olması gerekir (Erdem, 2013:101). Maksimum ortalama hız 6 m/s'ye göre işlem yapıldığında;

$Q= V.A$ (6.2)

$A= \pi.D^2/4$

$Q= V.\pi.D^2/4$

$55,555\ m^3/sn= 6.\pi.D^2 / 4$

D= 3,43 m olarak bulunmuştur.

6.4.1. Yük Kaybı Hesabı

Sürtünme kaynaklı enerji kayıpları meydana gelmektir. Enerji kayıpları Weisbach denklemi ile hesap edilmiştir (Eşitlik 6.3). Düşü hesapları ise Bernoulli denklemi ile (Eşitlik 6.5) hesaplanmıştır.

$$h_k = \frac{f}{D} \times \frac{V^2}{2g} \times L \quad (6.3)$$

h_k: Kaybolan enerji (m)

f: Sürtünme katsayısı

D: İletim kanalı çapı (m)

V: Suyun ortalama hızı (m/s)

g: Yerçekim ivmesi (m/s^2)

L: İletim hattı boyu (m)

f: 0.02

D: 3,43 m

L: 554 m

V: 6 m/s

g: 9,81 m/s^2

$$h_k = \frac{0.02}{3,43} \times \frac{6^2}{2x9,81} \times 554$$

h_k= 5,93 m olarak bulunmuştur.

Cebri boru iç çapı ve hızı amprik denklemler ile (Eşitlik 6.4) teyit edecek olursak;

$H_{brüt}$ = Üst rezervuar ile alt rezervuar arasındaki kot farkı

$H_{brüt}$ = 265-25 = 240 m

$H_{brüt}$ < 100 m ise; (6.4)

$$D = \sqrt[7]{0{,}005xQ^3}$$

$H_{brüt}$ > 100 m ise;

$$D = \sqrt[7]{\frac{5{,}2xQ^3}{H_{brüt}}}$$

$H_{brüt}$ = 240 m > 100 m olduğunda;

$$D = \sqrt[7]{\frac{5{,}2x55{,}555^3}{240}}$$

D=3,23 m

Q= V.A= V.π.D^2/4

55,555= V.π.$3{,}23^2$/4

V= 6,78 m/s

Suyun boru içerisindeki ortalama maksimum hızının 6 m/s olması istendiğinden hesaplamalarda 6,78 m/s kullanılmamıştır. Boru iç çapı (D) 3,43 m ve ortalama maksimum hız (V) 6 m/s alınarak hesaplamalara devam edilecektir.

Bundschu amprik denklemi ile h_k (Eşitlik 6.4) teyit edecek olursak;

$$h_k = \frac{V^2xLxn^2}{R^{4/3}}$$

n: kat sayı (0,014 olarak kabul edilmiştir.)

R= Hidrolik yarı çap (D/4)

R= 3,43/4= 0,8575

$$h_k = \frac{6^2x554x0{,}014^2}{0{,}8575^{4/3}}$$

h_k= 4,79 m olarak bulunmuştur.

Hesaplamalarda kaybolan enerji miktarı olarak 4,79 m kullanılacaktır.

Bernoulli denklemi;

$$Z_1+(P_1/\gamma)+(V_1^2/2g)=Z_2+(P_2/\gamma)+(V_2^2/2g) \quad (6.5)$$

Bernoulli denkleminde basınç ve hız eşit ifade edildiğinden, referans noktasına göre kot farkı düşü yüksekliğini verir. Bu çalışmada üst rezervuar su çıkış kotu ile alt rezervuar su giriş kotu farkı hesaplamalarda kullanılmıştır.

$H_{net}= H_{brüt}-h_k$

H_{net}: Üst rezervuar ile alt rezervuar arasındaki enerji kayıplı kot farkı (m)

H_{net}= 265 m - 25 m - 4,79 m= 235,21 m

6.4.2. Hidroelektrik Santralin Gücünün Hesaplanması

Hidroelektrik santral gücü hesabı ;

$$P = \gamma \times Q \times H_{net} \times \eta \quad (6.6)$$

eşitliği ile hesaplanır.

Burada;

P : (kW) HES kurulu gücü,

ɣ : (kN\m^3) Suyun özgül ağırlığı,

Q : (m^3\sn) Suyun debisi,

H : (m) Net düşüm yüksekliği,

η : Sistemin verimliliğidir.

Sistem verimliliği 0-1 arasında değerler verilebilir. Ortamda kaybolan enerjiyi temsil eden bir katsayıdır. Sistem verimliliği teknolojinin gelişmesi ile 0,90 seviyelerinde kabul edile bilinmektedir. Buna göre hesaplamalarda sistem verimliliği 0,85 olarak kabul edilmiştir.

Buna göre projemizde ne kadar güç elde edebileceğimiz hesaplanırsa;

P= 9,81 m/s^2 x 55,555 m^3/s x 235,21 m x 0.85

P ≅ 108.959 kW ≅ 109 MW (109 MW x 4 türbin)

4 türbin çalışacağından toplam hidroelektrik santral gücü;

P ≅ 109 MW x 4 = 436 MW olacaktır.

6.4.3. Türbin Hesaplamaları

Türbin Özgül Hızı (n_s); 1 kW güç üretimi için 1 m düşüde, dakikada yapabildiği devir sayısına özgül hız (ns) denir. Türbin tipi seçiminin il adımı, türbin özgül hız değerlerinin hesaplanmasıdır (Eşitlik 6.7). Proje hesaplarını sağlayan; özgül hız, düşü ve debi değerlerini karşılayan türbin tipi seçilir.

Özgül hız hesabı ;

$$ns = 2334/H_{net}^{0.5} \quad (6.7)$$

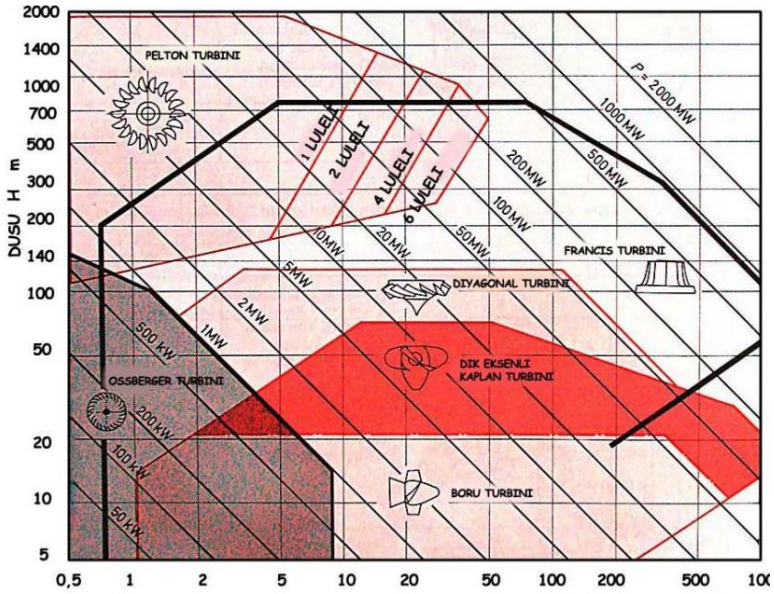
$$ns = 2334/(235{,}21)^{0.5}$$

ns= 152,19 d/d (devir/dakika)

Hesaplamalar sonucu çıkan özgül hız değeri, Tablo 6.2'de gösterildiği üzere Francis türbinin değer aralıkları arasında kalmaktadır. Bundan dolayı bu çalışmada türbin tipi olarak Francis türbini seçilmiştir. Ayrıca düşü ve debi diyagramına (Şekil 6.8) bakıldığında da uygun türbin tipinin Francis olduğu görülmektedir.

Tablo 6.2. Türbin Tipi ve Özgül Hızları

TÜRBİNLER	ÖZGÜL HIZ (n_s)
Kaplan	250-300
Francis	51-250
Pelton	7-26



Şekil 6.8. Düşü – Debi Değerlerine Göre Türbin Seçim

Kaynak: (Benincá ve ark., 2023)

Türbin özgül hız değeri hesaplanıp, türbin devir sayısı Eşitlik 6.8 ile hesaplanır.

Türbin devir sayısı (n);

$$n = \text{ns} \times \frac{{H_{net}}^{5/4}}{P^{1/2}} \quad (6.8)$$

n: Türbin devir sayısı (devir/dakika)

n_s: Türbin özgül hızı (devir/dakika)

P: Hidroelektrik Santralinin Kurulu Gücü (kW)

$$n = 152{,}19 \times \frac{235{,}21^{5/4}}{436000^{1/2}}$$

n = 212,31 d/d

Pompaj sırasında toplam güç Eşitlik 6.9 ile hesaplanır

$$P = g \times Q \times H_{net}/\eta \quad (6.9)$$

P= 9,81 x 55,555 x 235,21/0,85

P= 150809 kW ≅ 151 MW

4 türbin çalışacağından pompaj sırasında toplam güç;

P ≅ 151 MW x 4 = 604 MW olacaktır.

6.5. Maliyet hesabı

Kazı işlem maliyeti, ekipman maliyeti, cebri boru maliyeti, proje maliyeti ve mühendislik çalışmaları, rezervuar maliyeti, kullanılacak malzemenin cinsi ve miktarı, kur değişimleri, iletim hattı ve vana odası maliyeti gibi birçok kalemin detaylı hesaplanması gerekmektedir. Fizibilite ve detay proje çalışması olmadığından DPDHES maliyet hesabı, 2022 Şebeke Enerji Depolama Teknolojisi Maliyet ve Performans Değerlendirmesi yanında bulunan 2021 ve 2030 PSH Kurulu Maliyetler ve Performans Parametreleri tablosunda ortalama değer alınarak hesaplanmıştır (Tablo 6.3). Bu tabloda; rezervuar inşaatı ve altyapı maliyeti, santral inşaatı ve altyapı maliyeti, elektromekanik maliyeti, beklenmedik durum maliyeti, toplam kurulum maliyetleri toplandığında PDHES ortalama maliyeti 2.044 $/kW olarak alınmıştır (Mongird vd., 2020:68).

Üst rezervuara deniz suyu pompalama işlemi elektrik fiyatının ucuz olduğu gece zaman dilimlerinde gerçekleşecektir. Pompalama işlemi günlük 5 saatte olarak planlanıp hesaplamalarda kullanılmıştır.

Tablo 6.3. PDHES Maliyet Tablosu

Pompaj Depolamalı Hidroelektrik Santral Maliyeti								
	100 MW				**1.000 MW**			
	4 Saat		**10 Saat**		**4 Saat**		**10 Saat**	
	2021	**2030**	**2021**	**2030**	**2021**	**2030**	**2021**	**2030**
Rezervuar İnşaatı& Altyapı ($/kWh)	81,00$	81,00$	76,00$	76,00$	68,00$	68,00$	64,00$	64,00$
Santral İnşaatı& Altyapı ($/kW)	742,00$	742,00$	742,00$	742,00$	623,00$	623,00$	623,00$	623,00$
Elektromekanik (inç/kW)	467,00$	467,00$	467,00$	467,00$	392,00$	392,00$	392,00$	392,00$
Beklenmedik Durum Ücreti ($/kW)	511,00$	511,00$	656,33$	656,33$	429,00$	429,00$	551,67$	551,67$
Toplam Kurulum Maliyet ($/kWh)	511,00$	511,00$	262,53$	262,53$	429,00$	429,00$	220,67$	220,67$
Toplam Kurulum Maliyet ($/kW)	2.044$	**2.044$**	2.625$	2.625$	1.716$	1.716$	2.207$	2.207$

Kaynak: (Viswanathan ve ark., 2022)

Tek terimli tarife; elektriğin dağıtım bedeli üzerinden kWh (kilovatsaat) şeklinde fiyatlandırılmasıdır.

Çift terimli tarife; Sözleşme ile belirlenen, kullanılacak güç karşılığında belirlenen fiyatlandırmadır. Bu güce ek istenmesi durumunda aşım bedelinin fazlaca ödendiği tarifedir. Güç aşımı olmadığında tek terimli tarife sınıfına göre daha avantajlıdır.

Bu çalışmada tek terimli tarife sınıfına göre mesken maliyeti hesaba katılmıştır. Üç farklı zaman fiyatlandırmasına göre hesaplamalar yapılarak maliyet hesaplanmıştır. Tablo 6.3'de gündüz, puant ve gece olmak üzere üç farklı mesken fiyatları verilmiştir.

Tablo 6.4. 1 Ekim 2023 Tarihinden İtibaren Uygulanacak Elektrik Fiyatları

Dağıtım Sistemi	**Gündüz**	**Puant**	**Gece**
Mesken (kr/kWh)	201,6583	294,2528	127,6108

Kaynak: (EPDK, 2023)

Günlük Pompalama Maliyeti (GPM) = Santral Pompalama Gücü x Zaman x Elektrik Tüketimi Birim Fiyatı (Gece) Eşitlik 6.10 ile hesaplandığında;

GPM= 604.000 kW x 5 saat x 127,6108 kr/kWh= 385.384.616 kr/GÜN ≅ 3.853.846 TL/G

(6.10)

Elektrik üretimi, puant zamanlarda suyun türbünlenmesi ile gerçekleşecektir. Elektrik üretiminin elektrik birim fiyatın pik olduğu anlarda gerçekleşmesi daha kârlı olacaktır.

Günlük Üretim Kazancı (GÜK) = Santral Türbin Gücü x Zaman x Elektrik Birim Fiyatı (Puant) Eşitlik 6.11 ile hesaplandığında;

GÜK= 436.000 kW x 5 saat x 294,2528 kr/kWh= 641.471.104 kr/GÜN ≅ 6.414.711 TL/GÜN

(6.11)

Günlük Net Kazanç hesabı; Günlük Üretim Kazancından, Günlük Pompalama Maliyetinin çıkarılması ile bulunur.

Net Kazanç = 6.414.711 – 3.853.846 = 2.560.865 TL/GÜN

Yıllık üretim 360 ile çarpılarak hesaplanır. Dolar cinsinden hesaplamalarda dolar kuru 1$= 30 tl olarak alınmıştır.

Net Kazanç ($) = 2.560.865 / 30 ≅ 85.362 $/GÜN

Yıllık Net Kazanç = 85.362 $/GÜN x 360 Gün = 30.730.320 $/YIL

Bu çalışmada sermaye maliyeti, Tablo 6.3'de belirtilen PDHES ortalama maliyeti 2.044 $/kW alınıp, türbin gücü ile çarpılması sonucu elde edilmiştir. (Eşitlik 6.12). Sermaye maliyeti sonucuna göre amortisman süresi Eşitlik 6.13 ile hesaplanmıştır.

Sermaye Maliyeti= Santral üretim gücü x Birim (6.12)

436000 kW x 2.044 $/kW= 891.184.000 $

Amortisman Süresi: Sermaye maliyeti/Net kazanç (6.13)

891.184.000 $ / 30.730.320 $ /Yıl = 29 Yıl

Korozyona karşı alınacak tedbirlerin maliyeti Tablo 6.5' de belirtilen % ile hesaplandığında;

891.184.000 $ x 0,036 = 32.082.624 $

Maliyet hesaplarına korozyona karşı alınacak tedbirlerin maliyeti eklediğinde amortisman süresi:

891.184.000 $ + 32.082.624 $ = 923.266.624 $ / 16.705.440 $/Yıl ≅ 30 Yıl

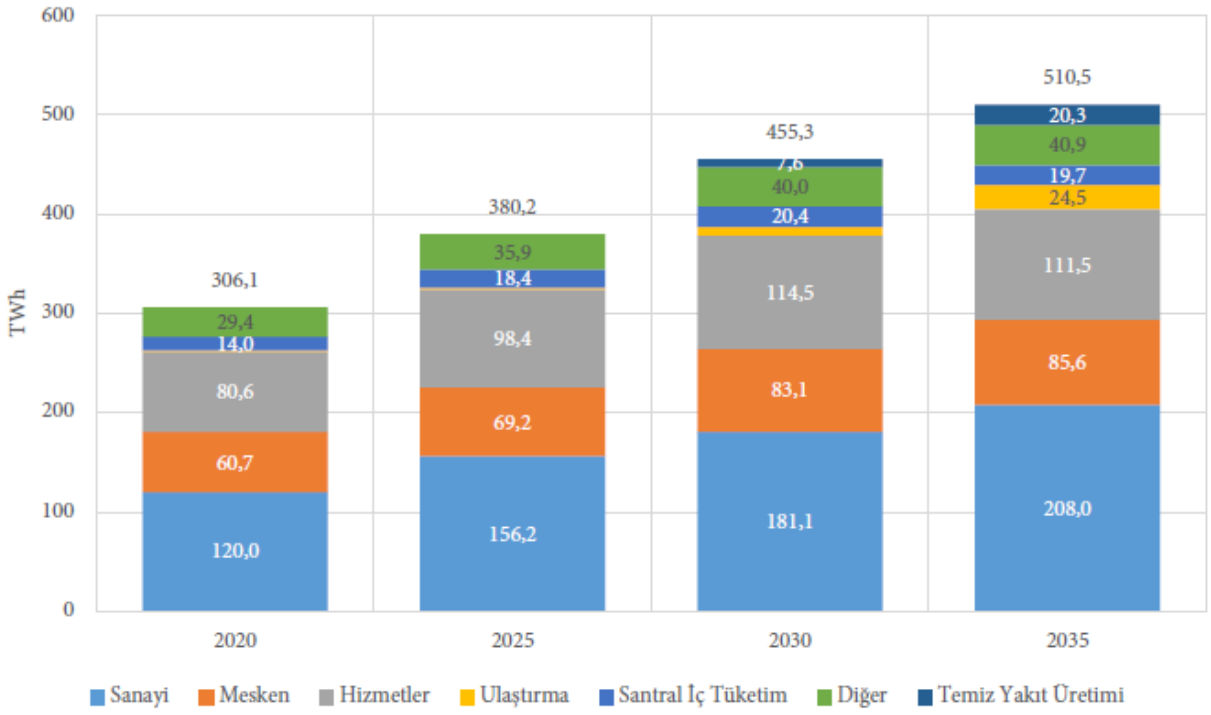
Tablo 6.5. Hidrolik Üretim Tesisleri İçin Korozyona Bağlı Maliyetlerinin Yüzdesi

KATEGORİ	**TESİS MALİYETİ %'Sİ**	**KOROZYON MALİYETİNİN TESİS MALİYETİNDEKİ %'Sİ**	**KOROZYON MALİYETİNİN AĞIRLIKLI %'Sİ**
Yeri	10	0	0,0
Yapılar	5	2	0,1
Rezervuarlar, Barajlar, Su Yolları	40	1	0,4
Su Çarkları, Türbinler, Jeneratörler	25	10	2,5
Elektrik Gücü	5	5	0,3
Çeşitli Enerji Santrali Ekipmanları	5	2	0,1
Yollar, Demiryolları, Köprüler	10	2	0,1
TOPLAM	%100		**%3,6**

Kaynak: (Koch ve ark.,2002)

7. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Gelişmekte olan ülkelerin enerji ihtiyaçlarını karşılamada yenilenebilir enerji kaynakları ile ilgili bilimsel çalışmalar yaparak yatırımlara başladıkları görülmektedir. Türkiye'nin 306,1 TWh olan elektrik enerjisi tüketimi 2035 yılına kadar 510,5 TWh seviyelerine ulaşacağı öngörülmektedir (Şekil 7.1). Yıllık ortalama %3,5 artan elektrik enerji ihtiyacının fosil enerji kaynaklarına ihtiyaç duyulmadan, küresel ısınma karşıtı olan çevreci enerji kaynaklarından karşılanması son derece önemlidir. Şartların uygun olduğu zamanlarda bu kaynaklardan üretilebilecek enerjinin depolanması ve ihtiyaç durumlarında tekrar kullanılması ise ülke ekonomisi ciddi fayda sağlayacaktır.



Şekil 7.1. Sektörlere Göre Elektrik Tüketimi

Kaynak: (ETBK, 2022)

Akdenize kıyısı olan ve iller arası elektrik tüketimi sıralamasında 12. sırada (Tablo 7.1) yer alan Hatay ilinde yapılan Denizsuyu Pompaj Depolamalı Hidroelektrik Santrali çalışmasında, Akdeniz alt rezervuarı doğal vadi önüne beton set çekilerek oluşturulan üst hazne ile entegre çalışacak şekilde tasarlanmıştır. Bu sayede su pili olarak adlandırılan sistem kullanılarak, üst haznede depolanan deniz suyu alt rezervuara yönelirken türbünlenip elektrik enerjisi üretir. Ülkemizde Batı Karadeniz'de bir DPDHES projesine ait ön çalışmalar yapılmış ancak faaliyette olan DPDHES veya PDHES bulunmamaktadır.

Tablo 7.1. İllere Göre Elektrik Tüketimi

	GİRDİLER (Tüketici bazında tüketimler) (MWh)				TOPLAM TÜKETİM (MWh)
	Aydınlatma	Mesken	Sanayi	Ticarethane	
İSTANBUL	464.571,25	10.901.218,58	9.769.836,44	15.790.952,65	36.926.578
İZMİR	206.892,06	4.047.017,48	7.891.361,56	3.716.871,25	15.862.142
ANKARA	252.528,13	3.768.377,18	2.967.998,57	5.156.008,14	12.144.912
BURSA	109.717,53	1.781.249,42	5.868.638,27	2.015.941,74	9.775.546
KOCAELİ	93.106,48	1.158.311,99	6.346.153,20	1.356.497,37	8.954.069
ANTALYA	160.918,94	2.303.248,91	1.055.857,50	3.541.572,67	7.061.598
GAZİANTEP	71.571,71	1.026.467,29	4.461.694,17	1.107.444,55	6.667.177
TEKİRDAĞ	48.491,24	589.859,94	4.693.001,76	800.665,21	6.132.018
ADANA	92.968,09	1.622.527,89	2.794.993,28	1.521.749,49	6.032.238
KONYA	141.307,24	1.138.372,83	1.813.013,87	1.436.013,92	4.528.707
MERSİN	88.831,49	1.382.852,86	1.618.756,13	1.252.508,07	4.342.948
HATAY	72.198,68	1.007.483,70	2.249.426,81	822.210,28	4.151.319

Kaynak: (Koçak ve Boran, 2019)

Çalışmayı iki kısımda değerlendirecek olursak; birinci kısmında enerji kavramı, enerji kaynaklarının sınıflandırılması, Dünya ve Türkiye de kaynaklarına göre elektrik enerjisi üretimi, HES ve elemanları, PDHES ve elemanları, PDHES'lerin Dünya ve Türkiye'deki durumu gibi genel bilgiler yer alırken, ikinci kısmında ise; DPDHES'ler ve örnekleri, Akdeniz Bölgesi ve Hatay ili hakkında bilgiler, Samandağı DPDHES ve maliyet hesabı gibi spesifik bilgiler yer almaktadır. Bu çalışmanın ikinci kısmında yapılan hesaplamalarda Samandağı ilçesinde inşa edilecek üst haznesi 4.000.000 m^3, santral gücü 436.000 kW, yıllık net kazancı 30.730.320 $ olarak bulunmuştur.

Bu çalışma, elektrik fiyatının minimum olduğu saatlerde alt rezervuardan üst rezervuara deniz suyu pompalama işlemi gerçekleştirilerek, elektrik fiyatının yüksek olduğu saatlerde elektrik üretimi ile ekonomiye katkı sağlamayı hedeflemektedir. Yapılan maliyet hesapları sonucunda çalışmada uygun görülüne DPDHES projesinin amortisman süresi 29 yıl çıkmaktadır. Ancak, yerli üretim DPDHES elemanları üretimi ve gün geçtikçe artan enerji fiyatları amortisman süresini daha da düşürülebilir. Diğer taraftan DPDHES elemanları korozyona karşı dayanıklı malzemelerden imal edilmiş olmalıdır. Bundan önceki PDHES

çalışmalarında korozyona karşı alınacak tedbirlerin bedelleri hesaplanmamış ve toplam maliyete dahil edilmemiştir. DPDHES çalışmasında korozyona karşı alınacak tedbirler hesaplandığında normal PDHES 'e göre 32.082.624 $ daha maliyetli olacağı görülmüştür. Bu da maliyet hesaplarına dahil edilip amortisman süresi hesaplandığında, 29 yıl olan amortisman süresinin 30 yıla uzayacağı anlamına gelmektedir.

Ancak iletim hattı için katkı içeren beton borular ve pompa ile türbinler içinse her geçen gün anti-korozyon mühendisliğinin gelişimi düşünüldüğünde, korozyon etkisinden dolayı uzayan amortisman süresinin azalacağı kanaatindeyiz. Bunun neticesinde ise DPDHES projelerinin önündeki engellerin kalkıp, yapım taleplerinin artacağı düşünülmektedir.

Dünyadaki DPDHES örneklerine baktığımızda; Amerika Birleşik Devletleri'nde Bath Country DPDHES'i 3.000 MW'lık enerjisi ile Japonya'da Okinawa Yanbaru DPDHES'i 30 MW enerjisi ile yine Japonya'da Okutataragi DPDHES'i 1.932 MW'lık enerjisi ile Şili'de Valhalla DPDHES'i 300 MW enerjisi ile ülkelerine katkı sağlamaktadır. Akdeniz bölgesinde planlanan Hatay DPDHES'ininde 436 MW'lık enerjisi ile ülkemize katkı sağlayabileceği hesaplanmıştır.

Sonuç olarak üç tarafı denizlerle çevrili ülkemizin, deniz suyundan faydalanarak elektrik enerjisi üretebileceğini yapmış olduğumuz teorik bu çalışma açıklamaktadır. DPDHES projeleri enerji talebini karşılamada ve enerji arz güvenliğini sağlamada önemli rol oynayabilir. Bu bakımdan ülkemizin, kısa periyotta pik enerji taleplerini karşılayabilmesi, uzun periyotta ise enerjide dışa bağımlılığını azaltabilmesi için, DPDHES proje çalışmalarına hız vererek mevcut deniz suyu potansiyelinden faydalanılması gerektiği düşünülmektedir. Çalışmanın karar verici merciler ve enerji planlamacıları için bir kaynak olarak kullanılması hedeflenmektedir.

Bu çalışmaya ilave olarak ters osmoz sistemleri kullanılarak tuzlu suyun artım maliyeti ile tuzlu su kaynaklı korozyon önleme maliyeti karşılaştırılması yapılabilir. Aynı zamanda arıtılmış tuzlu sudan elde edilen temiz su türbünlendikten sonra, tarımsal alanlarda veya endüstriyel alanlarda kullanılabilirliği değerlendirilip, ekonomik katkısı da bu hesaplamalara dahil edilebilir.

KAYNAKÇA

Adaçay, F. R. (2014). Türkiye İçin Enerji Ve Kalkınmada Perspektifler. *Aksaray Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi* 6(2), 87-103.

Arslan, Z. F. (2022). *Yenilenebilir Enerjinin Türkiye Ekonomisine ve işletmelerde üretim Stratejilerine Etkisi*. (Yüksek Lisans Tezi). Bursa Uludağ Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Bursa.

Ayder, E. (2015). *Pompaj Depolamalı Hidroelektrik Santraller Teknik Rapor*. [Erişim: 09.09.2023, https://web.itu.edu.tr/aydere/PDHES_raporu_v2.pdf]

Bayazıt, Y. & Bakış, R. (2015). Seydisuyu Havzasında Küçük Ölçekli Hidroelektrik Enerji Potansiyelinin Araştırılması. *Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 16(3), 367-384

Bayazıt, Y., (2013). *Seydisuyu Havzasının Hidroelektrik Potansiyelinin Araştırılması*. (Yüksek Lisans Tezi). Anadolu Üniversitesi, , Fen Bilimler Enstitüsü, Eskişehir.

Benincá, E. (2023). Sistema Modular para Microgeração de Energia Hidroelétrica Dotado de Automação Baseado em IoT Lorawan. Scardua, V. C., Monteiro, M. E., Pontes, M. J., & Segatto, M. E. V. *In 8° Congresso Brasileiro de Geração Distribuída*, s. 1-12.

Börçek, Ç. (2012). *Pompa Depolamalı Hidroelektrik Santraller: Batı Karadenizde Örnek Bir Çalışma*. (Yüksek Lisans Tezi). Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak.

Cengiz, D. (2012). *Hataydan Suudi Arabistana Olan Göçler: Samandağ İlçesi Örneği*. (Yüksek Lisans Tezi). Mustafa Kemal Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Hatay.

Çiçek, Ö. (2021). *Pompaj Depolamalı Hidroelektrik Santral Tasarımı*. (Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, Ankara.

Çınar, M. Y. (2021). *Türkiye Yenilenebilir Enerji Dirençliliğinin İncelenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi). İskenderun Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Hatay.

T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı (2018). Hatay Araştırmaları IV. [Erişim: 09.10.2023, https://www.researchgate.net/profile/Resat-Gecen/publication/330521278_Antakyada_Zeytin_Uretimi/links/5c45dc3b299bf12be3d8dfe1/Antakyada-Zeytin-Ueretimi.pdf]

Değerliyurt, M. (2013). *Antakyada Doğal Afet Risk Analizi ve Yönetimi*. (Doktora Tezi). İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (2004). Hatay İli Jeolojik Özellikleri. [Erişim: 20.08.2023, https://docplayer.biz.tr/132528-Maden-tetkik-ve-arama-genel-mudurlugu-dogu-akdeniz-bolge-mudurlugu-hatay-ili-jeolojik-ozellikleri.html#google_vignette]

Semantic Scholar (1998). Development of Pump Turbine for Seawater Pumped-StoragePowerPlant.[Erişim:20.08.2023,https://www.semanticscholar.org/paper/Development-of-Pump-Turbine-for-Seawater-Pumped-Oshima-Kawai/58e33769898adcc942318e069738ad2655f3b7f9]

Furtana, T.E. (2020). *Türkiye'nin Enerji Bağımlılığındaki Politik Riskin Dış Ticarete Etkileri* (Doktora Tezi). İstanbul Ticaret Üniversitesi, Dış Ticaret Enstitüsü, İstanbul.

Güney, G. (2017). *Porsuk Havzasında Küçük Ölçekli Hidroelektrik Enerji Potansiyelinin Araştırılması*. Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Günler A. (2020). Pompaj Depolamalı Sistemler. *Mühendis ve Makine Güncel*, (39), 42-52.

Gürsakal, H. (2022). *Pompaj Depolamalı Hidroelektrik Santrallerin Optimizasyonu*. (Doktora Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul.

İzgi, Ç., & Kök, Y. (2023) *Kapalı ve Açık Ekonomilerde İktisat Politikalarının Etkinliği*, 319-344. Eğitim Yayınevi, İstanbul.

Karaçay, P. (2010). Pompaj Depolamalı Hidroelektrik Santraller Ve Türkiye'deki Durum. Fen Bilimleri Enstitüsü.

Koch, G. H., Brongers, M. P., Thompson, N. G., Virmani, Y. P., & Payer, J. H. (2002). *Corrosion cost and preventive strategies in the United States*, Federal Highway Administration, United States.

Koçak, İ., & Boran, K. (2019). Türkiye'deki İllerin Elektrik Tüketim Etkinliklerinin Veri Zarflama Analizi İle Değerlendirilmesi**.** *Politeknik Dergisi***,** 22(2), 351-365.

Nişancı, M. (2005). Türkiye'de Elektrik Enerjisi Talebi ve Elektrik Tüketimi İle Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki**.** *Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi***,** 5(9), 107-121.

Ömer, E. S. E. N., & Bayrak, M. (2015). Enerji Açığının Belirleyicilerinin Teorik Perspektiften İncelenmesi. *Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 3(1), 45-61.

Peker, A. (2022). *Pompa Depolamalı Santrallerin Bilgisayar Destekli Ön Tasarımı* (Yüksek Lisans Tezi)**.** Batman Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü.

Sertkaya, A. A., Saraç, M., & OMAR, M. A. (2015). Pompaj Depolamalı Hidroelektrik Santrallerinin Türkiye İçin Önemi. *Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 1(3), 369-382.

Star (2021). Eşi benzeri olmayan dev proje: yapay enerji adaları 2030'da tamamlanacak. [Erişim: 10.11.2023, https://www.star.com.tr/ekonomi/esi-benzeri-olmayan-dev-proje-yapay-enerji-adalari-2030da-tamamlanacak-haber-1656784/]

Samandağ Mahalleleri,[Erişim: 20.08.2023, https://sehirsorgula.com/samandag-mahalleleri/]

Şahin, G. (2022). Doğal Gaz Talep Tahmininin Yapay Sinir Ağları İle Modellenmesi: Danimarka Örneği. *Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 24(1), 360-385.

T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (2018). Aydın İli, İncirliova İlçesi Osmanbükü Mahallesi, 116 Ada 9 Parsel (Eski 109 Ada 1,2,3,4,5,6 Parsel Ve 116 Ada 6,7 Parsel) 3s Kale Jes-1 Jeotermal Enerji Santrali 1/1000 Ölçekli Uygulama İmar Planı Plan Açıklama Raporu. [Erişim: 20.12.2023, https://webdosya.csb.gov.tr/db/aydin/duyurular/3s-kale-jes-1-1000-uygulama-imar-plani-aciklama-raporu-20180508141255.pdf]

T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (2022)**,** Hatay İli İskenderun İlçesi Karayılan Mahallesi 1291 Parsele Ait 1/100.000 Ölçekli Çevre Düzeni Planı Değişikliği Gerekçe Raporu, [https://webdosya.csb.gov.tr/db/mpgm/icerikler/plandeg-s-kl-g-_gerekceraporu-20220223122812.pdf]

T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (2019), 1/5000 Ölçekli Nazım İmar Planı Araştırma Raporu, [Erişim: 10.10.2023, https://webdosya.csb.gov.tr/db/hatay/duyurular/5-emek-aksaray-mahaller--nip-raporu-20210712095355.pdf]

T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu (EPDK) (2023), [Erişim: 11.11.2023, https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-1327/elektrik-faturalarina-esas-tarife-tablolari]

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) (2023). Elektrik. [Erişim: 18.12.2023, https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-elektrik]

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) (2022). Türkiye Ulusal Enerji Planı. [Erişim: 21/12/2023, https://enerji.gov.tr/Media/Dizin/EIGM/tr/Raporlar/TUEP/Türkiye_Ulusal_Enerji_Planı.pdf]

T.C. İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) (2022), Hatay İl Afet Risk Azaltma Planı (İRAP), [Erişim: 20.09.2023, https://hatay.afad.gov.tr/kurumlar/hatay.afad/HATAY-İRAP-2022.pdf]

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü (2020), Asi Havzası Taşkın Yönetim Planı Stratejik Çevresel Değerlendirme Raporu, [Erişim: 20.08.2023, https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/asi%20ve%20Seyhan%20kurakl ık%20%20çed%20taslak/Asi_Havzasi_Taslak_SCD_Raporu_rev.pdf]

Tekkanat Z. S., & Özgür, N. (2016). Güvendik-Malgaçemir (Aydın) Arasında Bulunan Jeotermal Suların Hidrojeolojik, Hidrojeokimyasal Ve İzotop Jeokimyasal Özellikleri**,** *69. Türkiye Jeoloji Kurultayı***,** 11 – 15 Nisan, MTA Genel Müdürlüğü Kültür Sitesi, Ankara.

Tutuş, A., & Pasin, S. (2006). Pompa Depolamalı Hidroelektrik Santrallar**,** *Türkiye 10. Enerji Kongresi***,** 27 – 30 Kasım, Harbiye As- keri Müze ve Kültür Sarayı, İstanbul.

Türkiye Elektrik Sanayi Birliği (TESAB) (2022). Enerji Depolama Teknolojileri ve Pompaj Depolamalı HES Projeleri. [Erişim: 20.11.2023, http://tesab.org.tr/attachments/article/120/ENERJ~.pdf]

Türkiye Çelik Üreticileri Derneği (TÇÜD) (2022), Çelik Haritası, [Erişim: 20.11.2023, https://celik.org.tr/harita/celik-harita/]

Ünver, Ü., Bilgin, H., & Güven, A. J. M. v. M. (2015). Pompaj Depolamali Hidroelektrik Sistemler. 56(663), 57-64.

Vikipedi (2022). Pompa Depolamalı Hidroelektrik. [Erişim: 02.12.2023, https://tr.wikipedia.org/wiki/Pompa_depolama_hidroelektrik]

Viswanathan, V., Mongird, K., Franks, R., Li, X., Sprenkle, V., & Baxter, R. (2022). *2022 Grid Energy Storage Technology Cost And Performance Assessment***,** Energy**.**

Yıldız, C. (2017). *Rüzgâr enerjisi – pompaj depolamalı Hidroelektrik santrallerin optimal işletilmesi*. (Doktora Tezi). Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.