

T.C.
RECEP TAYYİP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SOLAKLI HAVZASINDA KURULMUŞ NEHİR TİPİ
HİDROELEKTRİK SANTRALLERİN ÇEVRESEL ETKİLERİ

ÇAĞLAR ÇALIŞ

TEZ DANIŞMANI
PROF. DR. BÜLENT VEREP
TEZ JÜRİLERİ
DOÇ. DR. TAMER AKKAN
DR. ÖĞR. ÜYESİ GÖKHAN KALAYCI

YÜKSEK LİSANS TEZİ
SU ÜRÜNLERİ ANABİLİM DALI

RİZE-2019

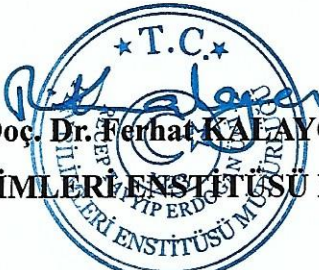
Her Hakkı Saklıdır

T.C.
RECEP TAYYİP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SOLAKLI HAVZASINDA KURULMUŞ NEHİR TİPİ HİDROELEKTRİK
SANTRALLERİN ÇEVRESEL ETKİLERİ

Prof. Dr. Bülent VEREP danışmanlığında Çağlar ÇALIŞ tarafından hazırlanan bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulu kararıyla oluşturulan jüri tarafından 18/06/2019 tarihinde Su Ürünleri Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS** tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri	Unvanı Adı Soyadı	İmzası
Başkan	:Prof. Dr. Bülent VEREP	
Üye	:Doç. Dr. Tamer AKKAN	
Üye	:Dr. Öğr. Üyesi Gökhan KALAYCI	


Doç. Dr. Ferhat KALAYCI
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ

ÖNSÖZ

Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Anabilim Dalı'nda yüksek lisans tezi olarak hazırlanan bu çalışmada; solaklı havzasında kurulu hidroelektrik santrallerin su kalitesine etkileri üzerine bir araştırma alanını kapsayan çevresel etkiler santralin su alıp enerji ürettikten sonra boşalttığı akarsuyun su kalite değişimlerinin tespitine yönelik kapsamlı bir çalışma yapılmıştır.

Tezin gerçekleştirilmesi aşamalarıyla beraber önerileri ve paylaşımlarıyla yardımını ve desteğini esirgemeyen çok değerli danışman hocam sayın Prof. Dr. Bülent VEREP'e teşekkürlerimi bir borç bilirim. Yapılan çalışmalarda her zaman yardımlarını esirgemeyen Prof. Dr. Şevki KAYIŞ'a ve Doç. Dr. İlker Zeki KURTOĞLU'na tüm kalbimle teşekkür ederim.

Arazi ve laboratuvar çalışmalarında teknik yardımlarını esirgemeyen kardeşim Elektrik ve Elektronik Mühendisi Özgür Suha ÇALIŞ, Araştırma Görevlisi Samet KALKAN'a, mesai arkadaşlarım Vet. Hekim Tamer ÖZDEMİR ve Su Ür. Müh. Muhammet Ali ALTUN'a tezin çalışmalarında yanımda olan, verdiğim kararlarda desteklerini her zaman arkamda hissettiğim maddi ve manevi her konuda yanımda olan ve ideallerimi gerçekleştirmemi sağlayan değerli aileme yürekten teşekkürü bir borç bilirim.

Hazırlanan bu Yüksek lisans tezi R.T.E.Ü. BAP birimi tarafından FYL-2017-834 nolu proje ile desteklenmiştir.

Çağlar ÇALIŞ

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Tarafımdan hazırlanan “Solaklı Havzasında Kurulmuş Nehir Tipi Hidroelektrik Santrallerin Çevresel Etkilerinin İncelenmesi” başlıklı bu tezi, Yükseköğretim Kurulu Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesindeki hususlara uygun olarak hazırladığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal işlemi kabul ettiğimi beyan ederim.
18/06/2019



Çağlar ÇALIŞ

***Uyarı:** Bu tezde kullanılan özgün ve/veya başka kaynaklardan sunulan içeriğin kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.*

ÖZET

SOLAKLI HAVZASINDA KURULMUŞ NEHİR TİPİ HİDROELEKTRİK SANTRALLERİN ÇEVRESEL ETKİLERİ

Çağlar ÇALIŞ

Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Su Ürünleri Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi
Danışmanı: Prof. Dr. Bülent VEREP

Bu çalışmada, nehir tipi hidroelektrik santrallerin çevresel etkileri, akarsu üzerinde su kalite değişimlerinin incelenmesiyle belirlenmeye çalışılmıştır. Bunun için Çambaşı HES ve Regülatörü çalışma alanı olarak seçilmiş ve baraj öncesi, susuz ara bölge ve kuyruk suyu bölgelerinin fizikokimyasal su kalite değişimleri aylık olarak izlenmiştir. İncelenen fizikokimyasal parametreleri; su sıcaklığı, çöz. oksijen ve çöz. oksijen doygunluğu, elektriksel iletkenlik, pH, top. çöz. katı madde, ORP, AKM, nitrit ve nitrit azotu, nitrat ve nitrat azotu, fosfat ve fosfat fosforu, sülfat, BOI₅ ve KOI olarak sıralanabilir. Bunların yanında sudaki çözünmüş ağır metal konsantrasyonları da analiz edilmiştir. Çalışma sonuçları değerlendirildiğinde ortalama olarak su sıcaklığı $12,76 \pm 0,68$ °C, çöz. oksijen $10,13 \pm 0,23$ mg/L, iletkenlik $85,21 \pm 29,51$ µS/cm, top. çöz. katı madde $56,8 \pm 9,15$ mg/L, pH $7,43 \pm 0,18$, ORP $-38,97 \pm 13,96$ mV, AKM $16,44 \pm 7,41$ mg/L, NO₂ $0,004 \pm 0,001$ mg/L, NO₂-N $0,001$ mg/L, NO₃ $2,27 \pm 0,27$ mg/L, NO₃-N $0,54 \pm 0,056$, PO₄ $0,58 \pm 0,19$ mg/L, PO₄-P $0,19 \pm 0,07$ mg/L, SO₄ $17,89 \pm 8,11$ mg/L, BOI₅ $2 \pm 0,29$ mg/L ve KOI $10,49 \pm 5,09$ mg/L olarak tespit edilmiştir. Çalışmada baraj sonrası ve öncesi bölgeler arasındaki su kalite değişimleri önemli ölçüde olduğu anlaşılmıştır. Su kalite değişimleri artış yönünde olup sülfat için % 144, KOI için % 137, AKM için % 107, iletkenlik % 102, fosfat için % 84, nitrit için % 67, TDS %39, çözünmüş oksijen % 6,5 ve su sıcaklığı için %11 düzeyinde olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla nehir tipi hidroelektrik santrallerin su kalitesi üzerindeki etkileri önemli olduğu söylenebilir.

2019, 108 sayfa

Anahtar Kelimeler: Nehir Tipi Hidroelektrik Santraller, Çevresel Etki, Su Kalitesi, Solaklı Vadisi.

ABSTRACT

ENVIRONMENTAL EFFECTS OF ESTABLISHED RIVER TYPE HYDROPOWER PLANTS IN SOLAKLI RIVER BASIN

Çağlar ÇALIŞ

Recep Tayyip Erdogan University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Fisheries
Master Thesis
Supervisor: Prof. Dr. Bülent VEREP

In this study, the environmental effects of river-type hydroelectric power plants were investigated by examining the water quality changes on the river. For this purpose, Çambaşı HEPP and Regülatörü were selected as the study area and physicochemical water quality changes of the non-water intermediate zone and tail water regions were monitored monthly. Physicochemical water quality parameters examined; water temperature, dissolved oxygen and dissolved oxygen saturation, electrical conductivity, pH, TDS, ORP, SS, NO₂ and NO₂-N, NO₃ and NO₃-N, PO₄ and PO₄-P, SO₄, BOI₅ and COD can be listed as. In addition, dissolved heavy metal concentrations in water were also analyzed. When the results were evaluated, the average water temperature was 12,76±0,68 °C, dissolved oxygen 10,13±0,23 mg/L, electrical conductivity 85,21±29,51 µS/cm, total dissolved solids 56,8±9,15 mg/L, pH 7,43±0,18, ORP -38,97±13,96 mV, SS 16,44±7,41 mg/L, NO₂ 0,004±0,001 mg/L, NO₂-N 0,001 mg/L, NO₃ 2,27±0,27 mg/L, NO₃-N 0,54±0,056, PO₄ 0,58±0,19 mg/L, PO₄-P 0,19±0,07 mg/L, SO₄ 17,89±8,11 mg/L, BOI₅ 2±0,29 mg/L and COD were determined as 10,49±5,09 mg/L. In the study, it was understood that water and post-dam regions were significant. As a matter of fact, changes in water quality were increased, %144 for sulfate, %137 for KOI, %107 for SS, conductivity %102, %84 for phosphate, %67 for nitrite, TDS %39, dissolved oxygen %6,5 and water temperature it was found to be %11. Therefore, the effects of river type hydroelectric power plants on water quality can be said to be important.

2019, 108 page

Keywords: River Type Hydroelectric Power Plants, Environmental Impact, Water Quality, Solaklı Valley.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	I
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	II
ÖZET	III
ABSTRACT.....	IV
İÇİNDEKİLER	V
ŞEKİLLER DİZİNİ	VIII
TABLolar DİZİNİ.....	X
SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ	XI
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş	1
1.2. Hidroelektrik Santraller	3
1.2.1. Hidroelektrik Santralin Sınıflandırılması	3
1.2.1.1. Üzerinde Kuruldukları Suyun Özelliklerine Göre.....	4
1.2.1.2. Nehir Tipi (Regülatör) HES'ler	5
1.2.1.3. Nehir Tipi Santral Bileşenleri.....	8
1.2.1.3.1. Çevirme Hattı Yapısı (Regülatörler)	8
1.2.1.3.2. Su İletim Sistemi (İsale Hattı)	9
1.2.1.3.3. Yükleme Odası	9
1.2.1.3.4. Cebri Boru	10
1.2.1.3.5. Su Alma Yapıları	11
1.2.1.4. Barajlı (Depolamalı) Hidroelektrik Santraller	12
1.2.1.5. Rezervuarlı Santraller	14
1.2.2. Hidroelektrik Santrallerde Kullanılan Türbin Çeşitleri	15
1.2.2.1. Pelton Türbini	15
1.2.2.2. Francis Türbini	16
1.2.2.3. Kaplan Türbini.....	17
1.3. Hidroelektrik Enerjinin Avantajları ve Dezavantajları.....	18
1.3.1. Avantajları	18
1.3.2. Dezavantajları	18
1.4. Hidroelektrik Enerji Potansiyeli	19
1.4.1. Türkiye'nin Su Kaynakları	19
1.4.2. Türkiye'nin Hidroelektrik Enerji Potansiyeli	21

1.4.3.	Türkiye’de Hidroelektrik Santrallerin Durumu	25
1.5.	HES'lerle İlgili İşlemler	27
1.5.1.	HES’lerle Yetkili Kurum Kuruluşlar.....	27
1.5.2.	HES’lerde Uygulanan Kanun ve Yönetmenlikler	28
1.5.3.	1380 Sayılı Su Ürünleri Kanununa Göre.....	28
1.6.	Hidroelektrik Santral ve Çevre	29
1.6.1.	Mimba (Upstream) Etkileri.....	30
1.6.2.	Balıklar Üzerine Etkisi	31
1.6.3.	Mansap (Downstream) Etkileri	33
1.6.4.	Mansap Suyu Sıcaklık Değişimi.....	35
1.6.5.	Mansap Suyu Miktarının Etkileri	36
1.6.6.	Su Kaynakları Üzerine Etkisi	37
1.6.7.	Sucul Ekosistem Üzerine Etkisi	38
1.7.	Doğu Karadeniz Bölgesi’nin Genel Özellikleri.....	40
1.7.1.	Coğrafi Konum	43
1.7.2.	Havzalar.....	44
1.7.3.	Biyolojik Çeşitlilik	44
1.7.4.	Bölge Florası	45
1.7.5.	Bölge Faunası	45
1.7.6.	Akarsular	46
1.8.	Solaklı Vadisi HES’ler	47
1.8.1.	Çambaşı Regülatörü ve Hidroelektrik Santrali.....	49
1.8.2.	Çambaşı Regülatörü ve Hidroelektrik Santrali Su Kullanımı	56
1.8.3.	Literatür Araştırması.....	58
2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	66
2.1.	Materyal.....	66
2.1.1.	Çalışma Alanı Solaklı Vadisinin Genel Mevkii Özellikleri	66
2.1.2.	İklim Özellikleri	69
2.1.3.	Yağış.....	69
2.1.4.	Su Kaynakları	70
2.1.5.	Bitki Örtüsü	70
2.2.	Hazırlık Çalışmaları ve Örnekleme Noktaları	70
2.2.1.	Arazi Çalışmaları.....	73
2.2.2.	Numune Alınması ve Saklanması.....	74

2.2.3.	Fizikokimyasal Su Kalite Parametreleri Tespit Yöntemleri.....	75
2.2.3.1.	Su Sıcaklığı.....	75
2.2.3.2.	pH	75
2.2.3.3.	Çözünmüş Oksijen ve Doygunluğu	76
2.2.3.4.	Toplam Çözünmüş Katı Madde.....	76
2.2.3.5.	Elektriksel İletkenlik.....	77
2.2.3.6.	Askıda Katı Madde	78
2.2.3.7.	Nitrit Azotu.....	78
2.2.3.8.	Nitrat Azotu	79
2.2.3.9.	Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı	79
2.3.	Hach Lange HQd Field Multi Cihazı Kalibrasyonu.....	79
2.4.	Su Örneklerinin Alınması.....	80
3.	BULGULAR	81
3.1.	Fizikokimyasal Su Kalite Parametreleri	81
3.1.1.	Su Sıcaklığı.....	81
3.1.2.	pH	82
3.1.3.	Çözünmüş Oksijen ve Doygunluğu.....	82
3.1.4.	Toplam Çözünmüş Katı Madde.....	84
3.1.5.	Elektriksel İletkenlik.....	85
3.1.6.	Askıda Katı Madde	86
3.1.7.	ORP	87
3.1.8.	Nitrit Azotu ve Nitrit (NO ₂)	88
3.1.9.	Nitrat Azotu ve Nitrat (NO ₃)	89
3.1.10.	Fosfat Fosforu ve Fosfat	91
3.1.11.	Sülfat (SO ₄ ⁻²).....	93
3.1.12.	Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOI ₅)	93
3.1.13.	Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOI)	94
3.2.	Ağır Metal ve İz Element Analizleri	95
4.	TARTIŞMA ve SONUÇLAR	97
5.	ÖNERİLER	101
	KAYNAKLAR	103
	ÖZGEÇMİŞ	108

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.	Hidroelektrik santralinin genel yapısı.....	3
Şekil 2.	HES tipleri	4
Şekil 3.	Nehir tipi hidroelektrik santral şeması.....	6
Şekil 4.	Nehir tipi hidroelektrik santralin yapısı	7
Şekil 5.	Cebri boru hattı	10
Şekil 6.	Cebri boru kesiti.....	11
Şekil 7.	Türbin-jeneratör grupları	12
Şekil 8.	Barajlı (depolamalı-biriktirmeli) hidroelektrik santraller	13
Şekil 9.	Pompajlı rezervuarlı santral şekilleri	15
Şekil 10.	Pelton türbini şeması.....	16
Şekil 11.	Francis türbin şeması	16
Şekil 12.	Francis türbini şeması	17
Şekil 13.	Kaplan türbini şeması	17
Şekil 14.	Türkiyenin hidroelektrik enerji potansiyeli	21
Şekil 15.	Hidroelektrik santrallerin kurulum durumu	24
Şekil 16.	Türkiye’de 2015 yılı sonu itibariyle kurulu gücün kaynaklara göre dağılımı	24
Şekil 17.	Türkiye hidroelektrik santrallerin haritası	25
Şekil 18.	HES’lerde denetim yapan kurumlar	27
Şekil 19.	Balık geçitleri.....	29
Şekil 20.	Doğu karadeniz havzasının görünümü	40
Şekil 21.	Çambaşı HES’in harita üzerindeki konumu	50
Şekil 22.	Çambaşı HES yer haritası	51
Şekil 23.	Çambaşı HES bulunduğu bölgenin yükseklik grafiği (metre).....	52
Şekil 24.	Çambaşı santral binası (23.12.2017).....	53
Şekil 25.	Çambaşı regülatörü ve çevresi (27.12.2017)	53
Şekil 26.	Çambaşı HES kuyruk suyu biralımadan öncesi (üst) ve bırakıldıktan sonrası (alt) (27.12.2017).....	54
Şekil 27.	Araştırma alanının yeri (Google Maps, 2019).	66
Şekil 28.	Araştırma alanın topoğrafik haritası	67
Şekil 29.	Çambaşı HES’in harita üzerindeki konumu	68
Şekil 30.	1 Numaralı örnekleme istasyonu (Taşkiran Mevkii).	71
Şekil 31.	II numaralı örnekleme noktası (Ataköy Köprü 250 m aşağısı)	71

Şekil 32. III numaralı örnekleme istasyonu (Çambaşı HES)	72
Şekil 33. Su örnekleme numune ölçümleri	73
Şekil 34. Solaklı Vadisi HES’ler ve Çambaşı HES haritası	74
Şekil 35. Su sıcaklığının aylara göre değişimi	81
Şekil 36. pH değerlerinin aylara göre değişimi.....	82
Şekil 37. Çözünmüş oksijen değerlerinin aylara göre değişimi.....	83
Şekil 38. Çözünmüş oksijen doygunluğunun aylara göre değişimi	84
Şekil 39. TDS değişiminin aylara göre değişimi	85
Şekil 40. Elektriksel iletkenliğin aylara göre değişimi	86
Şekil 41. Askıda katı maddenin aylara göre değişimi.....	87
Şekil 42. ORP’nin aylara göre değişimi.....	88
Şekil 43. Nitrit Azotunun aylara göre değişimi	89
Şekil 44. Nitrit’in aylara göre değişimi.....	89
Şekil 45. Nitrat Azotunun aylara göre değişimi.....	90
Şekil 46. Nitrat’ın aylara göre değişimi	91
Şekil 47. Fosfat fosforun aylara göre değişimi	92
Şekil 48. Fosfat’ın aylara göre değişimi	92
Şekil 49. Sülfat (SO_4^{-2})’ın aylara göre değişimi	93
Şekil 50. Biyokimyasal oksijen İhtiyacının aylara göre değişimi.....	94
Şekil 51. Kimyasal oksijen ihtiyacının aylara göre değişimi	95

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. Hidroelektrik santrallerin sınıflandırılması (Akkaya vd., 2009).....	4
Tablo 2. Ülkemizin su kaynakları potansiyeli (DSİ, 2015).	19
Tablo 3. Bazı havzalardaki su enerji ve sulama potansiyeli	20
Tablo 4. Türkiye'nin hidroelektrik enerji potansiyeli	22
Tablo 5. Haziran 2016 itibarıyla mevcut hidroelektrik santrallerin durumu	23
Tablo 6. 2016 yıl sonu HES potansiyel durumu	26
Tablo 7. HES'lerde uygulanan kanun ve yönetmenlik	28
Tablo 8. Doğu Karadeniz Bölgesi'nin toprak kaynakları potansiyeli.....	43
Tablo 9. Bölge illerindeki akarsuların potansiyeli	47
Tablo 10. Solaklı Deresi havzasına ait hidroelektrik santral proje listesi (DSİ, 2014).	48
Tablo 11. Solaklı Havzası'nda geliştirilen hidroelektrik santral projeleri listesi.....	49
Tablo 12. Çambaşı regülatörü ve hidroelektrik santrali.....	55
Tablo 13. Ögene deresi alçakköprü istasyonu 2000-2009 yılları su temin değerleri.....	57
Tablo 14. Haldizen deresi şerh istasyonu 2000-2009 yılları su temin değerleri	58
Tablo 15. Kıta içi Sınıflarına göre Su Kaynaklarının sıcaklık kalite kriterleri (SKKY, 2004).	75
Tablo 16. Kıta içi Sınıflarına göre Su Kaynaklarının pH kalite kriterleri (SKKY, 2004).	76
Tablo 17. Kıta içi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Çözünmüş Oksijen Kalite Kriterleri (SKKY, 2004).	76
Tablo 18. Toplam çözünmüş katı madde miktarına göre su sınıflandırılması (Karr 1998).	77
Tablo 19. Kıta içi Su Kaynaklarının Sınıflarına göre çözünmüş katı madde kalite kriterleri (SKKY, 2004).	77
Tablo 20. Suların özgül elektriksel iletkenliği esas alınarak yapılan sınıflandırılması (Karr, 1998).	78
Tablo 21. Ağır Metal ve İz Element Analiz Değerleri (mg/L)	95
Tablo 22. Fiziko-kimyasal su kalite değerleri ve baraj sonrası ve öncesi değişim yüzdesi	97
Tablo 23. Kıta içi Yerüstü Su Kalite standartlarına göre su kalite sınıflaması	98

SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ

m ³ /sn	Metreküp/Saniye
mS/cm	MiliSiemens/Santimetre
µg/L	Mikrogram/Litre
Mg/L	Miligram/Litre
cm	Santimetre
m	Metre
°C	Santigrat Derece
%	Yüzde
km ²	Kilometrekare
km ³	Kilometreküp
µS/cm	MikroSiemens/Santimetre
TS	Türk Standardı
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
SM	Standard Methods
GPS	Geographical Positioning System (Çoğrafi Konumlandırma Sistemi)
SÇD	Su Çerçeve Direktifi
UK	United Kingdom (Birleşik Krallık)
SKKY	Su Kirliliği Kontrol Yönetmenliği
FAO	Food and Agriculture Organization (Gıda ve Tarım Örgütü)
PCA	Principal Component Analysis (Temel Bileşenler Analizi)
YSKYY	Yerüstü Su Kalitesi Yönetimi Yönetmenliği
ÇED	Çevresel Etki Değerlendirme
HES	Hidro Elektrik Santrali
BOD	Biological Oxygen Demand (Biyolojik Oksijen İhtiyacı)
COD	Chemical Oxygen Demand (Kimyasal Oksijen İhtiyacı)

KOİ	Kimyasal Oksijen İhtiyacı
BOİ ₅	Biyolojik Oksijen İhtiyacı (5 Günlük)
TDS	Total Dissolved Solids (Toplam Çözünmüş Katı Madde)
O ₂	Oksijen
Cl ⁻	Klorür İyonu
SO ₄ ⁻²	Sülfat İyonu
ÇO	Çözünmüş Oksijen
Eİ	Elektriksel İletkenlik
AKM	Askıda Katı Madde
TSS	Total Suspended Solid (Askıda Katı Madde)
UV	Ultraviyole
S	Sıcaklık
NO ₃	Nitrat
NO ₃ -N	Nitrat Azotu
NO ₂	Nitrit
NO ₂ -N	Nitrit Azotu
PO ₄	Fosfat
PO ₄ -P	Fosfat Fosforu
TP	Toplam Fosfor
TN	Toplam Azot
DSİ	Devlet Su İşleri
DPT	Devlet Planlama Teşkilatı
ETKB	Enerji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı
GWh	Gigawatt saat
MW	Megawatt
İst.	İstasyon

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Doğanın insan arasındaki etkileşim uzun zamandan beri sorunlu olmuştur. Doğa’da bulunan faktörlerin paydaşlarının toprak su ve ormanların değerlendirilmesi aşamasında kullanımında var olan sorunlar günümüze kadar artarak hızla devam etmiştir. Çünkü insan nüfusu ve talepleri hızla artarak ve ciddi bir küresel sorun haline gelmiştir.

Yüzyıllardır doğa ile iç içe yaşayan insanlık, artan nüfus ile birlikte enerji, endüstri ve kentleşme faaliyetlerine daha fazla ihtiyaç duymuştur. Çağın gereksinimlerinin artması beraberinde insanları doğal kaynaklara daha fazla ilgi duymaya yöneltmiştir. Bu durum doğal kaynakların yönetiminde yeni hassasiyetlere ve doğal kaynakların kullanımı ile doğanın korunması arasında çelişkilere neden olmuştur. Hızla artan nüfus ve beraberinde ortaya çıkan ihtiyaçların doğal kaynaklara yönelik baskıyı artırması ile çevre sorunları ortaya çıkmıştır.

XXI. Yüzyılda dünyanın nüfusu üç kat artmış ve kaynakların kullanımında su tüketiminde altı katına çıkarak hızlıca artmaktadır. Günümüzde 6,600 m³ olan kişi başına düşen su tüketiminde iki milyar artmış nüfusa da paralel olarak 30 yıl sonra 4,800 m³’e düşeceği tahmin edilmektedir (Anonim, 2001).

Dünyamızda artan nüfus ve buna bağlı olarak hızlı gelişen teknolojik gelişmeler insanların ihtiyaçlarının sonucunda dünyada ve Türkiye’de enerji açığı hissedilir oranda görünmeye başlanmıştır. Gereksinim enerji açığı çeşitli yollardan temin edinilmeye çalışılmaktadır. 2015 yılı itibariyle Türkiye’de üretilen enerjinin özkaynaklarımızın %59,2’undan elde edilmiştir. Enerji açığımızın büyük bir bölümü petrolve ürünleri’den (%8,9) ve doğalgazve ürünlerinden (%31,9) elde edilmekte ve ülkemizde gelişen ihracatımıza rağmen, elde edilen gelirlerimiz çoğu enerji açığımız olan petrole gitmiştir. Cari açığımızı negatif yönde etkilemekle beraber enerji üretiminde güvenilir olmamıştır. Bu nedenle de enerji üretiminde ülkenin öz kaynakları içerisinde hidrolik potansiyel, yenilebilir kaynaklar olması açısından en önemli ulusal niteliği ile güvenilir enerji arzını

sağlayan kaynak oluşu gibi özelliklerle son yıllarda hızlı bir şekilde artarak ilk sıraları almıştır.

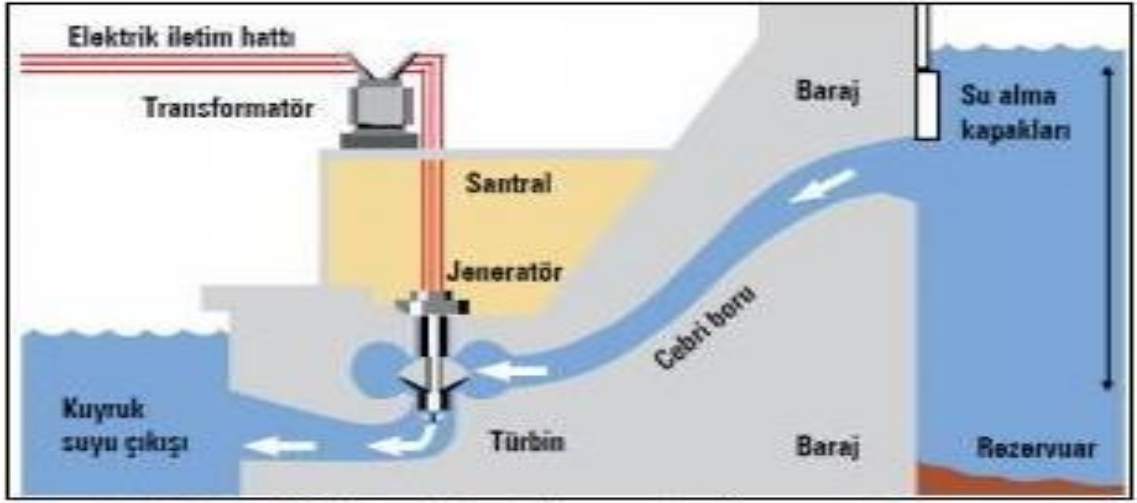
Bu gelişimin en önemli göstergesi olarak enerjiye yönelik talep artmakta ve artan enerji ihtiyacını karşılayabilmek için tükenmekte olan fosil yakıt kaynakları yanında yenilebilir enerji kaynakları tercih edilmektedir. Gelecek yıllarda doğacak enerji açığımız ona göre değerlendirilmez. Ülkemizin enerji kaynaklarımız enerji ihtiyaçlarını karşılayacak aşamada değildir. Bu sebeple enerji kaynaklarının uygun bir kombinasyonu ile enerji üretiminin ve sürekliliğinin sağlanması gerekmektedir (Akpınar vd., 2008). Ülkemizde su kaynakları potansiyelinin önemli bir bölümünün kullanılmamış olması son yıllarda Hidroelektrik enerjiye ilgiyi artırmıştır. O kadar ki hükümetler Enerji Arz Güvenliği Belgesi'nde (Anonim, 2009) 2030 yılına kadar tüm hidroelektrik potansiyelin kullanımını hedeflemektedir. Bu hedefin doğal sonucu olarak ülkemizde neredeyse tüm akarsular üzerinde bir ya da birden fazla hidroelektrik santral projeleri geliştirilmiş ve yüzlerce HES işletmesi kurulmuştur. Türkiye'nin 2016 yılı verilerine göre akarsulardan elde edilen hidrolik elektrik enerji santral sayısı 596 adettir (DSİ, 2016).

Hidroelektrik santraller için suyun önemli olmasının yanı sıra, su nehir akışı boyunca oluşan ekosistemin sürekliliğinin sağlanmasına da temel teşkil eder. Nehir yapısı boyunca sudan dolayı veya direkt etkilenen birçok yapı mevcuttur. Bu nedenle nehir akışı boyunca, mevcut su miktarı, kalitesi, besin taşınım yapısı ve içeriği nehir ekosistemleri ve çevresi için yaşamsal derecede öneme sahiptir. Bütün bu gereksinimleri tanımlayan ve ekosistemin devamı için gereken akış miktarını belirten kavram olarak can suyu kavramı karşımıza çıkmaktadır. Çevresel akış miktarının (can suyu) doğru belirlenmesi halinde ekosistemin sürekliliğinin yanı sıra mevcut su döngüsü de korunarak enerji üretimi açısından da süreklilik sağlanmış olur.

HES'ler doğa tahribatına inşaat aşamasında başlayarak, işletme aşamasında da devamlı doğal dengeyi bozmakta ve akarsu yatakları, flora ve fauna üzerinde geri dönüşü olmayan hasarlara neden olmaktadır. HES'lerin doğal yaşama etkileri; turizm, tarım ve hayvancılık v.b. ekonomik faaliyetlerin yanı sıra yöre halkının gelenek ve yaşam şekline yönelik değişikliklere neden olmaktadır.

1.2. Hidroelektrik Santraller

Hidrolik elektrik santraller; suyun sahip olduğu potansiyel enerjiden faydalanarak mevcut enerjiyi türbinler vasıtasıyla mekanik enerjiye ve mekanik enerjiyi de jeneratörler yardımıyla elektrik enerjisine dönüştüren yapılardır. Bu tesisler su kütlesinin düşey mesafeden düşürülmesi prensibine göre  alır.



Şekil 1. Hidroelektrik santralinin genel yapısı.

Hidroelektrik santraller suyun enerjisinden faydalanarak elektrik üreten yapılardır. Barajda biriken su yerçekimi potansiyel enerjisi içermektedir. Su, belli bir yükseklikten düşerken, enerjinin dönüşüm prensibine göre yerçekimi potansiyel enerjisi önce kinetik enerjiye (mekanik enerji) daha sonra da türbin çarkına bağlı jeneratör motorunun dönmesi vasıtasıyla potansiyel elektrik enerjisine dönüşür ve bu şekilde elektrik enerjisi üretilir (Yıldız, 2010).

1.2.1. Hidroelektrik Santrallerin Sınıflandırılması

Hidroelektrik santraller, d ş lerine göre, ürettikleri enerjinin karakter ve değerine göre, kapasitelerine göre ve üzerinde kuruldukları suyun özelliklerine göre olmak üzere beş kısımda incelenebilir. Tablo 1’de Hidroelektrik Santrallerin Sınıflandırılması verilmiştir (Akkaya vd., 2009).

Tablo 1. Hidroelektrik santrallerin sınıflandırılması (Akkaya vd., 2009).

Düşü Özelliği(m)	Üretilen Enerji Özelliği ve Değeri	Kapasite (kw)	Yapılış	Kurulu Olduğu Suyun Özelliği
Alçak Düşülü Santraller $H < 15$	Baz Santraller	Küçük Santraller < 99	Yer Altı Santrali Yarı	Nehir Santraller
Orta Düşülü Santraller $15 < H < 50$		Düşük Santraller 100-999	Gömülü veya Batık Santraller	Kanal Santraller
Yüksek Düşülü Santraller $H > 50$	Pik Santraller	Orta Santraller 1000-9999 Yüksek Santraller > 10000	Yer Üstü Santrali	Baraj Santraller Pompaj Rezervuarlı Santraller

1.2.1.1. Üzerinde Kuruldukları Suyun Özelliklerine Göre

HES'ler temel olarak doğal akışlı (nehir tipi) (Şekil 2.), depolamalı (baraj tipi) ve pompalı rezervuarlı olmak üzere üç grupta değerlendirilir (DSİ, 2011). Buna karşın Türkiye'de an itibarı ile 'nehir tipi HES' ve 'baraj tipi HES' olmak üzere iki farklı tip HES mevcuttur. Üçüncü tip HES'lerin de yakında gündeme gelmesi beklenmektedir (DSİ, 2011).



Şekil 2. HES tipleri, Nehir Tipi HES (a), Baraj Tipi HES (b), Pompajlı Rezervuarlı (c).

1.2.1.2. Nehir Tipi (Regülatör) HES'ler

Hidroelektrik santraller bir akarsu üzerinde, teknik veya ekonomik yönden baraj yapımının mümkün olmadığı akarsu akımlarının nispeten düzgün görüldüğü ve topografik ortamın enerji üretimine elverişli oluşturduğu durumlarda, suyun depolama yapılmadan enerji üretiminde kullanılmasıdır.

Nehir Tipi Santrallerde akarsuyun üzerine yapılan bir regülatör (düzenleyici) ile su seviyesi bir miktar kabartılır (Şekil 3). Bu durumda debilerin su alma yapısı tarafından daha kolay alınır, düşüde kazanılmış olur. Böylece tesislerde debi düzenlenmesi olmaz. Mevsimlere bağlı olarak santralin üreteceği elektrik enerjisi değişir. Güvenilir enerji akarsuyun doğal şartlarda gelen minimum debisi ile sınırlıdır, Üretilmesi planlanan elektriğin çoğu ikincil enerjidir.

Hidroelektrik enerji kaynakları; yenilebilir ve temiz olmaları, yerli doğal kaynaklar kullanılarak yapılması, bakım ve işletme giderlerinin düşük olmaları, fiziki ömürlerinin uzun oluşu gibi sebeplerle doğalgaz, petrol ve kömür gibi fosil yakıtlarda elde edilen enerjiye oranla çevreci yenilebilir enerji kaynaklarıdır. Bu tip santrallere genel olarak yükleme havuzu, çökeltim havuzu, cebri boru, su iletim kanalı ve yolu, regülatör, santral binası ve şalt sahasından meydana gelirler. Bu santrallerin su tutma kapasiteleri çok azdır; kısa sürede içerisinde nehirde gelen suyla hazneleri dolmaktadır. Nehrin içine su toplamak için bir set çekilerek nehrin suyu tünelle veya bir boru ile santrale yönlendirilip elektrik üretilir. Ekseriyetle nehir santrallerinin gücü 25 MW'dan az olur. Nehir tipi HES'lerin kuruluş ve işletilme maliyetleri düşük seviyelerde ve çevreye verdikleri olumsuz etki azdır (Akpınar, 2005).

Nehir tipi Hidroelektrik santraller son zamanlarda yaygınlaşmaktadır. Bu santrallerin iki avantajı vardır. Bu santrallerin maliyetleri oldukça düşük seviyede, ikinci olarak böyle santrallerin inşaat süreleri kısa ve uluslararası bankalar tarafından fazla desteklenmektedir. Dünyanın her tarafında bu tip santrallerin yapımı devam etmektedir.

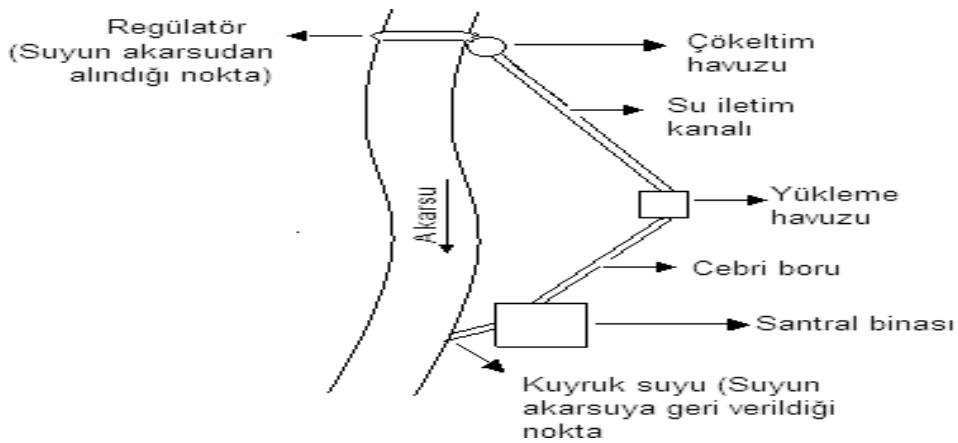
Norveç'te büyük nehirlerin hidroelektrik potansiyeli kullanılarak toplam enerji üretiminin %95'i hidroelektrikten elde edilen 4000'e yakın nehir tipi hidroelektrik santral

bulunmaktadır. Fransa’da yalnız Rhone Nehri ve kolları üzerinde 1937-1986 seneleri arasında 19 adet baraj ve HES kurulmuştur. Aynı nehir üzerinde 22 adet nehir tipi HES mevcuttur. Nehir Tipi Santrallerin membaında sağlanan debi düzenlenmesinden mansaptaki durumuna göre yararlanırlar. Böylece üretilen güvenilir enerjide çok miktarda artar.

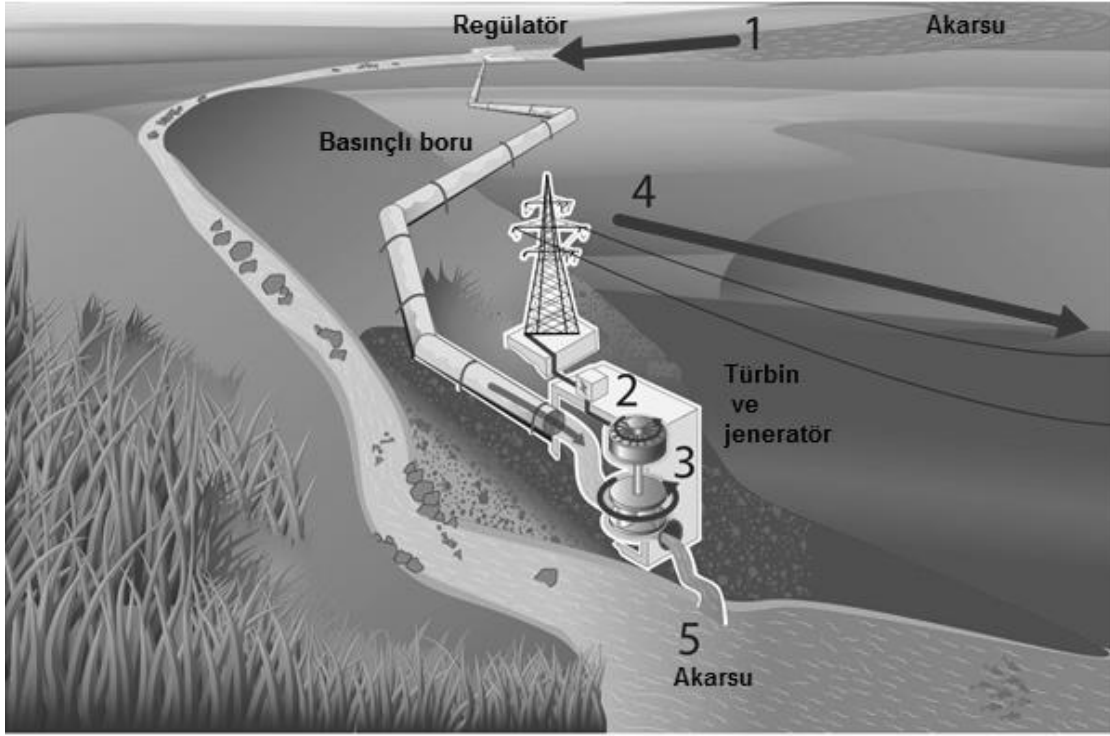
Akarsuyun üzerine yapılan bir regülatör yardımı ile suyun seviyesi kabartılarak yönlendirilir. Bu şekilde akarsudan alınacak olan debi daha kolaylıkla ve sürekli alınması sağlanır. Bu tip tesislerde debi düzenlemesi yapılamaz. Çünkü bu santraller biriktirmeli değildir. Dolayısıyla üretilen enerji yağış şartlarına çok sıkı olarak bağlıdır üretilen güvenilir enerji akarsuyun debisine çok sıkı bir şekilde bağlıdır (DSİ, 2011). Akarsudan su çevirme işlemi, genellikle bir regülatör ve su iletim sistemi (açık kanal, kondüvi veya tünel) ile gerçekleştirilir.

Sistemi oluşturan ünite ve elemanlar genelde şu kısımlardan ibarettir.

- 1- Çevirme Yapısı (Regülatör), Çökelim Havuzu
- 2- Su iletim Sistemi (İsale Hattı)
- 3- Yükleme Odası (denge bacası), Biriktirme Havuzu
- 4- Cebri Boru
- 5- Santral ve Salt Tesisler
- 6- Enerji Nakil Hattı
- 7- Servis Yolları ve Site Tesisleri



Şekil 3. Nehir tipi hidroelektrik santral şeması.



Şekil 4. Nehir tipi hidroelektrik santralin yapısı.

Nehir Tipi Hidroelektrik Santraller başlıca iki kısma ayrılabilirler:

1-Hidroelektrik santralin regülatöre bitişik olması hali: Bu durumda düşü regülatör yüksekliği ile sınırlı ve küçüktür. Üretilen enerji miktarı daha çok akarsuyun debisine bağlıdır. Bu tip tesislerde çevrenin olumsuz etkisi yoktur.

2- Hidroelektrik santralin mansapta belli bir mesafe olması hali: Bu durumunda türbin debileri regülatörden santrale bir isale kanalı veya tüneli ile iletirler. Kanal isale yükleme odası, tünel ise çok zaman bir ‘Denge Bacası’ yapılır. Yükleme Odası veya Denge Bacasından sonra debiler santrale cebri borularla iletirler. Bu durumda ikinci şıkkı yapmanın gerekçesi düşüyü, dolayısıyla enerji üretimini artırmaktadır. Arazinin topografyasına ve isale kanalının veya tünelin uzunluğuna bağlı olarak düşü veya çok artar. Dere yatağındaki ‘fauna’(hayvan varlığı) ve flora’yı bitkiler korumak için, en kurak zamanda bile dere yatağına bir miktar su bırakmak gereklidir ve bu miktarın ne kadar olacağı ülkemizde yönetmenliklerle belirlenmiştir (Çevik, 2008). Nehir Tipi Santrallerin ikurulum aşamasında masrafları azdır. Bakım ve işletme masrafları azdır. Bu nedenlerden üretilen enerjinin maliyeti azdır. Tipik bir 26 MW’lık nehir santrali, yıllık 80 milyon

kWh yeşil enerji üretir ve bu da yaklaşık 47.000 ton karbondioksit az salınımı ya da bir başka ifadeyle 9.000 aracın trafikten çekilmesine eşdeğerdir.

Biriktirmesiz tesis ön çalışmaları safhasında, ilk önce büroda, proje sahasını kapsayan 1/25.000 ölçekli haritalar üzerinde incelemeler yapılarak uygun çevirme yeri, su iletim hattı güzergâhı, yükleme odası, denge bacası ve santral yeri seçimi yapılır. Daha sonra, büroda seçimi yapılan bu yerler arazide topografik, jeolojik, malzeme, ulaşım ve yapım şartları bakımından yerinde incelenir. Bu ön çalışmalar safhasında varsa, eksik görülen harita, jeoloji, malzeme ve hidroloji verileri toplanır. Proje sahasında deprem bölgesine göre konumu, su analizleri, maksimum, minimum sıcaklıklar ve kuyruk suyu çalışmaları yapılarak (normal ve taşkın su seviyeleri), proje çalışmaları için gerekli olabilecek diğer bütün veriler toplanmalıdır. Toplanan veriler ve arazi çalışmaları dikkate alınarak, planlama çalışması yürütülür.

1.2.1.3. Nehir Tipi Santral Bileşenleri

1.2.1.3.1. Çevirme Hattı Yapısı (Regülatörler)

Su çevirme aksında, akarsulardan istenilen debinin kontrollü bir şekilde alınmasını temin eden ve devirasyonu sağlamak amacıyla yapılan yapılara regülatör denilmektedir. Regülatörler dolu gövdeli ve kapaklı olabilirler. Akarsu yatağının sert meyilli debinin fazla, yatağın dar ve rüsubat hareketinin fazla olması halinde kapaklı regülatör daha uygunluk gösterir. Dolu gövdeli regülatörün, rüsubat hareketinin az olduğu akarsu kısmında tercih edilmesi daha uygundur.

Regülatör tip ve boyutlarının belirlenmesi için, akarsuyun taşkın debileri ve getireceği rüsubat (askıda ve yatak sürüntü madde) miktarının bilinmesi gerekir. Askıda bulunan maddenin durumuna göre bazen, su iletim hattına verilmeden önce büyük boyutta bir çökeltim havuzu yapılması gerekmektedir.

1.2.1.3.2. Su İletim Sistemi (İsale Hattı)

İsale hattı, topoğrafik ve jeolojik koşullar dikkate alınarak, uygun bir güzergâhtan geçirilir. İsale hattı, kanal, kondüvi, durumuna göre tünel, boru hattı veya bunların birleşiminden meydana gelebilirler. Açık kanallar genellikle trapez şeklinde ve beton kaplamalı olmakla birlikte yamaçların dik olduğu yerlerde dikdörtgen kesitli kanallar ekonomik çözüm verir. Kış aylarında, donma tehlikesi gösteren su iletim sistemi kapalı olarak düzenlenmelidir.

İsale hattının eğimi ekonomik analiz neticesinde belirlenir (yüksek hız inşaat maliyetini düşürür ve düşü kaybını artırır). Kanallarda (beton kaplamalı) ekonomik hız yaklaşık 1,3-1,6 m/s arasında olup kanal eğimi $2,5 \cdot 10^{-4}$ ve $6 \cdot 10^{-4}$ arasındadır. Buna ilaveten kanalda rüsubat ve silt çökmesine engel olmak için hızını 0,60 m/s'nin altına düşmemesi ve maksimum hızını ise 2,5 m/s'nin üzerine çıkmaması gerekmektedir. Kanallarda debiye bağlı olarak bir esneklik ve hava payının durumu kontrol edilmelidir.

1.2.1.3.3. Yükleme Odası

Yükleme Odası, serbest yüzeyli akım altında bulunan su iletim sistemi ile cebri borular arasındaki bağlantıyı sağlar (su iletim sistemi basınçlı çalışacak ise, bu takdirde yükleme odası yerine denge bacası yapılır).

Yükleme Odası, su iletim sisteminden gelen suyun cebri borulara dağılımını sağlar ve santral rejimindeki değişimleri düzenler. Türbinlerin ani olarak durması halinde meydana gelen kabarmaları, sahip olduğu hacim ve dolu savak yardımı ile olur. Türbinlerin ani olarak devreye girmesi (ani taleplerin karşılanması) durumunda ihtiyaç duyulan debiyi temin eder ve cebri boruya hava girmesini önleyerek, en kritik durumda bile cebri borunun devamlı altında tutulmasını sağlar. Yükleme odaları, günlük debileri düzenlemek amacıyla daha büyük inşa edilirler. Sahada regülasyon yapabilecek böyle bir depolama yapıldığı takdirde su çevrim aksından çevirme kapasitesini artıracak ve çevirme yapısından atılacak su miktarı azaltılmış olacaktır.

İsale hattı, topoğrafik ve jeolojik koşullar dikkate alınarak, uygun bir güzergâhtan geçirilir. İsale hattı, kanal, kondüvi, durumuna göre tünel, boru hattı veya bunların birleşiminden meydana gelebilirler. Açık kanallar genellikle trapez şeklinde ve beton kaplamalı olmakla birlikte yamaçların dik olduğu yerlerde dikdörtgen kesitli kanallar ekonomik çözüm verir. Kış aylarında, donma tehlikesi gösteren su iletim sistemi kapalı olarak düzenlenmelidir.

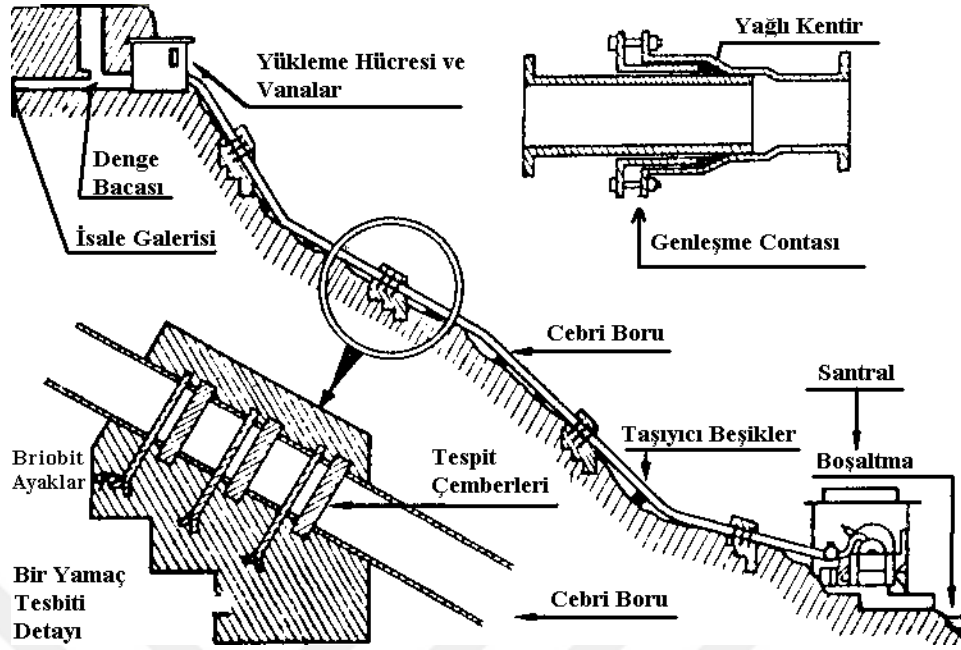
1.2.1.3.4. Cebri Boru

Cebri borular, denge bacasını, yükleme odasını türbin salyangozuna bağlayan ve daima basınç altında çalışan su iletim hatlarıdır.



Şekil 5. Cebri boru hattı.

Cebri borular çeşitli malzemelerden yapılabilirler. Türbinlere su iletimi temin eden bu önemli eleman sebep olacağı yük kaybı dolayısıyla hidrolik bakımdan uygun bir ortam sağlamasının yanı sıra yapısal bakımdan da emniyetli ve güvenilir olması gerekir. Cebri borular, türbinlerin çalışmasına bağlı olarak devamlı basınç değişimine maruzdur. Bu basınç değişimlerini en iyi şekilde karşılayabilecek malzeme ise çeliktir. Günümüzde kaynaklı çelik cebri borular, imalat ve montaj kolaylığı mukavemet ve değişik her konum için güvenle uygulama imkânları dolayısıyla yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.



Şekil 6. Cebri boru kesiti (Anonim, 2009).

Türbin ile santral arasındaki basınçlı borulardır. Genellikle çelikten yapılırlar. Bununla beraber iç basınç fazla değilse veya sızdırmazlık sorun teşkil etmiyorsa, açık cebri borularda ve tünellerde beton malzeme kullanılabilir. Yüksek düşülü hidroelektrik tesislerde maliyetin büyük bir kısmını cebri borular oluşturur. Bundan dolayı ilk etütler ve kesin proje hesapları çok iyi yapılmalıdır. Cebri boru güzergâhı kesinlikle heyelan bölgesinden, yamaç molozu, kil veya benzeri zayıf zeminlerden geçirilmemelidir.

Yüzeyde sağlam zemin bulunmuyorsa shaft ve tünel sistemi seçilmelidir. Cebri borularda fazla kurp yapılmadan en az kazı yapılacak şekilde güzergâh seçilmelidir. Kurp noktaları kaya veya çok sağlam zeminin oluşturduğu yerlerde seçilmelidir (Bacanlı, 2006).

1.2.1.3.5. Su Alma Yapıları

Hidroelektrik tesiste, enerji üretmek için kullanılacak suyun kaynağından alınarak iletim kanalı, kuvvet tüneli veya cebri boruya geçişini sağlayan yapıya su alma yapısı denir. Su alma yapıları, su alınacak **** nehir, dere, sulama kanalı veya rezervuar (baraj) olacağına göre değişik özellikler gösterir. Bununla beraber su alma yapılarının fonksiyonları bakımından ortak özellikleri vardır. Bu özellikler şunlardır.

- Bir su alma yapısı, bağlandığı iletim yapısına (iletim kanalı, kuvvet tüneli veya cebri boru) gerekli suyu kontrollü olarak verebilmelidir.
- İstenilen suyu sedimentten (silt, kum, çakıl) ve yüzer haldeki türbine kadar girebilecek zararlı maddelerden (tomruk, kütük, buz) arıtarak verebilmelidir.
- En az düşü kaybıyla çalışacak şekilde ve ekonomik olarak projelendirilmiş olmalı ve belirtilen ömrü süresince işlevlerini yerine getirebilmelidir.



Şekil 7. Türbin-jeneratör grupları.

1.2.1.4. Barajlı (Depolamalı) Hidroelektrik Santraller

Depolamalı hidroelektrik santraller, baraj yardımı ile akarsu üzerinde kurulan hazneler mevsimlik, yıllık veya çok yıllık'dır. İhtiyaca göre ayarlanan elektrik enerjisi, ihtiyacı kolayca karşılanı pik santrallerdir. İkincil enerji üretile bilen yedek türbinler yardımı ile yağışlı zamanlarda, enerjinin ihtiyacına göre kurak mevsimlerde haznenin büyüklüğüne göre değerlendirilir.



Şekil 8. Barajlı (depolamalı-biriktirmeli) hidroelektrik santraller.

Baraj tipi hidroelektrik santraller, turizm faaliyetleri yanında taşımacılık, balıkçılık, içme ve sulama suyu olarak kullanılır. Böyle santraller pik santraller olduklarından depolama amaçlı kullanılan enerji ihtiyacı ve enerji kaynaklarının yönetilmesinde taleplerin değerlendirilmesinde kullanılır.

Baraj tipi santrallerde nehirler üzerinde kurulu, nehir tipi santrallerdeki bağlama yerine; baraj adı verilen kaya, beton ve toprak dolgudan meydana gelen yüksek bir yapı ile suyun önü engellenmektedir (Çolak vd., 2008). Baraj tipi hidrolik santrallerin en önemli özelliği, yapımı sırasında eğim koşulları ile birlikte, yapay set gölleri oluşturmaya yönelik uygun bölgelerin varlığına ihtiyaç duyulmaktadır. Dar tabanlı vadiler, iki dağ arasında kalmış boğazlar ve küçük depresyonlar baraj gölü oluşturmaya en elverişli rölyef birimleri içinde bulunmaktadır. Bu bağlamda ülkemizde ova ve plato yüzeyleri ile kıyı şeritleri dışında kalan sahalarda büyük bir potansiyel mevcuttur. Fırat, Dicle ve Çoruh Havzaları baraj gölü oluşturma konusunda yeterli özelliğe sahip akarsuların başında gelmektedir. Ancak Türkiye’de baraj gölü inşasına uygun arazilerin önemli bir bölümü, beşeri hayatın nispeten yoğunlaştığı alanlardır. Bunun yanı sıra heyelan, deprem ve toprak erozyonu gibi doğal çevre sorunları hem baraj yapımını, hem de mevcut barajlardan maksimum düzeyde yararlanmayı güçleştirmektedir (Çolak vd., 2008). Buna rağmen barajlar erozyon konusunda da doğaya destek olan yapılar olarak dikkat çekmektedir. Karadeniz dağları gibi eğimli yüksek alanlarda baraj santralinin göl hacmi çok daha küçüktür.

Barajlı santrallerin çevreye etkisi nehir santrallerine göre oldukça fazladır. Önemli büyüklükte bir alan su altında kalmakta, tarım yapılan kıymetli ekim toprakları yok olmaktadır. Dağ nehirlerinden ziyade ovada inşa edilmiş barajlar için önemlidir. Balıkların hayatı da nehir santrallerine göre zarara uğramaktadır. Baraj yüksekliği çok olduğundan balık merdivenleri etkili olamamaktadır. Nehirde doğal balık hareketi zarar görmektedir. Barajda göl balıkçılığı yetiştiriciliği yapılarak zarar telafi edilmektedir. Suyun altında kalan bitki örtüsünün çürümesi sonucunda az da olsa meydana gelen civa zehirlenmeye neden olmaktadır. Barajda bulunan balıklarda zamanla civa yoğunlaşmasıyla bu balıkların yenmesi sonucunda insan sağlığına olumsuz etki yapmaktadır. Tarım amacıyla kullanılan santral suyu yerel halkın sağlığında etkilemektedir. Gölde yetişen değil, barajdan bırakılan suyla beslenen balıklarda civa zehirlenmesine maruz kalmaktadır. Baraj tipi hidroelektrik santrallerin olumsuz yönleri fazladır. Kuruluş maliyetleri fazladır, yapım zamanları uzundur ve kuruldukları alanlarda tarım mezarlarına olumsuz etki etmektedir. Zamanla suyun altında kalan topraklar bataklığa dönüşmekle beraber metan gazı oluşumu artmaktadır (Çolak vd., 2008). Gölde açığa çıkan metan gazı sera gazı etkisine neden olmaktadır. Bu nedenle büyük çaplı barajlar küresel ısınmaya neden olmalarıyla ilgili temiz enerji sınıfına dâhil edilmemektedir

1.2.1.5. Pompajlı Rezervuarlı Santraller

Hidroelektrik santrallerin bu çeşidinde pompajlı depolamalı santraller olup, amaçları enerji talebinin düşük olduğu saatlerde şebekeden aldıkları enerji ile suyu pompalayarak bir Üst Rezervuarda depolamak ve enerji ihtiyacının fazla olduğu saatlerde biriktirilmiş Üst Rezervuardan Alt Rezervuara akıtırken türbinden geçirerek hidroelektrik enerji elde etmektedir (Şekil 8). Gerçekte pompajlı depolamalı santraller ülkenin toplam enerji üretimini artırmazlar, sadece kullanılmayan, ziyan olan enerjiyi enerjinin en kıymetli, en pahalı olduğu zamana taşıyarak arz talep dengesini sağlamaya hizmet ederler. Bu tip santraller gelişmiş sanayi ülkelerinde 50-60 yıldır yapılmaktadırlar. Ülkemizde de yakın gelecekte gündeme gelmeler beklenmektedir.

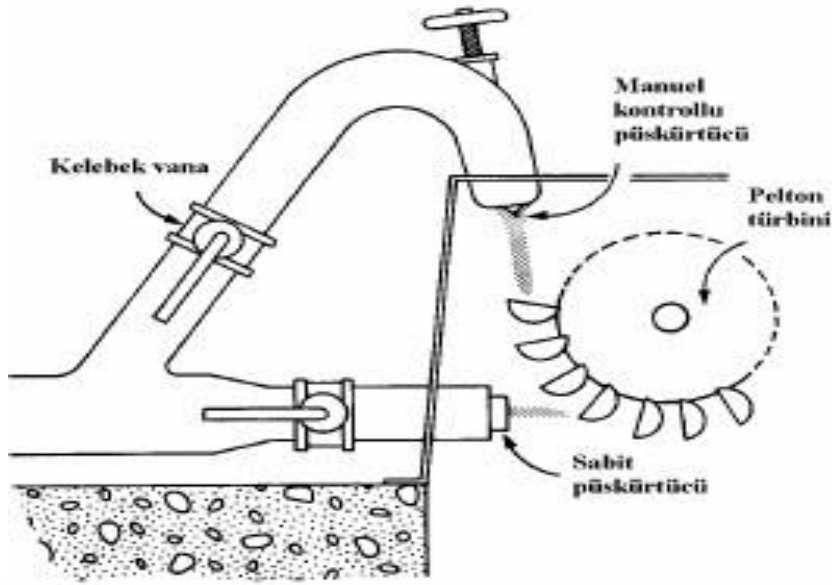


Şekil 9. Pompajlı rezervuarlı santral şekilleri.

1.2.2. Hidroelektrik Santrallerde Kullanılan Türbin Çeşitleri

1.2.2.1. Pelton Türbini

Yüksek düşülü santrallerde (300 m'den yukarı) pelton tipi türbinler kullanılır. Pelton türbinleri yüksek basınçlı suyu atmosfer basıncına püskürterek potansiyel enerjiyi kinetik enerjiye çevirir. Elde edilen yüksek hızlı su jetinin kinetik enerjisi bir çark vasıtasıyla türbin miline iletilir. Çark kepçelerinin verim üzerinde tesiri büyüktür. Pelton türbinlerinde su rotorun belirli bir kısmına çarpar (Öziş vd., 2008). Şekil 10'da Pelton türbini şeması gösterilmiştir.



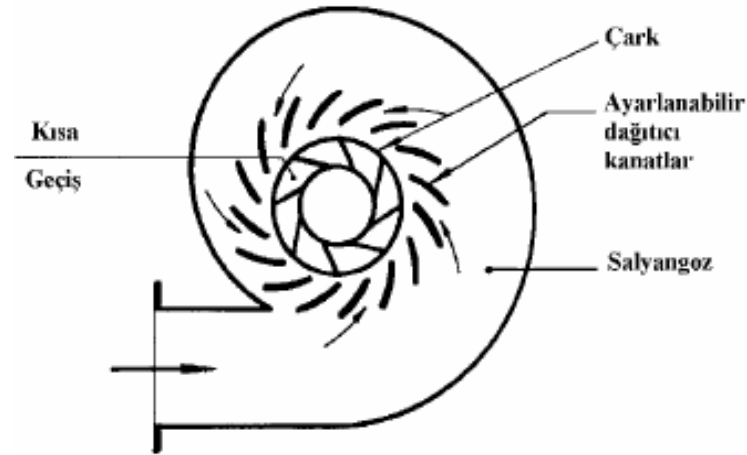
Şekil 10. Pelton türbini şeması (Anonim, 2009).

1.2.2.2. Francis Türbini

Orta düşülerde (50-300 m'ye kadar) Francis türbinleri kullanılır. Bu türbinlerde rotor, dağıtıcı bir tertibatla çevrenmiştir. Helezon şeklindeki kanaldan geçen su dağıtıcıya gelir. Dağıtıcı üzerine kanatlar yerleştirilmiştir. Bu dağıtıcıda, potansiyel enerjinin bir kısmı kinetik enerjiye çevrilir. Buradan çıkan su rotorun kanatlarına çarpar. Francis türbinlerinde bütün çevre su çarpımına maruz kalır (Öziş vd., 2008). Şekil 11-12'de Francis türbini şeması gösterilmiştir.



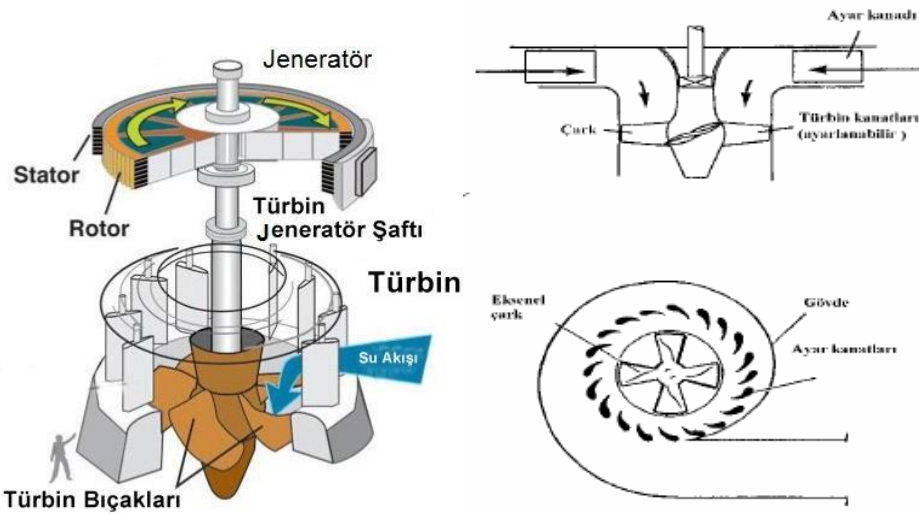
Şekil 11. Francis türbin şeması.



Şekil 12. Francis türbini şeması (Anonim, 2009).

1.2.2.3. Kaplan Türbini

Alçak düşülerde (40-50 m'ye kadar) kaplan türbinleri kullanılır. Bu türbinlerde dağıtıcı tertibat Francis türbinlerindeki gibidir. Ondan farklı olarak, rotorları av kanatlı bir uskurdan oluşur. Dağıtıcı çark kanatları aynı zamanda döndürülebildiği için çift ayarlama mevcuttur (Öziş vd., 2008). Şekil 13'de Kaplan türbini şeması gösterilmiştir.



Şekil 13. Kaplan türbini şeması (Anonim, 2009).

1.3. Hidroelektrik Enerjinin Avantajları ve Dezavantajları

1.3. 1. Avantajları

Hidroelektrik enerji ile ilgili birçok Avantaj vardır biz burada kayda değer olanlarını değerlendirdik.

1. Taşkından ve erozyondan koruma.
2. Çevreye dost, temiz ve yenilenebilirdir.
3. Balıkçılığı destekler.
4. Diğer enerji kaynaklarına göre çok daha az yabancı kaynağa ihtiyaç duyulur.
5. Kullanılan bir yakıt olmadığından çevreye sera gazı kirliliğine neden olmaz.
6. Çok kısa sürede devreye alınıp devreden çıkarılabildiklerinden pik saatler denilen 18-22 saatleri arası büyük öneme sahiptir. Ani bir talep durumunda birkaç saniyede devreye sokulur.
7. Yüksek (% 80) verimlidir (Akpınar vd., 2008).

1.3. 2. Dezavantajları

Hidroelektrik enerji ile ilgili birçok Dezavantaj vardır biz burada kayda değer olanlarını değerlendirdik.

1. Biriktirmesiz santrallerde kurak yıllarda çok az elektrik üretilmesi ve su rejimine bağlı olarak değişken olmasıdır.
2. Biriktirmeli santrallerin ilk yatırım maliyeti çok fazladır.
3. Biriktirmeli santraller suyun kalitesini bozabilir.
4. Biriktirmeli santrallerde baraj yüzeyi nehre göre daha geniş alan kapladığından buharlaşma artar ve havadaki nem oranı fazlalaşır. Bu yüzden bölgenin iklimini etkiler ve ekolojik dengenin bozulmasına neden olur.
5. Biriktirmeli santrallerinde kurulan barajlar çok büyük alanların sular altında kalmasına sebep olduğundan toprak kaybı da olasıdır.
6. Yapım aşamasında kamulaştırmaya bağlı olarak büyük nüfus göçü ile karşı karşıya kalınılabılır.
7. Nehir çevresindeki bitki gelişimini olumsuz etkiler (Akpınar vd., 2008).

1.4. Hidroelektrik Enerji Potansiyeli

1.4.1. Türkiye'nin Su Kaynakları

Türkiye’de yıllık ortalama 643 mm³ olup, yılda ortalama 501 milyar m³ suya tekabül etmektedir. Bu suyun 274 milyar m³ kısmı, toprak ve su yüzeyleri ile bitkilerden olan buharlaşmalar yoluyla atmosfere geri dönmekte, 69 milyar m³’lük kısmı yeraltı suyunu beslemekte, 158 milyar m³’lük kısmı ise akışa geçerek çeşitli büyüklükteki akarsular vasıtasıyla denizlere ve kapalı havzalardaki göllere boşaltılmaktadır. Yeraltı suyunu besleyen 69 milyar m³’lük suyun 28 milyar m³’ü pınarlar vasıtasıyla yerüstü suyuna tekrar katılmaktadır. Ayrıca komşu ülkelerden ülkemize gelen yılda ortalama 7 milyar m³ su, bulunmaktadır. Böylece ülkemizde brüt yerüstü suyu potansiyeli 193 milyar m³ olmaktadır.

Tablo 2. Ülkemizin su kaynakları potansiyeli (DSİ, 2015).

Özellikler	Değerler
Yıllık Ortalama Yağış	643 mm ³ /yıl
Türkiye’nin Yüzölçümü	783,577 km ²
Yıllık Yağış Miktarı	501 milyar m ³
Buharlaşma	274 milyar m ³
Yer Altına Sızma	41 milyar m ³
Yıllık Yüzey Akışı	186 milyar m ³
Kullanılabilir Yüzey Suyu	98 milyar m ³
Yıllık Çekilebilir Su Miktarı	14 milyar m ³
Toplam Kullanılabilir Su Miktarı	112 milyar m ³
DSİ Sulamalarında Kullanılan	32 milyar m ³
İçme Suyunda Kullanılan	5 milyar m ³
Sanayide Kullanılan	5 milyar m ³
Toplam Kullanılan Su Miktarı	44 milyar m ³

Yeraltı suyunu besleyen 41 milyar m³’de dikkate alındığında, ülkemizin toplam yenilebilir su potansiyeli brüt 234 milyar m³ olarak hesaplanmıştır. Ancak günümüz teknik ve ekonomik şartları çerçevesinde, çeşitli maksatlara yönelik olarak tüketilebilecek

yerüstü suyu potansiyeli yurt içindeki akarsulardan 95 milyar m³, komşu ülkelerden yurdumuza gelen akarsulardan 3 milyar m³ olmak üzere, yılda ortalama toplam 98 milyar m³'tür. 14 milyar m³ olarak belirlenen yeraltı suyu potansiyeli ile birlikte ülkemizin tüketilebilir yerüstü ve yeraltı su potansiyeli yılda ortalama toplam 112 milyar m³ olup, 44 milyar m³'ü kullanılmaktadır.

Su zengini olmayan ülkemizde kişi başına düşen yenilebilir su potansiyeli, 2000 yılı nüfusu göz önüne alındığında yaklaşık 3.500 m³'dür. Dünya ortalamsı olan 7.600 m³'ün yaklaşık yarısına karşılık gelen bu değer nedeniyle, ülkemiz su yoksulu olmamakla birlikte, su sıkıntısı bulunan ülkeler arasında bulunmaktadır. Kişi başına düşen teknik ve ekonomik olarak kullanılabilir yıllık su miktarı 1.300 – 1.500 m³ arasında olup, ülkemiz su azlığı yaşayan ülke konumundadır.

Türkiye drenaj sahaları bakımından 26 havzaya ayrılmıştır. Bu havzaların ortalama akım değeri, elektrik üretimi (teknik ve ekonomik) ve tarım (tarım alanı ve sulanabilir alan) açısından değerlendirildiğinde ortaya Tablo 3'teki değerler çıkmaktadır. Tabloda Türkiye'deki havzaların elektrik üretimi, ortalama akım olarak toplamı yer almaktadır.

Tablo 3. Bazı havzalardaki su enerji ve sulama potansiyeli.

Havza Adı	Ort. Akım Milyar (M ³ /Yıl)	Elektrik Üretimi		Tarım	
		Teknik Potansiyel (GWh/yıl)	Ekonomik Potansiyel (GWh/yıl)	Tarım Alanı (Ha)	Sulanabilir Alan (Ha)
Fırat	31.61	84,112	37,961	4,293,793	4,111,316
Dicle	21.33	48,706	16,751	1,148,238	1,137,628
D.Karadeniz	14.90	48,478	11,062	712,575	350,717
D.Akdeniz	41101	27,445	5,029	438,281	327,79
Antalya	41071	23,079	5,163	451,224	448,11
B.Karadeniz	34213	17,914	2,176	855,008	640,557
Seyhan	40916	20,875	7,571	764,673	714,014
Ceyhan	43282	22,163	4,652	779,792	713,67
Yeşilirmak	29342	18,685	5,297	1,617,206	1,401,213
Aras	23102	13,114	2,287	642,017	641,137
B.Menderes	40971	6,263	831	1,044,296	907,383
Asi	42736	4,897	102	376,24	331,719
Gediz	34700	3,916	243	667,207	623,403
Türkiye Toplamı	186.06	432,976	126,109	9808,559	9447,702

1.4. 2. Türkiye'nin Hidroelektrik Enerji Potansiyeli

Hidroelektrik potansiyelin belirlenmesinde "brüt potansiyel", "teknik potansiyel" ve "ekonomik potansiyel" kavramları önem taşımaktadır. Bir akarsu havzasının hidroelektrik enerji üretiminin teorik üst sınırını gösteren brüt su kuvveti potansiyeli; mevcut düşü ve ortalama debinin oluşturduğu potansiyeli ifade etmektedir. Topografya ve hidrolojinin bir fonksiyonu olan brüt hidroelektrik enerji potansiyeli, ülkemiz için 433 milyar kWh mertebesindedir (Alpaslan, 2003).

Teknik yönden değerlendirilebilir su kuvveti potansiyeli; bir akarsu havzasının hidroelektrik enerji üretiminin teknolojik üst sınırını göstermektedir. Uygulanan teknolojiye bağlı olarak düşü, akım ve dönüşümde oluşabilecek kaçınılmaz kayıplar hariç tutulmaktadır. Bölgede planlanan hidroelektrik projelerin teknik açıdan uygulanabilmesi mümkün olan tümünün gerçekleştirilmesi ile elde edilecek hidroelektrik enerji üretiminin sınırlarını temsil etmektedir. Bu niteliğiyle teknik yönden değerlendirilebilir hidroelektrik potansiyel, brüt potansiyelin bir fonksiyonu olmakta ve çoğunlukla onun yüzdesi olarak ifade edilmektedir. Ülkemizin teknik yönden değerlendirilebilir hidroelektrik enerji potansiyeli 216 milyar kWh civarındadır.



Şekil 14. Türkiye'nin hidroelektrik enerji potansiyeli.

Ekonomik olarak yararlanılabilir hidroelektrik potansiyel, bir akarsu havzasının hidroelektrik enerji üretiminin ekonomik optimizasyonunun sınır değerini gösteren, gerek teknik açıdan geliştirilebilmesi mümkün, gerekse ekonomik yönden tutarlı olan tüm hidroelektrik projelerin toplam üretimi olarak tanımlanabilir. Bir başka deyişle ekonomik

olarak yararlanılabilir hidroelektrik potansiyel, beklenen faydaları (gelirleri), masraflarından (giderlerinden) fazla olan su kuvveti projelerinin hidroelektrik enerji üretimini göstermektedir (Alpaslan, 2006).

Bir ülkede, ülke sınırlarına veya denizlere kadar bütün tabi akışların %100 verimle değerlendirilebilmesi varsayımıyla dayanılarak hesaplanan hidroelektrik potansiyel, o ülkenin brüt teorik hidroelektrik potansiyelidir. Ancak mevcut teknoloji ile bu potansiyelin tamamının kullanılması mümkün olmadığından mevcut teknoloji ile değerlendirilebilecek azami potansiyele teknik yapılabilir hidroelektrik potansiyel denir. Öte yandan teknik yapılabilirliği olan her tesis ekonomik yapılabilirliği tesis demek değildir. Teknik potansiyelin, mevcut ve beklenen yerel ekonomik şartlar içinde geliştirilebilecek bölümü ekonomik yapılabilir hidroelektrik potansiyel olarak adlandırılmakla beraber gelişen teknoloji ve artan enerji fiyatları teknik ve ekonomik potansiyelimizin teknik potansiyele yaklaşımını sağlamıştır. Türkiye'nin teknik hidroelektrik potansiyeli dünya teknik potansiyelinin %1,5'ine, Avrupa teknik potansiyelinin ise %17,6'sına tekabül etmektedir.

Çizelge 2,6'da Türkiye'nin hidroelektrik enerji potansiyeli brüt, teknik ve ekonomik yapılabilirlik olarak sınıflandırılıp verilmiştir. Türkiye'de teorik hidroelektrik potansiyel 433 milyar kWh, teknik olarak değerlendirilebilir potansiyel ise 216 milyar kWh olarak hesaplanmıştır. Buna göre Türkiye'de ekonomik yapılabilir HES potansiyel, teknik yapılabilir HES potansiyelinin %59'u dolayındadır.

Tablo 4. Türkiye'nin hidroelektrik enerji potansiyeli.

Potansiyel	Değer	Kapasite
Brüt, teorik hidroelektrik enerji potansiyeli	433	TWh/yıl
Teknik yapılabilir hidroelektrik potansiyeli	216	TWh/yıl
Ekonomik yapılabilir enerji potansiyeli	170	TWh/yıl

Teknolojik gelişmeler ve yeni yapılan ölçümlerle oluşturulan projelerle teorik ve ekonomik yönden değerlendirilebilir kapasitenin 150 milyar kWh/yıl'a kadar çıkabileceği, 2023 yılında 180 milyar kWh/yıl olacağı DSI'nin raporlarında yer

almaktadır. Ancak DSİ son raporlarında, hidrolik enerjide gerçekleşme miktarını 2023 yılı için 140 milyar kWh/yıl olarak yenilemiştir.

DSİ Genel Müdürlüğü tarafından 4628 sayılı Kanun kapsamında başvuruya açılmış olan 1639 projeden 1527'sine geliştirilmek üzere özel sektör tarafından başvuru yapılmıştır. Söz konusu projelerden kurulu güçleri toplamı 3668 MW olan 165 adet proje özel sektör tarafından inşa edilerek çeşitli tarihlerde işletmeye alınmıştır. 23 proje ise 4628 sayılı Kanun'dan önce hak kazanılmış inşaatına başlamış ve yeni Kanun sonrasında tamamlanarak serbest üretici veya otoprodüktör üreticisi kapsamında lisanslandırılmıştır.

Tablo 5. Haziran 2016 itibarıyla mevcut hidroelektrik santrallerin durumu.

Statüsü	Adet	K.Güç (MW)
DSİ ve diğer kuruluşlar tarafından işletilmek üzere EÜAŞ'a devredilen HES projeleri	106	11.679
Yap İşlet Devret (YİD) Kapsamındaki HES projeleri	18	970
Özel Sektöre İşletme Hakkı Kapsamında olan Projeler	10	682
2003'de lisans alarak işletmeye alınmış projeler	23	260
4628 Kapsamında Özel Sektör Tarafından Geliştirilerek İşletmeye Alınmış Projelere	165	3.668
TOPLAM	322	17.259

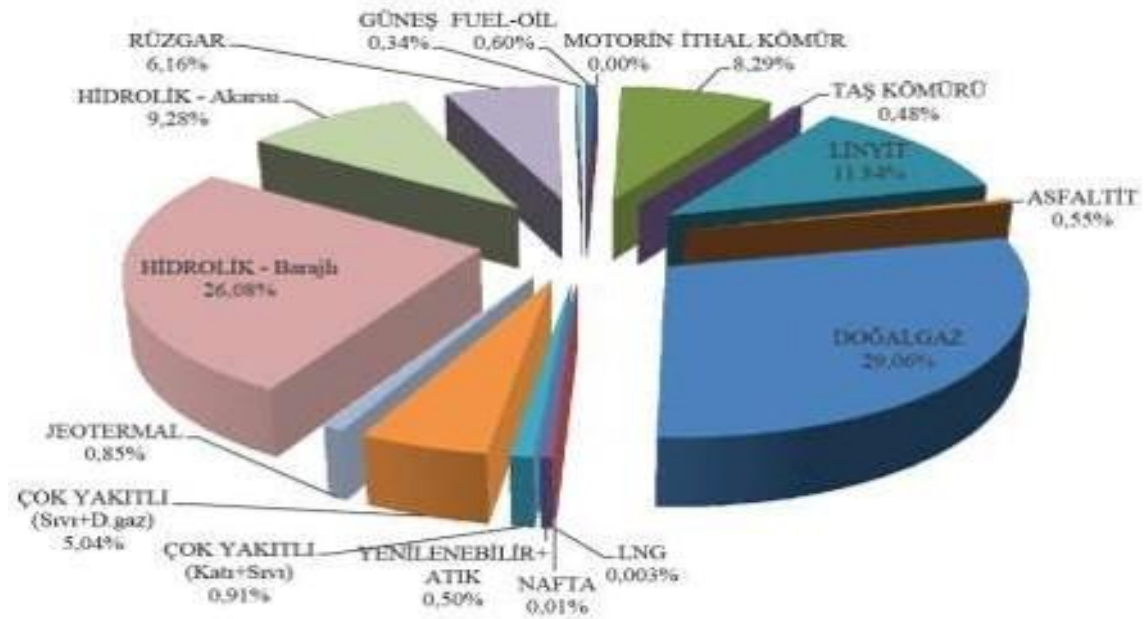
DSİ tarafından alınan verilerde Ağustos 2016 itibarıyla Türkiye'deki hidroelektrik santrallerin genel bir değerlendirilmesi yapıp santral durumları işletmede, inşaat halinde ve inşa edilecek şeklinde üç grupta incelenmiştir. Yayınlanan rapordaki santral durumları Şekil 15'te gösterilmiştir. Buna göre 23.489 MW işletmede ve 6.256 MW da inşaat halindedir. 13.227 MW ise inşa edilecek santral gücünü belirtmektedir.



Şekil 15. Hidroelektrik santrallerin kurulum durumu.

Türkiye’de işletmede olan 385 adet hidroelektrik santralin toplam kurulu gücü 23.489 MW ve ortalama yıllık üretimi ise 82.320 GWh/yıl’dır.

Kaynaklar açısından bakıldığında 2015 yılı itibariyle, toplam elektrik üretiminin %48,1’i doğalgazdan, %29,2’si kömürden, %16,1’i hidrolik kaynaklardan, %3,3’ü rüzgârdan, %1,9’u sıvı yakıt ve ve asfaltitten, %1,4’ü atık ve jeotermal’den karşılanmıştır. 2014 yılı itibariyle kıyaslandığında doğalgaz, kömür, rüzgâr, sıvı yakıtlar ve diğer yenilebilir kaynaklardan yararlanma oranı artarken sadece yağışların azlığına bağlı olarak hidrolik oranında düşme görülmüştür (EÜAŞ, 2016).



Şekil 16. Türkiye’de 2015 yılı sonu itibariyle kurulu gücün kaynaklara göre dağılımı (ETKB, 2016).

TC Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı 2015-2019 Stratejik Planına göre, enerji tarafından arz güvenliği; enerji verimliliği ve tasarrufu, doğal kaynaklardan ise verimli ve etkin hammadde kullanımı, hammadde tedarik güvenliği, konuları ön plana çıkmaktadır. Enerji ve doğal kaynakların ekonomiye kazandırılması ve tüketilmesi sürecinde vazgeçilmez bir yaklaşım olarak görülen sürdürülebilirlik ayrı bir tema olarak değil, tüm temaları kapsayan bir çatı olacak şekilde düzenlenmiştir. Stratejik planımızın tüm amaç hedef ve stratejilerinin çevresel, ekonomik ve sosyal sürdürülebilirlik ilkleri ön planda tutularak uygulanması esas alınmıştır (ETKB, 2016). Mevsimlere ve yıllara göre değişen yağış miktarları ve enerji üretiminin önemi dikkate alındığında, Türkiye'nin akarsular üzerinde kullanım suyu ve enerji temini konusunda HES'lerin inşası kaçınılmaz görülmektedir (Anonim, 2008).



Çeşitli enerji kaynakları içerisinde hidroelektrik enerji santralleri çevre dostu olmaları ve düşük potansiyel risk taşımaları nedeniyle tercih edilmektedir. Bu tür santraller ani talep değişimlerine cevap verebilmektedir. Bu nedenle Türkiye’de de pik santral (ani talebi karşılayan) olarak kullanılmaktadır. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ) tarafından hidroelektrik santraller; çevreyle uyumlu, temiz, yenilebilir, ani talepleri

karşılayabilen, yüksek verimli (%90'ın üzerinde), yakıt gideri olmayan, enerji fiyatlarında sigorta rolü üstlenen, uzun ömürlü (200 yıl), yatırım geri ödeme süresi kısa (5-10 yıl), işletme gideri çok düşük (yaklaşık 0,2 cent/kWh), dışa bağımlı olmayanyerli bir kaynak olarak tanımlanmaktadır (DSİ, 2011).

Günümüz Türkiye’de 172 adet hidroelektrik santral işletmede bulunmaktadır. Bu santraller 13.700 MW bir kurulu güce ve ekonomik potansiyelin %35’ine karşılık gelen 48.000 GWh yıllık ortalama üretim kapasitesine sahiptir. 86.00 MW bir kurulu güç ve toplam potansiyeli %14 olan 20.000 GWh yıllık üretim kapasitesine sahip 148 HES inşa halinde bulunmaktadır.

Geriye kalan 72.540 GWh/yıl’lık potansiyel kullanabilmek için ileride Türkiye’de 1,418 HES yapılacak ve ilave 22.700 MW Kurulu güçle hidroelektrik santrallerin toplam sayısı 1.738’e çıkacaktır. Gelecekte yapılacak HES ile Türkiye’nin toplam ekonomik kurulu gücü olan 45.000 MW, 1,738 HES ile ülkenin nehirlerindeki tüm ekonomik hidroelektrik enerji potansiyelden faydalanılması söz konusudur (DSİ, 2011).

HES’lerin Orta ve Doğu Karadeniz Bölgeleri’nde yoğunlaştığını hidroelektrik santralleri haritasında görülmektedir. Yoğunlaşmanın nedenleri arasında; en uygun olduğu iklimsel ve her mevsim yağış olduğu göz önüne alınarak bakıldığında coğrafik sebeplerin HES projeleri açısından uygun olduğu görülmektedir.

Tablo 6. 2016 yıl sonu HES potansiyel durumu (DSİ, 2016).

Potansiyel	HES (Adet)	Toplam Kurulu Güç (MW)	Ortalama Yıllık Üretim (Gwh/Yıl)	Oranı (%)
İşletmede	596	26.819	93.653	59
İnşaat Halinde	83	5.424	16.508	10
İnşaatına Henüz Başlanmayan	639	15.330	48.383	31
Toplam	1,318	47.573	158.544	100

Son yıllarda HES’ler açısından gözlenen artış, çevre üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesinin haklılığını ortaya çıkarmaktadır. 2016 yılı sonu itibarıyla HES’lerin

Kurulu gücü 26.819 MW'a ulaşmıştır. Bu mutlak artışın özellikle günümüze doğru yükselen bir grafik göstermesi ekonomide dışa bağımlılığı azaltmanın bir gerekçesi olarak sunulmaktadır. Ancak bu gerekçe kadar önemli olan HES projelerinin çevre üzerindeki etkisi unutulmaktadır. Bu yüzden Türkiye'de son 13 yıldaki mevcut hidroelektrik enerji kurulu gücünde büyük artışlar meydana geldiği ve çevre üzerinde baskıyı artırmaktadır.

1.5. HES'lerle İlgili İşlemler

1.5. 1. HES'lerle Yetkili Kurum Kuruluşlar

İlgili mevzuat incelendiğinde; denetime ilişkin olarak, çevre yönetim birimi ve çevre görevlisi tanımlamaları ile karşılaşılmaktadır. Mevzuat uyarınca; denetime tabi tesislerin faaliyetlerinin mevzuata uygunluğunu, alınan tedbirlerin etkili olarak uygulanıp uygulanmadığını değerlendiren, tesis içi yıllık denetim programları düzenleyen birim ya da görevli olarak tanımlanmaktadır. Bununla birlikte Çevre Kanunu 12. Maddede, denetime ilişkin hükümlere yer vermektedir. Hükümlere uyulup uyulmayacağının Çevre ve Şehircilik Bakanlığı yetkili kılınmıştır. Gerektiğinde bu yetki, Bakanlıkça; il özel idarelerine, çevre denetim birimleri kuran belediye başkanlıklarına devredilebilmektedir. Çevre kirliliğine neden olabilecek faaliyetler ile ilgili olarak, kullandıkları hammadde, yakıt, çıkardıkları ürün ve atıklar ile üretim; şemalarını, acil durum planlarını, izleme sistemleri ve kritik raporları ile diğer bilgi ve belgeleri talep edilmesi halinde Bakanlığa veya yetkili denetim birimine verilmesi gerekmektedir. İlgililer denetim birimlerinin talep ettikleri bilgi ve belgeleri vermekle, yetkililerin yaptıracakları analiz giderlerini karşılamakla, denetim esnasında her türlü kolaylığı sağlamakla yükümlüdürler.



Şekil 18. HES'lerde denetim yapan kurumlar.

1.5.2. HES’lerde Uygulanan Kanun ve Yönetmenlikler

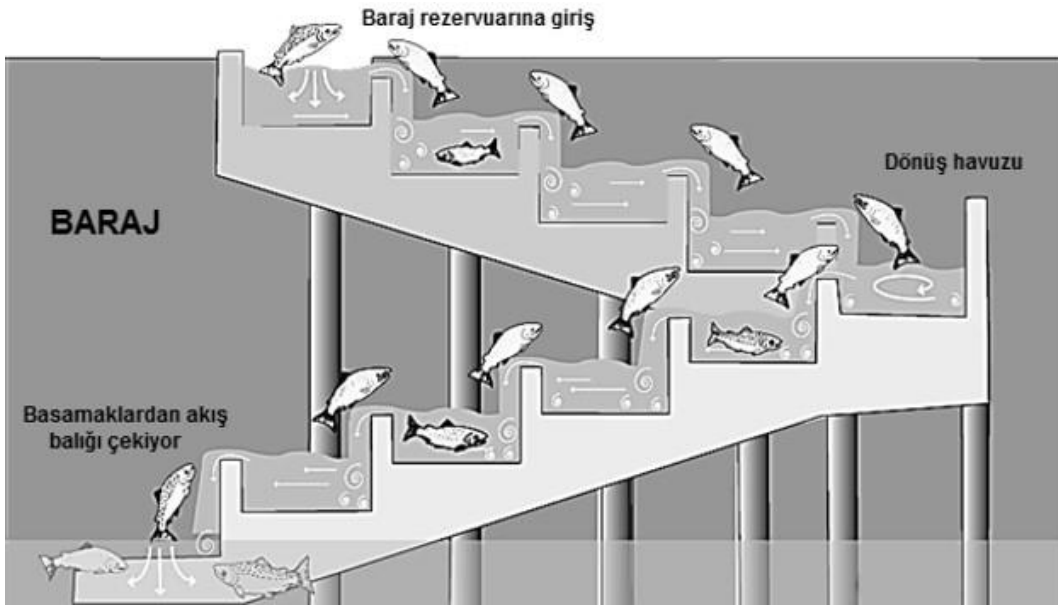
Tablo 7. HES’lerde uygulanan kanun ve yönetmenlik.

İlgili Mevzuat (Uluslararası Sözleşmeler/Kanun/Yönetmenlik)	Madde No	Korunması Gereken Alanlar
Milli Parklar Kanunu	2.Mad.’de tanımlanan 3.Mad.’si uyarınca belirlenen	Milli Parklar Tabiat Parkları Tabiat Anıtları Tabiat Koruma Alanları Yaban Hayatı Koruma Sahaları Yaban Hayatı Geliştirme Sahaları
Kara Avcılığı Kanunu		Yaban Hayvanı Yerleştirme Alanları
Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu	3.Md. 1.fıkrasının ..’Tanımlar’ başlıklı (a) bendinin 1., 2,3,5, alt bendleri	Kültür Varlıkları Tabiat Varlıkları Sit Koruma Alanı
3386 S. Kanunun (2863 S. Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu’nun Bazı Maddelerinin Değiştirilmesi Kanun)		17/6/1987 tarihli ve ilgili maddeleri uyarınca tespiti ve tescili yapılan alanlar
Su Ürünleri Kanunu	Md. 9, 20, 22	Su Ürünleri İstihsal ve Üretim Sahaları
Su Kirliliği Kontrol Yönetmenliği	17,18,19,20. Md.	İlgili md.’lerde tanımlanan alanlar
Çevre Kanunu	9. Md.	
Orman Kanunu	17. Md. İlgili Yönetmenlikler	6831 Sy. Kanun
Mera Kanunu		4342 Sy. Kanun
İmar Kanunu		3154 Sy. Kanun
Çevre Kanunu		2873 Sy. Kanun
DSİ Teşkilat ve Görevleri		6200 Sy. Kanun

1.5.3. 1380 Sayılı Su Ürünleri Kanununa Göre

1380 Sayılı Su Ürünleri Kanunu 22. Maddesinde ‘Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı’nın müsaadesi alınmadan akarsularda su ürünlerinin geçmesine veya

yetişmesine engel olacak şekilde ağlar kurulması, bent, çit ve benzeri engellerin yapılması yasaktır. Akarsular üzerinde kurmuş ve kurulacak olan baraj ve regülatör gibi tesislerde su ürünlerinin geçmesine mahsus balık geçidi veya asansörlerin yapılması ve bunların devamlı olarak işler durumda bulundurulması mecburidir.’ denilmektedir. Ayrıca 1380 Sayılı Kanunun uygulanmasına ilişkin 10.03.1995 tarihli 22223 Sayılı Resmi Gazetede yayımlanan Su Ürünleri Yönetmenliğinde ‘Baraj gölü, gölet set gibi tesisler yapılırken balık geçitleri, asansörleri ve balık perdeleri yapılması zorunludur’ denilmektedir.



Şekil 19. Balık geçitleri.

1.6. Hidroelektrik Santral ve Çevre

Hidroelektrik santrallerin kalkınmaya ve gelişmelere olan katkılarının olumlu etkileriyle beraber; nehirlerdeki biyolojik çeşitlilik, ekosistemler ve birincil derecede besin zinciri ve hizmet destekli oluşumlar üzerinde negatif yıpranmalar oluşturduğu artık bir realite olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu olumsuz durumlar bölgesel olarak durmayıp bütün akarsu boyunca etkisini artırmaktadır.

Daniel (1981), çalışmalarında 2025 yılında dünyadaki %70'ine erişim sağlanacağı düşünülmektedir. Bu çalışma düzenlenirken dünya üzerinde erişilebilir su %54 oranındadır. Tahmin edilen %70 oranına talep artılı enerjide yaşam standartlarındaki

gelişme, küresel anlamda sıcaklıklardaki değişimler ve artan nüfus sayısı 2025 yılına gelmeden varılabileceği yönünde ortak bir düşünce oluşumu mevcuttur.

Nehirlerdeki akıştan; suyu depolama veya direkt sudan faydalanabilmek için oluşturulan yapılara baraj denmektedir. İlk hidroelektrik santrali 1882 yılında kurulan Appleton WI'den bu yana hızlı bir gelişim göstermiştir. Baraj kapasiteleri ve büyüklüklerine göre sulama, içme suyu kullanımı, elektrik üretimi, taşkın kontrolü ve balık üretimi gibi gelişme göstermiştir.

Hidroelektrik santraller insanlık için çok önemli faydalarının yanında, zayıf bir planlama, tasarım veya işletim hem nehir ekosistemi üzerinde hemde nehirlerden hizmet ve besin sağlayan oluşumlar üzerinde olumsuz etkiler meydana getirmiştir. Barajlar su akışını (hacim ve zamanlama), su kimyasını, nehir kanalının fiziksel yapısını ve taşkın alanların, üst ve alt akıntı ile bağlantının temel bileşenleri nehrin her yerinde değişiklik meydana getirir.

1.6.1. Memba (Upstream) Etkileri

Barajlar ve değiştirilmiş akış rejimleri habitat yaşamlarını üzerindeki etkileri geniş bir ölçekte tanımlanabilir. Memba etkileri doğal nehir habitatı üzerinde barajlardan kaynaklı oluşan etkilerden en önemlilerden bir tanesidir. Büyüklüklerine göre farklılık arz edecek olsalar bile regülatörden veya baraj yapısından önce nehir sisteminden farklı olarak yeni bir göl ya da birikme sistemi meydana getirmektedir. Bu birikme, artık oluşan habitatı nehir habitatından ziyade göl habitatı olarak incelenecek olan yapı baraj yüksekliği, vadi morfolojisi ve depolama karakteristiği gibi havza şekli, oluşan hacim diğer etkenlere bağlı olacaktır.

Bilim insanlarının sıklıkla üzerinde tartıştığı konu olan, baraj yapısından kaynaklı kaybolan nehir ekosisteminin yerine oluşan göl habitatının bu olumsuz durumu giderilmesidir. Yapılan bazı çalışmalar, doğal göl ve sulak alanların özellik olarak nehir birikmelerinden kaynaklı oluşan yapılardan oldukça farklı olmasıdır. Sonradan oluşan su birikintilerinin su seviyesi kullanım şekline ve amacına göre günlük, dönemsel veya yıllık olarak sürekli dalgalanmaktadır. Dalgalanmalar arasında oluşan zaman farkından yeni

ekosistemler oldukça zayıf olup ortam olarak da farklı fiziksel ve kimyasal oluşumlar meydana gelmektedir (Geray, 2008).

Avusturalya'nın güneyinde oluşturulan su birikintirme yapısı üzerinde yapılan araştırmalarda nehir habitatında yoğun kayıplardan kaynaklı tatlı su ıstakozunun neslinin tükenmekte olduğu, nehir sisteminde ve sucul alanda yaşayan birçok canlısının yok olmayla karşı karşıya olduğu bildirilmiştir.

Birikirme oluşturmak için meydana gelen setlerin olumsuz etkisi sera gazı salınımlarına neden olmaktadır. Normal akış dönemlerinde akıntıya hareket etmesi gereken organik madde içeriği yoğun olan toprak ve biyokütle zaman içerisinde birikerek karbondioksit ve metan gazlarının salınımına neden olmaktadır. Bu oluşan salınımların yoğunluğu ve oranı birçok etkene bağlı olarak değişmektedir. Örneğin birikintinin derinlik, organik maddelerin tutulma süresi, sıcaklık gibi etkenlerin yanı sıra maddelerin kimyasal içerikleride dahil edilmelidir (Allan, 1993).

1.6.2. Balıklar Üzerine Etkisi

Su depolamak için akışın veya nehrin önünü kesecek şekilde inşa edilen yapıların nehir sürekliliğinde kesintiye neden olmaktadır. Bu yapılar akışın hem nehir akışı doğrultusunda hemde yatay doğrultuda suyu engellemektedir. Oluşan set etkisinin azaltmak için bazı mühendislik yaklaşımları (balık geçitleri, merdivenler, asansörler) olmasına rağmen neredeyse tamamına yakının havza içerisindeki normal akış düzenindeki hareket özgürlüğünü sağlayamadığı ortaya çıkmıştır. Yapılan çalışmalar incelendiğinde örneğin tropikal bölgelerde inşa edilen barajlarda balık geçişleri için yapıların ya olmadığı; olanların ise bütün balık türleri için uygun olmadığı tespit edilmiştir. Yapılan geçitler daha çok somon balıkları için yapılarak bu türün dışında kalan canlılar dikkate alınmamıştır. Her balık türünün göç ederken hızlarının farklılığı ve türünden kaynaklı fiziksel özellikleri farklı yapıların oluşturulmasını gerekli kılmaktadır (Berkün vd., 2008).

Sucul canlılar farklı zamanlarda farklı gereksinimler için değişik alanlarda bulunabilirler. Özellikle beslenme ve yumurtlama için göç edip uygun ortamlar

arayabilirler. Göç hareketleri nehir akışı boyunca yönelim olarak nehirden diğerine veya nehirden göl ya da denize şeklinde ya da tam tersi yönlerde gerçekleşebilir.

Geçitleri olmayan setlerin varlığı bazı kalıcı bozulmaların oluşmasına sebebiyet vermektedir. Örneğin nüfusun kendi içinde setten kaynaklı tecrit hali oluşması, kendilerini yenilemede bozulmalar, gen akışında kesintiler ve yerel olarak balıkların ve diğer sucul canlıların zamanla tükenmesi gibi sonuçlar ortaya çıkmaktadır.

Nehir üzerinde yapılan barajların en önemli etkilerinden biri de popülasyonda azalmaya sebebiyet vermesidir. Populasyondaki azalma ticari anlamda üretimde olan canlıları içermektedir (somon, mersin balığı). Reyes ve arkadaşlarının Fransa'da Rhone Nehri ve İspanya'da Guadalquivir Nehri üzerinde yaşayan organizmalar, su tortu ve tohum gibi sayısız bileşen halindedir. Hareket özelliği sayesinde uygun yumurtlama ve üreme ortamlarına geçiş, tohum taşınımı sayesinde türlerde çeşitliliği ve çoğalma, organik maddelerin iletimi ile diğer organizmaların beslenmesi ve yapıtaşlarını oluşturmaları gibi birçok kazanım elde edilmektedir (Berkün vd., 2008).

Nehirdeki akış birikmesinin neden olduğu bir diğer olumsuz etki hızın düşmesi ve bitkilerin çoğalmasını ya da tozlaşmasını sağlayan tohum yapılarının batık olması veya rüzgârla kıyıya süpürülmüş olmasıdır. Bu olumsuz etkinin sonucunda tohum taşınımı gerçekleşmez ve türlerin yayılması engellenmiş olur. Üremeyi sağlayan tohumların çok küçük bir kısmı savaklardan, türbinlerden veya geçitlerden geçip sürekliliği sağlayabiliyorlar. Barajlarda bu yapılar ki özellikle geçitler sürekli açılmayıp ihtiyaç durumlarında açılmaktadır.

Dünya üzerindeki nehir yapılarının bu kadar yoğun bir şekilde kullanılmış olması bütün bu sayıları üreme ve taşınım üzerindeki set etkisini küresel bir realite haline getirmiştir.

1.6.3. Mansap (Downstream) Etkileri

Nehirler yıllık 15-20 milyar ton karasal materyali, okyanuslara bir taşıyıcı mekanizma gibi çalışırlar. Bu devasa miktardaki çökelti ya da tortu küresel jeolojik döngüde, kimyasal döngüde ve kıyısız ekosistem döngülerinde hayati öneme sahiptir. Nehir üzerine yapılan yapılardan kaynaklı bu döngüler üzerinde bozulmalar meydana gelmektedir. Normal sediment akışının %30'a yakını bu yapılar tarafından tutulduğu tahmin edilmektedir. Bu yapısal bozulmalar sonuç olarak katı madde hareketleri ve kanal yapısını, besin taşınımını, ısı rejimi, habitat yapısını ve nehir içerisindeki organizmaların yeniden yapılanmasını engellemektedir. Bu sediment aktarımındaki kısıtlama gün geçtikçe artmaktadır.

Nehirden faydalanabilmek için nehir yatağı üzerinde yapılan müdahaleler kanal kesitinin yani normal akışın sağlandığı alanın daralmasına ve azalmasına neden olabilmektedir. Nehir üzerinde yapılan baraj çalışmalarının sonuçlarının sonuçları birçok parametreye göre değişkenlik arz edebilir. Örneğin barajın kurulduğu alan, barajın büyüklüğü, barajın amacı, nehrin jeomorfolojik yapısı, nehrin içerisindeki toprak yapısı gibi etmenler oluşacak etkilerin büyüklüğünü belirlemektedir.

Baraj yapılarında en önemli sorun birikme yapılarının verimli çökeltilerle dolmasıdır. Barajların birikme kısımlarının verimli çökeltilerle dolması baraj ömürlerini direkt olarak etkilemektedir. Bu çökelti birikmesinin bir problem olarak tespiti 1920 yılına uzanmaktadır. Bu soruna çözüm geliştirilmesi 1960'lara denk gelmektedir. Kurulan baraj yapılarında ölü boşluklar bırakılarak çökeltilerin bu boşluklara dolması sağlanarak baraj ömürlerinin artması sağlanmıştır. Örneğin Hoover Barajı arkasında oluşan Mead Gölü'nün 78 metre aşağısında oluşan çökeltiyi ortadan kaldırmak için ölü bir hacim bırakılmıştır. Bu şekilde oluşturulan ölü hacim nedeniyle verimli çökelti ya da tortuların kanal boyunca ilerlemesi engellenmektedir.

Feamside, 2004 yaptığı çalışmada; barajlarda biriken çökelti yada tortu hem mansap için hemde akışın ulaştığı noktalarda oluşturduğu deltalar üzerindeki habitat yapısı için çok sert etkilerinin olduğunu ortaya çıkarmışlardır.

Baraj tarafından tutulduğu için çökelti ve tortu yapısı olarak zayıf olan akış ilerleyişi süresince daha ince olan toprak yapısı üzerinde erozyon etkisi yapmaktadır. Bu daralmalar yıllar içerisinde çok aşırı noktalara ulaşır nehir yatak yapısının kaybolmasıyla sonuçlanmıştır. Nehir yatağının kaybolma sürecinin süresini belirleyecek olan durum ise verimli çökelti ve tortu geçişine ne kadar müsaade edilmiştir.

Nehir kanal yapısının aşınma ve kesmeden kaynaklı bozulmasının bir diğer etkisi kanal içerisindeki alüvyon koridorunun taşınım ve kıvrım sayısının zamanla azalmasıdır. Nehir kendi doğal yapısından farklı olarak dolaşımın azalmasından kaynaklı ilerleyen süreçlerde mendereslerin (kıvrımların) oluşumunun kısıtlanması ve nehirdeki sucul ekosistemin sürekliliğini sağlayan diğer kanal kenarı ve kanal dışı habitatların bozulması gibi önemli sorunların ortaya çıkmasına neden olmaktadır.

Missouri Nehri üzerindeki Fort Peck Barajı üzerinde yapılan bir çalışmada nehirdeki düşük akım ve düşük korumadan kaynaklı baraj sonrası oluşan menderes (kıvrımlı) yapının yıllık oluşma oranı 25 ft iken bu oran zamanla 6 ft gibi bir orana düşmüştür. Missouri nehrinde yapılan bir diğer çalışmada menderes oluşma yapısındaki azalmadan kaynaklı Kanada kavağının yenilenme oranında düşüş tespit edilmiştir.

Elektrik üretimi sağlamak için kurulan barajların nehrin doğal akış rejimine etkileri normal baraj yapılarından görece farklıdır. Üretimde oluşabilecek dalgalanmaları engellemek için oluşturulan barajlar gerek görüldüğü takdirde farklı çalışma durumlarına geçerek üretimin durmasını engellemektedir. Bu yaklaşım nedeniyle akış üzerinde günlük hızlı akış dalgalanmaları meydana gelmektedir. Hızlı ve günlük değişen akış dalgalanmaları nehir yaşamı ve ekosistemi üzerinde olumsuz sonuçlar meydana getirmektedir. Bu tekil santral yapısının yanı sıra nehir kaynağından akışın bittiği noktaya doğru sürekli bir eğim durumu var ise nehir üzerinde sıralı bir şekilde santral dizisi kurulabilmektedir. Sıralı bir halde yapılan barajlar nehir akış hızını düşürmekte ve yüksek oranda suyun akışını engellemektedir. Tekil baraj yapısı için tespit edilen sorunlar sıralı santral yapılarında daha fazla olumsuz sonuçlar doğurmaktadır.

1.6.4. Mansap Suyu Sıcaklık Değişimi

Temiz su organizmaları, yaşam döngüleri süresince ısı rejim bileşenleri ile ekolojik olarak ilişki içerisindedir. Isıl rejimdeki yapısal bütünsellik akış rejimindeki bütünsellik kadar önemlidir. Nehir düzenlenmesinden kaynaklı oluşan termal rejim değişikliği barajın bulunduğu arazinin pozisyonuna, barajın kullanım şekli ve amacına, salık verilen suyun derinliğine ve mekanizmasına, iklimsel ve jeomorfolojik yapısına bağlıdır. Isıl rejimdeki değişimler sadece baraj yapısını ve yakın çevresini değil akış boyunca bir bütün yapıyı etkilemektedir.

Su biriktirme yapılarında oluşan derinliğe bağlı olarak suyun sıcaklığı ve suda çözünmüş oksijenin miktarı değişkenlik göstermektedir. Su yüzeyinden barajın dip noktasına kadar barajı sürüm, metalimniyon ve hipolimniyon diye üç tabaka halinde inceleyebiliriz. Bu tabakalar içerisinde hipolimniyon tabakası sıcaklık bakımından en düşük sıcaklığa sahip olup su yapısının en alt kısmında yer alır ve santral yapısından itibaren nehir akışına bırakılan suyu temsil etmektedir. Bu katmanın sıcaklığının düşük olmasının aktarılan suyun bu katmandan aktarıldığı düşünüldüğünde beraberinde ekosistem için önemli problemleri getirmektedir.

Yaz aylarında bu durumun tersi bir oluşum da barajın yüzeyine yakın olan kısmından veya epilimniyon tabakasından bir miktar akış serbest bırakılarak sıcaklık artışı bir miktar sağlanabilir. Örneğin, Duncan ve Cline (2003), yılında yaptıkları bir çalışmada, yaz aylarında baraj sonrası akıştaki suda sıcaklık artışının yaklaşık olarak 2,7 °C arttığını ve bunun da 1°C ve 5,5°C arasında değiştiğini göstermişlerdir.

Suyun sıcaklık değerleri değişimin etkilediği bir diğer durum ise canlı organizmaların yumurtlama dönemlerinde istenilen sıcaklıkta bir değerin sağlanamamasıdır. Belirli sıcaklık aralığının uygun olduğu bir canlı türünde örneğin bir balık türünde 19-21°C iken barajın hipolimniyon tabakasında 16-18°C derece de akış bırakıldığı uygun yumurtlama olmayacağından üreme gerçekleştirilmeyecektir. Bu durumu ortadan kaldırmak için su biriktirme yapısının epilimniyon tabakasından yumurtlama dönemini kapsayacak şekilde hipolimniyon tabakasına görece daha sıcak olan akışın serbest bırakılmasıdır.

1.6.5. Mansap Suyu Miktarının Etkileri

Nehir akışının engellenip üzerine biriktirme yapısı oluşturularak baraj yapısının nehir doğrultusuna olan akış önemli ölçüde engellenmiş olur. Nehir yapılarının en önemli bileşeninin su olduğu göz önüne alındığında akışta oluşan azalmalar nehir ekosistemi ve çevresi üzerinde yıkıcı etkilerin ortaya çıkmasına neden olabilmektedir.

Nehir üzerindeki akış tanımlanırken, bu akışı karakterize eden farklı özellikler bulunmaktadır. Örneğin; nehir akışının hızı, suyun kalitesi, suyun miktarı ve zamanlaması gibi nehir akış miktarının olması gerekenden daha düşük olması beraberinde çeşitli sorunları da getirmektedir.

Mansap suyunun az olması halinde nehirdeki ekosistem, içerisindeki canlı yaşamın zayıflamasından dolayı önemli ölçüde zarar görecektir. Sadece akışın geçtiği nehir yatağı değil bir bütün olarak havza yapısı da etkilenebilmektedir. Birincil etkilenebilecek canlı grubu olarak karşımıza balıklar çıkmaktadır. Nehir ekosisteminde balıkların yaşamlarında en belirleyici etken olan suyun azlığı halinde yaşam alanlarının yok olacağı tehdidiyle karşılaşılacaktır.

Nehirdeki suyun akış hızı, derinliği ve makul seviyedeki bulanıklık sayesinde nehir yapısının kendisini yenilemesini sağlar. İçerisinde bulunan atık suyu ve zararlı katı partikülleri uzaklaştırabilmektedir. Baraj yapısı tarafından suyun engellenmesi veya uygun miktardaki suyun mansaba bırakılmaması halinde nehirdeki yenilenme gerçekleşmeyecek ve kirlilik oranı nehir ekosistemini tehdit edici noktaya ulaşacaktır.

Nehirdeki akıştan yararlanabilen canlı gruplarının içerisinde insanlar da önemli bir kullanıcı olarak durmaktadır. Nehir suyu farklı alanlarda kullanılmaktadır. Örneğin tarımsal arazilerinin sulanmasında, içme suyu olarak kullanılmasında ve yerleşim yeri kırsal bir bölge ise alt yapı yani kanalizasyon yokluğunda direkt evsel atıklarını atabileceği bir atık alanı olarak da kullanılabilir. Suyun eksikliği veya tükenmişliği bu faaliyetleri de engelleyecektir. Bu kullanım alanına ek olarak bazı bölgelerde nehirlerden turistik amaçlı faydalanma ve eğlendirilen alanı olarak kullanımı da mümkündür. Böyle bir kullanım da, akım eksikliğinden direkt etkilenecektir.

Daha önce de belirtildiği gibi su nehir ekosismindeki her bir canlı organizma için hayati önemlidir. Suyun ekosistemdeki önemi bu kadar açık ve aleni iken suyun sistemde olması gerektiği kadar yani canlı yaşamlarının idame edilebilmesi ve nehrin doğal yapısının bozulmaması için gerekli olan miktarın akışı sağlanması gerekmektedir.

1.6.6. Su Kaynakları Üzerine Etkisi

Nehir tipi HES tesislerinin su kaynakları açısından neden olduğu ilk ve en önemli etki derelerin su miktarı ve rejimi üzerine yapmış oldukları etkidir. Tesislerin üretim aşamasında üzerinde bulundukları derenin doğal şartlarda taşıdığı su miktarının önemli bir kısmı regülatörlerle su iletim kanallarına veya tünellerle alınacağından deredeki su akışlarında değişiklikler olacaktır. Dere yatağına yeterli oranlarda su bırakılmaz ise sucul canlıların habitatları olan su ortamı olumsuz etkilenecektir. Özellikle yağışları azaldığı kurak dönemlerde bu etkiler çok daha fazla olacaktır (Ak, vd., 2009). Böyle durumlarda dere yatağına bırakılacak olan can suyunun ölçülmesi oldukça fazla önem taşımaktadır. Ölçümlerin kontrolleri DSİ tarafından kurulan Alet Gözlem İstasyonları aracılığı ile yapılmaktadır (Güner vd.,2008).

Tesislerin su kaynaklarını kirletmesi ve sedimentasyon oluşturmaları ağırlıklı olarak santral inşaatları sırası yaşanmaktadır. Özellikle havzaların yukarı bölümlerinde planlanan tesislere ait düzenleyici, su alma yapısı, santral binası, yardımcı bina ve tesisat gibi birçok birimin inşa edilmesi sürecinde belirli bir bölge tahrip edilmektedir. Su kaynakları açısından en önemli zararlar ulaşım yolları ile açık yâda tünel şeklindeki su iletim kanallarının yapımı sırasında gerçekleşmektedir. İnşaatlar sırasında ortaya çıkan hafriyatın arazi yapısının da engebeli olması ile uygun tekniklerle depolanmayarak eğimli şeylerden aşağıya gelişigüzel bırakılması ile hem su kaynakları kirlenmekte hem de dere yatağı bazı durumlarda dolmaktadır (Oğuz, 2008).

Sarp ve dik vadilerin oluşu tesislerin inşaat aşamasında tünel ve ulaşım aşamasında ortaya çıkan hafriyatların taşınmasında sorun olmaktadır. Örneğin, en küçük çaplı ve 10 km uzunluğundaki bir tünelden yaklaşık 120 bin m³ (yaklaşık 300 bin ton) kaya çıkarılmakta, bazı durumlarda bu miktar yeni açılan yollarla birlikte iki katına kadar çıkmaktadır. Vadilerde depolanması oldukça zor olan bu hafriyat en kolay olarak şeyvlerden aşağıya bırakılmaktadır (Güner vd., 2008). Bu uygulama sonucunda

sonucunda ise hafriyat dökümü yapılan yerdeki bitki örtüsü zarar görmekte, bazı yerlerde ise tamamen yok olmakla buralarda, habitat ayrılmalarına/parçalanmalarına yol açmaktadır. Bununla birlikte bazı bölgelerde dere yatağının dolarak sucul sistemin de bozulmasına neden olmaktadır (Albayrak, 2008).

Üzerinde tesis kurulması planlanan derelerden regülatörlerle üretim amaçlı alınacak olan su miktarının ne kadar olacağı, diğer bir ifadeyle o derenin doğal yatağında ne kadar su bırakılacağı konusu çok önemli bir sorun teşkil etmektedir. ‘Can suyu’ veya ‘telafi suyu’ olarak adlandırılan bu miktar, deredeki çevrebilimle ilgili yaşamın sürdürülebilmesi (devamı) için yeterli olacağı düşünülen su miktarıdır. Su miktarının belirlenmesinde; deredeki suyn debisi ve akış rejimi, yerel halk tarafından kullanım durumu, dere kenarı vejetasyonu, sucul canlılar ve yaban hayatı gibi birçok farklı etmen gözönünde bulundurulmalıdır. Su kullanım hakkı anlaşması yönetmenliğine göre, mansaba bırakılacak su miktarı ‘projeye esas alınan son on yıllık ortalama akımın en az %10’u olacaktır’ ibaresi ile tesislerin üretimi sırasında doğal mecraaya bırakılacak su miktarı rakamsal bir ifadeye dönüştürülmüştür (Anonim, 2010).

Enerji üretiminde çevre dostu kavramlar ve yatırımlar geliştirilmek suretiyle oluşacak çevresel etkinin azaltılmasına çalışılmaktadır. Son dönemde yaşanan gelişmeler modifiye edilerek hidroelektrik sanayi için de uygulanmaktadır. Özellikle belirli bölgelerde küçük ölçekli uygulamalarla geliştirilen teknolojileri nehir ekosistemleri için olumsuz etkileri olmadan mümkün olan en yüksek miktarda elektrik üretebilmektedir. Karlılık hedef alınarak yapılan klasik enerji üretimi uygulamaları yerine küçük bazı yatırımlar veya projelerde yapılacak değişiklikler sayesinde, çevresel açıdan etkili sonuçlar alınabilmektedir. Örneğin, balıkların korunmasının söz konusu olduğu ve ekosistem bütünlüğü taşıyan projelerin enerji üretimi ile optimize şekilde yürütülmesi gerekmektedir (Muluk vd., 2009).

1.6.7. Sucul Ekosistem Üzerine Etkisi

Bölgedeki balık türleri konusu dışında sucul sisteme bağlı türler ve derelerle olan ilişkileri ile çok fazla yapılmış bir akademik çalışma bulunmamaktadır. Bu türlerin kıyı ekosistemi ile ilişkileri ve diğer ekosistemlerle olan etkileşimleri hakkında da pek fazla

bilgi bulunmamaktadır (Kurdoğlu ve Özalp, 2010). Bu nedenle tesislerin yapacağı etkiler çok fazla bilinmemekte ve sadece balıklar üzerinde oluşabilecek etkilerden söz edilmektedir. Ancak buradaki sistemlerin zarar görmemesini ya da verilebilecek minimum zararlar etkileri azaltmak için akarsu yatağına bırakılacak can suyu miktarının tespitinin iyi yapılması ve bunun agilerle ölçümlerinin sürekli denetlenmesi gerekmektedir.

Sucul ekosistemlerde çevresel etkilerin azaltılmasında öngörülen ve ülkemizde halihazırda uygulanmayan belli başlı noktalar şöyledir (Karr, 1998).

1. Su kalitesinde meydana gelecek değişim,
2. Balık stokları ve bu stokların sucul ekosistem üzerinde oluşturması muhtemel etkiler,
3. Havza bazında taşıma kapasitelerinin tespit edilip bu doğrultuda çevresel etkinin çıkarılması,
4. Balık geçitlerinin işlevli ve balıkların yukarı göç (upstream) yapabilmeleri için bu yerlerin dizayn edilmesi,
5. Akarsudan aşağı yöne doğru yapılan balık göçlerinde (down stream) bariyerler ve kollektörler kullanılması,
6. Çevresel/ekosistem su ihtiyacının bölgenin özelliklerine göre tespit edilmesi,
7. HES'lerin inşaatı ve işletilmesi esnasında su ürünleri ve faunaya olan etkinin izlenmesi ve gerekli önlemlerin zamanında alınabilmesi için iyileştirme projeleri yürütülmesi,
8. Ticari açıdan önem taşıyan türlerde balıklandırma programları uygulanması,
9. Aynı bölgeyi kullanan sektörler, tarım, turizm, balıkçılık gibi çatışmanın engellenmesi.

Can suyu akarsulardaki doğal yaşamın sürdürülebilmesi engellemeyecek çevre bilimi ilgili eşiğ ifade etmektedir. Can suyu hem çevreyle ilgili devamlılığı sağlayacak miktarda olmalıdır. Bölgede derelere atılan kanalizasyon ve evsel atıklar çevre ve insan sağlığı bakımından oldukça sakıncalı olan bu uygulama su miktarının bolluğu kırsalda yaşayan insan sayısının azlığı, atık konsantrasyonlarının hastalık oluşturmamak seviyede kalmasını sağlamaktadır. Ancak suların iletim hatlarına alınmasıyla, akarsularla taşınmakta olan evsel atıkların ortamdaki uzaklaştırılması

oldukça zor olacak, hastalık yapan atık konsantrasyonunun can suyu içinde fazla miktarda bulunması önemli sorunlar meydana getirecektir. Bunun sonucundan ise hem insan sağlığı hemde hayvan sağlığı olumsuz olarak etkilenecektir (Kurdoğlu vd., 2010). Can suyu miktarının net olarak belirlenmesi aslında su kaynaklarının korunması için yeterli bir durum değildir. Akış şartlarının burada önemli bir etkisi bulunmaktadır, su akışının yılın her dönemi düzenli olması gerekmektedir. Sudaki yaşam oksijene bağlı olduğu için suda oluşacak kısa süreli bir kesilme dahi geri dönüşü olmayan yıkımlara yol açabilecektir. Bu nedenle akarsulardaki akışın sürekliliğinin sağlanabilecektir. Aynı zamanda canlıların üreme ve göç dönemlerinde, by pass kanalları sayesinde, mevsimsel özelliklere göre belirli seviyelerde akış korunabilecektir (Anonim, 2008).

1.7. Doğu Karadeniz Bölgesi'nin Genel Özellikleri

Doğu Karadeniz Bölgesi, Türkiye'nin kuzeydoğusunda yer alan, iklim özellikleri ve yer şekilleri bakımından diğer bölgelerden ayrılan, Gürcistan sınırından başlayıp Ordu İli Melet çayına kadar uzanan bir alanı kapsamaktadır. Kıyıya paralel olarak uzanan ve yüksekliği 3000 üzerine çıkan Giresun (3039 m), Gümüşhane (2572 m), Zigana (3082 m), Soğanlı (2879 m), Haldizen (3552 m) ve Dilek (3709 m) sıradağları ve bunların arasında akarsuların oluşturduğu derin vadilerle kaplıdır.



Şekil 20. Doğu Karadeniz havzasının görünümü.

Türkiye'deki 26 su toplama havzasından birisi olan Doğu Karadeniz havzası, birbirine paralel olarak akan irili ufaklı çok sayıda akarsu ve küçük buzul gölleri içermektedir. Havzanın önemli akarsuları Melet Çayı, Harşit Çayı, Fol Deresi, Değirmendere, Karadere, Solaklı Deresi, Baltacı Deresi, İyidere, Pazar Çayı, Fırtına Deresi, Çağlayan Deresi ve Kapistre Deresi gibi birbirine paralel olarak uzanan ana

kolları ile bunların alt havzaları oluşturmaktadır (Ak vd., 2008). Bölgenin her mevsim yağış almasından ayrıca dağların denize dik ve paralel uzanmasından dolayı NT_HES kurulmasına uygundur.

Sahil şeridinde yükseltisi 0-200 m arasında değişen dar bir düzlüğün ardından yoğun bitki örtüsü ile (ormanlık alan, fındık ve çay) kaplı dik yamaçlar, dağların üst kısmında alpin çayırılarıyla kaplı yaylalarıyla şekillenmiştir. Kafkaslarla uzantılı olan sıra dağların doğuya doğru gidildikçe yükseltisi artmaktadır. Kaçkar ve Dilek dağları en yüksek noktalarıdır. Çoruh ve Kelkit havzasının ikiye ayırdığı ikinci sıradağlar silsileleriyle Doğu Anadolu'dan ayrılır.

Kıyı boyunca Karadeniz iklimi etkilidir. Burada kışlar ılıman, yazlar serin geçer. Her mevsim yağışlıdır. Burada kuzey dağlarını önleyen Kafkas dağlarının oluşturduğu doğal engel kadarkış mevsiminde Karadeniz üzerinde oluşan alçak basıncın yarattığı ılık hava akımlarının da rolü büyüktür. İç kesimlere gidildikçe yükselti artışına paralel olarak sıcaklık düşer, iklim sertleşir, yağış artar. Sürmene'den Hopa'ya kadar uzanan kesim Türkiye'nin en çok yağış alan bölgesidir (Hopa 2.068 mm, Rize 2.323 mm). Trabzon'da yağış tutarı 822,7 mm'ye kadar düşer. Kıyı kesiminde yağmur olarak düşen yağışlar iç bölgelerde yüksek zirvelerin etkisiyle kar yağışına dönüşür.

Bölge, ırmak ve akarsular yönünden oldukça zengindir. Yıl boyunca yağışlarla beslenen dereler, mayıs ve haziran aylarında eriyen kar sularının etkisiyle en yüksek debilerine ulaşırlar. Bölgedeki bütün akarsular Karadeniz'e dökülmektedir. Yılın büyük bir kısmında karlarla kaplı olan Doğu Karadeniz sıradağlarının beslediği dereler denize bakan kuzey yamaçlarının her mevsim aldığı yağışların etkisiyle, hızlı bir debi ile akarak Karadeniz'e dökülmektedir. Ülkemizdeki büyük nehirlerle karşılaştırıldığında çok uzun yatak ve havza genişliklerine sahip olmadıkları görülmektedir. Kaynakları 2000- 3000 metrede olan ve dik yamaçlar boyunca çok hızlı bir akışla denize ulaşan bölgedeki akarsularının tamamını (Çoruh Irmağı dışında) 'dağ dereleri' olarak sınıflandırmak mümkündür. Dağ derelerinin sahip olduğu suyu büyük oranda yağışlar sağlamaktadır. Yağışların bol olduğu ve karların eridiği mevsimlerde taşkın, sel ve heyelan gibi doğal afetler diğer bölgelere nazaran sıkça yaşanmaktadır.

Doğu Karadeniz Bölgesi'nde tarım, bölgenin fiziksel yapısından dolayı küçük ve dinamik işletmeler üzerine kurulmaktadır. Bölgede iklimin nemli olması, kıyıda yaz mevsimin yağışlı bol neme gereksinim duyan tarım ürünlerini yaygınlaştırmıştır. Tarım arazileri parçalı, dar olup genellikle eğimli arazilerdir. Bu durum tarımda makine kullanımını engellemiştir. Her mevsim yağış alan yapısı ve ılıman iklimi yüzünden, fındık, çay, kivi, mısır gibi yağış seven ürünler bölgedeki tarımın iskeletini oluşturmaktadır. Tarımsal alanlarda yoğun olarak kimyasal gübreler kullanılmaktadır. Bölgenin fiziksel yapısı ve tarım arazilerinin parçalı oluşundan dolayı kırsal nüfus dağınık yerleşim şeklindedir. Dağınık yerleşimden dolayı alt yapı hizmetleri henüz tamamlanmamıştır, evsel atıklar fosseptik veya direkt doğaya deşarj edilmektedir.



1.7.1. Coğrafi Konum

Türkiye'nin kuzey doğu kıyısından Doğu Karadeniz Havzası, 40°15' ile 41°34' kuzey enlemleri ve 36°43' ile 41°35' doğu boylamları arasında yer almaktadır. Yüzölçümü 35.174 km² dir ve Türkiye yüzölçümünün %4,48'ini teşkil etmektedir. Bölgenin rakımı deniz seviyesinden başlayarak 3932 m'ye kadar yükselmektedir. Bazı zirveler 3000 m'nin üzerine kadar yükselmektedir.

Coğrafi yapısının dağlık olması ve eğimin oldukça yüksek olmasının yanında her mevsim yağışlı iklimi ile akarsu açısından zengin olan bölgede hidroelektrik santraller elektrik üretiminde çok önemli bir yere sahiptir. Bölgedeki tüm santraller üretime geçtikleri zaman Türkiye elektrik ihtiyacının yaklaşık % 12,4'ünü karşılayabilecek kapasitede bir elektrik arzı söz konusu olacaktır.

Bölgenin coğrafi özellikleri, iklim arazi kullanım yapısı, uluslararası alanda büyük önem taşıyan endemik bitki ve tür zenginliği oluşturmuştur. Söz konusu zenginlik korunması gereken önemli bir doğal kaynaktır. Bununla birlikte bölgenin tarihi ve kültürel mirası, bölgedeki doğal koşullarla birlikte turizmi geliştirmek için önemli fırsatlar oluşturmaktadır.

Tablo 8. Doğu karadeniz bölgesi'nin toprak kaynakları potansiyeli.

Genel Bilgiler	Değerleri
Yüzölçümü	25.766,2 km ²
Rakım	784,0 m
Yıllık Yağış Ortalaması	1018,0 mm
Türkiye'nin Yıllık Yağış Ortalaması	642,6 mm
Ortalama Akış Verimi	19,27 lt/s/km ³
Ortalama Akış/Yağış Oranı	0,6

Ülkemizin en fazla yağış alan bölgesi, yıllık ortalama 1198 mm'lik yağış miktarı ile Doğu Karadeniz Bmlgesi'dir. Bölge kuzeyden güneye doğru derin vadilerle kesilmiştir ve aşırı eğimli bir topografyası bulunmaktadır, bunun neticesinde ise mevsimlik su debisi değişimi yüksek oranlardadır (Uzlu vd., 2008). Bu durum ise

hidroelektrik santrallerden enerji elde edimi açısından oldukça uygun bir zemin hazırlamaktadır.

1.7.2. Havzalar

Bölgede bir yöre, bir veya birden çok havzadan meydana gelmektedir. Havzalar kendi kendilerini beslemelerinin yanı sıra diğer komşu havzalardan da beslenirler ve beslendikleri havzalarında beslenmesine katkıda bulunurlar. Bu şekilde meydana gelen havzalar birliği bölgeyi, bölgeler birliği de ülkeyi oluşturmaktadır. Havzalardan birinde meydana gelebilecek bir bozulma, zincirleme olarak diğer havzalarında etkilenmesine ve bozulmasına, bu bozulma ise bölgenin kendine has özelliklerini kaybetmesine neden olmaktadır (Arman, 2004).

Doğu Karadeniz Havzası güneyde doğu Karadeniz Dağları, kuzeyde ise Karadeniz tarafından çevrelenmiştir. Karadeniz bölgesinin en dağlık ve yükseltisi en fazla olan, Gürcistan sınırından Melet Çayı'na Gürcistan sınırına kadar uzanan bölümüdür.

Havzanın toplamı 18.265 km²'dir. Havzanın yüzeysel potansiyeli 12,392 km³'tür ve Türkiye potansiyelinin %6,6'sını oluşturmaktadır. Eğimin yüksek olması ile birlikte yüzey altı tabakasının geçirimsiz veya yarımlı geçirimli olması nedeni ile yağın yağmurun önemli bir kısmı yüzeysel akışa geçmektedir. Bu durumun sonucunda ise bölgede akarsu ağı sık bulunmaktadır (Uzlu vd., 2008).

Türkiye'de 26 adet ana su toplama havzası bulunmaktadır. Bunlardan bir tanesi de Doğu Karadeniz Havzası'dır. Havza birbirine paralel irili ufaklı çok sayıda akarsu ve küçük buzul göllerine sahiptir. Havzadaki en önemli akarsular, Melet Çayı, Pazar Çayı, Harşit Çayı, Folderesi, Değirmendere, Solkalı Deresi, Karadere, iyi Dere'dir. Birbirine paralel uzanan bu akarsular ve bunların alt havzalarından oluşmaktadır (Ak vd., 2008).

1.7.3. Biyolojik Çeşitlilik

Karadeniz bölgesine hâkim olan iklimsel yapı dünya üzerindeki iklimlerden oldukça farklı ve özelliğidir, bunun nedeni bölgenin morfolojik yapısı ve bu yapıda yer

alan bitki örtüsüdür. Dik olan denize inen dağların oluşturduğu kıyı çizgileri ve dar vadiler, Doğu Karadeniz Bölgesi'nden kopararak, iklimsel büyük farklılığın oluşmasına sebep oluştur. Özellikle morfolojik yapının ortaya koyduğu orografik çizgiler ve dinamik yapı görkemli bir doğa harikası yaratmaktadır (Ak vd., 2009).

Doğu Karadeniz bölgesi, önemli doğa alanları, kuş andemizm alanlarına ev sahipliği yapan, zengin su kaynakları varlığı ve çok sayıda değişik statüde korunan alanları ile Türkiye'nin en az tahrip edilmiş doğal sisteme sahip alanlarının başında gelmektedir (Ak vd., 2009).

1.7.4. Bölge Florası

Doğu Karadeniz Bölgesi, önemli kuş ve bitki alanları, önemli doğa alanları ve kuş endemizm alanlarına ev sahipliği yapıyor olmasının yanı sıra görece zengin su kaynaklarının varlığı ve çok sayıda değişik statüde korunan alanları ile Türkiye'nin en az tahrip edilmiş doğal sistemlerine sahip alanlarının başında gelmektedir (Akpınar, 2009).

Türkiye floristik açıdan dünyanın en önemli gen merkezlerinin bünyesinde barındıran etrafı denizlerle çevrili büyük kara parçasının içinde yer amöaktadır. Doğu Karadeniz Bölgesi'nde oldukça büyük derecelerde yükselti farklılıkları bulunmaktadır. Sahil kesiminden 3376 m yüksekliğe kadar çıkabilen bu duruma ek olarak dağların denize paralel uzanması, kuzey sınırı Karadeniz'in oluşturması, çok sayıdaki dereleri, irili-ufaklı gölleri, toprak ve iklimatik özellikleri nedeniyle çeşitli çevreyle ilgili birimleri bünyesinde barındırdığından zengin bir flora ve vejetasyona sahiptir.

1.7.5. Bölge Faunası

Doğu Karadeniz Bölgesi'nde bulunan dereler HES santrallerinin yanında bir takım faktörler tarafından da kirletilmektedir. Buna bir de sıcaklığın yüksek olduğu dönemlerde ki kuraklıklar da eklenince buralardaki balık popülasyonları yaşanan bu durumlardan olumsuz etkilenmektedir. Ak ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada, sucul faunanın zarar görmesine yol açan faaliyetler tespit edilmiştir (Ak, 2009).

Türkiye floristik açıdan dünyanın Karadeniz bölgesine hâkim olan iklimsel yapı dünya üzerindeki iklimlerden oldukça farklı ve özelliğidir, bunun nedeni bölgenin morfolojik yapısı ve bu yapıda yer alan bitki örtüsüdür. Doğu Karadeniz Bölgesi'ndeki dik eğimli yapı burada geniş vadilerin oluşmasını engellemiştir. Eğimli alanlarda ise toprak tabakası incedir ve mevcut bitki örtüsü tarafından tutulmaktadır.

Toprak tabakası pH açısından asidik bir karakter taşımaktadır, bu durum diğer nem özellikleri ile birlikte çay tarımına uygun bir yapı oluşturmaktadır. Böyle bir yapı dünyanın çok az bir bölgesinde mevcut olduğu için Doğu Karadeniz Bölgesi'nin bazı yöreleri dünyanın önemli çay merkezleri arasında yer almaktadır. Toprak yapısının çok ince bir tabaka halinde olması ve bunun akmaya ve heyelana oldukça müsait bir durum oluşturması, en ufak bir dikkatsizlikte bitki örtüsünün bozulmasına ve yok olmasına neden olabilecektir. Milyonlarca yılda oluşan bu çok önemli ekolojik özellik çay tarımının temelini oluşturmaktadır. Ekolojik zincirde oluşabilecek bir kopm, ekolojik açıdan olduğu kadar çay, tarımında da büyük kayıplara yol açabilecektir. Ayrıca bölgede aynı toprak yapısı üstünde çok çeşitli bitki örtüsü bulunmaktadır (Albayrak, 2008).

Ani ve kuvvetli yağmurlarla başlayan sel ve taşkınlar, dere suyunun maksimum derecede bulunmasına yol açmakta, taş, toprak, ağaç gibi birçok materyalin taşınarak akarsu yatağını değiştirmesine sebep olmaktadır. Söz konusu seller balıkların yuvalarının bozulmasına ve yavru balıkların ölmesine yol açmaktadır. Her türlü materyalin akarsuyun mansap kısmında birikmesi, beslenme ve yumurtlama göçü yapan balıkların göç yollarını tıkamalarına sebep olmaktadır. Yaz aylarında akarsuların kurumması sonucu dere debilerinde meydana gelen düşüşler ergin ve yavru balıkların dere içinde oluşan ve su giriş –çıkışı olmayan küçük gölcüklerde mahsur kalmalarına, toplu olarak bir arada bulunmaları ise sıcaklık artışı ve çözülmüş oksijen miktarının azalması sonucu balık ölümlerine yol açmaktadır.

1.7.6. Akarsular

Doğu Karadeniz sıradağları yılın uzun bir zamanında kar ve buzullarla kaplıdır, bu nedenle sıradağların beslediği dereler denize bakan yamaçlarının her mevsim aldığı yağışların etkisiyle, hızlı bir debi ile akarak Karadeniz'e dökülmektedir. Akarsuların

kaynakları 2000-3000 metrede bulunmaktadır ve dik yamaçlar boyunca çok hızlı bir akışla denize ulaşan bölgedeki bu akarsuların tamamını (Çoruh Irmağı dışında) ‘dağ dereleri’ olarak sınıflandırmak mümkündür (Albayrak, 2008). Dik yamaçlar boyunca hızlı bir akış kuvvetine sahip olan bu akarsular hidroelektrik enerji elde edimi açısından oldukça avantajlı bir durum oluşturmaktadır.

Türkiye genelinde oldukça zengin ve su potansiyeli bakımından en zengini Doğu Karadeniz Bölgesi temsil etmektedir. Akarsu ağının oldukça yoğun olduğu bölgede yaz ve kış ayları arasındaki akarsu akım farkları fazla bir değişim göstermemektedir. Yaz başlarında zaman zaman taşkınlar yaşanmaktadır. Harşit, Melet ve Kelkit bölgenin başlıca akarsularıdır. Bölgedeki akarsularda günlük ve aylık ortalama akımların incelenmesi sonucu dere yatakları ile ilgili olarak, kuru ve ıslak dönem zamanlarının farklı olduğu görülmüştür. Bu durumun başlıca nedeni daha üst kotlara yağın karın yaz aylarında erimeye başlamasıdır. Kış aylarında ise yüksek bölgelerde bulunan karlar henüz erimediğinden dere debileri kışın az, yazın fazla olmaktadır (Akpınar, 2009).

Tablo 9. Bölge illerindeki akarsuların potansiyeli.

İl Adı	Akarsu Adı	Uzunluğu (km)/Potansiyel
Trabzon	Baltacı Deresi	51-402 hm ³ /yıl
	Solaklı Deresi	63,6-495 hm ³ /yıl
	Karadere Deresi	63-440 hm ³ /yıl
	Yanbolu Deresi	64,4-460 hm ³ /yıl
	Değirmendere Deresi	60-601 hm ³ /yıl
	Melet Irmağı	130-922 hm ³ /yıl
	Turna Suyu	56-689 hm ³ /yıl

1.8. Solaklı Vadisi HES’ler

Solaklı dere havzasında toplam 36 tane nehir tipi HES yapılması planlanmaktadır. Bu nehir tipi HES’lerin 1’i ön inceleme aşamasında, 14’ü planlama aşamasında, 10’u proje aşamasında, 7’si inşaat aşamasında ve 4’ü de işletme aşamasındadır (DSİ, 2014).

Tablo 10. Solaklı Deresi havzasına ait hidroelektrik santral proje listesi (DSİ, 2014).

Sıra No	Hidroelektrik Santralin Adı	İlçe	Tesisin Bulunduğu Akarsu
1	Kayalar Reg. ve HES	Çaykara	Haldizen-Demirkapı Deresi
2	Solaklı Reg. ve HES	Of	Solaklı Dere
3	Holo Reg. ve HES	Of	Holo Dere
4	Çark Reg. ve HES	Of	Çark Dere
5	Kurtali Reg. ve HES	Çaykara	Alisostal Deresi
6	Nursu Reg. ve HES	Of	Bölümlü Deresi
7	Hadi Reg. ve HES	Çaykara	Maltepe (Hadi) Deresi
8	Maltepe Reg. ve HES	Çaykara	Maltepe (Hadi) Deresi
9	Yeşilçamlık Reg. ve HES	Çaykara	Derniyoz Deresi
10	Güven Reg. ve HES	Çaykara	Haldizen-Siron Deresi
11	Derin Reg. ve HES	Çaykara	Solaklı-Eğri (Yeşilalan) Deresi
12	Demirkapı Reg. ve HES	Çaykara	Demirkapı-Şekersu, Kuzu g., Kanlı D.
13	Kısacık Reg. ve HES	Çaykara	Haldizen-Demirkapı Deresi
14	Çınar Reg. ve HES	Çaykara	Balkodu Deresi
15	Kutlu Reg. ve HES	Çaykara	Solaklı-Akköse Dereleri
16	Güneyce Bar. ve HES	Of	İyidere
17	Uzungöl-II Reg. ve HES	Çaykara	Haldizen
18	Uzungöl-I Reg. ve HES	Çaykara	Haldizen
19	Balıca Reg. ve HES	Of	Solaklı Dere
20	Derebaşı HES	Çaykara	Büyükdere
21	ATM-I Reg. ve HES	Çaykara	Kökнар Dere
22	Şirin Reg. ve HES	Çaykara	Eğridere
23	Esentepe Reg. ve HES	Of	Ögene Dere
24	Yeşilalan Reg. ve HES	Çaykara	Kozno Dere
25	Volkan Reg. ve HES	Çaykara	Balkodu Deresi
26	Çambaşı Reg. ve HES	Çaykara	Solaklı Dere
27	Çaykara Reg. ve HES	Çaykara	Solaklı Dere
28	Ataköy HES	Çaykara	Karaçam Dere
29	Kemerçayır Reg. ve HES	Of	Baltacı Dere
30	Üçanlar Reg. ve HES	Of	Baltacı Dere
31	Balkodu-II Reg. ve HES	Çaykara	Kavlatan Dere
32	Güneşli II ve HES	Of	Solaklı Dere
33	Üçarmanlar Reg. ve HES	Of	Baltacı
34	Çamlıkaya Reg. ve HES	Çaykara	Karaçam
35	Balkodu-I Reg. ve HES	Çaykara	Balkodu Deresi
36	Arca Reg. ve HES	Of	Solaklı Dere

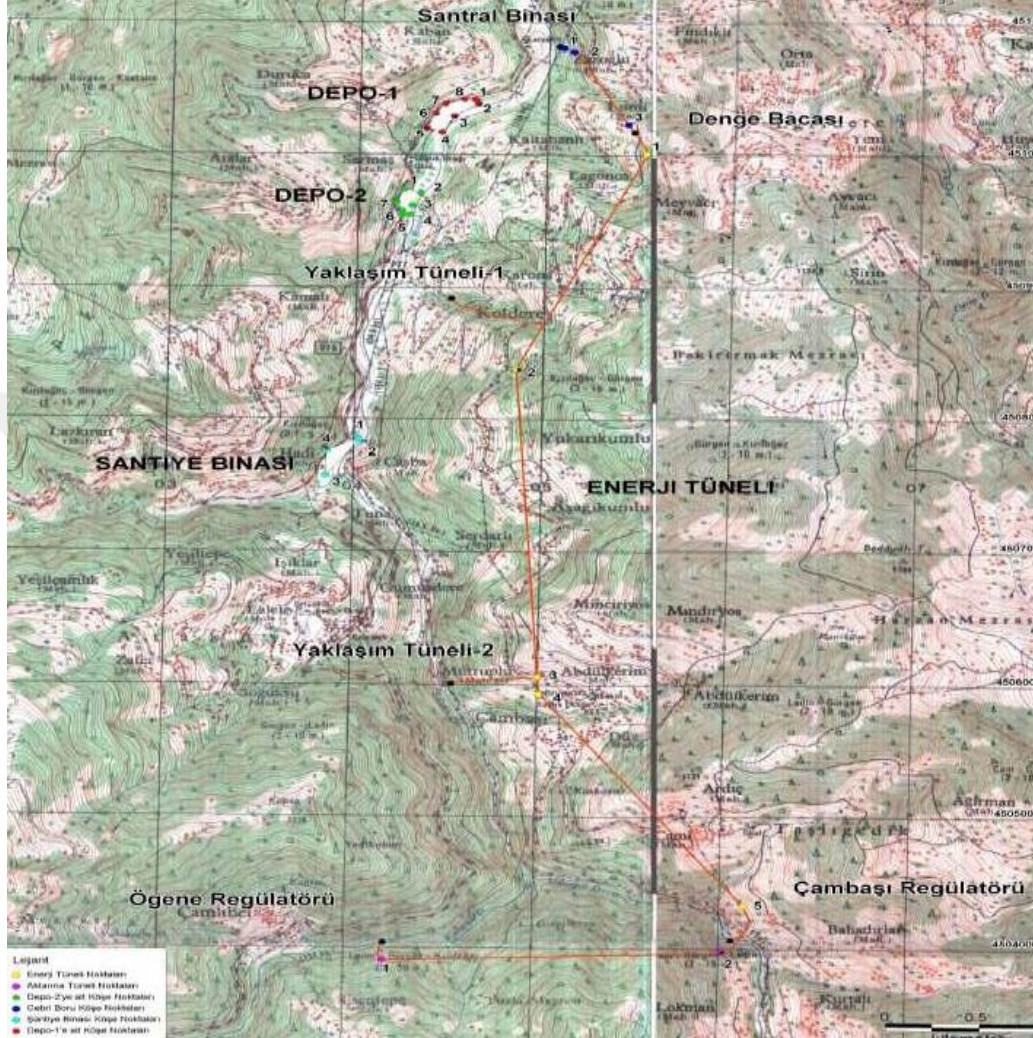
Tablo 11. Solaklı Havzası'nda geliştirilen hidroelektrik santral projeleri listesi.

Sıra No	HES Adı	Tesisin Bulunduğu		Kurulu Güç MW	Toplam	
		İlçe	Havza Adı		Enerji GWh	Durumu
1	ARCA REG. ve HES	ÇAYKARA	SOLAKLI	15,30	58,82	İşletmede
2	ATAKÖY REG. VE HES	ÇAYKARA	SOLAKLI	5,00	19,200	İşletmede
3	ÇAMLIKAYA REG. VE HES	ÇAYKARA	SOLAKLI	8,10	27,200	İşletmede
4	BALKODU-I REGÜLATÖRLERİ VE HES	ÇAYKARA	SOLAKLI	9,10	29,322	İşletmede
5	BALKODU-II REG. VE HES	ÇAYKARA	SOLAKLI	6,43	22,098	İşletmede
6	ÇAMBAŞI REGÜLATÖRLERİ VE HES	ÇAYKARA	SOLAKLI	45,00	200,510	İşletmede
7	ÇAYKARA REG. VE HES	ÇAYKARA	SOLAKLI	27,00	114,940	İşletmede
8	GÜNEŞLİ-II Reg. ve HES	ÇAYKARA	SOLAKLI	12,60	45,73	İşletmede
9	DEREBAŞI REGÜLATÖRLERİ VE HES	ÇAYKARA	SOLAKLI	13,42	35,950	İşletmede
			ARA TOPLAM	141,95	553,767	7 adet
10	ESENTEPE REG. ve HES	ÇAYKARA	SOLAKLI	16,20	49,860	İnşaat
			ARA TOPLAM	16,20	49,86	1 adet
11	ATM-I REG. VE HES	ÇAYKARA	SOLAKLI	5,00	20,450	Proje
12	GÜVEN 1-2 REGÜLATÖRÜ VE HES	ÇAYKARA	SOLAKLI	3,75	9,690	Proje
13	HOLO REG. VE HES	OF	SOLAKLI	2,07	6,74	Proje
14	MALTEPE REG. VE HES	ÇAYKARA	SOLAKLI	4,77	9,324	Proje
15	MEŞE REG. VE HES	ÇAYKARA	SOLAKLI	0,75	1,846	Proje
16	UZUNGÖL-1 REG. VE HES	ÇAYKARA	SOLAKLI	28,21	80,479	Proje
17	VOLKAN REG. VE HES	ÇAYKARA	SOLAKLI	1,84	5,612	Proje
			Ara Toplam	46,39	134,14	7 adet
			Genel Toplam	204,54	737,77	15 adet

1.8.1. Çambaşı Regülatörü ve Hidroelektrik Santrali

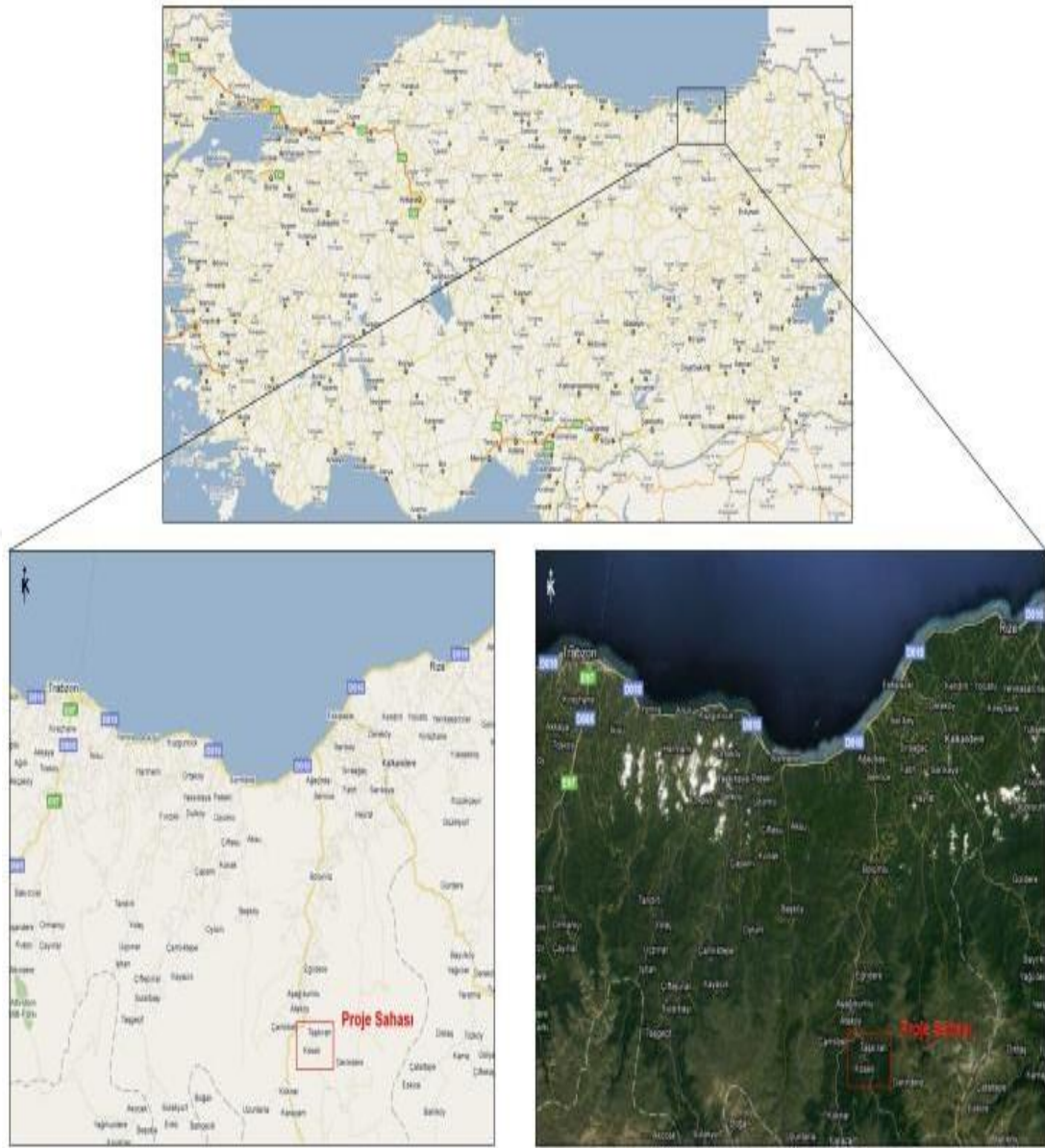
Çambaşı Regülatörü ve hidroelektrik santrali; Trabzon ili Çaykara ilçesinde Solaklı deresi ve kolları üzerinde Çambaşı Regülatörü, Ögene Regülatörü ve 45 MW gücündeki Hidroelektrik santralinden oluşmaktadır. Çambaşı HES santral binası ise Çaykara ilçesinin 1,5 km güneyinde ve Çambaşı Regülatör yeri santral yerinin yaklaşık 7,5 km güneyinde Solaklı deresinin Haldizen kolu üzerinde, Ögene Regülatörü ise Çambaşı Regülatörünün 1,8 km batısında Ögene deresi üzerinde bulunmaktadır. Çambaşı

Regülatörü ve HES Projesi'nin tesis edilmesi ile yaklaşık 45 MW Kurulu güç ile yılda ortalama 190 GWh enerji üretilmektedir.



Şekil 21. Çambaşı HES'in harita üzerindeki konumu.

Çambaşı Regülatörü ve HES Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) Yönetmenliği gereği 2007 yılında 'Proje Tanıtım Dosyası' hazırlanmış olup, Çevre ve Orman İl Müdürlüğü'nden 24.07.2007 tarih ve 581 sayılı "ÇED Gerekli Değildir" kararı alınmıştır. Ancak daha sonra Proje'de gerçekleşmesi zorunluluğu ortaya çıkan değişikliklere ilişkin Trabzon Çevre ve Orman İl Müdürlüğü'nün 22.06.2010 tarih ve 3476 sayılı yazısı ile ÇED Yönetmenliği 15. Madde (b) Bendi gereği, ÇED Yönetmenliği Ek-IV Listesi'deki Seçme Eleme Kriterleri kapsamında değerlendirilmiştir (DPT, 2010).



Şekil 22. Çambaşı HES yer haritası.

Şekil 22’de Çambaşı Regülatörü ve hidroelektrik santralinin konumu belirtilmektedir. Şekil 23’de ise santralin bütün bileşenlerinin konumlandırılmış biçimleri ve yerleri (bölgenin yükseklik grafiği ile) belirtilmiştir.



Şekil 24. Çambaşı santral binası (23.12.2017).

Çambaşı Regülatörü ve HES Projesi'nde Regülatörlerle çevrilen su Çambaşı Regülatörü'nden yaklaşık 6380,3 m uzunluğundaki enerji tüneliyle Çambaşı Santraline iletilmektedir.



Şekil 25. Çambaşı regülatörü ve çevresi (27.12.2017).

Çambaşı Regülatörü'nden yaklaşık tünel-1'e kadar 2096,1 m uzunluğunda, yaklaşım tüneli-1'den yaklaşım tüneli-2'ye kadar 2655,9 m uzunluğunda yaklaşım tüneli'nden denge bacasına kadar 1628,3 m uzunluğundadır. Enerji tüneli iletim hattı, çambaşı Regülatörü'nden alınan 20 m³/sn debinin öncelikle denge bacasına, oradan da çelik kaplamalı tünel ile santral binasına iletilmesinde kullanılmaktadır.

Bu nedenle regülatörle çevrilen suyun santral binasına enerji tüneliyle ulaştığı durumlarda, nehrin tünele çevrilmesiyle nehir yatağında su miktarının azalması özellikle sucul canlılar üzerinde etkilere neden olmaktadır. Çambaşı HES kuyruk suyunun dere yatağına bırakılmadan öncesi ve bırakıldıktan sonrası Şekil 26'da gösterilmiştir.



Şekil 26. Çambaşı HES kuyruk suyu bırakılmadan öncesi (üst) ve bırakıldıktan sonrası (alt) (27.12.2017).

Santral yapısını bir bütün olarak incelediğimizde; santralde regülatörler, iletim tüneli, yaklaşım tüneli gibi ana kısımlar mevcuttur. Santral ile ilgili teknik bilgilendirme Tablo 12.'de genel olarak verilmiştir.

Tablo 12. Çambaşı regülatörü ve hidroelektrik santrali.

Santralin Özellikleri	Santralin Değerleri
Santralin Adı	Çambaşı Regülatörü-HES
Santralin Yeri	Solaklı Deresi / Çaykara / Trabzon
Kurulu Güç	45 MW
Enerji Üretimi	190 GWh/yıl
Santral Bileşenleri	Ögene Regülatörü
	Çambaşı Regülatörü
	İletim ve Yaklaşım Tünelleri
	Denge Bacası ve Cebri Boru
	Santral Binası
İletim Kanalı	Uzunluk : 8332,5 m
	Genişlik : 3,5 m (iç çap)
	Uzunluk : 931,9 m
Cebri Boru	Çap : 2,3 m
Çökeltim Havuzu	Çambaşı / 1 Göz: 6 m X 130 m (2 gözlü)
	Ögene / 1 Göz: 5 m X 16,05 m (2 gözlü)
Yükleme Havuzu	Çambaşı / 15 m X 10 m X 0,4 m
Yaklaşım Kanalı	Tünel 1 : 462,9 m(uzunluk) & 4,3 m(çap)
	Tünel 2 : 545,6 m(uzunluk) & 4,3 m(çap)
Proje Debisi	Çambaşı : 20 m ³ /s (santral)
	Ögene : 12 m ³ /s
Türbin	Tip : Francis- Düşey Eksenli
	Verim : 0,93
	Adet 3
Brüt Düşü	274,75 m
(Çevresel Akış)	Temmuz- Mart : 0,6 m ³ /s
	Nisan-Haziran: 1,2 m ³ /s

25.04.2008 tarihi ve 1583-4 sayılı karar ile EPDK tarafından elektrik üretim lisansı verilmiştir. Projelendirme sürecinde santral kurulu gücü 45 MW olarak belirlenmiş yürürlükte olan ÇED yasasına göre kurulu gücü 10 MW ile 50 MW arasında olan projeler Ek-2 listesine göre değerlendirilmiştir. Çevre ve Orman İl Müdürlüğü tarafından 24.07.2007 tarihinde 'ÇED Gerekli Değildir' kararı alınmıştır.

Yenilebilir elektrik enerjisinin üretiminin (rüzgâr, su, güneş, vb.) dünya üzerinde %17'sini hidrolik kaynaklar oluşturmaktadır. Doğu Karadeniz bölgesinde bulunan akarsular Türkiye'nin diğer bölgeleri ile kıyaslandığında debilerinin yüksek olması ve düzenli bir yağış rejimi göstermesi elektrik enerjisi potansiyeli bakımından dikkatleri cezbetmektedir. Doğu Karadeniz bölgesinde yer alan Trabzon İli dikkate değer bir su potansiyeline sahip olup HES (Hidroelektrik Santral) kurulumu açısından önemli bir kaynak teşkil etmektedir. Bu amaçla Trabzon İli'nde planlanan yaklaşık 128 HES ile enerji üretimine yaklaşık 1000 MW'lık bir katkı verilecektir. Yapılan bu çalışmada Hidroelektrik Santrallerinin özellikle sucul çevreye olan etkileri ve bazı çözüm önerileri irdelenirken, Çed süreci hakkında bilgi verilmiş ve Trabzon İli'nde kurulan veya kurulma aşamasında olan santraller hakkında kısa istatistiki bilgiler derlenmiş ve sucul yaşam için önem arz eden veriler tespit edilmiştir (Uzlu vd., 2008).

1.8.2. Çambaşı Regülatörü ve Hidroelektrik Santrali Su Kullanımı

Çambaşı Regülatörü ve hidroelektrik santralinde suyun enerjisinden yararlanılma amacıyla su alma yapısı olarak iki adet düzenleyici bulunmaktadır. Bunlar Ögene regülatörü ve Çambaşı regülatörleridir. Ögene regülatörü vasıtasıyla alınan su 1952,2 metre uzunluğundaki iletim kanalı ile Çambaşı regülatörüne aktarılmaktadır. Çambaşı regülatörüne aktarılan su ile Çambaşı regülatöründeki su yaklaşık 6380,3 metre uzunluğundaki ikinci iletim kanalıyla santral binasına ulaştırılmaktadır. Ögene regülatöründen alınan su 8332,5 metrelik bir yol izlemektedir, bu mesafenin 6380,3 metrelik kısmında da Çambaşı regülatöründen aktarılan su dâhil olmaktadır.

Nehir yapısında akması gerek su yaklaşık olarak 8332 metrelik bir kanal içerisinde akmaktadır. Bu aktarımdan kaynaklı nehir içerisinden akması gereken su miktarında önemli, oranda azalmalar meydana gelmektedir. Bu oluşan olumsuz durumu bertaraf

edebilmek için şirket tarafından Ögene regülatöründen ve Çambaşı regülatöründen ayrı ayrı mansaba; kurak dönemde (Temmuz-Mart, 9 ay) en az 0,6 m³/s ve yağışlı olduğu dönemde (Nisan-Haziran, 3 ay) ise en az 1,2 m³/s miktarda can suyu akışı bırakılmaktadır.

Su kullanım ile ilgili firma ile DSİ arasında 14.03.2008 tarihinde ‘Su Kullanım Anlaşması’ imzalanmıştır. Bu anlaşmanın amir hükümleri gereğince DSİ görüşü doğrultusunda firma; doğal hayatın devamı için su alma yapısından mansaba bırakılacak su miktarı projeye esas alınan son 10 yıllık ortalama akımın en az %10’u olmak zorundadır. Son 10 yıllık akım verileri Ögene deresi üzerindeki alçakköprü akım gözlem istasyonu ve Haldizen deresi üzerindeki Şerah akım gözlem istasyonundan DSİ vasıtasıyla alınmıştır.

Tablo 13’de 2000-2009 yılları arasında Ögene Deresi üzerinde bulunan Alçakköprü akım gözlem istasyonundan (AGİ) ve Tablo 14’de aynı yıllar arasında Haldizen Deresi üzerinde bulunan Şerah akım gözlem istasyonundan alınan veriler bulunmaktadır. Bu veriler üzerinde aylık ve yıllık akış ortalamaları aynı çizelgelerde belirtilmiştir.

Tablo 13. Ögene Deresi Alçakköprü istasyonu 2000-2009 yılları su temin değerleri.

Yıllar	Aylar												
	OCA.	ŞUB.	MAR.	NİS.	MAY.	HAZİ.	TEM.	AĞU.	EYL.	EKİ.	KAS.	ARA	ORT
2000	1,34	2,49	3,98	20,30	14,70	10,26	3,03	1,21	1,41	1,81	2,21	2,27	5,42
2001	1,19	1,10	5,06	12,37	14,79	8,69	2,61	1,23	0,55	5,12	4,19	1,72	4,89
2002	1,11	2,15	4,59	9,45	13,34	11,38	4,25	2,25	2,35	0,67	2,31	1,38	4,60
2003	2,24	1,44	1,86	11,96	12,55	5,16	1,88	1,19	1,33	2,28	2,54	2,15	3,88
2004	1,79	2,32	9,54	11,63	20,20	17,00	5,87	2,48	2,16	1,58	5,15	2,47	6,85
2005	1,86	1,89	4,24	24,10	28,98	14,65	7,03	3,57	1,95	1,41	1,67	2,04	7,78
2006	1,80	2,15	4,56	12,79	16,68	7,79	4,96	2,51	1,99	3,99	2,82	0,84	5,24
2007	0,72	0,74	1,41	2,00	43,91	5,81	2,33	1,40	0,74	3,99	2,82	0,84	5,56
2008	1,30	1,62	9,53	24,94	19,22	12,31	3,17	1,73	3,27	1,13	2,92	2,21	6,95
2009	1,48	1,77	4,97	14,39	20,48	10,34	3,90	1,95	1,75	2,51	3,43	2,03	5,75
	1,48	1,77	4,97	14,39	20,49	10,34	3,90	1,95	1,75	2,45	3,01	1,80	5,75

DSİ ile yapılan Su Kullanım Anlaşması gereği Ögene Regülatörü için DSİ’den temin edilen ve son 10 yıllık akım miktarlarını gösteren (Tablo 13) hareketle ortalama

akım miktarının %10'u hesaplanarak çevresel akış miktarı belirlenmiştir. Bu doğrultuda Ögene regülatöründen doğal hayatın devamlılığı için bırakılması gereken su miktarı 575 l/sn olarak hesaplanmıştır.

Tablo 14. Haldizen Deresi şerah istasyonu 2000-2009 yılları su temin değerleri.

Yıllar	Aylar												
	OCAK	ŞUB.	MAR.	NİS.	MAY.	HAZ.	TEM.	AĞU.	EYL.	EKİM	KAS.	ARA.	ORT
2000	1,35	1,39	2,24	10,99	8,74	9,06	3,07	1,89	1,55	1,28	1,90	2,06	3,79
2001	1,23	1,24	4,41	8,09	12,48	12,44	5,17	1,78	1,32	3,97	2,21	1,36	4,64
2002	1,19	1,88	3,07	7,56	12,78	19,87	9,60	2,90	2,93	1,75	1,90	1,26	5,56
2003	1,69	1,25	1,27	9,47	14,41	9,68	4,35	3,67	4,30	2,89	2,24	1,58	4,73
2004	1,62	1,89	6,24	7,64	17,84	17,70	7,28	3,07	3,17	2,80	4,55	2,19	6,33
2005	1,83	1,38	2,67	12,68	20,95	17,31	11,08	4,59	3,53	1,86	1,81	1,66	6,78
2006	1,56	1,64	3,73	9,61	16,69	11,64	5,65	1,74	0,79	6,82	6,92	3,64	5,87
2007	1,36	1,69	4,90	3,17	32,85	13,27	5,24	2,09	1,95	2,50	5,99	1,27	6,36
2008	1,33	1,54	6,97	11,78	12,31	14,51	7,19	3,52	1,62	1,45	2,87	1,91	5,58
2009	2,18	2,18	2,23	5,13	16,67	16,39	7,82	3,38	5,09	4,28	2,01	1,79	5,76
	1,53	1,61	3,77	8,61	16,57	14,19	6,65	2,86	2,63	2,96	3,24	1,87	5,54

Ögene Regülatörü için yapılan hesaplamalar Çambaşı Regülatörü için de yapılmıştır. Yapılan Su Kullanım Anlaşması gereği nehirdeki yaşamın devamı için Çambaşı Regülatöründen son 10 yıllık ortalama akımın % 10'u yani 554 L/sn su bırakılacaktır.

1.8. 3. Literatür Araştırması

Dünya da yenilebilir kaynaklardan elde edilen elektrik enerjisinden üretilen (rüzgâr, su, güneş, vb.) hidrolik kaynakların % 17'si oluşturmaktadır. Doğu Karadeniz bölgesi Türkiye'nin diğer bölgelerle değerlendirildiğinde düzenli yağış rejimli akarsuların debilerinin yüksek olması elektrik enerjisi potansiyeli bakımından önemli olduğu bölgeyi cazip merkezi yapmıştır. Doğu Karadeniz bölgesinde yer alan Trabzon İli önemli bir su potansiyeline sahip olup HES (Hidroelektrik Santral) kurulumu açısından önemli bir kaynak teşkil ettiği beyan edilmektedir. Bu amaçla Trabzon İli'nde planlanan yaklaşık 128 HES ile enerji üretimine yaklaşık 1000 MW'lık bir katkı vereceği düşünülmektedir. Sucul çevreye olan etkiler yapılan bu çalışmada Hidroelektrik Santrallerinin özellikleri

üzerinde bazı çözüm önerileri üzerinde durulmuş , Çed süreci hakkında bilgi verilerek ve Trabzon İli'nde kurulan veya kurulma aşamasında olan santraller hakkında kısa istatistiki bilgiler ve sucul yaşam için önem arz eden veriler tespit edilmiştir (Atılgan vd., 2011).

Üniversite öğrencilerinin Hidroelektrik Enerji Santrallerine (HES) ilişkin görüşleri ile çevreye yönelik tutumları arasındaki ilişkinin belirlenmesi amacıyla tanımlayıcı karşılaştırılmalı araştırma yöntemine dayalı olarak, Hidroelektrik Enerji Santralleri hakkında bilgi sahibi olma, Hidroelektrik Enerji Santrallerinin insan sağlığına ve çevreye olan zararları, ülkemizde Hidroelektrik Enerji Santrallerinin kurulmasını destekleme durumunu anket biçiminde değerlendirilmiştir. Hidroelektrik Enerji Santrallerine ilişkin araştırmaların yeterli derecede olmaması nedeniyle İstanbul Üniversitesi'ne bağlı Mühendislik Fakülteleri Çevre Mühendisliği Bölümü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Eğitim Fakültesi ve Hemşirelik Fakültelerinde öğrenim gören öğrenciler'den oluşturularak örneklemenin, oransız küme örnekleme yöntemi ile seçilmiş, bilgi formunun uygulanması gönüllü olarak araştırmayı kabul eden öğrencilerden belirlenmiştir. Veri toplama aracı olarak, 'Bilgi Formu' ve 'Çevresel Tutum Ölçeği' kullanılmış, verilerin analizinde SPSS programı kullanılmıştır. Yapılan bu çalışmada Öğrencilerin çevreye yönelik tutumlarının öğrenim gördükleri bölüm, yükseköğretimde çevre ile ilgili eğitim alma, Hidroelektrik Enerji Santralleri hakkında bilgi sahibi olma, Hidroelektrik Enerji Santralleri'nin insan sağlığına ve çevreye vereceği zararlar, ülkemizde Hidroelektrik Enerji Santralleri'nin değerlendirilmesi üzerine bir çalışmadır (Bodur ve Şenyuva, 2013).

Bozulmamış doğal sistemler ve geleneksel yaşam varlığı, aynı zamanda çeşitli yatırımlar ve turizm için yoğun talep edilen kaynaklar anlamına gelmektedir. Bu nedenle su, kıyı, orman, yayla gibi bozulmamış doğal kaynakların ölçüsüz yatırım baskısı altında oldukları ortadadır. Bunlardan en önemlisi olan su, insan hayatı için en önemli unsurdur. Yapılan bu çalışmada ülkemizde enerji açığını kapatmak ve 'boşa akmasını önlemek' gibi tartışmalı gerekçelerle bütün su kaynakları, yurt sathında çeşitli tahsislere konu edilmektedir. Özellikle Hidroelektrik Santraller ve barajlar ile ilgili mevcut uygulamalar; ekolojik ve sosyo ekonomik olarak olumsuz sonuçlarını ortadan kaldırmak için yasal düzenlemeler oluşturularak, doğal ekosistemlerin korunmasını vurgulanması konu edilmiştir. Tüm yaşam destek sistemlerinin fiziksel ve kimyasal boyutlarda önünün

alınamayacağı şekilde, bozulmamış ekosistemlere muhtaç olan ekoturizmin önemi vurgulanmıştır. Ayrıca, Rize ve Artvin illerinde yapımına başlanan ve planlanan yaklaşık 200 hidroelektrik santrallerle alakalı, çevreye verecekleri zarar, yasal süreç ve doğa - ekoturizm bağlamında tartışılmaktadır (Kurdoğlu vd.,2010).

Hidroelektrik enerji kaynakları temiz ve yenilebilir olmaları, yerli doğal kaynak kullanılması, işletme ve bakım giderlerinin düşük olması, fiziki ömürlerinin uzun olması gibi nedenlerden dolayı kömür, doğal gaz ve petrol gibi fosil yakıtlardan elde edilen enerjiye göre daha çok yenilebilir ve çevreyle dost enerji olarak vurgulanmaktadır. Yapılan bu çalışmada çevreyle olan etkileşimleri olması yanısıra yenilebilir elektrik enerjisi üretimi için su kullanımıyla alakalı birçok yararları olması, genellikle hidroelektrik santrallerinin nehir ekosistem ve habitatına olan etkilerini araştırma konusu yapılmıştır. Bu çalışmada Nehir tipi hidroelektrik santrallerinin kurulmuş olduğu yerlerde sürdürülebilir bir sucul ekosistemin sağlanabilmesi için regülatörün bulunmuş olduğu yerden bırakılacak olan telafi suyu miktarına azami düzeyde önem gösterilmesi, göçmen balıkların üreme ve beslenme biyolojilerini yerine getirebilmeleri açısından menbaya doğru balık merdivenleri inşa edilmesi sucul ekosistem açısından önemli olduğu belirtilmiştir (Ak, 2009).

Hidroelektrik santrallerinin değerlendirme aşamasında çevreye verilen olumsuz etkiler yanında çalışmaya başlamasından sonra ekosistemin sucul bölgesinde meydana gelen olumsuzluklar açıklanma yapılarak anlatılmıştır. Yapılan bu çalışmada akarsular ve habitatların bozulmaya maruz kalacağı örneklerle beraber anlatılmıştır. Ayrıca Nehir Tipi Hidroelektrik santrallerin dere ekosistemlerin doğallıktan uzaklaşma (bütünleşme) nedenlerini gözlemlerle bağlantılı olarak anlatarak etkilerini belirterek düzeysel anlamda irdelenmesinin önemli olduğunun üzerinde durulmuştur. Bunun sonucunda Nehir Tipi Hidroelektrik Santrallerin, ülkemizde sucul ortamlarda bilimsel açıdan havza ölçeğinde ekosistemlerin devamlılığını sağlayacak ekohidrolojik ağırlıklı bir değerlendirme yapılması gerektiği Nehir Tipi Hidroelektrik Santrallerinin etkilerinin ekohidrolojik anlamda daha sağlıklı ve objektif olarak ele alınması gerektiği ortaya koyabilecek değerlendirme yapıldığı belirtilmiştir (Yurtseven, 2011).

Doğu Karadeniz havzası Türkiye'deki 26 ana su toplama alanlarından biridir. Melet Çayı, Harşit Çayı, Fol Deresi, Değirmendere, Karadere, Solaklı Deresi, Baltacı Deresi, İyidere, Pazar Çayı, Fırtına Deresi, Çağlayan Deresi ve Kapistre Deresi Doğu Karadeniz havzasının birbirine paralel olarak uzanan irili ufaklı çok sayıda akarsularıdır (Ak vd., 2008). Yapılan bu çalışmada zengin biyoçeşitlilik ulusal ve uluslararası düzeyde önemli doğal alanlara sahip olmasına rağmen, diğer havzalarda olduğu gibi Doğu Karadeniz Havzası'nda da önemli sorunlar ve tehditlerin; plansızca kullanılıp tüketilmesi, yanlış arazi kullanımı ve sürdürülebilir olmayan uygulamalar, bölgedeki doğal alanların zarar görmesi, doğal kaynakların önemi anlatılarak bilimsel çıkarımlar yapılmıştır. Ayrıca Doğu Karadeniz Havzası'daki başlıca sorunlar; plansız işletilen maden ocakları, organik ve kısmen tarımsal ve endüstriyel kirlilik, hidroelektrik santraller, plansız altyapı (yollar ve yapılaşma), olduğu belirtilmiştir (Tabak vd., 2001). Yenilebilir elektrik enerjisi üretimi için suyun kullanımının sonucunda çevreye bir takım etkilerinin olduğu belirtilmiştir. Bu etkileşimlerin hidroelektrik santrallerinin nehir ekosistem ve habitatına olan etkilerinin yanı sıra bölgede yer alan HES'ler için can suyu miktarlarının aynı kriterler baz alınarak hesaplanması (Örneğin, ÇEDGM son belirlediği %10); balık geçitlerinin aşağı göçlerde ve yukarı geçişlerde etkinliği ve kullanışlı olacak şekilde projelendirilmesi gerektiğinin önemi belirtilerek, alabalık ve barbus türlerinin göçlerinin alınması ve geçişlerin izlenmesi, işletme ve inşaat dönemlerinde etkinin kamu kurumları ve akademik izlenmesi, kamuoyuna sürekli bilgi akışı sağlanması yatırımların belli ölçüye çekilmesi, gerekiyorsa her akarsu için canlı yaşam devamlılığında korunması ile havza bazında kümülatif etkinin raporları çıkartılması sonuçlarına göre planlamalar yapılaması üzerine bir çalışmadır (Ak vd., 2009).

Türkiye dünyada hızla kalkınmakta olan ülkelerin başında gelmektedir. Tabii ki doğal olarak bu süreçte enerji ihtiyacı da aynı oranda artmaktadır. Ülkenin, enerji açığı ve tüketilen enerji kaynağı bakımından dışa bağımlı olan, bu konuda acil çözümler üretilmesi gerekliliğinin anlamı vurgulanarak enerji açığını kapatmak amacıyla, ülke olarak bir yandan yenilebilir enerji kaynaklardan rüzgâr ve güneş enerjisi gibi enerji çeşitlerinden üretim yaygınlaştırılmaya çalışılmakta, öte yandan kömür ve su gibi kaynaklardan da daha fazla yararlanma yolları araştırılması üzerine değerlendirilme yapılmıştır. Yapılan bu çalışmada genel olarak büyük ölçekli baraj tipi santrallerin yatırım maliyetleri ve işletme masrafları, küçük ve orta ölçekli santrallerin avantajlı olduğu

vurlanmıştır. Ayrıca Nehir Tipi Hidroelektrik Santrallerde su akarsu yatağından alınarak, belirli bir yükseklikten düşürülmek suretiyle türbinler döndürülmekte ve bu şekilde elektrik enerjisi üreten santraller depolamasız santrallerin olduğu anlatılarak, Karadeniz’de her dere üzerine kurulması planlanmış olması ve sonucunda yenilebilir ve çevre dostu olmaktan gittikçe uzaklaştığının ve geri dönüşümü mümkün olmayan çevresel sorunları da beraberinde getirerek; nehir tipi türbinlerin çalışma prensipleri üzerinde durulmuş ve Karadeniz bölgesinde inşası bitmiş ve devam eden çeşitli örnekler üzerinde enerji verimliliği ve çevresel faktörler açısından bir irdeleme gerçekleştirilmiştir (Ülke ve Sağlam, 2013).

Yenilebilir enerji kaynaklarının gün geçtikçe ön plana çıktığı ve ülkelerin karbon bazlı yakıt içeren enerji üretim tesislerinin çevreye verdiği zararın ispatlanmasıyla temiz enerjiye daha çok önem verdiği günümüzde; bilimsel ve teknolojik araştırmalar da temiz enerjinin kullanımını kolay kılan bulgular elde etmeye başladığı vurgulanmıştır. Yapılan bu çalışmada; güneş, rüzgâr, su gibi en temel enerji kaynaklarından daha fazla yararlanması gerektiği ve temiz enerji elde etme yöntemlerinden biri de Hidroelektrik Enerji olduğu belirtilmiştir. Engel tanımsızın akıp giden bir nehir düşündüğümüzde bu nehrin barındırdığı gücün enerjiye dönüştürülerek insanoğlunun kullanımına sunulması gerektiği belirtilerek, nehrin hareket enerjisinden elektrik enerjisinin elde edilip şebekeye aktarılmasının sağlanmasının uygun planlama evresinden geçirilip, çevresel, sosyal, ekonomik verimleri en iyi şekilde hesaplanmış olduğu belirtilmiştir. Yanlış uygulama yöntemi ve eksik planlama verileri ile kurulan bazı yapıların çevreye geri döndürülemez zarar verdikleri belirtilmiştir. Hidroelektrik Santrallerin yapıları, çalışma prensipleri, doğru planlama aşamaları ve çevresel faktörlerin araştırılmasının gerektiği TR81 bölgesinde kurulu olan veya kurulması planlanan HES’lerin analizleri, planlanan güçleri ve maksimum kapasiteleri elde edilerek açıklanmıştır (Baş, 2014).

Ülkemizde enerji üretiminde kullanılan temel kaynaklar kömür, petrol, doğal gaz ve hidroelektrikten oluştuğu belirtilmiştir. Yapılan bu çalışmada Nehir Tipi Hidroelektrik Santrallerin yapımı devlet tarafından teşvik edildiği, yapım sürecinde de sorunlar bulunduğu, Karadeniz bölgesinde yer alan santrallerin yapımına halk tarafından tepkiler gösterildiği vurgulanmıştır. Ayrıca, Düzce İl sınırları içerisinde yapılan, inşaat aşamasında olan ve yapılması planlanan Nehir Tipi Hidroelektrik santralleri ile Çevresel

Etki Değerlendirmesi çalışmaları bir arada değerlendirilerek, HES'lerin çevre üzerindeki etkileri, HES çalışmaları ile karasal ve sucul flora ve fauna, akarsu yatakları, akarsu su seviyeleri üzerinde önemli etkilerin olduğu belirtilmiştir (Uzun, 2011).

Çoruh Nehri üzerinde Muratlı Barajı ve HES 1999 yılında, Borçka Barajı ve HES 2007 yılında Deriner Barajı ve HES 2013 yılında yapımı tamamlanarak işletmeye alınmıştır. Barajların tamamı işletmeye alındığında yıllık 8322 GWh elektrik üretimi ile ülkemiz toplam enerji üretiminin yaklaşık %8'ini, Hidroelektrik santrallerden elde edilen toplam enerjinin ise yaklaşık %34'ünü oluşturduğu belirtilmiştir. Yapılan bu çalışmada; projelerin yapım sürecinde bazı maliyetler göz ardı edildiği, düşük maliyet gösterildiği belirtilmiştir. Dünya Bankası (DB) ve Uluslararası Para Fonu (IMF) gibi uluslararası finans kuruluşları, dünyanın pek çok bölgesinde özelleştirmelere mali ve teknik destek sağladığı ve yapılan çalışmaları teşvik ettiği belirtilmiştir. Ayrıca; özel sektör tarafından yapılan yatırımların devlete ek maliyet getirmemesi için, devlet tarafından gerekli tedbirler alınması gerektiği, elektrik ihtiyacını karşılamak ve enerji için diğer ülkelere bağımlılığı azaltmak için ülkemizin aşırı yağış alan Karadeniz bölgesinde enerji üretimine sokulması gerektiği, heyelan ve sel riski taşıyan bölgelerde yaşayan insanların daha güvenli bölgelere taşınmanın önemli olduğu, baraj ve santrallere karşı halkın tepki göstermesinin önemi araştırılmıştır (Küçükbaşol, 2015).

Türkiye hızla kalkınmakta olan bir ülkedir ve bu süreçte enerji ihtiyacı da aynı oranda artmaktadır. Enerji açığı ve tüketilen enerji kaynağı bakımından dışa bağımlılık, bu konuda acil çözümler üretilmesi gerekliliğinin önemi vurgulanmıştır. Yapılan bu çalışmada; enerji açığını kapatmak amacıyla, bir yandan rüzgâr ve güneş enerjisi gibi yenilebilir kaynaklardan enerji üretimi yaygınlaştırılmaya çalışılırken, öte yandan kömür ve su gibi kaynaklardan daha fazla yararlanma yolları araştırılmaktadır. Akarsular üzerine baraj yapılarak enerji üretiminin maliyetli olması ve deltalar başta olmak üzere doğal ekosistemler üzerindeki olumsuz etkilerinin anlaşılması sebebiyle 'Nehir Tipi Hidroelektrik Santral' yapımı son yıllarda öne çıkmaya başladığı vurgulanmıştır. Ayrıca, sayısı her geçen gün artan bu projelerin önemli bir kısmı, çevresel olarak telafisi mümkün olmayan sorunları da beraberinde getirdiği belirtilmiştir. Nehir Tipi Hidroelektrik (HES) projelerin ekolojik ve sosyal açıdan oluşturduğu ve oluşturacağı sorunlar Ayancık HES Örneğinde tartışılmaya çalışılmıştır (Yılmaz vd., 2012).

Bu çalışma da, kontrol sisteminin prototipi alternatörün frekansı sıfır geçiren santrallerin bağlaşımlı sisteme dalgalanmalarını kısa sürede giderilmesi konusunda sistemde mikrodenetleyici kayıplar ile tepki maliyet açısından uygun bir kon sistemi ile sistemin toplam verimi, donanım ömrü, esneklik ve sitem artırılması konusunda tasarlanması, mikro ve mini hidroelektrik santrallerinde (HES) kullanılmaya uygun olduğu konusunda incelenmesi, şebeke frekansı referans alınarak türbin giriş suyu ayarını yapabilen elektronik bir kontrol sisteminin prototipi gerçekleştirildiği vurgulanmıştır. Mikro denetleyici tabanlı bu alternatörün frekansı sıfır geçiş devresi ile ölçülmesi, tasarlanan bu sistem santrallerin bağlaşımlı sisteme bağlanmasını kolaylaştırması ve dalgalanmalarını kısa sürede giderilmesi konusunda bilgi verilmektedir. Ayrıca, bu sistemde mekaniksel kayıplar, tepki süresi, az süreye indirilmesi, kar maliyet açısından uygun bir kontrol sistemi, sistemin toplam verimi, donanım ömrü, esneklik ve sistem araştırılması üzerine mikrodenetleyici tabanlı bir elektronik çalışma olduğu vurgulanarak, elektronik olan governor sistemi, planlanmasını, frekans dalgalanmalarının en aza indirilmesi konusunda governor sistemi ile sistemin verimi, ömrü, esneklik ve sistemin güvenilirliği artırılması üzerine detaylı bir araştırma konusu üzerine çalışmadır (Dalcı vd., 2012).

Macahel bölgesinde hayvan türleri, tüm Türkiye hayvan varlığı içinde çok özel ve özgün bir yere sahip olduğu vurgulanmıştır. Yapılan bu çalışmada Kaçkar Dağları'nın ormanları, ılıman yağmur ormanları özelliğine sahip olması sebebiyle dağların bu yapısı, içinde barındırdığı hayvan türlerine zengin ve değişik yaşama alanları bulunduğu, bu küçük bölge, jeolojik dönemlerde ve günümüzde hayvan türleri için önemli bir sığınma alanı olduğu belirtilmiştir. Doğu Karadeniz Bölgesi'nde çok ender bulunan beş Trichoptera türünün on sekizi burada olduğu belirtilerek insan etkisinden önemli ölçüde korunduğu vurgulanmıştır. Ayrıca Kafkasya ve Doğu Karadeniz Bölgesi ile sınırlı olan ve Kafkasya bölgesine ait olarak bilinen türlerin yarısının burada temsil edildiği belirtilerek bölgenin doğası, organik ürünleri, yöresel yemekleri, bal üretimiyle mikroklima bölge olması sebebiyle üzerine yapılması düşünülen Nehir Tipi Hidroelektrik Santrallerinin çevreye etkileri üzerine bir çalışmadır (Ulaş ve Işın, 2010).

Doğadaki tüm canlıların yaşamlarını sürdürebilmek için kullandıkları en önemli güç kaynaklarından birisi enerjidir. İnsanoğlu bu enerji gereksinimini tarih boyunca

çeşitli kaynaklarından sağlamıştır. Kömür, petrol, doğalgaz gibi fosil nitelikli kaynaklar ile nükleer enerji kaynaklarının yanı sıra en fazla kullanılan enerji kaynaklarından birisi de su'dur. Enerji üretimi, tüketiciye iletilmesi ve tüketilmesi sürecinde kullanılan kaynağın türü fark etmeksizin çevresel bir etki oluşturduğu vurgulanmıştır. Yapılan bu çalışma da, kaynakların tükenmesi, enerjinin arz ve talebinin yarattığı ekonomik ve sosyal sorunlar arasında çevre politikalarının temel konuları arasında ele alınmıştır. Enerji kaynakların kullanım alanlarının uluslararası, ulusal düzeyde, üretimin gerçekleştirilmesi, günlük yaşama kadar her alanda elzem olan enerji kaynakların bulunması gerekse de elde edilmesi açısından devletler için oldukça önemli sorunlara yol açmakta olduğu vurgulanmıştır. Yenilenemez kaynaklar olarak ayırt edilen fosil yakıtlar ile nükleer enerjinin ve fosil yakıtların tükenme tehlikesi, kirlilik gibi nedenlerden dolayı devletleri alternatif enerji kaynaklarına yöneltmekte olduğu belirtilmiştir. Değirmenlerin ve barajların bulunması ile birlikte enerji üretiminde de kullanılmaya başlanması yerel, bölgesel ve küresel ölçekte çevresel zararlar sonucunda biyolojik çeşitliliğin zarar görmesi, yeraltı suların azalması, deltaların erimesi, toprağın bozulması, ekonomik ve sosyal bozulma zincirinin halkalarının parçası olarak ekosisteme yayılması konusu üzerinde durulmuştur. Ayrıca HES'lerin çevresel sorunları, devletlerin enerji politikaları, nüfusun artması, sanayileşmenin gelişmesi, HES'lerin ucuz ve yenilebilir olması, daha fazla yapılmaya başlanmasıyla çevresel açıdan meydana gelen sorunlar üzerine bir çalışmadır (Saçlı, 2013).

Yapılan bu çalışmada Ceyhan Hidroelektrik Santral (HES) Projeleri, Oşkan ve Berkman adı altındaki iki santral yeri olarak belirlenmesi konusunda Oşkan HES bulunduğu yerdeki alüvyon malzemenin 10-2-10-3 cm/sn olup çok geçirimli olduğu; Berkman HES yerindeki alüvyon malzeme ise 10-3-10-5 cm/sn değerinde olduğu HES tesislerin inşaat aşamasında zeminde oluşacak sızmanın kontrolü için kazı aşamasında inşaat alanında Jet GROUTING yöntemiyle beton kolonlardan oluşan bir perde uygulaması yapılması vurgulanmıştır. Ayrıca uygulamanın istenilen verimi sağlamadığı, gövde eksenini dolu savak üzerinde projelendirilen hat ise verimli çalışması için Slurry Trench yöntemiyle plastik beton duvar uygulaması ile gerçekleştirilmiş ve kullanılan teknoloji yardımı nedenleri incelenmiştir. Kullanılan malzemenin laboratuvar sonuçları teknik özellikleri çalışmanın kapsamı detaylı bir şekilde konu içerisinde yansıtılması jeoteknik çalışmalar ayrıntılarıyla anlatılmıştır (Püsküllüoğlu ve Türkmen, 2012).

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Materyal

2.1.1. Çalışma Alanı Solaklı Vadisinin Genel Mevkii Özellikleri

Trabzon ilinin güneydoğusunda olan çalışma alanımız Of ilçesinin güneyin kesiminde olan Solaklı Havzası alanı içerisindedir (Şekil 27).

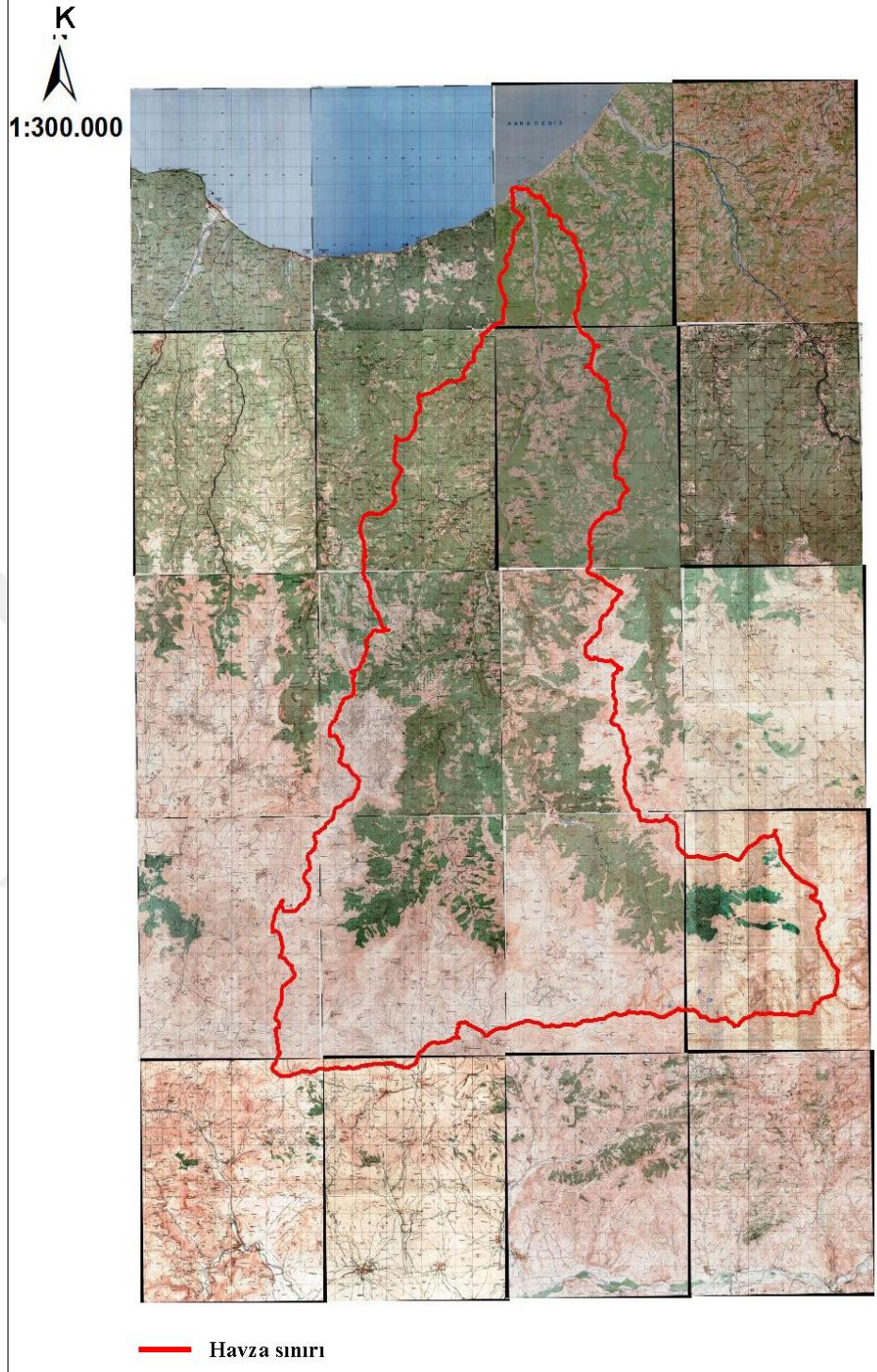


Şekil 27. Araştırma alanının yeri (Google Maps, 2019).

Trabzon Karadeniz Bölgesi'nin doğusunda bulunmakla ve 4.685 km²'lik alanıyla ülkemizin % 0,6'sını teşkil etmektedir. 41° kuzey enleminde ve 39°43' doğu boylamında bulunan, Asya ve Ortadoğu transit yolunun batısında tabii bir liman kenti olarak kurulmuş bir şehir olan Trabzon ili Doğu Anadolu'nun kuzeydoğusunda bulunur.

Trabzon'un %30'u dağlık %60'ı içeriye doğru gidildikçe yükselen 25-30 nm arasında değişkenlik gösteren alanlardan oluşan %10'u düzlük olan il toprakları genellikle engebeli ve doğusunda da Rize, güneydoğuda Bayburt, güneyde Gümüşhane, batıda Giresun illeri, kuzeyde Karadeniz ile çevrilidir.

Solaklı Deresi Havzası, 12 paftayı içeren topoğrafik haritalar olarak, Trabzon G44 ve H44 1/25.000 ölçekli haritalar da görülmektedir (Şekil 28). Çalışma alanı olan Solaklı Deresi havzasının toplam alanı 758,822 km² ve havzanın toplam çevresi 180,479 km'dir.



Şekil 28. Araştırma alanın topoğrafik haritası.



Şekil 29. Çambaşı HES'in harita üzerindeki konumu.

Üç farklı ilçedeki topraklardan meydana gelen Solaklı havzası, Of, Dernekpazarı, Çaykara'dan meydana gelir. İlçelerin içinde en geniş olanı güneyde bulunan Çaykara'dır. Çaykara ilçesinin, doğu bölümde Karadeniz Bölgesi, güneydoğusunda Trabzon ili, $40^{\circ} 15'40''30''$ doğu boylamları ve $40^{\circ} 33'-40^{\circ} 55'$ kuzey enlemleri arasında bulunur. Kuzeydoğusunda Of, batısında Sürmene, doğusunda Rize'nin İkizdere ilçesi, güneyinde Bayburt İli bulunmaktadır. Çaykara İlçesi sahilinden 280 m yükseklikte ve 25 km içeride ve Bayburtla Of arasında bulunmaktadır. Yerleşim alanı güneyden kuzey istikametinde olup Of, Çaykara, Dernekpazarı ve Uzungöl civarında toplanan Solaklı Çayı dar uzuncudur.

Arazi eğimi; arazinin engebelilik derecesini ifade eder. Arazi eğimi erozyon, toprak derinliği, yüzeysel akış, sıcaklık ve iklim gibi bazı parametreler üzerine atki yapmaktadır. Eğim derecesi arttıkça yağış sularının yüzeysel akışı artar.

2.1.2. İklim Özellikleri

Ağustos ayı sıcaklık ortalaması 23 °C, Şubat ayı soğuk olduğundan sıcaklık ortalaması 7 °C'dir. Yağış miktarı metrekareye ortalama 830 mm'dir. Yıl boyunca 51 gün güneşli, gene yıl boyunca 174 gün kapalı hava etkisi görülmekle birlikte 140 günde bulutlu hava etkisi özelliği göstermektedir.

Yükseklere çıkıldığında geçiş iklim özellikleri göstermekle beraber ortalama sıcaklıklar sahil kesiminden 4-7 °C daha az seviyelerde görülmektedir. Çaykara ilçesinde, ılıman serin iklim özelliği görülmektedir.

2.1.3. Yağış

Çalışma alanımızın ortasında bulunan Çaykara ilçesinin yağış alanın özellikleri genellikle kuzeyden gelen sistemlerin etkisiyle birlikte getirdiği nemli hava kütleleri, bölge üzerindeki dağların bulunduğu alanın etkisiyle önemli kısmı nemli ve bol yağış yıllık yağışı 1000 mm olup ortalama yağış miktarı 1121 mm seviyelerinde olduğu düşünülmektedir.

2.1.4. Su Kaynakları

Haldizen deresi 3376 m yükseklikte bulunan Demirkapı yaylasından doğup kuzeybatı istikametinde ilerleyerek tabii ve doğal özelliklere sahip olan Uzungöl'e ulaşarak ondan sonra batı istikametinden gelen Balkodu deresiyle birleşerek çalışma alanımız olan Solaklı deresini meydana getirerek kuzey yönünde akışını sürdürerek Çaykara ilçesiyle beraber Of'a ulaşarak Karadeniz'e ulaşır.

Çalışma alanımız; hassas öneme sahip göller bakımından değerlendirildiğinde ilk sırada Uzungöl yer almaktadır. Havzanın diğer önemli bölümü Demirkapı Köyü ve yaylasında Balık Gölü, Aygır gölü, Sarı Göl, Karagöl, Pirömer Gölü, Küçük Göl, Buzlu Göl'ler önemli yer tutmaktadır.

2.1.5. Bitki Örtüsü

Karadeniz Bölgesinin önemli bir bölümü olan Solaklı Havzası doğal bitki örtüsü, olarak kuzey kesimlerinde bol yağış alması sebebiyle oluşan yoğun bir orman örtüsü ile kaplıdır. Doğu Karadeniz bölgesinin güneydoğusundaki Haldizen Dağı'nın güney yamaçlarında çam ormanları bulunur.

Solaklı Deresi Havzası'nın toplam ormanlık alanı 29,134 ha, toplam mera alanı 8,576 ha, tarım alanı 13,158 ha, yerleşim yeri toplam 1,330 ha ve 23,523 ha alan da orman toprağını kapsamaktadır.

2.2. Hazırlık Çalışmaları ve Örnekleme Noktaları

Solaklı Deresi Havzasının Taşkiran Mevkii kısmı temel alınarak (1. Nokta), Ataköy kısmının köprü ayağının 250 metre kısmı temel alınarak (2. Nokta), Çambaşı HES'nin memba kısmı (3.Nokta) temel alınarak, yerinde ölçüm yapılması laboratuvarında analiz edilmek üzere yüzeysel ham su örnekleri alınacak örnekleme noktaları belirlenmesi amacıyla; ilki 2017 yılının Ekim ayında, ikincisi 2017 yılının Kasım ayında olmak üzere iki kere çalışma sahası gezilmiştir ve ölçüm yapılacak noktalara karar verilmiştir.

Böylece Solaklı Deresi üzerinde Çaykara İlçesi çıkışında bulunan Nehir Tipi Hidroelektrik santral şeklinde inşa edilmiş ve işletmede olan çalışma konumuzu içeren Çambaşı HES Santrali (3.Nokta), 6 km yukarısında (2.Nokta), Uzungöl yolu üzerinde Taşkiran Mevkii, Çambaşı Regülatörün 2 km yukarısında (1.Nokta) üç tane örnekleme noktası belirlenmiştir.



Şekil 30. 1 Numaralı örnekleme istasyonu (Taşkiran Mevkii).



Şekil 31. II numaralı örnekleme noktası (Ataköy Köprü 250 m aşağısı).



Şekil 32. III numaralı örnekleme istasyonu (Çambaşı HES).

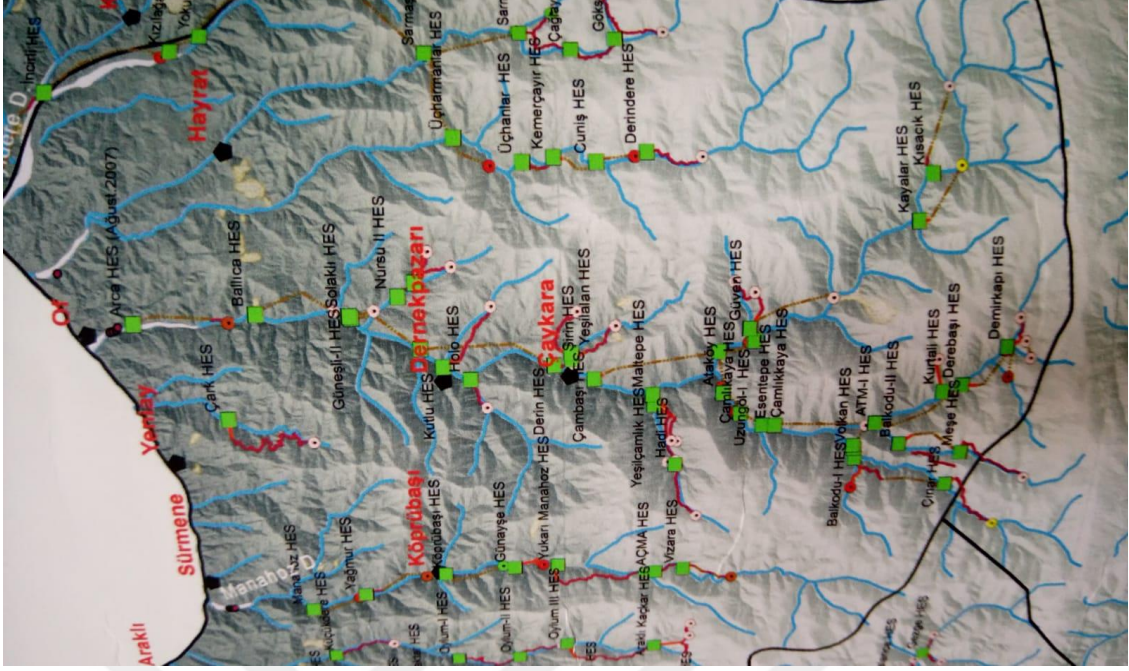
Hach Lange HQd Field multi cihazı kullanılarak arazide direkt olarak, çözünmüş oksijen (mg/l), sıcaklık (°C), pH, elektriksel iletkenlik (mS/cm), çözünmüş katı madde parametreleri ölçümü gerçekleştirilmiştir (Şekil 33). Hach Lange HQd Field multi cihazı, her ay arazi çalışmalarında su kalitesi parametreleri ölçülmeden önce kalibre edilmiş ve cihazın doğru ölçüp ölçmediği kontrol edilmiştir. Çalışma sonunda cihaz saf su ile temizlenerek bir sonraki kullanıma kadar muhafaza edilmiştir. Cihazın kullanım süresince, kullanılan standartlar ve problemlerin, kullanım ömürlerine bağlı kalınarak yenileriyle değiştirilmiştir.



Şekil 33. Su örnekleme numune ölçümleri.

2.2.1. Arazi Çalışmaları

Arazi çalışmaları Çaykara İlçesi çıkışında bulunan Çambaşı HES başlayarak Uzungöl yolu üzerinde Taşkiran Mevkii kısmına kadar belirlenen noktalar arsındadır. Çalışma 2017 Kasım - 2018 Ekim tarihleri arasında bir yıl süreyle her ayın ortasında ölçüm yapılacak şekilde yürütülmüştür. Ölçülecek parametreler için Çambaşı HES'in kuyruk suyunun bulunduğu yerden Taşkiran Mevkii arasında 3 farklı ölçüm noktası seçilmiştir. Her bir noktadan suyun kalite ölçüsünü gösteren numuneler alınmıştır.



Şekil 34. Solaklı Vadisi HES'ler ve Çambaşı HES haritası.

2.2.2. Numune Alınması ve Saklanması

Solaklı havzası akarsularında belirlenen üç istasyonlardan altı tane su numunesi alınarak her ay Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Su Kimyası Laboratuvarında analiz edilmiştir. Su numuneleri Yüzey Suları Su Kalitesi Yönetimi Yönetmenliğine bağlı olarak ileri sürülmüş su numunesi alma tebliğine göre su kaynağını en iyi temsil edecek noktalardan, akarsu yüzeyinden yaklaşık 50 cm derinlikten ve akıntı yönüne doğru alınmıştır. Numune alım noktasının sıcaklığı, çözünmüş oksijen yüzdesi, elektriksel iletkenlik, toplam çözünmüş katı madde ve pH'sı numune alım sırasında elektrometrik yöntemle ölçüm yapan taşınabilir arazi tipi Hach Lange HQ40D multiprobla ölçülmüştür.

Araç ve Gereçler, Hach Lange HQ40D multiprobla ve 6 adet 1 L su numune kaplarıyla su numune örnekleri alınarak; Arazi çalışmaları 2017 Kasım - 2018 Ekim tarihleri arasında Çaykara İlçesi çıkışında bulunan Çambaşı HES başlayarak Uzungöl yolu üzerinde Taşkiran Mevkii kısmına kadar belirlenen noktalar arasındadır.

Yapılan ölçümler ve izlenen parametreler: Çalışma bölgesinde belirlenen istasyonlardan alınan su numuneleri üzerinde arazide öncelikle fiziko-kimyasal

parametreleri (su sıcaklığı, çözünmüş oksijen ve yüzdesi, elektriksel iletkenlik, TDS, pH) yerinde Hach Lange multiprob kullanılarak ölçülmüştür. Kimyasal diğer parametreler ise örnek şişelerinin buz kaplarında laboratuvara ulaştırılmasıyla laboratuvar koşullarında analiz edilmiştir.

2.2.3. Fizikokimyasal Su Kalite Parametreleri Tespit Yöntemleri

2.2.3.1. Su Sıcaklığı

Sucul ortamlarda sıcaklık önemli fiziksel su kalite parametrelerdir. Suda çözünmüş oksijen miktarını su sıcaklığını etkilemektedir. Sıcaklık arttıkça sudaki çözünmüş oksijen miktarı azalır. Çünkü gazların çözünürlükleri sıcaklıkla birlikte azalır. Dolayısıyla sıcaklığı düştükçe sudaki çözünmüş oksijen miktarı artar. Suyun sıcaklığı, kimyasal maddelerin ve gazların sudaki çözünürlükleri biyolojik etkinliğe etki eder (EPA, 2002). Su sıcaklığı numune alınırken Hach Lange HQ40D marka multi metre ile elektrometrik olarak yapılmıştır.

Tablo 15. Kıtaiçi su kaynaklarının sınıflarına göre sıcaklık kalite kriterleri (SKKY, 2004).

Su Kalite Özellikleri	Su Kalite Sınıfları			
	I	II	III	IV
Sıcaklık (°C)	25	25	30	> 30

2.2.3.2. pH

Sucul ortamın pH'sı ortamda bulunan hidrojen iyonlarının konsantrasyonuyla ilişkilidir. Suyun pH'sı suda kalsiyum bikarbonat ve alkali tuzlar gibi maddeler bulunursa alkali. Fazla karbondioksit asidik özellik gösterir (EPA, 2002). Su kaynaklarında sucul yaşam sağlığı açısından değerleri 6,5-8,5 arasındadır. Suyun pH'sı Hach Lange HQ40D marka multi metre ile arazide elektrometrik olarak ölçülmüştür.

Tablo 16. Kıta içi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre ph Kalite Kriterleri (SKKY, 2004).

Su Kalite Özellikleri	Su Kalite Sınıfları			
	I	II	III	IV
pH	6,5-8,5	6,5-8,5	6,0-9,0	6,0-9,0 dışında

2.2.3.3. Çözünmüş Oksijen ve Doygunluğu

Çözünmüş oksijen ve doygunluğu sucul ortamda fotosentez ve solunum ilişkisi açısından önemli bilgi vermesinin yanında ekolojik denge hakkında faydalı bilgiler içermektedir. Çözünmüş oksijen canlıların yaşamlarında enerji kaynağı olup yaşamlarının devamı için önemli parametrelerdendir. Mevsime, günün saatine, suyun akış hızına, akarsuyun morfolojik yapısına ve kirlilik durumuna göre değişir. Doğal sulardaki oksijen miktarları ile sıcaklık arasında ilişki vardır (Power vd.,1995). Hach Lange HQ40D marka multi metre ile optik luminesan ölçüm prensibine göre ölçülmüştür.

Tablo 17. Kıta içi Su Kaynaklarının Sınıflarına göre Çözünmüş Oksijen Kalite Kriterleri (SKKY, 2004).

Su Kalite Özellikleri	Su Kalite Sınıfları			
	I	II	III	IV
Çözünmüş oksijen (mg O ₂ /L) ^a	8	6	3	< 3

2.2.3.4. Toplam Çözünmüş Katı Madde

Suda az miktarda çözünmüş olan maddeler organik ve inorganik tuzlardan kaynaklanmaktadır. Çözünmüş katı madde içinde bulunan başlıca iyonlar karbonat, bikarbonat, klorür, sülfat, nitrat, sodyum, potasyum, kalsiyum ve magnezyumdur. Suda çözünmüş olan maddeler sertlik, korozyon, gibi suyun özelliklerine etki ederek kabuklanmaya sebep olurlar. Toplam çözünmüş maddeler doğal kaynaklardan, lağım atıklarından, şehir drenaj sularından ve endüstriyel sulardan kaynaklanmaktadır. Litrede 1000 mg'dan fazla çözünmüş madde bulunan içeren suları, içeren fizyolojik olarak etki lemezler. Sucul ortamda bulunan çözünmüş katı maddelerin miktarı ve çeşitleri, o ortamdaki bitki ve hayvanların çeşitliliğine zarar verirler. Fitoplanktonlar sucul ortamda

yerleşen besleyici çözünmüş maddelerden faydalanırlar (Allan ve Flecker, 1993). Hach Lange HQ40D marka multi metre ile elektrometrik olarak ölçülmüştür.

Tablo 18. Toplam çözünmüş katı madde miktarına göre su sınıflandırılması (Karr, 1998).

Katı Madde Miktarı (mg/l)	Sınıf
0-1000	Tatlı Su
1000-10.000	Acı Su
10.000-100.000	Tuzlu Su
100.000 den fazla	Deniz Suyu

Tablo 19. Kıta içi Su Kaynaklarının Sınıflarına göre çözünmüş katı madde kalite kriterleri.

Su Kalite Özellikleri	Su Kalite Sınıfları			
	I	II	III	IV
Toplam çözünmüş madde (mg/L)	500	1500	5000	> 5000

2.2.3.5. Elektriksel İletkenlik

Sulardaki iyon konsantrasyonunun açıklanabilmesi için geliştirilen bir parametredir. Sularda bulunan çözünmüş katı maddelerden kaynaklanmaktadır. Doğal sularda başlıca çözünmüş katı maddeler genellikle nitratlar, fosfatlar, karbonatlar, sülfatlar ve klorürlerdir. Ancak sularda elektriksel iletkenliği etkileyen en önemli parametre tuzluluktur. Bu yüzden tuzluluk ve elektriksel iletkenlik yakından ilişkili olan önemli ikili parametrelerdir. Çözünmüş tuzlarca zengin olan su ürünlerinde yaşayanları etkilediği için, elektriksel iletkenlik hayati önem kazanmaktadır (Bobat vd., 2002). Elektriksel iletkenlik Hach Lange HQ40D marka multi metre ile elektrometrik olarak ölçülmüştür.

Tablo 20. Suların özgül elektriksel iletkenliği esas alınarak yapılan sınıflandırılması (Karr vd., 1998).

EC (25°C de (Microohm/cm))	Sınıf
250'den az	Çok iyi
250-750	İyi
750-2000	Kullanılabilir
2000-3000	Şüpheli
3000'den fazla	Kullanılamaz

2.2.3.6. Askıda Katı Madde

Askıda Katı Madde su içerisinde bulunan çözülen veya çözülmeyen maddelerin toplamıdır. Genellikle sediment maddeleri, çamur veya kil mineralleri, koloidal organik madde parçaları ve planktonlardan ibarettir. İnsan faaliyetleri sonucu olarak yüzey sularındaki askıda katı maddelerin miktarı artabilir. Aynı zamanda suda bulunan Toplam Askıda Katı Madde belli bir miktardan sonra genellikle suyun fiziksel olarak kirlenmesine neden olurlar. Dolayısıyla suyun bulanıklaşmasını, yoğunlaşmasını, toksisitesini artırabileceği gibi ışık geçirgenliğini ve oksijen miktarlarını azaltarak fauna ve flora üzerine çökerek sudaki canlılara zarar verirler. Askıda Katı maddelerin etki derecesi bu maddelerin türüne, miktarına, su canlıların cinsi ve büyüklüğüne göre değişmektedir. Hach Lange HQd Field Case multi cihazı ile ölçülmüştür.

2.2.3.7. Nitrit Azotu

Nitrit Amonyum oksidasyonunda bir ara üründür. Doğal sularda olan konsantrasyonları düşüktür. Bu durumun sebebi ise indirgenme ve yükseltgenme reaksiyonlarında geçiş ürünüdür. Bu sebeple nitrit ya oksitlenerek nitrata ya da indirgenerek amonyağa dönüşürler. Yüksek konsantrasyonlara çıkabilmeleri için organik kirlenmenin nedeni ise çözünmüş oksijenin düşük olmasıdır. Sularda nitritin nedeni azotlu gübreler, organik maddeler ve bazı minerallerdir. Yerleşim yerlerinde bulunan nitrit meydana gelmesinin nedeni organik maddelerdir. Nitritin yüksek miktarlarda suda bulunmasına izin verilmemelidir (Bobat, vd., 2002). Nitrit tayininde su örnekleri Hach Lange HQd Field Case multi cihazı ile ölçülmüştür.

2.2.3.8. Nitrat Azotu

Su kalite analizlerinde Nitrat duyarlı yöntemlerden en zor olanıdır. Nitrat azotu yüzey sularında az miktarda olmasına rağmen yer altı sularında yüksek oranda bulunurlar. Evsel atık sularda düşük konsantrasyonda bulunan nitrat biyolojik arıtma çıkışlarında giriş suyunun toplam azot çıkışlarında giriş suyunun toplam azot içeriğine bağlı olarak 0-50 mg NO₃ –Azotu/L değerleri aralığında olabilir (EPA, 2002). Nitrat tayininde su örnekleri için Hach Lange HQd Field multi cihazı kullanılmıştır.

2.2.3.9. Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı

Suda mevcut çözülmüş oksijenin, yine sudaki mikroorganizmalar tarafından ne kadar hızlı kullanıldığını tespit eden kimyasal bir yöntemdir. Bir başka deyişle, sudaki organik maddelerin, suda mevcut bulunan mikroorganizmalar tarafından 5 günlük süre sonunda kullandıkları oksijen miktarıdır (EPA, 2002). Bu değer sudaki organik kirlilik yükü hakkında belirli ölçüde bilgi vermektedir. Organik kirlilik tespitinde çoğunlukla kullanılan bir su kalite parametresidir. Kıtaiçi Yerüstü Su Kaynaklarının Sınıflarına göre Kalite Kriterleri içerisinde yer alan BOI₅ değeri bir su örneğinde 4 mg/L'den az ise I. sınıf (Yüksek kaliteli) 4-8 mg/L ise II: sınıf (Az kirlenmiş), 8-20 mg/L ise III. Sınıf (Kirlenmiş su) ve 20 mg/L'den fazla ise IV: sınıf yani çok kirlenmiş bir su kaynağı olduğu ifade edilmektedir.

2.3. Hach Lange HQd Field Multi Cihazı Kalibrasyonu

Kalibrasyon, sensörlerle doğru ölçüm ve doğru ölçümleme yapılabilmesi için önemli bir işlemdir. Genel anlamda kalibrasyon, belirlenmiş koşullar altında, ölçme sisteminin veya ölçme cihazının gösterdiği değerler ile ölçüm ölçülen büyüklüğün bunlara karşılık geldiği bilinen değerleri arasındaki ilişkiyi belirleyen işlemler dizisi olarak tanımlanmaktadır. Pratikte en yaygın kullanımını esas alınırsa, bir ölçü yeteneği kazandırmak (ayar) ve/veya bu yeteneği test etmek için (kontrol) işlemine kalibrasyon denir. Hach Lange HQd Field multi cihazın kalibrasyonu, ölçeceğimiz kimyasal su parametrelerine ait çözeltiler (standartlar) kullanılarak yapılmıştır. Her seferinde bir prop kalibra edilmiş ve ölçülecek proplar standartlara daldırılarak (her seferinde farklı bir

standart olacak şekilde) kalibrasyon işlemi yapılmıştır. Örneğin: pH probunu kalibre için pH 4, pH 7, pH 10 çözeltileri kullanılmıştır. Bu şekilde cihazın doğru ölçüp ölçmediğini konsantrasyonu bilinen çözeltiden anlaşılmıştır. Cihazımızın doğru ölçüp ölçmediğini anlamak için her ay araziye gitmeden önce kalibre edilmiştir.

2.4. Su Örneklerinin Alınması

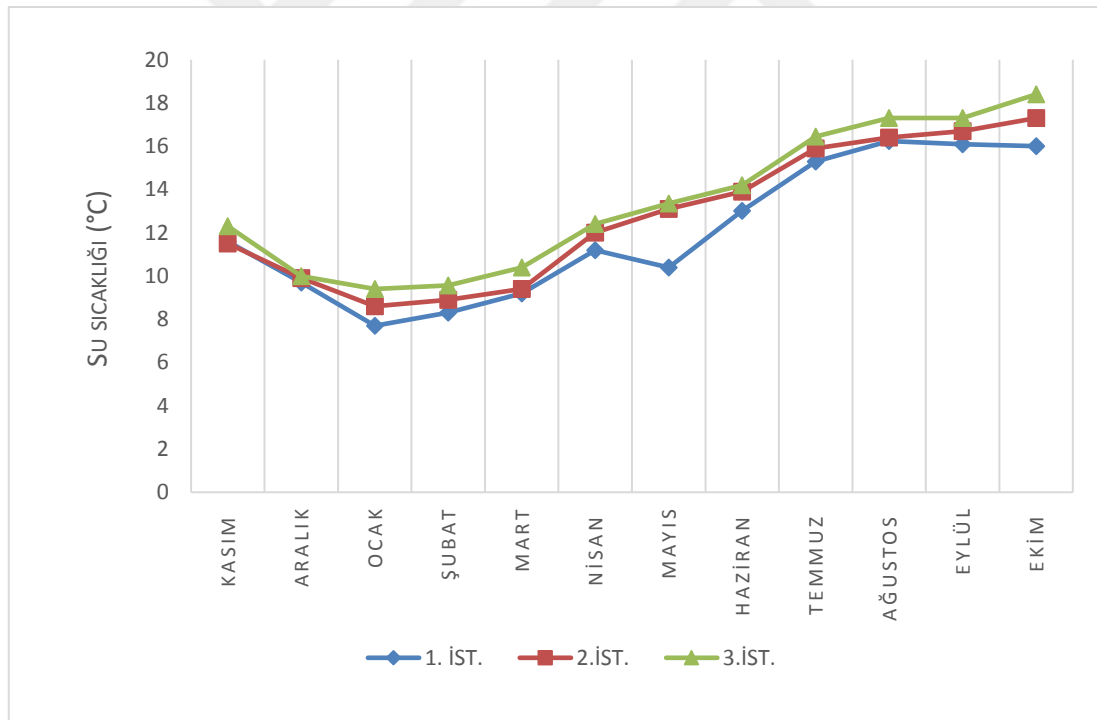
Çalışmada kullanılan fizikokimyasal analiz yapılacak su örnekleri tespit edilen istasyonlardan Ekim 2017 ile Ekim 2018 tarihleri arasında periyodik olarak ayda bir kez olmak üzere bir yıl boyunca Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Numune Alma ve Analiz Metotları Tebliği'ne uygun olarak alınmıştır (T.C. Resmi Gazete 2009). Örnekler 1L'lik polietilen şişelere birkaç kez çalkalanarak örnekleme şişelerinde hava boşluğu kalmayacak şekilde alınmıştır. Kimyasal verileri alınmak üzere aynı gün Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Su Kimyası Laboratuvarı'na getirilmiş ve fizikokimyasal analizleri yapılmıştır.

3. BULGULAR

3.1. Fizikokimyasal Su Kalite Parametreleri

3.1.1. Su Sıcaklığı

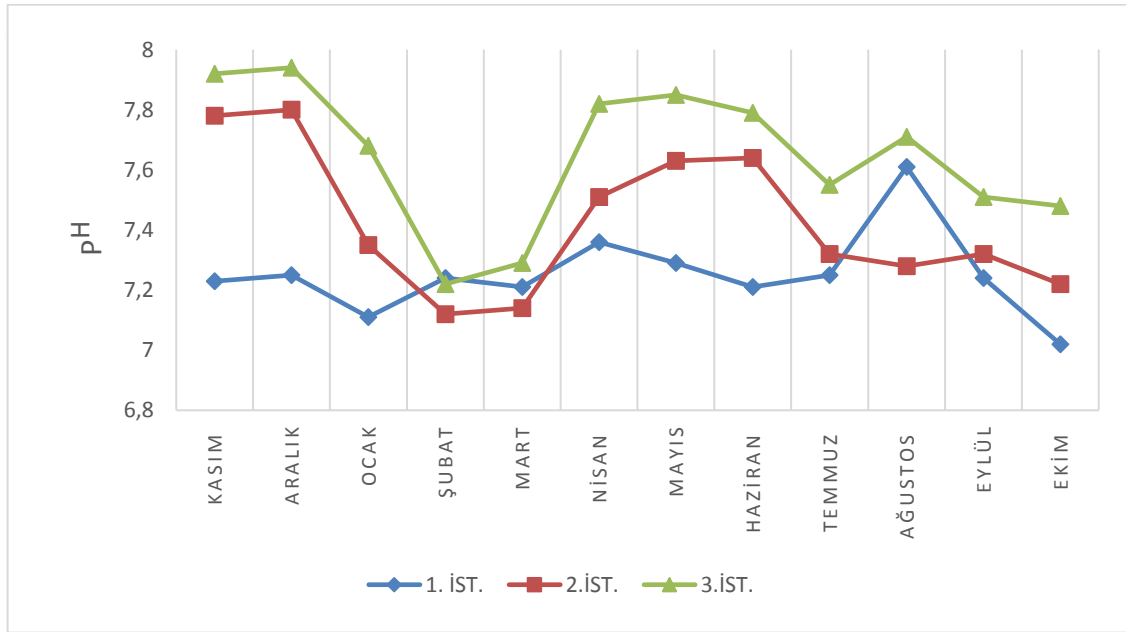
Çalışma periyodu sürecinde içerisinde yapılan su sıcaklığı ölçümleri sonucunda Solaklı havzasında su sıcaklığı değerleri 7,7 °C ve 18,4 °C arasında değiştiği, ortalama su sıcaklığının 12,76 °C civarında olduğu belirtilmiştir. En düşük su sıcaklığı (7,7 °C) Ocak ayında 1. Su alma noktasında (1. İst.) kaydedilirken en yüksek su sıcaklığı (18,4 °C) ise Ekim ayında 3. Su alma noktasında (3. İst.) ölçülmüştür. Su sıcaklığının yıllık değişimi mevsimsel eğilime uygun bir değişim göstermiş olup sucul yaşamı tehdit eden koşulların bu dönem içerisinde olduğu görülmüştür (Şekil 35).



Şekil 35. Su sıcaklığının aylara göre değişimi.

3.1.2. pH

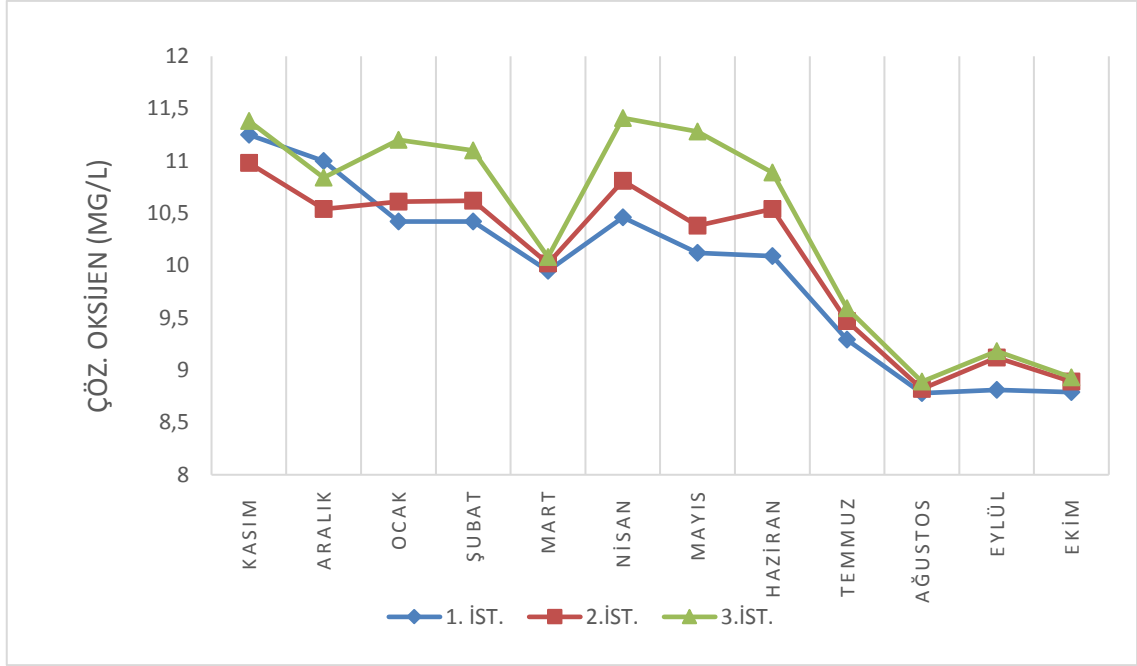
Çalışmada gerçekleştirilen pH ölçümleri sonucunda Solaklı havzasında periyodu sürecinde içerisinde yapılan pH ölçümleri sonucunda Solaklı havzasında pH değerleri 7,11 ve 7,94 arasında değiştiği, ortalama pH 7,44 civarında olduğu belirtilmiştir. En düşük pH (7,11) Ocak ayında 1. Su alma noktasında (1. İst.) kaydedilirken en yüksek pH (7,94) ise Aralık ayında 3. Su alma noktasında (3. İst.) ölçülmüştür. pH yıllık değişimi mevsimsel eğilime uygun bir değişim göstermiş olup sucul yaşamı tehdit eden koşulların bu dönem içerisinde olduğu görülmüştür (Şekil 36).



Şekil 36. pH değerlerinin aylara göre değişimi.

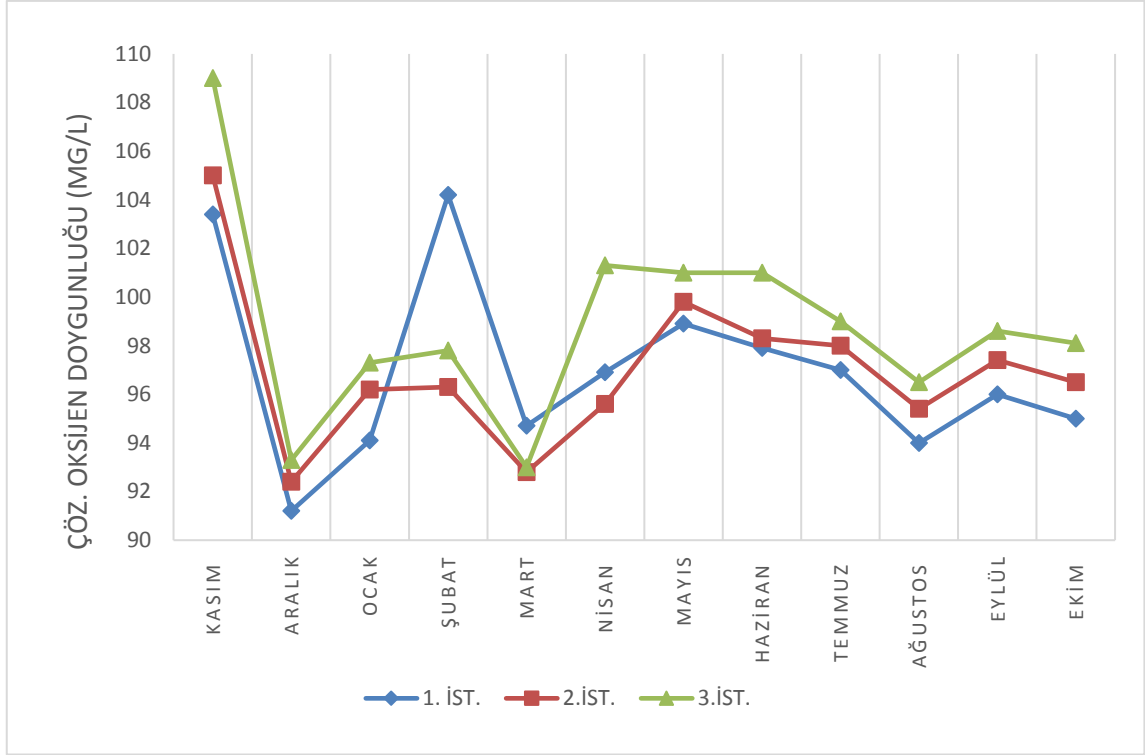
3.1.3. Çözünmüş Oksijen ve Doygunluğu

Çalışma periyodu sürecinde içerisinde yapılan çözünmüş oksijen ölçümleri sonucunda Solaklı havzasında çözünmüş oksijen değerleri 8,78 mg/L ile 11,41 mg/L arasında değiştiği, ortalama çözünmüş oksijen 10,14 mg/L civarında olduğu belirtilmiştir. En düşük çözünmüş oksijen (8,78 mg/L) Ekim ayında 1. Su alma noktasında (1. İstasyonda) kaydedilirken en yüksek çözünmüş oksijen (11,41 mg/L) ise Nisan ayında 3. Su alma noktasında (3. İst.) ölçülmüştür. Çözünmüş oksijen yıllık değişimi mevsimsel eğilime uygun bir değişim göstermiş olup sucul yaşamı tehdit eden koşulların bu dönem içerisinde olduğu görülmüştür (Şekil 37).



Şekil 37. Çözünmüş oksijen değerlerinin aylara göre değişimi.

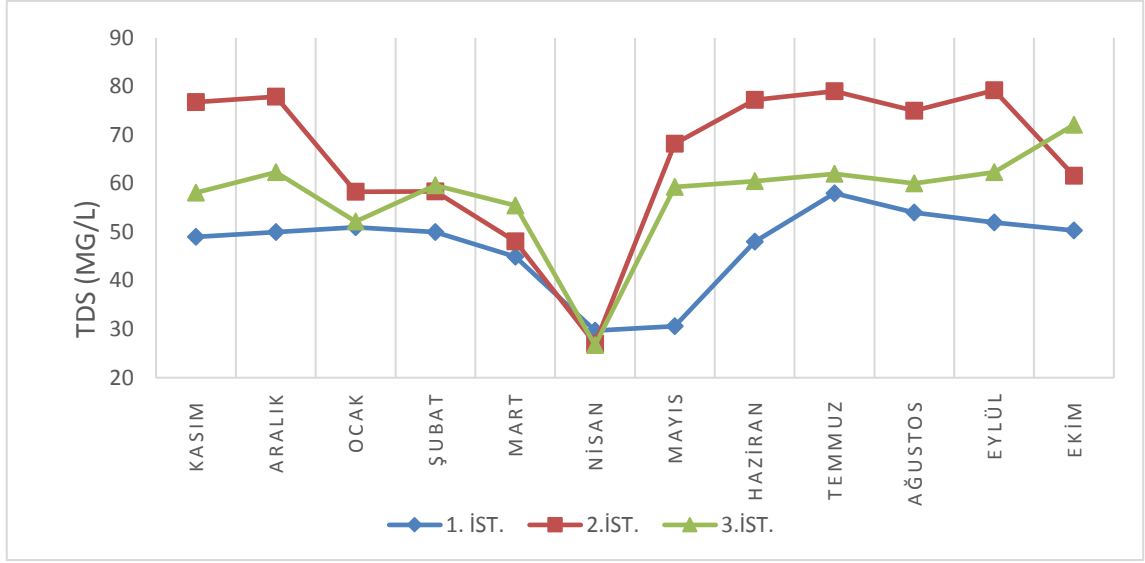
Çalışma periyodu sürecinde içerisinde yapılan çözünmüş oksijen doygunluğu ölçümleri sonucunda Solaklı havzasında çözünmüş oksijen değerleri % 91,2 mg/L ile % 109 mg/L arasında değiştiği, ortalama çözünmüş oksijen doygunluğu % 97,58 mg/L civarında olduğu belirtilmiştir. En düşük çözünmüş oksijen doygunluğu (% 91,2 mg/L) Aralık ayında 1. Su alma noktasında (1. İst.) kaydedilirken en yüksek çözünmüş oksijen doygunluğu (% 109 mg/L) ise Kasım ayında 3. Su alma noktasında (3. İst.) ölçülmüştür. Çözünmüş oksijen doygunluğu yıllık değişimi mevsimsel eğilime uygun bir değişim göstermiş olup sucul yaşamı tehdit eden koşulların bu dönem içerisinde olduğu görülmüştür (Şekil 38).



Şekil 38. Çözünmüş oksijen doygunluğunun aylara göre değişimi.

3.1.4. Toplam Çözünmüş Katı Madde

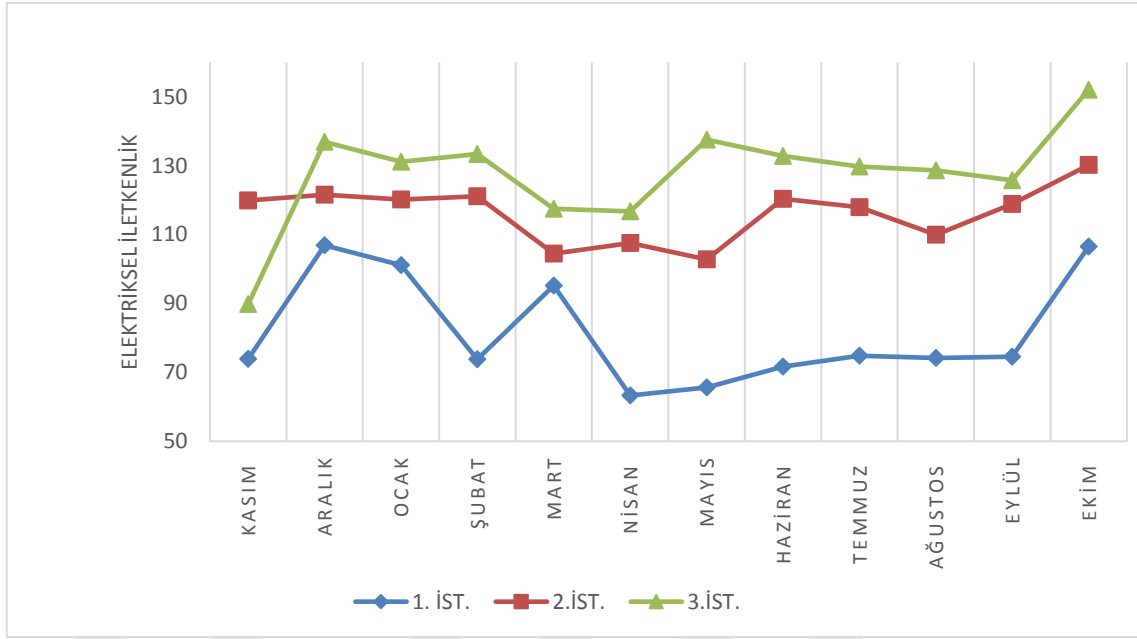
Çalışma periyodu sürecinde içerisinde yapılan TDS ölçümleri sonucunda Solaklı havzasında TDS değerleri 26,7 mg/L ve 79,2 mg/L aralığında değiştiği, TDS ortalama 56,8 mg/L civarında olduğu belirtilmiştir. En düşük TDS (26,7 mg/L) Nisan ayında 3. Su alma noktasında (3. İst.) kaydedilirken en yüksek TDS (79,2 mg/L) ise Eylül ayında 2. Su alma noktasında (2. İst.) ölçülmüştür. TDS yıllık değişimi mevsimsel eğilime uygun bir değişim göstermiş olup sucul yaşamı tehdit eden koşulların bu dönem içerisinde olduğu görülmüştür (Şekil 39).



Şekil 39. TDS değişiminin aylara göre değişimi.

3.1.5. Elektriksel İletkenlik

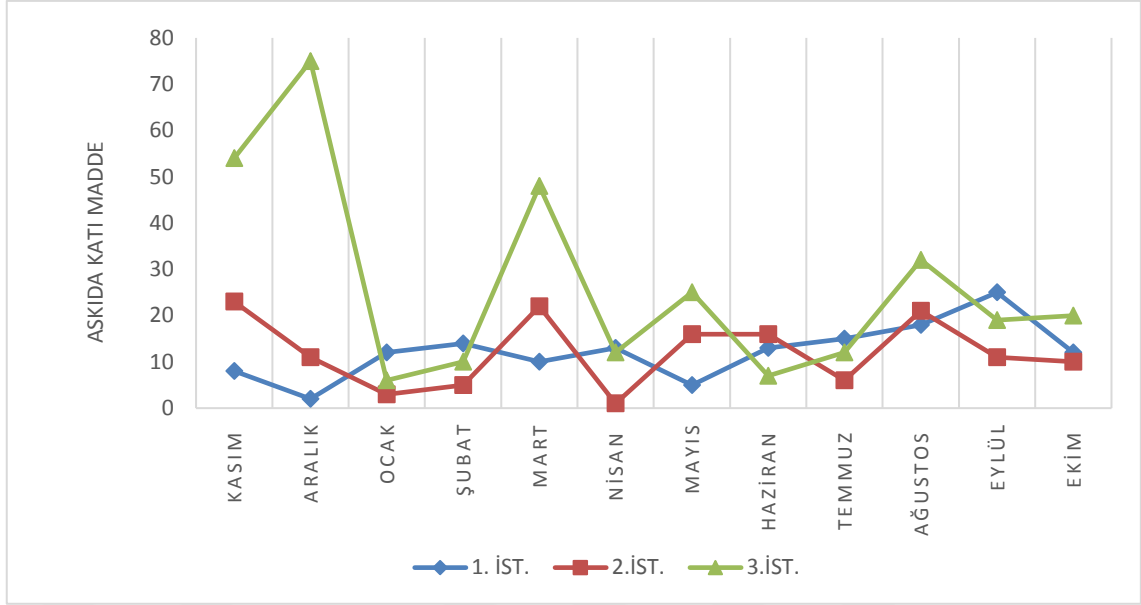
Çalışma periyodu sürecinde içerisinde yapılan elektriksel iletkenlik ölçümleri sonucunda Solaklı havzasında elektriksel iletkenlik değerleri $63,3 \mu\text{S/cm}$ ve $152,1 \mu\text{S/cm}$ arasında değiştiği, ortalama elektriksel iletkenlik $108,58 \mu\text{S/cm}$ civarında olduğu belirtilmiştir. En düşük elektriksel iletkenlik ($63,3 \mu\text{S/cm}$) Nisan ayında 1. Su alma noktasında (1. İst) kaydedilirken en yüksek elektriksel iletkenlik ($152,1 \mu\text{S/cm}$) ise Ekim ayında 3. Su alma noktasında (3. İst.) ölçülmüştür. Elektriksel iletkenlik yıllık değişimi mevsimsel eğilime uygun bir değişim göstermiş olup sucul yaşamı tehdit eden koşulların bu dönem içerisinde olduğu görülmüştür (Şekil 40).



Şekil 40. Elektriksel iletkenliğin aylara göre değişimi.

3.1.6. Askıda Katı Madde

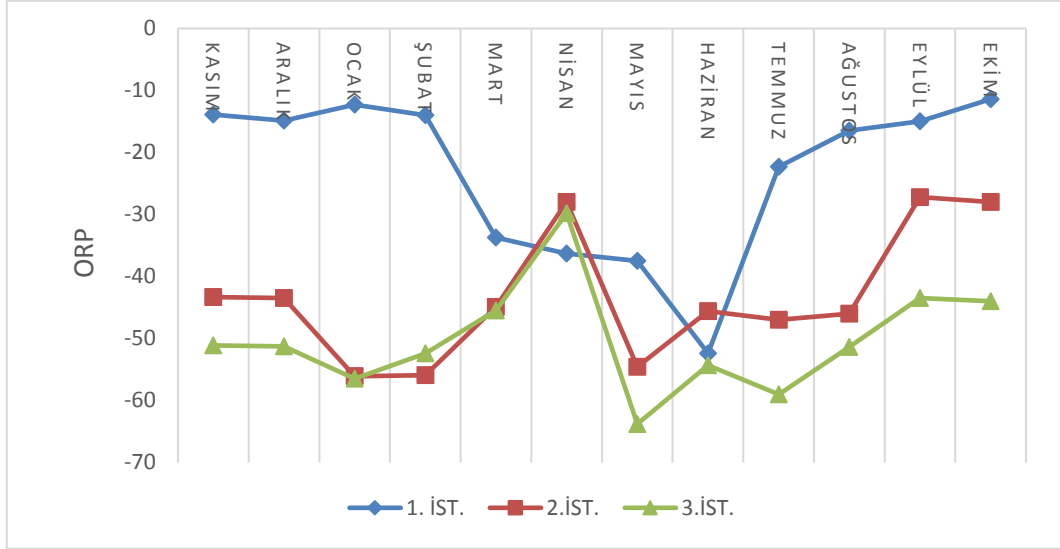
Çalışma periyodu sürecinde içerisinde yapılan askıda katı madde ölçümleri sonucunda Solaklı havzasında askıda katı madde değerleri 1 mg/L ve 125 mg/L arasında değiştiği, ortalama askıda katı madde 19,22 mg/L civarında olduğu belirtilmiştir. En düşük askıda katı madde (1 mg/L) Nisan ayında 2. Su alma noktasında (2. İst.) kaydedilirken en yüksek askıda katı madde (125 mg/L) ise Aralık ayında 3. Su alma noktasında (3. İst.) ölçülmüştür. Askıda katı madde yıllık değişimi mevsimsel eğilime uygun bir değişim göstermiş olup sucul yaşamı tehdit eden koşulların bu dönem içerisinde olduğu görülmüştür (Şekil 41).



Şekil 41. Askıda katı maddenin aylara göre değişimi.

3.1.7. ORP

Çalışma periyodu sürecinde içerisinde yapılan ORP ölçümleri sonucunda Solaklı havzasında ORP değerleri -11,4 mV ile -63,8 mV arasında değiştiği, ortalama ORP -38,96 mv civarında olduğu belirtilmiştir. En düşük ORP (-63,8 mv) Mayıs ayında 3. Su alma noktasında (3. İst.) kaydedilirken en yüksek ORP (-11,4mv) ise Ekim ayında 1. Su alma noktasında (1. İst.) ölçülmüştür. ORP yıllık değişimi mevsimsel eğilime uygun bir değişim göstermiş olup sucul yaşamı tehdit eden koşulların bu dönem içerisinde olduğu görülmüştür (Şekil 42).

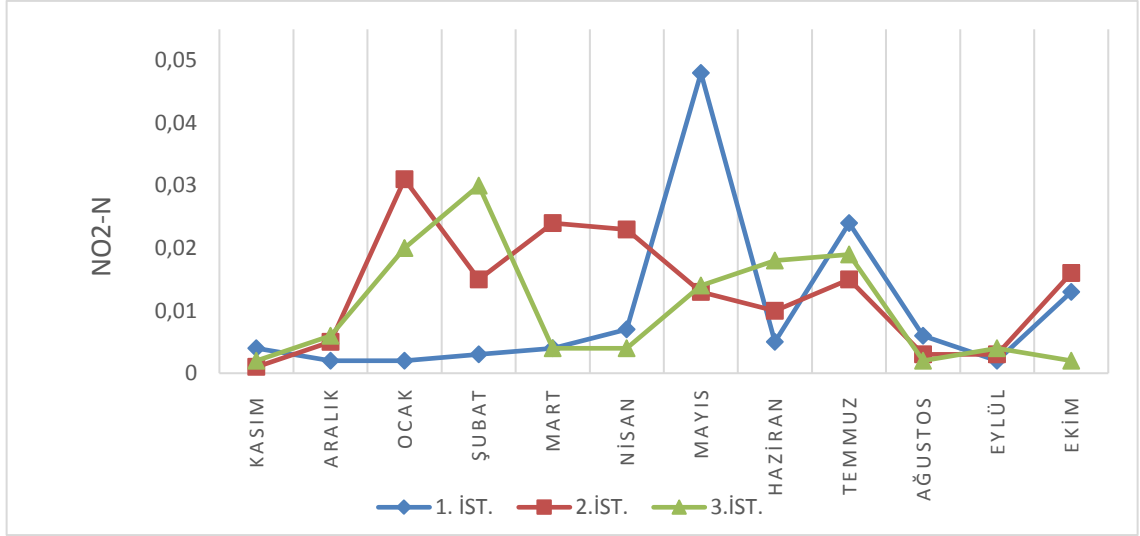


Şekil 42. ORP'nin aylara göre değişimi.

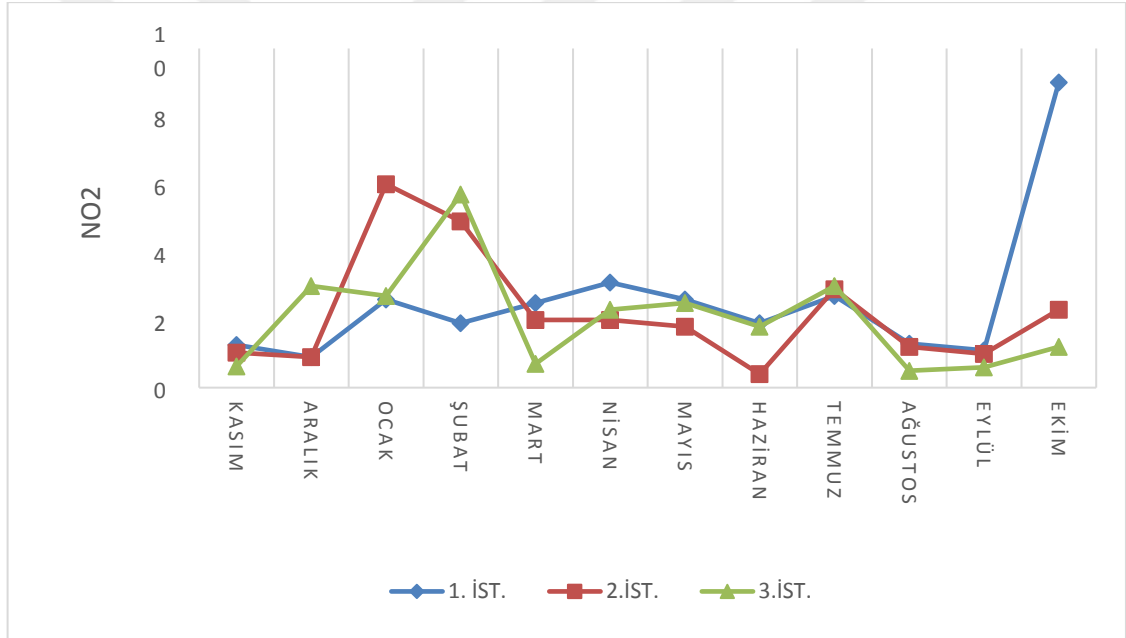
3.1.8. Nitrit Azotu ve Nitrit(NO_2)

Çalışma periyodu sürecinde içerisinde yapılan Nitrit Azotu ölçümleri sonucunda Solaklı havzasında Nitrit azotu değerleri 0,001 mg/L ve 0,048 mg/L aralığında değiştiği, ortalama Nitrit azotu 0,033 mg/L civarında olduğu belirtilmiştir. En düşük Nitrit Azotu (0,001 mg/L) Kasım ayında 2. Su alma noktasında (2. İst.) kaydedilirken en yüksek Nitrit Azotu (0,048 mg/L) ise Mayıs ayında 1. Su alma noktasında (1. İst.) ölçülmüştür. Nitrit Azotu yıllık değişimi mevsimsel eğilime uygun bir değişim göstermiş olup sucul yaşamı tehdit eden koşulların bu dönem içerisinde olduğu görülmüştür (Şekil 43).

Çalışma periyodu sürecinde içerisinde yapılan Nitrit ölçümleri sonucunda Solaklı havzasında Nitrit değerleri 0,002 mg/L ve 0,157 mg/L aralığında değiştiği, ortalama Nitrit 0,037 mg/L civarında olduğu belirtilmiştir. En düşük Nitrit (0,002 mg/L) Kasım ayında 2. Su alma noktasında (2. İst.) kaydedilirken en yüksek Nitrit (0,157 mg/L) ise Mayıs ayında 1. Su alma noktasında (1. İst.) ölçülmüştür. Nitrit yıllık değişimi mevsimsel eğilime uygun bir değişim göstermiş olup sucul yaşamı tehdit eden koşulların bu dönem içerisinde olduğu görülmüştür (Şekil 44).



Şekil 43. Nitrit azotunun aylara göre değişimi.

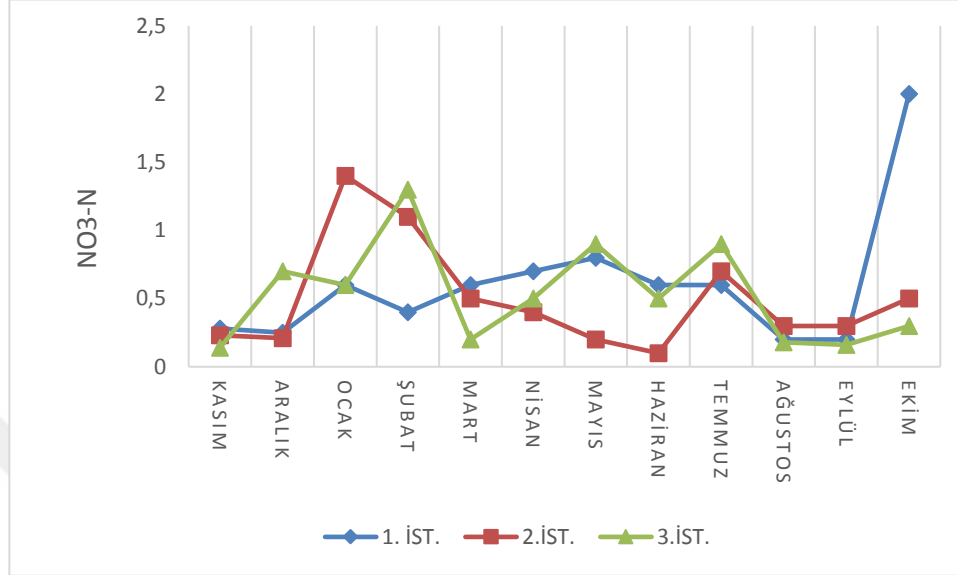


Şekil 44. Nitrit'in aylara göre değişimi.

3.1.9. Nitrat Azotu ve Nitrat (NO₃)

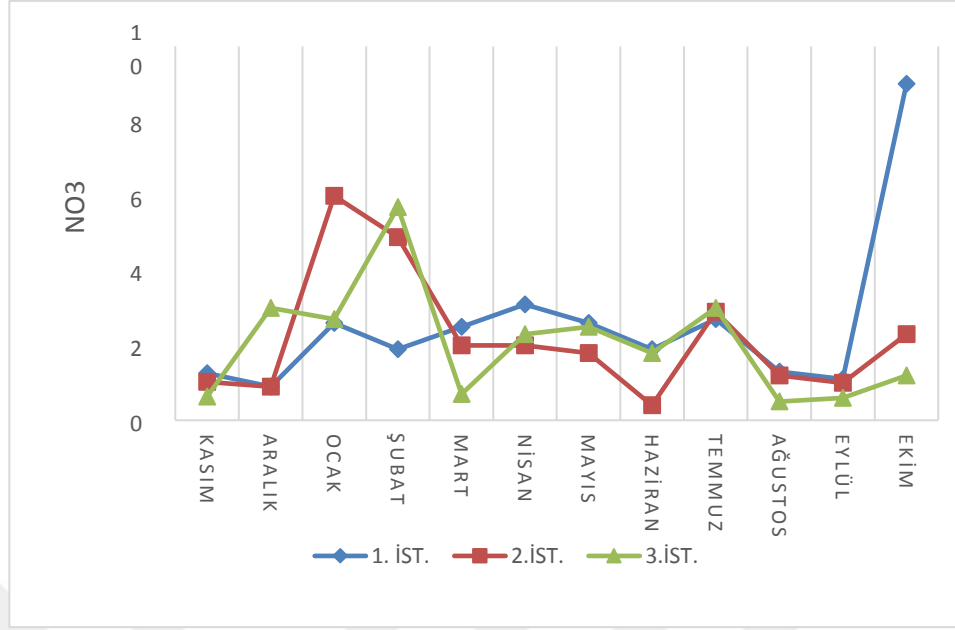
Çalışma periyodu sürecinde içerisinde yapılan Nitrat Azotu sıcaklığı ölçümleri sonucunda Solaklı havzasında Nitrat Azotu değerleri 0,14 mg/L ve 2 mg/L aralığında değiştiği, ortalama Nitrat Azotu 0,54 mg/L civarında olduğu belirtilmiştir. En düşük Nitrat Azotu (0,14 mg/L) Kasım ayında 3. Su alma noktasında (3. İst.) kaydedilirken en yüksek Nitrat Azotu (2 mg/L) ise Ekim ayında 1. Su alma noktasında (1. İst.) ölçülmüştür. Nitrat Azotu yıllık değişimi mevsimsel eğilime uygun bir değişim göstermiş

olup sucul yaşamı tehdit eden koşulların bu dönem içerisinde olduğu görülmüştür (Şekil 45).



Şekil 45. Nitrat azotunun aylara göre değişimi.

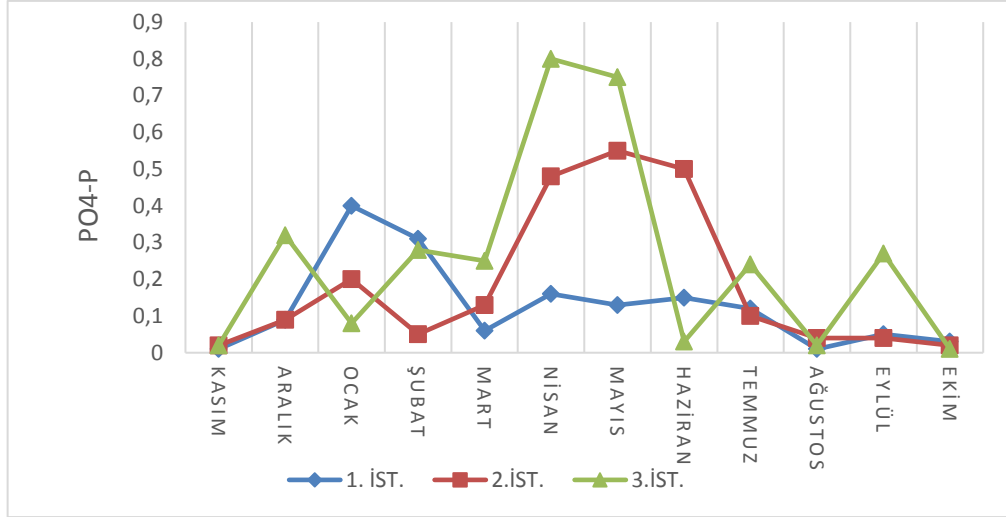
Çalışma periyodu sürecinde içerisinde yapılan Nitrat ölçümleri sonucunda Solaklı havzasında Nitrat değerleri 0,5 mg/L ve 9 mg/L aralığında değiştiği, ortalama Nitrat 2,27 mg/L civarında olduğu belirtilmiştir. En düşük Nitrat (0,5 mg/L) Ağustos ayında 3. Su alma noktasında (3. İst.) kaydedilirken en yüksek Nitrat (9 mg/L) ise Ekim ayında 1. Su alma noktasında (1. İst.) ölçülmüştür. Nitrat yıllık değişimi mevsimsel eğilime uygun bir değişim göstermiş olup sucul yaşamı tehdit eden koşulların bu dönem içerisinde olduğu görülmüştür (Şekil 46).



Şekil 46. Nitrat'ın aylara göre değişimi.

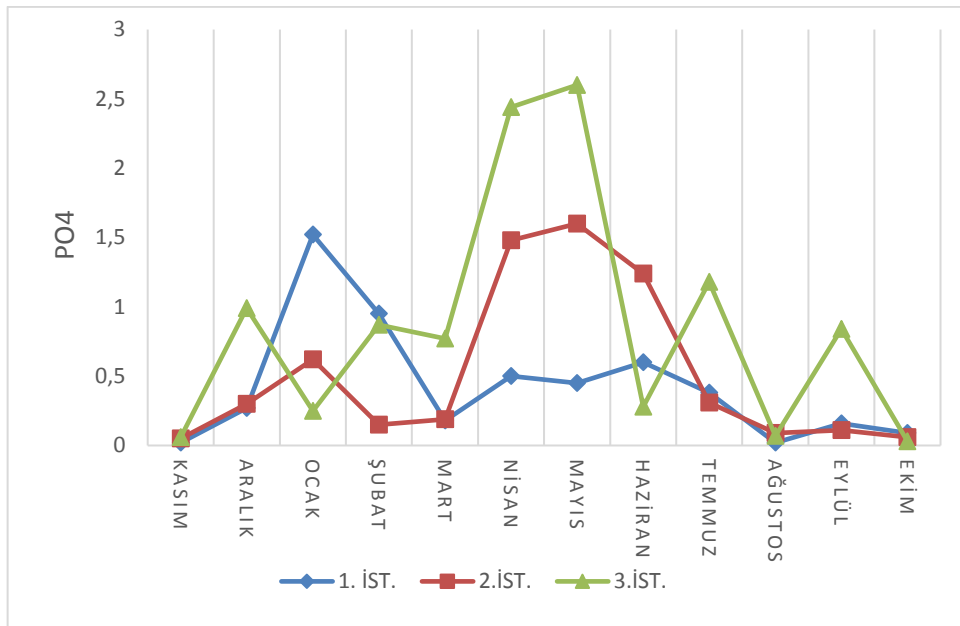
3.1.10. Fosfat Fosforu ve Fosfat

Çalışma periyodu sürecinde içerisinde yapılan Fosfat fosforu ölçümleri sonucunda Solaklı havzasında Fosfat fosforu değerleri 0,01 mg/L ve 0,75 mg/L aralığında değiştiği, ortalama Fosfat fosforu 0,18 mg/L civarında olduğu belirtilmiştir. En düşük Fosfat fosforu (0,01 mg/L) Kasım-Ağustos ayında 1. Su alma noktasında (1. İst.), Ekim ayında (3. İst.) kaydedilirken en yüksek Fosfat fosforu (0,75 mg/L) ise Mayıs ayında 3. Su alma noktasında (3. İst.) ölçülmüştür. Fosfat fosforu yıllık değişimi mevsimsel eğilime uygun bir değişim göstermiş olup sucul yaşamı tehdit eden koşulların bu dönem içerisinde olduğu görülmüştür (Şekil 47).



Şekil 47. Fosfat fosforun aylara göre değişimi.

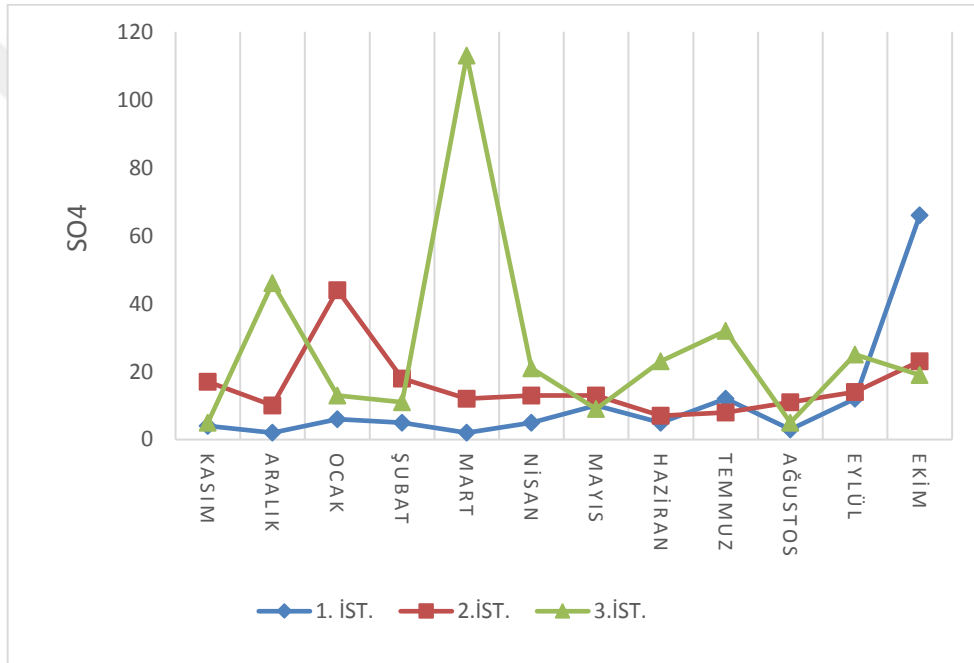
Çalışma periyodu sürecinde içerisinde yapılan Fosfat ölçümleri sonucunda Solaklı havzasında Fosfat değerleri 0,02 mg/L ve 0,99 mg/L aralığında değiştiği, ortalama Fosfat fosforu 0,60 mg/L civarında olduğu belirtilmiştir. En düşük Fosfat (0,02 mg/L) Kasım-Ağustos ayında 1. Su alma noktasında (1. İst.) kaydedilirken en yüksek Fosfat (0,99 mg/L) ise Mayıs ayında 3. Su alma noktasında (3. İst.) ölçülmüştür. Fosfat yıllık değişimi mevsimsel eğilime uygun bir değişim göstermiş olup sucul yaşamı tehdit eden koşulların bu dönem içerisinde olduğu görülmüştür (Şekil 48).



Şekil 48. Fosfat'ın aylara göre değişimi.

3.1.11. Sülfat (SO_4^{-2})

Çalışma periyodu sürecinde içerisinde yapılan sülfat ölçümleri sonucunda Solaklı havzasında sülfat değerleri 2 mg/l ve 113 mg/L aralığında değiştiği, ortalama sülfat 17,9 mg/L civarında olduğu belirtilmiştir. En düşük sülfat (2 mg/L) Aralık-Mart ayında 1. Su alma noktasında (1. İst.) kaydedilirken en yüksek sülfat (113 mg/L) ise Mart ayında 3. Su alma noktasında (3. İst.) ölçülmüştür. Sülfat yıllık değişimi mevsimsel eğilime uygun bir değişim göstermiş olup sucul yaşamı tehdit eden koşulların bu dönem içerisinde olduğu görülmüştür (Şekil 49).

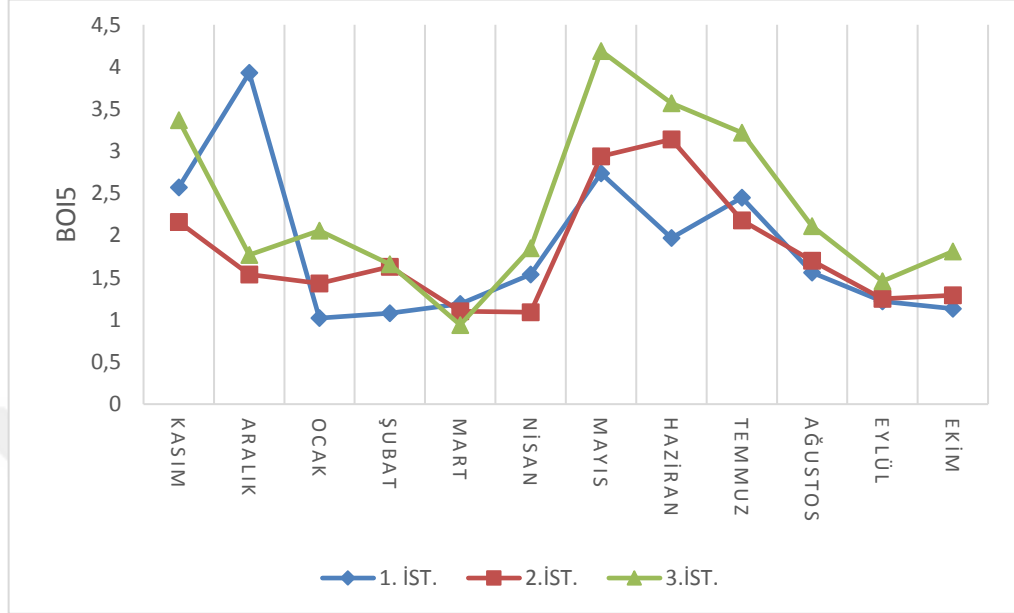


Şekil 49. Sülfat (SO_4^{-2})'ın aylara göre değişimi.

3.1.12. Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOI_5)

Çalışma periyodu sürecinde içerisinde yapılan biyokimyasal oksijen ihtiyacı ölçümleri sonucunda Solaklı havzasında biyokimyasal oksijen ihtiyacı değerleri 0,94 mg/L ve 4,19 mg/L aralığında değiştiği, ortalama biyokimyasal oksijen ihtiyacı 1,99 mg/L civarında olduğu belirtilmiştir. En düşük biyokimyasal oksijen ihtiyacı (0,94 mg/L) Mart ayında 3. Su alma noktasında (3. İst.) kaydedilirken en yüksek biyokimyasal oksijen ihtiyacı (4,19 mg/L) ise Mayıs ayında 3. Su alma noktasında (3. İst.) ölçülmüştür. Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı yıllık değişimi mevsimsel eğilime uygun bir değişim

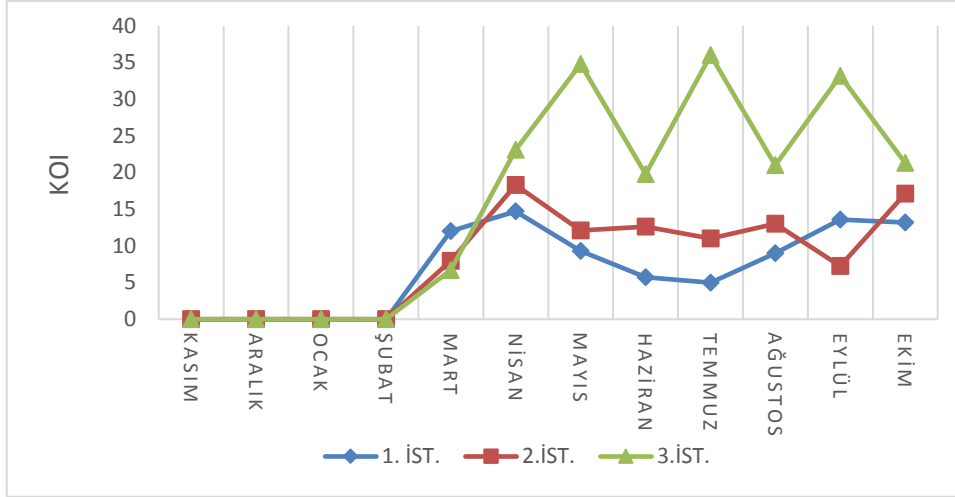
göstermiş olup sucul yaşamı tehdit eden koşulların bu dönem içerisinde olduğu görülmüştür (Şekil 50).



Şekil 50. Biyokimyasal Oksijen İhtiyacının aylara göre değişimi.

3.1.13. Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)

Çalışma periyodu sürecinde içerisinde yapılan kimyasal oksijen ihtiyacı ölçümleri sonucunda Solaklı havzasında kimyasal oksijen ihtiyacı değerleri 5 mg/L ve 34,8 mg/L aralığında değiştiği, kimyasal oksijen ihtiyacı 10,49 mg/L civarında olduğu belirtilmiştir. En düşük kimyasal oksijen ihtiyacı (5 mg/L) Temmuz ayında 1. Su alma noktasında (1. İst.) kaydedilirken en yüksek biyokimyasal oksijen ihtiyacı (34,8 mg/L) ise Mayıs ayında 3. Su alma noktasında (3. İst.) ölçülmüştür. Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı yıllık değişimi mevsimsel eğilime uygun bir değişim göstermiş olup sucul yaşamı tehdit eden koşulların bu dönem içerisinde olduğu görülmüştür (Şekil 51).



Şekil 51. Kimyasal oksijen ihtiyacının aylara göre değişimi.

3.2. Ağır Metal ve İz Element Analizleri

Çalışmamızda istasyonlardan temin edilen su örnekleri ağır metal açısından incelenmek üzere akredite bir laboratuvara gönderilmiştir. Mevsimsel olarak, incelemesi yapılan su örnekleri ICP-MS sistemine ağır metal ve diğer iz elementler ACME Laboratuvarı tarafından analiz edilmiştir.

Tablo 21. Ağır metal ve iz element analiz değerleri (mg/L).

Metal	Baraj Öncesi-1	Susuz Bölge-2	Kuyruk Suyu-3	Ortalama
Al	<0,6	<0,6	0,3519	
As	<3	<3	<3	
Ba	<0,08	0,194	<8	
Ca	0,1708	0,1798	0,1915	0,1807
Cd	<0,7	<0,7	<0,7	
Co	<0,3	<0,3	<0,3	
Cr	<0,3	<0,3	<0,3	
Cu	<80	<80	<80	
Fe	<10	<10	<10	
K	0,002	0,0175	0,0175	0,0183
Li	<1	<1	<1	
Mg	0,0325	0,0225	0,225	0,0258
Mn	<0,05	<0,05	<0,05	
Na	0,0018	0,006	0,0475	0,0958
Ni	<0,3	<0,3	<0,3	
Pb	<4	<4	<4	
S	0,005	<0,005	<0,005	
Sr	0,8125	0,6375	0,0065	0,07
Zn	0,915	0,833	0,743	0,83033

Analiz sonuçları aşağıda Tablo 22’de verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde toksik metallerin ölçüm sınırı değeri altında olduğu, Al, Ba, Ca, K, Mg, Na, S, Sr, Zn analizlerinde belirli seviyelerde sonuçlar elde edilmiştir.

Bunlardan Al, Zn, Ba değerlerinin yüzey suları açısından tavsiye değerlerin üzerinde olduğu diğerlerinin ise bu limitlerin altında olduğu değerlendirilmiştir.



4. TARTIŞMA ve SONUÇLAR

Çalışmada elde edilen sonuçlar incelendiğinde Çambaşı HES ve Regülatörü öncesi, susuz ara bölge ve kuyruk suyu bölgesi sularının fizikokimyasal su kalite değişimleri göze çarpmaktadır. Nitekim; ortalama olarak su sıcaklığı $12.76 \pm 0,68$ (min-max) °C, çözünmüş oksijen $10,13 \pm 0,23$ (min-max) mg/L, elektriksel iletkenlik $85,21 \pm 29,51$ (min-max) $\mu\text{S/cm}$, toplam çözünmüş katı madde $56,8 \pm 9,15$ (min-max) mg/L, pH $7,43 \pm 0,18$ (min-max), ORP $-38,97 \pm 13,96$ (min-max), askıda katı madde $16,44 \pm 7,41$ (min-max), nitrit $0,004 \pm 0,01$ mg/L (min-max), nitrit azotu $0,001$ (min-max) mg/L, nitrat $2,27 \pm 0,27$ (min-max) mg/L, nitrat azotu $0,54 \pm 0,056$ (min-max) mg/L, fosfat $0,58 \pm 0,19$ (min-max) mg/L, fosfat fosforu $0,19 \pm 0,07$ mg/L (min-max), sülfat $17,89 \pm 8,11$ (min-max) mg/L, biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOI₅) $2 \pm 0,29$ (min-max) mg/L ve kimyasal oksijen ihtiyacı (KOI) $10,49 \pm 5,09$ (min-max) mg/L olarak tespit edilmiştir. Tüm parametreler ayrı ayrı değerlendirildiğinde nehir tipi santrallerin üzerinde kurulmuş olduğu akarsuyun su kalitesi üzerinde önemli değişimler oluşturduğu görülmektedir. Bu değişimlerin çoğunlukla ilgili parametrelerin artması yönünde olduğu açık bir gerçektir.

Tablo 22. Fiziko-kimyasal su kalite değerlerinin baraj sonrası ve öncesi değişim yüzdesi.

Parametreler	Baraj Öncesi-1	Ara Bölge-2	Kuyruk Suyu-3	Ortalama	±SS	%Değişim
Su Sıcaklığı °C	12,07	12,80	13,42	12,76	± 0,68	11
AKM (mg/L)	12,25	12,08	25	16,44	± 7,41	106,9
Çöz. O ₂ (mg/L)	9,95	10,06	10,4	10,13	± 0,23	6,5
Çöz. O ₂ Doy. (%)	97,36	96,98	98,82	97,72	± 0,97	1,89
İletkenlik ($\mu\text{S/cm}$)	81,80	116,28	57,55	85,21	± 29,51	102
TDS (mg/L)	47,29	65,56	57,55	56,8	± 9,15	38,6
pH	7,25	7,43	7,62	7,43	± 0,18	5,1
ORP (mv)	-23,35	-43,33	-50,23	-38,97	± 13,96	115
Nitrit Azotu (NO ₂ -N) (mg/L)	0,01	0,01	0,01	0,01	± 0	0
Nitrit (NO ₂) (mg/L)	0,03	0,05	0,04	0,04	± 0,01	66,6
Nitrat Azotu (mg/L)	0,61	0,50	0,53	0,54	± 0,06	22
Nitrat (NO ₃) (mg/L)	2,57	2,20	2,05	2,27	± 0,27	25
Fosfat fosforu (PO ₄ -P) (mg/L)	0,13	0,19	0,26	0,19	± 0,07	100
Fosfat (PO ₄) (mg/L)	0,43	0,52	0,79	0,58	± 0,19	83,7
Sülfat (SO ₄) (mg/L)	11	15,84	26,83	17,89	± 8,11	143,9
BOI ₅ (mg/L)	1,87	1,79	2,34	2	± 0,30	30,7
KOI (mg/L)	6,88	8,28	16,32	10,49	± 5,10	137,2
Ortalama						58,6

Çalışmada baraj sonrası ve öncesi bölgeler arasındaki su kalite değişimlerinin önemli ölçüde olduğu anlaşılmıştır. Nitekim; su kalite değişimleri artış yönünde olup sülfat için % 144, KOI için % 137, AKM için % 107, iletkenlik % 102, fosfat için % 84, nitrit için % 67, TDS için % 39, biyokimyasal oksijen ihtiyacı için % 31, nitrat için % 25, pH için % 5, çözülmüş oksijen için % 6,5 ve su sıcaklığı için % 11 düzeyinde olduğu tespit edilmiştir (Tablo 24). Dolayısıyla nehir tipi hidroelektrik santrallerin suyunu kullanmış olduğu akarsuyun fizikokimyasal su kalitesi üzerindeki etkileri önemli olduğu söylenebilir.

Orman ve Su İşleri Bakanlığı tarafından yayınlanmış olan Yerüstü Su Kalite Yönetmeliğinin Ek-5’inde ileri sürülen Yerüstü su kütlelerinde bazı parametreler için çevresel kalite standartları ve kullanım maksatları tablosunda belirtilen su kalite kriterlerine göre baraj öncesi, susuz arabölge ve baraj sonrası bölge suları fizikokimyasal su kalite sınıfları değerlendirilmiş olup (I: Çok iyi, II: İyi, III: Orta, IV: Zayıf) aşağıda Tablo 24’de tüm parametreler için kalite durumu değerlendirilmiştir. Baraj yapılarında enerji üretimi öncesi, ara bölge ve kuyruk suyu su kalite sınıfları çoğunlukla önemli ölçüde değişmemiştir. Hemen hemen tüm parametreler için baraj öncesi su kalite sınıfı 1.sınıf iken kuyruk suyu kalitesi de fosfat fosforu (o-PO₄-P) hariç 1.sınıftır. Sadece fosfat fosforu baraj öncesi 1.sınıf iken ara bölge ve kuyruk suyu su kalite sınıfı 2.sınıfa düşmüştür. Tablo 24’e göre baraj faaliyetleri nedeniyle su kalite parametrelerinde önemli değişimler mevcut olduğu halde bu değişimler, fosfat fosforu hariç olmakla su kalite sınıfını değiştirebilecek düzeyde olmadığı görülmektedir.

Tablo 23. Kıtaiçi Yerüstü Su Kalite standartlarına göre su kalite sınıflaması.

Parametreler	Baraj Öncesi-1	Sınıf	Ara Bölge-2	Sınıf	Kuyruk Suyu-3	Sınıf
Su Sıcaklığı (°C)	12,07	-	12,80	-	13,42	-
AKM (mg/L)	12,25	-	12,08	-	25	-
Çöz. O ₂ (mg/L)	9,95	1	10,06	1	10,4	1
İletkenlik (µS/cm)	81,80	1	116,28	1	57,55	1
TDS (mg/L)	47,29		65,56		57,55	
pH	7,25	1	7,43	1	7,62	1
Nitrat Azotu (mg/L)	0,61	1	0,50	1	0,53	1
Nitrat (NO ₃) (mg/L)	2,57		2,20		2,05	

Tablo 23'ün devamı.

Parametreler	Baraj Öncesi-1	Sınıf	Ara Bölge-2	Sınıf	Kuyruk Suyu-3	Sınıf
Fosfat fosforu (PO ₄ -P) (mg/L)	0,13	1	0,19	2	0,26	2
Fosfat (PO ₄) (mg/L)	0,43		0,52		0,79	
BOI ₅ (mg/L)	1,87	1	1,79	1	2,34	1
KOI (mg/L)	6,88	1	8,28	1	16,32	1

Çalışma sonuçları irdelendiğinde şu bir açık gerçekki nehir tipi HES'ler bulunduğu çevre üzerinde etkili olmakla beraber üzerinde kuruldukları akarsuyun su kalitesi üzerine oldukça etkilidirler. Bu konuda daha önce yapılmış çalışmalar araştırıldığında literatürün çok zayıf olduğu görülmektedir. Nitekim çoğunlukla nehir tipi HES'lerin çevresel ve sosyal etkileri üzerine araştırmaların ağırlıklı derleme şeklinde yoğunlaştığı görülmüştür (Ak vd., 2009; Özdemir vd., 2009; Atılğan vd., 2011; Kurdoğlu vd., 2010; Yurtseven vd., 2011; Tabak vd., 2001; Uzun , 2011; Yılmaz vd., 2012; Bodur vd., 2013; Ülke vd., 2013; Küçükbaşoğlu, 2015).

Ancak Koralay (2015), Solaklı deresi Karaçam kolu üzerindeki HES'lerle (Arca ve Çamlıkaya) ilgili çalışmasında nehir tipi santrallerin akarsu su kalitesi üzerindeki etkilerini incelemiştir. Bu çalışmada ilgili barajların hem inşaat hem de işletme aşamalarında akarsuyun fizikokimyasal bazı parametreleri üzerinde etkileri araştırılmış ve AKM, pH ve sıcaklık parametreleri üzerinde önemli değişimler oluşturduğu belirlenmiştir. Bu araştırmada ise baraj öncesi ve baraj sonrası kuyruk suları fizikokimyasal su kalite özellikleri arasında hemen hemen bütün parametreler üzerinde önemli derecede artış olduğu gözlenmiştir (Tablo 23).

Nehir tipi santrallerin akarsu kalitesi üzerindeki etkileri üzerinde nadir doğrudan ölçüm ve gözleme dayanan araştırmalardan biri olan Nehir Tipi Hidroelektrik Santrallerinin Yapısal Elemanlarının Çevresel Etkileri isimli çalışmada ise fizikokimyasal su kalite değişimleri (su hızı, se derinliği, çözünmüş oksijen, su sıcaklığı, pH, elektrik iletkenliği, bulanıklık, dere enkesiti, ıslak çevre ölçümleri) ve akarsuyun fiziksel habitat koşullarının değerlendirilmesi yapılmış olduğu görülmüştür (Yurtseven ve Serengil, 2015). Bu çalışmada havzanın ekolojik ve hidrolojik anlamda en az şekilde

etkilenebilmesi için hidroelektrik santrallerinin havzanın çıkış noktasına (mansabına) yakın uzaklıklarda inşa edilmesi tavsiye edilmektedir. Çünkü akarsuyun hangi noktasında inşa edilirse edilsin bu santralin kurulduğu noktanın aşağısındaki akarsuyun ekolojik ve hidrolojik özellikleri sediment ve akış özelliklerindeki değişimler nedeniyle eskisi gibi olamayacağı ileri sürülmektedir.



5. ÖNERİLER

Bu tez çalışması kapsamında gerek yerinde gerçekleştirilen gözlemler ve gerekse inceleme ve değerlendirmeler ışığında hidroelektrik santrallerin inşaat ve işletme aşamalarında çevresel etkiyi en aza indirmeleri bağlamında yapılabilecek öneriler aşağıda maddelerle sunulmuştur.

1. Hidroelektrik santrallerin üzerinde kuruldukları akarsuya bırakmak durumunda kaldıkları can suyu akarsu ekosistemini destekleyen en önemli parametre olması sebebiyle ilgili akarsu havzasının hidrolojik özellikleriyle daha gerçekçi bir şekilde hesaplanması ve bırakılıp bırakılmaması hususunda gerekli önlemlerin alınması veya izleme programının kontrollü şartlar altında olmasına dikkat edilmelidir.
2. Hidroelektrik santrallerin elektrik üretimi süreci olan işletme aşamalarında özellikle HES'e giren ve çıkan suların HES faaliyetleri nedeniyle fizikokimyasal özelliklerindeki değişimlerin önemli olduğu bu çalışmada belirlenmiştir. Dolayısıyla gerek can suyu bırakılan susuz ara bölgede ve gerekse HES kuyruk sularının su kalitesinin ilgili yönetmeliklere uygunluğunu kontrol edilmelidir. Bunun için Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüklerinin HES'lerin işletme süreçleri boyunca belirli periyotlarla susuz ve kuyruksuyu bölgelerine bırakılan suların Kıtaiçi Yerüstü Su Kalite Standartlarına ve deşarj standartlarına uygunluğunu su örneklerinin analizlenmesi yoluyla kontrol etmesi tavsiye edilir.
3. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yayınlanmış olan Su Kirliliği Yönetmeliği kapsamında bulunan çeşitli sektörlerle ait kullanılmış suların deşarjı konusunda çeşitli su kalite standartları mevcuttur. Ancak birçok sektöre ait mevcut kıstaslara rağmen HES'lere yönelik herhangi bir deşarj standart tablosu ve mevcut tablolardan herhangi birinin kullanılabileceği konusunda bir ifade de mevcut değildir. Bu sebeple burada ileri sürdüğümüz önerilerden 2. maddedeki kontrollerin yapılabilmesi için HES'lerle ilgili bir tablonun eklenmesi veya mevcut tablolardan birinin kullanılabilmesi için ilgili

yönetmelik veya deşarj standartları eklerine bu konuda yönetimsel bir ifade koyulması tarafımızca önerilmektedir.

4. Diğer taraftan HES'lerin işletme aşamalarında gerek evsel sıvı ve katı atıklarının bertarafında çevreye duyarlı olmaları, akarsu yatağına asla bırakılmaması, mümkünse geri dönüşüm süreçlerine katmaları mümkün değilse en yakın belediye hizmetlerine vermeleri ve gerekse işletme sürecinde kullandıkları her türlü yakıt, kimyasal madde ve diğer maddelerin ilgili kanun ve yönetmelikler ışığında kullanılması, gerekli olursa ilgili kurumlara bildirilerek gerekli izinlerin alınması tavsiye edilir.



KAYNAKLAR

- Ak, O., 2009.** Nehir tipi hidroelektrik santrallerinin sucul ekosistem üzerine etkileri. ' Su Ürünleri Araştırma Merkezi Yunus Araştırma Bülteni, 2, 16-20.
- Ak, O., Aksungur, M., ve Özdemir, A., 2009.** Nehir tipi hidroelektrik santrallerinde çed süreci ve sucul ekosisteme etkide doğal alabalıkların yeri, Doğal Alabalık Çalıştayı: Sürdürülebilir Yetiştiricilik, Koruma ve Balıklandırma, Trabzon, 22-23 Ekim, 135-139.
- Ak, O., Çakmak, E., Aksungur, M., ve Çavdar, Y., 2008.** Akarsu üzerindeki faaliyetlerin sucul ekosisteme etkisine bir örnek: Yanbolu Deresi(Arsin, Trabzon), Su ve Enerji Kullanımı Kongresi, Artivn, 22-23 Ekim, 334-340.
- Akkaya, U., Gültekin, A., Dikmen, Ç.B. ve Durmuş, G., 2009.** Baraj ve hidroelektrik santrallerin (hes) çevresel etkilerinin analizi: ılısu barajı örneği. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09), Karabük, 13-15 Mayıs, 45-60.
- Akpınar, A., 2009.** Çoruh havzasındaki küçük hidroelektrik santrallerin durumu TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası, V. Yenilebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, Diyarbakır, 11-15 Haziran, 249-254.
- Akpınar, A., Kömürcü, M.İ., ve Filiz, M.H., 2008.** Türkiye'nin enerji kaynakları ve çevre, sürdürülebilir kalkınma ve temiz enerji kaynakları, 7. Ulusal Enerji Günleri, Sempozyum Bildiri Kitabı, İstanbul, 12-24 Ekim, 320-340.
- Akpınar, E., 2005.** Nehir tipi santrallerin türkiye'nin hidroelektrik üretimindeki yeri, Erzincan Eğitim Fakültesi Dergisi, Erzincan, 2, 1-25.
- Albayrak, A., 2008.** Hidroelektrik santrallerinin (HES) çevresel etkilerinin Rize ili açısından değerlendirilmesi ve çözüm önerileri' Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü XXVI. Bölge Müdürlüğü 5. Dünya Su Forumu Bölgesel Hazırlık Süreci Türkiye Bölgesel Su Toplantıları, Su ve Enerji Konferansı Bildiriler Kitabı, Artvin, 25-26 Eylül, 408-418.
- Allan, J.D. ve Flecker, A.S., 1993.** Biodiversity conservation in running waters, BioScience, 43, 32-43.
- Alpaslan, A.H., 2006.** Türkiye'nin enerji pazarına kuzeydoğu anadolu'nun katkısı, Türkiye 10. Enerji Kongresi, Bildiriler Kitabı, Ankara, I, 125-130.
- Alpaslan, A.H., 2003.** 'Türkiye'de hidroelektrik enerji üretim planlaması üzerine görüşler. I. Ulusal Su Mühendisliği Sempozyumu, İzmir, 22-26 Eylül, 814-817.
- Anonim, 2001.** Su havzaları kullanımı ve yönetimi, 8. beş yıllık kalkınma planı, özel ihtisas komisyonu raporu, DPT: 2555-ÖİK:571, Ankara, Türkiye, 132.
- Anonim, 2008.** Dokuzuncu kalkınma planı toprak ve su kaynaklarının kullanımı ve yönetimi Özel İhtisas Komisyonu Raporu (a), TC. Başbakanlık DPT Yayın No: DPT: 2718-ÖİK: 671, Ankara, Türkiye, 26.

- Anonim, 2009.** Hidroelektrik santrallerin yapımı ile ilgili inşaat mühendisleri odası görüşü, Türkiye Mühendislik Haberleri (a), 54/2009-2, Ankara, Türkiye, 454.
- Anonim, 2010.** Elektrik işleri etüt idaresi. hidroelektrik etütler dairesi başkanlığı, Yayın No: 2147, Ankara, Türkiye, 89 s.
- Arman, F.A., 2004.** Türkiye'nin Hidroelektrik Potansiyeli ve Sorunları 21. Yüzyılda Su Sorunu ve Türkiye Sempozyumu, Ankara, 14 Şubat 2004, 25-46.
- Atılğan, E., Soğuklu, Şeref. ve Aslan, H., 2011.** Hidroelektrik santrallerin (HES) çevreye etkileri ve bu etkilerin azaltılmasına dair öneriler: Trabzon ili örneği, Yunus Araştırma Bülteni, (11), 10-12.
- Bacanlı, Ü.G., 2006.** Türkiye'de Enerji Kaynakları ve Hidroelektrik Enerjinin Önemi, Türkiye 10. Enerji Kongresi, Bildiriler Kitabı, Bursa, I, 91-99.
- Baş, Ş., 2014,** Hidroelektrik Enerji, TR81 Bölgesi HES Raporu, T.C. Batı Karadeniz Kalkınma Ajansı, Bildiriler Kitabı, Zonguldak, 35-50.
- Berkün, M., Aras, E., Koç, T. 2008.** Barajların ve hidroelektrik santrallerinin nehir ekolojisi üzerine etkiler, Su ve Enerji Konferansı Bildiriler Kitabı, Çevre ve Orman Bakanlığı DSİ Genel Müdürlüğü, XXVI: Bölge Müdürlüğü Artvin, 17-21 Mart, 174-187.
- Bobat, A., Hengirmen, M. and Zapletal, W., 2002.** Problems of zebra mussel at dams and hydro projects on the Euphrates river, Hydro 2002: Development, Management and Performance, Proceedings Book, Antalya, 475-484.
- Bodur, G. ve Şenyuva, E., 2013.** Üniversite Öğrencilerinin Hidroelektrik Enerji Santrallerine (HES) İlişkin Görüşleri ve Çevreye Yönelik Tutumları Arasındaki İlişki, Cumhuriyet International Journal of Education CIJE, e-ISSN-2147-1606, 2(4), 27-38.
- Çevik, S., 2008.** Baraj Projelerinde Uygulama Öncesi Süreçte Sosyal Çevre Etkileri-Yusufeli Barajı, Su ve Enerji Konferansı Bildiriler Kitabı, Çevre ve Orman Bakanlığı DSİ Genel Müdürlüğü, XXVI: Bölge Müdürlüğü, Artvin, 147-160.
- Çolak, İ., Bayındır, R. ve Demirtaş, M., 2008.** Türkiye'nin Enerji Geleceği, Türk Bilim Araştırma Vakfı TÜBAV Bilim Dergisi, Ankara, 2, 36-44.
- Dalcalı, A., Çelik, E. ve Arslan, S., 2012.** Mikro ve Mini Hidroelektrik Santralleri için Mikrodenetleyici Tabanlı bir Elektronik Governor Sisteminin Tasarımı, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Ankara, ISSN 1012-2354, 28, 2, 136-135.
- Daniel, D., 1981.** Hydropower: An Old Technology for a New Era, Environment, 23(7), 16-20, 37-45.

- DPT, 2016.** Elektrik Enerjisi Piyasası ve Arz Güvenliği Stratejisi Belgesi, Ankara, Türkiye, 46 s.
- DSİ, 2010.** Hidroelektrik Enerji Raporu, Ankara, Türkiye, 98 s.
- DSİ, 2011.** Hidroelektrik Enerji Raporu, Ankara, Türkiye, 25s.
- DSİ, 2014.** Hidroelektrik Enerji Raporu, Ankara, Türkiye, 125 s.
- DSİ, 2015.** ‘Çevre ve Temiz Enerji Hidroelektrik’, Orman Su İşleri Bakanlığı Yayınları, Ankara, Türkiye, 136 s (02.06.2015).
- DSİ, 2016.** Orman Su İşleri Bakanlığı 2016 Yılı Faaliyet Raporu, Ankara, 138-147s.
- Duncan, W. and Cline, R., 2002.** Mechanical Governors for Hydroelectric Units, United States DEpartment of the Interior, Bureau of Reclamation, 38, 200-255.
- EPA, 2002.** Biological assessments and criteria: Crucial componets of water quality programs, USA-EPA, Office of water, 822-F-02-006.
- ETKB, 2016.** Enerji Tabii Kaynaklar Bakanlığı 2016 Yılı Faaliyet Raporu, Ankara, 118s.
- EÜAŞ, 2016.** Enerji Üretim Anonim Şirketi 2016 Yılı Faaliyet Raporu, Ankara, 78s.
- Feamside, P.M., 2004.** Hydroelectric dams in the Brazilian Amazon as scurces of greenhouse gases. Environmental Conservation, 22(1), 7-19.
- Geray, U., 2008.** Su Krizinde Ülkeye Özgü Bakış, TMMOB 2. Su Politikalar Kongresi, Bildiriler Kitabı, Antalya, .567-576.
- Güner, E., Tor, O.B. ve Altın, M., 2008.** ‘Küçük Hidroelektrik Santrallerin Projelendirilmesinde Dikkat Edilmesi Gereken Bazı Teknik Hususlar’, ELECO, Bursa, 95-135.
- IEA, 2002.** International Energy Agency, Environmental and health impacts of electricity generation, Report, 15, 142-148.
- Karr, J.R., 1998.** Rivers as sentinels: using the biology of rivers to guide landscape management, RJ Naimman, RE Bilby (eds), River Ecology and Management: Lessons from the Coastal Ecosystems. Springer, NewYork, 502-528.
- Koralay, N., 2015.** Solaklı Deresi Havzasıda Nehir Tipi Hidroelektrik Santrallerin Su Kalitesine Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Türkiye, 160 s. 80.
- Kurdoğlu, O. ve Özalp, M., 2010.** Nehir Tipi Hidroelektrik Santral Yatırımların Yasal Süreç, Çevresel Etkiler, Doğa Koruma ve Ekoturizmin Geleceği Kapsamında Değerlendirilmesi, III.Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, Artvin, 20-22 Mayıs 2010, 2, 688-707.

- Küçükbaşol, Y., 2015.** Çoruh Nehri ve Yusufeli Barajı; toplumsal, ekonomik ve çevresel etkileri bakımından bir baraj incelenmesi. Birey ve Toplum Dergisi, 10 135-158.
- Muluk, Ç.B., Turak, A., Yılmaz, D., Zeydanlı, U. ve Bilgin, C., 2009.** Hidroelektrik Santral Etkiler Uzman Raporu: Barhal Vadisi. Kaçkar Dağları Sürdürülebilir Orman Kullanımı ve Koruma Projesi, Ankara, 36 s.
- Oğuz, S., 2008.** Yenilebilir Enerji Küçük Hidroelektrik Santraller, VII: Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, İstanbul, 06-10 Haziran, 479-492.
- Öziş, Ü., Baran, T. ve Dalkılıç, Y., 2008.** Hidroelektrik Enerjiyi Geliştirme Hızları, Su ve Enerji Konferansı Bildiriler Kitabı, Çevre ve Orman Bakanlığı DSİ Genel Müdürlüğü, XXVI: Bölge Müdürlüğü Artvin, 1-14.
- Power, M.E., Sun, A., Parker, M., Dietrich., W.E. and Wotton J.T., 1995.** Hydraulic food chain models an approach to the study of web Dynamics in large rivers, BioScience 47, 769-784.
- Püsküllüoğlu, A. ve Türkmen, S., 2012.** Ceyhan Hidroelektrik Santrali Projesi (Cevdetiye-Osmaniye) Regülatör Yapılarındaki Geçirimsizleştirme Uygulamaları, Türkiye Jeoloji Kurultayı, Adana, 2-6 Nisan, 490-491.
- Saçlı, A., 2013.** Çevre Politikaları Kısacasında Hidroelektrik Santraller, 7. Ulusal Enerji Günleri Sempozyum Bildiri Kitabı, Bolu, 10-16 Eylül, 68-79.
- T.C. Resmi Gazete, 2009.** Su Kirliliği Yönetmenliği Numune Alma ve Analiz Metodları Tebliği (27372), 10.10.2009.
- Tabak, İ., Aksungur, M., Zengin, M., Yılmaz, C., Aksungur, N., Alkan, A., Zengin, B. ve Mısır, D.S., 2001.** Karadeniz Alabalığının Biyoekolojik Özelliklerinin Tespiti ve Kültüre Alınabilirliğinin Araştırılması Projesi, Trabzon, 193 s.
- Ulaş, D. ve Işın, H., 2010.** Macahel’de Hidroelektrik Santrallerin ve Ekoturizmin Çevreye ve Yöre Halkına Etkileri, Anatolia Turizm Araştırmalar Dergisi, 21, 151-158.
- Uzlu, E., Filiz, M.H. Kömürcü, M.İ., Akpınar, A. ve Yavuz, O., 2008.** Doğu Karadeniz Havzasındaki Küçük Hidroelektrik Santrallerin Durumu, 7. Ulusal Enerji Günleri, Sempozyum Bildiri Kitabı, İstanbul, 459-466.
- Uzun, O., 2011.** Hidroelektrik Santraller (HES) ve Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) Düzce Örneği, Ormancılık Dergisi, 7, S:2, 1-13, ISSN 1306-2182.
- Ülke, A. ve Sağlam, C.G., 2013.** Nehir Tipi Santraller ve Karadeniz Bölgesindeki Örnekleri, Su Yapıları Sempozyumu, Antalya 11-16 Haziran, 449-458.
- Yıldız, D., 2010.** Hidroenerji, Hidroloji ve Su Kaynakları Yönetimi İlişkisi, VI. Ulusal Hidroloji Kongresi, Denizli, 22-24 Eylül, 65-72.

- Yılmaz, C., Uzun, A., Zeybek, H.İ. ve Kaya, M., 2012.** Nehir Tipi Hidroelektrik Santrallerinin Çoğrafi Ortam Üzerine Etkilerine Bir Örnek: Ayancık HES, Journal of New World Sciences Academy, 1306-3111, 7, 50-67.
- Yurtseven, İ. ve Serengil, Y., 2015.** Nehir Tipi Hidroelektrik Santrallerinin Yapısal Elemanlarının Çevresel Etkileri, 4. Su Yapıları Sempozyumu, Antalya, 19-21 Kasım, 519-529.
- Yurtseven, İ., 2011.** Nehir Tipi Hidroelektrik Santrallerinin, Havzalar Üzerindeki Etkileri, İstanbul University Journal of the Faculty of Forestry, İstanbul, 61, 1, 55-62.



ÖZGEÇMİŞ

10.10.1977 yılında Trabzon'da doğdu. İlköğretimini Trabzon'da 24 Şubat İlköğretim Okulu'nda tamamladı. Liseyi Trabzon Lisesi'nde okudu. 2000 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Rize Su Ürünleri Fakültesini kazandı ve 2005 yılında buradan mezun oldu. 2010 yılında Giresun Tarım İl Müdürlüğünde Su Ürünleri Mühendisi olarak atanmıştır. 2016 yılından itibaren, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Anabilim Dalı'nda yüksek lisans öğrenimine devam etmektedir. 2018 yılı Mart ayından itibaren Trabzon Tarım ve Orman İl Müdürlüğü Balıkçılık ve Su Ürünleri Şube Müdürlüğünde Su Ürünleri Mühendisi olarak görev yapmaktadır.