

T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

HİDROELEKTRİK SANTRALLERİN ÇEVRESEL AKIŞ MİKTARLARININ
DEĞERLENDİRİLMESİ: TRABZON İLİ ÖRNEĞİ

YÜKSEK LİSANS

Ömer KARAŞ

ŞUBAT-2022
GÜMÜŞHANE



**T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

**HİDROELEKTRİK SANTRALLERİN ÇEVRESEL AKIŞ MİKTARLARININ
DEĞERLENDİRİLMESİ: TRABZON İLİ ÖRNEĞİ**

**EVALUATION OF ENVIRONMENTAL FLOW AMOUNTS OF
HYDROELECTRIC PLANTS: EXAMPLE OF TRABZON CITY**

YÜKSEK LİSANS

Ömer KARAŞ

**ŞUBAT- 2022
GÜMÜŞHANE**



**T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**HİDROELEKTRİK SANTRALLERİN ÇEVRESEL AKIŞ MİKTARLARININ
DEĞERLENDİRİLMESİ: TRABZON İLİ ÖRNEĞİ**

**EVALUATION OF ENVIRONMENTAL FLOW AMOUNTS OF
HYDROELECTRIC PLANTS: EXAMPLE OF TRABZON CITY**

YÜKSEK LİSANS

Ömer KARAŞ

Danışman: Prof. Dr. Salim Serkan NAS

**ŞUBAT- 2022
GÜMÜŞHANE**

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI

Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlamış olduğum “**Hidroelektrik Santrallerin Çevresel Akış Miktarlarının Değerlendirilmesi: Trabzon İli Örneği**” isimli bu tezimin, tamamen kendi çalışmam olduğunu, her alıntıya kaynak gösterdiğimi, alıntı yaptığım tüm çalışmaları kaynakçada belirttiğimi ve Gümüşhane Üniversitesi’nin lisanslı kullanıcısı olduğum intihal yazılım programı ile Lisansüstü Eğitim Enstitüsü’nün belirlediği kıstaslara uygun olarak raporladığımı taahhüt ederim. Tezimin kâğıt ve elektronik kopyalarının Gümüşhane Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü arşivinde saklanmasına izin verdiğimi onaylarım.

Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği’nin ilgili maddeleri uyarınca gereğinin yapılmasını arz ederim.

25/02/2022

.....
Ömer KARAŞ

TEŞEKKÜR

Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Hidrolik Anabilim Dalı'nda yüksek lisans tezi olarak hazırlanan bu çalışmada; Trabzon ilindeki Hidroelektrik Santrallerin Çevresel Akış Miktarlarının (Can Suyu) Doğa Koruma ve Milli Parklar Müdürlüğü (DKMPM) tarafından belirlenmiş olan Debi Süreklilik Eğrisi, Akım İndisleri ve Islak Çevre Yöntemleri ile teorik bazı hesaplamalarının yapılması, bu teorik yöntemlerin avantaj ve dezavantajlarının alan özelinde ortaya konulması, bulunan bu teorik değerlerin hem ÇED süreçlerinde belirlenen teorik değerlerle hem de uygulamada AGİ'lerce ölçülüp kayıt altına alınan pratik değerlerle karşılaştırılması, teorik hesaplamalar ile uygulamalar arasındaki benzerliklerin ve farklılıkların nedenleri ile tespit edilmesi, böylece su canlılarının kabartıcı tesis inşası sonrası yaşantılarını sürdürebilmeleri açısından hangi yöntemlerin kullanılmasının daha uygun olacağının belirlenmesi, ekosistem bütünlüğü içerisinde enerji ihtiyaçlarımızı karşılamaya yönelik bu tür çalışmalarla geliştirilen kuru yatakları olmayan çevreci kabartıcı tesislere karşı önyargıların önüne geçilmesi amaçlanmıştır.

Yüksek Lisans Tezi çalışmam süresince danışmanlığımı üstlenerek değerli bilgisini, birikimini ve vaktini bana ayıran, her zaman iletişime geçtiğimde benim ile yakından ilgilenen saygıdeğer ve kıymetli danışman hocam Prof. Dr. Salim Serkan NAS'a minnettarlığımı ve teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek Lisans Tezi çalışmam boyunca kapılarını her çaldığımda beni geri çevirmeyen Trabzon ilindeki Devlet Su İşleri Müdürlüğü ve Çevre Şehircilik Bakanlığı İl Müdürlüğü çalışanlarına teşekkür ederim.

Ayrıca her fırsatta bana maddi ve manevi yardımcı olan sevgili can dostum Kafkas Üniversitesi Yüksek İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanı öğrencisi ve İnşaat Mühendisi Ömer Faruk Ahmetoğlu'na teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak; beni bu günlere getiren ömrümün her safhasında bana desteklerini ve güvenlerini maddi ve manevi anlamda hiç esirgemeyen, beni bugünlere getirmek için çok çabalayan güzel aileme sonsuz teşekkürlerimi borç bilirim.

ÖMER KARAŞ
GÜMÜŞHANE – 2022

ÖZET

Etkili ve güvenli şekilde kullanımı ile insan yaşamının ve ekosistemin vazgeçilmez bir parçası olan su, aynı zamanda ekonomik ve teknolojik gelişmelerinde önemli bir yapı taşı durumundadır. Özellikle yenilebilir enerji kaynaklarından hidroelektrik enerjinin dönüşümünde kullanılan su miktarlarına bağlı olarak bir akarsu ekosisteminin sağlıklı kalabilmesi ve ekolojik işlevlerini sürdürebilmesi için doğal akış rejiminin ne kadarının akarsuyun mansabına bırakılması gerektiğinin belirlenmesi hem sürdürülebilir ekosistem bütünlüğü hem de sürekli artan enerji ihtiyaçlarının karşılanması gerekliliği açısından oldukça önemlidir. Bu çalışmada; Çevresel akış yöntemleri ile ayrıntılı teorik bilgilendirmeler yapıldıktan sonra Trabzon ilindeki Hidroelektrik Santrallerin projelendirme ve işletme aşamalarındaki çevresel akış miktarları karşılaştırılmıştır. Bu kapsamda; çalışma özelinde Trabzon ilinde belirlenmiş olan Hidroelektrik Santrallerin can suyu miktarlarının yıllara göre Devlet Su İşleri (DSİ) 22. Bölge Müdürlüğünden elde edilen debilerine bağlı olarak Doğa Koruma Milli Parklar Müdürlüğü (DKMPM) tarafından belirlenmiş olan Debi Süreklilik Eğrisi Yöntemi, Düşük Akış İndisleri Yöntemi (7Q₁₀) ve Islak Çevre Yöntemi ile hesaplamaları yapılmıştır. Bulunan debi değerleri Doğa Koruma Milli Park Müdürlüğünden elde edilen Çevresel Akış Miktarları (Can Suyu) ile karşılaştırılmıştır. Böylece uygulamada ölçülen debi değerleri ile teorikte bulunan debi değerlerinin karşılaştırmalı olarak su canlılarının sürdürülebilir ekosistem bütünlüğü açısından yeterlilikleri belirlenmiştir ve irdelenmiştir. Bu tür çalışmaların sayısının artırılması ile Trabzon ili özelinde, ardından Doğu Karadeniz Bölgesi ve ülkemiz özelinde yüzeysel su kaynaklarında su yapılarının çevresel etkilerinin daha doğru bir şekilde incelenmesinin ve Çevresel Akış Miktarının sürdürülebilir ve doğru bir şekilde belirlenmesinin sağlanabileceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Çevresel akış miktarı, Debi süreklilik eğrisi, Islak çevre yöntemi, Düşük akış indisleri yöntemi, Hidroelektrik santraller

SUMMARY

Water, which is an indispensable part of human life and ecosystem with its effective and safe use, is also an important building block in economic and technological developments. In particular, depending on the amount of water used in the conversion of hydroelectric energy from renewable energy sources, it is very important to determine how much of the natural flow regime should be left to the downstream of the river in order for a river ecosystem to remain healthy and maintain its ecological functions, both in terms of sustainable ecosystem integrity and the necessity of meeting the ever-increasing energy needs. In this study; After giving detailed theoretical information with environmental flow methods, the amount of environmental flow in the design and operation stages of Hydroelectric Power Plants in Trabzon province was compared. In this context; Flow Continuity Curve Method, Low Flow Indices Method ($7Q_{10}$) determined by the Nature Conservation National Parks Directorate (DKMPM) depending on the flow rates obtained from the 22nd Regional Directorate of State Hydraulic Works (DSI) of the vital water amounts of the Hydroelectric Power Plants determined in the province of Trabzon in particular for the study.) and Wet Environment Method calculations were made. The flow rates found were compared with the Environmental Flow Amounts (Life Water) obtained from the Nature Conservation National Park Directorate. Thus, by comparing the flow values measured in practice and the flow values in theory, the adequacy of aquatic organisms in terms of sustainable ecosystem integrity has been determined and examined.

Keywords: Environmental flow amount, Flow continuity curve, Wet environment method, Low flow indices method, Hydroelectric power plants

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY	III
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI	IV
TEŞEKKÜR	V
ÖZET	VI
SUMMARY	VII
İÇİNDEKİLER	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ	XIV
SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	XXIII
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş	1
1.2. Çevresel Akış Miktarı (Can Suyu) Nedir?	1
1.3.Ekosistem Değerlendirme Raporu	2
1.4. Çevresel Akış Üzerine Dünyada Yapılmış Çalışmalar	3
1.5. Çevresel Akış Miktarı Üzerine Türkiye’de Yapılmış Çalışmalar	5
1.6. Çevresel Akış Yöntemleri	7
1.6.1. Hidrolik Tabanlı Yöntemler	8
1.6.1.1. Tennant Yöntemi.....	8
1.6.1.2. Orijinal Tennant Yöntemi.....	9
1.6.1.3. Modifiye Tennant Yöntemi	10
1.6.1.3.1. Medyan (Ortalama) Akıma Göre Modifiye Tennant Yöntemi	10
1.6.1.4. Düşük Akış İndisleri (7Q ₁₀) Yöntemi	11
1.6.1.5. Debi Süreklilik Eğrisi	12
1.6.2. Hidrolik Derecelendirme Yöntemleri.....	13
1.6.2.1. Islak Çevre Yöntemi.....	13
1.6.2.2. Uyarlanmış Ekolojik Hidrolik Yarıçap Yaklaşım Yöntemi (AEHRA).....	15
1.6.2.3. Akış Hadisesi Yöntemi.....	16
1.6.3. Habitat Simülasyon Yöntemleri.....	16
1.6.3.1. Habitat Kalite İndeksi (HQI) Yöntemi	16
1.6.3.2. Geliştirici Çevresel Akış Yöntemi (IFIM).....	17
1.6.3.3. Fiziksel Habitat Simülasyonu (PHABSIM).....	17
1.6.3.4. MesoHABSIM	18
1.6.3.5. RYHHABSIM.....	18

1.6.3.6. Nehir Kıyısında Yaşayanların Habitat Simülasyon Yöntemi (RHABSIM)	19
1.6.3.7. Çevresel Akış Analizi İçin Program Yöntemi (SEFA)	19
1.6.3.7.1. Nehir Kıyısındaki Su Baskını Modellemesi	20
1.6.3.7.2. Tek Boyutlu Hidrolik Modelleme	21
1.6.3.7.3. İki Boyutlu Hidrolik Modelleme	21
1.6.3.7.4. Sediment Modellemesi	21
1.6.3.7.5. Su Sıcaklığı Modellemesi	21
1.6.3.7.6. Çözünmüş Oksijen Modellemesi	21
1.6.3.7.7. Zaman Serisi Analizi Modellemesi	22
1.6.3.7.8. Habitat Uygunluk Kriteri (HSC)	22
1.6.3.8. Çevresel Akış Gereksinimleri İçin Bilgisayar Destekli Simülasyon Programı (CASİMİR)	22
1.6.4. Bütüncül Yaklaşımlar	22
1.6.4.1. Bina Blok Yöntemi (BBM)	23
1.6.4.1.1. Bina Blok Yöntemi (BBM)'nin Avantajları	23
1.6.4.1.2. Bina Blok Yöntemi (BBM)'nin Dezavantajları	23
1.6.4.2. DRIFT Yöntemi	23
1.6.4.3. Benchmarking (Kıyaslama) Yöntemi	24
1.6.4.4. Akış Restorasyon Yöntemi	25
1.6.4.5. Hidrolojik Değişikliğin Ekolojik Sınırları (ELOHA) Yöntemi	25
1.7. Hidroelektrik Santraller (HES)	28
1.7.1. Hidroelektrik Santraller (HES) Tipleri	29
1.7.1.1. Nehir Tipi (Barajsız) HES	29
1.7.1.2. Depo Tipi (Barajlı) HES	29
1.7.1.3. Med-Cezir (Gelgit) HES	29
1.7.1.4. Depresyon HES	30
1.7.2. HES'lerin Avantajları ve Dezavantajları	30
2. MATERYAL VE YÖNTEM	31
2.1. Giriş	31
2.2. Analizi Yapılan Hidroelektrik Santraller	31
2.3. Analizi Yapılan Hidroelektrik Santraller ile İlgili Genel Bilgiler	32
2.3.1. Dereiçi Regülatörü ve HES	32
2.3.1.1. Dereiçi Regülatörü ve HES Genel Tanıtımı	32
2.3.2. Esentepe Regülatörü ve HES	35
2.3.2.1. Esentepe Regülatörü ve HES Genel Tanıtımı	35

2.3.2.1.1. Balkodu Deresi.....	35
2.3.2.1.2. Büyük Dere	35
2.3.3. Karakaya Regülatörü ve HES	39
2.3.3.1. Karakaya Regülatörü ve HES Genel Tanıtımı.....	39
2.3.4. Oylum III Regülatörü ve HES	45
2.3.4.1. Oylum III Regülatörü ve HES Genel Tanıtımı	45
2.3.4.1.1. Küçükdere (Vunut Çayı) – Oylum III Regülatörü	45
3. BULGULAR	49
3.1. Dereiçi Regülatörü ve HES	49
3.1.1. Dereiçi Regülatörü ve HES’de Bulunan DSİ 2259 Çift Dere AGİ.....	49
3.1.1.1. Dereiçi Regülatörü ve HES’de Bulunan DSİ 22-59 Çift Dere AGİ’nin Debi Süreklilik Eğrisine Göre Hesaplanan Çevresel Akış Miktarları	50
3.1.1.2. Dereiçi Regülatörü ve HES’de Bulunan DSİ 22-59 Çift Dere AGİ’nin Düşük Akış İndisleri (7Q ₁₀) Yöntemine Göre Hesaplanan Çevresel Akış Miktarı	50
3.1.2. Dereiçi Regülatörü ve HES’de Bulunan DSİ 22-61 Altındere Ortaköy AGİ.....	51
3.1.2.1. Dereiçi Regülatörü ve HES’de Bulunan DSİ 22-61 Altındere Ortaköy AGİ’nin Debi Süreklilik Eğrisine Göre Hesaplanan Çevresel Akış Miktarları	52
3.1.2.2. Dereiçi Regülatörü ve HES’de Bulunan DSİ 22-61 Altındere Ortaköy AGİ’nin Düşük Akış İndisleri (7Q ₁₀) Yöntemine Göre Hesaplanan Çevresel Akış Miktarı	53
3.1.3. Dereiçi Regülatörü ve HES İçin Islak Çevre Yöntemine Göre Hesaplanan Çevresel Akış Miktarı	54
3.2. Esentepe Regülatörü ve HES.....	59
3.2.1. Esentepe Regülatörü ve HES’de Bulunan DSİ 22-07 Haldizen S. Şerah AGİ	59
3.2.2. Esentepe Regülatörü ve HES’de Bulunan EİE 2218 İyidere Şimşirliköprü AGİ. 60	
3.2.3. Esentepe Regülatörü ve HES’de Bulunan DSİ 22-57 Ögenedere Alçakköprü AGİ	61
3.2.3.1. Esentepe Regülatörü ve HES’de Bulunan DSİ 22-57 Ögenedere Alçakköprü AGİ’nin Debi Süreklilik Eğrisine Göre Hesaplanan Çevresel Akış Miktarları 62	
3.2.3.2. Esentepe Regülatörü ve HES’de Bulunan DSİ 22-57 Ögenedere Alçakköprü AGİ’nin Düşük Akış İndisleri (7Q ₁₀) Yöntemine Göre Hesaplanan Çevresel Akış Miktarı.....	62
3.2.4. Esentepe Regülatörü ve HES İçin Islak Çevre Yöntemine Göre Hesaplanan Çevresel Akış Miktarı	63

3.2.4.1. Oğlaklı Regülatörü'nde Islak Çevre Yöntemine Göre Hesaplanan Çevresel Akış Miktarı	64
3.2.4.2. Irmak Regülatörü Islak Çevre Yöntemine Göre Hesaplanan Çevresel Akış Miktarı	68
3.3. Karakaya Regülatörü ve HES	73
3.3.1. Karakaya Regülatörü ve HES'de Bulunan EİE 2206 Değirmendere Kanlıpelit AGİ.	73
3.3.1.1. Karakaya Regülatörü ve HES'de Bulunan EİE 2206 Değirmendere Kanlıpelit AGİ'nin Debi Süreklilik Eğrisine Göre Hesaplanan Çevresel Akış Miktarları.	74
3.3.1.2. Karakaya Regülatörü ve HES'de Bulunan EİE 2206 Değirmendere Kanlıpelit AGİ'nin Düşük Akış İndisleri (7Q ₁₀) Yöntemine Göre Hesaplanan Çevresel Akış Miktarı.....	74
3.3.2. Karakaya Regülatörü ve HES'de Bulunan DSİ 22-59 Kalyondere Çiftidere AGİ.	75
3.3.2.1. Karakaya Regülatörü ve HES'de Bulunan DSİ 22-59 Kalyondere-Çiftidere AGİ'nin Debi Süreklilik Eğrisine Göre Hesaplanan Çevresel Akış Miktarları	76
3.3.2.2. Karakaya Regülatörü ve HES'de Bulunan DSİ 22-59 Kalyondere Çiftidere AGİ'nin Düşük Akış İndisleri (7Q ₁₀) Yöntemine Göre Hesaplanan Çevresel Akış Miktarı.....	77
3.3.3. Karakaya Regülatörü ve HES'de Bulunan DSİ 22-60 Değirmendere Kiremitli AGİ	78
3.3.3.1. Karakaya Regülatörü ve HES'de Bulunan DSİ 22-60 Değirmendere Kiremitli AGİ'nin Debi Süreklilik Eğrisine Göre Hesaplanan Çevresel Akış Miktarları	79
3.3.3.2. Karakaya Regülatörü ve HES'de Bulunan DSİ 22-60 Değirmendere Kiremitli AGİ'nin Düşük Akış İndisleri (7Q ₁₀) Yöntemine Göre Hesaplanan Çevresel Akış Miktarı.....	79
3.3.4. Karakaya Regülatörü ve HES İçin Islak Çevre Yöntemine Göre Hesaplanan Çevresel Akış Miktarı	81
3.3.4.1. Haranoy Regülatörü'nde (Hamsiköy Deresi) Islak Çevre Yöntemine Göre Hesaplanan Çevresel Akış Miktarı.....	81
3.3.4.2. Karakaya Regülatörü'nde (Bekçiler Deresi) Islak Çevre Yöntemine Göre Hesaplanan Çevresel Akış Miktarı.....	88
3.3.4.3. Karahava Regülatörü'nde (Karahava Deresi)) Islak Çevre Yöntemine Göre Hesaplanan Çevresel Akış Miktarı.....	95

3.4. Oylum III Regülatörü ve HES	101
3.4.1. Oylum III Regülatörü ve HES’de Bulunan EİE 2202 Kara Dere- Ağnas AGİ ..	102
3.4.1.1. Oylum Regülatörü ve HES’de Bulunan EİE 2202 Kara Dere-Ağnas AGİ’nin Debi Süreklilik Eğrisine Göre Hesaplanan Çevresel Akış Miktarları	102
3.4.1.2. Oylum III Regülatörü ve HES’de Bulunan EİE 2202 Ağnas AGİ’nin Düşük Akış İndisleri (7Q ₁₀) Yöntemine Göre Hesaplanan Çevresel Akış Miktarı.....	103
3.4.2. Oylum III Regülatörü ve HES’de Bulunan EİE 2270 Küçük Dere- Çimenli AGİ.....	104
3.4.2.1. Oylum III Regülatörü ve HES’de Bulunan EİE 2270 Küçük Dere-Çimenli AGİ’nin Debi Süreklilik Eğrisine Göre Hesaplanan Çevresel Akış Miktarları.....	105
3.4.2.2. Oylum III Regülatörü ve HES’de Bulunan EİE 2270 Küçük Dere-Çimenli AGİ’nin Düşük Akış İndisleri (7Q ₁₀) Yöntemine Göre Hesaplanan Çevresel Akış Miktarı.....	106
3.4.3. Oylum III Regülatörü ve HES İçin Islak Çevre Yöntemine Göre Hesaplanan Çevresel Akış Miktarı	107
3.5. Bağlı (Rölatif) Hata Analizi	116
3.5.1. Dereiçi Regülatörü ve HES İçin Bağlı (Rölatif) Hata Analizi	116
3.5.2. Esentepe Regülatörü ve HES İçin Bağlı (Rölatif) Hata Analizi.....	117
3.5.3. Karakaya Regülatörü ve HES İçin Bağlı (Rölatif) Hata Analizi	117
3.5.4. Oylum III Regülatörü ve HES İçin Bağlı (Rölatif) Hata Analizi	118
4. TARTIŞMA (İRDELEME).....	119
4.1. Dereiçi Regülatörü ve HES	119
4.1.1. Dereiçi Regülatörü ve HES Debi Süreklilik Eğrisi.....	119
4.1.2. Dereiçi Regülatörü ve HES Düşük Akış İndisleri (7Q ₁₀) Yöntemi	119
4.1.3. Dereiçi Regülatörü ve HES Islak Çevre Yöntemi	120
4.2. Esentepe Regülatörü ve HES.....	121
4.2.1. Esentepe Regülatörü ve HES Debi Süreklilik Eğrisi	121
4.2.2. Esentepe Regülatörü ve HES Düşük Akış İndisleri (7Q ₁₀) Yöntemi.....	122
4.2.3. Esentepe Regülatörü ve HES Islak Çevre Yöntemi	122
4.3. Karakaya Regülatörü ve HES.....	125
4.3.1. Karakaya Regülatörü ve HES Debi Süreklilik Eğrisi	125
4.3.2. Karakaya Regülatörü ve HES Düşük Akış İndisleri (7Q ₁₀) Yöntemi.....	126
4.3.3. Karakaya Regülatörü ve HES Islak Çevre Yöntemi	127
4.4. Oylum III Regülatörü ve HES	129

4.4.1. Oylum III Regülatörü ve HES Debi Süreklilik Eğrisi.....	129
4.4.2. Oylum III Regülatörü ve HES Düşük Akış İndisleri (7Q ₁₀) Yöntemi	130
4.4.3.Oylum III Regülatörü ve HES Islak �evre Yöntemi	130
5. SONUÇ VE �NER�LER	132
KAYNAKÇA	135
�ZGE�M�ř.....	145



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. HES genel tasarımı (Karakoyun, 2014).	2
Şekil 2. Tennant yöntemi ortalama akış yüzdeleri (Kaynak, 2018).	9
Şekil 3. Ortalama ve medyan akıma göre yağışlı ve kurak ayların belirlenmesi (Kepekçi, 2016).....	11
Şekil 4. Debi süreklilik çizgisi (Bayram ve Öztürk, 2019).	12
Şekil 5. Islak çevre(m)-debi(m ³ /s) arasındaki ilişki (Gippel ve Stewardson, 1998).	14
Şekil 6. Trapez kesit, üçgen kesit ve dikdörtgen kesit (Mustafa, 2012).	14
Şekil 7. Allen Nehri'nde habitat alanı ile alabalık ve somonun yaşam evreleri için debi arasındaki ilişkiyi gösteren örnek PHABSIM modeli (Gustard ve Elliott, 1997).	18
Şekil 8. RHYHABSİM modeli (Thorn ve Conallin, 2006).....	19
Şekil 9. Ekolojik akış eğrileri (Blann ve Kendy, 2012).	25
Şekil 10. HES'lerin akış şeması (URL-5, 2020).	28
Şekil 11. Gelgit tipi HES (URL-9, 2020).....	29
Şekil 12. Dereiçi regülatörü ve HES genel yerleşim planı (DSİ, 2010).	33
Şekil 13. Dereiçi santrali uydudan görünüm.....	34
Şekil 14. Dereiçi regülatörü uydudan görünümü.....	34
Şekil 15. Esentepe regülatörü ve HES projesinin havzadaki diğer tesisler ile ilişkisini gösterir şematik plan (DSİ, 2015).	36
Şekil 16. Esentepe regülatörü ve HES projesi ve sanat yapı yerlerini gösterir harita (CSB, 2015).....	37
Şekil 17. Oğlaklı regülatörü uydudan görünüm	37
Şekil 18. Irmak regülatörü uydudan görünüm.....	38
Şekil 19. Esentepe regülatörü ve HES santral binası uydudan görünüm.....	38
Şekil 20. Karakaya regülatörü ve HES proje sahası yerleşimi (DSİ, 2010).....	40
Şekil 21. Karakaya regülatörü ve HES proje yeri ve etki alanı uydu görünümü 1 (CSB, 2015).....	41
Şekil 22. Karakaya regülatörü ve HES proje yeri ve etki alanı uydu görünümü 2 (CSB, 2015).....	41
Şekil 23. Karakaya regülatörü ve HES proje yeri ve etki alanı uydu görünümü 3 (CSB, 2015).....	42

Şekil 24. Karakaya regülatörü ve HES proje yeri ve etki alanı uydu görünümü 4 (CSB,2015).....	42
Şekil 25. Karakaya santrali uydudan görünüm.....	43
Şekil 26. Haranoy regülatörü uydudan görünüm.....	43
Şekil 27. Karahava regülatörü uydudan görünüm	44
Şekil 28. Karakaya regülatörü uydu görünümü.....	44
Şekil 29. Vunut Çayı Genel Görünümü (CSB, 2015).....	45
Şekil 30. Oylum III regülatörü ve HES genel yerleşim planı (DSİ, 2015).	46
Şekil 31. Oylum III regülatörü ve HES proje alanı uydu görüntüsü 1 (CSB, 2015).	46
Şekil 32. Oylum III regülatörü ve HES proje alanı uydu görüntüsü 2 (CSB, 2015).	47
Şekil 33. Oylum III regülatörü ve HES proje alanı uydu görüntüsü 3 (CSB, 2015).	47
Şekil 34. Oylum III regülatörü ve HES santral uydu görünümü	48
Şekil 35. Dereçi regülatörü ve HES’de bulunan DSİ 22-59 Çift Dere AGİ’nin konumu (DSİ, 2010).....	49
Şekil 36. Dereçi regülatörü ve HES’de bulunan DSİ 22-59 Çift Dere AGİ’nin debi süreklilik eğrisi.....	50
Şekil 37. Dereçi regülatörü ve HES’de bulunan DSİ 22-61 Altındere Ortaköy AGİ’nin konumu (DSİ, 2010).....	52
Şekil 38. Dereçi regülatörü ve HES’de bulunan DSİ 22-61 Altındere Ortaköy AGİ debi süreklilik eğrisi.....	53
Şekil 39. Dereçi regülatörü ve HES’de bulunan DSİ 22-61 Altındere-Ortaköy AGİ’ye ait boyutsuz ıslak çevre-boyutsuz debi arasındaki ilişki	56
Şekil 40. Dereçi regülatörü ve HES’de bulunan DSİ 22-61 Altındere Ortaköy AGİ’de oluşan su seviyesi ile debi arasındaki ilişki	57
Şekil 41. Dereçi regülatörü ve HES’de bulunan DSİ 22-61 Altındere Ortaköy AGİ’ye ait ortalama su hızı ile debi arasındaki ilişki	58
Şekil 42. Esentepe regülatörü ve HES’de bulunan DSİ 22-07 Haldizen S. Şerah AGİ’nin konumu (DSİ, 2015).....	60
Şekil 43. Esentepe regülatörü ve HES’de bulunan EİE İyidere Şimşirliköprü AGİ’nin konumu (DSİ, 2015).....	60
Şekil 44. Esentepe regülatörü ve HES’de bulunan DSİ 22-57 Ögenedere Alçakköprü AGİ’nin konumu (DSİ, 2015).....	61
Şekil 45. Esentepe regülatörü ve HES’de bulunan DSİ 22-57 Ögenedere Alçakköprü AGİ’nin debi süreklilik eğrisi	62

Şekil 46. Oğlaklı regülatöründe bulunan DSİ 22-07, 22-57 ve EİE 2218 AGİ'ye ait ıslak çevre debi arasındaki ilişki.....	65
Şekil 47. Oğlaklı regülatörü ve HES ortalama su derinliği ile debi arasındaki ilişki	66
Şekil 48. Oğlaklı regülatörüne ait ortalama su hızı ile debi arasındaki ilişki.....	67
Şekil 49. Irmak regülatöründe bulunan DSİ 22-07, 22-57 ve EİE 2218 AGİ'ye ait boyutsuz ıslak çevre boyutsuz debi arasındaki ilişki.....	69
Şekil 50. Irmak regülatörü ve HES ortalama su derinliği ile debi arasındaki ilişki	71
Şekil 51. Irmak regülatörü ortalama su hızı ile debi arasındaki ilişki	72
Şekil 52. Karakaya regülatörü ve HES'de bulunan EİE 2206 Değirmendere Kanlıpelit AGİ'nin konumu (DSİ, 2010).....	73
Şekil 53. Karakaya regülatörü ve HES'de bulunan EİE 2206 Değirmendere Kanlıpelit AGİ'nin debi süreklilik eğrisi	74
Şekil 54. Karakaya regülatörü ve HES'de bulunan DSİ 22-59 Kalyondere Çiftidere AGİ'nin konumu (DSİ, 2010).....	76
Şekil 55. Karakaya regülatörü ve HES'de bulunan DSİ 22-59 Kalyondere Çiftidere AGİ'nin debi süreklilik eğrisi	76
Şekil 56. Karakaya regülatörü ve HES'de bulunan DSİ 22-60 Değirmendere Kiremitli AGİ'nin konumu (DSİ, 2010).....	78
Şekil 57. Karakaya regülatörü ve HES'de bulunan DSİ 22-60 Değirmendere Kiremitli AGİ'nin debi süreklilik eğrisi	79
Şekil 58. Haranoy regülatörüne ait boyutsuz ıslak çevre boyutsuz debi arasındaki ilişki.	83
Şekil 59. Karakaya HES projesi Haranoy regülatörü yerinde Hamsiköy Deresine ortalama su derinliği ile debi arasındaki ilişki	85
Şekil 60. Karakaya HES projesi Haranoy regülatörü yerinde Hamsiköy Deresi ortalama su hızı ile debi arasındaki ilişki.....	87
Şekil 61. Karakaya regülatörüne ait boyutsuz ıslak çevre boyutsuz debi arasındaki ilişki	90
Şekil 62. Karakaya HES projesi Karakaya regülatörü yerinde oluşan ortalama su derinliği ile debi arasındaki ilişki.....	92
Şekil 63. Karakaya HES projesi Karakaya regülatörü yerindeki su hızı ile debi arasındaki ilişki.....	94
Şekil 64. Karahava regülatörüne ait boyutsuz ıslak çevre boyutsuz debi arasındaki ilişki	97

Şekil 65. Karakaya HES projesi Karahava regülatörü yerinde oluşan ortalama su derinliği ile debi arasındaki ilişki	99
Şekil 66. Karakaya HES projesi Karahava regülatörü yerindeki ortalama su hızı ile debi arasındaki ilişki	101
Şekil 67. Oylum III regülatörü ve HES’de bulunan EİE 2202 Kara Dere- Ağnas AGİ’nin konumu (DSİ, 2015).....	102
Şekil 68. Oylum III regülatörü ve HES’de bulunan EİE 2202 Kara Dere- Ağnas AGİ’nin debi süreklilik eğrisi	103
Şekil 69.Oylum III regülatörü ve HES’de bulunan EİE 2270 Küçük Dere-Çimenli AGİ’nin konumu (DSİ, 2015).....	105
Şekil 70.Oylum III regülatörü ve HES’de bulunan EİE 2270 Küçük Dere-Çimenli AGİ’nin debi süreklilik eğrisi	105
Şekil 71. Oylum III regülatörüne ait boyutsuz ıslak çevre boyutsuz debi arasındaki ilişki	110
Şekil 72. Oylum III regülatör yerinde oluşan ortalama su derinliği ile debi arasındaki ilişki	113
Şekil 73. Oylum III regülatör yerindeki ortalama su hızı ile debi arasındaki ilişki	115

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. Çevresel akış yöntemleri (Lagerblad, 2010).....	7
Tablo 2. Çevresel akış belirleme yaklaşımlarının avantajları ve dezavantajları (URL-2, 2019).....	8
Tablo 3. Tennant yöntemine göre belirlenen mevsimlik ortalama akış yüzdeleri (URL-2, 2019).....	10
Tablo 4. Trapez kesit, üçgen kesit ve dikdörtgen kesitin geometrik parametreleri, kesit alanı ve ıslak çevre ifadeleri (Mustafa, 2012).....	15
Tablo 5. Tablo 4'de gösterilen parametrelerin tanımı (Mustafa, 2012).	15
Tablo 6. Bir nehrin su altında kalmasını gösteren SEFA programı tarafından hazırlanan bir örnek (Milhous vd., 2012).	20
Tablo 7. Ekolojik koşul kategorileri (Nel vd., 2010).....	24
Tablo 8. Seçilen ülkelerde çevresel akış değerlendirmesi için yaygın olarak kullanılan yöntemler (Chy, 2019).....	26
Tablo 9. Çevresel akış yöntemlerinin avantajları ve dezavantajları (Mckay, 2013).	27
Tablo 10. Dereiçi regülatörü ve HES’de Bulunan DSİ 22-59 Çift Dere AGİ’nin düşük akış indisleri (7Q ₁₀) yöntemi analiz sonuçları.....	50
Tablo 11. Dereiçi regülatörü ve HES’de Bulunan DSİ 22-61 Altındere Ortaköy AGİ’nin düşük akış indisleri (7Q ₁₀) yöntemi analiz sonuçları	54
Tablo 12. Dereiçi regülatörü ve HES’de bulunan DSİ 22-61 Altındere Ortaköy AGİ’ye ait eşel en kesit parametreleri (CSB, 2012).....	55
Tablo 13. Dereiçi regülatörü ve HES’de bulunan DSİ 22-61 Altındere Ortaköy AGİ’de gözlemlenen aylık ortalama akımlar (CSB,2012).....	55
Tablo 14. Dereiçi regülatörü ve HES’de bulunan DSİ 22-61 Altındere-Ortaköy AGİ’ye ait boyutsuz debi-boyutsuz ıslak çevre değerleri	55
Tablo 15. Dereiçi regülatörü ve HES’de bulunan DSİ 22-61 Altındere Ortaköy AGİ için hesaplanan can suyu miktarı (m ³ /s).....	56
Tablo 16. Dereiçi regülatörü ve HES’de bulunan DSİ 22-61 Altındere Ortaköy AGİ ‘de ortalama su yüksekliği- debi değerleri (CSB, 2012).....	57
Tablo 17. Dereiçi regülatörü ve HES’de bulunan DSİ 22-61 Altındere-Ortaköy AGİ’de aylık hesaplanan can suyu miktarına göre derede meydana gelebilecek su seviyesi	57

Tablo 18. Dereiçi regülatörü ve HES’de bulunan DSİ 22-61 Altındere Ortaköy AGİ’ye ait ortalama hız- debi değerleri (CSB, 2012).	58
Tablo 19. Dereiçi regülatörü ve HES’de bulunan DSİ 22-61 Altındere-Ortaköy AGİ’de aylık hesaplanan can suyu miktarına göre derede meydana gelebilecek su hızı	59
Tablo 20. Esentepe regülatörü ve HES’de Bulunan DSİ 22-57 Ögenedere Alçakköprü AGİ’nin düşük akış indisleri (7Q ₁₀) yöntemi analiz sonuçları	62
Tablo 21. Oğlaklı regülatöründe bulunan DSİ 22-07,22-57 ve EİE 2218 AGİ ‘ye ait eşel en kesit parametreleri (CSB, 2015)	64
Tablo 22. Oğlaklı regülatöründe bulunan DSİ 22-07, 22-57 ve EİE 2218 AGİ’de gözlemlenen aylık ortalama akımlar (CSB, 2015).	64
Tablo 23. Oğlaklı regülatöründe bulunan DSİ 22-07, 22-57 ve EİE 2218 AGİ’ye ait boyutsuz debi-boyutsuz ıslak çevre değerleri	65
Tablo 24. Oğlaklı regülatöründe bulunan DSİ 22-07, 22-57 ve EİE 2218 AGİ için hesaplanan can suyu miktarı (m ³ /s)	66
Tablo 25. Oğlaklı regülatörüne ait ortalama su yüksekliği-ortalama debi değerleri (CSB, 2015).	66
Tablo 26. Oğlaklı regülatörü için aylık hesaplanan can suyu miktarına göre derede meydana gelebilecek su seviyesi	67
Tablo 27. Oğlaklı regülatörü ortalama hız ile debi değerleri (CSB, 2015).	67
Tablo 28. Oğlaklı regülatörü için aylık hesaplanan can suyu miktarına göre derede meydana gelebilecek su hızı.....	68
Tablo 29. Irmak regülatöründe bulunan DSİ 22-07, 22-57 ve EİE 2218 AGİ’ye ait eşel en kesit parametreleri (CSB, 2015)..	68
Tablo 30. Irmak regülatöründe bulunan DSİ 22-07, 22-57 ve EİE 2218 AGİ’de gözlemlenen aylık ortalama akımlar (CSB, 2015).	69
Tablo 31. Irmak regülatöründe bulunan DSİ 22-07, 22-57 ve EİE 2218 AGİ’ye ait boyutsuz debi-boyutsuz ıslak çevre değerleri	69
Tablo 32. Irmak regülatöründe bulunan DSİ 2207, 2257 ve EİE 2218 AGİ’ye ait hesaplanan can suyu miktarı (m ³ /s)	70
Tablo 33. Irmak regülatörüne ait ortalama su yüksekliği-ortalama debi değerleri (CSB, 2015).	70
Tablo 34. Irmak regülatörü için aylık hesaplanan can suyu miktarına göre derede meydana gelebilecek su seviyesi	71
Tablo 35. Irmak regülatörü ortalama hız ile debi değerleri (CSB, 2015).	72

Tablo 36. Irmak regülatörü için aylık hesaplanan can suyu miktarına göre derede meydana gelebilecek su hızı.....	72
Tablo 37. Karakaya regülatörü ve HES’de bulunan EİE 2206 Değirmendere Kanlıpelit AGİ’nin düşük akış indisleri (7Q ₁₀) yöntemi analiz sonuçları..	75
Tablo 38. Karakaya regülatörü ve HES’de bulunan DSİ 22-59 Kalyondere Çiftdere AGİ’nin düşük akış indisleri (7Q ₁₀) yöntemi analiz sonuçları.....	77
Tablo 39. Karakaya regülatörü ve HES’de bulunan DSİ 22-60 Değirmendere Kiremitli AGİ’nin düşük akış indisleri (7Q ₁₀) yöntemi analiz sonuçları	80
Tablo 40. Karakaya HES projesi Haranoy regülatörü yerinde Hamsiköy Deresine ait eşel en kesit parametreleri (CSB, 2015).	81
Tablo 41. Karakaya HES projesi Haranoy regülatörü yerinde Hamsiköy Deresine ait aylık gözlemlenen aylık ortalama akımlar (CSB, 2015).	82
Tablo 42. Karakaya HES projesi Haranoy regülatörü yerinde Hamsiköy Deresine ait boyutsuz debi-boyutsuz ıslak çevre değerleri	82
Tablo 43. Karakaya HES projesi Haranoy regülatörü yerinde Hamsiköy Deresi hesaplanan can suyu miktarı (m ³ /s)	84
Tablo 44. Karakaya HES projesi Haranoy regülatörü yerinde Hamsiköy Deresine ait ortalama su yüksekliği-debi değerleri (CSB, 2015).	84
Tablo 45. Haranoy regülatörü için aylık hesaplanan can suyu miktarına göre derede meydana gelebilecek su seviyesi	86
Tablo 46. Karakaya HES projesi Haranoy regülatörü yerinde Hamsiköy Deresi ortalama hız ile debi değerleri (CSB, 2015).....	86
Tablo 47. Haranoy regülatörü için aylık hesaplanan can suyu miktarına göre derede meydana gelebilecek su hızı.....	88
Tablo 48. Karakaya HES projesi Karakaya regülatörü yerinde Bekçiler Deresine ait eşel en kesit parametreleri (CSB, 2015).	88
Tablo 49. Karakaya HES projesi Karakaya regülatörü yerinde Bekçiler Deresine ait aylık gözlemlenen ortalama akımlar (CSB, 2015).....	89
Tablo 50. Karakaya HES projesi Karakaya regülatörü yerinde Bekçiler Deresine ait boyutsuz debi-boyutsuz ıslak çevre değerleri	90
Tablo 51. Karakaya HES projesi Karakaya regülatörü yeri için hesaplanan can suyu miktarı (m ³ /s).....	91
Tablo 52. Karakaya HES projesi Karakaya regülatörü yerinde Bekçiler Deresine ait ortalama su derinliği ile debi değerleri (CSB, 2015).....	91

Tablo 53. Karakaya regülatörü için Aylık hesaplanan can suyu miktarına göre derede meydana gelebilecek su seviyesi.....	93
Tablo 54. Karakaya HES projesi Karakaya regülatörü yerinde Bekçiler Deresi ortalama su hızı ile debi değerleri (CSB, 2015).	93
Tablo 55. Karakaya regülatörü için aylık hesaplanan can suyu miktarına göre derede meydana gelebilecek su hızı	95
Tablo 56. Karakaya HES projesi Karahava regülatörü yerinde Karahava Deresine ait eşel en kesit parametreleri (CSB, 2015)..	95
Tablo 57. Karakaya HES projesi Karahava regülatörü yerinde Karahava Deresine ait gözlemlenen aylık ortalama akımlar (CSB, 2015).....	96
Tablo 58. Karakaya HES projesi Karahava regülatörü yerinde Karahava Deresine ait boyutsuz debi-boyutsuz ıslak çevre değerleri	96
Tablo 59. Karakaya HES projesi Karahava regülatörü yeri için hesaplanan can suyu miktarı (m^3/s).....	98
Tablo 60. Karakaya HES projesi Karahava regülatörü yerinde Karahava Deresine ait ortalama su derinliği ile debi değerleri (CSB, 2015).....	98
Tablo 61. Karahava regülatörü için aylık hesaplanan can suyu miktarına göre derede meydana gelebilecek su seviyesi	99
Tablo 62. Karakaya HES projesi Karahava regülatörü yeinde Karahava Deresi ortalama su hızı ile debi değerleri (CSB, 2015).	100
Tablo 63. Karahava regülatörü için aylık hesaplanan can suyu miktarına göre derede meydana gelebilecek su hızı	101
Tablo 64. Oylum III regülatörü ve HES’de bulunan EİE 2202 Kara Dere- Ağnas AGİ’nin düşük akış indisleri ($7Q_{10}$) yöntemi analiz sonuçları	103
Tablo 65. Oylum III regülatörü ve HES’de bulunan EİE 2270 Küçük Dere-Çimenli AGİ’nin düşük akış indisleri ($7Q_{10}$) yöntemi analiz sonuçları	106
Tablo 66. Oylum III regülatörü yerinde Vunut Çayına ait eşel en kesit parametreleri (CSB, 2015).....	107
Tablo 67. Oylum III regülatör yerinde Vunut Çayında gözlemlenen aylık ortalama akımlar (CSB, 2015).....	108
Tablo 68. Oylum III regülatör yerinde Vunut Çayına ait boyutsuz debi-boyutsuz ıslak çevre değerleri.....	109
Tablo 69. Oylum III regülatör yeri için hesaplanan can suyu miktarı (m^3/s).....	111
Tablo 70. Oylum III regülatör yerinde Vunut Çayına ait ortalama su derinliği-debi değerleri (CSB, 2015).....	111

Tablo 71. Oylum III regülatörü için aylık hesaplanan can suyu miktarına göre derede meydana gelebilecek su seviyesi.....	113
Tablo 72. Oylum III regülatör yerinde Vunut Çayına ait ortalama su hızı ile debi değerleri (CSB, 2015).	114
Tablo 73. Oylum III regülatörü için aylık hesaplanan can suyu miktarına göre derede meydana gelebilecek su hızı	116
Tablo 74. Dereiçi regülatörü ve HES rölatif hata analizi sonuçları.....	116
Tablo 75. Esentepe regülatörü ve HES rölatif hata analizi sonuçları	117
Tablo 76. Karakaya regülatörü ve HES rölatif hata analizi sonuçları	117
Tablo 77. Oylum III regülatörü ve HES rölatif hata analizi sonuçları.....	118



SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ

%	: Yüzde
7Q ₁₀	: On Yıllık Periyot Boyunca Kaydedilen Ardışık Yedi Günlük En Düşük Akım
A	: Akışın Kesit Alanı
AEHRA	: Uyarlanmış Ekolojik Hidrolik Yarıçap Yaklaşım Yöntemi
b	: Taban Genişliği
BBM	: Yapı Taşı Yöntemi
CASİMİR	: Çevresel Akış Gereksinimleri İçin Bilgisayar Destekli Simülasyon Yöntemi
ÇED	: Çevresel Etki Değerlendirme
DRM	: Masaüstü Kaynak Modeli
DSİ	: Devlet Su İşleri
EDR	: Ekosistem Değerlendirme Raporu
hm ³	: Hektometre küp
HQI	: Habitat Kalite İndeksi
MDNR	: Michigan Doğal Kaynaklar Bölümü
PHABSIM	: Fiziksel Habitat Simülasyonu
IFIM	: Geliştirici Çevresel Akış Yöntemi
m	: Metre
m	: Sıra Numarası
m ²	: Metre kare
m ³ /s	: Metre küp / saniye
n	: Manning Pürüzlülük Katsayısı
N	: Veri Sayısı
p	: Bir Debinin Aşılma İhtimali
P	: Islak Çevre
Q	: Debi
Q ₅₀	: Zamanın %50'sine Karşılık Gelen Debi
Q ₇₅	: Zamanın %75'ine Karşılık Gelen Debi
Q ₉₅	: Zamanın %95'ine Karşılık Gelen Debi
R	: Hidrolik Yarıçap
RHABSIM	: Nehir Kıyısında Yaşayanların Habitat Simülasyon Yöntemi
RVA	: Tennant Değişkenlik Yaklaşımı
SEFA	: Çevresel Akış Analizi İçin Program Yöntemi
T	: Dikdörtgen/Trapez/Üçgen Kesit Genişliği
Y	: Su Derinliği
WUA	: Ağırlıklı Kullanım Alanı
D _i	: Hücre İçin Derinlik
V _i	: Hücre İçin Hız
S _i	: Hücre İçin Substrat
HSC	: Habitat Uygunluk Kriteri
DRIFT	: Uygulanan Akış Dönüşümüne Aşağı Akış Tepkisi
ESWH	: Savannah Yöntemi
ELOHA	: Hidrolojik Değişikliğin Ekolojik Sınırları
HES	: Hidroelektrik Santral

DKMPM	: Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü
CSB	: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı
AGİ	: Akım Gözlem İstasyonu
C_s	: Çarpıklık Katsayısı
K	: Sıklık Faktörü
y	: Geri Dönüş Periyodu
Q_e	: Ekosistemin İhtiyaç Duyduğu Minimum Su Debisi
X	: Yıllık Düşük Akımın Logaritmasının Ortalaması
S	: Yıllık Düşük Akımın Logaritmasının Standart Sapması
EİE	: Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü



1. GENEL BİLGİLER

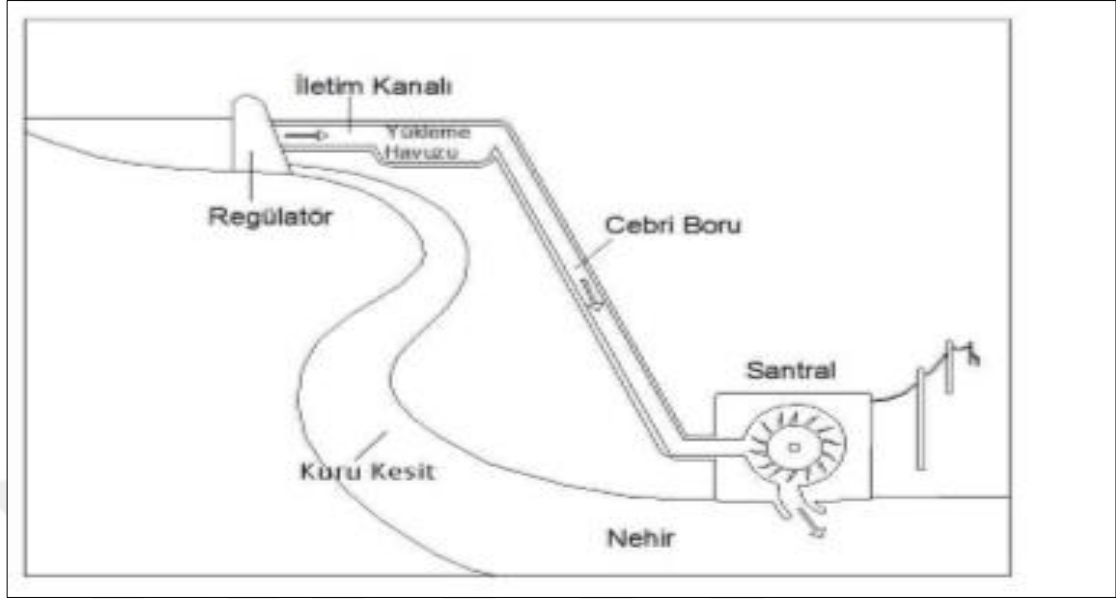
1.1. Giriş

Etkili ve güvenli şekilde kullanımı ile insan yaşamının ve ekosistemin vazgeçilmez bir parçası olan su, aynı zamanda ekonomik ve teknolojik gelişmelerinde önemli bir yapı taşı durumundadır. Özellikle yenilebilir enerji kaynaklarından hidroelektrik enerjinin dönüşümünde kullanılan su miktarlarına bağlı olarak bir akarsu ekosisteminin sağlıklı kalabilmesi ve ekolojik işlevlerini sürdürebilmesi için doğal akış rejiminin ne kadarının akarsuyun mansabına bırakılması gerektiğinin belirlenmesi hem sürdürülebilir ekosistem bütünlüğü hem de sürekli artan enerji ihtiyaçlarının karşılanması gerekliliği açısından oldukça önemlidir. Örneğin; akarsular ve nehirlerdeki suyun baraj göletlerinde biriktirilmesiyle birlikte üretilen ülkede elektrik enerjisinin bir miktarı karşılanabilmektedir. Su kıtlığının olabileceği yerler göz önüne alındığında mevcut kaynakların olduğu yerlere göletler ve depolar yapılabilmektedir. Böylece depolar yapılarak halkın içme suyu ihtiyacının bir kısmının ilerleyen dönemlerde karşılanabileceği düşünülmektedir. Göletler yapılarak da göletlerin yapıldığı kesitlerde hem rafting turizmi yapılabilmekte hem de tatlı su balığı yetiştiriciliği yapılarak o bölgenin ekonomisine önemli katkılar oluşturulacağı öngörülmektedir. Ayrıca su tarım için önemli bir etmendir. Suyun olmadığı yerlerde etkin tarımdan söz etmek mümkün değildir. Suyun korunması ve etkili bir şekilde dağıtılması ile tarımın da etkili bir şekilde yapılması söz konusu olabilmektedir. Hayvan sulama suyu ve tatlı su balıkçılığına ve tatlı su balıkçılığı faaliyetlerine ek olarak can suyu miktarının hesaplanması ile ileride oluşabilecek olumsuzluklara karşı önlem alınabilmektedir.

1.2. Çevresel Akış Miktarı (Can Suyu) Nedir?

Çevresel akış tayini, bir akarsu ekosisteminin sağlıklı kalabilmesi ve ekolojik işlevlerini sürdürebilmesi için doğal akış rejiminin ne kadarının akarsuyun mansabına veya taşkın ovasına akmaya devam etmesi gerektiğinin saptanmasıdır. Çevresel akışın belirlenebilmesi için sadece fen bilimlerine dayalı bir tespit ile başarı elde etmek oldukça zordur. Bu nedenle; çevresel akışın uygulanabilmesi için bireylerin, çevresel akış gerekliliğine ikna olması gerekir. Aslında, çevresel gereksinimler ile su talepleri arasında bir denge sağlayabilmelidir. Bu nedenle, çok amaçlı bir optimizasyon modeli, çevresel

akış rejimini tasarlamak için bir gerekliliktir (Atak, 2014; Koçak, 2019; Sedighkia vd., 2021). Aşağıda Şekil 1’ de HES genel tasarımı gösterilmektedir.



Şekil 1. HES genel tasarımı (Karakoyun, 2014).

DSİ ve tüzel kişiler arasında düzenlenecek Su Kullanım Hakkı Anlaşması imzalanması işlemlerinde uygulanacak usul ve esasların belirlenmesine ilişkin, 18.08.2009 ve 27323 sayılı Resmi Gazete ’de yayımlanan “ Elektrik Piyasasında Üretim Faaliyetinde Bulunmak Üzere Su Kullanım Hakkı Antlaşması İmzalanmasına İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmelik” kapsamında, doğal hayatın devamı için mansaba bırakılacak su miktarının hesaplanmasında hidrolojik tabanlı çevresel akış yöntemlerinden “Tennant (Montana) Yöntemi” baz alınmıştır. Burada doğal hayatın devamı için mansaba bırakılacak su miktarının, projeye esas olan son on yıllık ortalama akımın en az %10’u olacak şekilde belirlenmesi uygun bulunmuştur (Karakuş, 2013).

1.3. Ekosistem Değerlendirme Raporu

Ekosistem Değerlendirme Raporu (EDR); gerçekleştirilmesi gereken projenin doğa ile etkileşimini inceleyerek, olası etkileri belirleyen ve olumsuz etkilerin en aza indirilmesi için çözüm önerileri sunan akademik çalışmalar bütünüdür.

EDR; farklı disiplin dallarında (ekolog, hidrobiyolog, hidrojeolog, ornitolog, herpetolog, jeolog, CBS Uzmanı vb.) uzmanlar ile yapılması planlanan projeler için inşaat öncesinde ekolojik incelemeler yapılarak gerek inşaat gerekse işletme döneminde olası etkilerin belirlenmesi ve bu etkilerin en aza indirilmesi için gerekli tedbirlerin alınmasını hedeflemektedir (URL-1, 2019).

1.4. Çevresel Akış Üzerine Dünyada Yapılmış Çalışmalar

2004 yılında “çevresel nehir akış gereksinimlerinin tanımlaması” adlı bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışma mevcut geçerli yöntemleri gözden geçirmektedir ve yöntemlerin tablolar yöntemi, bilgisayar modelleri yöntemi, işlevsel analiz yöntemi ve habitat simülasyon yöntemlerinin basit bir şekilde kategorize edilmesini önermektedir.

2006 yılında “hidrolojiye dayalı çevresel akış değerlendirilmesi (Nepal örneği)” isimli bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışma çeşitli özel masaüstü hidroloji tabanlı çevresel akış değerlendirme yöntemlerinin Tennant değişkenlik yaklaşımı (RVA) ve Güney Afrika simülasyon rezerv modelinin (DRM) Nepal bölgesinin spesifik bağlamında uygulanabilirliğini incelemektedir. Bu çalışma nehir havzası gelişiminde çevresel su dağıtım planlaması ihtiyacını arttırmayı ve çevresel su talep değerlendirmelerinin ilgili ulusal politikalara dahil edilmesini kolaylaştırmayı amaçlamaktadır (Acreman ve Dunbar, 2004; Smakhtin vd., 2006).

2012 yılında “bir nehrin ulaşabileceği çevre akışının değerlendirilmesi için hidrolojik yöntemlerin kullanılması” isimli bir çalışma yapılmıştır. Çalışmada; ekolojik özellikler ve değerler hakkında yetersiz veri bulunan bir nehirdeki çevresel tehlikelerin simülasyon değerlendirilmesi amaçlanmaktadır. İran’daki ShahrChai Nehri’nin tipik bir nehrin ulaşabileceği potansiyel çevre sayıları yeni geliştirilen bir hidrolojik yöntem olan akış süresi eğrisi (flow duration curve) ve Global Çevresel Akış Hesaplama yazılımı kullanılarak incelemeye çalışılmıştır. Ayrıca 2012 yılında “Bangladeş’deki Halda Nehri’nde çevresel akış gereksinimi değerlendirilmesi” isimli bir başka çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada; Bangladeş ’deki Halda Nehri’ndeki çevresel akış gereksinimlerinin değerlendirilmesi çalışılmıştır. Çalışmanın amacı; log-Pearson Tip III (LPIII) dağılımı kullanılarak yapılan farklı geri dönüş süreleri/ olasılıkları ile Halda Nehri akışını tahmin etmek ve Halda Nehri’ndeki çevresel problemleri yapı taşı yöntemini kullanarak en aza indirmektedir (Karimi vd., 2012; Akter ve Ali, 2012).

2014 yılında “küresel su değerlendirmesinde çevresel akış koşullarının ilişkilendirilmesi” isimli bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada; çevresel akış hesaplamalarında kullanılan 5 tane çevresel akış yöntemi baz alınarak çevresel akış yöntemlerinin 11 durumu ile karşılaştırma yapılmaya çalışılmıştır. Mevcut üç yöntem olan Smakhtin, Tennant ve Tessmann yöntemi ile yeni geliştirilen değişken aylık akış yöntemi (Variable Monthly Flow) ve Q90-Q50 yöntemi kullanılmıştır. Tüm yöntemler karşılaştırılmış ve doğal akış rejimi modellenerek yerel ölçeklerle doğrulanmıştır. 2015 yılında “çeşitli alt havzalar için farklı hidrolojik yöntemlerle Damodor Nehir Havza’sının çevresel akış değerlendirilmesi” isimli çalışma incelenmiştir. Bu çalışmada çevresel

akışın değişkenliği üç hidrolojik yöntemden olan Tennant, Tessmann ve çeşitli alt havzalar için Grafiksel ve Stokastik Akış Süresi Eğrisi yöntemleri kullanılmıştır. Sonuç olarak çevresel akışın hesaplanmasında kullanılan basit tarihsel temelli yaklaşımlarının tüm havza türleri için uygun olmadığı görülmüştür (Pastor vd., 2014; Verma vd., 2015).

2017 yılında “Deduru Oya Rezervuarından çevre akışının ekosistem üzerindeki muhtemel etkilerini azaltmaya yönelik çevresel akış akımının değerlendirilmesi” isimli çalışma yapılmıştır. Bu çalışmanın amacı; çevresel akış yöntemlerinden en kapsamlı yöntemi belirlemek, bu yöntemler arasında karşılaştırma yapmak ve minimum bilgi gereksinimi kavramına dayanarak çevresel akışı tahmin etmek için yeni bir yaklaşım geliştirmektir. Çalışılan çevresel akış hesaplama yöntemleri arasında en güvenilir kategori olarak bütünsel yöntem ve daha fazla kaynak veya veri gerektiren en iyi bütünsel yöntem olarak yapı taşı yöntemi (BBM) tanımlanmıştır.

2018 yılında “hidrolojik, hidrolik, habitat simülasyon yöntemleri kullanılarak Khun Dan Prakan Chon Barajı’nın çevresel akım gereksiniminin ölçülmesi” isimli bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışma Tayland’daki Khun Dan Prakan Chon Barajı’nın çevresel akış gereksinimini üç yöntem kullanarak değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Nehir suyundaki organizmaların biyolojik koşulları ve etkileşimleri temel olarak hidrolojik ve hidrolik yaklaşımlarda belirlenememiştir. Habitat simülasyon yöntemi ile yapılan tahmini sonuçlarda, esas olarak nehirdeki su habitatlarının korunması için ekolojik akış gereksinimlerinin ek bir anlam verdiği gözlemlenmiştir (Jayasiri vd., 2017; Nakvachara vd., 2018).

2019 yılında “bir nehir tipi hidroelektrik santralinde hidrolojik temelli çevresel akış yöntemlerinin akış değişikliği ve enerji üretimi üzerindeki etkisi” isimli bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışma, sekiz hidrolojik tabanlı çevresel akış yöntemi dikkate alınarak çevresel akış salınımlarının ve enerji üretiminin değerlendirilmesine odaklanmaktadır. Bu çalışmanın temel amacı, nehir tipi hidroelektrik santralleri durumunda, enerji üretimi için su saptırma nedeniyle çevresel akış salınımlarının ve değişiminin hızlı bir şekilde tahmin edilmesine izin veren pratik bir yaklaşım önermektir. 2019 yılında “hidrolik ve hidrolojik yöntemlerin birleşik kullanımı çevresel akışı hesaplama: Wisloka nehri, Polonya: Vaka Analizi” isimli başka bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışmanın amacı, seçilen hidrolojik ve hidrolik yöntemleri ve Wisloka örneğinde olduğu gibi, yüksek doğallığa sahip bir dağ nehrinin bir bölümünde çevresel akışa yönelik bilimsel olarak kabul edilebilir ve uygun maliyetli yolu belirlemek olarak tanımlanmaktadır (Kuriqi vd., 2019; Ksiazek vd., 2019).

2019 yılında “Kanal Morfolojik Değişikliklerinin Etkisi Kentsel Nehirlerde Çevresel Akış Gereksinimleri” isimli bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada, kanal

morfolojik değişikliklerinin çevresel akış gereksinimleri üzerindeki etkisi kentsel nehirlerde araştırılmıştır. Hidrolojik bağlantı, çevresel akışlarda birincil faktör olarak kabul edilmiştir ve üç hidrolojik bağlantı senaryosu (yani, yüksek, orta ve düşük) araştırılmıştır. Sonuçlar, çevresel akışların nehir morfolojisindeki değişikliklerden önemli ölçüde etkilendiğini göstermektedir. 2019 yılında “Haliçlerde çok ölçekli ekohidrolojik ve karmaşık ekosistem süreçlerini entegre etmek için bir çevresel akış belirleme yöntemi” isimli bir çalışma daha yapılmıştır. Bu çalışma, Güney Afrika'nın dalgaların hâkim olduğu kıyılarında bulunan sığ, oldukça dinamik mikro gelgit haliçlerini barındırmak için geliştirilmiş bir çevresel akış metodolojisi sunmaktadır. Çalışma uyarlanabilir, tasarım bilimi araştırma yaklaşımının ardından, 7 aşamalı yöntem hem eko hidrolojik hem de ekosistem temelli kavramları benimseyerek, temel hidrolojik hidrodinamik-biyojeokimyasal süreçleri ve biyotik tepkileri kapsamaktadır (Zhang vd., 2019; Niekerk vd., 2019).

1.5. Çevresel Akış Miktarı Üzerine Türkiye’de Yapılmış Çalışmalar

2012 yılında “nehir içi akım metodolojileri Pazar suyu Nehri’nde hidrolojik çevresel akış değerlendirmesi” isimli bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada; Pazar suyu Nehri örnek alınarak, Türkiye için hidrolojik (masaüstü) çevresel akış değerlendirme metotları Çevresel Etki Değerlendirme (ÇED) Raporları Devlet Su İşleri (DSİ) ve Çevre Şehircilik Bakanlığı’ndan alınan verilerle analiz edilmiştir ve sonuçlar ile karşılaştırılmıştır.

2013 yılında “akarsularda çevresel akışın önemi ve Büyük Menderes havzası örneği” isimli bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada, dünya çapında çoğu gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin kullandığı hidrolojik ve hidrolik oranlama esaslı yöntemler kullanılarak Büyük Menderes havzasından seçilen akarsulara ait en uygun yöntem belirlenmeye çalışılmıştır. Büyük Menderes Havzasına ait 3 adet akım gözlem istasyonuna ait günlük akım verileri kullanılarak Çevresel Akış Değerlendirmesi yapılmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda her bir akarsu için bir veya birden fazla yöntemin uygun olabileceği görülmüştür. 2013 yılında “hidroelektrik santraller için uygun çevresel akış metodolojilerinin belirlenmesi, Çoruh Havzası örneği” isimli başka bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışma kapsamında, genel literatür taraması ile birlikte, HES’lerin işletme süresi boyunca bölgedeki su yaşamı üzerindeki etkileri ele alınmakta ve ayrıca dünya çapında kabul görmüş çevresel akış metodolojileri incelenmektedir. HES projeleri konusunda oldukça gündemde olan Çoruh Havzası bir inceleme örneği olarak ele alınmış ve bölgede baskın tür olan alabalıkların korunması amacıyla çevresel akış

ihtiyacı bakımından uygulamalar değerlendirilmiştir. Sonuç olarak; ilk başta basit bir hidrolojik metot ya da çok daha uygun habitat simülasyon modelinin sonuçları ırmak akış düzenlemesi ile ilgili bir ön tahmin sağlamaktadır (Göz, 2012; Ateş, 2013; Akarca, 2013).

2014 yılında “hidroelektrik santrallerde çevresel akış miktarının belirlenmesi ve Çambaşı HES örneği” isimli bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışma kapsamında hidroelektrik santral projelerinde nehir yapısını bozmayacak, ekosistem bütünlüğüne zarar vermeyecek ve dolaylı olarak da elektrik üretiminde sürekliliği sağlayacak olan çevresel akış miktarının (can suyu) belirleme yöntemleri incelenmiştir. Hesaplamalar sonucunda her bir regülatör yapısı için çevresel akış miktarları belirlenmiştir. Ortaya çıkan değerler ile projede hesaplanan değer ve normal (doğal) akım değerleri karşılaştırılmıştır. Bu yapılan karşılaştırma ve araştırmalar sonucunda Türkiye’de hidroelektrik santraller projelendirilirken karar vericiler için çevresel akış miktarı belirlemede kullanılabilecek yöntemler önerilmiştir (Karakoyun, 2014).

2014 yılında “Koyunbaba Barajı’ndan akış aşağıya bırakılması gereken çevresel akış miktarının değerlendirilmesi” isimli başka bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada; Koyunbaba Barajı’ndan akış aşağı bırakılması gereken asgari su miktarı hidrolik verilere dayalı Tennant ve akım süreklilik yöntemi ile karşılaştırması olarak ele alınmıştır. Tennant yönteminde kurak ve yağışlı dönemler iki farklı şekilde belirlenmiştir. Seçili yöntemler ile akarsu yatağında bulunması gereken asgari su miktarı hesaplanmıştır. Sonuç olarak Tennant- II yöntemi ile elde edilen çevresel akış değerleri uzun dönem aylık en düşük akım değerlerinden daha yüksektir. Bu nedenle Tennant-II yöntemi ile çevresel akış miktarının belirlenmesi daha uygundur (Karakoyun, 2014; Köle, 2014).

2015 yılında “Karaçal Barajı’ndan akış aşağı bırakılması gereken çevresel akış miktarının akım süreklilik ve ıslak çevre yöntemleri ile değerlendirilmesi” isimli bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada; Karaçal Barajı’ndan akış aşağı bırakılması gereken asgari su miktarı, seçili hidrolojik ve hidrolik derecelendirme yöntemleri ile belirlenerek birbirleri ile karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, Karaçal Barajı’ndan Bozçay’a güncel olarak bırakılan su miktarının, seçili yöntemlere göre hesaplanan çevresel akış miktarından daha az olduğu belirlenmiştir.

2016 yılında “akarsularda bırakılması gereken çevresel akış miktarı hesap yöntemleri ve Doğu Karadeniz örneği” isimli bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada Doğu Karadeniz Havzası’nda bulunan Devlet Su İşleri tarafından 22. Bölge sınırları içinde kalan 5 adet AGİ üzerine çalışma yapılmıştır. Çıkan sonuçlar hem kendi içerisinde değerlendirilmiş hem de birbirleri ile kıyaslanmıştır. Çalışmada kullanılan yöntemlerin

yağışlı bir bölge olan Karadeniz Bölgesi'nin karakteristiklerine uyup uymadığı belirlenmiştir.

2018 yılında “Çemişgezek Cevizlidere Barajı ölçeğinde çevresel akış tayini yöntem analizi” isimli bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada; Türkiye’de kullanılan mevcut çevresel akış yönteminin Cevizlidere Barajı ölçeğinde dahi yetersiz kalması sebebiyle alternatif yöntem ve yaklaşımlara ihtiyaç duyulduğunun gösterilmesi amaçlanmıştır. Cevizlidere Barajı mansabında bırakılması gereken çevresel akış miktarlarının Ekim, Kasım, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında Debi Süreklilik Eğrisi Yönteminin Q_{75} istatistiği ile, Aralık, Ocak, Şubat, Mart, Nisan, Mayıs ve Haziran aylarında ise son on yıllık ortalamalarla hesaplanması gerektiği gözlemlenmiştir (Köle ve Ataol, 2015; Kepekçi, 2016; Kaynak, 2018).

1.6. Çevresel Akış Yöntemleri

Çevresel akış yöntemleri genel olarak hidrolojik tabanlı yöntemler, hidrolik derecelendirme yöntemi, habitat simülasyonu yöntemi ve holistik (bütünsel) yöntemler olmak üzere dört başlık altında toplanmaktadır (Kepekçi, 2016). Çevresel akış yöntemlerinin sınıflandırılması aşağıdaki tabloda sunulmaktadır:

Tablo 1. Çevresel akış yöntemleri (Lagerblad, 2010).

Çevresel Akış Yöntemleri	Açıklama
Hidrolojik Tabanlı Yöntemler (Masaüstü Tahminleri, Arama Tabloları)	Çevresel akış gereksinimini elde etmek için hidrolojik verileri kullanan basit ve hızlı bir yöntemdir. Hidrolojik yöntemler genellikle planlama düzeyinde kullanılmaktadır ve hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerde geniş çapta uygulanmaktadır. Tennant yöntemi en yaygın kullanılan hidrolojik yöntemdir.
Hidrolik Derecelendirme Yöntemi	Bu tip yöntemler, ekoloji habitat mevcudiyeti ve nehir akışı arasında bir ilişki geliştirmek için çeşitli hidrolik değişkenlerindeki (örneğin; derinlik ve hız) değişiklikleri ölçmek için kullanılmaktadır. En yaygın kullanılanı Avustralya’da geliştirilen Islak Çevre Yöntemidir.
Habitat Simülasyon Yöntemi	Deşarj ve mevcut yaşam koşulları arasında bağlantıyı sağlamak için kullanılmaktadır. ABD’de geliştirilen PHABSIM en yaygın kullanılan yöntemdir.
Holistik (Bütünsel) Yöntemler	Tüm önemli akış özellikleri (yüksek taşkın, taban akışı vb.) tanımlanmaktadır. Bu yöntemler hidrolik derecelendirme yöntemi, hidrolojik tabanlı yöntemler ve habitat simülasyon modellerini içermektedir. Güney Afrika’da geliştirilen Yapı Taşı Metodolojisi holistik bir yöntemdir.

Çevresel akış miktarının belirlenmesindeki yöntemlerin türleri kapsamlı bir şekilde aşağıdaki tabloda sunulmaktadır. Çevresel akış belirleme yöntemlerinin avantajları ve dezavantajları aşağıdaki tabloda sunulmaktadır.

Tablo 2. Çevresel akış belirleme yaklaşımlarının avantajları ve dezavantajları (URL-2, 2019).

Yaklaşımlar	Değerlendirme Süreleri (Ay)	Avantajları	Dezavantajları
Hidrolojik Yaklaşımlar	1/2	Düşük maliyet Kullanımı hızlı	Alana özgü değil Ekolojik etkiler varsayımsal
Hidrolik Derecelendirme Yaklaşımları	2-4	Düşük maliyet Kullanımı hızlı	Alana özgü değil Ekolojik bağlantılar için kabul yapılmakta
Habitat Simülasyon Yaklaşımları	6-18	Ekolojik bağlantılar içerir	Yüksek maliyet Kapsamlı veri gereksinimi Uzman ihtiyacı
Bütüncül Yaklaşımlar	12-36	Çok kapsamlı Tüm ekosisteme odaklı	Çok yüksek maliyet Disiplinler arası bilimsel uzman gereksinimi

1.6.1. Hidrolik Tabanlı Yöntemler

Bu yöntem çevresel akış yöntemlerinden en basit ve en yaygın olanıdır. Genellikle masaüstü tahminleri ve arama tablosu yöntemleri olarak adlandırılmaktadır. Temel olarak tarihsel akış kayıtlarına dayanmaktadır. Çevresel akış genellikle, yıllık ortalama mevsimsel akış yüzdesi olarak veya yıllık, mevsimsel veya aylık bazda akış süresi eğrisinden yüzde olarak verilmektedir. Çoğu basit bir şekilde minimum akış gereksinimini karşılamaktadır. Doğal akış modelini tanımlamak için birkaç özelliği dikkate alınarak (düşük akış süreleri, taşma artışı/ düşme oranı gibi) daha özel yöntemler geliştirilmiştir (Tennant, 1976). Hidrolik tabanlı yöntemler; Tennant Yöntemi (Orijinal Tennant Yöntemi, Modifiye Tennant Yöntemi), Düşük Akış İndisleri (7Q₁₀) Yöntemi ve Debi Süreklilik Eğrisi (Q₇₅; Q₉₅) olmak üzere üç grupta sınıflandırılmaktadır.

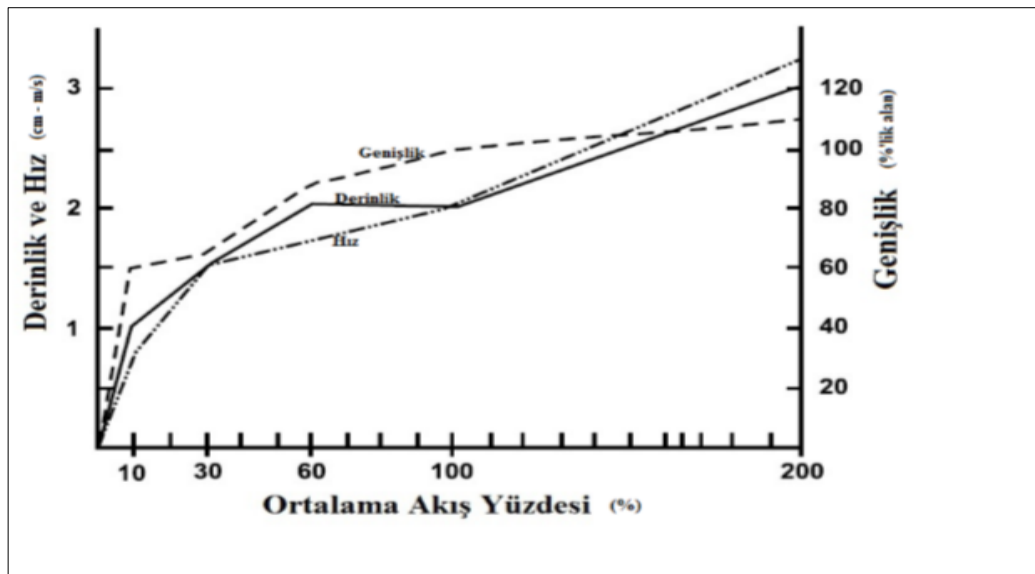
1.6.1.1. Tennant Yöntemi

1976'da Amerikalı bilim adamı Don Tennant tarafından önerilen ve ilk kez Amerika Birleşik Devletleri'nin orta ve batı bölgelerinde uygulanan bu yöntem "Montana Yöntemi" olarak da adlandırılmaktadır. Dünya genelinde en yaygın olarak kullanılan hidrolojik akım değerlendirme yöntemi Tennant yöntemidir. Tennant yöntemi, son derece basit hidrolojik verilere dayanması nedeni ile dünya genelinde yirmi beşten fazla ülkede, iki yüzden fazla uygulamada, orijinal haliyle ya da geliştirilmiş hali ile

kullanılmaktadır. Tennant Yöntemi, balıklar için ihtiyaç duyulan çevresel akışı tahmin etmek için bir yöntem sağlamıştır. Bu yöntemde, nehrin çevresel akışını tahmin etmek için sadece nehrin ortalama yıllık akış miktarı kullanılmıştır. Tennant yönteminde yıl 6 aylık iki bölüme ayrılmaktadır. Bu zaman aralıkları, mevsimsel değişiklikler dikkate alınarak dünyanın farklı bölgelerinde ayarlanabilmektedir. Ayrıca, Tennant akış modeli, taşma ve maksimum (yıllık ortalama akışın %200'ü) akışın da habitat sürdürülebilirliği üzerinde olumlu etkileri olduğunu göstermektedir (; Karimi vd., 2021; Kepekçi, 2016; Tharme, 2003).

1.6.1.2. Orijinal Tennant Yöntemi

Tennant yöntemi basit bir yöntemdir, fakat akış değerlerinin günlük ve mevsimsel değişikliklerini göz ardı etmektedir. Bazı durumlarda; önerilen minimum çevresel akış, özellikle kurak mevsimde doğal akıştan bile daha büyük olmaktadır. Bu nedenle, mevsimsel nehirler ve akış içinde belli bölgelerde dalgalanma olan nehirlerde uygun olmamaktadır. Dikkate alınarak geliştirilen Tennant yöntemi Amerika'da 11 farklı nehirde 17 yıl boyunca yapılan çalışmalarda önerilmiştir. Bu çalışmalara göre, benzer bir akış gereksinimi ekosistemi sürdürmek için farklı nehirlerde gözlemlenmiştir. Tennant yöntemi kolay uygulanması, kısa vadede sonuç alınabilmesi ve düşük maliyeti nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır. Yöntem, AGİ 'den elde edilen verilerle yıllık ortalama akışın çeşitli yüzdeleri önermektedir (Karakoyun vd., 2018; Zheng vd; 2010). Tennant yöntemi ortalama akış yüzdeleri aşağıda grafiksel şekilde bulunmaktadır.



Şekil 2. Tennant yöntemi ortalama akış yüzdeleri (Kaynak, 2018).

Şekil 2’de görüldüğü gibi, çalışma sonucunda akarsu genişliği ile su hızı ve derinliğinin, ortalama akış yüzdesinin 0-10 olduğu aralıkta arttığı ve daha sonra artış hızının azaldığı gözlemlenmiştir. Çalışma alanındaki balık türleri için ideal alt limit olarak derinlik ve hız aralıkları değerlendirildiğinde ise bu aralıkların yıllık ortalama akışın %10 ve %30’una tekabül ettiği fark edilmiştir. Böylece Ekim-Mart arası düşük akım, Nisan-Eylül arası ise yüksek akım dönemleri olarak tanımlanmıştır. Bu yöntemle göre, bir nehri mükemmel çevresel koşullarda tutmak için yıllık akışın yaklaşık %50 ile %70’ine, makul koşullarda tutmak için ise %20 ile %50’sine olduğunu savunmaktadır. Su akmaya devam ediyor olsa da %10-%20 arasındaki akışın akarsu koşullarını kötü duruma sokacağı kabul edilmektedir. Akışın %90’ından fazlasını sistemden almak ise nehrin ekolojisini ciddi anlamda bozacağını hatta yok olmanın eşiğine geleceği anlamına gelmektedir. Tennant yöntemi ile sucul ekosistem ve rekreasyon amaçlı kullanım için gerekli nehir debilerinin mevsimlik olması gereken akış yüzdesi ve nehir sağlığı ile ilgili oluşturduğu ayrıntılı tablo aşağıda bulunmaktadır (Kaynak, 2018; URL-2, 2019).

Tablo 3. Tennant yöntemine göre belirlenen mevsimlik ortalama akış yüzdeleri (URL-2, 2019).

Akış Miktarları	Yıllık Ortalama Akış (%)	
	Kurak Dönem (Nisan- Eylül)	Yağışlı Dönem (Ekim- Mart)
Bol ve Azami	Yıllık ortalamanın %200 oranı	
Uygun Aralık	Yıllık ortalamanın %60-100 aralığı	
Mükemmel	%40	%60
Çok İyi	%30	%50
İyi	%20	%40
Az ya da Zarar Verici	%10	%30
Zayıf ya da Asgari	%10	%10
Ciddi Hasar	Yıllık ortalamanın %0-10 aralığı	

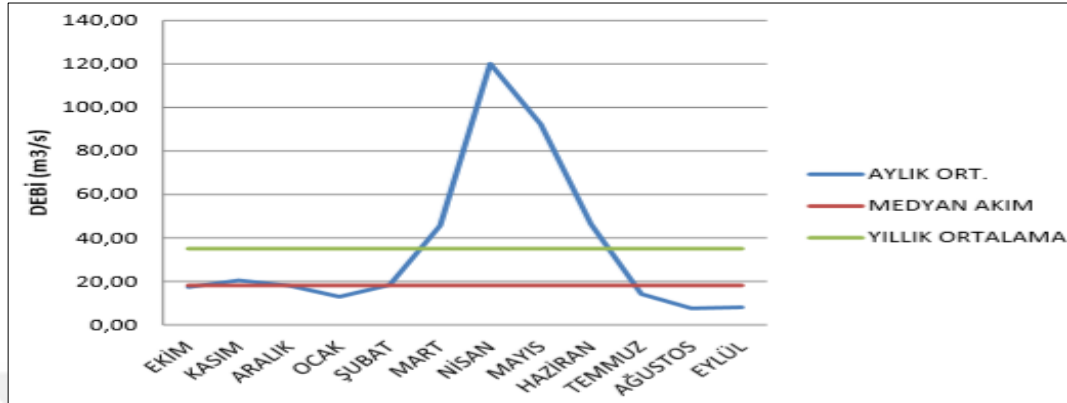
1.6.1.3. Modifiye Tennant Yöntemi

Bu yöntemde, havzaya ait uzun yıllık ortalama akımlar belirlenmektedir, daha sonra genel ortalamanın altında kalan kurak periyot üzerinde kalan aylar ıslak periyot olarak değerlendirilmektedir. Belirlenen bu periyotlar Orijinal Tennant Yönteminde kullanılan % oranlar kullanılarak her iki periyot içinde gerekli olan çevresel akış karşılaştırmaları olarak değerlendirilmektedir (Ateş, 2013).

1.6.1.3.1. Medyan (Ortalama) Akıma Göre Modifiye Tennant Yöntemi

Ortalama akıma göre yapılan hesap yönteminde olduğu gibi uzun yıllara ait ortalama akım verileri belirlendikten sonra bu akım değerlerine ait medyan akım

bulunmaktadır ve Şekil 3 'teki gibi grafik haline getirilmektedir. Medyan akımın altında kalan aylar kurak, üzerinde kalan aylar ise yağışlı aylar olarak değerlendirilmektedir. Kurak dönemler için genel ortalamanın %20'si, yağışlı dönem için genel ortalamanın %15'i çevresel akış debisi olarak belirlenmektedir (Kepekçi, 2016).



Şekil 3. Ortalama ve medyan akıma göre yağışlı ve kurak ayların belirlenmesi (Kepekçi, 2016).

1.6.1.4. Düşük Akış İndisleri (7Q₁₀) Yöntemi

On yıllık periyot boyunca kaydedilen ardışık yedi günlük en düşük akıma düşük akış indisleri (7Q₁₀) yöntemi denilmektedir. Düşük akış indisleri (7Q₁₀) yöntemi; atık su deşarjından sonra alıcı ortam su kalitesinin düzenlemesinde, kurak dönemlerde habitat için gereken su ihtiyacı tayininde ve sucul yaşamın kritik su ihtiyacının belirlenmesinde kullanılmaktadır. 7Q düşük akımları yıllık periyotlarına göre 1,2,5,20 ve 25 yıl sıralanabilmektedir. Bunlardan 7Q₂ ve 7Q₂₀ akışları ekosistemlerin korunması ve yerleşim alanlarındaki durumun referansı olarak kullanılmaktadır. Buna ek olarak nehirlerden su alınması ve atık su sınırını belirlenmesinde kullanılmaktadır. 7Q₅ ve 7Q₂₅ akımları ise yüksek kaliteli balıkçılık çalışmalarında kullanılmaktadır (Karakoyun ve Yumurtacı, 2013; Köle, 2015).

Düşük akış indisleri (7Q₁₀) yöntemi Log Pearson Tip 3 dağılımına odaklanır ve matematiksel denklemi aşağıda verilmiştir:

$$7Q_{10} = \exp (X + K . S) \quad (\text{Eşitlik 1})$$

X : Yıllık düşük akımın logaritmasının ortalaması

S : Yıllık düşük akımın logaritmasının standart sapması

K : Sıklık faktörü

y: Geri dönüş periyodu

C_s : tarihi yıllık düşük akımın logaritmasının basıklık katsayısı

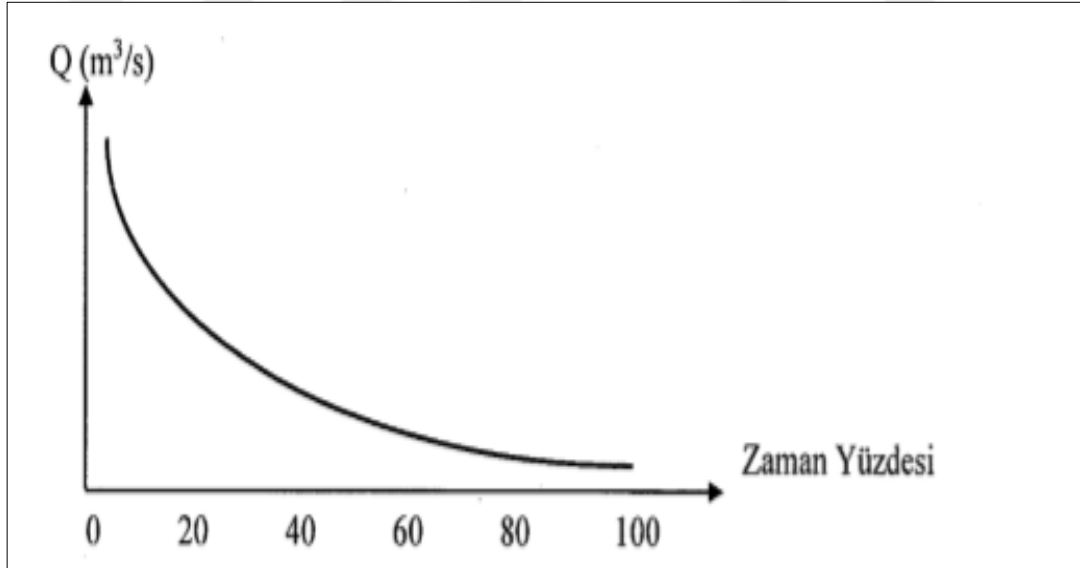
$$K = \frac{2}{C_s} \cdot \left[\left(1 + \frac{z \cdot C_s}{6} - \frac{C_s^2}{36} \right)^3 - 1 \right]$$
$$z = 4.91 \cdot \left[\left(0,14, \frac{1}{y} \right) - \left(1 - \frac{1}{y} \right) \cdot 0,14 \right] \quad (\text{Eşitlik 2})$$

formülleri ile belirlenmektedir (Kepekçi, 2016).

1.6.1.5. Debi Süreklilik Eğrisi

Dünya çapında genel olarak uygulanan bir başka hidrolojik tabanlı yöntem ise debi süreklilik eğrisi yöntemidir. Bu yöntem, deşarj debisi ile aşıldığı sürenin yüzdesi arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Tarihsel süreçte debi süreklilik çizgisi gerekli uygun nehir koşullarıyla ilişkilendirilen belirli akış yüzdeliklerini (aşılma yüzde değerleri) türetmek için kullanılmıştır.

Örneğin; Q_{95} yöntemi, mevsimsel bir debi süreklilik eğrisindeki %95'inin aşılma değeri anlamına gelmektedir (Tharme ve King, 1998). Debi süreklilik eğrisinin bir örneği aşağıdaki şekilde sunulmaktadır:



Şekil 4. Debi süreklilik çizgisi (Bayram ve Öztürk, 2019).

Debi süreklilik eğrisi çizilirken, debiler büyükten küçüğe doğru çizilmektedir. Her bir debinin aşılma ihtimali; $p = m/(N+1)$ eşitliği ile hesaplanmaktadır. Burada; m , sıraya dizilmiş debilerin sıra numarasını; N ise toplam veri sayısını vermektedir. Debi süreklilik çizgisi hidrolojide en çok kullanılan eğrilerden bir tanesidir. Debi süreklilik çizgisi

hidroelektrik santrallerin ve sulama sistemlerinin planlama ve projelendirilmesi, sedimentasyon çalışmaları, akarsu kirliliği yönetimi vb. gibi alanlarda kullanılmaktadır (Bayram ve Öztürk, 2019).

1.6.2. Hidrolik Derecelendirme Yöntemleri

Hidrolik derecelendirme yöntemleri, genellikle tek akışlı nehir kesitleri boyunca ölçülen, ıslak çevre ve maksimum derinlik gibi basit hidrolik değişkenlerdeki değişiklikleri bilinen ve hedeflenen biyotaya sınırlayan habitat faktörleri için kullanılmaktadır.

Bugün dünya çapında yaygın olan ve Kuzey Amerika’da on yıldan daha uzun bir süre önce kullanılan hidrolik derecelendirme yöntemlerinden olan ıslak çevre yöntemidir. Ayrıca sonraki yıllarda Islak Çevre Yönteminin geliştirilmesi ile Uyarlanmış Ekolojik Hidrolik Yarıçap Yaklaşım Yöntemi (AEHRA), Akış Hadisesi Yöntemi gibi çok çeşitli yöntemler ve yaklaşımlar kullanılmaya başlanmıştır (Tharme, 2003; Arthington vd., 2004; Kaynak, 2018).

1.6.2.1. Islak Çevre Yöntemi

Islak çevre, bir akış kanalının enine ve kenarlarına su ile temas eden mesafe anlamına gelmektedir. Islak çevre, bir akış kanalındaki akışla artmaktadır, ancak artış oranı, kanal morfolojisine bağlı olarak belirli bir akış seviyesinden sonra azalmaktadır. 1970’lerin başlarında Montana Balık, Vahşi Yaşam ve Parklar Bölümü tarafından geliştirilen ıslak çevre yöntemi belirlenen bir nehrin enine kesitlerinde su akışındaki su ile nehir arasındaki çevre arasındaki ilişkiye dayanan sabit akışlı bir yöntemdir. Islak çevre ile debi arasındaki ilişki kanalın geometrisinin bir işlevi olmaktadır ve debinin derinlikle arttığını göstermektedir. Kanallar genellikle üçgen veya dikdörtgen (tercih edilen) geometrik şekline sahiptirler. Göreceli olarak düz yataklara sahip dikdörtgen ve yamuk kanallar için, kanallardaki suyun derinliği arttıkça ıslak çevre içinde ilk başta hızlı bir artış meydana gelmektedir. Yatağın su altında kalmasından sonra, devam eden derinlik artışları, ıslak çevrede yalnızca küçük miktarda artışlar meydana getirmektedir. Bu ilişkinin şekli, su derinliğinin artmasıyla vurgulanmaktadır. Düşük akışlarda hız düşük olmaktadır ve derinlik arttıkça akış hızı artmaktadır. Böylece debi derinlik ile daha hızlı artmaktadır. Bu ilişki aşağıdaki Manning Denklemi ile tanımlanmaktadır (Gippel ve Stewardson, 1998; Gopal, 2013).

$$Q = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}}$$

(Eşitlik 3)

Bu denklemde;

Q = Debi (m^3/s)

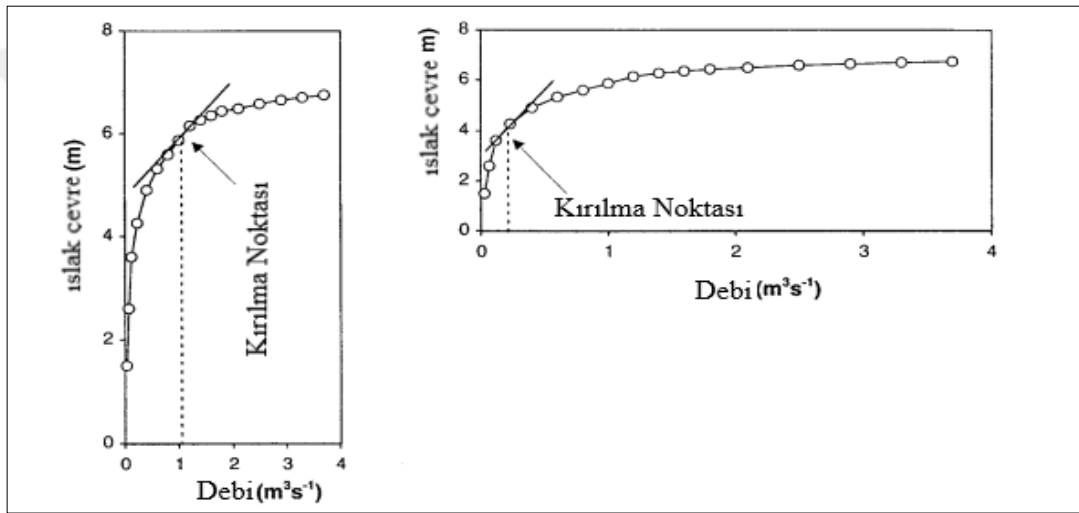
n = Manning Pürüzlülük Katsayısı

A = Akışın Kesit Alanı (m^2)

R = Hidrolik Yarıçap (m)

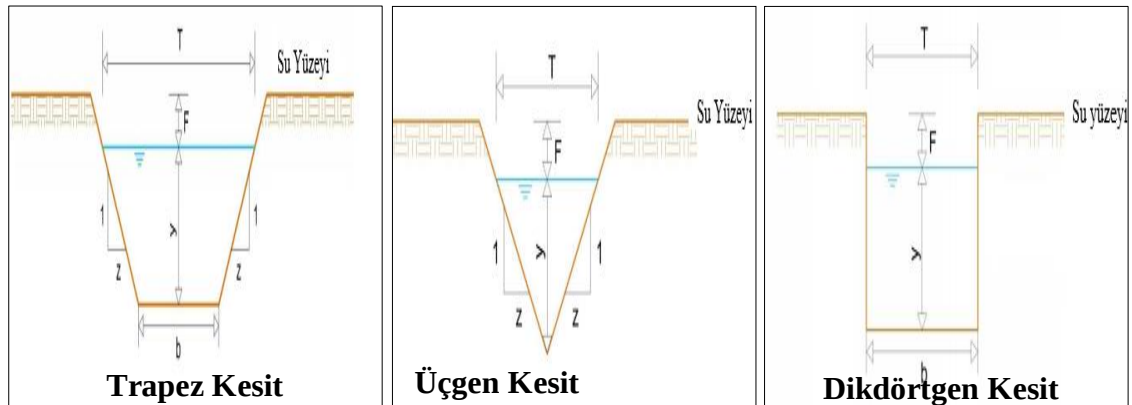
S = Su Yüzeyinin Eğimi anlamına gelmektedir.

Islak çevre (m) ile debi (m^3/s) arasındaki ilişki aşağıdaki şekilde sunulmaktadır:



Şekil 5. Islak çevre(m)-debi(m^3/s) arasındaki ilişki (Gippel ve Stewardson, 1998).

Hidrolik yarıçap için trapez tipi kanal, dikdörtgen tipi kanal ve üçgen tipi kanal incelenmesi aşağıda Şekil 6 'da sunulmaktadır.



Şekil 6. Trapez kesit, üçgen kesit ve dikdörtgen kesit (Mustafa, 2012).

Aşağıda Tablo 4'te trapez kesit, üçgen kesit ve dikdörtgen kesitin geometrik parametreleri, kesit alanı ve ıslak çevre ifadeleri sunulmaktadır.

Tablo 4. Trapez kesit, üçgen kesit ve dikdörtgen kesitin geometrik parametreleri, kesit alanı ve ıslak çevre ifadeleri (Mustafa, 2012).

Kesit Tipleri	Alan (A)	Islak Çevre (P)	Hidrolik Yarıçap (R)	Taban Genişliği (T)
Trapez Kesit	$(b+z \cdot y) \cdot y$	$b+2 y \sqrt{1+z^2}$	A/P	$b+2 \cdot (z \cdot y)$
Dikdörtgen Kesit	$b \cdot y$	$b+2y$	A/P	b
Üçgen Kesit	$(z \cdot y) \cdot y$	$2 y \sqrt{1+z^2}$	A/P	$2 (z \cdot y)$

Tablo 4'te gösterilen ifadelerin parametrelerinin tanımı aşağıda Tablo 5'te gösterilmektedir.

Tablo 5. Tablo 4'de gösterilen parametrelerin tanımı (Mustafa, 2012).

Parametre	Tanımı
T	Taban Genişliği
P	Suyun Temas Ettiği Yüzeyin Toplam Çevresi
z	Kesitin Eğimi
y	Su Derinliği
b	Taban Genişliği

1.6.2.2. Uyarlanmış Ekolojik Hidrolik Yarıçap Yaklaşım Yöntemi (AEHRA)

Uyarlanmış ekolojik hidrolik yarıçap yaklaşımı, su biyolojisi ve nehir kanallarının bilgilerini kullanarak nehirlerin çevresel akışlarını tahmin etmek için kullanılan bir yöntemdir. Nehir kanallarındaki su habitatları için gerekli olan hidrolik özellikleri tam olarak göz önünde bulundurmaktadır ve sucul organizmaların hayatta kalması ve üremesi için gereken uygun akış hızı ve su seviyesini dikkate almaktadır. Bu nedenle AEHRA, hidrolojik ve ekolojik verilerden yoksun nehirler için özellikle uygun olarak görülmektedir. Birkaç hidrolojik ve/veya ekolojik veri gerektiren Uyarlanmış Ekolojik Hidrolik Yarıçap Yaklaşım Yöntemi (AEHRA), hidrolik ortam için bir taşıyıcı olarak hidrolik yarıçapı (su deşarjını kontrol eden kanalların özelliklerinden biri) kullanılmaktadır ve bir nehrin dinamik dengesi, su ekosistemindeki kirlenici madde taşımacılığı ve baskın türün özellikleri göz önüne alındığında çevresel akışları hesaplama potansiyeline sahip olmaktadır. Hidrolik yarıçap, Manning akış direnci denklemi, ölçülen veya genelleştirilmiş enine kesitler ve en büyük "minimum ekolojik hız" kullanılarak belirlenmektedir. Minimum ekolojik hız, nehir akışını sürdürmek için

gereken minimum hız ve iç akış ekosistem bileşenlerinin temel işlevlerini ifade etmektedir (Liu vd; 2011; Gopal, 2013; Zhao vd., 2018).

1.6.2.3. Akış Hadisesi Yöntemi

Stewardson ve Gippel (2003), akış olaylarının biyolojik ve jeomorfik süreçler üzerindeki etkisinin bilgisini kullanarak akış değişimlerini ve çevresel akış planlamadaki uygulamasını karakterize etmek için yeni bir yaklaşım geliştirmiştir. Bu yöntem; akış tavsiyelerinin geliştirilmesinde mevcut bilgiyi içermektedir ve doğal akış rejimini çevresel akış rejimi için bir şablon olarak kullanarak akışla ilgili ekosistem süreçlerinde doğal dinamizmi hesaba katmaktadır (Gopal, 2013).

1.6.3. Habitat Simülasyon Yöntemleri

Habitat simülasyon yöntemleri, nehir yatağı, akış özelliklerinin ve biyolojik cevap verilerinin açık bir şekilde bütünleştirilmesine dayanmaktadır. Fiziksel olarak küçük boyutta habitat ki akışla ilgili değişiklikler tipik olarak her nehrin ulaşabileceği çoklu kesitlerde toplanan derinlik, hız ve substrat kompozisyonu hakkındaki veriler kullanılarak sayısal olarak modellenmektedir. Mevcut habitatlar ile ilgili benzetilmiş veriler, genellikle habitat indeksi uygunluk eğrileri kullanılarak hedef türlerin (genellikle balıklar) veya yaşam tarihi aşamalarının kullanıldığı habitat koşullarının çeşitliliği hakkında bilgiler ile bağlantılı olmaktadır. Belirlenmiş biyota için habitat deşarj eğrileri biçimindeki sonuçlar çevresel akışları türetmek için kullanılmaktadır (Godinho vd., 2014). Habitat Kalite İndeksi Yöntemi, Geliştirici Çevresel Akış Yöntemi (IFIM), PHABSIM, MesoHABSIM, RHYHABSIM, Nehir Kıyısında Yaşayanların Habitat Simülasyonu Yöntemi (RHABSIM), Çevresel Akış Analizi İçin Program Yöntemi (SEFA), Çevresel Akış Gereksinimleri İçin Bilgisayar Destekli Simülasyon Yöntemi (CASİMİR) gibi yöntemler bulunmaktadır.

1.6.3.1. Habitat Kalite İndeksi (HQI) Yöntemi

Habitat Kalite İndeksi (HQI) başlangıçta bir habitat değerlendirme aracı olarak geliştirilmiştir. HQI metodu farklı ürünlerde farklı deşarjlarda sabit ürünlerdeki değişiklikleri ölçerek işletme içi akış tavsiyelerini destekleyebilmektedir. HQI yönteminde; yaz sonunda çalışma akışında bir HQI istasyonu kurulmaktadır. Bu istasyon, mevcut yaşam alanını belirlemek için kullanılmıştır ve en az on eşit aralıklı kesitlerden oluşmaktadır. Her HQI değerlendirmesinde çeşitli akış habitat özellikleri dikkate

alınmaktadır. İstasyonda genişlik, alabalık örtüsü, su hızı ve erozyon ölçülmektedir (Binns, 1982).

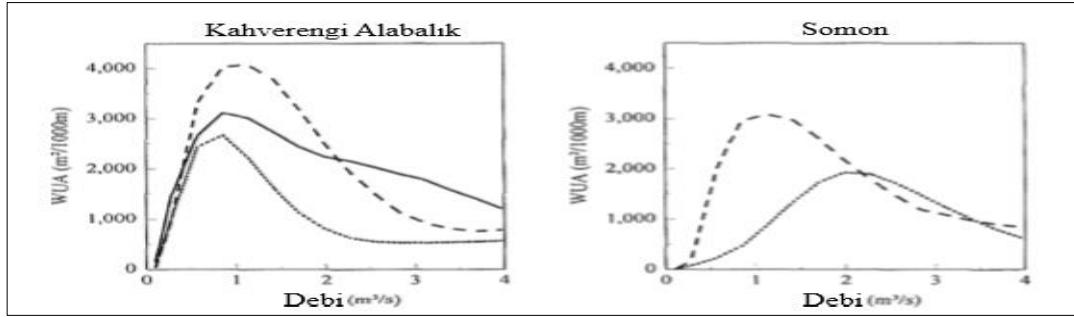
1.6.3.2. Geliştirici Çevresel Akış Yöntemi (IFIM)

Akış içi akış artımlı metodolojisi (IFIM), çevresel kuşları değerlendirmek için entegre bir habitat simülasyonu yöntemiyle etki değerlendirme çerçevesini tanımlamaktadır. IFIM tabanlı modeller, deşarj temelinde akıştaki biyolojik değişiklikleri ölçmektedir. Tek tek balık türlerinin habitat uygunluk eğrileri, benzer habitatlarda yaşama eğiliminde olduklarının kanıtını temsil etmektedir. Bu nedenle, kümülatif bir uygunluk eğrisi kullanmak mümkün olmuştur. Michigan'daki Michigan Doğal Kaynaklar Bölümü (MDNR) IFIM çalışmalarının akıntı nehri olarak çalışmayan projeler üzerinde yapılması gerektiğini belirtmiştir. (Barajın içine akış, türbinlerden çıkan akışa eşittir). Bu yöntem; balık ve vahşi yaşam için uygun yaşam alanlarını belirlemek ve ayrıca kano gibi eğlence amaçlı kullanımlara uygunluğunu belirlemek için kullanılabilir. IFIM kullanmanın en büyük dezavantajı ise, bu yaklaşımın en sık kullanılan iç akış yöntemlerinden en pahalı ve en zaman alıcı olanı olmasıdır (Navarro vd., 1994; Stefunkova vd., 2020; Sedighkia vd., 2021).

1.6.3.3. Fiziksel Habitat Simülasyonu (PHABSIM)

PHABSIM, akış içi akış artımlı metodolojisinin bir parçası olarak çevresel akış içi akışlar hakkında karar vermeyi desteklemek amacıyla Amerika Birleşik Devletleri Jeolojik Araştırması tarafından geliştirilmiştir. Fiziksel Habitat Simülasyonu (PHABSIM), hidrolik simülasyonu ve habitat simülasyonu olmak üzere iki ana kategoriye ayrılmaktadır. Hidrolik simülasyon programları, gözlemlenen alan verileriyle kalibre edildiğinde kullanıcı tarafından nehrin ulaşılabilceği bir bölgede bulunan farklı debilerde derinlik ve hızları modellemek için kullanılmaktadır. PHABSIM, her bir simülasyon akışında bütün türlerin mevcut olduğu yaşam alanlarının modellenmesinde kullanılmaktadır. Bu mevcut yaşam alanı "Ağırlıklı Kullanım Alanı" (WUA) olarak ifade edilmektedir ve nehirde 1000 m başına m² olarak ifade edilmektedir. Seçilen bir çalışma için WUA'nın hesaplanması, verilen bir simülasyon debisinde bireysel hücre değerlerinin (WUA_i) bir hesaplama ızgarası üzerinden toplanmasına dayanmaktadır. Her simülasyon hücresindeki her bir hücre için derinlik (D_i), hız (V_i) ve substrat (S_i) değerleri hidrolik simülasyon modeliyle tahmin edilmektedir. Şekil 7'de İngiltere'nin güneyindeki Allen Nehri'nde kahverengi alabalık (*Salmo Trutta*) ve somon (*Salmo Salar*) yaşam

evreleri için habitat alanları ile debi arasındaki ilişkilere örnekler sunulmaktadır (Bullock vd., 1991; Gustard ve Elliott, 1997; Praskievicz ve Luo, 2020).



Şekil 7. Allen Nehri'nde habitat alanı ile alabalık ve somonun yaşam evreleri için debi arasındaki ilişkiyi gösteren örnek PHABSIM modeli (Gustard ve Elliott, 1997).

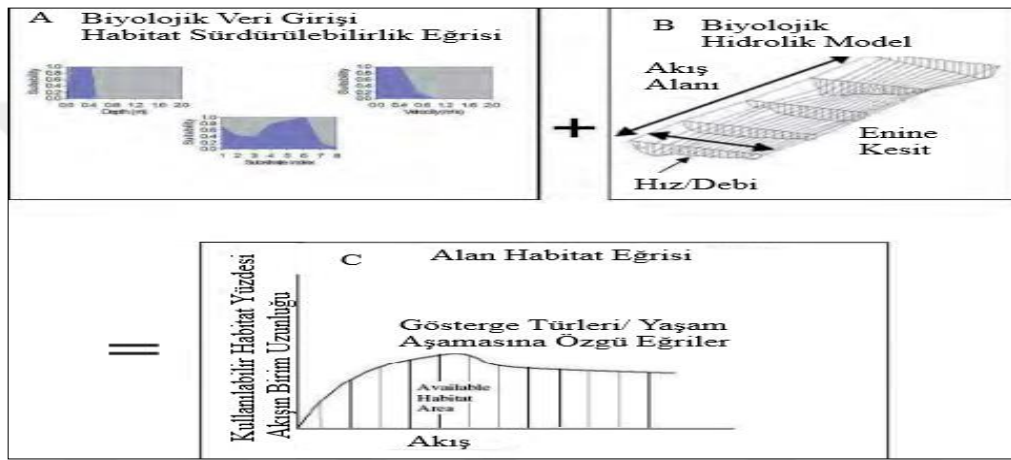
1.6.3.4. MesoHABSIM

MesoHABSIM, mikro ölçekte çalışan önceki modellerin (gözlem anında bir organizma tarafından kullanılan, pratikte bu alan) aksine, bir orta ölçekte (bir organizma tarafından gündüz kullanılan alan) nehir ekosistemlerini tanımlayan bir modeldir. MesoHABSIM, akarsu habitatlarını modelleyen metodolojik bir yaklaşımdır. Bir habitat zaman serisi analizi sağlamaktadır ve farklı biyoperiodlardaki akış frekansı modellerine dayanarak akarsu faunası için stresli olayların büyüklüğünü ve süresini tahmin etmektedir. Genel olarak, MesoHABSIM çalışmalarının çoğu düşük akış koşullarına dayanmaktadır. MesoHABSIM, ABD ve Avrupa'da 30'dan fazla nehirde uygulanmıştır. MesoHABSIM genellikle belirli bir akış aralığının analizi için kullanılmaktadır. MesoHABSIM akılda hidroelektrik düşünülerek geliştirilmiş olsa da bugüne kadar endüstriyel ve belediye su çekimi ile ilgili olarak iç akış yönetimi sorularının çözümünde en sık olarak uygulanan yöntemdir. Bunların yanı sıra MesoHABSIM, havza bazlı akan suların yönetim gereksinimlerini ele almaktadır. Bir su topluluğunun habitat modifikasyonuna tepkisini ön görmek için önceden var olan fiziksel habitat simülasyon modellerine (örneğin; PHABSIM) dayanmaktadır (Harby vd., 2005; Parasiewicz vd., 2013; Adamczyk vd., 2019; Koutrakis vd., 2019).

1.6.3.5. RYHHABSIM

RHYHABSIM, 1980'lerde Lan Jowett tarafından akış büyüklüğü ve balık habitatı arasındaki ilişkiyi modellemek için bir yazılım paketi olarak geliştirilmiştir. RHYHABSIM, Yeni Zelanda'da akış yönetimi önlemlerini balık habitatının bir fonksiyonu olarak değerlendirmek için yaygın olarak kullanılmaktadır. RHYHABSIM,

akış koşullarını tahmin etmek için bir hidrolik simülasyon modelinin bir kombinasyonunu ve akıştaki değişimin birçok balık türü için mevcut habitatları nasıl etkilediğini ölçmek için biyolojik modelleri bir arada kullanmaktadır. RHYHABSIM, farklı yaşamlarda ve farklı habitatlarda balık veya daha büyük omurgasızlar için bir akarsu veya nehirdeki mevcut olan az miktardaki habitat miktarını ölçmek için tasarlanmıştır. RYHABSIM modeli ile PHABSIM modelinin en önemli farkı; RYHABSIM modelinin sadeleştirilmiş olması, değişken sayısının sınırlı olması, kullanımının kolay olması ve doğru sonuçlar veren bir model olmasından kaynaklanmaktadır. RHYHABSIM teorisinin açıklanması aşağıdaki şekil ile sunulmaya çalışılmıştır (Thorn ve Conallin, 2006; Merz ve Park, 2013).



Şekil 8. RHYHABSIM modeli (Thorn ve Conallin, 2006).

1.6.3.6. Nehir Kıyısında Yaşayanların Habitat Simülasyon Yöntemi (RHABSIM)

RHABSIM modeli, ilk olarak Fort Collins'in Colorado'daki ABD Balık ve Yaban Hayatı Hizmetlerinin İç Akış ve Su Sistemleri Grubu tarafından geliştirilen ve bakımı yapılan PHABSIM yazılımının bir türevi olmaktadır. Thomas R. Payne ve Associates tarafından geliştirilen RHABSIM yazılımı PHABSIM'ın benzer algoritmalarını uygulamaktadır. Ancak genişletilmiş veri, sonuç, grafik ve kalibrasyon yetenekleri sunmaktadır (Sciences, 2009).

1.6.3.7. Çevresel Akış Analizi İçin Program Yöntemi (SEFA)

SEFA (Çevresel Akış Analizi İçin Program Yöntemi) ekolojistlere, hidrologlara, mühendislere ve kaynak işletmecilerine çevresel akış değerlendirmesi için verileri bir bütünlük içerisinde oluşturmak amacıyla geliştirilmiştir. SEFA IFIM'in analitik bileşenlerinin geliştirilmiş bir yöntemidir. SEFA'nın amacı; IFIM'in karar alma yapısını

sürdüren tek bir paketle yeniden bir araya getiren çevresel akış analizi için daha birleşik bir çerçeve sağlamaktır. Fiziksel habitat analizine ve habitat değişikliklerinin zaman dilimlerinin analizine ek olarak, SEFA sediment analizleri (yıkama akışları ve sediment biriktirme), su sıcaklığı modellemesi, çözünmüş oksijen modellemesi, zaman serisi analizi (iç ortam habitatı ve hidrolojik değişiklik göstergeleri) ve nehir akış bölgelerinin akış ihtiyaçlarının modellemesi gibi birçok modeli içermektedir.

Bunlar; Fiziksel Habitat Simülasyonu (PHABSIM), RHABSIM ve RHYHABSIM programlarıdır (Milhous vd., 2012; Payne ve Jowett, 2013). Aşağıda SEFA programının bazı modelleri açıklanmaya çalışılmıştır.

1.6.3.7.1. Nehir Kıyısındaki Su Baskını Modellemesi

Nehir kıyısındaki su baskını modellemesi genellikle su akışının sıklığını ve zamanlamasını dikkate almaktadır. SEFA toplam gün sayısını (yani su altında kalma günlerini) mevsimlere göre hesaplamaktadır. Temel akış olarak adlandırılan su akışı bir miktar akıştaki su seviyesine atıfta bulunmaktadır. Sonuçlar, her kesit için ve tüm akarsu için akış ve su yüksekliği ile temel akış üzerindeki ilişkileri gösteren bir tablodur. Tablo ayrıca su altında kalan alanı, mevsim ve yıllara göre gün sayısını vermektedir. Yukarıda açıklananlara göre örnek bir tablo aşağıda sunulmaktadır (Milhous vd., 2012).

Tablo 6. Bir nehrin su altında kalmasını gösteren SEFA programı tarafından hazırlanan bir örnek (Milhous vd., 2012).

Aylar	Meydana Gelen Gün Sayısı		
	2005	2006	2007
Ocak	3	3	3
Şubat	0	0	0
Mart	0	0	0
Nisan	0	0	0
Mayıs	6	6	6
Haziran	8	8	8
Temmuz	1	1	1
Ağustos	0	0	0
Eylül	5	5	5
Ekim	26	26	26
Kasım	0	0	0
Aralık	0	0	0
Minimum Temel Akış	12 m ³		
Su Baskını	1 m'nin üzerinde olmaktadır.		

1.6.3.7.2. Tek Boyutlu Hidrolik Modelleme

SEFA'nın tek boyutlu hidrolik modelleri; temsili olarak veya ayrı ayrı habitat haritalanmalarına yerleştirilmiş nehir kanalı profilinin ölçülmüş kesitlerine dayanmaktadır ve burada kendi habitat türlerine göre ağırlık verilmektedir (Payne ve Jowett, 2013).

1.6.3.7.3. İki Boyutlu Hidrolik Modelleme

SEFA mevcut sürümünde dahil olmak üzere iki boyutlu bir hidrolik model içermemektedir, ancak mevcut herhangi bir standart 2-D modelini kullanabilmektedir. Örneğin; Steffler ve Blackburn'den (2001) River 2D programına uygulanabilir ve yaşam alanı endeksi sonuçları SEFA programına geri döndürülebilen yada simüle edilen hidrolik veriler; SEFA programında tamamlanan bir excel dosya şablonu ve yaşam alanı endeksleri hesaplamalarıyla alınabilmektedir (Payne ve Jowett, 2013).

1.6.3.7.4. Sediment Modellemesi

Yıkama akış gereklilikleri Milhous yıkama kriterleri kullanılarak temizlenen akıntı yatağı alanı (derinlik ve yüzey) hesaplanarak tahmin edilebilmektedir. Hız, kayma hızı, boyutsuz kayma gerilimi, asılı sediment boyutu ve yatak yükü boyutu da gösterilebilmektedir. Silt veya kumun birikeceği nehrin % alanı da hareketin başlatılması için Kalkanlar eğrisi kullanılarak hesaplanabilmektedir. Yani, boyutsuz kayma gerilimi 0.056 olduğunda hareket/biriktirme meydana gelir. Askıda sediment konsantrasyonundaki boyuna değişim, hiçbir sediment girişi olmadığı varsayılarak hesaplanmaktadır (URL-3, 2019).

1.6.3.7.5. Su Sıcaklığı Modellemesi

Maksimum, minimum ve günlük ortalama su sıcaklığının akış aşağı mesafedeki değişimini hesaplamak için iki yöntem (Lagrangian ve Theurer) kullanılabilmektedir. Kalibrasyon ve modelleme için meteorolojik ve su sıcaklığı zaman serisi verilerinin kullanılması mümkündür (URL-3, 2019).

1.6.3.7.6. Çözünmüş Oksijen Modellemesi

Çözünmüş oksijen sucul bir ekosistemin önemli su kalitesi parametrelerinden biridir ve sucul ekosistemler için önemli bir durum göstergesidir. Su kütlelerinde çözünmüş oksijeni korumak için en iyi uygulamaları yönetmede deterministik ve stokastik modeller gibi birkaç çözünmüş oksijen modeli geliştirilmiştir. Bu modellerin

çoğu karmaşıktır ve kolayca erişilemeyen birkaç farklı veri girişi gerektirir. Bu da onu çok pahalı ve zaman alıcı bir işlem haline getirmektedir (Wen vd., 2013).

1.6.3.7.7. Zaman Serisi Analizi Modellemesi

Zaman serisi analizi modellemesi; mevsimlik akış istatistikleri , hidrolojik değişimin göstergeleri, mevsimlik AWS analizi ve UCUT analizi gibi modellemeler yapabilmektedir. Mevsimlik akış istatistiklerinde; ortalama, ortanca, minimum, maksimum, %25 , %75 ve standart sapma için mevsimlik akış istatistikleri çizgi ve sütun grafiklerinde gösterilebilmektedir ve bütün mevsimler tanımlanabilmektedir. Bu yöntemde enterpolasyon uygulanmamaktadır ve değerler zaman dilimindeki tüm değerlerin ortalaması alınarak bulunmaktadır (URL-4, 2020).

1.6.3.7.8. Habitat Uygunluk Kriteri (HSC)

Habitat Uygunluk Kriteri (HSC), birçok balık türü için geliştirilmiştir ve çok sayıda çevresel akış uygulamalarında kullanılmıştır. Bununla birlikte; HSC ‘nin bölgeler içinde ve bölgeler arasında taşınması önemli bir sorun olmaktadır. HSC’nin birbirine benzemeyen sistemler arasında uygulanması, hatalı akış rejim tavsiyelerine yol açarak zararlı sonuçlara yol açabilmektedir. Bu nedenle; bölgeye özel HSC’nin geliştirilmesi genellikle önerilmektedir, ancak; çoğu durumda zaman ve maliyet kısıtlamaları nedeniyle uygun olmamaktadır (Strakosh vd., 2003).

1.6.3.8. Çevresel Akış Gereksinimleri İçin Bilgisayar Destekli Simülasyon Programı (CASİMİR)

Stuttgart Üniversitesi Hidrolik Mühendisliği Enstitüsü’nde, 90’lı yılların başlarında CASİMİR (Çevresel Akış Gereksinimleri İçin Bilgisayar Destekli Simülasyon Programı) geliştirilmiştir. Son yıllarda CASİMİR, çeşitli bilimsel ve uygulamaya yönelik projelerde test edilmiş ve genişletilmiştir. Farklı hidrolik yapı ve değişik ebattaki nehir türlerinde uygunluğu kanıtlanmıştır (Schneider vd., 2001).

1.6.4. Bütüncül Yaklaşımlar

Bütüncül yaklaşımlar, son zamanlarda değişen su kaynakları yönetimi anlayışına bir cevap olarak ortaya çıkmıştır. Bu yöntem bütün nehir ekosistemini göz önünde bulundurmaktadır. Çevresel akış gereksinimini oluk veya diğer sınırlayıcı nehir kesiti boyunca maksimum derinlikte hesaplanmaktadır. Bina Blok Yöntemi (BBM); yerel veya havza ölçeğinde tahmin etmek için Bütüncül Yaklaşımlarda kullanılan en iyi yöntemdir

(Sahoo vd., 2016). Bu yöntemin dışında; Masaüstü Kaynak Modeli (DRM), DRIFT Yöntemi (Uygulanan Akış Dönüşümüne Aşağı Akış Tepkisi), Benchmarking (Kıyaslama) Yöntemi, Savannah Yöntemi (ESWH), Akım Restorasyon Yöntemi ve Hidrolojik Değişikliğin Ekolojik Sınırları (ELOHA) Yöntemi bütüncül yaklaşımların yöntemleri arasında sayılmaktadır.

1.6.4.1. Bina Blok Yöntemi (BBM)

Bina Blok Yöntemi (BBM); bütüncül yaklaşımlardan çalışılması en güvenilir ve uygun olanı olarak tanımlanmaktadır. Bununla birlikte, BBM'nin en başta sınıflandırılmasının nedeni yüksek miktarda veri, kaynak ve uzman bilgisi gerektirmesidir. BBM Yöntemi; halan gelişme aşamasındadır ve 1996 yılında Avustralya'da tek bir uygulama ile sadece Güney Afrika'da rutin olarak uygulanmıştır. Yöntem; bir nehrin hidrolik rejimindeki bazı akışların, nehir ekosistemi bakımı için diğerlerinden daha önemli olduğunu ve bu akışların büyüklükleri, sıklıkları ve süreleri bakımından tanımlanabilmelerine dayanmaktadır (Jayasiri vd., 2017; King vd., 2008).

1.6.4.1.1. Bina Blok Yöntemi (BBM)'nin Avantajları

Yöntem, en iyi bilimsel verilere dayanarak akış önerileri geliştirmek için titiz ve açık bir veri süreci kullanan tutarlı ve yapılandırılmış bir yaklaşımı içermektedir. Çalışma nehrinin doğal uzun dönem hidrolojik kaydı ile güçlü bağlantılar oluşturmaktadır. Yöntem düzenlenen nehrin değiştirilmiş akış rejiminin, akış kısmı kullanılmasına rağmen temel karakterini en çok etkileyen dış olaylarıyla karakterize edilmesini sağlamaktadır. Günlük akış verilerinin kullanılması yöntemi aylık verilere göre daha hassas hale getirmektedir (Arthington, 1998).

1.6.4.1.2. Bina Blok Yöntemi (BBM)'nin Dezavantajları

BBM; uzmanların Güney Afrika'da veri toplama ve analiz etme yöntemlerinde önemli bir değişiklik yaratmıştır. Ancak; iki önemli zayıflığı göz önüne sunulmaktadır. Yöntemin ilk önemli zayıflığı kuralcı olması olarak belirtilmektedir. İkinci önemli zayıflığı ise, değişen nehirlerin tüketici kullanıcıları üzerindeki etkileri tam olarak ele alamamaktadır (King vd., 2003).

1.6.4.2. DRIFT Yöntemi

DRIFT, akışların hem hacim hem de dağılımındaki ekosistem ve kullanıcıları üzerindeki etkilerini değerlendiren, zaman serisi tabanlı bir senaryo değerlendirme

yöntemidir. Güney Afrika, Güney ve Doğu Afrika ve diğer kıtalarda, çoğunlukla Asya ve Güney Amerika’da geniş çapta uygulanmak suretiyle geliştirilmiştir. DRIFT için temel gereksinim; ardışık yılların (tercihen 30 yıl veya daha fazlası) çalışması için günlük (bazen gün içinde) hidrolik akış verilerinin elde edilmesidir. DRIFT; biyofiziksel, geçimlik kullanım, biyofiziksel ve sosyal durum geliştirme, sosyal tazminat ekonomisi olmak üzere dört modülden oluşmaktadır. DRIFT; her yanıtta mevcut durumun doğal durumdan sapmasının genel ekolojik koşul kategorilerinin bir özetini oluşturmaktadır. Her durumda; her cevap göstergesi için akış değişikliklerinin derecelendirmeleri , doğal duruma göre ekolojik koşul kategorileri türetmek için bir dizi pragmatik kural kullanılarak birleştirilmektedir. Bu derecelendirme koşulları aşağıdaki Tablo 7 ‘de gösterilmektedir (Arthington vd., 2007; Nel vd., 2010; Brown vd., 2013; Brown vd., 2018).

Tablo 7. Ekolojik koşul kategorileri (Nel vd., 2010).

Ekolojik Koşul Kategorisi	Tanım
A	Değiştirilmemiş, Doğal
B	Birkaç değişiklik ile yine de doğal sayılmaktadır. Ekosistem işlevleri temelde değişmese de, doğal habitatlarda ve biotada küçük bir değişiklik olmuş olabilmektedir.
C	Orta derece değiştirilmiş. Doğal habitat, biota kaybı ve değişimi meydana gelirken, temel ekosistem işlevleri hala büyük ölçüde değişmemektedir.
D	Büyük ölçüde değiştirilmiş. Büyük bir doğal yaşam alanı kaybı, biota ve temel ekosistem işlevleri ortaya çıkmaktadır.
E	Önemli derecede değiştirilmiş. Doğal yaşam alanı, biota ve temel işlev fonksiyonlarının kaybı çok geniş bir alana yayılmaktadır.
F	Kritik/son derece değiştirilmiş. Değişiklikler kritik bir seviye ulaşmıştır ve sistem tamamen doğal habitat ve biyota kaybıyla tamamen değiştirilmektedir. En kötü durumlarda, temel ekosistem işlevleri yok edilmektedir ve geri alınamamaktadır.

1.6.4.3. Benchmarking (Kıyaslama) Yöntemi

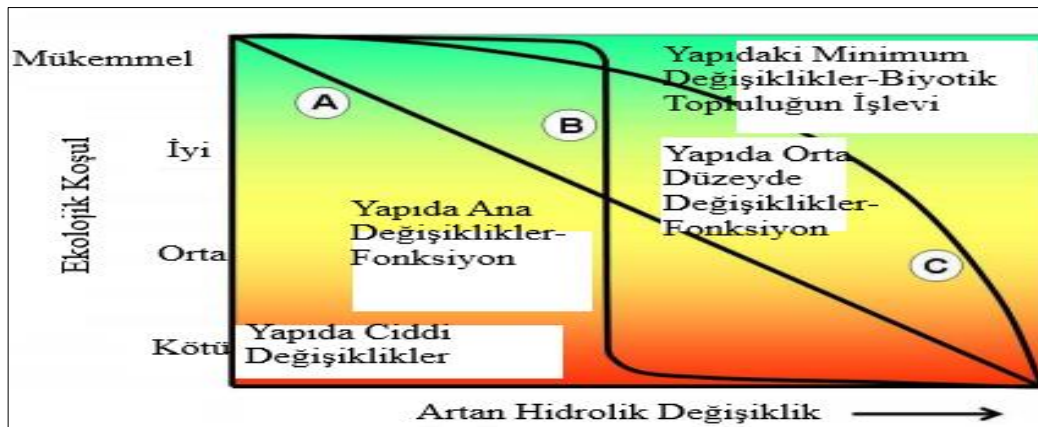
Yaygın olarak kullanılan Benchmarking (Kıyaslama) Yöntemi; Avustralya’daki Queensland eyaletinin kıyı bölgelerindeki nispeten gelişmemiş nehir havzalarında hidrolik değişiklik seviyelerine geçici sınırlar koymak için kullanılmaktadır. Doğal kaynaklara yakın referanslar ile mevcut su kaynağı gelişiminden (örneğin; barajlar, savaklar) kaynaklanan farklı etki seviyelerine sahip olan bir dizi referans alanı arasında karşılaştırmalar yapmaktadır (Poff vd., 2017).

1.6.4.4. Akış Restorasyon Yöntemi

Akış Restorasyon Yöntemi; jeomorfolojik süreçlerle başlayan, kanal morfolojisi ve fiziksel habitatındaki değişiklikleri ekolojik tepkilerle ilişkilendiren sistematik bir şekilde akış düzenlenmesinin etkilerini incelemektedir. Akış Restorasyon Yönteminde; saha düzenlemesi, akış düzenlenmesinin ana etkileri ve tanımlanmış çevreyi elde etmek için düzeltilmesi gereken düzenlenmemiş akış rejiminin temel nicel ve zamansal özelliklerini tanımlamak için tasarlanan çok disiplinli bir ekip yaklaşımı kullanılmaktadır. (Arthington vd., 1999).

1.6.4.5. Hidrolojik Değişikliğin Ekolojik Sınırları (ELOHA) Yöntemi

Değişikliğin Ekolojik Sınırları (ELOHA) Yöntemi; tanımlı bir coğrafi bölgede veya bölgedeki birçok akarsu/ nehir için çevresel akış reçeteleri geliştirmek üzere tasarlanmış bir yöntemdir. Bu yöntem; nehirler arasındaki hidrolojik, jeomorfolojik ve ekolojik benzerlikleri ve farklılıkları dikkate almaktadır. ELOHA çalışmaları tipik olarak ön ve sonradan yapılan biyolojik, akarsu akışı ve / veya arazi kullanımı ve akış kontrol yapısı bilgilerini gerektirmektedir. Bu genellikle, veri mevcudiyeti nedeniyle analiz edilebilecek sınırlı sayıda örnek sayesinde sonuçlanabilmektedir. ELOHA Yöntemi; temel hidrolojik koşulların ve öngörülen doğal hidrolojinin hidrolojik bir temelini oluşturulması, hidrolojideki doğal desenlere dayanan nehir türlerinin sınıflandırılması, her bir nehir sınıfındaki akış değişikliklerinin temel şartlara göre değerlendirilmesi ve her bir nehir sınıfı için ekolojik akış sınıfının belirlenmesi olarak bilinen dört bilimsel basamağı içeren sınıflandırma temelli bir süreçtir. Ekolojik akış ilişkileri, belirli bir bölge veya akış sınıfı için sağlam tek değişkenli ilişkiler oluşturmak üzere birçok bireysel sistem için derlenmektedir. (Doloff ve Mathews, 2013; Mcmanamay vd., 2013; Mackay vd., 2014; Kleiner vd., 2020). Ekolojik akış eğrileri aşağıda Şekil 9 'da gösterilmektedir.



Şekil 9. Ekolojik akış eğrileri (Blann ve Kendy, 2012).

ELOHA Yöntemi; çeşitli bilimsel ve sosyal süreçlerin aynı anda devam edebileceğini ve çoğunun tekerrürlü olarak tekrarlanması gerektiğini kabul ederek, aşamalı bir şekilde sunulmaktadır. Bu bilimsel adımların bazıları aşağıda sunulmaktadır.

1- Hidrolik modelleme; seçilen çalışma bölgesi boyunca dere ve nehir bölgeleri için taban çizgisi ve mevcut hidrograflar için bir “hidrolojik model “ oluşturmak için kullanılmaktadır.

2- Ekolojik olarak ilgili bir dizi akış değişkeni kullanılarak, bölgedeki nehir bölümleri farklı ekolojik özelliklere sahip olması beklenen birkaç ayırt edici akış rejimi türünden sınıflandırılabilir.

3-Mevcut akışlarının koşulları temel akış koşullarından sapması uygun bir akış uzunluğu için belirlenmektedir (Poff vd., 2009; Arthington vd., 2012). Aşağıdaki Tablo 8’de yukarıda açıklanan çevresel akış yöntemlerinin bazı ülkelerde yaygın olarak kullanımıyla ilgili bilgi verilmektedir.

Tablo 8. Seçilen ülkelerde çevresel akış değerlendirmesi için yaygın olarak kullanılan yöntemler (Chy, 2019).

Ülke/Uygulanabilirlik/Sık Uygulanan Yöntem	Notlar
Avustralya/Uygun/Bütünsel	Bütünsel Yöntemlere dayalı izleme ve uyarlamalı yöntem yaygın olarak kullanılmaktadır.
Kanada/Uygun/Hidrolojik-Bütünsel	Bir çevresel akış protokolü, halkın katılımı karar alma sürecinin yanı sıra vaka bazında belirlenmektedir.
Çin/Uygun Değil/Hidrolojik	En çok kullanılan yöntem minimum debi yöntemi olarak ifade edilmektedir.
Hindistan/Uygun Değil/Hidrolojik	Yalnızca uzun vadeli bir çevresel akış araştırma programı için önerilen öneriler kabul edilmektedir.
Japonya/Uygun/Bütünsel	Ekolojik süreçler ve insanlar tarafından su kullanımı için bakım esnasındaki debi akışını karşılayan nehir fonksiyonlarını sürdürmek için minimum çevresel akış değerlendirilmektedir.
Latin Amerika/Uygun Değil/ Hidrolojik	Çevresel akış değerlendirilmesi hâlâ metodolojik bir önerme olarak adlandırılmaktadır.
Yeni Zelanda/ Uygun / Hidrolojik	Minimum akış, yıllık ortalama yedi günlük düşük akış oranlarına göre belirlenmektedir.
Rusya Federasyonu/Uygun/ Hidrolojik	Ön ekolojik veriler hidrolojik akış endeksi kullanılarak belirlenmektedir.

Tablo 8. (Devamı)

Ülke/Uygulanabilirlik/Sık Uygulanan Yöntem	Notlar
Güney Afrika/Uygun/Bütünsel	BBM Yöntemi; yoğun kaynak ve zaman alıcı olabilmektedir. (1-2 yıl), ancak; nehir sistemindeki kayda değer verilerin zaten mevcut olduğu durumlarda basitleştirilmiş bir BBM uygulanabilmektedir.
Türkiye/Uygun/Hidrolojik	Yıllık ortalama akışın %10'u, mevcut ve yeni su bölmelerinden çıkacak çevresel akış olarak belirlenmektedir.
Tanzanya Birleşik Cumhuriyeti/Uygun/Hidrolojik-Bütünsel	Bu ülke Orta Afrika'daki çevresel akış uygulaması için önde gelen bir örnek olarak görülebilmektedir.
Amerika Birleşik Devleti/Uygun/Hidrolojik-Hidrolik-Habitat-Bütünsel	Hidrolojik Yöntemler büyük ölçüde uygulanmaktadır. ELOHA Yöntemi birçok ülkede onaylanmaktadır ve uygulanmaktadır.

Aşağıdaki Tablo 9'da açıklanan çevresel akış yöntemlerinin avantajları ve dezavantajları sunulmaktadır.

Tablo 9. Çevresel akış yöntemlerinin avantajları ve dezavantajları (Mckay, 2013).

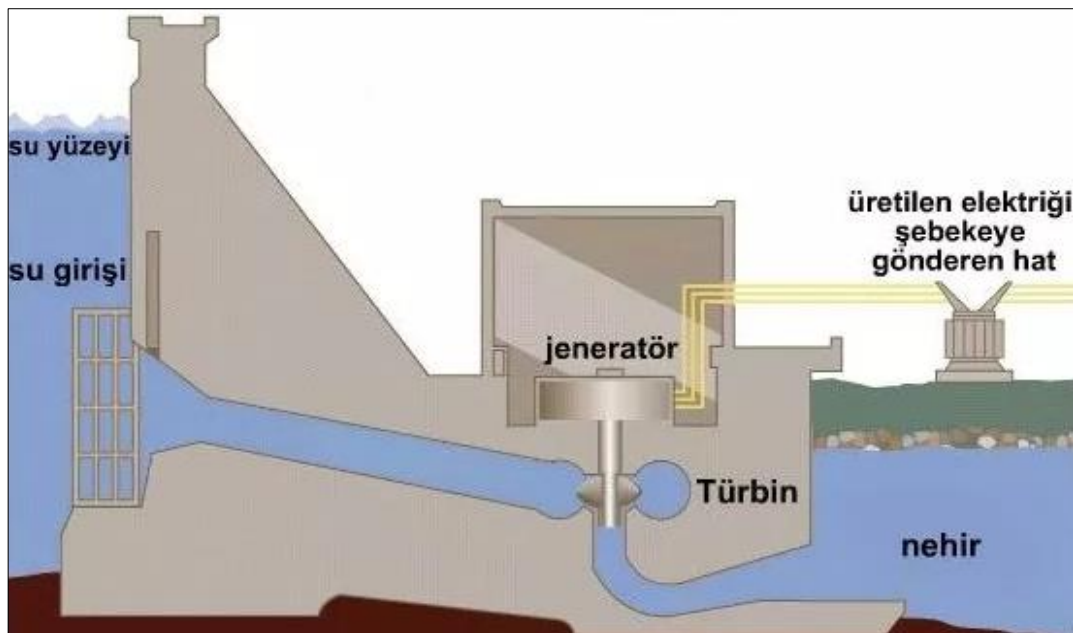
Yöntem	Avantajlar	Dezavantajlar
Hidrolojik	*Az miktarda kaynak gereksinimleri gerektirmektedir.	*Genellikle basit, değişemeyen ve modelleme sonuçlarının görüntüleri düşük çıkan bir yöntem
	*Hızlı uygulama	
	*Modelleme	
	*Alana yayılan ve basit bir şekilde uygulanabilmektedir.	*Düşük ekolojik ilgi düzeyi *Alana özgü değil *Akış dinamikleri nadiren dikkate alınmaktadır. *Muhtemelen tartışmalı kararlar için yetersiz olmaktadır.
Hidrolik	*Hazır veriler	*Düşük ekolojik ilgi düzeyi
	*Hızlı Uygulama	*Temsili yaşam alanı
Habitat	*Tekrarlanabilme	*Ekosistem sağlığı yerine belirli bölgelere odaklanması
	*Tahmin edilebilme	
	*Kanıtlanmış yasal örnek	*Genellikle; akış rejiminin akış büyüklüğünün ötesinde sınırlı olarak dikkate alınması
	*Birden fazla merkezi bölgenin detaylı bir şekilde incelenmesi	*Belirsiz uygunluk endeksleriyle ilişkilendirilmesi

Tablo 9. (Devamı)

Yöntem	Avantajlar	Dezavantajlar
Bütünsel (Bütüncül)	*Değişken ve güçlü	*Genellikle veri fazla ve zaman alıcı
	*Temelde geniş ekolojiye ve tüm ekosisteme odaklanmaya dayalı	*Nehir için bir vizyonun uzlaştırılmasından zorluklar ve çelişkili yargılar
	*Çok dikkat edilmiş veriler	*Yüksek ekolojik veri veya bilgi gereksinimleri
	*Veri bakımından zayıf ve veri bakımından zengin ortalamalar ile ölçeklendirme	
	*Birden fazla akış rejimi bileşenini ifade etme	

1.7. Hidroelektrik Santraller (HES)

Hidroelektrik enerji dünyadaki en eski ve maliyet açısından rekabetçi yenilenebilir enerji olmaktadır. Dünya çapında elektrik üretiminin yaklaşık%16'sı ve yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretiminin yaklaşık%85'i ile günümüz elektrik karışımında önemli bir rol oynamaktadır. Enerji talebi ve arzı arasındaki dalgalanmalar bu önemli güç ile dengelenebilmektedir. Bir sistemin potansiyel enerjisi; kinetik enerjisinin ve elektrik enerjisinin toplamına eşit olmaktadır. Bu; bir sistemin enerjisinin bir dizi mekanizma vasıtasıyla mekanik enerjiye dönüştürüldüğü anlamına gelmektedir. Bir nesnenin kinetik enerjisi; kinetik enerjinin ve potansiyel enerjinin toplamına eşit olmaktadır. Bu enerjiye de “Hidroelektrik Enerji” denmektedir. “HPP” olarak bilinen hidroelektrik santralleri, hidroelektrik üreten santrallerdir (Özcan vd., 2017; Atalay ve Yılmaz Ulu, 2018). Aşağıdaki Şekil 10 ‘da HES’lerin akış şeması gösterilmiştir.



Şekil 10. HES’lerin akış şeması (URL-5, 2020).

1.7.1. Hidroelektrik Santraller (HES) Tipleri

Nehir tipi (barajsız) HES, depo tipi (barajlı) HES, med-cezir (gel-git) HES ve depresyon HES olmak üzere dört tip HES vardır (URL-6, 2020).

1.7.1.1. Nehir Tipi (Barajsız) HES

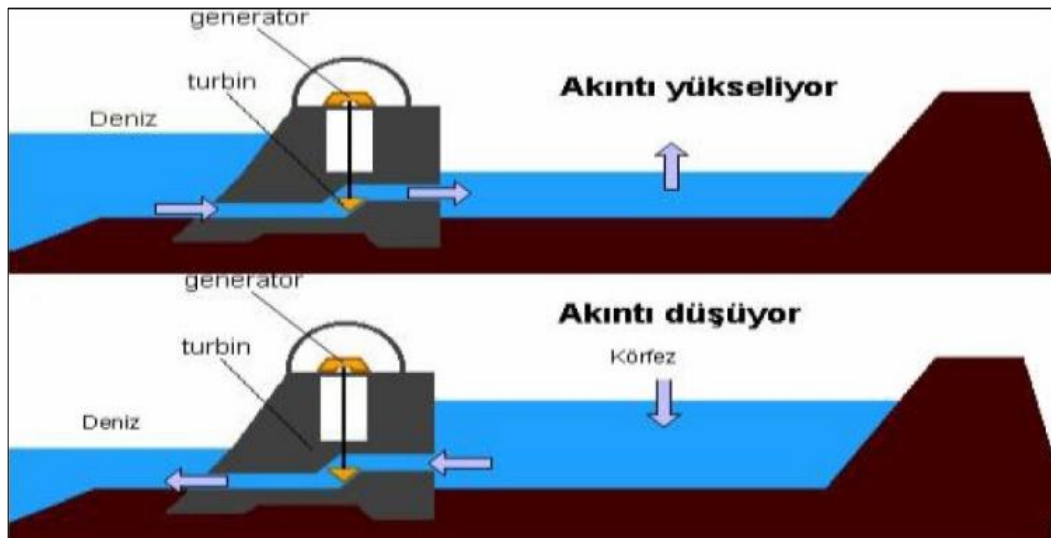
Nehir tipi hidroelektrik santralleri suyun akarsu yatağından alındıktan sonra düşüş sağlanabilecek uzaklıkta belirli bir yükseklikten düşürülmesiyle su türbinlerinin döndürülmesi ve bu sayede elektrik üretimi sistemine dayanmaktadır. Nehir tipi hidroelektrik santraller depolamasız (baraj gölü olmayan)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

1.7.1.2. Depo Tipi (Barajlı) HES

Dünyada kullanılan en yaygın hidroelektrik santral çeşididir. Akarsu önüne barajlar yapılarak, önce büyükçe bir yapay göl meydana getirilir ve su burada biriktirilir. Ülkemizde Atatürk, Altınkaya, Karakaya, Keban gibi hidroelektrik santralleri bu çeşide bir örnektir (URL-7, 2020).

1.7.1.3. Med-Cezir (Gelgit) HES

Ülkemiz gelgit yapısına uygun denizi olmadığı ya da yeterli seviyelerde olmadığı için bu santral tipinden ülkemizde yer almamaktadır. Ancak çok yaygın olmasa da dünyada örnekleri vardır (URL-8, 2020). Aşağıdaki Şekil 11’de gelgit tipi HES’in bir görünümü verilmektedir.



Şekil 11. Gelgit tipi HES (URL-9, 2020).

1.7.1.4. Depresyon HES

Denizden alçakta olan çöllerde veya denize kıyısı olan çok sıcak bölgelerde, suyun fazla buharlaşmasından yararlanılarak elektrik üreten santrallerdir (URL-10, 2020).

1.7.2. HES'lerin Avantajları ve Dezavantajları

Hidroelektrik santraller akan suyun gücünü elektriğe dönüştürmektedir. Akan su içindeki enerji miktarını suyun akış veya düşüş hızı tayin eder. Büyük bir nehirde akan su büyük miktarda enerji taşımaktadır. Ya da su çok yüksek bir noktadan düşürüldüğünde de yine yüksek miktarda enerji elde edilmektedir. Her iki yolla da kanal ya da borular içine alınan su, türbinlere doğru akmaktadır ve elektrik üretimi için pervane gibi kolları olan türbinlerin dönmesini sağlamaktadır. Türbinler jeneratörlere bağlanmaktadır ve mekanik enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürmektedir. Hidroelektrik Santrali atık oluşturmamakta bu sayede çevreyi kirletmemektedir. Ayrıca HES'ler yüksek verim sağlayan, yenilenebilir, temiz yapılardır. Uzun ömürlüdürler, aynı zamanda HES'lere yapılan yatırımların karşılığı kısa vadede geri alınmaktadır. Barajlı hidroelektrik santrallerin sağladığı bir başka avantaj da nehir santralleri, rüzgâr santralleri, güneş enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının daha güvenilir biçimde hizmet vermelerini sağlamaktır. Bölgenin ekosistemine zarar verebilir ve arazi kaybına neden olabilmektedir. Buharlaşma yoluyla su kaybına neden olmaktadır. Yapım aşamasında doğal habitatı bozar ve çevreye zarar vermektedir. Orman ve mera alanlarında oluşacak tahribat aynı zamanda yağış sularının sellere dönüşmesine ve toprakların erozyona uğrayıp taşınmasına sebep olmaktadır (URL-10, 2021, URL-11, 2020; URL-12, 2020; URL-13, 2020; URL-14, 2020).

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Giriş

Doğa Koruma Milli Parklar Genel Müdürlüğü Çevresel Akış Miktarının Belirlenmesi Yönetmeliğine göre; Hidroelektrik santral projelerinde flora ve faunanın, hidrolojik sistemin ihtiyaçları doğrultusunda ekosistemin devamlılığı için mansaba bırakılması gereken optimum suyun bilimsel yaklaşımlarla değerlendirilmesi esastır. Projenin bir korunan alanın etkileşim yakınlığında, ana kaynak değeri akarsuya bağımlı olmayan ya da yaban hayatı açısından vazgeçilmez habitat oluşturmeyen korunan alanlarda; çevresel akış miktarı, ıslak çevre, akım süreklilik indisi ve baz akım analizlerini kapsayan ayrıntılı hidrolojik değerlendirme ile belirlenmektedir.

Yönetmelikteki bilgiler esas alınarak bu çalışma için Trabzon ilindeki Hidroelektrik Santrallerin Çevresel Akış Miktarlarının (Can Suyu Miktarı) Doğa Koruma ve Milli Parklar Müdürlüğü (DKMPM) tarafından belirlenmiş olan Debi Süreklilik Eğrisi, Düşük Akış İndisleri (7Q₁₀) ve Islak Çevre Yöntemleri ile teorik bazlı hesaplamalarının yapılması, bu teorik yöntemlerin avantaj ve dezavantajlarının alan özelinde ortaya konulması, bulunan bu teorik değerlerin hem ÇED süreçlerinde belirlenen teorik değerlerle hem de uygulamada AGİ'lerce ölçülüp kayıt altına alınan pratik değerlerle karşılaştırılması, teorik hesaplamalar ile uygulamalar arasındaki benzerliklerin ve farklılıkların nedenleri ile tespit edilmesi amaçlanmaktadır.

Bu çalışmaların sayısının arttırılması ile Trabzon ili özelinde ardından ülkemiz yüzeysel su kaynaklarında su yapılarının çevresel etkilerinin daha doğru bir şekilde incelenmesini ve Çevresel Akış Miktarının sürdürülebilir ve doğru bir şekilde belirlenmesini sağlayacağı düşünülmektedir.

2.2. Analizi Yapılan Hidroelektrik Santraller

Çalışma için Trabzon ilinde; Dereiçi Regülatörü ve HES, Esentepe Regülatörü ve HES, Karakaya Regülatörü ve HES, Oylum III Regülatörü ve HES projeleri belirlenmiştir. Çalışma da Trabzon ilinin Maçka, Çaykara ve Sürmene ilçelerinde bulunan HES projeleri üzerine analiz yapılmıştır. Analizi yapılan HES projelerinin bulunduğu ilçe ve akarsu kolu adı aşağıda verilmiştir.

1-Dereiçi Regülatörü ve HES (Maçka-Acısü Deresi/Yayla Dere)

2-Esentepe Regülatörü ve HES (Çaykara-Balkodu Deresi/Büyük Dere)

3-Karakaya Regülatörü ve HES (Maçka-Karahava, Bekçiler ve Haranoy/Hamsiköy Deresi)

4-Oylum III Regülatörü ve HES (Sürmene-Küçükdere)

2.3. Analizi Yapılan Hidroelektrik Santraller ile İlgili Genel Bilgiler

Analiz edilen HES projeleri ile ilgili genel bilgiler ve harita üzerindeki görüntüleri aşağıda sırası ile verilmiştir.

2.3.1. Dereiçi Regülatörü ve HES

Ülkemizin 40° 42' 10" - 40° 42' 40" kuzey enlemleri ve 39° 40' 40" - 39° 40' 30" doğu boylamları arasında yer alan proje alanı Doğu Karadeniz Bölgesi içerisinde Trabzon ili sınırları dâhilindedir. Proje alanı Doğu Karadeniz Dağları'nın orta bölümlerinde ve Gümüşhane İli'nin kuzeyinde yer almaktadır. Doğusunda Fırın Tepe (2706 m), güneyinde Deveboynu Tepe (3082 m), batısında Nişan Tepe (2680 m) bulunmaktadır (DSİ,2010).

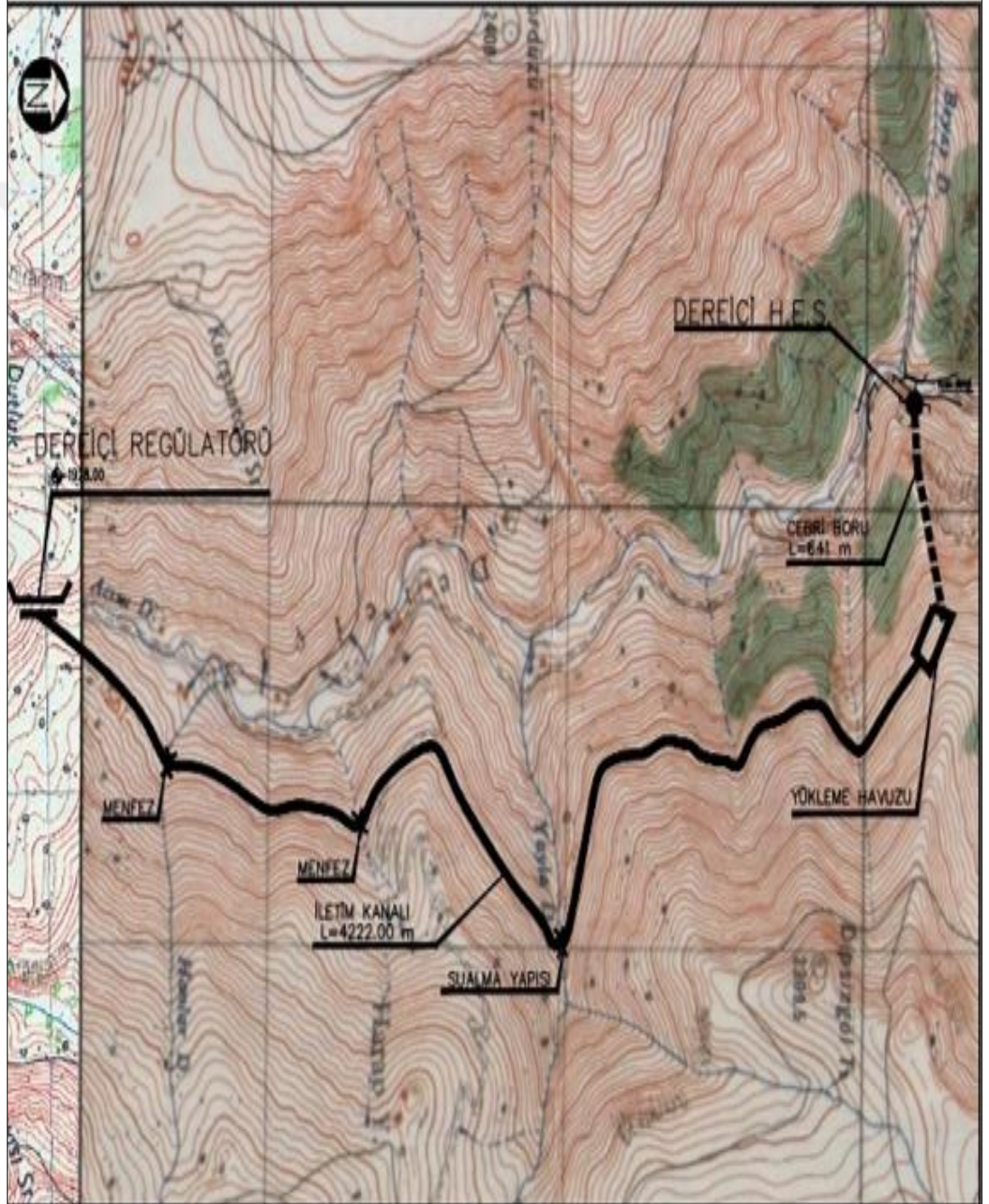
2.3.1.1. Dereiçi Regülatörü ve HES Genel Tanıtımı

Acısu deresi Trabzon ilimizin Maçka ilçesinde Karadeniz Dağları'ndan (Zigana Dağlarından) kaynaklanıp Karadeniz'e akmaktadır. Derenin havzası 261 km² olup, bu havzadan ortalama 0.574 m³/ay su gelmektedir. Havzanın ortalama su verimi 567.985 mm/m²/yıl 'dır. Su akışı özellikle yüksek arazide karların eridiği Nisan-Temmuz aylar arasında artmaktadır. Su akışının en az olduğu aylar ise Ocak, Şubat ve Eylül aylarıdır.

Proje alanının en önemli yer üstü kaynağı Değirmendere'nin iki ana memba kolundan biri olan Altındere (Meryemana) Deresi'ne karışan Acısu Deresi'dir. Dereiçi Regülatörü ve HES projesi Acısu Deresi üzerinde kurulmuştur. Denize kuş uçuşu yaklaşık 60 km mesafede olan ve 2.000-2.500 m yüksekliğe kadar ulaşan Zigana Dağları'nın kuzey yamaçlarından doğan Acısu Deresi kuzey doğrultusunda yaklaşık 20 km sonra Maçka ilçesi yakınında Meryemana Deresi'ne karışmaktadır.

Projenin yapılacağı alanda regülatör yerinin bulunduğu kısmın su toplama bölümünde ana dereye birleşen iki yan kol yer almaktadır. Diğer bir ifadeyle regülatörün su toplama havzasını iki yan havza oluşturmaktadır. Bu havzaların uzunluğu az olup, eğimli alanlardan meydana gelmişlerdir. Buna birde arazinin orman örtüsünden yoksun olması eklenince yağmur halinde düşecek yağışların kısa sürede toplanarak dere akımını beslemeleri mümkün olabilecektir. Projenin yapıldığı alandaki dere akımları üç aylık periyotlar halinde incelendiğinde; Aralık-Ocak-Şubat aylarında ortalama debinin

0.24 m³/s, Mart-Nisan-Mayıs aylarında ortalama debinin 1.19 m³/s, Haziran-Temmuz-Ağustos aylarında ortalama debinin 0.68 m³/s ve Eylül-Ekim-Kasım aylarında ortalama debinin 0.34 m³/s olduğu görülmüştür. Yukarıdaki sonuçlardan da görüleceği üzere en yüksek debiler ilkbahar aylarında karların erimesine bağlı olarak ortaya çıkmaktadır. Bunu yaz aylarındaki debiler izlemektedir. Projenin gerçekleştirildiği Karadeniz Bölgesi'nin yüksek kesimlerinde yaz mevsiminde yağın sağanak şeklindeki yağışlar kısa sürede dere akımlarını besleyebilmektedir (CSB, 2012).



Şekil 12. Dereiçi regülatörü ve HES genel yerleşim planı (DSİ, 2010).



Şekil 13. Dereçi santrali uydudan görünümü



Şekil 14. Dereçi regülatörü uydudan görünümü

2.3.2. Esentepe Regülatörü ve HES

Esentepe HES Projesi Doğu Karadeniz Bölgesi'nde Trabzon İli sınırları içinde Balkodu ve Büyük Dereleri üzerindedir. Esentepe HES Projesi'ne ait Oğlaklı Regülatörü koordinatı 4497200 kuzey, 601208 doğu; Irmak Regülatörü koordinatı 4496639 kuzey, 602194 doğu; HES koordinatı 4496750 kuzey, 602322 doğudur (DSİ, 2015).

2.3.2.1. Esentepe Regülatörü ve HES Genel Tanıtımı

Esentepe HES Projesi, Türkiye genelinde ayrılmış olan havzalardan Doğu Karadeniz Havzası içinde kalmaktadır. Esentepe HES Projesi iki regülatörlü bir projedir. Regülatörlerden bir tanesi olan Oğlaklı Regülatörünün yerüstü su kaynağı, Balkodu Deresi ve yan kollarıdır. Projenin su kaynağı olan Karaçam deresi (Balkodu ve Büyükdere), 2804-3604 m kotlarındaki havzanın su ayırım çizgisinden başlayan kaynaklardan beslenerek oluşmaktadır. Akışını genellikle kuzey yönünde yapan bu derenin regülatör yerlerine kadar olan kısmının drenaj olanı Oğlaklı regülatör havzası 88.25 km² ve Irmak regülatör havzası 119.18 km²'dir.

Karaçam deresinin batı bölümünde yer alan ve 2800 m kotlarındaki Karagöl ve kaynaklardan beslenerek oluşan Haldizen deresi ile Taşkiran Beldesi sınırları içerisinde birleşerek Solaklı çayı adıyla akışına devam etmektedir. Solaklı Çayı da Of ilçe merkezi içinden Karadeniz'e dökülmektedir (CSB, 2015).

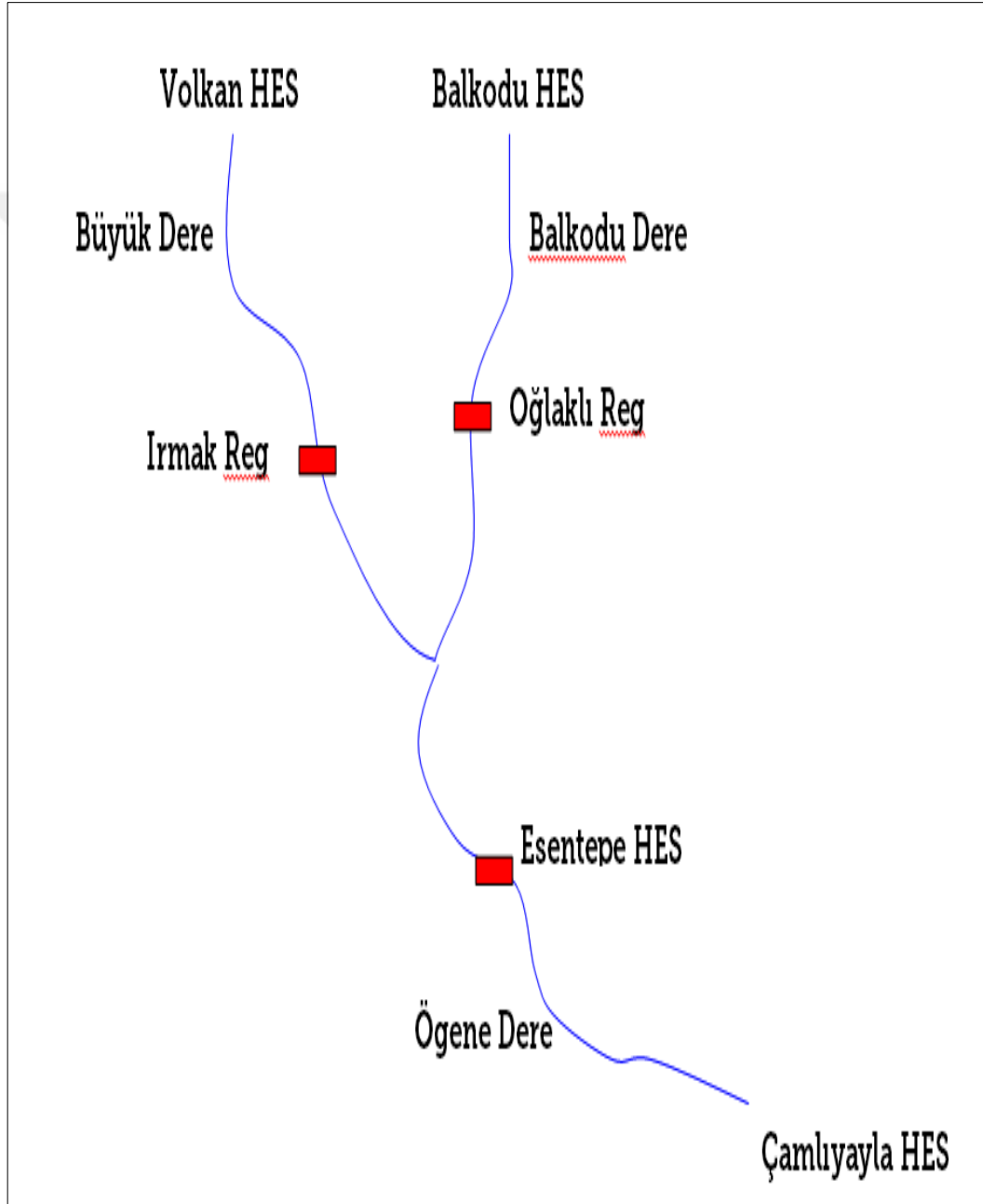
2.3.2.1.1. Balkodu Deresi

Balkodu Deresi'nin en uzun kolu olan ve 3000 m kotlarında Eğerler Tepesi eteklerinden doğan Taşlıyayla Deresi 2000 m kotlarında sağ sahilden Günbuldu Deresi'ne katılmaktadır. 1810 m kotlarında Halkumas Deresi sol sahilden Günbuldu Deresi ile birleşerek Balkodu Deresi'ni oluşturmaktadır. Bu dereye 1550 m kotunda sol sahilden Ablaryas Deresi, 1250 m kotunda sol sahilden Kura Deresi, 1160 m kotlarında sol sahilden Hapşara Deresi, 1080 m kotlarında sol sahilden Darnorim Deresi ve son olarak yine sol sahilden 1010 m kotlarında Divren Deresi katılarak 951 m kotlarına gelmektedir. Esentepe HES Projesi'nin diğer regülatörü olan Irmak Regülatörü'nün yerüstü su kaynağı ise Büyük Dere ve yan kollarıdır (CSB, 2015).

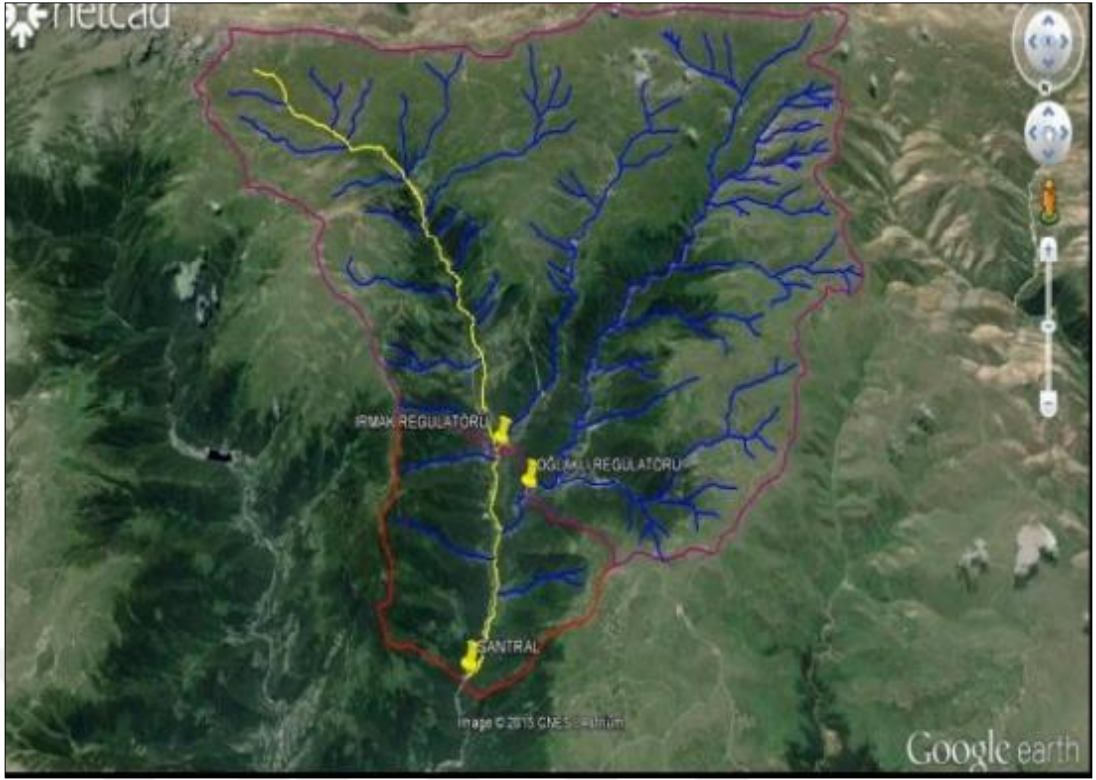
2.3.2.1.2. Büyük Dere

Büyük Dere'nin en uzun kolu Şekersu Deresi, 2700 m kotlarında Karakaya Tepesi eteklerinden doğmaktadır. 1500 m kotlarına gelindiğinde sol sahilden Dumlu Deresi katılmakta, 1230 m kotunda ise Pac Deresi yine sol sahilden katılmaktadır. 1180 m

kotunda ise sağ sahilden Alifostal Deresi katılımı görölmektedir. Bu katılımıla Büyük Dere adını alan dereye 1080 m kotlarında sağ sahilden Albay Deresi ve 960 m kotlarında sol sahilden Kavlatan Deresi katılmaktadır. Bu katılımlar sonrası 948 m talveg kotlarında tesis edilmesi planlanan Irmak Regölatör aksına ulaşılmaktadır. Büyük Dere ve Balkodu Dereleri 900 m kotlarında birleşerek Ögene Deresi adını almaktadır. Ögene Deresine 880 m ve 840 m kotlarında sağ sahilden sırasıyla Cevizli Dere ve Mama Deresi katılmakta olup, daha sonra Esentepe HES santral yerine ulaşılmaktadır (CSB, 2015).



Şekil 15. Esentepe regölatörü ve HES projesinin havzadaki diğör tesisler ile ilişkisini gösterir şematik plan (DSİ, 2015).



Şekil 16. Esentepe regülatörü ve HES projesi ve sanat yapı yerlerini gösterir harita (CSB, 2015).



Şekil 17. Oğlaklı regülatörü uydudan görünüm



Şekil 18. Irmak regülatörü uydudan görünüm



Şekil 19. Esentepe regülatörü ve HES santral binası uydudan görünümü

2.3.3. Karakaya Regülatörü ve HES

Bekçiler Dere üzerinde 1169 m talveg kotunda Karakaya Regülatörü, Bekçiler Dere'ye sol sahilden katılan Karahava Dere üzerinde 1171,50 m talveg kotunda Karahava Regülatörü ve Bekçiler Dere'ye sağ sahilden katılan Haranoy Dere üzerinde 1162 m talveg kotunda Haranoy Regülatörü bulunmaktadır. Yapı yerlerinin koordinatları; Karakaya Regülatörü 4 505 320 kuzey; 539 600 doğu, Karahava Regülatörü 4 505 560 kuzey; 539 730 doğu, Haranoy Regülatörü 4 503 560 kuzey; 541 220 doğu ve Karakaya HES 4 505 290 kuzey; 541 160 doğu şeklinde belirtilmektedir (DSİ, 2010).

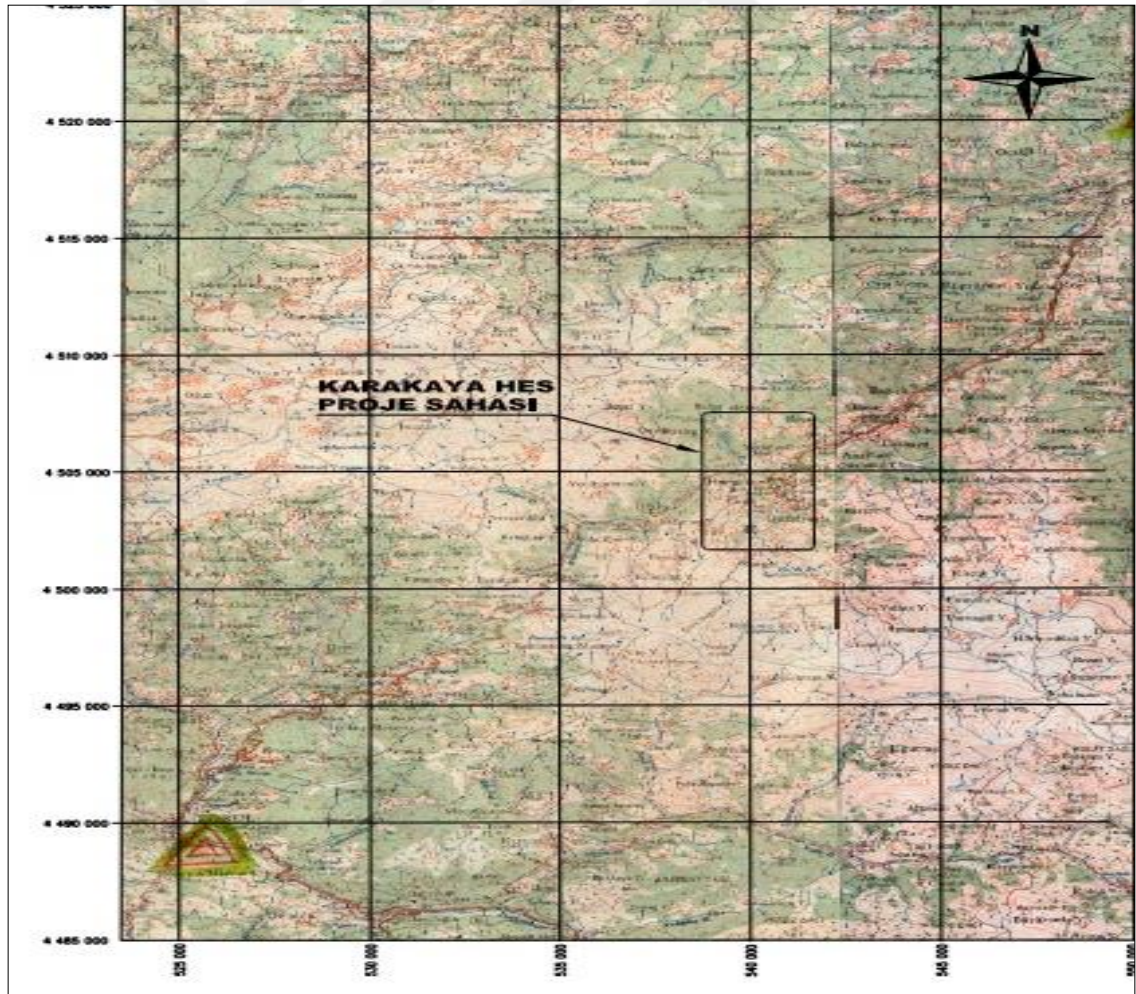
2.3.3.1. Karakaya Regülatörü ve HES Genel Tanıtımı

Karakaya HES projesi, Karadeniz Bölgesi'nde, Trabzon İli Maçka ilçesi, Güzelyayla ve Hamsiköy köyleri sınırları içerisinde, ana dere olan Bekçiler (mansapta Hamsiköyderesi) deresi ile bu dereye Hamsiköy köyü mansabında karışan Karahava deresi üzerinde bulunmaktadır. Bu dere üzerinde toplam 54.84 km² yağış alanına sahip Karakaya regülatörü, 43.05 km² Haranoy regülatörü ve 14.91 km² Karahava regülatörü, Karakaya HES'e su çevirmektedir.

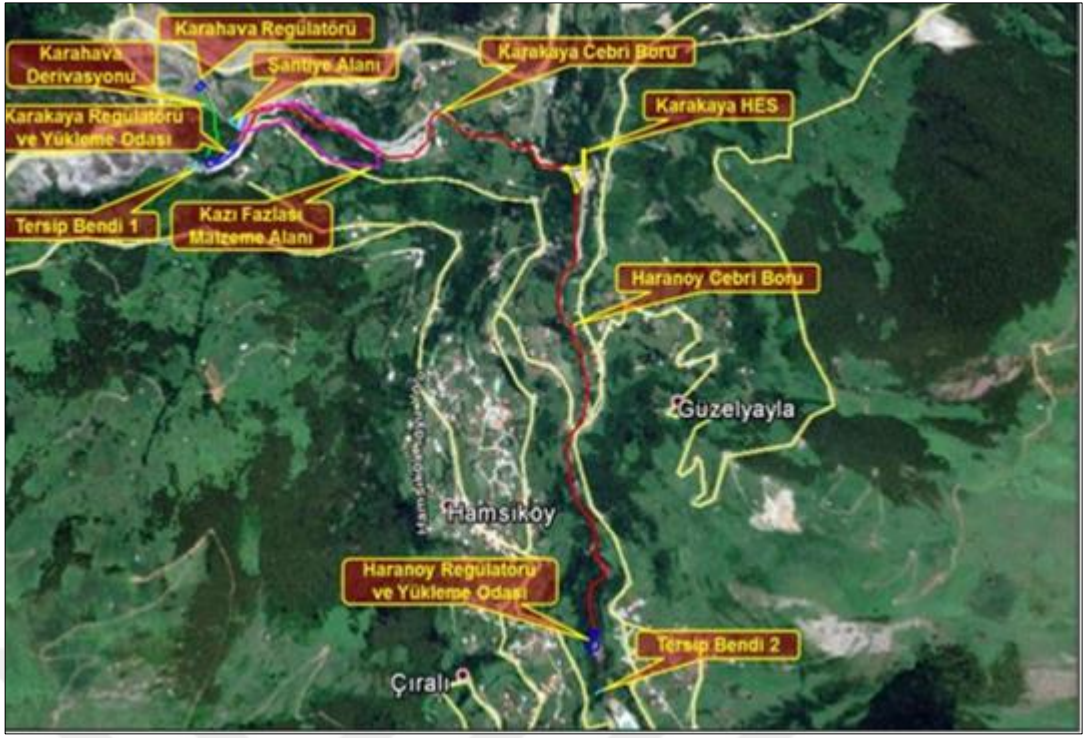
Projenin yerüstü su kaynakları sırasıyla Bekçiler, Karahava ve Haranoy dereleri'dir. Bekçiler deresi (mansapta Hamsiköy dere), batıda 2300 m kotlarında Raşi Yaylası civarında Raşi dere ve güneyden 2200 m kotlarında Kalkanlı Yaylası civarında Kalkanlı dere olarak ana iki koldan doğmaktadır. Bu iki ana kola istikametleri doğrultusunda sağ ve sol sahilden de yan dereler katılmaktadır. Raşi ve Kalkanlı dereleri, Salihçavuş sırtının yaklaşık 550 m güneyinde ve Karakaya regülatörünün yaklaşık 7 km membasında birleşmektedirler. Bu birleşim yerinde Bekçiler deresi adını almaktadır. Bekçiler deresi adını aldıktan sonra kuzeydoğu yönünde akarken, regülatör yerine ulaşmadan önce sağ sahilden Komada ve Zarabur dereleri, sol sahilden ise Büyükdüz deresi, Bekçiler deresine katılmaktadır. Bekçiler deresine Karakaya regülatörünün 250 m mansabında sol sahilden Karahava deresi ve 1.7 km mansabında sağ sahilden Haranoy deresi katılmaktadır. Bekçiler deresi, mansapta Trabzon ili yakınından Karadeniz'e dökülmeden önce Hamsiköy yerleşim yerini geçerken Hamsiköy adını, Değirmendere yerleşim yerinde Değirmendere ve Maçka ilçesinden geçerken ise Maçka Çayı adını almaktadır. Maçka Çayı, en mansapta Trabzon il sınırlarından Karadeniz'e dökülür.

Karahava Deresi, batıda yaklaşık 2400 m kotlarında Karaya Tepesi civarından Kemikliyalak dere olarak doğmaktadır. Kemikliyalak deresine sağ ve sol sahilden de yan dereler katılmaktadır. Sol sahilden Kızlar Pınarı ve Cehennemyalağı ve Kuruya dereleri, sağ sahilden ise Bilidara ve Büyükselen dereleri katılmaktadır. Kemikliyalak deresi,

Koçkatımı dere adını almaktadır. Haranoy Regülatörü'nün yaklaşık 2 km membasında, 2130 m kotlarından Korudan Tepesi civarından doğan Kiremiser deresi, Koçkatımı deresine katılmaktadır. Bu noktadan sonra, Koçkatımı deresi Karahava deresi adını almaktadır. Karahava deresi, regülatör yerinin yaklaşık 200 m mansabında Bekçiler deresine katılmaktadır. Haranoy Deresi, güneyde yaklaşık 2400 m kotlarında İpsaralım Yaylası civarından Saralım dere olarak doğmaktadır. Saralım deresine sol sahilden Bodamış yaylası civarından doğan Bodamış dere, Isırganlı Yaylası civarından doğan Kankardere ve Kefen Pınarı, sağ sahilden ise Fırınoba Yaylası civarında doğan Hasan dere ve Mat Mezrası civarında doğan Mat dere Saralım dereye katılmaktadır ve Kankar dere adını almaktadır. Kankar dereye, Mat Mezrası'nın yaklaşık 2.40 km mansabında, Haranoy Regülatörünün yaklaşık 150 m membasında, Eski Yayla civarında yaklaşık 2300 m kotlarından doğan Haranoy dere katılmaktadır. Bu noktadan sonra Haranoy dere adını alıp kuzeye doğru akmaktadır. Haranoy dere, Haranoy Regülatör yerinin yaklaşık 2 km mansabında Bekçiler deresine katılmaktadır (CSB, 2015).



Şekil 20. Karakaya regülatörü ve HES proje sahası yerleşimi (DSİ, 2010).



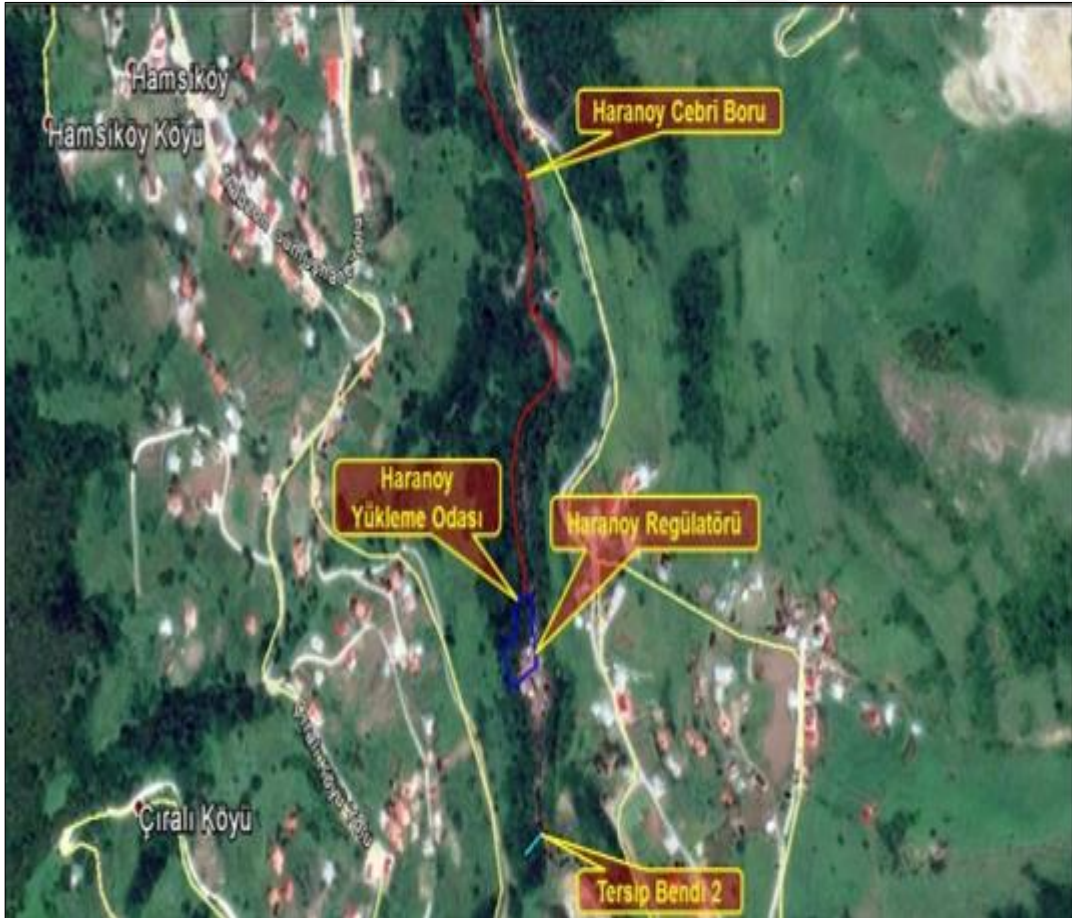
Şekil 21. Karakaya regülatörü ve HES proje yeri ve etki alanı uydu görünümü 1 (CSB, 2015).



Şekil 22. Karakaya regülatörü ve HES proje yeri ve etki alanı uydu görünümü 2 (CSB, 2015).



Şekil 23. Karakaya regülatörü ve HES proje yeri ve etki alanı uydu görünümü 3 (CSB, 2015).



Şekil 24. Karakaya regülatörü ve HES proje yeri ve etki alanı uydu görünümü 4 (CSB, 2015).



Şekil 25. Karakaya santrali uydudan görünüm



Şekil 26. Haranoy regülatörü uydudan görünüm



Şekil 27. Karahava regülatörü uydudan görünüm



Şekil 28. Karakaya regülatörü uydu görünümü

2.3.4. Oylum III Regülatörü ve HES

Oylum III Regülatörü ve HES Projesi, Trabzon İli Sürmene İlçesi sınırları içinde yer almaktadır. Oylum III Regülatörü ve HES Projesi Karadeniz Bölgesi'nde Küçükdere nehri üzerinde bulunmaktadır Oylum III Regülatörü Trabzon İli Sürmene İlçesi'nin 35 km kadar güneyinde yer almaktadır. Oylum III HES Regülatörü 589600 (doğu), 4506625 (kuzey) koordinatları arasında bulunmaktadır. Oylum III HES Santrali 589820 (doğu), 4510030 (kuzey) koordinatları arasında bulunmaktadır (DSİ, 2015).

2.3.4.1. Oylum III Regülatörü ve HES Genel Tanıtımı

Oylum III Regülatörü ve HES Projesi Karadeniz Bölgesi'nde Küçükdere nehri üzerinde bulunmaktadır. Oylum III Regülatörü Trabzon İli Sürmene İlçesi'nin 35 km kadar güneyinde yer almaktadır. Regülatörden itibaren sağ sahilde daha sonra ise sol sahilde yer alan çelik iletim borusu ve santral tesisleri Küçükdere Irmağı-Vunut çayı üzerinde yer almaktadır. Oylum III Regülatörü yerinde Vunut çayının yağış alanı 21.50 km² 'dir.

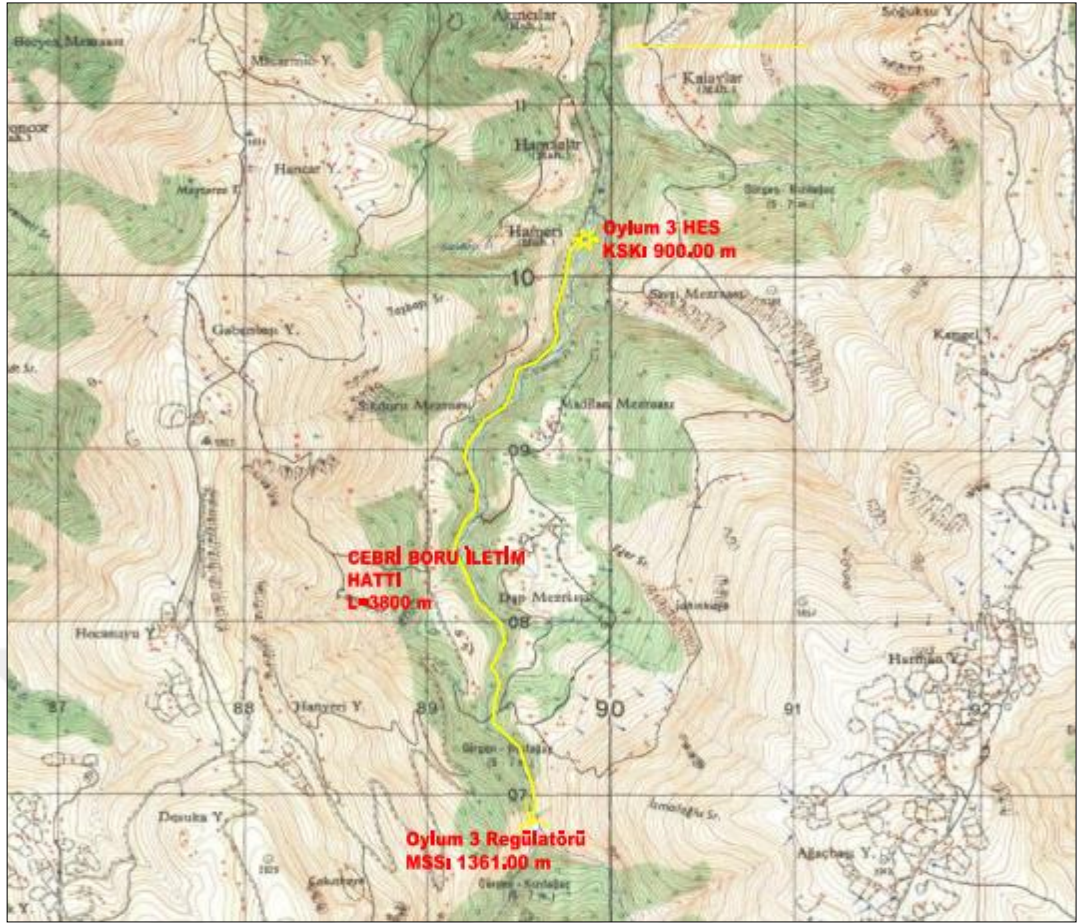
Proje sahası, Türkiye'nin Doğu Karadeniz Bölgesi'nde Trabzon ili sınırları içinde, 22 nolu Doğu Karadeniz Havzasında yer almaktadır. Bulunduğu vadi ve mevki, Karadere üzeridir. Oylum III Regülatörü ve HES Projesinin ana su kaynağı Küçükdere (Vunut Çayı) olarak seçilmiştir. Doğu Karadeniz Dağlarının kuzey yamaçlarından doğan Küçükdere (Vunut Çayı)'nin kuzey doğrultusunda akarak Sürmene İlçesi'nin batısından Karadeniz'e ulaşmaktadır (CSB, 2015).

2.3.4.1.1. Küçükdere (Vunut Çayı) – Oylum III Regülatörü

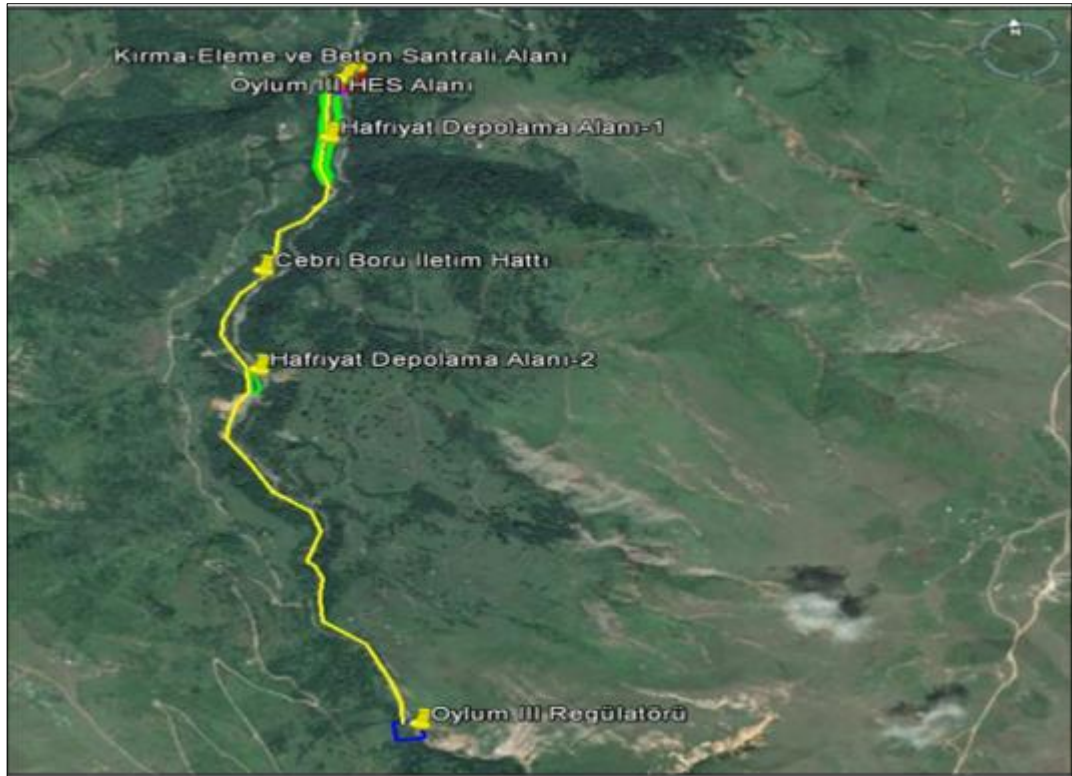
Oylum III Regülatörü ve HES Projesinin ana su kaynağı Küçükdere (Vunut Çayı) olarak seçilmiştir. Doğu Karadeniz Dağlarının kuzey yamaçlarından doğan Küçükdere (Vunut Çayı)'nin kuzey doğrultusunda akarak Sürmene İlçesi'nin batısından Karadeniz'e ulaşmaktadır. Vunut Çayı'nın genel görünümü aşağıda Şekil 29 'da gösterilmektedir (CSB, 2015).



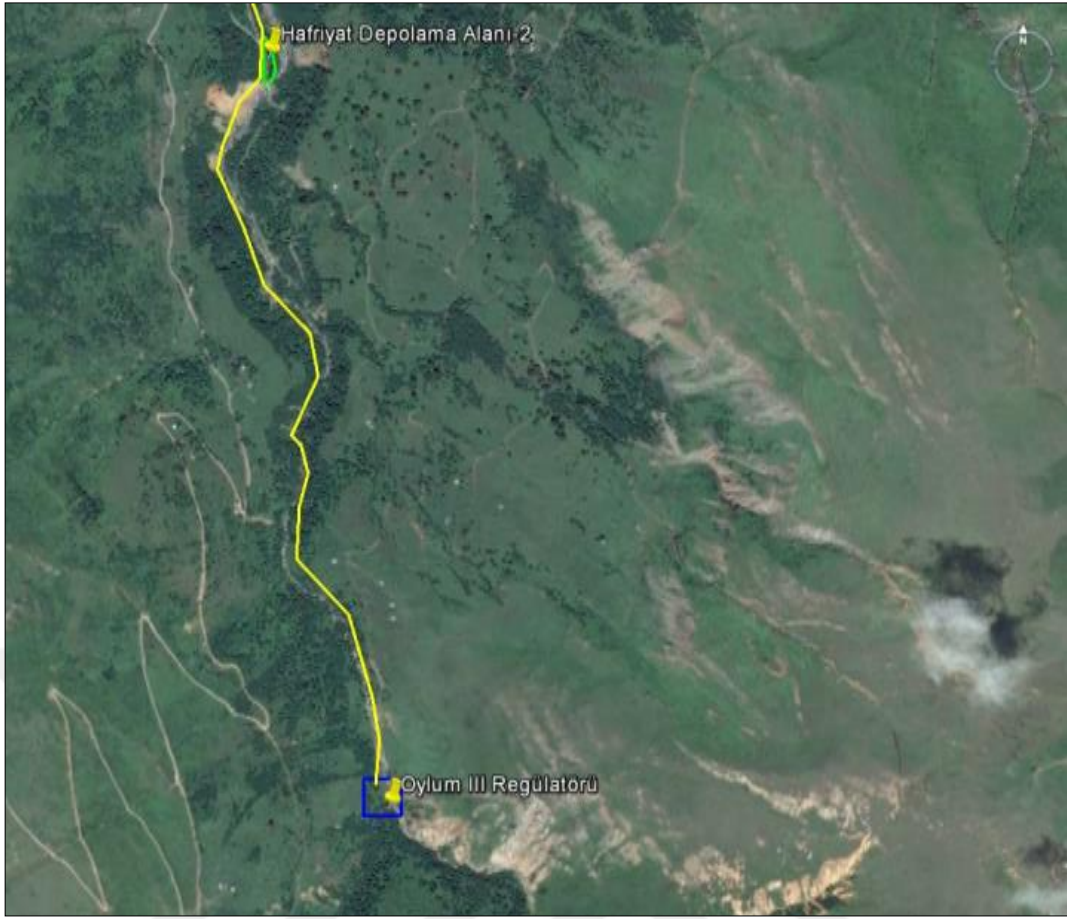
Şekil 29. Vunut çayı genel görünümü (CSB, 2015).



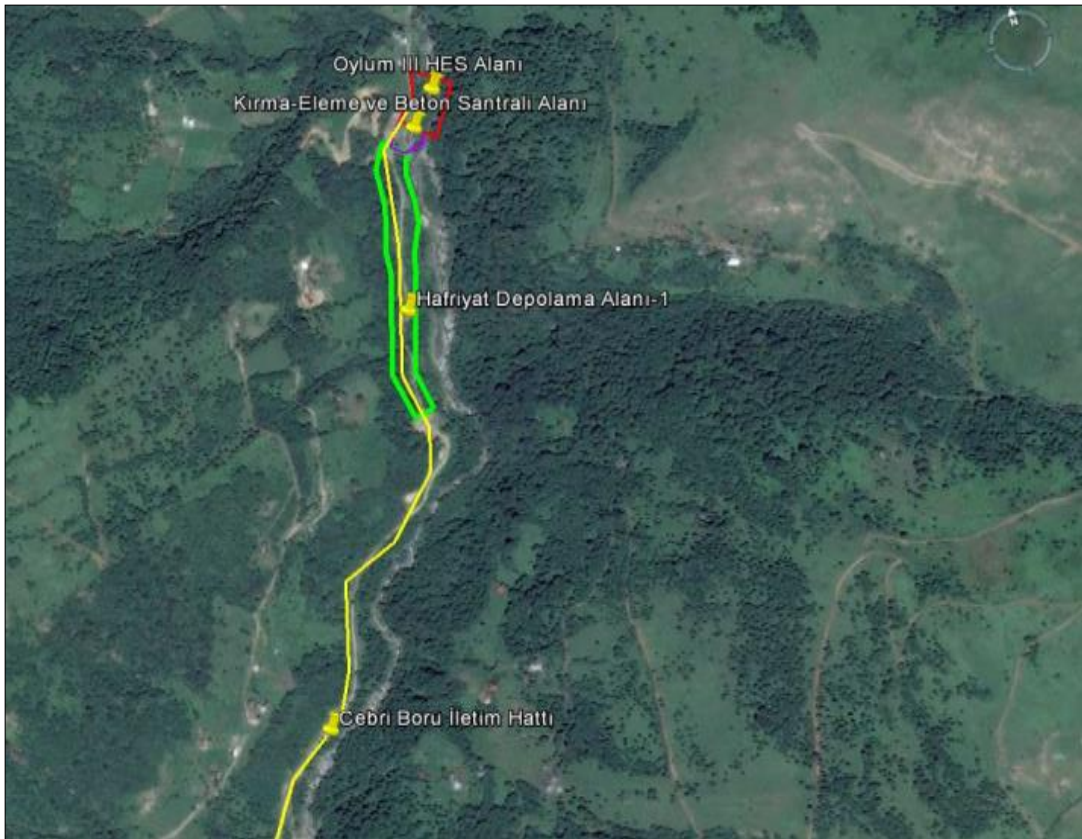
Şekil 30. Oylum III regülatörü ve HES genel yerleşim planı (DSİ, 2015).



Şekil 31. Oylum III regülatörü ve HES proje alanı uydu görüntüsü 1 (CSB, 2015).



Şekil 32. Oylum III regülatörü ve HES proje alanı uydu görüntüsü 2 (CSB, 2015).



Şekil 33. Oylum III regülatörü ve HES proje alanı uydu görüntüsü 3 (CSB, 2015).



Şekil 34. Oylum III regülatörü ve HES santral uydü görünümü

3. BULGULAR

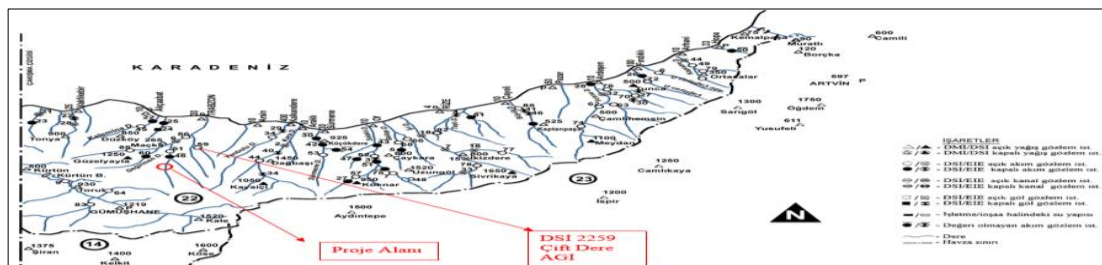
Bu çalışma için Trabzon ilinde; Dereiçi Regülatörü ve HES, Esentepe Regülatörü ve HES, Karakaya Regülatörü ve HES, Oylum III Regülatörü ve HES projeleri belirlenmiştir. Bu bağlamda; Trabzon ilindeki Hidroelektrik Santrallerinin can suyu miktarları; Doğa Koruma Milli Parklar Müdürlüğü tarafından belirlenmiş olan debi süreklilik indisleri yöntemi, düşük akış indisleri yöntemi ve ıslak çevre yöntemi kullanılarak Devlet Su İşleri 22. Bölge Müdürlüğü tarafından elden edilen yıllara göre debi değerlerince hesaplanan can suyu miktarları hesaplanmıştır ve Doğa Koruma Milli Parklar Müdürlüğü tarafından belirlenmiş olan can suyu miktarları ile karşılaştırılarak birbirleriyle örtüşüp örtüşmediği gözlemlenmiştir. Bu bulgular aşağıda verilmiştir.

3.1. Dereiçi Regülatörü ve HES

Dereîçi Regülatörü ve HES projesinde Devlet Su işleri (DSİ) ve Elektrik İşler Etüt (EİE) tarafından işletilen veya kapatılmış olan DSİ 2259 ve DSİ 2261 Altındere Ortaköy AGİ olmak üzere iki adet bulunmaktadır (DSİ, 2010). Aşağıda debi süreklilik indisleri yöntemi, düşük akış indisleri yöntemi için DSİ 2259 Çift Dere AGİ ve DSİ 2261 Altındere Ortaköy AGİ'leri, ıslak çevre yöntemi için ise; DSİ 2261 Altındere Ortaköy AGİ esas alınarak analiz yapılmıştır.

3.1.1. Dereiçi Regülatörü ve HES’de Bulunan DSİ 2259 Çift Dere AGİ

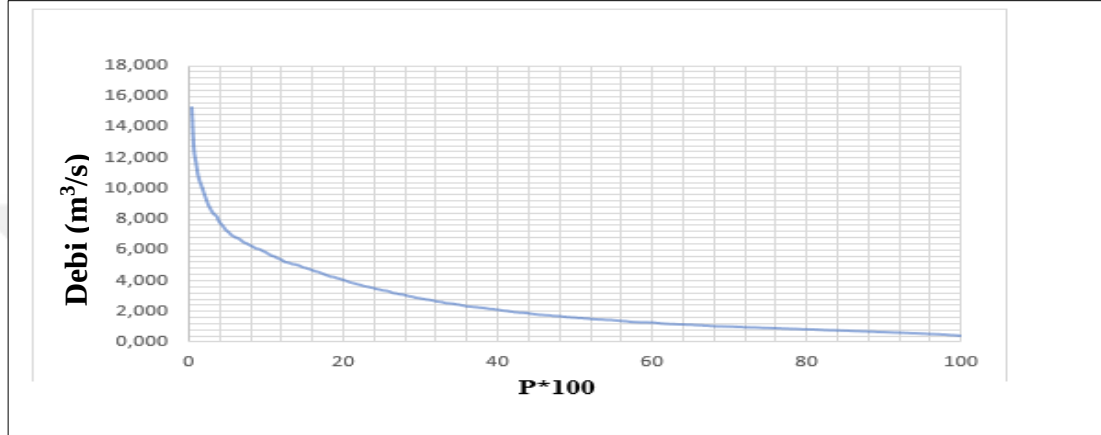
Galyan Deresi üzerinde 1971 yılında açılan AGİ 2001 yılında kapatılmıştır. Ancak 1986 yılına ait akım kayıtları değersizdir. 1980-1985, 1987-2001 ve 2008-2009 yıllarını kapsayan 21 yıllık akım verileri bulunmaktadır. İstasyonun drenaj alanı 121.48 km² ve yükseltisi 250 m'dir. Şekil 35'te DSİ 22-59 Çift Dere AGİ'nin hidrometeoroloji haritası üzerinde konumu gösterilmiştir (DSİ, 2010).



Şekil 35. Dereiçi regülatörü ve HES’de bulunan DSİ 22-59 Çift Dere AGİ’nin konumu (DSİ, 2010).

3.1.1.1. Dereiçi Regülatörü ve HES’de Bulunan DSİ 22-59 Çift Dere AGİ’nin Debi Süreklilik Eğrisine Göre Hesaplanan Çevresel Akış Miktarları

DSİ 22-59 Çift Dere AGİ’nin yıllara göre uzun dönem veri setinde bulunan tüm günlerin akım ortalamaları değerleri kullanılarak oluşturulan debi süreklilik çizgisi Şekil 36’da gösterilmiştir. Bu yöntemle göre yapılan hesapla zamanın %75’ine karşılık gelen debi değeri $0.90 \text{ m}^3/\text{s}$ ve zamanın %95’ine karşılık gelen debi değeri $0.53 \text{ m}^3/\text{s}$ olarak hesaplanmıştır.



Şekil 36. Dereiçi regülatörü ve HES’de bulunan DSİ 22-59 Çift Dere AGİ’nin debi süreklilik eğrisi

3.1.1.2. Dereiçi Regülatörü ve HES’de Bulunan DSİ 22-59 Çift Dere AGİ’nin Düşük Akış İndisleri (7Q₁₀) Yöntemine Göre Hesaplanan Çevresel Akış Miktarı

DSİ 22-59 Çift Dere AGİ’de günlük akım değerleri tarih sırasına göre alt alta sıralanmıştır ve ardışık 7 günlük aritmetik ortalamaları alınmıştır. Aritmetik ortalamaları alındıktan sonra her yıla ait en düşük minimum akım değeri hesaplanmıştır. Yıllara ait minimum akım değerleri, sıklık faktörü (K), çarpıklık katsayısı (C_s), geri dönüş periyoduna bağlı parametre olan z değeri ve standart sapma ile birlikte Tablo 10’da verilmiştir.

Tablo 10. Dereiçi regülatörü ve HES’de Bulunan DSİ 22-59 Çift Dere AGİ’nin düşük akış indisleri (7Q₁₀) yöntemi analiz sonuçları

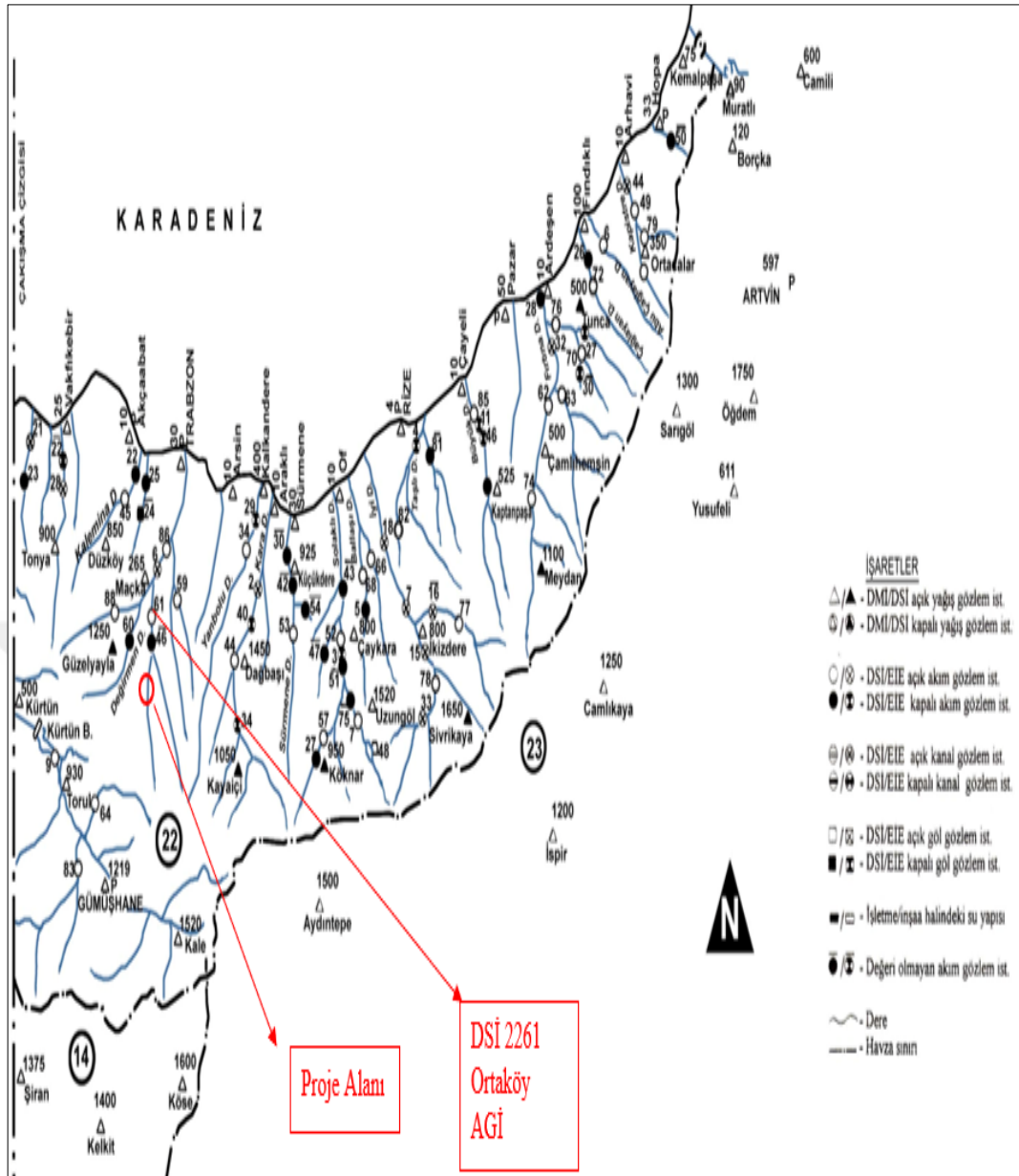
Yıl	Min Akım	ln Min Akım
1980	0.52	-0.65
1981	0.52	-0.65
1982	0.63	-0.46
1983	0.58	-0.54
1984	0.33	-1.11
1985	0.28	-1.27

Tablo 10. (Devamı)

Yıl	Min Akım	ln Min Akım
1987	0.25	-1.39
1988	0.81	-0.21
1989	0.81	-0.21
1990	0.59	-0.53
1991	0.34	-1.08
1992	0.52	-0.65
1993	0.50	-0.69
1994	0.39	-0.94
1995	0.36	-1.02
1996	0.72	-0.33
1997	0.63	-0.46
1998	0.39	-0.94
1999	0.45	-0.80
2000	0.56	-0.58
2001	0.379	-0.97
2008	0.427	-0.85
2009	0.129	-2.05
ln Min Ortalama		-0,80
Standart Sapma		0,42
C_s		-2,89
z		-1,28
K		-1,15
$7Q_{10}$ (m ³ /s)		0,28

3.1.2. Dereiçi Regülatörü ve HES’de Bulunan DSİ 22-61 Altındere Ortaköy AGİ

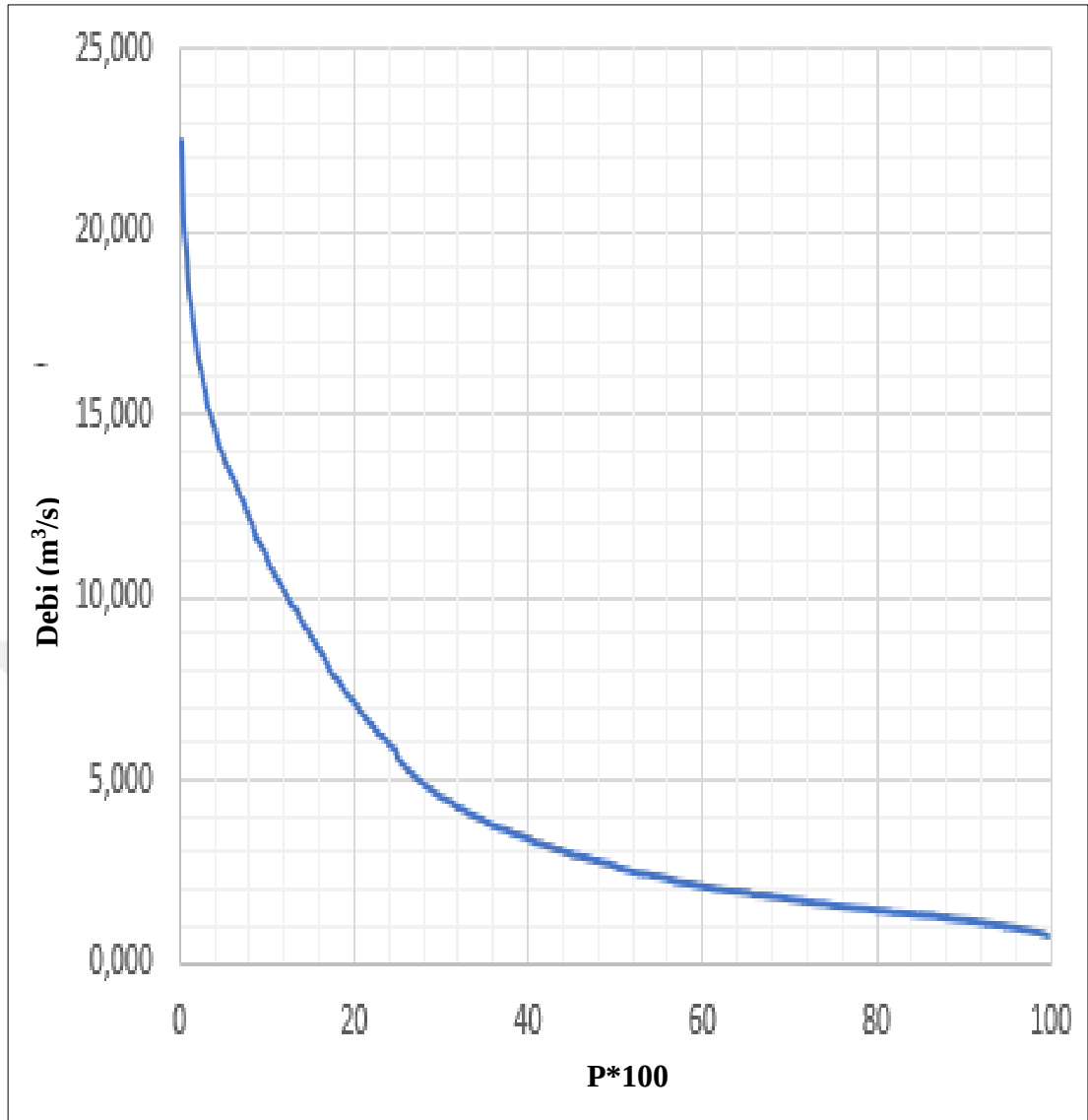
Altındere üzerinde 1979 yılında açılmıştır ve halen çalışmaya devam etmektedir. Drenaj alanı 261 km² olan AGİ’nin yükseltisi 380m’dir. AGİ’nin 1991,1993,1994 ve 2004 su yıllarına ait akım kayıtları eksik olup değersizdir. DSİ tarafından korelasyon çalışmaları sonucunda bulunan regrasyon denklemleri kullanılarak DSİ 22-61 AGİ mevcut günlük akım kayıtları uzatılmıştır. Ortak yılları bulunmayan 2004 yılı ise ortalama akımlar alınarak tamamlanmıştır. Bu bağıntılar ile 31 yıla uzatılmış DSİ 22-61 AGİ akım verileri bulunmaktadır. Şekil 37’de DSİ 22-61 Altındere Ortaköy AGİ’nin hidrometeoroloji haritası üzerinde konumu verilmiştir (DSİ, 2010).



Şekil 37. Dereiçi regülatörü ve HES’de bulunan DSİ 22-61 Altındere Ortaköy AGİ’nin konumu (DSİ, 2010).

3.1.2.1. Dereiçi Regülatörü ve HES’de Bulunan DSİ 22-61 Altındere Ortaköy AGİ’nin Debi Süreklilik Eğrisine Göre Hesaplanan Çevresel Akış Miktarları

DSİ 22-61 Altındere Ortaköy AGİ’nin yıllara göre uzun dönem veri setinde bulunan tüm günlerin akım ortalama değerleri kullanılarak oluşturulan debi süreklilik çizgisi Şekil 38’de gösterilmiştir. Bu yöntemle yapılan hesapla zamanın %75’ine karşılık gelen debi değeri $1.59 \text{ m}^3/\text{s}$ ve zamanın %95’ine karşılık gelen debi değeri $1.01 \text{ m}^3/\text{s}$ olarak hesaplanmıştır.



Şekil 38. Dereçi regülatörü ve HES’de bulunan DSİ 22-61 Altındere Ortaköy AGİ debi süreklilik eğrisi

3.1.2.2. Dereçi Regülatörü ve HES’de Bulunan DSİ 22-61 Altındere Ortaköy AGİ’nin Düşük Akış İndisleri (7Q₁₀) Yöntemine Göre Hesaplanan Çevresel Akış Miktarı

DSİ 22-61 Altındere Ortaköy AGİ’de günlük akım değerleri tarih sırasına göre alt alta sıralanmıştır ve ardışık 7 günlük aritmetik ortalamaları alınmıştır. Aritmetik ortalamaları alındıktan sonra her yıla ait en düşük minimum akım değeri hesaplanmıştır. Yıllara ait minimum akım değerleri, sıklık faktörü (K), çarpıklık katsayısı (C_s), geri dönüş periyoduna bağlı parametre olan z değeri ve standart sapma ile birlikte Tablo 11’de verilmiştir.

Tablo 11. Dereiçi regülatörü ve HES’de Bulunan DSİ 22-61 Altındere Ortaköy AGİ’nin düşük akış indisleri (7Q₁₀) yöntemi analiz sonuçları

Yıl	Min Akım	ln Min Akım
1980	0.91	-0.09
1981	0.86	-0.15
1982	0.31	-1.17
1983	1.30	0.26
1984	0.40	-0.92
1985	0.54	-0.62
1986	0.38	-0.97
1987	0.54	-0.62
1988	1.49	0.40
1989	1.17	0.16
1990	5.70	1.74
1991	0.71	-0.34
1992	5.93	1.78
1993	3.74	1.32
1994	2.45	0.90
1995	4.64	1.53
1996	5.39	1.68
1997	4.34	1.47
1998	4.76	1.56
1999	5.02	1.61
2000	0.577	-0.55
2001	4.788	1.57
2002	0.481	-0.73
2003	1.041	0.04
2004	1.585	0.46
2005	1.100	0.10
2006	1.236	0.21
2007	1.045	0.04
2008	0.900	-0.11
2009	1.080	0.08
ln Min Ortalama		0.35
Standart Sapma		0.92
C _s		1.00
z		-1.28
K		-1.13
7Q ₁₀ (m ³ /s)		0.51

3.1.3. Dereiçi Regülatörü ve HES İçin Islak Çevre Yöntemine Göre Hesaplanan Çevresel Akış Miktarı

Dereiçi Regülatörü ve HES projesine ait Çevre ve Şehircilik Bakanlığı’ndan elde edilen ÇED raporundan alınan DSİ 22-61 Altındere AGİ’ye ait eşel en kesit parametreleri Tablo 12’de ve 1980-2007 yıllarına ait DSİ Altındere Ortaköy AGİ’nin gözlenen aylık ortalama akım verileri Tablo 13’te verilmiştir. Tablo 12’deki verilere göre her bir eşel seviyeye karşılık gelen debi/maksimum debi yani boyutsuz debi değerleri ve ıslak çevre/

maksimum ıslak çevre yani boyutsuz ıslak çevre değerleri hesaplanmıştır. Eşel seviyeye karşılık gelen debi, ıslak çevre, maksimum debi, maksimum ıslak çevre, boyutsuz debi ve boyutsuz ıslak çevre değerleri Tablo 14'te boyutsuz debi-boyutsuz ıslak çevre eğrisi ise Şekil 39'da verilmiştir.

Tablo 12. Dereçi regülatörü ve HES'de bulunan DSİ 22-61 Altındere Ortaköy AGİ'ye ait eşel en kesit parametreleri (CSB, 2012).

Q (m ³ /s)	Eşel Seviye (m)	Alan (m ²)	Islak Çevre (m)	Ortalama Derinlik (m)
0.21	0.12	1.3	2.10	0.34
0.27	0.18	3.0	3.16	0.38
0.33	0.24	3.3	4.56	0.44
0.41	0.30	1.0	5.34	0.48
0.46	0.36	4.8	5.80	0.53
0.51	0.42	5.3	6.12	0.57
1.20	0.48	5.7	6.68	0.67
1.30	0.54	6.8	7.14	0.71
1.80	0.60	7.6	8.32	0.88

Tablo 13. Dereçi regülatörü ve HES'de bulunan DSİ 22-61 Altındere Ortaköy AGİ'de gözlemlenen aylık ortalama akımlar (CSB,2012).

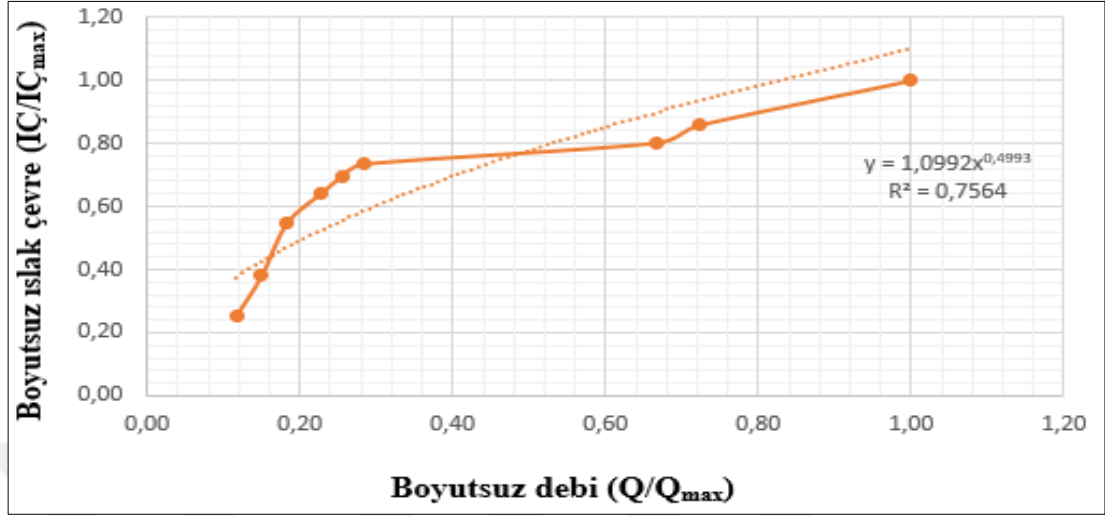
Aylar	Ortalama Debi (m ³ /s)
Ocak	0.21
Şubat	0.24
Mart	0.46
Nisan	1.31
Mayıs	1.80
Haziran	1.20
Temmuz	0.51
Ağustos	0.33
Eylül	0.27
Ekim	0.34
Kasım	0.41
Aralık	0.28

Tablo 14. Dereçi regülatörü ve HES'de bulunan DSİ 22-61 Altındere-Ortaköy AGİ'ye ait boyutsuz debi-boyutsuz ıslak çevre değerleri

Boyutsuz Debi (Q/Q _{max})	Q(m ³ /s)	Alan(m ²)	Islak Çevre (m)	Boyutsuz Islak Çevre (İÇ/İÇ _{max})
0.12	0.21	1.3	2.1	0.25
0.15	0.27	3.0	3.16	0.38
0.18	0.33	3.3	4.56	0.55
0.23	0.41	4.0	5.34	0.64
0.26	0.46	4.8	5.8	0.70
0.28	0.51	5.3	6.12	0.74
0.67	1.2	5.7	6.68	0.80
0.72	1.3	6.8	7.14	0.86

Tablo 14. (Devamı)

Boyutsuz Debi ($Q/Q_{\max}$)	$Q(m^3/s)$	Alan(m^2)	Islak Çevre (m)	Boyutsuz Islak Çevre ($IC/IC_{\max}$)
1.00	1.8	7.6	8.32	1.00



Şekil 39. Dereçi regülatörü ve HES’de bulunan DSİ 22-61 Altındere-Ortaköy AGİ’ye ait boyutsuz ıslak çevre-boyutsuz debi arasındaki ilişki

Şekil 39’dan boyutsuz debi ile boyutsuz ıslak çevre arasındaki matematiksel ilişki; $IC/IC_{\max} = 1.0992 \cdot (Q/Q_{\max})^{0.4993}$ şeklinde elde edilmiştir. Denklemin boyutsuz debi değerine göre birinci türevinin 1’e eşitlenmesi ile kırılma noktasına karşılık gelen boyutsuz debi değeri yaklaşık olarak 0.30 olarak hesaplanmıştır. Yapılan bu analiz sonucunda DSİ 2261 Altındere-Ortaköy AGİ’ye bırakılması gereken aylık ekolojik veya can suyu miktarı Q_e yüzde (%) ve m^3/s , kullanılabilecek aylık su miktarı $Q_{ort}-Q_e$ m^3/s olarak aşağıda Tablo 15’te gösterilmektedir.

Tablo 15. Dereçi regülatörü ve HES’de bulunan DSİ 22-61 Altındere Ortaköy AGİ için hesaplanan can suyu miktarı (m^3/s)

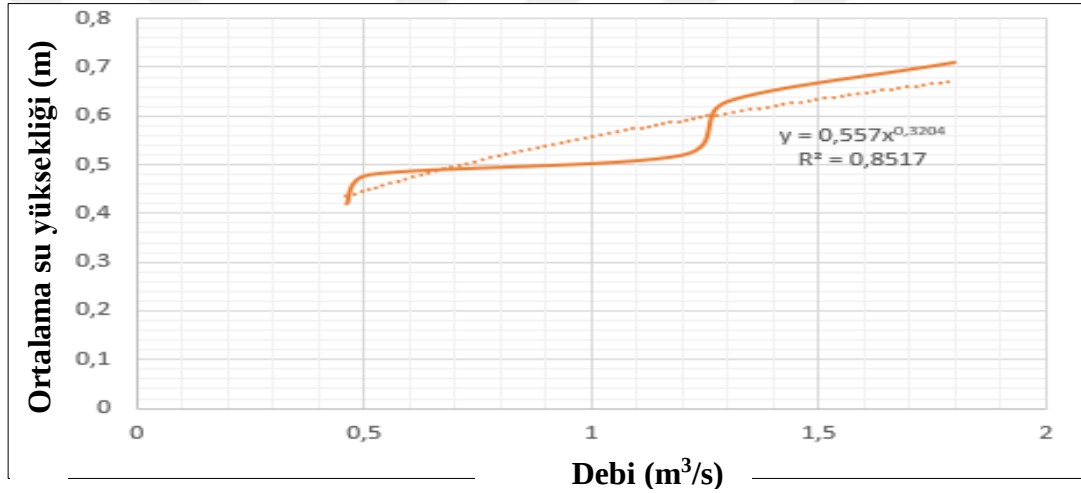
Aylar	Q_{ort}	$Q_e (m^3/s)$	$Q_e (\%)$	$Q_{ort} - Q_e$
Ekim	0.34	0.10	30	0.24
Kasım	0.41	0.12	30	0.29
Aralık	0.28	0.08	30	0.20
Ocak	0.21	0.06	30	0.15
Şubat	0.24	0.07	30	0.17
Mart	0.46	0.14	30	0.32
Nisan	1.31	0.39	30	0.92
Mayıs	1.80	0.54	30	1.26
Haziran	1.2	0.36	30	0.84
Temmuz	0.51	0.15	30	0.36
Ağustos	0.33	0.1	30	0.23
Eylül	0.27	0.08	30	0.19

DSİ 22-61 Altındere Ortaköy AGİ'ye ait ortalama su yüksekliği ile debi değerleri Tablo 16'da gösterilmiştir.

Tablo 16. Dereiçi regülatörü ve HES'de bulunan DSİ 22-61 Altındere Ortaköy AGİ 'de ortalama su yüksekliği- debi değerleri (CSB, 2012).

Q (m ³ /s)	Ortalama Su Yüksekliği (m)
0.46	0.42
0.51	0.48
1.20	0.52
1.30	0.63
1.80	0.71

Islak çevre yöntemine göre ortalama su yüksekliği ile debi arasındaki ilişki aşağıda Şekil 40'ta gösterilmiştir.



Şekil 40. Dereiçi regülatörü ve HES'de bulunan DSİ 22-61 Altındere Ortaköy AGİ'de oluşan su seviyesi ile debi arasındaki ilişki

Şekil 40'tan su seviyesi ile debi arasındaki matematiksel ilişki;

Derinlik (m) = $0.557 \cdot (Q_e)^{0.3204}$ şeklinde elde edilmiştir. Bu bağıntıdan yararlanarak DSİ 22-61 Altındere Ortaköy AGİ'de aylık bırakılması gereken can suyu miktarının DSİ 22-61 Altındere Ortaköy AGİ'de meydana getireceği su seviyesi aşağıda Tablo 17'de gösterilmiştir.

Tablo 17. Dereiçi regülatörü ve HES'de bulunan DSİ 22-61 Altındere-Ortaköy AGİ'de aylık hesaplanan can suyu miktarına göre derede meydana gelebilecek su seviyesi

Aylar	Q _{ort}	Q _e (m ³ /s)	h (m)	h (cm)
Ekim	0.34	0.10	0.27	26.63
Kasım	0.41	0.12	0.28	28.24

Tablo 17. (Devamı)

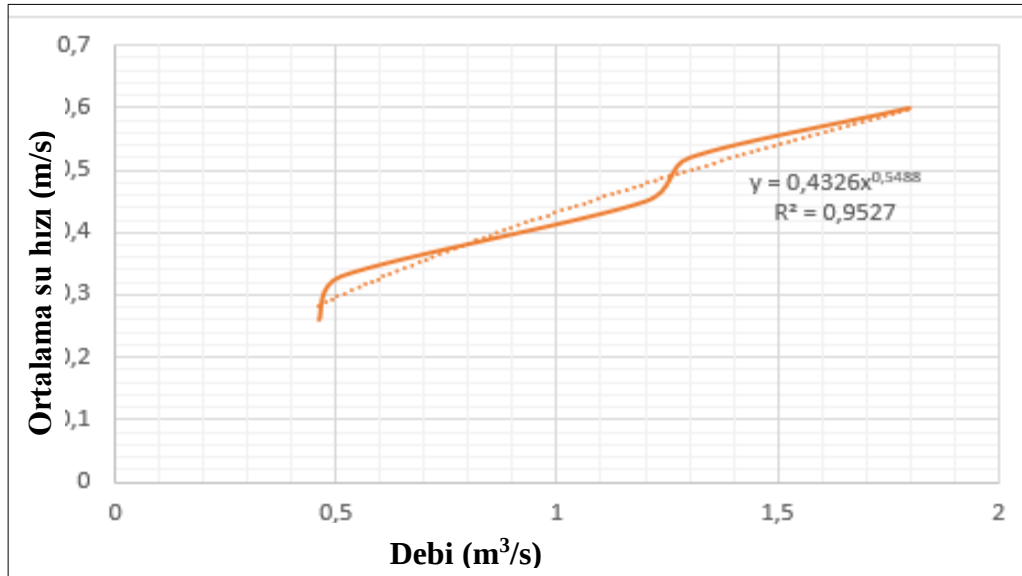
Aylar	Q _{ort}	Q _e (m ³ /s)	h (m)	h (cm)
Aralık	0.28	0.08	0.25	24.80
Ocak	0.21	0.06	0.23	22.61
Şubat	0.24	0.07	0.24	23.76
Mart	0.46	0.14	0.30	29.67
Nisan	1.31	0.39	0.41	41.19
Mayıs	1.80	0.54	0.46	45.72
Haziran	1.2	0.36	0.40	40.15
Temmuz	0.51	0.15	0.31	30.33
Ağustos	0.33	0.1	0.27	26.63
Eylül	0.27	0.08	0.25	24.80

DSİ 22-61 Altındere Ortaköy AGİ'ye ait ortalama hız ile ortalama debi değerleri Tablo 18'de gösterilmiştir.

Tablo 18. Dereiçi regülatörü ve HES'de bulunan DSİ 22-61 Altındere Ortaköy AGİ'ye ait ortalama hız- debi değerleri (CSB, 2012).

Q (m ³ /s)	Ortalama Hız (m/s)
0.46	0.26
0.51	0.33
1.20	0.45
1.30	0.52
1.80	0.60

Islak çevre yöntemine göre deredeki ortalama su hızı ile debi arasındaki ilişki aşağıda Şekil 41'de gösterilmiştir.



Şekil 41. Dereiçi regülatörü ve HES'de bulunan DSİ 22-61 Altındere Ortaköy AGİ'ye ait ortalama su hızı ile debi arasındaki ilişki

Şekil 41'den ortalama su hızı ile debi arasındaki matematiksel ilişki;

$V(m/s) = 0.4326 \cdot (Q_e)^{0.5488}$ şeklinde elde edilmiştir. Bu bağıntıdan yararlanarak DSİ 22-61 Altındere Ortaköy AGİ'de aylık bırakılması gereken can suyu miktarının DSİ 22-61 Altındere Ortaköy AGİ'de meydana getireceği su hızı aşağıda Tablo 19'da gösterilmiştir.

Tablo 19. Dereiçi regülatörü ve HES'de bulunan DSİ 22-61 Altındere-Ortaköy AGİ'de aylık hesaplanan can suyu miktarına göre dereye meydana gelebilecek su hızı

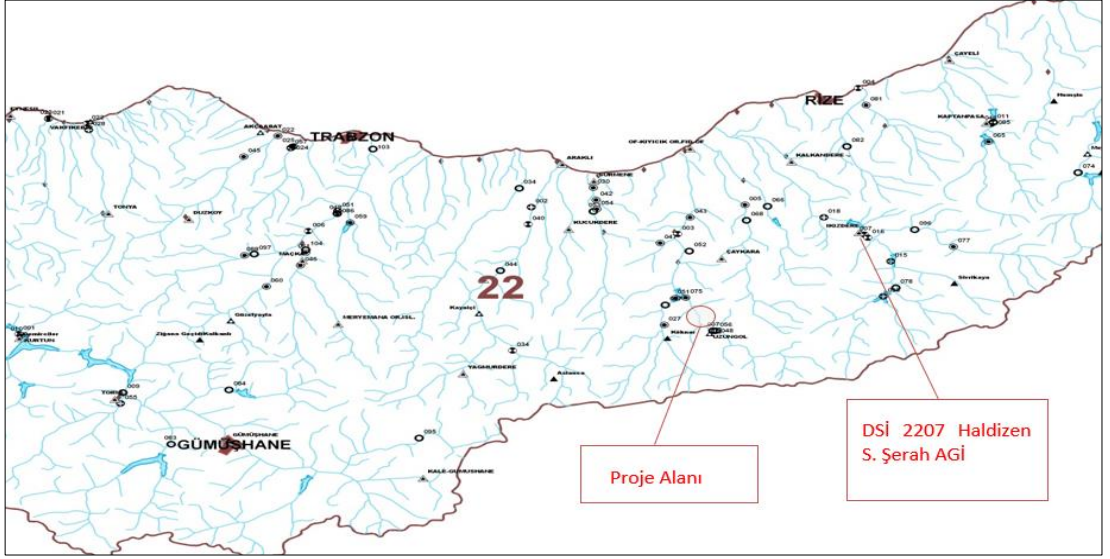
Aylar	Q _{ort}	Q _e (m ³ /s)	V (m/s)
Ekim	0.34	0.10	0.12
Kasım	0.41	0.12	0.13
Aralık	0.28	0.08	0.11
Ocak	0.21	0.06	0.09
Şubat	0.24	0.07	0.10
Mart	0.46	0.14	0.15
Nisan	1.31	0.39	0.26
Mayıs	1.80	0.54	0.31
Haziran	1.2	0.36	0.25
Temmuz	0.51	0.15	0.15
Ağustos	0.33	0.10	0.12
Eylül	0.27	0.08	0.11

3.2. Esentepe Regülatörü ve HES

Esentepe Regülatörü ve HES projesinde Devlet Su İşleri (DSİ) ve Elektrik İşleri Etüt (EİE) tarafından işletilen veya kapatılmış olan DSİ 22-57 Öğenedere Alçakköprü, DSİ 22-07 Haldizen S. Şerah ve EİE 2218 İyidere Şimşirliköprü AGİ olmak üzere üç adet AGİ bulunmaktadır. DSİ 22-57 Öğenedere Alçakköprü AGİ'nin eksik verilerinin tamamlanması için DSİ 22-07 Haldizen S. Şerah AGİ ve EİE 2218 İyidere Şimşirliköprü AGİ kullanılmıştır (DSİ, 2015). Aşağıda debi süreklilik indisleri yöntemi, düşük akış indisleri yöntemi için DSİ 22-57 Öğenedere Alçakköprü AGİ, ıslak çevre yönteminde Oğlaklı ve Irmak regülatörleri için; DSİ 22-07,22-57 ve EİE 2218 AGİ esas alınarak analiz yapılmıştır.

3.2.1. Esentepe Regülatörü ve HES'de Bulunan DSİ 22-07 Haldizen S. Şerah AGİ

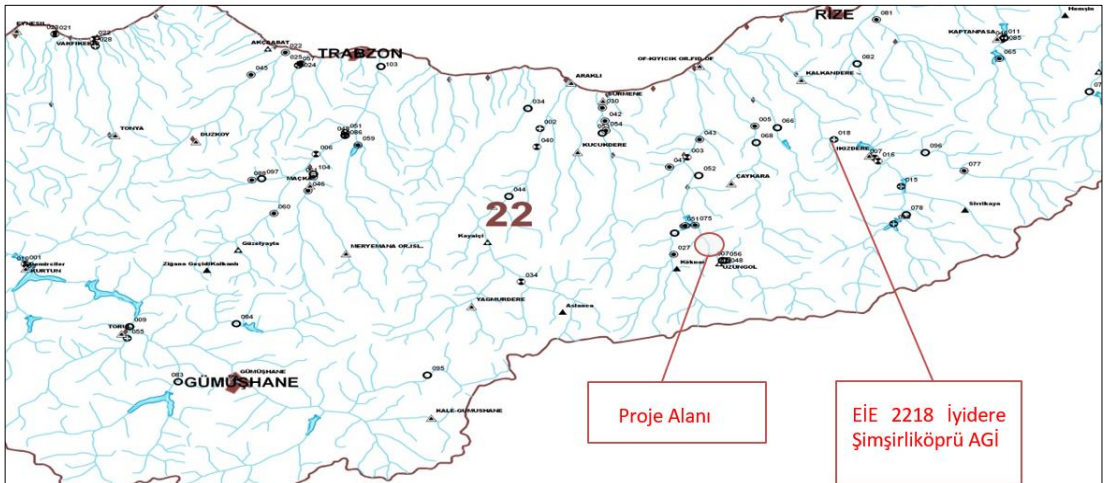
Haldizen Suyu üzerinde DSİ Genel Müdürlüğü tarafından işletilen bu AGİ, 1114 m kotunda olup, 154.70 km² yağış alanına sahiptir. 18.08.1965 tarihinde 40°37'K- 40°17'D koordinatlarında açılmış olup, 1968–2000 yılları arasında bulunan rasatları bu çalışmada kullanılmıştır. Bu periyot içinde bulunan 1968-1970, 1995 ve 1998 yıllarına ait rasatlar eksiktir. Şekil 42'de DSİ 22-07 Haldizen S. Şerah AGİ'nin hidrometeoroloji haritası üzerinde konumu gösterilmiştir (DSİ 2015).



Şekil 42. Esentepe regülatörü ve HES’de bulunan DSİ 22-07 Haldizen S. Şerah AGİ’nin konumu (DSİ, 2015).

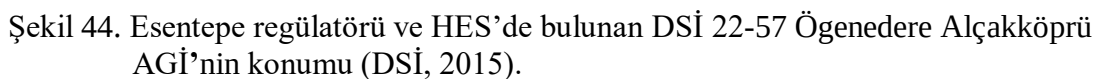
3.2.2. Esentepe Regülatörü ve HES’de Bulunan EİE 2218 İyidere Şimşirliköprü AGİ

İyidere üzerinde EİE Genel Müdürlüğü tarafından işletilen AGİ, $40^{\circ} 29' 39''$ D, $40^{\circ} 48' 50''$ K koordinatlarında ve 307 m kotunda, 25.09.1954 tarihinde EİE tarafından işletmeye açılmıştır. AGİ’nin 1968–2000 yılları arası gözlemleri EİE’den temin edilmiştir. AGİ’nin yağış alanı 834.9 km^2 dir. Şekil 43’te EİE 2218 İyidere Şimşirliköprü AGİ’nin hidrometeoroloji haritası üzerinde konumu gösterilmiştir (DSİ 2015).



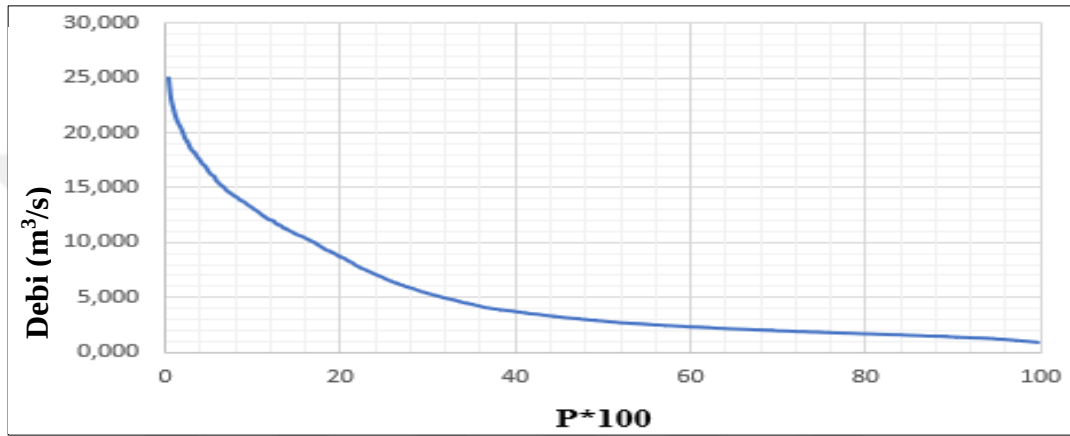
Şekil 43. Esentepe regülatörü ve HES’de bulunan EİE İyidere Şimşirliköprü AGİ’nin konumu (DSİ, 2015).

Ögene Deresi üzerinde DSİ Genel Müdürlüğü tarafından işletilen bu AGİ, 650 m kotunda olup, 242.60 km² yağış alanına sahiptir. 08.10.1978 tarihinde 40°40'K- 40°12'D koordinatlarında açılmıştır. Regülatör yerleri günlük akımlarının sağlıklı bir şekilde hesap edilebilmesi için proje alanına en yakın olması sebebiyle 22-57 no'lu AGİ' nin 1968 – 2008 yılları arasındaki rasatların kullanılmasına karar verilmiştir. Ancak DSİ'den temin edilen rasatlarda bu zaman dilimi içinde bulunan 1968-1970, 1995, 1998, 2001, 2002, 2003, 2009 ve 2010 yıllarına ait rasatlar eksiktir. Eksik yılların tamamlanması için yine DSİ tarafından işletilen bir başka AGİ olan 22-07 Haldizen S. – Şerah AGİ kullanılmıştır. Bu iki AGİ'nin korelasyonu yapılarak 22-57 no'lu AGİ'nin eksik yıllarının tamamlanması yoluna gidilmiştir. Ancak, 22-07 no'lu AGİ'nin 1968- 2013 gözlem periyodu içerisinde 1968-1970, 1995, 1998, 2001, 2002, 2003, 2009 ve 2010 yıllarına ait rasatları eksiktir. Bu eksik yılların tamamlanması için ise EİE tarafından işletilen 2218 İyidere- Şimşirli K. AGİ ve DSİ 22-53 Sürmenedere- Ortaköy AGİ kullanılmıştır. Şekil 44'te DSİ 22-57 Ögenedere Alçakköprü AGİ'nin hidrometeoroloji haritası üzerinde konumu gösterilmiştir (DSİ 2015).



3.2.3.1. Esentepe Regülatörü ve HES’de Bulunan DSİ 22-57 Ögenedere Alçakköprü AGİ’nin Debi Süreklilik Eğrisine Göre Hesaplanan Çevresel Akış Miktarları

DSİ 22-57 Ögenedere Alçakköprü AGİ’nin yıllara göre uzun dönem veri setinde bulunan tüm günlerin akım ortalama değerleri kullanılarak oluşturulan debi süreklilik çizgisi Şekil 45’te gösterilmiştir. Bu yöntemle göre yapılan hesapla zamanın %75’ine karşılık gelen debi değeri $1.75 \text{ m}^3/\text{s}$ ve zamanın %95’ine karşılık gelen debi değeri $1.15 \text{ m}^3/\text{s}$ olarak hesaplanmıştır.



Şekil 45. Esentepe regülatörü ve HES’de bulunan DSİ 22-57 Ögenedere Alçakköprü AGİ’nin debi süreklilik eğrisi

3.2.3.2. Esentepe Regülatörü ve HES’de Bulunan DSİ 22-57 Ögenedere Alçakköprü AGİ’nin Düşük Akış İndisleri (7Q₁₀) Yöntemine Göre Hesaplanan Çevresel Akış Miktarı

DSİ 22-57 Ögenedere Alçakköprü AGİ’de günlük akım değerleri tarih sırasına göre alt alta sıralanmıştır ve ardışık 7 günlük aritmetik ortalamaları alınmıştır. Aritmetik ortalamaları alındıktan sonra her yıla ait en düşük minimum akım değeri hesaplanmıştır. Yıllara ait minimum akım değerleri, sıklık faktörü (K), çarpıklık katsayısı (C_s), geri dönüş periyoduna bağlı parametre olan z değeri ve standart sapma ile birlikte Tablo 20’de verilmiştir.

Tablo 20. Esentepe regülatörü ve HES’de Bulunan DSİ 22-57 Ögenedere Alçakköprü AGİ’nin düşük akış indisleri (7Q₁₀) yöntemi analiz sonuçları

Yıl	Min Akım	ln Min Akım
1968	1.66	0.51
1969	0.92	-0.08
1970	1.12	0.11
1971	0.69	-0.37

Tablo 20. (Devamı)

Yıl	Min Akım	ln Min Akım
1972	0.11	-2.24
1973	2.53	0.93
1974	2.51	0.92
1975	2.18	0.78
1976	2.53	0.93
1977	1.65	0.50
1978	1.20	0.18
1979	0.76	-0.28
1980	1.53	0.43
1981	0.57	-0.56
1982	0.41	-0.89
1983	0.21	-1.56
1984	0.23	-1.47
1985	0.95	-0.05
1986	1.17	0.16
1987	1.00	0.00
1988	0.330	-1.11
1989	0.800	-0.22
1990	1.200	0.18
1991	1.190	0.17
1992	1.140	0.13
1993	1.420	0.35
1994	1.120	0.11
1995	1.210	0.19
1996	1.580	0.46
1997	1.590	0.46
1998	0.840	-0.17
1999	1.220	0.20
2000	0.523	-0.65
2001	0.430	-0.84
2002	0.363	-1.01
2003	0.691	-0.37
2004	0.741	-0.30
2005	0.986	-0,01
2006	0.109	-2,22
2007	0.46	-0,77
2008	0.65	-0,43
2011	0.13	-2,01
2012	0.43	-0,85
2013	0.41	-0,90
ln Min Ortalama		-0.27
Standart Sapma		0.79
C_s		-3.44
z		-1.28
K		-1.03
7Q₁₀(m³/s)		0.34

3.2.4. Esentepe Regülatörü ve HES İçin Islak Çevre Yöntemine Göre Hesaplanan Çevresel Akış Miktarı

Esentepe Regülatörü ve HES projesinde Oğlaklı ve Irmak regülatörleri için DSİ 22-07,22-57 ve EİE 2218 AGİ esas alınarak ayrı ayrı hesap yapılmıştır.

3.2.4.1. Oğlaklı Regülatörü'nde Islak Çevre Yöntemine Göre Hesaplanan Çevresel Akış Miktarı

Esentepe Regülatörü ve HES projesine ait Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'ndan elde edilen ÇED raporundan alınan DSİ 22-07,22-57 ve EİE 2218 AGİ'ye ait eşel en kesit parametreleri Tablo 21'de ve DSİ 22-07,22-57 ve EİE 2218 AGİ'nin gözlenen aylık ortalama akım verileri Tablo 22'de verilmiştir. Tablo 21'deki verilere göre her bir eşel seviyeye karşılık gelen debi/maksimum debi yani boyutsuz debi değerleri ve ıslak çevre/maksimum ıslak çevre yani boyutsuz ıslak çevre değerleri hesaplanmıştır. Eşel seviyeye karşılık gelen debi, ıslak çevre, maksimum debi, maksimum ıslak çevre, boyutsuz debi ve boyutsuz ıslak çevre değerleri Tablo 23'te boyutsuz debi-boyutsuz ıslak çevre eğrisi ise Şekil 46'da verilmiştir.

Tablo 21. Oğlaklı regülatöründe bulunan DSİ 22-07,22-57 ve EİE 2218 AGİ'ye ait eşel en kesit parametreleri (CSB, 2015).

Q (m ³ /s)	Eşel Seviye (m)	Alan (m ²)	Islak Çevre (m)	Ortalama Derinlik (m)
0.14	0.20	0.40	8.91	0.24
0.83	0.44	1.56	9.93	0.47
1.17	0.56	2.05	10.04	0.54
1.17	0.64	2.60	10.27	0.61
2.31	0.74	3.44	10.50	0.70
4.60	0.96	5.86	10.72	0.91
4.65	0.98	5.88	11.06	0.91
6.30	1.06	7.50	11.29	1.02
0.14	0.20	0.40	8.91	0.24

Tablo 22. Oğlaklı regülatöründe bulunan DSİ 22-07, 22-57 ve EİE 2218 AGİ'de gözlemlenen aylık ortalama akımlar (CSB, 2015).

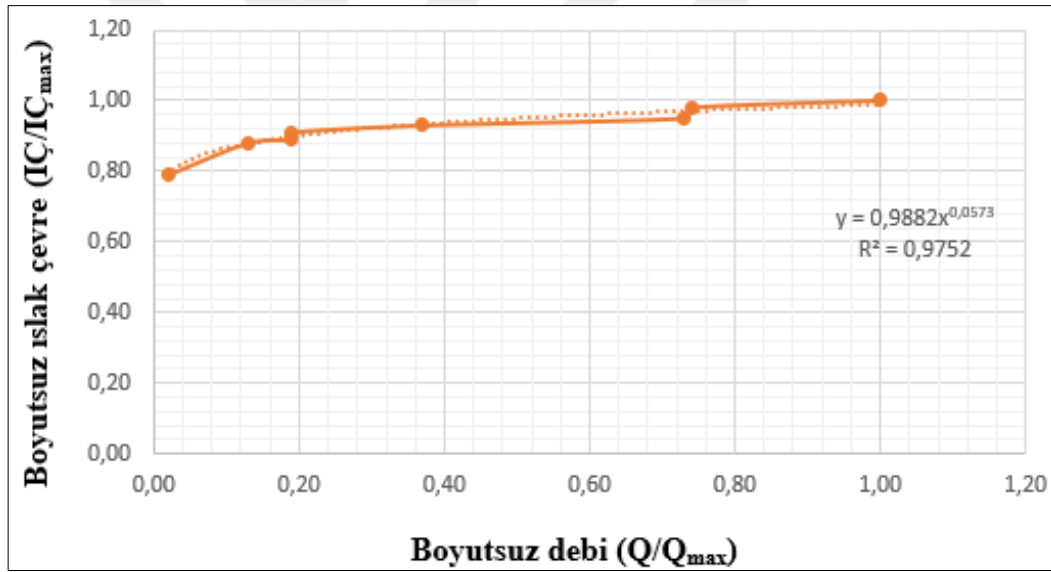
Aylar	Ortalama Debi (m ³ /s)
Ocak	0.83
Şubat	0.87
Mart	1.60
Nisan	4.65
Mayıs	6.30
Haziran	4.60
Temmuz	2.31
Ağustos	1.21

Tablo 22. (Devamı)

Aylar	Ortalama Debi (m ³ /s)
Eylül	0.91
Ekim	1.40
Kasım	1.61
Aralık	1.17

Tablo 23. Oğlaklı regülatöründe bulunan DSİ 22-07, 22-57 ve EİE 2218 AGİ'ye ait boyutsuz debi-boyutsuz ıslak çevre değerleri

Boyutsuz Debi (Q/Q _{max})	Q (m ³ /s)	Alan (m ²)	Islak Çevre (m)	Boyutsuz Islak Çevre (İÇ/İÇ _{max})
0.02	0.14	0.40	8.91	0.79
0.13	0.83	1.56	9.93	0.88
0.19	1.17	2.05	10.04	0.89
0.19	1.17	2.60	10.27	0.91
0.37	2.31	3.44	10.50	0.93
0.73	4.60	5.86	10.72	0.95
0.74	4.65	5.88	11.06	0.98
1.00	6.30	7.50	11.29	1.00



Şekil 46. Oğlaklı regülatöründe bulunan DSİ 22-07, 22-57 ve EİE 2218 AGİ'ye ait ıslak çevre debi arasındaki ilişki

Şekil 46'dan boyutsuz debi ile boyutsuz ıslak çevre arasındaki matematiksel ilişki; $İÇ/İÇ_{max} = 0.9882 \cdot (Q/Q_{max})^{0.0573}$ şeklinde elde edilmiştir. Denklemin boyutsuz debi değerine göre birinci türevinin 1'e eşitlenmesi ile kırılma noktasına karşılık gelen boyutsuz debi değeri yaklaşık olarak 0.048 olarak hesaplanmıştır. Yapılan bu analiz sonucunda DSİ 22-07, 22-57 ve EİE 2218 AGİ'ye bırakılması gereken aylık ekolojik veya can suyu miktarı Q_e , yüzde (%) ve m³/s, kullanılabilecek aylık su miktarı $Q_{ort}-Q_e$ m³/s olarak aşağıda Tablo 24'te gösterilmektedir.

Tablo 24. Oğlaklı regülatöründe bulunan DSİ 22-07, 22-57 ve EİE 2218 AGİ için hesaplanan can suyu miktarı (m³/s)

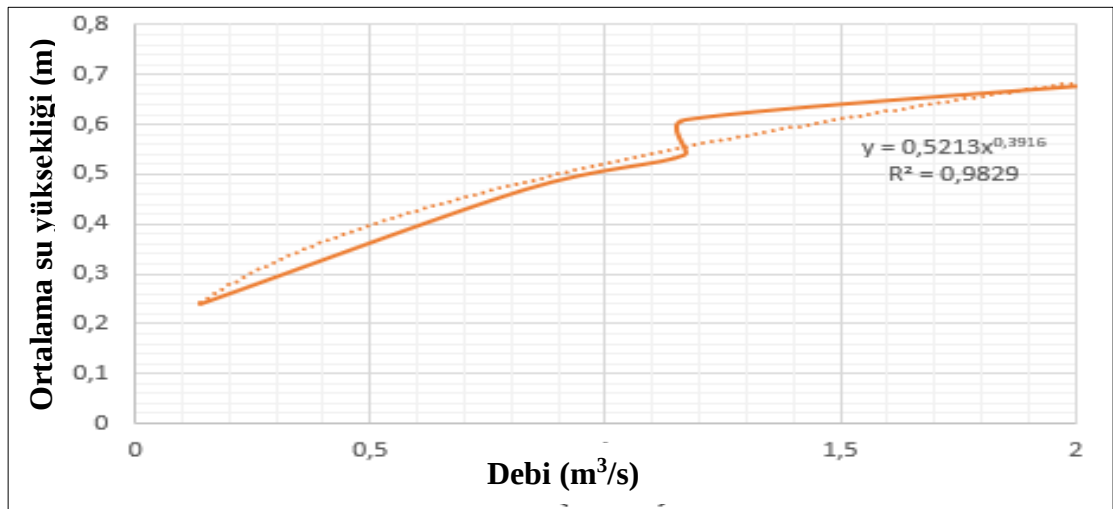
Aylar	Q _{ort}	Q _e (m ³ /s)	Q _e (%)	Q _{ort} - Q _e
Ekim	1.40	0.07	4.8	1.33
Kasım	1.61	0.08	4.8	1.53
Aralık	1.17	0.06	4.8	1.11
Ocak	0.83	0.04	4.8	0.79
Şubat	0.87	0.04	4.8	0.83
Mart	1.60	0.08	4.8	1.52
Nisan	4.65	0.22	4.8	4.43
Mayıs	6.30	0.30	4.8	6
Haziran	4.60	0.22	4.8	4.38
Temmuz	2.31	0.11	4.8	2.20
Ağustos	1.21	0.06	4.8	1.15
Eylül	0.91	0.04	4.8	0.87

Oğlaklı regülatörüne ait ortalama su yüksekliği ile debi değerleri Tablo 25'te gösterilmiştir.

Tablo 25. Oğlaklı regülatörüne ait ortalama su yüksekliği-ortalama debi değerleri (CSB, 2015).

Q (m ³ /s)	Ortalama Su Yüksekliği (m)
0.14	0.24
0.83	0.47
1.17	0.54
1.17	0.61
2.31	0.70

Islak çevre yöntemine göre ortalama su yüksekliği ile debi arasındaki ilişki aşağıda Şekil 47'de gösterilmiştir.



Şekil 47. Oğlaklı regülatörü ve HES ortalama su derinliği ile debi arasındaki ilişki

Şekil 47’den su seviyesi ile debi arasındaki matematiksel ilişki;
Derinlik (m) = $0.5213 \cdot (Q_e)^{0.3916}$ şeklinde elde edilmiştir. Bu bağıntıdan yararlanarak
Oğlaklı regülatöründe aylık bırakılması gereken can suyu miktarının Oğlaklı
regülatöründe meydana getireceği su seviyesi aşağıda Tablo 26’da gösterilmiştir.

Tablo 26. Oğlaklı regülatörü için aylık hesaplanan can suyu miktarına göre derede
meydana gelebilecek su seviyesi

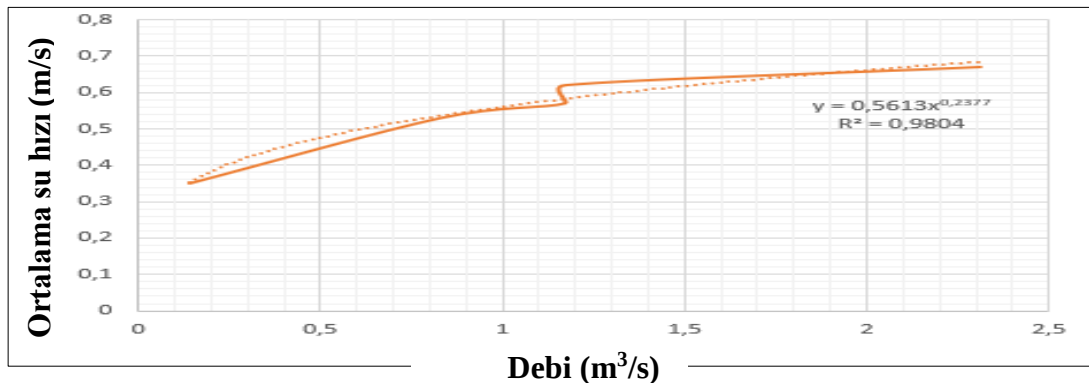
Aylar	Q_{ort}	Q_e (m ³ /s)	h (m)	h (cm)
Ekim	1.40	0.07	0.18	18.40
Kasım	1.61	0.08	0.19	19.39
Aralık	1.17	0.06	0.17	17.32
Ocak	0.83	0.04	0.15	14.78
Şubat	0.87	0.04	0.15	14.78
Mart	1.60	0.08	0.19	19.39
Nisan	4.65	0.22	0.29	28.81
Mayıs	6.30	0.30	0.32	32.53
Haziran	4.60	0.22	0.29	28.81
Temmuz	2.31	0.11	0.22	21.96
Ağustos	1.21	0.06	0.17	17.32
Eylül	0.91	0.04	0.15	14.78

Oğlaklı regülatörüne ait ortalama hız ile debi değerleri Tablo 27’de gösterilmiştir.

Tablo 27. Oğlaklı regülatörüne ait ortalama hız ile debi değerleri (CSB, 2015).

Q (m ³ /s)	Ortalama Hız (m/s)
0.14	0.35
0.83	0.53
1.17	0.57
1.17	0.62
2.31	0.67

Islak çevre yöntemine göre deredeki ortalama su hızı ile debi arasındaki ilişki
aşağıda Şekil 48’de gösterilmiştir.



Şekil 48. Oğlaklı regülatörüne ait ortalama su hızı ile debi arasındaki ilişki

Şekil 48'den ortalama su hızı ile debi arasındaki matematiksel ilişki;

$V(m/s) = 0.5613 \cdot (Q_e)^{0.2377}$ şeklinde elde edilmiştir. Bu bağıntıdan yararlanarak Oğlaklı regülatöründe aylık bırakılması gereken can suyu miktarının Oğlaklı regülatöründe meydana getireceği su hızı aşağıda Tablo 28'de gösterilmiştir.

Tablo 28. Oğlaklı regülatörü için aylık hesaplanan can suyu miktarına göre derede meydana gelebilecek su hızı

Aylar	Q _{ort}	Q _e (m ³ /s)	V (m/s)
Ekim	1.40	0.07	0.30
Kasım	1.61	0.08	0.31
Aralık	1.17	0.06	0.29
Ocak	0.83	0.04	0.26
Şubat	0.87	0.04	0.26
Mart	1.60	0.08	0.31
Nisan	4.65	0.22	0.39
Mayıs	6.30	0.30	0.42
Haziran	4.60	0.22	0.39
Temmuz	2.31	0.11	0.33
Ağustos	1.21	0.06	0.29
Eylül	0.91	0.04	0.26

3.2.4.2. Irmak Regülatörü Islak Çevre Yöntemine Göre Hesaplanan Çevresel Akış Miktarı

Esentepe Regülatörü ve HES projesine ait Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'ndan elde edilen ÇED raporundan alınan DSİ 22-07,22-57 ve EİE 2218 AGİ'ye ait eşel en kesit parametreleri Tablo 29'da ve DSİ 22-07,22-57 ve EİE 2218 AGİ'nin gözlenen aylık ortalama akım verileri Tablo 30'da verilmiştir. Tablo 29'daki verilere göre her bir eşel seviyeye karşılık gelen debi/maksimum debi yani boyutsuz debi değerleri ve ıslak çevre/maksimum ıslak çevre yani boyutsuz ıslak çevre değerleri hesaplanmıştır. Eşel seviyeye karşılık gelen debi, ıslak çevre, maksimum debi, maksimum ıslak çevre, boyutsuz debi ve boyutsuz ıslak çevre değerleri Tablo 31 'de boyutsuz debi-boyutsuz ıslak çevre eğrisi ise Şekil 49'da verilmiştir.

Tablo 29. Irmak regülatöründe bulunan DSİ 22-07, 22-57 ve EİE 2218 AGİ'ye ait eşel en kesit parametreleri (CSB, 2015).

Q (m ³ /s)	Eşel Seviye (m)	Alan (m ²)	Islak Çevre (m)	Ortalama Derinlik (m)
0.12	0.20	0.35	10.74	0.22
0.74	0.44	1.45	11.39	0.45
1.27	0.56	2.19	11.52	0.55
1.45	0.60	2.41	11.78	0.59
2.09	0.70	3.21	12.04	0.67

Tablo 29. (Devamı)

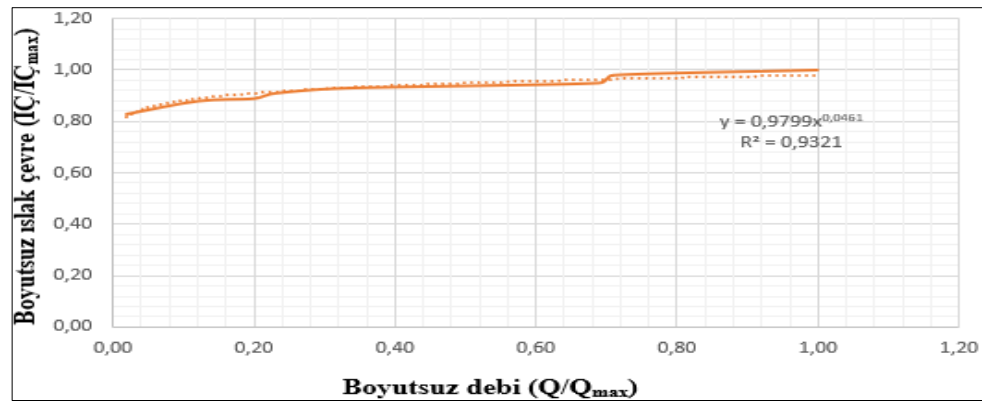
Q (m ³ /s)	Eşel Seviye (m)	Alan (m ²)	Islak Çevre (m)	Ortalama Derinlik (m)
4.33	0.90	5.69	12.30	0.89
4.46	0.94	5.76	12.69	0.90
6.26	1.08	6.07	12.95	1.03

Tablo 30. Irmak regülatöründe bulunan DSİ 22-07, 22-57 ve EİE 2218 AGİ’de gözlemlenen aylık ortalama akımlar (CSB, 2015).

Aylar	Ortalama Debi (m ³ /s)
Ocak	0.74
Şubat	0.79
Mart	1.44
Nisan	4.46
Mayıs	6.26
Haziran	4.33
Temmuz	2.09
Ağustos	1.09
Eylül	0.84
Ekim	1.27
Kasım	1.45
Aralık	1.04

Tablo 31. Irmak regülatöründe bulunan DSİ 22-07, 22-57 ve EİE 2218 AGİ’ye ait boyutsuz debi-boyutsuz ıslak çevre değerleri

Boyutsuz Debi(Q/Q _{max})	Q (m ³ /s)	Alan (m ²)	Islak Çevre (m)	Boyutsuz Islak Çevre (İÇ/İÇ _{max})
0.02	0.12	0.35	10.74	0.83
0.12	0.74	1.45	11.39	0.88
0.20	1.27	2.19	11.52	0.89
0.23	1.45	2.41	11.78	0.91
0.33	2.09	3.21	12.04	0.93
0.69	4.33	5.69	12.30	0.95
0.71	4.46	5.76	12.69	0.98
1.00	6.26	6.07	12.95	1.00



Şekil 49. Irmak regülatöründe bulunan DSİ 22-07, 22-57 ve EİE 2218 AGİ’ye ait boyutsuz ıslak çevre boyutsuz debi arasındaki ilişki

Şekil 49'dan boyutsuz debi ile boyutsuz ıslak çevre arasındaki matematiksel ilişki; $IÇ/IÇ_{\max} = 0.9799 \cdot (Q/Q_{\max})^{0.0461}$ şeklinde elde edilmiştir. Denklemin boyutsuz debi değerine göre birinci türevinin 1'e eşitlenmesi ile kırılma noktasına karşılık gelen boyutsuz debi değeri yaklaşık olarak 0.039 olarak hesaplanmıştır. Yapılan bu analiz sonucunda DSİ 2207, 2257 ve EİE 2218 AGİ'ye bırakılması gereken aylık ekolojik veya can suyu miktarı Q_e , yüzde (%) ve m^3/s , kullanılabilecek aylık su miktarı $Q_{ort}-Q_e$ m^3/s olarak aşağıda Tablo 32'de gösterilmektedir.

Tablo 32. Irmak regülatöründe bulunan DSİ 2207, 2257 ve EİE 2218 AGİ'ye ait hesaplanan can suyu miktarı (m^3/s)

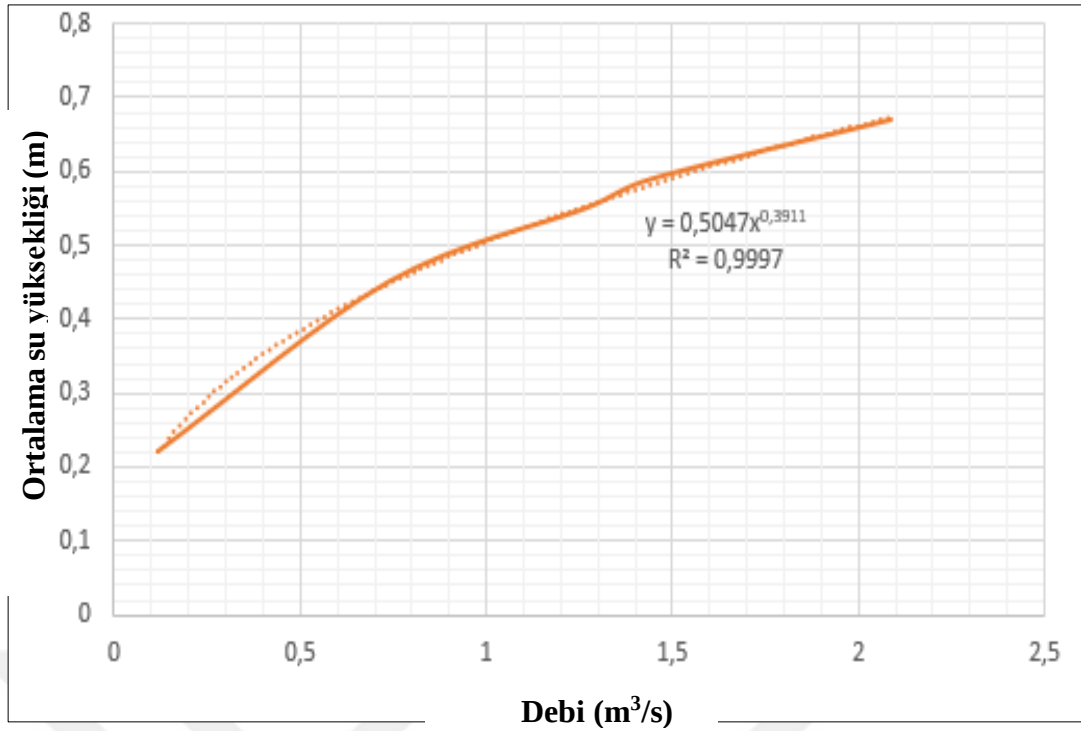
Aylar	Q_{ort}	Q_e (m^3/s)	Q_e (%)	$Q_{ort} - Q_e$
Ekim	1.27	0.05	3.9	1.22
Kasım	1.45	0.06	3.9	1.39
Aralık	1.04	0.04	3.9	1.00
Ocak	0.74	0.03	3.9	0.71
Şubat	0.79	0.03	3.9	0.76
Mart	1.44	0.06	3.9	1.38
Nisan	4.46	0.17	3.9	4.29
Mayıs	6.26	0.24	3.9	6.02
Haziran	4.33	0.17	3.9	4.16
Temmuz	2.09	0.08	3.9	2.01
Ağustos	1.09	0.04	3.9	1.05
Eylül	0.84	0.03	3.9	0.81

Irmak regülatörüne ait ortalama su yüksekliği ile debi değerleri Tablo 33'te gösterilmiştir.

Tablo 33. Irmak regülatörüne ait ortalama su yüksekliği-ortalama debi değerleri (CSB, 2015).

Q (m^3/s)	Ortalama Su Yüksekliği (m)
0.12	0.22
0.74	0.45
1.27	0.55
1.45	0.59
2.09	0.67

Islak çevre yöntemine göre ortalama su yüksekliği ile debi arasındaki ilişki aşağıda Şekil 50'de gösterilmiştir.



Şekil 50. Irmak regülatörü ve HES ortalama su derinliği ile debi arasındaki ilişki

Şekil 50’den su seviyesi ile debi arasındaki matematiksel ilişki;

Derinlik (m) = $0.5047 \cdot (Q_e)^{0.3911}$ şeklinde elde edilmiştir. Bu bağıntıdan yararlanarak Irmak regülatöründe aylık bırakılması gereken can suyu miktarının Irmak regülatöründe meydana getireceği su seviyesi aşağıda Tablo 34’te gösterilmiştir.

Tablo 34. Irmak regülatörü için aylık hesaplanan can suyu miktarına göre derede meydana gelebilecek su seviyesi

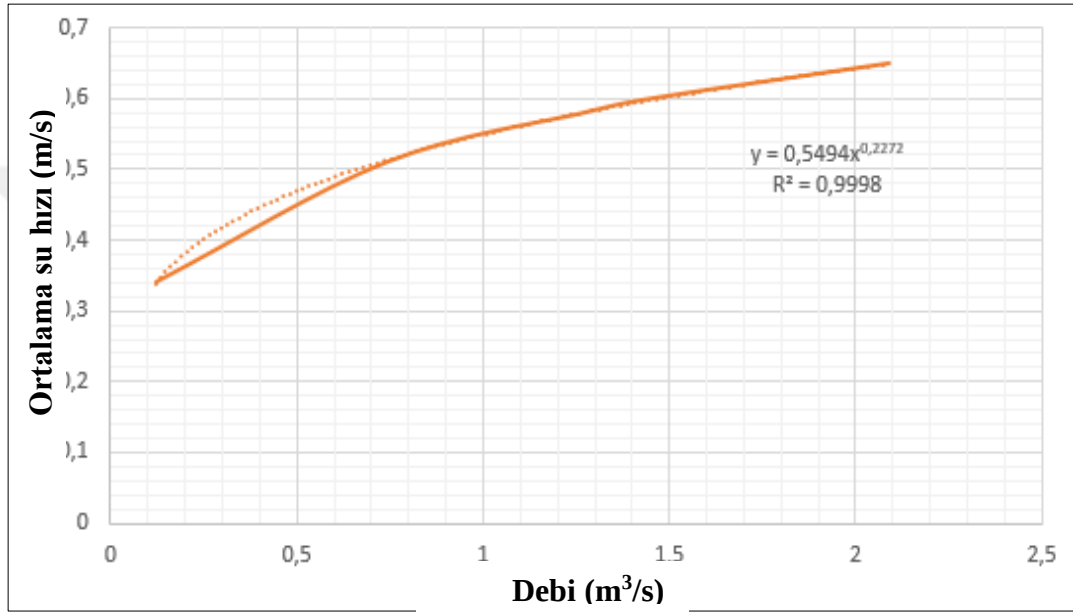
Aylar	Q_{ort}	Q_e (m³/s)	h (m)	h (cm)
Ekim	1.27	0.05	0.16	15.64
Kasım	1.45	0.06	0.17	16.79
Aralık	1.04	0.04	0.14	14.33
Ocak	0.74	0.03	0.13	12.81
Şubat	0.79	0.03	0.13	12.81
Mart	1.44	0.06	0.17	16.79
Nisan	4.46	0.17	0.25	25.24
Mayıs	6.26	0.24	0.29	28.88
Haziran	4.33	0.17	0.25	25.24
Temmuz	2.09	0.08	0.19	18.79
Ağustos	1.09	0.04	0.14	14.33
Eylül	0.84	0.03	0.13	12.81

Irmak regülatörüne ait ortalama hız ile debi değerleri Tablo 35’te gösterilmiştir.

Tablo 35. Irmak regülatörü ortalama hız ile debi değerleri (CSB, 2015).

Q (m ³ /s)	Ortalama Hız (m/s)
0.12	0.34
0.74	0.51
1.27	0.58
1.45	0.60
2.09	0.65

Islak çevre yöntemine göre deredeki ortalama su hızı ile debi arasındaki ilişki aşağıda Şekil 51’de gösterilmiştir.



Şekil 51. Irmak regülatörü ortalama su hızı ile debi arasındaki ilişki

Şekil 51’den ortalama su hızı ile debi arasındaki matematiksel ilişki;

$V(\text{m/s}) = 0.5494 \cdot (Q_e)^{0.2272}$ şeklinde elde edilmiştir. Bu bağıntıdan yararlanarak Irmak regülatöründe aylık bırakılması gereken can suyu miktarının Irmak regülatöründe meydana getireceği su hızı aşağıda Tablo 36’da gösterilmiştir.

Tablo 36. Irmak regülatörü için aylık hesaplanan can suyu miktarına göre dereye meydana gelebilecek su hızı

Aylar	Q _{ort}	Q _e (m ³ /s)	V (m/s)
Ekim	1.27	0.05	0.28
Kasım	1.45	0.06	0.29
Aralık	1.04	0.04	0.26
Ocak	0.74	0.03	0.25
Şubat	0.79	0.03	0.25
Mart	1.44	0.06	0.29
Nisan	4.46	0.17	0.37
Mayıs	6.26	0.24	0.40

Tablo 36. (Devamı)

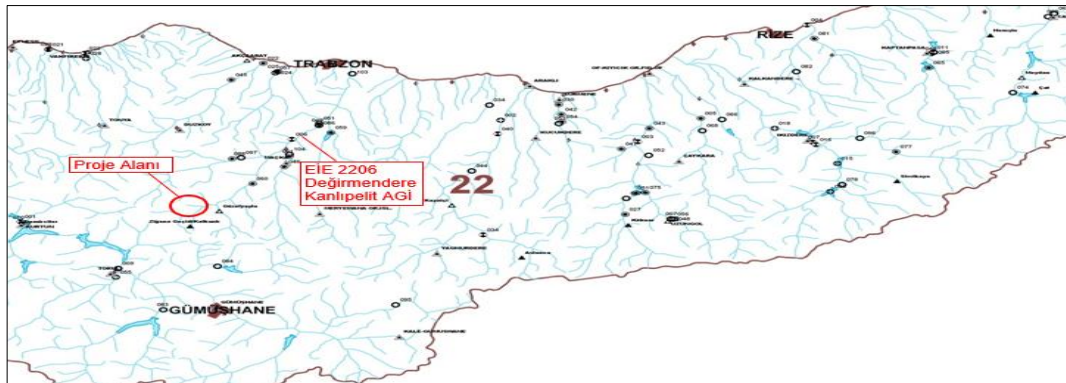
Aylar	Q _{ort}	Q _e (m ³ /s)	V (m/s)
Haziran	4.33	0.17	0.37
Temmuz	2.09	0.08	0.31
Ağustos	1.09	0.04	0.26
Eylül	0.84	0.03	0.25

3.3. Karakaya Regülatörü ve HES

Karakaya Regülatörü ve HES projesinde Devlet Su işleri (DSİ) ve Elektrik İşler Etüt (EİE) tarafından işletilen veya kapatılmış olan DSİ 2259 Kalyondere Çiftdere, DSİ 22-60 Değirmendere Kiremitli ve EİE 2206 Değirmendere Kanlıpelit AGİ olmak üzere üç adet AGİ bulunmaktadır. DSİ 22-60 Değirmendere Kiremitli AGİ'nin eksik verilerinin tamamlanması için DSİ 22-59 Kalyondere Çiftdere AGİ ve EİE 2206 Değirmendere Kanlıpelit AGİ kullanılmıştır (DSİ, 2010). Aşağıda debi süreklilik indisleri yöntemi ve düşük akış indisleri yöntemi için DSİ 22-59 Kalyondere Çiftdere AGİ, EİE 2206 Değirmendere Kanlıpelit AGİ, DSİ 22-60 Değirmendere Kiremitli AGİ esas alınarak analiz yapılmıştır. Islak Çevre Yönteminde ise; Karakaya Regülatörü ve HES projesinde bulunan Haranoy Regülatörü, Karakaya Regülatörü ve Karahava Regülatörü için ayrı ayrı hesap yapılmıştır.

3.3.1. Karakaya Regülatörü ve HES'de Bulunan EİE 2206 Değirmendere Kanlıpelit AGİ

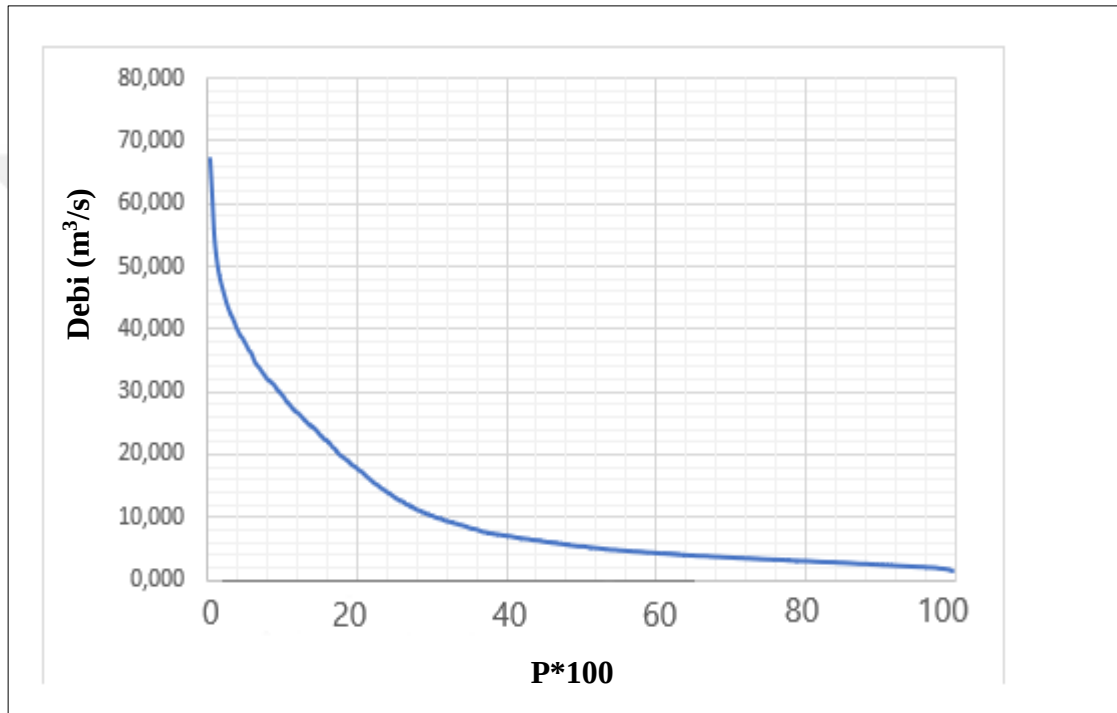
EİE Genel Müdürlüğü tarafından işletilen AGİ, 39° 37' 54" D- 40° 50' 10" K koordinatlarında ve 257 m kotundadır. AGİ'nin 1967–1989 yılları arası gözlemleri EİE'den temin edilmiştir. AGİ'nin yağış alanı 708 km² dir. Şekil 52'de EİE 2206 Değirmendere Kanlıpelit AGİ'nin hidrometeoroloji haritası üzerinde konumu gösterilmiştir (DSİ 2010).



Şekil 52. Karakaya regülatörü ve HES'de bulunan EİE 2206 Değirmendere Kanlıpelit AGİ'nin konumu (DSİ, 2010).

3.3.1.1. Karakaya Regülatörü ve HES’de Bulunan EİE 2206 Değirmendere Kanlıpelit AGİ’nin Debi Süreklilik Eğrisine Göre Hesaplanan Çevresel Akış Miktarları

EİE 2206 Değirmendere Kanlıpelit AGİ’nin yıllara göre uzun dönem veri setinde bulunan tüm günlerin akım ortalama değerleri kullanılarak oluşturulan debi süreklilik çizgisi Şekil 53’te gösterilmiştir. Bu yöntemle göre yapılan hesaplama zamanın %75’ine karşılık gelen debi değeri 3.44 m³/s ve zamanın %95’ine karşılık gelen debi değeri 2.27 m³/s olarak hesaplanmıştır.



Şekil 53. Karakaya regülatörü ve HES’de bulunan EİE 2206 Değirmendere Kanlıpelit AGİ’nin debi süreklilik eğrisi

3.3.1.2. Karakaya Regülatörü ve HES’de Bulunan EİE 2206 Değirmendere Kanlıpelit AGİ’nin Düşük Akış İndisleri (7Q₁₀) Yöntemine Göre Hesaplanan Çevresel Akış Miktarı

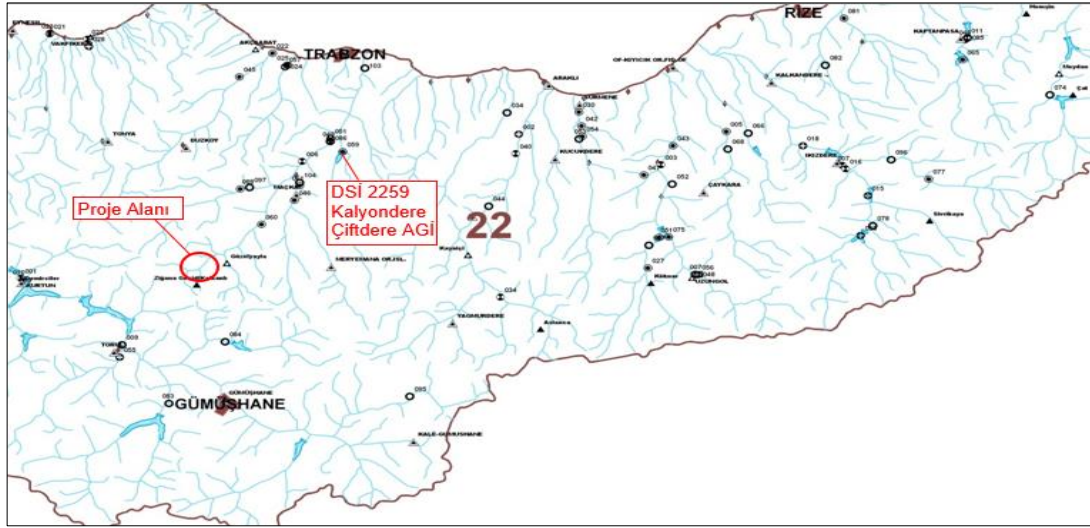
EİE 2206 Değirmendere Kanlıpelit AGİ’de günlük akım değerleri tarih sırasına göre alt alta sıralanmıştır ve ardışık 7 günlük aritmetik ortalamaları alınmıştır. Aritmetik ortalamaları alındıktan sonra her yıla ait en düşük minimum akım değeri hesaplanmıştır. Yıllara ait minimum akım değerleri, sıklık faktörü (K), çarpıklık katsayısı (C_s), geri dönüş periyoduna bağlı parametre olan z değeri ve standart sapma ile birlikte Tablo 37’de verilmiştir.

Tablo 37. Karakaya regülatörü ve HES’de bulunan EİE 2206 Değirmendere Kanlıpelit AGİ’nin düşük akış indisleri (7Q₁₀) yöntemi analiz sonuçları

Yıl	Min Akım	ln Min Akım
1967	1.45	0.37
1968	2.97	1.09
1969	2.17	0.77
1970	2.46	0.90
1971	2.38	0.87
1972	2.66	0.98
1973	2.28	0.82
1974	2.44	0.89
1975	1.60	0.47
1976	2.12	0.75
1977	2.00	0.69
1978	1.88	0.63
1979	1.60	0.47
1980	2.04	0.71
1981	1.93	0.66
1982	1.60	0.47
1983	1.94	0.66
1984	2.13	0.76
1985	1.62	0.48
1986	1.63	0.49
1987	2.530	0.93
1988	2.360	0.86
1989	1.960	0.67
ln Min Ortalama		0.71
Standart Sapma		0.19
C _s		-0.11
z		-1.28
K		-1.29
7Q ₁₀ (m ³ /s)		1.60

3.3.2. Karakaya Regülatörü ve HES’de Bulunan DSİ 22-59 Kalyondere Çiftidere AGİ

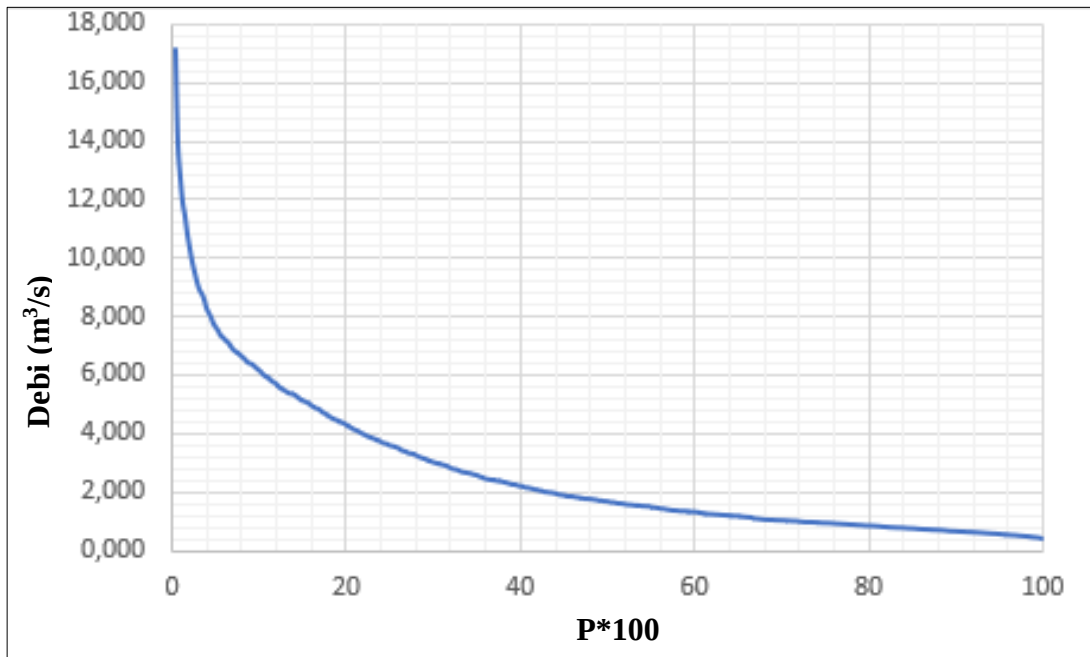
DSİ Genel Müdürlüğü tarafından işletilen AGİ, 39° 42' D- 40° 50' K koordinatlarında ve 250 m kotundadır. AGİ’nin 1980-1985 ve 1987-2006 yıllarına ait akım verileri bulunmaktadır. AGİ’nin yağış alanı 121.50 km² dir. Şekil 54’te DSİ 22-59 Kalyondere Çiftidere AGİ’nin hidrometeoroloji haritası üzerinde konumu gösterilmiştir (DSİ 2010).



Şekil 54. Karakaya regülatörü ve HES’de bulunan DSİ 22-59 Kalyondere Çiftidere AGİ’nin konumu (DSİ, 2010).

3.3.2.1. Karakaya Regülatörü ve HES’de Bulunan DSİ 22-59 Kalyondere-Çiftidere AGİ’nin Debi Süreklilik Eğrisine Göre Hesaplanan Çevresel Akış Miktarları

DSİ 22-59 Kalyondere Çiftidere AGİ’nin yıllara göre uzun dönem veri setinde bulunan tüm günlerin akım ortalama değerleri kullanılarak oluşturulan debi süreklilik çizgisi Şekil 55’te gösterilmiştir. Bu yöntemle yapılan hesapla zamanın %75’ine karşılık gelen debi değeri $0.93 \text{ m}^3/\text{s}$ ve zamanın %95’ine karşılık gelen debi değeri $0.54 \text{ m}^3/\text{s}$ olarak hesaplanmıştır.



Şekil 55. Karakaya regülatörü ve HES’de bulunan DSİ 22-59 Kalyondere Çiftidere AGİ’nin debi süreklilik eğrisi

3.3.2.2. Karakaya Regülatörü ve HES’de Bulunan DSİ 22-59 Kalyondere Çiftidere AGİ’nin Düşük Akış İndisleri (7Q₁₀) Yöntemine Göre Hesaplanan Çevresel Akış Miktarı

DSİ 22-59 Kalyondere Çiftidere AGİ’de günlük akım değerleri tarih sırasına göre alt alta sıralanmıştır ve ardışık 7 günlük aritmetik ortalamaları alınmıştır. Aritmetik ortalamaları alındıktan sonra her yıla ait en düşük minimum akım değeri hesaplanmıştır. Yıllara ait minimum akım değerleri, sıklık faktörü (K), çarpıklık katsayısı (C_s), geri dönüş periyoduna bağlı parametre olan z değeri ve standart sapma ile birlikte Tablo 38’de verilmiştir.

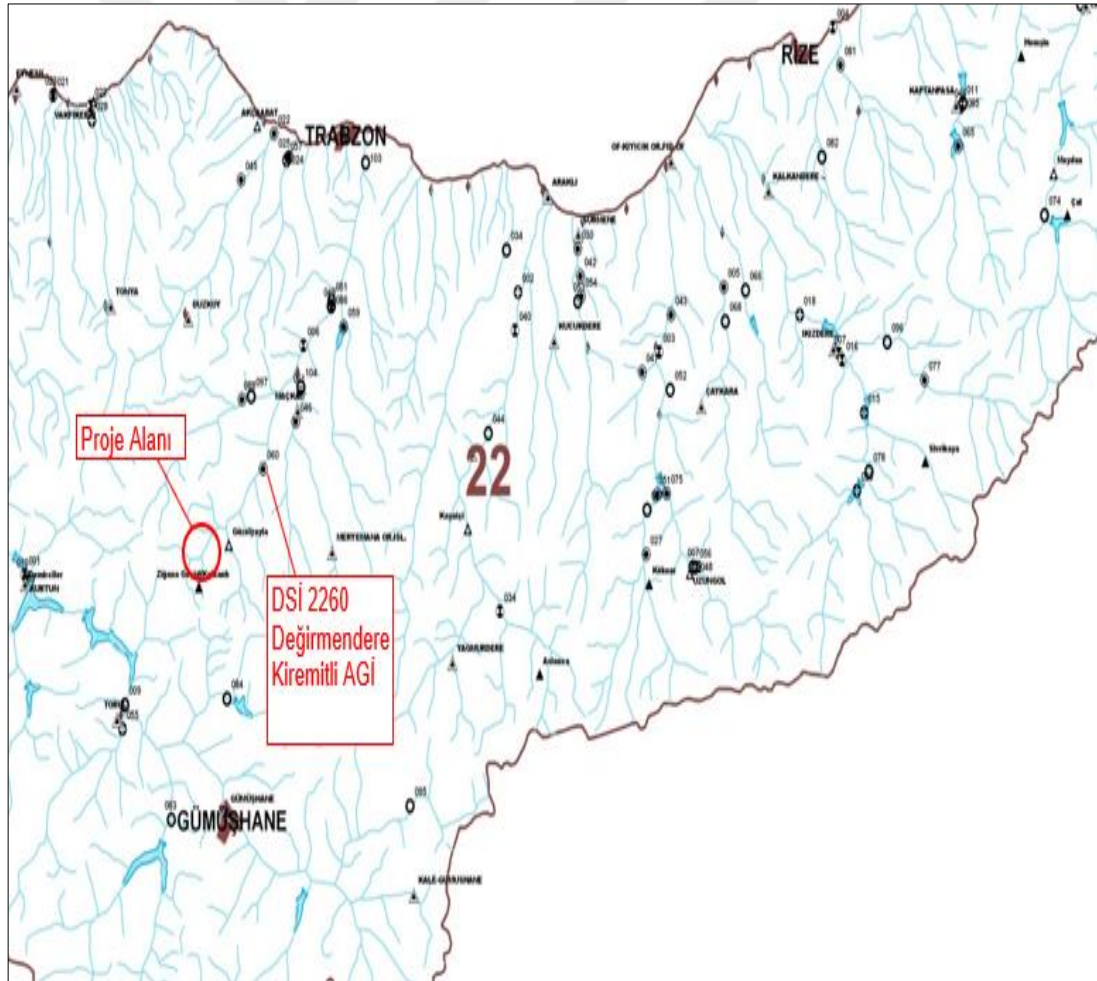
Tablo 38. Karakaya regülatörü ve HES’de bulunan DSİ 22-59 Kalyondere Çiftidere AGİ’nin düşük akış indisleri (7Q₁₀) yöntemi analiz sonuçları

Yıl	Min Akım	ln Min Akım
1980	0.52	-0.65
1981	0.52	-0.65
1982	0.63	-0.46
1983	0.58	-0.54
1984	0.33	-1.11
1985	0.28	-1.27
1987	0.25	-1.39
1988	0.81	-0.21
1989	0.59	-0.53
1990	0.59	-0.53
1991	0.34	-1.08
1992	0.52	-0.65
1993	0.50	-0.69
1994	0.39	-0.94
1995	0.36	-1.02
1996	0.72	-0.33
1997	0.63	-0.46
1998	0.39	-0.94
1999	0.45	-0.80
2000	0.56	-0.58
2001	0.379	-0.97
2002	0.450	-0.80
2003	0.503	-0.69
2004	0.514	-0.66
2005	0.400	-0.92
2006	1.211	0.19
ln Min Ortalama		-0.72
Standart Sapma		0.34
C _s		1.16
z		-1.28
K		-1.09
7Q ₁₀ (m ³ /s)		0.34

3.3.3. Karakaya Regülatörü ve HES’de Bulunan DSİ 22-60 Değirmendere Kiremitli AGİ

DSİ Genel Müdürlüğü tarafından işletilen 39° 34' D- 40° 46' K koordinatlarında ve 550 m kotundadır. AGİ’nin yağış alanı 185,90 km² dir. AGİ’nin 1980-1985 akım verileri bulunmaktadır. Ancak projede bu AGİ’nin akım verilerini kullanabilecek bir döneme uzatabilmek için EİE 2206 Değirmendere- Kanlıpelit AGİ akımları ile korelasyon yapılarak uzatılmasına karar verilmiştir.

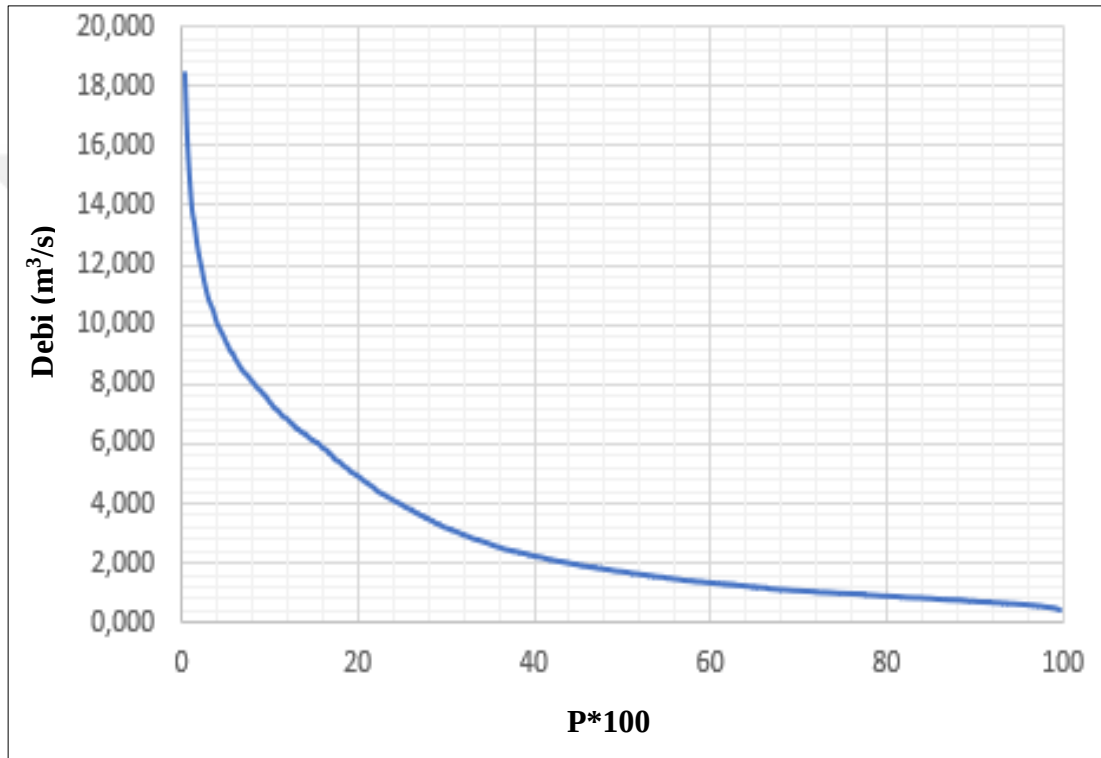
Ancak EİE 2206 AGİ’nin de 1951-1989 yıllarını kapsayan 39 yıllık akım kaydı bulunmaktadır ve güncel akım verilerini de kullanabilmek için DSİ 22-60 AGİ’nin 1989 yılından sonraki yıllara ait akımlarının DSİ 22-59 Kalyondere- Çiftdere AGİ akım kayıtlarıyla korelasyon yapılarak uzatılması uygun görülmüştür. Şekil 56’da DSİ 22-60 Değirmendere Kiremitli AGİ’nin hidrometeoroloji haritası üzerinde konumu gösterilmiştir (DSİ 2010).



Şekil 56. Karakaya regülatörü ve HES’de bulunan DSİ 22-60 Değirmendere Kiremitli AGİ’nin konumu (DSİ, 2010).

3.3.3.1. Karakaya Regülatörü ve HES’de Bulunan DSİ 22-60 Değirmendere Kiremitli AGİ’nin Debi Süreklilik Eğrisine Göre Hesaplanan Çevresel Akış Miktarları

DSİ 22-60 Değirmendere Kiremitli AGİ’nin yıllara göre uzun dönem veri setinde bulunan tüm günlerin akım ortalama değerleri kullanılarak oluşturulan debi süreklilik çizgisi Şekil 57’de gösterilmiştir. Bu yöntemle göre yapılan hesaplama zamanın %75’ine karşılık gelen debi değeri 1.02 m³/s ve zamanın %95’ine karşılık gelen debi değeri 0.66 m³/s olarak hesaplanmıştır.



Şekil 57. Karakaya regülatörü ve HES’de bulunan DSİ 22-60 Değirmendere Kiremitli AGİ’nin debi süreklilik eğrisi

3.3.3.2. Karakaya Regülatörü ve HES’de Bulunan DSİ 22-60 Değirmendere Kiremitli AGİ’nin Düşük Akış İndisleri (7Q₁₀) Yöntemine Göre Hesaplanan Çevresel Akış Miktarı

DSİ 22-60 Değirmendere Kiremitli AGİ’de günlük akım değerleri tarih sırasına göre alt alta sıralanmıştır ve ardışık 7 günlük aritmetik ortalamaları alınmıştır. Aritmetik ortalamaları alındıktan sonra her yıla ait en düşük minimum akım değeri hesaplanmıştır. Yıllara ait minimum akım değerleri, sıklık faktörü (K), çarpıklık katsayısı (C_s), geri dönüş periyoduna bağlı parametre olan z değeri ve standart sapma ile birlikte Tablo 39’da verilmiştir.

Tablo 39. Karakaya regülatörü ve HES’de bulunan DSİ 22-60 Değirmendere Kiremitli AGİ’nin düşük akış indisleri (7Q₁₀) yöntemi analiz sonuçları

Yıl	Min Akım	ln Min Akım
1967	2.98	1.09
1968	0.89	-0.12
1969	0.66	-0.42
1970	0.74	-0.30
1971	0.70	-0.36
1972	0.79	-0.24
1973	0.66	-0.42
1974	0.70	-0.36
1975	0.49	-0.72
1976	0.63	-0.46
1977	0.60	-0.51
1978	0.57	-0.56
1979	0.49	-0.72
1980	0.55	-0.60
1981	0.39	-0.94
1982	0.56	-0.58
1983	0.48	-0.73
1984	0.34	-1.08
1985	0.52	-0.65
1986	0.49	-0.70
1987	0.75	-0.29
1988	0.70	-0.36
1989	0.59	-0.53
1990	0.74	-0.30
1991	0.45	-0.80
1992	0.66	-0.42
1993	0.64	-0.45
1994	0.51	-0.67
1995	0.47	-0.76
1996	0.90	-0.11
1997	0.79	-0.24
1998	0.51	-0.67
1999	0.58	-0.54
2000	0.71	-0.34
2001	0.50	-0.70
2002	0.58	-0.54
2003	0.64	-0.44
2004	0.66	-0.42
2005	0.52	-0.65
2006	1.49	0.40
ln Min Ortalama		-0.45
Standart Sapma		0.35
C _s		5.30
z		-1.28
K		-0.66
7Q ₁₀ (m ³ /s)		0.50

3.3.4. Karakaya Regülatörü ve HES İçin Islak Çevre Yöntemine Göre Hesaplanan Çevresel Akış Miktarı

Karakaya Regülatörü ve HES projesinde Haranoy regülatörü, Karakaya regülatörü ve Karahava regülatörü için ayrı ayrı hesap yapılmıştır.

3.3.4.1. Haranoy Regülatörü'nde (Hamsiköy Deresi) Islak Çevre Yöntemine Göre Hesaplanan Çevresel Akış Miktarı

Karakaya Regülatörü ve HES projesine ait Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'ndan elde edilen ÇED raporundan alınan Karakaya HES projesi Haranoy regülatörü yerinde Hamsiköy Deresine ait eşel en kesit parametreleri Tablo 40'ta ve Karakaya HES projesi Haranoy regülatörü yerinde Hamsiköy Deresi'nin gözlenen aylık ortalama akım verileri Tablo 41'de verilmiştir. Tablo 40'daki verilere göre her bir eşel seviyeye karşılık gelen debi/maksimum debi yani boyutsuz debi değerleri ve ıslak çevre/ maksimum ıslak çevre yani boyutsuz ıslak çevre değerleri hesaplanmıştır. Eşel seviyeye karşılık gelen debi, ıslak çevre, maksimum debi, maksimum ıslak çevre, boyutsuz debi ve boyutsuz ıslak çevre değerleri Tablo 42'de, boyutsuz debi-boyutsuz ıslak çevre eğrisi ise Şekil 58'de verilmiştir.

Tablo 40. Karakaya HES projesi Haranoy regülatörü yerinde Hamsiköy Deresine ait eşel en kesit parametreleri (CSB, 2015).

Q(m ³ /s)	Eşel Seviye (m)	Alan (m ²)	Islak Çevre (m)
0	0.01	0	0.75
0	0.02	0.01	1.10
0	0.03	0.02	1.26
0	0.04	0.04	1.41
0.01	0.05	0.05	1.57
0.01	0.06	0.07	1.73
0.02	0.07	0.09	1.85
0.02	0.08	0.11	1.97
0.03	0.09	0.13	2.20
0.04	0.10	0.15	2.44
0.05	0.11	0.18	2.68
0.06	0.12	0.20	2.93
0.07	0.13	0.23	3.18
0.09	0.14	0.27	3.43
0.10	0.15	0.30	3.54
0.12	0.16	0.34	3.64
0.15	0.17	0.37	3.75
0.18	0.18	0.41	3.85
0.21	0.19	0.45	3.91
0.25	0.20	0.49	3.97
0.28	0.21	0.53	4.02

Tablo 40. (Devamı)

Q(m³/s)	Eşel Seviye (m)	Alan (m²)	Islak Çevre (m)
0.32	0.22	0.57	4.08
0.37	0.23	0.61	4.14
0.41	0.24	0.65	4.19
0.46	0.25	0.69	4.23
0.52	0.26	0.73	4.27
0.57	0.27	0.77	4.30
0.63	0.28	0.82	4.34
0.69	0.29	0.86	4.37
0.75	0.30	0.90	4.41
0.82	0.31	0.94	4.44
0.88	0.32	0.99	4.48
0.95	0.33	1.03	4.51
1.02	0.34	1.08	4.55
1.10	0.35	1.12	4.59
1.18	0.36	1.16	4.62
1.25	0.37	1.21	4.66
1.34	0.38	1.25	4.69
1.42	0.39	1.30	4.73
1.51	0.40	1.35	4.76
1.59	0.41	1.39	4.80

Tablo 41. Karakaya HES projesi Haranoy regülatörü yerinde Hamsiköy Deresine ait aylık gözlemlenen aylık ortalama akımlar (CSB, 2015).

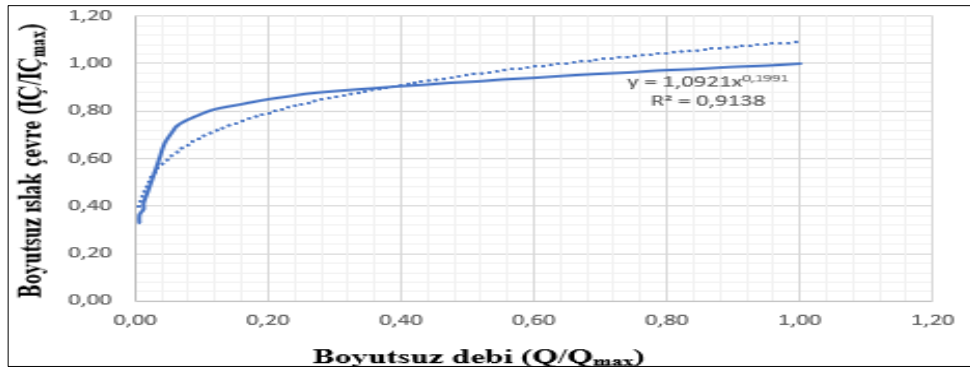
Aylar	Ortalama Debi (m³/s)
Ocak	0.56
Şubat	0.64
Mart	1.05
Nisan	2.02
Mayıs	2.08
Haziran	1.48
Temmuz	0.75
Ağustos	0.64
Eylül	0.67
Ekim	0.75
Kasım	0.80
Aralık	0.66

Tablo 42. Karakaya HES projesi Haranoy regülatörü yerinde Hamsiköy Deresine ait boyutsuz debi-boyutsuz ıslak çevre değerleri

Boyutsuz Debi (Q/Q_{max})	Q (m³/s)	Alan (m²)	Islak Çevre (m)	Boyutsuz Islak Çevre (İÇ/İÇ_{max})
0	0	0	0.75	0.16
0	0	0.01	1.10	0.23
0	0	0.02	1.26	0.26
0	0	0.04	1.41	0.29
0.1	0.01	0.05	1.57	0.33
0.01	0.01	0.07	1.73	0.36

Tablo 42. (Devamı)

Boyutsuz Debi ($Q/Q_{\max}$)	Q (m^3/s)	Alan (m^2)	Islak Çevre (m)	Boyutsuz Islak Çevre ($IC/IC_{\max}$)
0.01	0.02	0.09	1.85	0.39
0.01	0.02	0.11	1.97	0.41
0.02	0.03	0.13	2.20	0.46
0.03	0.04	0.15	2.44	0.51
0.03	0.05	0.18	2.68	0.56
0.04	0.06	0.20	2.93	0.61
0.04	0.07	0.23	3.18	0.66
0.06	0.09	0.27	3.43	0.71
0.06	0.10	0.30	3.54	0.74
0.08	0.12	0.34	3.64	0.76
0.09	0.15	0.37	3.75	0.78
0.11	0.18	0.41	3.85	0.80
0.13	0.21	0.45	3.91	0.81
0.16	0.25	0.49	3.97	0.83
0.18	0.28	0.53	4.02	0.84
0.20	0.32	0.57	4.08	0.85
0.23	0.37	0.61	4.14	0.86
0.26	0.41	0.65	4.19	0.87
0.29	0.46	0.69	4.23	0.88
0.33	0.52	0.73	4.27	0.89
0.36	0.57	0.77	4.30	0.90
0.40	0.63	0.82	4.34	0.90
0.43	0.69	0.86	4.37	0.91
0.47	0.75	0.90	4.41	0.92
0.52	0.82	0.94	4.44	0.93
0.55	0.88	0.99	4.48	0.93
0.60	0.95	1.03	4.51	0.94
0.64	1.02	1.08	4.55	0.95
0.69	1.10	1.12	4.59	0.96
0.74	1.18	1.16	4.62	0.96
0.79	1.25	1.21	4.66	0.97
0.84	1.34	1.25	4.69	0.98
0.89	1.42	1.30	4.73	0.99
0.95	1.51	1.35	4.76	0.99
1.00	1.59	1.39	4.80	1.00



Şekil 58. Haranoy regülatörüne ait boyutsuz ıslak çevre boyutsuz debi arasındaki ilişki

Şekil 58'den boyutsuz debi ile boyutsuz ıslak çevre arasındaki matematiksel ilişki; $IÇ/IÇ_{\max} = 1.0921 \cdot (Q/Q_{\max})^{0.1991}$ şeklinde elde edilmiştir. Denklemin boyutsuz debi değerine göre birinci türevinin 1'e eşitlenmesi ile kırılma noktasına karşılık gelen boyutsuz debi değeri yaklaşık olarak 0.15 olarak hesaplanmıştır. Yapılan bu analiz sonucunda Karakaya HES projesi Haranoy regülatörü yerinde Hamsiköy Deresine bırakılması gereken aylık ekolojik veya can suyu miktarı Q_e , yüzde (%) ve m^3/s , kullanılabilecek aylık su miktarı $Q_{ort}-Q_e$ m^3/s olarak aşağıda Tablo 43'te gösterilmektedir.

Tablo 43. Karakaya HES projesi Haranoy regülatörü yerinde Hamsiköy Deresi hesaplanan can suyu miktarı (m^3/s)

Aylar	Q_{ort}	Q_e (m^3/s)	Q_e (%)	$Q_{ort} - Q_e$
Ekim	0.75	0.11	15.00	0.64
Kasım	0.80	0.12	15.00	0.68
Aralık	0.66	0.10	15.00	0.56
Ocak	0.56	0.08	15.00	0.48
Şubat	0.64	0.10	15.00	0.54
Mart	1.05	0.16	15.00	0.89
Nisan	2.02	0.30	15.00	1.72
Mayıs	2.08	0.31	15.00	1.77
Haziran	1.48	0.22	15.00	1.26
Temmuz	0.75	0.11	15.00	0.64
Ağustos	0.64	0.10	15.00	0.54
Eylül	0.67	0.10	15.00	0.57

Karakaya HES projesi Haranoy regülatörü yerinde Hamsiköy Deresine ait ortalama su yüksekliği ile debi değerleri Tablo 44'te gösterilmiştir.

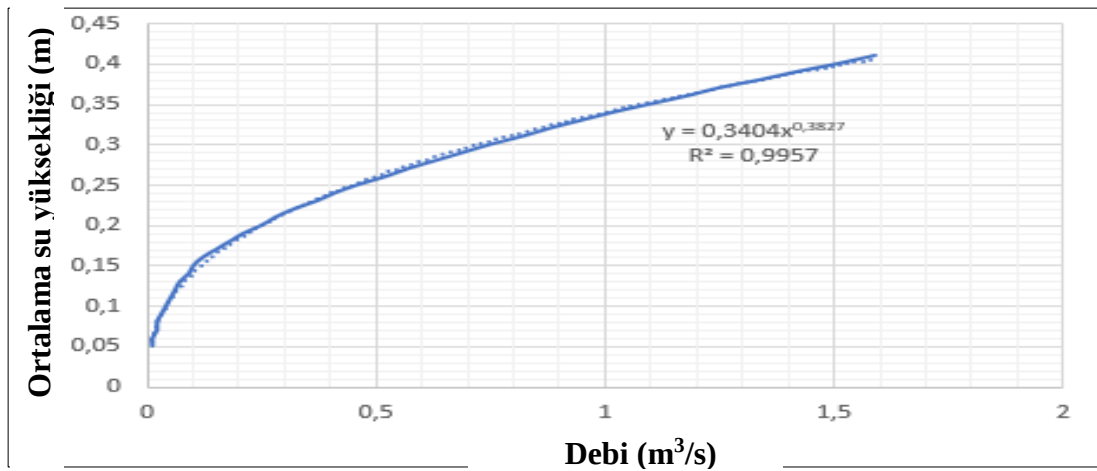
Tablo 44. Karakaya HES projesi Haranoy regülatörü yerinde Hamsiköy Deresine ait ortalama su yüksekliği- debi değerleri (CSB, 2015).

Q (m^3/s)	Ortalama Su Yüksekliği (m)
0	0.01
0	0.02
0	0.03
0	0.04
0.01	0.05
0.01	0.06
0.02	0.07
0.02	0.08
0.03	0.09
0.04	0.10
0.05	0.11
0.06	0.12
0.07	0.13

Tablo 44. (Devamı)

Q (m ³ /s)	Ortalama Su Yüksekliği (m)
0.09	0.14
0.10	0.15
0.12	0.16
0.15	0.17
0.18	0.18
0.21	0.19
0.25	0.20
0.28	0.21
0.32	0.22
0.37	0.23
0.41	0.24
0.46	0.25
0.52	0.26
0.57	0.27
0.63	0.28
0.69	0.29
0.75	0.30
0.82	0.31
0.88	0.32
0.95	0.33
1.02	0.34
1.10	0.35
1.18	0.36
1.25	0.37
1.34	0.38
1.42	0.39
1.51	0.40
1.59	0.41

Islak çevre yöntemine göre ortalama su derinliği ile debi arasındaki ilişki aşağıda Şekil 59’da gösterilmiştir.



Şekil 59. Karakaya HES projesi Haranoy regülatörü yerinde Hamsiköy Deresine ortalama su derinliği ile debi arasındaki ilişki

Şekil 59'dan su seviyesi ile debi arasındaki matematiksel ilişki;

Derinlik (m) = $0.3404 \cdot (Q_e)^{0.3827}$ şeklinde elde edilmiştir. Bu bağıntıdan yararlanarak Karakaya HES projesi Haranoy regülatörü yerinde Hamsiköy Deresine aylık bırakılması gereken can suyu miktarının Haranoy regülatöründe meydana getireceği su seviyesi aşağıda Tablo 45'te gösterilmiştir.

Tablo 45. Haranoy regülatörü için aylık hesaplanan can suyu miktarına göre dereye meydana gelebilecek su seviyesi

Aylar	Q _{ort}	Q _e (m ³ /s)	h (m)	h (cm)
Ekim	0.75	0.11	0.15	14.63
Kasım	0.80	0.12	0.15	15.12
Aralık	0.66	0.10	0.14	14.10
Ocak	0.56	0.08	0.13	12.95
Şubat	0.64	0.10	0.14	14.10
Mart	1.05	0.16	0.17	16.88
Nisan	2.02	0.30	0.21	21.47
Mayıs	2.08	0.31	0.22	21.74
Haziran	1.48	0.22	0.19	19.07
Temmuz	0.75	0.11	0.15	14.63
Ağustos	0.64	0.10	0.14	14.10
Eylül	0.67	0.10	0.14	14.10

Karakaya HES projesi Haranoy regülatörü yerinde Hamsiköy Deresine ait ortalama su hızı ile debi değerleri Tablo 46'da gösterilmiştir.

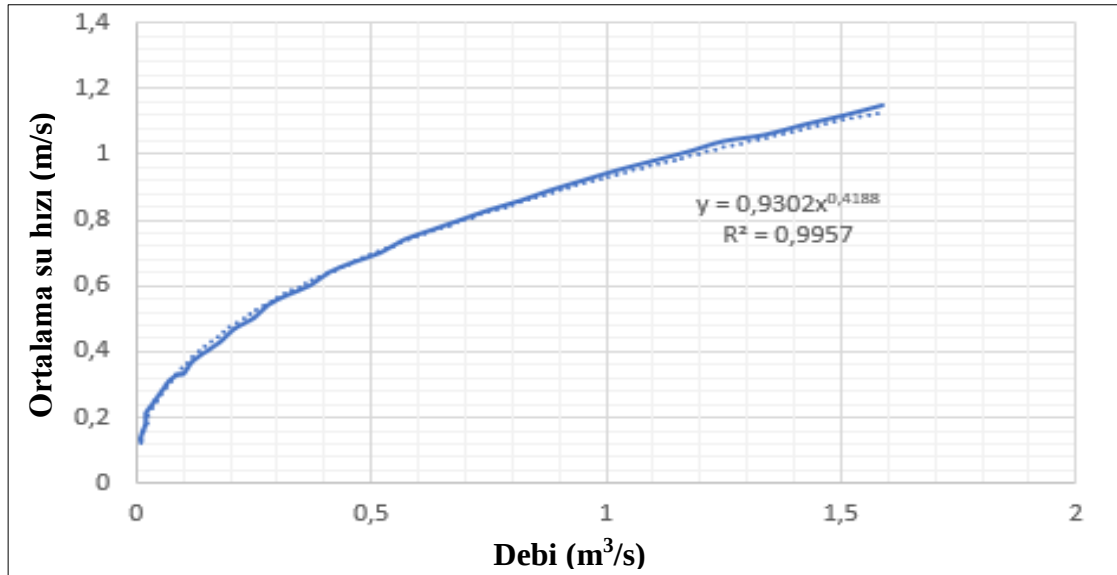
Tablo 46. Karakaya HES projesi Haranoy regülatörü yerinde Hamsiköy Deresi ortalama hız ile debi değerleri (CSB, 2015).

Q (m ³ /s)	Ortalama Su Hızı (m/s)
0	0.03
0	0.05
0	0.07
0	0.09
0.01	0.12
0.01	0.14
0.02	0.18
0.02	0.21
0.03	0.23
0.04	0.25
0.05	0.27
0.06	0.29
0.07	0.31
0.09	0.33
0.10	0.33
0.12	0.37
0.15	0.40
0.18	0.43

Tablo 46. (Devamı)

Q (m ³ /s)	Ortalama Su Hızı (m/s)
0.21	0.47
0.25	0.50
0.28	0.54
0.32	0.57
0.37	0.60
0.41	0.64
0.46	0.67
0.52	0.70
0.57	0.74
0.63	0.77
0.69	0.80
0.75	0.83
0.82	0.86
0.88	0.89
0.95	0.92
1.02	0.95
1.10	0.98
1.18	1.01
1.25	1.04
1.34	1.06
1.42	1.09
1.51	1.12
1.59	1.15

Islak çevre yöntemine göre deredeki ortalama su hızı ile debi arasındaki ilişki aşağıda Şekil 60'ta gösterilmiştir.



Şekil 60. Karakaya HES projesi Haranoy regülatörü yerinde Hamsiköy Deresi ortalama su hızı ile debi arasındaki ilişki

Şekil 60'tan ortalama su hızı ile debi arasındaki matematiksel ilişki;

$V(m/s) = 09302 \cdot (Q_e)^{0.4188}$ şeklinde elde edilmiştir. Bu bağıntıdan yararlanarak Karakaya HES projesi Haranoy regülatörü yerinde Hamsiköy Deresine aylık bırakılması gereken can suyu miktarının Karakaya HES projesi Haranoy regülatörü yerinde Hamsiköy Deresinde meydana getireceği su hızı aşağıda Tablo 47'de gösterilmiştir.

Tablo 47. Haranoy regülatörü için aylık hesaplanan can suyu miktarına göre derede meydana gelebilecek su hızı

Aylar	Q _{ort}	Q _e (m ³ /s)	V (m/s)
Ekim	0.75	0.11	0.37
Kasım	0.80	0.12	0.38
Aralık	0.66	0.10	0.35
Ocak	0.56	0.08	0.32
Şubat	0.64	0.10	0.35
Mart	1.05	0.16	0.43
Nisan	2.02	0.30	0.56
Mayıs	2.08	0.31	0.57
Haziran	1.48	0.22	0.49
Temmuz	0.75	0.11	0.37
Ağustos	0.64	0.10	0.35
Eylül	0.67	0.10	0.35

3.3.4.2. Karakaya Regülatörü'nde (Bekçiler Deresi) Islak Çevre Yöntemine Göre Hesaplanan Çevresel Akış Miktarı

Karakaya Regülatörü ve HES projesine ait Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'ndan elde edilen ÇED raporundan alınan Karakaya HES projesi Karakaya regülatörü yerinde Bekçiler Deresine ait eşel en kesit parametreleri Tablo 48'de ve Karakaya HES projesi Karakaya regülatörü yerinde Bekçiler Deresi'nin gözlenen aylık ortalama akım verileri Tablo 49'da verilmiştir. Tablo 48'deki verilere göre her bir eşel seviyeye karşılık gelen debi/maksimum debi yani boyutsuz debi değerleri ve ıslak çevre/ maksimum ıslak çevre yani boyutsuz ıslak çevre değerleri hesaplanmıştır. Eşel seviyeye karşılık gelen debi, ıslak çevre, maksimum debi, maksimum ıslak çevre, boyutsuz debi ve boyutsuz ıslak çevre değerleri Tablo 50'de boyutsuz debi-boyutsuz ıslak çevre eğrisi ise Şekil 61'de verilmiştir.

Tablo 48. Karakaya HES projesi Karakaya regülatörü yerinde Bekçiler Deresine ait eşel en kesit parametreleri (CSB, 2015).

Q (m ³ /s)	Eşel Seviye (m)	Alan (m ²)	Islak Çevre (m)
0	0.01	0	0.18
0	0.02	0	0.36
0	0.03	0.01	0.55

Tablo 48. (Devamı)

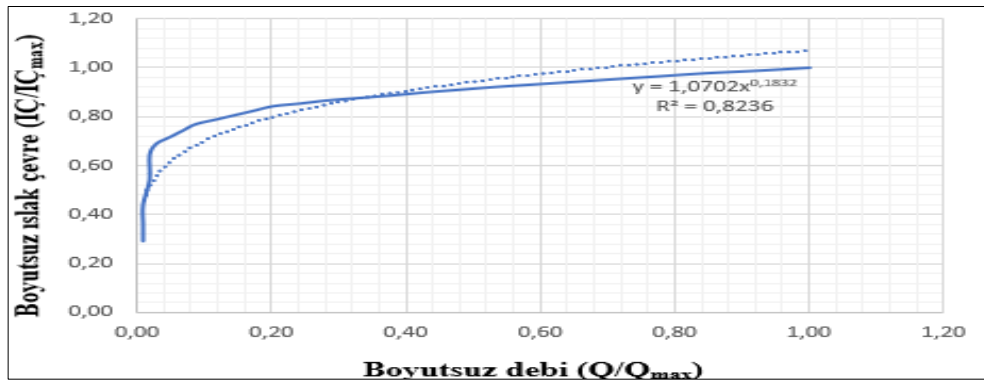
Q (m³/s)	Eşel Seviye (m)	Alan (m²)	Islak Çevre (m)
0	0.04	0.01	0.73
0	0.05	0.02	0.91
0	0.06	0.03	1.09
0.01	0.07	0.05	1.43
0.01	0.08	0.06	1.77
0.01	0.09	0.08	2.15
0.02	0.10	0.10	2.64
0.02	0.11	0.13	3.13
0.03	0.12	0.16	3.35
0.05	0.13	0.20	3.48
0.07	0.14	0.23	3.61
0.09	0.15	0.27	3.74
0.12	0.16	0.31	3.83
0.15	0.17	0.35	3.92
0.18	0.18	0.39	4.01
0.21	0.19	0.43	4.10
0.25	0.20	0.47	4.15
0.29	0.21	0.51	4.21
0.34	0.22	0.55	4.26
0.39	0.23	0.59	4.31
0.44	0.24	0.64	4.37
0.49	0.25	0.68	4.42
0.55	0.26	0.72	4.48
0.61	0.27	0.77	4.53
0.67	0.28	0.81	4.58
0.74	0.29	0.86	4.64
0.80	0.30	0.90	4.69
0.87	0.31	0.95	4.75
0.95	0.32	1	4.80
1.03	0.33	1.04	4.86

Tablo 49. Karakaya HES projesi Karakaya regülatörü yerinde Bekçiler Deresine ait aylık gözlemlenen ortalama akımlar (CSB, 2015).

Aylar	Ortalama Debi (m³/s)
Ocak	0.33
Şubat	0.43
Mart	0.94
Nisan	2.18
Mayıs	2.25
Haziran	1.50
Temmuz	0.57
Ağustos	0.42
Eylül	0.46
Ekim	0.57
Kasım	0.63
Aralık	0.45

Tablo 50. Karakaya HES projesi Karakaya regülatörü yerinde Bekçiler Deresine ait boyutsuz debi-boyutsuz ıslak çevre değerleri

Boyutsuz Debi ($Q/Q_{\max}$)	Q (m^3/s)	Alan (m^2)	Islak Çevre (m)	Boyutsuz Islak Çevre ($IC/IC_{\max}$)
0	0	0	0.18	0.04
0	0	0	0.36	0.07
0	0	0.01	0.55	0.11
0	0	0.01	0.73	0.15
0	0	0.02	0.91	0.19
0	0	0.03	1.09	0.22
0.01	0.01	0.05	1.43	0.29
0.01	0.01	0.06	1.77	0.36
0.01	0.01	0.08	2.15	0.44
0.02	0.02	0.10	2.64	0.54
0.02	0.02	0.13	3.13	0.64
0.03	0.03	0.16	3.35	0.69
0.05	0.05	0.20	3.48	0.72
0.07	0.07	0.23	3.61	0.74
0.09	0.09	0.27	3.74	0.77
0.12	0.12	0.31	3.83	0.79
0.15	0.15	0.35	3.92	0.81
0.17	0.18	0.39	4.01	0.83
0.20	0.21	0.43	4.10	0.84
0.24	0.25	0.47	4.15	0.85
0.28	0.29	0.51	4.21	0.87
0.33	0.34	0.55	4.26	0.88
0.38	0.39	0.59	4.31	0.89
0.43	0.44	0.64	4.37	0.90
0.48	0.49	0.68	4.42	0.91
0.53	0.55	0.72	4.48	0.92
0.59	0.61	0.77	4.53	0.93
0.65	0.67	0.81	4.58	0.94
0.72	0.74	0.86	4.64	0.95
0.78	0.80	0.90	4.69	0.97
0.84	0.87	0.95	4.75	0.98
0.92	0.95	1	4.80	0.99
1.00	1.03	1.04	4.86	1.00



Şekil 61. Karakaya regülatörüne ait boyutsuz ıslak çevre boyutsuz debi arasındaki ilişki

Şekil 61'den boyutsuz debi ile boyutsuz ıslak çevre arasındaki matematiksel ilişki; $IÇ/IÇ_{\max} = 1.0702 \cdot (Q/Q_{\max})^{0.1832}$ şeklinde elde edilmiştir. Denklemin boyutsuz debi değerine göre birinci türevinin 1'e eşitlenmesi ile kırılma noktasına karşılık gelen boyutsuz debi değeri yaklaşık olarak 0.14 olarak hesaplanmıştır. Yapılan bu analiz sonucunda Karakaya HES projesi Karakaya regülatörü yerinde aylık bırakılması gereken ekolojik veya can suyu miktarı Q_e , yüzde (%) ve m^3/s , kullanılabilecek aylık su miktarı $Q_{ort}-Q_e$ m^3/s olarak aşağıda Tablo 51'de gösterilmektedir.

Tablo 51. Karakaya HES projesi Karakaya regülatörü yeri için hesaplanan can suyu miktarı (m^3/s)

Aylar	Q_{ort}	Q_e (m^3/s)	Q_e (%)	$Q_{ort} - Q_e$
Ekim	0.57	0.08	14	0.49
Kasım	0.63	0.09	14	0.54
Aralık	0.45	0.06	14	0.39
Ocak	0.33	0.05	14	0.28
Şubat	0.43	0.06	14	0.37
Mart	0.94	0.13	14	0.81
Nisan	2.18	0.31	14	1.87
Mayıs	2.25	0.32	14	1.94
Haziran	1.50	0.21	14	1.29
Temmuz	0.57	0.08	14	0.49
Ağustos	0.42	0.06	14	0.36
Eylül	0.46	0.06	14	0.40

Karakaya HES projesi Karakaya regülatörü yerinde Bekçiler Deresine ait ortalama su derinliği ile debi değerleri Tablo 52'de gösterilmiştir.

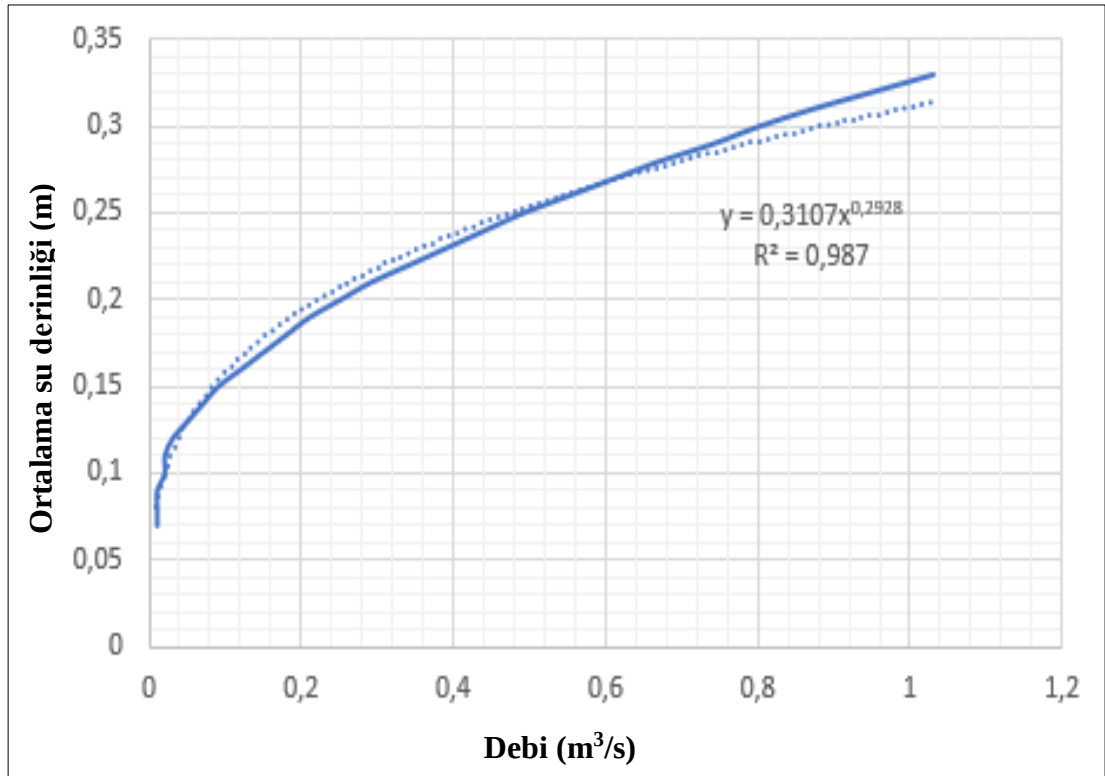
Tablo 52. Karakaya HES projesi Karakaya regülatörü yerinde Bekçiler Deresine ait ortalama su derinliği ile debi değerleri (CSB, 2015).

Q (m^3/s)	Ortalama Su Derinliği (m)
0	0.01
0	0.02
0	0.03
0	0.04
0	0.05
0	0.06
0.01	0.07
0.01	0.08
0.01	0.09
0.02	0.10
0.02	0.11
0.03	0.12
0.05	0.13
0.07	0.14
0.09	0.15

Tablo 52. (Devamı)

Q (m ³ /s)	Ortalama Su Derinliği (m)
0.12	0.16
0.15	0.17
0.18	0.18
0.21	0.19
0.25	0.20
0.29	0.21
0.34	0.22
0.39	0.23
0.44	0.24
0.49	0.25
0.55	0.26
0.61	0.27
0.67	0.28
0.74	0.29
0.80	0.30
0.87	0.31
0.95	0.32
1.03	0.33

Islak çevre yöntemine göre ortalama su derinliği ile debi arasındaki ilişki aşağıda Şekil 62’de gösterilmiştir.



Şekil 62. Karakaya HES projesi Karakaya regülatörü yerinde oluşan ortalama su derinliği ile debi arasındaki ilişki

Şekil 62'den su seviyesi ile debi arasındaki matematiksel ilişki;

Derinlik (m) = $0.3107 \cdot (Q_e)^{0.2928}$ şeklinde elde edilmiştir. Bu bağıntıdan yararlanarak Karakaya HES projesi Karakaya regülatörü yerinde aylık bırakılması gereken can suyu miktarının Karakaya regülatörü yerinde meydana getireceği su seviyesi aşağıda Tablo 53'te gösterilmiştir.

Tablo 53. Karakaya regülatörü için aylık hesaplanan can suyu miktarına göre derede meydana gelebilecek su seviyesi

Aylar	Q _{ort}	Q _e (m ³ /s)	h (m)	h (cm)
Ekim	0.57	0.08	0.15	14.83
Kasım	0.63	0.09	0.15	15.35
Aralık	0.45	0.06	0.14	13.63
Ocak	0.33	0.05	0.13	12.92
Şubat	0.43	0.06	0.14	13.63
Mart	0.94	0.13	0.17	17.10
Nisan	2.18	0.31	0.22	22.05
Mayıs	2.25	0.32	0.22	22.26
Haziran	1.50	0.21	0.20	19.67
Temmuz	0.57	0.08	0.15	14.83
Ağustos	0.42	0.06	0.14	13.63
Eylül	0.46	0.06	0.14	13.63

Karakaya HES projesi Karakaya regülatörü yerinde Bekçiler Deresine ait ortalama su hızı ile debi değerleri Tablo 54'te gösterilmiştir.

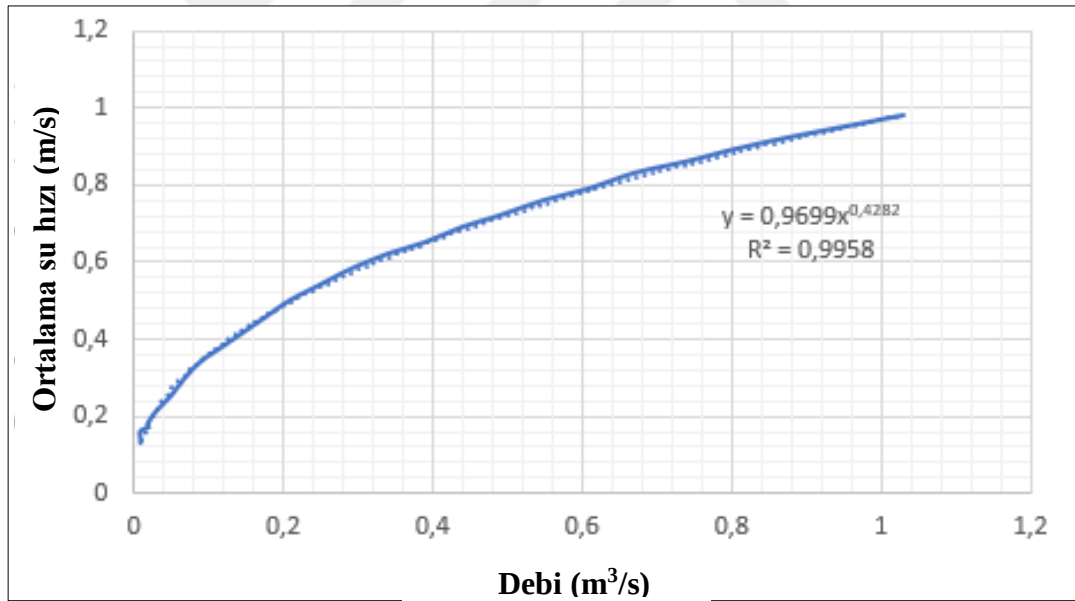
Tablo 54. Karakaya HES projesi Karakaya regülatörü yerinde Bekçiler Deresi ortalama su hızı ile debi değerleri (CSB, 2015).

Q (m ³ /s)	Ortalama Su Hızı (m/s)
0	0.01
0	0.03
0	0.05
0	0.07
0	0.09
0	0.12
0.01	0.13
0.01	0.14
0.01	0.16
0.02	0.17
0.02	0.18
0.03	0.21
0.05	0.25
0.07	0.30
0.09	0.34
0.12	0.38
0.15	0.42
0.18	0.46

Tablo 54. (Devamı)

Q (m ³ /s)	Ortalama Su Hızı (m/s)
0.21	0.50
0.25	0.54
0.29	0.58
0.34	0.62
0.39	0.65
0.44	0.69
0.49	0.72
0.55	0.76
0.61	0.79
0.67	0.83
0.74	0.86
0.80	0.89
0.87	0.92
0.95	0.95
1.03	0.98

Islak çevre yöntemine göre deredeki ortalama su hızı ile debi arasındaki ilişki aşağıda Şekil 63'te gösterilmiştir.



Şekil 63. Karakaya HES projesi Karakaya regülatörü yerindeki su hızı ile debi arasındaki ilişki

Şekil 63'ten ortalama su hızı ile debi arasındaki matematiksel ilişki;

$V(\text{m/s}) = 0.9699 \cdot (Q_e)^{0.4282}$ şeklinde elde edilmiştir. Bu bağıntıdan yararlanarak dereye aylık bırakılması gereken can suyu miktarının dereye meydana getireceği su hızı aşağıda Tablo 55'te gösterilmiştir.

Tablo 55. Karakaya regülatörü için aylık hesaplanan can suyu miktarına göre derede meydana gelebilecek su hızı

Aylar	Q _{ort}	Q _e (m ³ /s)	V (m/s)
Ekim	0.57	0.08	0.33
Kasım	0.63	0.09	0.35
Aralık	0.45	0.06	0.29
Ocak	0.33	0.05	0.27
Şubat	0.43	0.06	0.29
Mart	0.94	0.13	0.41
Nisan	2.18	0.31	0.59
Mayıs	2.25	0.32	0.60
Haziran	1.50	0.21	0.50
Temmuz	0.57	0.08	0.33
Ağustos	0.42	0.06	0.29
Eylül	0.46	0.06	0.29

3.3.4.3. Karahava Regülatörü'nde (Karahava Deresi)) Islak Çevre Yöntemine Göre Hesaplanan Çevresel Akış Miktarı

Karakaya Regülatörü ve HES projesine ait Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'ndan elde edilen ÇED raporundan alınan Karakaya HES projesi Karahava regülatörü yerinde Karahava Deresine ait eşel en kesit parametreleri Tablo 56'da ve Karakaya HES projesi Karahava regülatörü yerinde Karahava Deresi'nin gözlenen aylık ortalama akım verileri Tablo 57'de verilmiştir. Tablo 56'daki verilere göre her bir eşel seviyeye karşılık gelen debi/maksimum debi yani boyutsuz debi değerleri ve ıslak çevre/ maksimum ıslak çevre yani boyutsuz ıslak çevre değerleri hesaplanmıştır. Eşel seviyeye karşılık gelen debi, ıslak çevre, maksimum debi, maksimum ıslak çevre, boyutsuz debi ve boyutsuz ıslak çevre değerleri Tablo 58'de boyutsuz debi-boyutsuz ıslak çevre eğrisi ise Şekil 64'te verilmiştir.

Tablo 56. Karakaya HES projesi Karahava regülatörü yerinde Karahava Deresine ait eşel en kesit parametreleri (CSB, 2015).

Q (m ³ /s)	Eşel Seviye (m)	Alan (m ²)	Islak Çevre (m)
0	0.01	0	0.38
0	0.02	0.01	0.75
0	0.03	0.02	0.96
0	0.04	0.03	1.17
0	0.05	0.04	1.31
0.01	0.06	0.05	1.45
0.01	0.07	0.07	1.59
0.02	0.08	0.08	1.73
0.03	0.09	0.10	1.87
0.04	0.10	0.12	2.01
0.04	0.11	0.14	2.15
0.06	0.12	0.16	2.29

Tablo 56. (Devamı)

Q (m ³ /s)	Eşel Seviye (m)	Alan (m ²)	Islak Çevre (m)
0.07	0.13	0.19	2.43
0.08	0.14	0.21	2.64
0.10	0.15	0.24	2.78
0.12	0.16	0.27	2.92
0.14	0.17	0.30	3.05
0.17	0.18	0.33	3.11
0.20	0.19	0.36	3.16
0.23	0.20	0.39	3.21
0.27	0.21	0.42	3.26
0.31	0.22	0.45	3.31
0.35	0.23	0.49	3.36
0.39	0.24	0.52	3.41
0.43	0.25	0.55	3.47
0.48	0.26	0.59	3.52
0.53	0.27	0.62	3.57
0.58	0.28	0.66	3.62
0.63	0.29	0.69	3.67
0.68	0.30	0.73	3.72

Tablo 57. Karakaya HES projesi Karahava regülatörü yerinde Karahava Deresine ait gözlemlenen aylık ortalama akımlar (CSB, 2015).

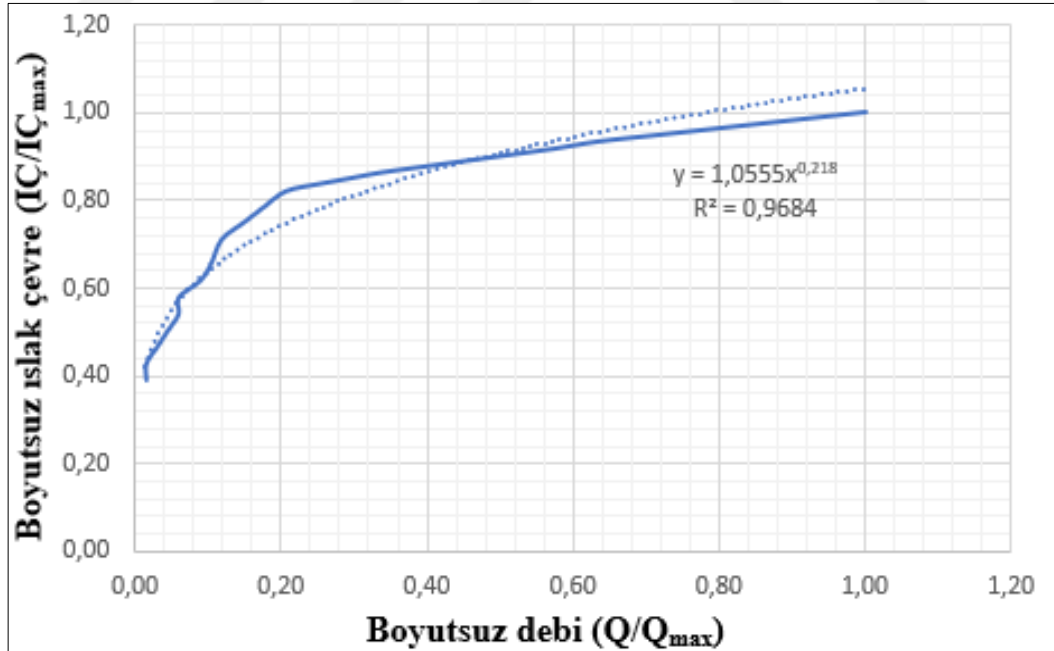
Aylar	Ortalama Debi (m ³ /s)
Ocak	0.09
Şubat	0.12
Mart	0.26
Nisan	0.59
Mayıs	0.61
Haziran	0.41
Temmuz	0.16
Ağustos	0.11
Eylül	0.12
Ekim	0.15
Kasım	0.17
Aralık	0.12

Tablo 58. Karakaya HES projesi Karahava regülatörü yerinde Karahava Deresine ait boyutsuz debi-boyutsuz ıslak çevre değerleri

Boyutsuz Debi (Q/Q _{max})	Q (m ³ /s)	Alan (m ²)	Islak Çevre (m)	Boyutsuz Islak Çevre (İÇ/İÇ _{max})
0	0	0	0.38	0.10
0	0	0.01	0.75	0.20
0	0	0.02	0.96	0.26
0	0	0.03	1.17	0.31
0	0	0.04	1.31	0.35
0.01	0.01	0.05	1.45	0.39
0.01	0.01	0.07	1.59	0.43
0.03	0.02	0.08	1.73	0.47

Tablo 58. (Devamı)

Boyutsuz Debi ($Q/Q_{\max}$)	Q (m^3/s)	Alan (m^2)	Islak Çevre (m)	Boyutsuz Islak Çevre ($IC/IC_{\max}$)
0.04	0.03	0.10	1.87	0.50
0.06	0.04	0.12	2.01	0.54
0.06	0.04	0.14	2.15	0.58
0.09	0.06	0.16	2.29	0.62
0.10	0.07	0.19	2.43	0.65
0.12	0.08	0.21	2.64	0.71
0.15	0.10	0.24	2.78	0.75
0.18	0.12	0.27	2.92	0.78
0.21	0.14	0.30	3.05	0.82
0.25	0.17	0.33	3.11	0.84
0.29	0.20	0.36	3.16	0.85
0.34	0.23	0.39	3.21	0.86
0.40	0.27	0.42	3.26	0.88
0.46	0.31	0.45	3.31	0.89
0.51	0.35	0.49	3.36	0.90
0.57	0.39	0.52	3.41	0.92
0.63	0.43	0.55	3.47	0.93
0.71	0.48	0.59	3.52	0.95
0.78	0.53	0.62	3.57	0.96
0.85	0.58	0.66	3.62	0.97
0.93	0.63	0.69	3.67	0.99
1.00	0.68	0.73	3.72	1.00



Şekil 64. Karahava regülatörüne ait boyutsuz ıslak çevre boyutsuz debi arasındaki ilişki

Şekil 64'ten boyutsuz debi ile boyutsuz ıslak çevre arasındaki matematiksel ilişki; $IC/IC_{\max} = 1.0555 \cdot (Q/Q_{\max})^{0.218}$ şeklinde elde edilmiştir. Denklemin boyutsuz debi değerine göre birinci türevinin 1'e eşitlenmesi ile kırılma noktasına karşılık gelen

boyutsuz debi değeri yaklaşık olarak 0.15 olarak hesaplanmıştır. Yapılan bu analiz sonucunda Karakaya HES projesi Karahava regülatörü yerinde aylık bırakılması gereken ekolojik veya can suyu miktarı Q_e , yüzde (%) ve m^3/s , kullanılabilecek aylık su miktarı $Q_{ort}-Q_e$ m^3/s olarak aşağıda Tablo 59’da gösterilmektedir.

Tablo 59. Karakaya HES projesi Karahava regülatörü yeri için hesaplanan can suyu miktarı (m^3/s)

Aylar	Q_{ort}	Q_e (m^3/s)	Q_e (%)	$Q_{ort} - Q_e$
Ekim	0.15	0.02	15	0.13
Kasım	0.17	0.03	15	0.14
Aralık	0.12	0.02	15	0.10
Ocak	0.09	0.01	15	0.08
Şubat	0.12	0.02	15	0.10
Mart	0.26	0.04	15	0.22
Nisan	0.59	0.09	15	0.50
Mayıs	0.61	0.09	15	0.52
Haziran	0.41	0.06	15	0.35
Temmuz	0.16	0.02	15	0.14
Ağustos	0.11	0.02	15	0.09
Eylül	0.12	0.02	15	0.10

Karakaya HES projesi Karahava regülatörü yerinde Karahava Deresine ait ortalama su derinliği ile debi değerleri Tablo 60’ta gösterilmiştir.

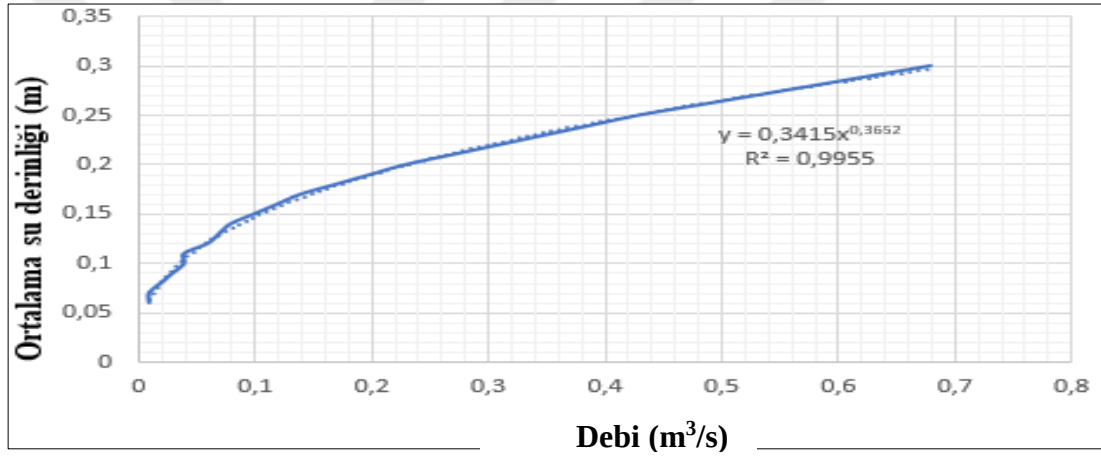
Tablo 60. Karakaya HES projesi Karahava regülatörü yerinde Karahava Deresine ait ortalama su derinliği ile debi değerleri (CSB, 2015).

Q (m^3/s)	Ortalama Su Derinliği (m)
0	0.01
0	0.02
0	0.03
0	0.04
0	0.05
0.01	0.06
0.01	0.07
0.02	0.08
0.03	0.09
0.04	0.10
0.04	0.11
0.06	0.12
0.07	0.13
0.08	0.14
0.10	0.15
0.12	0.16
0.14	0.17
0.17	0.18
0.20	0.19

Tablo 60. (Devamı)

Q (m ³ /s)	Ortalama Su Derinliği (m)
0.23	0.20
0.27	0.21
0.31	0.22
0.35	0.23
0.39	0.24
0.43	0.25
0.48	0.26
0.53	0.27
0.58	0.28
0.63	0.29
0.68	0.30

Islak çevre yöntemine göre ortalama su derinliği ile debi arasındaki ilişki aşağıda Şekil 65'te gösterilmiştir.



Şekil 65. Karakaya HES projesi Karahava regülatörü yerinde oluşan ortalama su derinliği ile debi arasındaki ilişki

Şekil 65'ten su seviyesi ile debi arasındaki matematiksel ilişki;

Derinlik (m) = $0.3415 \cdot (Q_e)^{0.3652}$ şeklinde elde edilmiştir. Bu bağıntıdan yararlanarak Karakaya HES projesi Karahava regülatörü yerinde aylık bırakılması gereken can suyu miktarının Karahava regülatörü yerinde meydana getireceği su seviyesi aşağıda Tablo 61'de gösterilmiştir.

Tablo 61. Karahava regülatörü için aylık hesaplanan can suyu miktarına göre derede meydana gelebilecek su seviyesi

Aylar	Q _{ort}	Q _e (m ³ /s)	h (m)	h (cm)
Ekim	0.15	0.02	0.08	8.18
Kasım	0.17	0.03	0.09	9.49
Aralık	0.12	0.02	0.08	8.18
Ocak	0.09	0.01	0.06	6.35

Tablo 61. (Devamı)

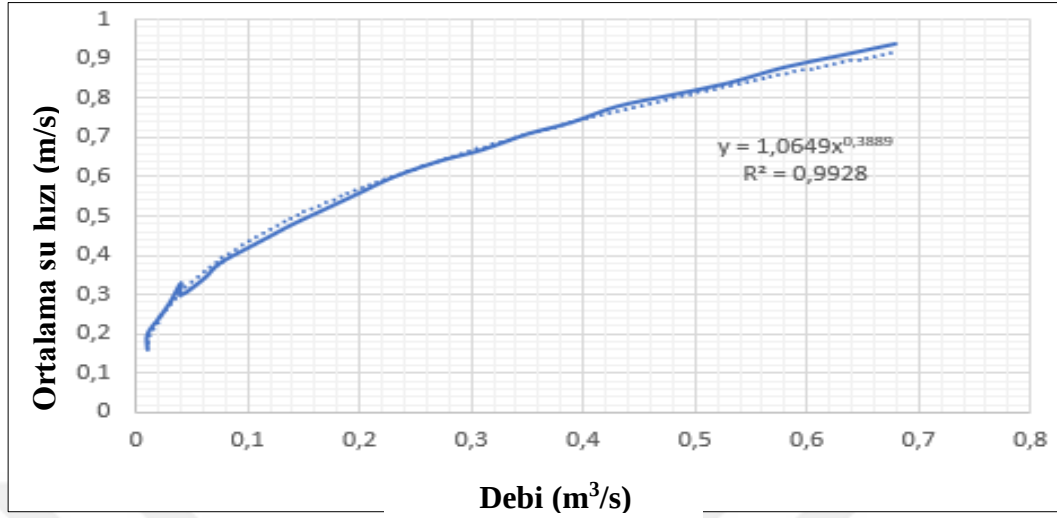
Aylar	Q _{ort}	Q _e (m ³ /s)	h (m)	h (cm)
Şubat	0.12	0.02	0.08	8.18
Mart	0.26	0.04	0.11	10.54
Nisan	0.59	0.09	0.14	14.17
Mayıs	0.61	0.09	0.14	14.17
Haziran	0.41	0.06	0.12	12.22
Temmuz	0.16	0.02	0.08	8.18
Ağustos	0.11	0.02	0.08	8.18
Eylül	0.12	0.02	0.08	8.18

Karakaya HES projesi Karahava regülatörü yerinde Karahava Deresine ait ortalama su hızı ile debi değerleri Tablo 62’de gösterilmiştir.

Tablo 62. Karakaya HES projesi Karahava regülatörü yeinde Karahava Deresi ortalama su hızı ile debi değerleri (CSB, 2015).

Q (m ³ /s)	Ortalama Hız (m/s)
0	0.02
0	0.04
0	0.07
0	0.09
0	0.13
0.01	0.16
0.01	0.20
0.02	0.24
0.03	0.28
0.04	0.33
0.04	0.30
0.06	0.34
0.07	0.37
0.08	0.39
0.10	0.42
0.12	0.45
0.14	0.48
0.17	0.52
0.20	0.56
0.23	0.60
0.27	0.64
0.31	0.67
0.35	0.71
0.39	0.74
0.43	0.78
0.48	0.81
0.53	0.84
0.58	0.88
0.63	0.91
0.68	0.94

Islak çevre yöntemine göre deredeki ortalama su hızı ile debi arasındaki ilişki aşağıda Şekil 66’da gösterilmiştir.



Şekil 66. Karakaya HES projesi Karahava regülatörü yerindeki ortalama su hızı ile debi arasındaki ilişki

Şekil 66’dan ortalama su hızı ile debi arasındaki matematiksel ilişki;

$V(m/s) = 1.0649 \cdot (Q_e)^{0.3889}$ şeklinde elde edilmiştir. Bu bağıntıdan yararlanarak dereye aylık bırakılması gereken can suyu miktarının dereye meydana getireceği su hızı aşağıda Tablo 63’te gösterilmiştir.

Tablo 63. Karahava regülatörü için aylık hesaplanan can suyu miktarına göre dereye meydana gelebilecek su hızı

Aylar	Q_{ort}	$Q_e (m^3/s)$	$V (m/s)$
Ekim	0.15	0.02	0.23
Kasım	0.17	0.03	0.27
Aralık	0.12	0.02	0.23
Ocak	0.09	0.01	0.18
Şubat	0.12	0.02	0.23
Mart	0.26	0.04	0.31
Nisan	0.59	0.09	0.42
Mayıs	0.61	0.09	0.42
Haziran	0.41	0.06	0.36
Temmuz	0.16	0.02	0.23
Ağustos	0.11	0.02	0.23
Eylül	0.12	0.02	0.23

3.4. Oylum III Regülatörü ve HES

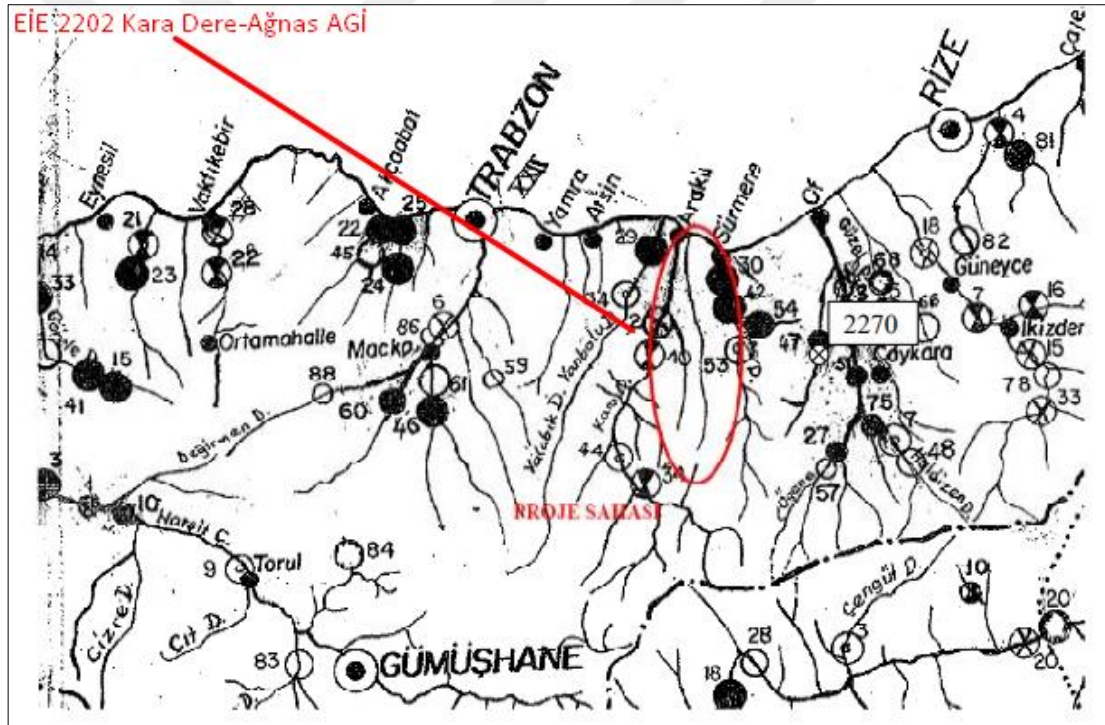
Oylum III Regülatörü ve HES projesinde Elektrik İşler Etüt (EİE) tarafından işletilen veya kapatılmış olan EİE 2202 Ağnas ve EİE 2270 Çimenli AĞI olmak üzere iki

adet AGİ bulunmaktadır. EİE 2270 AGİ'nin eksik verilerinin tamamlanması için EİE 2202 AGİ kullanılmıştır (DSİ, 2015).

Aşağıda debi süreklilik indisleri yöntemi ve düşük akış indisleri yöntemi için EİE 2202 AGİ ve EİE 2270 AGİ esas alınarak analiz yapılmıştır. Islak çevre yönteminde ise; Oylum III Regülatörü ve HES projesinde regülatör yeri için hesap yapılmıştır.

3.4.1. Oylum III Regülatörü ve HES'de Bulunan EİE 2202 Kara Dere- Ağnas AGİ

EİE Genel Müdürlüğü tarafından işletilen AGİ 78 m kotundadır yağış alanı 635.70 km² dir. 1990-2013 yıllarına ait akım verileri bulunmaktadır. EİE 2270 Çimenli AGİ'nin eksik verilerini tamamlamak için kullanılmıştır. Şekil 67'de EİE 2202 Ağnas AGİ'nin hidrometeoroloji haritası üzerinde konumu gösterilmiştir (DSİ 2015).

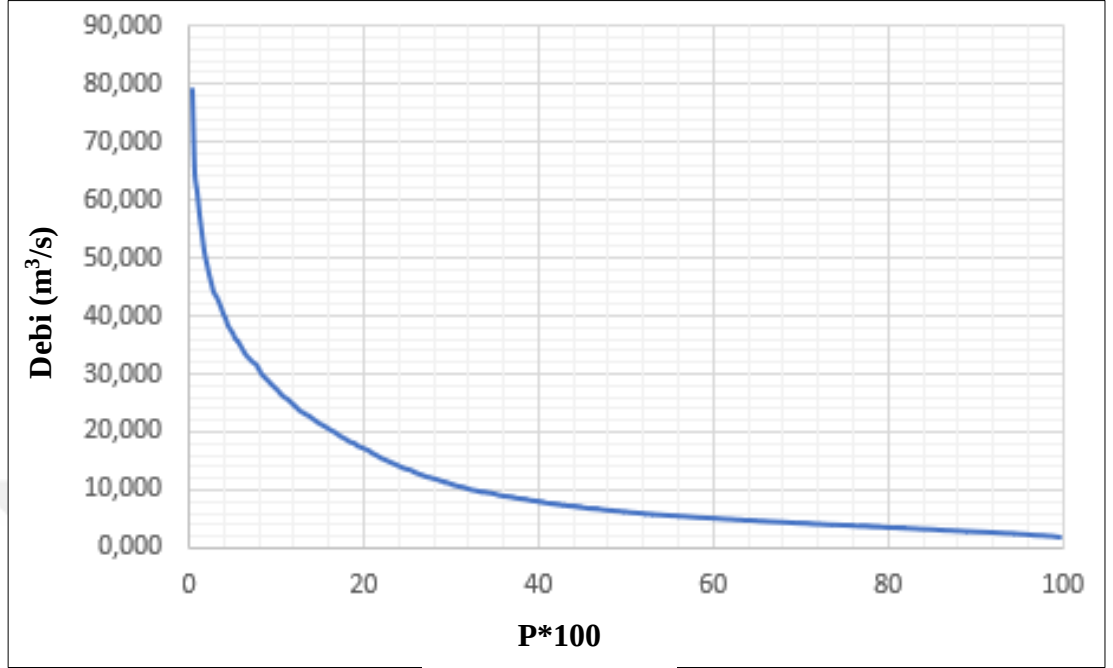


Şekil 67. Oylum III regülatörü ve HES'de bulunan EİE 2202 Kara Dere- Ağnas AGİ'nin konumu (DSİ, 2015).

3.4.1.1. Oylum Regülatörü ve HES'de Bulunan EİE 2202 Kara Dere-Ağnas AGİ'nin Debi Süreklilik Eğrisine Göre Hesaplanan Çevresel Akış Miktarları

EİE 2202 Kara Dere- Ağnas AGİ'nin yıllara göre uzun dönem veri setinde bulunan tüm günlerin akım ortalama değerleri kullanılarak oluşturulan debi süreklilik çizgisi Şekil 68'de gösterilmiştir. Bu yöntemle yapılan hesapla zamanın %75'ine karşılık gelen

debi değeri 3.84 m³/s ve zamanın %95'ine karşılık gelen debi değeri 2.31 m³/s olarak hesaplanmıştır.



Şekil 68. Oylum III regülatörü ve HES'de bulunan EİE 2202 Kara Dere- Ağnas AGİ'nin debi süreklilik eğrisi

3.4.1.2. Oylum III Regülatörü ve HES'de Bulunan EİE 2202 Ağnas AGİ'nin Düşük Akış İndisleri (7Q₁₀) Yöntemine Göre Hesaplanan Çevresel Akış Miktarı

EİE 2202 Ağnas AGİ'de günlük akım değerleri tarih sırasına göre alt alta sıralanmıştır ve ardışık 7 günlük aritmetik ortalamaları alınmıştır. Aritmetik ortalamaları alındıktan sonra her yıla ait en düşük minimum akım değeri hesaplanmıştır. Yıllara ait minimum akım değerleri sıklık faktörü (K), çarpıklık katsayısı (C_s), geri dönüş periyoduna bağlı parametre olan z değeri ve standart sapma ile birlikte Tablo 64'te verilmiştir.

Tablo 64. Oylum III regülatörü ve HES'de bulunan EİE 2202 Kara Dere- Ağnas AGİ'nin düşük akış indisleri (7Q₁₀) yöntemi analiz sonuçları

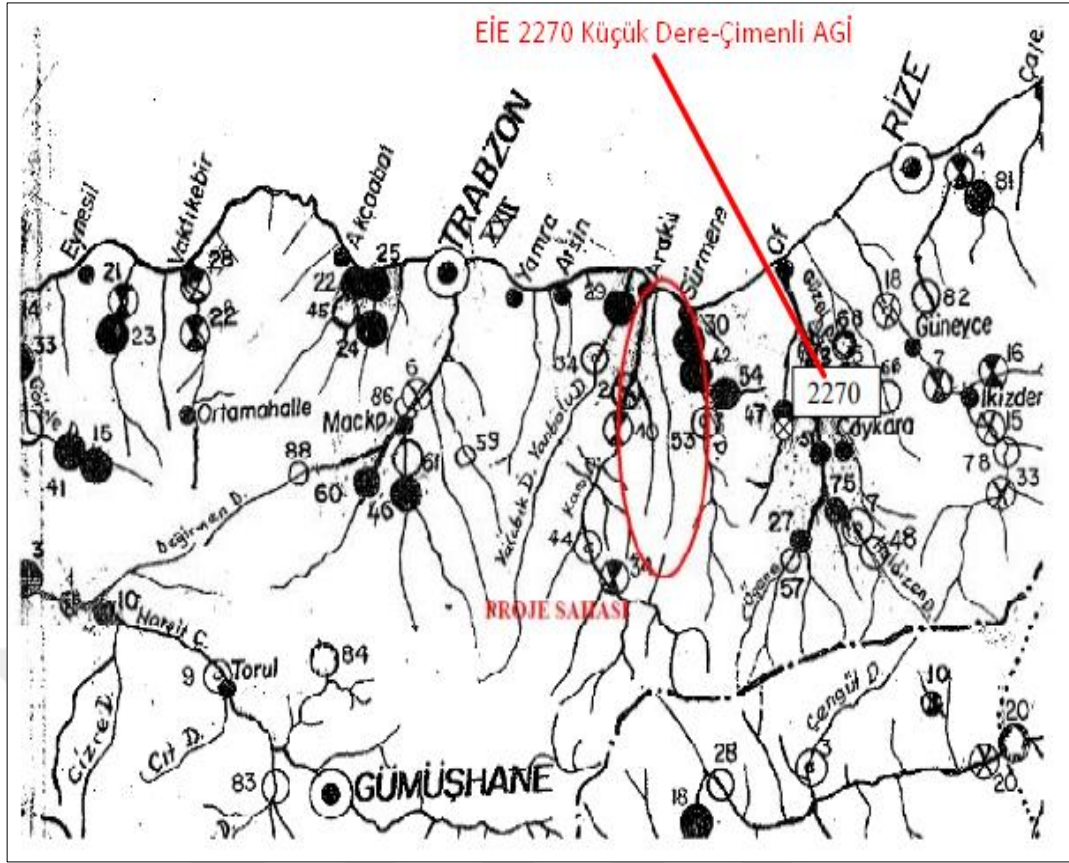
Yıl	Min Akım	ln Min Akım
1990	2.26	0.82
1991	1.26	0.23
1992	1.38	0.32
1993	2.39	0.87
1994	1.31	0.27
1995	1.69	0.52
1996	2.66	0.98
1997	3.89	1.36

Tablo 64. (Devamı)

Yıl	Min Akım	ln Min Akım
1998	1.99	0.69
1999	2.49	0.91
2000	2.01	0.70
2001	1.55	0.44
2002	1.43	0.36
2003	2.33	0.85
2004	2.71	1.00
2005	2.20	0.79
2006	3.41	1.23
2007	1.59	0.46
2008	1.33	0.28
2009	2.57	0.94
2010	2.82	1.04
2011	1.88	0.63
2012	1.30	0.26
2013	1.21	0.19
ln Min Ortalama		0.67
Standart Sapma		0.34
C _s		0.76
z		-1.28
K		-1.17
7Q ₁₀ (m ³ /s)		1.32

3.4.2. Oylum III Regülatörü ve HES’de Bulunan EİE 2270 Küçük Dere-Çimenli AGİ

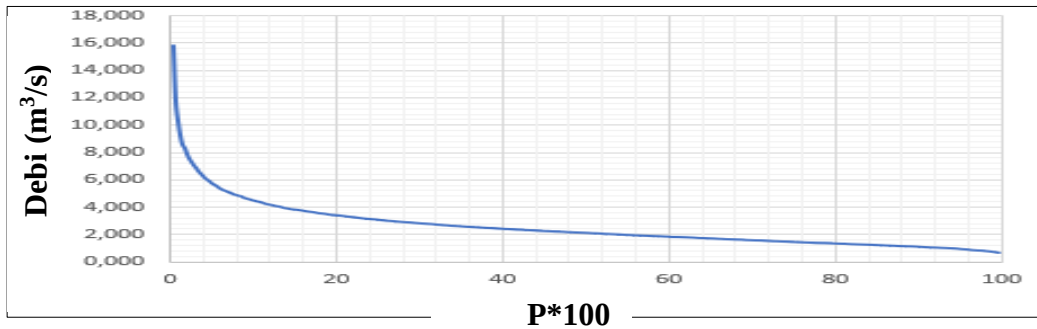
EİE Genel Müdürlüğü tarafından işletilen AGİ 167 m kotundadır ve yağış alanı 88.60 km² dir. Oylum-III regülatörü ve HES projesi su temin tablosu düzenlenmesinde Mülga EİE İdaresi tarafından işletilen 2270 Küçük Dere-Çimenli AGİ ile bu istasyonun eksik olan bu değerlerin tamamlanmasında proje alanına yakın olan EİE 2202 Kara Dere Ağnas AGİ akım değerleri kullanılmıştır. 2202 AGİ 12.11.1942 tarihinde işletmeye açılmış olup halen işletmededir. AGİ'nin 1943 -1958 arası yılları ile 1967-2013 arası yılları değerlendirilmiştir. AGİ'nin gözlem süresi çok uzun olmasına rağmen son yılları kapsamı ve istenilen yeterli gözlem süresinin 1990-2013 arası periyotla sağlanıyor olması sebebiyle önceki yılların alınmasına gerek görülmemiştir. AGİ'lerin membasında önemli bir su kullanımı olmadığı için akımlar doğal akım olarak kabul edilmiştir. Şekil 69’da EİE 2270 Küçük Dere-Çimenli AGİ’nin hidrometeoroloji haritası üzerinde konumu gösterilmiştir (DSİ 2015).



Şekil 69. Oylum III regülatörü ve HES’de bulunan EİE 2270 Küçük Dere-Çimenli AGİ’nin konumu (DSİ, 2015).

3.4.2.1. Oylum III Regülatörü ve HES’de Bulunan EİE 2270 Küçük Dere-Çimenli AGİ’nin Debi Süreklilik Eğrisine Göre Hesaplanan Çevresel Akış Miktarları

EİE 2270 Küçük Dere-Çimenli AGİ’nin yıllara göre uzun dönem veri setinde bulunan tüm günlerin akım ortalama değerleri kullanılarak oluşturulan debi süreklilik çizgisi Şekil 70’te gösterilmiştir. Bu yöntemle yapılan hesapla zamanın %75’ine karşılık gelen debi değeri $1.42 \text{ m}^3/\text{s}$ ve zamanın %95’ine karşılık gelen debi değeri $0.91 \text{ m}^3/\text{s}$ olarak hesaplanmıştır.



Şekil 70. Oylum III regülatörü ve HES’de bulunan EİE 2270 Küçük Dere-Çimenli AGİ’nin debi süreklilik eğrisi

3.4.2.2. Oylum III Regülatörü ve HES’de Bulunan EİE 2270 Küçük Dere-Çimenli AGİ’nin Düşük Akış İndisleri (7Q₁₀) Yöntemine Göre Hesaplanan Çevresel Akış Miktarı

EİE 2270 Küçük Dere-Çimenli AGİ’de günlük akım değerleri tarih sırasına göre alt alta sıralanmıştır ve ardışık 7 günlük aritmetik ortalamaları alınmıştır. Aritmetik ortalamaları alındıktan sonra her yıla ait en düşük minimum akım değeri hesaplanmıştır. Yıllara ait minimum akım değerleri sıklık faktörü (K), çarpıklık katsayısı (C_s), geri dönüş periyoduna bağlı parametre olan z değeri ve standart sapma ile birlikte Tablo 65’te verilmiştir.

Tablo 65. Oylum III regülatörü ve HES’de bulunan EİE 2270 Küçük Dere-Çimenli AGİ’nin düşük akış indisleri (7Q₁₀) yöntemi analiz sonuçları

Yıl	Min Akım	ln Min Akım
1990	0.68	-0.39
1991	0.52	-0.65
1992	0.50	-0.69
1993	1.05	0.05
1994	0.56	-0.58
1995	0.61	-0.49
1996	0.86	-0.15
1997	1.17	0.16
1998	1.17	0.16
1999	0.78	-0.25
2000	0.70	-0.35
2001	0.78	-0.25
2002	0.51	-0.67
2003	0.71	-0.34
2004	1.01	0.01
2005	0.70	-0.35
2006	1.23	0.20
2007	0.68	-0.38
2008	0.48	-0.74
2009	0.77	-0.26
2010	0.66	-0.42
2011	0.58	-0.54
2012	0.67	-0.40
2013	0.68	-0.39
ln Min Ortalama		-0.32
Standart Sapma		0.28
C _s		1.67
z		-1.28
K		-0.98
7Q ₁₀ (m ³ /s)		0.55

3.4.3. Oylum III Regülatörü ve HES İçin Islak Çevre Yöntemine Göre Hesaplanan Çevresel Akış Miktarı

Oylum III Regülatörü ve HES projesine ait Çevre ve Şehircilik Bakanlığı’ndan elde edilen ÇED raporundan alınan regülatör yerinde Vunut Çayına ait eşel en kesit parametreleri Tablo 66’da ve regülatör yerinde Vunut Çayında gözlenen aylık ortalama akım verileri Tablo 67’de verilmiştir. Tablo 66’daki verilere göre her bir eşel seviyeye karşılık gelen debi/maksimum debi yani boyutsuz debi değerleri ve ıslak çevre/maksimum ıslak çevre yani boyutsuz ıslak çevre değerleri hesaplanmıştır. Eşel seviyeye karşılık gelen debi, ıslak çevre, maksimum debi, maksimum ıslak çevre, boyutsuz debi ve boyutsuz ıslak çevre değerleri Tablo 68 ‘de boyutsuz debi-boyutsuz ıslak çevre eğrisi ise Şekil 71’de verilmiştir.

Tablo 66. Oylum III regülatörü yerinde Vunut Çayına ait eşel en kesit parametreleri (CSB, 2015).

Q (m ³ /s)	Eşel Seviye (m)	Alan (m ²)	Islak Çevre (m)
0	0.01	0	0.34
0	0.02	0.01	0.68
0	0.03	0.02	1.02
0	0.04	0.03	1.37
0	0.05	0.04	1.54
0.01	0.06	0.06	1.72
0.01	0.07	0.08	1.89
0.02	0.08	0.10	2.07
0.02	0.09	0.12	2.24
0.03	0.10	0.14	2.42
0.04	0.11	0.17	2.59
0.05	0.12	0.19	2.77
0.07	0.13	0.22	2.95
0.09	0.14	0.25	3.12
0.11	0.15	0.28	3.30
0.13	0.16	0.32	3.47
0.14	0.17	0.35	3.62
0.16	0.18	0.39	3.77
0.19	0.19	0.43	3.92
0.22	0.20	0.47	4.06
0.25	0.21	0.51	4.21
0.29	0.22	0.55	4.36
0.33	0.23	0.59	4.49
0.37	0.24	0.64	4.63
0.42	0.25	0.69	4.76
0.47	0.26	0.73	4.89
0.52	0.27	0.78	5.03
0.57	0.28	0.83	5.16
0.63	0.29	0.89	5.30
0.69	0.30	0.94	5.43

Tablo 66. (Devamı)

Q (m³/s)	Eşel Seviye (m)	Alan (m²)	Islak Çevre (m)
0.76	0.31	0.99	5.56
0.82	0.32	1.05	5.70
0.85	0.33	1.11	6.26
0.88	0.34	1.17	6.82
0.92	0.35	1.24	7.34
1.02	0.36	1.32	7.44
1.12	0.37	1.39	7.55
1.22	0.38	1.47	7.66
1.33	0.39	1.54	7.77
1.45	0.40	1.62	7.88
1.56	0.41	1.70	7.99
1.69	0.42	1.78	8.09
1.81	0.43	1.86	8.20
1.95	0.44	1.94	8.28
2.10	0.45	2.02	8.35
2.24	0.46	2.11	8.43
2.40	0.47	2.19	8.51
2.55	0.48	2.28	8.58
2.71	0.49	2.36	8.66
2.88	0.50	2.45	8.74
3.05	0.51	2.53	8.81
3.23	0.52	2.62	8.89
3.41	0.53	2.71	8.97
3.59	0.54	2.80	9.04
3.78	0.55	2.89	9.12
3.98	0.56	2.98	9.20
4.18	0.57	3.07	9.27
4.38	0.58	3.16	9.35
4.59	0.59	3.25	9.42
4.81	0.60	3.35	9.50

Tablo 67. Oylum III regülatör yerinde Vunut Çayında gözlemlenen aylık ortalama akımlar (CSB, 2015).

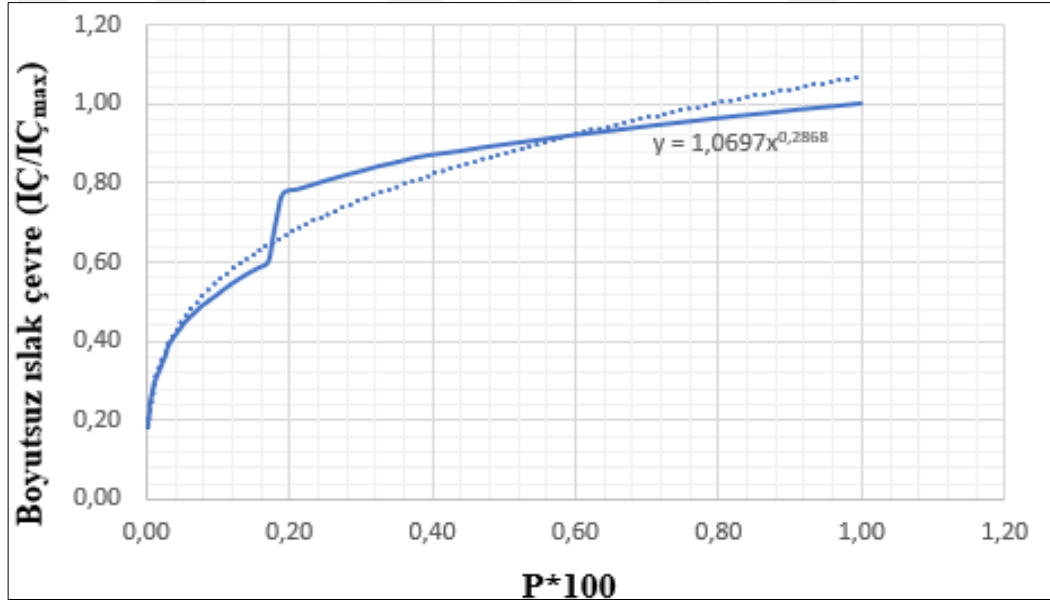
Aylar	Ortalama Debi (m³/s)
Ocak	0.44
Şubat	0.57
Mart	0.67
Nisan	0.98
Mayıs	0.83
Haziran	0.59
Temmuz	0.49
Ağustos	0.58
Eylül	0.63
Ekim	0.55
Kasım	0.58
Aralık	0.47

Tablo 68. Oylum III regülatör yerinde Vunut Çayına ait boyutsuz debi-boyutsuz ıslak çevre değerleri

Boyutsuz Debi (Q/Q_{max})	Q (m³/s)	Alan (m²)	Islak Çevre (m)	Boyutsuz Islak Çevre (İÇ/İÇ_{max})
0.00	0.00	0.01	0	0.04
0.00	0.00	0.02	0.01	0.07
0.00	0.00	0.03	0.02	0.11
0.00	0.00	0.04	0.03	0.14
0.00	0.00	0.05	0.04	0.16
0.00	0.01	0.06	0.06	0.18
0.00	0.01	0.07	0.08	0.20
0.00	0.02	0.08	0.10	0.22
0.00	0.02	0.09	0.12	0.24
0.01	0.03	0.10	0.14	0.25
0.01	0.04	0.11	0.17	0.27
0.01	0.05	0.12	0.19	0.29
0.01	0.07	0.13	0.22	0.31
0.02	0.09	0.14	0.25	0.33
0.02	0.11	0.15	0.28	0.35
0.03	0.13	0.16	0.32	0.37
0.03	0.14	0.17	0.35	0.38
0.03	0.16	0.18	0.39	0.40
0.04	0.19	0.19	0.43	0.41
0.05	0.22	0.20	0.47	0.43
0.05	0.25	0.21	0.51	0.44
0.06	0.29	0.22	0.55	0.46
0.07	0.33	0.23	0.59	0.47
0.08	0.37	0.24	0.64	0.49
0.09	0.42	0.25	0.69	0.50
0.10	0.47	0.26	0.73	0.51
0.11	0.52	0.27	0.78	0.53
0.12	0.57	0.28	0.83	0.54
0.13	0.63	0.29	0.89	0.56
0.14	0.69	0.30	0.94	0.57
0.16	0.76	0.31	0.99	0.59
0.17	0.82	0.32	1.05	0.60
0.18	0.85	0.33	1.11	0.66
0.18	0.88	0.34	1.17	0.72
0.19	0.92	0.35	1.24	0.77
0.21	1.02	0.36	1.32	0.78
0.23	1.12	0.37	1.39	0.79
0.25	1.22	0.38	1.47	0.81
0.28	1.33	0.39	1.54	0.82
0.30	1.45	0.40	1.62	0.83
0.32	1.56	0.41	1.70	0.84
0.35	1.69	0.42	1.78	0.85
0.38	1.81	0.43	1.86	0.86
0.41	1.95	0.44	1.94	0.87
0.44	2.10	0.45	2.02	0.88
0.47	2.24	0.46	2.11	0.89

Tablo 68. (Devamı)

Boyutsuz Debi ($Q/Q_{\max}$)	Q (m^3/s)	Alan (m^2)	Islak Çevre (m)	Boyutsuz Islak Çevre ($IC/IC_{\max}$)
0.50	2.40	0.47	2.19	0.90
0.53	2.55	0.48	2.28	0.90
0.56	2.71	0.49	2.36	0.91
0.60	2.88	0.50	2.45	0.92
0.63	3.05	0.51	2.53	0.93
0.67	3.23	0.52	2.62	0.94
0.71	3.41	0.53	2.71	0.94
0.75	3.59	0.54	2.80	0.95
0.79	3.78	0.55	2.89	0.96
0.83	3.98	0.56	2.98	0.97
0.87	4.18	0.57	3.07	0.98
0.91	4.38	0.58	3.16	0.98
0.95	4.59	0.59	3.25	0.99
1.00	4.81	0.60	3.35	1.00



Şekil 71. Oylum III regülatörüne ait boyutsuz ıslak çevre boyutsuz debi arasındaki ilişki

Şekil 71'den boyutsuz debi ile boyutsuz ıslak çevre arasındaki matematiksel ilişki; $IC/IC_{\max} = 1.0697 \cdot (Q/Q_{\max})^{0.2868}$ şeklinde elde edilmiştir. Denklemin boyutsuz debi değerine göre birinci türevinin 1'e eşitlenmesi ile kırılma noktasına karşılık gelen boyutsuz debi değeri yaklaşık olarak 0.19 olarak hesaplanmıştır.

Yapılan bu analiz sonucunda regülatör yerinde bırakılması gereken aylık ekolojik veya can suyu miktarı Q_e , yüzde (%) ve m^3/s , kullanılabilecek aylık su miktarı $Q_{ort}-Q_e$ m^3/s olarak aşağıda Tablo 69'da gösterilmektedir.

Tablo 69. Oylum III regülatör yeri için hesaplanan can suyu miktarı (m³/s)

Aylar	Q _{ort}	Q _e (m ³ /s)	Q _e (%)	Q _{ort} - Q _e
Ekim	0.55	0.10	19	0.45
Kasım	0.58	0.11	19	0.47
Aralık	0.47	0.09	19	0.38
Ocak	0.44	0.08	19	0.36
Şubat	0.57	0.11	19	0.46
Mart	0.67	0.13	19	0.54
Nisan	0.98	0.19	19	0.79
Mayıs	0.83	0.16	19	0.67
Haziran	0.59	0.11	19	0.48
Temmuz	0.49	0.09	19	0.40
Ağustos	0.58	0.11	19	0.47
Eylül	0.63	0.12	19	0.51

Oylum III regülatör yerinde Vunut Çayına ait ortalama su derinliği ile debi değerleri

Tablo 70’te gösterilmiştir.

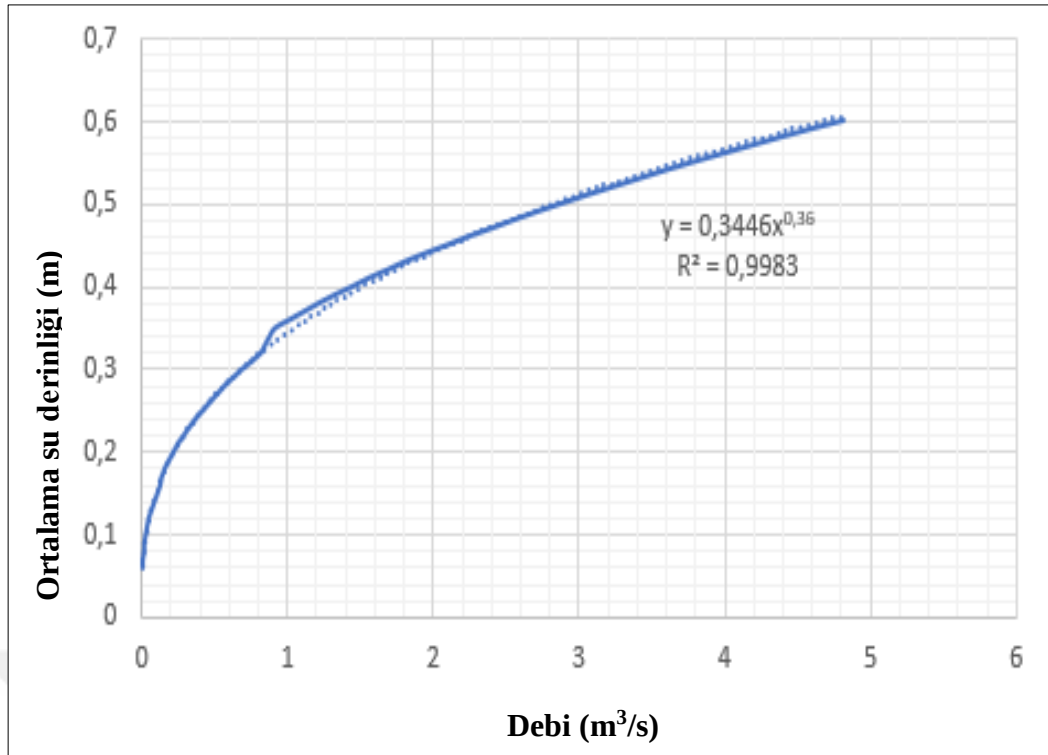
Tablo 70. Oylum III regülatör yerinde Vunut Çayına ait ortalama su derinliği-debi değerleri (CSB, 2015).

Q (m ³ /s)	Ortalama Su Derinliği (m)
0	0.01
0	0.02
0	0.03
0	0.04
0	0.05
0.01	0.06
0.01	0.07
0.02	0.08
0.02	0.09
0.03	0.10
0.04	0.11
0.05	0.12
0.07	0.13
0.09	0.14
0.11	0.15
0.13	0.16
0.14	0.17
0.16	0.18
0.19	0.19
0.22	0.20
0.25	0.21
0.29	0.22
0.33	0.23
0.37	0.24
0.42	0.25

Tablo 70. (Devamı)

Q (m³/s)	Ortalama Su Derinliği (m)
0.47	0.26
0.52	0.27
0.57	0.28
0.63	0.29
0.69	0.30
0.76	0.31
0.82	0.32
0.85	0.33
0.88	0.34
0.92	0.35
1.02	0.36
1.12	0.37
1.22	0.38
1.33	0.39
1.45	0.40
1.56	0.41
1.69	0.42
1.81	0.43
1.95	0.44
2.10	0.45
2.24	0.46
2.40	0.47
2.55	0.48
2.71	0.49
2.88	0.50
3.05	0.51
3.23	0.52
3.41	0.53
3.59	0.54
3.78	0.55
3.98	0.56
4.18	0.57
4.38	0.58
4.59	0.59
4.81	0.60

Islak çevre yöntemine göre ortalama su derinliği ile debi arasındaki ilişki aşağıda Şekil 72’de gösterilmiştir.



Şekil 72. Oylum III regülatör yerinde oluşan ortalama su derinliği ile debi arasındaki ilişki

Şekil 72’den su seviyesi ile debi arasındaki matematiksel ilişki;

Derinlik (m) = $0.3446 \cdot (Q_e)^{0.36}$ şeklinde elde edilmiştir. Bu bağıntıdan yararlanarak dereye aylık bırakılması gereken can suyu miktarının derede meydana getireceği su seviyesi aşağıda Tablo 71’de gösterilmiştir.

Tablo 71. Oylum III regülatörü için aylık hesaplanan can suyu miktarına göre derede meydana gelebilecek su seviyesi

Aylar	Q_{ort}	Q_e (m³/s)	h (m)	h (cm)
Ekim	0.55	0.10	0.15	15.04
Kasım	0.58	0.11	0.16	15.57
Aralık	0.47	0.09	0.15	14.48
Ocak	0.44	0.08	0.14	13.88
Şubat	0.57	0.11	0.16	15.57
Mart	0.67	0.13	0.16	16.53
Nisan	0.98	0.19	0.19	18.95
Mayıs	0.83	0.16	0.18	17.82
Haziran	0.59	0.11	0.16	15.57
Temmuz	0.49	0.09	0.15	14.48
Ağustos	0.58	0.11	0.16	15.57
Eylül	0.63	0.12	0.16	16.06

Oylum III regülatör yerinde Vunut Çayına ait ortalama su hızı ile debi değerleri Tablo 72’de gösterilmiştir.

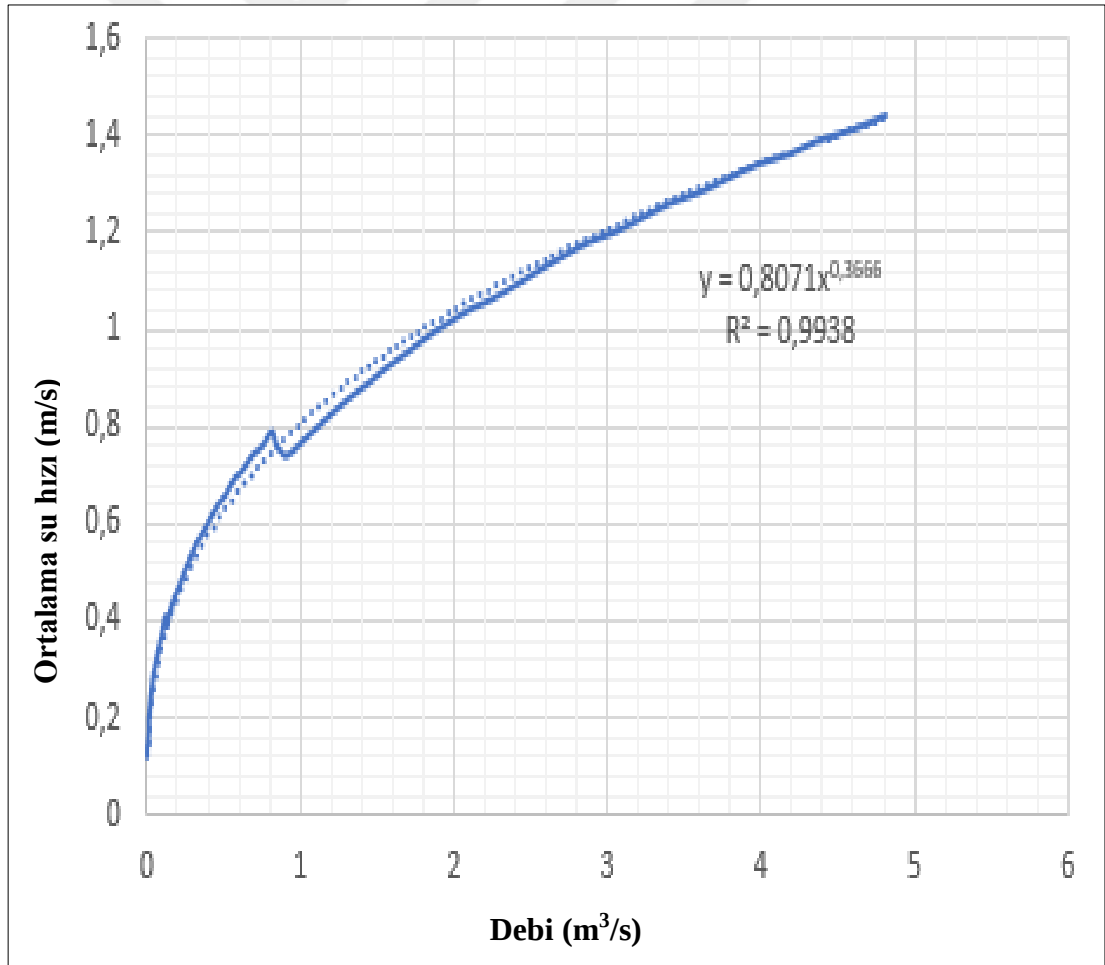
Tablo 72. Oylum III regülatör yerinde Vunut Çayına ait ortalama su hızı ile debi değerleri (CSB, 2015).

Q (m³/s)	Ortalama Su Hızı (m/s)
0	0.02
0	0.03
0	0.05
0	0.07
0	0.09
0.01	0.12
0.01	0.14
0.02	0.17
0.02	0.20
0.03	0.23
0.04	0.26
0.05	0.29
0.07	0.32
0.09	0.35
0.11	0.38
0.13	0.41
0.14	0.39
0.16	0.42
0.19	0.45
0.22	0.47
0.25	0.50
0.29	0.53
0.33	0.56
0.37	0.58
0.42	0.61
0.47	0.64
0.52	0.66
0.57	0.69
0.63	0.71
0.69	0.74
0.76	0.76
0.82	0.79
0.85	0.76
0.88	0.75
0.92	0.74
1.02	0.77
1.12	0.80
1.22	0.83
1.33	0.86
1.45	0.89
1.56	0.92
1.69	0.95
1.81	0.98
1.95	1.01
2.10	1.04
2.24	1.06
2.40	1.09

Tablo 72. (Devamı)

Q (m ³ /s)	Ortalama Su Hızı (m/s)
2.55	1.12
2.71	1.15
2.88	1.18
3.05	1.20
3.23	1.23
3.41	1.26
3.59	1.28
3.78	1.31
3.98	1.34
4.18	1.36
4.38	1.39
4.59	1.41
4.81	1.44

Islak çevre yöntemine göre deredeki ortalama su hızı ile debi arasındaki ilişki aşağıda Şekil 73'te gösterilmiştir.



Şekil 73. Oylum III regülatör yerindeki ortalama su hızı ile debi arasındaki ilişki

Şekil 73'ten ortalama su hızı ile debi arasındaki matematiksel ilişki;

$V(m/s) = 0.8071 \cdot (Q_e)^{0.3666}$ şeklinde elde edilmiştir. Bu bağıntıdan yararlanarak dereye aylık bırakılması gereken can suyu miktarının dereye meydana getireceği su hızı aşağıda Tablo 73'te gösterilmiştir.

Tablo 73. Oylum III regülatörü için aylık hesaplanan can suyu miktarına göre dereye meydana gelebilecek su hızı

Aylar	Q _{ort}	Q _e (m ³ /s)	V (m/s)
Ekim	0.55	0.10	0.35
Kasım	0.58	0.11	0.36
Aralık	0.47	0.09	0.33
Ocak	0.44	0.08	0.32
Şubat	0.57	0.11	0.36
Mart	0.67	0.13	0.38
Nisan	0.98	0.19	0.44
Mayıs	0.83	0.16	0.41
Haziran	0.59	0.11	0.36
Temmuz	0.49	0.09	0.33
Ağustos	0.58	0.11	0.36
Eylül	0.63	0.12	0.37

3.5. Bağlı (Rölatif) Hata Analizi

Bağlı hata, tahmin edilen sonuç ile gerçek sonucun farkının gerçek sonuca bölünmesi sonucu elde edilmektedir (URL-15, 2021). Rölatif hata analizlerinde her bir HES projesi için ıslak çevre yönteminde can suyu miktarı tüm ayların ortalaması alınarak ve bütün gözlem istasyonlarında tek tek hesap yapılarak ele alınmıştır. Islak çevre yöntemindeki bulunan rölatif hata yüzdelerinin negatifliği veya pozitifliği o değerlerin küçük veya büyük olduğunu göstermektedir. Ele alınan HES projeleri için rölatif hata analizleri aşağıda verilmiştir.

3.5.1. Dereiçi Regülatörü ve HES İçin Bağlı (Rölatif) Hata Analizi

Dereiçi Regülatörü ve HES projesinde bulunan DSİ 22-59 Çiftdere AGİ ve DSİ 22-61 Altındere Ortaköy AGİ'nin debi süreklilik indisleri yöntemi, düşük akış indisleri yöntemi ve ıslak çevre yöntemi için rölatif analiz sonuçları aşağıda Tablo 74'te verilmiştir.

Tablo 74. Dereiçi regülatörü ve HES rölatif hata analizi sonuçları

Akım Gözlem İstasyonu	Q ₇₅ (m ³ /s)	Q ₉₅ (m ³ /s)	7Q ₁₀ (m ³ /s)	Islak Çevre Yöntemi (m ³ /s)	Ölçülen Değer (m ³ /s)
2259 Çiftdere	0.90	0.53	0.28	0.18	0.12
DSİ 22-61	1.59	1.01	0.51		

Tablo 74. (Devamı)

Akım Gözlem İstasyonu	Q ₇₅ (m ³ /s)	Q ₉₅ (m ³ /s)	7Q ₁₀ (m ³ /s)	Islak Çevre Yöntemi (m ³ /s)	Ölçülen Değer (m ³ /s)
%Rölatif Hata (22-59 Çiftidere)	-650	-342	-133	-50.0	0.12
%Rölatif Hata (DSİ 22-61)	-1225	-742	-325	-50.0	

3.5.2. Esentepe Regülatörü ve HES İçin Bağlı (Rölatif) Hata Analizi

Esentepe Regülatörü ve HES projesinde bulunan DSİ 22-57 Ögenedere Alçakköprü AGİ'nin debi süreklilik indisleri yöntemi, düşük akış indisleri yöntemi ve ıslak çevre yöntemi için rölatif analiz sonuçları aşağıda Tablo 75'te verilmiştir. Tablo 75'te I numara Irmak Regülatörüne ve II numara Oğlaklı Regülatörünü göstermektedir.

Tablo 75. Esentepe regülatörü ve HES rölatif hata analizi sonuçları

Akım Gözlem İstasyonu	Q ₇₅ (m ³ /s)	Q ₉₅ (m ³ /s)	7Q ₁₀ (m ³ /s)	Islak Çevre Yöntemi (m ³ /s)	Ölçülen Değer (m ³ /s)
DSİ 22-57	1.75	1.15	0.34	0.08(I) 0.11(II)	0.31(I) 0.35(II)
%Rölatif Hata (22-59 Çiftidere)	-465(I) -400(II)	-271(I) -229(II)	-9.7(I) 2.9(II)	74.2(I) 68.6(II)	

3.5.3. Karakaya Regülatörü ve HES İçin Bağlı (Rölatif) Hata Analizi

Karakaya Regülatörü ve HES projesinde bulunan DSİ 22-59 Kalyondere Çiftidere AGİ, DSİ 22-60 Değirmendere Kiremitli AGİ ve EİE 2206 Değirmendere Kanlıpelit AGİ'nin debi süreklilik indisleri yöntemi, düşük akış indisleri yöntemi ve ıslak çevre yöntemi için rölatif analiz sonuçları aşağıda Tablo 76'da verilmiştir. Tablo 76'da I numara Haranoy Regülatörüne, II numara Karakaya Regülatörüne ve III numara Karahava Regülatörünü göstermektedir.

Tablo 76. Karakaya regülatörü ve HES rölatif hata analizi sonuçları

Akım Gözlem İstasyonu	Q ₇₅ (m ³ /s)	Q ₉₅ (m ³ /s)	7Q ₁₀ (m ³ /s)	Islak Çevre Yöntemi (m ³ /s)	Ölçülen Değer (m ³ /s)
DSİ 22-59	0.93	0.54	0.34	0.15 (I)	0.12 (I) 0.10 (II) 0.03 (III)
DSİ 22-60	1.02	0.66	0.50	0.13 (II)	
EİE 2206	3.44	2.27	1.60	0.04 (III)	
%Rölatif Hata (DSİ 22-59)	-675(I) -830(II) -3000(III)	-350(I) -440(II) 1700(III)	-183(I) -240(II) -1033(III)	-25(I) -30(II) -33(III)	

Tablo 76. (Devamı)

Akım Gözlem İstasyonu	Q ₇₅ (m ³ /s)	Q ₉₅ (m ³ /s)	7Q ₁₀ (m ³ /s)	Islak Çevre Yöntemi (m ³ /s)	Ölçülen Değer (m ³ /s)
%Rölatif Hata (DSİ 22-60)	-750(I) -920(II) -3300 (III)	-450(I) -560(II) -2100(III)	-317(I) -4000(II) -1567(III)	-25(I) -30(II) -33(III)	0.12 (I) 0.10 (II) 0.03 (III)
%Rölatif Hata(EİE 2206)	-2767(I) -3340(II) -11367(III)	-1792(I) -2170(II) -7467(III)	-1233(I) -1500(II) -5233(III)	-25(I) -30(II) -33(III)	0.12 (I) 0.10 (II) 0.03 (III)

3.5.4. Oylum III Regülatörü ve HES İçin Bağlı (Rölatif) Hata Analizi

Oylum III Regülatörü ve HES projesinde bulunan EİE 2202 Karadere-Çimenli AGİ ve EİE 2270 Küçükdere Çimenli AGİ'nin debi süreklilik indisleri yöntemi, düşük akış indisleri yöntemi ve ıslak çevre yöntemi için rölatif analiz sonuçları aşağıda Tablo 77'de verilmiştir.

Tablo 77. Oylum III regülatörü ve HES rölatif hata analizi sonuçları

Akım Gözlem İstasyonu	Q ₇₅ (m ³ /s)	Q ₉₅ (m ³ /s)	7Q ₁₀ (m ³ /s)	Islak Çevre Yöntemi (m ³ /s)	Ölçülen Değer (m ³ /s)
EİE 2202	3.84	2.31	1.32	0.09	0.10
EİE 2270	1.42	0.91	0.55		
%Rölatif Hata (2202)	-3740	-2210	-1220	10.0	
%Rölatif Hata (2270)	-1320	-810	-450	10.0	

4. TARTIŞMA (İRDELEME)

Bu çalışma için Trabzon ilinde; Dereiçi Regülatörü ve HES, Esentepe Regülatörü ve HES, Karakaya Regülatörü ve HES, Oylum III Regülatörü ve HES projeleri belirlenmiştir. Dereiçi Regülatörü ve HES, Esentepe Regülatörü ve HES, Karakaya Regülatörü ve HES ve Oylum III Regülatörü ve HES projelerinin AGİ'lerinin debi süreklilik indisleri yöntemi, düşük akış indisleri yöntemi ve ıslak çevre yöntemi ile hesaplanan can suyu miktarlarının DKMPM tarafından ölçülen can suyu miktarları ile karşılaştırılması ve en güvenilir yöntemin hangi yöntem olduğu aşağıda verilmektedir.

4.1. Dereiçi Regülatörü ve HES

Debi süreklilik indisleri yöntemi, düşük akış indisleri yöntemi için DSİ 22-59 Çift Dere AGİ ve DSİ 22-61 Altındere Ortaköy AGİ'lerinden hesaplanan can suyu miktarları, ıslak çevre yöntemi için ise; DSİ 22-61 Altındere Ortaköy AGİ'den elden edilen can suyu miktarı DKMPM tarafından ölçülen can suyu miktarı ile karşılaştırılmıştır.

4.1.1. Dereiçi Regülatörü ve HES Debi Süreklilik Eğrisi

DSİ 22-59 Çiftdere AGİ'de debi süreklilik eğrisi yöntemine göre, $Q_{75} = 0,90 \text{ m}^3/\text{s}$ ve $Q_{95} = 0.53 \text{ m}^3/\text{s}$ olarak hesaplanmıştır. DSİ 22-61 Altındere Ortaköy AGİ'de ise, debi süreklilik eğrisi yöntemine göre, $Q_{75} = 1.59 \text{ m}^3/\text{s}$ ve $Q_{95} = 1.01 \text{ m}^3/\text{s}$ olarak hesaplanmıştır.

DKMPM tarafından ölçülen can suyu miktarları kış mevsiminde olan aylar (Aralık-Ocak-Şubat) için ortalama $0.12 \text{ m}^3/\text{s}$, ilkbahar mevsiminde olan aylar (Mart-Nisan-Mayıs) için ortalama $0.12 \text{ m}^3/\text{s}$, yaz mevsiminde olan aylar (Haziran-Temmuz-Ağustos) için ortalama $0.13 \text{ m}^3/\text{s}$ ve sonbahar mevsiminde olan aylar (Eylül-Ekim-Kasım) için ortalama $0.12 \text{ m}^3/\text{s}$ olarak ölçülmüştür. DKMPM tarafından ölçülen mevsimlere göre can suyu miktarlarının DSİ 22-59 Çiftdere AGİ ve DSİ 22-61 Altındere Ortaköy AGİ'den hesaplanan can suyu miktarlarına göre düşük olduğu gözlemlenmiştir. Hesaplarda oluşan bu farklılığın havza verilerinin elde edilmesiyle, analizlerde kullanılan akış verilerinin daha fazla olmasıyla ve havza özelliklerinin modellere girilmesiyle birbirine yaklaşabileceği düşünülmektedir.

4.1.2. Dereiçi Regülatörü ve HES Düşük Akış İndisleri ($7Q_{10}$) Yöntemi

DSİ 22-59 Çiftdere AGİ'de $7Q_{10}$ yöntemine göre, can suyu miktarı $0.28 \text{ m}^3/\text{s}$ olarak hesaplanmıştır. DSİ 22-61 Altındere Ortaköy AGİ'de ise, $7Q_{10}$ yöntemine göre,

can suyu miktarı 0.51 m³/s olarak hesaplanmıştır. DKMPM tarafından ölçülen can suyu miktarı kış mevsiminde olan aylar (Aralık-Ocak-Şubat) için ortalama 0.12 m³/s, ilkbahar mevsiminde olan aylar (Mart-Nisan-Mayıs) için ortalama 0.12 m³/s, yaz mevsiminde olan aylar (Haziran-Temmuz-Ağustos) için ortalama 0.13 m³/s ve sonbahar mevsiminde olan aylar (Eylül-Ekim-Kasım) için ortalama 0.12 m³/s olarak ölçülmüştür.

DKMPM tarafından ölçülen mevsimlere göre can suyu miktarlarının DSİ 22-59 Çiftidere AGİ ve DSİ 22-61 Altındere Ortaköy AGİ'den hesaplanan can suyu miktarlarına göre düşük olduğu gözlemlenmiştir. Hesaplarda oluşan bu farklılığın havza verilerinin elde edilmesiyle, analizlerde kullanılan akış verilerinin daha fazla olmasıyla ve havza özelliklerinin modellere girilmesiyle birbirine yaklaşabileceği düşünülmektedir.

4.1.3. Dereiçi Regülatörü ve HES Islak Çevre Yöntemi

DSİ 22-61 Altındere Ortaköy AGİ'de can suyu miktarları; kış mevsiminde olan aylar (Aralık-Ocak-Şubat) için ortalama 0.07 m³/s, ilkbahar mevsiminde olan aylar (Mart-Nisan-Mayıs) için ortalama 0.36 m³/s, yaz mevsiminde olan aylar (Haziran-Temmuz-Ağustos) için ortalama 0.20 m³/s ve sonbahar mevsiminde olan aylar (Eylül-Ekim-Kasım) için ortalama 0.10 m³/s olarak hesaplanmıştır.

DSİ 22-61 Altındere-Ortaköy AGİ'de kullanılabilecek aylık su miktarları; kış mevsiminde olan aylar (Aralık-Ocak-Şubat) için ortalama 0.17 m³/s, ilkbahar mevsiminde olan aylar (Mart-Nisan-Mayıs) için ortalama 0.83 m³/s, yaz mevsiminde olan aylar (Haziran-Temmuz-Ağustos) için ortalama 0.48 m³/s ve sonbahar mevsiminde olan aylar (Eylül-Ekim-Kasım) için ortalama 0.24 m³/s olarak hesaplanmıştır.

DSİ 22-61 Altındere-Ortaköy AGİ'de aylık hesaplanan can suyu miktarlarına göre dereye meydana gelebilecek su seviyeleri; kış mevsiminde olan aylar (Aralık-Ocak-Şubat) için ortalama 0.24 m, ilkbahar mevsiminde olan aylar (Mart-Nisan-Mayıs) için ortalama 0.38 m, yaz mevsiminde olan aylar (Haziran-Temmuz-Ağustos) için ortalama 0.33 m ve sonbahar mevsiminde olan aylar (Eylül-Ekim-Kasım) için ortalama 0.27 m olarak hesaplanmıştır.

DSİ 22-61 Altındere-Ortaköy AGİ'de hesaplanan can suyu miktarlarına göre dereye meydana gelebilecek su hızları; kış mevsiminde olan aylar (Aralık-Ocak-Şubat) için ortalama 0.10 m/s, ilkbahar mevsiminde olan aylar (Mart-Nisan-Mayıs) için ortalama 0.24 m/s, yaz mevsiminde olan aylar (Haziran-Temmuz-Ağustos) için ortalama 0.17 m/s ve sonbahar mevsiminde olan aylar (Eylül-Ekim-Kasım) için ortalama 0.12 m/s olarak hesaplanmıştır.

DKMPM tarafından ölçülen can suyu miktarları kış mevsiminde olan aylar (Aralık-Ocak-Şubat) için ortalama 0.12 m³/s, ilkbahar mevsiminde olan aylar (Mart-Nisan-Mayıs) için ortalama 0.12 m³/s, yaz mevsiminde olan aylar (Haziran-Temmuz-Ağustos) için ortalama 0.13 m³/s ve sonbahar mevsiminde olan aylar (Eylül-Ekim-Kasım) için ortalama 0.12 m³/s olarak ölçülmüştür.

İlkbahar mevsiminde olan aylar (Mart-Nisan-Mayıs) için can suyu miktarı, kullanılabilecek aylık su miktarı, hesaplanan can suyu miktarına göre derede meydana gelebilecek su seviyesi ve can suyu miktarına göre derede meydana gelebilecek su hızının diğer mevsimler olan kış mevsimi, yaz mevsimi ve sonbahar mevsimine göre daha yüksek olduğu, ilkbahar mevsimini yaz mevsiminin takip ettiği gözlemlenmiştir. Bunun sebebinin karların erimesi ile meydana gelebileceği tahmin edilmektedir.

DKMPM tarafından ölçülen can suyu miktarının DSİ 22-61 Altındere Ortaköy AGİ'den hesaplanan can suyu miktarına göre mevsimlik bazda değerlendirildiğinde düşük olduğu gözlemlenmiştir. Hesaplarda oluşan bu farklılığın havza verilerinin elde edilmesiyle, analizlerde kullanılan akış verilerinin daha fazla olmasıyla ve havza özelliklerinin modellere girilmesiyle birbirine yaklaşabileceği düşünülmektedir.

Debi süreklilik indisleri yöntemi, düşük akış indisleri yöntemi ve ıslak çevre yöntemi için rölatif hata analizi göz önüne alındığında en güvenilir ve DKMPM tarafından ölçülen can suyu miktarına en yakın yöntemin ıslak çevre yöntemi olduğu tespit edilmiştir. Bunun sebebinin ıslak çevre yönteminde kesitsel bazda hesap yapıldığından kaynaklandığı tahmin edilmektedir.

4.2. Esentepe Regülatörü ve HES

Debi süreklilik indisleri yöntemi, düşük akış indisleri yöntemi için DSİ 22-57 Ögenedere Alçakköprü AGİ'den hesaplanan can suyu miktarı, ıslak çevre yöntemi için ise; Irmak ve Oğlaklı Regülatörlerinden elden edilen can suyu miktarı DKMPM tarafından ölçülen Irmak ve Oğlaklı Regülatörleri can suyu miktarı ile karşılaştırılmıştır.

4.2.1. Esentepe Regülatörü ve HES Debi Süreklilik Eğrisi

DSİ 22-57 Ögenedere Alçakköprü AGİ'de debi süreklilik eğrisi yöntemine göre, $Q_{75} = 1.75 \text{ m}^3/\text{s}$ ve $Q_{95} = 1.15 \text{ m}^3/\text{s}$ olarak hesaplanmıştır.

Irmak Regülatöründe DKMPM tarafından ölçülen can suyu miktarları kış mevsiminde olan aylar (Aralık-Ocak-Şubat) için ortalama 0.24 m³/s, ilkbahar mevsiminde olan aylar (Mart-Nisan-Mayıs) için ortalama 0.41 m³/s, yaz mevsiminde olan

aylar (Haziran-Temmuz-Ağustos) için ortalama 0.33 m³/s ve sonbahar mevsiminde olan aylar (Eylül-Ekim-Kasım) için ortalama 0.24 m³/s olarak ölçülmüştür.

Oğlaklı Regülatöründe DKMPM tarafından ölçülen can suyu miktarları kış mevsiminde olan aylar (Aralık-Ocak-Şubat) için ortalama 0.23 m³/s, ilkbahar mevsiminde olan aylar (Mart-Nisan-Mayıs) için ortalama 0.41 m³/s, yaz mevsiminde olan aylar (Haziran-Temmuz-Ağustos) için ortalama 0.32 m³/s ve sonbahar mevsiminde olan aylar (Eylül-Ekim-Kasım) için ortalama 0.23 m³/s olarak ölçülmüştür.

DKMPM tarafından ölçülen Irmak Regülatörüne ve Oğlaklı Regülatörüne ait mevsimsel can suyu miktarlarının DSİ 22-57 Ögenedere Alçakköprü AGİ’de hesaplanan mevsimsel can suyu miktarına göre düşük olduğu gözlemlenmiştir. Hesaplarda oluşan bu farklılığın havza verilerinin elde edilmesiyle, analizlerde kullanılan akış verilerinin daha fazla olmasıyla ve havza özelliklerinin modellere girilmesiyle birbirine yaklaşabileceği düşünülmektedir.

4.2.2. Esentepe Regülatörü ve HES Düşük Akış İndisleri (7Q₁₀) Yöntemi

DSİ 22-57 Ögenedere Alçakköprü AGİ’de 7Q₁₀ yöntemine göre, can suyu miktarı 0.34 m³/s olarak hesaplanmıştır. Irmak Regülatöründe DKMPM tarafından ölçülen can suyu miktarları kış mevsiminde olan aylar (Aralık-Ocak-Şubat) için ortalama 0.24 m³/s, ilkbahar mevsiminde olan aylar (Mart-Nisan-Mayıs) için ortalama 0.41 m³/s, yaz mevsiminde olan aylar (Haziran-Temmuz-Ağustos) için ortalama 0.33 m³/s ve sonbahar mevsiminde olan aylar (Eylül-Ekim-Kasım) için ortalama 0.24 m³/s olarak ölçülmüştür.

Oğlaklı Regülatöründe DKMPM tarafından ölçülen can suyu miktarları kış mevsiminde olan aylar (Aralık-Ocak-Şubat) için ortalama 0.23 m³/s, ilkbahar mevsiminde olan aylar (Mart-Nisan-Mayıs) için ortalama 0.41 m³/s, yaz mevsiminde olan aylar (Haziran-Temmuz-Ağustos) için ortalama 0.32 m³/s ve sonbahar mevsiminde olan aylar (Eylül-Ekim-Kasım) için ortalama 0.23 m³/s olarak ölçülmüştür.

DKMPM tarafından ölçülen Irmak Regülatörüne ve Oğlaklı Regülatörüne ait sadece ilkbahar mevsimindeki can suyu miktarının DSİ 22-57 Ögenedere Alçakköprü AGİ’de hesaplanan can suyu miktarına göre düşük olduğu, diğer mevsimlerde ise uygun düzeyde olduğu gözlemlenmiştir. Bunun sebebinin karların erimesi ile meydana gelebileceği tahmin edilmektedir.

4.2.3. Esentepe Regülatörü ve HES Islak Çevre Yöntemi

Oğlaklı Regülatöründe can suyu miktarları; kış mevsiminde olan aylar (Aralık-Ocak-Şubat) için ortalama 0.05 m³/s, ilkbahar mevsiminde olan aylar (Mart-Nisan-

Mayıs) için ortalama 0.20 m³/s, yaz mevsiminde olan aylar (Haziran-Temmuz-Ağustos) için ortalama 0.13 m³/s ve sonbahar mevsiminde olan aylar (Eylül-Ekim-Kasım) için ortalama 0.06 m³/s olarak hesaplanmıştır.

Oğlaklı Regülatöründe kullanılabilecek aylık su miktarları; kış mevsiminde olan aylar (Aralık-Ocak-Şubat) için ortalama 0.91 m³/s, ilkbahar mevsiminde olan aylar (Mart-Nisan-Mayıs) için ortalama 3.98 m³/s, yaz mevsiminde olan aylar (Haziran-Temmuz-Ağustos) için ortalama 2.58 m³/s ve sonbahar mevsiminde olan aylar (Eylül-Ekim-Kasım) için ortalama 1.24 m³/s olarak hesaplanmıştır.

Oğlaklı Regülatöründe aylık hesaplanan can suyu miktarlarına göre dereye meydana gelebilecek su seviyeleri; kış mevsiminde olan aylar (Aralık-Ocak-Şubat) için ortalama 0.16 m, ilkbahar mevsiminde olan aylar (Mart-Nisan-Mayıs) için ortalama 0.27 m, yaz mevsiminde olan aylar (Haziran-Temmuz-Ağustos) için ortalama 0.23 m ve sonbahar mevsiminde olan aylar (Eylül-Ekim-Kasım) için ortalama 0.17 m olarak hesaplanmıştır.

Oğlaklı Regülatöründe hesaplanan can suyu miktarlarına göre dereye meydana gelebilecek su hızları; kış mevsiminde olan aylar (Aralık-Ocak-Şubat) için ortalama 0.27 m/s, ilkbahar mevsiminde olan aylar (Mart-Nisan-Mayıs) için ortalama 0.37 m/s, yaz mevsiminde olan aylar (Haziran-Temmuz-Ağustos) için ortalama 0.34 m/s ve sonbahar mevsiminde olan aylar (Eylül-Ekim-Kasım) için ortalama 0.29 m/s olarak hesaplanmıştır.

Irmak Regülatöründe can suyu miktarları; kış mevsiminde olan aylar (Aralık-Ocak-Şubat) için ortalama 0.03 m³/s, ilkbahar mevsiminde olan aylar (Mart-Nisan-Mayıs) için ortalama 0.16 m³/s, yaz mevsiminde olan aylar (Haziran-Temmuz-Ağustos) için ortalama 0.10 m³/s ve sonbahar mevsiminde olan aylar (Eylül-Ekim-Kasım) için ortalama 0.05 m³/s olarak hesaplanmıştır.

Irmak Regülatöründe kullanılabilecek aylık su miktarları; kış mevsiminde olan aylar (Aralık-Ocak-Şubat) için ortalama 0.82 m³/s, ilkbahar mevsiminde olan aylar (Mart-Nisan-Mayıs) için ortalama 3.90 m³/s, yaz mevsiminde olan aylar (Haziran-Temmuz-Ağustos) için ortalama 2.58 m³/s ve sonbahar mevsiminde olan aylar (Eylül-Ekim-Kasım) için ortalama 2.41 m³/s olarak hesaplanmıştır.

Irmak Regülatöründe aylık hesaplanan can suyu miktarlarına göre dereye meydana gelebilecek su seviyeleri; kış mevsiminde olan aylar (Aralık-Ocak-Şubat) için ortalama 0.13 m, ilkbahar mevsiminde olan aylar (Mart-Nisan-Mayıs) için ortalama 0.24 m, yaz mevsiminde olan aylar (Haziran-Temmuz-Ağustos) için ortalama 0.19 m ve sonbahar mevsiminde olan aylar (Eylül-Ekim-Kasım) için ortalama 0.15 m olarak hesaplanmıştır.

Irmak Regülatöründe hesaplanan can suyu miktarlarına göre dereye meydana gelebilecek su hızları; kış mevsiminde olan aylar (Aralık-Ocak-Şubat) için ortalama 0.25 m/s, ilkbahar mevsiminde olan aylar (Mart-Nisan-Mayıs) için ortalama 0.35 m/s, yaz mevsiminde olan aylar (Haziran-Temmuz-Ağustos) için ortalama 0.31 m/s ve sonbahar mevsiminde olan aylar (Eylül-Ekim-Kasım) için ortalama 0.27 m/s olarak hesaplanmıştır.

Irmak Regülatöründe DKMPM tarafından ölçülen can suyu miktarları kış mevsiminde olan aylar (Aralık-Ocak-Şubat) için ortalama 0.24 m³/s, ilkbahar mevsiminde olan aylar (Mart-Nisan-Mayıs) için ortalama 0.41 m³/s, yaz mevsiminde olan aylar (Haziran-Temmuz-Ağustos) için ortalama 0.33 m³/s ve sonbahar mevsiminde olan aylar (Eylül-Ekim-Kasım) için ortalama 0.24 m³/s olarak ölçülmüştür.

Oğlaklı Regülatöründe DKMPM tarafından ölçülen can suyu miktarları kış mevsiminde olan aylar (Aralık-Ocak-Şubat) için ortalama 0.23 m³/s, ilkbahar mevsiminde olan aylar (Mart-Nisan-Mayıs) için ortalama 0.41 m³/s, yaz mevsiminde olan aylar (Haziran-Temmuz-Ağustos) için ortalama 0.32 m³/s ve sonbahar mevsiminde olan aylar (Eylül-Ekim-Kasım) için ortalama 0.23 m³/s olarak ölçülmüştür.

Irmak Regülatörü ve Oğlaklı Regülatöründe ilkbahar mevsiminde olan aylar (Mart-Nisan-Mayıs) için can suyu miktarı, kullanılabilecek aylık su miktarı, hesaplanan can suyu miktarına göre dereye meydana gelebilecek su seviyesi ve can suyu miktarına göre dereye meydana gelebilecek su hızının diğer mevsimler olan kış mevsimi, yaz mevsimi ve sonbahar mevsimine göre daha yüksek olduğu, ilkbahar mevsimini yaz mevsiminin takip ettiği gözlemlenmiştir. Bunun sebebinin karların erimesi ile meydana gelebileceği tahmin edilmektedir.

DKMPM tarafından ölçülen Oğlaklı Regülatörüne ve Irmak Regülatörüne ait mevsimsel can suyu miktarının Oğlaklı Regülatörü ve Irmak Regülatörüne ait yapılan hesap sonucu elde edilen mevsimsel can suyu miktarına göre uygun olduğu gözlemlenmiştir. Bunun sebebinin akarsuyun morfolojik yapısı dikkate alınarak hesap yapılmasından kaynaklandığı tahmin edilmektedir.

Debi süreklilik indisleri yöntemi, düşük akış indisleri yöntemi ve ıslak çevre yöntemi için rölatif hata analizi göz önüne alındığında en güvenilir ve DKMPM tarafından ölçülen can suyu miktarına en yakın yöntemin ıslak çevre yöntemi olduğu tespit edilmiştir. Bunun sebebinin ıslak çevre yönteminde kesitsel bazda hesap yapıldığından kaynaklandığı tahmin edilmektedir.

4.3. Karakaya Regülatörü ve HES

Debi süreklilik indisleri yöntemi ve düşük akış indisleri yöntemi için DSİ 22-59 Kalyondere Çiftidere AGİ, DSİ 22-60 Değirmendere Kiremitli AGİ ve EİE 2206 Değirmendere Kanlıpelit AGİ'den hesaplanan can suyu miktarları, ıslak çevre yöntemi için ise; Haranoy, Karakaya ve Karahava Regülatörlerinden elden edilen can suyu miktarları DKMPM tarafından ölçülen Haranoy, Karakaya ve Karahava Regülatörlerine ait can suyu miktarı ile karşılaştırılmıştır.

4.3.1. Karakaya Regülatörü ve HES Debi Süreklilik Eğrisi

DSİ 22-59 Kalyondere Çiftidere AGİ'de debi süreklilik eğrisi yöntemine göre, $Q_{75} = 0.93 \text{ m}^3/\text{s}$ ve $Q_{95} = 0.54 \text{ m}^3/\text{s}$ olarak hesaplanmıştır. DSİ 22-60 Değirmendere Kiremitli AGİ'de debi süreklilik eğrisi yöntemine göre, $Q_{75} = 1.02 \text{ m}^3/\text{s}$ ve $Q_{95} = 0.66 \text{ m}^3/\text{s}$ olarak hesaplanmıştır. EİE 2206 Değirmendere Kanlıpelit AGİ'de debi süreklilik eğrisi yöntemine göre, $Q_{75} = 3.44 \text{ m}^3/\text{s}$ ve $Q_{95} = 2.27 \text{ m}^3/\text{s}$ olarak hesaplanmıştır.

Haranoy Regülatöründe DKMPM tarafından ölçülen can suyu miktarları kış mevsiminde olan aylar (Aralık-Ocak-Şubat) için ortalama $0.11 \text{ m}^3/\text{s}$, ilkbahar mevsiminde olan aylar (Mart-Nisan-Mayıs) için ortalama $0.14 \text{ m}^3/\text{s}$, yaz mevsiminde olan aylar (Haziran-Temmuz-Ağustos) için ortalama $0.12 \text{ m}^3/\text{s}$ ve sonbahar mevsiminde olan aylar (Eylül-Ekim-Kasım) için ortalama $0.11 \text{ m}^3/\text{s}$ olarak ölçülmüştür.

Karakaya Regülatöründe DKMPM tarafından ölçülen can suyu miktarları kış mevsiminde olan aylar (Aralık-Ocak-Şubat) için ortalama $0.09 \text{ m}^3/\text{s}$, ilkbahar mevsiminde olan aylar (Mart-Nisan-Mayıs) için ortalama $0.12 \text{ m}^3/\text{s}$, yaz mevsiminde olan aylar (Haziran-Temmuz-Ağustos) için ortalama $0.10 \text{ m}^3/\text{s}$ ve sonbahar mevsiminde olan aylar (Eylül-Ekim-Kasım) için ortalama $0.09 \text{ m}^3/\text{s}$ olarak ölçülmüştür.

Karahava Regülatöründe DKMPM tarafından ölçülen can suyu miktarları kış mevsiminde olan aylar (Aralık-Ocak-Şubat) için ortalama $0.03 \text{ m}^3/\text{s}$, ilkbahar mevsiminde olan aylar (Mart-Nisan-Mayıs) için ortalama $0.04 \text{ m}^3/\text{s}$, yaz mevsiminde olan aylar (Haziran-Temmuz-Ağustos) için ortalama $0.03 \text{ m}^3/\text{s}$ ve sonbahar mevsiminde olan aylar (Eylül-Ekim-Kasım) için ortalama $0.03 \text{ m}^3/\text{s}$ olarak ölçülmüştür.

DKMPM tarafından ölçülen Haranoy Regülatörüne, Karakaya Regülatörüne ve Karahava Regülatörüne ait mevsimsel can suyu miktarlarının DSİ 22-59 Kalyondere Çiftidere AGİ, DSİ 22-60 Değirmendere Kiremitli AGİ ve EİE 2206 Değirmendere Kanlıpelit AGİ'de hesaplanan mevsimsel can suyu miktarlarına göre düşük olduğu gözlemlenmiştir. Hesaplarda oluşan bu farklılığın havza verilerinin elde edilmesiyle,

analizlerde kullanılan akış verilerinin daha fazla olmasıyla ve havza özelliklerinin modellere girilmesiyle birbirine yaklaşabileceği düşünülmektedir.

4.3.2. Karakaya Regülatörü ve HES Düşük Akış İndisleri (7Q₁₀) Yöntemi

DSİ 22-59 Kalyondere Çiftidere AGİ'de 7Q₁₀ yöntemine göre, can suyu miktarı 0.34 m³/s olarak hesaplanmıştır. DSİ 22-60 Değirmendere Kiremitli AGİ'de 7Q₁₀ yöntemine göre, can suyu miktarı 0.50 m³/s olarak hesaplanmıştır. EİE 2206 Değirmendere Kanlıpelit AGİ'de 7Q₁₀ yöntemine göre, can suyu miktarı 1.60 m³/s olarak hesaplanmıştır.

Haranoy Regülatöründe DKMPM tarafından ölçülen can suyu miktarları kış mevsiminde olan aylar (Aralık-Ocak-Şubat) için ortalama 0.11 m³/s, ilkbahar mevsiminde olan aylar (Mart-Nisan-Mayıs) için ortalama 0.14 m³/s, yaz mevsiminde olan aylar (Haziran-Temmuz-Ağustos) için ortalama 0.12 m³/s ve sonbahar mevsiminde olan aylar (Eylül-Ekim-Kasım) için ortalama 0.11 m³/s olarak ölçülmüştür.

Karakaya Regülatöründe DKMPM tarafından ölçülen can suyu miktarları kış mevsiminde olan aylar (Aralık-Ocak-Şubat) için ortalama 0.09 m³/s, ilkbahar mevsiminde olan aylar (Mart-Nisan-Mayıs) için ortalama 0.12 m³/s, yaz mevsiminde olan aylar (Haziran-Temmuz-Ağustos) için ortalama 0.10 m³/s ve sonbahar mevsiminde olan aylar (Eylül-Ekim-Kasım) için ortalama 0.09 m³/s olarak ölçülmüştür.

Karahava Regülatöründe DKMPM tarafından ölçülen can suyu miktarları kış mevsiminde olan aylar (Aralık-Ocak-Şubat) için ortalama 0.03 m³/s, ilkbahar mevsiminde olan aylar (Mart-Nisan-Mayıs) için ortalama 0.04 m³/s, yaz mevsiminde olan aylar (Haziran-Temmuz-Ağustos) için ortalama 0.03 m³/s ve sonbahar mevsiminde olan aylar (Eylül-Ekim-Kasım) için ortalama 0.03 m³/s olarak ölçülmüştür.

DKMPM tarafından ölçülen Haranoy Regülatörüne, Karakaya Regülatörüne ve Karahava Regülatörüne ait mevsimsel can suyu miktarlarının DSİ 22-59 Kalyondere Çiftidere AGİ, DSİ 22-60 Değirmendere Kiremitli AGİ ve EİE 2206 Değirmendere Kanlıpelit AGİ'de hesaplanan mevsimsel can suyu miktarlarına göre düşük olduğu gözlemlenmiştir.

Hesaplarda oluşan bu farklılığın havza verilerinin elde edilmesiyle, analizlerde kullanılan akış verilerinin daha fazla olmasıyla ve havza özelliklerinin modellere girilmesiyle birbirine yaklaşabileceği düşünülmektedir.

4.3.3. Karakaya Regülatörü ve HES Islak Çevre Yöntemi

Haranoy Regülatöründe can suyu miktarları; kış mevsiminde olan aylar (Aralık-Ocak-Şubat) için ortalama 0.09 m³/s, ilkbahar mevsiminde olan aylar (Mart-Nisan-Mayıs) için ortalama 0.26 m³/s, yaz mevsiminde olan aylar (Haziran-Temmuz-Ağustos) için ortalama 0.14 m³/s ve sonbahar mevsiminde olan aylar (Eylül-Ekim-Kasım) için ortalama 0.11 m³/s olarak hesaplanmıştır.

Haranoy Regülatöründe kullanılabilecek aylık su miktarları; kış mevsiminde olan aylar (Aralık-Ocak-Şubat) için ortalama 0.53 m³/s, ilkbahar mevsiminde olan aylar (Mart-Nisan-Mayıs) için ortalama 1.46 m³/s, yaz mevsiminde olan aylar (Haziran-Temmuz-Ağustos) için ortalama 0.81 m³/s ve sonbahar mevsiminde olan aylar (Eylül-Ekim-Kasım) için ortalama 0.63 m³/s olarak hesaplanmıştır.

Haranoy Regülatöründe aylık hesaplanan can suyu miktarlarına göre derede meydana gelebilecek su seviyeleri; kış mevsiminde olan aylar (Aralık-Ocak-Şubat) için ortalama 0.14 m, ilkbahar mevsiminde olan aylar (Mart-Nisan-Mayıs) için ortalama 0.20 m, yaz mevsiminde olan aylar (Haziran-Temmuz-Ağustos) için ortalama 0.16 m ve sonbahar mevsiminde olan aylar (Eylül-Ekim-Kasım) için ortalama 0.15 m olarak hesaplanmıştır.

Haranoy Regülatöründe hesaplanan can suyu miktarlarına göre derede meydana gelebilecek su hızları; kış mevsiminde olan aylar (Aralık-Ocak-Şubat) için ortalama 0.34 m/s, ilkbahar mevsiminde olan aylar (Mart-Nisan-Mayıs) için ortalama 0.52 m/s, yaz mevsiminde olan aylar (Haziran-Temmuz-Ağustos) için ortalama 0.40 m/s ve sonbahar mevsiminde olan aylar (Eylül-Ekim-Kasım) için ortalama 0.37 m/s olarak hesaplanmıştır.

Karakaya Regülatöründe can suyu miktarları; kış mevsiminde olan aylar (Aralık-Ocak-Şubat) için ortalama 0.06 m³/s, ilkbahar mevsiminde olan aylar (Mart-Nisan-Mayıs) için ortalama 0.25 m³/s, yaz mevsiminde olan aylar (Haziran-Temmuz-Ağustos) için ortalama 0.12 m³/s ve sonbahar mevsiminde olan aylar (Eylül-Ekim-Kasım) için ortalama 0.08 m³/s olarak hesaplanmıştır.

Karakaya Regülatöründe kullanılabilecek aylık su miktarları; kış mevsiminde olan aylar (Aralık-Ocak-Şubat) için ortalama 0.35 m³/s, ilkbahar mevsiminde olan aylar (Mart-Nisan-Mayıs) için ortalama 1.54 m³/s, yaz mevsiminde olan aylar (Haziran-Temmuz-Ağustos) için ortalama 0.71 m³/s ve sonbahar mevsiminde olan aylar (Eylül-Ekim-Kasım) için ortalama 0.48 m³/s olarak hesaplanmıştır.

Karakaya Regülatöründe aylık hesaplanan can suyu miktarlarına göre derede meydana gelebilecek su seviyeleri; kış mevsiminde olan aylar (Aralık-Ocak-Şubat) için ortalama 0.14 m, ilkbahar mevsiminde olan aylar (Mart-Nisan-Mayıs) için ortalama

0.20 m, yaz mevsiminde olan aylar (Haziran-Temmuz-Ağustos) için ortalama 0.16 m ve sonbahar mevsiminde olan aylar (Eylül-Ekim-Kasım) için ortalama 0.15 m olarak hesaplanmıştır.

Karakaya Regülatöründe hesaplanan can suyu miktarlarına göre dereye meydana gelebilecek su hızları; kış mevsiminde olan aylar (Aralık-Ocak-Şubat) için ortalama 0.28 m/s, ilkbahar mevsiminde olan aylar (Mart-Nisan-Mayıs) için ortalama 0.53 m/s, yaz mevsiminde olan aylar (Haziran-Temmuz-Ağustos) için ortalama 0.37 m/s ve sonbahar mevsiminde olan aylar (Eylül-Ekim-Kasım) için ortalama 0.32 m/s olarak hesaplanmıştır.

Karahava Regülatöründe can suyu miktarları; kış mevsiminde olan aylar (Aralık-Ocak-Şubat) için ortalama 0.02 m³/s, ilkbahar mevsiminde olan aylar (Mart-Nisan-Mayıs) için ortalama 0.07 m³/s, yaz mevsiminde olan aylar (Haziran-Temmuz-Ağustos) için ortalama 0.03 m³/s ve sonbahar mevsiminde olan aylar (Eylül-Ekim-Kasım) için ortalama 0.02 m³/s olarak hesaplanmıştır.

Karahava Regülatöründe kullanılabilecek aylık su miktarları; kış mevsiminde olan aylar (Aralık-Ocak-Şubat) için ortalama 0.09 m³/s, ilkbahar mevsiminde olan aylar (Mart-Nisan-Mayıs) için ortalama 0.41 m³/s, yaz mevsiminde olan aylar (Haziran-Temmuz-Ağustos) için ortalama 0.19 m³/s ve sonbahar mevsiminde olan aylar (Eylül-Ekim-Kasım) için ortalama 0.12 m³/s olarak hesaplanmıştır.

Karahava Regülatöründe aylık hesaplanan can suyu miktarlarına göre dereye meydana gelebilecek su seviyeleri; kış mevsiminde olan aylar (Aralık-Ocak-Şubat) için ortalama 0.07 m, ilkbahar mevsiminde olan aylar (Mart-Nisan-Mayıs) için ortalama 0.13 m, yaz mevsiminde olan aylar (Haziran-Temmuz-Ağustos) için ortalama 0.09 m ve sonbahar mevsiminde olan aylar (Eylül-Ekim-Kasım) için ortalama 0.08 m olarak hesaplanmıştır.

Karahava Regülatöründe hesaplanan can suyu miktarlarına göre dereye meydana gelebilecek su hızları; kış mevsiminde olan aylar (Aralık-Ocak-Şubat) için ortalama 0.21 m/s, ilkbahar mevsiminde olan aylar (Mart-Nisan-Mayıs) için ortalama 0.38 m/s, yaz mevsiminde olan aylar (Haziran-Temmuz-Ağustos) için ortalama 0.27 m/s ve sonbahar mevsiminde olan aylar (Eylül-Ekim-Kasım) için ortalama 0.24 m/s olarak hesaplanmıştır.

Haranoy Regülatörü, Karakaya Regülatörü ve Karahava Regülatöründe ilkbahar mevsiminde olan aylar (Mart-Nisan-Mayıs) için can suyu miktarı, kullanılabilecek aylık su miktarı, hesaplanan can suyu miktarına göre dereye meydana gelebilecek su seviyesi ve can suyu miktarına göre dereye meydana gelebilecek su hızının diğer mevsimler olan kış mevsimi, yaz mevsimi ve sonbahar mevsimine göre daha yüksek olduğu, ilkbahar

mevsimini yaz mevsiminin takip ettiği gözlemlenmiştir. Bunun sebebinin karların erimesi ile meydana gelebileceği tahmin edilmektedir.

DKMPM tarafından ölçülen Haranoy Regülatörüne, Karakaya Regülatörüne ve Karahava Regülatörüne ait ilkbahar mevsimindeki can suyu miktarının Haranoy Regülatörü, Karakaya Regülatörü ve Karahava Regülatörüne ait yapılan hesap sonucu elde edilen ilkbahar mevsimindeki can suyu miktarına göre düşük olduğu, diğer mevsimlere göre hemen hemen yakın veya uygun düzeyde olduğu gözlemlenmiştir.

Debi süreklilik indisleri yöntemi, düşük akış indisleri yöntemi ve ıslak çevre yöntemi için rölatif hata analizi göz önüne alındığında en güvenilir ve DKMPM tarafından ölçülen can suyu miktarına en yakın yöntemin ıslak çevre yöntemi olduğu tespit edilmiştir. Bunun sebebinin ıslak çevre yönteminde kesitsel bazda hesap yapıldığından kaynaklandığı tahmin edilmektedir.

4.4. Oylum III Regülatörü ve HES

Debi süreklilik indisleri yöntemi ve düşük akış indisleri yöntemi için EİE 2202 Kara Dere-Ağnas AGİ ve EİE 2270 Küçük Dere-Çimenli AGİ'den hesaplanan can suyu miktarları, ıslak çevre yöntemi için ise; Oylum III regülatör yerinde elden edilen can suyu miktarı DKMPM tarafından ölçülen Oylum III Regülatörüne ait can suyu miktarı ile karşılaştırılmıştır.

4.4.1. Oylum III Regülatörü ve HES Debi Süreklilik Eğrisi

EİE 2202 Kara Dere-Ağnas AGİ'de debi süreklilik eğrisi yöntemine göre, $Q_{75} = 3.84 \text{ m}^3/\text{s}$ ve $Q_{95} = 2.31 \text{ m}^3/\text{s}$ olarak hesaplanmıştır. EİE 2270 Küçük Dere-Çimenli AGİ'de debi süreklilik eğrisi yöntemine göre, $Q_{75} = 1.42 \text{ m}^3/\text{s}$ ve $Q_{95} = 0.91 \text{ m}^3/\text{s}$ olarak hesaplanmıştır. DKMPM tarafından ölçülen can suyu miktarları kış mevsiminde olan aylar (Aralık-Ocak-Şubat) için ortalama $0.09 \text{ m}^3/\text{s}$, ilkbahar mevsiminde olan aylar (Mart-Nisan-Mayıs) için ortalama $0.15 \text{ m}^3/\text{s}$, yaz mevsiminde olan aylar (Haziran-Temmuz-Ağustos) için ortalama $0.09 \text{ m}^3/\text{s}$ ve sonbahar mevsiminde olan aylar (Eylül-Ekim-Kasım) için ortalama $0.10 \text{ m}^3/\text{s}$ olarak ölçülmüştür. DKMPM tarafından ölçülen Oylum III Regülatörüne ait mevsimsel can suyu miktarlarının EİE 2202 Kara Dere-Ağnas AGİ ve EİE 2270 Küçük Dere-Çimenli AGİ'de hesaplanan can suyu miktarlarına göre düşük olduğu gözlemlenmiştir. Hesaplarda oluşan bu farklılığın havza verilerinin elde edilmesiyle, analizlerde kullanılan akış verilerinin daha fazla olmasıyla ve havza özelliklerinin modellere girilmesiyle birbirine yaklaşabileceği düşünülmektedir.

4.4.2. Oylum III Regülatörü ve HES Düşük Akış İndisleri (7Q₁₀) Yöntemi

EİE 2202 Kara Dere-Ağnas AGİ'de 7Q₁₀ yöntemine göre, can suyu miktarı 1.32 m³/s olarak hesaplanmıştır. EİE 2270 Küçük Dere-Çimenli AGİ'de 7Q₁₀ yöntemine göre, can suyu miktarı 0.55 m³/s olarak hesaplanmıştır. DKMPM tarafından ölçülen can suyu miktarları kış mevsiminde olan aylar (Aralık-Ocak-Şubat) için ortalama 0.09 m³/s, ilkbahar mevsiminde olan aylar (Mart-Nisan-Mayıs) için ortalama 0.15 m³/s, yaz mevsiminde olan aylar (Haziran-Temmuz-Ağustos) için ortalama 0.09 m³/s ve sonbahar mevsiminde olan aylar (Eylül-Ekim-Kasım) için ortalama 0.10 m³/s olarak ölçülmüştür.

DKMPM tarafından ölçülen Oylum III Regülatörüne ait mevsimsel can suyu miktarlarının EİE 2202 Kara Dere-Ağnas AGİ ve EİE 2270 Küçük Dere-Çimenli AGİ'de hesaplanan can suyu miktarlarına göre düşük olduğu gözlemlenmiştir.

Hesaplarda oluşan bu farklılığın havza verilerinin elde edilmesiyle, analizlerde kullanılan akış verilerinin daha fazla olmasıyla ve havza özelliklerinin modellere girilmesiyle birbirine yaklaşabileceği düşünülmektedir.

4.4.3. Oylum III Regülatörü ve HES Islak Çevre Yöntemi

Oylum III Regülatöründe can suyu miktarları; kış mevsiminde olan aylar (Aralık-Ocak-Şubat) için ortalama 0.09 m³/s, ilkbahar mevsiminde olan aylar (Mart-Nisan-Mayıs) için ortalama 0.16 m³/s, yaz mevsiminde olan aylar (Haziran-Temmuz-Ağustos) için ortalama 0.10 m³/s ve sonbahar mevsiminde olan aylar (Eylül-Ekim-Kasım) için ortalama 0.11 m³/s olarak hesaplanmıştır.

Oylum III Regülatöründe kullanılabilecek aylık su miktarları; kış mevsiminde olan aylar (Aralık-Ocak-Şubat) için ortalama 0.40 m³/s, ilkbahar mevsiminde olan aylar (Mart-Nisan-Mayıs) için ortalama 0.67 m³/s, yaz mevsiminde olan aylar (Haziran-Temmuz-Ağustos) için ortalama 0.45 m³/s ve sonbahar mevsiminde olan aylar (Eylül-Ekim-Kasım) için ortalama 0.48 m³/s olarak hesaplanmıştır.

Oylum III Regülatöründe aylık hesaplanan can suyu miktarlarına göre dereye meydana gelebilecek su seviyeleri; kış mevsiminde olan aylar (Aralık-Ocak-Şubat) için ortalama 0.15 m, ilkbahar mevsiminde olan aylar (Mart-Nisan-Mayıs) için ortalama 0.18 m, yaz mevsiminde olan aylar (Haziran-Temmuz-Ağustos) için ortalama 0.16 m ve sonbahar mevsiminde olan aylar (Eylül-Ekim-Kasım) için ortalama 0.16 m olarak hesaplanmıştır.

Oylum III Regülatöründe hesaplanan can suyu miktarlarına göre dereye meydana gelebilecek su hızları; kış mevsiminde olan aylar (Aralık-Ocak-Şubat) için ortalama 0.34 m/s, ilkbahar mevsiminde olan aylar (Mart-Nisan-Mayıs) için ortalama 0.41 m/s, yaz

mevsiminde olan aylar (Haziran-Temmuz-Ağustos) için ortalama 0.35 m/s ve sonbahar mevsiminde olan aylar için (Eylül-Ekim-Kasım) ortalama 0.35 m³/s olarak hesaplanmıştır.

DKMPM tarafından ölçülen can suyu miktarları kış mevsiminde olan aylar (Aralık-Ocak-Şubat) için ortalama 0.09 m³/s, ilkbahar mevsiminde olan aylar (Mart-Nisan-Mayıs) için ortalama 0.15 m³/s, yaz mevsiminde olan aylar (Haziran-Temmuz-Ağustos) için ortalama 0.09 m³/s ve sonbahar mevsiminde olan aylar (Eylül-Ekim-Kasım) için ortalama 0.10 m³/s olarak ölçülmüştür.

İlkbahar mevsiminde olan aylar (Mart-Nisan-Mayıs) için can suyu miktarı, kullanılabilecek aylık su miktarı, hesaplanan can suyu miktarına göre derede meydana gelebilecek su seviyesi ve can suyu miktarına göre derede meydana gelebilecek su hızının diğer mevsimler olan kış mevsimi, yaz mevsimi ve sonbahar mevsimine göre daha yüksek olduğu, ilkbahar mevsimini sonbahar mevsiminin takip ettiği gözlemlenmiştir. Bunun sebebinin karların erimesi ile meydana gelebileceği tahmin edilmektedir.

DKMPM tarafından ölçülen can suyunun miktarının Oylum III Regülatöründe hesaplanan can suyu miktarına göre mevsimlik bazda değerlendirildiğinde hemen hemen yakın ve uygun düzeyde olduğu gözlemlenmiştir. Bunun sebebinin akarsuyun morfolojik yapısı dikkate alınarak hesap yapılmasından kaynaklandığı tahmin edilmektedir.

Debi süreklilik indisleri yöntemi, düşük akış indisleri yöntemi ve ıslak çevre yöntemi için rölatif hata analizi göz önüne alındığında en güvenilir ve DKMPM tarafından ölçülen can suyu miktarına en yakın yöntemin ıslak çevre yöntemi olduğu tespit edilmiştir. Bunun sebebinin ıslak çevre yönteminde kesitsel bazda hesap yapıldığından kaynaklandığı tahmin edilmektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada; Trabzon ilindeki Dereiçi Regülatörü ve HES, Esentepe Regülatörü ve HES, Karakaya Regülatörü ve HES, Oylum III Regülatörü ve HES projelerinin çevresel akış (can suyu) miktarları DKMPM tarafından belirlenen 3 farklı yöntem (Debi Süreklilik Eğrisi, Akım İndisleri ($7Q_{10}$) ve Islak Çevre) göz önünde bulundurularak hesaplanmıştır. Hesaplamalar yukarıda belirtilen HES projelerinin Akım Gözlem İstasyonlarına tek tek uygulanarak incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

Dereiçi Regülatörü ve HES projesinde; debi süreklilik eğrisi, akım indisleri ve ıslak çevre yöntemlerine göre can suyu miktarları hesaplanmıştır. DKMPM tarafından ölçülen can suyunun miktarlarının yukarıda belirtilen yöntemlere göre hesaplanan can suyu miktarına göre mevsimlik bazda değerlendirildiğinde düşük olduğu gözlemlenmiştir. Hesaplarda oluşan bu farklılığın havza verilerinin elde edilmesiyle, analizlerde kullanılan akış verilerinin daha fazla olmasıyla ve havza özelliklerinin modellere girilmesiyle birbirine yaklaşabileceği düşünülmektedir.

Esentepe Regülatörü ve HES projesinde; debi süreklilik eğrisi yöntemine göre can suyu miktarı hesaplanmıştır. DKMPM tarafından ölçülen mevsimsel can suyu miktarlarının debi süreklilik eğrisi yöntemine göre hesaplanan can suyu miktarından düşük olduğu gözlemlenmiştir. Hesaplarda oluşan bu farklılığın havza verilerinin elde edilmesiyle, analizlerde kullanılan akış verilerinin daha fazla olmasıyla ve havza özelliklerinin modellere girilmesiyle birbirine yaklaşabileceği düşünülmektedir.

Esentepe Regülatörü ve HES projesinde; Akım İndisleri ($7Q_{10}$) yöntemine göre can suyu miktarı hesaplanmıştır. DKMPM tarafından ölçülen mevsimsel can suyu miktarlarının $7Q_{10}$ yöntemine göre hesaplanan can suyu miktarından düşük olduğu gözlemlenmiştir. Hesaplarda oluşan bu farklılığın havza verilerinin elde edilmesiyle, analizlerde kullanılan akış verilerinin daha fazla olmasıyla ve havza özelliklerinin modellere girilmesiyle birbirine yaklaşabileceği düşünülmektedir.

Esentepe Regülatörü ve HES projesinde; ıslak çevre yöntemine göre can suyu miktarı hesaplanmıştır. DKMPM tarafından ölçülen mevsimsel can suyu miktarlarının ıslak çevre yöntemine göre elde edilen mevsimsel can suyu miktarlarına göre uygun olduğu gözlemlenmiştir. Bunun sebebinin akarsuyun morfolojik yapısı dikkate alınarak hesap yapılmasından kaynaklandığı tahmin edilmektedir.

Karakaya Regülatörü ve HES projesinde; debi süreklilik eğrisi ve $7Q_{10}$ yöntemlerine göre can suyu miktarları hesaplanmıştır. DKMPM tarafından ölçülen can

suyunun miktarlarının yukarıda belirtilen yöntemlere göre hesaplanan can suyu miktarlarına göre mevsimlik bazda değerlendirildiğinde düşük olduğu gözlemlenmiştir. Hesaplarda oluşan bu farklılığın havza verilerinin elde edilmesiyle, analizlerde kullanılan akış verilerinin daha fazla olmasıyla ve havza özelliklerinin modellere girilmesiyle birbirine yaklaşabileceği düşünülmektedir.

Karakaya Regülatörü ve HES projesinde; ıslak çevre yöntemine göre can suyu miktarı hesaplanmıştır. DKMPM tarafından ölçülen ilkbahar mevsimindeki can suyu miktarının ıslak çevre yöntemine göre elde edilen ilkbahar mevsimindeki can suyu miktarına göre düşük olduğu, diğer mevsimlere göre hemen hemen yakın veya uygun düzeyde olduğu gözlemlenmiştir.

Oylum III Regülatörü ve HES projesinde; debi süreklilik eğrisi ve 7Q₁₀ yöntemlerine göre can suyu miktarları hesaplanmıştır. DKMPM tarafından ölçülen can suyunun miktarlarının yukarıda belirtilen yöntemlere göre hesaplanan can suyu miktarlarına göre mevsimlik bazda değerlendirildiğinde düşük olduğu gözlemlenmiştir. Hesaplarda oluşan bu farklılığı havza verilerinin elde edilmesiyle, analizlerde kullanılan akış verilerinin daha fazla olmasıyla ve havza özelliklerinin modellere girilmesiyle birbirine yaklaşabileceği düşünülmektedir.

Oylum III Regülatörü ve HES projesinde; ıslak çevre yöntemine göre can suyu miktarı hesaplanmıştır. DKMPM tarafından ölçülen can suyunun miktarının ıslak çevre yöntemine göre hesaplanan can suyu miktarına göre mevsimlik bazda değerlendirildiğinde hemen hemen yakın ve yeterli olduğu gözlemlenmiştir. Bunun sebebinin akarsuyun morfolojik yapısı dikkate alınarak hesap yapılmasından kaynaklandığı tahmin edilmektedir.

Debi süreklilik indisleri yöntemi, düşük akış indisleri yöntemi ve ıslak çevre yöntemi için rölatif hata analizi göz önüne alındığında en güvenilir ve DKMPM tarafından ölçülen can suyu miktarına en yakın yöntemin ıslak çevre yöntemi olduğu tespit edilmiştir. Bunun sebebinin ıslak çevre yönteminde kesitsel bazda hesap yapıldığından kaynaklandığı tahmin edilmektedir.

Binlerce veri bazında analiz yapıldığından öncelikle ıslak çevre yöntemini uygulamanın beklenen can suyu miktarına yakın ya da eşit can suyu miktarı değeri verdiği ve bu yöntemin uygulanabilir en güvenilir yöntem olduğu öngörülmektedir. Fakat bu yöntem ile bir alan için hesaplanan çevresel akış miktarı, o alanda kurak aylarda meydana gelen uzun yıllar ortalama akım değerinin üzerinde elde edilebilmektedir.

Çalışmada, ıslak çevre yönteminin ana yapısına ve varsayımlarına bağlı kalmak koşulu ile bu yöntem optimize edilmiştir. Söz konusu optimizasyonda, klasik ıslak çevre yönteminde baz alınan veri serisi içindeki en yüksek akım değeri yerine, her bir ayın ortalama akım değerleri kullanılmış ve her bir ay için ıslak çevre yöntemi ile ayrı ayrı çevresel akış miktarı hesaplanmıştır.

Gerçekleştirilen optimizasyon sonucunda, yıl içinde akımın yüksek olduğu aylarda (yağışlı dönem) bırakılması gereken su miktarı yüksek elde edilirken, akım düşük olduğu aylarda (kurak dönem) ise düşük akım değerleri elde edilmiştir.

Bu yaklaşım dikkate alınarak gerçekleştirilebilecek tüm çalışmaların; klasik ıslak çevre yöntemine oranla, optimize edilen ıslak çevre yönteminin, söz konusu alanının fiziksel/hidrolojik yapısı ile daha uyumlu olabileceği tahmin edilmektedir. Fakat diğer yöntemlerin de uygulanarak en güvenilir yöntem ve beklenen can suyu miktarına karar vermenin daha uygun olacağı düşünülmektedir. Bu çalışmaların sayısının artırılması ile Trabzon ili özelinde ardından Doğu Karadeniz Bölgesi ve ülkemiz yüzeysel su kaynaklarında su yapılarının çevresel etkilerinin daha doğru bir şekilde incelenmesini ve Çevresel Akış Miktarının sürdürülebilir ve doğru bir şekilde belirlenmesini sağlayacağı düşünülmektedir. Yukarıda belirtilen ifadeler doğrultusunda aşağıda alınabilecek önlemler belirtilmiştir.

*Belirlenen Hidroelektrik Santralleri Projeleri'nin çevresel akış miktarlarının tayini için kullanılacak yöntemlere iklimsel ve ekolojik koşullar göz önüne alınarak karar verilmelidir.

*Çevresel akış miktarlarının belirlenen havzadaki akarsu yatağının biyolojik çeşitlilik gereksinimlerine uygun olup olmadığının tespiti için bir uygulama rehberi geliştirmelidir.

*Çevresel akış miktarı tayinin ilk önce akarsu yatağı bazında daha sonra havza bazında yapılmalıdır.

*Çevresel akış miktarları yöntemlerinin coğrafi, iklimsel ve ekolojik anlamda uygunluğunun tespiti için bir akarsu yatağı ya da havza belirlenmelidir. Bu akarsu yatağı ya da havza özelinde inceleme ve değerlendirme yapıldıktan sonra birkaç akarsu yatağı ya da havza özelinde de değerlendirme yapılmalıdır. Yapılan değerlendirmeler sonucunda yöntemlerin belirlenen akarsu yatakları ya da havzalar özelinde coğrafi, iklimsel ve ekolojik özellikleri baz alınarak uygunluğu belirlenmelidir.

KAYNAKÇA

- Acreman, M. ve Dunbar, M.J. (2004). Defining environmental river flow requirements – a review, *Hydrology and Earth System Sciences*, 8(5), 861-876.
- Adamczyk, M., Parasiewicz, P., Vezza, P., Prus, P. ve Cesare, G.D. (2019). Empirical validation of MesoHABSIM models developed with different habitat suitability criteria for bullhead cottus gobio l. as an indicator species, *Water*, 11(4), 726-743.
- Akarca, A.E. (2013). *Hidroelektrik santraller için uygun çevresel akış metodolojilerinin belirlenmesi-Çoruh Havzası Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi*, (365631).
- Aktar, A. ve Ali, M.H. (2012). Environmental flow requirements assessment in the Halda River Bangladesh, *Hydrological Sciences*, 57(2), 326-343.
- Arthington, A., Brizga, S., Kennard, M., Mackay, S., McCosker, R., Choy, S. ve Ruffini, J. (1999). *Development of a Flow Restoration Methodology (FLOWRESM) for determining environmental flow requirements in regulated – river using the Brisbane River as a case study*, Water 99: Joint Congress; 25th Hydrology & Water Resources Symposium, 2nd International Conference on Water Resources & Environment Research; Handbook and Proceedings içinde (ss. 449-454). Australia, Institution of Engineers.
- Arthington, A.H. (1998). *Comparative evaluation of environmental flow assessment techniques: review of holistic methodologies*, Canberra, Land and Water Resources Research and Development Corporation.
- Arthington, A.H., Baran, E., Brown, C.A., Halls, A.S., King, J.M., Minte-Vera, C.V., . . . Welcomme, R.L. (2007). *Water requirements of flood plain river sand fisheries: Existing decision support tools and path ways for development*, Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute.
- Arthington, A.H., James, C.S., Mackay, S.J., Rolls, R., Sternberg, D. ve Barnes, A. (2012). *Hydro-Ecological relationship sand thresholds to inform environmental flow management*, Australia, An International Water Centre Publication.
- Arthington, A.H., Tharme, R.E., Brizga, S.O., Pusey, B.J. ve Kennard, M.J. (2004). *Environmental flow assessment with emphasis on holistic methodologies*, Proceedings of the second international symposium on the management of large rivers for fisheries içinden (ss. 37-65). Australia, RAP Publication.

- Atak, E. (2014). *Sürdürülebilir hidroelektrik için çevresel akış kılavuzu*, İstanbul, WWF-Türkiye.
- Atalay, Ö ve Ulu, E. Y. (2018). Hydropower capacity of Turkey and actual investments, *The Eurasia Proceedings of Science Technology Engineering and Mathematics*, 4, 162-166.
- Ateş, H. (2013). *Akarsularda çevresel akışın önemi ve Büyük Menderes Havzası Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi, (357018)*.
- Bayram, A ve Öztürk, H.B. (2019). *Hidroloji ders notları*, KTÜ İnşaat Fakültesi, Trabzon.
- Binns, N.A. (1982). *Habitat quality index procedures manual*, U.S, Wyoming Game and Fish Department.
- Blann, K. ve Kendy, E. (2012). *Developing ecological criteria for sustainable water in management in Minnesota*, U.S, The Nature Conservancy.
- Brown, C., Joubert, A., Tlou, T., Birkhead, A., Marneweck, G., Paxton, B. ve Singh, A. (2018). The Pongola flood plain South Africa – Part 2: Holistic environmental flows assessment, *Water Sa*, 44(4), 746-759.
- Brown, C.A., Joubert, A.R., Beuster, J., Greyling, A. ve King, J.M. (2013). *DRIFT: DSS Software development for integrated flow assessments*, Pretoria, South African Water Research Commission.
- Bullock, A., Gustard, A. ve Grainger, E.S. (1991). *Instream flow requirements of aquatic ecology in two British Rivers application and assessment of the Instream flow incremental methodology using the PHABSIM system*, Wallingford, Institute of Hydrology.
- Chy, A. (2019). *Guidance on environmental flows integrating E-flow science with fluvial geomorphology to maintain ecosystem services*, Switzerland, World Meteorological Organization (WMO).
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2015). *Karakaya Regülatörü ve HES revize proje tanıtım dosyası*, Ankara.
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2010). *Dereçi Regülatörü ve HES proje tanıtım dosyası*, Ankara.
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2015). *Esentepe Regülatörü ve HES proje tanıtım dosyası*, Ankara.
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2015). *Oylum III Regülatörü ve HES revize proje tanıtım dosyası (kıırma-eleme ve beton santrali dahil)*, Ankara.

- Devlet Su İşleri. (2010). *Dereçi Regülatörü ve HES fizibilite raporu*, Ankara.
- Devlet Su İşleri. (2010). *Karakaya Regülatörü ve HES fizibilite raporu (revize)*, Trabzon.
- Devlet Su İşleri. (2015). *Esentepe Regülatörü ve HES revize yapılabilirlik raporu*, İstanbul.
- Devlet Su İşleri. (2015). *Oylum III Regülatörü ve HES raporu*, Ankara.
- Gippel, C.J. ve Stewardson, M.J. (1998). Use of wetted perimeter in defining minimum environmental flows, *Regulated Rivers Research and Managament*, 14(1), 53-67.
- Godinho, F., Costa, S., Pinheiro, P., Reis, F. ve Pinheiro, A. (2014). Integrated procedure for environmental flow assessment in Rivers, *Environmental Processes*, 1(2), 137-147.
- Gopal, B. R. I. J. (2013). *Methodologies for the assessment of environmental flows*, Environmental flows içinde (ss. 129-182). İndia. Environmental flows an introduction for water resources managers.
- Göz, Ç. (2012). *Nehiriçi akım metodolojileri: Pazarsuyu Nehrinde hidrolojik çevresel akış değerlendirmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi, (313809).
- Gustard, A. ve Elliott, C.R.N. (1997). The role of hydro-ecological models in the development of sustainable water resources, Sustainability of Water Resources under Increasing Uncertainty (Proceedings of the Rabat Symposium S1), 23 April-3 May 1997, Rabat, Morocco, IAHS Publ. no. 240, ss. 407-417.
- Harby, A., Baptist, M., Duel, H., Dunbar, M., Goethals, P., Huusko, A., . . . Schneider, M. (2005). *COST 626 european aquatic modelling network*, Denmark, Danmarks Miljøundersøgelser.
- Hudson, H.R., Byrom, A.E. ve Chadderton, W.L. (2003). *A critique of IFIM—instream habitat simulation in the New Zealand Context*, New Zealand, Department of Conservation.
- Jayasiri, M.M.J.G.C.N., Dayawansa, N.D.K. ve Gunawardena, E.R.N. (2017). Assessment of environmental flow release from Deduru Oya reservoir to mitigate possible impacts on downstream ecosystem, *Tropical Agricultural Research*, 28(3), 298–311.
- Karakoyun, Y ve Yumurtacı, Y. (2013). Hidroelektrik santral projelerinde çevresel akış miktarının ve çevresel etkinin değerlendirilmesi, *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 5, 1-16.

- Karakoyun, Y. (2014). *Hidroelektrik santrallerde çevresel akış miktarının belirlenmesi ve Çambaşı HES Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi, (411180).*
- Karakoyun, Y., Dönmez, A.H. ve Yumurtacı, Z. (2018). Comparison of environmental flow assessment methods with a case study on a run off river-type hydropower plant using hydrological methods, *Environmental Monitoring and Assessment*, 190(12), 1-15.
- Karakuş, R. (2013). Çevresel Akış Suyunun Takibi, DSI Genel Müdürlüğü Web Site: 15 Haziran 2020 tarihinde http://awsasets.wwwftr.panda.org/dowlands/dsi_karakus.pdf adresinden erişildi.
- Karimi, S., Salarijazi, M., Ghorbani, K. ve Heydari, M. (2021). Comparative assessment of environmental flow using hydrological methods of low flow indexes Smakhtin Tennant and flow duration curve, *Acta Geophysica* , 69(1), 285–293.
- Karimi, S.S., Yasi, M. ve Eslamian, S. (2012). Use of hydrological methods for assessment of environmental flow in a river reach, *International journal of environmental science and technology*, 9(3), 549–558.
- Kaynak, Ç. (2018). *Çemişgezek Cevizlidere Barajı ölçeğinde çevresel akış tayini yöntem analizi, Yüksek Lisans Tezi, Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi, (520008).*
- Kepekçi, M.M. (2016). *Akarsularda bırakılması gereken çevresel akış miktarı hesap yöntemleri ve Doğu Karadeniz Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi, (435038).*
- King, J., Brown, C. ve Sabet, H. (2003). A scenario-based holistic approach to environmental flow assessments for Rivers, *River Research and Applications*, 19(5-6), 619-639.
- King, J.M., Brown, C.A., Paxton, B.R. ve February, R.J. (2004). *Development of DRIFT a scenario-based methodology for environmental flow assessments*, South Africa, Pretoria: Water Research Commission.
- King, J.M., Tharme, R.E. ve Villiers, M.S. (2008). *Environmental flow assessment for rivers: manual for the building block methodology (updated edition)*, South Africa, Water Research Commission.
- Kleiner, J., Passero, E., Burgholzer, R., Rapp, J. ve Scott, D. (2020). Elfgen: a new instream flow framework for rapid generation and optimization of flow–ecology relations, *Journal of the American Water Resources Association*, 56(6), 949-966.

- Koçak, A.E. (2019). *Yarı kurak Bölgelerde çevresel akış belirlenmesinde QB (Minimum Akış) ve YSA (Yapay Sinir Ağları) yöntemlerinin kullanılması, Yüksek Lisans Tezi, Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi, (617745).*
- Koutrakis, E.T., Triantafillidis, S., Sapounidis, A.S., Vezza, P., Kamidis, N., Sylaios, G. ve Comoglio, C. (2019). Evaluation of ecological flows in highly regulated rivers using the mesohabitat approach: a case study on the Nestos River, *Ecohydrology and Hydrobiology*, 19(4), 598-609.
- Köle, M ve Ataol, M. (2015). Karaçal Barajı'ndan akış aşağı bırakılması gereken çevresel akış miktarının akım süreklilik ve ıslak çevre yöntemleri ile değerlendirilmesi, Coğrafyacılar Derneği Uluslararası Kongresi Bildiriler Kitabı, 21-23 Mayıs 2015, Ankara, s. 93-103.
- Köle, M.M. (2014). Koyunbaba Barajı'ndan akış aşağıya bırakılması gereken çevresel akış miktarının değerlendirilmesi, *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 12(2), 149-159.
- Köle, M.M. (2015). Boğazköy Baraj ve HES'inden akış aşağıya bırakılması gereken asgari su miktarının bulunmasına yönelik bir değerlendirme: Tennant ve Akım süreklilik yöntemleri, *Marmara Coğrafya Dergisi*, 32, 326-338.
- Ksiazek, L., Wos, A., Florek, J., Wyrebek, M., Mlynski, D. ve Walega, A. (2019). Combined use of the hydraulic and hydrological methods to calculate the environmental flow: Wisloka river, Poland: case study, *Environmental Monitoring Assessment*, 191(4), 1-17.
- Kuriqi, A., Pinherio, A.N., Sordo-Ward, A. ve Garrote, L. (2019). Influence of hydrologically based environmental flow methods on flow alteration and energy production in a run-of-river hydropower plant, *Journal of Cleaner Production*, 232, 1028-1042.
- Lagerblad, L. (2010). *Assessment of environmental flow requirements in Buzi River Basin, Yüksek Lisans Tezi, Department of Ecology and Environmental Science, (UPTEC W 10 036).*
- Liu, C., Zhao, C., Xia, J., Sun, C., Wang, R., ve Liu, T. (2011). An instream ecological flow method for data-scarce regulated rivers, *Journal of Hydrology*, 398 (1-2), 17-25.
- Mackay, S.J., Arthington, A.H. ve James, C.S. (2014). Classification and comparison of natural and altered flow regimes to support an Australian trial of the Ecological Limits of Hydrologic Alteration (ELOHA) Framework, *Ecohydrology*, 7(6), 1485-1507.

- McKay, S.K. (2013). Alternative environmental flow management schemes, Engineer Research and Development Center (ERDC), 24 Mart 2020 tarihinde <https://erdc-library.erdc.dren.mil/jspui/bitstream/11681/3934/1/ERDC-TN-EMMRP-SR-46.pdf> adresinden açıldı.
- McManay, R.A., Orth, D.J., Dolloff, C.A. ve Mathews, D.C. (2013). Application of the ELOHA Framework to Regulated Rivers in the Upper Tennessee river basin: a case study, *Environmental Management*, 51(6), 1210–1235.
- Merz, S.K. ve Park, C. (2013). *Tukituki River Rhyabsim and water temperature assessments*, New Zealand, Hawke's Bay Region Council.
- Milhous, R.T., Jowett, I.G., Payne, T.R. ve Hernandez, J.M.D. (2012). *Modeling environmental flow needs for riparian vegetation*, *Riparian Ecosystems IV: Advancing Science, Economics and Policy 2012* içinde (ss. 126-131). Colorado, American Water Resources Association (AWRA).
- Mustafa, A.M. (2012). *The design of a program for open channel optimization*, *Yüksek Lisans Tezi, Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi*, (318470).
- Nakvachara, P., Rittima, A. ve Taluluxmana, Y. (2018). Quantification of environmental flow requirement of the Khun Dan Prakan Chon Dam using hydrological-hydraulic-habitat simulation methods, *Applied Environmental Research*, 40(2), 76-90.
- Navarro, J.E., McCauley, D.J. ve Blystra, A.R. (1994). *Instream Flow Incremental Methodology (IFIM) for modelling fish habitat*, U.S, Journal of Water Management Modeling. doi: 10.14796/JWMM.R176-01.
- Nel, J.L., Turak, E., Linke, S. ve Brown, C. (2010). A new era in catchment management: integration of environmental flow assessment and freshwater conservation planning, *Marine and Freshwater Research*, 62(3), 290-299.
- Niekerk, V.L., Taljaard, S., Adams, J.B., Lamberth, S.J., Huizinga, P., Turpie, J.K. ve Wooldridge, T.H. (2019). An environmental flow determination method for integrating multiple-scale ecohydrological and complex ecosystem processes in estuaries, *Science of The Total Environment*, 656, 482-494.
- Özcan, E.C., Ünlüsoy, S. ve Eren, T. (2017). A combined goal programming – AHP approach supported with TOPSIS for maintenance strategy selection in hydroelectric power plants, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 78, 1410-1423.

- Parasiewicz, P., Rogers, J.N., Vezza, P., Gortazar, J., Seager, T., Pegg, M., . . . Comoglio, C. (2013). Applications of the MesoHABSIM simulation model, *Ecohydraulics: An Integrated Approach*, 1, 109-124.
- Pastor, A.V., Ludwig, F., Biemans, H., Hoff, H. ve Kabat, P. (2014). Accounting for environmental flow requirements in global water assessments, *Hidrology and Earth System Sciences*, 18(12), 5041-5059.
- Payne, T.R. ve Jowett, I.G. (2013). SEFA- Computer software system for environmental flow analysis based on the instream flow incremental methodology, 28 Mart 2021 tarihinde <https://smartech.gatech.edu/handle/1853/48507> adresinden erişildi.
- Poff, N., Tharme, R.E. ve Arthington, A.H. (2017). Water for the environment from policy and science to implementation and management, Australia, Eds: A.C. Horne, J.A. Webb, M.J. Stewardson, B. Richter ve M. Acreman, ss. 203-206.
- Poff, N.L., Richter, B.D., Arthington, A.H., Bunn, S.E., Naiman, R.J., Kendy, E., . . . Warner, A.A. (2010). The Ecological Limits of Hydrologic Alteration (ELOHA): a new framework for developing regional environmental flow standards, *Freshwater Biology*, 55(1), 147-170.
- Praskievicz, S. ve Luo, C. (2020). Environmental instream flows to support physical habitat for freshwater biodiversity in Alabama's Rivers, *Southeastern Naturalist*, 19(4), 717-741.
- Sahoo, S., Khare, D., Mishra, P.K., Behera, S. ve Krishan, R. (2016). A comparative study on environmental flows assessment methods in lower reach of Mahanadi River, *International Journal of Engineering Trends and Technology*, 32(2), 82-90.
- Schneider, M., Jorde, K., Zöllner, F. ve Kerle, F. (2001). Development of a user-friendly software for ecological investigations on river systems, integration of a fuzzy rule-based approach, *Enviro Info 2001: Sustainability in the Information Society* içinde (ss. 354-360). Metropolis Verlag, Marburg, ISBN: 3-89518-370-9.
- Sciences, S. (2009). *Lower Tuolumne River instream flow studies. final study plan*, California, Stillwater Sciences.
- Sedighkia, M., Abdoli, A. ve Datta, B. (2021). Optimizing monthly ecological flow regime by a coupled fuzzy physical habitat simulation–genetic algorithm method, *Environment Systems and Decisions*, 41(3), 425-436.
- Sedighkia, M., Datta, B. ve Abdoli, A. (2021). Minimizing physical habitat impacts at downstream of diversion dams by a multiobjective optimization of environmental flow regime, *Environmental Modelling and Software*, 140, 1-12.

- Smakhtin, V.U., Shilpakar, R.L. ve Hughes, D.A. (2006). Hydrology-based assessment of environmental flows: an example from Nepal, *Hydrological Sciences Journal*, 51(2), 207-222.
- Stefunkova, Z., Macura, V., Dolakova, G. ve Majorosova, M. (2020). Evaluation of the hydro-ecological quality of the aquatic habitat of the Váh River, *Journal of Water and Land Development*, 46(7-9), 209-215.
- Strakosh, T.R., Neumann, R.M. ve Jacobson, R.A. (2003). Development and assessment of habitat suitability criteria for adult brown trout in southern New England rivers, *Ecology of Freshwater Fish*, 12(4), 265-274.
- Tennant, D. L., (1976). Instream flow regimens for fish, wildlife, recreation and related environmental resources, *Fisheries*, 1(4), 6-10.
- Tharme, R.E. (2003). A global on enviromental flow assessment: emerging trends in the development and application of enviromental flow methodologies for rivers, *River Research and Applications*, 19(5-6), 397–441.
- Tharme, R.E. ve King, J.M. (1998). *Development of the building block methodology for instream flow assessments and supporting research on the effects of different magnitude flows on riverine ecosystems*, South Africa, Water Research Commission.
- Thorn, P. ve Conallin, J. (2006). RHYHABSIM as a stream management tool: case study in the river kornerup catchment , *The Journal of Transdisciplinary Environmental Studies*, 5(1-2), 1-17.
- URL-1, <http://www.cevmad.com.tr/ced-proje-tanitim-dosyalarinin-hazirlanmasi.html>. 1 Eylül 2019.
- URL-2, [https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/TEZLER/FATMA%20SA%C4%9EDI%C3%87%20UZMANLIK%20TEZ%C4%B0%20SektorelSuTahsisPlanlariveAnalizler%20\(1\)-converted.pdf](https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/TEZLER/FATMA%20SA%C4%9EDI%C3%87%20UZMANLIK%20TEZ%C4%B0%20SektorelSuTahsisPlanlariveAnalizler%20(1)-converted.pdf). 5 Haziran 2019.
- URL-3, http://sefa.co.nz/elements/#HydraulicHabitat_suitability_analyses. 23 Eylül 2019.
- URL-4, file:///C:/Users/gx/Downloads/Software_Manual_SEFA_1.8%20(2).pdf, 8 Ağustos 2020.
- URL-5, <https://www.enerjiportali.com/hidroelektrik-enerjisi-hes-nedir-nasil-elektrik-uretir/>. 29 Kasım 2020.
- URL-6, <https://hidroelektrik-santrali.nedir.org/>. 29 Kasım 2020.

URL-7, <https://www.muhendisbeyinler.net/hidroelektrik-enerji-santralleri-nedir/>.29

Kasım 2020.

URL-8, <https://encazip.com/hidroelektrik-enerjisi>. 29 Kasım 2020.

URL-9, <https://www.enerjisistemlerimuhendisligi.com/hidroelektrik-enerjisi.html>.

URL-10, <http://kojenturk.org/tr/hidrolik-enerji-87/>. 14 Mart 2021.

URL-11, <http://ekolojist.net/hes-nedir-faydalari-ve-zararlari-nelerdir/>. 29 Kasım 2020.

URL-12, <https://www.thesisat.org/hidroelektrik-enerjisi-avantajlari-dezavantajlari.html>.

29 Kasım 2020.

URL-13, <https://tr.euronews.com/2020/08/23/sel-felaketiyle-gundeme-gelen-hidroelektrik-santral-nedir-avantajlar-ve-dezavantajlar>. 29 Kasım 2020.

URL-14, <https://peyzax.com/hidroelektrik-santrallerinin-zararlari/>. 29 Kasım 2020.

URL-15, <https://ozsoyler.blogspot.com/2011/05/mutlak-hata-ve-bagl-hatanedir.html#:~:text=Mutlak%20hata%2C%20ger%C3%A7ek%20de%C4%9Fer%20ile,de%C4%9Fer%20fark%C4%B1n%C4%B1n%20mutlak%20de%C4%9Fer%20denilmektedir.&text=Ba%C4%9F%C4%B1l%20hata%20ise%3B%20tahmin%20edilen,hata%20y%C3%BCzdesi%20olarak%20da%20an%C4%B1l%C4%B1r>

21 Mart 2021.

Verma, R.K., Murthy, S. ve Tiwary, R.K. (2015). Assessment of environmental flows for various sub-watersheds of Damodar River basin using different hydrological methods, *International Journal of Waste Resources*, 5(182), 1-6.

Wen, X., Fang, J., Diao, M. ve Zhang, C. (2013). Artificial neural network modeling of dissolved oxygen in the Heihe River, *Environmental Monitoring and Assessment*, 185(5), 4361–4371.

Yılmaz, C., Uzun, A., Zeybek, H.İ. ve Kaya, M. (2012). Nehir tipi hidroelektrik santrallerinin coğrafi ortam üzerine etkilerine bir örnek: Ayancık HES, *Nature Sciences*, 7(3), 50-67.

Zhang, L., Yuan, B., Yin, X. ve Zhao, Y. (2019). The Influence of channel morphological changes on environmental flow requirements in Urban Rivers, *Water*, 11(9), 1800-1812.

Zhao, C., Yang, S., Liu, J., Liu, C., Hao, F., Wang, Z., . . . Lim, R.P. (2018). Linking fish tolerance to water quality criteria for the assessment of environmental flows: a practical method for stream flow regulation and pollution control, *Water Research*, 141, 96-108.

Zheng, Z. H., Zhang, Z. Z., Huang, Q., Qiu, L., Li, Q., ve Wei, M. H. (2010).
Improvement and application on ecological water requirement Tennant method, *J. Sichuan Univ. (Eng. Sci. Ed.)*, 42, 34-39.



ÖZGEÇMİŞ

Ömer KARAŞ 2014 yılında Vakfikebir Anadolu Lisesi'nden mezun olmuştur. 2014-2018 yılları arasında lisans eğitimini Gümüşhane Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde ikinci öğretim bölüm birincisi olarak tamamlamıştır. 2018 yılında Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde Yüksek Lisans eğitimine başlayan Ömer KARAŞ İngilizce bilmektedir.

