

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**SOLAKLI DERESİ HAVZASINDA NEHİR TİPİ HİDROELEKTRİK  
SANTRALLERİN SU KALİTESİNE ETKİLERİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Orm. Müh. Necla KORALAY**

**HAZİRAN 2015  
TRABZON**



**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**SOLAKLI DERESİ HAVZASINDA NEHİR TİPİ HİDROELEKTRİK SANTRALLERİN  
SU KALİTESİNE ETKİLERİ**

**Orm. Müh. Necla KORALAY**

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde  
ORMAN YÜKSEK MÜHENDİSİ  
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 05 / 05 / 2015**

**Tezin Savunma Tarihi : 15 / 06 / 2015**

**Tez Danışmanı : Prof.Dr.Ömer KARA**

**Trabzon 2015**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**Orman Mühendisliği Anabilim Dalında  
Necla KORALAY tarafından hazırlanan**

**SOLAKLI DERESİ HAVZASINDA NEHİR TİPİ HİDROELEKTRİK SANTRALLERİN  
SU KALİTESİNE ETKİLERİ**

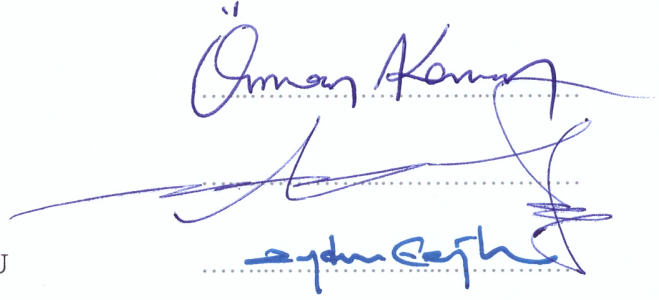
**başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 12 / 05 / 2015 gün ve 1602 sayılı  
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
olarak kabul edilmiştir.**

**Jüri Üyeleri**

**Başkan : Prof. Dr. Ömer KARA**

**Üye : Prof. Dr. Lokman ALTUN**

**Üye : Prof. Dr. Aydın TÜFEKÇİOĞLU**



**Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ**

**Enstitü Müdürü**

## ÖNSÖZ

“Solaklı Deresi Havzasında Nehir Tipi Hidroelektrik Santrallerin Su Kalitesine Etkileri” adlı bu çalışma, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Yüksek lisans tezimin bilimsel danışmanlığını üstlenerek, gerek konunun seçiminde gerekse hazırlanması sırasında desteğini gördüğüm, bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım sayın hocam Prof. Dr. Ömer KARA’ya teşekkür ederim.

Çalışma esnasında YSI Professional Plus cihazını kullanma imkanı sunan Sayın Doç. Dr. Mehmet KOCABAŞ’a teşekkür ederim.

Arazi ve büro çalışması süresince desteğini ve yardımlarını hiç bir zaman esirgemeyen değerli meslektaşım Arş. Gör. Uğur KEZİK’e teşekkür ederim.

Tez çalışmama katkı sağlayan ve emeği geçen jüri üyeleri Prof. Dr. Lokman ALTUN’a ve Prof. Dr. Aydın TÜFEKÇİOĞLU’na teşekkür ederim.

Çalışmanın yürütülmesi esnasında yardımlarını esirgemeyen ve gerekli kolaylığı sağlayan Arca HES, Çamlıkaya HES ve Trabzon DSİ 22. Bölge Müdürlüğü çalışanlarına ve bu çalışmada emeği geçen herkese çok teşekkür ederim.

Ayrıca, hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen babama, anneme ve tüm aileme sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Necla KORALAY  
Trabzon 2015

## TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Solaklı Deresi Havzasında Nehir Tipi Hidroelektrik Santrallerin Su Kalitesine Etkileri ” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Ömer KARA'nın sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.  
05/05/2015



Necla KORALAY

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ .....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER .....	V
ÖZET .....	XI
SUMMARY.....	XII
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	XIII
TABLolar DİZİNİ.....	XVII
SEMBOLLER DİZİNİ.....	XXII
1. GENEL BİLGİLER .....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Literatür Özeti .....	9
1.3. Çalışmanın Amacı.....	25
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR .....	26
2.1. Materyal .....	26
2.1.1. Araştırma Alanı Yeri ve Genel Mevki Özellikleri.....	26
2.1.2. İklim Özellikleri.....	37
2.1.2.1. Yağış .....	37
2.1.2.2. Sıcaklık .....	38
2.1.2.3. Buharlaşma .....	39
2.1.2.4. Solaklı Deresi Yağış Havzasının İklim Özellikleri.....	39
2.1.3. Su Kaynakları.....	42
2.1.4. Bitki Örtüsü.....	45
2.1.5. Genel Jeoloji ve Toprak Özellikleri .....	49
2.1.5.1. Araştırma Alanının Kayaç Yapısı .....	49
2.1.5.2. Araştırma Alanının Toprak Yapısı.....	50
2.1.5.2.1. Alüviyal Topraklar.....	50
2.1.5.2.2. Sarı-Kırmızı Podzolik Topraklar .....	50
2.1.5.2.3. Gri-Kahverengi Podzolik Topraklar .....	50
2.1.5.2.4. Kahverengi Orman Toprakları .....	50

2.1.5.2.5. Yüksek Dağ-Çayır Toprakları.....	51
2.1.5.2.6. Koluviyal Topraklar .....	51
2.2. Yöntem.....	52
2.2.1. Hazırlık Çalışmaları ve Örnekleme Noktaları .....	53
2.2.1.1. Su Kalitesi Örnekleme Noktaları .....	55
2.2.2. Arazi Çalışmaları .....	66
2.2.2.1. Ölçümü Yapılan Su Kalite Özellikleri .....	67
2.2.2.1.1. Sıcaklık .....	67
2.2.2.1.2. Elektriksel İletkenlik .....	68
2.2.2.1.3. pH.....	69
2.2.2.1.4. Çözünmüş Oksijen .....	69
2.2.2.1.5. Klor .....	70
2.2.2.1.6. Tuzluluk .....	70
2.2.2.1.7. Toplam Çözünmüş Katı Madde (TDS).....	71
2.2.2.1.8. Askıda Katı Madde .....	72
2.2.2.2. Arazi Çalışmalarında Ölçülen Su Kalite Parametreleri ve Ölçüm Prensipleri .....	73
2.2.2.2.1. YSI Professional Plus Cihazı Kalibrasyon.....	75
2.2.2.2.2. Su Kalitesi Parametreleri ve Ölçüm Prensipleri .....	76
2.2.2.3. Su Örneklerinin Alınması .....	78
2.2.3. Laboratuvar Çalışmaları.....	79
2.2.3.1. Askıda Katı Madde Tayini .....	79
2.2.4. Solaklı Deresi Havzası Havza Karakteristiklerinin Belirlenmesi .....	82
2.2.4.1. Topoğrafik Karakteristikler .....	82
2.2.4.1.1. Şekil Karakteristikleri .....	82
2.2.4.1.2. Reliyef-Eğim Karakteristikleri.....	84
2.2.4.2. Hidrolojik Karakteristikler .....	85
2.2.4.2.1. Ana Dere Eğimi .....	85
2.2.4.2.2. Dere Sayısı .....	86
2.2.4.2.3. Dere Sıklığı .....	87
2.2.4.2.4. Drenaj Yoğunluğu.....	87
2.2.4.2.5. Konsantrasyon Zamanı .....	88
2.2.5. Verilerin Değerlendirilmesi .....	88

2.2.5.1.	Su Kalitesi Standartları .....	88
2.2.5.2.	İstatiksel Analiz.....	89
3.	BULGULAR.....	90
3.1.	Arca HES ve Çamlıkaya HES'in Bazı Fiziksel ve Kimyasal Su Özelliklerine Etkisine Ait Bulgular .....	90
3.1.1.	Arca HES ve Regülatörü'ne Ait Bulgular.....	91
3.1.1.1.	Sıcaklık Değerlerine İlişkin Bulgular .....	91
3.1.1.2.	pH Değerlerine İlişkin Bulgular.....	92
3.1.1.3.	Elektriksel İletkenlik Değerlerine İlişkin Bulgular.....	94
3.1.1.4.	Çözünmüş Oksijen Değerlerine İlişkin Bulgular .....	96
3.1.1.5.	Klor Değerlerine İlişkin Bulgular .....	97
3.1.1.6.	Toplam Çözünmüş Katı Madde Değerlerine İlişkin Bulgular .....	99
3.1.1.7.	Tuzluluk Değerlerine İlişkin Bulgular .....	101
3.1.1.8.	Askıda Katı Madde Değerlerine İlişkin Bulgular .....	102
3.1.1.9.	Arca HES ve Regülatörü Örnekleme Anındaki Sıcaklık, Nisbi Nem ve Basınç Değerleri .....	103
3.1.2.	Çamlıkaya HES ve Regülatörüne Ait Bulgular .....	106
3.1.2.1.	Sıcaklık Değerlerine İlişkin Bulgular .....	106
3.1.2.2.	pH Değerlerine İlişkin Bulgular.....	108
3.1.2.3.	Elektriksel İletkenlik Değerlerine İlişkin Bulgular.....	109
3.1.2.4.	Çözünmüş Oksijen Değerlerine İlişkin Bulgular .....	111
3.1.2.5.	Klor Değerlerine İlişkin Bulgular .....	112
3.1.2.6.	Toplam Çözünmüş Katı Madde Değerlerine İlişkin Bulgular .....	114
3.1.2.7.	Tuzluluk Değerlerine İlişkin Bulgular .....	116
3.1.2.8.	Askıda Katı Madde Değerlerine İlişkin Bulgular .....	117
3.1.2.9.	Çamlıkaya HES ve Regülatörü Örnekleme Anındaki Sıcaklık ve Nispi Nem ve Basınç Değerleri .....	119
3.2.	İstatiksel Analizler .....	121
3.2.1.	Su Kalitesi Özelliklerine Göre Korelasyon Analizi.....	121
3.2.2.	Mevsimlere Göre İstatiksel Analiz .....	122
3.2.2.1.	Arca HES Mevsimlere Göre Betimleyici İstatistik.....	122
3.2.2.2.	Arca HES ve Regülatörü Mevsimlere Göre Varyans Analizi.....	124
3.2.2.3.	Arca HES ve Regülatörü Mevsimlere Göre Duncan Testi .....	124



3.2.2.3.1. Sıcaklık .....	124
3.2.2.3.2. pH.....	125
3.2.2.3.3. Elektriksel İletkenlik .....	125
3.2.2.3.4. Çözünmüş Oksijen .....	126
3.2.2.3.5. Klor .....	126
3.2.2.3.6. Toplam Çözünmüş Katı Madde .....	127
3.2.2.3.7. Tuzluluk .....	127
3.2.2.3.8. Askıda Katı Madde .....	128
3.2.2.4. Çamlıkaya HES ve Regülatörü Mevsimlere Göre Betimleyici İstatistik...	128
3.2.2.5. Çamlıkaya HES ve Regülatörü Mevsimlere Göre Varyans Analizi .....	130
3.2.2.6. Çamlıkaya HES ve Regülatörü Mevsimlere Göre Duncan Testi.....	131
3.2.2.6.1. Sıcaklık .....	131
3.2.2.6.2. pH.....	131
3.2.2.6.3. Elektriksel İletkenlik .....	132
3.2.2.6.4. Çözünmüş Oksijen .....	132
3.2.2.6.5. Klor .....	133
3.2.2.6.6. Toplam Çözünmüş Katı Madde .....	133
3.2.2.6.7. Tuzluluk .....	134
3.2.2.6.8. Askıda Katı Madde .....	135
3.2.3. Örneklemeye Noktalarına Göre İstatistiksel Analiz.....	135
3.2.3.1. Arca HES ve Regülatörü Örneklemeye Noktalarına Göre Betimleyici İstatistik.....	135
3.2.3.2. Arca HES ve Regülatörü Örneklemeye Noktalarına Göre Varyans Analizi .	137
3.2.3.3. Çamlıkaya HES ve Regülatörü Örneklemeye Noktalarına Göre Betimleyici İstatistik.....	137
3.2.3.4. Çamlıkaya HES ve Regülatörü Noktalara Göre Varyans Analizi .....	139
3.2.4. Eşleştirilmiş t Testi .....	140
3.2.4.1. Arca HES ve Regülatörü Eşleştirilmiş t Testi İstatistiksel Analiz.....	140
3.2.4.1.1. Sıcaklık .....	140
3.2.4.1.2. pH.....	141
3.2.4.1.3. Elektriksel İletkenlik .....	142
3.2.4.1.4. Çözünmüş Oksijen .....	143
3.2.4.1.5. Klor .....	144

3.2.4.1.6. Toplam Çözünmüş Katı Madde .....	145
3.2.4.1.7. Tuzluluk .....	146
3.2.4.1.8. Askıda Katı Madde .....	147
3.2.4.2. Çamlıkaya HES ve Regülatörü Eşleştirilmiş t Testi İstatiksel Analiz .....	148
3.2.4.2.1. Sıcaklık .....	148
3.2.4.2.2. pH.....	149
3.2.4.2.3. Elektriksel İletkenlik .....	150
3.2.4.2.4. Çözünmüş Oksijen .....	151
3.2.4.2.5. Klor .....	152
3.2.4.2.6. Toplam Çözünmüş Katı Madde .....	153
3.2.4.2.7. Tuzluluk .....	154
3.2.4.2.8. Askıda Katı Madde .....	155
3.3. Havzanın Topoğrafik ve Hidrolojik Karakteristikleri.....	156
3.3.1. Havzanın Topoğrafik Karakteristikleri .....	156
3.3.1.1. Şekil Karakteristikleri .....	156
3.3.1.1.1. Form Faktörü .....	156
3.3.1.1.2. Dairesellik Oranı .....	157
3.3.1.1.3. Uzama Oranı .....	157
3.3.1.2. Reliyef-Eğim Karakteristikleri.....	157
3.3.1.2.1. Ortalama Eğim .....	157
3.3.1.2.2. Ortalama Yüksekliği .....	157
3.3.2. Havzanın Hidrolojik Karakteristikleri .....	163
3.3.2.1. Ana Dere Eğimi .....	163
3.3.2.2. Dere Sayısı .....	163
3.3.2.3. Dere Sıklığı .....	165
3.3.2.4. Drenaj Yoğunluğu.....	165
3.3.2.5. Konsantrasyon Zamanı .....	165
4. TARTIŞMA VE SONUÇ .....	166
4.1. Sıcaklık .....	166
4.2. pH.....	170
4.3. Elektriksel İletkenlik .....	172
4.4. Çözünmüş Oksijen .....	175
4.5. Klor .....	179

4.6.	Toplam Çözünmüş Katı Madde .....	180
4.7.	Tuzluluk .....	182
4.8.	Askıda Katı Madde .....	183
5.	ÖNERİLER.....	188
6.	KAYNAKLAR .....	193

ÖZGEÇMİŞ

Yüksek Lisans

ÖZET

SOLAKLI DERESİ HAVZASINDA NEHİR TİPİ HİDROELEKTRİK SANTRALLERİN SU  
KALİTESİNE ETKİLERİ

Necla KORALAY

Karadeniz Teknik Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı  
Danışman: Prof. Dr. Ömer KARA  
2015, 204 Sayfa

Ülkemizde son yıllarda, fosil yakıtlar dışında alternatif enerji kaynaklarından faydalanma yoluna gidilmektedir. Doğu Karadeniz bölgesi, dağlık ve engebeli bir yapıya sahip olduğundan, bu bölgenin nehir tipi hidroelektrik santralleri (NHES) ile enerji üretme potansiyeli yüksektir. Ancak, enerji üretimi esnasında HES'lerin çevresel etkilerini, özellikle de dere ekosistemleri üzerindeki etkilerini değerlendirmek önem arz etmektedir.

Bu çalışmada Doğu Karadeniz bölgesi, Solaklı deresi havzasındaki nehir tipi HES'lerin (Arca HES ve Çamlıkaya HES) bazı su kalite parametreleri üzerine etkisi incelendi. Araştırma Ocak 2014 - Aralık 2014 tarihleri arasında 12 ay süreyle yürütüldü. Çalışmada, Çamlıkaya HES'de 6 nokta (Ç1, Ç2, Ç3, Ç4, Ç5 ve Ç6) ve Arca HES'de 6 nokta (A1, A2, A3, A4, A5 ve A6) olmak üzere toplam 12 örnekleme noktası seçildi. Örnekleme noktalarında; sıcaklık (°C), pH, elektriksel iletkenlik (mS/cm), çözünmüş oksijen (mg/l), klor (mg/l), toplam çözünmüş katı madde (mg/l), tuzluluk (ppt) ve askıda katı madde (AKM, mg/l), parametreleri ölçüldü. Elde edilen veriler, su kalitesi kriterlerine ve istatistiksel analizlere (t Testi, Korelasyon, ANOVA ve Duncan testi) göre değerlendirildi.

Sonuç olarak NHES'lerin işletme ve inşaat aşamasında ana dereadaki suyun kalite ve miktarını olumsuz yönde etkilediği gözlemlendi. AKM, pH ve sıcaklık gibi suyun kalite parametrelerinde istatistiksel olarak anlamlı değişimler meydana geldi. Bu olumsuz değişimlere, inşaat aşamasındaki kum ocağından dereye bırakılan atık ve sedimentli suyun büyük etkisi olduğu sonucuna varıldı. İşletme aşamasında ise dereye bırakılan suyun miktarının azalmasıyla birlikte sucul ekosistem ve su kenarı yaşam alanları olumsuz etkilenecektir.

**Anahtar Kelimeler:** Su Kalitesi, Nehir Tipi HES, Havza Yönetimi

Master Thesis

SUMMARY

IMPACTS OF RIVER TYPE HYDROPOWER PLANTS ON WATER QUALITY IN SOLAKLI  
WATERSHED STREAM

Necla KORALAY

Karadeniz Technical University  
The Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Forest Engineering Graduate Program  
Supervisor: Prof. Dr. Ömer KARA  
2015, 204 Pages

In recent years, Turkey has turned its attention to alternative energy sources other than fossil fuels. Eastern Black Sea region is mountainous and hilly structure. Therefore, this region has high potential in terms of energy production with river type hydropower plants (HEPP). However, it is important that to assess environmental impacts of HEPP on especially river ecosystem during the energy production.

In this study, the impacts of river type hydropower plants (Arca and Camlıkaya HEPPs) on some water quality parameters were examined in Eastern Blacksea region namely Solaklı watershed stream. This research was conducted for 12 months (January - December 2014). Totally 12 sampling points were selected including 6 points in Çamlıkaya (C1, C2, C3, C4, C5 and C6) and 6 points in Arca (A1, A2, A3, A4, A5 and A6) HEPPs. At the each point, temperature (°C), pH, electrical conductivity (mS/cm), dissolved oxygen (mg/l), chloride (mg/l), total dissolved solids (mg/l), salinity (ppt) and total suspended solids (TSS, mg/l) parameters were measured. The resulting data were evaluated according to water quality criteria and statistical analysis (t test, Correlation, ANOVA and Duncan test).

As a result, the quality and quantity of water in the main stream were negatively affected by HEPPs in both operational and constructional phase. Statistically, significant changes were occurred in water quality parameters such as TSS, pH and temperature. It was concluded that these negative changes were caused by the sand mine in construction phase of HEPPs. Furthermore, aquatic ecosystems and riparian zone may negatively affected by reduction of the amount of water released into the river during the operational phase of HEPPs.

**Key Words:** Water Quality, River Type Hydropower Plants, Watershed management

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Türkiye’de yıllara göre kişi başına düşen su miktarı (m <sup>3</sup> /yıl) .....	3
Şekil 2. Nehir Tipi Hidroelektrik Santral.....	12
Şekil 3. Araştırma alanının yeri .....	26
Şekil 4. Araştırma alanının uydu görüntüsü. ....	27
Şekil 5. Araştırma alanının topoğrafik haritası .....	28
Şekil 6. Solaklı Havzası Nüfus Dağılımı .....	30
Şekil 7. Solaklı Havzasında bulunan dağlar .....	32
Şekil 8. Solaklı Havzası yükselti grupları haritası .....	33
Şekil 9. Solaklı Havzası eğim grupları haritası.....	34
Şekil 10. Solaklı Havzası alana göre eğim haritası .....	35
Şekil 11. Solaklı Havzası bakı grupları haritası .....	36
Şekil 12. Of Meteoroloji İstasyonu Thornthwaite su bilançosu .....	40
Şekil 13. Çaykara Meteoroloji İstasyonu Thornthwaite su bilançosu .....	41
Şekil 14. Uzungöl Meteoroloji İstasyonu Thornthwaite su bilançosu .....	42
Şekil 15. Solaklı Havzası drenaj deseni .....	43
Şekil 16. Solaklı Havzası drenaj deseni uydu görüntüsü .....	44
Şekil 17. Solaklı Deresi Havzası arazi kullanım haritası .....	47
Şekil 18. Solaklı Deresi Havzası arazi kullanım ve orman alanı dağılım haritası .....	48
Şekil 19. Araştırma alanının jeolojik haritası .....	49
Şekil 20. Araştırma alanının toprak grupları haritası .....	52
Şekil 21. Depolamalı baraj tipi regülatör yapısına sahip hidroelektrik santralinden su örneği alım noktaları .....	54
Şekil 22. Çamlıkaya HES ve Regülatörüne ait Ç1 noktası .....	55
Şekil 23. Çamlıkaya HES ve Regülatörüne ait Ç2 noktası .....	56
Şekil 24. Çamlıkaya HES ve Regülatörüne ait Ç3 noktası .....	57
Şekil 25. Çamlıkaya HES ve Regülatörüne ait Ç4 noktası .....	57
Şekil 26. Çamlıkaya HES ve Regülatörüne ait Ç5 noktası .....	58
Şekil 27. Çamlıkaya HES ve Regülatörüne ait Ç6 noktası .....	59
Şekil 28. Arca HES ve Regülatörüne ait A1 noktası .....	59

Şekil 29. Arca HES ve Regülatörüne ait A2 noktası .....	60
Şekil 30. Arca HES ve Regülatörüne ait A3 noktası .....	61
Şekil 31. Arca HES ve Regülatörüne ait A4 noktası .....	62
Şekil 32. Arca HES ve Regülatörüne ait A5 noktası .....	63
Şekil 33. Arca HES ve Regülatörüne ait A6 noktası .....	64
Şekil 34. Arca HES (a) ve Çamlıkaya HES (b) ölçüm noktaları .....	65
Şekil 35. Biriktirmeli baraj tipi regülatör yapısına sahip hidroelektrik santral.....	66
Şekil 36. YSI Professional Plus marka cihaz (a,c) ve sıcaklık-nem ölçer (b) .....	74
Şekil 37. YSI Professional Plus marka cihaz ve proplar .....	75
Şekil 38. YSI Professional Plus marka cihazın kalibrasyon çözümleri .....	76
Şekil 39. Pet şişelerin temizlenmesi.....	78
Şekil 40. Arazide su numunesinin alınması.....	79
Şekil 41. Numunelerin filtre kağıdından geçirilip tartılması işlemleri .....	81
Şekil 42. Ana dere eğiminin bulunması.....	86
Şekil 43. Arca HES ve Regülatörü örnekleme noktalarına ait sıcaklık değerleri .....	92
Şekil 44. Arca HES ve Regülatörü aylık ortalama sıcaklık değerleri.....	92
Şekil 45. Arca HES ve Regülatörü örnekleme noktalarına ait pH değerleri.....	93
Şekil 46. Arca HES ve Regülatörüne aylık ortalama pH değerleri.....	94
Şekil 47. Arca HES ve Regülatörü örnekleme noktalarına ait elektriksel iletkenlik değerleri (mS/cm) .....	95
Şekil 48. Arca HES ve Regülatörüne aylık ortalama elektriksel iletkenlik değerleri (mS/cm) .....	95
Şekil 49. Arca HES ve Regülatörü örnekleme noktalarına ait çözülmüş oksijen değerleri .....	97
Şekil 50. Arca HES ve Regülatörü aylık ortalama çözülmüş oksijen değerleri.....	97
Şekil 51. Arca HES ve Regülatörü örnekleme noktalarına ait klor değerleri .....	98
Şekil 52. Arca HES ve Regülatörü aylık ortalama klor değerleri.....	99
Şekil 53. Arca HES ve Regülatörü örnekleme noktalarına ait toplam çözülmüş katı madde değerleri .....	100
Şekil 54. Arca HES ve Regülatörü aylık ortalama toplam çözülmüş katı madde değerleri .....	100
Şekil 55. Arca HES ve Regülatörü örnekleme noktalarına ait tuzluluk değerleri ....	101
Şekil 56. Arca HES ve Regülatörü aylık ortalama tuzluluk değerleri .....	102
Şekil 57. Arca HES ve Regülatörü örnekleme noktalarına ait AKM değerleri .....	103

Şekil 58. Arca HES ve Regülatörü aylık ortalama askıda katı madde değerleri .....	103
Şekil 59. Arca HES ve Regülatörüne ait ortalama sıcaklık değerleri .....	104
Şekil 60. Arca HES ve Regülatörüne ait ortalama Nisbi nem değerleri.....	105
Şekil 61. Arca HES ve Regülatörüne ait ortalama basınç değerleri .....	106
Şekil 62. Çamlıkaya HES ve Regülatörü örnekleme noktalarına ait sıcaklık değerleri.....	107
Şekil 63. Çamlıkaya HES ve Regülatörü aylık ortalama sıcaklık değerleri .....	107
Şekil 64. Çamlıkaya HES ve Regülatörü örnekleme noktalarına ait pH değerleri ...	108
Şekil 65. Çamlıkaya HES ve Regülatörü aylık ortalama pH değerleri.....	109
Şekil 66. Çamlıkaya HES ve Regülatörü örnekleme noktalarına ait elektriksel iletkenlik değerleri.....	110
Şekil 67. Çamlıkaya HES ve Regülatörü aylık ortalama elektriksel iletkenlik değerleri.....	110
Şekil 68. Çamlıkaya HES ve Regülatörü örnekleme noktalarına ait çözünmüş oksijen değerleri .....	112
Şekil 69. Çamlıkaya HES ve Regülatörü aylık ortalama çözünmüş oksijen değerleri.....	112
Şekil 70. Çamlıkaya HES ve Regülatörü örnekleme noktalarına ait klor değerleri .	113
Şekil 71. Çamlıkaya HES ve Regülatörü aylık ortalama klor değerleri .....	114
Şekil 72: Çamlıkaya HES ve Regülatörü örnekleme noktalarına ait toplam çözünmüş katı madde değerleri .....	115
Şekil 73. Çamlıkaya HES ve Regülatörü aylık ortalama toplam çözünmüş katı madde değerleri .....	115
Şekil 74. Çamlıkaya HES ve Regülatörü örnekleme noktalarına ait tuzluluk değerleri.....	116
Şekil 75. Çamlıkaya HES ve Regülatörü aylık ortalama tuzluluk değerleri.....	117
Şekil 76. Çamlıkaya HES ve Regülatörü örnekleme noktalarına ait AKM değerleri .....	118
Şekil 77. Çamlıkaya HES ve Regülatörü aylık ortalama askıda katı madde değerleri.....	118
Şekil 78. Çamlıkaya HES ve Regülatörü ortalama sıcaklık değerleri .....	119
Şekil 79. Çamlıkaya HES ve Regülatörü ortalama Nisbi nem değerleri .....	120
Şekil 80. Çamlıkaya HES ve Regülatörü aylık ortalama basınç değerleri .....	121
Şekil 81. Arca HES ve Regülatörü ortalama sıcaklık değerlerinin eşleştirilmiş t testi ile karşılaştırılması .....	141



Şekil 82. Arca HES ve Regülatörü ortalama pH değerlerinin eşleştirilmiş t testi ile karşılaştırılması.....	142
Şekil 83. Arca HES ve Regülatörü ortalama elektriksel iletkenlik değerlerinin eşleştirilmiş t testi ile karşılaştırılması.....	143
Şekil 84. Arca HES ve Regülatörü ortalama çözünmüş oksijen değerlerinin eşleştirilmiş t testi ile karşılaştırılması.....	144
Şekil 85. Arca HES ve Regülatörü ortalama klor değerlerinin eşleştirilmiş t testi ile karşılaştırılması .....	145
Şekil 86. Arca HES ve Regülatörü ortalama toplam çözünmüş katı madde değerlerinin eşleştirilmiş t testi ile karşılaştırılması .....	146
Şekil 87. Arca HES ve Regülatörü ortalama tuzluluk değerlerinin eşleştirilmiş t testi ile karşılaştırılması .....	147
Şekil 88. Arca HES ve Regülatörü ortalama askıda katı madde değerlerinin eşleştirilmiş t testi ile karşılaştırılması.....	148
Şekil 89. Çamlıkaya HES ve Regülatörü ortalama sıcaklık değerlerinin eşleştirilmiş t testi ile karşılaştırılması.....	149
Şekil 90. Çamlıkaya HES ve Regülatörü ortalama pH değerlerinin eşleştirilmiş t testi ile karşılaştırılması .....	150
Şekil 91. Çamlıkaya HES ve Regülatörü ortalama elektriksel iletkenlik değerlerinin eşleştirilmiş t testi ile karşılaştırılması .....	151
Şekil 92. Çamlıkaya HES ve Regülatörü ortalama çözünmüş oksijen değerlerinin eşleştirilmiş t testi ile karşılaştırılması.....	152
Şekil 93. Çamlıkaya HES ve Regülatörü ortalama klor değerlerinin eşleştirilmiş t testi ile karşılaştırılması .....	153
Şekil 94. Çamlıkaya HES ve Regülatörü ortalama toplam çözünmüş katı madde değerlerinin eşleştirilmiş t testi ile karşılaştırılması .....	154
Şekil 95. Çamlıkaya HES ve Regülatörü ortalama tuzluluk değerlerinin eşleştirilmiş t testi ile karşılaştırılması.....	155
Şekil 96. Çamlıkaya HES ve Regülatörü ortalama askıda katı madde değerlerinin eşleştirilmiş t testi ile karşılaştırılması.....	156
Şekil 97. Solaklı Deresi Yağış Havzasının Hipsometrik Eğrisi (100'lük sisteme göre) .....	159
Şekil 98. Solaklı Deresi Yağış Havzasının Hipsometrik Eğrisi (1'lik sisteme göre).....	161
Şekil 99. Solaklı Deresi Yağış Havzasının Hipsometrik Eğri Alanı Haritası.....	162
Şekil 100. Solaklı Deresi Yağış Havzasının Dere Sırası .....	164

## TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Ülkemizin Su Kaynakları Potansiyeli.....	2
Tablo 2. 22. DSİ Bölge Müdürlüğüne ait illere göre Hidroelektrik Santral Proje Listesi .....	6
Tablo 3. Solaklı Deresi Havzasına ait Hidroelektrik Santral Proje Listesi.....	7
Tablo 4. Tennant Metodu'nda farklı kalite sınıfları için kullanılan yüzdeler.....	19
Tablo 5. Of, Çaykara ve Uzungöl Meteoroloji İstasyonları aylık ortalama ve yıllık yağış değerleri (mm).....	38
Tablo 6. Of, Çaykara, Uzungöl Meteoroloji İstasyonları aylık ortalama sıcaklık(°C) değerleri .....	38
Tablo 7. Of, Çaykara, Uzungöl Meteoroloji İstasyonları aylık ortalama nisbi nem (%) değerleri .....	38
Tablo 8. Trabzon Meteoroloji İstasyonu aylık toplam buharlaşma değerleri (mm)..	39
Tablo 9. Thornthwaite Yöntemine göre Of ilçesinin iklimi .....	39
Tablo 10. Thornthwaite Yöntemine göre Çaykara ilçesinin iklimi .....	40
Tablo 11. Thornthwaite Yöntemine göre Uzungöl iklimi.....	41
Tablo 12. Kıtaiçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Sıcaklık Kalite Kriterleri.....	68
Tablo 13. Suların özgül elektriksel iletkenliği esas alınarak yapılan sınıflandırılması .....	68
Tablo 14. Kıtaiçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre pH Kalite Kriterleri.....	69
Tablo 15. Kıtaiçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Çözünmüş Oksijen Kalite Kriterleri .....	70
Tablo 16. Kıtaiçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Klor Kalite Kriterleri .....	70
Tablo 17. Tuzluluk değerlerine göre su sınıflandırılması.....	71
Tablo 18. Toplam Çözünmüş Katı Madde miktarına göre su sınıflandırılması.....	72
Tablo 19. Kıtaiçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Çözünmüş Katı Madde Kalite Kriterleri .....	72
Tablo 20. Su Kalite Özellikleri ölçüm sonuçları kayıt tablosu .....	78
Tablo 21. Kıtaiçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri.....	89
Tablo 22. Arca HES ve Regülatörü örnekleme noktalarına ait sıcaklık değerleri(°C)	91
Tablo 23. Arca HES ve Regülatörü örnekleme noktalarına ait pH değerleri .....	93

Tablo 24. Arca HES ve Regülatörü örnekleme noktalarına ait elektriksel iletkenlik değerleri (mS/cm) .....	95
Tablo 25. Arca HES ve Regülatörü örnekleme noktalarına ait çözülmüş oksijen değerleri (mg/l) .....	96
Tablo 26. Arca HES ve Regülatörü örnekleme noktalarına ait klor değerleri (mg/l) .....	98
Tablo 27. Arca HES ve Regülatörü örnekleme noktalarına ait toplam çözülmüş katı madde değerleri (mg/l) .....	100
Tablo 28. Arca HES ve Regülatörü örnekleme noktalarına ait tuzluluk değerleri (ppt).....	101
Tablo 29. Arca HES ve Regülatörü örnekleme noktalarına ait askıda katı madde değerleri (mg/l) .....	102
Tablo 30. Arca HES ve Regülatörü örnekleme noktalarına ait sıcaklık değerleri (°C) .....	104
Tablo 31. Arca HES ve Regülatörü örnekleme noktalarına ait Nisbi nem değerleri (%) .....	105
Tablo 32. Arca HES ve Regülatörü örnekleme noktalarına ait basınç değerleri .....	105
Tablo 33. Çamlıkaya HES ve Regülatörü örnekleme noktalarına ait sıcaklık değerleri (°C) .....	107
Tablo 34. Çamlıkaya HES ve Regülatörü örnekleme noktalarına ait pH değerleri...	108
Tablo 35. Çamlıkaya HES ve Regülatörü örnekleme noktalarına ait elektriksel iletkenlik değerleri (mS/cm) .....	110
Tablo 36. Çamlıkaya HES ve Regülatörü örnekleme noktalarına ait çözülmüş oksijen değerleri (mg/l) .....	111
Tablo 37. Çamlıkaya HES ve Regülatörü örnekleme noktalarına ait klor değerleri (mg/l) .....	113
Tablo 38. Çamlıkaya HES ve Regülatörü örnekleme noktalarına ait toplam çözülmüş katı madde değerleri .....	115
Tablo 39. Çamlıkaya HES ve Regülatörü örnekleme noktalarına ait tuzluluk değerleri .....	116
Tablo 40. Çamlıkaya HES ve Regülatörü örnekleme noktalarına ait askıda katı madde değerleri .....	118
Tablo 41. Çamlıkaya HES ve Regülatörü örnekleme noktalarına ait sıcaklık değerleri(°C) .....	119
Tablo 42. Çamlıkaya HES ve Regülatörü örnekleme noktalarına Nisbi nem değerleri (%) .....	120
Tablo 43. Çamlıkaya HES ve Regülatörü örnekleme noktalarına ait basınç değerleri .....	120

Tablo 44. Arca HES ve Regülatörüne ait Korelasyon Matrisi.....	122
Tablo 45. Çamlıkaya HES ve Regülatörüne ait Korelasyon Matrisi .....	122
Tablo 46. Arca HES ve Regülatörü mevsimlere göre betimleyici istatistik .....	123
Tablo 47. Arca HES mevsimlere göre ortalamaların farklılığı için varyans analizi..	124
Tablo 48. Arca HES ve Regülatörü mevsimlere göre sıcaklık değerleri duncan testi.....	125
Tablo 49. Arca HES ve Regülatörü mevsimlere göre pH değerleri duncan testi .....	125
Tablo 50. Arca HES ve Regülatörü mevsimlere göre elektriksel iletkenlik değerleri duncan testi .....	126
Tablo 51. Arca HES ve Regülatörü mevsimlere göre çözünmüş oksijen değerleri duncan testi .....	126
Tablo 52. Arca HES ve Regülatörü mevsimlere göre klor değerleri duncan testi.....	127
Tablo 53. Arca HES ve Regülatörü mevsimlere göre toplam çözünmüş katı madde değerleri duncan testi .....	127
Tablo 54. Arca HES ve Regülatörü mevsimlere göre tuzluluk değerleri duncan testi.....	128
Tablo 55. Arca HES ve Regülatörü mevsimlere göre askıda katı madde değerleri duncan testi .....	128
Tablo 56 . Çamlıkaya HES ve Regülatörü Mevsime Göre Betimleyici İstatistik.....	129
Tablo 57. Çamlıkaya HES mevsime göre ortalamaların farklılığı için varyans analizi.....	130
Tablo 58. Çamlıkaya HES ve Regülatörü mevsimlere göre sıcaklık değerleri duncan testi .....	131
Tablo 59. Çamlıkaya HES ve Regülatörü mevsimlere göre pH değerleri duncan testi.....	132
Tablo 60. Çamlıkaya HES ve Regülatörü mevsimlere göre elektriksel iletkenlik değerleri duncan testi.....	132
Tablo 61. Çamlıkaya HES ve Regülatörü mevsimlere göre çözünmüş oksijen değerleri duncan testi.....	133
Tablo 62. Çamlıkaya HES ve Regülatörü mevsimlere göre klor değerleri duncan testi.....	133
Tablo 63. Çamlıkaya HES ve Regülatörü mevsimlere göre toplam çözünmüş katı madde değerleri duncan testi .....	134
Tablo 64. Çamlıkaya HES ve Regülatörü mevsimlere göre tuzluluk değerleri duncan testi .....	134

Tablo 65. amlıkaya HES ve Regülatörü mevsimlere göre askıda katı madde değerleri duncan testi.....	135
Tablo 66. Arca HES ve Regülatörü rnekleme noktalarına göre betimleyici istatistik.....	136
Tablo 67. Arca HES rnekleme noktalarına göre varyans analizi.....	137
Tablo 68. amlıkaya HES ve Regülatörü rnekleme noktalarına göre betimleyici istatistik.....	138
Tablo 69. amlıkaya HES ve Regülatörü rnekleme noktalarına göre varyans analizi.....	139
Tablo 70. Arca HES ve Regülatörü sıcaklık değerleri t Testi Analizi.....	140
Tablo 71. Arca HES ve Regülatörü pH değerleri t Testi Analizi .....	141
Tablo 72. Arca HES ve Regülatörü elektriksel iletkenlik değerleri t Testi Analizi..	142
Tablo 73. Arca HES ve Regülatörü znmş oksijen değerleri t Testi Analizi.....	143
Tablo 74. Arca HES ve Regülatörü klor değerleri t Testi Analizi.....	144
Tablo 75. Arca HES ve Regülatörü znmş katı madde değerleri t Testi Analizi.....	145
Tablo 76. Arca HES ve Regülatörü tuzluluk değerleri t Testi Analizi .....	146
Tablo 77. Arca HES ve Regülatörü askıda katı madde değerleri t Testi Analizi .....	147
Tablo 78. amlıkaya HES ve Regülatörü sıcaklık değerleri t Testi Analizi .....	149
Tablo 79. amlıkaya HES ve Regülatörü pH değerleri t Testi Analizi.....	150
Tablo 80. amlıkaya HES ve Regülatörü elektriksel iletkenlik değerleri t Testi Analizi.....	151
Tablo 81. amlıkaya HES ve Regülatörü znmş oksijen değerleri t Testi Analizi.....	152
Tablo 82. amlıkaya HES ve Regülatörü klor değerleri t Testi Analizi.....	153
Tablo 83. amlıkaya HES ve Regülatörü znmş katı madde değerleri t Testi Analizi.....	154
Tablo 84. amlıkaya HES ve Regülatörü tuzluluk değerleri t Testi Analizi.....	155
Tablo 85. amlıkaya HES ve Regülatörü askıda katı madde değerleri t Testi Analizi.....	156
Tablo 86. Solaklı Deresi Yağış Havzası Hipsometrik Eğri Tablosu (100'lük sisteme göre) .....	158
Tablo 87. Solaklı Deresi Yağış Havzası Hipsometrik Eğri Tablosu (1'lik sisteme göre).....	160
Tablo 88. Solaklı Deresi Yağış Havzasının dere sırası ve dere sayısı .....	163

Tablo 89. Bir atmosferik basınçta, saf sudaki oksijenin sıcaklığa bağlı çözünürlülüğü .....	176
Tablo 90. Saf sudaki oksijenin yükseltiye bağlı çözünürlülüğü .....	177

## SEMBOLLER DİZİNİ

AKM	: Askıda Katı Madde
BOİ	: Biyolojik Oksijen İhtiyacı
Ca <sup>2+</sup>	: Kalsiyum
CaCl <sub>2</sub>	: Kalsiyum Klorür
Cl <sup>-</sup>	: Klorür İyonu
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	: Karbonat İyonu
ÇO	: Çözünmüş Oksijen
DSİ	: Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	: Bikarbonat İyonu
Eİ	: Elektriksel İletkenlik
EİE	: Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü
HES	: Hidroelektrik Santral
K <sup>+</sup>	: Potasyum
KOİ	: Kimyasal Oksijen İhtiyacı
Na <sup>+</sup>	: Sodyum
NaCl	: Sodyum Klorür
NH <sub>4</sub>	: Amonyum
NHES	: Nehir Tipi Hidroelektrik Santral
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	: Nitrat
Mg <sub>2</sub> <sup>+</sup>	: Magnezyum
MgCl <sub>2</sub>	: Magnezyum klorür
PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	: Fosfat
SAR	: Sodyum Adsorpsiyon Oranı
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	: Sülfat İyonu
SPSS	:Statistical Package for the Social Sciences (Sosyal Bilimler İstatistik programı)
TDS	: Toplam Çözünmüş Katı Madde
TN	: Toplam Azot
TP	: Toplam Fosfor
TS	: Toplam Tuz

TUBİTAK : Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu

YOA : Yıllık Ortalama Akış



## 1. GENEL BİLGİLER

### 1.1. Giriş

Su yaşamın temel öğelerinden biridir. Su, aynı zamanda canlılar için bir yaşam ortamıdır (Akın ve Akın, 2007). Diğer doğal kaynaklardan farklı olarak, yaşamın ana unsurunu oluşturmaktadır. Bu niteliği ile insanların yaşamsal ihtiyaçlarının karşılanması yanında ekonomik, sosyal ve çevresel değerler içermektedir (Bilen, 2008). Su aynı zamanda insan dışındaki canlılar ve onların yaşam alanları için de hayat kaynağıdır. Yerkürede yaşamın devamı su kaynaklarının miktarına ve kalitesine doğrudan bağlıdır (İlhan, 2011).

Dünyadaki toplam su miktarı 1 milyar 400 milyon  $\text{km}^3$  tür. Yani yeryüzünün %70'i su ile kaplıdır (Chang, 2003). Bu suyun %97,6'sı tuzlu su olarak okyanus ve denizlerde, %1,9'u kutuplarda ve buzullarda bulunur. Geriye kalan insanların kullanabileceği su (yeraltı suyu, akarsular, göller, topraktaki nem) miktarı ise dünyadaki toplam suyun sadece %0,5'lik kısmını oluşturmaktadır (Güler, 1997)

Türkiye üç tarafı denizlerle çevrili, 8333 km kıyı şeridi, 80791  $\text{km}^2$  deniz alanı, 10000  $\text{km}^2$  doğal gölü, 15000 ha göleti, 342377 ha baraj gölü ve 177714 km uzunluğunda akarsuları ile önemli bir potansiyele sahiptir (Atasoy, 2012).

Ülkemizin ortalama yıllık yağış miktarı 643 mm olup, bu yağış miktarı ortalama 501 milyar  $\text{m}^3$  suya karşılık gelmektedir. Yağışın 274 milyar  $\text{m}^3$ 'ü çay, nehir, göl ve denizler ile bitkilerden buharlaşma yoluyla atmosfere geri dönmektedir. Yağışla toprağa düşen suyun 158 milyar  $\text{m}^3$ 'ü irili ufaklı pek çok akarsuyla deniz ya da göllere taşınmaktadır. Geriye kalan 69 milyar  $\text{m}^3$ 'ü yeraltı suyunu oluşturmaktadır. Oluşan yeraltı suyunun 28 milyar  $\text{m}^3$ 'ü kaynak suyu (pınarlar) halinde yüzey sularına tekrar katılmaktadır. Ayrıca Meriç ve Asi gibi nehirlerle komşu ülkelerden ülkemize yılda ortalama 7 milyar  $\text{m}^3$  su gelmektedir. Yağışla oluşan 158 milyar  $\text{m}^3$ 'lük yüzey suları ve yeraltı sularından kaynak suyu şeklinde tekrar yüzeye ulaşan 28 milyar  $\text{m}^3$ 'lük su ile komşu ülkelerden akarsularla gelen 7 milyar  $\text{m}^3$ 'lük sular ülkemizin brüt su potansiyelini ( $158+28+7=193$ ) oluşturmaktadır. Yeraltına inerek yeraltı suyuna katılan 41 milyar  $\text{m}^3$ 'lük ( $69-28=41$ ) su da ilave edildiğinde, ülkemizin yenilenebilir brüt su potansiyeli 234 milyar  $\text{m}^3$ 'e ( $193+41$ ) ulaşmaktadır (DSİ, 2015).

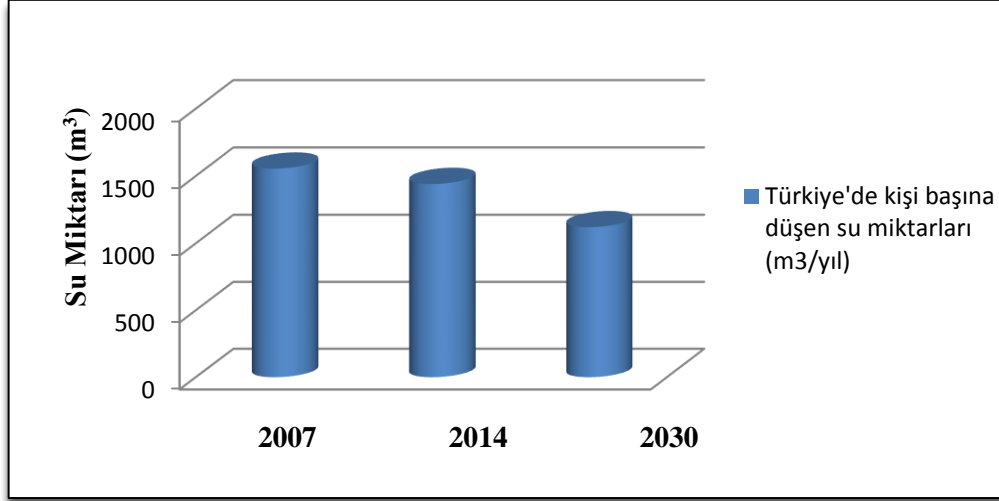
Günümüz teknik ve ekonomik şartları çerçevesinde, çeşitli maksatlara yönelik olarak tüketilebilecek yerüstü suyu potansiyeli yurt içindeki akarsulardan 95 milyar m<sup>3</sup>, komşu ülkelerden yurdumuza gelen akarsulardan 3 milyar m<sup>3</sup> olmak üzere, yılda ortalama toplam 98 milyar m<sup>3</sup>'tür. 14 milyar m<sup>3</sup> olarak belirlenen yeraltı suyu potansiyeli ile birlikte ülkemizin tüketilebilir yerüstü ve yeraltı su potansiyeli yılda ortalama toplam 112 milyar m<sup>3</sup> olup, 44 milyar m<sup>3</sup>'ü kullanılmaktadır (DSİ, 2015). Ülkemizin su kaynakları potansiyeli Tablo 1'de yer almaktadır.

Tablo 1. Ülkemizin Su Kaynakları Potansiyeli (DSİ, 2015)

Yıllık Ortalama Yağış	643 mm/yıl
Türkiye'nin Yüzölçümü	783.577 km <sup>2</sup>
Yıllık Yağış Miktarı	501 milyar m <sup>3</sup>
Buharlaştırma	274 milyar m <sup>3</sup>
Yer Altına Sızma	41 milyar m <sup>3</sup>
Yıllık Yüzeysel Akışı	186 milyar m <sup>3</sup>
Kullanılabilir Yüzeysel Suyu	98 milyar m <sup>3</sup>
Yıllık Çekilebilir Su Miktarı	14 milyar m <sup>3</sup>
Toplam Kullanılabilir Su (net)	112 milyar m <sup>3</sup>
DSİ Sulamalarında Kullanılan	32 milyar m <sup>3</sup>
İçmesuyunda Kullanılan	7 milyar m <sup>3</sup>
Sanayide Kullanılan	5 milyar m <sup>3</sup>
Toplam Kullanılan Su	44 milyar m <sup>3</sup>

Bugünkü koşullarda 95 milyar m<sup>3</sup> yüzeysel su potansiyelimizin ancak 27.5 milyar m<sup>3</sup>'ünden (%29) yararlanılabilmektedir. Yararlanılan su potansiyelinin 20.9 milyar m<sup>3</sup>'ü (%76) sulamada, 3.85 milyar m<sup>3</sup>'ü (%14) belediyeler tarafından içme suyu olarak, 2.75 milyar m<sup>3</sup>'ü (%10) de sanayide kullanılmaktadır. Ülkeler, yılda kişi başına düşen kullanılabilir su miktarına göre sınıflandırılırlar. Buna göre, yıllık kişi başına düşen kullanılabilir su miktarı 1000 m<sup>3</sup>'ten az ise su fakiri, 1000-2000 m<sup>3</sup> arasında su azlığı çeken ve 2000 m<sup>3</sup>'ten çok ise su zengini ülkeler olarak nitelendirilirler. 2007 yılına ait ülke nüfusumuzun tahmini 72 milyon olduğu kabul edilirse, kişi başına düşen 1555 m<sup>3</sup>'lük yıllık kullanılabilir su miktarıyla su azlığı yaşayan bir ülke olduğumuz söylenebilir (Akin

ve Akın, 2007). 2014 yılına ait ülke nüfusumuz 77.695.904 olduğuna göre kişi başına düşen su miktarı 1441 m<sup>3</sup> civarındadır (Şekil 1).



Şekil 1. Türkiye’de yıllara göre kişi başına düşen su miktarı (m<sup>3</sup>/yıl)

Türkiye’nin nüfusu hızlı bir şekilde artmaktadır. Türkiye’deki bu yüksek nüfus artışı hızı su kaynaklarının paylaşımında önemli bir parametredir. 2030 yılı için Türkiye nüfusunun 100 milyon olacağı öngörülmektedir. Bu veriler hesaba katıldığında 2030 yılında kişi başına düşen kullanılabilir su miktarı 1120 m<sup>3</sup>/yıl civarında hesaplanmıştır (DSİ, 2015)(Şekil 1). Böylece 2030 yılına gelindiğinde Türkiye su fakirliği üst değeri olarak kabul edilen 1000 m<sup>3</sup>/kişi/yıl değerine yaklaşmış olacak ve nüfus artışıyla birlikte su tüketimi dikkate alınarak gelecek yıllarda Türkiye su fakiri ülkeler arasında yerini alacaktır.

Ülkemiz su azlığı çeken bir ülke olmasına rağmen aynı zamanda suyun kalitesi de önemlidir. Suyun kalitesi suyun kimyasal, fiziksel ve biyolojik özelliklerini tanımlamak için kullanılan bir terimdir. Suda çözünebilen suyun kimyasal bileşenleri; gazlar (oksijen, karbondioksit vb.), metaller (demir, kurşun vb.), besinler ( azot, fosfor vb.), pestisitler ve diğer organik bileşikler ( poliklorlu bifeniller vb.) kapsar. Suyun en yaygın fiziksel özellikleri; renk, koku, sıcaklık, tat ve bulanıklıktır. Suyun biyolojik bileşenleri canlı organizmalardır. Bunlar; bakteriler (*Escherichia coli* vb.), virüsler, protozoanlar (*Cryptosporidiosis* vb.), fitoplankton (mikroskopik yosun), zooplankton (küçük hayvanlar), böcek, bitki ve balık vb. canlılardan oluşmaktadır (Li ve Migliaccio, 2011). Suyun bu özellikleri insan tüketimi (içme, sulama, endüstriyel kullanım) ve ekosistem sağlığı için

uygun olup olmadığını belirler (Li ve Migliaccio, 2011). Su kalitesi suyun kullanım amacına bağlı olarak farklılık gösterebilir.

Su kalitesi; içme suyu, sulama suyu, yaban hayatı ekolojisi, orman ekolojisi, sularda yaşayan balık faunası veya mikro ve makro fauna için önemli bir parametredir. Su kalitesinin iyi ya da kötü oluşu; türlerin bileşimini, verimliliğini, bolluk durumlarını ve sucul türlerin fizyolojik durumlarını etkilemektedir (Atasoy, 2012).

Su kalitesi üzerinde arazi kullanım durumu (tarım, orman, mera), fiziksel, kimyasal ve biyolojik toprak özellikleri, sanayileşme, kanalizasyon ve deterjan atıkları, ormanın aktüel durumu, dereler üzerine yapılan çeşitli tesisler (Hidroelektrik santralleri vb.) etkili olmaktadır.

Arazi kullanım biçimleri ve dereler üzerine yapılan çeşitli tesislerin su kalitesi üzerine etkileri bakımından önemli ilişkiler bulunmaktadır. Özellikle orman alanlarının ve mera alanlarının tarıma dönüştürüldüğü yerlerde, sosyal yapılaşmanın hakim olduğu kısımlarda (sanayileşme, evsel atıklar vb.), dereler üzerine elektrik üretmek için kullanılan HES tesislerinin olduğu yerlerde toprak özellikleri ve su kalitesi olumsuz etkilenmektedir. Bu olumsuzluklardan biri de su kalite parametrelerini gösteren suyun fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin değişmesidir. Orman ve mera alanlarının tarıma dönüştürüldüğü yerlerde toprağın dış çevreden gelen etkenlere dayanıklılığı azalmakta erozyona uğrama eğilimi artmaktadır ve böylece derelere ulaşan sediment miktarında önemli değişimler meydana gelmektedir. Sanayileşme ve yerleşim olan bölgelerde kimyasal atıklar, evsel atıklar ve kanalizasyon atıkları su kalitesini önemli ölçüde bozmaktadır. Su kalitesinin değişiminde önemli rol oynayan diğer bir etken de dereler üzerine yapılan çeşitli tesislerdir. Bunlardan en önemlisi ve son zamanlarda gündemde olan nehir tipi hidroelektrik santralleridir.

İnsanlar enerjiye olan ihtiyaçlarını başlıca yenilenebilir ve yenilemeyen enerji kaynaklarından karşılamaktadır. Dünyada birincil enerji tüketimi %33,1 petrol, %29,9 kömür, %23,9 doğal gaz, %6,7 hidroelektrik ve %4,5 ile nükleer enerjiden oluşmaktadır (Türkyılmaz, 2014). Yenilenemeyen enerji kaynaklarının başında fosil yakıtlar gelmektedir. Fosil yakıtlar kullanılarak enerji elde edilmesiyle çevreye zarar veren sera gazları meydana gelmektedir. Sera gazları da küresel ısınma ve iklim değişikliğine neden olmaktadır. Bu nedenle insanlar, yenilebilir ve çevreye daha az zarar verecek enerji arayışına girmişlerdir.

Günümüzde dünyada artan nüfusun enerji ihtiyaçlarını karşılamak için alternatif yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelim hızla artmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının başında güneş, rüzgâr ve su enerjisi gelmektedir. Dünya üzerinde yenilenebilir elektrik enerjisi üretiminin %17'si hidrolik kaynaklar oluşturmaktadır (Atılğan vd., 2011). Dünya üzerinde üretilen hidroelektrik enerjisinin kıtalara göre dağılımına bakıldığında %39 Asya, %26 Kuzey Amerika, %18 Güney Amerika, %13 Avrupa, %2 Afrika ve %2 Avustralya şeklinde sıralanmaktadır (Şekkeli ve Keçecioglu, 2011).

Ülkemizde de hızla nüfusun artışı, sanayileşme, teknolojik gelişmeler ile birlikte elektrik enerjisine olan talebi sürekli arttırmaktadır. Türkiye elektrik üretiminin %45,9'unu doğalgazdan, %24,5'ini hidrolikten, %6,9'unu ithal kömürden, %2,5'ini sıvı yakıttan, %1,35'ini rüzgardan ve %0,45'ini jeotermal ve biyogazdan sağlanmaktadır (Şekkeli ve Keçecioglu, 2011).

Kalkınma hızına paralel olarak Türkiye'de de giderek artan enerji ihtiyacı, ülkemizi enerji üretimi ile ilgili yeni politikalar üretmeye itmiştir (Yılmaz, 2012). Enerji üretimini arttırmak için doğaya daha az zarar veren yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelinmiştir. Ülkemizde güneş ve rüzgar gibi yenilenebilir enerji kaynakları henüz büyük çaplı ihtiyaçları karşılayabilecek kadar gelişmiş değildir (Şekkeli ve Keçecioglu, 2011). Bu enerji açığını kapatmak için başvurulan çözümlerden biri hidrolik santraller kullanılarak su gücünden yararlanılması olmuştur.

Hidroelektriğin Türkiye'deki gelişimi incelendiğinde 1989'larda toplam ihtiyacın % 60'ı hidroelektrikten sağlanırken, bu oran 2008 yılında %17.5'e düşmüştür. 2008'de, Türkiye'nin enerji ihtiyacının yaklaşık % 49'u doğalgazdan, % 26'sı kömürden, geri kalan % 7.5'lik bölüm ise fuel oil ve diğer enerji kaynaklarından karşılanmıştır. 1995 yılından bu yana doğalgazın toplam enerji üretimindeki payı % 28'den % 49'a ulaşmıştır. Türkiye'nin enerji üretimi doğalgaza dolayısıyla dışa bağımlı hale gelmiştir (Marım ve Güler, 2009).

Elektrik üretiminde giderek artan dışa bağımlılık Türkiye'nin, ekonomik olarak işletilebilir nitelikteki hidroelektrik enerji kapasitesinin tamamını değerlendirme zorunluğunu ortaya çıkarmıştır. Bu enerji açığını kapatmak için başvurulan çözümlerden biri de suyun enerjisinden yararlanılarak dereler üzerine kurulan nehir tipi hidrolik santrallerin inşa edilmesidir.

Türkiye’de yaklaşık olarak işletmede olan hidroelektrik santralleri sayısı 513 tanedir. Bunların içinde yaklaşık olarak 438 tanesi nehir tipi hidroelektrik santral ve 75 tanesi de büyük barajlı hidroelektrik santrallerdir (EİE, 2015).

Türkiye’de topoğrafik yapısı ve morfolojik özellikleri göz önüne alındığında Doğu Karadeniz havzası nehir tipi hidroelektrik santraller açısından önemli bir bölgedir. Bölgede eğimin ve akarsuların debilerinin yüksek olması ve düzenli bir yağış rejimi göstermesi elektrik enerjisi potansiyeli bakımından verimli bir bölgedir. Doğu Karadeniz Bölgesinde yer alan Trabzon İli’de dikkate değer bir potansiyele sahiptir (Atılğan vd., 2011). Doğu Karadeniz Bölgesi Trabzon ilinde bulunan 22. DSİ Bölge Müdürlüğü bünyesindeki illerde yapılması planlanan nehir tipi hidroelektrik santralleri Tablo 2’de gösterilmiştir.

Tablo 2. 22. DSİ Bölge Müdürlüğüne Ait İllere Göre Hidroelektrik Santral Proje Listesi (DSİ, 2013)

İL	ADET	DSİ Projesi	EİE Projesi	Tüzel Proje
TRABZON	126	7	24	95
GİRESUN	96	15	17	64
RİZE	72	11	4	57
GÜMÜŞHANE	38	5	1	32
BAYBURT	8	0	0	8
<b>TOPLAM</b>	<b>340</b>	<b>38</b>	<b>46</b>	<b>256</b>

	Planlama	Proje	İnşa halinde	İşletmede	Ön rapor	Tüm projeler
İL	Adet	Adet	Adet	Adet	Adet	Adet
TRABZON	52	27	21	22	4	126
GİRESUN	36	25	16	16	3	96
RİZE	35	22	5	7	3	72
GÜMÜŞHANE	15	10	5	3	5	38
BAYBURT	4	1	0	2	1	8
<b>TOPLAM</b>	<b>142</b>	<b>85</b>	<b>47</b>	<b>50</b>	<b>16</b>	<b>340</b>

Araştırma alanı olan Solaklı deresi havzasında toplam 36 tane nehir tipi HES yapılması planlanmaktadır. Bu nehir tipi HES’lerin 1 tanesi ön inceleme aşamasında, 14 tanesi planlama aşamasında, 10 tanesi proje aşamasında, 7 tanesi inşaat aşamasında ve 4 tanesi de işletme aşamasında bulunmaktadır (Tablo 3) (DSİ, 2013).

Tablo 3. Solaklı Deresi Havzasına Ait Hidroelektrik Santral Proje Listesi (DSİ, 2013)

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,Kuzugölü, 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

Su enerjisinden, ana dere üzerine kurulan nehir tipi hidroelektrik enerji santralleri (HES) vasıtasıyla yararlanılmaktadır. Bu yapılar her ne kadar yenilenebilir bir enerji kaynağı olan suyun gücünden yararlanıyorlar iseler de bu santrallerin kurulumu ve işletilmesi, doğa diye tabir ettiğimiz canlı organizmaların yaşam sürdüğü açık ekosistemlerde olmaktadır. Bu yüzden HES'lerin çevresel etkilerini, özellikle de sulak alan ekosistemlerini değerlendirmede önem arz etmektedir. Bununla ilgili çalışmalardan birisi de nehir tipi hidroelektrik santrallerin su kalitesi üzerine olan etkisini araştırmaktır.

Hidroelektrik santralleri inşaat aşamasında inşa edildiği alanda arazi yapısını bozması, toprak ve bitki örtüsünü değiştirmesi, inşaat sırasında kullanılan çeşitli malzemeler (beton, çimento, yağ vb.) vb. durumlardan dolayı su kalitesini önemli ölçüde bir anlıkta olsa değiştirmektedir. Sonuç olarak arazi kullanım biçimleri, yerleşim yerleri, sanayileşme ve dereler üzerine inşa edilen hidroelektrik santralleri su kalitesi üzerinde önemli etkilere sahiptir. Farklı yerlerde bulunan hidroelektrik santrallerin de su kalitesi üzerine önemli etkilere sahiptir. Bu etki doğrudan ve dolaylı olmak üzere iki başlık altında özetlenebilir. Hidroelektrik Santralleri inşaat aşamasında bitki örtüsüne verdiği zararlar toprak özelliklerini olumsuz etkilemekte ve toprağın erozyonla kaybına yol açmaktadır. Bu durum derelerde sediment miktarının artmasına neden olmaktadır (Bhatt vd., 2011). İnşaatla kullanılan çeşitli kimyasallar, çimento, beton artıkları vb. suyun kalitesini düşürmektedir (Valore, 2012). Hidroelektrik santralleri işletme aşamasında suyun bir bölümünü alarak elektrik üretmek için kullanır. Dere kenarı vejetasyonunun ve sucul canlıların devamlılığını sağlamak amacıyla cansuyu adı verilen suyun diğer kısmı dereye geri bırakılmaktadır. Cansuyu miktarının yetersizliği ve hidroelektrik santralinin inşaatı sırasında dere kenarı vejetasyonu olumsuz etkilemektedir. Dere kenarı vejetasyonunun tahrip edilmesiyle deredeki su kalitesi değişmektedir. Hidroelektrik santrallerinin dere kenarı vejetasyonunu tahrip etmesiyle su kalitesini değiştirmesi su kalitesi üzerine dolaylı etki sayılabilir. Doğrudan etkisi ise elektrik üretmek için yapısına aldığı suyun fiziksel bazı parametreleri değiştirmesi sayılabilir (Berkün vd., 2008).



## 1.2. Literatür Özeti

Dünyada nüfus artışı, kentleşme, sanayileşme ile birlikte enerji ihtiyacı giderek artmaktadır. İnsanlar enerjiye olan ihtiyaçlarını başlıca yenilenebilir ve yenilemeyen enerji kaynaklarından karşılamaktadır. Yenilemeyen enerji kaynaklarının başında fosil yakıtlar gelmektedir. Fosil yakıtlardan elde edilen enerjinin kullanımı son yüzyılda küresel ısınma ve iklim değişikliği konusunu gündeme getirmiştir. Buna alternatif olarak insanlar, yenilebilir ve çevreye daha az zarar verecek enerji arayışına girmişlerdir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının başında güneş, rüzgâr, jeotermal ve su enerjisi gelmektedir (Volera, 2014).

Teknolojik gelişmelerin yaşanması, dolayısıyla enerji ihtiyacının her geçen gün artması fosil yakıtların ve nükleer kaynakların doğaya zarar vermesinden dolayı hidroelektrik enerji, temiz ve yenilebilir özelliğiyle enerji kaynağı olarak kullanımını arttırmaktadır. Dünya üzerinde yenilebilir elektrik enerjisi üretiminin (rüzgar, su, güneş vb) %17'sini hidrolik kaynaklar oluşturmaktadır (Atılğan vd., 2011).

Ülkemizde enerji üretiminde kullanılan temel kaynakları; kömür (taşkömürü, ithal kömür ve linyit), petrol (fuel-oil, motorin, nafta ve LPG), doğal gaz ve hidroelektrikten oluşmaktadır. Çok az miktarda jeotermal ve rüzgar bulunmakta, güneş, hidrojen ve nükleer ile ilgili çalışmalar henüz başlangıç aşamasında olduğunu belirtmektedirler (Fakıoğlu ve Kağncıoğlu, 2009).

Türkiye'de nüfus artışına, kentleşmeye ve kalkınmaya paralel olarak su ve enerjiye olan gereksinim büyük oranda artmıştır (Uzun, 2011). Türkiye artan enerji ihtiyacını karşılamak ve çevreye daha az zarar vererek enerji elde etmek için hidrolik santraller kullanarak enerji üretim yoluna gitmiştir.

Hidroelektrik santraller suyun enerjisinden faydalanarak elektrik üreten yapılardır. Barajda biriken su yerçekimi potansiyel enerjisi içermektedir. Su, belli bir yükseklikten düşerken, enerjinin dönüşümü 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 (Yılmaz vd., 2012).

Hidroelektrik üretiminde akarsu, dalga ve gel-git gibi hareket halindeki su gücünden faydalanılmaktadır. Ancak bunlardan en yaygın kullanılanı, akarsulardır. Özellikle hidrografik ve morfolojik özellikleri hidrolik santrallerin kurulmasına elverişli olan

ülkelerde, akarsuların gücünden yoğun bir şekilde yararlanır (Karadeniz vd., 2011). Hidrolik potansiyel yağış rejimine bağlıdır. Dolayısıyla, hidrolojik enerji, iklim şartlarındaki değişimlere karşı hassas bir enerji türüdür (Gökdemir vd., 2012).

Hidroelektrik santraller çeşitli özelliklerine göre sınıflandırılmaktadır (Akdoğan, 2006) :

a- Düşülerine Göre:

- a) Orta düşülü santraller : Düşü 15-50 metre arasında
- b) Yüksek düşülü santraller : Düşü 50 metreden büyük
- c) Alçak düşülü santraller : Düşü 15 metreden az

b- Ürettikleri Enerjinin Karakter ve Değerine Göre:

- a) Baz santraller : Devamlı olarak enerji üreten santraller
- b) Pik santraller : Enerjinin en çok ihtiyaç duyulduğu sürede çalışan santrallerdir.

c- Kapasitelerine Göre:

- a) Küçük kapasiteli : 99 kW'a kadar
- b) Düşük kapasiteli : 100-999 kW arası
- c) Orta kapasiteli : 1000-9999 kW arası
- d) Yüksek kapasiteli : 10 000 kW ve daha fazla

d- Yapılarına Göre:

- a) Yeraltı santralı
- b) Yarı gömülü ve batık santral
- c) Yerüstü santralı

e- Üzerinde Kuruldukları Suyun Özelliklerine Göre

- a) Nehir santralleri
- b) Kanal santralleri
- c) Baraj santralleri

f - Manyetik Alanın Döndürülme Yöntemlerine Göre:

Elektrik üretimi genel olarak manyetik alanın generatör içinde döndürülmesi ile sağlanır.

Generatör içindeki manyetik alanın döndürülme yöntemlerine göre santraller aşağıdaki tiplere ayrılabilir:

- a) Dizel Santraller
- b) Hidroelektrik Santraller
- c) Termik Santraller
- d) Jeotermal Santraller

Hidroelektrik santralleri genel olarak değerlendirecek olursak, depolamalı ve doğal akışlı (nehir tipi) olmak üzere iki grupta toplanır. Yatırım maliyeti yüksek ve inşaat süresi uzun olan depolamalı hidroelektrik santrallerinin yerine olumsuz çevresel ve sosyal etkileri asgari düzeye çekmek için nehir tipi hidroelektrik santral alternatifini gündeme getirmekte ve bu tesisler tüm dünyada giderek yaygınlaşmaktadır (Karadeniz vd., 2011).

Hidroelektrik enerji Türkiye’de Baraj Tipi Hidroelektrik Santraller ve Nehir Tipi Hidroelektrik Santraller olmak üzere iki farklı biçimde üretilmektedir. Baraj tipi hidroelektrik santraller, taşkın koruma, sulama, içme suyu, taşımacılık, balıkçılık, turizm faaliyetleri sağlayabilirken, nehir tipi hidroelektrik santraller taşkın koruma, taşımacılık, balıkçılık, turizm faaliyetleri sağlamaz. Baraj tipi hidroelektrik santrallerde akış hızı yani debi düzenlemesi yapmak mümkündür. Bu nedenle yağışsız ve kurak sezonda dahi elektrik üretimi söz konusudur. Nehir tipi hidroelektrik santrallerde debi düzenlemesi olmaz, santralin üreteceği elektrik enerjisi mevsimlere göre farklılık gösterir. Yağışın ve nehir akışının yoğun olduğu zamanlarda elektrik üretimi artarken, kurak dönemlerde nehir tipi HES hiç elektrik üretmeyebilir (Marım ve Güler, 2009).

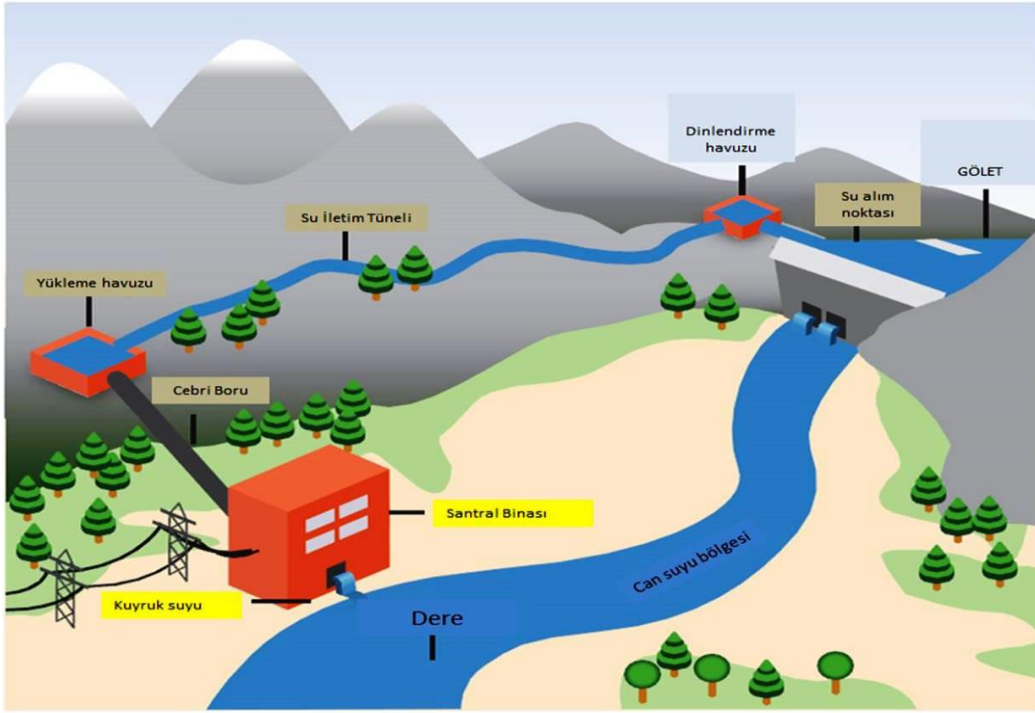
Akpınar’a (2005) göre, nehir tipi hidroelektrik santralleri suyun akarsu yatağından alındıktan sonra düşüş sağlanabilecek uzaklıkta belirli bir yükseklikten düşürülmesiyle su türbinlerinin döndürülmesi ve bu sayede elektrik üretimi sistemine dayanmaktadır. Ulaş (2010), Nehir tipi hidroelektrik santralleri depolamasız (baraj gölü olmayan) ve depolamalı (baraj tipi) olan santraller olarak tanımlamaktadır. Su toplamak için nehrin içine bir set çekilmekte ve nehir suyu bir boru veya tünelle santrale yönlendirilip elektrik üretilmektedir (Yılmaz vd., 2012).

Türkiye’de günümüze kadar genellikle büyük hidroelektrik santral (HES) projeleri geliştirilmiştir. Ancak, yenilenebilir enerji özelliğine sahip olan küçük hidroelektrik santraller, kolay inşa edilebilmeleri, çevreye olumsuz etkilerinin ihmal edilebilir düzeyde olması ve kırsal kesimde sosyoekonomik yapının iyileştirilmesine katkıda bulunmaları nedeniyle, dünyada giderek artan bir eğilim göstermektedirler (Sülükü, 2010).

Nehir tipi hidroelektrik santrallerin (HES); temiz ve yenilenebilir olmaları, işletme ve bakım giderlerinin düşük olmaları, fiziki ömürlerinin uzun oluşu gibi nedenlerle kömür, doğal gaz ve petrol gibi fosil yakıtlardan üretilen enerjiye göre çevresel etkilerinin daha az olduğu bilinmektedir (Aksungur vd., 2011). Bundan dolayı elektrik üretiminde giderek artan dışa bağımlılık Türkiye’nin, ekonomik olarak işletilebilir nitelikteki hidroelektrik enerji kapasitesinin tamamını değerlendirme zorunluğunu ortaya çıkarmıştır. Bu enerji

açığını kapatmak için başvurulan çözümlerden biri de suyun enerjisinden yararlanılarak dereler üzerine kurulan nehir tipi hidrolik santrallerin inşa edilmesidir.

Güner ve Törk'e (1990) göre Nehir tipi HES'lerin belli başlı ünitelerinin; akım dengesini oluşturmak, taşkın debisini santrale zarar vermeden kontrol edebilmek, sediment ve yatak malzemesini tutma ve sonra temizleme amacıyla kurulan kabartma, düzenleme ve depolama yapıları, regülatör, su alma yapısı, galeri, tünel veya iletim kanalı, yükleme havuzu veya denge bacası, cebri boru, santral binası, santral çıkış suyu tesisleri ile boşaltma tesislerinden meydana geldiğini ve santral binasına yerleştirilecek elektromekanik aksamda yer alan hidrolik türbin, jeneratör, transformatör, şalt sahası tesisleri, kumanda, kontrol ve koruma tesisleri, yardımcı teçhizat ve diğer teçhizatları da kapsadığını belirtmektedirler (Şekil 2).



Şekil 2. Nehir Tipi Hidroelektrik Santral

Akarsular; yer altı ve yerüstü sularını beslemesi, mineral ve oksijen taşıması işlevleriyle hayati öneme sahiptirler. Her akarsu geçtiği yerden çözdüğü mineralleri, atmosferden çözdüğü ya da sudaki kimyasal ve biyolojik süreçlerden açığa çıkan oksijeni içindeki ve etrafındaki canlılara taşıyarak yaşamın devamlılığını sağlar. Ancak suyun kaynağından alınması, yeraltından çekilmesi, akarsu üzerine hidroelektrik santral yapılması

gibi suyun akışını kesen ya da akarsuyun yönünü değiştiren ve su kalitesini bozan müdahaleler suda yaşayan mikroorganizmalardan akarsu yakınında yaşayan insanlara kadar tüm canlıları olumsuz etkilemektedir (URL-2, 2013).

Su kalitesi suyun kimyasal, fiziksel ve biyolojik özelliklerini tanımlamak için kullanılan bir terimdir. Bu özellikler insan tüketimi (içme, sulama, endüstriyel kullanım) ve ekosistem sağlığı için suyun uygun olup olmadığını belirler (Li ve Migliaccio, 2011). Suda çözünebilir suyun kimyasal; gazlar (oksijen, karbondioksit vb.), metaller (demir, kurşun vb.), besinler (azot, fosfor vb.), pestisitler ve diğer organik bileşikler (poliklorlu bifeniller vb.) kapsar. Suyun en yaygın fiziksel özellikleri; renk, koku, sıcaklık, tat ve bulanıklık. Suyun biyolojik bileşenleri canlı organizmalardır; bakteriler (*Escherichia coli* vb.), virüsler, protozoanlar (*Cryptosporidiosis* vb.), fitoplankton (mikroskopik yosun), zooplankton (küçük hayvanlar), böcek, bitki ve balık vb. canlılardan oluşmaktadır (Li ve Migliaccio, 2011).

Su kalitesi suyun kullanım amacına bağlı olarak değişiklik gösterir. Su kalitesinin "iyi" ya da "kötü" yorumlanmasına bağlı olarak su kullanımını farklılık gösterir. İçme suyunda nitrat konsantrasyonunun yüksek olması insanlarda çeşitli hastalıklara sebep olmaktadır. Bu nedenle içme suyunda yüksek nitrat konsantrasyonunun bulunması uygun değildir ve bu kullanım için "kötü" su kalitesi olarak belirlenmiş olacaktır. Ancak sulama suyunda yüksek konsantrasyonda bulunan nitrat büyümeyi artırıcı etki yapabilir ve bu kullanım içinde "iyi" su kalitesi olarak belirlenmiş olur. Benzer şekilde sulama suyunda bulunan yüksek fosfor faydalıdır ama Florida Everglades gibi ekosistemlerde fosfor sınırlı miktarda olmalıdır, fazla miktarda bulunan fosfor zararlı olabilmektedir. Bu nedenle su kalitesi suyun kullanım amacına bağlı olarak değişebilmektedir (Li ve Migliaccio, 2011). Aynı şekilde derelerde ve nehirlerde çeşitli nedenlerden dolayı (mevcut bitki örtüsünün kaldırılması, akarsular üzerine çeşitli tesislerin yapılması, tarım alanlarında gübre, pestisit kullanımı vb.) suyun fiziksel, kimyasal ve biyolojik yapısının bozulması bu akarsu üzerinde yaşayan makro ve mikro faunayı, akarsuyun çevresinde bulunan bitki örtüsünü, yaban hayatını varsa yerleşim alanlarını vb. olumsuz yönde etkilemektedir (Li ve Migliaccio, 2011).

Su kalitesi ölçümleri derelerde, akarsularda, göl, nehir ağızlarında, kıyı suları ve yer altı sularının kimyasal, fiziksel ve biyolojik özelliklerinin belirlenmesinde ve bu suların içme, yüzmeye, sulama, ve ekosistem hizmetleri (yaban hayatı için kullanım, derelerdeki makro ve mikro fauna için kullanım, nehirlerin çevresinde bulunan bitki örtüsü ihtiyacı

için kullanım vb.) gibi özel kullanımlar için yeterli olup olmadığını hakkında bilgi vermektedir.

Su kalitesi izleme amaçları :

- 1) İnsanların ve ekosistemlerin sağlığını etkileyen su kalitesi sorunlarını özel olarak belirleme (Li ve Migliaccio, 2011)
- 2) Su kalitesinin uzun vadeli trendlerinin belirlenmesi (Li ve Migliaccio, 2011)
- 3) Kirliliğin önlenmesinin veya iyileştirme etkilerinin belgelenmesi (Li ve Migliaccio, 2011)
- 4) Yasal anlaşmazlıklara ve uyumluluk düzenlemelere kanıt sağlama (Li ve Migliaccio, 2011)
- 5) Suyun fiziksel, kimyasal, biyolojik özellikleri ve kirlilik kaynağının belirlenmesi (Maiti, 2004)
- 6) Su kalitesinin bozulma göstergelerinin tespiti (Maiti, 2004)

Hidroelektrik santrallerinin (HES) yapımı her ne kadar yenilenebilir bir enerji kaynağı olan suyun gücünden yararlanıyorlar iseler de bu santrallerin kurulumu ve işletilmesi, doğa diye tabir ettiğimiz canlı organizmaların yaşam sürdüğü açık ekosistemlerde olmaktadır. Hidroelektrik santrali yapıldığı bölgede çeşitli etkiler meydana getirmektedir.

Regülatör yapımı ile meydana gelecek çevresel etkilerden ilki akarsu sisteminin durgun su ortamına dönüşmesidir. Hidroelektrik projelerinin su kalitesi üzerine etkileri, proje özelliklerine bağlı olarak değişir. Bir baraj veya regülatör gölünde suyun tutulmayıp, yalnızca kuvvet tüneli ile santrale düşürülmesi ile enerjiye çevrildiği hidroelektrik projelerinde, projenin üzerinde yer aldığı nehrin su kalitesinde önemli bir etki söz konusu değildir. Nehir tipi HES projelerinde su kalitesine herhangi bir etki olmadığı şeklinde genel ifade kullanılmaktadır. Usulüne uygun projelerde rezervuarın işletiliş şekline göre kısa süreler için rezervuarda su kalması ve yönlendirme ile doğrudan türbin sistemine verilmesi olumsuz bir etkileşim göstermez. Ancak çok yüksek basınç altında cebri boruya verilen suda gaz çözünürlüğü artışı olmakta, kuyruk suyu sonrasında dinlendirme yapılmadığı için sucul fauna doğrudan etkilenmektedir (Aksungur vd., 2011). Diğer yandan Hidroelektrik santrallerin (HES) türbinleri sudaki oksijen seviyesini bazen düşürmektedir. Baraj gölündeki oksijen bakımından fakir dip suların enerji üretimi için kullanılması mansap suyundaki çözülmüş oksijen (ÇO) seviyelerini düşürerek etkilemektedir. Balıklar, su alma yapılarından girerek büyük hasar görmekte, nehirdeki balık miktarı büyük oranda

değişmektedir (Berkün, 2008). Ayrıca inşaatlar sırasında yerinde yapılan kontrollerde kullanılan beton katkı maddeleri ve çimentonun akarsuya karışması, çıkan hafriyatın dere yataklarına gelişi güzel bırakılması ve sürekli bulanıklığa neden olacak şekilde çalışmalar yapılması su kalitesine de olumsuz etkiler olarak sayılabilir (Aksungur vd., 2011).

Ak (2009), Nehir Tipi HES'lerin belki de en büyük çevresel etkisi sucul ekosistem üzerinde olduğunu vurgulamaktadır. Hidroelektrik santrallerin kuruluş aşamasında ve kurulduktan sonra, sucul ortama yapacakları her türlü etki sürdürülebilir bir sucul yaşamın yok olmasına yol açabilmektedir. Bu nedenle inşaat sürecinde dere yatağında yapılacak olan çalışmalarda, derenin yönü değiştirilerek kuru bir saha oluşturulması ve dere suyunun bulanmasının önlenerek çalışmaların yapılması akarsu ekolojisi için hayati önem taşımaktadır. Güner ve Tüfekçioğlu (2008), dere yataklarının hemen kenarlarında sucul bitkiler bir bitki kuşağı oluşturduğunu belirtmektedirler. Dere kenarı bitki kuşakları konumları itibariyle havzalarda en yüksek ekolojik öneme sahip ekosistemlerden biridir. Bunlar; taşkınların önlenmesinde, çevre tarım alanlarından veya ormanlardan yıkanarak taban suyuyla gelen nitratin, pestisitlerin ve herbisitlerin tutulmasında, şev aşınımının önlenmesinde, yüksek oranda karbon depolayarak küresel ısınmayı azaltmada, yüzeysel akışla gelen sedimentlerin depolanmasında, doğal hayata ve estetik görünüme katkıda belirleyici rol oynamaktadırlar.

Hidroelektrik Santraller ve barajların; gerek ekolojik gerekse sosyo-ekonomik bakımdan olumlu ya da olumsuz birtakım etkileri bulunmaktadır. Bu etkiler; inşaat aşamasında kazı işlemleri, bitki örtüsünün kaldırılması, akarsu yatağında suyun azalması ve sucul canlıların yaşam şartlarının zorlaşması veya kısmen kaybolması şeklinde sıralanabilir (Atılğan, 2011).

Akarsuların hidroelektrik enerji potansiyeli genel olarak topoğrafik koşulların sağlandığı düşüş ve suyun debisine bağlıdır. Bilindiği gibi suyun akım enerjisi, hidrolik santrallerdeki su türbinleri vasıtasıyla mekanik enerjiye ve bu mekanik enerji de, su türbinlerinin tahrik ettiği jeneratörler aracılığıyla elektrik enerjisine çevrilir. Güner ve Tüfekçioğlu (2008), suyun bu akım enerjisini oluşturmak için belli bir yükseklikten düşürülmesi, yani suyun potansiyel enerjisinin kinetik enerjiye dönüşmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Bu nedenle nehir tipi santraller inşa edilirken suyun iletim kanalına verildiği regülatör ile yükleme havuzu arasında kalan kısmın belli bir eğim değerine sahip olması gerekir. Eğim değeri ne kadar yüksek olursa düşü ve enerji verimliliği de o kadar fazla olur (Karadeniz vd., 2011).

Uluslararası Hidroelektrik Ajansı (IHA – International Hydropower Agency) hidroelektrik santrallerinin çevresel etkilerini sedimentasyon, balık üretimi ve su kalitesi başlığı altında üç aşamada değerlendirmiştir. Çalışmada; akarsu yatağında sedimentasyonun doğal yayılımının rezervuarlar sonucu engellenmesi, balık geçitlerinin yapılmaması ya da uygun olmaması balık göç yollarının tıkanabileceği ve rezervuarda oksijen azalması, toplam çözünmüş gazların artması, besin maddesi miktarlarının değişmesi, sıcaklık ve ağır metal düzeyinin değişmesi gibi etkilerin olabileceğini belirtmiştir (Yurtseven, 2011).

Coşkun (2010), Artvin Murgul ilçesinde bulunan Kabaca Regülatörü ve Hidroelektrik Santralinde yaptığı çalışmada, Nehir Tipi HES tesislerinin orman ekosistemlerinde meydana getirdiği arazi kullanım değişimi ile tahripleri araştırmıştır. Araştırma sonuçları, tesisin tamamen orman vasfında bir arazide inşa edildiğini ve Kabaca HES'in yer aldığı 11 ha'lık ormanlık alanın büyük bir kısmının tahrip edildiğini göstermektedir.

Yılmaz vd. (2012)'nin yaptığı "Nehir Tipi Santrallerinin Coğrafi Ortam Üzerine Etkilerine Bir Örnek: Ayancık HES" isimli çalışmasında santralin yapım aşamasında topoğrafya, fauna, ve flora başta olmak üzere doğal ortam üzerine gibi etkilerinin olduğunu araştırmayı amaçlamışlardır. İnşaat aşamasında hafriyatın dere yataklarına dökülmesi sonucu oluşan bulanıklık, su kalitesi ve içindeki çözünmüş oksijen miktarında değişikliklere yol açmıştır. Bu durum balıkların üreme alanlarını ve yumurtaların canlılığını etkilemiştir. Uzun zaman alan inşaat, patlatma, iş makineleri ve taş kırma şantiyelerinin oluşturduğu yüksek toz miktarı, titreşim ve gürültüler, yaban hayvanlarını bu etkilerin olmadığı benzer başka alanlara yönlendirmiştir. Yapılan yollar ile habitat bölünmesi yaşanmış, yabani hayvanların çiftleşme, beslenme ve göç yolları bozulmuştur. Kanal sahasında kazıdan çıkan hafriyat, depo alanları yerine, hiçbir önlem alınmaksızın, doğrudan vadi tarafındaki ormanlık alana dökülmüştür. Kontrolsüz olarak dökülen hafriyat toprağı ormanlık alanda tahribata yol açmış, duyarlılığı düşük olan orman toprağını da harekete geçirerek büyük kütleler halinde heyelanlara yol açmıştır. Yükleme havuzu, cebri boru ve HES santral binası inşaatı sırasında çıkan hafriyat Ayancık Çayı'nın batı sahiline dökülmüş ve bu alanda kıyı yapısını da bozmuştur. HES'in işletme aşamasında ise orman içerisinden geçen enerji nakil hatlarının yol açtığı yangınlar, yeraltı su seviyesindeki değişimler sucul canlıları ve bitki örtüsünü olumsuz etkilediği sonucu ortaya çıkmıştır.

Yurtseven (2012) tarafından yapılan, "Nehir Tipi Hidroelektrik Santrallerinin



Ekohidrolojik Etkileri” adlı çalışmada Nehir Tipi Hidroelektrik Santrallerinin su kalitesi ve su içerisinde yaşayan mikro ve makro faunaya etkisi araştırılmıştır. Arazi çalışmaları sırasında üst havzada kirliliğe düşük toleranslı makroomurgasız türlerinin, alt havzada kirliliğin artması nedeniyle yüksek toleranslı makroomurgasız türlerinin yaşadığı belirlenmiştir. Üst havzada kurulan kısımlarına kurulan bir nehir tipi hidroelektrik santralin habitata etkisinin daha fazla olduğu belirtilmiştir.

Aksungur vd. (2011) nehir tipi hidroelektrik santrallerinin sucul ekosistem üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Çalışmasında santrallerin inşaat aşamasında; özellikle hafriyatların gelişigüzel dere yataklarına bırakıldığını, su kotu altındaki çalışmaların uzun süreli bulanıklık yarattığını ve atık suların dinlendirilmeden dere yatağına verildiğini ortaya koymuşlardır. İşletme aşamasında ise dere yatağına bırakılması gereken can suyu miktarının yeterli miktarda bırakılmaması ve balık geçitlerinin gelişigüzel inşa edilerek işlevlerini tam olarak yerine getirememesi sürdürülebilir bir sucul ekosistem açısından önemli bir tehdit olacağını değerlendirmişlerdir.

Özdemir vd. (2007)’nin Dalaman Çayı Üzerindeki Bereket Hidroelektrik Santrali Baraj Gölü Suyunun Bazı Fiziki-Kimyasal Parametreleri ve Balık Faunasını araştırmışlardır. Çalışmada baraj gölünün ekolojik olarak değerlendirilmesinde önemli bir kirlilik probleminin bulunmadığını ortaya koymuşlardır. Bunun yanında Bereket Hidroelektrik Santralinin tamamlanması ile Dalaman Çayı’nın belli bir bölgesi akarsu sisteminden göl ekosistemine geçerek yapay bir engel oluşacağı ve durgun su ekosistemi meydana geleceğini vurgulamışlardır. Buna bağlı olarak akarsuyun akıntı hızı, debisi, su sıcaklığı gibi parametrelerde değişimler olacağını ve bu da burada yaşayan sucul canlıların özellikle balıkların üreme mevsimlerini, üreme bölgelerini ve göç eden balıkların akarsudaki dağılımlarını olumsuz etkileyeceğini bildirmişlerdir.

Akarsuların debilerinin düşük olması çevresinde bulunan orman ekosistemine ve sosyo-ekonomik yapıya önemli derecede etki yapabilmektedir. Dereler üzerine Hidroelektrik Santrallerinin inşa edilmesinden sonra, normal debi seviyesi bulunan derelerden, elektrik üretmek amacıyla santrale belli bir miktar su alınıp kalan kısmı çevredeki orman ekosistemini sürdürebilmek için dereye geri verilmektedir. Verilen bu su miktarına cansuyu adı verilir. Cansuyu; Derelerdeki doğal yaşamın sürdürülmesini engellemeyecek ekolojik bir eşik olarak düşünülen ancak herkes tarafından kabul edilmiş geçerli bir tanımı/miktarı belirlenmemiş olan suya denir. Cansuyu, hem ekolojik işleyişi kesintiye uğratmayacak hem de içme suyu, kullanma suyu ve varsa balık çiftliği ve sulama

suyu ihtiyaçlarını da karşılayacak miktarlarda olmalıdır (Kurdoğlu ve Özalp, 2010). Fakat bu su miktarının normal debi seviyesinden az olmasıyla ortamdaki su kalitesini değiştirecek ve su kalitesinin değişimiyle orman ekosistemini olumsuz yönde etkileyecektir. Böylece regülatör ile HES arasında kalan nehir yatağındaki canlı hayatının devamı için gerekli olan cansuyunun (ekolojik debi) hesaplanması önem kazanmaktadır (Sülüki, 2010). Günümüzde bir nehrin biyolojik ihtiyaçlarına dayanan akışın yönetimi konusunda yönetmelikler henüz mevcut değildir. Ancak nehirdeki yaşamın varlığını sürdürebilmesi için bırakılması gereken su miktarının belirlenmesi amacıyla kullanılabilir pek çok metod vardır. Her metotta sucul topluluklar (canlılar) için en önemli şeyin ne olması gerektiği farklıdır. Bu nedenle bu metotlar farklı kabullere dayanmaktadır (Sülüki, 2010). Cansuyu miktarı belirleme yöntemleri çok çeşitli olup farklı ülkelerde farklı yöntemler kullanılmaktadır.

Yöntemler aşağıdaki biçimde özetlenebilir (Sülüki, 2010; Çimenci, 2011):

#### 1. Hidrolojik Yöntemler

- Tennant Yöntemi
- 7Q10 Yöntemi
- Minimum Akımlar Serisi Yöntemi
- Debi-Süre Aşılma Yüzdeleri
- Islak Çevre Yöntemi
- Akuatik Baz Akım Yöntemi
- Instream Akım Artış Yöntemi

#### 2. Hidrolik Oran Yöntemleri

#### 3. Habitat Simülasyon Yöntemleri

#### 4. Holistik Yöntemler

Ülkemizde genel olarak Tennant Yöntemi kullanılmaktaydı (Marım ve Güler, 2009). Tennant (veya Montana) yönteminde; farklı iki 6 aylık periyot için akış rejimi, yaban hayatı, rekreasyon ve benzer çevresel değerlerle ilgili akış şartlarını tanımlamak için yıllık ortalama akışın (YOA) bir yüzdesi kullanılır. Akışa ilişkin durum sınıfları “zayıf ve minimumdan” (%10 YOA) “optimum düzeye” (%60-100 YOA) değişir (Çimenci, 2011). İlgili sınıflama Tablo 4’te gösterilmiştir. Bu yöntemde sadece akarsuyun ortalama debisi esas alınır ve ortalama debinin yüzdesi cinsinden ifade edilen debilere bağlı olarak Ekim-Mart ve Nisan-Eylül dönemlerinde akarsuyun doğal ekosistem kalitesi durumu tanımlanır (Sülüki, 2010).

Tablo 4. Tennant Metodu'nda farklı kalite sınıfları için kullanılan Yüzdeler (Davis ve Hijri, 2003)

Ekosistem için kalite Sınıfı	Ekim-Mart Döneminde Önerilen (Aylık Ortalama Akımların %)	Nisan-Eylül Döneminde Önerilen (Aylık Ortalama %)
Mükemmel	60-100	60-100
Çok İyi	40	60
İyi	30	50
Orta	20	40
Vasat	10	30
Kötü	10	10
Çok Kötü	0-10	0-10

Bu yöntemle göre ülkemizde cansuyu hesabı, son 10 yıllık ortalama akımın %10'u olarak belirlenmiştir. Ancak, her havzanın farklı karakteristik özelliği vardır ve bu yöntem uygulanmadan önce uygulama bölgesi sınıflandırılmak zorundadır (Marım ve Güler, 2009). Örneğin; Norveç'te can suyu, danışmanlarca arazide gerçekleştirilen saha gezileri ile belirlenmekte ve bu miktar havzanın durumuna göre, %2 ile %20 arasında değişmektedir (URL-5, 2013).

Türkiye'de son dönemlerde cansuyu hesabında Islak Çevre Metodu kullanılmaktadır. Bu yöntemde cansuyu hesabı daha çok su içerisinde yaşayan canlıların özellikle balıkların ihtiyacı olan suyun miktarına göre belirlenmektedir. Bu yöntem, canlıların yaşam alanını temsil eden önemli bir gösterge olarak kabul edilmektedir. Islak Çevre Yönteminde; nehir yatağının genişleyerek su hızının ve su derinliğinin azaldığı kritik kesitlerde ıslak çevre (akarsu yatağının suyla temas halindeki çevresi) ile debi arasındaki ilişkiden yararlanır. Bu amaçla boyutsuz debi ve boyutsuz ıslak çevre büyüklükleri söz konusu kesite ait eşel enkesit parametrelerinden yararlanılarak hesaplanır (Karakoyun ve Yumurtacı, 2015).

Türkiye'deki uygulamalara bakıldığında ilk önceleri suların hiçbir özelliği dikkate alınmadan hiçbir ayırım yapılmaksızın can suyu için 50 litre/sn gibi bir değer belirlenmiştir. Sonrasında ise uzun yıllar ortalamasının yüzde 10'u gibi bir değer ortaya konmuştur. Son zamanlarda Islak Çevre Yöntemi kullanılmaya başlanmıştır. HES'ler suyun bir noktadan alınarak havza içinde ya da havza dışında başka bir noktaya aktarılmasına neden olacağından ara kesimlerde kalan canlı yaşamının devamı için can suyu hesaplarının bilimsel yöntemlerle belirlenmesi gerekmektedir. Oysa uygulamalar rastgele değerlerden

oluşmaktadır (URL, 2011). Aksungur vd.(2011)'nin yaptıkları çalışmada dere yatağına bırakılacak doğal yaşam için gerekli biyolojik ihtiyaç suyunun yetersiz kaldığını bildirmişlerdir. Bu çalışmalarda ülkemizin coğrafi yapısı, bitki örtüsü, canlı yaşamı ve iklim özellikleri çok farklılıklar gösterdiğinden her havza için ve hatta büyük havzalarda alt havzalar için can suyunun ayrı ayrı belirlenmesi gerekir. Uygulamalarda can suyu her havza için ayrı ayrı belirlenmek yerine tek değerle geçirilmeye çalışılmaktadır. Su kaynaklarını besleyen parametrelerin değişimi suyun nehirlerdeki özelliklerini doğrudan etkilediğinden, bazı mevsimlerde debi yüksek olurken bazı mevsimlerde akarsu tamamen kurumaktadır. Bu nedenle özellikle yaz aylarında ekosistemde kritik durumların oluşmasını önleyebilmek adına transfer edilebilecek su miktarı her ay için ayrı ayrı hesaplanmalıdır. Can suyunun bırakılıp bırakılmadığına ilişkin kontrol sistemi çalışmamaktadır (URL, 2011).

Valore (2012), İspanya'nın kuzeybatısında bulunan Lerez nehrinde inşa edildikten sonra 4 yıl içinde Küçük Hidroelektrik Santralin Su kalitesi üzerine etkisini araştırmıştır. Çalışmada inşaat aşamasından iki yıl sonra sıcaklık ve çözülmüş oksijenin normal seviyede olduğunu ve pH seviyesinin düşük olduğunu ve 4 yıl boyunca yaptığı gözlemlerde su kalitesi parametrelerinin uygun seviyeden fazla uzaklaşmadığını sadece inşaat aşamasında küçük hidroelektrik santrallerin su kalitesini bir anlık değiştirdiğini ortaya koymuştur.

Nepal'de Bhotekoshi nehrinde inşa edilen Hidroelektrik Santralinin su kalitesi üzerine etkisi araştırılmış ve araştırmada su kalite parametresi olarak sıcaklık, çözülmüş oksijen, biyolojik oksijen ihtiyacı, bulanıklık, askıda katı madde, toplam koliform ve iletkenlik parametreleri üç yıl ölçüm yapılacak şekilde planlaşmıştır. 1995 yılında yapılan ölçümlerde toplam koliform, askıda katı madde ve bulanıklık artmış, biyolojik oksijen ihtiyacı azalmıştır. 1998 yılında inşaat aşamasında kontrollerin alınmasından sonra askıda katı madde ve bulanıklık azalmış, sıcaklık artmış, sertlik azalmış, pH düşmüştür. 2010 yılında yapılan ölçümlerde sertlik orta seviyelere gelmiş, tuzluluk artmış, pH nötr olacak şekilde yükselmiştir (Bhatt vd., 2011).

Wei vd. (2009), zamana ve mekana göre değişmekle birlikte su kaynağı üzerine kurulan baraj ve baraj inşaatı gibi yapıların ilk yıllarda kirliliğin su kalitesini negatif etkilendiğini belirtmiştir. Aynı çalışmada ilerleyen yıllarda su kaynağının özelliğine bağlı olarak kendini temizleme kapasitesinde olduğunu bildirmiştir.

“HES’lerin Namde Nehrinde Su Kalitesi Üzerine Etkisi (Güney Kore)” adlı çalışmada hidroelektrik santrallerin su kalitesini etkilediği belirtilmektedir. Havzada gerçekleştirilen hayvancılık faaliyetleri HES bölgesinde tutulan suyun kirletici unsurlarını oluşturmaktadır. HES bölgesinde toplanan bu kirleticiler sudaki çözülmüş oksijen, toplam azot, toplam fosfor, biyokimyasal oksijen talebi ve alg konsantrasyonu gibi su kalite parametreleri bozucu bir şekilde etkilediği belirlenmiştir (Cho, 2001).

Brezilya’nın güneyinde Küçük HES’te su kalitesi üzerine 2012 yılında yapılan çalışmada; araştırılan havzada suyun akışını azaltmak, suyun birikme zamanını arttırmak yani suyun geçici olarak depolanması, suyun kalitesinde önemli değişimlere yol açmıştır. Bu değişimlerin başında çözülmüş oksijen miktarında azalma, sedimentasyon oranında artma, sıcaklık yükselmesi gibi su kalitesinde olumsuz değişimler ortaya çıkmıştır. Bunların yanısıra, suyun birikme zamanını arttırmak sudaki alg popülasyonunu arttırmış ve suyun berraklığını azaltmıştır. Sudaki alg popülasyonu ile suyun berraklığı arasında sıkı bir ilişki olduğu sonucu ortaya çıkmıştır (Pimenta vd., 2012).

2004 yılında Litvanya’da HES’lerin nehrin su kalitesi üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Bu çalışmada suyun üst yüzeyinin su kalitesi ölçülmüş ve mevcut HES’ler ile yapım aşamasındaki HES’ler birlikte ele alınmıştır. Çalışmada genel olarak su kalitesinin göstergesi olarak sudaki çözülmüş oksijen miktarı, amonyum nitrat ( $\text{NH}_4$ ) ve biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ) parametrelerinden yararlanılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre genel olarak sıcak dönemlerde su kalitesinde önemli derecede değişimler olmuştur (Sakalauskiene vd., 2004).

Endonezya’da Citarum nehrinde inşa edilen 3 tane su depolama haznesinde (rezervuar) 2000 yılında su kalitesi üzerine çalışma yapılmış ve su kalitesindeki değişimler saptanmıştır. Burada kirletici kaynakları olarak; evsel kanalizasyon, endüstriyel atıklar, tarımsal atıklar (azot, fosfor), balık çiftlikleri ve hayvancılık faaliyetleri ön plana çıkmıştır (Sembiring, 2013).

Berkün vd. (2008), barajların ve hidroelektrik santrallerin nehir ekolojisine etkilerini araştırmıştır. Araştırma sonucunda barajların ve rezervuarların inşası tatlı sulardaki biyolojik çeşitliliği etkilediğini, nehirlerin doğal akış düzenlerini bozduğunu ve su canlılarının göç yollarını tıkadığını bildirmişlerdir.

Tiessen vd. (2011), South Tobacco Çayı havzasında (Kanada) Stepples ve Madill isimli küçük barajların, akarsuyun su kalitesine ve miktarına olan etkisini incelemişlerdir. 1999 ile 2007 yılları arasında, bu iki barajın pik akımları (Mart-Nisan arası kar erimesi ile

Mayıs-Kasım arası yaz yağmurları) ve mansaptaki sediment ve besin maddesinin (toplam azot ve toplam fosfor) azaldığını belirlemişlerdir (Bayram, 2011).

Hırvatistan'da 2000 yılında Busko Blato su depolama haznesinde (rezervuar) su kalitesi üzerine çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmada 10 yıl boyunca mikrobiyolojik ve kimyasal ölçümler gerçekleştirilmiştir. Çalışılan rezervuar Avrupadaki en büyük rezervuar olma özelliğine sahiptir. Havzanın mansap kısmında hidrolojik özellikler önemli derecede etkilenmiştir. İncelenen suyun sertlik derecesinde önemli bir değişiklik görülmemiştir. Ancak toplam azot, fosfor değerleri ile koliform bakteri yoğunlukları artmıştır (Giljanovic, 2001).

Bowyer (2005), rezervuarlı (baraj tipi-depolamalı) hidroelektrik santralleri ile ilgili yaptığı araştırmada, bu tip santrallerin akan suyu yıl boyunca düzenlediğini, sel ve taşkın oluşumunu engellediğini fakat siltasyon nedeniyle kısa zamanda ömrünü tamamladığını vurgulamaktadır. Yine aynı çalışmada bu santrallerin dezavantajlarını şu şekilde vurgulamıştır: habitat alanlarını yok etme, nehrin akış yönünü değiştirme, karasal ekosistemlerin yerini sucul ekosisteme dönüştürme gibi geniş çevresel etkilere sahip olduğunu belirtmiştir. Bu bulgular açıkça göstermiştir ki, baraj içinde çürümüş bitkiler nedeniyle suyun daha da asitleşmesi, karbondioksit ve metan gibi gazların geniş su yüzeyi nedeniyle daha fazla çözünmesi ayrıca tutulan su nedeniyle nehrin aşağı kısımlarına yeteri kadar sediment ulaşmaması, aşağı havza ekosistemlerini daha fazla etkilenir duruma getirmektedir. Bunun dışında rezervuarlı hidroelektrik santrallerinin inşası sırasında yerel popülasyonların da etkilenmesi kaçınılmaz olacaktır (Yurtseven, 2012).

Wang (2010), akarsular üzerine inşa edilen rezervuarlı hidroelektrik santrallerin suyun akış ve mevsimsel rejimini değiştirdiğini, rezervuarın tabakalaşmasına yol açtığını, su yüzeyinin güneş enerjisini arttırdığını ve yer altı suyu akışının değişimiyle akarsuda sıcaklık değişimine sebep olduğunu belirtmiştir. Suyun akış rejiminin değişmesiyle pH, sıcaklık, elektriksel iletkenlik ve çözünmüş oksijen vb. özelliklerin de değişeceği belirtilmektedir. Bu parametreler sadece suyun kalitesini değil aynı zamanda sucul ekosistemi de değiştireceği vurgulanmaktadır.

Gyawali vd. (2013) tarafından yapılan çalışmada nehir kıyısı zonların ve arazi kullanımının su kalitesi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada su kalite parametrelerinden sıcaklık, çözünmüş oksijen, askıda katı madde, biyolojik oksijen ihtiyacı ve fekal koliform bakteri ölçümleri yapılmış ve arazi kullanımı bakımından tarım, mera ve kentsel alan olarak ayrılmıştır. Çalışma sonuçları nehir kıyısı zonlarındaki arazi kullanım

biçimlerinin su kalitesini etkilediğini göstermektedir.

Fidan vd., bitki formasyonlarının su kaynakları üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Yaptıkları çalışmada, bitki formasyonlarının su üretimini artırmadaki fonksiyonu fazladan aza doğru; otsu, makilik (çalı) ve boylu ağaçların oluşturduğu ormanlar olduğu ortaya çıkmıştır. Bitki formasyonlarını oluşturan ağaç, çalı ve otsu türlerin formları da su kaynaklarının kalite ve kantitesinde önemli rol oynadığını vurgulamışlardır.

Johnson vd. (1997), yaptıkları çalışmada orta batı ekosistemlerinde arazi kullanımının su kimyası üzerine etkisini incelemişlerdir. Çalışmayı Michigan'ın Saginaw havzasına bağlı 62 alt havzada yürütmüşlerdir. Çalışmada alkaliniteyi, toplam çözülmüş katı maddeyi, nitrat ve nitrit parametrelerini ölçmüşlerdir. Çalışma sonucunda, çapa bitkilerin kullanıldığı tarımsal arazi kullanımındaki alkalinite, toplam çözülmüş katı madde, nitrat ve nitrit değerleri diğer arazi kullanımlarına (orman, mera, kentsel vb.) oranla dere akışında daha fazla bulunmuştur.

Kurunç vd. (2005) , “Debideki Değişimin Yeşilirmak Nehri Su Kalitesi Parametrelerine Etkisi” adlı çalışmasında, Yeşilirmak Nehri sularının kalitesini etkileyen parametreleri belirlemek amacıyla debi ile su sıcaklığı,  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Ca^{+2}$ ,  $Mg^{+2}$ ,  $CO_3^{-2}$ ,  $HCO_3^-$ ,  $Cl^-$ ,  $SO_4^{-2}$  B, sodyum adsorpsiyon oranı (SAR), su sertliği ve toplam tuz (TS) gibi değişik su kalite parametreleri arasındaki ilişkileri incelemiştir. Çalışma sonuçlarına göre su kalitesi parametrelerinin çoğunluğu debinin düşük olduğu dönemlerde yüksek, debinin yüksek olduğu dönemlerde ise düşük değerlere sahip olduğu belirlenmiştir. Debi ile EC,  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Ca_2^+$ ,  $Mg_2^+$ ,  $HCO_3^-$ ,  $Cl^-$ ,  $SO_4^{-2}$ , SAR, su sertliği ve TS arasında ters yönde bir ilişki bulunmuştur. Buna karşın, debi ile su sıcaklığı, pH,  $CO_3^{-2}$  ve B arasında bir ilişki bulunamamıştır.

Hay (1994), “Karadeniz'in Türkiye Tarafındaki Nehirlerinin Hidroelektrik Baraj İnşaatından Öncesi ve Sonrası Katı Madde ve Debi Oranları” adlı çalışmasında, hidroelektrik barajların yapımından önce yaklaşık  $70 \times 10^6$  t/y katı madde debisinin, baraj inşaatı sonrasında  $28 \times 10^6$  t/y olduğunu bildirmiştir. Katı madde yükündeki bu ani düşüşe, Yeşilirmak ve Kızılırmak nehirlerinin ağız kısımlarına yakın yerlerdeki baraj inşaatlarının neden olabileceğini vurgulamıştır.

Boran ve Sivri (2001), Trabzon (Türkiye) il sınırların da bulunan Solaklı ve Sürmene derelerinde besin maddesi ve askıda katı madde yüklerini incelemişlerdir. Çalışma 2000 yılında ilkbahar döneminde 15 günlük periyotlarla yürütülmüştür. Araştırmada nitrat, nitrit, amonyum, fosfor ve askıda katı madde değerleri ölçülmüştür. Çalışma sonunda solaklı ve

sürmene derelerindeki oksijen, nitrat, fosfor değerleri bakımından yüksek kalitede olduğu, amonyum ve nitrit değerleri bakımından akarsuların az kirlenmiş (III.Kalite) su sınıfında olduğu ortaya çıkmıştır. Askıda katı madde miktarının ise açık deniz sularına nazaran özellikle kıyusal sularda daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca çalışılan akarsuların besin maddeleri ve AKM yükleri karşılaştırıldığında, Solaklı deresi yüklerinin Sürmene deresine oranlarına göre daha yüksek olduğu ortaya çıkmıştır.

Ak vd (2008), Akarsu Üzerindeki Doğal ve İnsan Kaynaklı Faaliyetlerin Sucul Ekosisteme Etkisine Bir Örnek: Yanbolu Deresi (Arsin, Trabzon) adlı çalışmasında, Karadeniz Bölgesindeki dereler üzerinde etkisi bulunan doğal ve insan kaynaklı faaliyetlerin sürdürülebilir sucul ekosistem üzerine olası etkileri incelenmiştir. Aralık 2006-Kasım 2007 döneminde aynı habitattan aylık olarak örnekleme yapılmış ve Yanbolu deresinde yaşayan balık türleri tespit edilmiştir. Dere yatağını etkileyen doğal ve insan kaynaklı faktörlerin balık gruplarının biyolojik özelliklerini etkilediği ortaya çıkmıştır.

Kalyoncu ve Zeybek (2009), Ağlasun ve Isparta Derelerinin Bentik Faunası ve Su Kalitesinin Fizikokimyasal Parametrelere ve Belçika Biyotik İndeksine Göre Belirlenmesini çalışmışlardır. Bu çalışma Eylül 2006- Ağustos 2007 tarihleri arasında Ağlasun ve Isparta dereleri üzerinden seçilen 6 istasyonda yapılmıştır. Belirlenen istasyonlardan aylık periyotlarla fiziko-kimyasal su analizi için örnek alınmış ve taban büyük omurgasızları toplanmıştır. Çalışma sonucunda taban büyük omurgasızlardan 41 takson teşhis edilmiştir. Elde edilen fizikokimyasal verilerle teşhis edilen bentik organizmalar arasındaki ilişki belirlenmeye çalışılmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda Ağlasun Deresi ve Isparta Deresi'nde 3 farklı su kalitesi basamağı belirlenmiştir. Ağlasun Deresi I. ve II. kalite sınıfları arasında belirlenirken Isparta Deresi'nde belirlenen istasyonların aşırı derecede kirli olduğu gözlenmiştir. Yaz aylarında akarsuyun bazı bölümlerinin kurumması ve bazı istasyonlarda suyun oldukça fazla azalması akarsuda var olan faunayı olumsuz yönde etkilemiştir. Ayrıca kirlilik düzeyi artması ortamda varolması gereken çeşitliliği de azaltmıştır.

Wu vd. (2010)'nın Çin'de Xiangxi nehrinde yaptığı bir araştırmada suyun tutulduğu kısımdan sonraki akarsu segmentinde düşük su seviyesinden (sığ derinlik) dolayı bentik diatomların (alg) daha fazla ışığı alarak fotosentez miktarlarını artırdığı saptanmış ve diatom türlerinin artmasındaki en önemli rolü akış azalmasına bağlı olarak meydana gelen habitat değişimi olduğu belirtilmiştir.

Poff vd. (2010) tarafından yapılan çalışmada, su hızı, derinliği, zamanlaması ve



miktarındaki değişiklikler bir bütün olarak sucul ekosistemin yaşam koşullarını belirlediği ve bu parametrelerdeki en küçük değişikliğin sucul canlıların yaşam koşullarını etkilediğini vurgulamaktadır.

### **1.3. Çalışmanın Amacı**

Ülkemizde, hidroelektrik santrallerinin (HES) su kalitesine etkilerini ortaya koyan çalışmalar oldukça sınırlıdır. Bu nedenle çalışma kapsamında farklı arazi kullanım biçimleri ve farklı yerlerdeki (havzanın mansap ve memba kısmında) hidroelektrik santrallerinin su kalitesi üzerine etkisi araştırılacaktır.

Solaklı Deresi Havzası rekreasyon, turizm, yaban hayatı, balık faunası, biyoçeşitlilik ve ekolojik yönden önemli bir alandır (Terzioğlu 1998; TUBİTAK, 2009; URL-6, 2014). Aynı zamanda Solaklı deresi üzerine Türkiye’de en çok Nehir Tipi Hidroelektrik Santralleri yapımı planlanan önemli bir akarsuyumuzdur.

Sunulan tez, ekolojik ve ekonomik özelliklere sahip Solaklı havzasındaki ana dere üzerine kurulu çeşitli yerlerdeki (mansap ve memba kısmında ) nehir tipi hidroelektrik santrallerin su kalitesine etkilerini belirlemeyi amaçlamaktadır. Bunun için, incelenecek Hidroelektrik Santral tiplerinin suyun fiziksel ve kimyasal (pH, sıcaklık, çözünmüş oksijen, klor, askıda katı madde vb.) özelliklerine etkisi 12 ay boyunca izlenmiştir.

Araştırma sonuçları, farklı arazi kullanım biçimleri, sosyo-ekonomik yapı ve işletme aşamasında bulunan biriktirmeli olarak çalışan havzanın memba ve mansap kısmında yer alan hidroelektrik santrallerin su kalitesi üzerine etkisini ortaya koyacaktır.

## 2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

### 2.1. Materyal

#### 2.1.1. Araştırma Alanı Yeri ve Genel Mevki Özellikleri

Araştırma alanı, ülkemizin kuzeyinde Doğu Karadeniz bölgesindeki Trabzon ili sınırları içerisinde, il merkezinin doğusunda, Of ilçesinin güneyinde bulunan Solaklı Deresi Havzasında bulunmaktadır (Şekil 3).



Şekil 3. Araştırma alanının yeri (Google Maps, 2015)

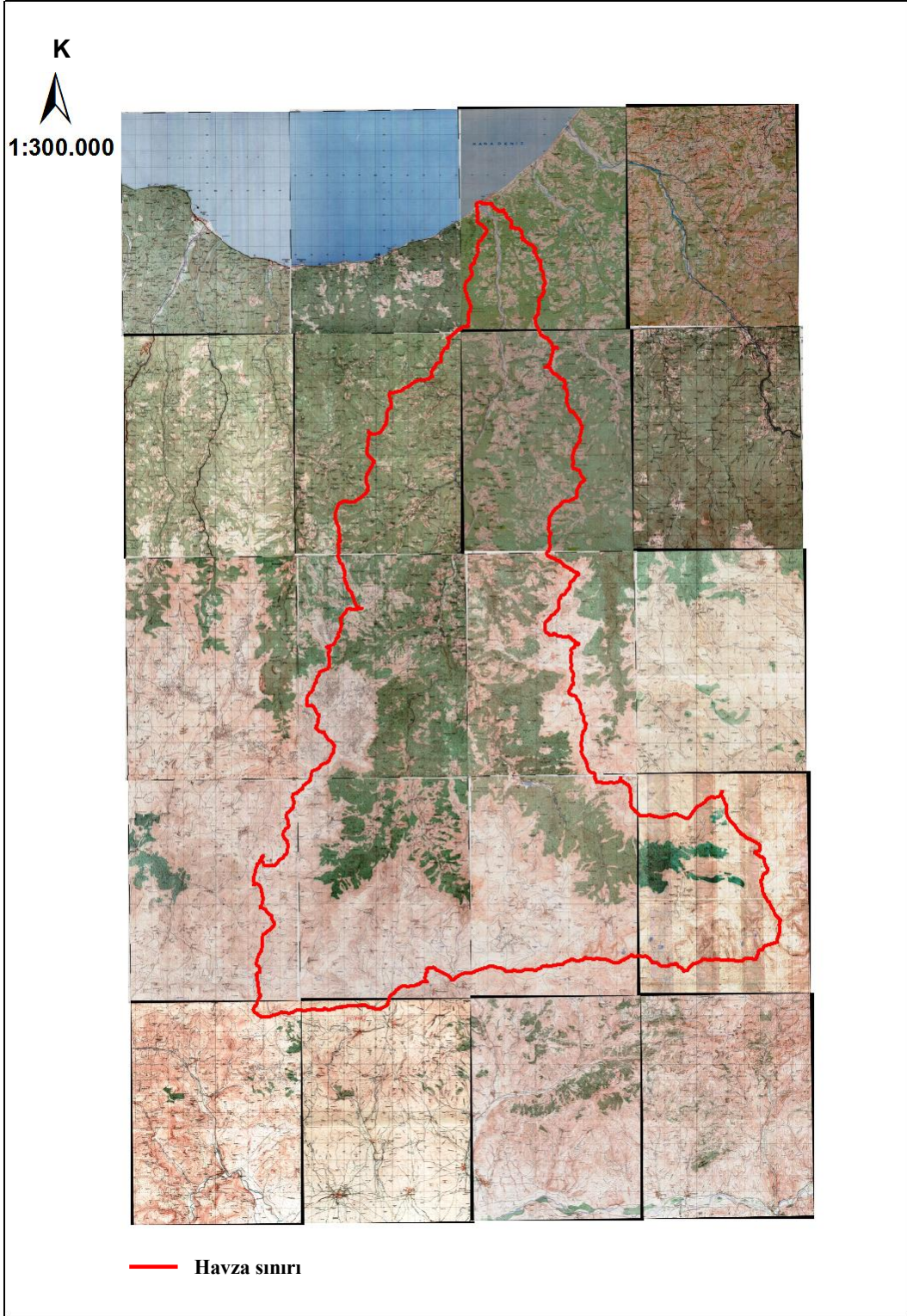
Trabzon, Doğu Karadeniz Bölgesinde yer almakta ve 4.685 km<sup>2</sup> 'lik yüz ölçümüyle ülke topraklarının %0,6'sını oluşturmaktadır. Trabzon Doğu Anadolu'nun kuzeydoğusunda, Karadeniz' in tabii bir liman kıyısında, Asya ve Ortadoğu transit yolunun başında kurulmuş bir şehirdir. 41° kuzey enleminde ve 39° 43' doğu boylamında bulunur (TUBİTAK,2009).

Trabzon ili doğuda Rize, güneydoğuda Bayburt, güneyde Gümüşhane, batıda Giresun illeri, kuzeyde Karadeniz ile çevrilidir. Trabzon topraklarının %30'u dağlık %60'ı kıydan içeriye doğru gittikçe yükselen ve ortalama 25-30 m arası değişen bir eğim gösteren alanlar biçimindedir. Ancak %10'u düzlük olan il toprakları genellikle engebelidir (TUBİTAK, 2009).

Solaklı Deresi Havzası Trabzon G44 ve H44 1/25 000 ölçekli topoğrafik haritalarda yer almakta ve 12 paftayı içermektedir (Şekil 5). Çalışma alanı olan Solaklı Deresi havzasının toplam alanı 758,822 km<sup>2</sup> ve havzanın toplam çevresi 180,479 km'dir. Araştırma yeri olarak Solaklı deresi üzerinde inşa edilmiş, işletmede olan havzanın mansap kısmında bulunan biriktirme özelliğine sahip Arca HES ve memba kısmında bulunan Çamlıkaya HES ve Regülatörünü ve çevresini içermektedir (Şekil 4).



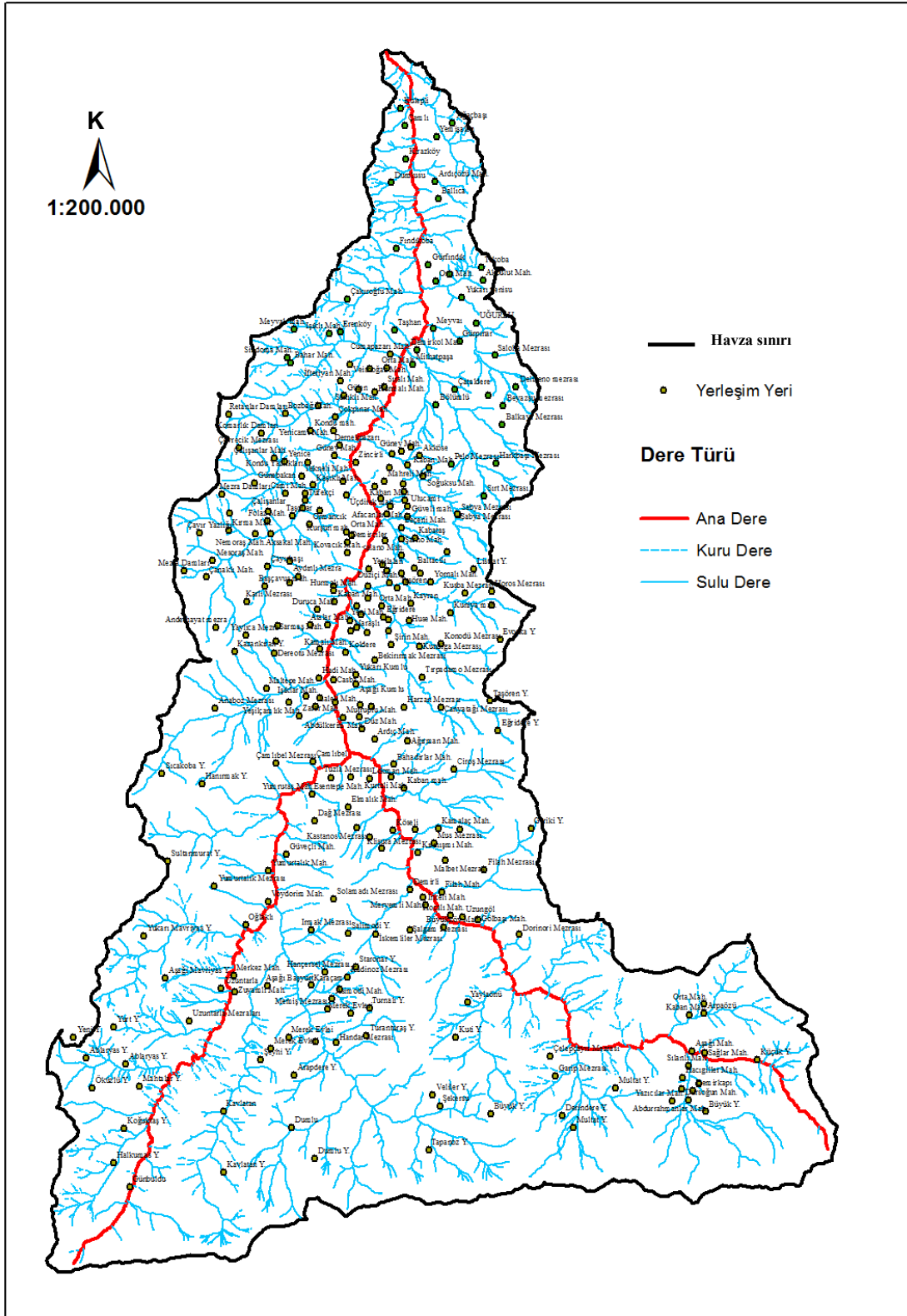
Şekil 4. Araştırma alanının uydu görüntüsü (Google Maps, 2015).



Şekil 5. Araştırma alanının topoğrafik haritası

Solaklı havzası üç farklı ilçedeki topraklardan meydana gelir. Bunlar Kuzeyden başlayarak Of, Dernekpazarı ve Çaykara'dır. Bunların içinde güneydeki Çaykara en

genişidir. Çaykara ilçesi, Karadeniz Bölgesi doğu bölümünde, Trabzon ilinin Güneydoğusunda, 40° 33' - 40° 55' kuzey enlemleri ile 40° 15' – 40° 30' doğu boylamları arasında yer alır. İlçenin doğusunda Rize ilinin İkizdere İlçesi, güneyde 2° Bayburt İli, Batıda Sürmene İlçesi, Kuzeyde Dernekpazarı İlçesi, Kuzey Doğusunda Of İlçesi ile çevrilmiştir. Trabzon iline 75 km uzaklıktadır. İlçe merkezi denizden 280 m yükseklikte ve 25 km içeridedir. Of ilçesinden Bayburt ili istikametine uzanan vadinin içinde kurulmuştur. Solaklı Çayı'nın yatağı dar olduğundan, bu çayın kenarında bulunan Çaykara ilçesinin yerleşim alanı da dardır (Ayaz, 2009). Yerleşim alanları çoğunlukla kuzeyden güneye doğru Of, Çaykara, Dernekpazarı ve Uzungöl civarında toplanmıştır (TUBİTAK, 2009). Solaklı havzasında bulunan 3 farklı ilçede toplam 60.892 kişi bulunmaktadır (Şekil 6) (Arca, 2008).



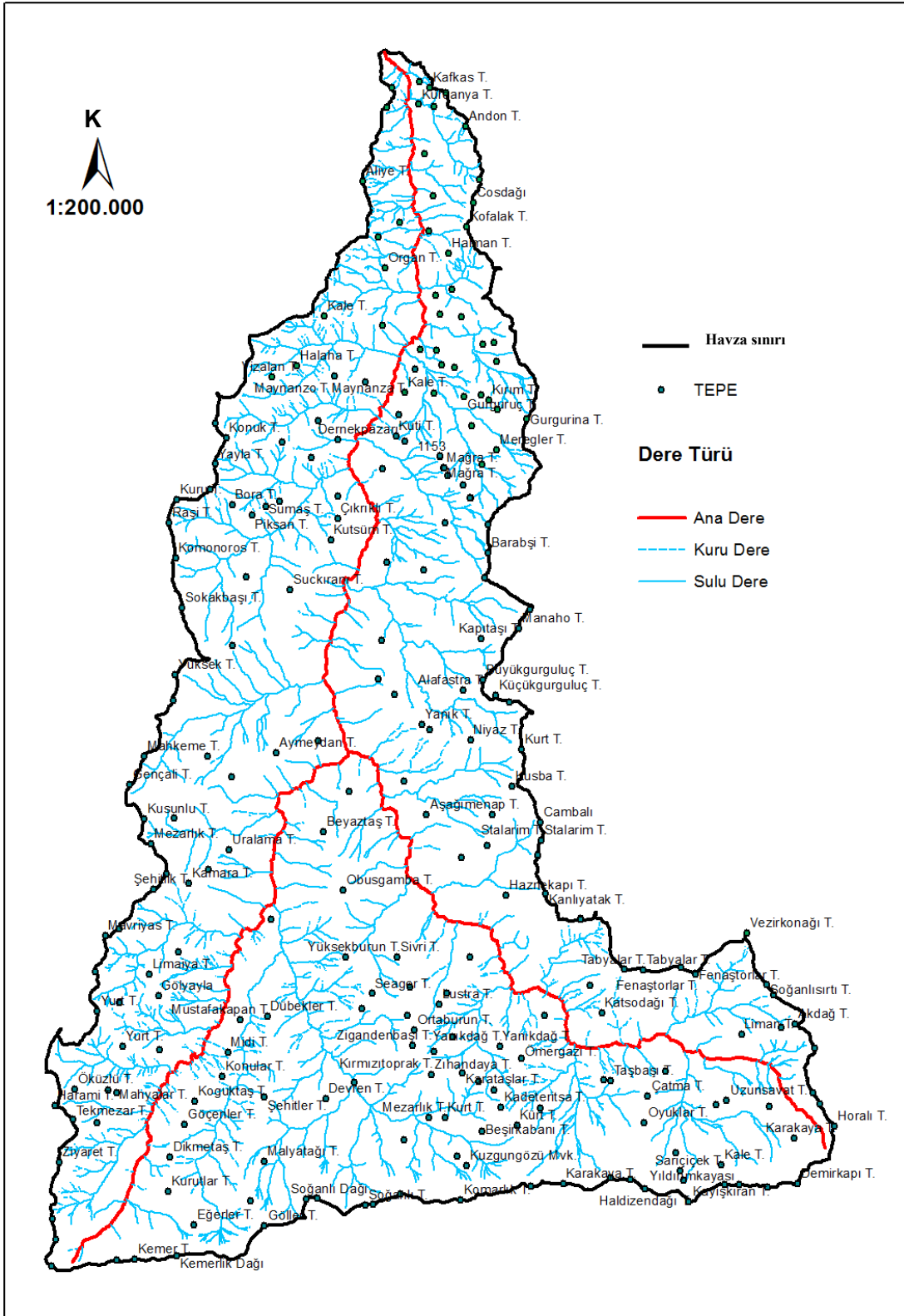
Şekil 6. Solaklı Havzası Nüfus Dağılımı

Arazi Eğimi; arazinin engebelilik derecesini ifade eder. Arazi eğimi erozyon, toprak derinliği, toprağın tekstürü, yüzeysel akış, sıcaklık ve iklim gibi bazı parametreler üzerine etki yapmaktadır. Eğim derecesi arttıkça yağış sularının yüzeysel akışı artar. Bununla birlikte erozyon şiddetli olur ve toprak derinliği azalır. Çok eğimli yamaçlar besin ve su ekonomisi bakımından elverişsiz olan kurak ve fakir yerlerdir (Çepel, 1995).

Solaklı Deresi Havzasında, 10811,63 ha alan 13 ° ve daha az eğime sahip, 15834,13 ha alan 14-22 ° eğime sahip , 19087,71 ha alan 23-30 ° eğime sahip, 19918, 70 ha alan 31-37 ° eğime sahip, 10279, 38 ha alan 38-67 ° eğime sahiptir (Şekil 9-10).

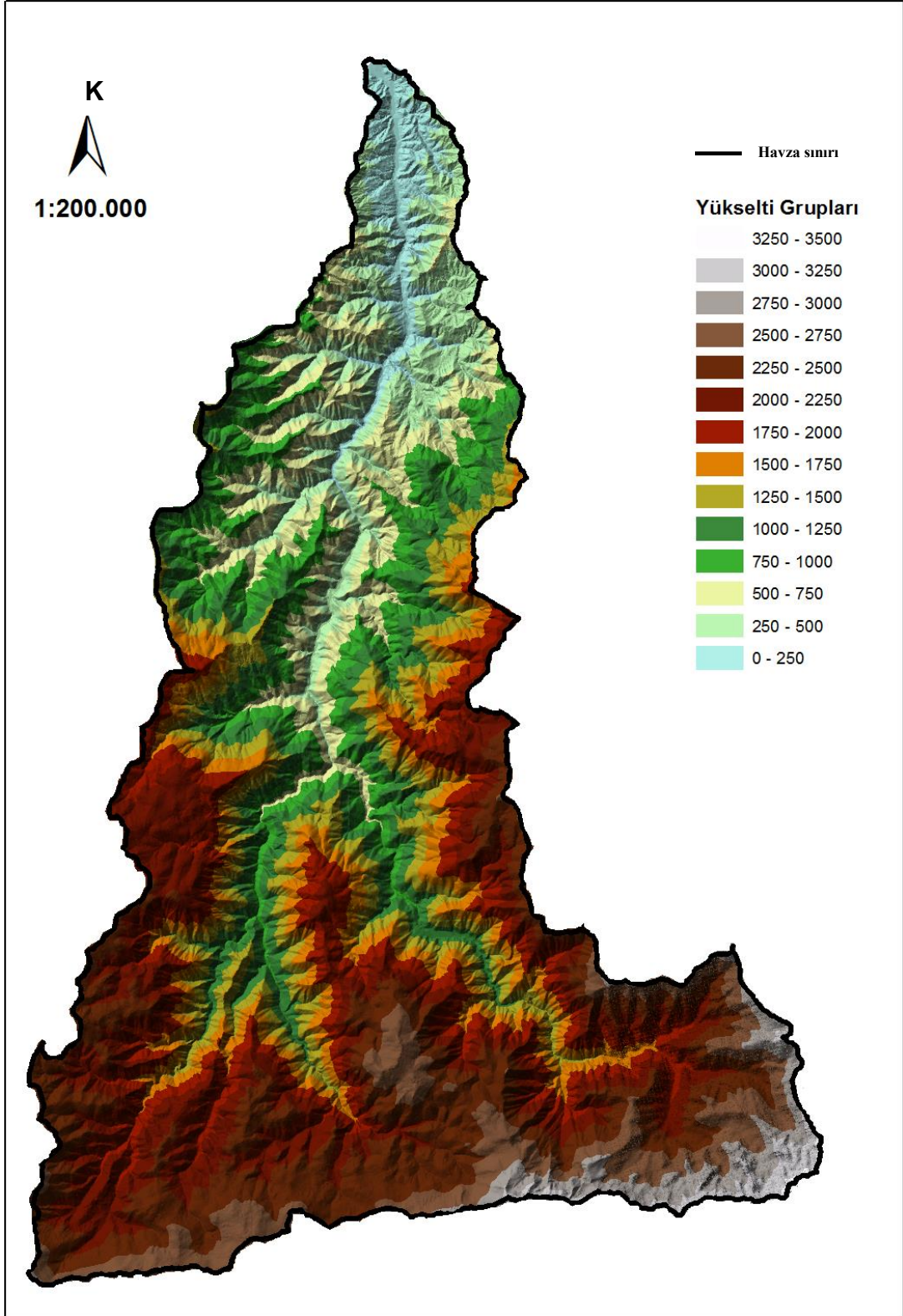
Bakı, bir arazi parçasının 8 kısımlık rüzgar gülü yönünden hangisine baktığını ifade eden bir terimdir. Arazinin bakısı, o yerin özellikle sıcaklık ve yağış iklimini etkiler. Ülkemizde genel olarak gölgeli bakılar ( kuzey, kuzeydoğu, kuzeybatı, ve doğu) daha serin, güneşli bakılar ise (güneydoğu, güney, güneybatı, batı) daha sıcaktır. Gölgeli bakılarda toprak nemi güneşli bakılara oranla daha nemlidir. Gölgeli bakılarda bitki örtüsü daha fazla gelişmektedir. Güneşli bakılarda don tehlikesi gölgeli bakılardan daha fazladır. Aynı zamanda gölgeli bakılarda vejetasyon süresi daha uzundur (Çepel, 1995). Çalışma alanının bakı özellikleri Şekil 11’de ifade edilmektedir.

Çalışma alanının güney kesimini doğu-batı doğrultusunda uzanan Haldizen ve Soğanlı Dağları sınırlar (Şekil 7). Yer yer 3000 m’yi asan bu dağların yüksek kesimleri doğal sınırı oluşturur. Havzanın en yüksek noktası güneydoğudaki Haldizen dağında 3376 m ile Demirkapı tepesidir (Şekil 7-8). Havza sularını toplayan başlıca akarsu Solaklı Çayıdır. Fazla yağış, gevsek ve kaygan arazi yapısı ve akarsuların derin biçimde yarıdığı bazı dik yamaçlardaki cılız bitki örtüsü ilin çeşitli yörelerinde zaman zaman can ve mal kaybına yol açan sel ve heyelanlara neden olur (Şekil 12-13) (TUBİTAK, 2009).

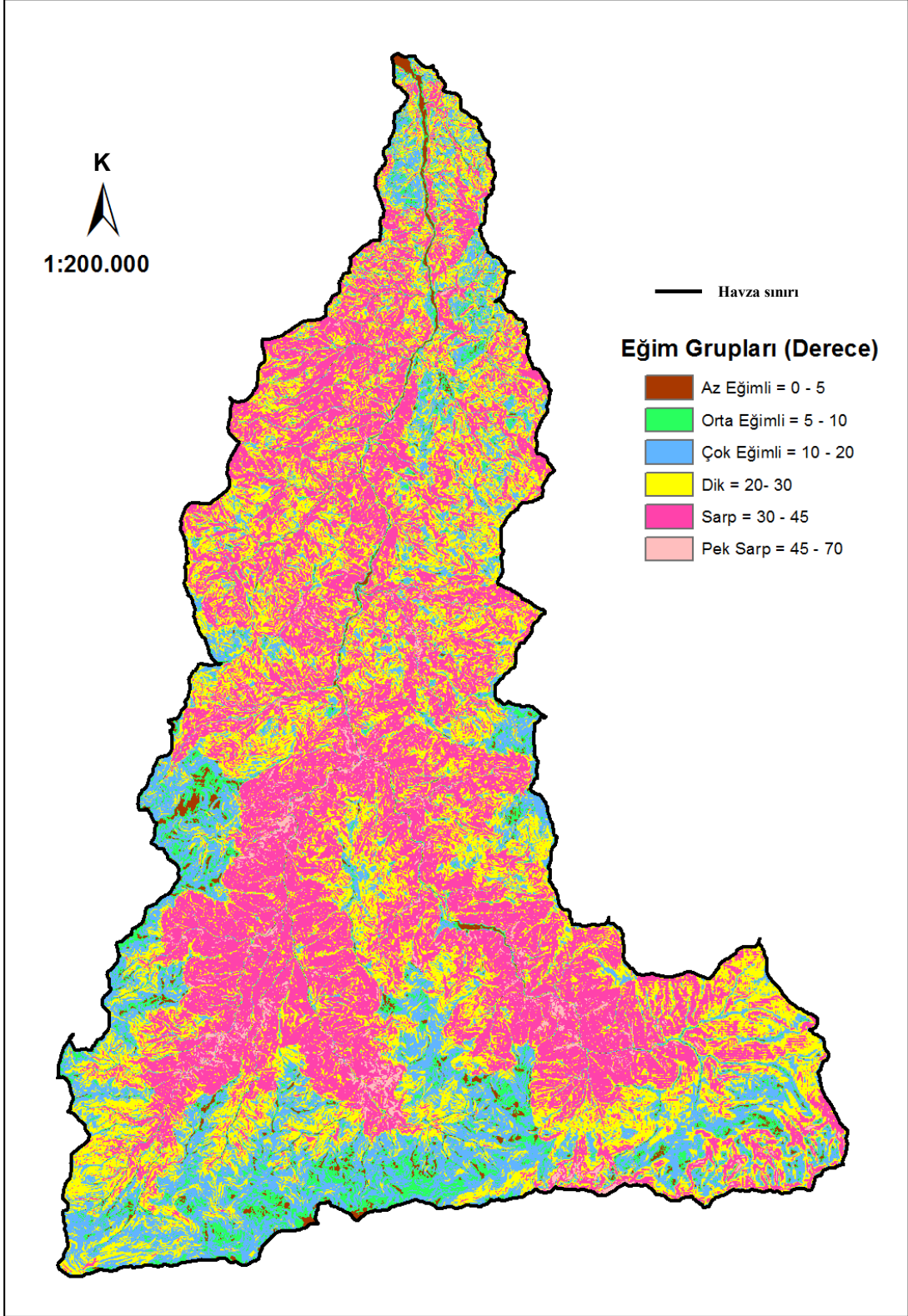


Şekil 7. Solaklı Havzasında bulunan dağlar

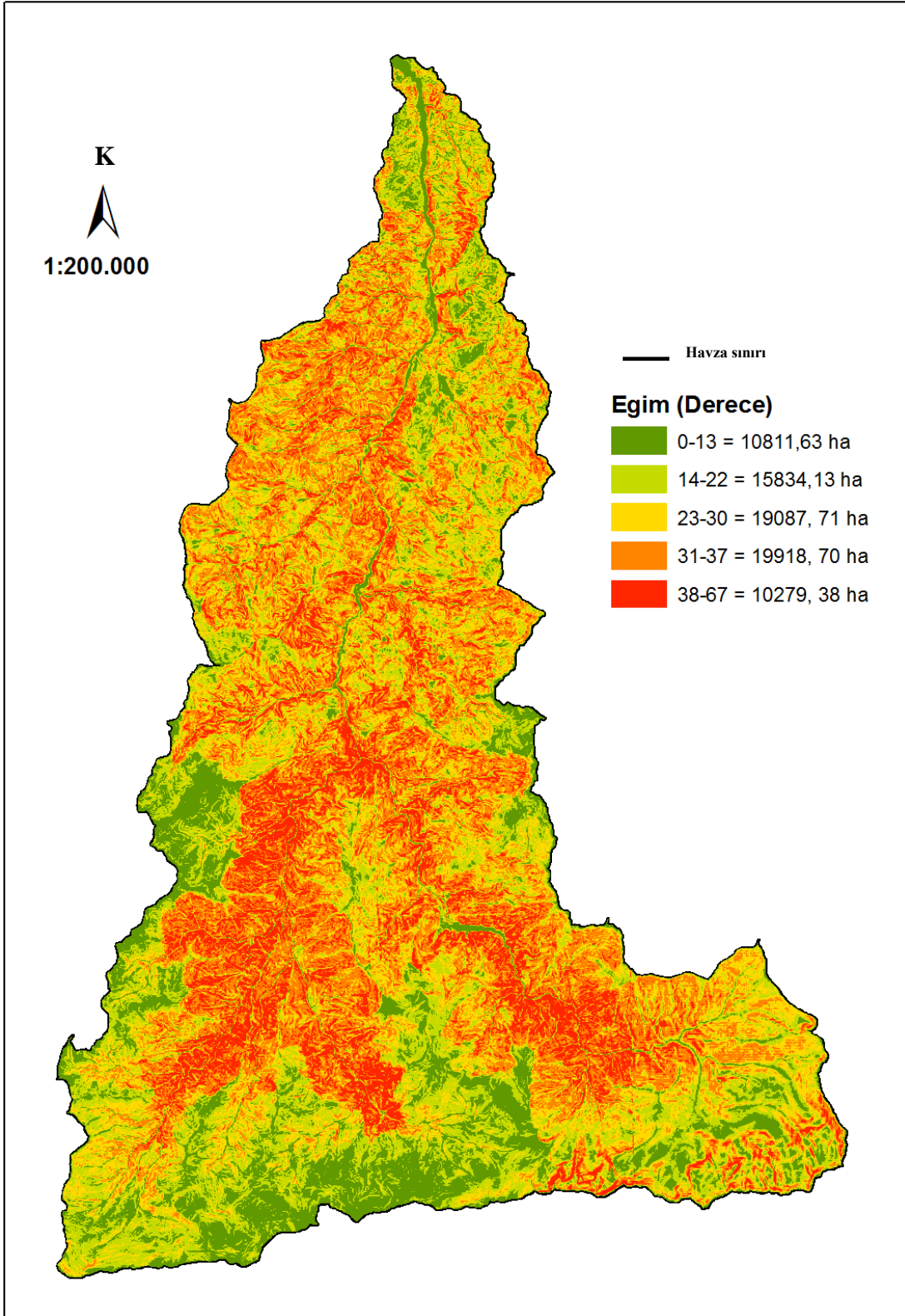




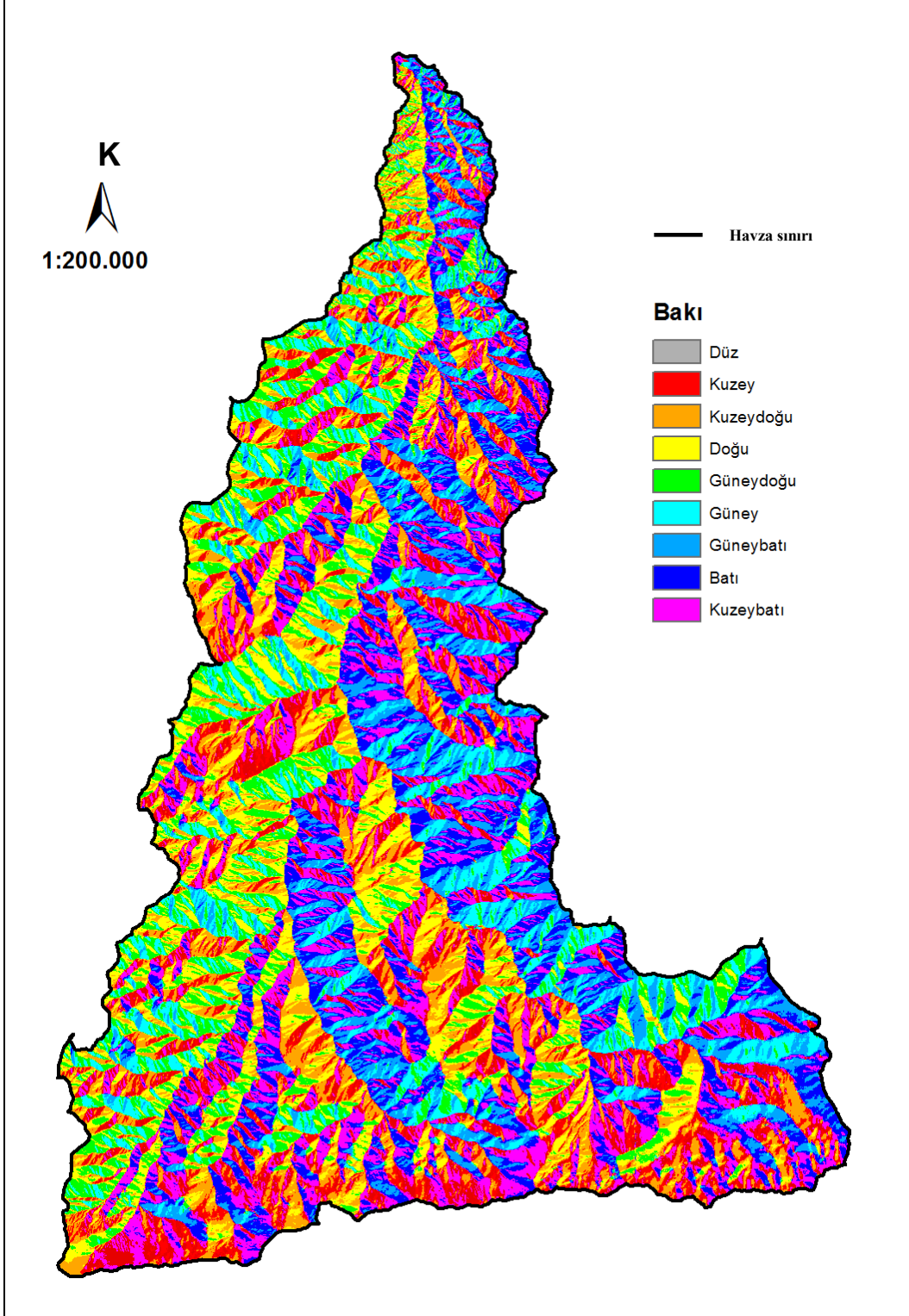
Şekil 8. Solaklı Havzası yükselti grupları haritası



Şekil 9. Solaklı Havzası eğim grupları haritası



Şekil 10. Solaklı Havzası alana göre eğim haritası



Şekil 11. Solaklı Havzası baki grupları haritası

### 2.1.2. İklim Özellikleri

Trabzon ilinde, yumuşak bir deniz iklimi hakimdir. En sıcak ay ortalaması 23 °C (Ağustos), en soğuk ay (Şubat) ay ortalaması 7 °C'dir. Ortalama yağış miktarı metrekareye 830 mm.dir. Yılda 51 gün açık, 174 gün parçalı bulutlu ve 140 gün de kapalı olarak geçirmektedir.

Çaykara ilçesinde, ılıman serin iklimi göstermekle birlikte ortalama sıcaklıklar sahil kesiminden 4-7 °C daha düşük düzeyde seyretmektedir. Ayrıca çok yüksek kesimlerde (dağ köyleri ve yaylalarda) geçiş iklimi görülmektedir. İlçe arazisi Doğu Karadeniz sıradağlarının eteklerinde ve yamaçlarında yer alması nedeniyle yılın büyük bölümü sisli ve yağışlı geçmektedir.

Çalışma alanının yeri, Doğu Karadeniz Havzasının bir bölümünü teşkil eden Solaklı dere Havzası içinde genellikle Karadeniz iklimi hâkimdir. Yöre, yurdumuzun en fazla yağış alan kesimini teşkil eder. Solaklı Deresi havzasının coğrafi konumu nedeni ile özellikleri, genellikle Karadeniz iklim tesiri altında olmasına rağmen havzanın üst kısımlarına gidildikçe Karadeniz ikliminden uzaklaşılır. İç kesimlere gidildikçe yağış miktarı azalır. Bunda en büyük etken kıyıya paralel uzanan dağların yağışı kesmesi iç kısımlara ulaşmasını önler (Ayaz, 2009).

#### 2.1.2.1. Yağış

Yağış alanına kuzeyden gelen sistemlerinin beraberinde getirdiği nemli hava kütleleri, alan üzerinde hareket ederken yağış alanındaki dağların topoğrafik etkisi ile nemin önemli bölümünü bol yağış olarak bırakır (TÜBİTAK, 2009). Çalışma alanının ortalarında yer alan Çaykara'nın yıllık ortalama yağışı 1000 mm civarındadır. Membadaki Uzungöl meteoroloji istasyonunda yıllık ortalama yağış miktarı 1121 mm civarındadır (Ayaz, 2009). Çaykara, Uzungöl ve Of meteoroloji istasyonlarına ait yıllık toplam yağışlar Tablo 5'de verilmiştir.

Tablo 5. Of, Çaykara ve Uzungöl Meteoroloji İstasyonları aylık ortalama ve yıllık yağış değerleri (mm)

İstasyon adı	Ocak	Şub.	Mart	Nisan	Mayıs	Haz.	Tem.	Ağus.	Eylül	Ekim	Kas.	Aralık	Yıllık
Of	151,8	127,6	106,7	78,8	82,5	94,5	105,3	136,9	199,2	225,6	186	159,5	1654,46
Çaykara	79,8	75,5	69,9	71,3	80,8	90,7	67,8	69,7	81,2	109,1	101	82,6	979,99
Uzungöl	75,5	76,8	79,4	97,1	105,7	101,5	67,3	70,7	68,9	105,1	100	79	1028,02

### 2.1.2.2. Sıcaklık

Çalışma alanının yer aldığı Solaklı Havzası'nda yukarı kesimlere doğru çıkıldıkça kot yükselmesinden ve karasal iklim etkisi ile sıcaklık azalmaktadır (Ayaz, 2009).

Solaklı havzasına ait en yakın sıcaklık rasadı yapan meteoroloji istasyonları Uzungöl, Of ve Çaykara meteoroloji gözlem istasyonlarının Aylık Ortalama Sıcaklıkları (°C) Tablo 6'da verilmiştir (TUBİTAK, 2009).

Tablo 6. Of, Çaykara, Uzungöl Meteoroloji İstasyonları aylık ortalama sıcaklık(°C) değerleri

İstasyon adı	Ocak	Şub.	Mart	Nisan	Mayıs	Haz.	Tem.	Ağus.	Eylül	Ekim	Kas.	Aralık	Ort.
Of	0,5	0,4	2,9	9,1	12,5	15,3	17,8	18,2	15,2	11,8	6,1	2,4	9,35
Çaykara	3,7	3,5	7,4	12,9	14,8	18,2	19,5	20,1	17,6	15,2	9,7	6,2	10,06
Uzungöl	0,42	0,02	2,7	8,07	11,4	13,89	16,24	16,5	13,7	10,5	5,68	1,94	8,42

Solaklı Havzası üzerinde bulunan Of, Çaykara ve Uzungöl gözlem istasyonlarının aylık ortalama nem değerleri Tablo 7'de verilmiştir (TUBİTAK, 2009).

Tablo 7. Of, Çaykara, Uzungöl Meteoroloji İstasyonları aylık ortalama nisbi nem (%) değerleri

İstasyon adı	Ocak	Şub.	Mart	Nisan	Mayıs	Haz.	Tem.	Ağus.	Eylül	Ekim	Kas.	Aralık	Yıllık
Of	67,3	72,2	69,8	74,5	79	72	74	74,4	74,3	74	70,1	65,9	72,3
Çaykara	72,8	72,1	69,4	67,4	73,3	78	83	82,2	80,8	76,3	71	70,7	74,7
Uzungöl	75,1	75,2	74,2	70,3	74,8	81	84,7	86,1	80,2	75,8	74	75,9	77,3

### 2.1.2.3. Buharlaşma

Solaklı Havzasında ve civarında buharlaşma rasadı yapan meteoroloji istasyonu yoktur. Bunda en büyük etken bölgenin oldukça fazla yağış almasıdır. Civarda buharlaşma rasadı yapan istasyon olmadığı için en yakın istasyon olarak Trabzon meteoroloji istasyonu buharlaşma değerleri esas alınmıştır (TUBİTAK, 2009).

Tablo 8. Trabzon Meteoroloji İstasyonu aylık toplam buharlaşma değerleri (mm)

İstasyon adı	Ocak	Şub.	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Toplam
Trabzon	1,2	1,5	1,7	2,1	2,6	3,5	3,7	3,5	2,7	1,9	1,5	1,4	27,3

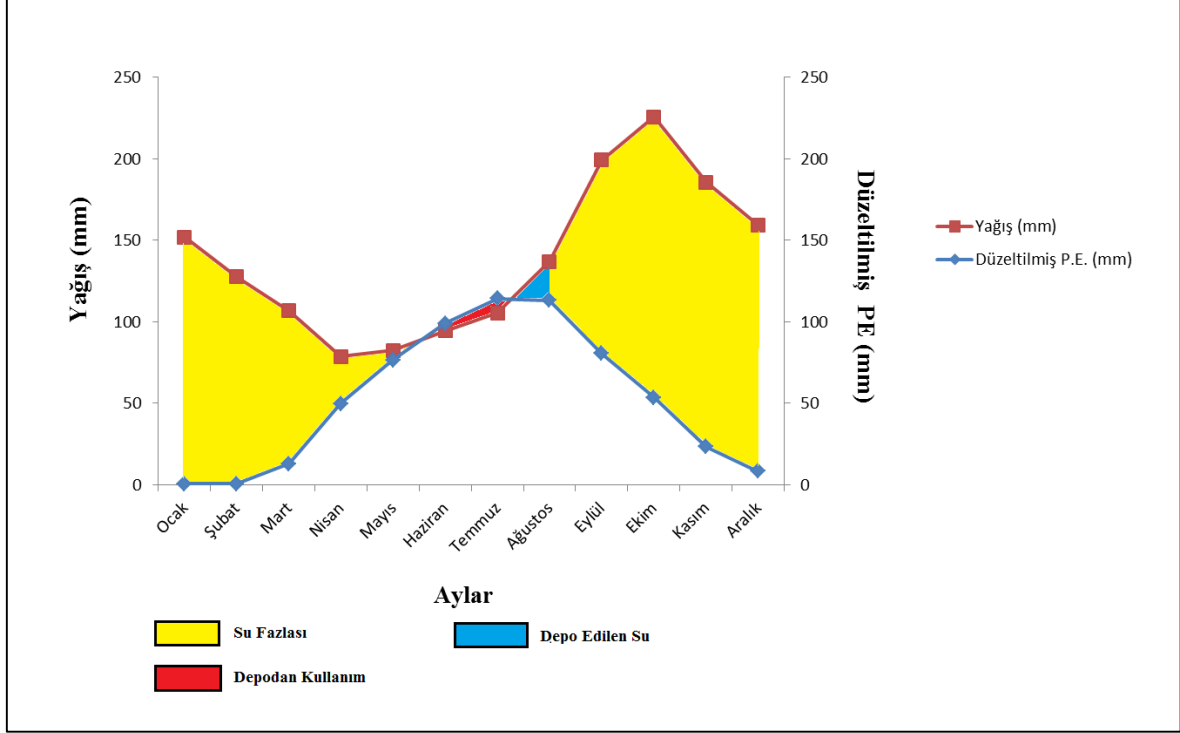
### 2.1.2.4. Solaklı Deresi Yağış Havzasının İklim Özellikleri

Solaklı deresi yağış havzasının iklim özelliklerini belirlemek için havza içerisinde yer alan Of, Çaykara ve Uzungöl Meteoroloji istasyonlarında ölçülen veriler kullanılmıştır (Tablo 5-6). İklim Özellikleri belirlenirken Thornthwaite Yöntemi kullanılmıştır (Tablo 9-10-11). İstasyonlara ait su bilanço grafikleri Şekil 11-12-13'de gösterilmiştir.

Tablo 9. Thornthwaite Yöntemine göre Of ilçesinin iklimi (Enlem: 41, Boylam: 40)

Aylar	Oc.	Şub.	Mart	Nisan	Mayıs	Haz.	Tem.	Ağus.	Eylül	Ekim	Kas.	Aralık	Yıllık
Sıcaklık (°C)	<b>0,5</b>	<b>0,4</b>	<b>2,9</b>	<b>9,1</b>	<b>12,5</b>	<b>15,3</b>	<b>17,8</b>	<b>18,2</b>	<b>15,2</b>	<b>11,8</b>	<b>6,1</b>	<b>2,4</b>	<b>10,06</b>
Sıcaklık İndisi (i)	0,03	0,02	0,4	2,48	4	5,44	6,84	7,07	5,38	3,67	1,35	0,33	37,05
Düzeltilmemiş P.E. (mm)	0,91	0,8	13	45	61,25	78,57	90	95	77,5	55,8	28,3	10,4	
Enlem Düzelt. Kats. (41. enlem için)	0,83	0,83	1	1,11	1,25	1,26	1,27	1,19	1,04	0,96	0,82	0,8	
Düzeltilmiş P.E. (mm)	0,76	0,66	13	49,95	76,56	98,99	114,3	113	80,6	53,6	23,2	8,32	632,9
Yağış (mm)	<b>152</b>	<b>128</b>	<b>107</b>	<b>78,8</b>	<b>82,5</b>	<b>94,5</b>	<b>105,3</b>	<b>137</b>	<b>199</b>	<b>226</b>	<b>186</b>	<b>160</b>	<b>1654</b>
Depo edilen suy. aylık değişimi (mm)	0	0	0	0	0	-4,49	-9	13,5	0	0	0	0	
Depo edilen su (mm)	100	100	100	100	100	95,51	86,51	100	100	100	100	100	
Gerçek Buharlaşma(Evapor.)(mm)	0,76	0,66	13	49,95	76,56	98,99	114,3	113	80,6	53,6	23,2	8,32	632,9
Su Açığı (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Su Fazlası (mm)	151	127	94	28,85	5,94	0	0	10,4	119	172	162	151	1021
Yüzeysel Akış (mm)	148	138	116	72,28	39,11	19,55	9,777	5,18	61,9	117	140	145	1011
Nemlilik Oranı	199	192	7,3	0,57	0,08	-0,05	-0,08	0,21	1,47	3,21	6,99	18,2	

ABI'rb4' sembolleri ile tanımlanan “Çok nemli, orta sıcaklıkta (mezotermal), su noksanı olmayan veya pek az olan, okyanus (deniz) iklim tipi” hakimdir (Tablo 9).



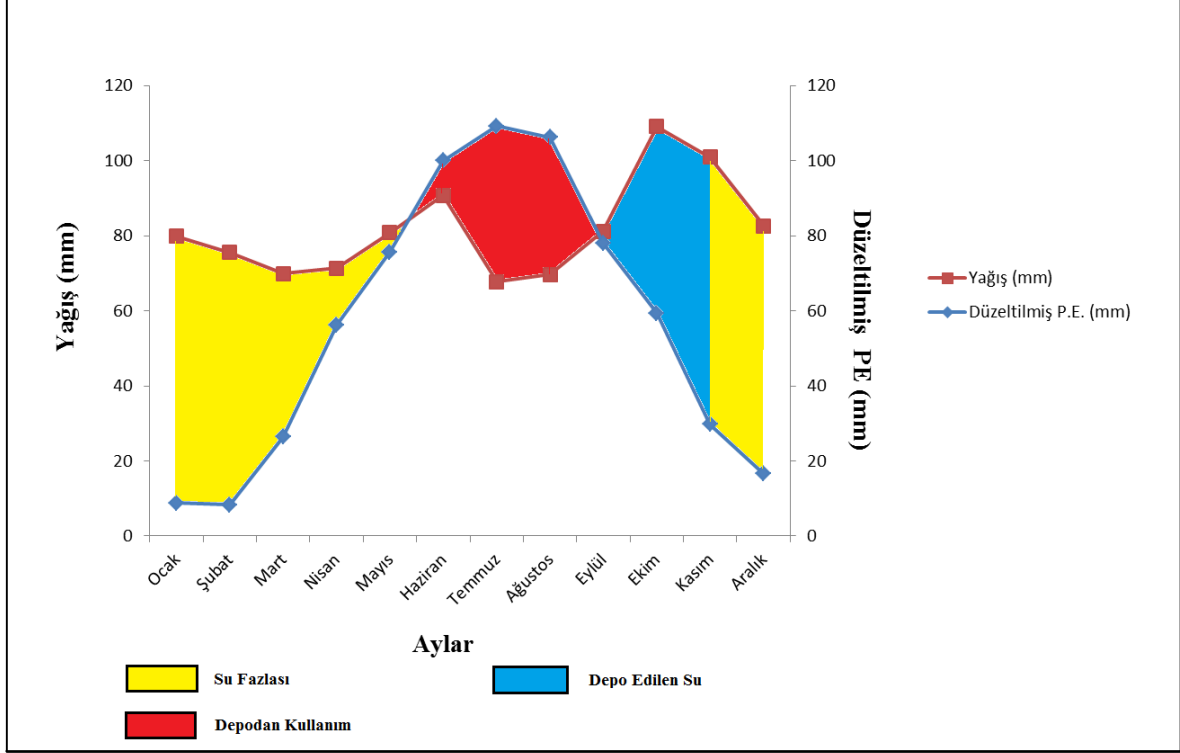
Şekil 12. Of Meteoroloji İstasyonu Thornthwaite su bilançosu

Tablo 10. Thornthwaite Yöntemine göre Çaykara ilçesinin iklimi ( Enlem: 40, Boylam : 40)

Aylar	Oc.	Şub.	Mart	Nisan	Mayıs	Haz.	Tem.	Ağus.	Eylül	Ekim	Kas.	Aralık	Yıllık
Sıcaklık (°C)	3,7	3,5	7,4	12,9	14,8	18,2	19,5	20,1	17,6	15,2	9,7	6,2	10,06
Sıcaklık İndisi (i)	0,63	0,58	1,8	4,2	5,17	7,07	7,85	8,22	6,72	5,38	2,73	1,39	51,75
Düzeltilmemiş P.E. (mm)	10,4	10	26	50,71	61	80	86	90	75	61,8	35,8	20,6	
Enlem Düzelt. Kats.(40. enlem için)	0,84	0,83	1	1,11	1,24	1,25	1,27	1,18	1,04	0,96	0,83	0,81	
Düzeltilmiş P.E. (mm)	8,75	8,3	26	56,29	75,64	100	109,22	106,2	78	59,3	29,7	16,7	674,5
Yağış (mm)	79,8	75,5	70	71,3	80,8	90,7	67,8	69,7	81,2	109	101	82,6	979,3
Depo edilen suy. aylık değişimi (mm)	0	0	0	0	0	-9,30	-41,42	-36,50	3,20	49,77	34,25	0	
Depo edilen su (mm)	100	100	100	100	100	90,7	49,28	12,78	16	65,8	100	100	
Gerçek Buharlaşma(Evapor.)(mm)	8,75	8,3	26	56,29	75,64	100	109,22	106,2	78	59,3	29,7	16,7	
Su Açığı (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Su Fazlası (mm)	71,1	67,2	44	15,01	5,16	0	0	0	0	0	36,9	66	304,8
Yüzeysel Akış (mm)	56,6	61,9	53	33,86	19,51	9,755	4,878	2,438	1,22	0,61	18,5	42,2	304,2
Nemlilik Oranı	8,12	8,09	1,6	0,27	0,068	-0,09	-0,38	-0,34	0,04	24,9	2,39	3,96	



**B2BI'ra'** sembolleri ile tanımlanan “*Nemli, orta sıcaklıkta (mezotermal), su noksanı olmayan veya pek az olan, tam okyanus (deniz) iklim tipi*” hakimdir (Tablo 10).

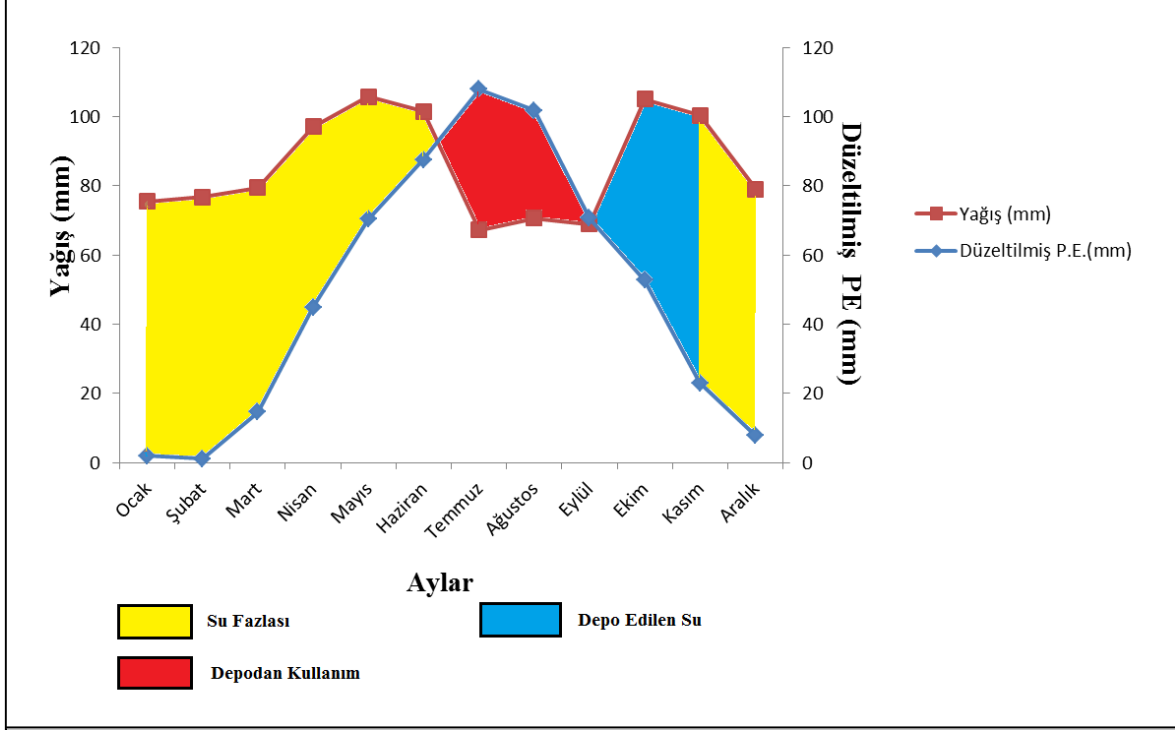


Şekil 13. Çaykara Meteoroloji İstasyonu Thornthwaite su bilançosu

Tablo 11. Thornthwaite Yöntemine göre Uzungöl İklimi (Enlem: 40 Boylam : 40)

Aylar	Oc.	Şub.	Mart	Nisan	Mayıs	Haz.	Tem.	Ağus.	Eylül	Ekim	Kas.	Aralık	Yıllık
Sıcaklık (°C)	0,42	0,02	2,7	8,07	11,44	13,89	16,24	16,48	13,7	10,5	5,68	1,94	8,42
Sıcaklık İndisi (i)	0,02	0	0,4	2,05	3,49	4,68	5,94	6,06	4,6	3,04	1,21	0,24	31,72
Düzeltilmemiş P.E. (mm)	2,38	1,45	14	40,41	56,7	70	85	86,25	68	55	27,7	9,6	
Enlem Düzelt. Kats. (40. enlem için)	0,84	0,83	1	1,11	1,24	1,25	1,27	1,18	1,04	0,96	0,83	0,81	
Düzeltilmiş P.E. (mm)	1,99	1,2	15	44,85	70,31	87,5	107,95	101,8	70,7	52,8	23	7,78	584,4
Yağış (mm)	75,5	76,8	79	97,1	105,7	101,5	67,3	70,7	68,9	105	100	79	1027
Depo edilen suy. aylık değişimi (mm)	0	0	0	0	0	0	-40,65	-31,1	-1,82	52,3	21,3	0	
Depo edilen su (mm)	100	100	100	100	100	100	59,35	28,25	26,43	78,73	100	100	
Gerçek Buharlaşma(Evapor.)(mm)	1,99	1,2	15	44,85	70,31	87,5	107,95	101,8	70,7	52,8	23	7,78	
Su Açığı (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Su Fazlası (mm)	73,5	75,6	65	52,25	35,39	14	0	0	0	0	56,1	71,2	442,9
Yüzeysel Akış (mm)	61,6	68,6	67	59,48	47,43	30,72	15,358	7,679	3,84	1,92	28	49,6	441
Nemlilik Oranı	36,9	63	4,5	1,16	0,5	0,16	84	-0,38	-0,03	0,99	3,37	9,15	

**B3B'rb4'** sembolleri ile tanımlanan “*Nemli, orta sıcaklıkta (mezotermal), su noksanı olmayan veya pek az olan, okyanus (deniz) iklim tipi*” hakimdir (Tablo 11).

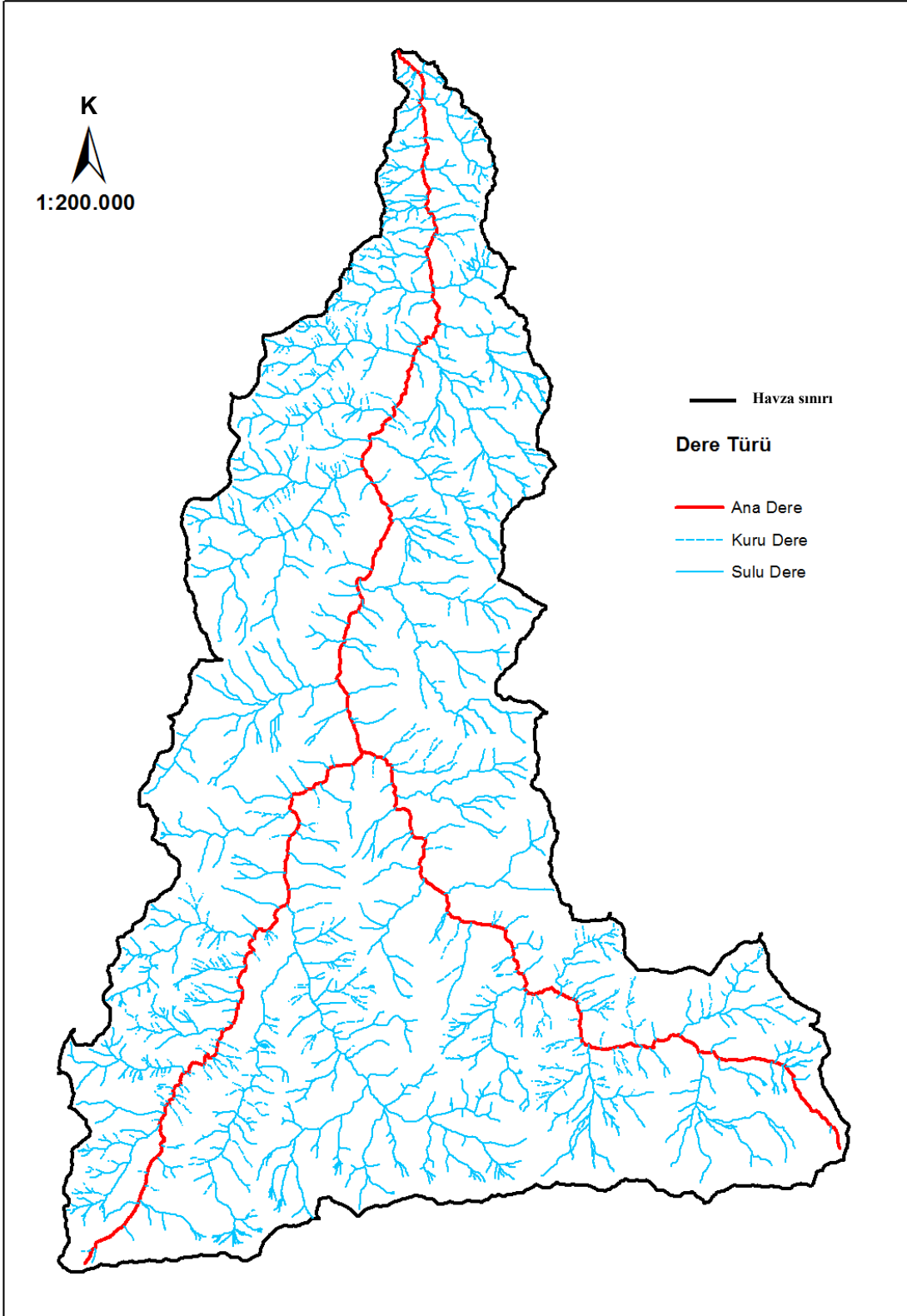


Şekil 14. Uzungöl Meteoroloji İstasyonu Thornthwaite su bilançosu

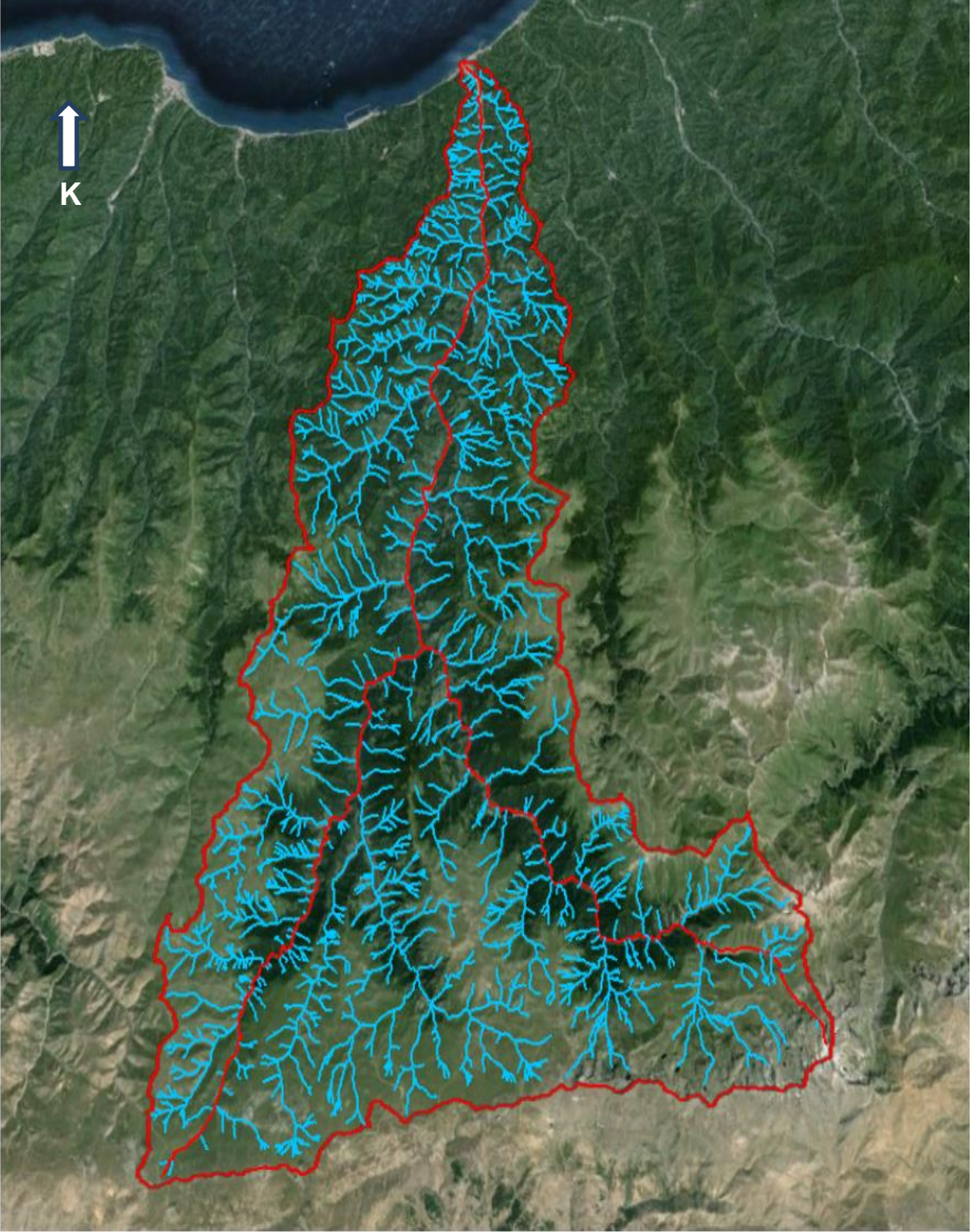
### 2.1.3. Su kaynakları

Çalışma alanının su kaynağı Solaklı deresi ve kollarıdır (Şekil 15-16). Solaklı deresi, Balkodu ile Haldizen derelerinin birleşmesinden oluşur. Haldizen dere 3376 m yükseklikteki Demirkapı tepeden doğar (Şekil 7). Akışını önce kuzeybatı yönünde sürdürür. Tabii sahip ve turistik Uzungöl'e ulaşır. Uzungöl'den sonra soldan Balkodu dereyi aldıktan sonra Solaklı dere adını alır ve yönünü kuzeye dönerek akışını sürdürür. Daha sonra ise Çaykara ilçesine ulaşır. Buradan sonra akışını kuzey yönünde sürdürerek Of ilçesi içinden Karadeniz'e dökülür (Ayaz, 2009).

Havza göller bakımından da zengindir. Başta Uzungöl dikkati çekmektedir. Demirkapı Köyü ve yaylasında Balık Gölü, Aygır Gölü, Sarı Göl, Karagöl, Pirömer Gölü, Küçük Göl Buzlu Göl gibi buzul gölleri vardır. Ayrıca Multat Yaylasında bulunan Karagöl sayılabilir. (Ayaz, 2009).



Şekil 15. Solaklı Havzası drenaj deseni



Şekil 16. Solaklı Havzası drenaj deseni uydu görüntüsü (Google Maps, 2015)

#### 2.1.4. Bitki Örtüsü

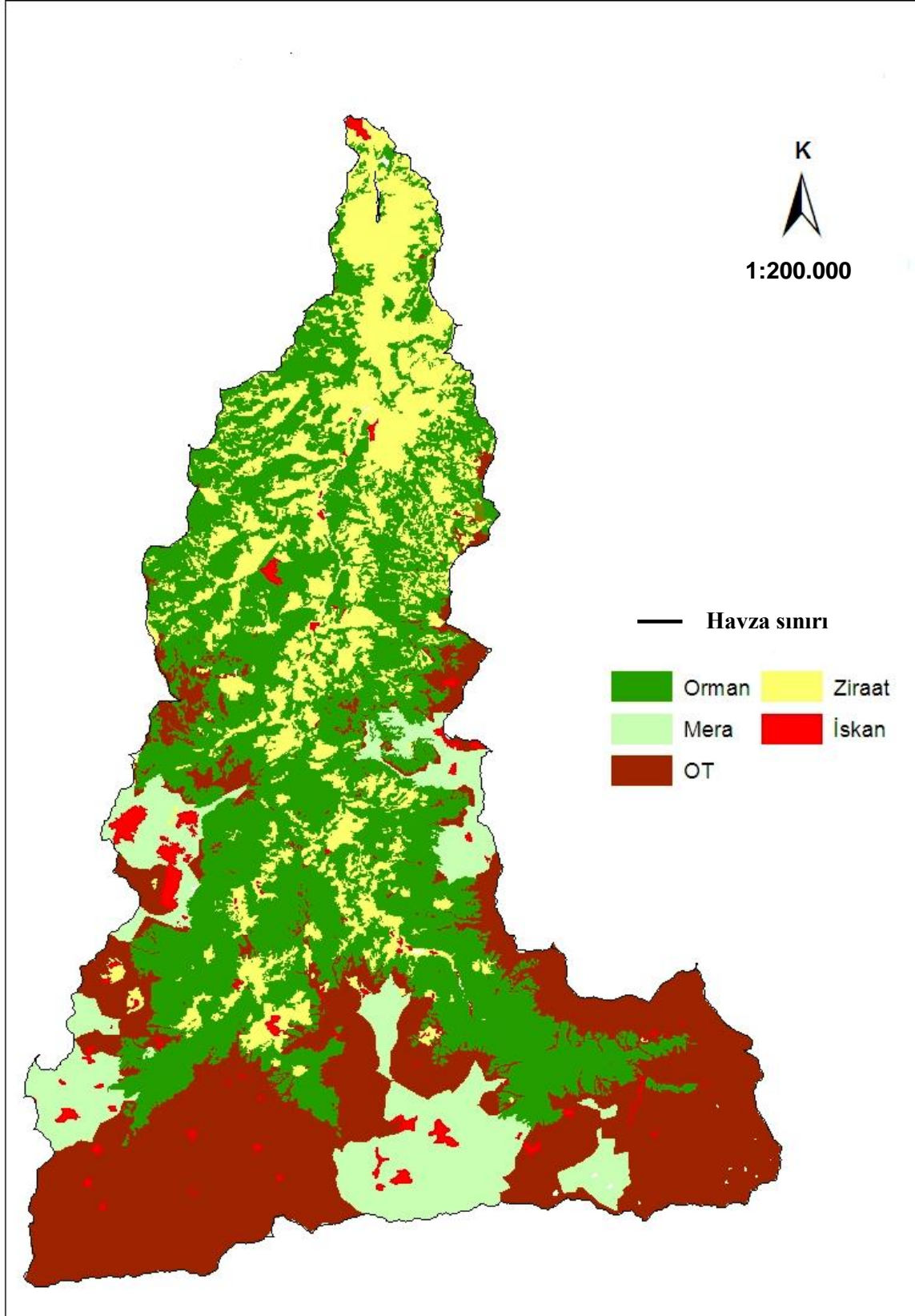
Doğu Karadeniz sıradağlarına bağlı kıyı dağlarının yüksek kesimlerinden Karadeniz kıyısına kadar uzanan Trabzon ilinin doğal bitki örtüsü, doğu ve batıda komsusu olan iller gibi çok zengindir. Kuzey bakan kesimleri bol yağış alan bu dağlar kızılâğaç, gürgen, kestane, kayın, göknar ve ladinden oluşan yoğun bir orman örtüsü ile kaplıdır. İlin güneydoğusundaki Haldizen Dağı'nın güneye bakan yamaçlarında ise sarıçam ormanları vardır. Ormanın üst sınırının geçtiği 200-2100 m yükseklikten sonra rastlanan Alp tipi Sultanmurat gibi çayırlarla kaplı yaylalar yer alır. Trabzon ilinde ormanlık alan 176.055 ha olup, il arazisinin %38'ini; çayır ve mera alanı ise 111.628 ha olup, il arazisinin %24'ünü oluşturmaktadır (Ayaz, 2009).

Solaklı Deresi Havzası'nın toplam ormanlık alanı 29.134ha, toplam mera alanı 8.576ha, tarım alanı 13.158 ha, yerleşim yeri toplam 1.330 ha ve 23.523ha alan da orman toprağını kaplamaktadır (Şekil 17). Ormanlık alan; 4.949 ha alanı yapraklı türlerden, 8.056 ha alanı ibreli türlerden ve 15.996 ha alanı ise karışık türlerden oluşmaktadır (Şekil 18) (Koralay vd., 2014).

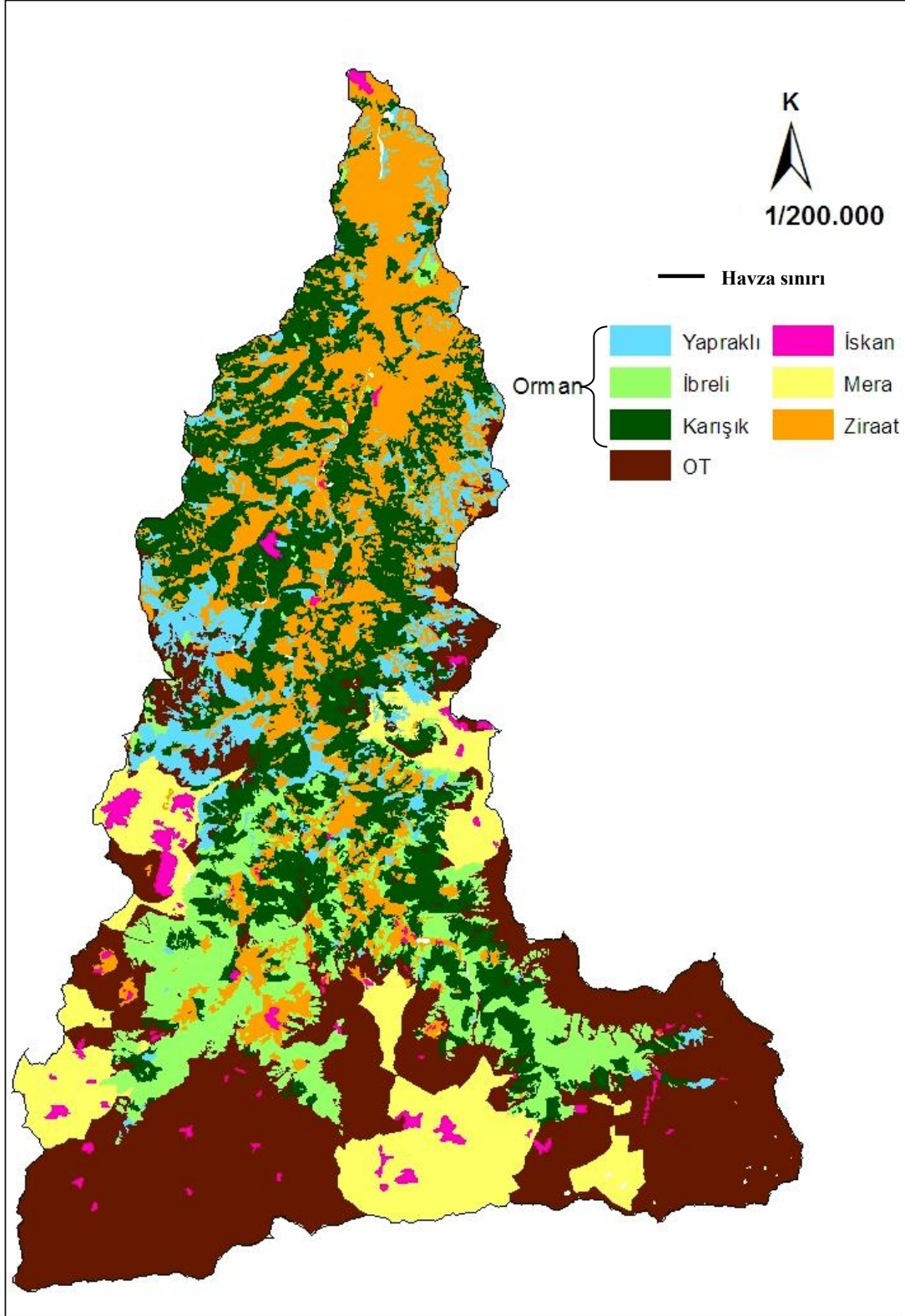
Solaklı Havzasında hemen hemen bütün mevsimlerde yağışın görülmesi, bitki örtüsünün gür ormanlarla kaplı olmasına neden olmuştur. 900 m yüksekliğe kadar nemi seven geniş yapraklı (kayın, gürgen, meşe, çam, sarıçam, kızılâğaç, kestane, ceviz ve çeşitli meyve ağaçları), 900-1300 m arası ise iğne yapraklı ile kayın karışık ormanlar, 1300- 2200 m ye kadar iğne yapraklı (karaçam-göknar gibi) ağaçlar mevcuttur. Genellikle ağaç türleri ilçe merkezinden yukarıya doğru kestane, kızılâğaç, gürgen, ladin, kayın, sarıçam, göknar, akağaç, saf ve karışık meşeler yer alır. İlçe genelinde ormanın üst sınırı Demirkapı'da 2200 m'ye ulaşır. Havzada mevcut ormanlar özellikle Uzungöl yöresinin ormanlarıdır. Bitki örtüsü, yaban hayatı bakımından elverişli ve zengin oluşu, doğa güzelliğinin olması nedeniyle Uzungöl çevresi “ Tabiatı Koruma Parkı” olarak ilan edilmiştir (TUBİTAK, 2009).

Uzungöl'ü çevreleyen zengin bir bitki örtüsü vardır. Yapılan çalışmalar Uzungöl'de 157 adet bitki türü tespit edilmiştir. Bunlardan başlıcaları; D.Ladini, D. Kayını, Sakallı Kızılâğaç, D. Karadeniz Göknarı, Anadolu Kestanesi, Adi Ceviz, D. Karadeniz Akçaağacı, Dağ Karaağacı, Adi Porsuk, Meşe, Adi Fındık, Kızılcık'tır. Uzungöl'ü çevreleyen ormanlarda 20 memeli hayvan türü 151 kuş türü tespit edilmiştir. Memeli türlerden Karaca, Çengel boynuzlu, Dağ keçisi, Yaban Domuzu, ayı, kurt, Çakal, Tilki, Porsuk, Ağaç

Sansarı, Kakım, Gelincik, Tavşan, Sincap, Kirpi, Cüce Yarasa; Kuş türlerinden ise Boz kaz, Yeşilbaş ördek, Fiyu, Kaya Kartalı, Şahin, Uludoğan, Delice Doğan, Kızıl Akbaba, Turna, Su Karatavuşu sayılabilir (URL-6, 2014).



Şekil 17. Solaklı Deresi Havzası arazi kullanım haritası



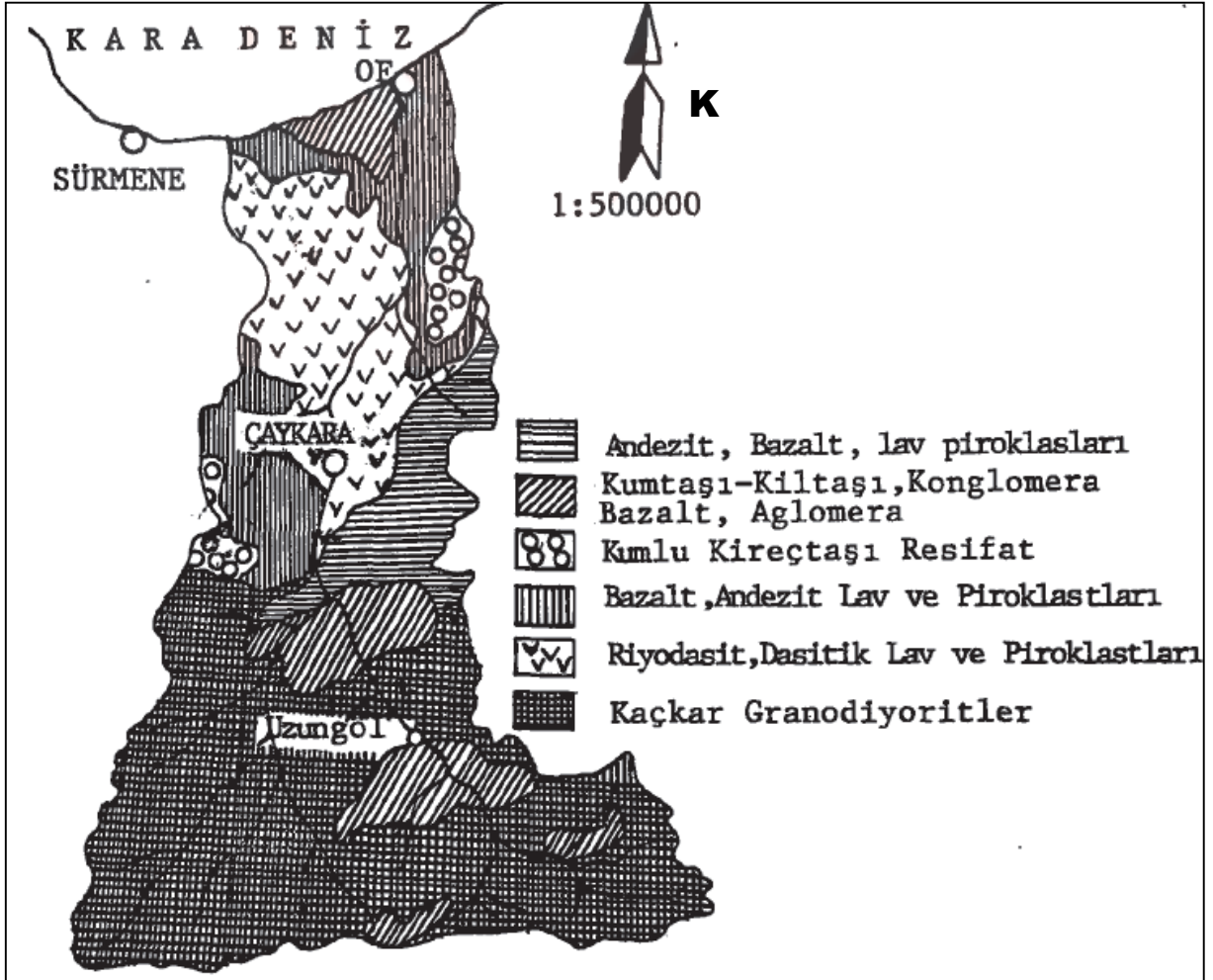
Şekil 18. Solaklı Deresi Havzası arazi kullanım ve orman alanı dağılım haritası



## 2.1.5. Genel Jeoloji ve Toprak Özellikleri

### 2.1.5.1. Araştırma Alanının Kayaç Yapısı

Kayaç birimlerinin yas ve stratigrafik konumları, düşey ve yanal ilişkilere göre belirlenmiştir. İnceleme alanındaki stratigrafik istif alttan üste doğru Üst Kretase yaşlı Bazik Volkanik- sedimenter seri (bazalt, andezit, andezitik tuf ve bunları 21 piroklastikleri ile magmatizmada meydana gelen aralarda oluşan tüflü kumtaşları ve kırmızı kireçtaşları) ve Kuvaterner-Holosen yaşlı yamaç molozu, eski alüvyon ve yeni alüvyon olarak sıralanmaktadır (Şekil 19) (Ayaz, 2009).



Şekil 19. Araştırma alanının jeolojik haritası (Terzioğlu,1998)

### **2.1.5.2. Araştırma Alanının Toprak Yapısı**

#### **2.1.5.2.1. Alüviyal Topraklar**

Solaklı Deresi'nin taşıdığı materyali eğimin düşük olduğu yerlerde biriktirmesiyle oluşan topraklardır. Dağlık topoğrafik yapı nedeniyle bu topraklar araştırma alanında dere içlerinde ve dar alanlarda bulunur (TGM, 1981).

#### **2.1.5.2.2. Sarı-Kırmızı Podzolik Topraklar**

Bu topraklar araştırma alanının sahil kesimlerinden Çaykara'ya kadar bulunmaktadır (Şekil 20). En çok gri-kahverengi topraklarla birlik oluştururlar. Az olarak da yüksek dağ-çayır topraklarıyla karışırlar. Üzerinde oluştukları anakaya farklılık göstermekle birlikte, çoğunluğu üçüncü zaman tersiyere ait eosen kum, kil ve çakıllardan ibaret tortul karakterli depolar teşkil eder (TGM, 1981). Araştırma alanında bu topraklar üzerinde *Pinus sylvestris* - *Epimedium pinnatum* subsp. *colchicum* birliği ile yer yer yapraklı karışık ormanlar ve ziraat-iskan alanları bulunmaktadır (Terzioğlu,1998).

#### **2.1.5.2.3. Gri-Kahverengi Podzolik Topraklar**

Bu topraklar Çaykara'dan 1500-2000m'ye kadar alpin kesime kadar çıkarlar (Şekil-20). Sarı-kırmızı podsolik, kahverengi orman ve yüksek dağ-çayır topraklarıyla birlik oluştururlar. Ana kayaları üst kretase volkanik fasiyese dahil olan püskürük kütlelerdir. Bu toprakların bünyesi kılılı tin ile kumlu tin arasında değişmektedir. Organik maddece zengin, baz saturasyonları ender olarak %50'nin üzerinde, azot ve fosforca yetersiz, ancak potasyum bakımından zengindirler (TGM, 1981). Bu topraklar üzerinde yaygın olarak *Picea orientalis* - *Sedum stoloniferum* birliği ile *Fagus orientalis* - *Picea orientalis* birliği yer almaktadır (Terzioğlu,1998).

#### **2.1.5.2.4. Kahverengi Orman Toprakları**

Bu topraklar intrazonal toprakların kalsimorfik grubuna dahildir. Üzerinde oluştukları ana kayalar kireççe zengindir (Şekil 20). Ancak, kireçsiz kahverengi orman topraklarının

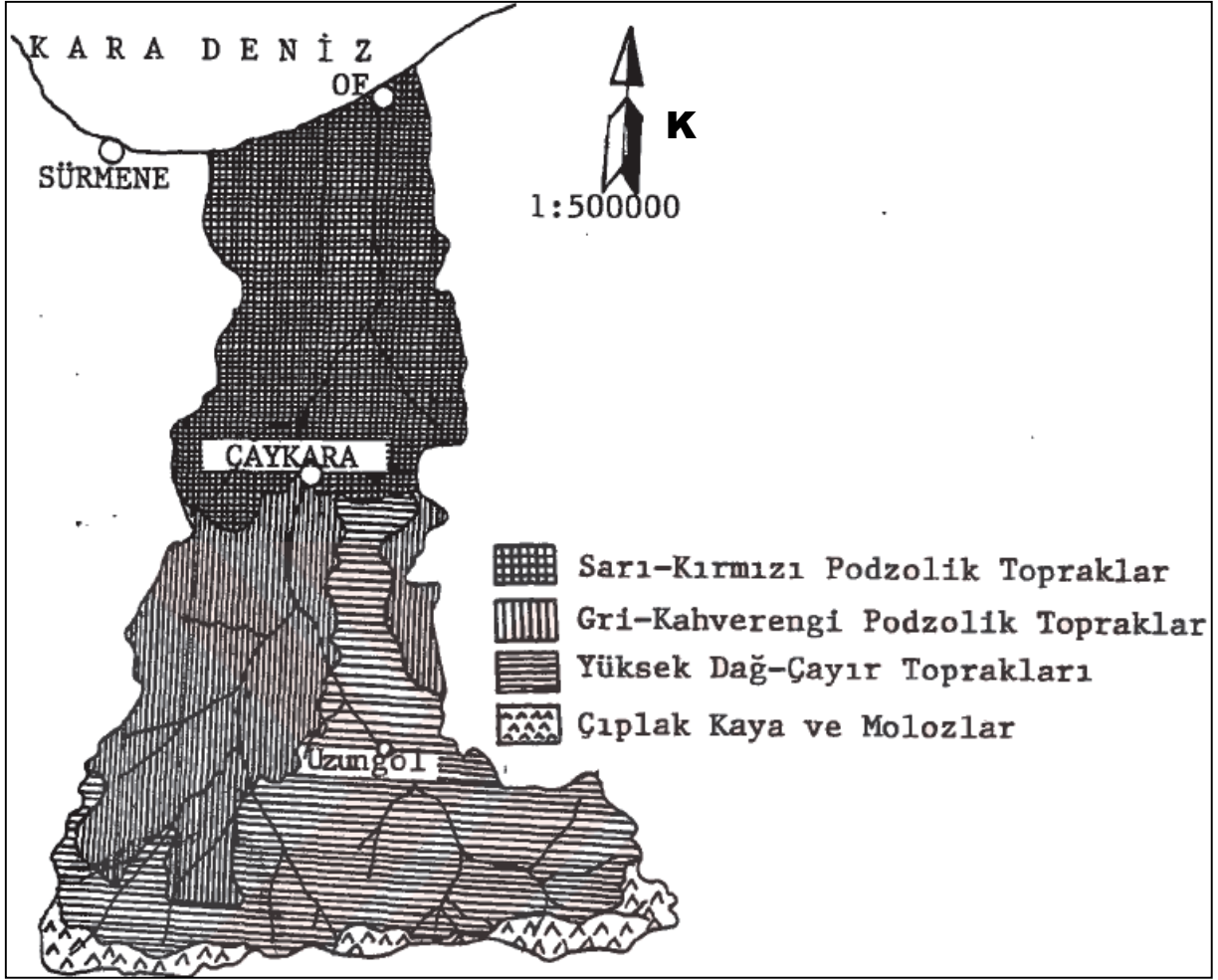
bulunduğu arazilerde biyotik faktörlerin etkisiyle orman vejetasyonu önemli ölçüde tahrip edilmiştir. Bu topraklar çoğunlukla andezit ve kil taşları üzerinde oluşur. Çok eğimli arazilerde oluştuklarından sığ, çok sığ litozolik karakterli topraklar meydana gelmiştir (TGM, 1981). Bu toprakların bulunduğu alanlar çoğunlukla *Quercus – Carpinus – Fagus* orman alanları olup, karışıma başta *Castanea sativa* Miller olmak üzere diğer yapraklı türler de karışmaktadır. Bu topraklar üzerinde *Castanea sativa – Fagus orientalis* birliği yer almaktadır. Diğer yandan, araştırma alanında bu toprakların üzerinde bulunduğu sahalar Çay ve Fındık tarımının yapıldığı, dolayısıyla yerleşimin ve açmacılığın yoğun olduğu yerlerdir (Terzioğlu,1998).

#### **2.1.5.2.5. Yüksek Dağ-Çayır Toprakları**

Bu topraklar intrazonal gruba dahildirler. Bünyeleri çok ince olmayıp, organik maddece zengindir (Şekil 20). Araştırma alanının subalpin ve alpin vejetasyonu bu topraklar üzerinde yer almaktadır. Alpin çayırlar bu topraklar içerisinde güçlü bir kök tabakası oluştururlar. Çok sık vejetasyon kesimleri daha çok Neojen killi, kireçli ve çakıllı depolar üzerinde bulunmaktadır (TGM, 1981). Araştırma alanında bu topraklar üzerinde *Betula litwinowii – Anemone narcissiflora, Polygonum bistorta* subsp. *carneum – Stachys macrantha, Sibbaldia parviflora – Agrostis lazica, Nardus stricta – Gentiana pyrenaica, Centaurea appendicigera – Anthemis cretica* subsp. *argea* ve *Rhododendrom caucasicum – Vaccinium myrtillus* birlikleri yaygındır (Terzioğlu, 1998).

#### **2.1.5.2.6. Koluviyal Topraklar**

Bu tip topraklar Solaklı Çayı boyunca ve araştırma alanının kuzey sınırını oluşturan yüksek dağlık-kayalık arazilerde küçük parçalar halinde rastlanmaktadır (Şekil 20). Özellikle alpin vejetasyonun üst kısımlarında bulunan dağ zirvelerindeki çıplak kayalıklar gece ve gündüz arasındaki sıcaklık farklılıkları nedeniyle sürekli parçalanmakta ve yuvarlanarak düz alanlarda birikmektedir (Terzioğlu,1998).



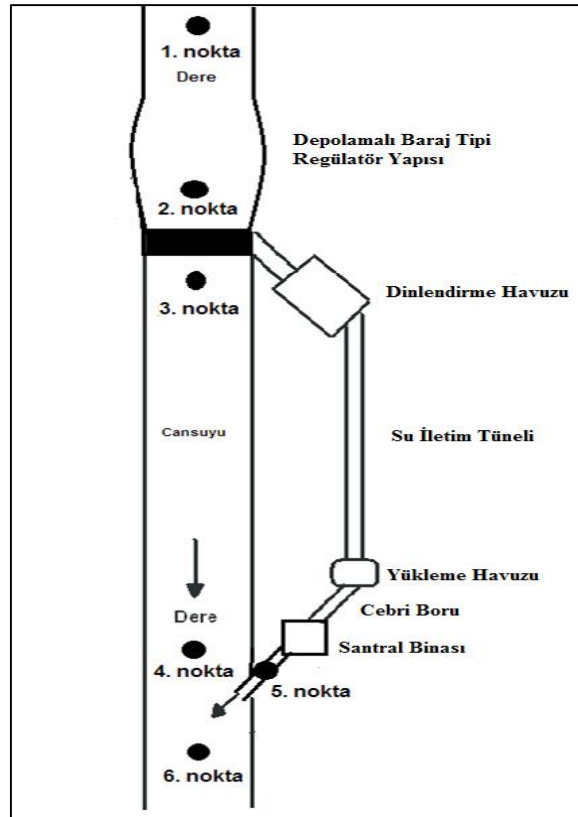
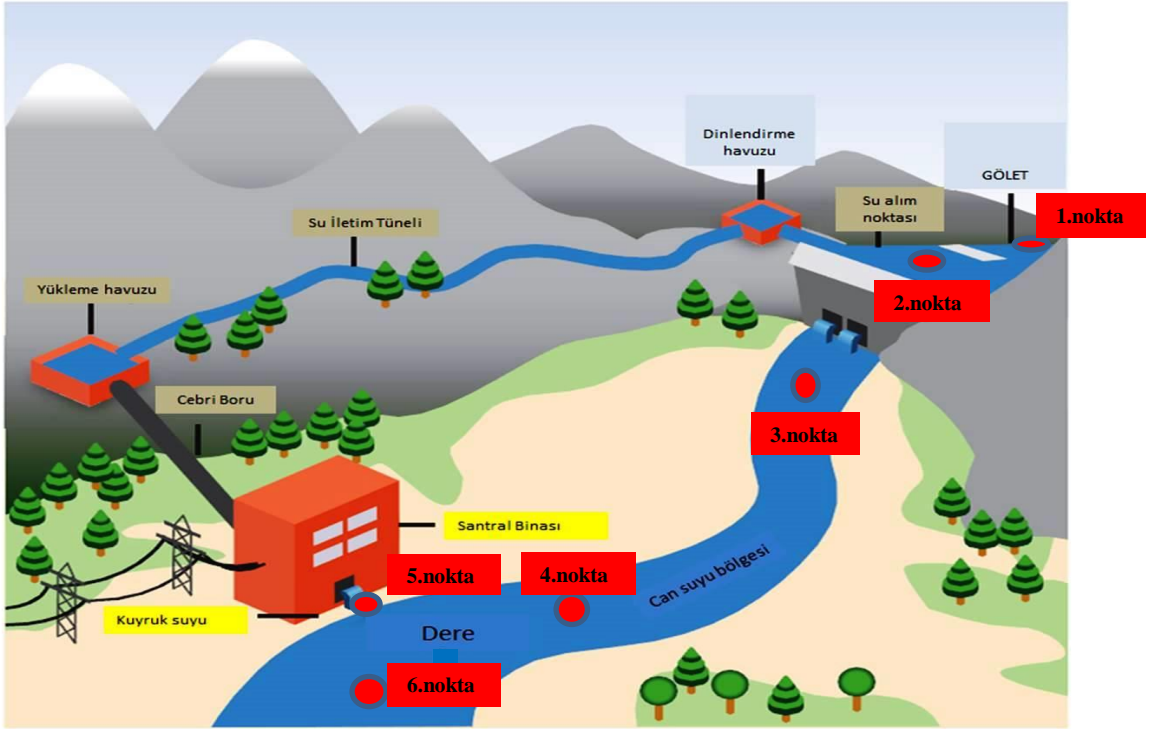
Şekil 20. Araştırma alanının toprak grupları haritası (Terzioğlu,1998)

## 2.2. Yöntem

Bu çalışma; hazırlık çalışmaları ve örnekleme noktaları, arazi çalışmaları, laboratuvar çalışmaları, havza karakteristiklerin belirlenmesi ve değerlendirme çalışmaları şeklinde kendi içerisinde 5 aşamadan oluşmaktadır. Arazi çalışmaları kısmında su kalitesi parametrelerinin nasıl ölçüldüğü, su örneklerinin ne zaman, kaç adet ve nasıl alındığı ile örnekleri alırken nelere dikkat edildiği açıklanmıştır. Laboratuvar çalışmaları kısmında ise alınan su örneklerinin fiziksel kirletici olan askıda katı madde parametresini belirlemek için kullanılan yöntemler ve hesaplamalar anlatılmıştır.

### 2.2.1. Hazırlık Çalışmaları ve Örnekleme Noktaları

Solaklı Deresi Havzasının mansap kısmında bulunan Arca HES ve Regülatörü ve havzanın memba kısmında bulunan Çamlıkaya HES ve Regülatörü baz alınarak, yerinde ölçüm yapılması ve laboratuvarında analiz edilmek üzere yüzeysel ham su örnekleri alınacak örnekleme noktaları belirlenmesi amacıyla; ilki 2013 yılının kasım ayında , ikincisi 2013 yılının aralık ayında olmak üzere iki kere çalışma sahası gezilmiştir ve ölçüm yapılacak noktalara karar verilmiştir. Havzanın memba kısmında bulunan Çamlıkaya HES ve Regülatörünün bulunduğu bölgede, HES'in konumu, HES'in yapısı, havzanın arazi kullanımı, yerleşim yerleri vb. çevre şartları dikkate alınarak Ç1, Ç2, Ç3, Ç4, Ç5, Ç6 olmak üzere 6 tane farklı örnekleme noktası belirlenmiştir (Şekil 21). Yine aynı şekilde havzanın mansap kısmında bulunan Arca HES ve Regülatörünün bulunduğu bölgede, HES'in konumu, HES'in yapısı, havzanın arazi kullanımı, yerleşim yerleri vb. çevre şartları dikkate alınarak A1, A2, A3, A4, A5, A6 olmak üzere 6 tane farklı örnekleme noktası belirlenmiştir (Şekil 21). Böylece Solaklı Deresi üzerinde nehir tipi hidroelektrik santral şeklinde inşa edilmiş ve işletmede olan çalışma konumuzu içeren havzanın memba kısmında bulunan Çamlıkaya HES ve havzanın mansap kısmında bulunan Arca HES ve Regülatöründen toplamda on iki tane örnekleme noktası belirlenmiştir.



Şekil 21. Depolamalı baraj tipi regülatör yapısına sahip hidroelektrik santralinden su örneği alım noktaları

### 2.2.1.1. Su Kalitesi Örnekleme Noktaları

#### 1.nokta: Çamlıkaya HES ve Regülatörü (Ç1)

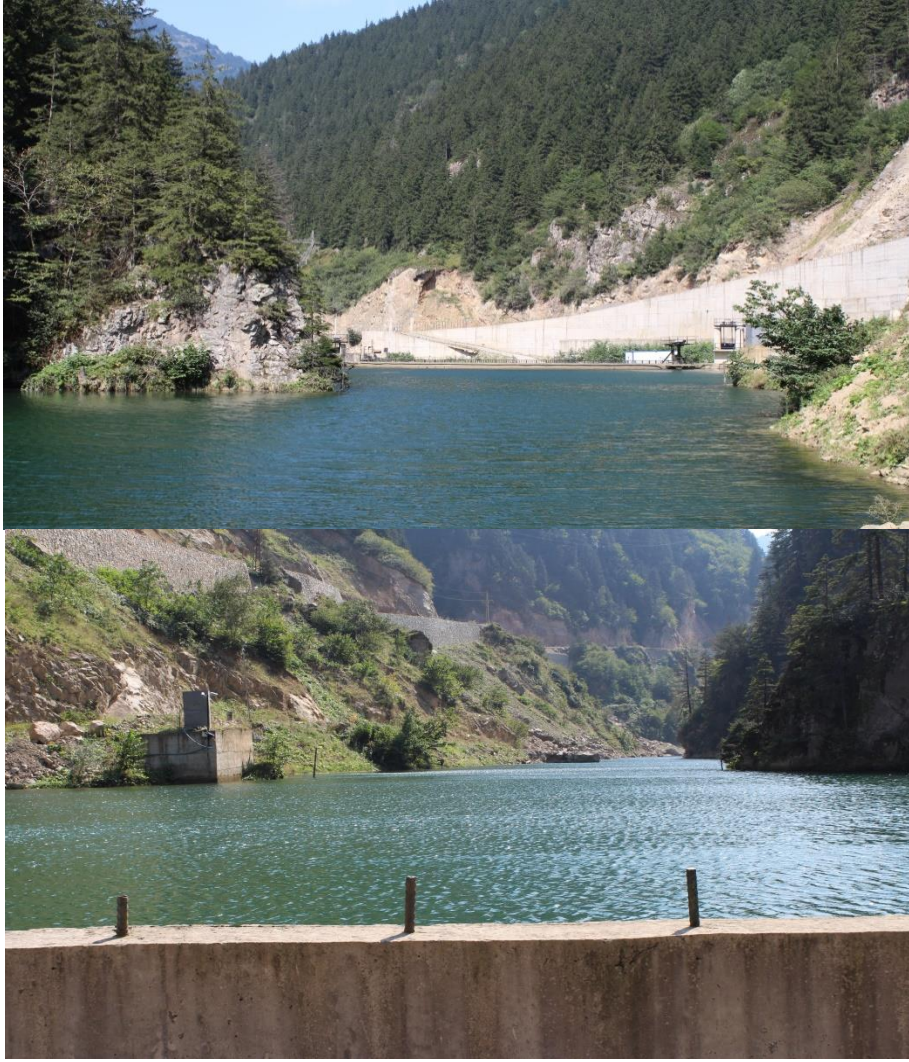
Havzanın memba kısmında bulunan Çamlıkaya HES ve Regülatörüne ait Ç1 noktasıdır (Şekil 22). Bu nokta Solaklı Deresi Havzasının memba kısmında bulunan ilk noktadır. Nokta regülatör bölümüne suyun birikmeden önceki suyun doğal akışlı halde bulunduğu halidir. Nokta, X: 602179 – Y: 4501025 koordinatlarına sahiptir.



Şekil 22. Çamlıkaya HES ve Regülatörüne ait Ç1 noktası

#### 2.nokta : Çamlıkaya HES ve Regülatörü (Ç2)

Havzanın memba kısmında bulunan Çamlıkaya HES ve Regülatörüne ait Ç2 noktasıdır (Şekil 23). Bu nokta Solaklı Deresi Havzasının memba kısmında bulunan ikinci noktasıdır. Nokta regülatör bölümünde suyun biriktirilerek tutulduğu kısımdır. Nokta, X: 602358 – Y: 4501417 koordinatlarına sahiptir.



Şekil 23. Çamlıkaya HES ve Regülatörüne ait Ç2 noktası

### 3.nokta: Çamlıkaya HES ve Regülatörü (Ç3)

Havzanın memba kısmında bulunan Çamlıkaya HES ve Regülatörüne ait Ç3 noktasıdır (Şekil 24). Bu nokta Solaklı Deresi Havzasının memba kısmında bulunan üçüncü noktasıdır. Nokta regülatör bölümünde suyun biriktirilerek tutulduğu kısımdan sonra bir kısmının cansuyu olarak dereye bırakıldığı bölümün ilk noktasıdır. Nokta, X: 602329 – Y: 4501560 koordinatlarına sahiptir.





Şekil 24. Çamlıkaya HES ve Regülatörüne ait Ç3 noktası

#### 4.nokta: Çamlıkaya HES ve Regülatörü (Ç4)

Havzanın memba kısmında bulunan Çamlıkaya HES ve Regülatörüne ait Ç4 noktasıdır (Şekil 25). Bu nokta Solaklı Deresi Havzasının memba kısmında bulunan dördüncü noktasıdır. Nokta regülatör bölümünde suyun biriktirilerek tutulduğu kısımdan sonra bir kısmının cansuyu olarak dereye bırakıldığı kısmın ikinci noktasıdır. Nokta, X: 602831 – Y: 4502864 koordinatlarına sahiptir.



Şekil 25. Çamlıkaya HES ve Regülatörüne ait Ç4 noktası

#### 5.nokta: amlıkaya HES ve Regülatörü (5)

Havzanın memba kısmında bulunan amlıkaya HES ve Regülatörüne ait 5 noktasıdır (ekil 26). Bu nokta Solaklı Deresi Havzasının memba kısmında bulunan beşinci noktasıdır. Nokta regülatör bölümünden suyun biriktirilerek tutulduğu kısımdan elektrik üretmek için santral bölümüne alınan suyun dereye bırakılmadan önceki santralden çıkış kısmıdır. Bu bölgeye nehir tipi hidroelektrik santralin kuyruk suyu kısmı denilmektedir. Nokta, X: 602881 – Y: 4502818 koordinatlarına sahiptir.



Şekil 26. amlıkaya HES ve Regülatörüne ait 5 noktası

#### 6.nokta : amlıkaya HES ve Regülatörü (6)

Havzanın memba kısmında bulunan amlıkaya HES ve Regülatörüne ait 6 noktasıdır (ekil 27). Bu nokta Solaklı Deresi Havzasının memba kısmında bulunan altıncı noktasıdır. Nokta regülatör bölümünden suyun biriktirilerek tutulduğu kısımdan elektrik üretmek için santral bölümüne alınan suyun santralden çıktıktan sonra dereye bırakıldığı su ile cansuyu olarak dereye bırakılan suyun birleştiği noktadır. Nokta, X: 603160 – Y: 4503096 koordinatlarına sahiptir.



Şekil 27. Çamlıkaya HES ve Regülatörüne ait Ç6 noktası

7.nokta: Arca HES ve Regülatörü (A1)

Havzanın mansap kısmında bulunan Arca HES ve Regülatörüne ait A1 noktasıdır (Şekil 28). Bu nokta Solaklı Deresi Havzasının mansap kısmında bulunan ilk noktasıdır. Nokta regülatör bölümüne suyun birikmeden önceki suyun doğal akışlı halde bulunduğu halidir. Nokta, X: 607538 – Y: 4528489 koordinatlarına sahiptir.



Şekil 28. Arca HES ve Regülatörüne ait A1 noktası

### 8.nokta: Arca HES ve Regülatörü (A2)

Havzanın mansap kısmında bulunan Arca HES ve Regülatörüne ait A2 noktasıdır (Şekil 29). Bu nokta Solaklı Deresi Havzasının mansap kısmında bulunan ikinci noktasıdır. Nokta regülatör bölümünde suyun biriktirilerek tutulduğu kısımdır. Nokta, X: 607687 - Y: 4529622 koordinatlarına sahiptir.



Şekil 29. Arca HES ve Regülatörüne ait A2 noktası

### 9. nokta: Arca HES ve Regülatörü (A3)

Havzanın mansap kısmında bulunan Arca HES ve Regülatörüne ait A3 noktasıdır (Şekil 30). Bu nokta Solaklı Deresi Havzasının mansap kısmında bulunan üçüncü noktasıdır. Nokta regülatör bölümünde suyun biriktirilerek tutulduğu kısımdan sonra bir kısmının cansuyu olarak dereye bırakıldığı kısmın ilk noktasıdır. Nokta, X: 607686 – Y: 4529908 koordinatlarına sahiptir.



Şekil 30. Arca HES ve Regülatörüne ait A3 noktası

#### 10. nokta: Arca HES ve Regülatörü (A4)

Havzanın mansap kısmında bulunan Arca HES ve Regülatörüne ait A4 noktasıdır (Şekil 31). Bu nokta Solaklı Deresi Havzasının mansap kısmında bulunan dördüncü noktasıdır. Nokta regülatör bölümünde suyun biriktirilerek tutulduğu kısımdan sonra bir kısmının cansuyu olarak dereye bırakıldığı kısmın ikinci noktasıdır. Nokta, X: 607611 – Y: 4531464 koordinatlarına sahiptir.



Şekil 31. Arca HES ve Regülatörüne ait A4 noktası

#### 11. nokta: Arca HES ve Regülatörü (A5)

Havzanın mansap kısmında bulunan Arca HES ve Regülatörüne ait A5 noktasıdır (Şekil 32). Bu nokta Solaklı Deresi Havzasının mansap kısmında bulunan beşinci noktasıdır. Nokta regülatör bölümünden suyun biriktirilerek tutulduğu kısımdan elektrik üretmek için santral bölümüne alınan suyun dereye bırakılmadan önceki santralden çıkış kısmıdır. Bu bölgeye nehir tipi hidroelektrik santralin kuyruk suyu kısmı denilmektedir. Nokta, X: 607541 – Y: 4531967 koordinatlarına sahiptir.



Şekil 32. Arca HES ve Regülatörüne ait A5 noktası

#### 12. nokta: Arca HES ve Regülatörü (A6)

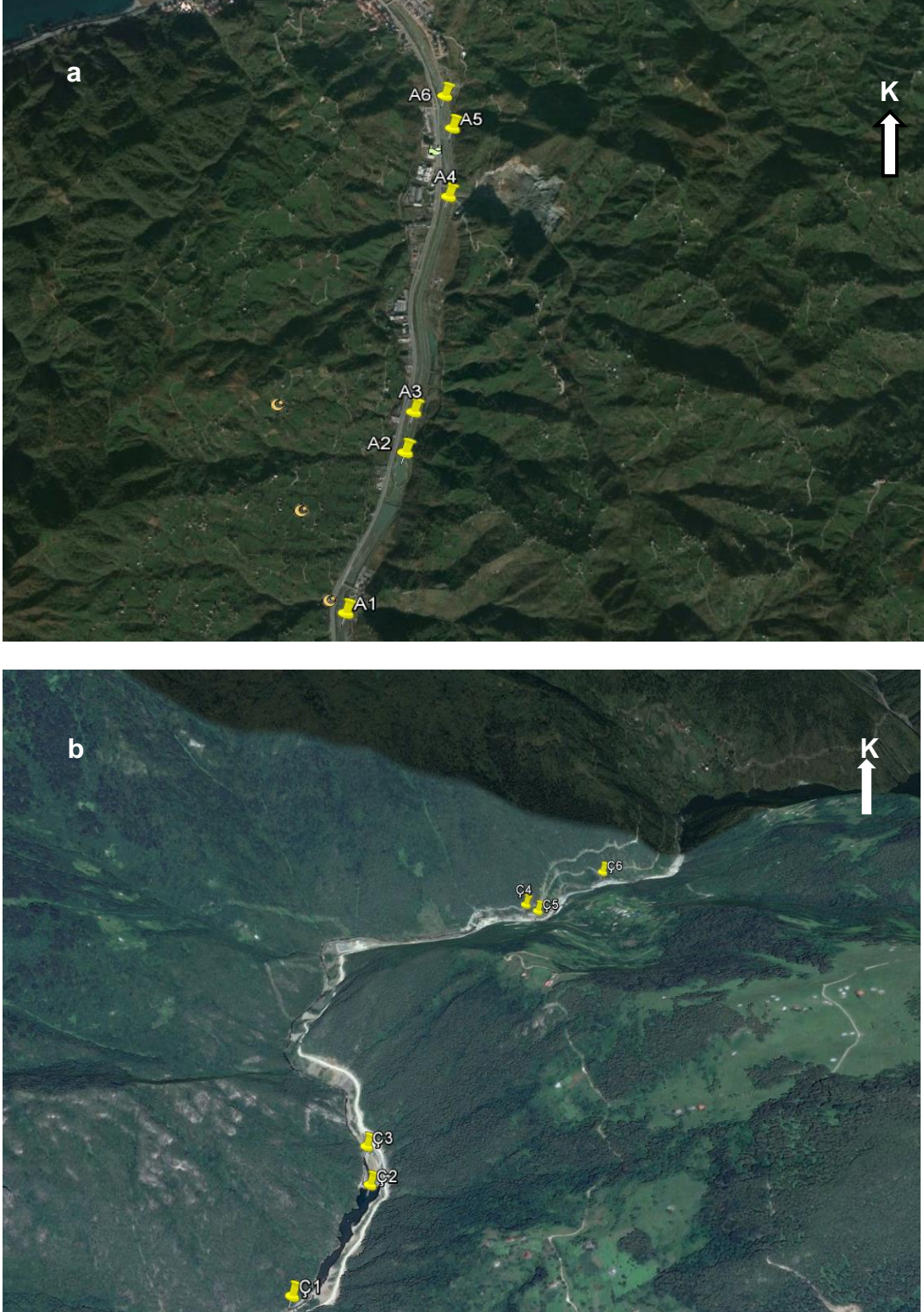
Havzanın mansap kısmında bulunan Arca HES ve Regülatörüne ait A6 noktasıdır (Şekil 33). Bu nokta Solaklı Deresi Havzasının memba kısmında bulunan altıncı noktasıdır. Nokta regülatör bölümünden suyun biriktirilerek tutulduğu kısımdan elektrik üretmek için santral bölümüne alınan suyun santralden çıktıktan sonra dereye bırakıldığı su ile cansuyu olarak dereye bırakılan suyun birleştiği noktadır. Nokta, X: 607446 – Y: 4532199 koordinatlarına sahiptir.



Şekil 33. Arca HES ve Regülatörüne ait A6 noktası

Şekil 34’te Solaklı Deresi havzasında bulunan nehir tipi hidroelektrik santrallerinin bulunduğu bölgelerden seçilen örnekleme noktaları gösterilmiştir.





Şekil 34. Arca HES (a) ve Çamlıkaya HES (b) ölçüm noktaları

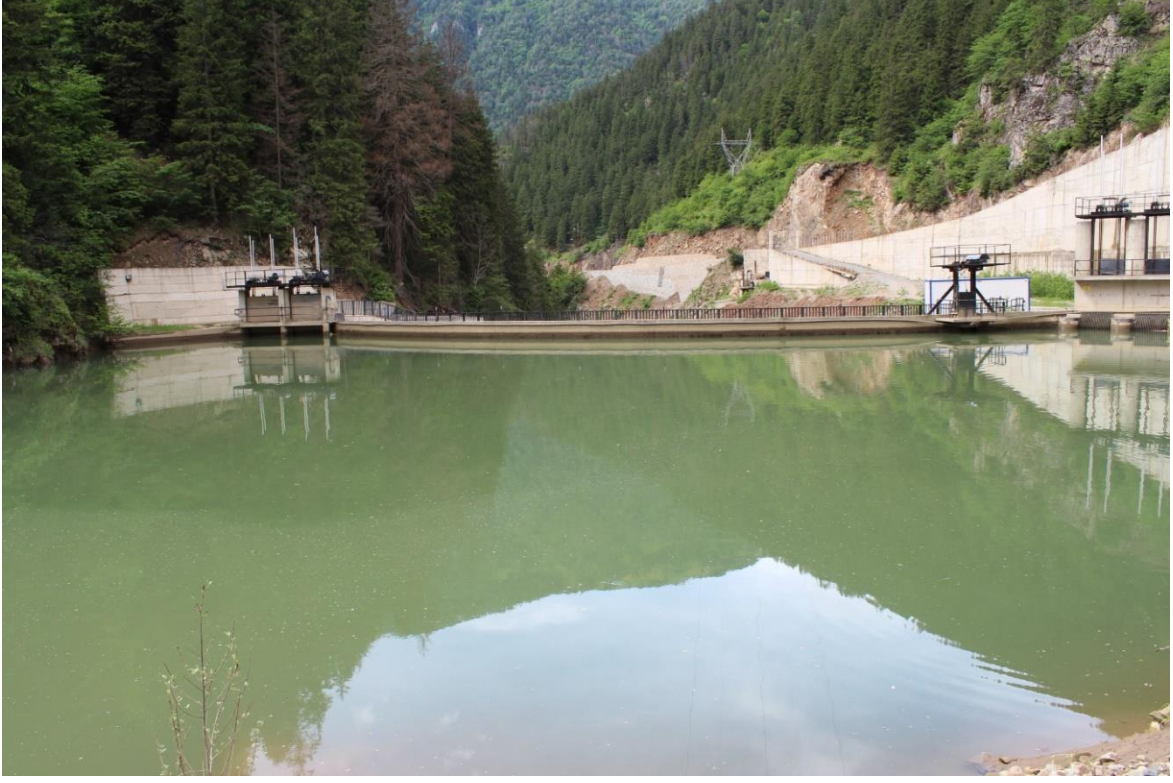
### 2.2.2. Arazi Çalışmaları

Arazi çalışmaları Solaklı Deresi üzerinde memba (Çamlıkaya HES) ve mansap (Arca HES) bölümünde inşa edilmiş işletme aşamasında nehir tipi hidroelektrik santrallerin bulunduğu yerlerde belirlenen örnek noktalarda bazı parametrelerin yerinde ölçümünü ve su örneklerinin alımını kapsamaktadır (Şekil 34). Çalışma Ocak 2014 - Aralık 2014 tarihleri arasında bir yıl süreyle her ayın ortasında ölçüm yapılacak şekilde yürütülmüştür. Ölçülecek parametreler için Çamlıkaya HES'in bulunduğu yerden 6 farklı ölçüm noktası ve Arca HES'in bulunduğu yerden 6 farklı ölçüm noktası seçilmiştir. Her bir noktada suyun kalite ölçüsünü gösteren sıcaklık(°C), pH, elektriksel İletkenlik (mS/cm), çözünmüş oksijen (mg/lt), klor (mg/lt), tuzluluk (ppt), çözünmüş katı madde parametreleri (mg/lt) 3 tekrarlı olarak YSI profosyonel plus marka cihazı ile arazide doğrudan ölçülmüştür. Belirtilen su kalite göstergeleri ayda bir kere olacak şekilde 12 ay (1yıl) boyunca ölçülmüştür. Çalışma sonunda her bir su kalitesi parametresi için 12 nokta ve 3 tekrarlı olmak üzere 12 ay boyunca (12 nokta\*3 tekrar\*12ay) toplam 432 veri elde edilmiştir. Ayrıca havzanın sıcaklık ve nem değerleri Kestrel 3000 marka cihazla her noktada ölçülmüştür.



Şekil 35. Biriktirmeli baraj tipi regülatör yapısına sahip hidroelektrik santral

Şekil 35'in devamı



### 2.2.2.1. Ölçümü Yapılan Su Kalite Özellikleri

#### 2.2.2.1.1. Sıcaklık

Su sıcaklığı suyun fiziksel ve kimyasal özellikleri etkileyen en temel faktördür. Sıcaklığın etkilediği fiziksel ve kimyasal özellikler, kimyasal tepkime hızı, gaz çözünürlüğü, organik maddenin ayrışması, doymuş buhar basıncı, su yoğunluğu, ısı iletimi, pH'ı, su ortamında biyolojik faaliyetler vb. üzerinde etkilidir. Soğuk su içerisindeki çözülmüş oksijenin konsantrasyonunun daha yoğun olması, organik ayrışma, mikrobiyal aktivite ve kimyasal reaksiyon bakımından her zaman sıcak sudan daha iyidir. Sucul canlılar için yaşam alanları su sıcaklığı ile yakından ilgilidir. Sudaki optimum sıcaklık sucul canlıların su içinde bulunma oranlarına, tür ve her bir türün yaşam döngüsüne göre değişmektedir. Sadece bir kaç derecelik sıcaklık değişiklikleri üremeyi, büyümeyi, gelişmeyi ve organizmanın hayatta kalmasını kötü etkileyebilmektedir (Chang, 2003).

Tablo 12'de Su Kalite Kriterleri için sıcaklık değerleri verilmiştir.

Tablo 12. Kıtaıçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Sıcaklık Kalite Kriterleri (SKKY, 2004)

SU KALİTE ÖZELLİKLERİ	SU KALİTE SINIFLARI			
	I	II	III	IV
Sıcaklık (°C)	25	25	30	> 30

#### 2.2.2.1.2. Elektriksel İletkenlik

İletkenlik sulu bir çözeltinin elektriği iletme kabiliyetinin sayısal bir ifadesidir (URL-4, 2012). Suyun elektriksel iletkenliği suyun içerisinde çözünen iyon miktarına ve suyun sıcaklığına bağlıdır. Sudaki çözünmüş iyon konsantrasyonu artarsa suyun elektriksel iletkenliği de artar. İletkenlik genellikle gıda hazırlama, tarımsal sulama ve su temini gibi belirli bir amaç için su uygunluğunu belirlemek, atık su arıtma sonucu test etmek için, ya da su kalitesi ve diğer üretim kontrol etmek için bir parametre olarak kullanılır (Chang, 2003). Tablo 13’de elektriksel iletkenlik değerleri verilmiştir.

Tablo 13. Suların özgül elektriksel iletkenliği esas alınarak yapılan sınıflandırılması (Güler, 1997)

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

1000 $\mu\text{S/cm}$ = 1 deciSiemen/metre (dS/m)
1000 $\mu\text{S/cm}$ = 1 milliSiemen/centimetre (mS/cm)
10 $\mu\text{S/cm}$ = 1 milliSiemen/metre (mS/m)

Doğal haldeki yüzey sularının elektriksel iletkenliği 50 – 1500  $\mu\text{S/cm}$  arasında değişir. Yeraltı sularının elektriksel iletkenliği yüzey sularına oranla daha geniş aralıkta değişir. Yeraltı sularının iletkenliği bazı bölgelerde deniz suyunun yaklaşık iletkenliği olan 50000  $\mu\text{S/cm}$ ’ ye ulaşabilmektedir. Sanayideki kirliliğin yüksek olduğu dere ve akarsularda

4500-5000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  civarlarında okunabilmekte buna bağılı olarak da tuzluluk ve diğerkimyasal parametrelerde dolayısıyla KOİ değerinde artış göstermektedir. Atık suların iletkenliği, atık suları üreten kaynağın özelliklerine bağılıdır. Bazı endüstriyel atık sularda 10000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ 'nin üzerinde iletkenlik değerleri gözlenmektedir (URL-7, 2015).

### 2.2.2.1.3. pH

Su molekülleri su içerisinde ayrılmış olan hidrojen iyonu ve hidroksil iyonundan oluşur (Chang, 2003). pH suyun asitlik veya bazlık durumunu gösteren logaritmik bir ölçüdür (SKKY, 2004). Su içerisinde fazla miktarda çözülmüş hidrojen iyonu varsa su asitik ( $\text{pH}<7$ ) karakterde olmaktadır. Bunun tam tersi hidroksil iyonlar fazla ise bazik ( $\text{pH}>7$ ) karakterli olmaktadır. Suda veya bir çözeltide eşit miktarda hidrojen ve hidroksil iyonları mevcut ise nötr ( $\text{pH}=7$ ) karakterli olmaktadır. Balıklar ve diğersucul organizmalar pH değişikliklerine karşı çok duyarlı olduklarından dolayı için sucul canlılar için pH değeri önemli bir parametredir (Chang, 2003). Tablo 14'te Su Kalite Kriterleri için pH değerleri verilmiştir.

Tablo 14. Kıtaiçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre pH Kalite Kriterleri (SKKY, 2004)

SU KALİTE ÖZELLİKLERİ	SU KALİTE SINIFLARI			
	I	II	III	IV
pH	6.5-8.5	6.5-8.5	6.0-9.0	6.0-9.0 dışında

### 2.2.2.1.4. Çözülmüş Oksijen

Çözülmüş oksijen (ÇO), su içinde çözülmüş oksijen miktarı anlamına gelir ve ppm veya mg / litre ifade edilir. Deredeki oksijen, çözülmüş oksijen konsantrasyonu tarafından belirlenir. Oksijen; su ve hava arası difüzyon ile çözümlenerek suya geçer. Sudaki oksijen çözümlülüğü ; sudaki sıcaklık ile ters orantılıdır ve atmosfer basıncı artınca çözümlülüğü artar (Chang, 2003).

Akarsularda oksijen; sucul bitkilerin solunumu ve maddelerin biyolojik oksijen ihtiyacı tarafından tüketilir. Su sıcaklığının artması çözülmüş oksijen miktarını azaltır ve biyolojik oksijen ihtiyacını artırır. Oksijen derelere difüzyon işlemiyle geçer, su ile hava

arasındaki teması ve suyun durumuna bağlı olarak çözülmüş oksijen miktarı artabilir. Yavaş akım gücüne sahip bir dereye havalanmanın az olmasından ve yüksek sıcaklıktan dolayı çözünmüş oksijen seviyesi düşük ve biyolojik oksijen ihtiyacı yüksektir. Derelerdeki öznmş oksijen miktarı sucul canlıların verimlilikleri ve karakterleri bakımından önemlidir. Sucul canlıların yaşaması, büyümesi ve gelişmesi oksijene bağlıdır (Chang, 2003). Tablo 15’te Su Kalite Kriterleri için çözünmüş oksijen değerleri verilmiştir.

Tablo 15. Kıtaıçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre öznmş Oksijen Kalite Kriterleri (SKKY, 2004)

SU KALİTE ÖZELLİKLERİ	SU KALİTE SINIFLARI			
	I	II	III	IV
Çözünmüş oksijen (mg O <sub>2</sub> /L) <sup>a</sup>	8	6	3	< 3

#### 2.2.2.1.5. Klor

Bütün doğal sularda bulunur. Klorür tuzlarının çözünürlüğü fazla olduğundan normal ve pis sularda en çok bulunan iyonlardan birisidir (Güler,1997). Sularda yüksek miktarda klor bulunması bitkileri ve yaban hayvanlarını öldürücü etki yapabilmektedir (Singh vd, 2008). Eğer klor miktarı çok yüksek dozlarda bulunursa organik kirlenmeye ve ötrofikasyona yol açar (Singh vd., 2008). Tablo 16’da Su Kalite Kriterleri için klor değerleri verilmiştir.

Tablo 16. Kıtaıçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Klor Kalite Kriterleri(SKKY, 2004)

SU KALİTE ÖZELLİKLERİ	SU KALİTE SINIFLARI			
	I	II	III	IV
Klorür iyonu (mg Cl/L)	25	200	400 <sup>b</sup>	> 400

#### 2.2.2.1.6. Tuzluluk

Genel anlamda tuzluluk, su içinde tüm çözünmüş tuzların toplam konsantrasyonudur. Başka bir ifadeyle bir litre suda çözünmüş iyonların toplam derişiminin ifadesidir (Atay ve Pulatsü, 2000). Suyun tuzlu oluşunda birçok çözünmüş iyonların katkısı vardır. Deniz suyunda bulunan iyonlardan bazıları; klorür, sodyum, magnezyum, sülfat, kalsiyum,

potasyum, bikarbonat ve bromdur. Bu iyonların çoğu çok küçük miktarlarda tatlı su kaynaklarında mevcuttur. Tatlı sularda bulunan iyonların bileşimi buldukları çevreye bağlıdır. Bir çok göl ve nehirlerin iyon konsantrasyonunu topraktan gelen kalsiyum, magnezyum, sodyum, karbonatlar ve klor oluşturmaktadır. Deniz suyu daha çok sodyum ve klorür konsantrasyonları sahipken tatlı su, genellikle daha yüksek bikarbonat oranına sahiptir (URL-6, 2015).

Tuzluluk arttıkça suyun elektriksel iletkenliği ve osmatik basıncı artar. Bu durum sucul canlıları olumsuz etkileyebilir. Örneğin; balıklar ani tuz değişimlerine oldukça hassastırlar (Atay ve Pulatsü, 2000). Tablo 17’de tuzluluk sınır değerleri verilmiştir.

Tablo 17. Tuzluluk değerlerine göre su sınıflandırılması

Su Tuzluluğu	%	‰
Tatlı Su	< % 0.05	< ‰ 0,5
Acı Su	% 0,05- % 3	‰ 0,5- ‰ 30
Tuzlu Su	% 3- % 5	‰ 30-‰ 50
Salamura	% 5 <	‰ 50 <

#### 2.2.2.1.7. Toplam Çözünmüş Katı Madde (TDS)

Katıların büyük bir kısmı, doğal sularda içinde çözülmüş halde bulunmaktadır (Maiti, 2004). Sudaki çözülmüş maddeler, suda çözülmüş az miktardaki organik madde ve inorganik tuzların varlığından ileri gelir. Çözülmüş katı maddelerin bazıları; iyonlar, karbonat, bikarbonat, klorür, sülfat, nitrat, sodyum, potasyum, kalsiyum ve magnezyumdur. Çözülmüş maddeler tat, sertlik, korozyon gibi suyun özelliklerine etki eder ve kabuklanmaya neden olur. Toplam çözülmüş maddeler doğal kaynaklardan, lağım atıklarından, şehir drenaj sularından ve endüstriyel sulardan ileri gelmektedir. Çözülmüş maddeler suyun lezzetine etki eder. Çok çözülmüş madde içeren içme suları yavan ve lezzetsizdir (Güler, 1997). Tablo 18-19’da çözülmüş katı madde sınır değerleri verilmiştir.

Tablo 18. Toplam Çözünmüş Katı Madde miktarına göre su sınıflandırılması (Güler, 1997)

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 (SKKY, 2004)

SU KALİTE ÖZELLİKLERİ	SU KALİTE SINIFLARI			
	I	II	III	IV
Toplam çözünmüş madde (mg/L)	500	1500	5000	> 5000

#### 2.2.2.1.8. Askıda Katı Madde

Toplam askıda katı madde, su numunesi içerisindeki çökebilen ve çökemeyen katı maddelerin toplamıdır. Genellikle sediment maddeleri, kaya zerreleri, çamur veya kil mineralleri, koloidal organik madde parçaları ve planktonlardan ibarettir (Albay, 2007). Fiziksel bir kirletici olan AKM miktarının artması suyun kimyasal, fiziksel ve biyolojik özelliklerini olumsuz yönde etkilemektedir. İnsan faaliyetleri sonucu olarak yüzey sularındaki askıda katı maddelerin miktarı artabilir. Aynı zamanda tarım arazilerinde meydana gelen erozyon da askıda katı madde miktarını artırır. Yüksek miktarda askıda katı madde (AKM) taşıyan akarsularda su kalitesi ve canlıların yaşam kalitesini azaltmaktadır (Koralay vd., 2014).

Askıda katı maddelerin etki derecesi bu maddelerin türüne, miktarına, su canlılarının cinsi ve büyüklüğüne göre değişmektedir (URL-8, 2014). Genel olarak askıda katı madde miktarının 50ppm olması balıklarda büyüme oranının azalmasına, 100-400 ppm aralığında olması ölüm oranı artışına ve plankton kayıplarına neden olabilmektedir (Atay ve Pulatsü, 2000).

Bu nedenle, organik ve inorganik maddelerden oluşan AKM'lerin içeriğinin ve miktarlarının bilinmesi, bir sucul ekosistemlerde yaşayan organizmalar üzerinde ciddi tehdit oluşturan kirlilik kaynaklarının tespitinde yol gösterici olabilir (De Madron vd., 1990).



### **2.2.2.2. Arazi Çalışmalarında Ölçülen Su Kalite Parametreleri ve Ölçüm Prensipleri**

YSI Professional Plus marka cihaz kullanılarak arazide direk olarak, çözünmüş oksijen (mg/L), sıcaklık (°C), pH, elektriksel iletkenlik (mS/cm), tuzluluk (ppt), çözünmüş katı madde ve klor (mg/lt) parametrelerinin ölçümü gerçekleştirilmiştir (Şekil 36). YSI Professional Plus 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 kullanımı süresince, kullanılan standartlar ve problemleri, kullanım ömürlerine bağlı kalınarak yenileriyle değiştirilmiştir (Şekil 37).



Şekil 36. YSI Professional Plus marka cihaz (a,c) ve sıcaklık-nem ölçer (b)



Şekil 37. YSI Professional Plus marka cihaz ve proplar

#### 2.2.2.2.1. YSI Professional Plus Cihazı Kalibrasyon

Kalibrasyon, sensörlerle doğru ölçüm ve doğru kalibrasyon yapılabilmesi için önemli bir işlemdir. Genel anlamda kalibrasyon, belirlenmiş koşullar altında, ölçme sisteminin veya ölçme cihazının gösterdiği değerler ile 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 (Karaca, 2011). YSI Professional Plus cihazın kalibrasyonu, ölçülecek kimyasal su parametrelerine ait çözeltiler (standartlar) kullanılarak yapılmıştır. Her seferinde bir prop kalibre edilmiştir ve ölçülecek proplar standartlara daldırılarak (her seferinde farklı bir standart olacak şekilde) kalibrasyon işlemi yapılmıştır (Şekil 37). Örneğin; pH probunu kalibre için pH 4, pH 7 ve pH10 çözeltileri kullanılmıştır (Şekil 38). Bu şekilde cihazın doğru ölçüp ölçmediğini konsantrasyonu bilinen çözeltilerden anlaşılmıştır. Cihazımızın doğru ölçüp ölçmediğini anlamak için her ay araziye gitmeden önce kalibre edilmiştir.



Şekil 38. YSI Professional Plus marka cihazın kalibrasyon çözeltileri

#### 2.2.2.2.2. Su Kalitesi Parametreleri ve Ölçüm Prensipleri

##### 1. Sıcaklık Ölçüm Prensipleri

Sıcaklık değeri, YSI Professional Plus marka cihazı ile arazide doğrudan ölçülmüştür. 0.1°C hassasiyetle ölçüm yapabilen YSI Professional Plus cihazının ölçüm aralığı 0-40°C'dir.

##### 2. Elektriksel İletkenlik Ölçüm Prensipleri

Elektriksel İletkenlik değeri, YSI Professional Plus marka cihaz ile arazide doğrudan ölçülmüştür. 0.001 mS/cm hassasiyetle ölçüm yapabilen YSI Professional Plus cihazının ölçüm aralığı 0 - 200 mS/cm'dir.

##### 3. pH Ölçüm Prensipleri

pH değeri, YSI Professional Plus marka cihaz ile arazide doğrudan ölçülmüştür. 0.01 pH hassasiyetle ölçüm yapabilen YSI Professional Plus cihazının ölçüm aralığı 0-14 pH'dır.

#### 4. Çözünmüş Oksijen Ölçüm Prensibi

Çözünmüş Oksijen değeri, YSI Professional Plus marka cihazı ile arazide doğrudan ölçülmüştür. 0.01 mg/L hassasiyetle ölçüm yapabilen YSI Professional Plus cihazının ölçüm aralığı 0- 50 mg/L'dir.

#### 5. Klor Ölçüm Prensibi

Klor değeri; YSI Professional Plus marka cihazı ile arazide doğrudan ölçülmüştür. 0.1 mg/L hassasiyetle ölçüm yapabilen YSI Professional Plus cihazının ölçüm aralığı 0-1000 mg/L'dir.

#### 6. Tuzluluk Ölçüm Prensibi

Tuzluluk değeri, YSI Professional Plus marka cihazı ile arazide doğrudan ölçülmüştür. 0.01 ppt hassasiyetle ölçüm yapabilen YSI Professional Plus cihazının ölçüm aralığı 0-70 ppt'dir.

#### 7. Çözünmüş Katı Madde (TDS) Ölçüm Prensibi

Çözünmüş katı madde değeri; YSI Professional Plus marka cihazı ile arazide doğrudan ölçülmüştür. 0.1g/L hassasiyetle ölçüm yapabilen YSI Professional Plus cihazının ölçüm aralığı 0 -100 g/L'dir.

Arazide ölçülen veriler ilgili tabloya kaydedilmiştir (Tablo 20).

Tablo 20. Su Kalite Özellikleri ölçüm sonuçları kayıt tablosu

Tarih:15.01.2014		I.nokta	II.nokta	III.nokta	IV.nokta	V.nokta	VI.nokta	Birim
Sıcaklık								
pH								
Eİ(elek.İlet.)								
ÇO (çözün.oks.)								
Klor								
TDS(Çöz.Kat.Mad)								
Tuzluluk								
Askıda Katı Madde								
Saat								
Ölçümün yapıldığı anın hava şartları	Sıcaklık							
	Nem							
	Basınç							

### 2.2.2.3. Su Örneklerinin Alınması

Çalışma, 2014 yılının Ocak-Aralık aylarını kapsamakta olup, alındığı ayı temsil etmesi bakımından her ayın ortasına gelecek şekilde ölçülen diğer su kalitesi parametrelerinde olduğu gibi ölçümler aylık olarak alınmıştır.

Örnekleme her ayın ortasında yapılarak, 0.5 lt. hacimli pet şişeler kullanılmıştır. Pet şişeler araziye çıkmadan önce herhangi bir kimyasal kullanmadan doğrudan saf su ile yıkanarak temizlenmiştir (Şekil 39).



Şekil 39. Pet şişelerin temizlenmesi

Arazide pet şişeler numune almadan önce de üç kez numune alınacak suyla çalkalanarak numune suyuyla tamamen doldurulduktan sonra hava almayacak şekilde şişenin ağzı sıkıca kapatılmıştır (Şekil 40). Daha sonra numuneler üzerine tarih ve örnekleme bilgileri içerecek şekilde etiketlenmiştir (Şekil 41).



Şekil 40. Arazide su numunesinin alınması

### 2.2.3. Laboratuvar Çalışmaları

Su numunesi alındıktan sonra en kısa sürede askıda katı madde tayini laboratuvar ortamında yapılmıştır.

#### 2.2.3.1. Askıda Katı Madde Tayini

Askıda katı madde miktarının tespitinde değişik yöntemler kullanılmaktadır. Bunlardan spektrometre yöntemi (Parsons vd., 1984) ve gravimetrik yöntem en yaygın doğrudan ölçüm yöntemleri olduğu gibi dolaylı olarak ampirik yöntemlere dayanan metodlar (Ülke vd., 2011) da mevcuttur. Bu çalışmada doğrudan ölçüm olan gravimetrik yöntem kullanılmıştır (EPA, 1989).

Askıda katı madde tayini için (AKM) Whatman no 42 filtre kağıtları kullanılmıştır. Filtre kağıtları kullanılmadan önce saf su ile yıkanmış, etüvde 1 saat süreyle 105°C' de kurutulmuştur. Tartım işlemi yapılana kadar filtre kağıtları havadaki nemden etkilenmemesi için desikatörde muhafaza edilmiştir. Analizde kullanılacak filtre kağıtları desikatörden alınıp 0,02g hassas terazide tartılıp katlanarak (Kaçar, 2012) huni içerisine yerleştirilmiştir. Daha sonra 100ml numune alınarak filtreden süzümüştür. Numuneler süzildikten sonra filtre kağıtları kuru ve temiz bir pens yardımıyla alınarak kuruması için etüvde 105°C de 1 saat kurutulmuştur. Soğuması için desikatöre yerleştirilmiş ve

soğuduktan sonra yine pens ile tutularak hassas terazide tartılmıştır (Şekil 41) ve askıda katı madde tayini aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$AKM \left( \frac{mg}{lt} \right) = \frac{(A-B)}{V} \times 1000 \quad (1)$$

A = Filtre Kağıdı + Askıda Katı Madde (gr)

B = Filtre Kağıdı (gr)

V = Alınan Su Numunesinin Hacmi (100ml)

1000 = mg'a çevirme katsayısı





Şekil 41. Numunelerin filtre kağıdından geçirilip tartılması işlemleri

## 2.2.4. Solaklı Deresi Havzası Havza Karakteristiklerinin Belirlenmesi

Solaklı Havzasının havza karakteristiklerini belirlemek için sırasıyla aşağıdaki basamaklar takip edilmiştir.

### 2.2.4.1. Topoğrafik Karakteristikler

Topoğrafik karakteristiklerinden havza sınırının ve alanının belirlenmesinde 1/25000 ölçekli topoğrafik haritalar kullanılarak, ArcGIS10 programından yararlanılmıştır.

#### 2.2.4.1.1. Şekil Karakteristikleri

Havzanın şekil karakteristiklerinin belirlenmesi, havzanın nasıl bir yapıya sahip olduğu (daireysel, uzun, ince vb.) hakkında bilgi verir.

##### 1. Form Faktörü

Havza alanının havza uzunluğunun karesine bölünmesiyle bulunur. Form faktörü havzanın genişliği, darlığı, uzunluğu vb. hakkında bilgi verir. Form faktörü genellikle 1'den küçük çıkar. Ortalama genişlik havza uzunluğuna eşit olduğunda form faktörü 1'e eşittir. Genişliğin havza uzunluğundan daha büyük olması halinde ise form faktörü 1'den büyük çıkar (Özhan, 2004).

$$F = \frac{A}{L^2} \quad (2)$$

A = Havza alanı (km<sup>2</sup>)

L = Havza uzunluğu (km)

Küçük form faktörüne sahip havzalarda şiddetli bir yağışın sel ve taşkın oluşturma ihtimali, diğer faktörler eşit kabul edildiğinde, aynı alana sahip ancak form faktörü büyük olan havzalara nazaran daha düşüktür (Özhan, 2004).

Havza alanının ana kanala paralel havza uzunluğunun karesine oranı olduğundan bu değer yüksek olması pik akımın daha kısa sürede meydana geleceğini ve daha uzun

zaman pik akımın süreceğini başka bir deyişle hidrografın bir çan şeklini alacağını göstermektedir.

Bu değer yamaçlardan ve ana dere kanalından meydana gelen akımlar ile bu akımların süresi üzerinde etkilidir. Yüksek F değeri kısa sürelerde pik akımın meydana geleceğine işaret etmektedir (Özhan, 2004).

## 2. Dairesellik Oranı

Dairesellik oranı ( $R_c$ ); havza alanının,havzanın çevre uzunluğuna sahip bulunan bir dairenin alanına oranlanması ile elde edilir. Dairesellik oranı havza jeolojisinin homojenliği hakkında fikir vermesi bakımından önemlidir. (Özhan, 2004).

$$R_c = \frac{4\pi A}{P^2} \quad (3)$$

$R_c$  = Dairesellik oranı

$P$  = Havza çevresi (km)

$A$  = Havza alanı (km<sup>2</sup>)

Dairesellik oranı genellikle 1'den küçük çıkar. Homojen jeolojik yapıya sahip havzalarda daireellik oranı 0.6-0.7 arasında değişmektedir. Buna karşılık nispeten heterojen yapı gösteren havzalarda ise 0.4-0.5 civarında olup; havzanın uzunlamasına ve heterojen bir jeolojik yapı gösterdiğini ortaya koyar.

## 3. Uzama Oranı

Uzunlaşma/uzama oranı ( $E$ ); havza alanına eşit alana sahip dairenin çapının, havzanın maksimum uzunluğuna bölünmesiyle elde edilir. Uzama Oranı değerinin düşük olması yüzeysel akış sularının havza çıkışına ulaşmasının gecikmesi, başka bir ifade ile konsantrasyon süresinin uzun olması anlamına gelmektedir (Özhan, 2004).

$$E = \frac{2\sqrt{\frac{A}{\pi}}}{L} \quad (4)$$

- E = Uzama/Uzunlaşma Oranı (birimsiz)  
 A = Havzanın Alanı (km<sup>2</sup>)  
 L = Havza uzunluğu (km)

Uzunlaşma oranı 0,6-0,8 arasındaki değerler genellikle dik ve sarp bir topoğrafik yapıyı; uzunlaşma oranı 1'e yakın değerler ise alçak topoğrafik yapıya sahip bölgeleri temsil eder.

Uzama Oranı değerinin düşük olması yüzeysel akış sularının havza çıkışına ulaşmasının gecikmesi, başka bir ifade ile konsantrasyon süresinin uzun olması anlamına gelmektedir. Uzama oranı çeşitli iklim ve jeolojik yapı tiplerinde 0,6-1,0 arasında değişir. 1,0'e yakın değerler çok düşük rölyefi, 0,6-0,8 arasındaki değerler kuvvetli rölyef ve dik yamaçları gösterir.

#### 2.2.4.1.2. Reliyef-Eğim Karakteristikleri

##### 1.Ortalama Eğim

Havza eğimi, hesaplanan eğimlerin aritmetik ortalaması alınarak bulunur (Özhan, 2004). Havzanın ortalama eğimi özellikle su erozyonu bakımından önem taşır. Havzanın ortalama eğimi yüzeysel akışın oluşmasında ve dolayısıyla dere akımına ait hidrografın şekli ve pik akım oluşmasında önemli bir etkidir. Eğimin (S) yüksek olması havzanın drenaj yoğunluğunun ve dere frekansının yüksek, ayrıca yağışın hızla yüzeysel akışa geçtiğini göstermektedir. Havzanın ortalama eğimi şu şekilde bulunabilir.

$$S_0 = \frac{D \times L}{A} \times 100 \quad (5)$$

- D = Harita ölçeğine göre birbirini izleyen iki eş yükselti eğrisi arasındaki yükselti farkıdır (km).  
 L = Havzayı sınırlayan alan içinde kalan eş yükselti eğrilerinin toplam uzunluğudur (km).  
 S<sub>0</sub> = Havzanın ortalama eğimi (%)  
 A = Havza alanı (km<sup>2</sup>)

## 2. Ortalama Yükselti

Bir havzada değişik yükseltilerdeki alan dağılımı hakkında hipsometrik eğri yardımıyla daha iyi değerlendirme yapılabilir. Bu eğriyi elde edebilmek için havzanın eş yükselti eğrili haritası üzerinde, eğriler arasındaki alan ve toplam alanın hesaplanması gerekir. Bu hesap bir çizelgeye aktarılır. Koordinat düzleminde; alan yüzdeleri apsiste, yükselti kademeleri ordinat ekseninde gösterilerek karşılıklı değerler eşleştirilir ve eğri elde edilir.

$$H_o = \frac{\sum axh}{A} \quad (6)$$

a = Birbirini izleyen tesviye eğrileri arasındaki alanlar (ha, km<sup>2</sup>)

h = İki tesviye eğrisi arasındaki yükselti (m)

A = Havzanın toplam alanı (ha, km<sup>2</sup>)

H<sub>o</sub> = Havzanın ortalama yükseltisi (m)

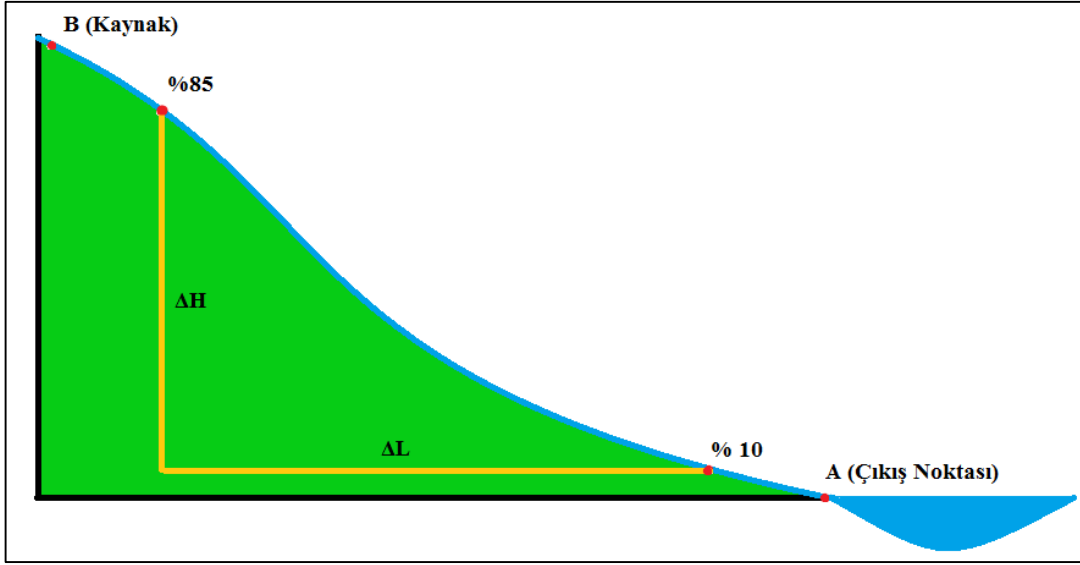
### 2.2.4.2. Hidrolojik Karakteristikler

Havzaların önemli karakteristiklerinden biri de hidrolojik karakteristiklerdir. Akarsu ve drenaj karakteristikleri olarak da isimlendirilmektedir. Bir havzadaki doğal drenaj kanallarının birtakım özellikleri kısaca hidrolojik karakteristikler olarak belirtilebilir.

#### 2.2.4.2.1. Ana Dere Eğimi

Akarsuların eğiminin belirlenmesinde Benson tarafından geliştirilen ana dere eğimi belirleme yöntemi kullanılabilir (Özhan, 2004).

Bu yöntemle göre gözlem noktasından itibaren kaynak yönündeki toplam ana dere uzunluğu belirlenir. Ana dere uzunluğunun %10'u ile % 85'i harita üzerinde işaretlenir (Şekil 42). Bu iki nokta harita üzerinde bir çizgi ile birleştirilir. Elde edilen doğrunun eğimi ana dere eğimi olarak alınır. Akarsuyun eğimi dere akış hızını doğrudan etkiler. Eğim arttıkça hız da artar. (Özhan, 2004).



Şekil 42. Ana dere eğiminin bulunması

$$\text{Ana Dere Eğimi} = \frac{\Delta H}{\Delta L} \times 100 \quad (7)$$

$\Delta H$  = Ana dere uzunluğunun %10'u ile % 85'ine denk gelen noktaların yükseltileri farkı (m)

$\Delta L$  = Ana dere uzunluğunun %10'u ile % 85'ine denk noktalar arasındaki yatay uzunluk (m)

#### 2.3.4.2.2. Dere Sayısı

Dere sıralaması Strahler yöntemi izlenerek yapılır. Strahler dere sayısı ve sırasını belirlerken, yan kolları olmayan derelere 1, 1 nolu derelerin birleşmesiyle 2, 2 nolu derelerin birleşmesiyle 3 nolu dereler oluşturulur. Dere sırası belirlendikten sonra, dere sayısı belirlenmiş olup her sıradan dere adedi yazılıp toplanarak toplam dere sayısı bulunur. Dere sayısının bulunurken devamlı ve periyodik dereler dikkate alınır, kuru dereler dikkate alınmaz (Özhan, 2004).

### 2.2.4.2.3. Dere Sıklığı

Dere sıklığı yıl boyunca kurumayan toplam dere sayısının havza alanına bölünmesi ile elde edilir (Özhan, 2004). Dere sıklığı bir havzadaki birim alana düşen dere sayısını ifade eder.

$$D_s = \frac{N_s}{A} \quad (8)$$

$D_s$  = Dere sıklığı

$N_s$  = Toplam dere sayısı

$A$  = Havza alanı (km<sup>2</sup>)

Dere sayısının, yüksek olması zeminin geçirgen olmadığını ve bitki örtüsünün seyrek olabileceğini göstermektedir. Bu değer düşük olması ise litolojik yapının geçirgen olduğu anlamına gelmektedir. Dere sıklığının 3,5'ten büyük olması çok yüksek kabul edilmektedir (Özhan, 2004).

### 2.2.4.2.4. Drenaj Yoğunluğu

Drenaj yoğunluğu havzadaki birim alana düşen dere uzunluğudur. Havza içinde su taşıyan tüm doğal kolların, toplam uzunluğunun havza alanına bölünmesiyle bulunur (Özhan, 2004).

$$D_y = \frac{\sum L}{A} \quad (9)$$

$D_y$  = Drenaj yoğunluğu

$L$  = Devamlı ve periyodik derelerin toplam uzunluğu (km)

$A$  = Havza alanı (km<sup>2</sup>)

Drenaj yoğunluğu havzanın akarsular tarafından bölünme derecesini göstermektedir. Bununla beraber drenaj yoğunluğu yüzeysel akışı ve havzadaki su ve sediment üretimini etkilemektedir. Ayrıca düşük drenaj yoğunluğu değeri arazinin iyi bir bitki örtüsüne sahip

olduğunu ve yağışın önemli bir kısmının yüzeysel akışa geçmeden tutulduğunu gösterebilir.

Yüksek drenaj yoğunluğu değeri de geçirimsiz zemin koşullarında, vejetasyon örtüsünce zayıf alanlarda ve genellikle dağlık rölyeflerde gözlenmektedir.

Bölgedeki iklim şartlarının akarsu uzunluğuna etkisini gösteren bu değer genellikle 0,5-2,5 km/km<sup>2</sup> arasında değişir.

#### 2.2.4.2.5. Konsantrasyon Zamanı

Konsantrasyon zamanı havzada çıkış noktasına en uzak bir noktaya düşen yağış sularının, yüzeysel akış ve dere akımı halinde havzanın çıkış noktasına ulaşana kadar geçen zamandır.

Konsantrasyon zamanının uzunluğu ya da kısalığına havzanın büyüklüğü, drenaj özellikleri, havza şekli, havzanın topoğrafik yapısı etki eder (Özhan, 2004).

$$T_c = 0,01195 \left( \frac{L^{0,77}}{S^{0,385}} \right) \quad (10)$$

$T_c$  = konsantrasyon zamanı (dak)

$L$  = Yüzeysel akışın maksimum uzunluğu (m)

$S$  = Havzanın eğimi

#### 2.2.5. Verilerin Değerlendirilmesi

##### 2.2.5.1. Su Kalitesi Standartları

Su kalitesi kriterleri, kullanım amaçlarına göre suda bulunan yabancı ve istenmeyen maddelerin o ortamda bulunan bütün canlılar üzerinde yapacağı etkileri ve bu istenmeyen maddelerin konsantrasyonlarının hangi seviyede ne gibi etkiler yapacağını belirleyen kriterlerdir. Su kalitesi standartları, kanun, yönetmelik ve tüzüklerle belirlenir. Belirlenen bu standartlar ülkelere göre değişiklik gösterebilir (Uzun, 2012). Ülkemizde 2004 yılında Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından “Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği” yayınlanmıştır. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde Kıtaçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri Tablo 21’de verilmiştir.



Çıkan sonuçların değerlendirilmesi Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde Kıtaçi Su Kaynaklarının Sınıfları Su Kalite Kriterlerine göre yapılacaktır (Tablo 21).

Tablo 21. Kıtaçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri (SKKY, 2004)

SU KALİTE PARAMETRELERİ	SU KALİTE SINIFLARI			
	I	II	III	IV
Fiziksel ve inorganik- kimyasal Parametreler				
1) Sıcaklık (°C)	25	25	30	> 30
2) pH	6.5-8.5	6.5-8.5	6.0-9.0	6.0-9.0 dışında
3) Çözünmüş oksijen (mg O <sub>2</sub> /L) <sup>a</sup>	8	6	3	< 3
4) Klorür iyonu (mg Cl <sup>-</sup> /L)	25	200	400 <sup>b</sup>	> 400
5) Toplam çözünmüş madde (mg/L)	500	1500	5000	> 5000

#### 2.2.5.2. İstatiksel Analiz

Elde edilen verilerin istatiksel olarak değerlendirilmesinde SPSS 15.00 paket programı kullanılmıştır. Su kalitesi özellikleri açısından fark olup olmadığını belirlemek için eşleştirilmiş t testi (Paired Simple T Testi) ve değişkenler arasındaki korelasyonu bulmak için Pearson korelasyon analizi yapılmıştır. Ayrıca değerlerimizde mevsimsel ve noktasal olarak farklılık olup olmadığını bulmak için tek yönlü varyans analizi (One Way Anova) ve ortalama ayırımları bulmak için Duncan testi kullanılmıştır. Su kalite özellikleri ile ilgili değerlendirmelerde ortalama değerler kullanılmış olup, bunun yanında örnek sayısı, f tablo değerleri ile standart sapmaları ilgili tablolarda verilmiştir.

### **3.BULGULAR**

Bu çalışmada, Nehir tipi HES'lerin su kalitesi üzerine olumlu ya da olumsuz herhangi bir etkisinin olup olmadığını ortaya koymak amaçlanmıştır. Araştırma alanı olarak Trabzon ili sınırları içerisinde yer alan Solaklı deresi yağış havzasında havzanın memba kısmında bulunan Çamlıkaya HES ve havzanın mansap kısmında bulunan Arca HES seçilmiştir. Çalışmada, 6 tanesi Çamlıkaya HES'in bulunduğu bölgede ve 6 tanesi de Arca HES'in bulunduğu bölgede olmak üzere toplam 12 nokta seçilmiştir. Solaklı deresi yağış havzasında seçilen bazı nehir tipi hidroelektrik santrallerinin su kalitesi üzerine etkilerini belirlemek üzere gerçekleştirilen bu çalışmada elde edilen bulgular genel olarak 3 aşamada değerlendirilmektedir. İlk aşamayı, arazide ölçümü gerçekleştirilen ilgili parametreler değerlendirilmesi oluşturmaktadır. Bu aşama "3.1. Arca HES ve Çamlıkaya HES'in Fiziksel ve Kimyasal Su Özelliklerine Etkisine Ait Bulgular" başlığı altında incelenecektir. İkinci aşamayı ölçülen parametrelerin mevsimlere ve noktalara bağlı olarak betimsel istatistik, HES'lere göre su kalite özellikleri arasındaki ilişkiyi gösteren korelasyon analizi ve eşleştirilmiş T Testi bölümleri oluşturmaktadır. Bu aşamada ilk aşamada elde edilen parametrelerin etkileşim ve istatistik analizleri ortaya koymak amaçlanmıştır. Bu aşama "İstatiksel Analizler" başlığı altında değerlendirilecektir. Üçüncü aşamada ise havzamızın topoğrafik ve hidrolojik karakteristik yapısı ortaya koyulacaktır. Yapılan bu araştırmalarla ortaya çıkan sonuçlara bağlı olarak nehir tipi hidroelektrik santralinin su kalitesi üzerine etkisi istatistiksel olarak belirlenmiş olacaktır.

#### **3.1. Arca HES ve Çamlıkaya HES'in Bazı Fiziksel ve Kimyasal Su Özelliklerine Etkisine Ait Bulgular**

Çalışmamızın ilk aşamasını Solaklı Havzasında seçilen havzanın memba kısmında bulunan Çamlıkaya HES ve mansap kısmında bulunan Arca HES baz alınarak seçilen noktalarda su kalitesini gösteren bazı parametrelerin ölçülmesi işlemi oluşturmaktadır. Noktalarda, suyun sıcaklığı (°C), pH, elektriksel iletkenliği (mS/cm), çözülmüş oksijen (mg/l), klor (mg/l), toplam çözülmüş katı madde (mg/l), tuzluluk (ppt) ve askıda katı

madde (mg/lt) parametreleri ölçülmüştür. Ayrıca her bir noktada ortamın hava durumunu belirtmek amacıyla havanın sıcaklığı, nemi ve basınç değerleri de ayrı olarak ölçülmüştür.

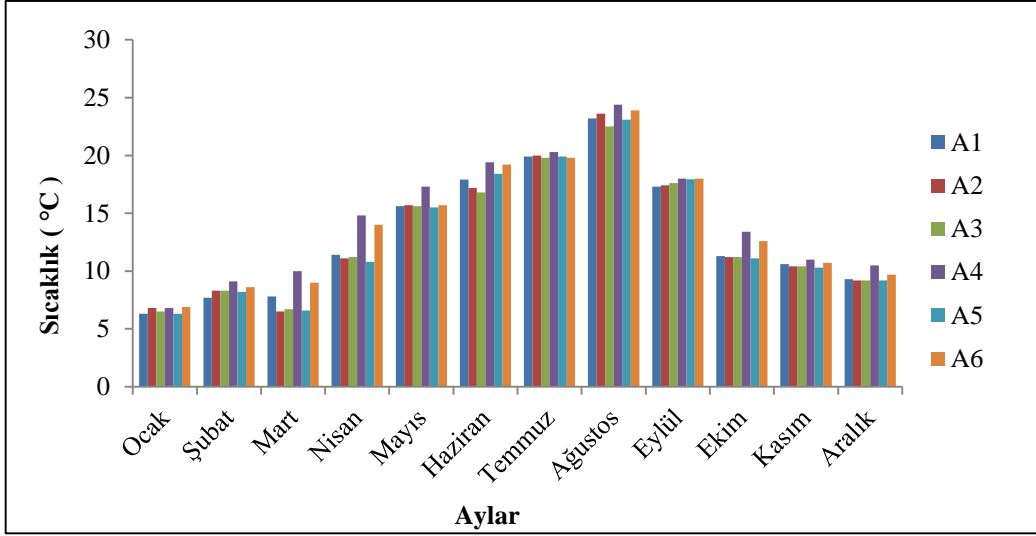
### 3.1.1. Arca HES ve Regülatörü'ne Ait Bulgular

#### 3.1.1.1. Sıcaklık Değerlerine İlişkin Bulgular

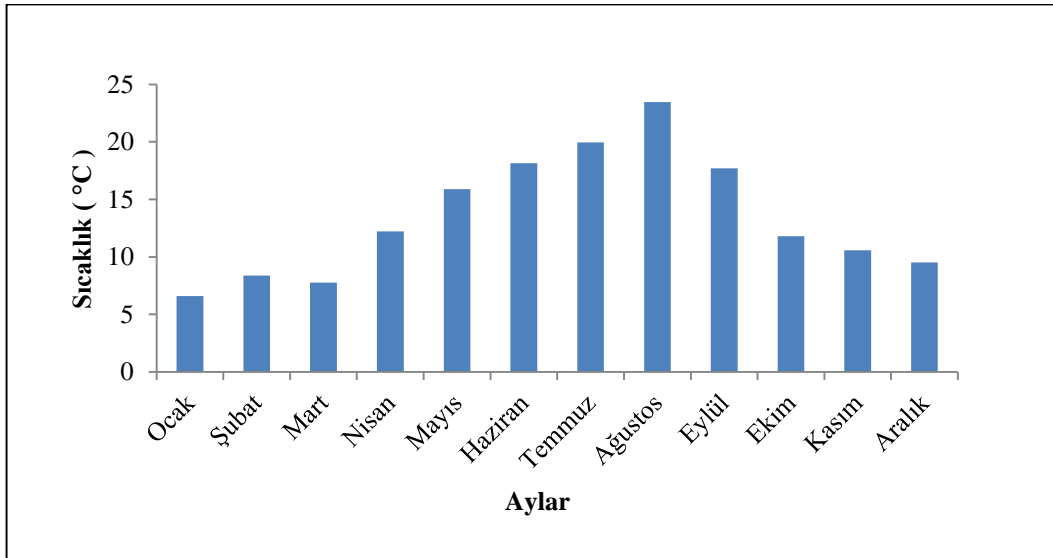
Edinilen bulgulara göre, Arca HES'in bulunduğu bölgede seçilen A1, A2, A3, A4, A5 ve A6 noktalar göz önünde bulundurulduğunda en düşük sıcaklık değeri ocak ayının A1 noktasında 6,3°C olarak bulunmuştur. En yüksek sıcaklık değeri ise ağustos ayının A4 noktasında 24,4°C olarak bulunmuştur. Yıl bazında aylara göre her bir noktada sıcaklık değerleri, A1 noktasında 6,3-23,2°C arasında, A2 noktasında 6,5-20°C arasında, A3 noktasında 6,5-22,5°C arasında, A4 noktasında 6,8-24,4°C arasında, A5 noktasında 6,3-23,1°C arasında, A6 noktasında 6,9-23,9°C arasında değişim göstermektedir (Tablo 22). Genel anlamda değerlendirildiğinde en düşük sıcaklık değerleri ocak ayında ve en yüksek sıcaklık değerlerinin ağustos ayında yoğunlaştığı görülmektedir (Şekil 43-44). Ortalama yıl olarak nokta bazında değerlendirildiğinde A4 ve A6 noktasında sıcaklık değeri diğer noktalara göre daha fazla ve en düşük sıcaklık değeri de A3 noktasında bulunmuştur.

Tablo 22. Arca HES ve Regülatörü örnekleme noktalarına ait sıcaklık değerleri(°C)

Nokta	Ock.	Şub.	Mart	Nis.	May.	Haz.	Tem.	Ağus.	Eyl.	Ekim	Kas.	Aralık
A1	6,3	7,7	7,8	11,4	15,6	17,9	19,9	23,2	17,3	11,3	10,6	9,3
A2	6,8	8,3	6,5	11,1	15,7	17,2	20	23,6	17,4	11,2	10,4	9,2
A3	6,5	8,3	6,7	11,2	15,6	16,8	19,8	22,5	17,6	11,2	10,4	9,2
A4	6,8	9,1	10	14,8	17,3	19,4	20,3	24,4	18	13,4	11	10,5
A5	6,3	8,2	6,6	10,8	15,5	18,4	19,9	23,1	17,94	11,1	10,3	9,2
A6	6,9	8,6	9	14	15,7	19,2	19,8	23,9	18	12,6	10,7	9,7
<b>Ortalama</b>	<b>6,6</b>	<b>8,37</b>	<b>7,77</b>	<b>12,22</b>	<b>15,9</b>	<b>18,15</b>	<b>19,95</b>	<b>23,45</b>	<b>17,71</b>	<b>11,8</b>	<b>10,57</b>	<b>9,52</b>



Şekil 43: Arca HES ve Regülatörü örnekleme noktalarına ait sıcaklık değerleri



Şekil 44: Arca HES ve Regülatörü aylık ortalama sıcaklık değerleri

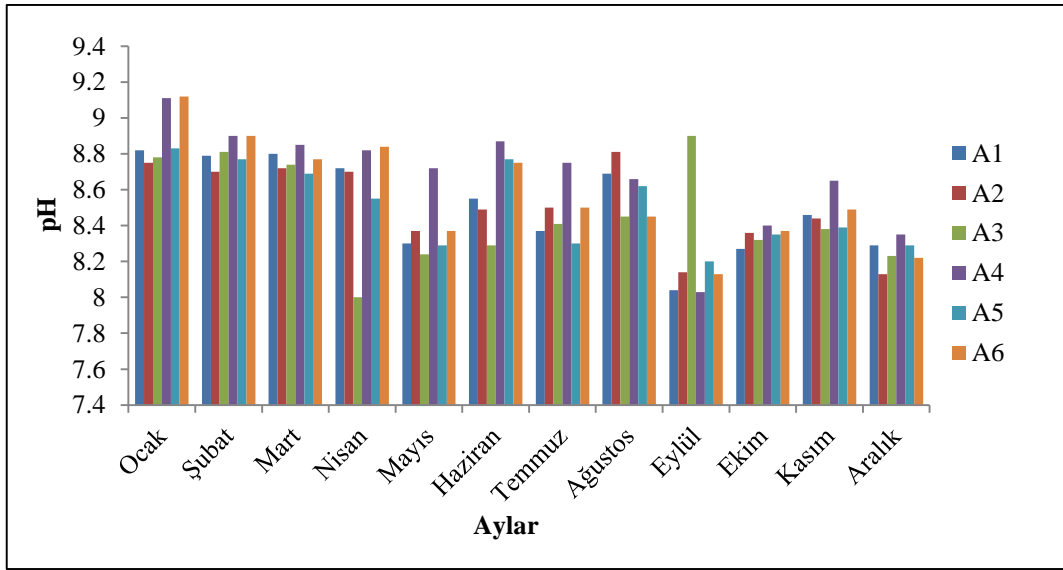
### 3.1.1.2. pH Değerlerine İlişkin Bulgular

Edinilen bulgulara göre, Arca HES'in bulunduğu bölgede seçilen A1, A2, A3, A4, A5 ve A6 noktalar göz önünde bulundurulduğunda en düşük pH değeri nisan ayının A3 noktasında 8 olarak bulunmuştur. En yüksek pH değeri ise ocak ayının A6 noktasında 9,12 olarak bulunmuştur. Yıl bazında aylara göre her bir noktada pH değerleri, A1 noktasında 8,04-8,82 arasında, A2 noktasında 8,13-8,81 arasında, A3 noktasında 8-8,9 arasında, A4 noktasında 8,03-9,11 arasında, A5 noktasında 8,20-8,83 arasında, A6 noktasında 8,13-9,12

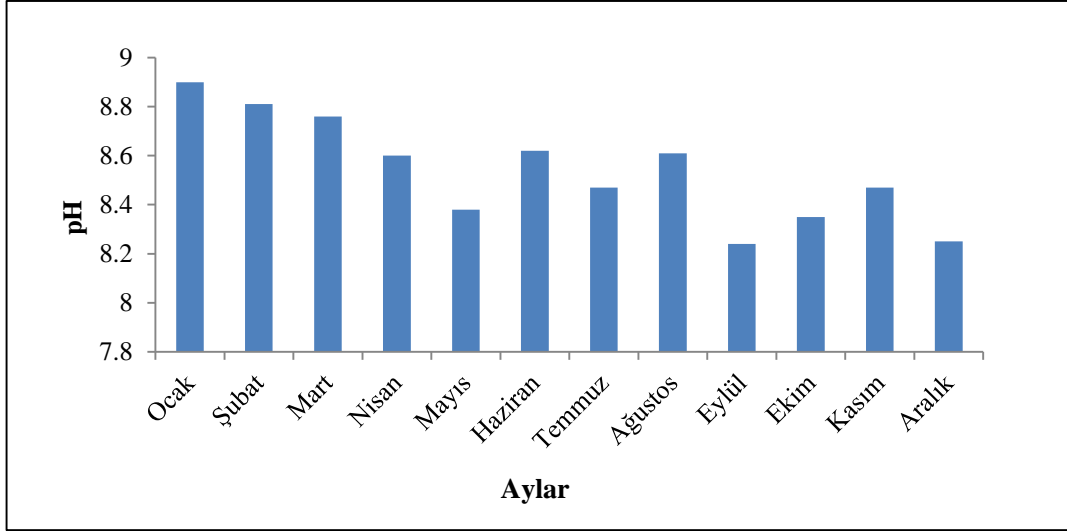
arasında değişim göstermektedir (Tablo 23). Genel anlamda değerlendirildiğinde en düşük pH değeri eylül ayında ve en yüksek pH değeri ocak ayında yoğunlaştığı görülmektedir (Şekil 45-46). Nokta bazında ortalama yıl olarak değerlendirildiğinde en düşük pH değeri A3 noktasında, en yüksek pH değeri A4 noktasında bulunmuştur.

Tablo 23. Arca HES ve Regülatörü örnekleme noktalarına ait pH değerleri

Nokta	Ock.	Şub.	Mart	Nis.	May.	Haz.	Tem.	Ağus.	Eyl.	Ekim	Kas.	Aralık
A1	8,82	8,79	8,8	8,72	8,3	8,55	8,37	8,69	8,04	8,27	8,46	8,29
A2	8,75	8,7	8,72	8,7	8,37	8,49	8,5	8,81	8,14	8,36	8,44	8,13
A3	8,78	8,81	8,74	8	8,24	8,29	8,41	8,45	8,9	8,32	8,38	8,23
A4	9,11	8,9	8,85	8,82	8,72	8,87	8,75	8,66	8,03	8,4	8,65	8,35
A5	8,83	8,77	8,69	8,55	8,29	8,77	8,3	8,62	8,2	8,35	8,39	8,29
A6	9,12	8,9	8,77	8,84	8,37	8,75	8,5	8,45	8,13	8,37	8,49	8,22
<b>Ortalama</b>	<b>8,9</b>	<b>8,81</b>	<b>8,76</b>	<b>8,6</b>	<b>8,38</b>	<b>8,62</b>	<b>8,47</b>	<b>8,61</b>	<b>8,24</b>	<b>8,35</b>	<b>8,47</b>	<b>8,25</b>



Şekil 45. Arca HES ve Regülatörü örnekleme noktalarına ait pH değerleri



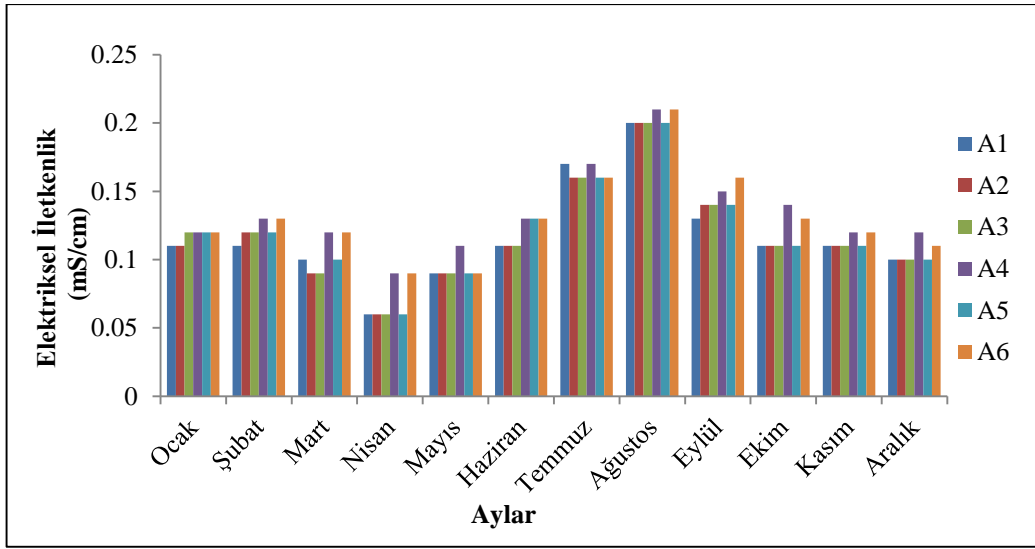
Şekil 46. Arca HES ve Regülatörüne aylık ortalama pH değerleri

### 3.1.1.3. Elektriksel İletkenlik Değerlerine İlişkin Bulgular

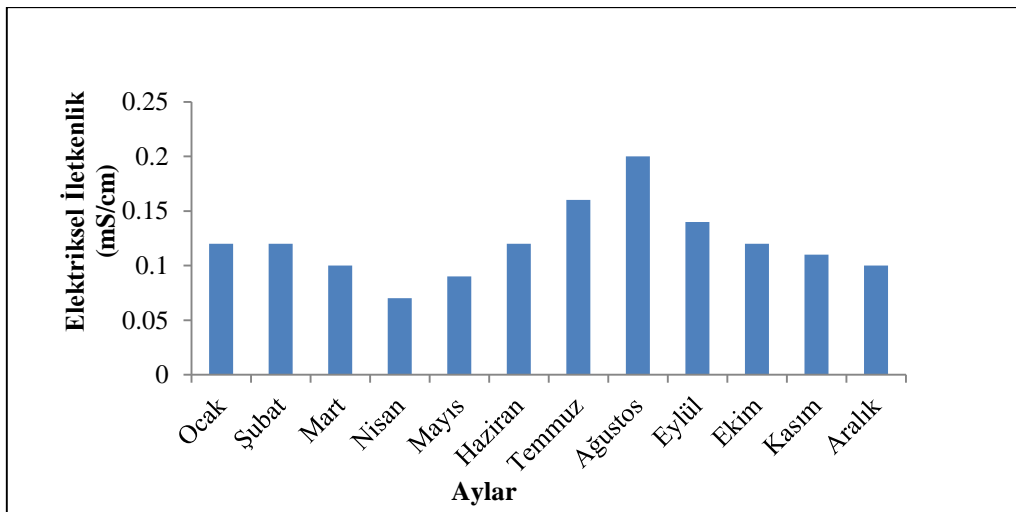
Edinilen bulgulara göre, Arca HES'in bulunduğu bölgede seçilen A1, A2, A3, A4, A5 ve A6 noktalar göz önünde bulundurulduğunda en düşük elektriksel iletkenlik değeri nisan ayının A5 noktasında 0,057 mS/cm olarak bulunmuştur. En yüksek elektriksel iletkenlik değeri ise ağustos ayının A4 ve A6 noktasında 0,21 mS/cm olarak bulunmuştur. Aylara göre her bir noktada elektriksel iletkenlik değeri, A1 noktasında 0,06-0,20 mS/cm arasında, A2 noktasında 0,06-0,20 mS/cm arasında, A3 noktasında 0,06-0,20 mS/cm arasında, A4 noktasında 0,09-0,21 mS/cm arasında, A5 noktasında 0,06-0,20 mS/cm arasında, A6 noktasında 0,09-0,21 mS/cm arasında değişim göstermektedir (Tablo 24). Genel anlamda değerlendirildiğinde en düşük elektriksel iletkenlik değeri nisan ayında ve en yüksek elektriksel iletkenlik değeri ağustos ayında yoğunlaştığı görülmektedir (Şekil 47-48). Nokta bazında ortalama yıl olarak değerlendirildiğinde A4 noktasında elektriksel iletkenlik değeri diğer noktalara göre daha fazla ve en düşük iletkenlik değeri de A1 ve A2 noktasında bulunmuştur.

Tablo 24. Arca HES ve Regülatörü örnekleme noktalarına ait elektriksel iletkenlik değerleri(mS/cm)

Nokta	Ock.	Şub.	Mart	Nis.	May.	Haz.	Tem.	Ağus.	Eyl.	Ekim	Kas.	Aralık
A1	0,11	0,11	0,1	0,06	0,09	0,11	0,17	0,2	0,1	0,11	0,11	0,1
A2	0,11	0,12	0,09	0,06	0,09	0,11	0,16	0,2	0,1	0,11	0,11	0,1
A3	0,12	0,12	0,09	0,06	0,09	0,11	0,16	0,2	0,1	0,11	0,11	0,1
A4	0,12	0,13	0,12	0,09	0,11	0,13	0,17	0,21	0,2	0,14	0,12	0,12
A5	0,12	0,12	0,1	0,06	0,09	0,13	0,16	0,2	0,1	0,11	0,11	0,1
A6	0,12	0,13	0,12	0,09	0,09	0,13	0,16	0,21	0,2	0,13	0,12	0,11
<b>Ortalama</b>	<b>0,12</b>	<b>0,12</b>	<b>0,1</b>	<b>0,07</b>	<b>0,09</b>	<b>0,12</b>	<b>0,16</b>	<b>0,2</b>	<b>0,1</b>	<b>0,12</b>	<b>0,11</b>	<b>0,1</b>



Şekil 47. Arca HES ve Regülatörü örnekleme noktalarına ait elektriksel iletkenlik değerleri (mS/cm)



Şekil 48. Arca HES ve Regülatörüne aylık ortalama elektriksel iletkenlik değerleri (mS/cm)

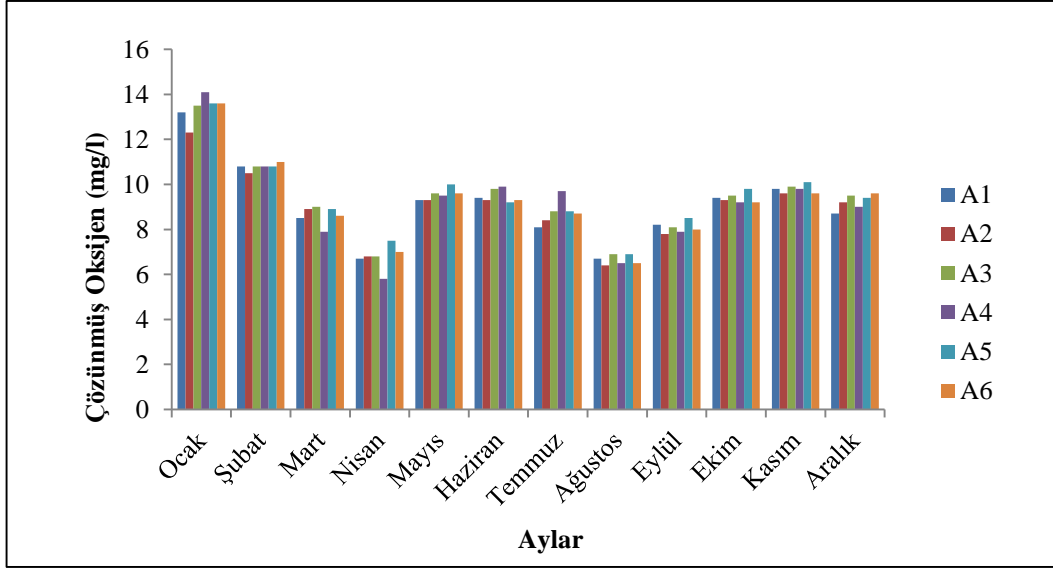
### 3.1.1.4. Çözünmüş Oksijen Değerlerine İlişkin Bulgular

Edinilen bulgulara göre, Arca HES'in bulunduğu bölgede seçilen A1, A2, A3, A4, A5 ve A6 noktalar göz önünde bulundurulduğunda en düşük çözünmüş oksijen değeri nisan ayının A4 noktasında 5,8 mg/l olarak bulunmuştur. En yüksek çözünmüş oksijen değeri ise ocak ayının A4 14,1 mg/lt olarak bulunmuştur. Aylara göre her bir noktada çözünmüş oksijen değeri, A1 noktasında 6,70-13,20 mg/lt arasında, A2 noktasında 6,40-12,30 mg/lt arasında, A3 noktasında 6,80-13,50 mg/lt arasında, A4 noktasında 5,80-14,10 mg/lt arasında, A5 noktasında 6,90-13,60 mg/lt arasında, A6 noktasında 6,50-13,60 mg/lt arasında değişim göstermektedir (Tablo 25). Genel anlamda değerlendirildiğinde en düşük çözünmüş oksijen değeri nisan ayında ve en yüksek çözünmüş oksijen değeri ocak ayında yoğunlaştığı görülmektedir (Şekil 49-50). Nokta bazında ortalama yıl olarak değerlendirildiğinde A2 noktasında çözünmüş oksijen değeri diğer noktalara göre daha az bulunmuştur.

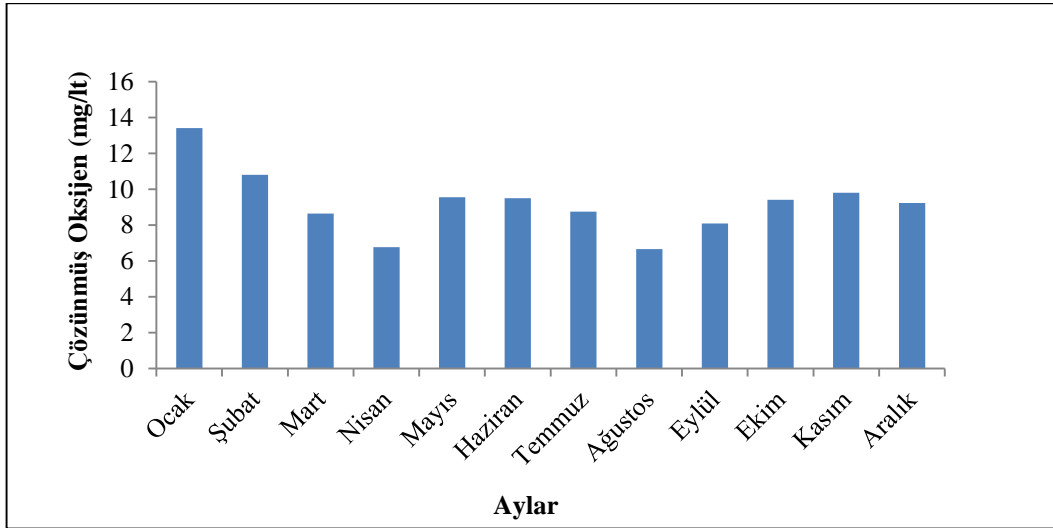
Tablo 25. Arca HES ve Regülatörü örnekleme noktalarına ait çözünmüş oksijen değerleri (mg/lt)

Nokta	Ock.	Şub.	Mart	Nis.	May.	Haz.	Tem.	Ağus.	Eyl.	Ekim	Kas.	Aralık
A1	13,2	10,8	8,5	6,7	9,3	9,4	8,1	6,7	8,2	9,4	9,8	8,7
A2	12,3	10,5	8,9	6,8	9,3	9,3	8,4	6,4	7,8	9,3	9,6	9,2
A3	13,5	10,8	9	6,8	9,6	9,8	8,8	6,9	8,1	9,5	9,9	9,5
A4	14,1	10,8	7,9	5,8	9,5	9,9	9,7	6,5	7,9	9,2	9,8	9
A5	13,6	10,8	8,9	7,5	10	9,2	8,8	6,9	8,5	9,8	10,1	9,4
A6	13,6	11	8,6	7	9,6	9,3	8,7	6,5	8	9,2	9,6	9,6
<b>Ortalama</b>	<b>13,4</b>	<b>10,8</b>	<b>8,63</b>	<b>6,77</b>	<b>9,55</b>	<b>9,5</b>	<b>8,75</b>	<b>6,65</b>	<b>8,08</b>	<b>9,4</b>	<b>9,8</b>	<b>9,23</b>





Şekil 49. Arca HES ve Regülatörü örnekleme noktalarına ait çözünmüş oksijen değerleri



Şekil 50. Arca HES ve Regülatörü aylık ortalama çözünmüş oksijen değerleri

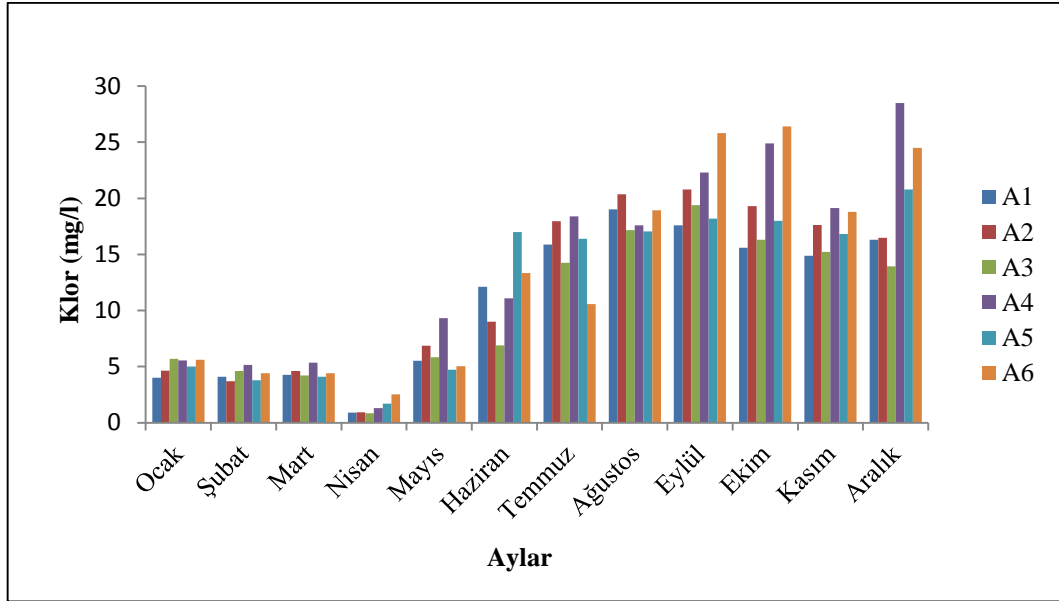
### 3.1.1.5. Klor Değerlerine İlişkin Bulgular

Edinilen bulgulara göre, Arca HES'in bulunduğu bölgede seçilen A1, A2, A3, A4, A5 ve A6 noktalar göz önünde bulundurulduğunda en düşük klor değeri nisan ayının A3 noktasında 0,84 mg/lt olarak bulunmuştur. En yüksek klor değeri ise aralık ayının A4 noktasında 28,50 mg/lt olarak bulunmuştur. Aylara göre her bir noktada klor değeri, A1 noktasında 0,90-19,03 mg/lt arasında, A2 noktasında 0,92-20,8 mg/lt arasında, A3 noktasında 0,84-19,40 mg/lt arasında, A4 noktasında 1,30-28,50 mg/lt arasında, A5 noktasında 1,70-20,78

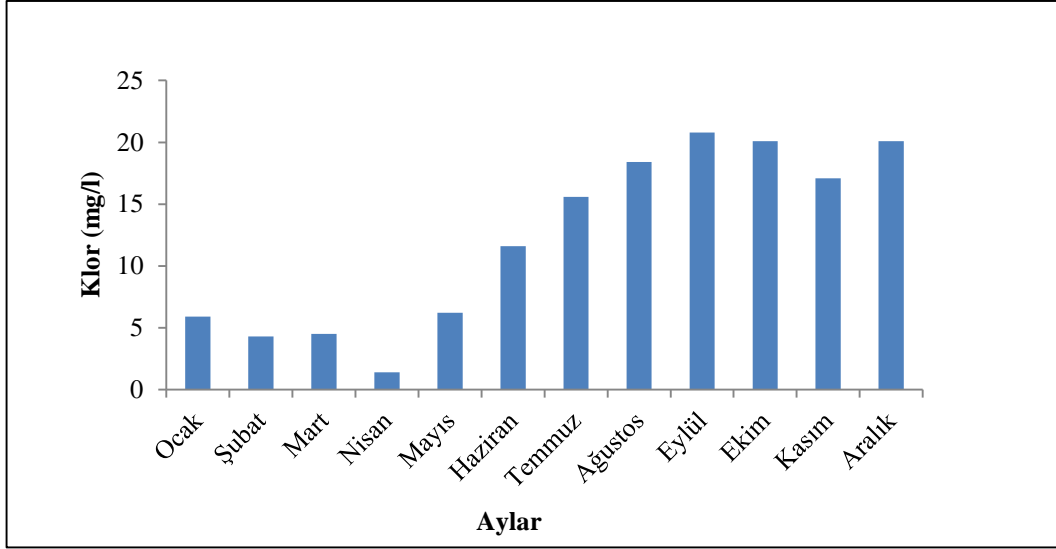
mg/lt arasında, A6 noktasında 2,52-26,37 mg/lt arasında değişim göstermektedir (Tablo 26). Genel anlamda değerlendirildiğinde en düşük klor değeri nisan ayında ve en yüksek klor değeri eylül ayında yoğunlaştığı görülmektedir (Şekil 51-52). Aylık nokta ortalaması olarak değerlendirildiğinde A4 ve A6 noktasında klor değeri diğer noktalara göre daha fazla bulunmuştur.

Tablo 26. Arca HES ve Regülatörü örnekleme noktalarına ait klor değerleri (mg/lt)

Nokta	Ock.	Şub.	Mart	Nis.	May.	Haz.	Tem.	Ağus.	Eyl.	Ekim	Kas.	Aralık
A1	4	4,1	4,28	0,9	5,51	12,11	15,88	19,03	17,6	15,6	14,88	16,3
A2	4,64	3,7	4,6	0,92	6,87	9,01	17,95	20,35	20,8	19,3	17,62	16,47
A3	5,7	4,6	4,2	0,84	5,83	6,89	14,25	17,17	19,4	16,3	15,23	13,95
A4	5,55	5,14	5,35	1,3	9,32	11,1	18,4	17,6	22,3	24,9	19,14	28,5
A5	5	3,78	4,1	1,7	4,73	16,98	16,4	17,04	18,2	18	16,82	20,78
A6	5,6	4,41	4,4	2,52	5,05	13,35	10,58	18,93	25,8	26,4	18,8	24,5
<b>Ortalama</b>	<b>5,9</b>	<b>4,29</b>	<b>4,5</b>	<b>1,4</b>	<b>6,22</b>	<b>11,6</b>	<b>15,58</b>	<b>18,4</b>	<b>20,8</b>	<b>20,1</b>	<b>17,1</b>	<b>20,1</b>



Şekil 51. Arca HES ve Regülatörü örnekleme noktalarına ait klor değerleri



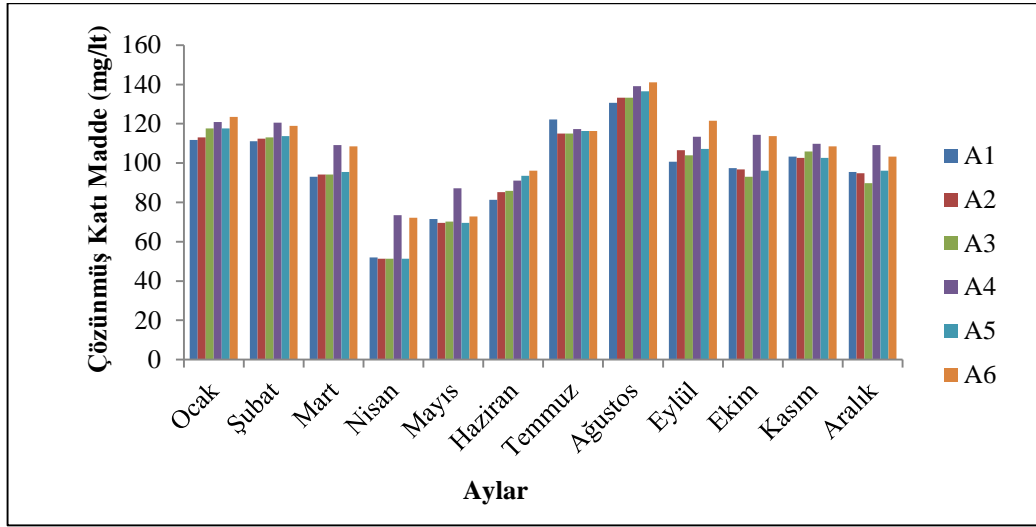
Şekil 52. Arca HES ve Regülatörü aylık ortalama klor değerleri

### 3.1.1.6. Toplam Çözünmüş Katı Madde Değerlerine İlişkin Bulgular

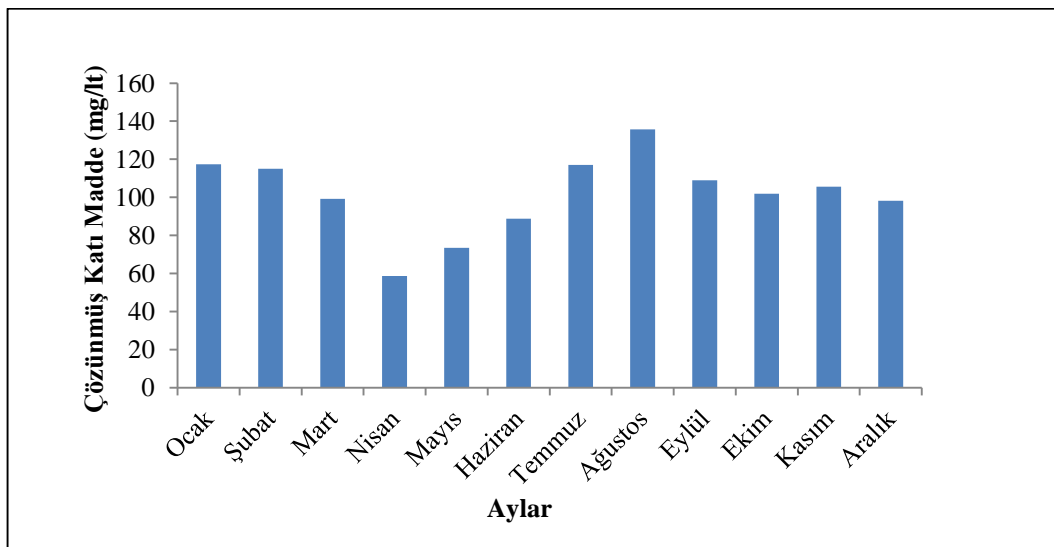
Edinilen bulgulara göre, Arca HES'in bulunduğu bölgede seçilen A1, A2, A3, A4, A5 ve A6 noktalar göz önünde bulundurulduğunda en düşük toplam çözünmüş katı madde değeri nisan ayının A2, A3 ve A5 noktasında 51,35 mg/lt olarak bulunmuştur. En yüksek toplam çözünmüş katı madde değeri ise ağustos ayının A6 141, 01 mg/lt olarak bulunmuştur. Aylara göre her bir noktada çözünmüş katı madde değeri, A1 noktasında 52-130,65 mg/lt arasında, A2 noktasında 51,35-133,25 mg/lt arasında, A3 noktasında 51,35-133,25 mg/lt arasında, A4 noktasında 73,45-139,10 mg/lt arasında, A5 noktasında 51,35-136,6 mg/lt arasında, A6 noktasında 72,15-141,01mg/lt arasında değişim göstermektedir (Tablo 27). Genel anlamda değerlendirildiğinde en düşük toplam çözünmüş katı madde değeri nisan ayında ve en yüksek toplam çözünmüş katı madde değeri ağustos ayında yoğunlaştığı görülmektedir (Şekil 53-54). Nokta bazında yıl ortalaması olarak değerlendirildiğinde A4 ve A6 noktasında toplam çözünmüş katı madde değeri diğer noktalara göre daha fazla bulunmuştur.

Tablo 27. Arca HES ve Regülatörü örnekleme noktalarına ait toplam çözünmüş katı madde değerleri (mg/lt)

Nokta	Ock.	Şub.	Mart	Nis.	May.	Haz.	Tem.	Ağus.	Eyl.	Ekim	Kas.	Aralık
A1	111,8	111,15	92,95	52	71,5	81,25	122,2	130,65	100,8	97,5	103,35	95,55
A2	113,1	112,45	94,25	51,35	69,55	85,15	115,05	133,25	106,6	96,85	102,7	94,9
A3	117,7	113,1	94,25	51,35	70,2	85,8	115,05	133,25	104	92,95	105,95	89,7
A4	120,9	120,55	109,2	73,45	87,1	91	117,3	139,1	113,4	114,4	109,85	109,2
A5	117,7	113,75	95,55	51,35	69,55	93,6	116,35	136,6	107,3	96,2	102,7	96,2
A6	123,5	118,95	108,6	72,15	72,8	96,2	116,35	141,01	121,6	113,8	108,55	103,35
<b>Ortalama</b>	<b>117,4</b>	<b>114,99</b>	<b>99,13</b>	<b>58,6</b>	<b>73,5</b>	<b>88,8</b>	<b>117,05</b>	<b>135,64</b>	<b>108,9</b>	<b>101,9</b>	<b>105,52</b>	<b>98,15</b>



Şekil 53. Arca HES ve Regülatörü örnekleme noktalarına ait toplam çözünmüş katı madde değerleri



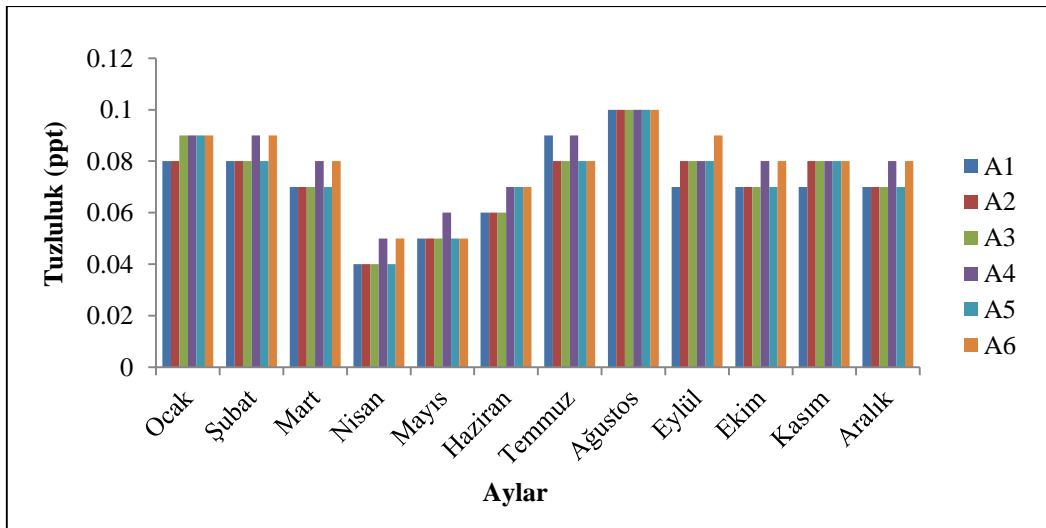
Şekil 54. Arca HES ve Regülatörü aylık ortalama toplam çözünmüş katı madde değerleri

### 3.1.1.7. Tuzluluk Değerlerine İlişkin Bulgular

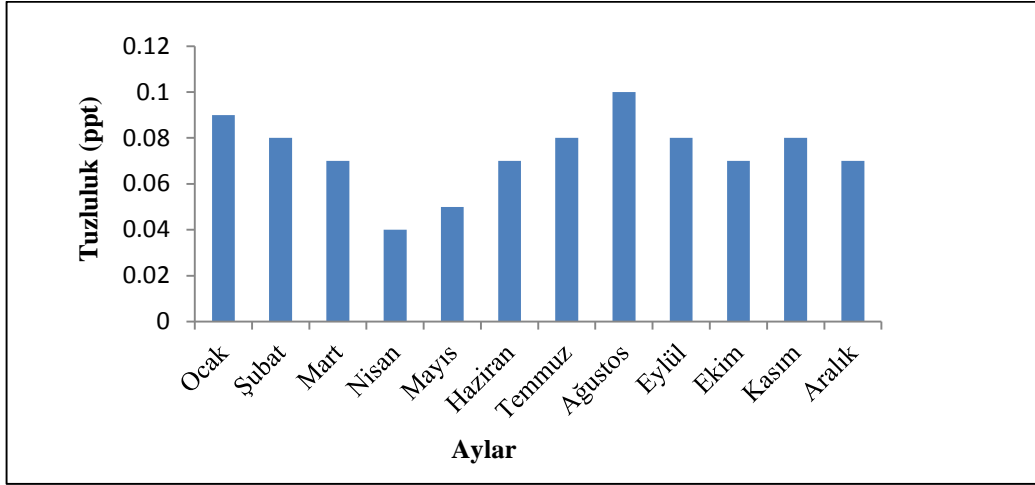
Edinilen bulgulara göre, Arca HES'in bulunduğu bölgede seçilen A1, A2, A3, A4, A5 ve A6 noktalar göz önünde bulundurulduğunda en düşük tuzluluk değeri nisan ayının A1, A2, A3 ve A5 noktasında 0,04 ppt olarak bulunmuştur. En yüksek tuzluluk değeri ise ağustos ayının her bir noktasında 0,1 ppt olarak bulunmuştur. Aylara göre her bir noktada tuzluluk değeri, A1 noktasında 0,04-0,1 ppt arasında, A2 noktasında 0,04-0,1 ppt arasında, A3 noktasında 0,04-0,1 ppt arasında, A4 noktasında 0,05-0,1 ppt arasında, A5 noktasında 0,04-0,1 ppt arasında, A6 noktasında 0,05-0,1 ppt arasında değişim göstermektedir (Tablo 28). Genel anlamda değerlendirildiğinde en düşük tuzluluk değeri nisan ayında ve en yüksek tuzluluk değeri ağustos ayında yoğunlaştığı görülmektedir (Şekil 55-56). Nokta bazında yıl ortalaması olarak değerlendirildiğinde A4 noktasında tuzluluk değeri diğer noktalara göre daha fazla bulunmuştur.

Tablo 28. Arca HES ve Regülatörü örnekleme noktalarına ait tuzluluk değerleri (ppt)

Nokta	Ock.	Şub.	Mart	Nis.	May.	Haz.	Tem.	Ağus.	Eyl.	Ekim	Kas.	Aralık
A1	0,08	0,08	0,07	0,04	0,05	0,06	0,09	0,1	0,07	0,07	0,07	0,07
A2	0,08	0,08	0,07	0,04	0,05	0,06	0,08	0,1	0,08	0,07	0,08	0,07
A3	0,09	0,08	0,07	0,04	0,05	0,06	0,08	0,1	0,08	0,07	0,08	0,07
A4	0,09	0,09	0,08	0,05	0,06	0,07	0,09	0,1	0,08	0,08	0,08	0,08
A5	0,09	0,08	0,07	0,04	0,05	0,07	0,08	0,1	0,08	0,07	0,08	0,07
A6	0,09	0,09	0,08	0,05	0,05	0,07	0,08	0,1	0,09	0,08	0,08	0,08
<b>Ortalama</b>	<b>0,09</b>	<b>0,08</b>	<b>0,07</b>	<b>0,04</b>	<b>0,05</b>	<b>0,07</b>	<b>0,08</b>	<b>0,1</b>	<b>0,08</b>	<b>0,07</b>	<b>0,08</b>	<b>0,07</b>



Şekil 55. Arca HES ve Regülatörü örnekleme noktalarına ait tuzluluk değerleri



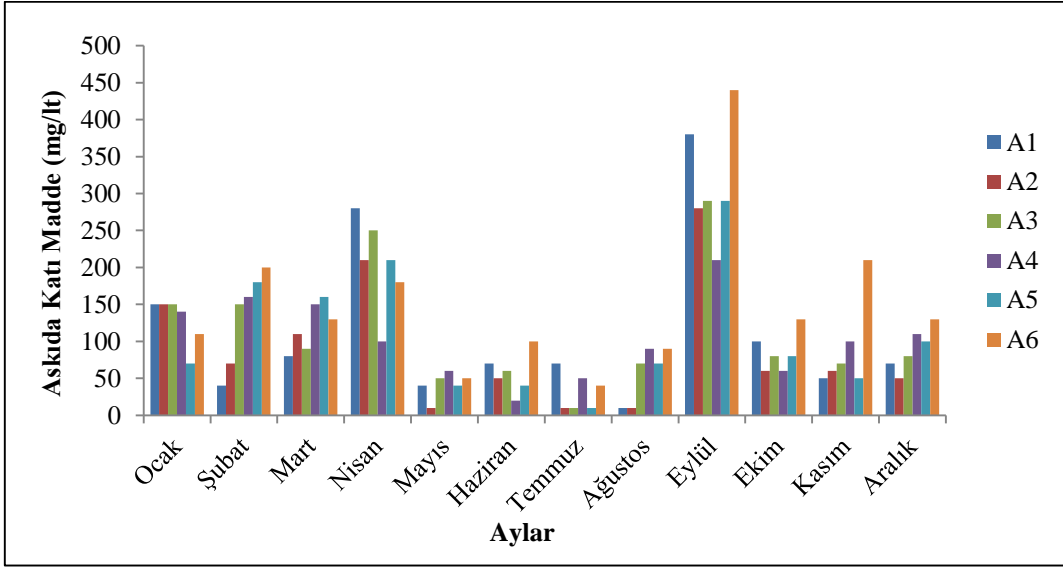
Şekil 56. Arca HES ve Regülatörü aylık ortalama tuzluluk değerleri

### 3.1.1.8. Su Kalitesinin Askıda Katı Madde Değerlerine İlişkin Bulgular

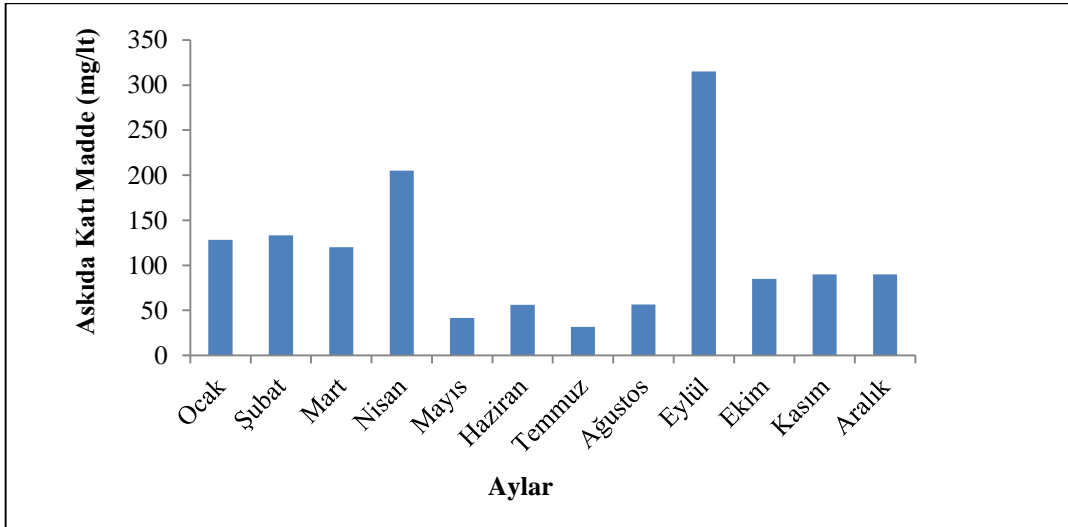
Edinilen bulgulara göre, Arca HES'in bulunduğu bölgede seçilen A1, A2, A3, A4, A5 ve A6 noktalar göz önünde bulundurulduğunda en düşük AKM değeri mayıs ayının A2, temmuz ayının A2, A3 ve A5 noktasında, ağustos ayının A1 ve A2 10 mg/lt olarak bulunmuştur. En yüksek AKM değeri ise eylül ayının A6 440 mg/lt olarak bulunmuştur. Aylara göre her bir noktada AKM değeri, A1 noktasında 10-380 mg/lt arasında, A2 noktasında 10-280 mg/lt arasında, A3 noktasında 10-290 mg/lt arasında, A4 noktasında 20-210 mg/lt arasında, A5 noktasında 10-290 mg/lt arasında, A6 noktasında 40-440 mg/lt arasında değişim göstermektedir (Tablo 29). Genel anlamda değerlendirildiğinde en düşük AKM değeri temmuz ayında ve en yüksek AKM değeri eylül ayında yoğunlaştığı görülmektedir (Şekil 57-58). Nokta bazında yıl ortalaması olarak değerlendirildiğinde en yüksek AKM miktarı A6 noktasında ve en düşük AKM miktarı A2 noktasında bulunmuştur.

Tablo 29. Arca HES ve Regülatörü örnekleme noktalarına ait AKM değerleri (mg/lt)

Nokta	Ock.	Şub.	Mart	Nis.	May.	Haz.	Tem.	Ağus.	Eyl.	Ekim	Kas.	Aralık
A1	150	40	80	280	40	70	70	10	380	100	70	60
A2	150	70	110	210	10	50	10	10	280	60	40	50
A3	150	150	90	250	50	60	10	70	290	80	70	80
A4	140	160	150	100	60	20	50	90	210	60	100	110
A5	70	180	160	210	40	40	10	70	290	80	50	100
A6	110	200	130	180	50	100	40	90	440	130	210	130
<b>Ortalama</b>	<b>128,3</b>	<b>133,3</b>	<b>120</b>	<b>205</b>	<b>41,6</b>	<b>56</b>	<b>31,67</b>	<b>56,67</b>	<b>315</b>	<b>85</b>	<b>90</b>	<b>90</b>



Şekil 57. Arca HES ve Regülatörü örnekleme noktalarına ait AKM değerleri



Şekil 58. Arca HES ve Regülatörü aylık ortalama askıda katı madde değerleri

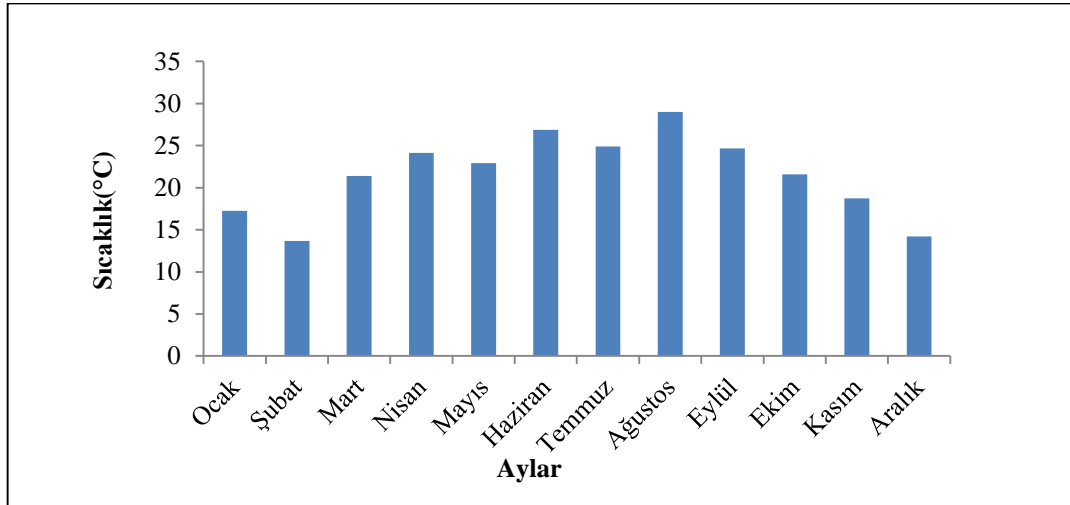
### 3.1.1.9. Arca HES ve Regülatörü Örnekleme Anındaki Sıcaklık, Nisbi Nem ve Basınç Değerleri

Edinilen bulgulara göre, Arca HES'in bulunduğu bölgede seçilen A1, A2, A3, A4, A5 ve A6 noktalgöz önünde bulundurulduğunda en düşük hava sıcaklığı değeri şubat ayının A4 noktasında 10 °C, en yüksek hava sıcaklığı değeri ise ağustos ayının bütün noktalarında 29 °C olarak bulunmuştur. Aylara göre her bir noktada hava sıcaklığı değeri, A1 noktasında 16,7-29°C arasında, A2 noktasında 14,7-29°C arasında, A3 noktasında

10,9-29°C arasında, A4 noktasında 10-29°C arasında, A5 noktasında 14-29°C arasında, A6 noktasında 12,9-29°C arasında değişim göstermektedir (Tablo 30). Genel anlamda değerlendirildiğinde en düşük hava sıcaklığı değeri şubat ayında ve en yüksek hava sıcaklığı değeri ağustos ayında yoğunlaştığı görülmektedir (Şekil 59). Nokta bazında yıl ortalaması olarak değerlendirildiğinde en yüksek hava sıcaklığı değeri Ç3 noktasında ve en düşük hava sıcaklığı değeri Ç5 noktasında bulunmuştur.

Tablo 30. Arca HES ve Regülatörüne ait sıcaklık değerleri(°C)

Nokta	Ock.	Şub.	Mart	Nis.	May.	Haz.	Tem.	Ağus.	Eyl.	Ekim	Kas.	Aralık
A1	20,5	16,7	22,5	22	21,4	26,7	26,3	29	24	18,3	19,8	11,5
A2	19,1	16,7	25	25,4	23,6	26	27,0	29	24	18,3	19,8	14,7
A3	20,5	10,9	24,5	25,4	22,6	27,5	27,0	29	24	18,3	19,9	14,7
A4	15,2	10	24,5	25	23,4	26	23,0	29	24	23	17,2	14,7
A5	15,3	14	16	21	23,3	27	23,0	29	26	25,8	18,5	14,8
A6	12,9	14,1	16	21	23,2	28	23,0	29	26	25,8	17,2	14,8
<b>Ortalama</b>	<b>17,25</b>	<b>13,66</b>	<b>21,41</b>	<b>23,3</b>	<b>22,91</b>	<b>26,86</b>	<b>24,9</b>	<b>29</b>	<b>24,7</b>	<b>21,6</b>	<b>18,73</b>	<b>14,2</b>



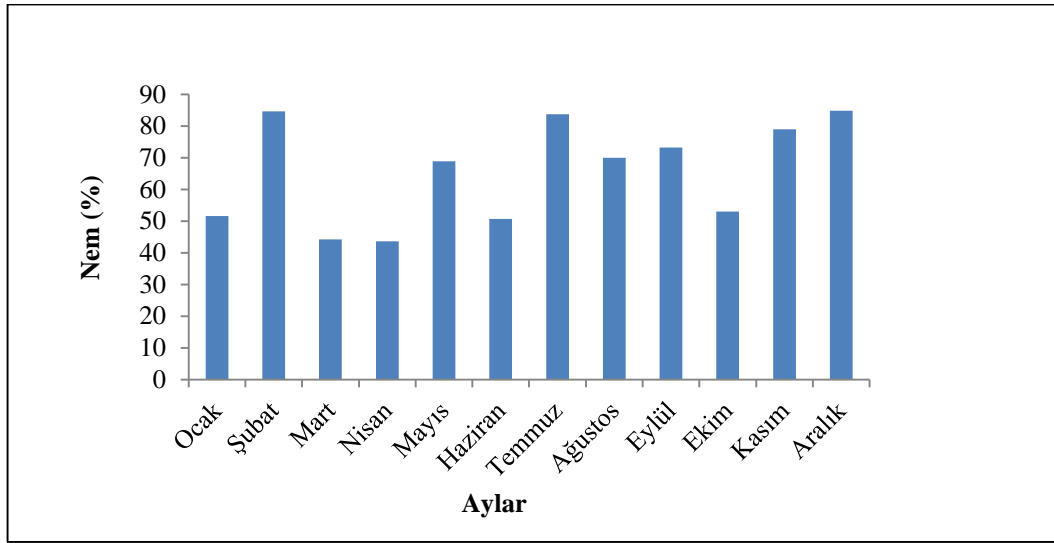
Şekil 59. Arca HES ve Regülatörüne ait ortalama sıcaklık değerleri

Tablo 31 ve Şekil 60'ta Arca HES'in bulunduğu bölgeye ait Nisbi nem değerleri verilmiştir.



Tablo 31. Arca HES ve Regülatörüne ait Nisbi nem değerleri(%)

Nokta	Ock.	Şub.	Mart	Nis.	May.	Haz.	Tem.	Ağus.	Eyl.	Ekim	Kas.	Aralık
A1	49,50	72,00	34,00	43,00	70,00	45,00	69,00	70,00	72,00	50	78	90,00
A2	46	72,00	21,6	40,00	71,60	43,00	68,00	70,00	70,00	50	77	90,00
A3	48,50	86,00	41,10	40,00	66,00	52,00	69,30	70,00	72,00	50	76	95,00
A4	58,80	95	41,10	35,50	67,40	43,30	95,70	70,00	72,00	48	82	78,00
A5	50	89	52,00	49,00	65,50	60,00	100,00	70,00	80,00	60	80	78,00
A6	56,50	94	53,00	54,00	72,50	61,00	100,00	70,00	73,00	61	79,3	78,00
<b>Ortalama</b>	<b>51,55</b>	<b>84,67</b>	<b>44,24</b>	<b>43,58</b>	<b>68,83</b>	<b>50,72</b>	<b>83,67</b>	<b>70,00</b>	<b>73,17</b>	<b>53</b>	<b>79</b>	<b>84,83</b>

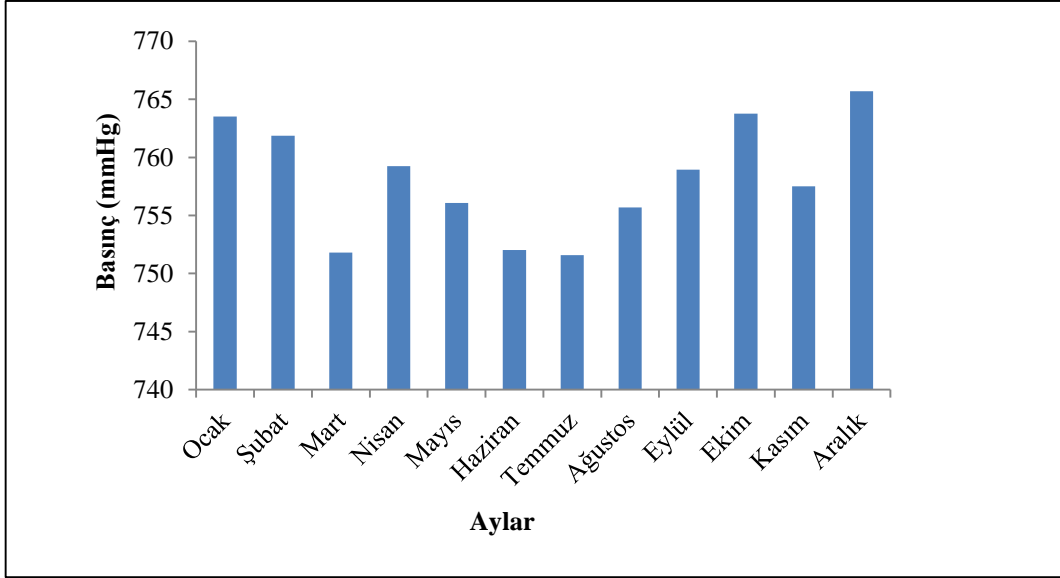


Şekil 60. Arca HES ve Regülatörüne ait Nisbi nem değerleri

Tablo 32 ve Şekil 61’de Arca HES’in bulunduğu bölgeye ait basınç değerleri verilmiştir.

Tablo 32. Arca HES ve Regülatörüne ait basınç değerleri

Nokta	Ock.	Şub.	Mart	Nis.	May.	Haz.	Tem.	Ağus.	Eyl.	Ekim	Kas.	Aralık
A1	760,2	759,3	749,6	758,3	753,8	752,8	750,20	747,6	756,6	762	756,4	765,1
A2	762,2	759,1	749,1	748,2	753,5	752,4	749,80	745,5	756,5	761	756,3	764,8
A3	761,3	760,3	750,3	759,5	754,6	735,5	751,00	785,5	757,7	763	751,5	766
A4	765,6	764,2	753,6	763	758	756,9	754,30	751,6	760,8	766	760,8	769
A5	765,5	764,1	754	763,2	758,1	757,2	754,20	752	761	766	761	760,2
A6	766,3	764,2	754,2	763,3	758,4	757,3	750,00	752	761	765	759	769
<b>Ortalama</b>	<b>763,5</b>	<b>761,9</b>	<b>751,8</b>	<b>759,3</b>	<b>756,1</b>	<b>752,01</b>	<b>751,58</b>	<b>755,7</b>	<b>758,9</b>	<b>764</b>	<b>757,5</b>	<b>765,68</b>



Şekil 61. Arca HES ve Regülatörüne ait ortalama basınç değerleri

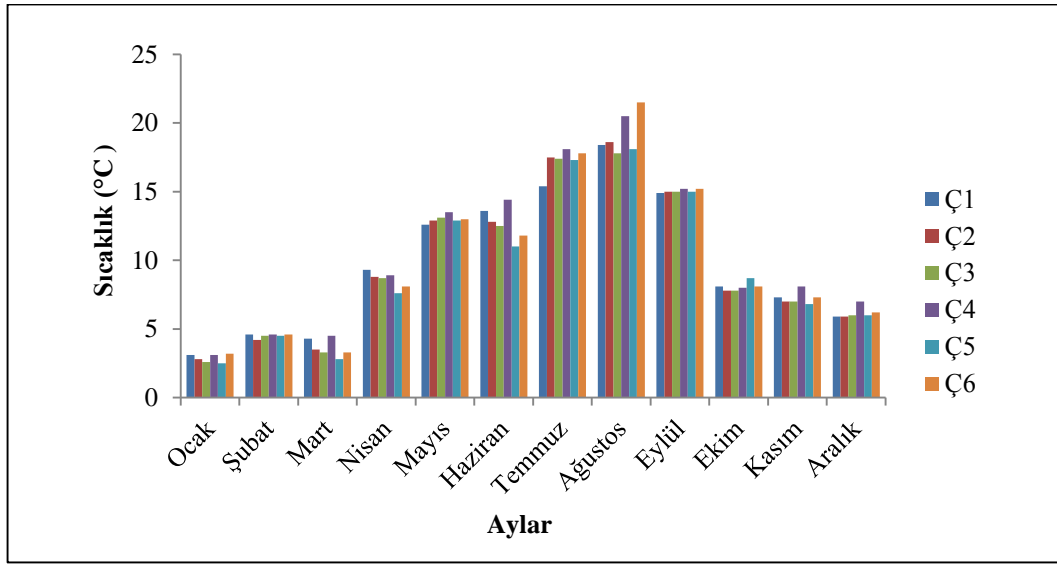
### 3.1.2. Çamlıkaya HES ve Regülatörüne Ait Bulgular

#### 3.1.2.1. Sıcaklık Değerlerine İlişkin Bulgular

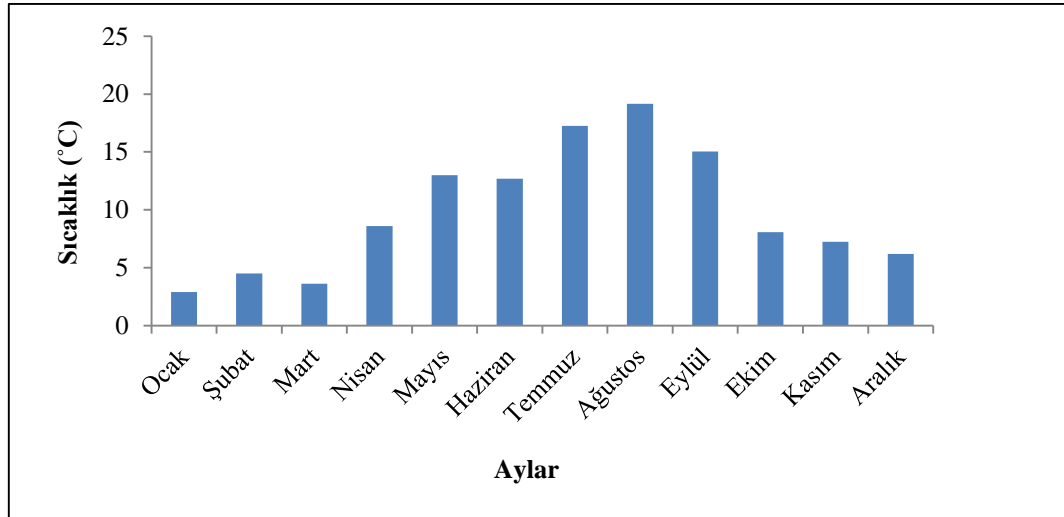
Edinilen bulgulara göre, Çamlıkaya HES'in bulunduğu bölgede seçilen Ç1, Ç2, Ç3, Ç4, Ç5 ve Ç6 noktalar göz önünde bulundurulduğunda en düşük sıcaklık değeri ocak ayının Ç5 noktasında 2,5°C olarak bulunmuştur. En yüksek sıcaklık değeri ise ağustos ayının Ç6 noktasında 21,5°C olarak bulunmuştur. Aylara göre her bir noktada sıcaklık değerleri, Ç1 noktasında 3,10-18,40°C arasında, Ç2 noktasında 2,80-18,60°C arasında, Ç3 noktasında 2,60-17,80°C arasında, Ç4 noktasında 3,10-20,50°C arasında, Ç5 noktasında 2,5-18,10°C arasında, Ç6 noktasında 3,20-21,50°C arasında değişim göstermektedir (Tablo 33). Genel anlamda değerlendirildiğinde en düşük sıcaklık değerleri ocak ayında ve en yüksek sıcaklık değerlerinin ağustos ayında yoğunlaştığı görülmektedir (Şekil 62-63). Nokta bazında yıl ortalaması olarak değerlendirildiğinde Ç4 ve Ç6 noktasında sıcaklık değeri diğer noktalara göre daha fazla bulunmuştur.

Tablo 33. Çamlıkaya HES ve Regülatörü her bir noktaya ait sıcaklık değerleri (°C)

Nokta	Ock.	Şub.	Mart	Nis.	May.	Haz.	Tem.	Ağus.	Eyl.	Ekim	Kas.	Aralık
Ç1	3,1	4,6	4,3	9,3	12,6	13,6	15,4	18,4	14,9	8,1	7,3	5,9
Ç2	2,8	4,2	3,5	8,8	12,9	12,8	17,5	18,6	15	7,8	7	5,9
Ç3	2,6	4,5	3,3	8,7	13,1	12,5	17,4	17,8	15	7,8	7	6
Ç4	3,1	4,6	4,5	8,9	13,5	14,4	18,1	20,5	15,2	8	8,1	7
Ç5	2,5	4,5	2,8	7,6	12,9	11	17,3	18,1	15	8,7	6,8	6
Ç6	3,2	4,6	3,3	8,1	13	11,8	17,8	21,5	15,2	8,1	7,3	6,2
<b>Ortalama</b>	<b>2,9</b>	<b>4,5</b>	<b>3,62</b>	<b>8,6</b>	<b>13</b>	<b>12,7</b>	<b>17,25</b>	<b>19,15</b>	<b>15,1</b>	<b>8,08</b>	<b>7,25</b>	<b>6,2</b>



Şekil 62. Çamlıkaya HES ve Regülatörü örnekleme noktalarına ait sıcaklık değerleri



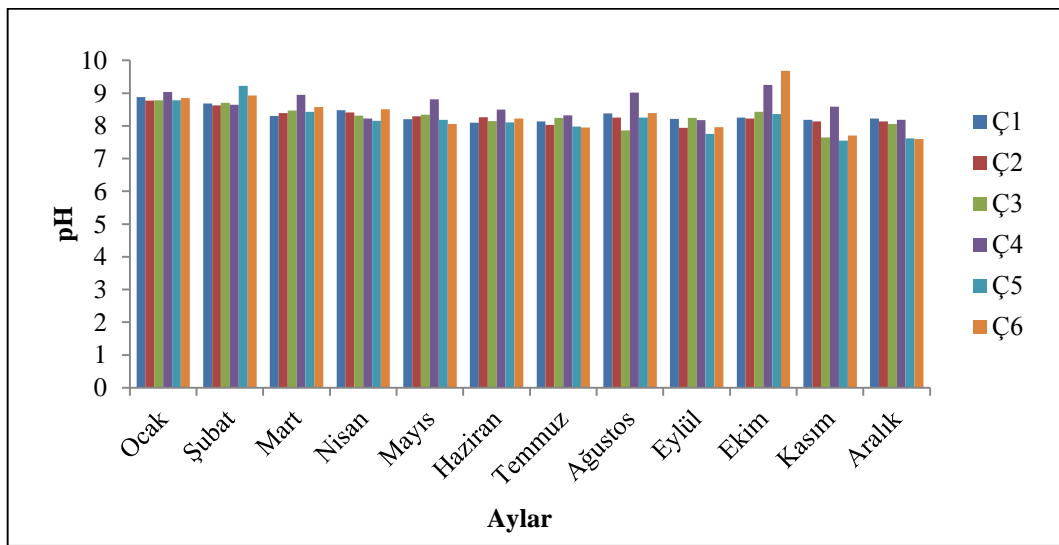
Şekil 63. Çamlıkaya HES ve Regülatörü aylık ortalama sıcaklık değerleri

### 3.1.2.2. pH Değerlerine İlişkin Bulgular

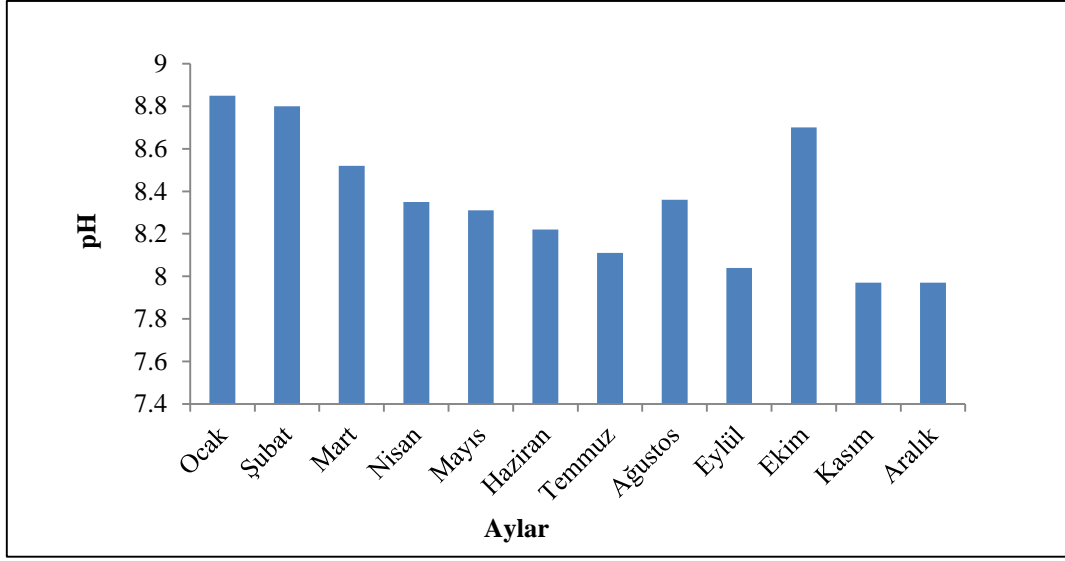
Edinilen bulgulara göre, Çamlıkaya HES'in bulunduğu bölgede seçilen Ç1, Ç2, Ç3, Ç4, Ç5 ve Ç6 noktalar göz önünde bulundurulduğunda en düşük pH değeri kasım ayının Ç5 noktasında 7,55 olarak bulunmuştur. En yüksek pH değeri ise ekim ayının Ç6 noktasında 9,68 olarak bulunmuştur. Aylara göre her bir noktada pH değerleri, Ç1 noktasında 8,10-8,88 arasında, Ç2 noktasında 7,94-8,77 arasında, Ç3 noktasında 7,65-8,78 arasında, Ç4 noktasında 8,17-9,25 arasında, Ç5 noktasında 7,55-9,22 arasında, Ç6 noktasında 7,60-9,68 arasında değişim göstermektedir (Tablo 34). Genel anlamda değerlendirildiğinde en düşük pH değeri kasım, aralık ayında ve en yüksek pH değeri ocak ayında yoğunlaştığı görülmektedir (Şekil 64-65). Nokta bazında yıl ortalaması olarak değerlendirildiğinde Ç5 noktasındaki pH değeri diğer noktalara göre daha düşüktür.

Tablo 34. Çamlıkaya HES ve Regülatörü örnekleme noktalarına ait pH değerleri

Nokta	Ock.	Şub.	Mart	Nis.	May.	Haz.	Tem.	Ağus.	Eyl.	Ekim	Kas.	Aralık
Ç1	8,88	8,68	8,3	8,48	8,2	8,1	8,14	8,38	8,21	8,25	8,18	8,22
Ç2	8,77	8,62	8,39	8,41	8,29	8,26	8,03	8,25	7,94	8,22	8,14	8,14
Ç3	8,78	8,7	8,47	8,31	8,34	8,15	8,24	7,86	8,24	8,43	7,65	8,06
Ç4	9,04	8,64	8,95	8,22	8,81	8,5	8,32	9,02	8,17	9,25	8,59	8,18
Ç5	8,78	9,22	8,43	8,16	8,18	8,11	7,98	8,25	7,75	8,36	7,55	7,62
Ç6	8,85	8,93	8,58	8,51	8,06	8,22	7,95	8,39	7,96	9,68	7,71	7,6
Ortalama	8,85	8,8	8,52	8,35	8,31	8,22	8,11	8,36	8,04	8,7	7,97	7,97



Şekil 64. Çamlıkaya HES ve Regülatörü örnekleme noktalarına ait pH değerleri



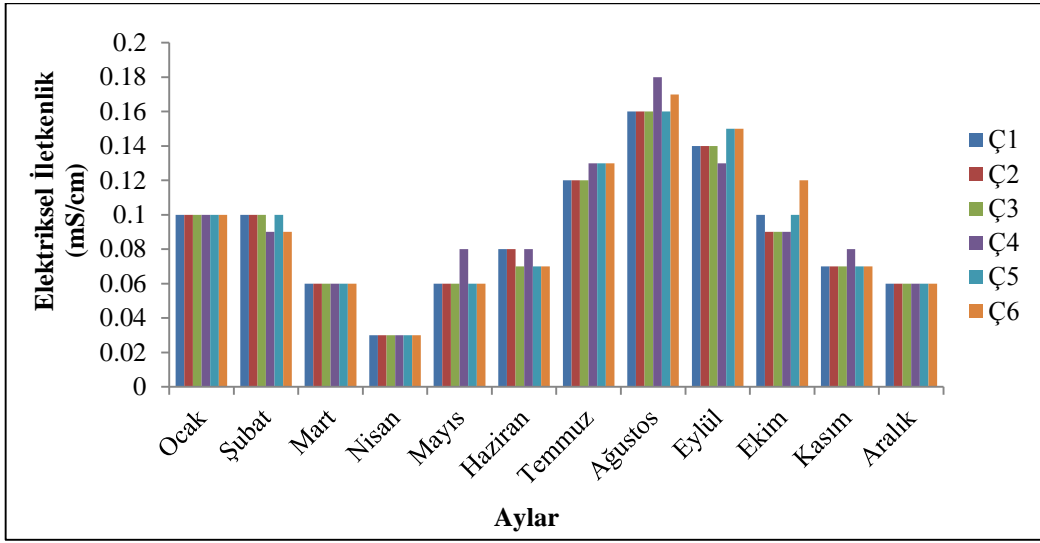
Şekil 65. Çamlıkaya HES ve Regülatörü aylık ortalama pH değerleri

### 3.1.2.3. Elektriksel İletkenlik Değerlerine İlişkin Bulgular

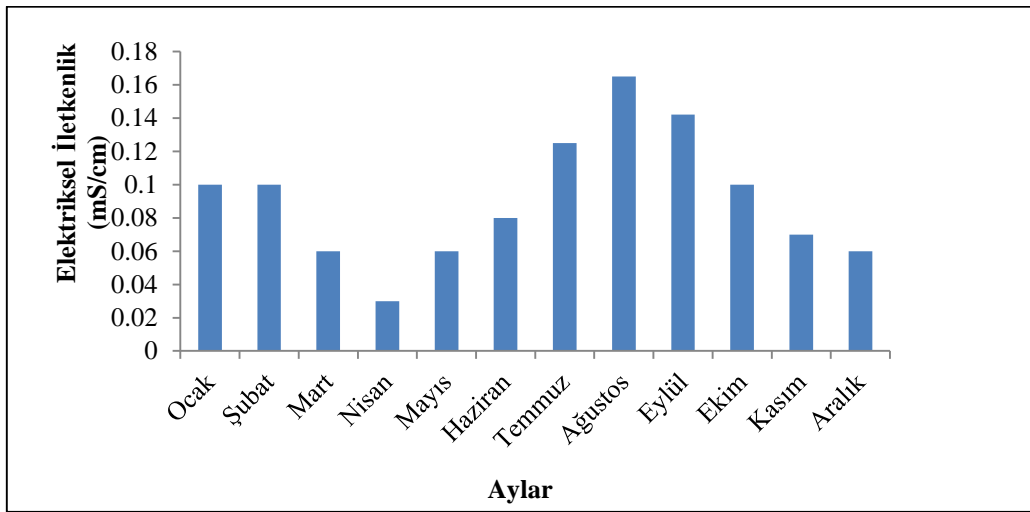
Edinilen bulgulara göre, Çamlıkaya HES'in bulunduğu bölgede seçilen Ç1, Ç2, Ç3, Ç4, Ç5 ve Ç6 noktalar göz önünde bulundurulduğunda en düşük elektriksel iletkenlik değeri nisan ayının bütün noktalarında 0,03 mS/cm olarak bulunmuştur. En yüksek elektriksel iletkenlik değeri ise ağustos ayının Ç4 0,18 mS/cm olarak bulunmuştur. Aylara göre her bir noktada elektriksel iletkenlik değeri, Ç1 noktasında 0,03-0,16 mS/cm arasında, Ç2 noktasında 0,03-0,16 mg/lt arasında, Ç3 noktasında 0,03-0,16 mS/cm arasında, Ç4 noktasında 0,03-0,18 mS/cm arasında, Ç5 noktasında 0,03-0,16 mS/cm arasında, Ç6 noktasında 0,03-0,17 mS/cm arasında değişim göstermektedir (Tablo 35). Genel anlamda değerlendirildiğinde en düşük elektriksel iletkenlik değeri nisan ayında ve en yüksek elektriksel iletkenlik değeri ağustos ayında yoğunlaştığı görülmektedir (Şekil 66-67). Nokta bazında yıllık ortalama olarak değerlendirildiğinde Ç2 ve Ç3 noktasında elektriksel iletkenlik değeri diğer noktalara göre daha düşük bulunmuştur.

Tablo 35. Çamlıkaya HES ve Regülatörü örnekleme noktalarına ait elektriksel iletkenlik değerleri (mS/cm)

Nokta	Ock.	Şub.	Mart	Nis.	May.	Haz.	Tem.	Ağus.	Eyl.	Ekim	Kas.	Aralık
Ç1	0,1	0,1	0,06	0,03	0,06	0,08	0,12	0,16	0,14	0,1	0,07	0,06
Ç2	0,1	0,1	0,06	0,03	0,06	0,08	0,12	0,16	0,14	0,09	0,07	0,06
Ç3	0,1	0,1	0,06	0,03	0,06	0,07	0,12	0,16	0,14	0,09	0,07	0,06
Ç4	0,1	0,09	0,06	0,03	0,08	0,08	0,13	0,18	0,13	0,09	0,08	0,06
Ç5	0,1	0,1	0,06	0,03	0,06	0,07	0,13	0,16	0,15	0,1	0,07	0,06
Ç6	0,1	0,09	0,06	0,03	0,06	0,07	0,13	0,17	0,15	0,12	0,07	0,06
<b>Ortalama</b>	<b>0,1</b>	<b>0,1</b>	<b>0,06</b>	<b>0,03</b>	<b>0,06</b>	<b>0,08</b>	<b>0,125</b>	<b>0,165</b>	<b>0,14</b>	<b>0,1</b>	<b>0,07</b>	<b>0,06</b>



Şekil 66. Çamlıkaya HES ve Regülatörü örnekleme noktalarına ait elektriksel iletkenlik değerleri



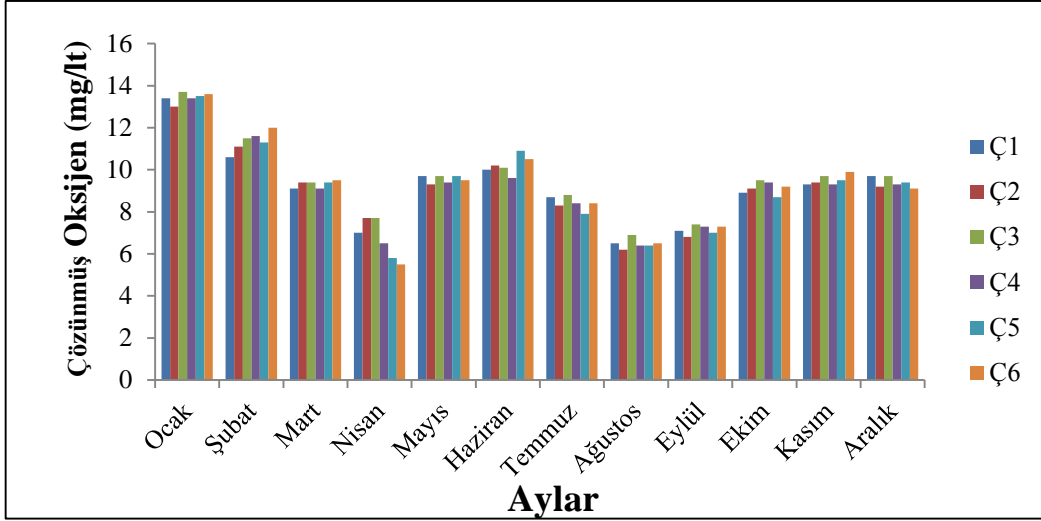
Şekil 67. Çamlıkaya HES ve Regülatörü aylık ortalama elektriksel iletkenlik değerleri

### 3.1.2.4. Çözünmüş Oksijen Değerlerine İlişkin Bulgular

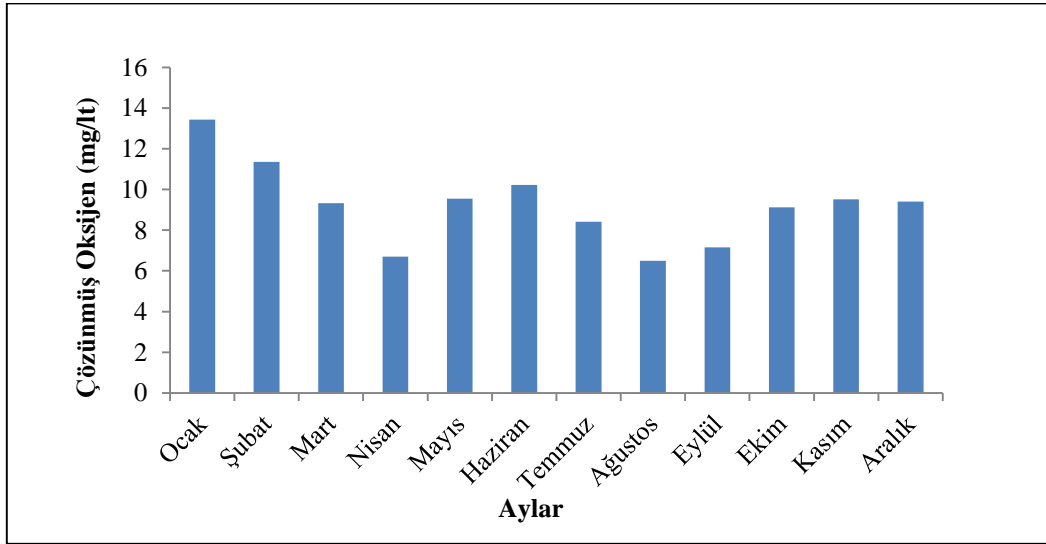
Edinilen bulgulara göre, Çamlıkaya HES'in bulunduğu bölgede seçilen Ç1, Ç2, Ç3, Ç4, Ç5 ve Ç6 göz önünde bulundurulduğunda en düşük çözünmüş oksijen değeri nisan ayının Ç6 noktasında 5,5 mg/lt olarak bulunmuştur. En yüksek çözünmüş oksijen değeri ise ocak ayının Ç3 14,1 mg/lt olarak bulunmuştur. Aylara göre her bir noktada çözünmüş oksijen değeri, Ç1 noktasında 6,50-13,40 mg/lt arasında, Ç2 noktasında 6,20-13,00 mg/lt arasında, Ç3 noktasında 6,90-13,70 mg/lt arasında, Ç4 noktasında 6,40-13,40 mg/lt arasında, Ç5 noktasında 5,80-13,5 mg/lt arasında, Ç6 noktasında 5,50-13,70 mg/lt arasında değişim göstermektedir (Tablo 36). Genel anlamda değerlendirildiğinde en düşük çözünmüş oksijen değeri ağustos ayında ve en yüksek çözünmüş oksijen değeri ocak ayında yoğunlaştığı görülmektedir (Şekil 68-69). Nokta bazında yıl ortalaması olarak değerlendirildiğinde Ç5 noktasında çözünmüş oksijen değeri en düşük, Ç3'te çözünmüş oksijen değeri en yüksektir.

Tablo 36. Çamlıkaya HES ve Regülatörü örnekleme noktalarına ait çözünmüş oksijen değerleri (mg/lt)

Nokta	Ock.	Şub.	Mart	Nis.	May.	Haz.	Tem.	Ağus.	Eyl.	Ekim	Kas.	Aralık
Ç1	13,4	10,6	9,1	7	9,7	10	8,7	6,5	7,1	8,9	9,3	9,7
Ç2	13	11,1	9,4	7,7	9,3	10,2	8,3	6,2	6,8	9,1	9,4	9,2
Ç3	13,7	11,5	9,4	7,7	9,7	10,1	8,8	6,9	7,4	9,5	9,7	9,7
Ç4	13,4	11,6	9,1	6,5	9,4	9,6	8,4	6,4	7,3	9,4	9,3	9,3
Ç5	13,5	11,3	9,4	5,8	9,7	10,9	7,9	6,4	7	8,7	9,5	9,4
Ç6	13,6	12	9,5	5,5	9,5	10,5	8,4	6,5	7,3	9,2	9,9	9,1
<b>Ortalama</b>	<b>13,43</b>	<b>11,4</b>	<b>9,32</b>	<b>6,7</b>	<b>9,55</b>	<b>10,22</b>	<b>8,42</b>	<b>6,5</b>	<b>7,15</b>	<b>9,13</b>	<b>9,52</b>	<b>9,4</b>



Şekil 68. Çamlıkaya HES ve Regülatörü örnekleme noktalarına ait çözünmüş oksijen değerleri



Şekil 69. Çamlıkaya HES ve Regülatörü aylık ortalama çözünmüş oksijen değerleri

### 3.1.2.5. Klor Değerlerine İlişkin Bulgular

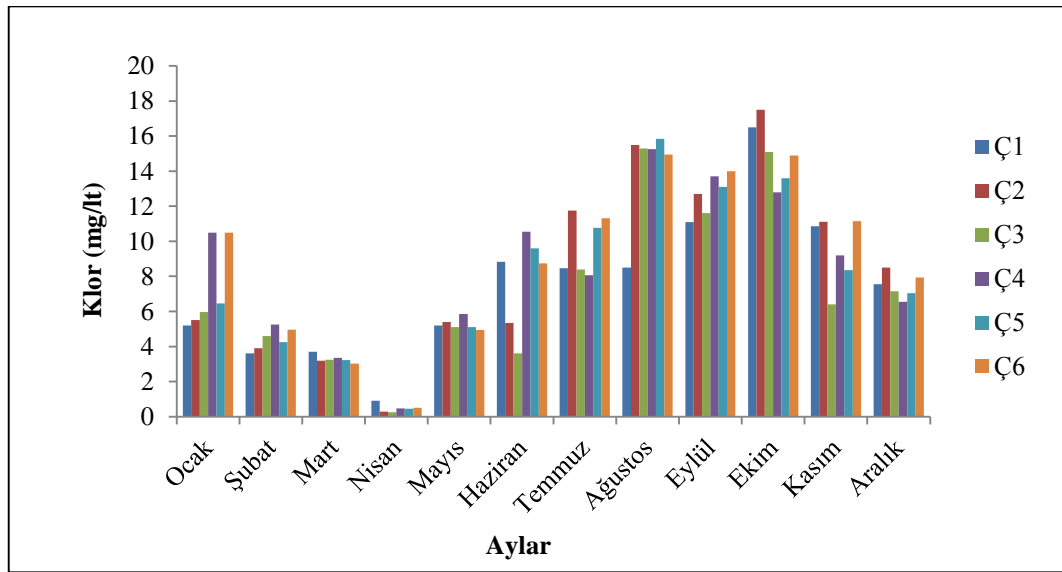
Edinilen bulgulara göre, Çamlıkaya HES'in bulunduğu bölgede seçilen Ç1, Ç2, Ç3, Ç4, Ç5 ve Ç6 göz önünde bulundurulduğunda en düşük klor değeri nisan ayının Ç3 noktasında 0,25 mg/l olarak bulunmuştur. En yüksek klor değeri ise ekim ayının Ç2 17,5 mg/l olarak bulunmuştur. Aylara göre her bir noktada klor değeri, Ç1 noktasında 0,90-16,5 mg/l arasında, Ç2 noktasında 0,28-17,5 mg/l arasında, Ç3 noktasında 0,25-15,3 mg/l arasında, Ç4 noktasında 0,47-15,26 mg/l arasında, Ç5 noktasında 0,45-15,85 mg/l



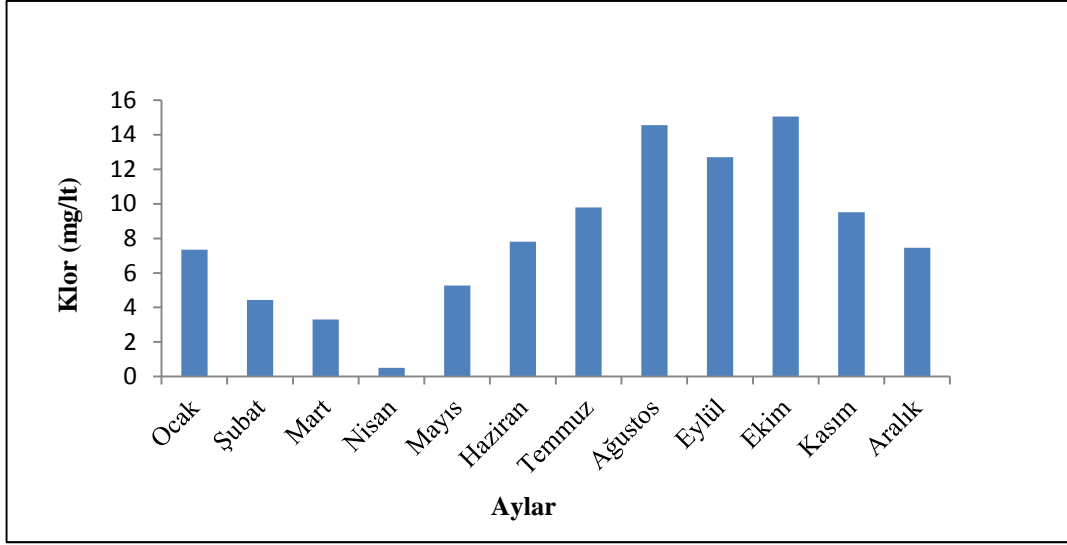
arasında, Ç6 noktasında 0,5-14,95 mg/lt arasında değişim göstermektedir (Tablo 37). Genel anlamda değerlendirildiğinde en düşük klor değeri nisan ayında ve en yüksek klor değeri ekim ayında yoğunlaştığı görülmektedir (Şekil 70-71). Nokta bazında yıl ortalaması olarak değerlendirildiğinde en düşük klor değeri Ç3 noktasında, en yüksek klor değeri Ç6 noktasında bulunmuştur.

Tablo 37. Çamlıkaya HES ve Regülatörü örnekleme noktalarına ait klor değerleri (mg/lt)

Nokta	Ock.	Şub.	Mart	Nis.	May.	Haz.	Tem.	Ağus.	Eyl.	Ekim	Kas.	Aralık
Ç1	5,2	3,6	3,7	0,9	5,2	8,83	8,46	8,5	11,1	16,5	10,85	7,56
Ç2	5,5	3,9	3,18	0,28	5,4	5,35	11,75	15,5	12,7	17,5	11,12	8,5
Ç3	5,97	4,6	3,25	0,25	5,11	3,6	8,4	15,3	11,6	15,1	6,4	7,15
Ç4	10,5	5,25	3,35	0,47	5,85	10,55	8,06	15,26	13,7	12,8	9,2	6,54
Ç5	6,45	4,25	3,22	0,45	5,1	9,6	10,77	15,85	13,1	13,6	8,35	7,04
Ç6	10,5	4,96	3,03	0,5	4,95	8,74	11,31	14,95	14	14,9	11,15	7,94
<b>Ortalama</b>	<b>7,35</b>	<b>4,43</b>	<b>3,3</b>	<b>0,5</b>	<b>5,27</b>	<b>7,8</b>	<b>9,8</b>	<b>14,56</b>	<b>12,7</b>	<b>15,06</b>	<b>9,51</b>	<b>7,46</b>



Şekil 70. Çamlıkaya HES ve Regülatörü örnekleme noktalarına ait klor değerleri



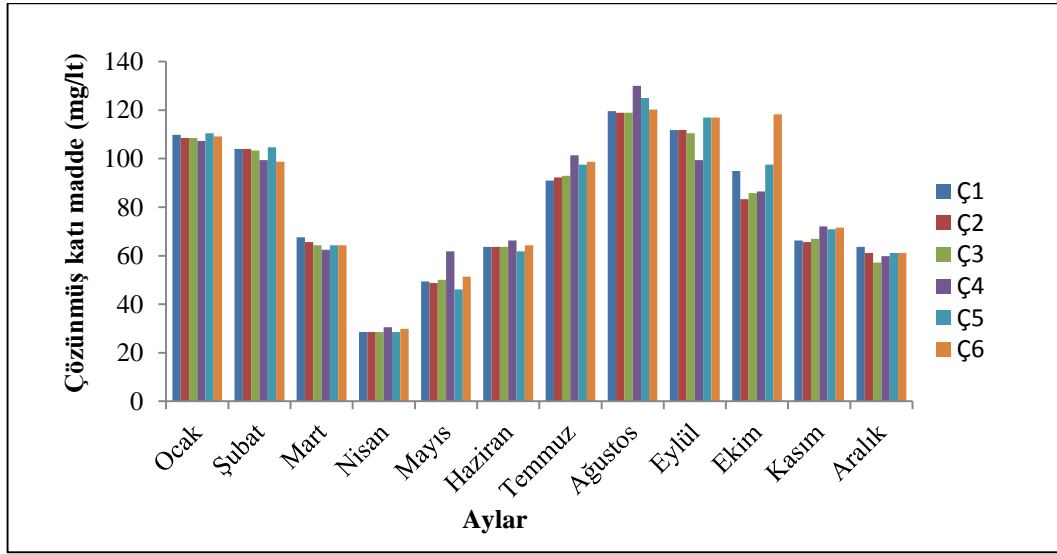
Şekil 71. Çamlıkaya HES ve Regülatörü aylık ortalama klor değerleri

### 3.1.2.6. Toplam Çözünmüş Katı Madde Değerlerine İlişkin Bulgular

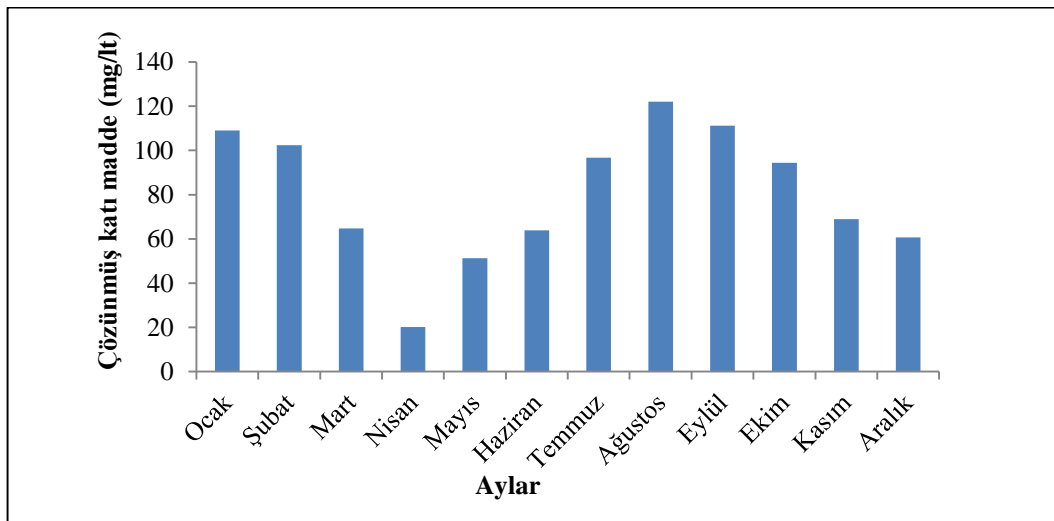
Edinilen bulgulara göre, Çamlıkaya HES'in bulunduğu bölgede seçilen Ç1, Ç2, Ç3, Ç4, Ç5 ve Ç6 göz önünde bulundurulduğunda en düşük toplam çözünmüş katı madde değeri nisan ayının Ç1, Ç2, Ç3 ve Ç5 noktasında 28,60 mg/lt olarak bulunmuştur. En yüksek toplam çözünmüş katı madde değeri ise ağustos ayının Ç4 130 mg/lt olarak bulunmuştur. Aylara göre her bir noktada toplam çözünmüş katı madde değeri, Ç1 noktasında 28,60-119,60 arasında, Ç2 noktasında 28,60-118,95 mg/lt arasında, A3 noktasında 28,60-133,25 mg/lt arasında, Ç4 noktasında 30,55-130 mg/lt arasında, Ç5 noktasında 28,60-125 mg/lt arasında, Ç6 noktasında 29,90-120,25 mg/lt arasında değişim göstermektedir (Tablo 38). Genel anlamda değerlendirildiğinde en düşük toplam çözünmüş katı madde değeri nisan ayında ve en yüksek toplam çözünmüş katı madde değeri ağustos ayında yoğunlaştığı görülmektedir (Şekil 72-73). Nokta bazında yıl ortalaması olarak değerlendirildiğinde Ç6 noktasında toplam çözünmüş katı madde değeri diğer noktalara göre daha fazla bulunmuştur.

Tablo 38. Çamlıkaya HES ve Regülatörü örnekleme noktalarına ait toplam çözünmüş katı madde değerleri

Nokta	Ock.	Şub.	Mart	Nis.	May.	Haz.	Tem.	Ağus.	Eyl.	Ekim	Kas.	Aralık
Ç1	109,85	104	67,6	28,6	49,4	63,7	91	119,6	111,8	94,9	66,3	63,7
Ç2	108,55	104	65,65	28,6	48,75	63,7	92,3	118,95	111,8	83,25	65,65	61,1
Ç3	108,55	103,35	64,35	28,6	50,05	63,7	92,95	118,95	110,5	85,8	66,95	57,2
Ç4	107,25	99,45	62,4	30,55	61,75	66,3	101,4	130	99,45	86,45	72,15	59,8
Ç5	110,5	104,65	64,35	28,6	46,15	61,75	97,5	125	117	97,5	70,85	61,1
Ç6	109,2	98,8	64,35	29,9	51,35	64,35	98,8	120,25	117	118,3	71,5	61,1
<b>Ortalama</b>	<b>108,98</b>	<b>102,38</b>	<b>64,8</b>	<b>20,14</b>	<b>51,24</b>	<b>63,91</b>	<b>96,67</b>	<b>122,13</b>	<b>111,3</b>	<b>94,37</b>	<b>68,9</b>	<b>60,66</b>



Şekil 72. Çamlıkaya HES ve Regülatörü örnekleme noktalarına ait toplam çözünmüş katı madde değerleri



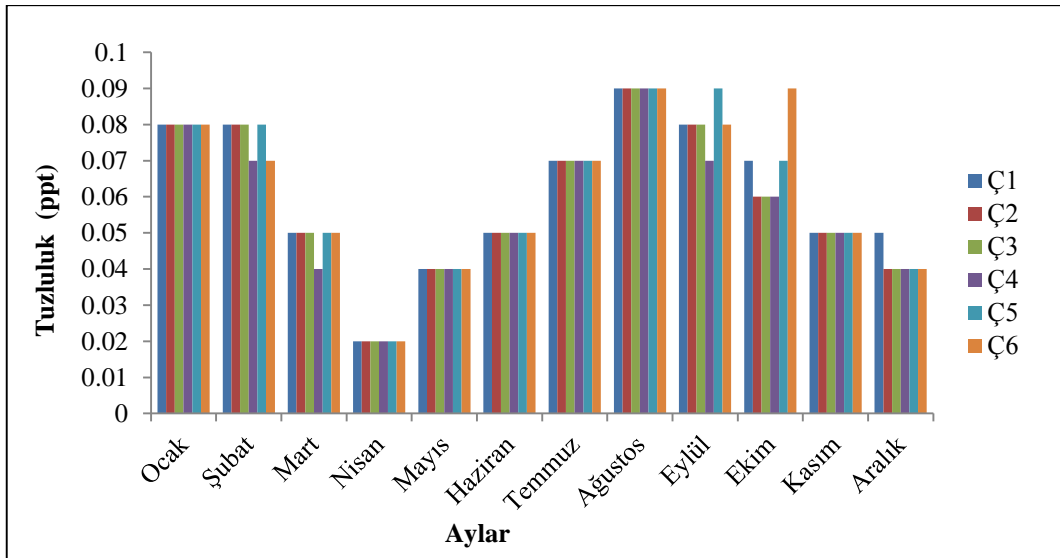
Şekil 73. Çamlıkaya HES ve Regülatörü aylık toplam çözünmüş katı madde değerleri

### 3.1.2.7. Tuzluluk Değerlerine İlişkin Bulgular

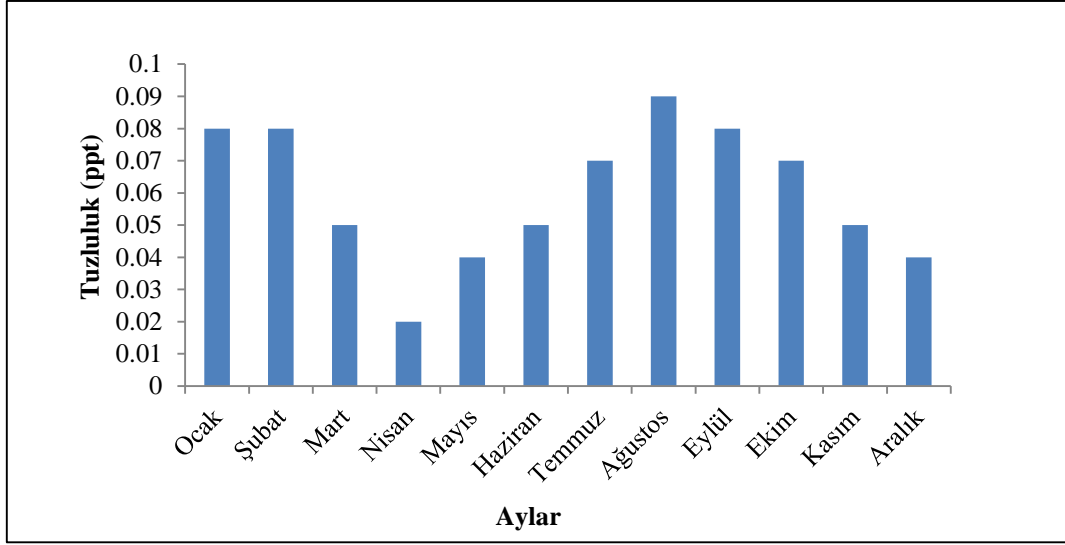
Edinilen bulgulara göre, Çamlıkaya HES'in bulunduğu bölgede seçilen Ç1, Ç2, Ç3, Ç4, Ç5 ve Ç6 göz önünde bulundurulduğunda en düşük tuzluluk değeri nisan ayının bütün noktalarında 0,02 ppt olarak bulunmuştur. En yüksek tuzluluk değeri ise ağustos ayının bütün noktalarında, eylül ayının Ç5 noktasında ve ekim ayının Ç6 noktasında 0,09 ppt olarak bulunmuştur. Aylara göre her bir noktada tuzluluk değeri, bütün noktalarda 0,02-0,09 ppt arasında değişim göstermiştir (Tablo 39). Genel anlamda değerlendirildiğinde en düşük tuzluluk değeri nisan ayında ve en yüksek tuzluluk değeri ağustos ayında yoğunlaştığı görülmektedir (Şekil 74-75). Nokta bazında yıl ortalaması olarak değerlendirildiğinde en az tuzluluk değeri Ç4 noktasında bulunmuştur.

Tablo 39. Çamlıkaya HES ve Regülatörü örnekleme noktalarına ait tuzluluk değerleri

Nokta	Ock.	Şub.	Mart	Nis.	May.	Haz.	Tem.	Ağus.	Eyl.	Ekim	Kas.	Aralık
Ç1	0,08	0,08	0,05	0,02	0,04	0,05	0,07	0,09	0,08	0,07	0,05	0,05
Ç2	0,08	0,08	0,05	0,02	0,04	0,05	0,07	0,09	0,08	0,06	0,05	0,04
Ç3	0,08	0,08	0,05	0,02	0,04	0,05	0,07	0,09	0,08	0,06	0,05	0,04
Ç4	0,08	0,07	0,04	0,02	0,04	0,05	0,07	0,09	0,07	0,06	0,05	0,04
Ç5	0,08	0,08	0,05	0,02	0,04	0,05	0,07	0,09	0,09	0,07	0,05	0,04
Ç6	0,08	0,07	0,05	0,02	0,04	0,05	0,07	0,09	0,08	0,09	0,05	0,04
<b>Ortalama</b>	<b>0,08</b>	<b>0,08</b>	<b>0,05</b>	<b>0,02</b>	<b>0,04</b>	<b>0,05</b>	<b>0,07</b>	<b>0,09</b>	<b>0,08</b>	<b>0,07</b>	<b>0,05</b>	<b>0,04</b>



Şekil 74. Çamlıkaya HES ve Regülatörü örnekleme noktalarına ait tuzluluk değerleri



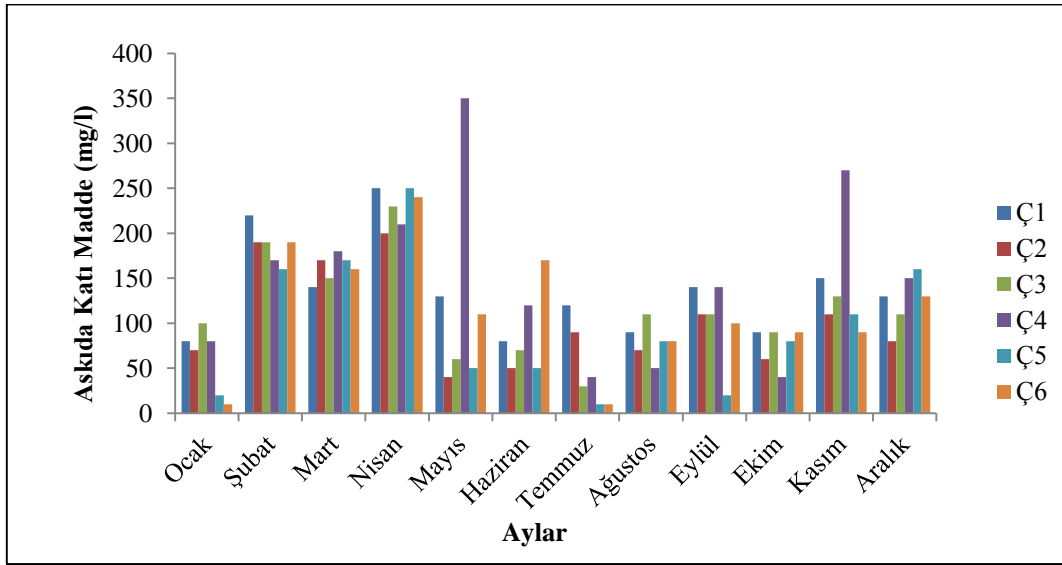
Şekil 75. Çamlıkaya HES ve Regülatörü aylık ortalama tuzluluk değerleri

### 3.1.2.8. Askıda Katı Madde Değerlerine İlişkin Bulgular

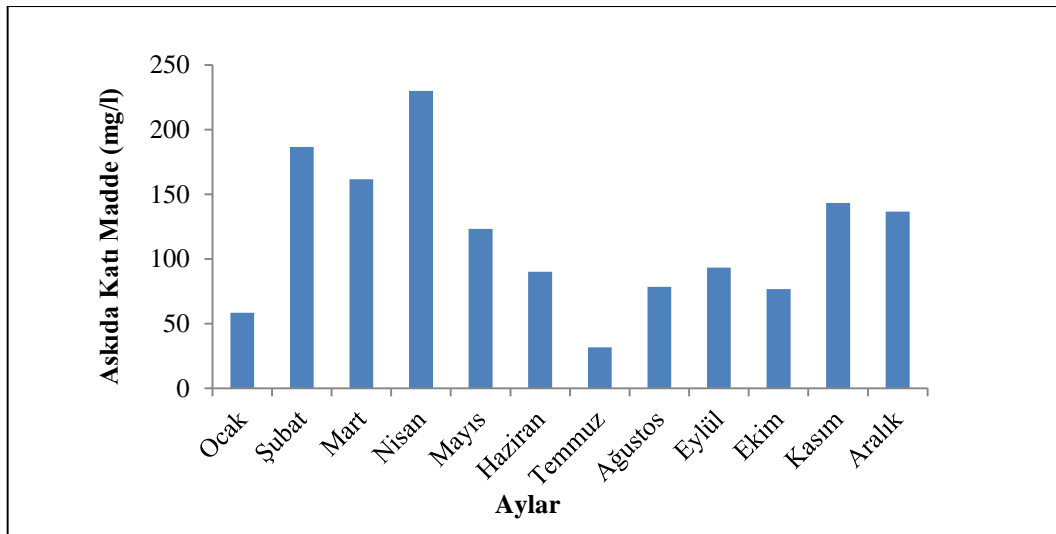
Edinilen bulgulara göre, Çamlıkaya HES'in bulunduğu bölgede seçilen Ç1, Ç2, Ç3, Ç4, Ç5 ve Ç6 göz önünde bulundurulduğunda en düşük askıda katı madde değeri ocak ayının Ç6 noktasında, temmuz ayının Ç5 ve Ç6 noktasında 10 mg/lt olarak bulunmuştur. En yüksek askıda katı madde değeri ise mayıs ayının Ç4 350 mg/lt olarak bulunmuştur. Aylara göre her bir noktada askıda katı madde değeri, Ç1 noktasında 80-250 mg/lt arasında, Ç2 noktasında 40-200 mg/lt arasında, Ç3 noktasında 30-230 mg/lt arasında, Ç4 noktasında 40-350 mg/lt arasında, Ç5 noktasında 10-250 mg/lt arasında, Ç6 noktasında 10-240 arasında değişim göstermektedir (Tablo 40). Genel anlamda değerlendirildiğinde en düşük askıda katı madde değeri temmuz ayında ve en yüksek askıda katı madde değeri nisan ayında yoğunlaştığı görülmektedir (Şekil 76-77). Nokta bazında yıl ortalaması olarak değerlendirildiğinde en yüksek AKM miktarı A4 noktasında ve en düşük askıda katı madde miktarı A5 noktasında bulunmuştur.

Tablo 40. Çamlıkaya HES ve Regülatörü örnekleme noktalarına ait AKM değerleri

Nokta	Ock.	Şub.	Mart	Nis.	May.	Haz.	Tem.	Ağus.	Eyl.	Ekim	Kas.	Aralık
Ç1	80	220	140	250	130	80	120	90	140	90	150	130
Ç2	70	190	170	200	40	50	90	70	110	60	110	80
Ç3	100	190	150	230	60	70	30	110	110	90	130	110
Ç4	80	170	180	210	350	120	40	50	140	40	270	150
Ç5	20	160	170	250	50	50	10	80	20	80	110	160
Ç6	10	190	160	240	110	170	10	80	100	90	90	130
<b>Ortalama</b>	<b>58,3</b>	<b>186,7</b>	<b>162</b>	<b>230</b>	<b>123,3</b>	<b>90</b>	<b>31,66</b>	<b>78,33</b>	<b>93,3</b>	<b>76,7</b>	<b>143,3</b>	<b>136,7</b>



Şekil 76. Çamlıkaya HES ve Regülatörü örnekleme noktalarına ait AKM değerleri



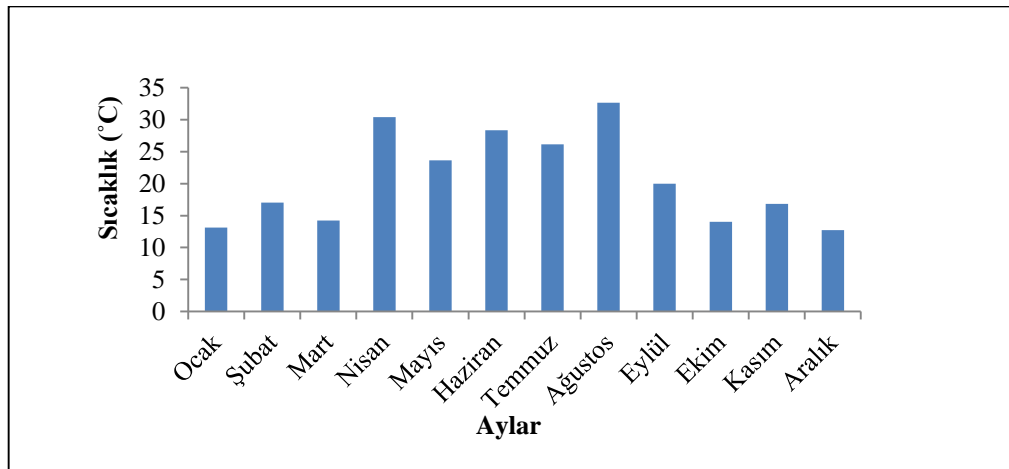
Şekil 77. Çamlıkaya HES ve Regülatörü aylık ortalama askıda katı madde değerleri

### 3.1.2.9. amlıkaya HES ve Regülatörü rnekleme Anındaki Sıcaklık, Nisbi Nem ve Basınç Değerleri

Edinilen bulgulara göre, amlıkaya HES'in bulunduğu bölgede seçilen 1, 2, 3, 4, 5 ve 6 göz önünde bulundurulduğunda en düşük hava sıcaklığı değeri ocak ayının 6 7,8°C en yüksek hava sıcaklığı değeri ise ağustos ayının 3 noktasında 35°C olarak bulunmuştur. Aylara göre her bir noktada hava sıcaklığı değeri, 1 noktasında 11-32°C arasında, 2 noktasında 13,9-33°C arasında, 3 noktasında 12,8-35°C arasında, 4 noktasında 11,5-34°C arasında, 5 noktasında 11,4-29°C arasında, 6 noktasında 7,8-33°C arasında değişim göstermektedir (Tablo 41). Genel anlamda değerlendirildiğinde en düşük hava sıcaklığı değeri aralık ayında ve en yüksek hava sıcaklığı değeri ağustos ayında yoğunlaştığı görülmektedir (şekil 78). Nokta bazında yıl ortalaması olarak değerlendirildiğinde en yüksek hava sıcaklığı değeri 2 noktasında ve en düşük hava sıcaklığı değeri 5 noktasında bulunmuştur.

Tablo 41. amlıkaya HES ve Regülatörü rnekleme noktalarına ait sıcaklık değerleri(°C)

Nokta	Ock.	şub.	Mart	Nis.	May.	Haz.	Tem.	Ağus.	Eyl.	Ekim	Kas.	Aralık
1	11	16,8	15,2	31	24,5	31,2	25,3	32	17,2	13,7	18	10,3
2	15,3	19	16,8	31	23,5	30,2	26,3	33	21,5	15,1	16,5	13,9
3	12,8	18	17,8	31	25,3	30,5	26,5	35	21	14,2	16,5	15,9
4	13,2	16	9,8	31	22	26,5	27,3	34	20	14,2	16	11,5
5	13,2	15,4	11,4	28	22	27,3	28	29	21,3	13,5	17	12
6	7, 8	16, 1	8, 8	2 8	24,70	24,5	23,60	33,00	18,90	13,30	17	12,60
<b>Ortalama</b>	<b>13,1</b>	<b>17,04</b>	<b>14,2</b>	<b>30,4</b>	<b>23,66</b>	<b>28,36</b>	<b>26,16</b>	<b>32,66</b>	<b>19,98</b>	<b>14</b>	<b>16,83</b>	<b>12,7</b>

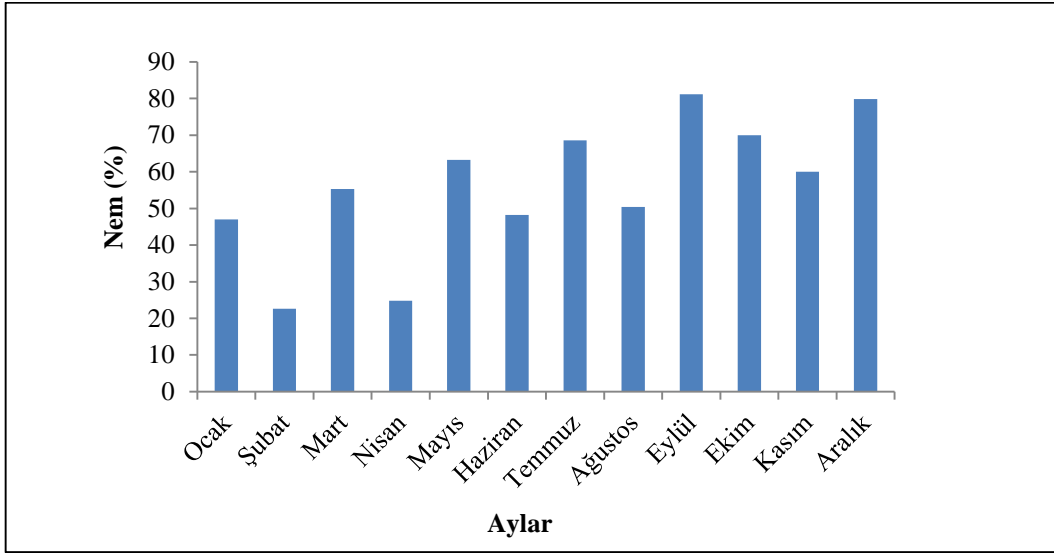


şekil 78. amlıkaya HES ve Regülatörü rnekleme noktalarına ait ortalama sıcaklık değerleri

Tablo 42 ve Şekil 79’da Çamlıkaya HES’in bulunduğu bölgeye ait hava nemi değerleri verilmiştir.

Tablo 42. Çamlıkaya HES ve Regülatörü örnekleme noktaları Nisbi nem değerleri (%)

Nokta	Ock.	Şub.	Mart	Nis.	May.	Haz.	Tem.	Ağus.	Eyl.	Ekim	Kas.	Aralık
Ç1	44,90	26,00	45,00	23,00	64,4	41,00	68,00	54,00	82,00	83	55	81,00
Ç2	31,30	20,00	45,00	23,00	60,90	44,00	65,60	48,00	80,00	75	59	87,00
Ç3	38,50	22,00	47,40	23,00	58,00	39,00	72,70	50,00	80,00	80	62	77,60
Ç4	52,00	21,60	85,00	23,00	67,00	48,00	65,00	46,70	74,00	60	58	81,00
Ç5	52,00	26,30	49,30	29,00	68,00	64,00	70,00	51,80	76,00	60	65	78,00
Ç6	63,00	20,00	60,00	28,00	62,50	53,00	70,00	51,80	95,00	61	60	74,50
<b>Ortalama</b>	<b>46,95</b>	<b>22,65</b>	<b>55,28</b>	<b>24,83</b>	<b>63,28</b>	<b>48,17</b>	<b>68,55</b>	<b>50,38</b>	<b>81,17</b>	<b>70</b>	<b>60</b>	<b>79,85</b>



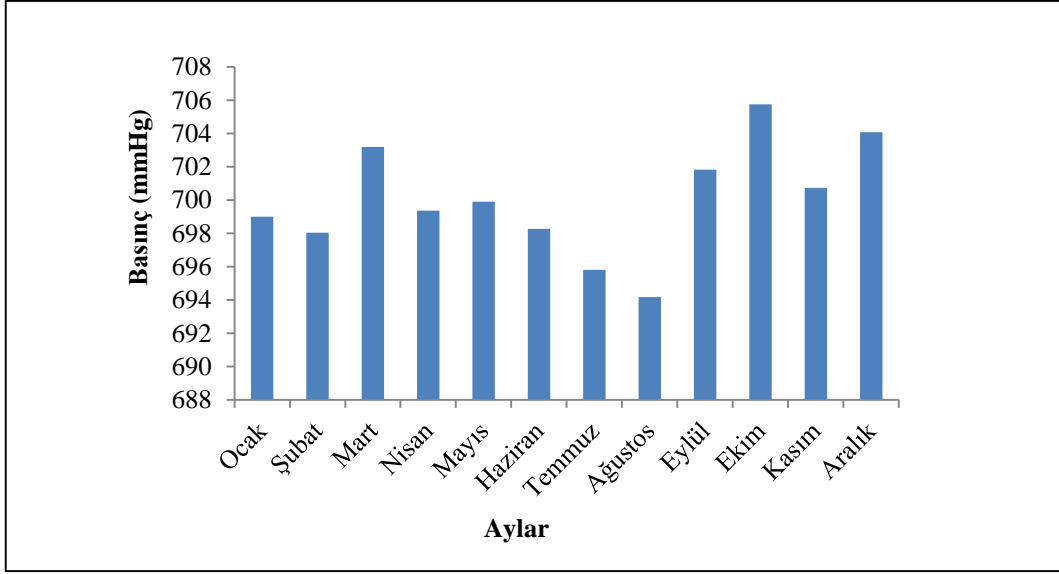
Şekil 79. Çamlıkaya HES ve Regülatörü aylık ortalama Nisbi nem değerleri

Tablo 43 ve Şekil 80’de Çamlıkaya HES’in bulunduğu bölgeye ait hava basıncı değerleri verilmiştir.

Tablo 43. Çamlıkaya HES ve Regülatörü örnekleme noktalarına ait basınç değerleri

Nokta	Ock.	Şub.	Mart	Nis.	May.	Haz.	Tem.	Ağus.	Eyl.	Ekim	Kas.	Aralık
Ç1	698,3	692,5	697,3	694,1	694,4	693,1	690,9	689,1	696,6	700,3	695,5	698,8
Ç2	692,8	692,8	697,5	694,4	694,4	693,1	690,9	689,1	696,6	700,4	695,4	698,8
Ç3	694,1	694,1	698,8	695,6	696,4	694,5	692,2	690,6	698	701,9	697	700,2
Ç4	702,3	702,3	708	703,6	704,2	702,1	699,1	698	705,9	709,8	704,7	708,2
Ç5	702,2	702,2	708,1	703,6	704,4	702,5	699,9	698	705,9	710	704,8	708,2
Ç6	704,4	704,4	709,5	704,9	705,7	704,4	701,8	700,3	708	712,2	707	710,3
<b>Ortalama</b>	<b>699</b>	<b>698,1</b>	<b>703,2</b>	<b>699,4</b>	<b>699,9</b>	<b>698,28</b>	<b>695,8</b>	<b>694,18</b>	<b>701,8</b>	<b>705,8</b>	<b>700,7</b>	<b>704,08</b>





Şekil 80. Çamlıkaya HES ve Regülatörü aylık ortalama basınç değerleri

### 3.2. İstatiksel Analizler

Çalışmamızda parametrelerin aylara ve noktalara göre aritmetik ortalama, en düşük ve en yüksek değerlerin gösterildiği betimsel istatistik ve iki değişken arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla korelasyon analizi yapılmıştır. Mevsimsel ve noktasal olarak değerlerimizde anlamlı farklılık olup olmadığını öğrenmek için tek yönlü varyans analizi ve hangi aylar arasında farklılıklar olduğunu görmek için duncan testi yapılmıştır. Ayrıca su kalitesi özellikleri açısından fark olup olmadığını belirlemek için eşleştirilmiş t testi (Paired Simple T Testi) kullanılmıştır.

#### 3.2.1. Su Kalitesi Özelliklerine Göre Korelasyon Analizi

Korelasyon analizi, iki değişken arasındaki doğrusal ilişkinin gücünü (derecesini) ve yönünü belirlemek için kullanılır. Korelasyon analizinde, korelasyon -1 ile +1 arasındaki ( $-1 < r < 1$ ) bir değer almaktadır. İki değişkenin her ikisi de aynı yönde değişim gösterirse aralarındaki ilişki pozitifdir ve korelasyon katsayısının işareti (+) olur. Değişkenlerden biri artarken diğeri azalıyorsa ilişki negatiftir ve korelasyon katsayısı (-) işaretlidir. Değişkenler arasında negatif yada pozitif yönde birlikte bir değişim yoksa bu durumda korelasyon katsayısı sıfırdır. Çalışmamızdaki su kalite özelliklerinin korelasyon analizleri Tablo 44-45'te gösterilmiştir.

Tablo 44. Arca HES ve Regülatörüne ait Korelasyon Matrisi

	Sıcaklık	pH	Eİ	ÇO	Klor	TDS	Tuzluluk	AKM
Sıcaklık	1							
pH	-0,230	1						
Eİ	0,686(**)	0,044	1					
ÇO	-0,595(**)	0,317(**)	-0,226	1				
Klor	0,427(**)	-0,483(**)	0,555(**)	-0,238(*)	1			
TDS	0,217	0,204	0,849(**)	0,172	0,470(**)	1		
Tuzluluk	0,183	0,227	0,829(**)	0,179	0,474(**)	0,984(**)	1	
AKM	-0,154	-0,104	-0,146	-0,124	-0,01	-0,094	-0,069	1

\*\* . 0.01 güven düzeyinde korelasyon vardır (2-yönlü).

\* . 0.05 güven düzeyinde korelasyon vardır (2-yönlü).

Örnek Sayısı = 72

Tablo 45. Çamlıkaya HES ve Regülatörüne ait Korelasyon Matrisi

	Sıcaklık	pH	Eİ	ÇO	Klor	TDS	Tuzluluk	AKM
Sıcaklık	1							
pH	-0,325(**)	1						
Eİ	0,602(**)	0,064	1					
ÇO	-0,648(**)	0,385(**)	-0,206	1				
Klor	0,479(**)	-0,117	0,725(**)	-0,209	1			
TDS	0,260(**)	0,258(*)	0,922(**)	0,105	0,648	1		
Tuzluluk	0,262(*)	0,260(**)	0,911(**)	0,133	0,624(**)	0,989(**)	1	
AKM	-0,322(**)	0,132	-0,470(**)	-0,142	-0,539(**)	-0,445(**)	-0,467(**)	1

\*\* . 0.01 güven düzeyinde korelasyon vardır (2-yönlü).

\* . 0.05 güven düzeyinde korelasyon vardır (2-yönlü).

Örnek Sayısı = 72

### 3.2.2. Mevsimlere Göre İstatiksel Analiz

#### 3.2.2.1. Arca HES Mevsimlere Göre Betimleyici İstatistik

Arca HES ve Regülatörüne ait su kalitesi özelliklerinin mevsimlere göre aritmetik ortalama, standart hata, standart sapma, maksimum ve minimum temel istatistiki değerleri Tablo 46'da verilmiştir.

Tablo 46. Arca HES ve Regülatörü mevsimlere göre betimleyici istatistik

		Örnek Sayısı	Aritmetik Ortalama	Standart Sapma	Standart Hata	%95 Güven Aralığı		Minimum	Maksimum
						Alt Sınır	Üst Sınır		
Sıcaklık	Kış	18	8,2	1,3	0,3	7,5	8,8	6,3	10,5
	İlkbahar	18	12,0	3,7	0,9	10,1	13,8	6,5	17,3
	Yaz	18	20,5	2,4	0,6	19,3	21,7	16,8	24,4
	Sonbahar	18	13,4	3,3	0,8	11,7	15,0	10,3	18,0
	Toplam	72	13,5	5,3	0,6	12,3	14,7	6,3	24,4
pH	Kış	18	8,7	0,3	0,1	8,5	8,8	8,1	9,1
	İlkbahar	18	8,6	0,3	0,1	8,5	8,7	8,0	8,9
	Yaz	18	8,6	0,2	0,0	8,5	8,7	8,3	8,9
	Sonbahar	18	8,4	0,2	0,1	8,3	8,5	8,0	8,9
	Toplam	72	8,5	0,3	0,0	8,5	8,6	8,0	9,1
EC.	Kış	18	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1
	İlkbahar	18	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1
	Yaz	18	0,2	0,0	0,0	0,1	0,2	0,1	0,2
	Sonbahar	18	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2
	Toplam	72	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2
ÇÖ.	Kış	18	11,1	1,8	0,4	10,2	12,0	8,7	14,1
	İlkbahar	18	8,3	1,3	0,3	7,7	8,9	5,8	10,0
	Yaz	18	8,3	1,3	0,3	7,7	8,9	6,4	9,9
	Sonbahar	18	9,1	0,8	0,2	8,7	9,5	7,8	10,1
	Toplam	72	9,2	1,8	0,2	8,8	9,6	5,8	14,1
Klor	Kış	18	9,8	8,1	1,9	5,8	13,8	3,7	28,5
	İlkbahar	18	4,0	2,3	0,5	2,9	5,2	0,8	9,3
	Yaz	18	15,2	3,8	0,9	13,3	17,1	6,9	20,4
	Sonbahar	18	19,3	3,5	0,8	17,5	21,0	14,9	26,4
	Toplam	72	12,1	7,5	0,9	10,3	13,8	0,8	28,5
TDS	Kış	18	110,2	10,1	2,4	105,2	115,2	89,7	123,5
	İlkbahar	18	77,1	19,1	4,5	67,6	86,5	51,4	109,2
	Yaz	18	113,8	20,2	4,8	103,8	123,9	81,3	141,0
	Sonbahar	18	105,5	7,4	1,7	101,8	109,1	93,0	121,6
	Toplam	72	101,6	20,9	2,5	96,7	106,5	51,4	141,0
Tuzluluk	Kış	18	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1
	İlkbahar	18	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,1
	Yaz	18	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1
	Sonbahar	18	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1
	Toplam	72	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,1
AKM	Kış	18	116,7	47,0	11,1	93,3	140,1	40,0	200,0
	İlkbahar	18	122,2	79,0	18,6	82,9	161,5	10,0	280,0
	Yaz	18	48,3	31,1	7,3	32,9	63,8	10,0	100,0
	Sonbahar	18	163,3	124,5	29,3	101,4	225,2	40,0	440,0
	Toplam	72	112,6	87,7	10,3	92,0	133,3	10,0	440,0

### 3.2.2.2. Arca HES ve Regülatörü Mevsimlere Göre Varyans Analizi

Tablo 47’de tek yönlü varyans analizi ile Arca HES ve Regülatörüne ait su kalitesi özelliklerinin mevsimlere göre değişim anlamlı farklılık olup olmadığı incelenmiştir. F büyüklüğü anlamlılık düzeyi hakkında fikir vermektedir. Bütün değerlerde mevsimsel olarak anlamlı farklılıklar bulunmuştur.

Tablo 47. Arca HES mevsimlere göre ortalamaların farklılığı için varyans analizi

		Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi (P)
Sıcaklık	Gruplar Arası	1442,263	3	480,754	61,582	0
	Gruplar İçi	530,86	68	7,807		
	Toplam	1973,124	71			
pH	Gruplar Arası	0,928	3	0,309	5,149	0,003
	Gruplar İçi	4,083	68	0,06		
	Toplam	5,011	71			
Elektriksel iletkenlik	Gruplar Arası	0,05	3	0,017	33,36	0
	Gruplar İçi	0,034	68	0		
	Toplam	0,084	71			
Çözünmüş Oksijen	Gruplar Arası	96,279	3	32,093	18,089	0
	Gruplar İçi	120,644	68	1,774		
	Toplam	216,923	71			
Klor	Gruplar Arası	2365,951	3	788,65	32,316	0
	Gruplar İçi	1659,469	68	24,404		
	Toplam	4025,42	71			
Çözünmüş Katı madde	Gruplar Arası	15133,462	3	5044,487	21,746	0
	Gruplar İçi	15774,346	68	231,976		
	Toplam	30907,808	71			
Tuzluluk	Gruplar Arası	0,008	3	0,003	21,393	0
	Gruplar İçi	0,009	68	0		
	Toplam	0,017	71			
Askıda katı Madde	Gruplar Arası	122637,50	3	40879,167	6,563	0,001
	Gruplar İçi	423561,11	68	6228,840		
	Toplam	546198,61	71			

### 3.2.2.3. Arca HES ve Regülatörü Mevsimlere Göre Duncan Testi

#### 3.2.2.3.1. Sıcaklık

Arca HES ve Regülatörünün bulunduğu bölgedeki sıcaklık değerlerinde duncan testine göre 3 farklı grup oluşmuştur. Kış mevsimi en düşük sıcaklık grubunda ve yaz

mevsimi ise en yüksek sıcaklık grubunda yer almıştır. İlkbahar ve sonbahar mevsimlerinde ölçülen değerler kendi aralarında homojen dağılmışlar ve aralarında farklılık göstermemişlerdir (Tablo 48).

Tablo 48. Arca HES ve Regülatörü mevsimlere göre sıcaklık değerleri duncan testi

Mevsimler	Örnek Sayısı	Alt Küme İçin alfa = 0.05		
		1	2	3
Kış	18	8,1611		
İlkbahar	18		11,9611	
Sonbahar	18		13,3578	
Yaz	18			20,5167
Sig.		1	0,1383	1

### 3.2.2.3.2. pH

Arca HES ve Regülatörünün bulunduğu bölgedeki pH değerlerinde duncan testine göre 2 farklı grup oluşmuştur. Sonbahar mevsimi en düşük pH grubunda ve kış, ilkbahar, yaz mevsimi ise en yüksek pH grubunda yer almıştır. Kış, ilkbahar ve yaz mevsiminde ölçülen değerler kendi aralarında homojen dağılmışlar ve aralarında farklılık göstermemişlerdir (Tablo 49).

Tablo 49. Arca HES ve Regülatörü mevsimlere göre pH değerleri duncan testi

Mevsimler	Örnek Sayısı	Alt Küme İçin alfa = 0.05	
		1	2
Sonbahar	18	8,3511	
Yaz	18		8,5683
İlkbahar	18		8,5828
Kış	18		8,6550
Sig.		1	0,3228

### 3.2.2.3.3. Elektriksel İletkenlik

Arca HES ve Regülatörünün bulunduğu bölgedeki elektriksel iletkenlik değerlerinde duncan testine göre 3 farklı grup oluşmuştur. İlkbahar mevsimi en düşük elektriksel iletkenlik değeri grubunda ve yaz mevsimi ise en yüksek elektriksel iletkenlik değeri

grubunda yer almıştır. Kış ve sonbahar mevsimlerinde ölçülen değerler kendi aralarında homojen dağılmışlar ve aralarında farklılık göstermemişlerdir (Tablo 50).

Tablo 50. Arca HES ve Regülatörü mevsimlere göre elektriksel iletkenlik değerleri duncan testi

Mevsimler	Örnek Sayısı	Alt Küme İçin alfa = 0.05		
		1	2	3
İlkbahar	18	0,0889		
Kış	18		0,1144	
Sonbahar	18		0,1250	
Yaz	18			0,1622
Sig.		1	0,1612	1

#### 3.2.2.3.4. Çözünmüş Oksijen

Arca HES ve Regülatörünün bulunduğu bölgedeki çözünmüş oksijen değerlerinde duncan testine göre 2 farklı grup oluşmuştur. İlkbahar, yaz, sonbahar mevsimi en düşük çözünmüş oksijen grubunda ve kış mevsimi ise en yüksek çözünmüş oksijen grubunda yer almıştır. İlkbahar, yaz ve sonbahar mevsiminde ölçülen değerler kendi aralarında homojen dağılmışlar ve aralarında farklılık göstermemişlerdir (Tablo 51).

Tablo 51. Arca HES ve Regülatörü mevsimlere göre çözünmüş oksijen duncan testi

Mevsimler	Örnek Sayısı	Alt Küme İçin alfa = 0.05	
		1	2
Yaz	18	8,2944	
İlkbahar	18	8,3167	
Sonbahar	18	9,0944	
Kış	18		11,1333
Sig.		0,0926	1

#### 3.2.2.3.5. Klor

Arca HES ve Regülatörünün bulunduğu bölgedeki klor değerlerinde duncan testine göre 4 farklı grup oluşmuştur. İlkbahar mevsimi en düşük klor grubunda ve sonbahar mevsimi ise en yüksek klor grubunda yer almıştır (Tablo 52).

Tablo 52. Arca HES ve Regülatörü mevsimlere göre klor değerleri duncan testi

Mevsimler	Örnek Sayısı	Alt Küme İçin alfa = 0.05			
		1	2	3	4
İlkbahar	18	4,0233			
Kış	18		9,8178		
Yaz	18			15,1678	
Sonbahar	18				19,2828
Sig.		1	1	1	1

### 3.2.2.3.6. Toplam Çözünmüş Katı Madde

Arca HES ve Regülatörünün bulunduğu bölgedeki çözünmüş katı madde değerlerinde duncan testine göre 2 farklı grup oluşmuştur. İlkbahar mevsiminde en düşük çözünmüş katı madde grubunda ve kış, yaz, sonbahar mevsimlerinde ise en yüksek çözünmüş katı madde grubunda yer almıştır. Kış, yaz, sonbahar mevsimlerinde ölçülen değerler kendi aralarında homojen dağılmışlar ve aralarında farklılık göstermemişlerdir (Tablo 53).

Tablo 53. Arca HES ve Regülatörü mevsimlere göre toplam çözünmüş katı madde değerleri duncan testi

Mevsimler	Örnek Sayısı	Alt Küme İçin alfa = 0.05	
		1	2
İlkbahar	18	77,0611	
Sonbahar	18		105,4611
Kış	18		110,1917
Yaz	18		113,8422
Sig.		1	0,1235

### 3.2.2.3.7. Tuzluluk

Arca HES ve Regülatörünün bulunduğu bölgedeki tuzluluk değerlerinde duncan testine göre 2 farklı grup oluşmuştur. İlkbahar mevsiminde en düşük tuzluluk grubunda ve kış, yaz, sonbahar mevsimlerinde ise en yüksek tuzluluk grubunda yer almıştır. Kış, yaz, sonbahar mevsimlerinde ölçülen değerler kendi aralarında homojen dağılmışlar ve aralarında farklılık göstermemişlerdir (Tablo 54).

Tablo 54. Arca HES ve Regülatörü mevsimlere göre tuzluluk değerleri duncan testi

Mevsimler	Örnek Sayısı	Alt Küme İçin alfa = 0.05	
		1	2
İlkbahar	18	0,0561	
Sonbahar	18		0,0772
Kış	18		0,0811
Yaz	18		0,0828
Sig.		1	0,1700

### 3.2.2.3.8. Askıda Katı Madde

Arca HES ve Regülatörünün bulunduğu bölgedeki askıda katı madde değerlerinde duncan testine göre 2 farklı grup oluşmuştur. Sonbahar mevsiminde en düşük askıda katı madde grubunda ve kış, ilkbahar, yaz mevsimlerinde ise en yüksek askıda katı madde grubunda yer almıştır. Kış, ilkbahar ve yaz mevsimlerinde ölçülen değerler kendi aralarında homojen dağılmışlar ve aralarında farklılık göstermemişlerdir (Tablo 55).

Tablo 55. Arca HES ve Regülatörü mevsimlere göre AKM değerleri duncan testi

Mevsimler	Örnek Sayısı	Alt Küme İçin alfa = 0.05	
		1	2
Sonbahar	18	48,3333	
Kış	18		116,6667
İlkbahar	18		122,2222
Yaz	18		163,3333
Sig.		1	0,0978

### 3.2.2.4. Çamlıkaya HES ve Regülatörü Mevsimlere Göre Betimleyici İstatistik

Çamlıkaya HES ve Regülatörüne ait su kalitesi özelliklerinin mevsimlere göre aritmetik ortalama, standart hata, standart sapma, maksimum ve minimum temel istatistikî değerleri Tablo 56'da verilmiştir.



Tablo 56 . Çamlıkaya HES ve Regülatörü Mevsime Göre Betimleyici İstatistik

		Örnek Sayısı	Aritmetik Ortalama	Standart Sapma	Standart Hata	%95 Güven Aralığı		Minimum	Maksimum
						Alt Sınır	Üst Sınır		
Sıcaklık	Kış	18	4,52	1,41	0,33	3,82	5,22	2,5	7
	İlkbahar	18	8,39	3,98	0,94	6,42	10,37	2,8	13,5
	Yaz	18	16,36	3,03	0,71	14,86	17,87	11	21,5
	Sonbahar	18	10,13	3,61	0,85	8,33	11,92	6,8	15,2
	Toplam	72	9,85	5,30	0,62	8,60	11,10	2,5	21,5
pH	Kış	18	8,54	0,46	0,11	8,31	8,77	7,6	9,22
	İlkbahar	18	8,39	0,22	0,05	8,28	8,51	8,06	8,95
	Yaz	18	8,23	0,26	0,06	8,10	8,36	7,86	9,02
	Sonbahar	18	8,24	0,53	0,13	7,97	8,50	7,55	9,68
	Toplam	72	8,35	0,40	0,05	8,26	8,45	7,55	9,68
EC	Kış	18	0,09	0,02	0,00	0,08	0,09	0,06	0,1
	İlkbahar	18	0,05	0,02	0,00	0,04	0,06	0,03	0,08
	Yaz	18	0,12	0,04	0,01	0,10	0,14	0,07	0,18
	Sonbahar	18	0,10	0,03	0,01	0,09	0,12	0,07	0,15
	Toplam	72	0,09	0,04	0,00	0,08	0,10	0,03	0,18
ÇO	Kış	18	11,39	1,72	0,41	10,54	12,25	9,1	13,7
	İlkbahar	18	8,52	1,43	0,34	7,81	9,23	5,5	9,7
	Yaz	18	8,37	1,60	0,38	7,58	9,17	6,2	10,9
	Sonbahar	18	8,60	1,09	0,26	8,06	9,14	6,8	9,9
	Toplam	72	9,22	1,92	0,23	8,77	9,67	5,5	13,7
Klor	Kış	18	6,41	2,04	0,48	5,40	7,42	3,6	10,5
	İlkbahar	18	3,01	2,04	0,48	2,00	4,02	0,25	5,85
	Yaz	18	10,60	3,60	0,85	8,81	12,39	3,6	15,85
	Sonbahar	18	12,43	2,80	0,66	11,03	13,82	6,4	17,5
	Toplam	72	8,11	4,54	0,53	7,05	9,18	0,25	17,5
TDS	Kış	18	90,68	22,09	5,21	79,69	101,66	57,2	110,5
	İlkbahar	18	48,39	15,44	3,64	40,71	56,06	28,6	67,6
	Yaz	18	93,90	24,72	5,83	81,61	106,19	61,75	130
	Sonbahar	18	91,51	19,63	4,63	81,75	101,27	65,65	118,3
	Toplam	72	81,12	27,86	3,28	74,57	87,66	28,6	130
Tuzluluk	Kış	18	0,07	0,02	0,00	0,06	0,08	0,04	0,08
	İlkbahar	18	0,04	0,01	0,00	0,03	0,04	0,02	0,05
	Yaz	18	0,07	0,02	0,00	0,06	0,08	0,05	0,09
	Sonbahar	18	0,07	0,01	0,00	0,06	0,07	0,05	0,09
	Toplam	72	0,06	0,02	0,00	0,05	0,06	0,02	0,09
AKM	Kış	18	124,44	59,92	14,12	94,65	154,24	10	220
	İlkbahar	18	171,67	79,06	18,63	132,35	210,98	40	350
	Yaz	18	73,33	40,87	9,63	53,01	93,66	10	170
	Sonbahar	18	107,22	52,78	12,44	80,97	133,47	20	270
	Toplam	72	119,17	68,54	8,08	103,06	135,27	10	350

### 3.2.2.5. amlıkaya HES ve Regülatörü Mevsimlere Göre Varyans Analizi

Tablo 57’de tek yönlü varyans analizi ile amlıkaya HES ve Regülatörüne ait su kalitesi özelliklerinin mevsimlere göre değişim anlamlı farklılık olup olmadığı incelenmiştir. F büyüklüğü anlamlılık düzeyi hakkında fikir vermektedir. pH değeri hariç bütün değerlerde mevsimsel olarak anlamlı farklılıklar bulunmuştur. Anlamlı farklılık çıkan su kalite özelliklerinde F değeri yüksek çıkmıştır.

Tablo 57. amlıkaya HES mevsime göre ortalamaların farklılığı için varyans analizi

		Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	nem Düzeyi (P)
Sıcaklık	Gruplar Arası	1314,627	3	438,209	43,812	0
	Gruplar İçi	680,133	68	10,002		
	Toplam	1994,76	71			
pH	Gruplar Arası	1,164	3	0,388	2,53	0,064
	Gruplar İçi	10,432	68	0,153		
	Toplam	11,596	71			
Elektriksel iletkenlik	Gruplar Arası	0,049	3	0,016	21,601	0
	Gruplar İçi	0,052	68	0,001		
	Toplam	0,101	71			
Çözünmüş Oksijen	Gruplar Arası	113,728	3	37,909	17,271	0
	Gruplar İçi	149,257	68	2,195		
	Toplam	262,984	71			
Klor	Gruplar Arası	966,817	3	322,272	44,259	0
	Gruplar İçi	495,137	68	7,281		
	Toplam	1461,954	71			
Çözünmüş Katı madde (TDS)	Gruplar Arası	25809,651	3	8603,217	19,977	0
	Gruplar İçi	29285,12	68	430,664		
	Toplam	55094,772	71			
Tuzluluk	Gruplar Arası	0,013	3	0,004	18,211	0
	Gruplar İçi	0,017	68	0		
	Toplam	0,03	71			
Askıda katı Madde	Gruplar Arası	90494,444	3	30164,815	8,439	0
	Gruplar İçi	243055,556	68	3574,346		
	Toplam	333550	71			

### 3.2.2.6. amlıkaya HES ve Regülatörü Mevsimlere Göre Duncan Testi

#### 3.2.2.6.1. Sıcaklık

amlıkaya HES ve Regülatörünün bulunduğu bölgedeki sıcaklık değerlerinde duncan testine göre 3 farklı grup oluşmuştur. Kış mevsimi en düşük sıcaklık grubunda ve yaz mevsimi ise en yüksek sıcaklık grubunda yer almıştır. İlkbahar ve sonbahar mevsimlerinde ölçülen değerler kendi aralarında homojen dağılmışlar ve aralarında farklılık göstermemişlerdir (Tablo 58).

Tablo 58. amlıkaya HES ve Regülatörü mevsimlere göre sıcaklık değerleri duncan testi

Mevsimler	rnek Sayısı	Alt Küme İçin alfa = 0.05		
		1	2	3
Kış	18	4,516667		
İlkbahar	18		8,394444	
Sonbahar	18		10,12778	
Yaz	18			16,36111
Sig.		1	0,105	1

#### 3.2.2.6.2. pH

amlıkaya HES ve Regülatörünün bulunduğu bölgedeki pH değerlerinde duncan testine göre 2 farklı grup oluşmuştur. Yaz ve sonbahar mevsimi en düşük pH grubunda, kış mevsimi en yüksek pH grubunda yer almıştır. İlkbahar mevsimi ise her iki grupta da yer almıştır. Yaz, ilkbahar ve sonbahar mevsiminde ölçülen değerler kendi aralarında homojen dağılmışlar ve aralarında farklılık göstermemişlerdir (Tablo 59). Kış ve ilkbahar mevsiminde ölçülen değerler de kendi aralarında homojen dağılmışlar ve aralarında farklılık göstermemişlerdir

Tablo 59. amlıkaya HES ve Regülatörü mevsimlere göre pH değerleri duncan testi

Mevsimler	rnek Sayısı	Alt Küme İçin alfa = 0.05	
		1	2
Yaz	18	8,2306	
Sonbahar	18	8,2378	
İlkbahar	18	8,3939	8,3939
Kış	18		8,5394
Sig.		0,243	0,269

### 3.2.2.6.3. Elektriksel İletkenlik

amlıkaya HES ve Regülatörünün bulunduğu bölgedeki elektriksel iletkenlik değerlerinde duncan testine göre 3 farklı grup oluşmuştur. İlkbahar mevsimi en düşük elektriksel iletkenlik değeri grubunda, yaz ve sonbahar mevsimi en yüksek elektriksel iletkenlik değeri grubunda yer almıştır. Kış mevsimi ise ikinci grupta yer almıştır. Yaz ve sonbahar mevsimlerinde llen değerler kendi aralarında homojen dağılmışlar ve aralarında farklılık göstermemişlerdir (Tablo 60).

Tablo 60. amlıkaya HES ve Regülatörü mevsimlere göre elektriksel iletkenlik değerleri duncan testi

Mevsimler	rnek Sayısı	Alt Küme İçin alfa = 0.05		
		1	2	3
İlkbahar	18	0,0511		
Kış	18		0,0856	
Sonbahar	18			0,1039
Yaz	18			0,1217
Sig.		1	1	0,0568

### 3.2.2.6.4. Çözünmüş Oksijen

amlıkaya HES ve Regülatörünün bulunduğu bölgedeki çözünmüş oksijen değerlerinde duncan testine göre 2 farklı grup oluşmuştur. İlkbahar, yaz, sonbahar mevsimi en düşük çözünmüş oksijen değeri grubunda ve kış mevsimi ise en yüksek çözünmüş oksijen değeri grubunda yer almıştır. İlkbahar, yaz ve sonbahar mevsiminde

ölçülen değerler kendi aralarında homojen dağılmışlar ve aralarında farklılık göstermemişlerdir (Tablo 61).

Tablo 61. Çamlıkaya HES ve Regülatörü mevsimlere göre çözünmüş oksijen değerleri duncan testi

Mevsimler	Örnek Sayısı	Alt Küme İçin alfa = 0.05	
		1	2
Yaz	18	8,3722	
İlkbahar	18	8,5222	
sonbahar	18	8,6000	
Kış	18		11,3944
Sig.		0,6677	1

### 3.2.2.6.5. Klor

Çamlıkaya HES ve Regülatörünün bulunduğu bölgedeki klor değerlerinde duncan testine göre 4 farklı grup oluşmuştur. İlkbahar mevsimi en düşük klor grubunda ve yaz mevsimi ise en yüksek klor grubunda yer almıştır (Tablo 62).

Tablo 62. Çamlıkaya HES ve Regülatörü mevsimlere göre klor değerleri duncan testi

Mevsimler	Örnek Sayısı	Alt Küme İçin alfa = 0.05			
		1	2	3	4
İlkbahar	18	3,0106			
Kış	18		6,4117		
Sonbahar	18			10,5989	
Yaz	18				12,4261
Sig.		1	1	1	1

### 3.2.2.6.6. Toplam Çözünmüş Katı Madde

Çamlıkaya HES ve Regülatörünün bulunduğu bölgedeki çözünmüş katı madde değerlerinde duncan testine göre 2 farklı grup oluşmuştur. İlkbahar mevsimi en düşük çözünmüş katı madde değeri grubunda ve kış, yaz, sonbahar mevsimleri ise en yüksek çözünmüş katı madde değeri grubunda yer almıştır. Kış, yaz, sonbahar mevsimlerinde

ölçülen değerler kendi aralarında homojen dağılmışlar ve aralarında farklılık göstermemişlerdir (Tablo 63).

Tablo 63. Çamlıkaya HES ve Regülatörü mevsimlere göre toplam çözünmüş katı madde değerleri duncan testi

Mevsimler	Örnek Sayısı	Alt Küme İçin alfa = 0.05	
		1	2
İlkbahar	18	48,3889	
Kış	18		90,6750
Sonbahar	18		91,5083
Yaz	18		93,9000
Sig.		1	0,6643

### 3.2.2.6.7. Tuzluluk

Çamlıkaya HES ve Regülatörünün bulunduğu bölgedeki tuzluluk değerlerinde duncan testine göre 2 farklı grup oluşmuştur. İlkbahar mevsimi en düşük tuzluluk grubunda ve kış, yaz, sonbahar mevsimleri ise en yüksek tuzluluk grubunda yer almıştır. Kış, yaz, sonbahar mevsimlerinde ölçülen değerler kendi aralarında homojen dağılmışlar ve aralarında farklılık göstermemişlerdir (Tablo 64).

Tablo 64. Çamlıkaya HES ve Regülatörü mevsimlere göre tuzluluk değerleri duncan testi

Mevsimler	Örnek Sayısı	Alt Küme İçin alfa = 0.05	
		1	2
İlkbahar	18	0,0361	
Kış	18		0,0661
Sonbahar	18		0,0661
Yaz	18		0,0700
Sig.		1	0,4879

### 3.2.2.6.8. Askıda Katı Madde

Çamlıkaya HES ve Regülatörünün bulunduğu bölgedeki askıda katı madde değerlerinde duncan testine göre 3 farklı grup oluşmuştur. Yaz mevsimi en düşük askıda katı madde değeri grubunda ve ilkbahar mevsimi en yüksek askıda katı madde değeri grubunda yer almıştır. Sonbahar mevsimi 1. ve 2. grupta, kış mevsimi ise 2. Grupta yer almıştır. Yaz ve sonbahar mevsimlerinde ölçülen değerler kendi aralarında homojen dağılmışlar ve aralarında farklılık göstermemişlerdir (Tablo 65). Sonbahar ve kış mevsimlerinde ölçülen değerler kendi aralarında homojen dağılmışlar ve aralarında farklılık göstermemişlerdir.

Tablo 65. Çamlıkaya HES ve Regülatörü mevsimlere göre askıda katı madde duncan testi

Mevsimler	Örnek Sayısı	Alt Küme İçin $\alpha = 0.05$		
		1	2	3
Yaz	18	73,3333		
Sonbahar	18	107,2222	107,2222	
Kış	18		124,4444	
İlkbahar	18			171,6667
Sig.		0,0936	0,3905	1

### 3.2.3. Örneklemeye Noktalarına Göre İstatistiksel Analiz

#### 3.2.3.1. Arca HES ve Regülatörü Örneklemeye Noktalarına Göre Betimleyici İstatistik

Arca HES ve Regülatörüne ait su kalitesi özelliklerinin noktalara göre aritmetik ortalama, standart hata, standart sapma, maksimum ve minimum temel istatistiksel değerleri Tablo 66'da verilmiştir.

Tablo 66. Arca HES ve Regülatörü örnekleme noktalarına göre betimleyici istatistik

		Örnek Sayısı	Aritmetik Ortalama	Standart Sapma	Standart Hata	%95 Güven Aralığı		Minimum	Maksimum
						Alt Sınır	Üst Sınır		
Sıcaklık	A1	12	13,1917	5,4388	1,5701	9,7360	16,6473	6,3	23,2
	A2	12	13,1167	5,5294	1,5962	9,6035	16,6299	6,5	23,6
	A3	12	12,9833	5,3134	1,5339	9,6073	16,3593	6,5	22,5
	A4	12	14,5833	5,3421	1,5421	11,1891	17,9775	6,8	24,4
	A5	12	13,1117	5,6275	1,6245	9,5361	16,6872	6,3	23,1
	A6	12	14,0083	5,3384	1,5411	10,6164	17,4002	6,9	23,9
	Toplam	72	13,4992	5,2717	0,6213	12,2604	14,7379	6,3	24,4
pH	A1	12	8,5083	0,2576	0,0744	8,3447	8,6720	8,04	8,82
	A2	12	8,5092	0,2321	0,0670	8,3617	8,6567	8,13	8,81
	A3	12	8,4625	0,2808	0,0811	8,2841	8,6409	8	8,9
	A4	12	8,6758	0,2916	0,0842	8,4906	8,8611	8,03	9,11
	A5	12	8,5042	0,2257	0,0652	8,3608	8,6476	8,2	8,83
	A6	12	8,5758	0,2982	0,0861	8,3864	8,7653	8,13	9,12
	Toplam	72	8,5393	0,2657	0,0313	8,4769	8,6017	8	9,12
Elektriksel İletkenlik	A1	12	0,1167	0,0365	0,0105	0,0935	0,1399	0,06	0,2
	A2	12	0,1167	0,0363	0,0105	0,0936	0,1397	0,06	0,2
	A3	12	0,1175	0,0362	0,0105	0,0945	0,1405	0,06	0,2
	A4	12	0,1342	0,0312	0,0090	0,1144	0,1540	0,09	0,21
	A5	12	0,1200	0,0357	0,0103	0,0973	0,1427	0,06	0,2
	A6	12	0,1308	0,0332	0,0096	0,1098	0,1519	0,09	0,21
	Toplam	72	0,1226	0,0344	0,0041	0,1146	0,1307	0,06	0,21
Çözünmüş Oksijen	A1	12	9,0667	1,7645	0,5094	7,9456	10,1878	6,7	13,2
	A2	12	8,9833	1,5730	0,4541	7,9839	9,9828	6,4	12,3
	A3	12	9,3500	1,7692	0,5107	8,2259	10,4741	6,8	13,5
	A4	12	9,1750	2,1325	0,6156	7,8201	10,5299	5,8	14,1
	A5	12	9,4583	1,7026	0,4915	8,3765	10,5401	6,9	13,6
	A6	12	9,2250	1,8405	0,5313	8,0556	10,3944	6,5	13,6
	Toplam	72	9,2097	1,7479	0,2060	8,7990	9,6205	5,8	14,1
Klor	A1	12	10,8492	6,5438	1,8890	6,6914	15,0069	0,9	19,03
	A2	12	11,8525	7,5257	2,1725	7,0709	16,6341	0,92	20,8
	A3	12	10,3633	6,2606	1,8073	6,3855	14,3411	0,84	19,4
	A4	12	14,0500	8,9086	2,5717	8,3898	19,7102	1,3	28,5
	A5	12	11,9608	7,2753	2,1002	7,3383	16,5833	1,7	20,78
	A6	12	13,3617	9,1672	2,6463	7,5371	19,1862	2,52	26,4
	Toplam	72	12,0729	7,5297	0,8874	10,3035	13,8423	0,84	28,5
Çözü. Katı Madde	A1	12	97,5542	21,6992	6,2640	83,7672	111,3412	52	130,65
	A2	12	97,9333	21,8295	6,3016	84,0635	111,8032	51,35	133,25
	A3	12	97,7708	22,2636	6,4269	83,6252	111,9164	51,35	133,25
	A4	12	108,7875	17,4931	5,0498	97,6729	119,9021	73,45	139,1
	A5	12	99,7292	22,4623	6,4843	85,4573	114,0010	51,35	136,6
	A6	12	108,0592	20,0497	5,7878	95,3202	120,7981	72,15	141,01
	Toplam	72	101,6390	20,8644	2,4589	96,7361	106,5419	51,35	141,01
Tuzluluk	A1	12	0,0708	0,0162	0,0047	0,0605	0,0811	0,04	0,1
	A2	12	0,0717	0,0159	0,0046	0,0616	0,0817	0,04	0,1
	A3	12	0,0725	0,0166	0,0048	0,0620	0,0830	0,04	0,1
	A4	12	0,0792	0,0138	0,0040	0,0704	0,0879	0,05	0,1
	A5	12	0,0733	0,0161	0,0047	0,0631	0,0836	0,04	0,1
	A6	12	0,0783	0,0153	0,0044	0,0686	0,0880	0,05	0,1
	Toplam	72	0,0743	0,0155	0,0018	0,0707	0,0779	0,04	0,1
Askıda Katı Madde	A1	12	112,5000	109,3057	31,5538	43,0505	181,9495	10	380
	A2	12	87,5000	85,6128	24,7143	33,1042	141,8958	10	280
	A3	12	112,5000	83,4620	24,0934	59,4708	165,5292	10	290
	A4	12	104,1667	53,8446	15,5436	69,9554	138,3779	20	210
	A5	12	108,3333	83,8650	24,2097	55,0481	161,6186	10	290
	A6	12	150,8333	105,3529	30,4128	83,8953	217,7714	40	440
	Toplam	72	112,6389	87,7094	10,3367	92,0282	133,2496	10	440



### 3.2.3.2. Arca HES ve Regülatörü Örnekleme Noktalarına Göre Varyans Analizi

Tablo 67’de tek yönlü varyans analizi ile Arca HES ve Regülatörüne ait su kalitesi özelliklerinin noktalara göre değişim anlamlı farklılık olup olmadığı incelenmiştir. F büyüklüğü anlamlılık düzeyi hakkında fikir vermektedir. Tabloya baktığımızda F değeri oldukça düşük çıkmıştır. Bütün noktalara bakıldığında anlamlı farklılıklar bulunamamıştır.

Tablo 67. Arca HES Örnekleme Noktalarına göre varyans analizi

		Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi (P)
Sıcaklık	Gruplar Arası	25,101	5	5,02	0,17	0,973
	Gruplar İçi	1948,022	66	29,515		
	Toplam	1973,124	71			
pH	Gruplar Arası	0,348	5	0,07	0,984	0,434
	Gruplar İçi	4,663	66	0,071		
	Toplam	5,011	71			
Elektriksel iletkenlik	Gruplar Arası	0,004	5	0,001	0,601	0,699
	Gruplar İçi	0,08	66	0,001		
	Toplam	0,084	71			
Çözünmüş Oksijen	Gruplar Arası	1,856	5	0,371	0,114	0,989
	Gruplar İçi	215,068	66	3,259		
	Toplam	216,923	71			
Klor	Gruplar Arası	120,613	5	24,123	0,408	0,842
	Gruplar İçi	3904,806	66	59,164		
	Toplam	4025,42	71			
Çözünmüş Katı madde	Gruplar Arası	1696,171	5	339,234	0,766	0,577
	Gruplar İçi	29211,637	66	442,601		
	Toplam	30907,808	71			
Tuzluluk	Gruplar Arası	0,001	5	0	0,616	0,688
	Gruplar İçi	0,016	66	0		
	Toplam	0,017	71			
Askıda katı Madde	Gruplar Arası	25211,111	5	5042,222	0,64	0,67
	Gruplar İçi	519633,33	66	7873,232		
	Toplam	544844,44	71			

### 3.2.3.3. Çamlıkaya HES ve Regülatörü Örnekleme Noktalarına Göre Betimleyici İstatistik

Çamlıkaya HES ve Regülatörüne ait su kalitesi özelliklerinin noktalara göre aritmetik ortalama, standart hata, standart sapma, maksimum ve minimum temel istatistiksel değerleri Tablo 68’de verilmiştir.

Tablo 68. Çamlıkaya HES ve Regülatörü örnekleme noktalarına göre betimleyici istatistik

	Örnek Sayısı	Aritmetik Ortalama	Standart Sapma	Standart Hata	%95 Güven Aralığı		Minimum	Maksimum	
					Alt Sınır	Üst Sınır			
Sıcaklık	Ç1	12	9,7917	5,0488	1,4574	6,5838	12,9995	3,1	18,4
	Ç2	12	9,7333	5,4808	1,5822	6,2510	13,2156	2,8	18,6
	Ç3	12	9,6417	5,3627	1,5481	6,2343	13,0490	2,6	17,8
	Ç4	12	10,4917	5,6925	1,6433	6,8748	14,1085	3,1	20,5
	Ç5	12	9,4333	5,4061	1,5606	5,9985	12,8682	2,5	18,1
	Ç6	12	10,0083	5,8900	1,7003	6,2660	13,7506	3,2	21,5
	Toplam	72	9,8500	5,3005	0,6247	8,6044	11,0956	2,5	21,5
pH	Ç1	12	8,3350	0,2359	0,0681	8,1851	8,4849	8,1	8,88
	Ç2	12	8,2883	0,2347	0,0678	8,1392	8,4375	7,94	8,77
	Ç3	12	8,2692	0,3205	0,0925	8,0655	8,4728	7,65	8,78
	Ç4	12	8,6408	0,3735	0,1078	8,4035	8,8782	8,17	9,25
	Ç5	12	8,1992	0,4746	0,1370	7,8976	8,5007	7,55	9,22
	Ç6	12	8,3700	0,5890	0,1700	7,9958	8,7442	7,6	9,68
	Toplam	72	8,3504	0,4041	0,0476	8,2555	8,4454	7,55	9,68
Elektriksel İletkenlik	Ç1	12	0,0900	0,0374	0,0108	0,0662	0,1138	0,03	0,16
	Ç2	12	0,0892	0,0373	0,0108	0,0655	0,1129	0,03	0,16
	Ç3	12	0,0883	0,0376	0,0109	0,0644	0,1122	0,03	0,16
	Ç4	12	0,0925	0,0393	0,0114	0,0675	0,1175	0,03	0,18
	Ç5	12	0,0908	0,0399	0,0115	0,0655	0,1162	0,03	0,16
	Ç6	12	0,0925	0,0422	0,0122	0,0657	0,1193	0,03	0,17
	Toplam	72	0,0906	0,0376	0,0044	0,0817	0,0994	0,03	0,18
Çözünmüş Oksijen	Ç1	12	9,1667	1,8495	0,5339	7,9916	10,3418	6,5	13,4
	Ç2	12	9,1417	1,8323	0,5289	7,9775	10,3058	6,2	13
	Ç3	12	9,5083	1,8347	0,5296	8,3426	10,6741	6,9	13,7
	Ç4	12	9,1417	1,9774	0,5708	7,8853	10,3980	6,4	13,4
	Ç5	12	9,1250	2,1810	0,6296	7,7393	10,5107	5,8	13,5
	Ç6	12	9,2500	2,2314	0,6441	7,8322	10,6678	5,5	13,6
	Toplam	72	9,2222	1,9246	0,2268	8,7700	9,6745	5,5	13,7
Klor	Ç1	12	7,5333	4,1850	1,2081	4,8743	10,1923	0,9	16,5
	Ç2	12	8,3900	5,3128	1,5337	5,0144	11,7656	0,28	17,5
	Ç3	12	7,2275	4,6609	1,3455	4,2661	10,1889	0,25	15,3
	Ç4	12	8,4608	4,3955	1,2689	5,6681	11,2536	0,47	15,26
	Ç5	12	8,1483	4,6194	1,3335	5,2133	11,0834	0,45	15,85
	Ç6	12	8,9108	4,7590	1,3738	5,8871	11,9346	0,5	14,95
	Toplam	72	8,1118	4,5377	0,5348	7,0455	9,1781	0,25	17,5
Çözü. Katı Madde	Ç1	12	80,8708	28,3348	8,1796	62,8677	98,8739	28,6	119,6
	Ç2	12	79,3583	28,1709	8,1323	61,4594	97,2573	28,6	118,95
	Ç3	12	79,2458	28,1908	8,1380	61,3343	97,1574	28,6	118,95
	Ç4	12	81,4125	27,3367	7,8914	64,0436	98,7814	30,55	130
	Ç5	12	82,0792	30,5989	8,8331	62,6376	101,5208	28,6	125
	Ç6	12	83,7417	30,2979	8,7463	64,4913	102,9921	29,9	120,25
	Toplam	72	81,1181	27,8565	3,2829	74,5721	87,6640	28,6	130
Tuzluluk	Ç1	12	0,0608	0,0207	0,0060	0,0477	0,0740	0,02	0,09
	Ç2	12	0,0592	0,0211	0,0061	0,0458	0,0726	0,02	0,09
	Ç3	12	0,0592	0,0211	0,0061	0,0458	0,0726	0,02	0,09
	Ç4	12	0,0567	0,0202	0,0058	0,0439	0,0695	0,02	0,09
	Ç5	12	0,0608	0,0223	0,0065	0,0466	0,0750	0,02	0,09
	Ç6	12	0,0608	0,0223	0,0065	0,0466	0,0750	0,02	0,09
	Toplam	72	0,0596	0,0206	0,0024	0,0547	0,0644	0,02	0,09
Askıda Katı Madde	Ç1	12	135,0000	53,1721	15,3495	101,2161	168,7839	80	250
	Ç2	12	103,3333	54,8276	15,8274	68,4976	138,1691	40	200
	Ç3	12	115,0000	55,1856	15,9307	79,9367	150,0633	30	230
	Ç4	12	150,0000	95,0598	27,4414	89,6019	210,3981	40	350
	Ç5	12	96,6667	74,6304	21,5439	49,2488	144,0846	10	250
	Ç6	12	115,0000	68,2908	19,7139	71,6101	158,3899	10	240
	Toplam	72	119,1667	68,5411	8,0777	103,0603	135,2730	10	350

### 3.2.3.4. Çamlıkaya HES ve Regülatörü Örnekleme Noktalarına Göre Varyans Analizi

Tablo 69’da tek yönlü varyans analizi ile Çamlıkaya HES ve Regülatörüne ait su kalitesi özelliklerinin noktalara göre değişim anlamlı farklılık olup olmadığı incelenmiştir. F büyüklüğü anlamlılık düzeyi hakkında fikir vermektedir. Tabloya baktığımızda F değeri oldukça düşük çıkmıştır. Bütün noktalara bakıldığında anlamlı farklılıklar bulunamamıştır.

Tablo 69. Çamlıkaya HES ve Regülatörü örnekleme noktalarına göre varyans analizi

		Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi (P)
Sıcaklık	Gruplar Arası	8,05	5	1,61	0,053	0,998
	Gruplar İçi	1986,71	66	30,102		
	Toplam	1994,76	71			
pH	Gruplar Arası	1,42	5	0,284	1,841	0,117
	Gruplar İçi	10,176	66	0,154		
	Toplam	11,596	71			
Elektriksel iletkenlik	Gruplar Arası	0	5	0	0,023	1
	Gruplar İçi	0,1	66	0,002		
	Toplam	0,101	71			
Çözülmüş Oksijen	Gruplar Arası	1,298	5	0,26	0,065	0,997
	Gruplar İçi	261,687	66	3,965		
	Toplam	262,984	71			
Klor	Gruplar Arası	23,467	5	4,693	0,215	0,955
	Gruplar İçi	1438,486	66	21,795		
	Toplam	1461,954	71			
Çözülmüş Katı madde	Gruplar Arası	174,681	5	34,936	0,042	0,999
	Gruplar İçi	54920,091	66	832,123		
	Toplam	55094,772	71			
Tuzluluk	Gruplar Arası	0	5	0	0,072	0,996
	Gruplar İçi	0,03	66	0		
	Toplam	0,03	71			
Askıda katı Madde	Gruplar Arası	23916,667	5	4783,333	1,02	0,413
	Gruplar İçi	309633,33	66	4691,414		
	Toplam	333550	71			

### 3.2.4. Eşleştirilmiş t Testi

#### 3.2.4.1. Arca HES ve Regülatörü Eşleştirilmiş t Testi İstatiksel Analiz

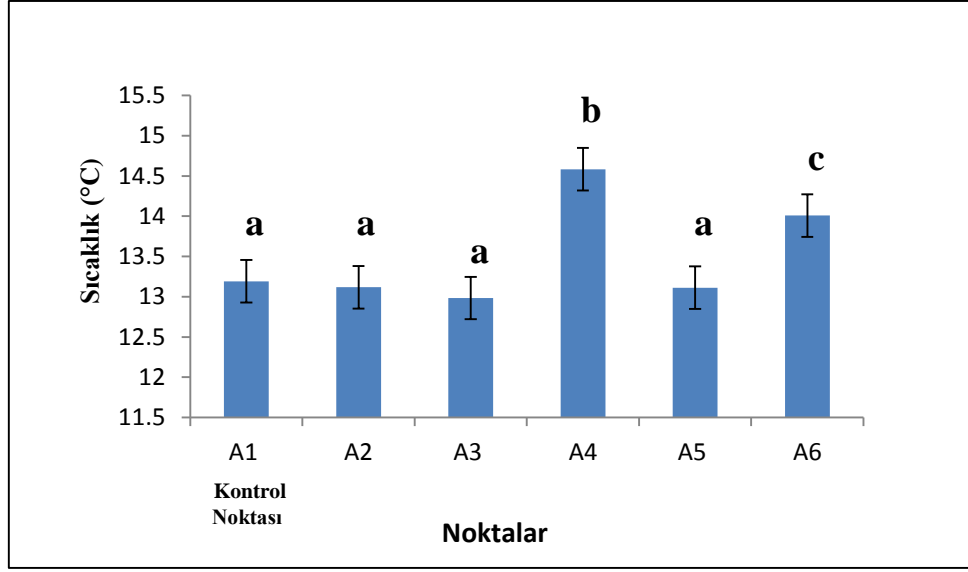
Nehir Tipi Arca HES'in su kalitesi üzerine etkisi olup olmadığını belirleyebilmek için veriler eşleştirilmiş t testi ile analiz edilmiştir. Bunun için Arca HES'in bulunduğu bölgede derenin HES'le temas etmeyen kontrol kısmı (A1) ile HES'in yapısından etkilenen diğer 5 (A2, A3,A4,A5 ve A6) nokta karşılaştırılarak istatiksel analiz uygulanmıştır.

##### 3.2.4.1.1. Sıcaklık

Arca HES'in bulunduğu bölgedeki örnekleme noktalarında sıcaklık değerleri bakımından A1 noktası kontrol noktası alındığında A1 ile A4 ve A6 noktaları arasında istatiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir (Tablo 70). A4 ve A6 noktalarında sıcaklık değerleri kontrol noktası olan A1 noktası ve diğer noktalara göre daha fazla çıkmıştır (Şekil 81).

Tablo 70. Arca HES ve Regülatörü sıcaklık değerleri t Testi Analizi

	Ortalama Farklılığı	Standart Sapma	Standart Hata	%95 Güven Aralığı		Test Değeri	Serbestlik derecesi	Önem Düzeyi (p)
				Alt Sınır	Üst Sınır			
A1 - A2	0,075	0,5276	0,1523	-0,2603	0,4103	0,492	11	0,632
A1 - A3	0,2083	0,5213	0,1505	-0,1229	0,5395	1,384	11	0,194
A1 - A4	-1,3917	0,8847	0,2554	-1,9538	-0,8296	-5,449	11	0
A1 - A5	0,08	0,5038	0,1455	-0,2404	0,4002	0,55	11	0,593
A1 - A6	-0,8167	0,7334	0,2117	-1,2827	-0,3507	-3,857	11	0,003



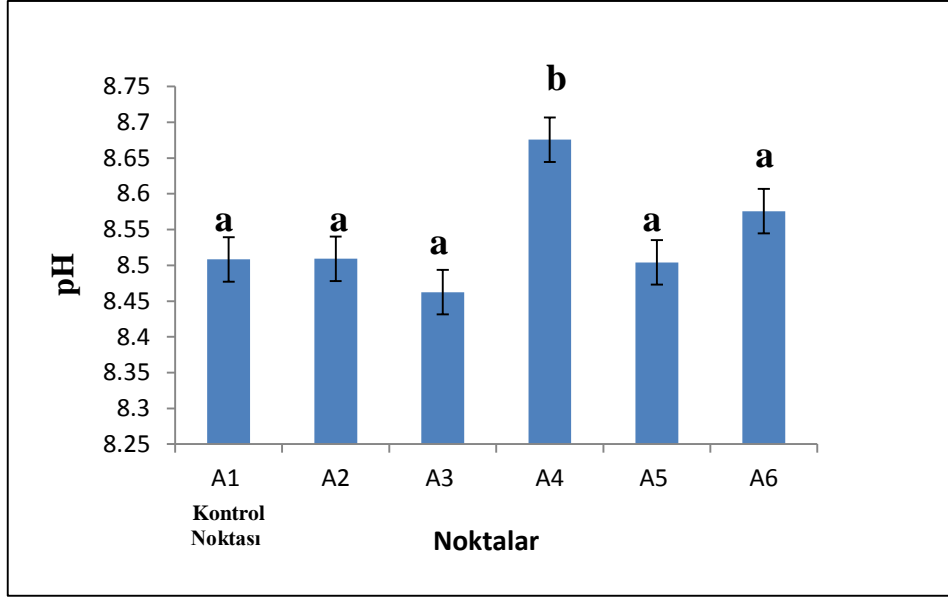
Şekil 81. Arca HES ve Regülatörü ortalama sıcaklık değerlerinin eşleştirilmiş t testi ile karşılaştırılması

### 3.2.4.1.2. pH

Arca HES'in bulunduğu bölgedeki örnekleme noktalarında pH değerleri bakımından A1 noktası kontrol noktası alındığında A1 ile A4 istatistiksel olarak önemli bir farklılık tespit edilmiştir (Tablo 71). A4 noktasında pH değeri diğer noktalara göre daha fazla çıkmıştır (Şekil 82).

Tablo 71. Arca HES ve Regülatörü pH değerleri t Testi Analizi

	Ortalama Farklılığı	Standart Sapma	Standart Hata	%95 Güven Aralığı		Test Değeri	Serbestlik derecesi	Önem Düzeyi (p)
				Alt Sınır	Üst Sınır			
A1 - A2	-0,0008	0,028	-0,0625	-0,2602	0,0608	-0,0297	11	0,9768
A1 - A3	0,0458	0,102	-0,1793	-0,1228	0,2709	0,4480	11	0,6628
A1 - A4	-0,1675	0,044	-0,2638	-1,9537	-0,0711	-3,8272	11	0,0028
A1 - A5	0,0041	0,032	-0,0666	-0,2401	0,0749	0,1295	11	0,8992
A1 - A6	-0,0675	0,04	-0,1544	-1,2826	0,0194	-1,7085	11	0,1155



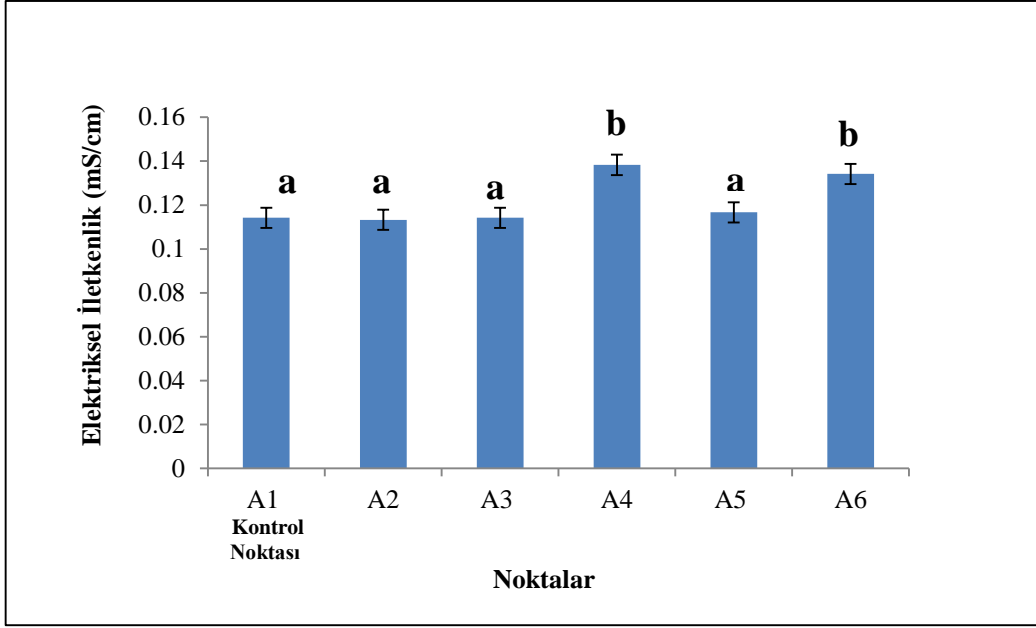
Şekil 82. Arca HES ve Regülatörü ortalama pH değerlerinin eşleştirilmiş t testi ile karşılaştırılması

### 3.2.4.1.3. Elektriksel İletkenlik

Arca HES'in bulunduğu bölgedeki örnekleme noktalarında elektriksel iletkenlik değerleri bakımından A1 noktası kontrol noktası alındığında A1 ile A4 ve A6 arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir (Tablo 72). Bu noktalardaki elektriksel iletkenlik değeri diğer noktalara oranla daha yüksek çıkmıştır (Şekil 83).

Tablo 72. Arca HES ve Regülatörü elektriksel iletkenlik değerleri t Testi Analizi

	Ortalama Farklılığı	Standart Sapma	Standart Hata	%95 Güven Aralığı		Test Değeri	Serbestlik derecesi	Önem Düzeyi (p)
				Alt Sınır	Üst Sınır			
A1 - A2	0,0008	0,005	0,0015	-0,0024	0,0041	0,5606	11	0,5863
A1 - A3	0	0,006	0,0017	-0,0038	0,0038	0	11	1
A1 - A4	-0,0241	0,025	0,0073	-0,0403	-0,0080	-3,2971	11	0,0071
A1 - A5	-0,0025	0,008	0,0022	-0,0073	0,0023	-1,1489	11	0,2749
A1 - A6	-0,02	0,027	0,0078	-0,0374	-0,0027	-2,5375	11	0,0276



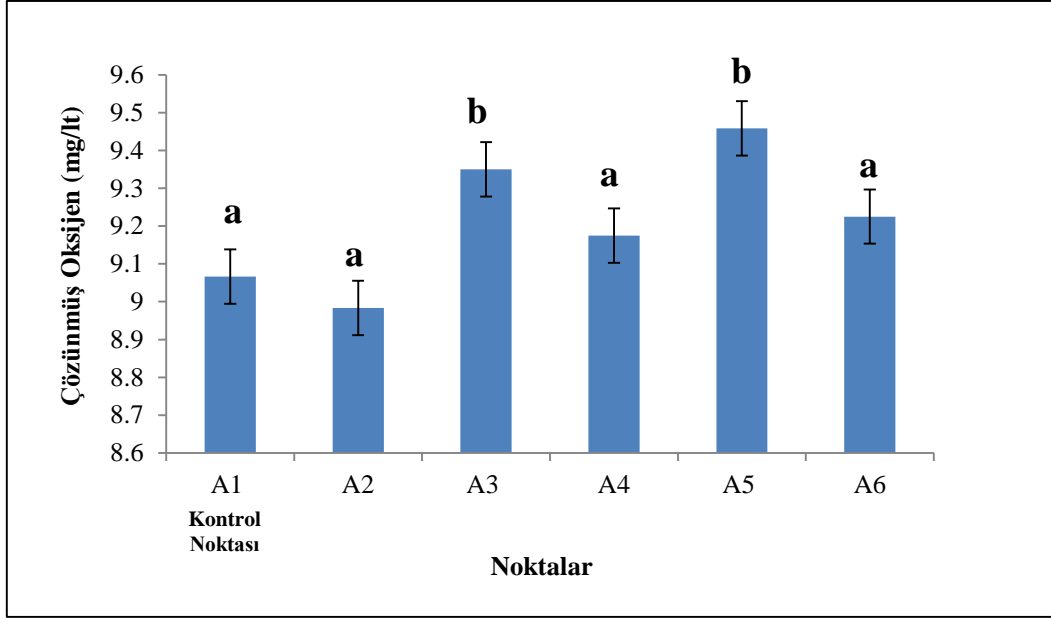
Şekil 83. Arca HES ve Regülatörü ortalama elektriksel iletkenlik değerlerinin eşleştirilmiş t testi ile karşılaştırılması

#### 3.2.4.1.4. Çözünmüş Oksijen

Arca HES'in bulunduğu bölgedeki örnekleme noktalarında çözünmüş oksijen değerleri bakımından A1 noktası kontrol noktası alındığında A1 ile A3 ve A5 noktaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir (Tablo 73). Bu noktalardaki çözünmüş oksijen değeri diğer noktalara oranla daha yüksek çıkmıştır (Şekil 84).

Tablo 73. Arca HES ve Regülatörü çözünmüş oksijen değerleri t Testi Analizi

	Ortalama Farklılığı	Standart Sapma	Standart Hata	%95 Güven Aralığı		Test Değeri	Serbestlik derecesi	Önem Düzeyi (p)
				Alt Sınır	Üst Sınır			
A1 - A2	0,0833	0,3857	0,1114	-0,1617	0,3284	0,7484	11	0,4699
A1 - A3	-0,2833	0,2757	0,0796	-0,4586	-0,1081	-3,5588	11	0,0044
A1 - A4	-0,1083	0,6708	0,1936	-0,5345	0,3179	-0,5594	11	0,587
A1 - A5	-0,3917	0,3029	0,0874	-0,5841	-0,1992	-4,4794	11	0,0009
A1 - A6	-0,1583	0,3605	0,1041	-0,3873	0,0707	-1,5217	11	0,1563



Şekil 84. Arca HES ve Regülatörü ortalama çözünmüş oksijen değerlerinin eşleştirilmiş t testi ile karşılaştırılması

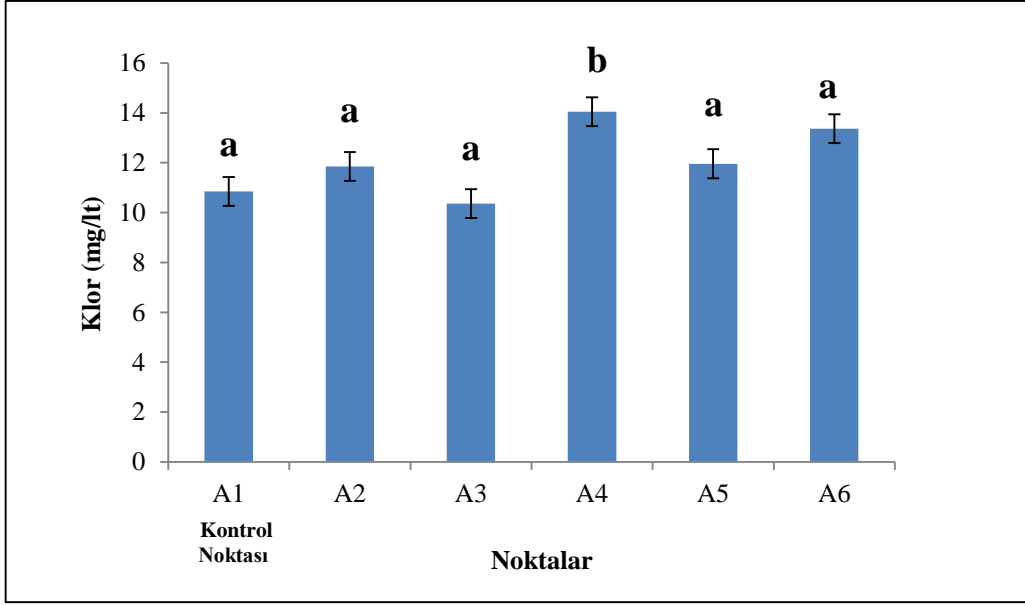
### 3.2.4.1.5. Klor

Arca HES'in bulunduğu bölgedeki örnekleme noktalarında klor değerleri bakımından A1 noktası kontrol noktası alındığında A1 ile sadece A4 noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir (Tablo 74). A4 ve A6'da klor değeri diğer noktalara oranla daha yüksek çıkmıştır (Şekil 85).

Tablo 74. Arca HES ve Regülatörü klor değerleri t Testi Analizi

	Ortalama Farklılığı	Standart Sapma	Standart Hata	%95 Güven Aralığı		Test Değeri	Serbestlik derecesi	Önem Düzeyi (p)
				Alt Sınır	Üst Sınır			
A1 - A2	-1,0033	1,8475	0,5333	-2,1772	0,1705	-1,8813	11	0,0867
A1 - A3	0,4858	1,9808	0,5718	-0,7727	1,7444	0,8496	11	0,4136
A1 - A4	-3,2008	4,0603	1,1721	-5,7806	-0,6211	-2,7308	11	0,0195
A1 - A5	-1,1117	2,0328	0,5868	-2,4033	0,1799	-1,8944	11	0,0848
A1 - A6	-2,5125	4,5315	1,3081	-5,3917	0,3666	-1,9206	11	0,0811





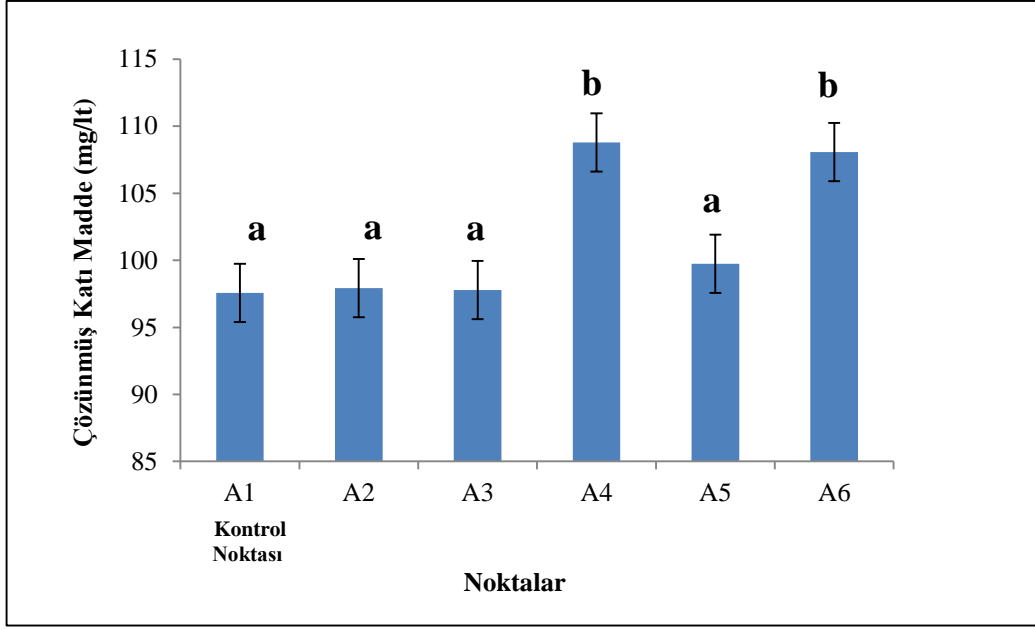
Şekil 85. Arca HES ve Regülatörü ortalama klor değerlerinin eşleştirilmiş t testi ile karşılaştırılması

### 3.2.4.1.6. Toplam Çözünmüş Katı Madde

Arca HES'in bulunduğu bölgedeki örnekleme noktalarında çözünmüş katı madde değerleri bakımından A1 noktası kontrol noktası alındığında A1 ile A4 ve A6 noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir (Tablo 75). A4 ve A6'da toplam çözünmüş katı madde değeri diğer noktalara oranla daha yüksek çıkmıştır (Şekil 86).

Tablo 75. Arca HES ve Regülatörü çözünmüş katı madde değerleri t Testi Analizi

	Ortalama Farklılığı	Standart Sapma	Standart Hata	%95 Güven Aralığı		Test Değeri	Serbestlik derecesi	Önem Düzeyi (p)
				Alt Sınır	Üst Sınır			
A1 - A2	-0,375	3,2419	0,9359	-2,4348	1,6848	-0,4007	11	0,6963
A1 - A3	-0,2167	4,1818	1,2072	-2,8737	2,4403	-0,1795	11	0,8608
A1 - A4	-11,2292	6,6673	1,9247	-15,4654	-6,9929	-5,8343	11	0,0001
A1 - A5	-2,1792	4,8851	1,4102	-5,2829	0,9246	-1,5453	11	0,1505
A1 - A6	-10,5133	7,835	2,2618	-15,4915	-5,5352	-4,6483	11	0,0007



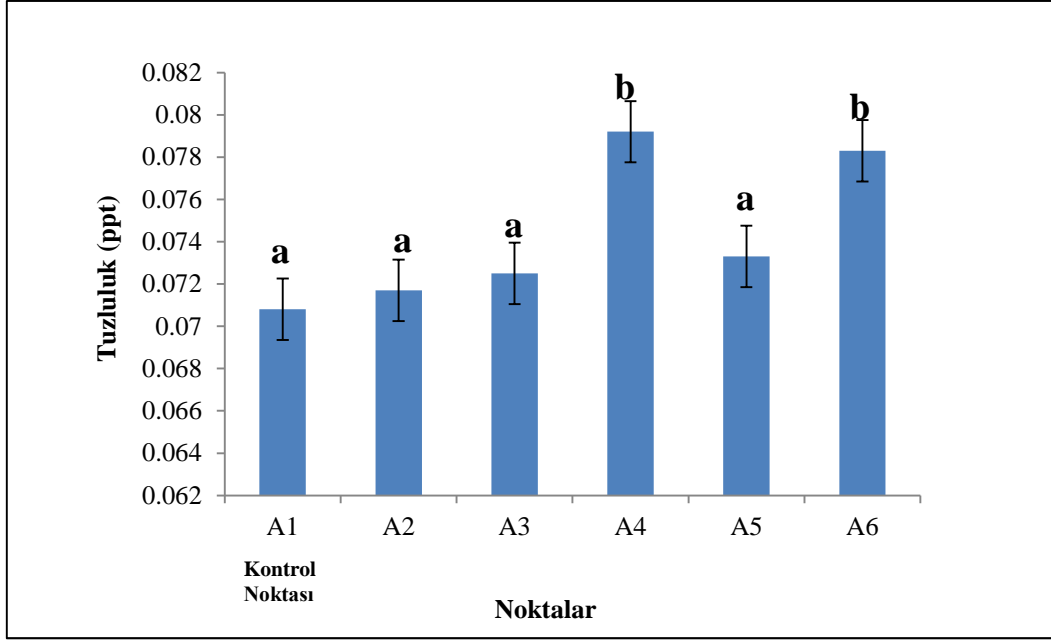
Şekil 86. Arca HES ve Regülatörü ortalama toplam çözünmüş katı madde değerlerinin eşleştirilmiş t testi ile karşılaştırılması

### 3.2.4.1.7. Tuzluluk

Arca HES'in bulunduğu bölgedeki örnekleme noktalarında tuzluluk değerleri bakımından A1 noktası kontrol noktası alındığında A1 ile A4 ve A6 noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir (Tablo 76). A4 ve A6'da klor değeri diğer noktalara oranla daha yüksek çıkmıştır (Şekil 87).

Tablo 76. Arca HES ve Regülatörü tuzluluk değerleri t Testi Analizi

	Ortalama Farklılığı	Standart Sapma	Standart Hata	%95 Güven Aralığı		Test Değeri	Serbestlik derecesi	Önem Düzeyi (p)
				Alt Sınır	Üst Sınır			
A1 - A2	-0,0008	0,0052	0,0015	-0,0041	0,0024	-0,5606	11	0,5863
A1 - A3	-0,0017	0,0057	0,0017	-0,0053	0,0020	-1	11	0,3388
A1 - A4	-0,0083	0,0039	0,0011	-0,0108	-0,0059	-7,4162	11	0
A1 - A5	-0,0025	0,0062	0,0018	-0,0064	0,0014	-1,3933	11	0,1911
A1 - A6	-0,0075	0,0075	0,0022	-0,0123	-0,0027	-3,4467	11	0,0055



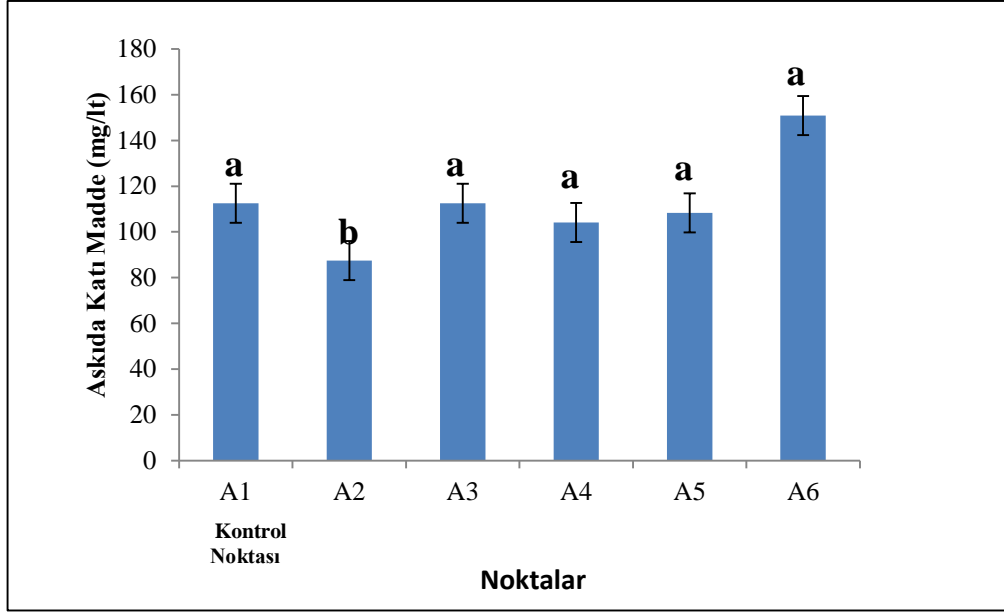
Şekil 87. Arca HES ve Regülatörü ortalama tuzluluk değerlerinin eşleştirilmiş t testi ile karşılaştırılması

### 3.2.4.1.8. Askıda Katı Madde

Arca HES'in bulunduğu bölgedeki örnekleme noktalarında askıda katı madde değerleri bakımından A1 noktası kontrol noktası alındığında A1 ile A2 noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir. En yüksek askıda katı madde miktarı A6 noktasında çıkmıştır (Tablo 77). Ç2 ve A2 noktalarında askıda katı madde miktarı değeri burada ilk noktaya göre daha az çıkmıştır (Şekil 88).

Tablo 77. Arca HES ve Regülatörü askıda katı madde değerleri t Testi Analizi

	Ortalama Farklılığı	Standart Sapma	Standart Hata	%95 Güven Aralığı		Test Değeri	Serbestlik derecesi	Önem Düzeyi (p)
				Alt Sınır	Üst Sınır			
A1 - A2	25	38,9639	11,2479	0,2436	49,7565	2,2226	11	0,0481
A1 - A3	0	51,6984	14,9241	-32,8476	32,8476	0	11	1
A1 - A4	8,3333	92,7198	26,7659	-50,578	67,2447	0,3113	11	0,7614
A1 - A5	4,1667	71,1539	20,5404	-41,0424	49,3757	0,2029	11	0,8429
A1 - A6	-38,3333	73,4641	21,2073	-85,0102	8,3435	-1,8076	11	0,0981



Şekil 88. Arca HES ve Regülatörü ortalama askıda katı madde değerlerinin eşleştirilmiş t testi ile karşılaştırılması

### 3.2.4.2. Çamlıkaya HES ve Regülatörü Eşleştirilmiş t Testi İstatiksel Analiz

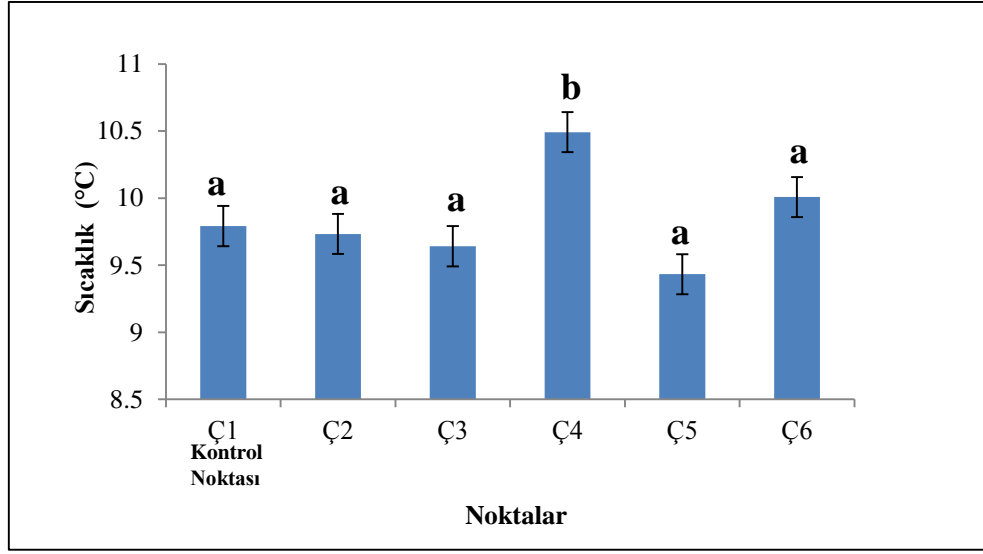
Nehir Tipi Çamlıkaya HES'in su kalitesi üzerine etkisi olup olmadığını belirleyebilmek için veriler eşleştirilmiş t testi ile analiz edilmiştir. Bunun için Çamlıkaya HES'in bulunduğu bölgede derenin HES'le temas etmeyen kontrol kısmı (Ç1) ile HES'in yapısından etkilenen diğer 5 (Ç2, Ç3, Ç4, Ç5 ve Ç6) nokta karşılaştırılarak istatistiksel analiz uygulanmıştır.

#### 3.2.4.2.1. Sıcaklık

Çamlıkaya HES'in bulunduğu bölgedeki örnekleme noktalarında sıcaklık değerleri bakımından Ç1 noktası kontrol noktası alındığında; Ç1 ile sadece Ç4 noktası arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık tespit edilmiştir (Tablo 78). Ç4 noktalarında sıcaklık değerleri kontrol noktası olan Ç1 noktası ve diğer noktalara göre daha fazla çıkmıştır (Şekil 89).

Tablo 78. Çamlıkaya HES ve Regülatörü sıcaklık değerleri t Testi Analizi

	Ortalama Farklılığı	Standart Sapma	Standart Hata	%95 Güven Aralığı		Test Değeri	Serbestlik derecesi	Önem Düzeyi (p)
				Alt Sınır	Üst Sınır			
Ç1 - Ç2	0,0583	0,7668	0,2213	-0,4289	0,5455	0,263	11	0,797
Ç1 - Ç3	0,15	0,8185	0,2362	-0,3700	0,6700	0,635	11	0,539
Ç1 - Ç4	-0,7	0,9254	0,2671	-1,2879	-0,1120	-2,62	11	0,024
Ç1 - Ç5	0,3583	1,1735	0,3387	-0,3873	1,1039	1,058	11	0,313
Ç1 - Ç6	-0,2166	1,3763	0,3973	-1,0911	0,6578	-0,545	11	0,596



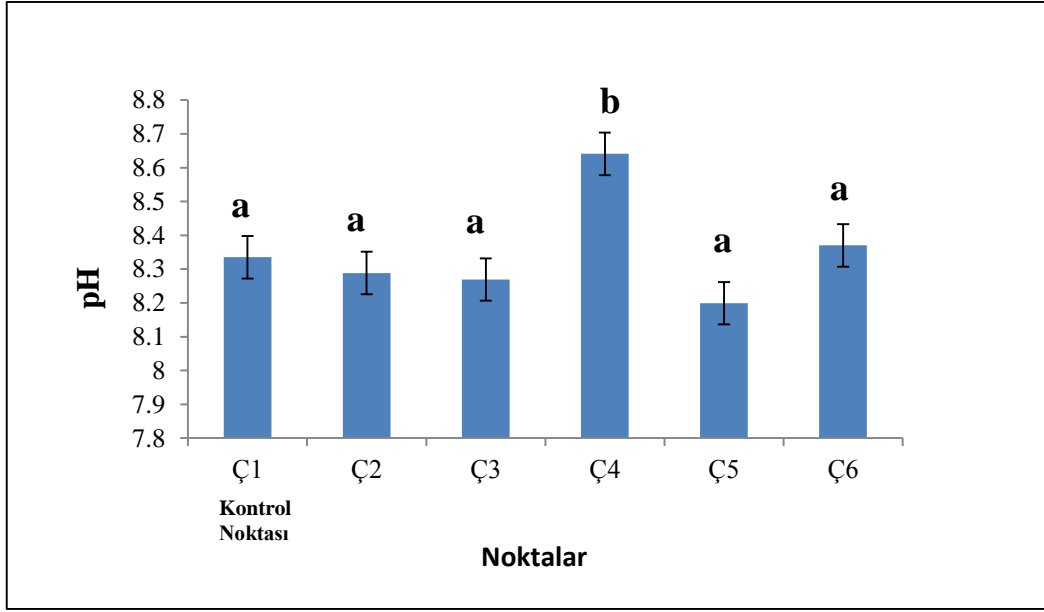
Şekil 89. Çamlıkaya HES ve Regülatörü ortalama sıcaklık değerlerinin eşleştirilmiş t testi ile karşılaştırılması

### 3.2.4.2.2. pH

Çamlıkaya HES'te bulunduğu bölgedeki örnekleme noktalarında pH değerleri bakımından Ç1 noktası kontrol noktası alındığında; Ç1 ile sadece Ç4 noktası arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık tespit edilmiştir (Tablo 79). Ç4 noktasında pH değeri diğer noktalara oranla daha yüksek bulunmuştur (Şekil 90).

Tablo 79. Çamlıkaya HES ve Regülatörü pH değerleri t Testi Analizi

	Ortalama Farklılığı	Standart Sapma	Standart Hata	%95 Güven Aralığı		Test Değeri	Serbestlik derecesi	Önem Düzeyi (p<0,05)
				Alt Sınır	Üst Sınır			
Ç1 - Ç2	0,0467	0,1156	0,0334	-0,0268	0,1201	1,3981	11	0,1896
Ç1 - Ç3	0,0658	0,2447	0,0706	-0,0896	0,2213	0,9321	11	0,3713
Ç1 - Ç4	-0,3058	0,3742	0,1080	-0,5436	-0,0680	-2,8312	11	0,0163
Ç1 - Ç5	0,1358	0,3335	0,0963	-0,0760	0,3477	1,4111	11	0,1857
Ç1 - Ç6	-0,035	0,5144	0,1485	-0,3619	0,2918	-0,2355	11	0,8180



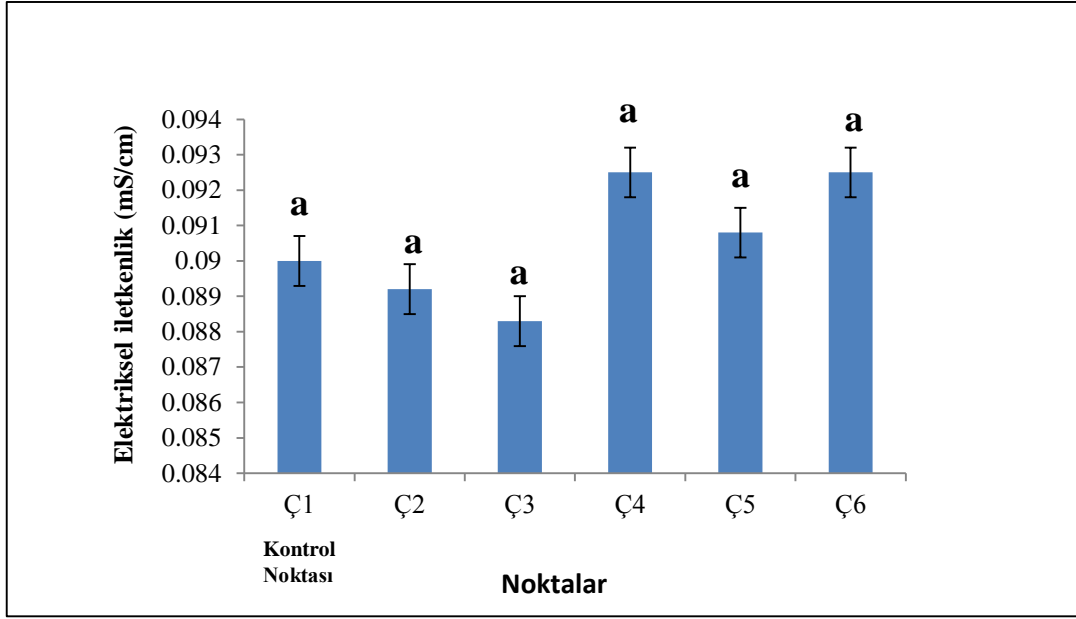
Şekil 90. Çamlıkaya HES ve Regülatörü ortalama pH değerlerinin eşleştirilmiş t testi ile karşılaştırılması

### 3.2.4.2.3. Elektriksel İletkenlik

Çamlıkaya HES'in bulunduğu bölgedeki örnekleme noktalarında elektriksel iletkenlik değerleri bakımından Ç1 noktası kontrol noktası alındığında; noktalar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir (Tablo 80). Fakat Ç4 ve Ç6 noktalarında elektriksel iletkenlik değeri diğer noktalara göre daha fazla çıkmıştır (Şekil 91).

Tablo 80. Çamlıkaya HES ve Regülatörü elektriksel iletkenlik değerleri t Testi Analizi

	Ortalama Farklılığı	Standart Sapma	Standart Hata	%95 Güven Aralığı		Test Değeri	Serbestlik derecesi	Önem Düzeyi (p<0,05)
				Alt Sınır	Üst Sınır			
Ç1 - Ç2	0,0008	0,0028	0,0008	-0,001	0,0027	1	11	0,3388
Ç1 - Ç3	0,0017	0,0039	0,0011	-0,0008	0,0041	1,4832	11	0,1661
Ç1 - Ç4	-0,0025	0,0105	0,0031	-0,0092	0,0042	-0,8207	11	0,4293
Ç1 - Ç5	-0,0008	0,0052	0,0015	-0,0041	0,0024	-0,5606	11	0,5863
Ç1 - Ç6	-0,0025	0,0087	0,0025	-0,008	0,0030	-1	11	0,3388



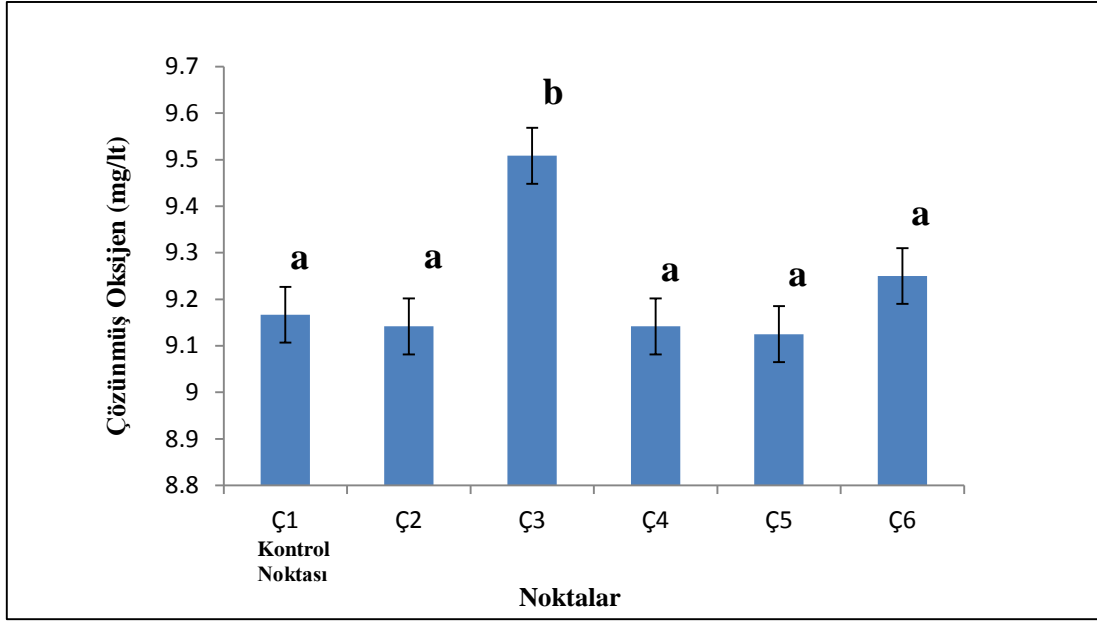
Şekil 91. Çamlıkaya HES ve Regülatörü ortalama elektriksel iletkenlik değerlerinin eşleştirilmiş t testi ile karşılaştırılması

#### 3.2.4.2.4. Çözünmüş Oksijen

Çamlıkaya HES'in bulunduğu bölgedeki örnekleme noktalarında çözünmüş oksijen değerleri bakımından Ç1 noktası kontrol noktası alındığında; Ç1 noktası ile Ç4 noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmuştur (Tablo 81). Ç3'teki çözünmüş oksijen değeri diğer noktalara göre daha yüksek çıkmıştır (Şekil 92).

Tablo 81. Çamlıkaya HES ve Regülatörü çözülmüş oksijen değerleri t Testi Analizi

	Ortalama Farklılığı	Standart Sapma	Standart Hata	%95 Güven Aralığı		Test Değeri	Serbestlik derecesi	Önem Düzeyi (p)
				Alt Sınır	Üst Sınır			
Ç1 - Ç2	0,025	0,4070	0,1175	-0,2336	0,2836	0,2127	11	0,8354
Ç1 - Ç3	-0,3417	0,2811	0,0811	-0,5203	-0,1630	-4,2105	11	0,0015
Ç1 - Ç4	0,025	0,4309	0,1244	-0,2488	0,2987	0,2009	11	0,8443
Ç1 - Ç5	0,0417	0,5759	0,1662	-0,3243	0,4076	0,2505	11	0,8067
Ç1 - Ç6	-0,0833	0,7107	0,2052	-0,5349	0,3682	-0,4065	11	0,6924



Şekil 92. Çamlıkaya HES ve Regülatörü ortalama çözülmüş oksijen değerlerinin eşleştirilmiş t testi ile karşılaştırılması

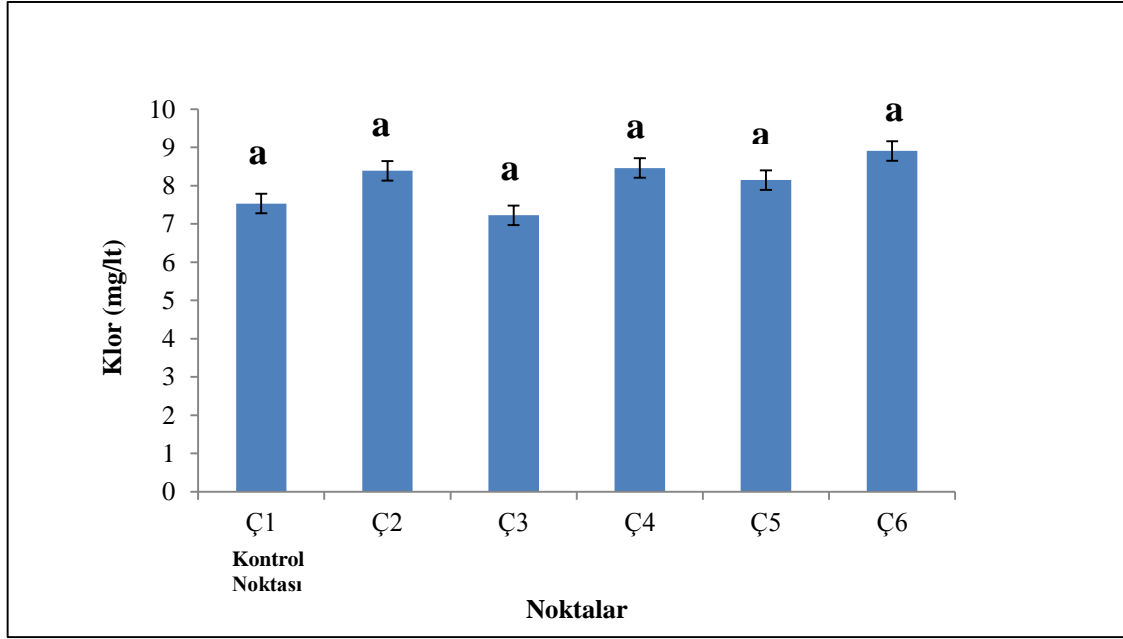
### 3.2.4.2.5. Klor

Çamlıkaya HES'in bulunduğu bölgedeki örnekleme noktalarında klor değerleri bakımından Ç1 noktası kontrol noktası alındığında; noktalar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmamıştır (Tablo 82). Fakat en yüksek klor değeri Ç4 ve Ç6 noktalarında ve en düşük klor değeri Ç3 noktasında bulunmuştur (Şekil 93).



Tablo 82. Çamlıkaya HES ve Regülatörü klor değerleri t Testi Analizi

	Ortalama Farklılığı	Standart Sapma	Standart Hata	%95 Güven Aralığı		Test Değeri	Serbestlik derecesi	Önem Düzeyi (p)
				Alt Sınır	Üst Sınır			
Ç1 - Ç2	-0,8567	2,4958	0,7205	-2,4424	0,7290	-1,1890	11	0,2595
Ç1 - Ç3	0,3058	2,9677	0,8567	-1,5798	2,1914	0,3569	11	0,7278
Ç1 - Ç4	-0,9275	2,9272	0,8449	-2,7873	0,9323	-1,0976	11	0,2958
Ç1 - Ç5	-0,615	2,6418	0,7627	-2,2935	1,0635	-0,8064	11	0,4371
Ç1 - Ç6	-1,3775	2,5005	0,7218	-2,9662	0,2112	-1,9083	11	0,0828



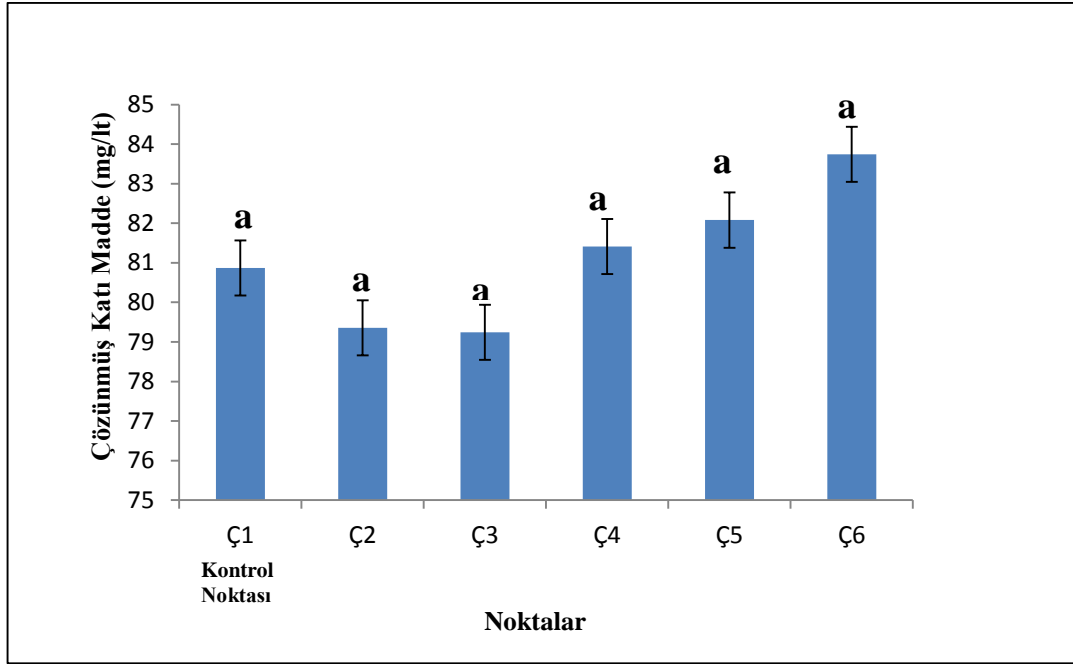
Şekil 93. Çamlıkaya HES ve Regülatörü ortalama klor değerlerinin eşleştirilmiş t testi ile karşılaştırılması

### 3.2.4.2.6. Toplam Çözünmüş Katı Madde

Çamlıkaya HES'in bulunduğu bölgedeki örnekleme noktalarında çözünmüş katı madde değerleri bakımından Ç1 noktası kontrol noktası alındığında; noktalar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmamıştır (Tablo 83). Fakat en yüksek çözünmüş katı madde değeri Ç4, Ç5 ve Ç6 noktalarında ve en düşük çözünmüş katı madde değeri Ç3 noktasında bulunmuştur (Şekil 94).

Tablo 83. amlıkaya HES ve Regülatörü znmş katı madde değerleri t Testi Analizi

	Ortalama Farklılığı	Standart Sapma	Standart Hata	%95 Güven Aralığı		Test Değeri	Serbestlik derecesi	önem Düzeyi (p)
				Alt Sınır	st Sınır			
1 - 2	1,5125	3,3505	0,9672	-0,6163	3,6413	1,5638	11	0,1462
1 - 3	1,625	3,2024	0,9245	-0,4097	3,6597	1,7578	11	0,1065
1 - 4	-0,5417	7,9985	2,3089	-5,6237	4,5404	-0,2346	11	0,8188
1 - 5	-1,2083	3,5793	1,0333	-3,4825	1,0658	-1,1695	11	0,2669
1 - 6	-2,8708	7,4754	2,1579	-7,6205	1,8788	-1,3303	11	0,2103



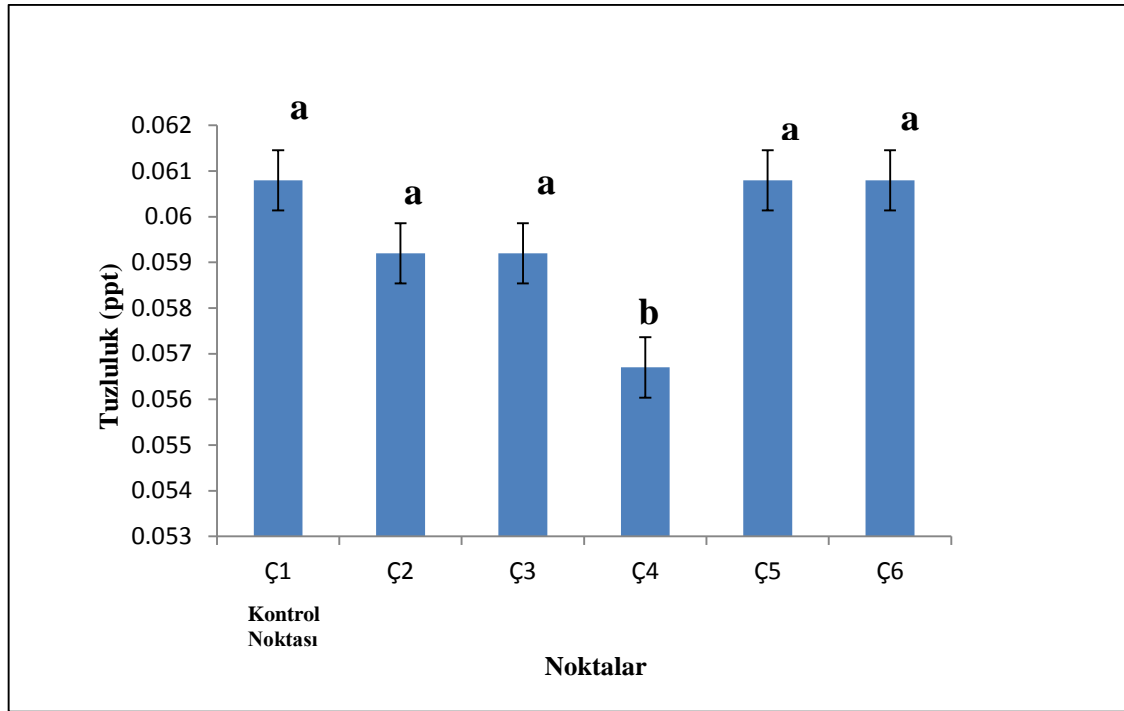
Şekil 94. amlıkaya HES ve Regülatörü ortalama toplam znmş katı madde değerlerinin eşleştirilmiş t testi ile karşılaştırılması

### 3.2.4.2.7. Tuzluluk

amlıkaya HES'in bulunduğu bölgedeki örneklem noktalarında tuzluluk değerleri bakımından 1 noktası kontrol noktası alındığında; 1 ile 4 noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmuştur (Tablo 84). En düşük tuzluluk değeri 4 noktasında bulunmuştur (Şekil 95).

Tablo 84. Çamlıkaya HES ve Regülatörü tuzluluk değerleri t Testi Analizi

	Ortalama Farklılığı	Standart Sapma	Standart Hata	%95 Güven Aralığı		Test Değeri	Serbestlik derecesi	Önem Düzeyi (p)
				Alt Sınır	Üst Sınır			
Ç1 - Ç2	0,0017	0,0039	0,0011	-0,0008	0,0041	1,4832	11	0,1661
Ç1 - Ç3	0,0017	0,0039	0,0011	-0,0008	0,0041	1,4832	11	0,1661
Ç1 - Ç4	0,0042	0,0052	0,0015	0,0008	0,0075	2,8031	11	0,0172
Ç1 - Ç5	0	0,0043	0,0012	-0,0027	0,0027	0	11	1
Ç1 - Ç6	0	0,0074	0,0021	-0,0045	0,0046	0	11	1



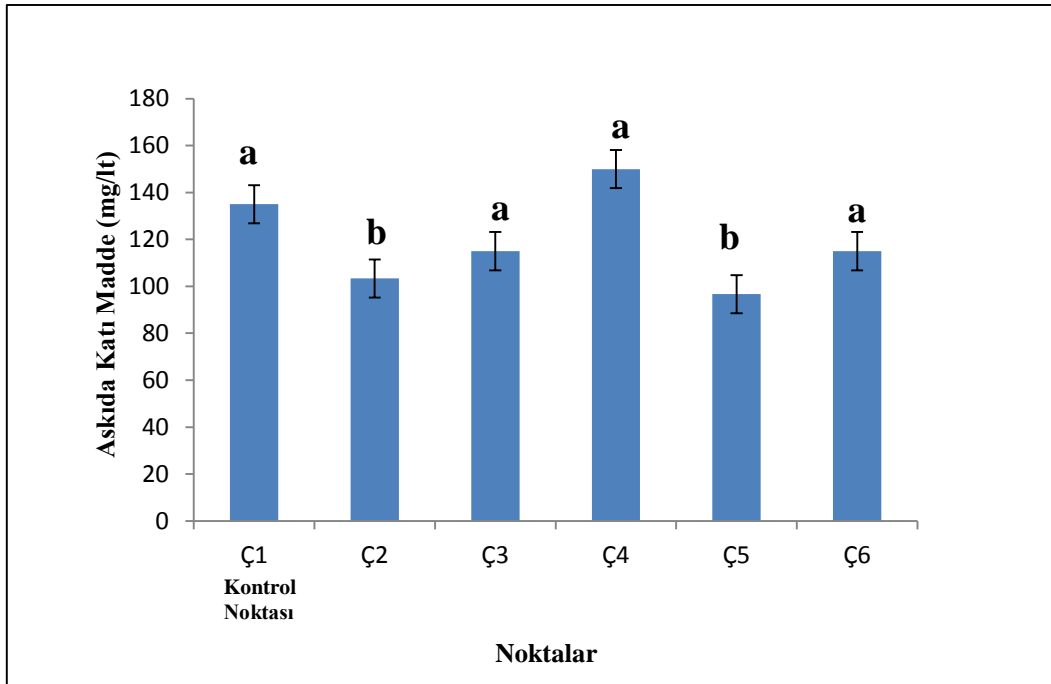
Şekil 95. Çamlıkaya HES ve Regülatörü ortalama tuzluluk değerlerinin eşleştirilmiş t testi ile karşılaştırılması

### 3.2.4.2.8. Askıda Katı Madde

Çamlıkaya HES'in bulunduğu bölgedeki örnekleme noktalarında askıda katı madde değerleri bakımından Ç1 noktası kontrol noktası alındığında; Ç1 ile Ç2 ve Ç5 noktaları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmuştur (Tablo 85). Ç2 ve Ç4 noktasındaki askıda katı madde miktarı kontrol noktasına ve diğer noktalardan daha az bulunmuştur. En yüksek askıda katı madde miktarı Ç4 noktasında çıkmıştır (Şekil 96).

Tablo 85. Çamlıkaya HES ve Regülatörü askıda katı madde değerleri t Testi Analizi

	Ortalama Farklılığı	Standart Sapma	Standart Hata	%95 Güven Aralığı		Test Değeri	Serbestlik derecesi	Önem Düzeyi (p)
				Alt Sınır	Üst Sınır			
Ç1 - Ç2	31,6667	27,9067	8,0559	13,9355	49,3978	3,9308	11	0,0024
Ç1 - Ç3	20	33,3030	9,6138	-1,1597	41,1597	2,0804	11	0,0616
Ç1 - Ç4	-15	84,3693	24,3553	-68,6057	38,6057	-0,6158	11	0,5505
Ç1 - Ç5	38,3333	49,5128	14,2931	6,8744	69,7923	2,6819	11	0,0213
Ç1 - Ç6	20	49,9090	14,4075	-11,7107	51,7107	1,3882	11	0,1926



Şekil 96. Çamlıkaya HES ve Regülatörü ortalama askıda katı madde değerlerinin eşleştirilmiş t testi ile karşılaştırılması

### 3.3. Havzanın Topoğrafik ve Hidrolojik Karakteristikleri

#### 3.3.1. Havzanın Topoğrafik Karakteristikleri

##### 3.3.1.1. Şekil Karakteristikleri

###### 3.3.1.1.1. Form Faktörü

Havzamızın alanı (A) 758,822 km<sup>2</sup> ve havzamızın uzunluğu (L) 48 km'dir. Form faktörümüz ise 0,329 bulunmuştur. Bu değer 1'den küçük bir değerdir. Havzamız dar ve uzun bir yapı sergilediğini göstermektedir.

### **3.3.1.1.2. Dairesellik Oranı**

Havzamızın alanı (A) 758,822 km<sup>2</sup> ve havzamızın çevresi (P) 180,479 km'dir. Dairesellik oranımız ise 0,3 bulunmuştur. Havzamız uzun ve heterojen bir yapıya sahiptir.

### **3.3.1.1.3. Uzama Oranı**

Havzamızın alanı (A) 758,822 km<sup>2</sup> ve havzamızın uzunluğu (L) 48 km'dir. Uzama oranımız 0,65 bulunmuştur. Uzunlaşma oranımız 0,6-0,8 arasında bulunmaktadır. Bu da havzamızın dik ve sarp bir yapı sergilediğini göstermektedir.

### **3.3.1.2. Reliyef-Eğim Karakteristikleri**

#### **3.3.1.2.1. Ortalama Eğim**

Havzamızın alanı (A) 758,822 km<sup>2</sup>, harita ölçeğine göre birbirini izleyen iki eş yükselti eğrisi arasındaki yükselti farkımız (D) 0,01 km ve havzayı sınırlayan alan içinde kalan eş yükselti eğrilerinin toplam uzunluğu (L) 39875,232 km'dir. Havzamızın ortalama eğimi %52,54 olarak bulunmuştur.

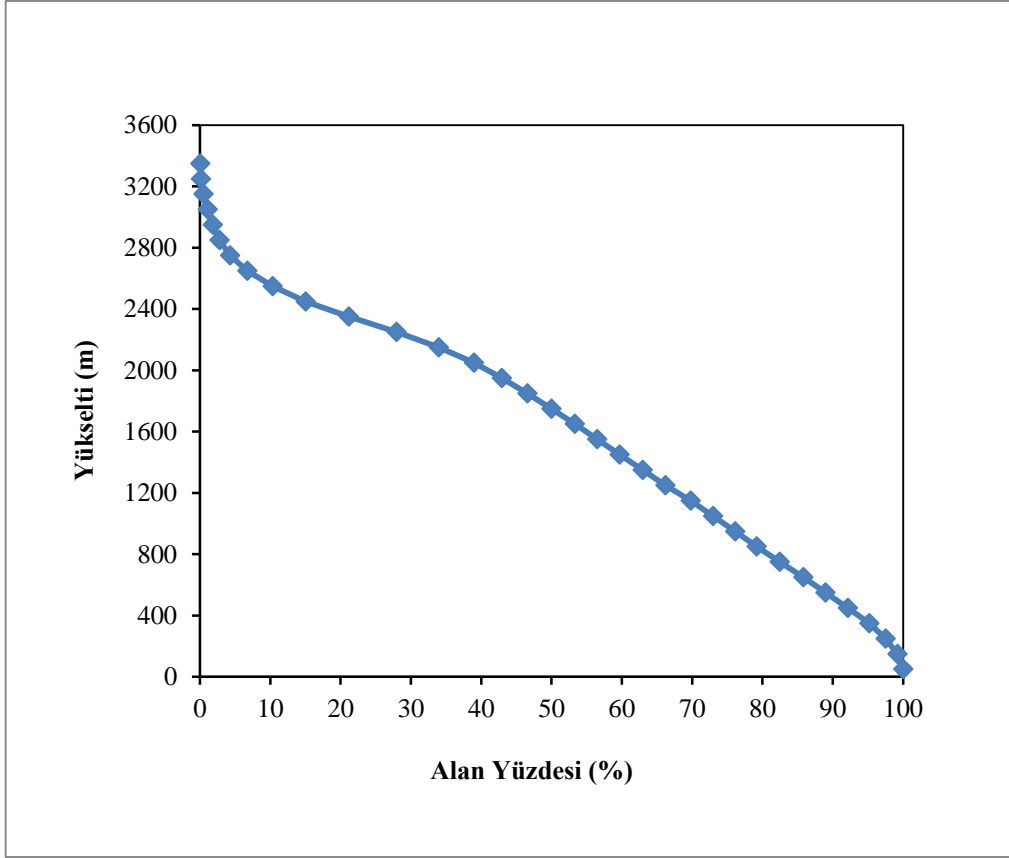
#### **3.3.1.2.2. Ortalama Yüksekliği**

Solaklı deresi yağış havzasının ortalama yükseltisi hipsometrik eğri yardımıyla iki farklı şekilde bulunmuştur. Tablo 86 ve Şekil 97'de 100'lük sisteme göre ve Tablo 87 ve Şekil 98'de değerler 1'lik sisteme göre değerlendirilmiştir.

Tablo 86. Solaklı Deresi Yağış Havzası Hipsometrik Eğri Tablosu (100'lük sisteme göre)

No	Eş Yükselti Eğrisi Yüksekliği (m)		Eş Yükselti Eğrileri Arasındaki Alan m <sup>2</sup>	km <sup>2</sup>	A1 X H1 km <sup>2</sup>	Toplam alana Oranı	Eklemeli Yüzde %
1	<100	50	6154324,3	6,2	307,5	0,8	100,0
2	100-200	150	12587354,9	12,6	1887,0	1,7	99,2
3	200-300	250	17618852,8	17,6	4402,5	2,3	97,5
4	300-400	350	23287986,3	23,3	8148,0	3,1	95,2
5	400-500	450	24215154,2	24,2	10894,5	3,2	92,1
6	500-600	550	24026263,1	24,0	13211,0	3,2	89,0
7	600-700	650	25361623,3	25,4	16484,7	3,3	85,8
8	700-800	750	25004975,5	25,0	18750,0	3,3	82,5
9	800-900	850	23621635,2	23,2	19677,5	3,0	79,2
10	900-1000	950	23771155,8	23,8	22581,5	3,1	76,1
11	1000-1100	1050	24349161,8	24,3	25557,0	3,2	73,0
12	1100-1200	1150	27107877,1	27,1	31165,0	3,6	69,8
13	1200-1300	1250	24637719,4	24,6	30787,5	3,2	66,2
14	1300-1400	1350	24917951,9	24,9	33628,5	3,3	63,0
15	1400-1500	1450	24404230,9	24,4	35380,0	3,2	59,7
16	1500-1600	1550	24164828,3	24,2	37448,0	3,2	56,5
17	1600-1700	1650	25169647,6	25,2	41514,0	3,3	53,3
18	1700-1800	1750	26059464,6	26,1	45587,5	3,4	50,0
19	1800-1900	1850	27721266,0	27,7	51282,0	3,6	46,6
20	1900-2000	1950	30071963,9	30,1	58636,5	4,0	42,9
21	2000-2100	2050	37933886,8	37,9	77756,5	5,0	39,0
22	2100-2200	2150	45785704,2	45,8	98427,0	6,0	34,0
23	2200-2300	2250	51354615,5	51,4	115537,5	6,8	27,9
24	2300-2400	2350	46908161,6	46,9	110215,0	6,2	21,2
25	2400-2500	2450	35310988,1	35,3	86509,5	4,6	15,0
26	2500-2600	2550	27485757,0	27,5	70074,0	3,6	10,4
27	2600-2700	2650	18713451,5	18,7	49581,5	2,5	6,7
28	2700-2800	2750	11202639,9	11,2	30800,0	1,5	4,3
29	2800-2900	2850	7277860,2	7,3	20719,5	1,0	2,8
30	2900-3000	2950	5814555,9	5,8	17139,5	0,8	1,8
31	3000-3100	3050	4456890,8	4,5	13572,5	0,6	1,1
32	3100-3200	3150	2635409,4	2,6	8284,5	0,3	0,5
33	3200-3300	3250	828444,6	0,8	2665,0	0,1	0,1
34	3300<	3350	267326,1	0,3	895,5	0,0	0,0
<b>TOPLAM</b>			<b>760229128,3</b>	<b>759,6</b>	<b>1209507,7</b>	<b>100,0</b>	

Bu tabloya göre ortalama yükseltimiz 1592,34 m bulunmuştur.

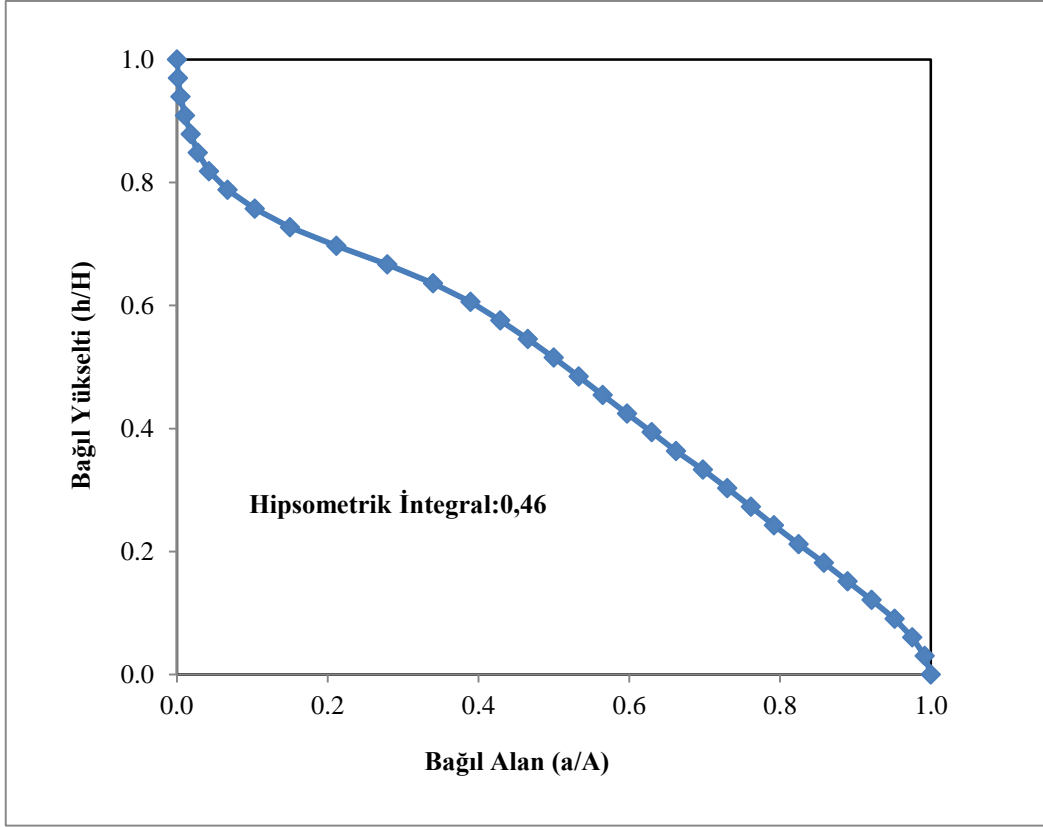


Şekil 97. Solaklı Deresi Yağış Havzasının Hipsometrik Eğrisi (100'lük sisteme göre)

Tablo 87. Solaklı Deresi Yağış Havzası Hipsometrik Eğri Tablosu (1'lik sisteme göre)

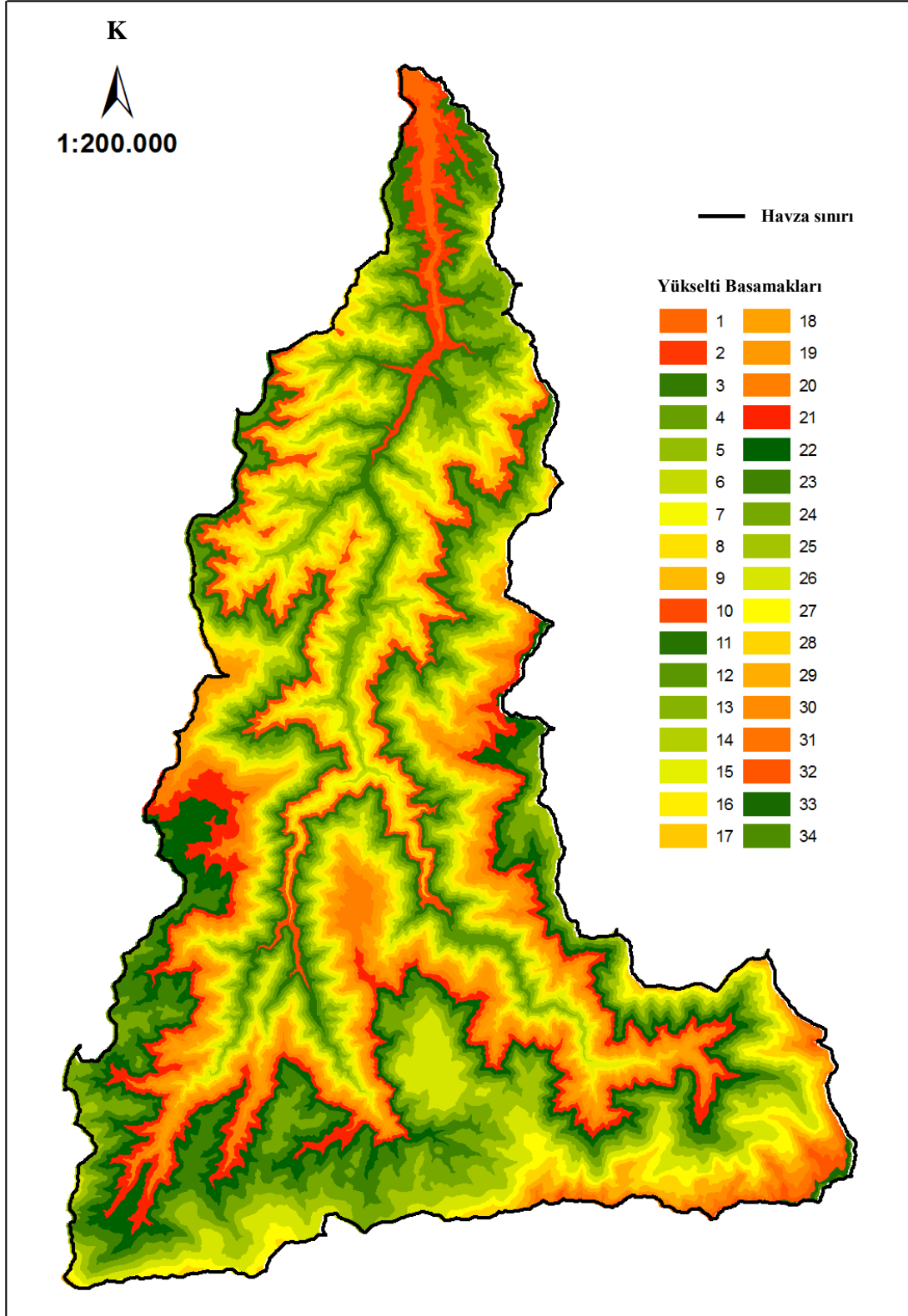
No	Eş Yükselti Eğrisi Yüksekliği (m)		km <sup>2</sup>	Eklemeli Alan	a/A		h/H
1	0-100	50	6,15	759,58	1,00	0	0,00
2	100-200	150	12,58	753,43	0,99	100	0,03
3	200-300	250	17,61	740,85	0,98	200	0,06
4	300-400	350	23,28	723,24	0,95	300	0,09
5	400-500	450	24,21	699,96	0,92	400	0,12
6	500-600	550	24,02	675,75	0,89	500	0,15
7	600-700	650	25,36	651,73	0,86	600	0,18
8	700-800	750	25,00	626,37	0,82	700	0,21
9	800-900	850	23,15	601,37	0,79	800	0,24
10	900-1000	950	23,77	578,22	0,76	900	0,27
11	1000-1100	1050	24,34	554,45	0,73	1000	0,30
12	1100-1200	1150	27,10	530,11	0,70	1100	0,33
13	1200-1300	1250	24,63	503,01	0,66	1200	0,36
14	1300-1400	1350	24,91	478,38	0,63	1300	0,39
15	1400-1500	1450	24,40	453,47	0,60	1400	0,42
16	1500-1600	1550	24,16	429,07	0,56	1500	0,45
17	1600-1700	1650	25,16	404,91	0,53	1600	0,48
18	1700-1800	1750	26,05	379,75	0,50	1700	0,52
19	1800-1900	1850	27,72	353,70	0,47	1800	0,55
20	1900-2000	1950	30,07	325,98	0,43	1900	0,58
21	2000-2100	2050	37,93	295,91	0,39	2000	0,61
22	2100-2200	2150	45,78	257,98	0,34	2100	0,64
23	2200-2300	2250	51,35	212,20	0,28	2200	0,67
24	2300-2400	2350	46,90	160,85	0,21	2300	0,70
25	2400-2500	2450	35,31	113,95	0,15	2400	0,73
26	2500-2600	2550	27,48	78,64	0,10	2500	0,76
27	2600-2700	2650	18,71	51,16	0,07	2600	0,79
28	2700-2800	2750	11,20	32,45	0,04	2700	0,82
29	2800-2900	2850	7,27	21,25	0,03	2800	0,85
30	2900-3000	2950	5,81	13,98	0,02	2900	0,88
31	3000-3100	3050	4,45	8,17	0,01	3000	0,91
32	3100-3200	3150	2,63	3,72	0,00	3100	0,94
33	3200-3300	3250	0,82	1,09	0,00	3200	0,97
34	3300-3400	3350	0,27	0,27	0,00	3300	1,00
<b>TOPLAM</b>			<b>759,58</b>				





Şekil 98. Solaklı Deresi Yağış Havzasının Hipsometrik Eğrisi (1'lik sisteme göre)

Hipsometrik integral değeri bize havzamızın fiziki durumu hakkında fikir vermektedir. Hipsometrik integral değerimiz 0,46 olarak hesaplanmış ve havzamız olgun yapı gösterdiği ortaya çıkmıştır. Şekil 99'da yükselti basamaklarında (Tablo 86-87) bulunan alanlar kullanılarak havzamızın yükselti basamaklarına göre hipsometrik eğri haritası oluşturulmuştur.



Şekil 99. Solaklı Deresi Yağış Havzasının Hipsometrik Eğri Alanı Haritası

### 3.3.2. Havzanın Hidrolojik Karakteristikleri

#### 3.3.2.1. Ana Dere Eğimi

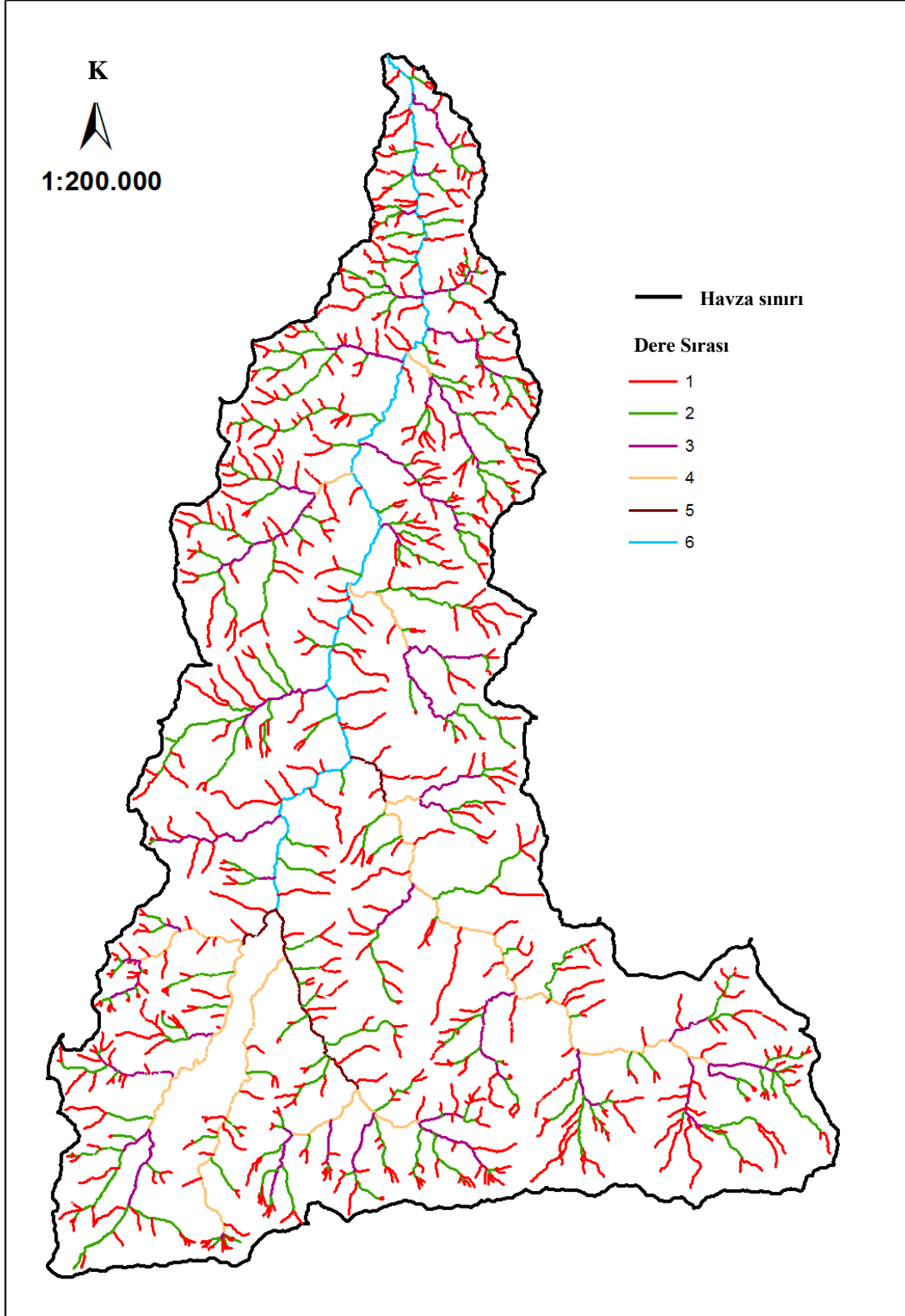
Solaklı deresinin ana dere uzunluğu 64790,697 m'dir. Ana dere eğimimiz % 3,26 bulunmuştur.

#### 3.3.2.2. Dere Sayısı

Solaklı deresinde toplam 959 tane dere vardır (Tablo 88). Şekil 100'de Solaklı deresinin dere sıraları gösterilmektedir.

Tablo 88. Solaklı Deresi Yağış Havzasının dere sırası ve dere sayısı

Dere Sırası	Dere Sayısı
1	718
2	187
3	40
4	10
5	3
6	1
Toplam	959



Şekil 100. Solaklı Deresi Yağış Havzasının Dere Sırası

### **3.3.2.3. Dere Sıklığı**

Havzamızın alanı (A) 758,822 km<sup>2</sup> ve toplam dere sayımız (N<sub>s</sub>) 959'dur. Dere sıklığımız ise 1,27 bulunmuştur. Genel anlamda değerlendirildiğinde dere sayımız düşük çıkmıştır ve bu da ortamın geçirgen olduğunu göstermektedir.

### **3.3.2.4. Drenaj Yoğunluğu**

Havzamızın alanı (A) 758,822 km<sup>2</sup> ve devamlı ve periyodik derelerin toplam uzunluğu (km) (D<sub>y</sub>) 1013,8 km'dir. Drenaj yoğunluğumuz 1,34 km/km<sup>2</sup> olarak bulunmuştur.

### **3.3.2.5. Konsantrasyon Zamanı**

Yüzeysel akışın maksimum uzunluğu 64790,697 m ve havzanın en uzak noktası ile dere akımının havzayı terk ettiği nokta arasındaki yükselti farkı 2824 m'dir. Havzamızın eğimi %52,54'tür. Konsantrasyon zamanımız ise 126,55 dk bulunmuştur.

## 4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışma Doğu Karadeniz Bölgesinde Trabzon il sınırları içerisinde yer alan Solaklı Deresi yağış havzasında gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, Nehir tipi Hidroelektrik Santrallerinin su kalitesi üzerine etkisinin olup olmadığını ortaya koymak amaçlanmıştır. Çalışma alanı, Solaklı deresi üzerinde inşa edilmiş, işletmede olan havzanın mansap kısmında bulunan biriktirme özelliğine sahip Arca HES ve memba kısmında bulunan Çamlıkaya HES ve Regülatörünü ve çevresini içermektedir. Çalışma Ocak 2014 - Aralık 2014 tarihleri arasında bir yıl süreyle (12 ay) her ay ayın ortasında ölçüm yapılacak şekilde yürütülmüştür. Çalışmada, 6 tanesi (Ç1, Ç2, Ç3,Ç4, Ç5 ve Ç6) Çamlıkaya HES'in bulunduğu bölgede ve 6 tanesi de (A1, A2, A3, A4, A5 ve A6) Arca HES'in bulunduğu bölgede olmak üzere toplam 12 nokta seçilmiştir. Her bir istasyonda su kalite ölçüsünü gösteren sıcaklık, pH, elektriksel iletkenlik, çözünmüş oksijen, klor, toplam çözünmüş katı madde, tuzluluk ve askıda katı madde parametreleri ölçülmüştür. Belirtilen su kalite göstergeleri ayda bir kere olacak şekilde 12 ay (1yıl) boyunca ölçülmüştür. Ayrıca bulunan ortamın sıcaklık ve nem değerleri bir yıl boyunca her noktada ayrı olarak ölçülmüştür.

### 4.1. Sıcaklık

Sıcaklık, suyun veya diğer maddelerin ısı yoğunluğunu göstermek için kullanılan bir ölçektir. Su sıcaklığı, suyun fiziksel ve kimyasal özelliklerini etkileyen en temel faktördür (Chang, 2003). Sıcaklığın kimyasal ve biyolojik olaylar üzerine etkisi çok büyüktür. Su sıcaklığında 10 °C'lik bir artış kimyasal ve biyolojik reaksiyonların iki kat artışına sebep olur (Şengül ve Müezzinoğlu, 2005). Diğer taraftan 30°C su sıcaklığında bulunan su ürünlerinin oksijen ihtiyaçları 20°C'de yaşayanlardan iki kat daha fazladır (Atay ve Pulatsü, 2000).

Deredeki suyun sıcaklığını, hava sıcaklığı, dere akışında azalma, dere kenarında riparian zonların uzaklaştırılması, hidroelektrik santrallerinin inşaatı ve diğer endüstriyel yapılar arttırabilir (Chang, 2003).

Yüksek su sıcaklığı, suyun akma direncini düşürür, sedimentin çökme hızını arttırır (Chang, 2003). Sıcaklık alüvyon ve balçığı 23°C'de 0°C'de olduğundan iki kat daha hızlı

batırır. Bu yüzden daha sıcak sular, soğuk sulardan daha az alüvyon ve balçık taşırılar (Tarkan, 2007). 10 °C sıcaklık artışında çökelme verimi 1/4 ile 1/3 arasında bir artış göstermektedir (Coşkun, 2012). Sıcaklık, çözülmüş oksijen miktarını düşürür ve suda daha fazla buharlaşma olmasına neden olur. Biyolojik olarak ise, istenmeyen mavi-yeşil algler ve diğer yıkıcı mikroorganizmaların ortamda çoğaltır. Mavi-yeşil algler aynı zamanda su ortamında zehirli maddeler çıkartarak su kalitesini bozar. Su sıcaklığının bir iki derece artması ortamda bulunan balıkların yaşamlarını, balıkların göç hareketini, yumurtlamalarını ve üremelerini olumsuz etkiler (Chang, 2003).

Balıklar soğuk kanlı canlılardır. Balıkların vücut ısıları buldukları ortamın sıcaklığıyla yakından ilgilidir. Buldukları ortamdaki sıcaklığın 1°C artması balıklarda metabolik faaliyetlerin %10 artmasına neden olur. Dere sıcaklığının artması balıkların oksijen isteklerini arttırır ve sudaki oksijen miktarını azaltır. Soğuk sular sıcak sulardan daha fazla oksijen barındırır. Balıklar ve sudaki diğer sucul organizmalar için su sıcaklığı, canlıların tür bileşimi, yaşam döngüsü gibi bir çok faktöre bağlıdır. Her türün kendi yaşamına uygun su sıcaklık değerleri vardır (Chang, 2003). Çalışma alanımız olan Solaklı Deresi alabalık zonu içerisinde (Aksungur vd. 2007).

Alabalıklar genellikle derelere yumurta bırakırlar (Grant ve Lee, 2004). Genellikle alabalıklar ekim-aralık (sonbahar ve kış aylarında) arasında yumurtalarını bırakırlar (Kellett 1965;Liew 1969; Lee 1971). Alabalıkların (*Salmo trutta*) en uygun yumurtlama sıcaklıkları 2-13°C 'dir ve 0-15°C arasında tolerans gösterebilirler (Raleigh vd., 1986). Yavrular nisanın ve mayısın ortası gibi baharda yumurtadan çıkarlar (Raleigh vd., 1986; Ryan 1988; Scruton vd., 1997). Yumurtadan çıkan yavruların büyümesi için en iyi sıcaklık aralığı 6,7-12,8°C arasındadır (Markus, 1962). Genç bireyler için büyüme sıcaklığı 4-19°C arasındadır. En iyi gelişimlerini 13°C'de yaparlar. 25°C ve üzerinde ölüm oranları artar (Elliot, 1975; Elliot, 1981). Yetişkin bireyler için büyüme ve gelişme sıcaklığı 12-19°C arasındadır ve 0-27°C arasını tolere edebilmektedir (Grant ve Lee, 2004). Genel olarak büyüme ve gelişme sıcaklıkları, maksimum yaşam sıcaklıkları 0-25°C arasındadır (Chang, 2003).

Sucul canlılarda (balıklarda) yaşaması için gerekli optimum sınır değerleri aşıldığında balıklar arasında salgın hastalıklar çoğalır, büyüme ve gelişmeleri olumsuz etkilenir, balıkların göç etmesi zorlaşır ve balık ölümleri meydana gelir (Chang, 2003). Yüksek yaz sıcaklıkları ve beraberindeki düşük oksijen seviyeleri balıkların benek durumu, ağız yapısı gibi dış görünüşünde değişikliklere neden olur (Chang, 2003). Bu nedenle su

sıcaklığı, derelerde sucul ekosistem için hayati öneme sahip kritik bir faktördür (Grant ve Lee, 2004).

Çamlıkaya Hes ve Regülatörünün bulunduğu bölgede en düşük sıcaklık değeri kışın ocak ayının Ç5 yani Çamlıkaya HES'in kuyruk suyunun bulunduğu noktada 2,5°C olarak bulunmuştur. En yüksek sıcaklık değeri ise yazın ağustos ayının Ç6 noktasında 21,5°C olarak bulunmuştur. Arca HES ve Regülatörünün bulunduğu bölgede en düşük sıcaklık değeri yine kışın ocak ayının A1 noktasında 6,3°C olarak bulunmuştur. En yüksek sıcaklık değeri ise yazın ağustos ayının A4 noktasında 24,4°C olarak bulunmuştur. Genel anlamda değerlendirildiğinde en düşük sıcaklık değerleri ocak ayında ve en yüksek sıcaklık değerleri ağustos ayında yoğunlaşmıştır. Yüzeysel suların sıcaklıkları iklimle birlikte değişmektedir. Genellikle ekvatorдан uzaklaştıkça ve deniz seviyesinden yükseldikçe suların sıcaklığı düşer (Yalçın ve Gürü, 2002). Çalışmamızda tek yönlü varyans analizi sonucunda mevsimsel ve zamana bağlı olarak istatistiksel anlamda önemli farklılıklar belirlenmiştir. Ortalama sıcaklık değerleri tüm noktalarda mevsimsel değişimlere bağlı olarak artma ya da azalma göstermiştir. Yaptığımız çalışmada, her HES'e ait noktalar arasında ve havzanın memba ve mansap kısmındaki sıcaklık farklılıklarına bakıldığında rakım düştükçe ve denize yaklaştıkça su sıcaklıkları artış gözlemlenmiştir. Ayrıca bütün değerler göz önünde bulundurulduğunda sıcaklık değerleri Arca ve Çamlıkaya HES'in bütün noktalarında su kalite sınıfına göre I.sınıf su kalitesinde bulunmuştur.

Yapılan istatistiksel analizlere göre; Çamlıkaya HES'te Ç1 noktası kontrol noktası alındığında; Ç1 ile sadece Ç4 noktası arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık tespit edilmiştir. Yine aynı şekilde Arca HES'in bulunduğu bölgedeki örnekleme noktalarında A1 noktası kontrol noktası alındığında A1 ile A4 ve A6 noktaları arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık tespit edilmiştir. A4 ve A6 noktalarında sıcaklık değerleri kontrol noktası olan A1 noktası ve diğer noktalara göre daha fazla çıkmıştır. A6 'da daha fazla çıkmasının sebebi yükselti farkı ve askıda katı madde miktarının yüksek olmasından kaynaklanıyor olabilir (Macdonald vd., 2011). Bayram (2011), yaptığı çalışmasında yükselti farklılıklarından dolayı noktalar arasında sıcaklık farklılığı olabileceğini ve rakımı düşük olan noktaların rakımı yüksek bölgelere oranla sıcaklığın daha yüksek değerde olacağını vurgulamıştır. A4'de ise akış rejiminin azalmasından ve AKM miktarının yüksek olmasından kaynaklanıyor olabilir. Yine Ç4 noktasında sıcaklığın diğer noktalara ve Ç1 noktasına göre yüksek çıkması akış rejiminin azalmasından, yükselti farklılığından ve AKM miktarından kaynaklanıyor olabilir. Jackson (2006)'da yaptığı çalışmada, HES'in



baraj kısmından sonra dereye verilen suyun hidrolojik rejimleri bozduğunu açıklamıştır. Dereye düzensiz akışlar meydana gelmiş bazen dere debisinin çok düştüğünü böylelikle su sıcaklığının yükseldiğini, bazen de çok hızlı akımların meydana gelerek pik akımlar oluşturarak dere morfolojisini bozduğunu vurgulamıştır. Sinokrot ve Guuliver (2000), Platte Nehri üzerine yaptıkları bir çalışmada su sıcaklığı ile su akımı arasında açık bir ilişkinin bulunduğunu, özellikle yaz aylarında düşük akarsu deşarjlarının yüksek su sıcaklıkları üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu bildirmişlerdir. Yapılan çalışmada da akarsu akımının su sıcaklığı üzerinde etkili olduğu, özellikle yaz aylarında azalan akıma bağlı olarak, su sıcaklığının arttığı belirlenmiştir (Çağlar, 2011). Aynı zamanda iki HES'in de cansuyu bölümünde kurulan kum ocakları ve Arca HES'in cansuyu bölümünde yapılan rehabilitasyon çalışmaları su sıcaklığının artmasına neden olmuş olabilir.

Volera (2012)'da, nehir tipi HES'lerin su kalitesi üzerine etkisini araştırmak için yaptığı çalışmada noktalar arasında anlamlı farklılıklar olmadığını noktalar arasındaki sıcaklık değişiklerinin tamamen mevsimsel ve doğrudan meteorolojik durumlardan kaynaklandığını bildirmiştir. Sıcaklık değerlerinin HES'in işletilmesi sırasında sucul canlılar için sınır değerlerini aşmadığını fakat HES inşaatı sırasında sıcaklık değerlerinin sınır değerlerinin aştığını vurgulamıştır. Yine Volera vd.(2014) yılında yaptığı çalışmada da aynı sonuçları elde etmiştir. Çalışmamız Volera (2012) ve Volera vd. (2014) yaptığı çalışmalarla benzerlik göstermektedir.

12 ay boyunca yapılan ölçümlere bakıldığında su sıcaklığı değerleri alabalık türleri için özellikle yavruların çıktığı mayıs ayında yükselmiş ve alabalık yavrularının yaşaması için sıcaklık değerlerini aşmış ve Arca HES'in özellikle cansuyu bölgesinin ikinci noktası olan A4 noktasında sıcaklık 17. 3°C bulunmuştur. Yine yavruların çıktığı mayıs ayında Çamlıkaya HES'in cansuyu bölümü olana Ç3 ve Ç4 noktasında su sıcaklık değerleri kabul edilebilir sınır değerlerin üst seviyesine ulaşmıştır. Bu durum nehir tipi HES'lerin cansuyu bölümünde yeterli suyun bırakılmamasından dolayı debinin azalması veya hidrolojik rejimin değişmesinden dolayı su sıcaklığı yükselmiş olabilmektedir (Jackson, 2006). Bu bölümde AKM miktarı da çok yüksek çıkmıştır. AKM miktarının yüksek çıkması da sıcaklığı arttırmış olabilir (MacDonald vd., 1991). Aksungur vd., (2007), yaptığı çalışmada temmuz ve ağustos aylarında aşağı havzalardaki su sıcaklığının yükselerek alabalıkların tolere edebileceği değerlerin üst sınırına ulaştığını bildirmektedir. Yine aynı çalışmada İyidere ve Solaklı deresi üzerine inşa edilen HES'lerden dolayı balık stoklarının oldukça fakirleştiğini vurgulamışlardır.

## 4.2. pH

pH bir çözeltinin asit veya baz olma özelliğinin şiddetini gösteren bir kısaltma ve çözeltide bulunan  $H^+$  iyonu konsantrasyonunun bir ifade şeklidir. Hidrojen iyonu konsantrasyonu hem doğal sular ve hemde atık sular için önemli bir kalite parametresidir. Suyun asit veya alkali oluşu, pH ile belirlenmektedir. Buna göre hidrojen iyonları konsantrasyonu arttıkça, su asit yapı almakta ve pH azalmakta; tersi durumda, su bazik yapıyı almakta ve pH artmaktadır (Göksu, 2003). Yüzeysel sular genellikle pH'ı 8'den büyük değer taşıyan sular olup bazik sular sınıfına girmektedir (Şengül ve Müezzinoğlu, 2005). Saf suyun  $25^{\circ}C$  pH'ı 7'dir. Doğal ortamda su içerisine çözeltiler, katılar ve gazlar bulunmaktadır. Bunların suda reaksiyonu veya erimeleri sonucu sudaki  $H$ ,  $OH$  dengesi bozulur ve pH seviyesinin değiştirir. Örneğin; Suyun içerisinde çözülmüş olarak bulunan karbondioksitle reaksiyonu sonucu karbonik asit oluşur. Daha sonra karbonik asit  $H^+$  ve  $HCO_3^-$  'e ayrılır. Genellikle, düşük pH'lı yüzey suları, hidrojen sülfürden, hidroklorik asitten ve sülfür mineraliyle oksidasyona uğrayan diğer maddelerden (örneğin vejetasyonun çürümesiyle meydana gelen organik asitten) oluşur (Chang, 2003). Sodyum, karbonat ve bikarbonat ile ilişkili sular yüksek pH seviyelerine sahiptir. Kireçli sularda pH seviyesi, kil içeriği zengin olan sulardan daha yüksektir (Davis ve DeWiest, 1969). Su içindeki pek çok metal bileşiklerinin çözünürlüğü ve kimyasal dengesi pH tarafından etkilenir. pH, kimyasal durumlarda ve korozyon kontrolünde önemlidir (Chang, 2003).

pH, sudaki birçok biyolojik ve kimyasal işlemi etkiler. Örneğin; su kaynağının pH'ı metallerin akuatik çevredeki varlığını ve toksisitesini değiştirir. Kadmiyum ve çinko gibi metaller, düşük pH'larda yüksek zarar verici çevresel etkilere sahiptir (Fatoki vd., 2003). Ayrıca, yüksek amonyak konsantrasyonunda; pH, sucul hayata toksik etki yaparak, suyun ekolojik dengesini bozar (Yılmaz, 1997). Su kütlelerinin doğal asit-baz dengesini, endüstriyel atıklar ve atmosferde birikmiş asitler etkiler. Asidik maden işletmeleri sularının drenajı ve nötrleştirilmemiş endüstriyel atıksular, suların pH'ını düşürür (Mc Nelly vd., 1979). pH değerlerini sıcaklığın yanında, güneşlenme süresi, sudaki pigment miktarı, hayvanların solunumu, bakteri ve mantarın metabolik faaliyetlerinin de ciddi derecelerde etkiliyebilmektedir (Cirik ve Cirik, 2005).

Çamlıkaya Hes ve Regülatörünün bulunduğu bölgede en düşük pH değeri kasım ayının Ç5 noktasında 7,55 olarak bulunmuştur. En yüksek pH değeri ise ekim ayının Ç6 noktasında 9,68 olarak bulunmuştur. Arca Hes ve Regülatörünün bulunduğu bölgede en

düşük pH değeri nisan ayının A3 noktasında 8 olarak bulunmuştur. En yüksek pH değeri ise ocak ayının A6 noktasında 9,12 olarak bulunmuştur. Bütün noktalara bakıldığında yaz aylarında pH değerinde bir düşüş görülürken kış aylarında ise yükselme meydana gelmiştir (Biol 2007; Bayram 2011). Biol (2007), yaptığı çalışmada aynı sonuca ulaşmış ve bu durumu jeolojik yapıya bağlamıştır. Bütün değerler göz önünde bulundurulduğunda pH değerleri Arca ve Çamlıkaya HES'in A4 ve Ç4 hariç diğer bütün noktalarında su kalite sınıfına göre I.sınıf su kalitesinde, A4 ve Ç4 noktası III.sınıf su kalitesinde bulunmuştur.

Yapılan istatikselsel analizlere göre, Çamlıkaya Hes'te Ç1 noktası kontrol noktası alındığında; Ç1 ile sadece Ç4 noktası arasında istatikselsel olarak önemli bir farklılık tespit edilmiştir. Yine aynı şekilde Arca HES'in bulunduğu bölgedeki örnekleme noktalarında A1 noktası kontrol noktası alındığında A1 ile A4 istatikselsel olarak önemli bir farklılık tespit edilmiştir. Ç4 ve A4 noktasında pH değeri diğer noktalara göre daha fazla çıkmıştır. HES'in cansuyu bölümünün ikinci noktaları olan Ç4 ve A4 noktalarında diğer noktalara göre pH değerinin yüksek çıkmış olması debi seviyesinin düşmesinden (Kurunç vd., 2005), jeolojik yapıdan veya bu bölümde kum ocağı faaliyetlerinin ve rehabilitasyon çalışmasından dolayı askıda katı madde miktarının yüksek olmasından kaynaklanıyor olabilir. Hauraki (2003), suyun pH'ını önemli ölçüde akarsu havzasının toprak yapısı ve jeolojisinin belirlediğini bildirmiş ve akarsu havzasının jeolojisine bağlı olarak akarsularda pH'ın genellikle 6,0–9,0 arasında değiştiğini ve kireç taşı yataklarının bulunduğu bölgelerden geçen sularda pH'ın oldukça yüksek olduğunu kaydetmiştir. Hem (1986) ise, herhangi bir kirliliğe maruz kalmamış bölgelerde bulunan nehirlerde pH aralığının genel olarak 6,5–8,5 arasında değiştiğini bildirmiştir. Volera vd.(2014) yaptığı çalışmada HES'in inşaat aşamasındayken pH değerleri arasında anlamlı farklılıklar çıktığını ve HES işletilmeye başlandıktan sonra pH değerleri ile noktalar arasında istatikselsel olarak anlamlı farklılıklar olmadığını ve nehir tipi HES'in işletilmesinden sonra bir iki yıl içerisinde pH parametresi arasında çok küçük değişimlerinin bulunduğunu, daha sonra bu farkın kapandığını ve pH seviyesinin seçtikleri kontrol noktasına göre aynı seviyeye geldiğini bildirmişlerdir. Yine HES inşaatının deredeki pH'ı etkilediğini bunun sebebinin ise inşaat sırasında kullanılan beton, çimento, aşındırıcı içeren (kalsiyum hidroksit vb.) gibi diğer inşaat malzemelerinin sebep olduğunu ve aynı zamanda pH üzerine ortamın anakaya yapısının da etkili olduğunu vurgulamıştır.

Ülkemizde Solaklı deresi üzerine yapılan araştırmalarda ortalama pH değerleri 8–9 arasında değişim gösterdiği rapor edilmiştir. Boran ve Sivri (2001), Trabzon il sınırları

içerisinde yer alan ve Karadeniz'e dökülen Solaklı ve Sürmene Derelerinde ilkbahar aylarında yaptıkları su kalite çalışmasında pH değerlerinin Solaklı Deresi'nde 8,15 ile 8,66, Sürmene Deresi'nde ise 8,45–8,82 arasında değiştiğini ve her iki derede su özelliğinin alkali olduğunu saptamışlardır Aksungur vd.(2007), yaptığı çalışmasında Solaklı deresinin pH değerinin 6,75-8,75 arasında bulmuşlardır. Yaptığımız çalışmada pH aralığı 7,55-9,68 arasında değişim göstermiştir. Yapılan çalışmalarla karşılaştırıldığında Solaklı deresinde pH değerinde artış gözlenmektedir.

Balıklar ve diğer sucul organizmalar pH değişikliklerine karşı çok duyarlı olduklarından dolayı sucul canlılar için pH değeri önemli bir parametredir (Chang, 2003). Sucul canlıların yaşamlarını sürdürebilmeleri için gerekli olan en uygun pH aralığı 6,5-8,5 arasındadır (Akman, 2011). ABD'de genellikle kirliliğin olmadığı nehirlerde pH seviyeleri 6,5-8,5 arasındadır (Hem,1985). Düşük pH seviyeleri, pH değişikliklerine karşı duyarlı olan balık ve suda yaşayan diğer sucul organizmalar için tehlikelidir (Chang, 2003). Akarsularda 5'in altında 9'un üzerindeki pH değerleri birçok canlı için oldukça zararlıdır. Bu değerlerdeki pH değerleri bazı maddelerin toksik etki göstermesine neden olabilmektedir. Örneğin amonyak alkali sularda asidik sulara göre daha toksiktir (Hynes, 1977). Çoban (2007), yaptığı araştırmada yüksek pH ve sıcaklık değerlerinin göle karışacak organik maddelerin zararlı etkisinin daha fazla olacağını bildirmiştir. Bütün noktalardaki ortalama olarak pH değerlerimize baktığımızda pH değerleri balıkların yaşamı için gerekli optimum koşulların en üst sınır değerinde yer almaktadır.

### **4.3. Elektriksel İletkenlik**

Elektriksel iletkenlik (EC) suyun elektrik akımını iletebilmesinin bir ölçüsüdür ve sularda mineral asitler olmak üzere çözünmüş katılardaki değişimi ifade eder (Chang,2003). Suların iletkenliği sulardaki iyon sayısı hakkında bilgi verir. Kimyasal dengede, iyonların toplam konsantrasyon etkisi, bitki ve hayvanlar üzerinde fizyolojik etkiler ve korozyon hızı, vs. değerlendirilirken mineralizasyon derecesini belirlemede önemli bir parametredir (Çoban, 2007). EC' nin artışı, su kaynağının kullanımını kısıtladığından bu parametrenin izlenmesi gerekmektedir. Elektriksel iletkenlik, suda iyonize olan maddelerin toplam konsantrasyonuna ve sıcaklığa bağlıdır (Gülbenk, 2013). Elektriksel iletkenlik suyun sıcaklığı arttıkça artar. (Chang, 2003). Bir suyun iletkenliği sıcaklık ve tuzluluk artışına paralel olarak artar (Akman, 2011).

Elektriksel iletkenlik sularda bulunan iyon konsantrasyonunun anlaşılabilmesi için geliştirilmiş bir parametre olup, sulardaki çözünmüş katı maddelerden ileri gelmektedir. Toplam çözünmüş katılar (TDS), iletkenlik değerinin 0,55–0,75 arasındaki bir faktörle çarpılmasıyla yaklaşık olarak elde edilebilmektedir (Chang, 2003). Aslında, sularda elektriksel iletkenliği oluşturan başlıca maddeler, çözünmüş tuzlardır. Sularda bulunan çözünmüş tuzlar, suyun özelliklerini önemli derecede değiştirmektedir (Göksu, 2003).

Suyun elektriksel iletkenliği, su içinde çözünmüş olarak bulunan iyonların cinsi ve konsantrasyonuna bağlıdır. Çözünmüş tuz derişimi arttıkça elektriksel iletkenlikte de artış olur. Bu sebepten dolayı elektriksel iletkenliği ölçülerek su içinde çözünmüş toplam tuz miktarı hakkında fikir edinilebilir (Coşkun, 2012).

Çamlıkaya Hes ve Regülatörünün bulunduğu bölgede en düşük elektriksel iletkenlik değeri nisan ayının bütün noktalarında 0,03 mS/cm olarak bulunmuştur. En yüksek elektriksel iletkenlik değeri ise ağustos ayının Ç4 noktası 0,18 mS/cm olarak bulunmuştur. Arca Hes ve Regülatörünün bulunduğu bölgede en düşük elektriksel iletkenlik değeri nisan ayının A5 noktasında 0,057 mS/cm olarak bulunmuştur. En yüksek elektriksel iletkenlik değeri ise ağustos ayının A4 ve A6 noktasında 0,21mS/cm olarak bulunmuştur. Ölçüm yaptığımız noktalarda elektriksel iletkenlik değerleri 0,03-0,21 mS/cm arasında değişim göstermiştir. Suların özgül elektriksel iletkenliği esas alınarak yapılan sınıflandırılmasında bütün noktalardaki elektriksel iletkenlik değerleri su kalitesi bakımından çok iyi derecede olduğu görülmüştür. Su kalitesi değerleri bakımından elektriksel iletkenliğinde herhangi bir problem yaşanmamaktadır.

Tek yönlü varyans analizi uygulandığında mevsime göre elektriksel iletkenlik değerleri arasında anlamlı farklılıklar çıkmıştır. Bütün noktalara bakıldığında kış aylarında elektriksel iletkenlik değerlerinde bir düşüş görülürken yaz aylarında ise yükselme meydana gelmiştir (Biol, 2007; Bayram 2011). Biol (2007)'un yaptığı çalışmaya göre; EC'de Maksimum değerler bütün noktalarda hava sıcaklığının yüksek olduğu yaz aylarında tespit edilmiştir. Nisan ayından başlayarak sıcaklığın artmasına bağlı olarak EC miktarının arttığı ve ekim ayından sonra yağışların artmasıyla birlikte EC değerleri düşüşe geçtiğini bildirmiştir. Elektriksel iletkenlikteki bu artışın özellikle Ağustos, Eylül, Ekim aylarında sıcaklığa bağlı olarak suyun buharlaşması ile su içindeki mineral maddelerin derişimindeki artıştan kaynaklandığı vurgulanmıştır. Environment Canada (1994), spesifik elektriksel iletkenlik ile toplam çözünmüş katı maddeler arasında deneysel bir ilişkinin bulunduğunu rapor etmiştir. Bu tez çalışmasında da genel olarak en düşük elektriksel

iletkenlik değerleri çözünmüş katı madde miktarının düşük, en yüksek elektriksel iletkenlik değerleri ise çözünmüş katı madde miktarının yüksek olduğu dönemlerde ölçülmüştür. Bu bulgular araştırma süresince ölçülen elektriksel iletkenlik değerleri ile toplam çözünmüş katı madde konsantrasyonu arasında ilişki olduğunu doğrulamıştır (Çağlar, 2011).

Aksungur vd.(2007), yaptığı çalışmasında Solaklı deresinin elektriksel iletkenlik değerinin 0,045-0,189 mS/cm arasında bulmuşlardır. Yurtseven (2012)'de yaptığı çalışmasında Solaklı deresinin elektriksel iletkenlik değerini 0,28-0,32 mS/cm arasında bulmuştur. Yaptığımız çalışmada da elektriksel iletkenlik değerleri 0,03-0,21 mS/cm arasında değişiklik göstermektedir.

Yapılan istatiksels analizlere göre, Çamlıkaya Hes'te Ç1 noktası kontrol noktası alındığında; noktalar arasında istatiksels olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir. Fakat Ç4 ve Ç6 noktalarında elektriksel iletkenlik değeri diğer noktalara göre daha fazla çıkmıştır. Yine aynı şekilde Arca HES'in bulunduğu bölgedeki örnekleme noktalarında A1 noktası kontrol noktası alındığında A1 ile A4 ve A6 arasında istatiksels olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmiş ve bu noktalardaki elektriksel iletkenlik değeri diğer noktalara oranla daha yüksek çıkmıştır. İki HES'in de cansuyu bölümünün ikinci noktasında (Ç4 ve A4) ve cansuyu bölümünün devamı olan (Ç6 ve A6) birleşim noktasında elektriksel iletkenliğin daha fazla çıkmasının sebebi her iki HES'te akarsuda kirlilik oluşmasına sebep olan kum ocağı faaliyetlerinin yürütülmesi, rehabilitasyon çalışmasının (yeşillendirme faaliyetleri, dere kenarı ıslahı, rekreasyon faaliyetleri vb.) yapılması ve askıda katı madde miktarının çok yüksek olmasından kaynaklanıyor olabilir. Volera (2012) yaptığı çalışmada HES'in inşaat aşamasındayken elektriksel iletkenlik değerleri arasında anlamlı farklılıklar çıktığını ve elektriksel iletkenlik değerinin kontrol noktasına oranla yüksek çıktığını belirtmiştir. HES işletilmeye başlandıktan sonra elektriksel iletkenlik değerleri ile noktalar arasında istatiksels olarak anlamlı farklılıklar olmadığını ve nehir tipi HES'in işletilmesinden iki yıl içerisinde elektriksel iletkenlik değerleri arasında çok küçük değişimlerinin bulunduğunu, daha sonra bu farkın kapandığını ve elektriksel iletkenlik seviyesinin seçtikleri kontrol noktasıyla diğer noktalardaki değerlerin aynı seviyeye geldiğini bildirmişlerdir. Sonuç olarak, nehir tipi HES'in inşaat aşamasında elektriksel iletkenlik değerlerinin yükseldiğini ve işletilmeye başlamasından 2 yıl sonra inşaatın olmadığı evrede değerlerin normal hale geldiğini vurgulamışlardır. Volera vd.(2014)'nin yaptığı çalışmada da aynı sonuçlar bulunmuştur. Volera vd. (2014) çalışmasıyla çalışmamız benzerlik göstermektedir.

#### 4.4. Çözünmüş Oksijen

Çözünmüş oksijen (ÇO), su içinde çözünmüş halde bulunan oksijen konsantrasyonu anlamına gelmektedir ve miktarı genellikle mg/l cinsinden ifade edilmektedir. Çözünmüş oksijen, su kirlenmesi ile ilgili en önemli parametrelerden birisidir (Kurt, 2012).

Doğal sularda ve atıksularda bulunan çözünmüş oksijen konsantrasyonu; fiziksel, kimyasal ve biyokimyasal aktivitelere bağlıdır (Şen, 2007). Deredeki oksijen, difüzyon yoluyla atmosferden, rüzgarın etkisiyle meydana gelen havalanma ile, güncel dere akımından, sel sularından, dere içerisindeki fotosentez olaylarından ve yağışlardan meydana gelmektedir. Sudaki oksijen, balık ve diğer sucul organizmalarda solunum için gereklidir (Chang, 2003). Dereye oksijen seviyesi, sucul organizmalarının solunum yapması, organik maddenin parçalanmasıyla, güneş radyasyonuna maruz kalan derenin su sıcaklığının artması gibi nedenlerden dolayı düşer (Chang, 2003). Hynes (1977), Organik madde arttıkça bu organik maddenin parçalanması için gerekli oksijen miktarının da artacağını ve bu durumda organik madde girdisi olan yerlerde oksijen miktarının azalacağını vurgulamışlardır. Ayrıca sudaki oksijen seviyesi, ortamda bulunan sucul bitkiler veya yaprakları tarafından da azalır (Chang, 2003). Su içinde çözünmüş olarak bulunabilen doygun oksijen konsantrasyonu, su ile temas halinde bulunan havadaki oksijenin kısmi basıncı, su içinde çözünmüş olarak bulunan tuzların konsantrasyonuna ve suyun sıcaklığına bağlıdır. Tuz konsantrasyonundaki artış oksijenin çözünürlüğünü azaltır (Brown vd., 1987).

Sıcaklık yükseldikçe suda daha az oksijen çözünmektedir (Cirik ve Cirik, 2005). Tatlı sularda 1 atm basınçta, havanın oksijeninin çözünürlüğü, 0°C'de 14,62 mg/l ve 35°C'de 6,95 mg/l'dir (Tablo 89) (Atay ve Pulatsü, 2000). Oksijen suda çok az çözünen bir gaz olduğundan dolayı çözünürlüğü belirli sıcaklıkta atmosfer basıncı ile doğrudan değişmektedir (Şengül ve Müezzinoğlu, 2005). Ölçülen çözünmüş oksijen konsantrasyonu suyun kirlenme derecesini, sudaki organik madde konsantrasyonunu ve suyun kendi kendini ne derece temizleyebileceğini ifade eder (Çoban, 2007).

Tablo 89. Bir atmosferik basınçta, saf sudaki oksijenin sıcaklığa bağlı çözünürlülüğü  
(Atay ve Pulatsü, 2000)

°C	mg/lt	°C	mg/lt	°C	mg/lt
0	14,62	12	10,78	24	8,42
1	14,22	13	10,54	25	8,26
2	13,83	14	10,31	26	8,11
3	13,46	15	10,08	27	7,97
4	13,11	16	9,87	28	7,83
5	12,77	17	9,66	29	7,69
6	12,45	18	9,47	30	7,56
7	12,14	19	9,28	31	7,43
8	11,84	20	9,09	32	7,3
9	11,56	21	8,91	33	7,18
10	11,29	22	8,74	34	7,06
11	11,03	23	8,58	35	6,95

Çamlıkaya Hes ve Regülatörünün bulunduğu bölgede en düşük çözünmüş oksijen değeri nisan ayının Ç6 noktasında 5,5 mg/lt olarak bulunmuştur. En yüksek çözünmüş oksijen değeri ise ocak ayının Ç3 14,1 mg/lt olarak bulunmuştur. Arca Hes ve Regülatörünün bulunduğu bölgede en düşük çözünmüş oksijen değeri nisan ayının A4 noktasında 5,8 mg/l olarak bulunmuştur. En yüksek çözünmüş oksijen değeri ise ocak ayının A4 14,1 mg/l olarak bulunmuştur. Arca HES ve Çamlıkaya HES'te en düşük çözünmüş oksijen değerleri, ağustos ve nisan ayında bulunmuştur. Ağustos ayında düşük çıkmasının sebebi sıcaklığın yüksek olması ve debi seviyesindeki düşüşten kaynaklanmış olabilir. Nisan ayında düşük çıkmasının nedeni ise kışın yağın karın nisan ayında erimesiyle debi seviyesi yükselmiş ve oksijen miktarı düşmüştür (Kurunç, 2005). Çözünmüş oksijen değerleri mevsimsel ve zamana bağlı olarak anlamlı çıkmış, sıcaklıkların artmasıyla azalmış, sıcaklıkların düşmesiyle artmıştır. Yapılan korelasyon analizi sonucunda sıcaklık ve çözünmüş oksijen arasında ters ilişki bulunmuştur. Hem (1986), soğuk sular daha fazla oksijen tutabildiğinden akarsularda çözünmüş oksijen konsantrasyonlarının kışın daha yüksek, yazın daha düşük olduğunu bildirmiştir. Greb ve Graczyk (1993), Wisconsin'deki akarsuların çözünmüş oksijen karakteristikleri üzerine yaptıkları çalışmada, akarsuların temmuz, ağustos ve eylül aylarında en yüksek su sıcaklıklarına sahip olduklarını ve ortalama günlük su sıcaklığının 20°C olduğu bu dönemde çözünmüş oksijen konsantrasyonunun 9 mg/L olduğunu rapor etmişlerdir. Ging



ve Otero (2003), yaptıkları su kalitesi çalışmasında, su sıcaklığı ile oksijen konsantrasyonları arasında ters orantılı bir ilişkinin bulunduğunu kaydetmişlerdir. Bulduğumuz sonuçlar yapılan çalışmalarla benzerlik göstermektedir. Su kalitesi kontrol yönetmeliğine göre bir değerlendirme yapıldığında, bütün noktalarımız çözülmüş oksijen değerleri açısından I. Sınıf su kalitesi özelliğinde bulunmuştur. Volera (2012)'de yaptığı çalışmada çözülmüş oksijen değerlerini yazın düşük kışın yüksek bulmuştur. Güvensel (2006), yaptığı çalışmada kış döneminde meydana gelen yükselişin, bu aylardaki su sıcaklığının düşmesiyle ilişkilendirmiştir. Çalışmamızda sıcaklığın artışıyla birlikte yaz aylarında düşük seviyelere gerileyen çözülmüş oksijen değerleri, kış aylarında yine yüksek seviyelere ulaşmıştır. Yükseltiye bağlı olarak rakım arttıkça ve atmosferik basınç azaldıkça çözülmüş oksijen seviyesi azalmaktadır (Tablo 90). Nitekim çalışmamızda havzanın mansap kısmında bulunan Arca HES'in bulunduğu bölgedeki oksijen değerleri havzanın memba kısmında bulunan Çamlıkaya HES'in bulunduğu bölgeden daha yüksek çıkmıştır.

Tablo 90. Saf sudaki oksijenin yükseltiye bağlı çözünürlülüğü (Atay ve Pulatsü, 2000)

Yükselti (m)	Oksijen (mg/l)
0	8,4
500	7,9
1000	7,4
1500	7,0
2000	6,6
2500	6,2
3000	5,8

Yapılan istatistiksel analizlere göre, Çamlıkaya Hes'te Ç1 noktası kontrol noktası alındığında; Ç1 noktası ile Ç4 noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmuştur ve Ç3'teki çözülmüş oksijen değeri diğer noktalara göre daha yüksek çıkmıştır. Yine aynı şekilde Arca HES'in bulunduğu bölgedeki örnekleme noktalarında A1 noktası kontrol noktası alındığında A1 ile A3 ve A5 noktaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmiş ve bu noktalardaki çözülmüş oksijen değeri diğer noktalara oranla daha yüksek çıkmıştır. Her iki HES'te de üçüncü noktalarda yüksek çıkmasının nedeni suyun barajdan verildikten sonra fazla miktarda havalanmasından kaynaklanıyor olabilir. Birol (2007), yaptığı çalışmasında barajdan bırakılan suyun çağlayarak akmasından ve su sıcaklığının yıl boyunca düşük seyretmesinden dolayı

barajdan sonraki noktada çözünmüş oksijen seviyesi üst kesime göre daha yüksek çıktığını belirtmiştir. Bundan sonraki noktalarda çözünmüş oksijen seviyesinin düştüğünü bildirmişlerdir. A5 noktasında çözünmüş oksijenin fazla çıkmasının nedeni su sıcaklığının düşmesinden ve kirlilik etmeni olan askıda katı madde miktarının azalmasından kaynaklanıyor olabilir. Her iki HES'te de baraj kısmında çözünmüş oksijen değerinin düşük çıkmasına rağmen kontrol noktalar arasında anlamlı farklılıklar bulunamamıştır. Sale vd. (1991) çalışmasında HES ile ilgili en önemli çevresel değişikliğin HES'in baraj bölümü özellikle yaz aylarında sıcak iklimlerde düşük oksijen barındırdığını bildirmiştir.

Volera (2012) yaptığı çalışmada, nehir tipi HES'in inşaat aşamasında nehirdeki akış rejiminin bozulmasından dolayı çözünmüş oksijenin düştüğünü ve HES'in işletilmeye başlandıktan sonra çözünmüş oksijen seviyesinin normal seviyeye geldiğini vurgulamıştır. Çözünmüş oksijenin sıcaklık ve su akışıyla ilgili olduğunu bildirmiştir (Jesus vd, 2004). Volera vd.(2014)'nin yaptığı çalışmada da aynı sonuçlar bulunmuştur.

Sucul ortamların özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan en önemli parametrelerden biri çözünmüş oksijendir. Sudaki hayatın sürekliliği için oksijen en temel unsurlardan biridir. Çözünmüş oksijen sucul ortamdaki canlıların yaşamlarını düzenler ve sınırlar. Tatlı su yaşamının devamı için, minimum çözünmüş oksijen miktarının 5.0 mg/l olması istenmektedir (EPA, 1979). Çözünmüş oksijen tayini ile göl, rezervuar ve nehir gibi yüzeysel sularda çözünmüş oksijen miktarının orada yaşayan canlıların; örneğin, balık ve diğer organizmaların türüne göre en az 4 mg/l, daha iyisi olarak 5 mg/l'den az olmaması gerekmektedir (Şengül ve Müezzinoğlu 2005). Oksijen konsantrasyonunun 5 mg/l'den az olması, biyolojik toplulukların fonksiyonlarını kötü etkiler ve hayatta kalmalarını zorlaştırır (Şen, 2007). ABD'nin kuzey batısında derelerdeki oksijen miktarı somon balıklarının yavruları ve larvaları için en az 11 mg/l'te olmalıdır. Oksijen seviyesinin ani olarak 9 mg/l'te düşmesi hafif üretim bozukluğuna, 7 mg/l'te düşmesi de ciddi üretim bozukluğuna neden olur (EPA, 1986).

Yaptığımız çalışmada çözünmüş oksijen değerleri bütün noktalarda 5,50-14,10 mg/l'te arasında bulunmuştur. Sucul canlıların varlıklarını devam ettirebilmeleri için min. değer 5 mg/l'te olmak zorundadır. Genel anlamda alabalıkların yaşamları için sınır değerler 9,2-11,5 arasında olması gerekmektedir (Atay ve Pulatsü, 2000) . Bu değerler alabalıkların istekleri için kritik durum oluşturmaktadır.

#### 4.5. Klor

Klorür içeriği, sulara mineral içeriğinin fazla olması anlamına gelmektedir. (Cl-) hemen tüm doğal sulara çeşitli konsantrasyonlarda bulunur. Ancak genellikle dağlık bölgelerdeki su kaynakları çok düşük klorür konsantrasyonları içermektedir. Buna karşılık nehir ve yer altı sularında daha belirgin miktarlarda klorür konsantrasyonları görülmektedir (Şengül ve Müezzinoğlu 2005). Klorür anyonları doğal sulara çeşitli yollarla karışabilmektedir. Suyun çeşitli katı maddeleri iyi çözme özelliği, toprağın üst tabakadaki ve daha derindeki toprak oluşumlarında bulunan klorürlerin suya geçmesine yol açmaktadır (Kurt, 2012). Klorür, tüm doğal veya kullanılmış sulara çok yaygın bir şekilde bulunan iyon türüdür (Çoban, 2007). Klorür, suda tat ve aşındırma problemi yaratır. Fazlası tuzluluk hissi verir. Doğada en fazla miktarlarda bulunan halojen olarak bilinir. Yeraltı sularına çözünme yoluyla ya da tuzlu su - tatlı su girişimleri sonucu katılabilir. Sulara NaCl şeklinde, ayrıca CaCl<sub>2</sub> ve MgCl<sub>2</sub> olarak bileşikler halinde bulunur (URL-9, 2014).

USEPA (2009) içme suları için maksimum klorür konsantrasyonunu 250 mg/L olarak belirlemiştir. Klorür (Cl-) değerleri tuzluluk ve elektriksel iletkenlik ile yakın ilişki içerisindedir. Klorür değerlerinin yüksek oluşu, tuzluluğun ve buna bağlı olarak elektriksel iletkenliğin yüksek değerde olduğunun bir göstergesidir (Çoban, 2007).

Çamlıkaya Hes ve Regülatörünün bulunduğu bölgede en düşük klor değeri nisan ayının Ç3 noktasında 0,25 mg/l olarak bulunmuştur. En yüksek klor değeri ise ekim ayının Ç2 noktasında 17,5 mg/l olarak bulunmuştur. Arca Hes ve Regülatörünün bulunduğu bölgede en düşük klor değeri nisan ayının A3 noktasında 0,84 mg/l olarak bulunmuştur. En yüksek klor değeri ise aralık ayının A4 noktasında 28,50 mg/l olarak bulunmuştur.

İlkbahar aylarından sonra kışa kadar klorür değerleri artış içerisindedir. Aralık ayından itibaren yeniden bir düşüş gözlenmektedir. Nisan ayında klor değerleri iki HES'in bulunduğu bölgede de en düşük değerini almıştır. Bunun sebebi Nisan ayında da kışın yağın karın erimesiyle debi seviyesi artarak suyun seyrelmesinden kaynaklanıyor olabilir (Kurunç, 2005). A4 noktasında klor değerinin fazla çıkması bu bölgede rehabilitasyon çalışmalarının ve kum ocakları faaliyetlerinin olmasından kaynaklanıyor olabilir. Ç2 noktasında fazla çıkmasının sebebi baraj kısmında klor değerlerinin birikmesinden kaynaklanıyor olabilir. Bütün noktalarımızda klor değerleri 0,25-28,5 mg/l arasında değişmiştir. Çağlar (2011), yaptığı çalışmada Murat Nehri'nde klorür konsantrasyonlarının

düşük olmasının nedenini, akarsu yatağının jeolojik yapısından kaynaklanabileceğini bildirmiştir. Tek yönlü varyans analizi sonucunda bulduğumuz değerler mevsimsel ve zamana bağlı olarak anlamlı farklılıklar göstermiştir. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde kıta içi su kalite sınıflarına göre ise klorür değeri bakımından I. sınıf yani yüksek kaliteli sular sınıfına girdiği belirlenmiştir. Klorür değerleri havzanın mansap kısmında bulunan Arca HES ve regülatörüne ait noktalarda havzanın memba kısmında bulunan Çamlıkaya HES ve regülatörüne ait noktalara oranla daha yüksek çıkmıştır. Jacobson (1997) da, Afrika'da Kuiseb River ile ilgili yaptığı çalışmada aşağı akarsu bölgesindeki klorür konsantrasyonunun (79 mg/L) yukarı akarsu bölgesindeki klorür konsantrasyonundan (17 mg/L) çok daha yüksek olduğunu bildirmiştir. Yaptığımız çalışmada da klor değerlerimiz havzanın mansap kısmında memba kısmına oranla daha yüksek çıkmış ve çalışmamız Jacobson (1997)'nin yaptığı çalışmayla benzerlik göstermiştir.

Yapılan istatistiksel analizlere göre, Çamlıkaya Hes'te Ç1 noktası kontrol noktası alındığında; noktalar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmamıştır. Fakat en yüksek klor değeri Ç4 ve Ç6 noktalarında ve en düşük klor değeri Ç3 noktasında bulunmuştur. Yine aynı şekilde Arca HES'in bulunduğu bölgedeki örnekleme noktalarında A1 noktası kontrol noktası alındığında A1 ile sadece A4 noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir. A4 ve A6'da klor değeri diğer noktalara oranla daha yüksek çıkmıştır. Bu noktalarda yüksek çıkmasının sebebi bu bölümlerde yapılan kum ocağı ve rehabilitasyon faaliyetlerinin yapılmasıyla suda kirlilik etmeninin oluşturmasından meydana gelmiş olabilir. Çoban (2007) yaptığı çalışmasında geçmiş yıllarda yapılan çalışmalarla karşılaştırmış, klor değeri zamanla az da olsa artış göstermiştir. Klorun zamanla artışının başlıca sebeplerinin ise göle giren evsel nitelikli atık suların miktarlarındaki artış, yeraltı sularının ve akarsuların göle karışmasının getirdiği klorür yüklerinden kaynaklandığını bildirmiştir.

#### **4.6. Toplam Çözünmüş Katı Madde**

Katıların büyük bir kısmı, doğal sularda içinde çözülmüş halde bulunmaktadır (Maiti, 2004). Sudaki çözülmüş maddeler, suda çözülmüş az miktardaki organik madde ve inorganik tuzların varlığından ileri gelir (Güler, 1997). İnorganik ve organik kökenli olan çözülmüş maddeler, miktarları elektriksel iletkenliğin yaklaşık 2/3'ü kadardır (Göksu,

2003). Genelde sulardaki çözünmüş katı maddeleri, sucul flora ve faunanın bozuşup ayrışması (dekompozisyon) sonucu göl sularına çözünmüş organik maddeler oluşturur. Tarım ve gıda ile ilgili fabrikaların atık suları evsel deşarjlar sonucu su ortamına çok fazla miktarlarda organik maddeler taşırlar. Bu maddelerin sucul ortamda çok artması başta balık olmak üzere bütün canlı gruplarını etkileyebilir (Cirik ve Cirik, 2005). Su içerisinde toplam çözünmüş katı madde miktarı ne kadar yüksek ise o kadar çok yabancı madde var demektir (Akman, 2011).

Çamlıkaya Hes ve Regülatörünün bulunduğu bölgede en düşük toplam çözünmüş katı madde değeri nisan ayının Ç1, Ç2, Ç3 ve Ç5 noktasında 28,60 mg/lt olarak bulunmuştur. En yüksek toplam çözünmüş katı madde değeri ise ağustos ayının Ç4 130 mg/lt olarak bulunmuştur. Arca Hes ve Regülatörünün bulunduğu bölgede en düşük toplam çözünmüş katı madde değeri nisan ayının A2, A3 ve A5 noktasında 51,35 mg/lt olarak bulunmuştur. En yüksek toplam çözünmüş katı madde değeri ise ağustos ayının A6 141, 01 mg/lt olarak bulunmuştur. Bütün noktalarda toplam çözünmüş katı madde miktarı 28,60-141,01 mg/lt arasında değişim göstermektedir. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği"nde kıta içi su kalite sınıflarına göre ise toplam çözünmüş katı madde değeri bakımından I. sınıf yani yüksek kaliteli sular sınıfına girdiği belirlenmiştir. Su kalitesi değerleri bakımından toplam çözünmüş katı maddede herhangi bir problem bulunmamaktadır. Yıl boyunca en düşük toplam çözünmüş katı madde değerleri kar erimesiyle debi artımı gözlenen nisan ayında meydana gelmiştir. En yüksek toplam çözünmüş katı madde değeri ise sıcaklığın en yüksek olduğu ay olan ağustos ayında gözlemlenmiştir. Kent ve Belitz (2004), Kaliforniya'da Santa Ana Havzası'ndaki bazı akarsuların çözünmüş katı madde miktarları ile ilgili yaptıkları çalışmada, akarsulardaki çözünmüş katı madde konsantrasyonunun su kaynağıyla bağlantılı olabileceğini, dağ akarsularındaki ortalama çözünmüş katı madde miktarlarının 50–300 mg/L arasında, vadideki akarsularda ise 400–600 mg/L arasında değiştiğini rapor etmişlerdir. Yaptığımız çalışmada da havzanın memba kısmındaki toplam çözünmüş katı madde değerleri mansap kısmından daha düşük değerlerde çıkmıştır.

Toplam çözünmüş katı madde değeri arttıkça elektriksel iletkenlik değeri de artar (Chang, 2003). Yaptığımız çalışmada da elektriksel iletkenlik ve toplam çözünmüş katı madde arasında birbirlerine paralel olarak artış ve azalışlar meydana gelmiştir.

Yapılan istatiksels analizlere göre, Çamlıkaya Hes'te Ç1 noktası kontrol noktası alındığında; noktalar arasında istatiksels olarak anlamlı farklılıklar bulunmamıştır. Fakat en yüksek TDS değeri Ç4, Ç5 ve Ç6 noktalarında ve en düşük TDS değeri Ç3 noktasında

bulunmuştur. Yine aynı şekilde Arca HES'in bulunduğu bölgedeki örnekleme noktalarında A1 noktası kontrol noktası alındığında A1 ile A4 ve A6 noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir. A4 ve A6'da toplam çözünmüş katı madde değeri diğer noktalara oranla daha yüksek çıkmıştır. Bu noktalarda yüksek çıkmasının sebebi bu bölümlerde yapılan kum ocağı ve rehabilitasyon faaliyetlerinin yapılmasıyla suda kirlilik etmeninin oluşturmasından meydana gelmiş olabilir.

#### 4.7. Tuzluluk

Su kaynakları, zemininde bulunan çeşitli tuzları bünyelerinde barındırarak, bunları geçtikleri ortama taşımaktadır. Sularda en sık rastlanan tuzlar kalsiyum, magnezyum, sodyum bikarbonat, sülfat ve klorürleridir. Tuzların sudaki çözünürlüğü önemli değişimler gösterir. Bazı tuzların sudaki doygunluk konsantrasyonları oldukça düşüktür. Buna karşılık bazı tuzlar (Örneğin NaCl) suda olağanüstü yüksek çözünürlük göstermektedir. Evsel ve endüstriyel atık suların yüzeysel sulara deşarjı sonucunda klorür ( $Cl^-$ ), sülfat ( $SO_4^{2-}$ ) nitrat ( $NO_3^-$ ) ve fosfat ( $PO_4^{3-}$ ) konsantrasyonları yükselir (Coşkun, 2012).

Çamlıkaya Hes ve Regülatörünün bulunduğu bölgede en düşük tuzluluk değeri nisan ayının bütün noktalarında 0,02 ppt olarak bulunmuştur. En yüksek tuzluluk değeri ise ağustos ayının bütün noktalarında, eylül ayının Ç5 noktasında ve ekim ayının Ç6 noktasında 0,09 ppt olarak bulunmuştur. Arca Hes ve Regülatörünün bulunduğu bölgede en düşük tuzluluk değeri nisan ayının A1, A2, A3 ve A5 noktasında 0,04 ppt olarak bulunmuştur. En yüksek tuzluluk değeri ise ağustos ayının her bir noktasında 0,1 ppt olarak bulunmuştur. Genel anlamda değerlendirildiğinde en düşük tuzluluk değeri nisan ayında ve en yüksek tuzluluk değeri ağustos ayında yoğunlaştığı görülmektedir. En düşük tuzluluk değerlerinin nisan ayında çıkmasının sebebi kış ayında yağın erimesiyle debinin artmasından kaynaklanıyor olabilir (Kuruç vd, 2005). En yüksek tuzluluk değerinin ise ağustos ayında olmasının sebebi sıcaklık artışı ve debi seviyesinin düşmesinden kaynaklanıyor olabilir. Bütün noktalarda tuzluluk değerleri 0,02-0,1 ppt arasında değişim göstermektedir. Tuzluluk değerlerine göre yapılan sınıflandırmaya göre Solaklı deresinin tatlı su grubuna girdiği belirlenmiştir. Tuzluluk değerleri bakımından herhangi bir problem bulunmamıştır.

Çamlıkaya Hes'te Ç1 noktası kontrol noktası alındığında; Ç1 ile Ç4 noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmuştur. Yine aynı şekilde Arca HES'in

bulunduğu bölgedeki örnekleme noktalarında A1 noktası kontrol noktası alındığında A1 ile A4 ve A6 noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir. A4 ve A6'da klor değeri diğer noktalara oranla daha yüksek çıkmıştır. Bu noktalarda yüksek çıkmasının sebebi bu bölümlerde yapılan kum ocağı ve rehabilitasyon faaliyetlerinin yapılmasından kaynaklanıyor olabilir.

#### **4.8. Askıda Katı Madde**

Su içerisinde askıda katı madde inorganik ve organik yapılardan oluşur (Chang, 2003). Askıda katı maddenin barındırdıkları inorganik ve organik yapılar; toprak parçacıkları, gübrelemeden kalan artıklar, insektisitler, herbisitler, endüstriyel atıklar, organik madde ayrışmalarından kaynaklanabilmektedir (Chang vd., 1983; Granillo vd., 1985).

Bir havzada askıda katı madde konsantrasyonu havzanın jeoloji, toprak, topoğrafya, iklim, bitki örtüsü, arazi kullanımı ve HES inşaatları gibi havzanın çevresel koşullarından etkilenir (Chang, 2003). Aynı zaman da arazi yüzeyinden gelen yüzeysel akış veya yağmur damlalarıyla, yer çekimi etkisiyle, dere akışı sırasında meydana gelen erozyon ile, insanların neden olduğu örneğin tarımsal faaliyetler, ormancılık faaliyetleri, madencilik faaliyetleri, otlatma faaliyetleri, kentleşme gibi nedenlerden dolayı derelerde sediment miktarı artar ve derelerde değişik boyutlarda partiküller taşınır (Henley vd., 2000).

Askıda katı madde ppm ya da mg/lt olarak ifade edilir. Askıda katı madde suyun fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini etkiler. Suyun fiziksel özellikleri olarak rengi, kokusu, tadı, sıcaklık durumu, bulanıklığı etkiler, ışık geçirgenliğini azaltır, suyun yüzeyinden ısı emilimini arttırır, baraj haznesinin çabuk dolmasını sağlayarak kapasitesini azaltır, dere boyunca tıkanmalara neden olur. Askıda katı maddeler bünyesinde barındırdıkları elementler diğer maddelerle etkileşim içine girerek suyun kimyasına ve kalitesine etki yapabilir (Tessier, 1992).

Askıda katı madde miktarı suyun kimyasal, fiziksel ve biyolojik özelliklerini etkileyerek bunun sonucunda da sucul ortam olumsuz etkilenir (Koralay vd., 2014). Sucul ekosistemler üzerindeki deredeki askıda katı maddenin etkisi, deredeki fiziksel ve kimyasal çevre ile etkileşim yoluyla dolaylı veya askıda katı maddenin kendi varlığı sayesinde doğrudan olabilir (MacDonald vd., 1991).

Sucul bitkilerin fotosentez için gerekli olan ışık girişi askıda katı maddenin yaptığı bulanıklık yüzünden azalabilir. Bu da sucul canlıların ihtiyacı olan besin miktarının azalmasına neden olabilir (Chang, 2003).

Askıda katı madde, suda ışık geçirgenliğini azaltır ve bulanıklığı artırır. Işık geçirgenliğinin azalmasıyla, birincil üretimde görevli olan sucul bitkilerin fotosentez yapmalarını engeller ve derelerde omurgasız canlıları olumsuz etkiler. Omurgasızların azalmasıyla da balık popülasyonu olumsuz etkilenir (MacDonald vd., 1991). Townsend vd.(2009)'da yaptıkları çalışmada özellikle sulama suyundan gelen yüksek askıda katı madde miktarının bentik makroomurgasızlar üzerine zehir etkisini yaptığını bildirmişlerdir. Askıda katı maddeden dolayı yüzeysel su sıcaklığı artabilir (MacDonald vd., 1991).

Dere yatağı, değişik boyutlarda değişik partikül parçalarından, partiküller arasındaki boşluklardan, organik maddeden, sucul hayvan ve bitkilerden oluşur. Dere yatağı kumlu, taşlı, çakıllı veya hepsini birden barındırabilir. Havzanın memba kısmı mansap kısmına göre partikül boyutu genellikle büyük, dere kanalları sığ, kanalın kesit alanı dar, yüzey daha pürüzlü ve eğimli olur (Morisawa, 1985).

Dere yatağının durumu dere habitatı için çok önemlidir. Dere yatağı yumurta ve inkübasyon periyodu için yer, besin temini için bir kaynak, predatörler için sığınak ve sucul canlılar için yaşam alanıdır. Fakat, her bir canlı türünün kendine özel dere yatağı isteği vardır. Türlerin popülasyon yoğunluğu, çeşitliliği dere yatağına bağlı olarak değişir. Büyük parçacıklarla (moloz, kaya parçası vb) kaplı dere yatakları genellikle çok sayıda tür içerir. Silt ve kil gibi ince parçacıklardan oluşan dere yataklarında daha az sucul hayvanları barındırır (Gordon vd., 1993). Kum bakımından zengin olan dere yatakları sucul üretim ve tür çeşitliliği bakımından olumsuz etki yapmaktadır (MacDonald vd., 1991).

Dere yatağının büyük boyutta parçacıklardan oluşması ince sedimentten oluşan dere yatağından daha uygundur (Chang, 2003). Büyük parçalar arasındaki boşluklar ince sedimentler tarafından doldurulur ve böylelikle küçük balıklar, omurgasız, ve diğer organizmalar için yaşam alanı azalabilir (MacDonald vd., 1991).

Dere yataklarına sediment biriktiği zaman, balık yumurtalarını, lavralarını ve boşlukları kaplar. Bu faktörler taşlı, çakıllı yatağa sahip derelerde oksijen azlığına neden olur, metabolizmayı yavaşlatır ve sucul canlılar için zehirli olan amonyum ve karbonun ortaya çıkarır (Chang, 2003).

Dere yatağı boyunca çukurlar mevcuttur. Bu çukurlarda, su hızı düşük, su seviyesi derin ve dere yatağı parçacıkları daha incedir. Yazın deredeki suyun akışının olmadığı



zamanlarda balıkların hayatta kalması, yoğun avlanmadan kaçmak ve soğuk kış şartlarında balıklar için sığınak görevi yapar. Çukurlar, özellikle predatörü olan alabalık gibi türler için gereklidir. Çukurlar farklı türlerde ve her yaş sınıfı olan balıklar için yaşam alanı oluşturur. Bu yüzden, türlerin popülasyonu ve çeşitliliği, çukurların alanı, derinliği, sayısı, sıklığı vb. bağlıdır. Arazi kullanımı, dereler üzerine yapılan çeşitli tesisler yüksek miktarda toprak erozyonuna neden olur ve bu çukurların boyutunu ve derinliğini azaltabilir (Reeves ve Roelofs, 1982; Seehorn, 1992).

Yıl boyunca askıda katı madde miktarında düzensiz artışlar ve azalışlar meydana gelmiştir. Çamlıkaya Hes ve Regülatörünün bulunduğu bölgede en düşük AKM değeri ocak ayının Ç6 noktasında, temmuz ayının Ç5 ve Ç6 noktasında 10 mg/lt olarak bulunmuştur. En yüksek AKM değeri ise mayıs ayının Ç4 350 mg/lt olarak bulunmuştur. Arca Hes ve Regülatörünün bulunduğu bölgede en düşük AKM değeri mayıs ayının A2, temmuz ayının A2, A3 ve A5 noktasında, ağustos ayının A1 ve A2 10 mg/lt olarak bulunmuştur. En yüksek AKM değeri ise eylül ayının A6 noktasında 440 mg/lt olarak bulunmuştur. Mayıs ayında Çamlıkaya HES'in Ç4 noktasında yüksek çıkmasının sebebi bu noktanın hemen üstünde yapılan kum ocağı faaliyetleridir. Yine Arca HES'in A6 noktasında yüksek çıkmasının kum ocağı faaliyetleri, rehabilitasyon çalışmaları ve yüksek yağışlardan dolayı askıda katı madde miktarının artmasından kaynaklanmış olabilir.

Su kirliliği yönetmeliğinde kıta içi su kaynaklarının askıda katı madde değeri hakkında herhangi bir değerlendirme yapılmamıştır. Elde ettiğimiz değerler baraj haznelerindeki AKM yükünün Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde belirtilen ötrofikasyon kontrolü sınır değerlerinin (5–15 mg/L) çok üstünde olduğu bulunmuştur. Geçmiş yıllarda yapılan çalışmalarla karşılaştırıldığında AKM de önemli artışlar meydana gelmiştir (Koralay vd., 2014).

Yapılan istatistiksel analizlere göre, Çamlıkaya Hes'te Ç1 noktası kontrol noktası alındığında; Ç1 ile Ç2 ve Ç5 noktaları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmuştur. Ç2 ve Ç5 noktasındaki askıda katı madde miktarı kontrol noktasına ve diğer noktalardan daha az bulunmuştur. En yüksek askıda katı madde miktarı Ç4 noktasında çıkmıştır. Yine aynı şekilde Arca HES'in bulunduğu bölgedeki örnekleme noktalarında A1 noktası kontrol noktası alındığında A1 ile A2 noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir. En yüksek askıda katı madde miktarı A6 noktasında çıkmıştır. Ç2 ve A2 noktaları HES'in baraj kısmı (suyun biriktirildiği kısım) olup AKM değeri burada ilk noktaya göre daha az çıkmıştır. Nehir tipi HES'lerin gölet kısmında depolanan suyun

dinlenmesiyle birlikte AKM miktarının da azaldığı bildirilmektedir (Snoussi vd.,2002; Bayram, 2011). Fakat can suyu dediğimiz dere ekosisteminin sürdürülebilirliği açısından önemli olan bölgede kurulan kum ocakları ve yapılan inşaat çalışmaları sudaki AKM miktarını arttırmıştır. HES barajında dinlendikten sonra dereye verilen suda azalması beklenen AKM miktarı, kum ocakları gibi yapılarla birlikte olumsuz yönde etkilenmiştir. Bu noktalarda yüksek çıkmasının sebebi bu bölümlerde yapılan kum ocağı ve rehabilitasyon faaliyetlerinin yapılmasından kaynaklanmaktadır.

Alabalıklar genellikle dereye yumurtlamak için, oksijence zengin, temiz, çakıllı, küçük taşlardan oluşan yumurtlamak için yeterince hareket edecek yerleri tercih ederler (Grant ve Lee, 2004). Balıklar için tavsiye edilen askıda katı madde miktarı en uygun koşullar için 30mg/lt' den az olmalı, en fazla 100mg/lt olabilir (Chang, 2003). Türkiyede alabalık türleri için askıda katı madde miktarı 50mg/lt'den az olması gerektiği bildirilmiştir (Atay ve Pulatsü, 2000). Ölçüm yaptığımız dönemlerde askıda katı madde miktarları alabalıklar için sınır değeri olan 50mg/lt çok üzerinde çıkmıştır .Yüksek miktarda askıda katı madde, balıkların solungaçlarını tıkar, solunum yapmalarını güçleştirir ve alandan ayrılmasına neden olur (Reynolds vd., 1989). Dere üzerinde ve çevresinde yapılan hidroelektrik inşaatları ve kum ocağı faaliyetleri askıda katı madde miktarını arttırmıştır. Askıda katı madde miktarı alabalıkların yumurtlamak için seçtiği taşlı çakıllı alanlara, korunması için gerekli çukur alanlara çökerek buraların dolmasına neden olur. Bu da alabalıkların yaşam alanlarını kısıtlar.

Alabalık yavruları ilkbaharın ortasından itibaren yumurtadan çıkmaya başlarlar (Raleigh vd., 1986; Ryan 1988; Scruton vd., 1997). Yavrular yumurtadan çıktıktan sonra daha çok ince sedimentten kaçmak için çakıllı ve taşlı alanları tercih etmektedirler (Grant ve Lee, 2004). Alabalık yavrularının çıktığı nisan mayıs aylarında askıda katı madde miktarının yüksek olması alabalık yavruları için risk oluşturmaktadır.

Çalışmamızın yürütüldüğü dönem boyunca askıda katı madde miktarı özellikle HES'lerin cansuyu bölümünde çok yüksek bulunmuştur. Cansuyu bölümü hem debi bakımından düşük seviyededir hem de askıda katı madde miktarı bakımından çok yüksektir. Bu da ortamda bulunan sucul canlıların uzaklaşmasına sebep olacaktır. Böylece dere morfolojisi olumsuz etkilenecektir.

Sonuç olarak elde edilen verilere göre nehir tipi hidroelektrik santraller işletme aşamasında ve inşaat aşamasında su kalitesi (Özellikle AKM, pH, sıcaklık) ve miktarını olumsuz yönde etkilemiştir. İnşaat aşamasında kum ocağı gibi yapılarla entegre

çalışıldığında su kalite parametreleri etkilenirken, işletme aşamasında ise dereye bırakılan suyun miktarı azalmıştır. Çalışma alanı alabalık zonu içerisinde bulunmaktadır. AKM gibi bazı su kalite parametrelerin sınır değerleri aşılmıştır. Bundan da alabalık popülasyonunun etkileneceği kaçınılmazdır. Cansuyu olarak bırakılan debi seviyesi karasal ve özellikle sucul ekosistem için yetersiz kalmaktadır. Cansuyu bölümünde debi seviyesinin düşmesi ve sıcaklığın artması sucul canlıların (balıklar, omurgasızlar vb.) yaşam alanlarını, bileşimini, türünü ve miktarını etkileyerek dere morfolojisinin değişmesine neden olabilecektir. Geçmiş yıllara göre pH değerlerinde bir artış olmuştur. Küresel çaptaki çalışmalar incelendiğinde HES inşaatının deredeki pH'ı etkileyebileceğini bunun sebebinin ise inşaat sırasında kullanılan beton, çimento, aşındırıcı içeren (kalsiyum hidroksit vb.) gibi diğer inşaat malzemelerinin sebep olabileceğini ve aynı zamanda pH üzerine ortamın anakaya yapısının da etkili olabileceğini vurgulamışlardır.

## 5. ÖNERİLER

Bu çalışmada, giderek artan enerji açığımızı ve enerji konusunda dışa olan bağımlılığımızı azaltmak için son zamanlarda gündeme gelen elektrik üretmek için inşa edilen nehir tipi hidroelektrik santrallerinin su kalitesi üzerine etkisi incelenmiş ve bilimsel olarak bazı katkılar sağlanmıştır.

Ülkemizde, nehir tipi hidroelektrik santrallerinin (NHES) su kalitesine etkilerini ortaya koyan çalışmalar oldukça sınırlıdır. Bu nedenle çalışma kapsamında farklı yerlerdeki (havzanın mansap ve memba kısmında) nehir tipi hidroelektrik santrallerinin su kalitesi üzerine etkisi araştırılmıştır.

Araştırma alanımız Doğu Karadeniz Bölgesinde Trabzon il sınırları içerisinde yer alan Solaklı Deresi yağış havzasında gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, Nehir tipi Hidroelektrik Santrallerinin su kalitesi üzerine etkisinin olup olmadığını ortaya koymak amaçlanmıştır. Solaklı Deresi Havzası rekreasyon, turizm, yaban hayatı, balık faunası, biyoçeşitlilik ve ekolojik yönden önemli bir alandır. Aynı zamanda Solaklı deresi üzerinde Türkiye’de en çok Nehir Tipi Hidroelektrik Santralleri yapımı planlanan önemli bir akarsuyumuzdur. Çalışma alanı, Solaklı deresi üzerinde inşa edilmiş, işletmede olan havzanın mansap kısmında bulunan biriktirme özelliğine sahip Arca HES ve Regülatörü, memba kısmında bulunan Çamlıkaya HES ve Regülatörü ve çevresini içermektedir. Çalışmamızda, Çamlıkaya HES’in bulunduğu bölgeden 6 tane ve Arca HES’in bulunduğu bölgeden de 6 tane olmak üzere toplam 12 nokta seçilmiştir. Her bir noktada su kalite ölçüsünü gösteren sıcaklık, pH, elektriksel iletkenlik, çözünmüş oksijen, klor, toplam çözünmüş katı madde, tuzluluk ve askıda katı madde parametreleri 12 ay (1 yıl) boyunca ölçülmüştür.

Araştırma sonuçlarıyla Solaklı deresi yağış havzasında inşa edilen nehir tipi hidroelektrik santrallerin su kalitesi üzerine etkisi ortaya konulmuştur.

Solaklı deresi yağış havzası Trabzon sınırları içerisinde yer alan gerek doğal güzellikleriyle gerekse bulundurduğu tür çeşitliliği açısından ekolojik ve ekonomik özelliklere sahip önemli bir alanımızdır. Farklı birçok habitat ve biyoçeşitliliği içermesi bu önemini daha da arttırmaktadır. Bu biyolojik çeşitliliğin ve habitatların korunması ve sürdürülebilirliğinin sağlanması gerekmektedir. Bu durumda ancak bilimsel verilere dayanarak bazı tedbirlerin alınmasıyla mümkün olunabilecektir.

Araştırma alanımız olan Solaklı deresinde bulunan nehir tipi Çamlıkaya HES ve Arca HES'in bulunduğu bölgeyi kapsayan bu çalışma sonucunda, bilimsel anlamda çevresel etkiler tespit edilmiştir. Hidroelektrik santralleri inşaat aşamasında inşa edildiği alanda arazi yapısını bozması, toprak ve bitki örtüsünü değiştirmesi ve çevresel ekosistemi bölmesi ile bulunduğu ekosisteme doğrudan zarar vermektedir. Bu nedenle, hidroelektrik santrallerin kurulduğu bölgede ekosistemin ekolojik yapısının bozulmaması için gerekli olan koruma ve kontrollerin daha düzenli yapılması gerekmektedir. Genel anlamda değerlendirildiğinde çalışma sonucumuzda işletmede bulunan hidroelektrik santrallerin akarsuda bulunan su kalitesi üzerinde nehir tipi hidroelektrik santrallerinin cansuyu bölümünde seçtiğimiz Ç4 ve A4 noktaları hariç diğer noktalarda kontrol noktası olarak seçtiğimiz ilk noktalara göre çok az değişimler sergilediği görülmüştür. Çalışmamızda hidroelektrik santrallerinin cansuyu bölümünde kurulan kum ocağı faaliyetleri ve rehabilitasyon çalışmaları (yeşillendirme faaliyetleri, dere kenarı ıslahı, rekreasyon faaliyetleri vb.) nedeniyle su kalitesini olumsuz etkilediği bulduğumuz sonuçlarda ortaya çıkmıştır. Özellikle cansuyu bölümümüzde bulunan noktalarımızda (Ç4 ve A4) su kalite özelliklerinin diğer noktalara oranla daha yüksek ve bu bölümde bulunan kum ocağı faaliyetlerinden olumsuz etkilendiği yapılan istatistiksel analizler sonucunda bulunmuştur. Bundan sonra gelen noktalardaki değerler de bu faaliyetlerden dolayı olumsuz etkilenmiştir. Bulduğumuz sonuçlar literatür çalışmalarıyla paralellik göstermektedir. Yurt dışında yapılan çalışmalarda da akarsu üzerine kurulan nehir tipi hidroelektrik santrallerin işletme aşamasındayken suyun kalitesi üzerinde çok az değişimler meydana getirdiği bildirilmiştir. Bu değişimlerin ise bir iki yıl içerisinde normal seviyeye gelerek düzeldiği, fakat inşaat aşamasında bulunan nehir tipi hidroelektrik santrallerin bir anlıkta olsa su kalitesini olumsuz etkilediği ortaya çıkmıştır. Özellikle askıda katı madde miktarları bütün yıl boyunca alınan noktalardan Ç4 ve A4 noktasında çok fazla çıkmıştır. Bunun en önemli sebebi ise bu bölümlerde kurulan kum ocaklarının bulunmasıyla oluşan atık suyun dinlendirilmeden doğrudan dere yatağına bırakılması olmuştur. Mümkün olduğunca kum ocağı işletmeleri mecbur kalınmadıkça dereler üzerine inşa edilmemelidir. İnşa edilmesi gerekiyorsa da kullanılan atık suyun kesinlikle dere yatağına bırakılmaması gerekir. Eğer bırakılacaksa önce atık su dinlendirilme havuzuna bırakılmalı daha sonra su içindeki askıda olan katı maddelerden arandıktan sonra dereye bırakılmalıdır. Ayrıca iki HES'in de bulunduğu bölgede kum ocakları cansuyu dediğimiz deredeki sucul yaşam için çok önemli olan debinin az olduğu bölgelerde bulunmaktadır. Ülkemizde cansuyu uygulamalarında

sucul ekosistemin ve çevre ekosistemin devam etmesi için cansuyu bölgesine düşük miktarlarda su verilmektedir. Bu suyun miktarının az olmasının yanında yapılan kum ocağı faaliyetleriyle de su kalitesi bozulmaktadır. Debinin azalmasıyla ve su kalitesinin bozulmasıyla ortamdaki canlılar zarar görecektir ve canlı çeşitliliğinin azalmasına sebep olacaktır. Ayrıca HES'ler dere üzerine inşa edilmesiyle dere hidrolojisini bozarak dereye düzensiz akışlar meydana getirir. Dereye kimi zaman yüksek pik akımlar meydana gelir kimi zaman çok az akımlar oluşur. Dereye sucul canlılar yüksek akış hızına adapte olamazlar. Yüksek akış hızıyla, yumurtaların ve yavruların saklandığı bitkiler yok olur. Bentik omurgasızların düzensiz debinin artması ve azalmasıyla habitat alanları bozulur ve sürüklenerek popülasyonları zarar görür. Organizmanın aldığı besin miktarı kısıtlanır. Besin azlığı ile birlikte organizmanın popülasyonu azalır. İnşaat artıkları balık ve omurgasız popülasyonunu azaltır. Ayrıca HES'ler inşaat aşamasında ortamdaki bitki örtüsüne zarar verir. Türlerin yaşamlarını sürdüreceği ortam şartları vardır. Türler akışın az olduğu zamanlarda yüksek oksijene ihtiyaç duyarlar. Dere kenarının çok sığ olduğu ve dere kenarındaki riparian zonlar kaldırıldığı zaman dereye su sıcaklığını artırır. Dereye su sıcaklığının artmasıyla oksijenin azalmasına neden olur ve sucul canlılar için yaşam şansı azalır. Dereye akışın azalmasından dolayı sucul canlıların hareketleri kısıtlanır, beslenme mekanizmaları olumsuz etkilenir ve davranış bozuklukları meydana gelir. Kuraklığın meydana getirdiği durumdan dolayı sucul fauna azalmaya başlar. Dere kanal ortamının geniş alanda kurumasıyla sucul organizmalar ölürler. Dere akışlarında artma ve azalmasından dolayı bentik omurgasızların beslendiği birincil üreticilerin ortamdaki uzaklaşmasına neden olur. Bu da omurgasızlar popülasyonunu azaltır. Bentik omurgasızların ortamdaki uzaklaşmasıyla, balık popülasyonunun yoğunluğu, büyüklüğü ve şekli değişir. Doğal ekosistemin ve sucul ekosistemin geleceği için biran önce gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir.

Nehir tipi hidroelektrik santrallerinden bırakılan cansuyu miktarının, akarsuda ve kıyısında yaşayan flora ve fauna düşünülerek belirlenmesi ve düzenli kontrollerinin yetkililerce yapılması gerekmektedir. Ülkemizde cansuyu uygulamalarına bakıldığında yeterli miktarda su dereye verilmemektedir. Aynı zamanda dereye bırakılması gereken cansuyu kontrolü düzgün bir şekilde yapılmamaktadır. Ülkemizde her bir havzanın kendine özgü topoğrafyası, iklimi, yağışı, toprak özellikleri, yerleşim yerleri vb. özellikleri vardır. Uygulamada dereye bırakılması gereken cansuyu miktarı tek bir havzaya göre belirlenmekte daha sonra bütün havzalara uygulanmaktadır. Ekolojik yaşamın

sürdürülebilirliği ve doğal dengenin korunabilmesi için yeterli miktarda suyun dereye bırakılması gerekmektedir. Bunun içinde cansuyu hesaplamaları tek bir havza için değil her bir havzanın topoğrafyası, iklimi, yağışı, yerleşim yerleri, sosyo-ekonomik yapısı ve sucul ekosistemin istekleri de dikkate alınarak seçilen havzanın aktüel durumuna göre belirlenmelidir. Ayrıca kurulacak nehir tipi hidroelektrik santralleri havzanın kaldırabileceği kapasitede inşa edilmelidir. Havzanın kapasitesini aşacak şekilde ard arda özellikle havzanın memba kısmından başlayarak mansap kısmına kadar sadece dereye cansuyu kalacak şekilde nehir tipi hidroelektrik santraller yapılmamalı ve yapılacak nehir tipi hidroelektrik santraller de doğaya zarar vermeyecek şekilde doğaya zararı en aza indirecek şekilde yapılmalıdır. Nehir tipi hidroelektrik santrallerinin gerçekten inşa edilmesi gerekiyorsa ekolojik dengeyi bozmayacak şekilde inşa edilmesi, gerekli ve yeterli su seviyesin tespit edilerek buna göre elektrik üretiminin yapılmasının sağlanması gerekir. Havza içerisinde düzensiz ve plansız yapılaşması kontrol altına alınmalıdır. Ayrıca nehir tipi hidroelektrik santrallerinin sadece kar sağlamak amaçlı düşünmeyip içinde yaşadığımız ekosistemin de doğal dengesini bozmamaya ve gelecekte sürdürülebilirliğin sağlanması için elimizden geleni yapmalıyız. Ayrıca hidroelektrik santral yapımı için yol yapımı, orman kesimi, kanal açma, kuyu açma, vb. uygulamalar suların kirlenmesine yol açmakta ve doğaya geri dönüşü olmayan zararlar vermektedir. Solaklı deresi heyelana yatkın bir bölgedir. Hidroelektrik santrali inşaatları yamaçların doğal dengesini bozmadan, heyelan ihtimali olan yamaçlarda yol ve kazı çalışmaları dikkatli yapılmalıdır. Bunun için gerekli tedbirlerin biran önce alınması gerekmektedir. Yapılacak faaliyetlerin mümkün olduğunca ekosistemi tahrip etmeyecek şekilde doğaya uygun olarak yapılması sağlanmalıdır.

Nehir tipi hidroelektrik santrallerin kurulduğu bölgede sucul ekosistemin özellikle balıkların ve omurgasız canlıların nasıl etkilendiğini tam anlamıyla belirleyebilmek için daha fazla çalışma ve kapsamlı çalışmalar yapılması gerekmektedir. İlgili çalışmalarda balık geçitleri dikkatlice incelenmeli balıklar üzerine etkisi araştırılmalıdır. Özellikle derelere bırakılan inşaat atıklarının sucul ekosistem üzerine etkisi araştırılmalıdır.

Bilindiği gibi su kalitesi özellikleri aylara, günlere, saatlere vb. göre değişim göstermektedir. Mümkün olduğunca su kalite ölçümleri ölçüm aralıkları az olacak şekilde daha sık yapılması gerekmektedir.

Sonuç olarak, kullanılabilir temiz su ihtiyacımızın giderek arttığı, kullanılabilir suyumuzun oldukça kısıtlı olduğu ülkemizde akarsuların kirlenmesine engel olmak amacıyla her türlü önlem alınmalı ve kirlenmeye engel olunmalıdır. Yağış havzaları, aşağı

havza ve yukarı havzayı kapsayacak şekilde bütün olarak ele alınmalı havza içerisinde doğaya uygulayacağımız en ufak müdahalenin bütün havzayı etkileyebileceğini unutmamalıyız.



## 6. KAYNAKLAR

- Ak, O., 2002. Nehir Tipi Hidroelektrik Santrallerinin Sucul Ekosistem Üzerine Etkileri, Su Ürünleri Araştırma Merkezi Yunus Araştırma Bülteni, 9, 2, 16-20.
- Ak, O., Çakmak, E., Aksungur, M., Çavdar, Y. ve Zengin, B., 2008. Akarsu Üzerindeki Doğal ve İnsan Kaynaklı Faaliyetlerin Sucul Ekosisteme Etkisine Bir Örnek:Yanbolu Deresi (Arsin, Trabzon), Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 24,1-2, 389-400.
- Akdoğan, M., 2006. Enerji Kaynakları ve Doğu Karadenizin Hidroelektrik Potansiyel Dengesi Etüdü, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Akın,M., ve Akın, G., 2007. Suyun Önemi, Türkiye’de Su Potansiyeli, Su Havzaları ve Su Kirliliği, Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi, 47, 2, 105-118.
- Akman, M., 2011. Köyceğiz Gölü’nün Makro-Bentik Omurgasızlarının ve Su Kalitesinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Muğla üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla.
- Akpınar, E., 2005. Nehir Tipi Santrallerin Türkiye’nin Hidroelektrik Üretimindeki Yeri, Erzincan Eğitim Fakültesi Dergisi, 7, 2, 1-25.
- Aksungur, M., Alkan, A. ve Zengin, B., 2007. Karadeniz Alabalığının Tatlısu ortamındaki Göçü Üzerine bazı Çevresel Parametrelerin Etkisi, Ekoloji,17, 65, 28-35.
- Aksungur, M., Ak, O. ve Özdemir, A., 2011. Nehir Tipi Hidroelektrik Santrallerinin Sucul Ekosisteme Etkisi: Trabzon Örneği, Journal of Fisheries Sciences, 79-92.
- Albay, M., 2007. Ömerli Baraj Gölüne Akan Derelerin Fiziksel, Kimyasal ve Biyolojik Özelliklerinin İncelenmesi, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Arca 2008, Arca Regülatörü ve HES Projesi, Revize Fizibilite Raporu.
- Atasoy, H., 2012. Bahçelik Barajı Su Kalitesinin Fiziksel, Kimyasal ve Biyolojik Açından İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.
- Atay D. ve Pulatsü S., 2000. Su Kirlenmesi ve Kontrolü, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Kitabı, 292.

- Atılğan, E., Soğuksulu, Ş., ve Aslan, H., 2011. Hidroelektrik Santrallerin Çevreye Etkileri ve Bu etkilerin Azaltılmasına Dair Öneriler : Trabzon İli Örneği, Yunus Araştırma Bülteni, 4, 7-14.
- Ayaz, E., 2009. Solaklı Havzasında Aylık ve Yıllık Debi Süreklilik Eğrilerinin Normalleştirme Yöntemiyle İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Bayram, A., 2011. Harşit Çayı Su Kalitesinin Mevsimsel Değişiminin İncelenmesi ve Askı Madde Konsantrasyonunun Yapay Sınır Ağları Yöntemi İle Tahmin Edilmesi, Doktora Tezi, Karadeniz teknik üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Berkün, M., Aras, E. ve Koç, T., 2008. Barajların ve Hidroelektrik Santrallerin Nehir Ekolojisi Üzerinde Oluşturduğu Etkiler, Türkiye Mühendislik Haberleri, 6, 452.
- Bilen, Ö., 2008. Türkiye'nin Su Gündemi; Su Yönetimi ve AB Su Politikaları, Umut Tanı Sağlık Matbaa Turizm İnş. San. ve Tic. A.Ş. Saner Basım Sanayi, Ankara, 344.
- Bırol, N., 2007. Dipsiz-Çine Çayı (Muğla-Aydın)'nın Bentik Makroomurgasızlarının Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Muğla Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla.
- Bhatt, R., P., Khanal, S., N. ve Maskey, R., K., 2011. Water Quality Impacts of Hydropower Project Ooperation in Bhotekoshi Rıver Basin Sindhulpalchowk District in Nepal, International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences, 1, 1, 88-101.
- Bobat, A., HES Projelerinde 3E İlişkileri,  
<http://www.dektmk.org.tr/upresimler/enerjikongresi12/7-AlaeddinBobat.pdf> 4 Aralık 2014
- Boran, M. ve Sivri, N., 2001. Trabzon İl sınırları İçerisinde Bulunan Solaklı ve Sürmene Derelerinde Nutrient ve Askıda Katı Madde Yüklerinin Belirlenmesi, Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi, 18, 3-4, 343-348.
- Bowyer, P., 2005, Weighing up the benefits against the environmental disadvantages, is it feasible or desirable for hydroelectric power to be developed on a much larger scale in the future?, Report No: PHYS2015.  
[http://peter.mapledesign.co.uk/writings/physics/2005\\_Hydroelectric\\_Power\\_Feasible\\_or\\_Desirable.pdf](http://peter.mapledesign.co.uk/writings/physics/2005_Hydroelectric_Power_Feasible_or_Desirable.pdf), 3 Ekim 2010
- Brown L.C. ve Barnwell T.O., 1987. The enhanced stream water quality model QUAL2E and QUAL2E-UNCAS, Documentation No. EPA/600/3-87/007, Environmental Research Laboratory, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency, Athens, Georgia.
- Bulut, V., N., 2005. Trabzon(Maçka) Kalyan Akarsuyunun Su Kalitesinin Araştırılması ve Modellenmesi, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

- Cirik S. ve Cirik Ş., 2005. *Limnoloji Ders Kitabı*, Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları No:21, Ege Üniversitesi Basımevi Bornova-İzmir, 166.
- Chang, M., 2003. *Forest Hydrology : An Introduction To Water And Forests*, 373.
- Chang, M., McCullough, J.D. ve Granillo, A.B., 1983. Effects of land use and topography on some water quality variables in forested East Texas, Water Resour. Bull., 19, 191–196.
- Cho, J.,H., 2001. The Impact of Hydroelectric Pever plant Discharge on the Water Qualty of the Namde River, *Environmental Engineers*, 6,3, 123-130.
- Coşkun, H. G., 2010. Alganci, U., Eris E., Ağırlioğlu, N., Cigizoglu, H., K., Yılmaz, L. ve Toprak, Z.,F., Remote Sensing and GIS Innovation with Hydrologic Modelling for Hydroelectric Power Plant (HPP) in Poorly Gauged Basins, Water Resour Manage, 3757–3772.
- Coşkun, H., 2010. Nehir Tipi Hidroelektrik Santrallerinin Artvin'deki Orman Ekosistemlerinde Neden Olduğu Arazi kullanım Değişiminin ve Arazi Tahribatının Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Artvin Çoruh Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Artvin.
- Coşkun, M. A., 2012. Akarsularda Su Kalitesi Belirleme ve Modelleme, Yüksek Lisans Tezi, İnönü Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Malatya.
- Çağlar, M., 2011. Murat Nehrin'in Palu İlçesi ve Gülüşkür Bölgeleri Arasında kalan Kısmının Su Kalitesi ve Bentik Diyatomeleleri, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Çepel, N., 1995. Orman Ekolojisi, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, Yayın No: 399, İstanbul.
- Çimenci, V., 2011. Küçük Hidroelektrik Santraller ve Dere Yatağında Bırakılması gereken Can Suyu Miktarı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eylül.
- Çoban, F., 2007. Hazar Gölü Su Kalitesinin Araştırılması, Yüksek Lisans tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- DSİ, 2013. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, 4628 Sayılı EPK'unca Geliştirilen Hidroelektrik Santral Projeleri Listesi.
- DSİ, 2015. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Toprak ve Su Kaynakları.
- Davis, R. ve Hijri, R., 2003, *Water Resources and environment technical note c1, environmental flows: concepts and methods*, The World Bank, Washington.
- Davis, S.N. ve DeWiest, R.J.M., 1969. *Hydrogeology*, John Wiley & Sons, New York.

- De Madron, X.D., Nyffeller, F. ve Godet, C.H., 1990. Hydrographic and Nepheloid Spatial Distribution in the Gulf of Lions Continental Margin, Continental Shelf Research, 10, 19-11, 911-929.
- EİE, 2015. Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü. [http://www.eie.gov.tr/il\\_enerji.aspx](http://www.eie.gov.tr/il_enerji.aspx), 29.05.2015.
- Elliott, J.M., 1975. The growth rate of brown trout (*Salmo trutta* L.) fed on maximum rations. *J. Anim. Ecol.*, 44, 805-821.
- Elliott, J.M., 1981. Some aspects of thermal stress on freshwater teleosts, *In* A.D. Pickering (ed.), Stress and Fish, Academic Press, London, 209-245.
- EPA, 1979. A review of the EPA Red Book, Quality Criteria For Water, American Fisheries Society Water Quality Section, Maryland.
- EPA, 1986. Ambient Water Quality Criteria for Dissolved Oxygen, U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water Regulations and Standards, Washington, D.C.
- EPHA, 1989. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th edition, APHA, AWWA, WEF, 2, 540.
- Fakıoğlu, S. ve Kağncıoğlu, N., 2009. Doğu Karadeniz ve Coruh Havzalarının Hidroelektrik Enerji Üretimi Açısından Değerlendirilmesi, Doğu Karadeniz Bölgesi Hidroelektrik Enerji Potansiyeli ve Bunun Ülke Enerji Politikalarındaki Yeri, Trabzon.
- Fatoki, S.O. ve Awofolu, R., 2003. "Levels Of Cd, Hg and Zn in Some Surface Waters From Eastern Cape Province, South Africa", Water SA, 29, 4.
- Fidan, C., Duran. C. ve Kırış, R., Bitki Formasyonlarının Su Kaynakları Üzerindeki Etkisi, TMMOB 2. Su Politikaları Kongresi <http://www.imo.org.tr/resimler/ekutuphane/pdf/10913.pdf> 20 Şubat 2015
- Giljanovic, N., S., 2001. The Quality of Water in the Busko Blato Reservoir, Environmental Monitoring and Assessment, 71, 279-296.
- Ging, P.B. ve Otero, C.L., 2003. Comparison of Temperature, Specific Conductance, pH and Dissolved Oxygen at Selected Basic Fixed Sites in south-Central Texas, 1996-98. U.S. Geological Survey Open-File Report, 03-087.
- Gordon, N.D., McMahon, T.A., ve Finlayson, B.L., 1993. Stream Hydrology, An Introduction for Ecologists, John Wiley & Sons, New York.
- Gökdemir, M., Kömürcü, M., İ. ve Evcimen, U.,T., 2012. Türkiye’de Hidroelektrik Enerji ve HES Uygulamalarına Genel Bakış, *Türkiye Mühendislik Haberleri*, 471, 18-26.

- Göksu, M. Z., 2003. Su Kirliliği, Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları, No:7, 232.
- Granillo, A.B., Chang, M., and Rashin, E.B., 1985, Correlation between suspended sediment and some water quality parameters in small streams of forested East Texas, *Texas J. Sci.*, 37, 227–234.
- Grant, C.G.J. ve Lee,E.M., 2004. Life History Characteristics of Freshwater Fishes Occurring in Newfoundland and Labrador, with Major Emphasis on Riverine Habitat Requirements, Canada.
- Greb, S.R. ve Graczyk, D.J., 1993. Dissolved Oxygen Characteristics of Wisconsin Streams, *Water Sci Technol.*, 28, 575-581.
- Gülbenk, H., 2013. Tohma Çayı' nın Bentik Algleri ve Su Kalite Düzeyinin Saptanması, İnönü Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Malatya.
- Güler, Ç. ve Çobanoğlu Z., 1997. Su Kalitesi, Birinci Baskı, Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi, No:43, Ankara, 95.
- Güner, S. ve Tüfekçioğlu, A., 2008, “Artvin İlinde Yapılacak Olan Küçük Dere Tipi Regülatör ve HES’lerin Çevresel Açından İrdelenmesi” 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, 419-428.
- Gürer, G. ve Törk, K., 1990. Küçük Kapasiteli Hidroelektrik Santrallerinin Hidrolojik Planlaması, TMMOB Elektrik Mühendisliği Dergisi, 35, 372, Ankara, 31-35.
- Güvensel, T., 2006. Ömerli Baraj Gölü Su Kalitesinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Gyawali, S., Techato, K., Yuangyai, C. ve Musikavong, C., 2013. Assessment of relationship between land uses of riparian zone and water quality of river for sustainable development of river basin, A case study of U-Taoao river basin,Thailand, Procedia Environmental Sciences, 291-297.
- HDC., 2003. Water Quality Parameters, Chemical and Physical Factors Influencing Water Quality in Rivers and Streams. Hauraki District Council, 38.
- Hay, B.J., 1994, Sediment and water discharge rates of Turkish Black Sea rivers before and after hydropower dam construction, Environmental Geology 23, 276-283.
- Henley, W.F., Patterson, M.A., Neves, R.J. ve Lemly, A., 2000. Dennis Effects of sedimentation and turbidity on lotic wood webs: a concise review for natural resource managers, Rev. Fisheries Sci., 8, 125–139.
- Hem, J.D., 1986. Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Waters. U.S. Geological Survey Water-Supply Paper, 2254.

- Hynes, H. B. N., 1977. A Key to the Adults and Nymphs of British Stone Flies, Freshwater Biological Association Scientific Publication No: 17, Ontario, 90.
- İlhan, A., 2011. Yeni Bir Su Politikasına Doğru; Türkiye’de Su Yönetimi, Alternatifler ve Öneriler, Birinci Baskı, Sosyal Değişim Derneği, İstanbul.
- Jacobson, P.T., 1997. An Ephemeral Perspective of Fluvial Ecosystems: Viewing Ephemeral Rivers in the Context of Current Lotic Ecology. Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University, Virginia.
- Johnson, L.B., Richards, C., Host, G.E., ve Arthur, J.W., 1997. Landscape influences on water chemistry in Midwestern stream ecosystems, Freshwater Biology, 37, 193–208.
- Jesus, T., Formigo, N., Santos, P. Ve Tavares, G.R., 2004. Impact evaluation of the Vila Viçosa small hydroelectric power plant (Portugal) on the water quality and on the dynamics of the benthic macroinvertebrate communities of the Ardena river. Limnetica, 23, 241–256.
- Kaçar, B., 2012. Bitki, Toprak ve Gübre Analizleri I.Temel Laboratuvar Bilgisi. 1. Basım Haziran. Nobel Yayınları.
- Kalyoncu, H. ve Zeybek, M., 2009. Ağlasun ve Isparta Derelerinin Bentik Faunası ve Su Kalitesinin Fizikokimyasal Parametrelere ve Belçika Biyotik İndeksine Göre Belirlenmesi, Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi, 2, 1, 41-48.
- Kanber, R., Türkiye’de Su Kaynakları Potansiyeli: Kullanımı, Sorunları ve Çözüm Önerileri , TMMOB Su Politikaları Kongresi, Mart 2006, Ankara, Bildiriler Kitabı I, 1-12.  
<http://www.imo.org.tr/resimler/ekutuphane/pdf/9104.pdf> 10 Ekim 2014.
- Karaca, R., 2011. Su Kalitesi Kontrolü için Otomatik Numune Alma Sisteminin Geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Karadeniz, V., Akpınar, E., ve Başbüyük, A., 2011. Nehir Tipi Hidroelektrik Santraller ve Çevresel Etkileri (Reşadiye Hidroelektrik Santralleri Örneği), Doğu Coğrafya Dergisi, 95-114.
- Karakoyun, Y. ve Yumurtacı Z., Hidroelektrik Santral Projelerinde Çevresel Akış Miktarının ve Çevresel Etkinin Değerlendirmesi  
[http://www.mmo.org.tr/resimler/dosya\\_ekler/a55289d74208d8b\\_ek.pdf?dergi=14](http://www.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/a55289d74208d8b_ek.pdf?dergi=14)  
12 25 mayıs 2015
- Kellett, B.A., 1965. A preliminary study of the brown trout, *Safrho trutta* L., in Long Pond, St. John's, Newfoundland. B.Sc. Hon. thesis, Memorial University of Newfoundland, St. John's, NL.

- Kent, R. ve Belitz, K., 2004. Concentrations of Dissolved Solids Nutrients in Water Sources and Selected Streams of the Santa Ana Basin, California, October 1998-September 2001, U.S. Geological Survey Water Resources Investigations Report. 03-4326, 61.
- Koralay N., Kara Ö. ve Kezik U., 2014 "Solaklı Deresinde Askıda Katı Madde Miktarının Zamansal Değişimi", I.Ulusal Havza Yönetimi Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Çankırı, 48.
- Kurdoğlu, O. ve Özalp, M., 2010. Nehir Tipi Hidroelektrik Santral Yatırımlarının Yasal Süreç, Çevresel Etkiler, Doğa Koruma ve Ekoturizmin Geleceği Kapsamında Değerlendirilmesi, III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi II, 688-707.
- Kurt, A., 2012. Doğancı Baraj Gölü Su Kalitesinin TBA Yardımıyla Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Kurunç A., Yürekli K. ve Öztürk F., 2005. Effect of Discharge Fluctuation on Water Quality Variables from the Yeşilırmak River, Tarım Bilimleri Dergisi 11, 2, 189-195.
- Lee, S.H., 1971. Fecundity of four species of salmonid fishes in Newfoundland waters. M.Sc. thesis, Memorial University of Newfoundland, St. John's, NL., 114.
- Li, Y. ve Migliaccio K., 2011. Water Quality Concepts, Sampling And Analyses, Taylor and Francis Group, CRC Press, LLC.
- Liew, P.K.L., 1969. A study on the biology of brown trout, *Salmo trutta* L. from four different habitats on the Avalon Peninsula, Newfoundland. M.Sc. thesis, Memorial University of Newfoundland, St. John's, NL., 186.
- MacDonald, L.H., Smart, A.W, ve Wissmar, R.C., 1991. Monitoring Guidelines to Evaluate Effects of Forestry Activities on Streams in the Pacific Northwest and Alaska, EPA 910/9-91-001, U.S. Environmental Protection Agency.
- Maiti, S.,K., 2004. Handbook of Methods in Environmental Studies Vol.1 : Water and Wastewater Analysis, Second Edition, Oxford Book Company, India.
- Markus, H.C., 1962. Hatchery-reared Atlantic salmon smolts in ten months. Prog. Fish-Cult, 24, 127-130.
- Marım, G. ve Güler, 2009. I., Hidroelektrik Santraller ve Su Hakkı.
- Mc Nelly, R.N., Neimanis, V.P. ve Dwyer, L.,1979. "Water Quality Source BOOK-A Guide to Water Quality Parameters" Inland Waters Directorate, Water Quality Branch, Ottawa, Canada, 88.
- Morisawa, M., 1985, Rivers, Longman, New York.
- Özhan, S., 2004. Havza Amenajmanı, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın No: 481, İstanbul, 384.

- Özdemir, N., Yılmaz, F. ve Yorulmaz, F., 2007. Dalaman Çayı Üzerindeki Bereket Hidro-Elektrik Santrali Baraj Gölü Suyunun Bazı Fiziko-Kimyasal Parametrelerinin ve Balık Faunasının Araştırılması, Ekoloji, 16,62, 30-36.
- Parsons, T., Maita, Y. ve Lalli, C.M., 1984. Manual of Chemical and Biological Methods for Sea Water Analysis, Pergamon Press, Grait Britain, 173.
- Pimenta, A., M., Albertoni, E., F. ve Silva, C., P., 2012. Characterization of Water Quality in a Small Hydropower Plant Reservoir in Southern Brazil, Lake-Reservoirs: Research and Management, 17, 243-251.
- Poff, N.L., Richter, B.D., Arthington, A.H., Bunn, S.E., Naiman, R.J., Kendy, E., Acreman, M., Apse, C., Bledsoe, B.P., Freeman, M.C., Henriksen, J., Jacobson, R.B., Kennen, J.G., Merritt, D.M., O'keeffe, J.H., Olden, J.D., Rogers, K., Tharme, R.E. ve Warner, A., 2010, The ecological limits of hydrologic alteration (ELOHA): a new framework for developing regional environmental flow standards. Freshwater Biology, 55, 147–170.
- Raleigh, R.F., Zuckerman L.D., ve Nelson P.C., 1986. Habitat suitability index models and instream flow suitability curves: Brown trout. U.S. Fish Wildl. Serv., Biol. Rep., 82, 65.
- Reeves, G.H. ve Roelofs, T.D., 1982. Influence of Forest and Rangeland Management on Anadromous Fish Habitat in Western North America: 13. Rehabilitating and Enhancing Stream Habitat, 2. Field Application, Gen. Tech. Rep. PNW-140, USDA Forest Service, Pacific NW Forest and Range Exp. Sta., Portland, OR.
- Reynolds, J.B., Simmons, R.C., ve Burkholder, A.R., 1989. Effects of placer mining discharge on health and food of Arctic grayling, *Water Resour. Bull.*, 25, 625–635.
- Ryan, P.M., 1988. Trout in Canada's Atlantic provinces. Underwater World Factsheet. Fisheries and Oceans Canada, Ottawa, Ontario. Cat. No. Fs 41-33/58-1988E, 6.
- Sale, M.J., Cada, G.F., Chang, L.H., Christensen, S.W., Railsback, S.F., Francfort, J.E., Rinehart, B.N. ve Sommers, G.L. 1991. Environmental Mitigation at Hydroelectric Projects. Volume 1. Current Practices for Instream Flow Needs, Dissolved Oxygen, and Fish Passage; U.S. Department of Energy: Washington, DC, USA.
- Sakalauskiene, G., Hansen, F., T. ve Raulinaitis, M., 2004. Assessment of Hydro Power Plants Effect on River Water Quality, Environmental research, engineering and management, 3, 29, 14-20.
- Scruton, D.A., Sooley D.R., Moores L., Barnes M.A., Buchanan R.A., ve McCubbin R.N., 1997. Forestry guidelines for the protection of fish habitat in Newfoundland and Labrador. Dept. Fisheries and Oceans, St. John's, NL., 63.



- Seehorn, M.E., 1992. Stream Habitat Improvement Handbook, U.S. Forest Service Tech. Publ. R8-TP 16.
- Sembiring, S., Water Quality in Three Reservoirs on the Citarum River, Indonesia, Research Institute for Water Resources Development, 193.  
<http://hydrologie.org/ACT/Marseille/works-pdf/wchp3poster4.pdf> 14 Aralık 2013
- Singh, J., Agrawal, D., K. ve Panwar, S., Seasonal Variations in Different Physico-Chemical Characteristics of Yamuna river water quality in Proposed Lakhwar hydropower project influence area, International Journal of Applied Environmental Sciences, 2008, 3, 1, 107-117.
- SKKY, 2004. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, [web.deu.edu.tr/atiksu/ana39/skky.pdf](http://web.deu.edu.tr/atiksu/ana39/skky.pdf)/ Çevre ve Orman Bakanlığı, 26 Temmuz 2013
- Snoussi M., Haida S. ve İmassi S., 2002. Effects of the construction of dams on the water and sediment fluxes of the Moulouya and the Sebou Rivers, Morocco, 5-12.
- Sülüki, H., 2010. Küçük Hidroelektrik Santrallerde Cansuyunun Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Şen, S., 2007. Büyük Melen Havzasının Su Kalitesinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Şengül, F., ve Müezzinoğlu, A., 2005. Çevre Kimyası. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları, İzmir, 243.
- Şekkeli, M. ve Keçecioğlu, Ö.F., 2011. Hidroelektrik Santrallerin Türkiye'deki Gelişimi ve Kahramanmaraş Bölgesi Örnek Çalışması, KSU Mühendislik Bilimleri Dergisi, 14,2, 19-26.
- Tarkan, A. S., 2007. Ömerli baraj Gölüne Akan Derelerin Fiziksel, Kimyasal ve Biyolojik özelliklerin İncelenmesi, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Terzioğlu, S., 1988. Uzungöl (Trabzon-Çaykara) ve Çevresinin Flora ve Vejetasyonu, Doktora Tezi, KTÜ., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Tessier, A., 1992. Sorption of trace elements on natural particles in oxic environments, in *Environmental Particles*, Lewis Publishers, Boca Raton, FL, 425-453.
- TGM, 1981. Toprak Genel Müdürlüğü, Doğu Karadeniz Havzası Toprakları, Topraksu Genel Müdürlüğü, Yayın No: 310, Ankara.
- Townsend, K. R, Pettigrove, V.J., Carew, M. W. E. ve Hoffmann, A. A., 2009. The Effects of Sediment Quality on Benthic Macroinvertebrates in the River Murray, Australia, *Marine Freshwater Research*, 60,1, 70-82.

- TUBİTAK, 2009. Akım Ölçümleri Olmayan Akarsu Havzalarında Teknik Hidroelektrik Potansiyelin Belirlenmesi, TUBİTAK Araştırma Grubu Sonuç Raporu, İstanbul.
- Türkyılmaz, O., Türkiye Enerji Görünümü ve Geleceği Şubat 2014  
<http://esiad.org.tr/wp-content/uploads/2014/02/O%C4%9FuzT%C3%BCrky%C4%B1lmaz-T%C3%BCrkiyenin-Enerji-G%C3%B6r%C3%BCn%C3%BCm%C3%BC-ve-Gelece%C4%9Fi.pdf>  
 11 Ağustos 2014
- Ulaş, D., 2010. Macahel’de Hidroelektrik Santrallerin ve Ekoturizmin Çevreye ve Yöre Halkına Etkileri. *Anatolia: Turizm Araştırmaları Dergisi*, 21, 1, 151-158.
- URL-1, Çevre Analiz Laboratuvarı-II Deney Notları, Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü, Erzurum, 2007.  
<http://194.27.49.11/cevre/%C3%87EVRE%20ANAL%C4%B0Z%20LABORATUVARI%20II%20DENEYLER%C4%B0.pdf> 13 Ağustos 2013
- URL-2, <http://ekolojiagi.wordpress.com/2011/01/05/hidroelektrik-santrallerin-cevresel-etkileri-emine-girgin/> 22 Mart 2013
- URL-3, <http://www.proses-tim.com/medya/sularin-aritilmasi.pdf>, PROSES Ticaret, İmalat, Mühendislik,1-18, 22 Nisan 2013
- URL-4, Çevre Kimyası Laboratuvarı Dersi-I.Dönem/İletkenlik(Electrical Conductivity), Erciyes Üniversitesi, Kayseri.  
<http://cevre.erciyes.edu.tr/dosyalar/dokumanlar/1.D%C3%B6nem%20deney%20f%C3%B6yleri/%C4%B0iletkenlik.pdf>
- URL-5, [http://topraksuenerji.org/HYDROELECTRIC\\_ENERGY.pdf](http://topraksuenerji.org/HYDROELECTRIC_ENERGY.pdf), 23 Mart 2013.
- URL-6, <http://www.fondriest.com/environmental-measurements/parameters/water-quality/conductivity-salinity-tds/#cond1>, 19 Şubat 2015.
- URL-7,  
[http://www.megep.meb.gov.tr/mte\\_program\\_modul/moduller\\_pdf/Kond%C3%B0ktometre.pdf](http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Kond%C3%B0ktometre.pdf) 19 Şubat 2015.
- URL-8, Erciyes Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü Çevre Kimyası-II Laboratuvarı  
<http://cevre.erciyes.edu.tr/dosyalar/dokumanlar/2.%20D%C3%B6nem%20Deney%20F%C3%B6yleri/Ask%C4%B1da%20Kat%C4%B1%20Madde%20Tayini.pdf>
- URL-9, Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Fakültesi,  
<http://cevre.erciyes.edu.tr/dosyalar/dokumanlar/1.D%C3%B6nem%20deney%20f%C3%B6yleri/Klor%C3%BCrTayini.pdf>, 2014.
- URL-10, Doğu Karadeniz Bölgesi Hes Teknik Gezisi Raporu(29 – 31 Ekim 2010), TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası, Yayın No: GY/2011/10, 1.Baskı, Ankar  
[http://www.emo.org.tr/ekler/45a43a1706a8faf\\_ek.pdf](http://www.emo.org.tr/ekler/45a43a1706a8faf_ek.pdf) 11 Ağustos 2011

- USEPA, 2009. National Primary Drinking Water Regulations. U.S. Environmental Protection Agency, EPA 816-F-09-004, Washington, D.C.
- Uslu, O. ve Türkmen, A., 1987. Su Kirliliği ve Kontrolü. T.C. Başbakanlık Çevre ve Genel Müdürlük Yayınları, Eğitim Dizisi 1, 364.
- Uzun, H.,İ., 2012. Riva Deresi Su Kalitesinin Belirlenmesi ve İstatiksel Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce.
- Uzun, O., 2011. Hidro Elektrik Santraller (Hes) ve Çevresel Etki Değerlendirmesi (Çed) Düzce Örneği, Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi, 7, 2.
- Ülke, A., Özkul, S., Tayfur, G., 2011. Ampirik Yöntemlerle Gediz Nehri İçin Askıda Katı Madde Yüğü Tahmini, İMO Teknik Dergisi, 5387-5407, Yazı 348.
- Valero, E., 2012. Characterization of the Water Quality Status on a Stretch of River Lérez around a Small Hydroelectric Power Station, Water, İspanya, 4, 815-834.
- Valero, E., Alvarez, X. ve Picos, J., 2014. Influence of a Small Hydroelectric Power Station on the River Ecosystem, European Journal of Sustainable Development, 3, 4, 175-180.
- Yalçın H. ve Gürü M., 2002. Su Teknolojisi, Palme Yayıncılık, Yayın No: 204, Ankara.
- Yılmaz, G., 1999. “Büyük Melen Nehrinin Kirlilik Durumunun Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Yılmaz, C., Uzun, A., Zeybek, H., İ. ve Kaya, M., 2012. Nehir Tipi Hidroelektrik Santrallerinin Coğrafi Ortam Üzerine Etkilerine Bir Örnek: Ayancık Hes, e - Journal of New World Sciences Academy NWSA-Nature Sciences , 7, 3, 50-67.
- Yurtseven, İ., 2012. Nehir Tipi Hidroelektrik Santrallerinin Ekohidrolojik Etkileri, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Wang, Z., 2010. Impacts of River Regulations on River, Groundwater, and Riparian Ecosystems, Master Thesis, Lulea University of Technology.
- Wei, G., Yang, Z., Cui, B., Li, B., Chen, H., Bai, J. ve Dong, S., 2009. Impact of Dam Construction on Water Quality and Water Self-Purification Capacity of the Lancang River, China, 23, 1763-1780.
- Wu, N., Tang, T., Fu, X., Jiang, W., Li, F., Zhou, S., Cai, Q., ve Fohrer, N., 2010. Impacts of cascade run-of-river dams on benthic diatoms in the Xiangxi River, China, Aquatic Science, 72, 117–125.

## ÖZGEÇMİŞ

Necla KORALAY, 1986 yılında Samsun ilinin Vezirköprü ilçesinde doğdu. İlk öğrenimini Vezirköprü Çakırtaş Köyü İlkokulunda, orta öğrenimini Vezirköprü Cumhuriyet İlköğretim Okulunda ve lise eğitimini ise Vezirköprü Yabancı Dil Ağırlıklı Lisesi'nde tamamladı. Üniversite öğrenimine Ankara Üniversitesi Çankırı Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümünde 2006 yılında başladı ve 2010 yılında "Orman Mühendisi" ünvanı ile fakülte ve bölüm birincisi olarak mezun oldu. 2011 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Havza Amenajmanı Anabilim Dalına ÖYP kapsamında araştırma görevlisi olarak atandı. Aynı yıl Ankara Üniversitesi Yabancı Diller Yüksekokulunda 6 ay süreyle İngilizce eğitimi aldı. 2012 yılında K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı Havza Amenajmanı Bilim Dalında yüksek lisans öğrenimine başladı ve halen yüksek lisans öğrenimini sürdürmekte olup araştırma görevlisi olarak görev yapmaktadır. Necla KORALAY iyi derecede İngilizce bilmektedir.