

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**AKARSULARDA BIRAKILMASI GEREKEN ÇEVRESEL AKIŞ MİKTARI
HESAP YÖNTEMLERİ VE DOĞU KARADENİZ ÖRNEĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş. Müh. Mehmet Murat KEPEKÇİ

**HAZİRAN 2016
TRABZON**



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce

Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : / /

Tezin Savunma Tarihi : / /

Tez Danışmanı :

Trabzon

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında
Mehmet Murat KEPEKÇİ tarafından hazırlanan**

**AKARSULARDA BIRAKILMASI GEREKEN ÇEVRESEL AKIŞ MİKTARI HESAP
YÖNTEMLERİ VE DOĞU KARADENİZ ÖRNEĞİ**

**başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 24 / 05 / 2016 gün ve 1654 sayılı
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda
YÜKSEK LİSANS TEZİ
olarak kabul edilmiştir.**

Jüri Üyeleri

Başkan : Prof. Dr. ÖMER YÜKSEK



Üye : Yrd. Doç. Dr. FATİH SAKA



Üye : Yrd. Doç. Dr. TUĞÇE ANILAN



Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ

Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

Bu tez Doğu Karadeniz Havzası içerisinde bulunan 5 farklı akım gözlem istasyonu verilerine dayanarak hidroelektrik santrallerinden bırakılması gereken çevresel akış miktarını belirlemeye yönelik çalışma olup Karadeniz Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Hidrolik Anabilim Dalı hocalarından Sayın Prof. Dr. Ömer YÜKSEK'in danışmanlığında hazırlanmıştır. Yapılan çalışma boyunca desteklerini esirgemeyen değerli hocama teşekkürlerimi arz ederim.

Ayrıca teorik bilgilerinden destek aldığım Konya Selçuk Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nde Araştırma Görevlisi olarak görev yapmakta olan Yüksek Çevre Mühendisi Sayın Havva ATEŞ'e ayrıca teşekkür ederim.

Bunun dışında eğitim/öğretim hayatım boyunca maddi manevi hiçbir emeğini esirgemeyen ve beni sürekli desteklemiş olan değerli aileme teşekkürlerimi tüm kalbimle arz ederim.

Mehmet Murat KEPEKÇİ
Trabzon, 2016

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Akarsularda Bırakılması Gereken Çevresel Akış Miktarı Hesap Yöntemleri ve Doğu Karadeniz Örneği” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Ömer YÜKSEK’in sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

17/06/2016

Mehmet Murat KEPEKÇİ

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ.....	II
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	III
İÇİNDEKİLER.....	IV
ÖZET	VII
SUMMARY	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ	IX
TABLolar DİZİNİ.....	XI
SEMBOLLER VE KISALTMALAR	XIII
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş	1
1.2. Çalışmanın Amacı, Kapsamı ve Önemi	1
1.3. Hidroelektrik Santraller	2
1.4. HES'lerin Sınıflandırılması	3
1.5. Küçük HES'ler	5
1.6. Küçük HES'lerin Avantajları	7
1.7. Büyük HES'lerin Dezavantajları	7
1.8. HES'lerin Denetim Süreci	8
1.8.1. Amaç.....	8
1.8.2. İnşaat Aşaması.....	8
1.8.3. Çevresel Akış Denetimi.....	11
1.9. HES'lerin Çevreye Etkileri.....	12
1.9.1. İnşaat Sürecindeki Etkileri.....	12
1.9.2. İşletme Sırasındaki Etkileri	13
1.10. Çevresel Akış Miktarı Üzerine Dünya'da Yapılmış Çalışmalar	15
1.11. Çevresel Akış Miktarı Üzerine Türkiye'de Yapılmış Çalışmalar	16
1.12. Çevresel Akış Miktarı Hesabında Kullanılan Yöntemler	18
1.12.1. Hidrolojik Tabanlı Yöntemler	18
1.12.2. Hidrolik Derecelendirme Yöntemi	18
1.12.2.1. Islak Çevre Yöntemi.....	18

1.12.3.	Habitat Simülasyon Yöntemi	20
1.12.4.	Holistik (Bütünsel) Yöntemler	21
2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	23
2.1.	Çalışmada Kullanılan Yöntemler	23
2.1.1.	Hidrolojik Tabanlı Yöntemler	23
2.1.1.1.	Tennant Metodu.....	23
2.1.1.1.1.	Orjinal Tennant Metodu	24
2.1.1.1.2.	Modifiye Tennant Metodu.....	25
2.1.1.2.	7Q10 Metodu.....	26
2.1.1.3.	Diğer 7Q Metodları	27
2.1.1.4.	Debi Süreklilik Eğrisi	28
2.2.	Çalışmada Kullanılan Veriler ve Akım Gözlem İstasyonları.....	30
3.	BULGULAR	32
3.1.	22-06 Numaralı İstasyon (Abuçaylayan Deresi) İçin.....	32
3.1.1.	Orjinal Tennant Yöntemi.....	32
3.1.2.	Modifiye Tennant Yöntemi	33
3.1.2.1.	Ortalama Akıma Göre Tennant Yöntemi	33
3.1.2.2.	Medyan Akıma Göre Tennant Yöntemi	35
3.1.3.	Q70 ve Q95 Yöntemi.....	36
3.1.4.	7Q10 Yöntemi	37
3.2.	22-40 Numaralı İstasyon (Harşit Çayı) İçin	40
3.2.1.	Orjinal Tennant Yöntemi.....	40
3.2.2.	Modifiye Tennant Yöntemi	41
3.2.2.1.	Ortalama Akıma Göre Tennant Yöntemi	41
3.2.2.2.	Medyan Akıma Göre Tennant Yöntemi	43
3.2.3.	Q70 ve Q95 Yöntemi.....	44
3.2.4.	7Q10 Yöntemi	45
3.3.	22-57 Numaralı İstasyon (Ögene Deresi) İçin.....	48
3.3.1.	Orjinal Tennant Yöntemi.....	48
3.3.2.	Modifiye Tennant Yöntemi	49
3.3.2.1.	Ortalama Akıma Göre Tennant Yöntemi	49
3.3.2.2.	Medyan Akıma Göre Tennant Yöntemi	51
3.3.3.	Q70 ve Q95 Yöntemi.....	52

3.3.4.	7Q10 Yöntemi	53
3.4.	22-82 Numaralı İstasyon (Salarha Deresi) İçin.....	56
3.4.1.	Orjinal Tennant Yöntemi.....	56
3.4.2.	Modifiye Tennant Yöntemi	57
3.4.2.1.	Ortalama Akıma Göre Tennant Yöntemi	57
3.4.2.2.	Medyan Akıma Göre Tennant Yöntemi	59
3.4.3.	Q70 ve Q95 Yöntemi.....	60
3.4.4.	7Q10 Yöntemi	61
3.5.	22-85 Numaralı İstasyon (Şenöz Deresi) İçin.....	64
3.5.1.	Orjinal Tennant Yöntemi.....	64
3.5.2.	Modifiye Tennant Yöntemi	65
3.5.2.1.	Ortalama Akıma Göre Tennant Yöntemi	65
3.5.2.2.	Akıma Göre Tennant Yöntemi	67
3.5.3.	Q70 ve Q95 Yöntemi.....	68
3.5.4.	7Q10 Yöntemi	69
4.	İRDELEME	72
4.1.	22-06 Numaralı AGİ Sonuçları İçin İrdeleme.....	72
4.2.	22-40 Numaralı AGİ Sonuçları İçin İrdeleme.....	72
4.3.	22-57 Numaralı AGİ Sonuçları İçin İrdeleme.....	73
4.4.	22-82 Numaralı AGİ Sonuçları İçin İrdeleme.....	73
4.5.	22-85 Numaralı AGİ Sonuçları İçin İrdeleme.....	74
4.6.	Genel İrdeleme.....	74
5.	SONUÇ.....	76
6.	ÖNERİLER	78
7.	KAYNAKLAR.....	79
ÖZGEÇMİŞ		

Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

AKARSULARDA BIRAKILMASI GEREKEN ÇEVRESEL AKIŞ MİKTARI
HESAP YÖNTEMLERİ VE DOĞU KARADENİZ ÖRNEĞİ

Mehmet Murat KEPEKÇİ

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof.Dr. Ömer YÜKSEK
2016, 81 Sayfa

Hidroelektrik santrallerin işletilmesi sırasında akarsuya ait ekosistemin zarar görmemesi, suyun kalitesinin bozulmaması ve canlılığın devam etmesi için, akarsuya ait veriler kullanılarak hidroelektrik santrallerinden bırakılması gereken yeterli çevresel akış miktarının doğru belirlenmesi oldukça önemlidir. Bu çalışmada, Doğu Karadeniz Havzası'nda bulunan 5 adet akım gözlem istasyonu verilerine dayanarak akarsularda bırakılması gereken minimum su miktarı hesap edilmiştir. Birinci bölümde, çalışmanın kapsamı ve öneminden bahsedilerek hidroelektrik santrallerin tanımı ve bölümleri açıklanmış ve küçük hidroelektrik santrallerin avantajları ve dezavantajları anlatılmıştır. İkinci bölümde çevresel akış miktarı hesabında kullanılan yöntemler detayları ile anlatılmış olup üzerinde çalışma yapılan havza ve bu çalışmada hangi yöntemlerin kullanıldığından bahsedilmiştir. Üçüncü bölümde ise Doğu Karadeniz Havzası'nda bulunan akarsularda ekosistemin zarar görmemesi ve canlılığın devamı için bırakılması gereken minimum su miktarı olarak tanımlanan can suyu miktarı için elde edilen bulgular nümerik ve grafiksel olarak gösterilmiştir. Dördüncü bölümde önceki bölümde elde edilen bulgulara ait her bir akım gözlem istasyonu için irdeleme yapılmıştır. Çalışmaya ait sonuçlar beşinci bölümde verilmiş olup hangi yöntemin hangi akım gözlem istasyonu için uygun olduğuna karar verilmiştir. Genel olarak Q70 diğer yöntemlere göre daha yüksek sonuçlar vermiş olup altıncı bölümde tez sonucu ile ilgili önerilere yer verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Çevresel Akış, Can Suyu, Hidrolik ve Hidrolojik Yöntemler

Master Thesis

SUMMARY

CALCULATION METHODS OF INSTREAM FLOW NEEDED FOR RIVERS AND EASTERN BLACKSEA CASE STUDY

Mehmet Murat KEPEKÇİ

Karadeniz Technical University
Institute of Natural Sciences
Civil Engineering Graduate Program
Supervisor: Prof. Dr. Ömer YÜKSEK
2016, 81 Pages

Proper identification of a minimum water amount to be released from hydropower plants in order to prevent damage of ecosystem, maintain the water quality and continue the living creatures is quite important. In this study, minimum amount of water is calculated according to data of 5 gauging stations located in the Eastern Black Sea Basin. In the first chapter, scope and importance of the study is mentioned and definition of Hydroelectric power plant with its main components and especially advantages and disadvantages are explained. In the second chapter, methods to determine streamflow quantity are explained in detail and basin characteristics and methods used in this study are expressed. Results of the analysis for rivers in Eastern Black Sea Basin in order to obtain minimum level of water which is named as instream flow to prevent river ecosystem and provide continuation of living things were given both numerically and graphically in the third chapter. Results obtained in the previous chapter according to each gauging station data are examined in the fourth chapter. All results, including which method is suitable for which station are given in the fifth chapter and in general, Q70 method is determined the most suitable one. In the sixth chapter, recommendations are presented.

Key Words: Stream Flow, Hydraulic and Hydrological Methods

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.1. HES'lerin işletme sırasında akarsuya etkisi	14
Şekil 1.2. Islak çevre gösterimi	19
Şekil 1.3. Islak çevre –debi eğrisi.....	19
Şekil 2.1. Ortalama ve medyan akıma göre yağışlı ve kurak ayların belirlenmesi	26
Şekil 2.2. Debi süreklilik eğrisi	30
Şekil 3.1. 22-06 nolu AGİ konumu	32
Şekil 3.2. 22-06 nolu istasyon için ortalama akıma göre belirlenen periyotlar	34
Şekil 3.3. 22-06 nolu istasyon için medyan akıma göre belirlenen periyotlar	36
Şekil 3.4. 22-06 nolu istasyon verilerine ait debi süreklilik eğrisi	37
Şekil 3.5. 22-06 nolu AGİ için aylık en düşük akımlar ortalaması ve seçili hidrolojik yöntemlere göre çevresel akış miktarları.....	38
Şekil 3.6. 22-40 nolu AGİ konumu	40
Şekil 3.7. 22-40 nolu istasyon için ortalama akıma göre belirlenen periyotlar	42
Şekil 3.8. 22-40 nolu istasyon için medyan akıma göre belirlenen periyotlar	44
Şekil 3.9. 22-40 nolu istasyona ait debi süreklilik eğrisi.....	45
Şekil 3.10. 22-40 nolu AGİ aylık en düşük akımlar ortalaması ve seçili hidrolojik yöntemlere göre can suyu miktarları	46
Şekil 3.11. 22-57 nolu akım gözlem istasyonunun konumu	48
Şekil 3.12. 22-57 nolu istasyon için ortalama akıma göre belirlenen periyotlar	50
Şekil 3.13. 22-57 nolu istasyon için medyan akıma göre belirlenen periyotlar	51
Şekil 3.14. 22-57 Nolu istasyona ait debi süreklilik eğrisi.....	53
Şekil 3.15. Aylık en düşük akımlar ortalaması ve seçili hidrolojik yöntemlere göre can suyu miktarları	54
Şekil 3.16. 22-82 nolu AGİ konumu	56
Şekil 3.17. 22-82 nolu istasyon için ortalama akıma göre belirlenen periyotlar	58
Şekil 3.18. 22-82 nolu istasyon için medyan akıma göre belirlenen periyotlar	60
Şekil 3.19. 22-82 Nolu istasyona ait debi süreklilik eğrisi.....	61
Şekil 3.20. 22-82 nolu istasyon için medyan akıma göre belirlenen periyotlar	62
Şekil 3.21. 22-85 nolu Akım gözlem istasyonunun konumu	64
Şekil 3.22. 22-85 nolu istasyon için ortalama akıma göre belirlenen periyotlar	66

Şekil 3.23. 22-85 nolu istasyon için medyan akıma göre belirlenen periyotlar	68
Şekil 3.24. 22-85 nolu istasyona ait debi süreklilik eğrisi.....	69
Şekil 3.25. 22-85 nolu AGİ için aylık en düşük akımlar ortalaması ve seçili hidrolojik yöntemlere göre çevresel akış miktarları.....	70
Şekil 4.1. Analizde çıkan sonuçların ortalaması	75



TABLolar DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1.1. HES'lerin sınıflandırılması	3
Tablo 1.2. Kurulu güce göre küçük kabul edilmiş HES'ler	5
Tablo 2.1. Yaban Hayatı, Balık ve Rekreasyon İçin Akarsu Akım Düzeyi	24
Tablo 2.2. Debi süreklilik eğrisi için örnek değerler	28
Tablo 2.3. Debi süreklilik eğrisi için azalan sıralamada değerler	29
Tablo 2.4. Debi değerleri için aşma olasılıkları.....	29
Tablo 3.1. 22-06 nolu AGİ için aylık ortalama değerler	33
Tablo 3.2. 22-06 nolu AGİ için orijinal Tennant yöntemine göre analiz sonucu.....	33
Tablo 3.3. 22-06 nolu AGİ aylık ortalama ve yıllık ortalama akım değerleri.....	34
Tablo 3.4. 22-06 nolu AGİ ortalama akıma göre analiz sonucu.....	35
Tablo 3.5. 22-06 nolu AGİ için aylık ortalama ve yıllık ortalama akım değerleri.....	35
Tablo 3.6. 22-06 nolu AGİ için medyan akıma göre yapılan analiz sonucu	36
Tablo 3.7. 22-06 nolu AGİ için 7Q10 yöntemine göre analiz sonucu.....	38
Tablo 3.8. 22-06 numaralı AGİ için tüm sonuçlar	39
Tablo 3.9. 22-40 nolu AGİ için aylık ortalama değerler	41
Tablo 3.10. 22-40 nolu AGİ için orijinal Tennant yöntemine göre analiz sonucu.....	41
Tablo 3.11. 22-40 nolu AGİ aylık ortalama ve yıllık ortalama akım değerleri.....	42
Tablo 3.12. 22-40 nolu AGİ için ortalama akıma göre analiz sonucu.....	42
Tablo 3.13. 22-40 nolu AGİ aylık ortalama ve medyan akım değerleri.....	43
Tablo 3.14. 22-40 nolu AGİ medyan akıma göre analiz sonucu.....	44
Tablo 3.15. 24-40 nolu AGİ 7Q10 yöntemine göre analiz sonucu.....	46
Tablo 3.16. 22-40 numaralı AGİ için sonuçlar.....	47
Tablo 3.17. 22-57 nolu AGİ için aylık ortalama değerler	49
Tablo 3.18. 22-57 nolu AGİ orijinal Tennant yöntemine göre analiz sonucu.....	49
Tablo 3.19. 22-57 nolu AGİ aylık ortalama ve yıllık ortalama akım değerleri.....	50
Tablo 3.20. 22-57 nolu AGİ ortalama akıma göre yapılan analiz sonucu.....	51
Tablo 3.21. 22-57 nolu AGİ aylık ortalama ve yıllık ortalama akım değerleri.....	52
Tablo 3.22. 22-57 nolu AGİ medyan akıma göre analiz sonucu.....	52

Tablo 3.23. 22-57 nolu AGİ 7Q10 Yöntemine göre analiz sonucu.....	54
Tablo 3.24. 22-57 nolu AGİ için sonuçlar.....	55
Tablo 3.25. 22-82 nolu AGİ için aylık ortalama değerler	57
Tablo 3.26. 22-82 nolu AGİ orijinal Tennant yöntemine göre yapılan analiz sonucu	57
Tablo 3.27. 22-82 nolu AGİ aylık ortalama ve yıllık ortalama akım değerleri.....	58
Tablo 3.28. 22-82 nolu AGİ ortalama akıma göre yapılan analiz sonucu.....	59
Tablo 3.29. 22-82 nolu AGİ aylık ortalama ve medyan akım değerleri.....	59
Tablo 3.30. 22-82 nolu AGİ medyan akıma göre analiz sonucu.....	60
Tablo 3.31. 22-82 nolu AGİ 7Q10 yöntemine göre analiz sonucu.....	62
Tablo 3.32. 22-82 numaralı AGİ için sonuçlar.....	63
Tablo 3.33. 22-85 nolu AGİ için aylık ortalama değerler	65
Tablo 3.34. 22-85 nolu AGİ orijinal Tennant yöntemine göre analiz sonucu.....	65
Tablo 3.35. Aylık Ortalama ve Yıllık Ortalama Akım Değerleri.....	66
Tablo 3.36. 22-82 nolu AGİ ortalama akıma göre analiz sonucu.....	67
Tablo 3.37. 22-85 nolu AGİ aylık ortalama ve medyan akım değerleri.....	67
Tablo 3.38. 22-85 nolu AGİ medyan akıma göre analiz sonucu.....	68
Tablo 3.39. 22-85 nolu AGİ 7Q10 yöntemine göre analiz sonucu.....	70
Tablo 3.40. 22-85 nolu AGİ için sonuçlar.....	71

SEMBOLLER VE KISALTMALAR

ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
AGİ	: Akım gözlem istasyonu
BBM	: Bina blok yöntemi
ÇED	: Çevresel etki değerlendirme
DSE	: Debi süreklilik eğrisi
DSİ	: Devlet Su İşleri
G	: Tarihi yıllık düşük akımın logaritmasının basıklık katsayısı
HES	: Hidroelektrik santral
IFIM	: İç akış marjinal metodolojisi
K	: Sıklık faktörü
PHABSIM	: Fiziki habitat simülasyon sistem modeli
Q	: Aşılma olasılığına sahip debi değeri
Q70	: Zamanın %70'inde belirli bir kesitten geçen akış miktarı
Q95	: Zamanın %95'inde belirli bir kesitten geçen akış miktarı
RG	: Resmi gazete
S	: Yıllık düşük akımın logaritmasının standart sapması
UNIDO	: Birleşmiş milletler endüstriyi geliştirme organizasyonu
USGS	: Amerikan Jeolojik Araştırma Kurumu
X	: Yıllık düşük akımın logaritmasının ortalaması
y	: Geri dönüş periyodu
7Q10	: 10 yıllık geri dönüş süresi boyunca ard arda gelen 7 günlük akışların minimum değerlerinin ortalaması

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Enerjide büyük ölçüde dışarıya bağlı olan ülkemizin hızlı gelişimi ile beraber artan enerji ihtiyacını karşılayabilmesi için yenilebilir enerjiye yapılan yatırımları hızla artmaktadır. Ekosisteme göz ardı edilemeyecek etkileri olan enerji üretim tesislerinin işletilmesinde dünyada olduğu gibi ülkemizde de yenilenebilir, ucuz ve çevreye diğerlerine nispeten daha az zarar veren hidroelektrik santrallerinin (HES) önemi giderek artmıştır. Hidroelektrik santrallerin işletilmesi sırasında akarsu yatağına bir miktar su bırakılmaktadır. Bu tür santrallerin çevreye olan zararlarının asgari düzeye çekilebilmesi için akarsu yatağına bırakılması gereken su miktarının en doğru şekilde saptanması gerekir. Akarsuda bulunan suyun en verimli şekilde kullanılması, ekosistemin zarar görmeyecek şekilde ve suyun enerji üretiminde en az kayıpla kullanılması anlamını taşır.

HES'lerden nehirlere az oranda su bırakılması sucul canlıların yok olmasına, beslenme, üreme ve göç davranışlarında kısıtlamalara neden olur. Aynı akarsu üzerinde birden fazla Hidroelektrik santralinin inşa edildiği gerçeği de düşünülecek olursa akarsu üzerindeki canlılığın devam edebilmesi adına can suyu miktarının doğru bir şekilde hesap edilmesi oldukça önem taşımaktadır. Bir nehrin akış miktarının azalması, suyun yetersiz havalanmasını ve suda bulunan oksijen seviyesinin azalmasına sebep olmaktadır. Bu durum toplu balık ölümlerine sebep olmaktadır. Bunun dışında, yavaş akan akarsular kıyı bölgesine sediment taşınmasını sağlayamadığından kıyı erozyonuna sebep olmaktadır.

1.2. Çalışmanın Amacı, Kapsamı ve Önemi

Bir akarsuyun işletilmesi esnasında çevreye olan etkilerinin en aza indirilebilmesi, ekosisteme ait canlıların devamlılığının sağlanması, suyun kalitesinin ve yeşil alanların korunması gibi üzerinde hassasiyetle durulması gereken konular özellikle küresel ısınma ve buna bağlı kuraklığın artmasıyla beraber daha da ön plana çıkmaktadır. Üstelik artan enerji ihtiyacını karşılamak üzere özellikle Karadeniz Bölgesi'ndeki akarsular üzerine inşa edilen hidroelektrik santraller akarsulara ait ekosistemi ciddi ölçüde etkiler hale gelmiştir.

Yukarıda bahsedilen sebeplerden dolayı, bu çalışmada Doğu Karadeniz Havzası'nda bulunan Devlet Su İşleri tarafından 22. Bölge sınırları içinde kalan 5 adet AGİ üzerinde 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. Dünya çapında birçok gelişmiş ülkelerin de kullandığı hidrolojik tabanlı yöntemlerden Orijinal Tennant yöntemi, Modifiye Tennant yöntemi, 7Q10 yöntemi, Q70 ve Q95 yöntemleri kullanılmıştır.

Çevresel akış miktarının en uygun şekilde belirlenmesi ekosisteme ait canlılığın korunmasını sağladığı gibi akarsuların işletilmesi sırasında enerji kaynağı olan suyun en verimli şekilde kullanılmasını da sağlar. Böylece çevreye olan etkiler en aza indirilirken ekonomik kayıpların da önüne geçilmiş olunur.

1.3. Hidroelektrik Santraller (HES)

Ucuz, temiz ve güvenilir elektrik enerjisi üretiminin bir ülkenin kalkınma ve sosyoekonomik gelişmesindeki anahtar rolü açıktır. Bu nedenle bu niteliklere sahip elektrik enerjisinin üretilebileceği yerli ve yenilenebilir kaynakların öncelikli olarak geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır. Ortalama yüksekliği 1200 m. olan ülkemizde akarsu eğimleri de fazladır. Bu topoğrafik yapı ve hidrolojik koşullar ülkemizi hidroelektrik enerji üretimi açısından avantajlı kılmaktadır. HES'lerin yerli kaynak kullanma avantajının yanı sıra işletme, çevre ve stratejik açılardan da avantajları bulunmaktadır. Tüm bu avantajlar, bu tesisleri planlı ve çevre duyarlı olarak geliştirilmesi gereken enerji tesisleri arasına koymaktadır. Ancak bu kaynağımızın geliştirilmesi için izlenecek politikaların doğal çevreye duyarlı olan, toplum ve ülke yararını gözeten politikalar olması da aynı derecede önemlidir (Yıldız, 2011).

Hareket halindeki suyun enerjisi ile çalışan HES'ler dünyadaki su döngüsünü sağlayan enerjinin kaynağı olması sebebiyle bir çeşit güneş kaynaklı enerji olarak da görülebilir. Hidroelektrik santraller yatırım maliyeti açısından yüksek olsa da elektrik üretim maliyetleri açısından oldukça avantajlıdır. Elektrik üretimi dışında taşkın önleme, sulama, su ürünleri yetiştirme, ulaşım, ağaçlandırma ve turizm gibi amaçlar için de yapılabilmektedirler.

Dünyada'daki potansiyelinin %33'ü kullanılan hidrolik kaynakların elektrik üretimindeki yeri %17 dolaylarındadır. Kuzey Amerika ve Avrupa'da tamamına yakını

değerlendirilen hidrolik potansiyelin dünyanın diğer bölgelerinde değerlendirilme oranı daha düşüktür (Keskin ve Ertuğrul, 2009).

Türkiye’de teorik hidroelektrik potansiyel 433 milyar kWh olup bununun 216 kWh’lik kısmı teknik olarak değerlendirilebilir potansiyel olarak hesaplanmıştır. Türkiye’nin teknik hidroelektrik potansiyeli dünya teknik hidroelektrik potansiyelinin %2’sine, Avrupa teknik potansiyelinin ise %18’ine denk gelmektedir. Türkiye 2015 yılı itibariyle hidroelektrik teknik potansiyelinin %37’sini değerlendirebilmiştir. Bu oran ABD’de %86, Japonya’da %78, Norveç’te %72, Kanada’da %56’dır (DSİ, 2015).

1.4. HES’lerin Sınıflandırılması

Daha ayrıntılı olarak hidroelektrik santraller 5 kısımda incelenebilir. Bu sınıflandırma Tablo 1.1’de gösterilmektedir.

Tablo 1.1. HES’lerin sınıflandırılması (Akdoğan, 2006).

Düşülerine Göre (m)	Ürettikleri Enerjinin Özelliklerine Göre	Kapasitelerine Göre (KW)	Yapılarına Göre	Üzerindeki Kuruldukları Suyun Büyüklüğüne Göre
Alçak Düşülü Santraller H<15	Baz Santraller	Küçük Santraller <99	Yer altı Santrali	Nehir Santraller
Orta Düşülü Santraller 15<H<50		Düşük Santraller 100-999	Yarı Gömülü veya Batık Santraller	Kanal Santraller
Yüksek Düşülü Santraller H>50	Pik Santraller	Orta Santraller 1000-9999	Yerüstü Santrali	Baraj Santraller
		Yüksek Santraller >10000		Pompaj Rezervuarlı Santraller

Tablo 1.1’de düşülerine göre gösterilen santrallerden yüksekliği 15m’den az olan alçak düşülü santraller yatak eğimi az olan nehirler üzerine kurulmaktadır. Orta düşülü santraller ise çeşitli nehirler üzerine kurulabilirken 50 m’den fazla yüksekliğe sahip santraller ise engebeli ve dağlık araziler üzerine kurulurlar ve uzun cebri boruları bulunur.

Ürettikleri enerjinin karakter ve değerine göre ikiye ayrılan baz ve pik santraller enerjinin ihtiyaç durumuna göre sınıflandırılmaktadır. Kısa veya belirli bir süre için elektrik üreten pik yük santralleri, elektrik şebekesinin değişken güç ihtiyaçlarını dengelemek için tasarlanır ve enerjinin en çok ihtiyaç duyulduğu sürede çalışan santrallerdir. Baz santraller ise devamlı olarak enerji üreten santrallerdir.

Kurulu güçlerine göre ise küçük kapasiteli, düşük kapasiteli, orta kapasiteli ve yüksek kapasiteli olmak üzere 4 tip santral belirlenmiştir.

Yapılarına göre sınıflandırılmış santrallerden yeraltı santralleri jeolojik, ekonomik, topografik sebeplerin yanında çığ, heyelan ve askeri sebeplerle de yeraltına kurulabilmektedir. Prensipte olarak yer altı santrali, yarı gömülü santraller ve yerüstü santralleri olmak üzere 3 çeşidi bulunmaktadır.

Yarı gömülü veya Batık santraller dar veya kayalık alanlarda santralin bir kısmının yeraltında olduğu santrallerdir. Yerüstü santralleri ise jeneratör katı ve üst yapısı yer üstünde olan santrallerdir.

Üzerinde kuruldukları suyun özelliğine göre santraller nehir, kanal, baraj santraller ve pompaj rezervuarlı santraller olmak üzere 4 sınıfa ayrılmaktadır.

- **Nehir Tipi Santraller:** Depolamasız santraller olup genellikle orta ve küçük ölçekli santrallerdir. Enerji üretim miktarları baraj tipi santrallere oranla küçük olan nehir santraller regülatör, türbin, jeneratör, transformatör, ve kuyuksuyu kanalı gibi kısımlardan oluşur. Yatırım maliyeti açısından özellikle baraj gölü içermemesi sebebiyle baraj tipi santrallere göre daha ekonomiktirler. Ayrıca arazi istismakı gibi maliyet artırıcı unsurlar bakımından da baraj tipi santrallerden daha avantajlıdırlar.

- **Kanal Tipi Santraller:** Bir regülatör yardımıyla nehir suyunun normal akış yatağından çevrilerek iletim kanalı ya da iletim tüneli vasıtasıyla taşınarak düşüm noktasına göre yükseklik kazandırılan su yardımıyla elektrik enerjisi üretilir.

- **Baraj Tipi Santraller:** Bir bent arkasında suyun biriktirilerek yükseklik kazanması sonucu oluşan potansiyel enerjisinden faydalanılarak elektrik enerjisi üretilmektedir. Yüksek enerji üretim kapasiteleri, ulusal elektrik sisteminde frekans ayarlayıcı nitelikleri ve baraj sularının farklı alanlarda kullanımı gibi üstün özelliklere sahiptirler. Yapım maliyetlerinin çok yüksek olması dolayısıyla son yıllara kadar istisnalar dışında devlet eliyle yapılmışlardır. (Akpınar, 2005)

- **Pompaj Rezervuarlı Santraller:** İki adet rezervuarı bulunan santrallerdir. Enerjiye ihtiyaç azaldığı saatlerde şebekeden aldıkları enerji ile pompa ile çalışarak su basarlar.

Günün enerjiye en çok ihtiyaç olduğu saatlerinde birikmiş su türbinlere verilerek enerji üretilir. Üretilen baz enerjinin tamamının kullanılmadığı saatlerde ihtiyaç fazlası elektrik enerjisi kullanılarak pompalar yardımıyla akarsudan alınan su terfi hattı ile mansaba göre üst kottaki bir haznede toplanır. Haznede biriktirilen su ihtiyaç duyulduğu saatlerde tribünlere verilerek çok değerli pik enerji talebinin karşılanmasında kullanılır (Çimenci, 2011).

1.5. Küçük HES'ler

Yakın zamana kadar elektrik üretiminde büyük hidroelektrik santrallerine var olan ilgi, büyük nehirlerin potansiyellerin kullanılması ile yerini küçük hidroelektrik santrallerine bırakmaya başlamıştır. Ancak küçük hidroelektrik santraller büyük hidroelektrik santrallerin bir alternatifi değil tamamlayıcısı olarak görülmektedir.

Küçük hidroelektrik santrallerin tanımı ülkeden ülkeye değişiklik gösterse de Dünya genelinde kurulu gücü 1.5 MW ile 50 MW olarak aralığındaki santraller küçük hidroelektrik santraller olarak kabul edilmektedir (Küçükbeycan, 2008).

Tablo 1.2'de bazı ülkelerin maksimum kurulu güç büyüklüğüne göre küçük hidroelektrik santrallerin kabul edildiği değerler verilmiştir.

Tablo 1.2. Kurulu güce göre küçük kabul edilmiş HES'ler (Baidya, 2006).

ÜLKE	KURULU GÜÇ (MW)
BİRLEŞİK KRALLIK	<5
UNIDO	<10
İSVEÇ	<15
KOLOMBİYA	<20
AVUSTRALYA	<20
HİNDİSTAN	<25
ÇİN	<25
ABD	<30
BREZİLYA	<30
FİLİPİNLER	<50
YENİ ZELANDA	<50

Kurulu güç açısından 10 MW ve altı Türkiye'de küçük hidroelektrik santral olarak görülse de hidroelektrik santrallerin büyüklüğü açısından tek sınıflandırma kriteri kurulu

güç olarak görülmemelidir. Ülkelerin ekonomik yapılarındaki ve hidrolik potansiyellerindeki özelliklerin farklılıklar göstermesi tüm ülkeler için standart bir sınıflandırma sistemine gitmeyi engellemektedir. Bu nedenle çeşitli ülkelerde farklı sınıflandırma yoluna gidilmektedir. Sınıflandırmada aşağıdaki kıstaslar göz önünde bulundurulabilir.

- Su ekonomisi yönünden sınıflandırma:

- i) Yalnız hidrolik enerji üreten santraller
- ii) Çok maksatlı santraller
- iii) Ana maksadı başka olan tesislerden yan fayda olarak enerji üreten santraller

- Enerji ekonomisi yönünden sınıflandırma:

- i) Enterkonnekte şebekeden bağımsız izole santraller
- ii) Enterkonnekte şebekeye bağlı santraller
- iii) Küçük şebekelere bağlı santraller

- Teknik özelliklerine göre sınıflandırma:

- a) Santralde kullanılan suyun sağlandığı kaynağa göre
 - i) Akarsular üzerine kurulan santraller
 - ii) Tabii göllerden beslenen santraller
 - iii) Büyük debili pınarlarla beslenen santraller
 - iv) Suni kanallar üzerine kurulan santraller

- b) Elektromekanik donanımın yerleşimine göre sınıflandırma:

- i) Blok tipi santraller
- ii) Ayrık tip santraller
- iii) Elektromekanik donanımı yatay eksenli santraller
- iv) Elektromekanik donanımı düşey eksenli santraller (DSİ, 2011).

Dünya genelinde olduğu gibi ülkemizde de küçük hidroelektrik santrallerin sınıflandırılması kurulu güce göre yapılmaktadır. Türkiye’de, Birleşmiş Milletler Endüstriyi Geliştirme Organizasyonu (United Nations Industrial Development

Organization, UNIDO) tarafından yapılmış olan sınıflandırma sistemi benimsenmiş buna göre;

- 100 KW gücü altında olanlar mikro hidroelektrik santraller
- 101-1000 KW güçleri arasında olanlar mini hidroelektrik santraller
- 1001-10000 KW güçleri arasında olanlar küçük hidroelektrik santraller olarak kabul edilmiştir (DSİ, 2011).

Türkiye'nin 2/3'nün dağlık olması ve büyük su gücü potansiyelinin yanında küçük hidroelektrik potansiyelinin de yüksek olması enerji üretiminde küçük HES'leri ön plana çıkarmaktadır. Ülkemizde 1902 yılında Tarsus'ta kurularak başlayan küçük HES yatırımları ülkenin pek çok bölgesinde özel sektör ve belediyeler tarafından devam ettirilmiş ve çok sayıda küçük HES inşaatı tamamlanmıştır. Günümüze kadar yapılan yatırımlar sonucunda Türkiye'deki bütün hidroelektrik santraller enerji ihtiyacının %22,8 karşılamaktadır (Appleyard, 2014).

1.6. Küçük HES'lerin Avantajları

- Ulaşımı güç olan ve ulusal sistemden beslenemeyen kırsal bölgelerdeki köy ve diğer ünitelerin enerji ihtiyacını karşılar. Böylece bu bölgelerin sosyoekonomik ve kültürel gelişimlerinin hızlanmasına yardım eder.
- Merkezden uzak yerlerdeki dağıtım sistemlerinin yenilenmesi ihtiyacı ortadan kalkar. Ayrıca uzun iletim hatlarına gerek duyulmadığı için enerji kayıpları büyük hidroelektrik santrallere göre daha düşüktür.
- Türbin-jeneratör ve transformatörün bir blok halinde ve otomatik işler şekilde yapılmasıyla aynı bölgedeki çok sayıda santral bir tek teknisyen tarafından kontrol edilebilecektir. Bunun sonucu olarak işletme maliyeti azalacaktır.
- Kırsal alanlardaki ısınma ihtiyaçlarının elektrikle karşılanması sonucu ormanlar korunmuş olur ve fosil yakıt ihtiyaçları azalır.
- Bakımları kolay ve hizmet süreleri uzundur.

1.7. Küçük HES'lerin Dezavantajları

- Akarsudaki su rejimini azaltmakta, akarsu çevresindeki fauna, flora ve dolayısıyla insan yaşamını olumsuz etkilemektedir. Bu durumda can suyu miktarının yeteri kadar

bırakılması gerekir.

- Depolama özellikleri olmadığından enerji üretimi akıma bağlıdır. Bu sebepten dolayı küçük hidroelektrik santrallerin verimleri düşüktür.
- KW başına kurulu güç için gerekli yatırım maliyeti büyük santrallere göre oldukça yüksektir.
- Ortalama inşaat süresi 10 yıl olan büyük hidroelektrik santrallere göre inşaat süreleri daha kısadır.
- Taşkın kontrolü, içme ve kullanma suyu sağlamak gibi ek işlevleri yoktur.

1.8. Hes'lerin Denetim Süreci

1.8.1. Amaç

Dünya'daki hızlı nüfus artışı beraberinde enerji tüketimini de arttırırken bu tüketim aynı anda çevre kirliliğine yol açmaktadır. Bu durum insanoğlunun artan elektrik talebini karşılamak için fosil yakıtlar yerine yenilenebilir enerji kaynaklarına yönlendirmektedir. Artan talep artışının karşılanabilmesi ve aynı zamanda fosil yakıt ve türevlerinden elde edilen elektrik üretim oranının tüm üretim içindeki payının düşürülebilmesi için HES yatırımı önem arz etmektedir.

HES projelerinin yapılacağı yerdeki coğrafi koşullar, inşaatın yapım sırasında çıkan hafriyatın döküm sahalarına boşaltılmaması, kullanılan endüstriyel ürünlerin akarsulara bırakılması gibi nedenler çevre sorunlarına yol açmaktadır. Üstelik hidroelektrik santralleriyle gelen çevre sorunları sadece yapım aşamasıyla sınırlı kalmayıp santralin işletilmesi sırasında da çeşitli sorunlara yol açabilmektedir. Yatırımcı firmaların işletme sırasında barajlardan bırakması gereken can suyu miktarına uymamaları hem akarsu ekosisteminin zarar görmesine hem de akarsu havzasında yaşayan yöre halkının hakları olan suyu yeterince kullanamamasına yol açmaktadır.

1.8.2. İnşaat Aşaması

Türkiye'de yıllardır boşa akan suyun ekonomiye kazandırılması çalışması kapsamında su yapıları yatırımlarının hızlandırılması, çevre ile uyumlu ve teknik

denetimlerden geçen projeler üretilmesi, istikrarlı ve şeffaf bir elektrik piyasası oluşturulması ve bu piyasada bağımsız bir denetim ve düzenleme sağlanması amacıyla DSİ tarafından ilk olarak 15.08.2009 tarih ve 27320 sayılı resmi gazetede Su Yapıları Denetim Hizmetleri Yönetmeliği yayınlanmıştır. Bu yönetmelik, yapılması planlanan HES'lerin su yapısıyla ilgili kısımları ve bu yapıların proje onayından yapım aşamasına kadar olan yapısal ve çevre denetimi ile ilgili denetim ve incelemelerin DSİ eliyle ya da DSİ tarafından görevlendirilen denetim firmalarına yaptırılmasını ve bu işlerde çalışacak denetim elemanlarının niteliklerinin belirlenmesini kapsamaktadır. DSİ bu yönetmelikle ilk defa hidroelektrik santrallerinin yapım kontrollüğü işinin özel sektöre devredilmesinin önünü açmıştır. Ancak söz konusu yönetmeliğin durdurulması Danıştay 10. dairesi tarafından 6200 sayılı kanunun 2. maddesinde Devlet Su İşleri Umum Müdürlüğü'nün su yapılarının inşası sırasında yapılacak denetime ilişkin olarak davalı idareye verilen yetkinin özel hukuk tüzel kişilerine devri ile ilgili herhangi bir yetki vermediği gerekçesiyle iptal edilmiştir (Danıştay 10. Daire, Esas No.2010/2365).

Danıştay'ın yürütmeyi durdurma kararı sonrasında DSİ tarafından 4628 sayılı kanunun 14. maddesinin 1. fıkrasına 13.02.2011 tarih ve 6111 sayılı kanunun 204. maddesi ile (f) bendini eklemiştir. Bu madde ile "...gerçek ve tüzel kişiler tarafından inşa edilecek suyla ilgili yapıların inşasının inceleme ve denetimi, masrafları ilgililerine ait olmak üzere DSİ tarafından yapılır veya gerektiğinde yetkilendirilecek denetim şirketlerine yaptırılması sağlanır. Denetim şirketleri ile ilgili uygulamaya ilişkin usul ve esaslar, ilgili bakanlıkların görüşü alınmak kaydıyla DSİ tarafından çıkarılacak yönetmelikle düzenlenir." denilerek DSİ tarafından 13 Mayıs 2011 tarihinde 27933 sayılı Resmi Gazete'de yeni "Su Yapıları Denetim Hizmetleri Yönetmeliği" yayımlanmıştır. DSİ tarafından yayınlanan ikinci yönetmeliğin de açılan dava sonucunda konunun Danıştay 10. ve 13. dairelerinden oluşan müşterek kurulca verilen 31/10/2011 tarih ve E:2011/2768 nolu karar ile anayasa mahkemesine taşınmasına karar verilmiş ve ardından anayasa mahkemesinin kararı beklenmeden 02/12/2011 tarihinde oy çokluğu ile yürütmesi durdurulmuştur. Ardından anayasa mahkemesi tarafından 27/09/2012 tarihli ve E:2012/6, K:2012/131 sayılı kararı 4628 sayılı kanunun 14. maddesine eklenen (f) bendinin anayasaya aykırı olduğu gerekçesiyle kanun maddesi iptal edilmiş ve "Su Yapıları Denetim Hizmetleri Yönetmeliği" hükümsüz kalmıştır (URL-7, 2013). Ancak iptal hükmünün, inşaatı başlamış olan hidroelektrik santrallerinin projelerinin tamamlanmasının sağlanması için kararın

Resmi Gazete’de yayımlanmasından başlayarak altı ay sonra yürürlüğe girmesine karar verilmiştir.

İnşaatı devam eden HES'lerle ilgili Devlet Su İşleri tarafından 16.09.2014 tarihinde yapılan duyuruda 6200 sayılı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü’nün Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanuna ek madde eklendiği belirtilmiş olup ek maddede “İnşaatı devam eden su yapıları için bu maddenin yürürlüğe girdiği tarihten itibaren altmış gün içinde su yapısının denetlenmesi için yatırımcı tarafından DSİ’ye müracaat edilmesi zorunludur. 6446 sayılı Kanun kapsamında üretim lisansı sahibi tüzel kişilerden denetim yaptırmayanlara, DSİ tarafından tesisin kurulu gücüne bağlı olarak megavat başına beş bin Türk lirası idari para cezası verileceği ve ve DSİ tarafından yapılacak yazılı ihtarından itibaren otuz gün içinde gerekli müracaatın yapılmaması hâlinde DSİ ile imzalanan su kullanım hakkı anlaşmasının iptal edileceği belirtilmiştir (Karakuş, 2013).

Su Yapıları Denetim Hizmetleri Yönetmeliği’nin devre dışı kalmasından sonra 6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu, 30.03.2013 tarih ve 28603 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Kanununun 15. maddesinde bulunan (2) ve (3) nolu bentlerde:

“(2) Bu Kanun ve su kullanım hakkı anlaşması çerçevesinde elektrik enerjisi üretmek maksadıyla yapılacak olan üretim tesislerinin su yapısıyla ilgili kısımları ile gerçek ve tüzel kişiler tarafından yapılacak baraj, gölet ve regülatör gibi su yapılarının inşasının inceleme ve denetimi DSİ tarafından yapılır.”

“(3) Bakanlık, Kurum ve DSİ bu Kanun kapsamındaki denetim yükümlülükleri ile ilgili olarak, sonuçları itibarıyla Bakanlık, Kurum ve DSİ açısından bağlayıcı olmayacak ve yaptırım içermeyecek şekilde inceleme, tespit ve raporlama yapmak üzere yetkilendirecekleri şirketlerden ilgili mevzuatına uygun bir şekilde hizmet satın alabilir. Bu şirketlerin nitelikleri, yetkilendirilmesi ve yetkili şirketlerle denetlenecek şirketlerin hak ve yükümlülükleri ile diğer usul ve esaslar ilgisine göre Bakanlık, Kurum ve DSİ tarafından çıkarılan yönetmeliklerle düzenlenir.” denildiği için bu maddelerden DSİ’nin denetim konusunda hizmet alabileceği ancak yetkilerini devredemeyeceği anlaşılmaktadır.

DSİ’ye bağlı olan su yapıları denetim hizmetleri komisyon başkanlığının konu ile ilgili yaptığı 16.04.2013 tarihli duyuru metninde de belirtildiği üzere proje inceleme ve onaylarında regülatörlü HES projeleri ilgili DSİ Bölge Müdürlükleri tarafından, barajlı HES projelerinin ise DSİ Genel Müdürlüğü Barajlar ve HES Dairesi Başkanlığı tarafından kontrol edilerek tasdik edileceği belirtilmektedir (URL-9, 2013). Hidroelektrik santrallerin

inşaatı sırasında arazideki kontrollük işleri ise eskiden olduğu gibi DSİ tarafından yapılacaktır.

1.8.3. Çevresel Akış Miktarı Denetimi

Hidroelektrik santrallerinde ekosistem çeşitliliğinin ve canlılığının sürdürülebilmesi adına bırakılması gerekli olan çevresel akış miktarı için 26.06.2003 tarih ve 25150 sayılı resmi gazetede yayımlanan Elektrik Piyasasında Üretim Faaliyetinde Bulunmak Üzere Su Kullanım Hakkı Anlaşması İmzalanmasına İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında yönetmeliğin 4. maddesinin 2. fıkrası sonuna " ...doğal hayatın devamı için mansaba bırakılacak su miktarı projeye esas alınan son on yıllık ortalama akımın en az %10 u olacaktır." ifadesi eklenerek minimum miktar belirlenmiştir. Bu miktarın belirlenmesinde hidrolojik tabanlı hesap yöntemlerinden Tennant yöntemi baz alınmıştır. Yönetmeliğin yine 4. maddesinin devamında ÇED sürecinde bu miktarın ekolojik açıdan yeterli olmadığı belirlenmesi halinde bu miktarın artırılabilirliği belirtilmiştir. Yatırımcı şirketler tarafından bu miktara riayet edilmediği takdirde doğal hayatın devamlılığı ve yaptırım uygulamak amacıyla aynı yönetmeliğin 4. maddesinde membada biriken suyun tamamının mansaba bırakılacağı belirtilmiştir (RG. 25150, 26.06.2003).

Bunun dışında, aynı yönetmeliğin 4. maddesinin değişik 4. fıkrasında belirtildiği üzere şirket tarafından inşa edilecek enerji üretim tesisinin memba ve mansabında su kullanım anlaşması imzalandığı andan itibaren 20 yıllık periyotlar sonunda havzadaki hidrolojik veriler göz önünde bulundurularak önceden tespit edilmiş işletme planında DSİ değişiklik yapma hakkına sahiptir. Yatırımcı firmalar bu değişikliklerden kaynaklanan içme ve sulama suyu ile ilgili talepleri 20 yıllık süre beklenmeden derhal karşılamak zorundadır. Üstelik bu değişikliklerden kaynaklanan sebeplerden dolayı firmaların DSİ den herhangi bir talepte bulunamayacağı belirtilmiştir.

Çevresel akışın denetlenebilmesi için DSİ tarafından firmalara kurdukları Akım Gözlem İstasyonlarında (AGİ) akışın düzgün sağlanabilmesi için firmalara hidrolik kanallar yaptırılır ve gözlem istasyonlarında bulunan debi ölçer cihazlar on-line olarak DSİ tarafından takip edilir. Şayet sistemin kurulmaması veya cihazların çalışmaması durumunda yatırımcı firmalara anlaşmalardan kaynaklanan cezalar verilir. Can suyunun yeteri kadar bırakılmadığına dair herhangi bir şikâyet olması durumunda DSİ tarafından firmalardan geçmişe yönelik olarak da veriler talep edilebilmektedir. Bu veriler şikâyetin

yapıldığı tarihteki verileri, son 6 aylık günlük ortalama ve son 6 aylık günlük minimum debi değerlerini içerebilmektedir. Aylık olarak yapılan kontrollerde can suyunun yetersiz olarak bırakıldığı tespit edilirse durum Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğüne yazıyla bildirilir. Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü tarafından yapılan denetimler sonucunda da yeterli can suyu bırakılmadığı tespit edildiği takdirde tutanak tutulur ve yatırımcı firmaya 2 kez ceza verilmesi ardından aynı durumun üçüncü kez devam etmesi durumunda proje iptal edilir. Bunun dışında AGİ'lerdeki seviye-debi ilişkisinin değişip değişmediği her ay düzenli olarak kontrol edilerek seviye-debi ilişkisinin değişmesi durumunda anahtar çalışması yapılır ve tekrar debi-seviye ilişkisi oluşturulur (Karakuş, 2013).

1.9. HES'lerin Çevreye Etkileri

Hidroelektrik santrallerin doğaya en az zarar veren enerji üretim yöntemlerinden biri olduğu varsayılmaktadır. İşletilmesi aşamasında herhangi bir zehirli atık oluşmamakta ve bu haliyle enerji üretiminde fosil yakıt kullanan enerji santrallerine göre sera gazı salımı (karbon dioksit) oldukça düşük bir seviyededir. Bu sebeple güneş, rüzgar ve jeotermal kaynaklarla birlikte son yıllarda yenilenebilir enerjinin en yaygın olarak kullanılan şeklidir (Ürker ve Çobanoğlu, 2012).

Hızlı nüfus artışı ve buna bağlı olarak hızlı gelişme ve endüstrileşme sonucunda Türkiye'de enerji açığı oldukça önemli bir şekilde kendini hissettirmeye başlamıştır. Tüm dünyada yaşamın temel unsuru olan su, var olan kaynakların en verimli şekilde kullanılması yöntemleri ile sıklıkla gündeme gelmektedir. Su kaynakları ile enerji üretiminin sağlandığı HES'lerin gerek inşaat gerek işletme aşamasında çevreye olan etkileri olumlu ve olumsuz yönleriyle günümüzde sıklıkla tartışılan bir konudur.

1.9.1. İnşaat Sürecindeki Etkiler

HES'lerin kurulabilmesi için inşaat sırasında çoğu zaman daha önce insan elinin değmediği arazilerde çalışmalar yapılır. Bu durum, içerisinde flora ve fauna açısından zengin olan araziler de olmak üzere doğal olan birçok alanı tehdit etmektedir.

HES'lerde elektrik üretebilmenin temel unsuru olan sarp ve dik arazilerdeki kot farkının oluşması için, çoğunlukla yol, cebri boru, tünel veya iletim kanallarının kurulması

zorunlu olmaktadır. Bu durum da el değmemiş arazilerin yarılmasını gerektirir ve yamaçlarda erozyon ve toprak kayması riskini doğurur. Ayrıca ülkemizde yasal mevzuat gereği belirlenen alanlara dökülmesi gereken hafriyat atıkları denetim mekanizmasının kimi zaman yetersiz işlemesi sonucunda müteahhit firmalar tarafından akarsu yataklarına bırakılmaktadır. Bu durum suyun yaşam kalitesini düşürerek içerisindeki balıkların ölümüne ve akarsu boyunca yer alan bitki örtüsünün zarar görmesine sebep olmaktadır.

Hidroelektrik santrallerinin inşaatı sırasında patlatılan dinamitler arazinin tabii yapısını bozduğu gibi hava ve toprak kirliliğine sebep olmaktadır. Ayrıca dinamitlerin patlatılması anında çıkan ses yaban hayvanlarının yaşamını olumsuz etkilemektedir.

Enerji iletim hatlarının kurulması için güzergah koridoru temizliği yapılmaktadır. Bunun amacı işletme sırasında iletim hatlarının altında bulunan ağaçların yangına sebep olmamasıdır. Bazı bölgelerde kilometrelerce uzunluğunda elektrik iletim hatları açıldığı düşünüldüğünde bu işlemin önemli miktarda ağaç kaybına yol açacağı anlaşılmaktadır.

1.9.2. İşletme Sırasındaki Etkiler

Hidroelektrik enerji üretiminin doğal, tarihi ve kültürel varlıklar ve sosyoekonomik çevre üzerinde, boyutları projeden projeye değişen birçok etkisi mevcuttur. Barajlı projelerde etki çoğunlukla su altında kalan taşınmazlar ve yöre halkının yeniden iskânı, orman varlığının yok olması, nadir ve nesli tehlikedeki bitki ve hayvan türleri konularında ortaya çıkmaktadır. Buna ek olarak, tesislerin yer seçiminde titiz davranılmaması çevresel açıdan hassas yörelerde birçok projenin iptalini gündeme getirebilmektedir. Ayrıca, karşılaşılan en büyük sorunlardan biri de uzun tünel alternatifleri ve baraj yapısından santrale kadar olan nehir kesitine yeterli miktarda su bırakılmamasıdır (Ürker ve Çobanoğlu, 2012).

HES'lerin çevreye olan etkileri sıralandığında; genel olarak su alma yapıları (regülatörler) nehrin bütünlüğünü bozarak balıkların geçişlerini ve göç hareketlerini etkilemekte, açık kanal biçiminde yapılan su iletim hatları hayvan geçişlerini etkileyerek habitat bölünmesine yol açmakta, inşaat yapılan tüm alanlarda toprak yüzeyi sıyrıldığından arazide çok büyük tahribatlar oluşmakta ve erozyona maruz kalmakta, akım hızı ve debilerdeki değişime bağlı olarak tüm sucul yaşam tehdit altına girmektedir. Bunun yanı sıra tarımsal sulama sıkıntısına bağlı olarak tarımsal üretimde düşüşler yaşanmakta ve su tutulmasına bağlı olarak da mikro klima değişmektedir. Ayrıca proje alanlarında yüksek

miktarlarda ağaçların kesilmesine bağlı olarak orman kalitesinde düşüşler yaşanmakta, su miktarındaki değişimle ilişkili olarak taban suyu ve yer altı su seviyelerinde değişimler yaşanmakta bu da hem jeolojik yapıyı hem de ormanları etkilemektedir (Ürker ve Çobanoğlu, 2012).

Hidroelektrik santrallerin işletilmesi sırasında akarsu yatağına bırakılan suyun miktarı, doğal hayatın sürekliliği açısından hayati öneme sahiptir. HES'lerden nehirlere az oranda su bırakılması sucul canlıların yok olmasına, beslenme, üreme ve göç davranışlarında kısıtlamalara neden olmaktadır.

HES nedeniyle su akış hızındaki değişim, dere yatağı bileşenlerini değiştirir çünkü su, farklı hızlarda, farklı büyüklükte maddeler taşır. Bu nedenle, suyun akış hızındaki değişiklik, su kalitesini değiştirir. Bir nehrin akış hızının azalması ile suyun havalanması azalır ve sudaki oksijen miktarı düşer. Bu durum toplu balık ölümlerine sebep olduğu gibi HES işletmesinde suyun sıcaklığı azaldığı için su sıcaklığına hassas canlıların yaşamını olumsuz etkiler. Örneğin, alabalığın nehirlerdeki yaşamını sağlıklı sürdürebilmesi için sudaki sıcaklığın 15°C'nin üzerine çıkmaması gerekir. Bunun dışında yüzeye yakın yeraltı suları galeri ormanı olarak adlandırılan nehir kenarı ve sulak alanlarda form bulan ormanları besleyen önemli bir kaynaktır. Akarsular da yeraltı sularını beslemektedirler. Bu durumda yeraltı suyunun tabii dengesi açısından HES'lerde nehir yatağına bırakılan su miktarı önem arz etmektedir (URL-2, 2015).



Şekil 1.1. HES'lerin işletme sırasında akarsuya etkisi (URL-5, 2016)

1.10. Çevresel Akış Miktarı Üzerine Dünyada Yapılmış Çalışmalar

HES'lerde bırakılması gereken su miktarı ile ilgili yapılan çalışmalarda en çok kullanılan Tennant yöntemi 1970'lerden beri dünyada en az 25 ülkede kullanılmaktadır (Tharme, 2003). Tennant yöntemine göre can suyu olarak bırakılması gereken miktar ülkelere ve akarsuların buldukları bölgelere göre değişiklik gösterebilmektedir. Örneğin Türkiye'de TÜBİTAK MAM tarafından kurak dönem için uzun dönem yıllık ortalama akışın %20'si, yağışlı dönem için %15'inin can suyu olarak bırakılması önerilmiştir (Ateş, 2010).

Yeni Zelanda'da yapılan can suyu hesabında çeşitli metotların kıyaslanması amacıyla yapılan çalışmada Hidrolojik, Hidrolik ve Habitat tabanlı metotlar birbirleri ile karşılaştırılmıştır. Yapılan çalışmanın sonucunda doğrudan nehir ekosistemine dair net bilgilere dayalı olan Habitat tabanlı metodun kullanışlı olduğu, hidrolik ve hidrolojik tabanlı yöntemlerin ise nehir ekosistemine dair yeterli bilginin olmadığı çalışmalarda kullanılmasının uygun olduğu belirtilmiştir (Jowett, 1997).

1970'li yılların ortasında ABD Pensilvanya eyaletinde 1.3 km² 'den daha büyük bir alanda 7Q10 yöntemine göre çevresel akış hesabı yapılmış ve akış miktarı her km²'de 0,01 m³ s⁻¹ km⁻² olarak hesap edilmiştir. Ancak bu hesabın tek yöneme dayandırılmış olması eleştirilmiştir. Ayrıca bu yöntem için ardışık olarak 7 günden az olarak belirlenen gün sayısının (örn. 2Q10 gibi) suyun kalitesini önemli ölçüde düşüreceği belirtilmiştir (Pyrce, 2004).

2006 yılında Batı Amerika'da bulunan su havzaları üzerinde bir çalışma yapılmıştır. Çalışmanın amacı Tennant yönteminin en uygun olarak yıllık ortalama akımın hangi yüzdesi olarak belirlenmesi gerektiği ve bu yüzde miktarın diğer yöntemlerle (Islak çevre ve PHABSIM) kıyaslanması olarak belirtilmiştir. Çalışmada Tennant yöntemine göre farklı yüzdelerde bırakılan su miktarının yatak derinliği, hız ve yatak genişliğine etkileri incelenmiştir. Çalışmanın sonucunda, akarsuların yatak derinliği, hız ve yatak genişliği karakteristikleri düşünüldüğünde Tennant yönteminin Batı Amerika için elverişli bir yöntem olmadığı belirtilmiştir (Mann, 2006).

1.11. Çevresel Akış Miktarı Üzerine Türkiye’de Yapılmış Çalışmalar

Türkiye’de 2007 yılında hidroelektrik santral yatırımlarının hız kazanması ile üzerinde enerji tesisi kurulu orta ve küçük çaplı akarsuların çevresel akış miktarı hesabı daha da önem kazanmıştır. Ülkemizde 26.06.2003 tarih ve 25150 sayılı resmi gazetede yayınlanan Elektrik Piyasasında Üretim Faaliyetinde Bulunmak Üzere Su Kullanım Hakkı Anlaşması İmzalanmasına İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında yönetmeliğin 4. maddesinin 2. fıkrası sonuna 2009 yıl ve 27323 sayılı resmi gazete ile " ...doğal hayatın devamı için mansaba bırakılacak su miktarı projeye esas alınan son on yıllık ortalama akımın en az %10 u olacaktır." ifadesi eklenerek minimum miktar belirlenmiştir. Bu miktar belirlenirken Tennant yöntemi baz alınmıştır.

Türkiye’de coğrafi bölge farkı göz önünde bulundurulmaksızın belirlenen bu miktar üzerine farklı coğrafi bölgelerde değişik yöntemlerle çalışmalar yapılmıştır. Yapılan bu çalışmalardan bazıları şunlardır;

2006 yılında Büyük Melen Çayı üzerinde yapılan çalışmada ıslak çevre yöntemi ile akarsu içerisinde bulunan hidrobiyolojik parametreler göz önünde bulundurularak suyun kalitesinin korunması amacıyla çalışma yapılmıştır. Yapılan çalışmada Büyük Melen Çayı su debisinin en az 18 m³/sn olması gerektiği belirtilmiştir. Ancak çalışma yapılan akarsuya memba tarafında bulunan bir kesit üzerinde çalışma yapıldığı için mansap tarafında bulunan bir kesit üzerinde de çalışma yapılması gerektiği belirtilmiştir (Karakaya ve Gönenç, 2006).

Kızılırmak havzası üzerindeki Terme çayı üzerinde bulunan Kayunbaba barajı (Çankırı) ile ilgili çalışma yapılmıştır. Yapılan çalışmada kurak ve yağışlı dönemlere göre Tennant I - Tennant II olarak adlandırılan ve Debi Süreklilik Eğrisi’ne göre Q70 ve Q95 yöntemleri kullanılmıştır. Analiz sonucunda Tennant II yönteminin diğer yöntemlere göre asgari aylık ortalama değerlere daha yakın sonuç verdiği için daha uygun olduğu görülmüştür. Yapılan bu çalışma Coğrafi Bilimler Dergisi’nde 2014 yılında yayınlanmıştır (Köle, 2015).

2015 yılında Boğazköy Barajı üzerinde çalışma yapılmıştır. Yapılan çalışmada Bursa Kocasu çayı üzerinde bulunan Boğazköy barajından bırakılması gereken çevresel akış için Tennant ve Q70 ve Q95 Debi Süreklilik Eğrisi yöntemleri kullanılmış ve çalışma sonucunda yapılan değerlendirmede Q70 akım yöntemlerinin asgari aylık ortalama değerlere diğerlerine nispeten daha yakın sonuçlar verdiği belirtilmiştir. Üstelik Tennant

yöntemi ile hesaplanan değerlerin asgari su miktarı değerlerine hiç yaklaşmadığı belirtilmiştir (Köle, 2015).

2010 yılında Sakarya Üniversitesi'nde yapılan çalışmada Tennant yöntemi, 7Q10 yöntemi ve Yıllık Minimum Akımlar Serisi Yöntemine göre can suyu hesabı yapılmıştır. Çalışmada DSİ'ye ait 1413 nolu (Durucasu) AGİ verileri (1955-2008 yılları arası) kullanılmıştır. Çalışma sonucunda Tennant yöntemine göre yaz aylarında akımları oldukça düşük veya kuruyan akarsularda Ekim-Mart ayları akımlarının %10, %20 ve %30'u 7Q metotlarından genelde yüksek, diğer akarsularda genelde daha düşük olduğu, Nisan-Eylül aylarında ise akımların %10, %30 ve %40'ı genelde 7Q metotlarından yüksek çıktığı belirtilmiştir (Sülüki, 2010).

Ortadoğu Teknik Üniversitesi'nde Giresun Pazarsuyu üzerinde yapılan çalışmada Tennant, Q95, Modifiye Varyasyon Aralığı metodu, Hoppe, 7Q2 ve Teksas olmak üzere 6 farklı hidrolojik metot kullanılmıştır. Yapılan analiz sonucunda içlerinden en yüksek çevresel akış değerini veren 7Q2 metodunun kullanılması tavsiye edilmiştir (Göz, 2012).

Aydın ili sınırlarında Büyük Menderes nehri üzerinde bulunan 3 farklı akım gözlem istasyonu verilerine dayanarak yapılan çalışmada Tennant yöntemi; Orijinal Tennant ve Modifiye Tennant yöntemi (Ortalama Akıma ve Medyan Akıma göre) olarak ayrılmıştır. Tennant yönteminin dışında Q95, 7Q10 ve Islak Çevre yöntemi kullanılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. 3 istasyonda yapılan analizin ikisinde Q95 yönteminin bir tanesinde ise Modifiye Tennant yönteminin uygun olduğu sonucuna varılmıştır. Öneriler kısmında ise farklı bölgelerinde farklı iklim özelliklerine sahip tek bir ülke için bir tek çevresel akış yönteminin doğru olmadığı belirtilmiştir (Ateş, 2013).

Deniz ÖZDEMİR, Dr. Ömer KARACA, M. Kemal ERKUŞ'un ortak yaptıkları çalışmada önce çevresel akış miktarı belirleme yöntemleri anlatılmış ve ardından Tennant, debi süreklilik ve 7Q metodları ile 25 farklı akım gözlem istasyonu verilerine dayanarak elde edilen sonuçlar birbirleri ile kıyaslanmıştır. Çalışmanın sonucunda karstik bölgeler, kuru ya da az yağışlı bölgelerde Tennant yönteminin uygun olduğu belirtilmiş, diğer bölgelerde ise 7Q10 metodu tavsiye edilmiştir (Özdemir vd., 2010).

1.12. Çevresel Akış Hesabında Kullanılan Başlıca Yöntemler

Çevresel akış yöntemleri genel olarak hidrolojik tabanlı yöntemler, hidrolik derecelendirme yöntemi, habitat simülasyonu yöntemi ve holistik (bütünsel) yöntemler olmak üzere dört başlık altında toplanmaktadır.

1.12.1. Hidrolojik Tabanlı Yöntemler

Hidrolojik yöntemler, yatakta bulunması gereken asgari su miktarını, daha genel bir ifade ile çevresel su ihtiyacını günlük ya da aylık akış verilerinden hesaplamaktadır (Pyrice, 2004). Hidrolojik yöntemlerden en yaygın olarak kullanılanları Tennant (Montana) yöntemi, çeşitli hidrolojik istatistiksel yöntemler ve debi süreklilik yöntemleridir. Bu tezdeki analizde bu yöntemler kullanılmış olup 2. bölümde yöntemlerin detayları, 3. bölümde ise bulgulara yer verilmiştir.

Bunların dışında Texas metodu, Değişkenliğin Değişkenliği Yaklaşımı (Change of Variation Method, RVA), Lyons, Hoppe gibi metotlar bulunup Türkiye’de bazı çalışmalarda kullanılmıştır.

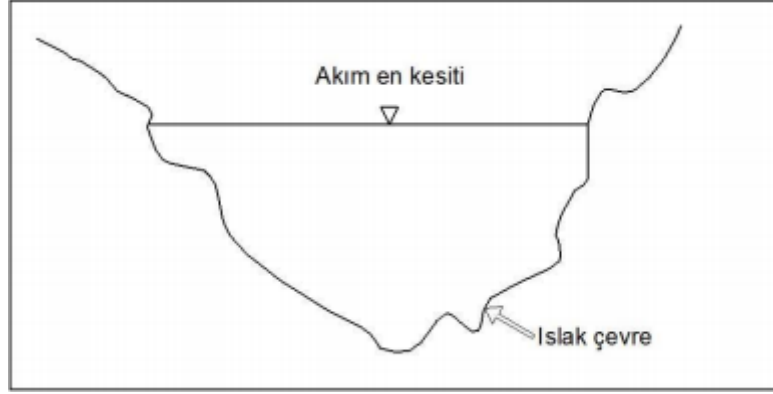
1.12.2. Hidrolik Derecelendirme Yöntemi

Bu metot hedef canlılar için belirlenmiş limit değerleri bulmak için nehir yatağı ya da ıslak çevre gibi değişken parametreleri kullanır. Böylelikle seçilen hidrolik parametrelerin eşik değeri ekosistemin bütünlüğünü sağlar (Pyrice, 2004).

1.12.2.1. Islak Çevre Yöntemi

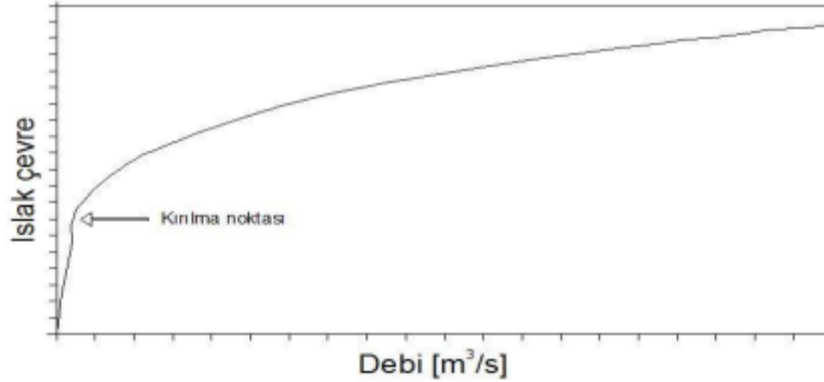
Bu yönteme göre bir kesitin ıslak çevresi ile balık yaşamı doğrudan ilişkilidir. Ayrıca ıslak çevrenin maksimize edilmesi balıklar için yeterli besin miktarı ve yaşam alanının maksimize edilmesi anlamına gelir.

Terim olarak bir kesitin ıslak çevresi o kesitin alt ve kenar bölgelerinin suyla temas eden bölgeleridir.



Şekil 1.2. Islak çevre gösterimi (Yumurtacı ve Karakoyun, 2010).

Bir akarsu kesitinin ıslak çevresi ile o kesitten geçen akış miktarı arasındaki ilişki Şekil 1.3'teki gibidir.



Şekil 1.3. Islak çevre –debi eğrisi (Yumurtacı ve Karakoyun, 2010).

Kırılma noktası, boyutsuz ıslak çevre-debi eğrisinin eğiminin bire eşit olduğu nokta olarak tanımlanır (Yumurtacı ve Karakoyun, 2010).

Şekil 1.3'te görülen kırılma noktasından sonra meydana gelen su seviyesindeki artış birim debideki her bir artış için ıslak çevrede küçük miktar artışa sebep olacaktır. Kırılma noktasından önce meydana gelen artış ise debideki her bir artış için ıslak çevrede büyük değişimlere sebep olacaktır (Parker ve Armstrong 2014).

Islak çevre yöntemi ABD, Avrupa ülkelerinde ve Türkiye'de Büyük Melen çayında uygulanmıştır (Karakaya ve Gönenç, 2006).

Büyük Melen çayında yapılan çalışmanın sonuç kısmında Melen çayından transfer

edilmesi planlanan su miktarı $37.50 \text{ m}^3/\text{s}$ iken transfer edilebilecek su miktarının $32 \text{ m}^3/\text{s}$ olarak hesap edildiği belirtilmiştir. Şayet ıslak çevre metodu ile hesap edilmiş bu değere riayet edilmediği sürece Melen çayı projesi hayata geçirildiğinde ekosistemin zarar göreceği belirtilmiştir (Karakaya ve Gönenç, 2006).

Ekolojik bilgileri ve fiziksel habitatlarına ilişkin verileri içermesi ve ekosistem içerisindeki omurgasız canlıların ve balıkların üremelerine uygun habitat ihtiyaçlarını hızlı ve basit bir şekilde belirlenebilmesi sistemin avantajı olarak görülür. Sadece belli bir kesitte çalışma yapılması ve havzayı bütünsel olarak ele almaması ise dezavantajı olarak görülmektedir.

1.12.3. Habitat Simülasyon Yöntemi

Bu metotlar farklı akım durumlarında bütünsel, hidrolojik, hidrolik ve biyolojik verileri kullanarak akımın fiziksel olarak uygunluğunun detaylı olarak analiz edilerek çevresel akışların belirlenmesinde kullanılır. Fiziki mikrohabitat içerisindeki akışa bağlı değişiklikler birden fazla nehir kesitine ait derinlik, hız, alt tabaka bileşenleri gibi etkenlere bağlı olarak modellenir. Spesifik biyotalara ait habitat-debi eğrileri şeklindeki sonuçlar optimum çevresel akışı bulmak için kullanılır. Bu yöntemde akış genel olarak derinlik, eğim, kesit şekli gibi çoklu enkesitler kullanılarak modellenir. Habitat uygunluk indis eğrileri kullanılarak belli bir habitat içerisindeki bilgiler o habitat içerisindeki balıkların ve omurgasız canlıların kullandığı mevsimsel parametrelerle birleştirilir. Optimum çevresel akışın belirlenmesi için sonuçlar habitat-debi eğrisi şeklinde gösterilir. Bu yöntem için geliştirilen PHABSIM (Physical Habitat Simulation System Model) programı önde gelen yazılımlardan biridir (Welcomme ve Petr, 2003).

PHABSIM geniş bir alanda kullanılan ve balık ekosisteminin suyun fiziksel değişimine bağlı olarak etki değerlendirilmesini yapan güvenilir bir programdır. Temel kavramları 1990'ların başında tanımlamış ve Dünya çapında farklı nehir ve farklı balık türleri ile ilgili on binlerce çalışma yapılmıştır. Esas olarak bir nehir içinde en az 3 kesit seçilerek yüksek, orta ve düşük akım durumları ele alınır. Seçilen kesitlerden debi, akış hızı, akış rejimi, su sıcaklığı, tuzluluk oranı vs. ekosistem canlılığına etki eden faktörlerle ilgili bilgiler toplanır. Ardından Habitat Uygunluk İndisleri çıkartılır. PHABSIM içerisinde en yaygın kullanılan çıktı "Kullanılabilir Islak Alan" olup bu değerle su kaynağının teorik akım kapasitesi ve akım durumundaki değişimin tahmin edilmesinde kullanılır (URL-6,

2014).

IFIM metodu (Instream Flow Incremental Methodology) ise USGS (U.S. Geological Survey) tarafından akarsuyun akışının balıkların yaşamı üzerindeki etkisini araştırmak için geliştirilmiştir. Çalışmanın yapılabilmesi için öncelikle, belirli bir balık türü ya da bazı anahtar canlılar belirlenir. Daha sonra belirlenen her bir canlı türü için değişik akım koşullarında ve türlerin çeşitli yaşam evrelerinde varlığını sürdürebilmeleri için gerekli minimum akım belirlenir (Zappia ve Hayes, 1998).

1.12.4. Holistik (Bütünsel) Yöntemler

Holistik metot; hidrolojik, hidrolik ve habitat simülasyon metotlarının birleşimi olarak görülür (Pastor vd., 2013).

Çevresel akış miktarının belirlenmesinde ekosistem içerisindeki canlıları göz önünde bulundurmaması hidrolik ve istatistiksel yöntemlerin eksikliği olarak görülmektedir. (Ertürk, 2013) İçerisinde çeşitli canlıları barındırdığı gibi bu canlılar için gerekli besin maddeleri ve çeşitli katı maddeler de su aracılığı ile taşınır ve bu durumda akarsuyun akım rejimi önemli bir etken olarak ortaya çıkar. Bu durumda çevresel akış miktarı belirlenirken nehir yatağı, kaynak alanları, taşkın alanları gibi ekosistemin tümünün gereksinimleri bir araya getirilir.

Holistik yöntemler dünya genelinde kullanılan yöntemlerin %8'ini oluşturmaktadır. Çoğunlukla Güney Afrika ve Avustralya'da geliştirilip kullanılmasına rağmen Avrupa, Amerika, Latin Amerika, Asya ve Afrika dahil on ikiden fazla gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler tarafından da kullanılmaya başlanmıştır (Tharme 2003).

Holistik yöntemlerle sağlıklı bir çalışma yapılabilmesi için yeterli miktarda veriye ve uzun zamana ihtiyaç duyulur. Ayrıca tatlı su ekosistemi, akış rejimi ve su yönetim tekniklerindeki farklılıklardan dolayı hassas bir çalışma yapmak oldukça zordur. Üstelik bu metodun zor yanlarından biri de hidrolog, jeomorfolog, biyolog ve sosyologların bir araya gelerek yaptıkları çalışmada tatlı su ekosistem gereksinimleri ile insanların su ihtiyacı arasında ortak noktaya ulaşmaya çalışmalarıdır (Pastor vd., 2013).

Holistik yöntem çalışmaları:

1. Hidrolojik analiz
2. Uzman Panel Yaklaşımı

3. Arazi Çalışmaları ve Modelleme

4. Uyarlanabilir Düzeltme aşamalarından oluşmaktadır.

Holistik yaklaşımlar içerisinde Bina Blok Yöntemi (Building Block Methodology, [BBM]), DRIFT yöntemi (Downstream Response to Imposed Flow Transformation), Benchmarking Yöntemleri, Savannah yöntemi (ESWM) ve Akım Restorasyon yöntemi gibi belli başlı yöntemler mevcuttur.

Tabandan Yukarıya (Bottom-Up) yöntemi olarak da adlandırılan BBM metodu doğal bir akımın ana içeriklerinin korunmasını prensibini destekler. Bu durum uzmanların bazı önemli akım içeriklerini tam olarak belirlemesini gerektirse de genellikle daha özenli çalışmalar ortaya çıkmasını sağlamaktadır (Gordon vd., 2004). BBM metodu akım fasitlerinin düşük akım, kanal bakım akımları ve göç canlıları olmak üzere üç ana gruptaki rejimini kurar (O’Keeffe ve Tharme, 2009).

Bunun yanında senaryo tabanlı (scenario-based) bir yöntem olan DRIFT akım rejimindeki değişimin ekolojiye olan etkilerini tahmin eder. Bu yöntem Güney Afrika Cumhuriyeti’nde yarı kurak alanlar içerisindeki nehir ekosistemini anlamak için geliştirilmiştir. Lesotho Dağlık Su Projesi kapsamında ıslak ve kuru sezon düşük akımları ve taşkın periyodu vb 10 ekolojik akım kategorisi kullanan bir DRIFT yöntemi geliştirilmiştir (Arthington vd., 2003).

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Çalışmada Kullanılan Yöntemler

Bu çalışmada 5 adet akarsu verilerine göre hidrolojik tabanlı yöntemlere dayanılarak akarsulardan bırakılması gereken can suyu hesabı yapılmıştır. Yapılan analizde Orijinal Tennant ve Modifiye Tennant yöntemi olmak üzere iki farklı Tennant yöntemi kullanılmıştır. Modifiye Tennant yöntemi kullanılırken de kurak ve yağışlı ayların belirlenmesinde 10 yıllık ortalama akıma göre ve aylık ortalama akımların medyan değerlerine göre analiz yapılmıştır.

Tennant yönteminin dışında yine 10 yıllık günlük ortalama akım verilerine dayanarak debi süreklilik eğrisi oluşturulmuş ve Q70 ve Q95 değerleri hesap edilmiştir. Kullanılan diğer yöntem ise Amerikan Çevre Koruma Ajansı (EPA , Environmental Protection Agency) tarafından geliştirilmiş bir yöntem olan 7Q10 yöntemi ile de analiz yapılmış olup tüm sonuçlar her bir AGİ verileri için kendi içinde değerlendirilmiştir. Analizde kullanılan yöntemleri detayları bölüm 3 'te anlatılmış olup elde edilen değerler tek grafikte toplanarak verilmiş ve Doğu Karadeniz Havzası için kullanışlı olan yöntem belirlenmiştir.

2.1.1. Hidrolojik Tabanlı Yöntemler

Hidrolik tabanlı yöntemlerin başlıcaları Tennant yöntemi (Orijinal Tennant, Modifiye Tennant Yöntemi), 7Q10 yöntemi, Debi Süreklilik Eğrisi (Q70 ve Q95) olup bu çalışmada kullanılan yöntemler sonucunda ortaya çıkan bulgular 3. Bölümde verilmiştir. Tüm sonuçlar her bir AGİ verileri için kendi içinde değerlendirilmiş olup elde edilen değerler tek grafikte toplanarak verilmiş ve Doğu Karadeniz Havzası için kullanışlı olan yöntemin bulunması amaçlanmıştır.

2.1.1.1. Tennant Metodu

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 (Tharme, 2003).

2.1.1.1.1. Orjinal Tennant Metodu

Geçmiş akım kayıtlarının kullanıldığı bir metot olan Tennant (Montana) yöntemi bilinen yöntemler arasında pratik olması sebebiyle en sık kullanılan metotlardan biridir. Amerika Birleşik Devletlerinde en sık kullanılan 2. metot olarak bilinmektedir (Jowett, 1997). Tennant yöntemi ekosistem içerisinde sağlıklı akış şartlarının sağlanması için yıllık ortalama akışın belli bir yüzdesini kullanır. Tennant tarafından bu yöntem geliştirilirken ABD Montana, Nebraska ve Wyoming eyaletlerinde 11 akarsu kesitinden veri alınmıştır. Bu veriler doğrultusunda Tennant, yıllık ortalama akışın sıfırdan %10'a çıkarken akarsu kesit genişliği, su hızı ve derinliğinin hızla arttığını; %10 değerinin üzerinde ise söz konusu artışın azalarak seyrettiğini gözlemlemiştir (Jowett, 1997). Bu doğrultuda Tennant, yılın herhangi anında akarsularda sağlanması gereken minimum akımın yıllık ortalama debinin %10'unundan az olmaması gerektiğini aksi takdirde canlı ekolojisinin zarar göreceğini belirtmiştir (Korman vd., 1994).

Tennant yönteminde bir yıllık süre, kurak-az yağışlı sezon (Ekim-Mart) ve ıslak-yağışlı sezon (Nisan-Eylül) olarak ikiye ayrılmıştır. Bu iki sezonda, yıllık ortalama debiye göre akarsudaki akım durumu yedi sınıfa ayrılmıştır (Tablo 2.1) (Başkaya, 2010).

Tablo 2.1. Yaban Hayatı, Balık ve Rekreasyon İçin Akarsu Akım Düzeyi (Tennant, 1976).

AKIM DURUMU	EKİM-MART (%)	NİSAN-EYLÜL (%)
TAŞKIN VEYA EN YÜKSEK	200	200
OPTİMAL, NORMAL	60-100	60-100
NORMALE YAKIN	40	60
ÇOK DAHA İYİ	30	50
FENA DEĞİL	20	40
DÜŞÜK	10	30
FAKİR	10	10

Yağışlı sezonda alınan %10 ila %40 arasındaki değer ile kurak sezonda baz alınan %30 ile %60 arasındaki değerler iyi durum (fair conditions) olarak adlandırılırken yılın

herhangi bir anındaki yıllık ortalama debinin %60-%100 aralığındaki değerler ise optimal olarak kabul edilmektedir (Korman vd., 1994).

Orijinal Tennant Yöntemine göre teorik su yılının ilk 6 ayı yağışlı (Ekim- Mart) diğer 6 ayı ise kurak dönem (Nisan- Eylül) olarak belirtilmektedir. Belirlenen bu dönemler için Tennant'ın 1976 da önerdiği dönemsel akış tablosu da gözönüne alınarak, TÜBİTAK MAM'ın ülkemiz için önermiş olduğu akış yüzdeleri şu şekildedir; kurak dönem için uzun yıllara ait kurak aylar ortalamasının %20'si, yağışlı dönem için uzun yıllara ait yağışlı aylar ortalamasının %15'i çevresel akış olarak belirlenmiştir (Ateş, 2013).

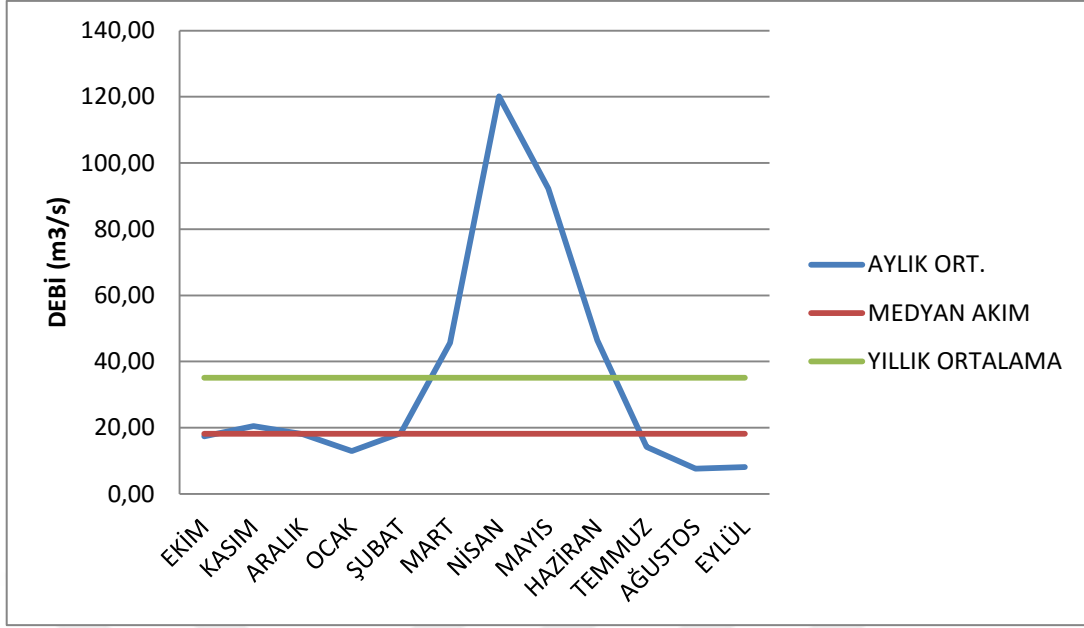
2.1.1.1.2. Modifiye Tennant Yöntemi

Tennant yönteminin özünde var olan kurak ve yağışlı dönem mevsimsel olarak kesin çizgilerle ayrılmış (Ekim-Mart ve Nisan-Eylül) olup temeli hidrolojik verilere dayalı olan bu yöntemin bir bölge için direkt uygulanması zaman zaman uygun olmamaktadır. Bu sebeple yağışlı ve kurak dönemleri ayırt edebilmek için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir.

Bu yöntemde üzerinde çalışma yapılan havzanın uzun yıllara ait ortalaması ve aylık ortalama değerlerin medyan değeri belirlenir, daha sonra bu değerler uzun yıllara ait aylık ortalamalar ile kıyaslanır. Aylık ortalamaların altında kalan aylar kurak periyot üzerinde kalan aylar ıslak periyot olarak değerlendirilir. Belirlenen bu periyotlar Orijinal Tennant Yönteminde kullanılan yüzde oranlar kullanılarak her iki periyot içinde gerekli olan çevresel akış karşılaştırmalı olarak değerlendirilir (Ateş, 2013).

a. Ortalama Akıma Göre Modifiye Tennant Yöntemi

Ortalama akıma göre hesap yapılırken uzun yıllara ait aylık ortalama akış verileri hesaplanır. Yine aynı dönemin yıllık ortalama değeri belirlenir ve Şekil 2.1'deki grafik yardımıyla yıllık ortalamasının altında ve üstünde kalan aylar kurak ve yağışlı dönem olarak belirlenir. Kurak ayların %20'si yağışlı ayların ise %15'i çevresel akış debisi olarak belirlenir (Ateş, 2013).



Şekil 2.1. Ortalama ve medyan akıma göre yağışlı ve kurak ayların belirlenmesi

b. Medyan 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 bulunur ve Şekil 2.1'deki gibi grafiğe dökülür. Medyan akımın altında kalan aylar kurak üzerinde kalan aylar ise yağışlı aylar olarak değerlendirilir. Kurak dönemler için genel ortalamanın %20'si, yağışlı dönem için ise genel ortalamanın % 15'i çevresel akış debisi olarak belirlenir (Ateş, 2013). Bu tezde yapılan çalışmada kullanılan bütün Tennant yöntemlerinde kurak ve yağışlı dönemler için bu değerler kullanılmıştır.

2.1.1.2. 7Q10 Metodu

7Q10 yöntemi periyodik olarak her 10 yıllık süre içerisindeki bir yıl içinde en düşük seviyede akan su miktarının 7 günlük ortalama debisinin alındığı yöntemdir. Farklı ülkelerde farklı amaçlar için kullanılabildiği gibi genel olarak atıksuların sağlıklı tahliyesi ve kurak dönemlerde ekosistemin korunması amacıyla kullanılmaktadır (Özdemir vd., 2010). Bazı durumlarda iyi sonuçlar verebilmesine rağmen uygulanabilirliği açısından şüpheler de bulundurulur. Çünkü bu metot orijinal olarak su kalitesi standartlarının belirlenmesi ve kirlilik kontrolünün sağlanması için kullanılmıştır. Bu konuda Amerikan Balık ve Vahşi

Yaşam Servisi (The U.S. Fish and Wildlife Service) tarafından 1981 yılında, 7Q10 metodunun geçmişte sucul canlıların korunması için sağlanması gereken minimum akışın belirlenmesinde yanlış kullanıldığı, bu metodun aslında atıksuların seyreltilirken limitlerin istatistiksel olarak belirlendiği ancak canlıların yaşamı için gerekli su miktarının belirlenmesi için uygun bir yöntem olmadığını belirtilmiştir. Bunun dışında Massachusetts Eyaleti (ABD) 2004 yılında, 7Q10 yönteminin bazı zamanlarda sağlıklı bir akış sağladığını ancak gerçekte çok daha fazla akışın sağlanması gerektiğini belirtmiştir. (Pyrce, 2004)

7Q10 yöntemi Log Pearson Tip 3 dağılımına odaklanır ve matematiksel denklemleri şu şekilde ifade edilir;

$$7Q10 = \exp(X + K \cdot S) \quad (1)$$

X : Yıllık düşük akımın logaritmasının ortalaması

S : Yıllık düşük akımın logaritmasının standart sapması

K : Sıklık faktörü

y: Geri dönüş periyodu

g: tarihi yıllık düşük akımın logaritmasının basıklık katsayısı

$$K = \frac{2}{g} \cdot \left(\frac{1 + (g \cdot z)}{6 - (g^2/36)} \right)^3 - 1 \quad (2)$$

$$Z = 4,91 \left[\frac{1}{y} - 0,14 - \left(\frac{1}{y} - 0,14 \right)^2 \right] \quad (3)$$

Formülleri ile belirlenmektedir.

2.1.1.3. Diğer 7Q Metotları

Günümüzde 7Q10 metodu dışında kullanılan 7Q1, 7Q2, 7Q5, 7Q20 ve 7Q25 gibi başka metotlar da mevcuttur. Örneğin Ontario Tabii Kaynaklar Bakanlığının ve Ontario Çevre Bakanlıklarının 7Q20 ve 7Q2 akımlarını kullandıkları; özellikle de Ontario Tabii Kaynaklar Bakanlığının ekosistem sürdürülebilirliği açısından bu yöntemleri seçmektedir. 7Q5 ve 7Q25 akımlarının özellikle Güney Dakota Çevre ve Doğal Kaynaklar Departmanınca 1998 yılında düşük ve yüksek kaliteli balıkçılık suyu için gerekli kritik düşük akımın belirlenmesinde kullanılmıştır. Bunların dışında 7Q1 akımı (Yıllık 7-gün düşük akımı) ise İngiltere'de kaynaktan su çıkarma lisansları için alternatif bir indis olarak kullanılmaktadır (Pyrce, 2004). Bu çalışmada 7Q metotlarından sadece 7Q10 metodu kullanılmıştır.

2.1.1.4. Debi Süreklilik Eğrisi

Debi süreklilik eğrisi düşük akımdan taşkın durumuna nehir debilerini en iyi olarak gösteren metotlardandır. Ortalama debiyi kullanarak herhangi bir debinin aşılma periyodunun günlük, aylık ve yıllık olarak toplam frekans dağılımına debi süreklilik çizgisi denir. Örneğin Q60 ölçüm yapılan zamanın %60'ında aşılması beklenen debi olarak adlandırılır. Smakthin 2001 yılında debi süreklilik çizgisinin tasarım amaçlı düşük akım aralığının %70-%99 ya da Q70-Q99 arası olduğunu belirtmiştir. Q95 ve Q90 akımları 7Q düşük akım indisinde olduğu gibi çeşitli amaçlarla kullanılmaktadır. Örneğin 7Q10 akımında olduğu gibi Q95 akımı da biyolojik indis olarak, su çıkarma lisanslamasında ve atık su debi limitlerinde biyolojik indis olarak kullanılmıştır (Pyrce, 2004).

Debi süreklilik eğrisinin daha iyi anlaşılması için aşağıdaki tabloda verilen 10 günlük değerler incelenebilir (URL-4, 2014).

Tablo 2.2. Debi süreklilik eğrisi için örnek değerler (URL-4, 2014).

TARİH	DEBİ (m ³ /s)
1 NİSAN	0,25
2 NİSAN	0,40
3 NİSAN	1,60
4 NİSAN	1,00
5 NİSAN	0,60
6 NİSAN	4,50
7 NİSAN	3,00
8 NİSAN	2,40
9 NİSAN	1,90
10 NİSAN	1,30

Debi süreklilik eğrisini oluşturmak için öncelikle yukarıdaki veriler büyükten küçüğe sıralanır.

Tablo 2.3. Debi süreklilik eğrisi için azalan sırlamada değerler (URL-4, 2014).

TARİH	DEBİ (m ³ /s)
6 NİSAN	4,50
7 NİSAN	3.00
8 NİSAN	2.40
9 NİSAN	1.90
3 NİSAN	1.60
10 NİSAN	1.30
4 NİSAN	1.00
5 NİSAN	0.60
2 NİSAN	0.40
1 NİSAN	0.25

Debi süreklilik eğrisini daha iyi anlaşılması için debi-zaman grafiği yerine debi-aşım yüzdesi grafiği kullanılabilir. Aşağıdaki tabloda aşılacak her bir debi değeri için karşılık gelen ölçüm yapılan zaman aralığının yüzdeleri verilmiştir.

Tablo 2.4. Debi değerleri için aşma olasılıkları (URL-4, 2014).

DEBİ	AŞMA OLASILIĞI
4,50	10
3.00	20
2.40	30
1.90	40
1.60	50
1.30	60
1.00	70
0.60	80
0.40	90
0.25	~100

Debi süreklilik eğrisi çizilirken $m/(n+1)$ formülü kullanılır. Formüldeki “m” sıraya dizilmiş debilerin sıra numarası, “n” ise veri sayısını göstermektedir.

Bu veriler ışığında debi-aşım yüzdesi grafiği veriler arasındaki değerler lineer çizgilerle birleştirilerek aşağıdaki grafik elde edilebilir.



Şekil 2.2. Debi süreklilik eğrisi (URL-4, 2014).

Sonuçlar kıyaslandığında grafik ile Tablo 2.4'teki değerlerin tam olarak karşılık gelmediğini görürüz. Örneğin Tablo 2.4'teki değerlere bakıldığında %60 aşılma değerine karşılık gelen debi $1.3 \text{ m}^3/\text{s}$ olarak görülse de bu değer, ölçüm yapılan zamanın %60'ındaki debi $1.3 \text{ m}^3/\text{s}$ anlamı taşımamaktadır. Ölçüm yapılan zamanın %60'ında meydana gelen $1.3 \text{ m}^3/\text{s}$ ve üzeri debileri ifade eder. Aynı şekilde Tablo 2.4'teki değerlere bakıldığında aşılma yüzdesi %20 olan debi değeri $3 \text{ m}^3/\text{s}$ olarak görülürken grafikte $3 \text{ m}^3/\text{s}$ ve üstü debi değerleri olarak görülmektedir (URL-4, 2014).

Yukarıdaki örnek sadece 10 günlük veri ile yapılmış olsa da gerçekte DSE yıllar boyu ölçülen verilerle oluşturulur.

2.2. Çalışmada Kullanılan Veriler ve Akım Gözlem İstasyonları

Doğu Karadeniz Havzası'nda coğrafik olarak birbirlerine yakın olan ve benzer iklimsel özellikler gösteren 5 adet AGİ verilerine dayanarak çalışma yapılmıştır. Çalışma yapılan AGİ'lerin bir tanesi Giresun, bir tanesi Trabzon ve diğer üçü ise Rize illerinde yer almaktadır. Elde edilen sonuçların kıyaslanması amacıyla 1996-2005 yıllarına ait günlük

ortalama akım değerlerine ait veriler kullanılmıştır. Çalışma yapılan akım gözlem istasyonları:

- 22-06 numaralı AGİ : Rize, Abuçağlayan Deresi
- 22-40 numaralı AGİ : Giresun, Harşit ayı
- 22-57 numaralı AGİ : Trabzon, gene Deresi
- 22-82 numaralı AGİ : Rize, Salarha Deresi
- 22-85 numaralı AGİ : Rize, şenz Deresi



3. BULGULAR

3.1. 22-06 Numaralı İstasyon (Abuçağlayan Deresi) İçin

Rize ili Fındıklı ilçesinde bulunan 22-06 nolu istasyon 41:15:51K 41:14:30D koordinatlarında yer almakta olup 60 m rakımda bulunmaktadır. Yağış alanı 156 km²'dir. Çalışma yapılan AGİ konumu Şekil 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.1. 22-06 nolu AGİ konumu (URL-1, 2016).

3.1.1. Orjinal Tennant Yöntemi

Orjinal Tennant yöntemine göre yapılan analizde TÜBİTAK MAM'ın ülkemiz için belirlediği yağışlı aylar olarak nitelendirilen Ekim-Mart dönemi için uzun yıllar ortalamasının %15'i, kurak aylar olarak nitelendirilen Nisan-Eylül dönemi için ise %20 alınmıştır. 1996-2005 yılları arasındaki aylık ortalama debiler Tablo 3.1'de, analiz sonuçları ise Tablo 3.2'de belirtilmiştir. Bulgular bölümündeki yağışlı dönem ayları bütün tablolarda yeşil renk ile belirtilmiştir.

Tablo 3.1. 22-06 nolu AGİ için aylık ortalama değerler (m³/s)

AYLAR	AYLIK ORTALAMA
EKİM	9,00
KASIM	8,27
ARALIK	5,73
OCAK	4,42
ŞUBAT	4,50
MART	5,84
NİSAN	11,79
MAYIS	15,03
HAZİRAN	14,97
TEMMUZ	8,65
AĞUSTOS	5,76
EYLÜL	7,82

Tablo 3.2. 22-06 nolu AGİ için orijinal Tennant yöntemine göre analiz sonucu

	EKİM-MART (%15)	NİSAN-EYLÜL (%20)
Çevresel Akış (m ³ /s)	0,94	2,36

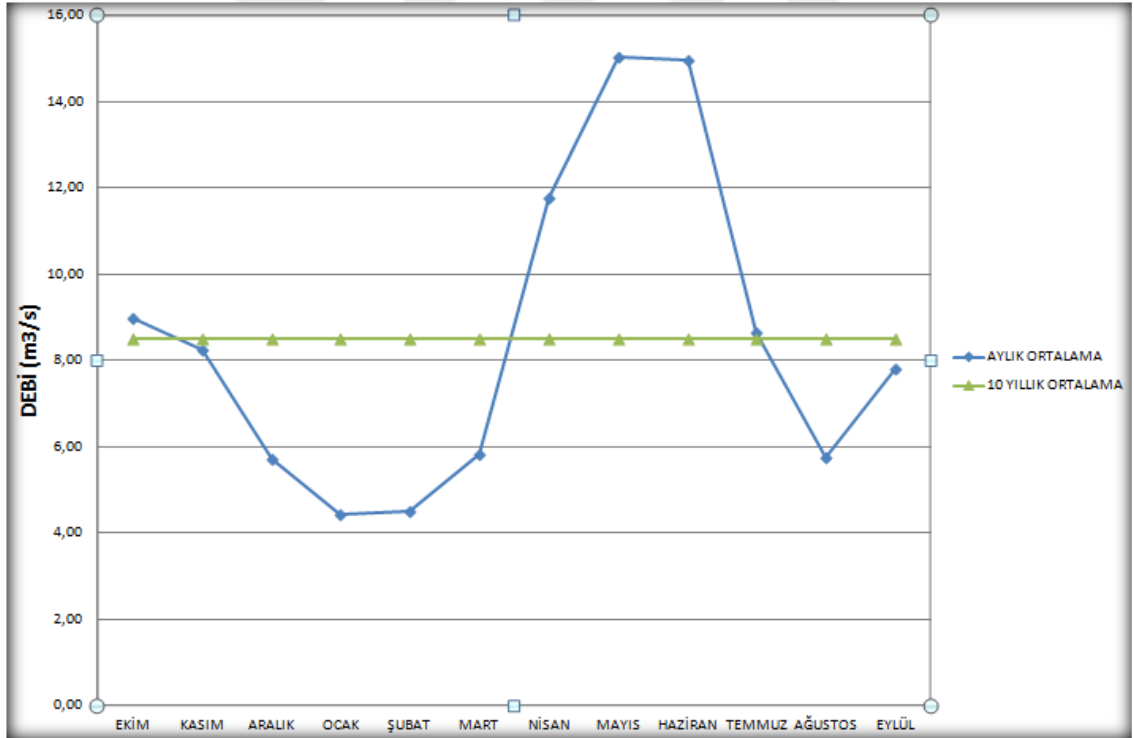
3.1.2. Modifiye Tennant Yöntemi

3.1.2.1. Ortalama Akıma Göre Tennant Yöntemi

22-06 numaralı istasyon verilerine ait ortalama akıma göre yapılan analizde 10 yılın aylık ortalama akım değerleri yine aynı yıllara ait yıllık ortalama ile aynı grafiğe aktarılmıştır. Yapılan analize göre 10 yıllık ortalama akım 8,49 m³/s olarak hesap edilmiş olup Şekil 3.2’de görüldüğü gibi ortalamaların altında ve üstünde kalan aylar grafikte gösterilmiştir. Aylık ortalamaların altında kalan ayların tüm yıllara ait ortalamasının %20’si, üzerinde kalan ayların ise %15’i çevresel akış olarak belirlenmiş ve çıkan sonuçlar Tablo 3.3’teki çizelgede gösterilmiştir.

Tablo 3.3. 22-06 nolu AGİ aylık ortalama ve yıllık ortalama akım değerleri (m³/s)

AYLAR	AYLIK ORTALAMA	10 YILLIK ORTALAMA
EKİM	9,00	8,49
KASIM	8,27	8,49
ARALIK	5,73	8,49
OCAK	4,42	8,49
ŞUBAT	4,50	8,49
MART	5,84	8,49
NİSAN	11,79	8,49
MAYIS	15,03	8,49
HAZİRAN	14,97	8,49
TEMMUZ	8,65	8,49
AĞUSTOS	5,76	8,49
EYLÜL	7,82	8,49



Şekil 3.2. 22-06 nolu istasyon için ortalama akıma göre belirlenen periyotlar

Tablo 3.4. 22-06 nolu AGİ ortalama akıma göre analiz sonucu

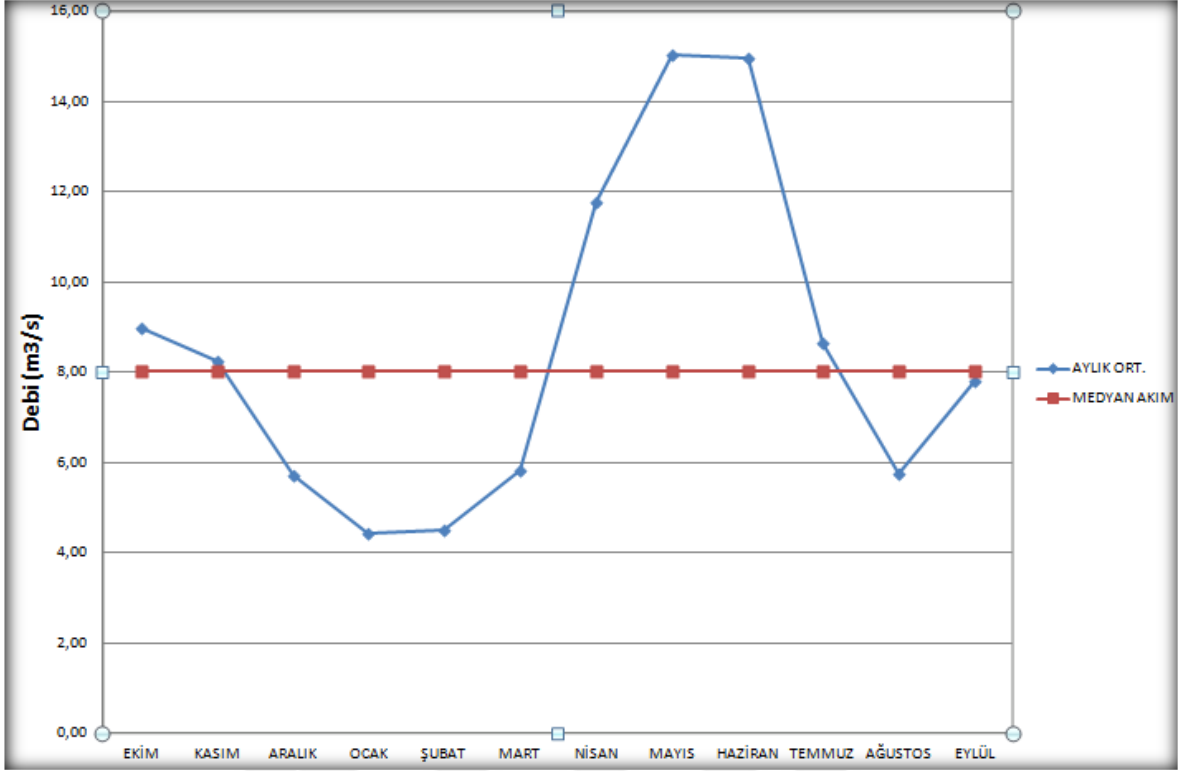
	YAĞIŞLI AYLAR (%15)	KURAK AYLAR (%20)
Çevresel Akış (m ³ /s)	1,78	1,21

3.1.2.2. Medyan Akıma Göre Tennant Yöntemi

Ortalama akıma göre yapılan analizde olduğu gibi uzun dönem aylık ortalamaların medyan değeri belirlenir ve aylık ortalamalarla aynı grafiğe dökülür. 22-06 numaralı istasyon verileri için Şekil 3.3'teki grafik belirlenmiş olup grafiğe bakıldığında Ekim, Kasım, Nisan, Mayıs, Haziran ve Temmuz aylarının yağışlı, diğer ayların ise kurak olduğu belirlenmiştir. Yağışlı ve kurak dönem olarak adlandırılan bu aylara ait bırakılması gereken çevresel akış değerleri Tablo 3.5'teki çizelgede belirtilmiştir.

Tablo 3.5. 22-06 nolu AGİ için aylık ortalama ve yıllık ortalama akım değerleri (m³/s)

AYLAR	AYLIK ORTALAMA	MEDYAN AKIM
EKİM	9,00	8,04
KASIM	8,27	8,04
ARALIK	5,73	8,04
OCAK	4,42	8,04
ŞUBAT	4,50	8,04
MART	5,84	8,04
NİSAN	11,79	8,04
MAYIS	15,03	8,04
HAZİRAN	14,97	8,04
TEMMUZ	8,65	8,04
AĞUSTOS	5,76	8,04
EYLÜL	7,82	8,04



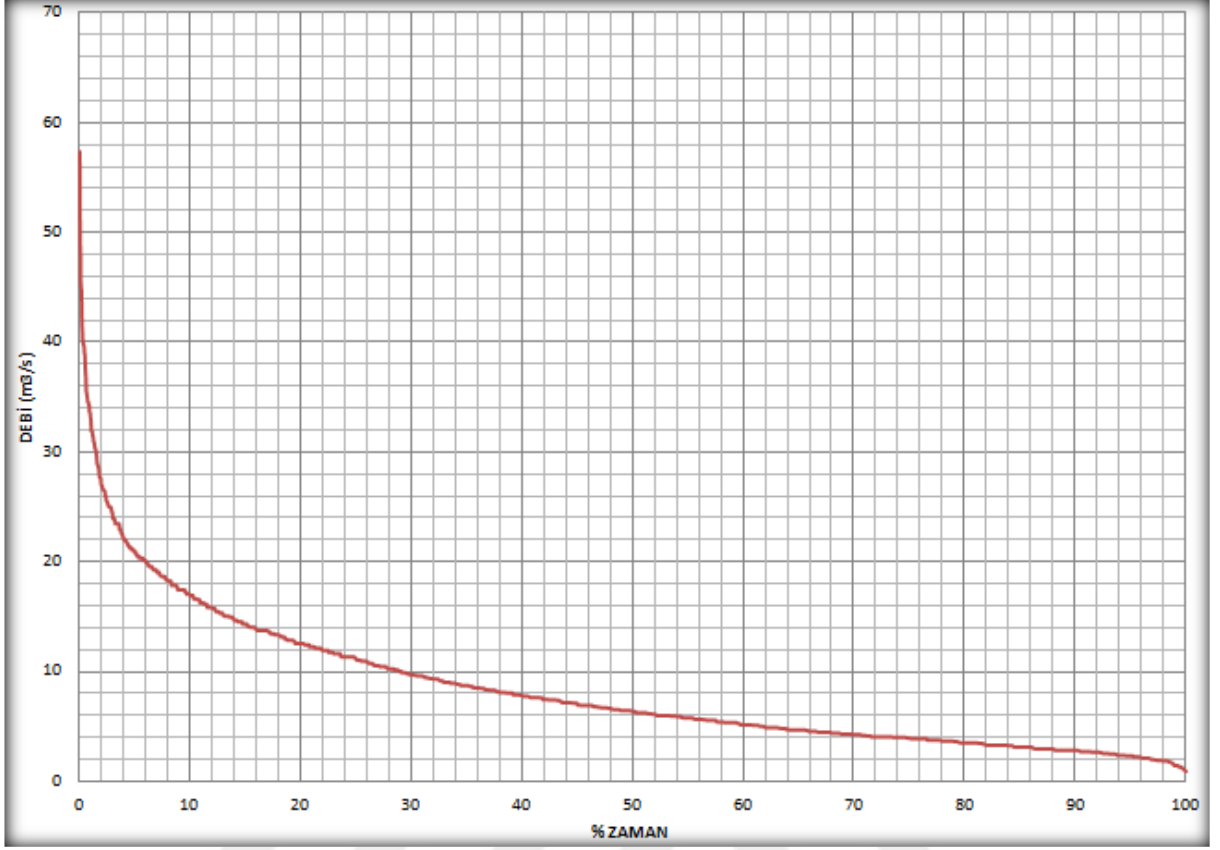
Şekil 3.3. 22-06 nolu AGİ için medyan akıma göre belirlenen periyotlar

Tablo 3.6. 22-06 nolu AGİ için medyan akıma göre yapılan analiz sonucu

	YAĞIŞLI DÖNEM (%15)	KURAK DÖNEM (%20)
Çevresel Akış (m ³ /s)	1,69	1,14

3.1.3. Q70 ve Q95 Yöntemleri

Uzun dönem veri setindeki tüm günlerin akım ortalaması kullanılarak oluşturulan debi süreklilik eğrisi Şekil 3.4'te verilmiştir. Bu metoda göre yapılan hesaplamada ilgili grafikten de görüleceği üzere zamanın %70'inde meydana gelmesi beklenen akış 4,30 m³/s olup %95'inde meydana gelmesi beklenen akım ise 2,38 m³/s'dir. Kullanılan bütün yöntemlerin kıyaslandığı Şekil 3.5'teki grafiğe bakıldığında Q70 yönteminin diğer yöntemlerden daha yüksek sonuçlar verdiği, Nisan, Mayıs ve Haziran aylarında minimum ortalama akım değerlerine en yakın sonucu verdiği ve diğer aylarda ise aylık minimum değerler ortalamasının üzerinde sonuçlar verdiği görülmektedir.



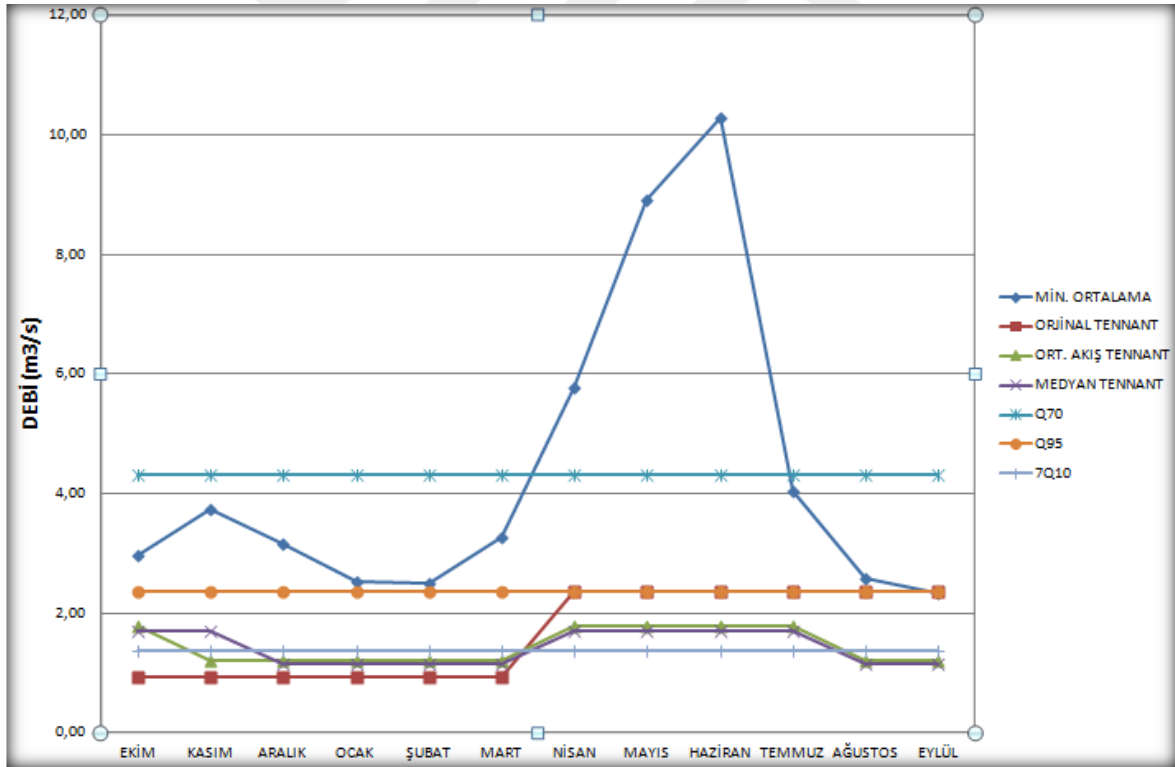
Şekil 3.4. 22-06 nolu istasyon verilerine ait debi süreklilik eğrisi

3.1.4. 7Q10 Yöntemi

22-06 nolu istasyon ölçümlerinin günlük değerleri tarih sıralarına göre alt alta dizilir ve ardışık 7 günlük değerlerin aritmetik ortalamaları alınarak içerisindeki en düşük akım değerleri belirlenir. Yıllık bazda bu akım değerlerine ait en düşük akımların değerleri Tablo 3.7'deki çizelgede standart sapma ve çarpıklık katsayıları ile beraber verilmiştir. Çalışmanın yapıldığı akarsuda 7Q10 yöntemi ile hesaplanmış olan minimum akış değeri $1,36 \text{ m}^3/\text{s}$ 'dir. Bu miktar aylık ortalama minimum değerlerin çok altında kalmaktadır.

Tablo 3.7. 22-06 nolu AGİ için 7Q10 yöntemine göre analiz sonucu

Yıl	Min. Akım	Ln min. Akım		
1996	2,06	0,723	Ln min ort.	0,6321985
1997	1,21	0,188	Stand. Sap.	0,24106063
1998	1,90	0,640	Çarpıklık	-0,9681024
1999	2,38	0,866	Z	-1,2811262
2000	2,44	0,893	K	-1,3342773
2001	1,86	0,619	7Q10	0,31055678
2002	1,91	0,646		
2003	1,29	0,256	Ln'den Kurtarılmış Değer	1,364
2004	2,37	0,862		
2005	1,88	0,630		



Şekil 3.5. 22-06 nolu AGİ için aylık en düşük akımlar ortalaması ve seçili hidrolojik yöntemlere göre çevresel akış miktarları

3.2. 22-40 Numaralı İstasyon (Harşit Çayı)

Giresun ili Tirebolu ilçesinde bulunan 22-40 nolu istasyon 40:51:0K 38:52:30D koordinatlarında yer almakta olup 120 m rakımda bulunmaktadır. Yağış alanı 3182,8 km²'dir. AGİ'nin harita üzerindeki konumu Şekil 3.6'da gösterilmiş olup istasyon 2012 yılında kapatılmıştır (URL-1, 2016).



Şekil 3.6. 22-40 nolu AGİ konumu (URL-1, 2016).

3.2.1. Orjinal Tennant Yöntemi

Orjinal Tennant yöntemine göre yapılan analizde TÜBİTAK MAM'ın ülkemiz için belirlediği yağışlı aylar olarak nitelendirilen Ekim-Mart dönemi için uzun yıllar ortalamasının %15'i, kurak aylar olarak nitelendirilen Nisan-Eylül dönemi için ise %20 alınmıştır. 1996-2005 yılları arasındaki aylık ortalama debi değerleri Tablo 3.9'da, analizin sonuçları Tablo 3.10'daki çizelgede belirtilmiştir.

Tablo 3.9. 22-40 nolu AGİ için aylık ortalama değerler

AYLAR	AYLIK ORTALAMA(m ³ /s)
EKİM	17,46
KASIM	20,51
ARALIK	18,09
OCAK	12,97
ŞUBAT	18,34
MART	45,62
NİSAN	120,17
MAYIS	92,27
HAZİRAN	46,39
TEMMUZ	14,21
AĞUSTOS	7,67
EYLÜL	8,17

Tablo 3.10. 22-40 nolu AGİ için orjinal Tennant yöntemine göre analiz sonucu

	EKİM-MART (%15)	NİSAN-EYLÜL (%20)
Çevresel Akış (m ³ /s)	3,32	9,95

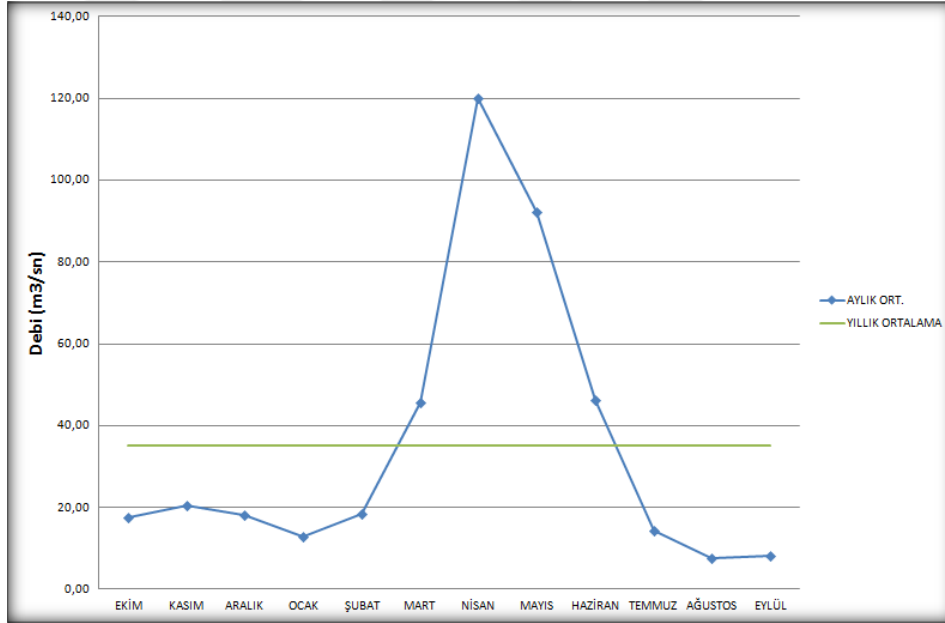
3.2.2. Modifiye Tennant Yöntemi

3.2.2.1. Ortalama Akıma Göre Tennant Yöntemi

22-40 numaralı istasyon verilerine dayanarak yapılan analizde (Tablo 3.11) aylık ortalama akımlar uzun dönem yıllık ortalama akım ile kıyaslandığında Mart-Haziran ayları yağışlı dönem ayları olarak belirlenmiştir. Orjinal Tennant yönteminin kurak aylar olarak belirlediği Nisan-Eylül aylarının aksine ortalama akıma göre yapılan Tennant analizinde bu dönem yağışlı dönem olarak karşımıza çıkmaktadır. Diğer aylar ise ortalama akımın altında kaldığı için kurak aylar olarak belirlenmiştir. Ortalama akıma göre yapılan Tennant metoduna göre tablo 3.12'deki çizelgede belirtilen sonuçlara ulaşılmıştır.

Tablo 3.11. 22-40 nolu AGİ aylık ortalama ve yıllık ortalama akım değerleri (m³/s)

AYLAR	AYLIK ORTALAMA	10 YILLIK ORTALAMA
EKİM	17,46	35,16
KASIM	20,51	35,16
ARALIK	18,09	35,16
OCAK	12,97	35,16
ŞUBAT	18,34	35,16
MART	45,62	35,16
NİSAN	120,17	35,16
MAYIS	92,27	35,16
HAZİRAN	46,39	35,16
TEMMUZ	14,21	35,16
AĞUSTOS	7,67	35,16
EYLÜL	8,17	35,16



Şekil 3.7. 22-40 nolu istasyon için ortalama akıma göre belirlenen periyotlar

Tablo 3.12. 22-40 nolu AGİ için ortalama akıma göre analiz sonucu

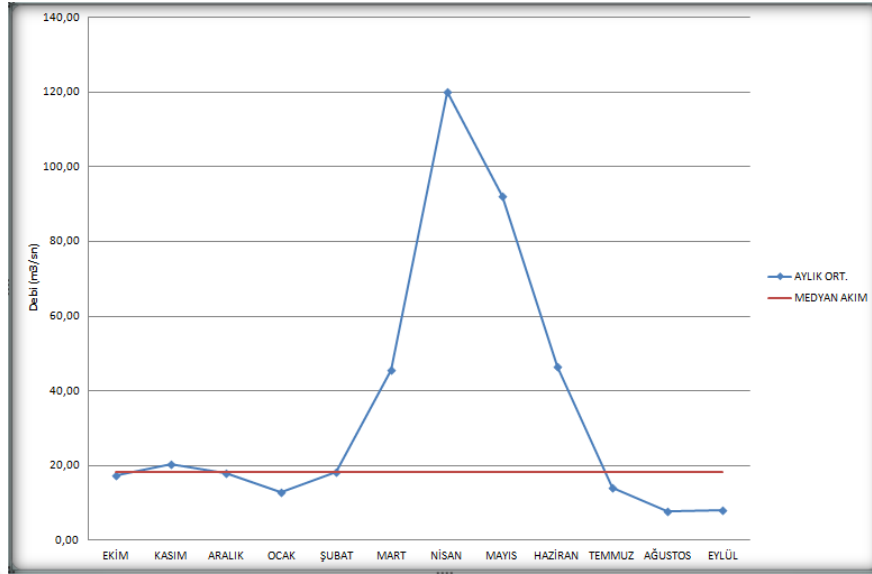
	MART-HAZİRAN (%15)	DİĞER AYLAR (%20)
Çevresel Akış (m ³ /s)	11,42	2,94

3.2.2.2. Medyan Akıma Göre Tennant Yöntemi

Ortalama akıma göre yapılan analizde olduğu gibi uzun dönem aylık ortalamaların medyan değeri belirlenir ve aylık ortalamalarla aynı grafiğe dökülür. 22-40 numaralı istasyon verileri için Şekil 3.8'deki grafik belirlenmiş olup grafiğe bakıldığında Kasım, Şubat, Mart, Nisan, Mayıs ve Haziran aylarının yağışlı, diğer ayların ise kurak olduğu belirlenmiştir. Yağışlı ve kurak dönem olarak adlandırılan bu aylara ait bırakılması gereken can suyu değerleri Şekil 3.14'teki çizelgede belirtilmiştir.

Tablo 3.13. 22-40 nolu AGİ aylık ortalama ve medyan akım değerleri (m³/s)

AYLAR	AYLIK ORTALAMA	MEDYAN AKIM
EKİM	17,46	18,22
KASIM	20,51	18,22
ARALIK	18,09	18,22
OCAK	12,97	18,22
ŞUBAT	18,34	18,22
MART	45,62	18,22
NİSAN	120,17	18,22
MAYIS	92,27	18,22
HAZİRAN	46,39	18,22
TEMMUZ	14,21	18,22
AĞUSTOS	7,67	18,22
EYLÜL	8,17	18,22



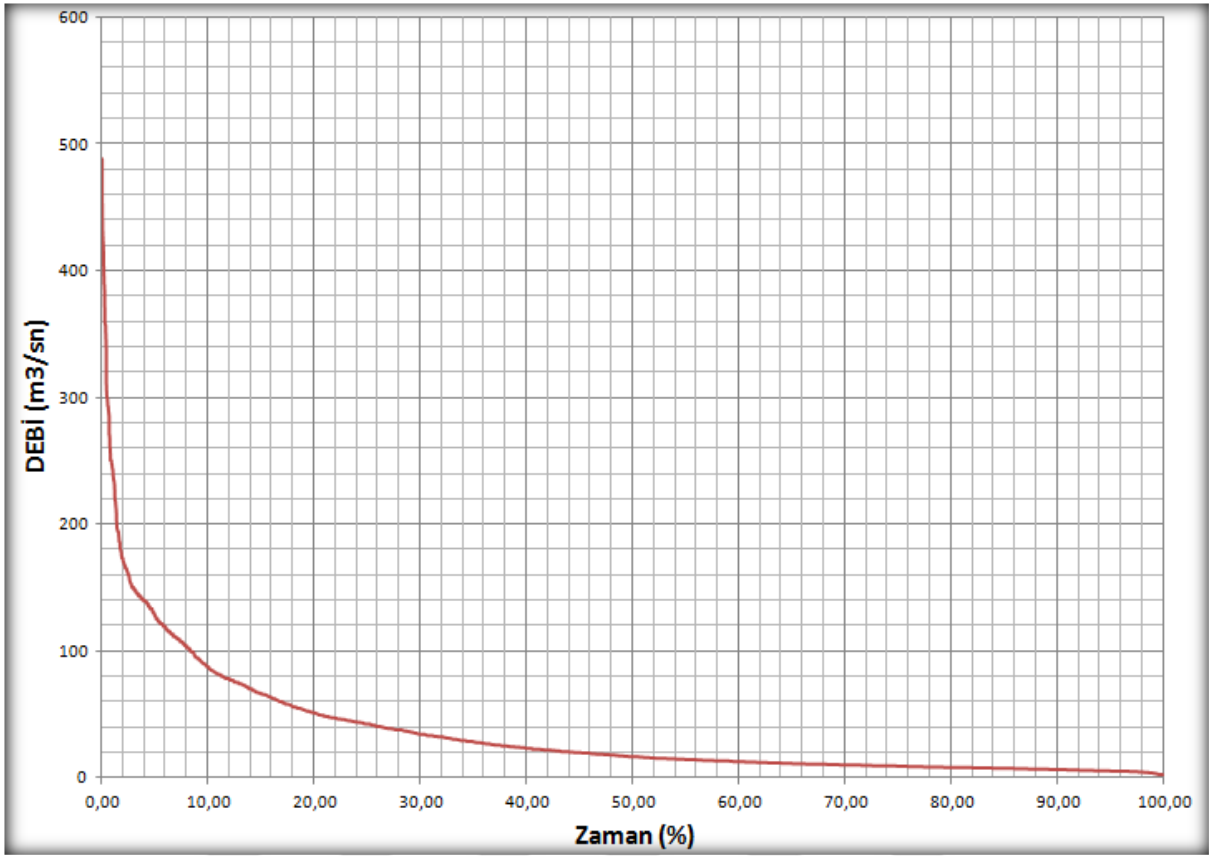
Şekil 3.8. 22-40 nolu istasyon için medyan akıma göre belirlenen periyotlar

Tablo 3.14. 22-40 nolu AGİ medyan akıma göre analiz sonucu

	YAĞIŞLI AYLAR (%15)	KURAK AYLAR (%20)
Çevresel Akış (m ³ /s)	8,62	2,62

3.2.3. Q70 ve Q95 Yöntemleri

Uzun dönem veri setindeki tüm günlerin akım ortalaması kullanılarak oluşturulan debi süreklilik eğrisi Şekil 3.9'da verilmiştir. Bu metoda göre yapılan hesaplamada ilgili grafikten de görüleceği üzere zamanın %70'inde meydana gelmesi beklenen akış 9,71 m³/s olup %95'inde meydana gelmesi beklenen akım ise 5,05 m³/s'dir. Kullanılan bütün yöntemlerin kıyaslandığı Şekil 3.10'daki grafiğe bakıldığında Q70 yönteminin yağışlı dönem içerisinde diğer yöntemlere göre aylık minimum değerler ortalamasına en yakın sonucu verdiği görülmektedir.



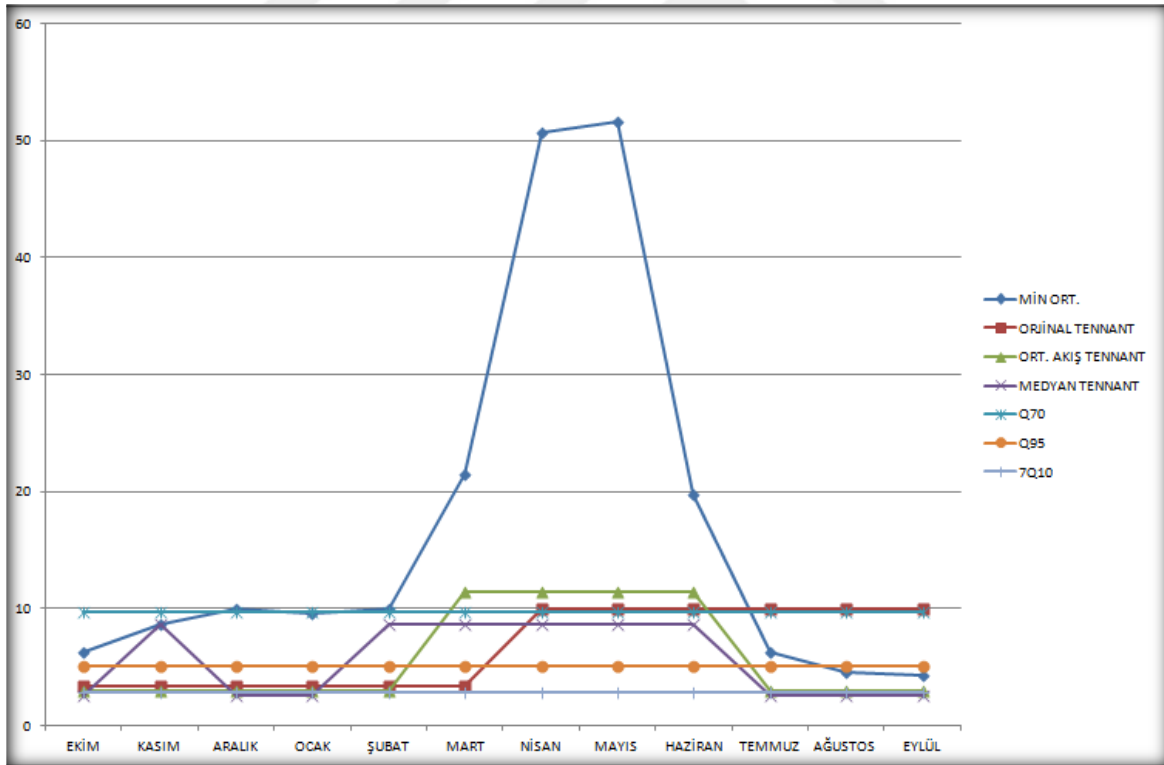
Şekil 3.9. 22-40 nolu istasyona ait debi süreklilik eğrisi

3.2.4. 7Q10 Yöntemi

22-40 nolu istasyon ölçümlerinin günlük değerleri tarih sıralarına göre alt alta dizilir ve ardışık 7 günlük değerlerin aritmetik ortalamaları alınarak içerisindeki en düşük akım değerleri belirlenir. Yıllık bazda bu akım değerlerine ait en düşük akımların değerleri Tablo 3.15'teki çizelgede standart sapma ve çarpıklık katsayıları ile beraber verilmiştir. Çalışmanın yapıldığı akarsuda 7Q10 yöntemi ile hesaplanmış olan minimum akış değeri $2,91 \text{ m}^3/\text{s}$ 'dir. Bu miktar aylık ortalama minimum değerlerin çok altında kalmaktadır.

Tablo 3.15. 24-40 nolu AGİ 7Q10 yöntemine göre analiz sonucu

Yıl	Min. Akım	Ln min. Akım		
1996	5,427	1,691	Ln min ort.	1,4493366
1997	4,869	1,583	Stand. Sap.	0,2909116
1998	3,560	1,270	Çarpıklık	-1,571503
1999	4,906	1,590	Z	-1,281126
2000	4,474	1,498	K	-1,315495
2001	3,440	1,235	7Q10	1,0666438
2002	4,500	1,504		
2003	4,907	1,591	Ln'den	
2004	5,826	1,762	Kurtarılmış	2,91 m ³ /s
2005	2,156	0,768	Değer	



Şekil 3.10. 22-40 nolu AGİ Aylık en düşük akımlar ortalaması ve seçili hidrolojik yöntemlere göre can suyu miktarları

3.3. 22-57 Numaralı İstasyon (Ögene Deresi)

Trabzon ili Çaykara ilçesinde bulunan 22-57 nolu istasyon 40:40:15K 40:12:45D koordinatlarında yer almakta olup 650 m rakımda bulunmaktadır. Yağış alanı 242,6 km²'dir. AGİ'nin harita üzerindeki konumu Şekil 3.11'de verilmiş olup istasyon 2010 yılında kapatılmıştır (URL-1, 2016).



Şekil 3.11. 22-57 nolu akım gözlem istasyonunun konumu (URL-1, 2016).

3.3.1. Orjinal Tennant Yöntemi

Orjinal Tennant yöntemine göre yapılan analizde TÜBİTAK MAM'ın ülkemiz için belirlediği yağışlı aylar olarak nitelendirilen Ekim-Mart dönemi için uzun yıllar ortalamasının %15'i, kurak aylar olarak nitelendirilen Nisan-Eylül dönemi için ise %20 alınmıştır. Analizin sonuçları Tablo 3.18'deki çizelgede belirtilmiştir.

Tablo 3.17. 22-57 nolu AGİ için aylık ortalama değerler

AYLAR	AYLIK ORTALAMA (m ³ /s)
EKİM	3,20
KASIM	4,42
ARALIK	2,71
OCAK	1,61
ŞUBAT	1,77
MART	4,52
NİSAN	14,76
MAYIS	17,56
HAZİRAN	10,42
TEMMUZ	3,92
AĞUSTOS	2,03
EYLÜL	1,79

Tablo 3.18. 22-57 nolu AGİ orjinal Tennant yöntemine göre analiz sonucu

	EKİM-MART (%15)	NİSAN-EYLÜL (%20)
Çevresel Akış (m ³ /s)	0,46	1,76

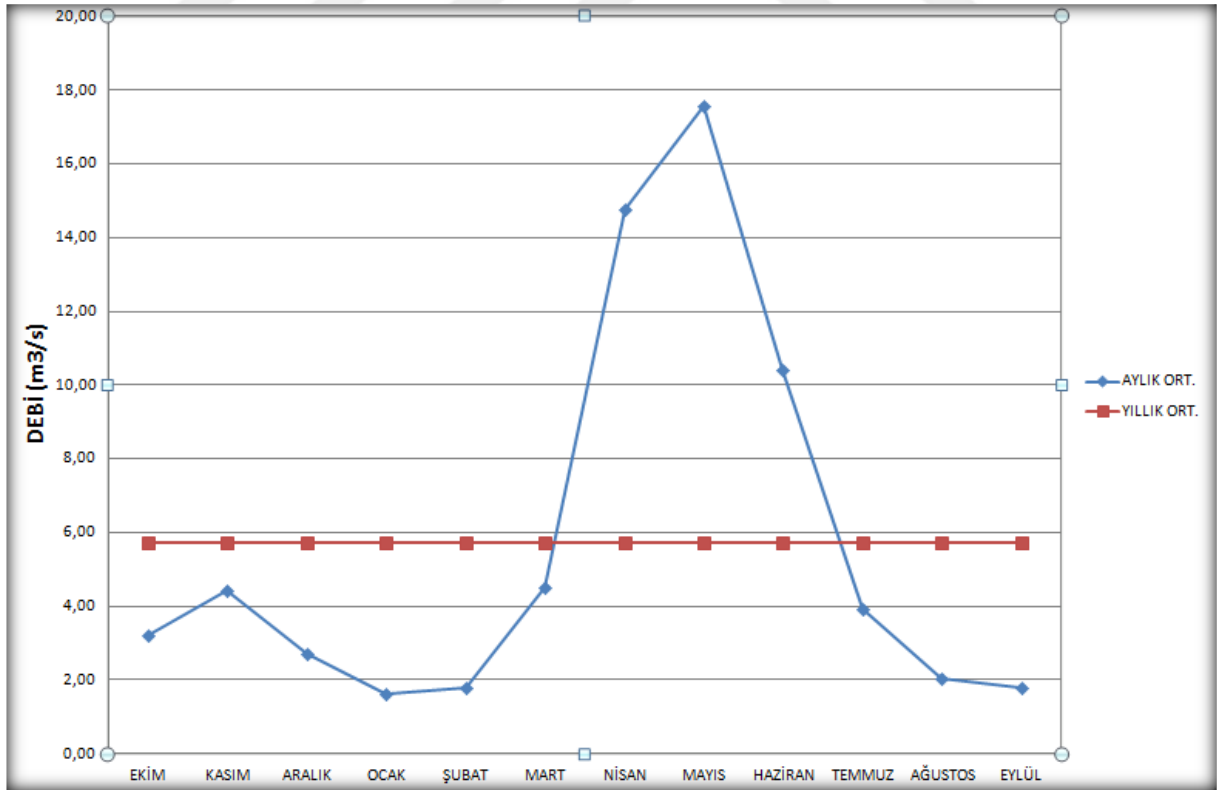
3.3.2. Modifiye Tennant Yöntemi

3.3.2.1. Ortalama Akıma Göre Tennant Yöntemi

22-57 numaralı istasyon verilerine dayanarak yapılan analizde (Tablo 3.19) aylık ortalama akımlar uzun dönem yıllık ortalama akım ile kıyaslandığında Nisan, Mayıs ve Haziran ayları yağışlı dönem olarak belirlenmiştir. Diğer aylar ise ortalama akımın altında kaldığı için kurak aylar olarak belirlenmiştir. Ortalama akıma göre yapılan Tennant metoduna göre Tablo 3.20' deki çizelgede belirtilen sonuçlara ulaşılmıştır.

Tablo 3.19. 22-57 nolu AGİ aylık ortalama ve yıllık ortalama akım değerleri (m³/sn)

AYLAR	AYLIK ORTALAMA	10 YILLIK ORTALAMA
EKİM	3,20	5,73
KASIM	4,42	5,73
ARALIK	2,71	5,73
OCAK	1,61	5,73
ŞUBAT	1,77	5,73
MART	4,52	5,73
NİSAN	14,76	5,73
MAYIS	17,56	5,73
HAZİRAN	10,42	5,73
TEMMUZ	3,92	5,73
AĞUSTOS	2,03	5,73
EYLÜL	1,79	5,73



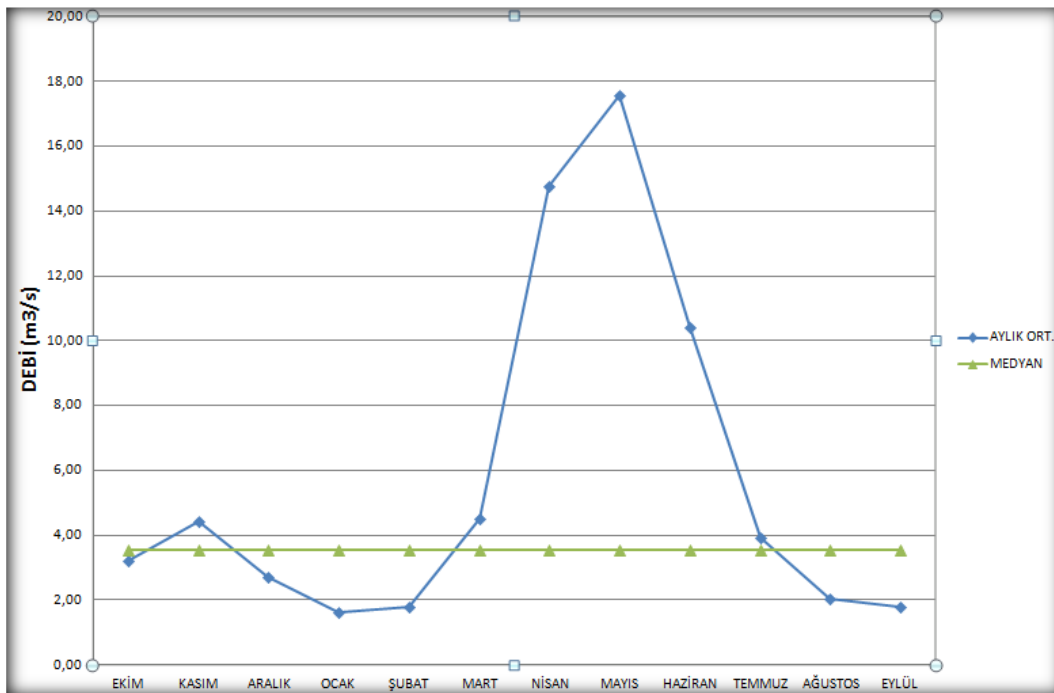
Şekil 3.12. 22-57 nolu istasyon için ortalama akıma göre belirlenen periyotlar

Tablo 3.20. 22-57 nolu AGİ ortalama akıma göre yapılan analiz sonucu

	YAĞIŞLI DÖNEM (%15)	KURAK DÖNEM (%20)
Çevresel Akış (m ³ /s)	2,14	0,58

3.3.2.2. Medyan Akıma Göre Tennant Yöntemi

Ortalama akıma göre yapılan analizde olduğu gibi uzun dönem aylık ortalamaların medyan değeri belirlenir ve aylık ortalamalarla aynı grafiğe dökülür. 22-57 numaralı istasyon verileri için Şekil 3.13'teki grafik belirlenmiş olup grafiğe bakıldığında Kasım, Mart, Nisan, Mayıs, Haziran ve Temmuz aylarının yağışlı, diğer ayların ise kurak olduğu belirlenmiştir. Yağışlı ve kurak dönem olarak adlandırılan bu aylara ait bırakılması gereken çevresel akış değerleri Tablo 3.22'deki çizelgede belirtilmiştir. Çıkan sonuçlar değerlendirildiğinde ortalama ve medyan akımlara göre hesap edilen yağışlı ve kurak dönemlere ait değerlerin birbirine yakın olduğu görülmüştür. Sadece yağışlı ve kurak dönem ayları birbirinden kısmen farklılık göstermiştir.



Şekil 3.13. 22-57 nolu istasyon için medyan akıma göre belirlenen periyotlar

Tablo 3.21. 22-57 nolu AGİ aylık ortalama ve yıllık ortalama akım değerleri (m³/sn)

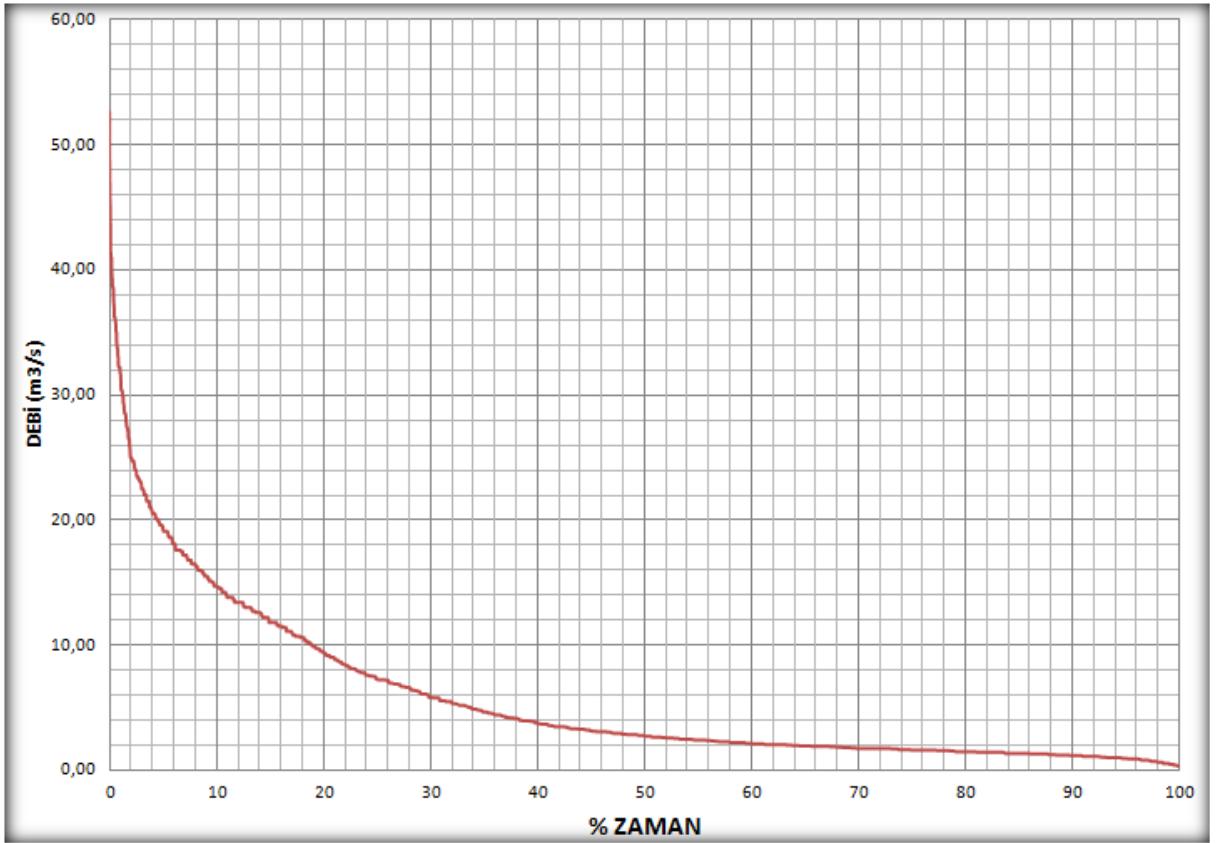
AYLAR	AYLIK ORTALAMA	MEDYAN AKIM
EKİM	3,20	3,56
KASIM	4,42	3,56
ARALIK	2,71	3,56
OCAK	1,61	3,56
ŞUBAT	1,77	3,56
MART	4,52	3,56
NİSAN	14,76	3,56
MAYIS	17,56	3,56
HAZİRAN	10,42	3,56
TEMMUZ	3,92	3,56
AĞUSTOS	2,03	3,56
EYLÜL	1,79	3,56

Tablo 3.22. 22-57 nolu AGİ medyan akıma göre analiz sonucu

	YAĞIŞLI DÖNEM (%15)	KURAK DÖNEM (%20)
Çevresel Akış (m ³ /s)	1,39	0,44

3.3.3. Q70 ve Q95 Yöntemleri

Uzun dönem veri setindeki tüm günlerin akım ortalaması kullanılarak oluşturulan debi süreklilik eğrisi Şekil 3.14'te verilmiştir. Bu metoda göre yapılan hesaplamada ilgili grafikten de görüleceği üzere zamanın %70'inde meydana gelmesi beklenen akış 1,76 m³/s olup %95'inde meydana gelmesi beklenen akım ise 0,93 m³/s'dir. Kullanılan bütün yöntemlerin kıyaslandığı Şekil 3.15'teki grafiğe bakıldığında Q70 yönteminin yağışlı dönem içerisinde kalan Nisan, Mayıs ve Haziran ayları dışındaki yılın tüm aylarında minimum akımlara en yakın sonucu verdiği görülmüştür. Nisan, mayıs ve haziran ayları için ise en yakın sonucu ortalama akıma göre yapılan Tennant analizi vermiştir.



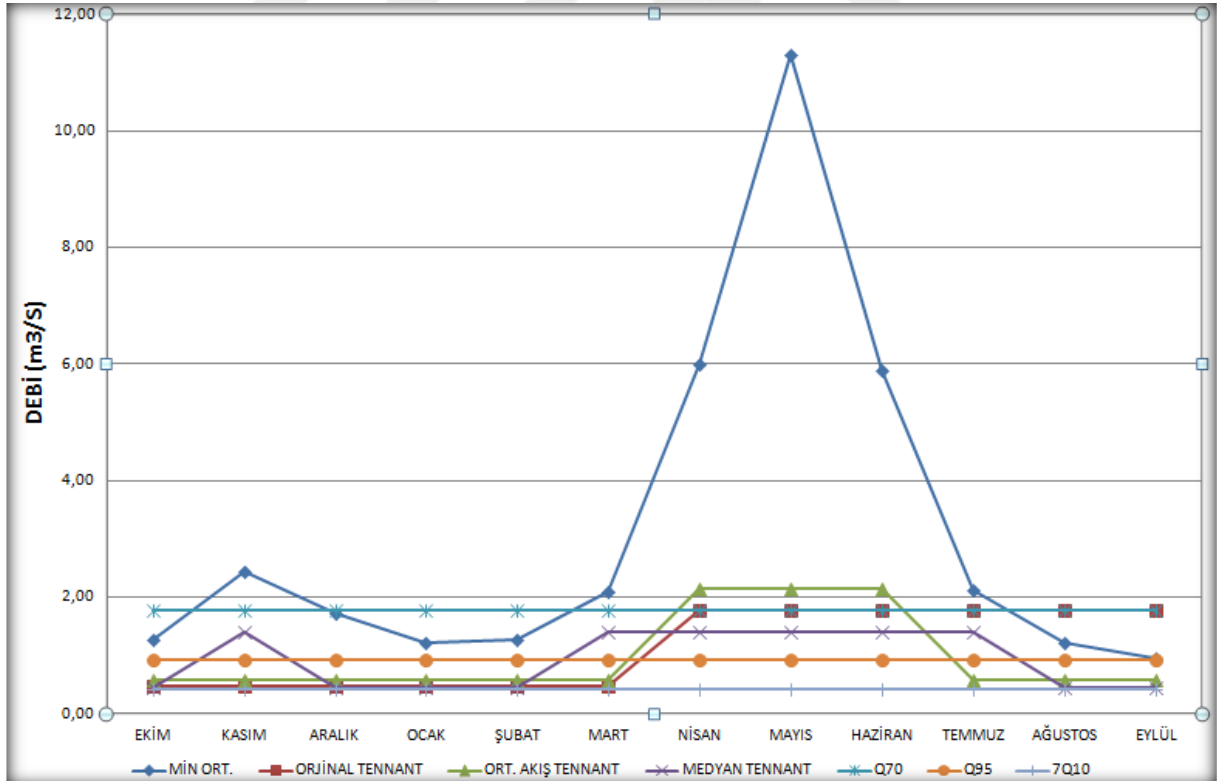
Şekil 3.14. 22-57 Nolu istasyona ait debi süreklilik eğrisi

3.3.4. 7Q10 Yöntemi

22-57 nolu istasyon ölçümlerinin günlük değerleri tarih sıralarına göre alt alta dizilir ve ardışık 7 günlük değerlerin aritmetik ortalamaları alınarak içerisindeki en düşük akım değerleri belirlenir. Yıllık bazda bu akım değerlerine ait en düşük akımların değerleri şekil 3.23'teki çizelgede standart sapma ve çarpıklık katsayıları ile beraber verilmiştir. Çalışmanın yapıldığı akarsuda 7Q10 yöntemi ile hesaplanmış olan minimum akış değeri $0,41 \text{ m}^3/\text{s}$ 'dir. Bu miktar aylık ortalama minimum değerlerin çok altında kalmaktadır.

Tablo 3.23. 22-57 nolu AGİ 7Q10 yöntemine göre analiz sonucu

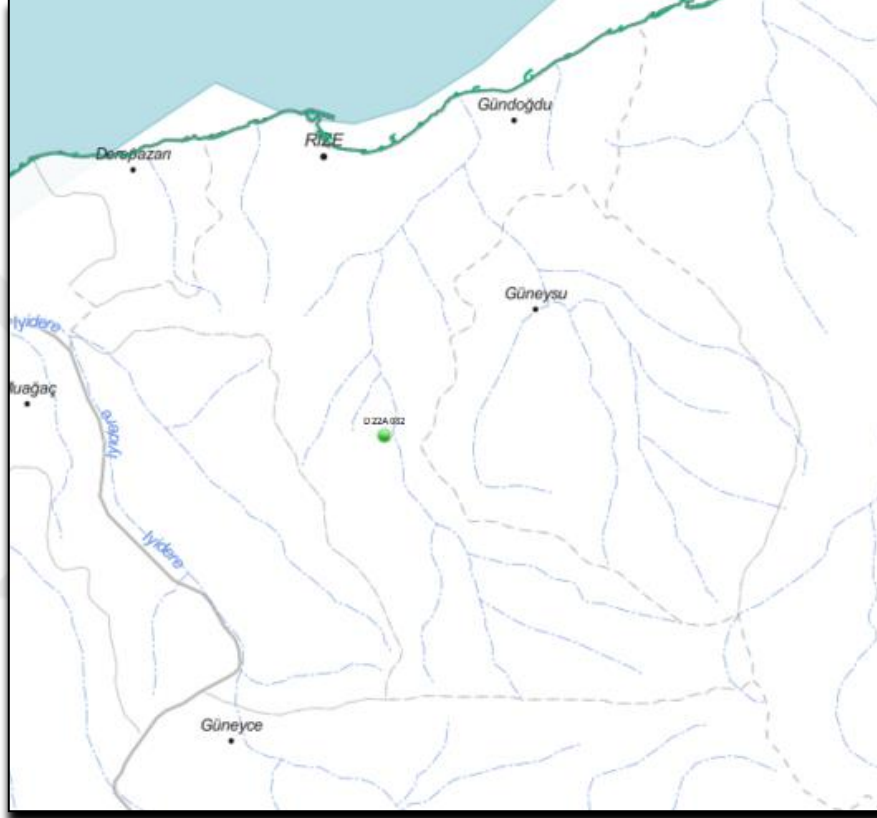
Yıl	Min. Akım	Ln Min. Akım		
1996	1,54	0,43	Ln min ort.	-0,29779213
1997	0,77	-0,26	Stand. Sap.	0,456948372
1998	1,13	0,12	Çarpıklık	-0,07850219
1999	1,09	0,08	Z	-1,28112615
2000	0,51	-0,67	K	-1,28919649
2001	0,43	-0,84	7Q10	-0,88688837
2002	0,36	-1,01		
2003	0,64	-0,45		
2004	0,74	-0,30	Ln'den Kurtarılmış Değer	0,411 m ³ /s
2005	0,92	-0,08		



Şekil 3.15. 22-57 nolu AGİ aylık en düşük akımlar ortalaması ve seçili hidrolojik yöntemlere göre can suyu miktarları

3.4. 22-82 Numaralı İstasyon (Salarha Deresi)

Rize Çayeli ilçesinde bulunan 22-82 nolu istasyon 40:55:40K 40:32:34D koordinatlarında yer almakta olup 290 m rakımda bulunmaktadır. Yağış alanı 83,32 km²'dir. AGİ'nin harita üzerindeki konumu Şekil 3.16'da görüldüğü gibidir.



Şekil 3.16. 22-82 nolu AGİ konumu (URL-1, 2016).

3.4.1. Orjinal Tennant Yöntemi

Orjinal Tennant yöntemine göre yapılan analizde TÜBİTAK MAM'ın ülkemiz için belirlediği yağışlı aylar olarak nitelendirilen Ekim-Mart dönemi için uzun yıllar ortalamasının %15'i, kurak aylar olarak nitelendirilen Nisan-Eylül dönemi için ise %20 alınmıştır. 1996-2005 yılları arasındaki yıllara ait aylık ortalama debi değerleri Tablo 3.25'te, analizin sonuçları Tablo 3.26'daki çizelgede belirtilmiştir.

Tablo 3.25. 22-82 nolu AGİ için aylık ortalama değerler

AYLAR	AYLIK ORTALAMA (m ³ /s)
EKİM	5,49
KASIM	5,38
ARALIK	4,54
OCAK	3,05
ŞUBAT	3,08
MART	4,08
NİSAN	7,33
MAYIS	5,03
HAZİRAN	4,84
TEMMUZ	3,52
AĞUSTOS	4,77
EYLÜL	4,66

Tablo 3.26. 22-82 nolu AGİ orjinal Tennant yöntemine göre yapılan analiz sonucu

	EKİM-MART (%15)	NİSAN-EYLÜL (%20)
Çevresel Akış (m ³ /s)	0,64	1,07

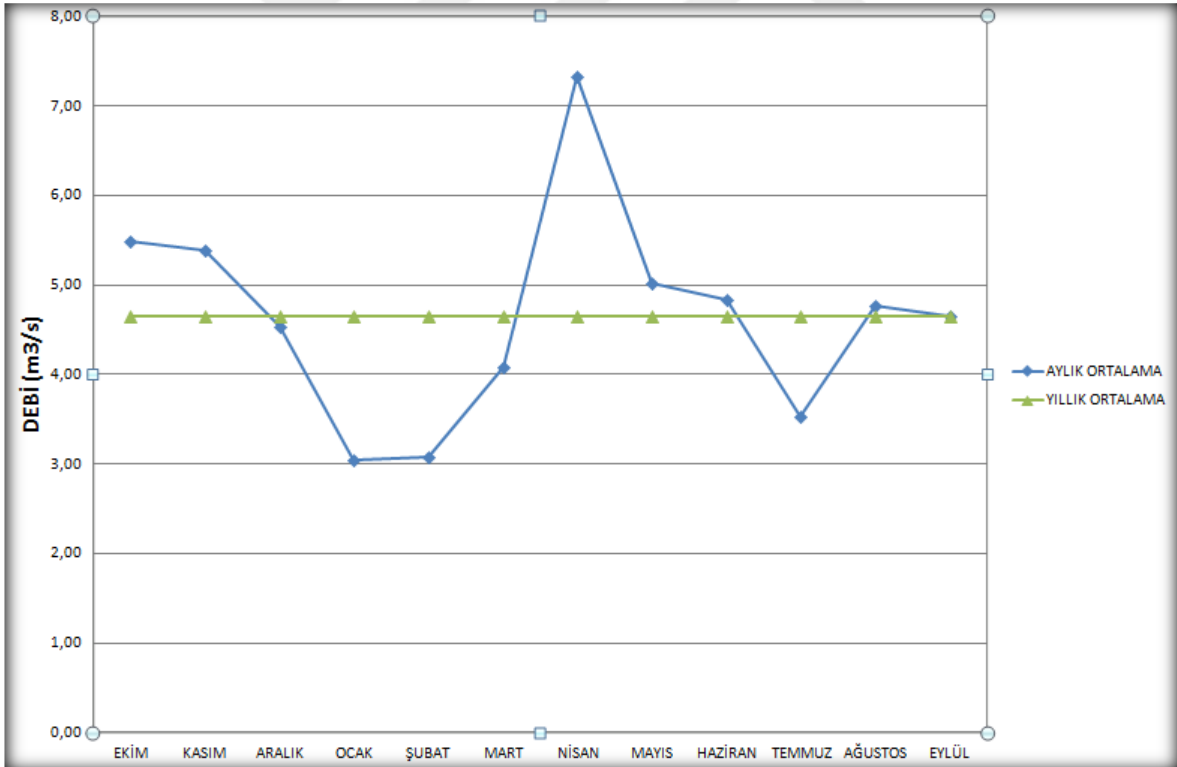
3.4.2. Modifiye Tennant Yöntemi

3.4.2.1. Ortalama Akıma Göre Tennant Yöntemi

22-82 numaralı istasyon verilerine dayanarak yapılan analizde (Tablo 3.27) aylık ortalama akımlar uzun dönem yıllık ortalama akım ile kıyaslandığında yılın 7 ayı yağışlı dönem kalan 5 ayı ise kurak dönem olarak belirlenmiştir. Ortalama akıma göre yapılan Tennant metoduna göre 3.28' de belirtilen sonuçlara ulaşılmıştır.

Tablo 3.27. 22-82 nolu AGİ aylık ortalama ve yıllık ortalama akım değerleri (m³/s)

AYLAR	AYLIK ORTALAMA	10 YILLIK ORTALAMA
EKİM	5,49	4,65
KASIM	5,38	4,65
ARALIK	4,54	4,65
OCAK	3,05	4,65
ŞUBAT	3,08	4,65
MART	4,08	4,65
NİSAN	7,33	4,65
MAYIS	5,03	4,65
HAZİRAN	4,84	4,65
TEMMUZ	3,52	4,65
AĞUSTOS	4,77	4,65
EYLÜL	4,66	4,65



Şekil 3.17. 22-82 nolu istasyon için ortalama akıma göre belirlenen periyotlar

Tablo 3.28. 22-82 nolu AGİ ortalama akıma göre analiz sonucu

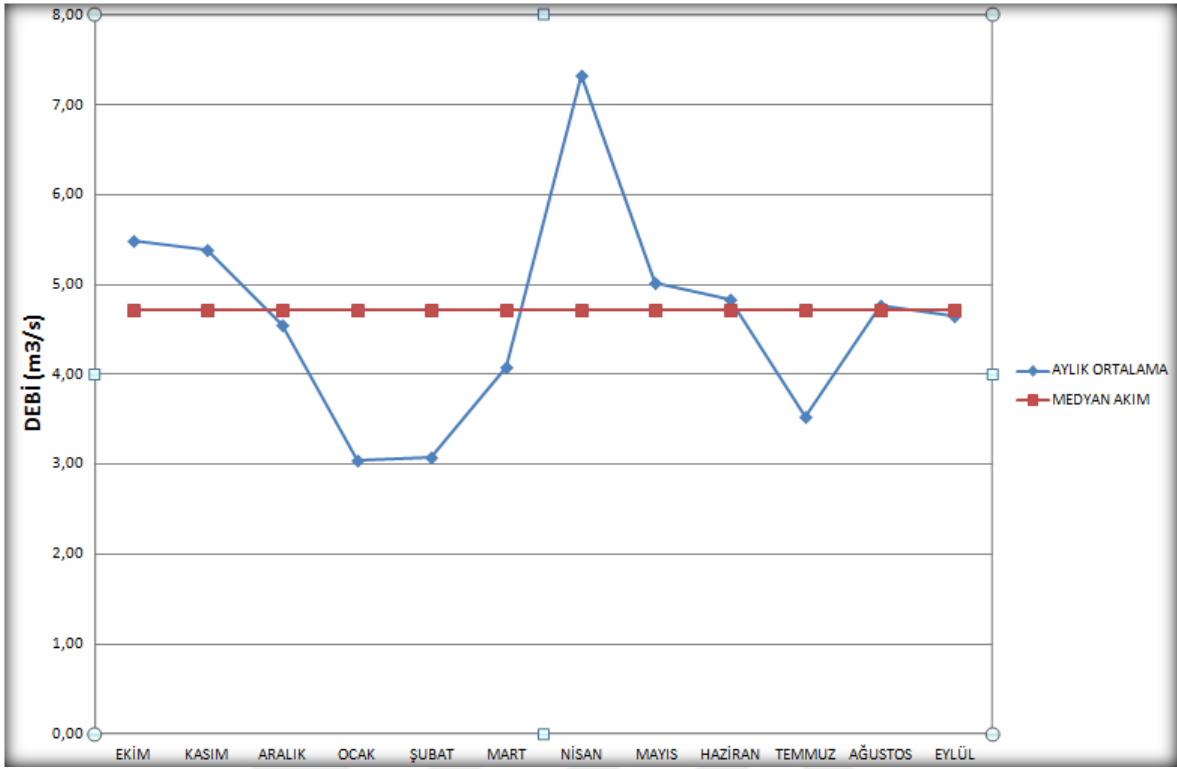
	YAĞIŞLI DÖNEM (%15)	KURAK DÖNEM (%20)
Çevresel Akış (m ³ /s)	0,80	0,73

3.4.2.2. Medyan Akıma Göre Tennant Yöntemi

Ortalama akıma göre yapılan analizde olduğu gibi uzun dönem aylık ortalamaların medyan değeri belirlenir ve aylık ortalamalarla aynı grafiğe dökülür. 22-82 numaralı istasyon verileri için Şekil 3.18'deki grafik belirlenmiş olup çıkan sonuçlar değerlendirildiğinde yılın 6 ayının yağışlı, diğer 6 ayın ise kurak olduğu belirlenmiştir. Yağışlı ve kurak dönem olarak adlandırılan bu aylara ait bırakılması gereken can suyu miktarları Tablo 3.30'da belirtilmiştir. Çıkan sonuçlar değerlendirildiğinde ortalama ve medyan akımlara göre hesap edilen yağışlı ve kurak dönemlere ait değerlerin birbirine yakın olduğu görülmüştür. Sadece yağışlı ve kurak dönem ayları birbirinden kısmen farklılık göstermiştir.

Tablo 3.29. 22-82 nolu AGİ aylık ortalama ve medyan akım değerleri (m³/s)

AYLAR	AYLIK ORTALAMA	MEDYAN AKIM
EKİM	5,49	4,72
KASIM	5,38	4,72
ARALIK	4,54	4,72
OCAK	3,05	4,72
ŞUBAT	3,08	4,72
MART	4,08	4,72
NİSAN	7,33	4,72
MAYIS	5,03	4,72
HAZİRAN	4,84	4,72
TEMMUZ	3,52	4,72
AĞUSTOS	4,77	4,72
EYLÜL	4,66	4,72



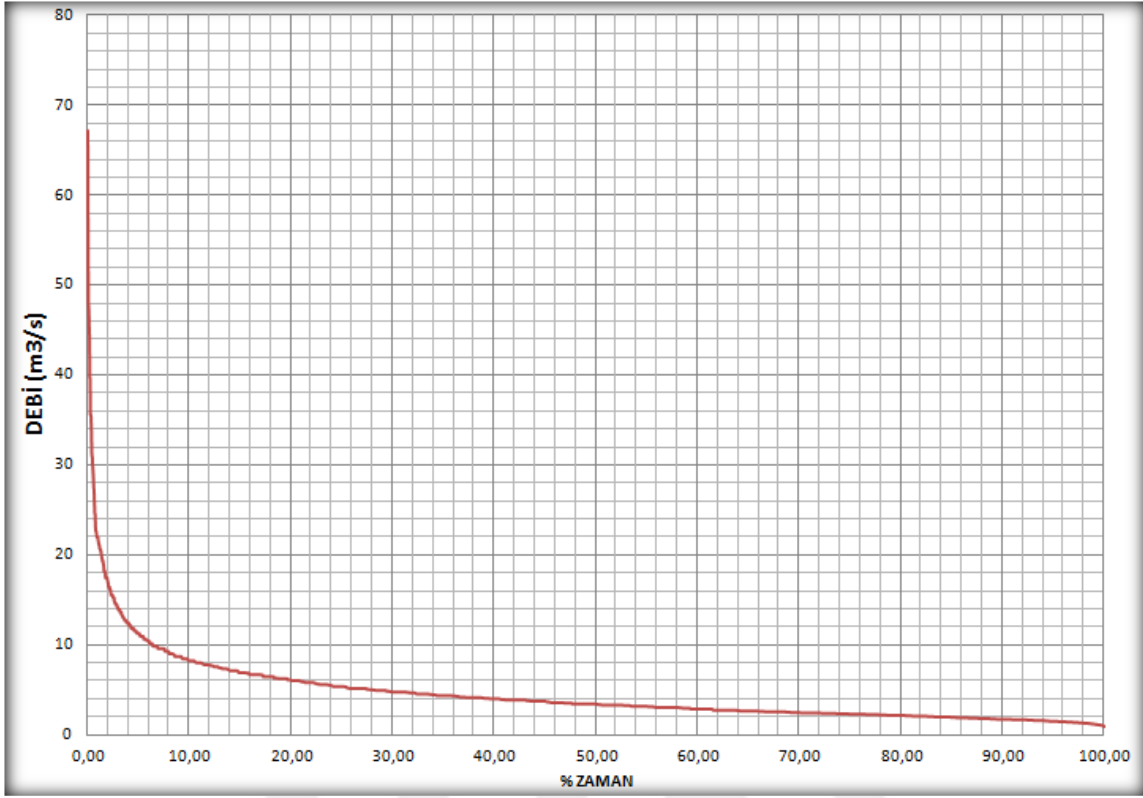
Şekil 3.18 22-82 nolu istasyon için medyan akıma göre belirlenen periyotlar

Tablo 3.30. 22-82 nolu AGİ medyan akıma göre analiz sonucu

	YAĞIŞLI DÖNEM (%15)	KURAK DÖNEM (%20)
Çevresel Akış (m ³ /s)	0,82	0,76

3.4.3. Q70 ve Q95 Yöntemleri

Uzun dönem veri setindeki tüm günlerin akım ortalaması kullanılarak oluşturulan debi süreklilik eğrisi Şekil 3.19'da verilmiştir. Bu metoda göre yapılan hesaplamada ilgili grafikten de görüleceği üzere zamanın %70'inde meydana gelmesi beklenen akış 2,52 m³/s olup %95'inde meydana gelmesi beklenen akım ise 1,58 m³/s'dir. Kullanılan bütün yöntemlerin kıyaslandığı Şekil 3.20'deki grafiğe bakıldığında Q70 yönteminin yağışlı dönem içerisinde kalan Nisan ve Mayıs ayları dahil yılın tüm aylarında minimum akımlara en yakın sonucu verdiği görülmüştür. Bahsedilen bu iki ayın dışındaki tüm aylarda minimum ortalama akımın üzerinde sonuçlar alınmıştır.



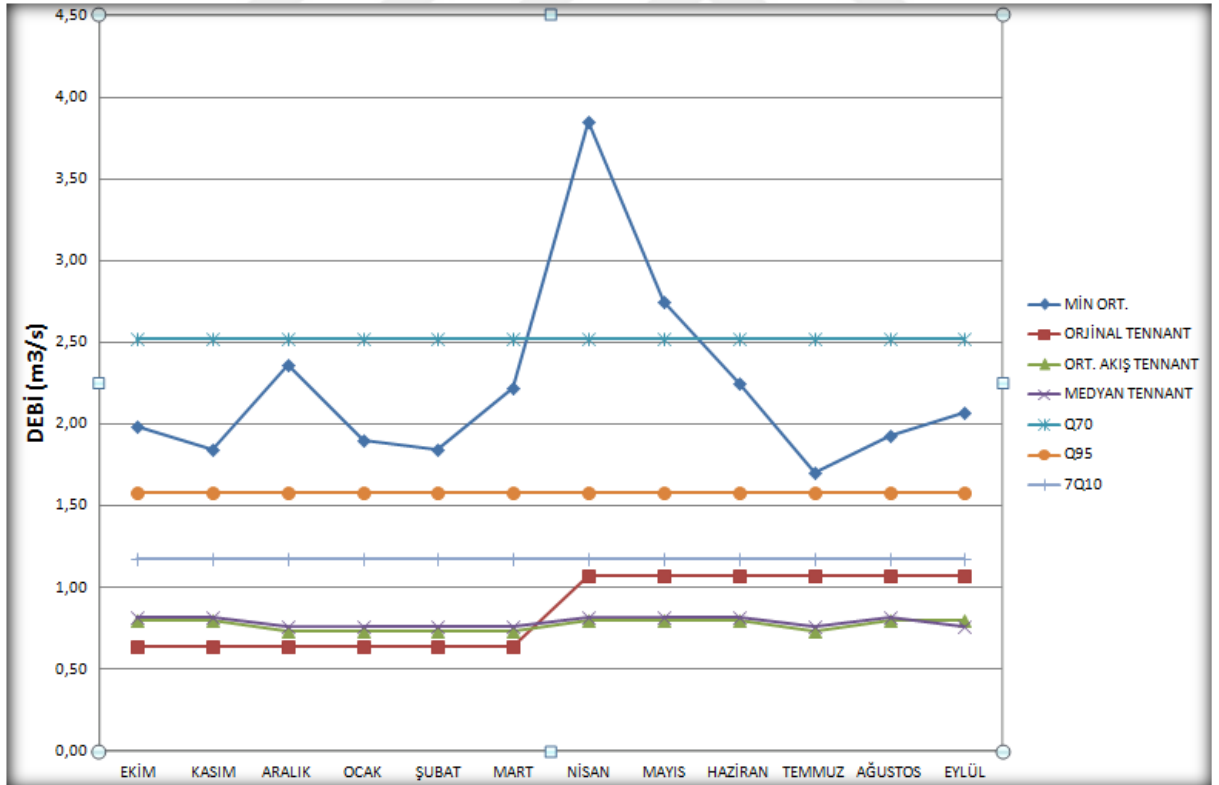
Şekil 3.19. 22-82 nolu istasyona ait debi süreklilik eğrisi

3.4.4. 7Q10 Yöntemi

22-82 nolu istasyon ölçümlerinin günlük değerleri tarih sıralarına göre alt alta dizilir ve ardışık 7 günlük değerlerin aritmetik ortalamaları alınarak içerisindeki en düşük akım değerleri belirlenir. Yıllık bazda bu akım değerlerine ait en düşük akımların değerleri tablo 3.31'deki çizelgede standart sapma ve çarpıklık katsayıları ile beraber verilmiştir. Çalışmanın yapıldığı akarsuda 7Q10 yöntemi ile hesaplanmış olan minimum akış değeri $1,18 \text{ m}^3/\text{s}$ 'dir. Bu miktar bütün Tennant yöntemlerine kıyasla daha iyi bir sonuç verse de minimum ortalama akım değerlerinin çok altında kalmaktadır.

Tablo 3.31. 22-82 nolu AGİ 7Q10 yöntemine göre analiz sonucu

Yıl	Min. Akım	Ln Min. Akım		
1996	1,7329	0,5498	Ln min ort.	0,368
1997	1,3714	0,3159	Stand. Sap.	0,153
1998	1,4829	0,3940	Çarpıklık	-0,317
1999	1,4643	0,3814	Z	-1,281
2000	1,5614	0,4456	K	-1,310
2001	1,8243	0,6012	7Q10	0,167
2002	1,4286	0,3567		
2003	1,4543	0,3745		
2004	1,1237	0,1166	Ln'den Kurtarılmış Değer	1,18 m ³ /s
2005	1,1529	0,1422		



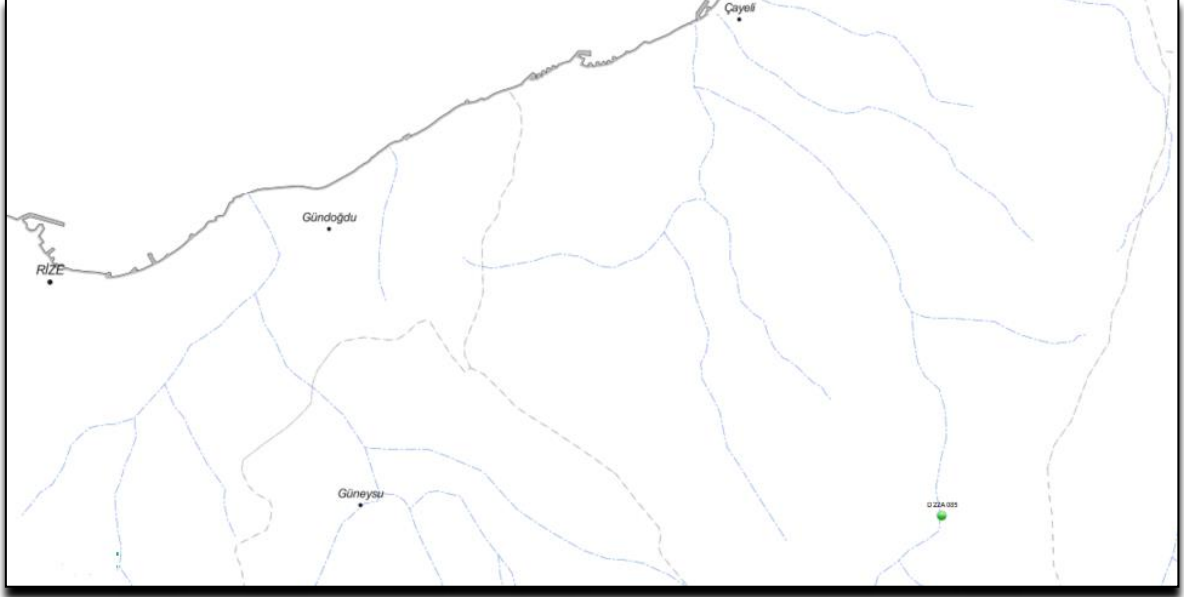
Şekil 3.20. 22-82 nolu AGİ için aylık en düşük akımlar ortalaması ve seçili hidrolojik yöntemlere göre çevresel akış miktarları

Tablo 3.32. 22-82 numaralı AGİ için sonuçlar

(m ³ /s)	EKİ M	KASI M	ARAL IK	OCA K	ŞUB AT	MAR T	NİS AN	MAY IS	HAZİR AN	TEMM UZ	AĞUST OS	EYL ÜL
ORTALAMA AYLIK AKIM	5,49	5,38	4,54	3,05	3,08	4,08	7,33	5,03	4,84	3,52	4,77	4,66
ORTALAMA YILLIK AKIM	4,65	4,65	4,65	4,65	4,65	4,65	4,65	4,65	4,65	4,65	4,65	4,65
MEDYAN AKIM	4,72	4,72	4,72	4,72	4,72	4,72	4,72	4,72	4,72	4,72	4,72	4,72
AYLIK MİN. DEĞER ORTALAMASI (TÜM YILLAR)	1,98	1,84	2,37	1,90	1,84	2,22	3,85	2,75	2,25	1,71	1,93	2,07
ORJİNAL TENNANT	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07
ORT. AKIMA GÖRE TENNANT	0,80	0,80	0,73	0,73	0,73	0,73	0,80	0,80	0,80	0,73	0,80	0,80
MEDYAN AKIMA GÖRE TENNANT	0,82	0,82	0,76	0,76	0,76	0,76	0,82	0,82	0,82	0,76	0,82	0,76
Q70	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52
Q95	1,58	1,58	1,58	1,58	1,58	1,58	1,58	1,58	1,58	1,58	1,58	1,58
7Q10	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18

3.5. 22-85 Numaralı İstasyon (Şenöz Deresi)

Rize Çayeli ilçesinde bulunan 22-85 nolu istasyon 40:58:10K 40:47:45D koordinatlarında yer almakta olup 400 m rakımda bulunmaktadır. Yağış alanı 231,20 km²'dir. AGİ'nin harita üzerindeki konumu Şekil 3.21'de gösterilmiştir.



Şekil 3.21. 22-85 nolu Akım gözlem istasyonunun konumu (URL-1, 2016).

3.5.1. Orjinal Tennant Yöntemi

Orjinal Tennant yöntemine göre yapılan analizde TÜBİTAK MAM'ın ülkemiz için belirlediği yağışlı aylar olarak nitelendirilen Ekim-Mart dönemi için uzun yıllar ortalamasının %15'i, kurak aylar olarak nitelendirilen Nisan-Eylül dönemi için ise %20 alınmıştır. Analizin sonuçları Tablo 3.34'de belirtilmiştir.

Tablo 3.33. 22-85 nolu AGİ için aylık ortalama değerler

AYLAR	AYLIK ORTALAMA
EKİM	9,53
KASIM	9,65
ARALIK	7,31
OCAK	5,75
ŞUBAT	6,04
MART	8,68
NİSAN	15,90
MAYIS	17,54
HAZİRAN	16,03
TEMMUZ	9,91
AĞUSTOS	8,48
EYLÜL	8,53

Tablo 3.34. 22-85 nolu AGİ orjinal Tennant yöntemine göre analiz sonucu

	EKİM-MART (%15)	NİSAN-EYLÜL (%20)
Çevresel Akış (m ³ /s)	1,17	2,68

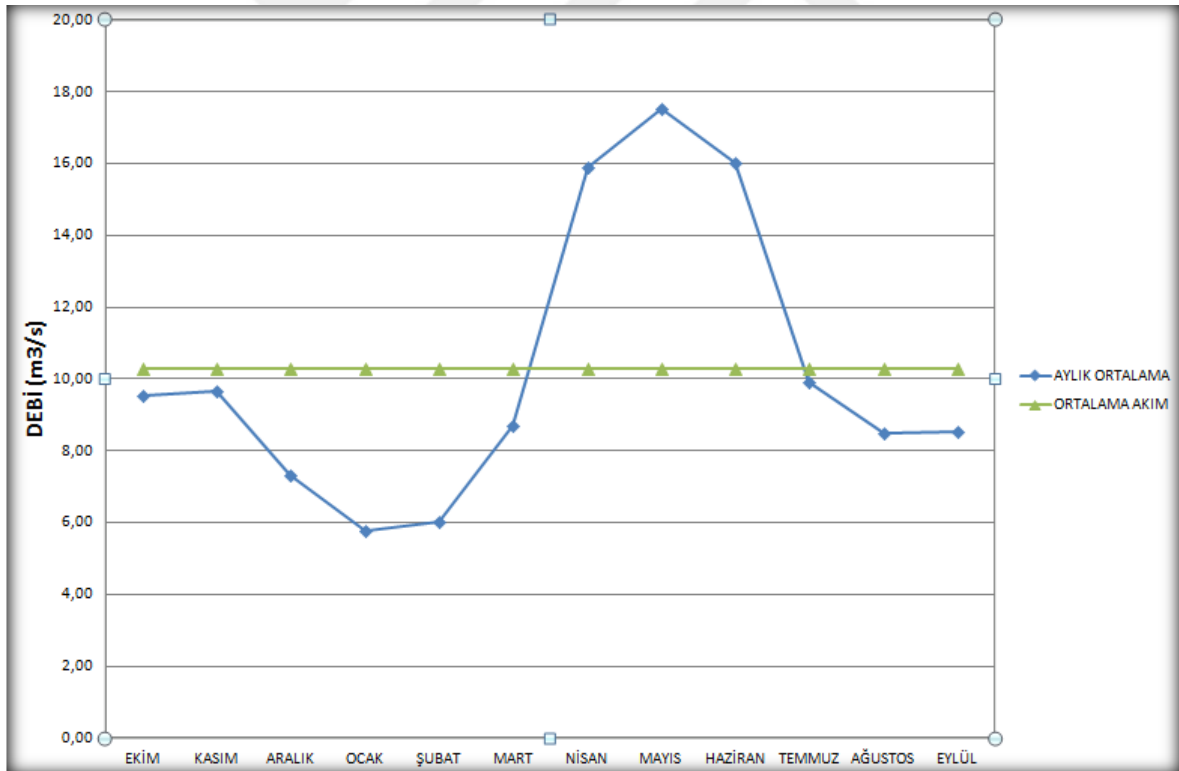
3.5.2. Modifiye Tennant Yöntemi

3.5.2.1. Ortalama Akıma Göre Tennant Yöntemi

22-85 numaralı istasyon verilerine dayanarak yapılan analizde (Tablo 3.35) aylık ortalama akımlar uzun dönem yıllık ortalama akım ile kıyaslandığında yılın nisan, mayıs ve haziran ayları yağışlı dönem diğer aylar ise kurak dönem olarak belirlenmiştir. Ortalama akıma göre yapılan Tennant metoduna göre Tablo 3.36'daki çizelgede belirtilen sonuçlara ulaşılmıştır.

Tablo 3.35. Aylık ortalama ve yıllık ortalama akım değerleri (m³/s)

AYLAR	AYLIK ORTALAMA	ORTALAMA AKIM
EKİM	9,53	10,28
KASIM	9,65	10,28
ARALIK	7,31	10,28
OCAK	5,75	10,28
ŞUBAT	6,04	10,28
MART	8,68	10,28
NİSAN	15,90	10,28
MAYIS	17,54	10,28
HAZİRAN	16,03	10,28
TEMMUZ	9,91	10,28
AĞUSTOS	8,48	10,28
EYLÜL	8,53	10,28



Şekil 3.22. 22-85 nolu istasyon için ortalama akıma göre belirlenen periyotlar

Tablo 3.36. 22-82 nolu AGİ ortalama akıma göre analiz sonucu

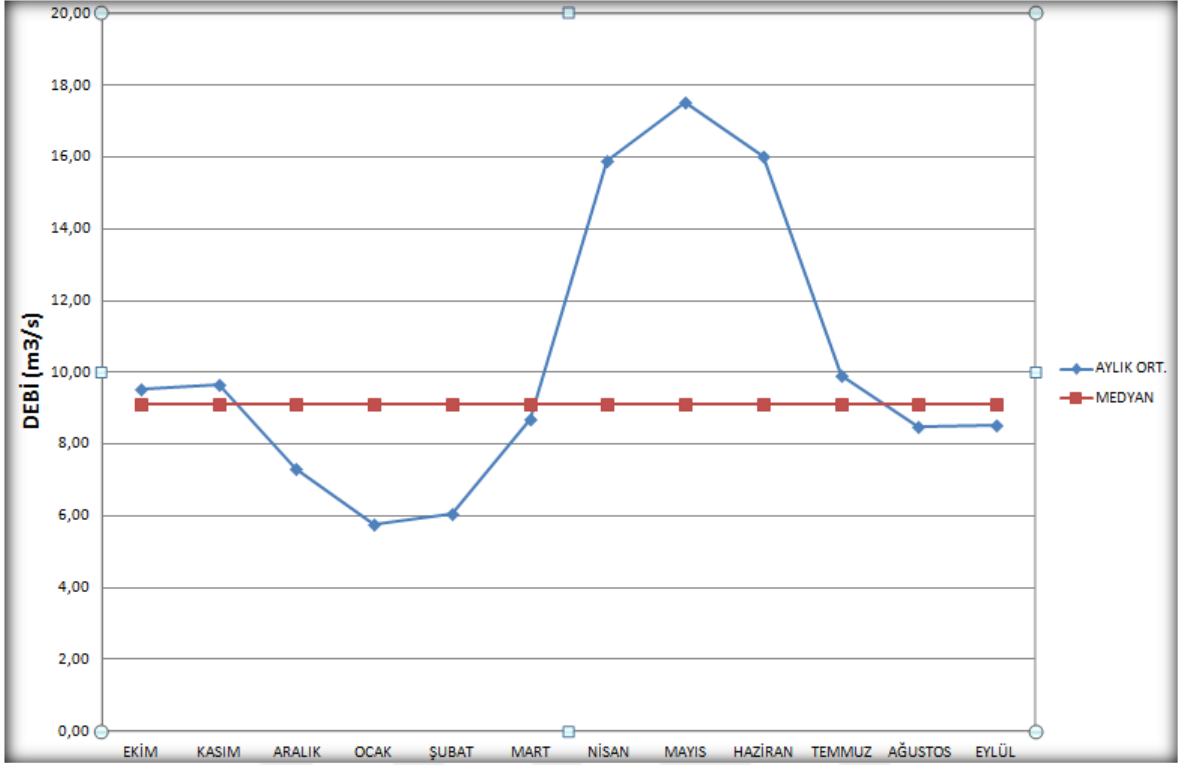
	YAĞIŞLI DÖNEM (%15)	KURAK DÖNEM (%20)
Çevresel Akış (m ³ /s)	2,41	1,64

3.5.2.2. Medyan Akıma Göre Tennant Yöntemi

Ortalama akıma göre yapılan analizde olduğu gibi uzun dönem aylık ortalamaların medyan değeri belirlenir ve aylık ortalamalarla aynı grafiğe dökülür. 22-85 numaralı istasyon verileri için Şekil 3.23'teki grafik belirlenmiş olup çıkan sonuçlar değerlendirildiğinde yılın 6 ayının yağışlı, diğer 6 ayın ise kurak olduğu belirlenmiştir. Yağışlı ve kurak dönem olarak adlandırılan bu aylara ait bırakılması gereken can suyu değerleri Tablo 3.38'de belirtilmiştir. Çıkan sonuçlar değerlendirildiğinde ortalama ve medyan akımlara göre hesap edilen yağışlı ve kurak dönemlere ait değerlerin birbirine yakın olduğu görülmüştür. Sadece yağışlı ve kurak dönem ayları birbirinden kısmi farklılık göstermiştir.

Tablo 3.37. 22-85 nolu AGİ aylık ortalama ve medyan akım değerleri (m³/s)

AYLAR	AYLIK ORTALAMA	MEDYAN AKIM
EKİM	9,53	9,11
KASIM	9,65	9,11
ARALIK	7,31	9,11
OCAK	5,75	9,11
ŞUBAT	6,04	9,11
MART	8,68	9,11
NİSAN	15,90	9,11
MAYIS	17,54	9,11
HAZİRAN	16,03	9,11
TEMMUZ	9,91	9,11
AĞUSTOS	8,48	9,11
EYLÜL	8,53	9,11



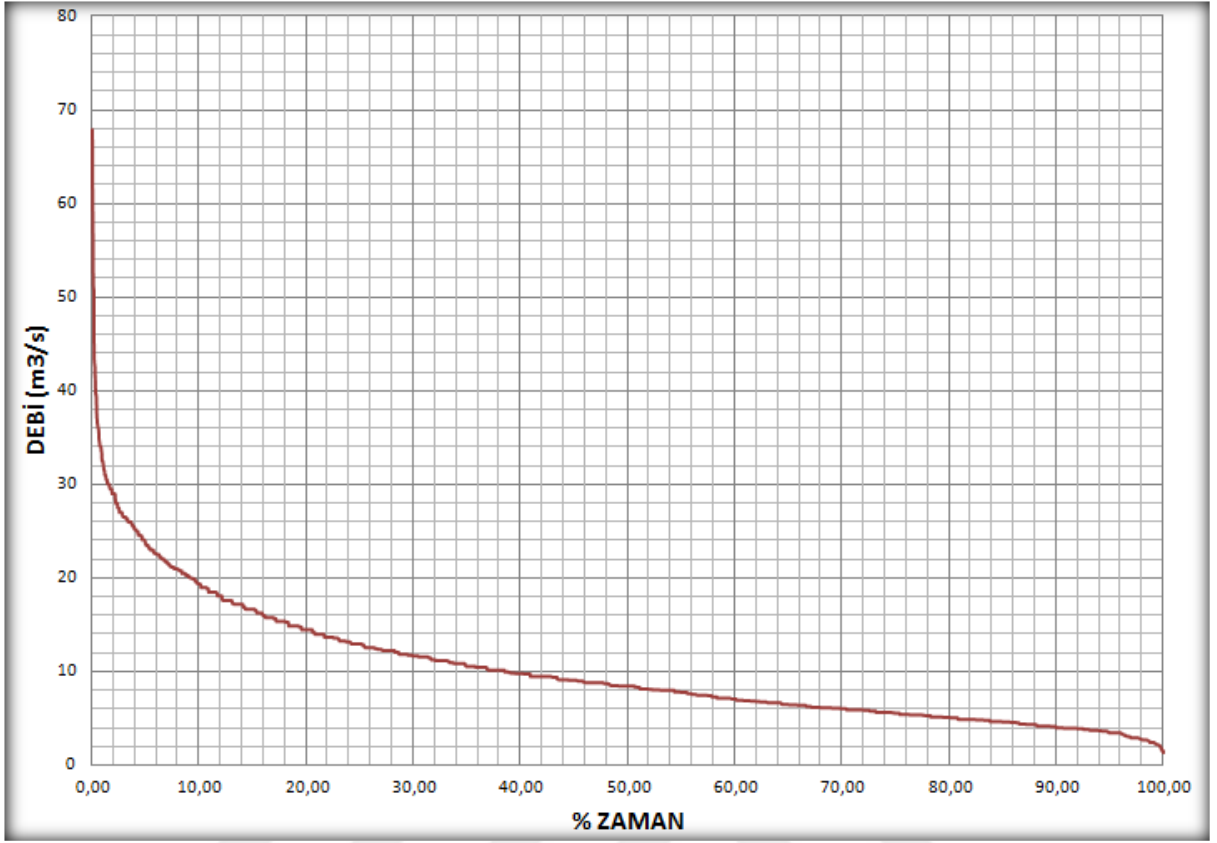
Şekil 3.23. 22-85 nolu istasyon için medyan akıma göre belirlenen periyotlar

Tablo 3.38. 22-85 nolu AGİ medyan akıma göre yapılan analiz sonucu

	YAĞIŞLI DÖNEM (%15)	KURAK DÖNEM (%20)
Çevresel Akış (m ³ /s)	1,96	1,49

3.5.3. Q70 ve Q95 Yöntemleri

Uzun dönem veri setindeki tüm günlerin akım ortalaması kullanılarak oluşturulan debi süreklilik eğrisi Şekil 3.24'te verilmiştir. Bu metoda göre yapılan hesaplamada ilgili grafikten de görüleceği üzere zamanın %70'inde meydana gelmesi beklenen akış 6,08 m³/s olup %95'inde meydana gelmesi beklenen akım ise 3,50 m³/s'dir. Kullanılan bütün yöntemlerin kıyaslandığı Şekil 3.25'teki grafiğe bakıldığında Q70 yönteminin yağışlı dönem içerisinde kalan Nisan, Mayıs, Haziran ve Temmuz ayları dışındaki yılın tüm aylarında minimum akımların üzerinde kaldığı, yağışlı dönem aylarından olan Temmuz ayına çok yakın sonuç verdiği görülmüştür.



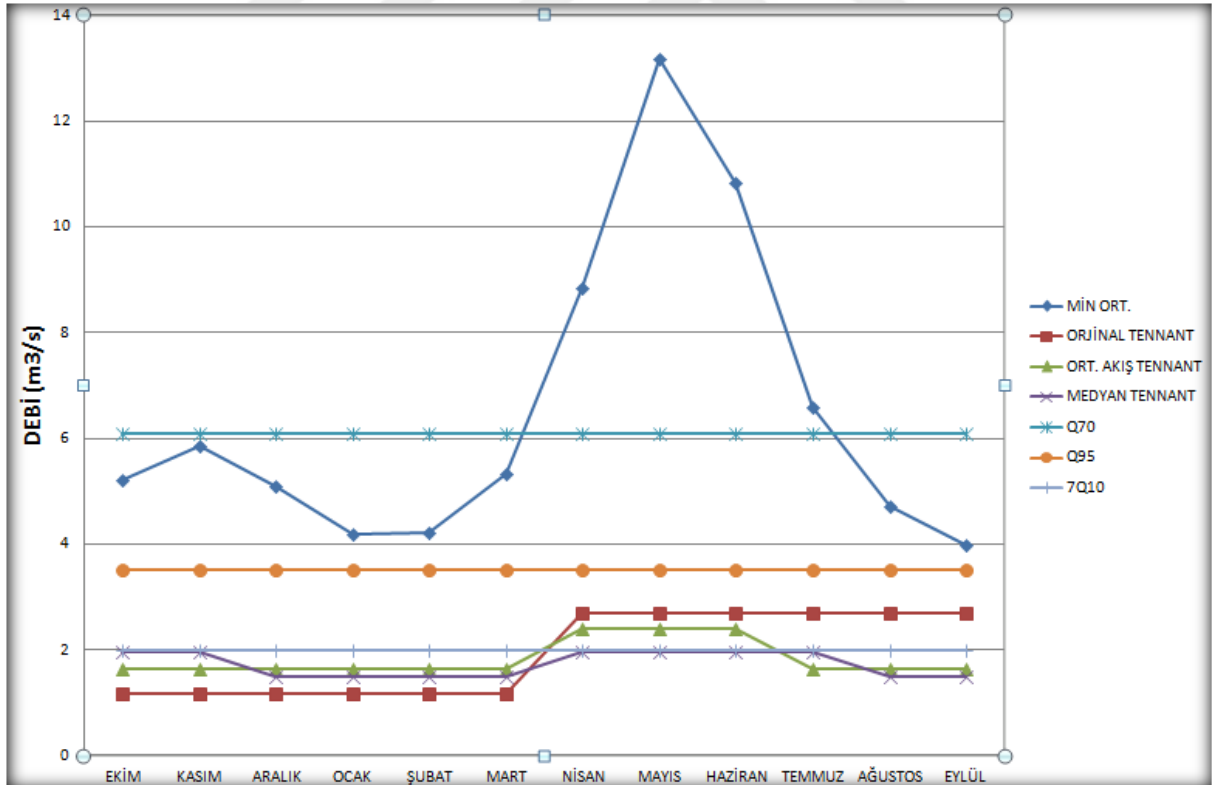
Şekil 3.24. 22-85 nolu istasyona ait debi süreklilik eğrisi

3.5.4. 7Q10 Yöntemi

22-85 nolu istasyon ölçümlerinin günlük değerleri tarih sıralarına göre alt alta dizilir ve ardışık 7 günlük değerlerin aritmetik ortalamaları alınarak içerisindeki en düşük akım değerleri belirlenir. Yıllık bazda bu akım değerlerine ait en düşük akımların değerleri tablo 3.39'da standart sapma ve çarpıklık katsayıları ile beraber verilmiştir. Çalışmanın yapıldığı akarsuda 7Q10 yöntemi ile hesaplanmış olan minimum akış değeri $1,99 \text{ m}^3/\text{s}$ 'dir. Bu değer aylık ortalama minimum değerlerden daha düşük sonuçların çok altında değerler verse de kurak dönem ayları için Tennant yöntemlerinden daha iyi sonuç vermiştir.

Tablo 3.39. 22-85 nolu AGİ 7Q10 yöntemine göre analiz sonucu

Yıl	Min. Akım	Ln Min. Akım		
1996	3,731	1,317	Ln min ort.	1,047240426
1997	3,800	1,335	Stand. Sap.	0,270783426
1998	2,400	0,875	Çarpıklık	-1,06001278
1999	3,071	1,122	Z	-1,28112615
2000	2,394	0,873	K	-1,33397924
2001	1,600	0,470	7Q10	0,686020958
2002	2,393	0,872		
2003	3,476	1,246		
2004	3,229	1,172	Ln'den Kurtarılmış Değer (m ³ /s)	1,99
2005	3,286	1,190		



Şekil 3.25. 22-85 nolu AGİ için aylık en düşük akımlar ortalaması ve seçili hidrolojik yöntemlere göre çevresel akış miktarları

Tablo 3.40. 22-85 nolu AGİ için sonuçlar

(m ³ /s)	EKİ M	KASI M	ARAL IK	OCA K	ŞUB AT	MAR RT	NİS AN	MAY IS	HAZİR AN	TEMM UZ	AĞUST OS	EYL ÜL
ORTALAMA AYLIK AKIM	9,53	9,65	7,31	5,75	6,04	8,68	15,90	17,54	16,03	9,91	8,48	8,53
ORTALAMA YILLIK AKIM	10,28	10,28	10,28	10,28	10,28	10,28	10,28	10,28	10,28	10,28	10,28	10,28
MEDYAN AKIM	9,11	9,11	9,11	9,11	9,11	9,11	9,11	9,11	9,11	9,11	9,11	9,11
AYLIK MİN. DEĞER ORTALAMASI (TÜM YILLAR)	5,21	5,86	5,09	4,17	4,22	5,34	8,85	13,18	10,84	6,58	4,71	3,98
ORJİNAL TENNANT	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	2,68	2,68	2,68	2,68	2,68	2,68
ORT. AKIMA GÖRE TENNANT	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64	2,41	2,41	2,41	1,64	1,64	1,64
MEDYAN AKIMA GÖRE TENNANT	1,96	1,96	1,49	1,49	1,49	1,49	1,96	1,96	1,96	1,96	1,49	1,49
Q70	6,08	6,08	6,08	6,08	6,08	6,08	6,08	6,08	6,08	6,08	6,08	6,08
Q95	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
7Q10	1,99	1,99	1,99	1,99	1,99	1,99	1,99	1,99	1,99	1,99	1,99	1,99

4. İRDELEME

4.1. 22-06 Nolu AGİ Sonuçları İçin İrdeleme

Abuçağlayan deresi üzerinde bulunan 22-06 nolu istasyon verilerine dayanarak çeşitli yöntemler ile akarsu yatağında bulunması gereken asgari su miktarı hesaplanmıştır. Yapılan analiz ile elde edilen sonuçlar uzun dönem aylık minimum akım değerleri ile karşılaştırılmıştır (Şekil 3.5). Çalışma yapılan akarsu havzasında yılın 3 ayında (Nisan, Mayıs ve Haziran) yüksek miktarda su bulunduğu görülmüş ve değerlendirme yapılırken bu durum göz önünde bulundurulmuştur. Tüm ayların ortalamasına bakıldığında üç farklı şekilde Tennant yöntemi (orjinal, ortalama akıma ve medyan akıma göre) ile yapılan analizde çevresel akış miktarlarının minimum değerlerin altında kaldığı görülmüştür. Sadece kurak dönem aylarında Q95 akımının minimum değerlere yakın sonuç verdiği görülse de genel itibariyle bu değerlerin altında kalmaktadır. Kurak ve yağışlı döneme ait aylar yani tüm aylar birlikte değerlendirildiğinde ise Q70 yönteminin minimum değerlerin üzerinde olduğu görülmektedir. Yeterli miktarda can suyu bırakılması adına minimum akım debilerinin altına inilmemesi gerektiği düşünüldüğünde Q70 yönteminin diğer yöntemlere göre daha iyi sonuç verdiği görülmektedir.

4.2. 22-40 Nolu AGİ Sonuçları İçin İrdeleme

Harşit çayı üzerinde bulunan 22-40 nolu istasyon verilerine dayanarak çeşitli yöntemler ile akarsu yatağında bulunması gereken asgari su miktarı hesaplanmıştır. Yapılan analiz ile elde edilen sonuçlar uzun dönem aylık minimum akım değerleri ile karşılaştırılmıştır (Şekil 3.10). Çalışma yapılan akarsu havzasında yılın 4 ayında (Mart, Nisan, Mayıs ve Haziran) yüksek miktarda su bulunduğu görülmüş ve değerlendirme yapılırken bu durum göz önünde bulundurulmuştur. Tüm ayların ortalamasına bakıldığında üç farklı şekilde yapılan Tennant yöntemi (orjinal, ortalama akıma ve medya akıma göre) arasından ortalama akışa göre belirlenmiş olan debi yağışlı dönemdeki minimum akış değerleri ile kıyaslandığı zaman en yakın sonuçları verdiği görülmüştür. Bahsedilen 4 ayın

dışında kalan aylarda ise Q70 yönteminin minimum değerlere oldukça yakın olduğu ve bu değerlerin altında su bırakılmaması gerektiği görülmektedir.

4.3. 22-57 Nolu AGİ Sonuçları İçin İrdeleme

Ögene deresi üzerinde bulunan 22-57 nolu istasyon verilerine dayanarak çeşitli yöntemler ile akarsu yatağında bulunması gereken asgari su miktarı hesaplanmıştır. Yapılan analiz ile elde edilen sonuçlar uzun dönem aylık minimum akım değerleri ile karşılaştırılmıştır (Şekil 3.15). Çalışma yapılan akarsu havzasında yılın 3 ayında (Nisan, Mayıs ve Haziran) yüksek miktarda su bulunduğu görülmüştür. Tüm ayların ortalamasına bakıldığında üç farklı şekilde yapılan Tennant yöntemi (orjinal, ortalama akıma ve medya akıma göre) arasından ortalama akışa göre belirlenmiş olan akış miktarı, yağışlı dönemdeki minimum akış değerlerine en yakın sonuçları verdiği görülmüştür. Bahsedilen 3 ayın dışında kalan aylarda ise Q70 yönteminin minimum değerlere oldukça yakın olduğu ve bu değerlerin altında su bırakılmaması gerektiği görülmektedir.

4.4. 22-82 Nolu AGİ Sonuçları İçin İrdeleme

Salarha deresi üzerinde bulunan 22-82 nolu istasyon verilerine dayanarak çeşitli yöntemler ile akarsu yatağında bulunması gereken asgari su miktarı hesaplanmıştır. Tennant yöntemlerinin tümünde ortaya çıkan sonuçlar Şekil 3.20'deki grafikte görüldüğü üzere ortalama aylık minimum akım değerlerinin altında kalmıştır. 7Q10 değeri de Tennant yönteminin sonucuna göre daha yüksek değer verse de minimum akım değerlerinin altında kalmıştır. Debi süreklilik metodu uygulandığında ise Q70 değerinin Q95 değerine göre daha kullanışlı olduğu görülmüş ve Nisan ve Mayıs ayları dışındaki ayların tümünde minimum akımların üzerinde değer verdiği görülmüştür.

4.5. 22-85 Nolu AGİ Sonuçları İçin İrdeleme

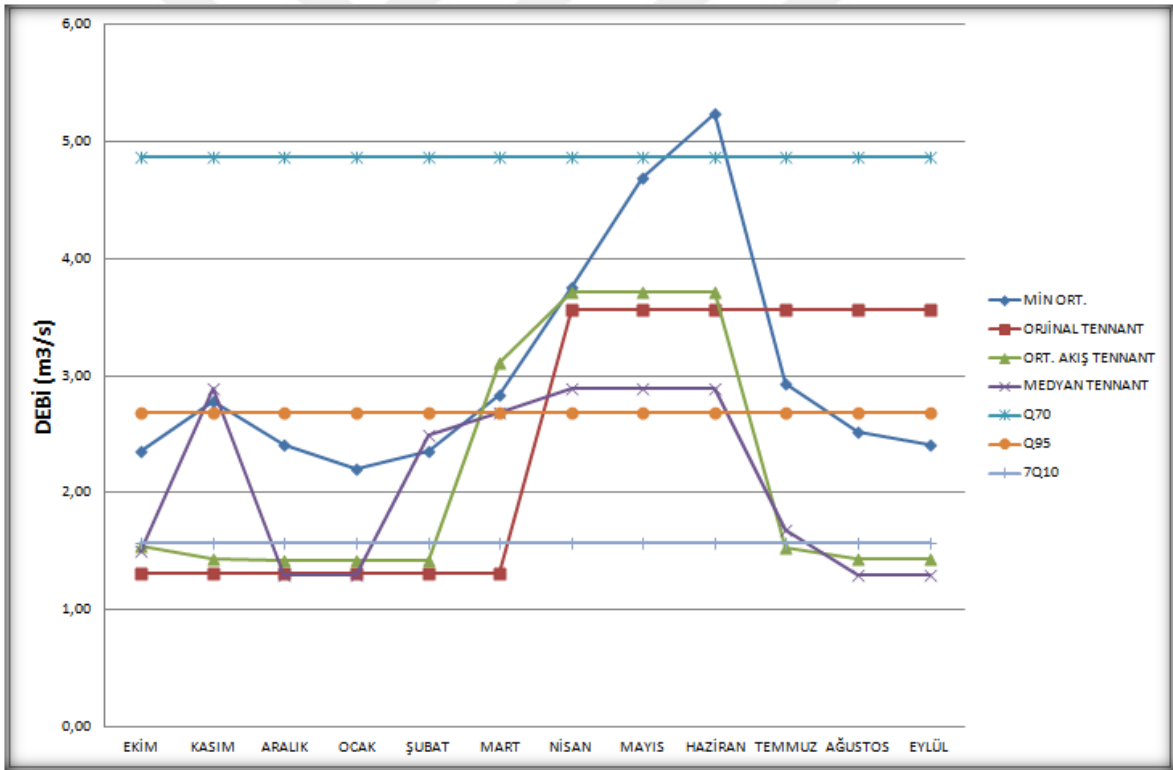
Şenöz deresi üzerinde bulunan 22-85 nolu istasyon verilerine dayanarak çeşitli yöntemler ile akarsu yatağında bulunması gereken asgari su miktarı hesaplanmıştır. Tennant yöntemlerinin tümünde ortaya çıkan sonuçlar Şekil 3.25'teki grafikte görüldüğü üzere ortalama aylık minimum akım değerlerinin altında kalmıştır. Diğer akım gözlem istasyonlarında olduğu gibi Q70 yönteminin yılın tüm aylarında aylık minimum değer ortalamalarına en yakın sonucu verdiği görülmüştür. Aynı şekilde Q95 yöntemi ise aylık minimum değerlerin altında kalsa da Q70 dışındaki tüm yöntemlerden daha iyi sonuç vermiştir.

4.6. Genel İrdeleme

Su kaynaklarından en verimli şekilde yararlanmak için akarsular üzerinde inşa edilen yapılardan ekosistem gerekliliklerini göz önünde bulundurarak bırakılması gereken minimum su miktarının hesaplanması büyük önem taşımaktadır. Yapılan çalışmada Tennant (Orijinal ve Modifiye), Q95, Q70 ve 7Q10 yöntemleri kullanılmış ve sonuçlar uzun dönem aylık minimum ortalama akım değerleri ile kıyaslanmıştır. Genel olarak minimum akış değerlerinin çok yüksek olduğu nisan, mayıs ve haziran ayları dışında kalan diğer tüm aylarda Q70 metodu minimum değerlerin üzerinde sonuçlar vermiştir. Tennant yöntemi için belirlenmiş olan ve Dünya'da genel olarak kabul edilen uzun dönem yıllık ortalama akımın %10'luk miktarın yapılan çalışmada kurak ve yağışlı dönemler olarak ayrılarak %20 ve %15 olarak belirlenmesine rağmen ortaya çıkan sonuçlar minimum değerlerin altında kalmıştır. Sadece 22-40 ve 22-57 nolu AGİ'ler üzerinde yapılan çalışmada Mart, Nisan, Mayıs ve Haziran ayları içerisinde ortalama akışa göre yapılan Tennant yöntemi Q70 yönteminden daha iyi sonuç vermiştir. Analizden elde edilen sonuçlar aylık minimum akım ortalamaları ile kıyaslandığı zaman Tennant gibi sık kullanılan bir yöntemin Doğu Karadeniz gibi bol yağış alan bir bölgede yeterince faydalı sonuçlar vermediği görülmüştür.

5 akım gözlem istasyonunun verilerine dayanarak yapılan analizlerden elde edilen sonuçların ortalaması ve 10 yıllık aylık ortalama minimum değerler ortalaması hesap edilerek Şekil 4.1'deki grafik elde edilmiştir. Grafik gösterimi genel bir değerlendirme

sonucu olmamakla beraber yapılan analizde elde edilen değerlerin ortalamalarını göstermektedir. Grafikten de anlaşıldığı üzere Q70 akım değeri ortalaması diğer yöntemlere göre daha yüksek sonuç vermiş olup aynı zamanda ortalama aylık minimum akım değerleri ortalamasının da genel olarak üzerinde sonuçlar vermiştir. 7Q10 yöntemi daha önce de bahsedildiği bütün aylarda ortalama aylık minimum değerlerin çok altında kalmıştır. Ülkemizde kullanılması yönetmelikle belirlenmiş olan ve Tennant yöntemine göre bırakılması gereken minimum su miktarı ilgili yönetmelikte minimum %10 olarak belirtilmiş ancak bu çalışmada söz konusu oranlar kurak dönem için %20 yağışlı dönem için ise %15 olarak uygulanmıştır. Kullanılan daha yüksek oranlara rağmen özellikle de kurak dönem ayları içerisinde minimum ortalama akım değerlerinin çok altında kaldığı görülmüştür.



Şekil 4.1 Analizde çıkan sonuçların ortalaması

5. SONUÇ

Bu çalışmada Giresun, Trabzon ve Rize illerinde bulunan akarsular üzerindeki toplamda 5 adet AGİ'na ait 10 yıllık günlük ortalama akım verilerine dayanarak hidrolojik yöntemlerle çevresel akış hesabı yapılmış ve çıkan sonuçlar 10 yıla ait aylık ortalama minimum akım değerleri ile karşılaştırılmıştır. Çıkan sonuçlar sayısal verilerle ve grafik üzerinde gösterilerek hangi akarsu için hangi yöntemin uygun sonuç verdiği ayrı ayrı karar verilmiştir. Akım gözlem istasyonları seçilirken benzer coğrafi ve iklim özellikleri gösteren ve akarsulara ait istasyonlar seçilmiş 5 istasyon için de aynı yıllara ait (1996-2005 yılları arası) AGİ verileri kullanılmıştır. Akarsulardan can suyu bırakılmasında AGİ'lerden elde edilen aylık minimum akım değerlerinin altına inilmesi durumunda ekosistemin nasıl bir tepki vereceği önceden tespit edilemediğinden minimum değerlerin altına inilmemesi gerekir.

Ortaya çıkan sonuçlarda 22-06 (Abuçağlayan deresi), 22-82 (Salarha deresi), 22-85 nolu (Şenöz deresi) AGİ verilerine dayanarak yapılan analizde Q70 yöntemi diğer yöntemlere göre daha yüksek sonuçlar vermiştir. Bu AGİ'lere ait analiz sonucunda elde edilen değerler yıl içinde debilerin pik değerlere ulaştığı aylar dışındaki tüm aylarda minimum değerlerin altına inmemiştir (Şekil 3.5, 3.20 ve 3.25). 22-40 nolu istasyonda Mart, Nisan, Mayıs ve Haziran aylarında ortalama akışa göre yapılan Tennant yöntemi, diğer aylarda ise yine Q70 yöntemi; 22-57 nolu AGİ verilerine göre ise Nisan, Mayıs ve Haziran aylarında ortalama akışa göre yapılan Tennant yöntemi, diğer aylarda ise diğerlerinde olduğu gibi Q70 yöntemi diğer yöntemlere göre yüksek sonuç vermiştir. Doğu Karadeniz Bölgesinde bulunan AGİ verilerine dayanarak yapılan çalışmada, aylık minimum değerler ortalamasına göre kıyaslandığında sadece 2 adet istasyonda (22-40 ve 22-57) yağışlı dönem aylarında ortalama akışa göre Tennant yöntemi elverişli sonuçlar verse de genel olarak Q70 yönteminin geriye kalan bütün aylarda ve diğer 3 istasyona ait tüm aylarda minimum akım değerlerinin üzerinde sonuç veren tek yöntem olduğu görülmüştür.

Bu çalışmada yapılan analize göre Doğu Karadeniz Havzası için yöneltilmekte belirtilen orijinal Tennant yönteminin yeterli olmadığı açıktır. Yukarıda belirtildiği gibi sadece ortalama akıma göre hesap edilen Tennant yöntemi çok kısıtlı bir zaman diliminde

diğer yöntemlerden daha yüksek debi değerleri verse de genel olarak yapılan analiz sonuçları Q70 yönteminin minimum akım ortalamalarını üzerinde sonuçlar verdiğini göstermektedir. Ancak bu durum akarsularda kurak ve yağış dönem aylarının ayrı ayrı ele alınarak sadece bir yönteme bağlı kalınmadan farklı metotlarla hesap edilmesi gerektiğini göstermektedir.



6. ÖNERİLER

Doğu Karadeniz Havzası'nda bulunan akarsular üzerinde yapılan bu çalışmada Türkiye gibi farklı bölgelerde farklı coğrafi ve iklim özellikleri gösteren bir ülkede tek bir yönteme bağlı kalınmaması gerektiği anlaşılmaktadır. Elektrik Piyasasında Üretim Faaliyetinde Bulunmak Üzere Su Kullanım Hakkı Anlaşması İmzalanmasına İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmelikte belirtilen son 10 yıllık akım ortalamasının %10'u olan miktarın çevresel akış miktarı olarak belirlenmesi yani Tennant yönteminin kullanılması Doğu Karadeniz Havzası için uygun görülmemektedir. Yapılan çalışmada Tennant yöntemi için uzun dönem ortalama akım değerinin kurak aylarda %20 yağışlı aylarda %15 olarak alınmasına rağmen genel itibariyle çok düşük sonuçlar verdiği görülmüştür. Bu durumda Doğu Karadeniz Bölgesi'nde %10 olarak belirlenmiş bir Tennant yönteminin kullanılması akarsu ekosistemine olumsuz etkiler bırakabilir. Bu durumda analizde yapıldığı gibi farklı yöntemlerin kullanılarak minimum akım değerlerinin imkan olduğu sürece altında kalmadan bu değerlere en yakın sonuçları verecek yöntemin seçildiği bir sistemin yönetmeliklerle belirlenmesi daha uygun görülmektedir. Bu durumda her bir akarsu için kendi ekolojik özellikleri göz önünde bulundurularak farklı çalışma yapılması imkanı da ortaya çıkacaktır.

Bu çalışmada yapılan analiz hidrolojik yöntemlere göre yapılmış olup akarsu kesitleri ile ilgili veriler elde bulunmadığı için ıslak çevre yöntemi kullanılmamıştır. Bundan sonra yapılacak çalışmalarda akarsuların hidrolojik, ekolojik, enkesit özellikleri de ele alınarak yeni çalışmalar yapılabilir. Yapılan bu çalışmada Q70 yöntemi genel olarak minimum ortalama akım değerlerinin üzerinde sonuçlar verse de, akarsular üzerinde gerekli verileri toplayarak PHABSIM ve IFIM gibi bilgisayar programları ile habitat simülasyonu yapılması akarsuların birçok özelliğinin dikkate alınarak çalışma yapılmasına ve daha kesin sonuçlar alınmasına olanak sağlayacaktır.

7. KAYNAKLAR

- Akdoğar, M., 2006. Enerji Kaynakları ve Doğu Karadeniz'in Hidroelektrik Potansiyel Etüdü, Yüksek Lisans Tezi (Yayımlanmamış), Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon,12-15.
- Akpınar, E., 2005. "Nehir Tipi Santrallerin Türkiye'nin Hidroelektrik Üretimindeki Yeri", Erzincan Eğitim Fakültesi Dergisi, 7, 2.
- Appleyard, D., Powering Up Turkey With Hydropower
<http://www.renewableenergyworld.com/articles/print/volume-17/issue-6/hydropower/powering-up-turkey-with-hydropower.html> 10 Mart 2016
- Arthington, A. H., Rall, J. L., Kennard, M. J., ve Pusey, B. J., 2003. Environmental flow requirements of fish in Lesotho Rivers using the DRIFT methodology, 19, 641-666.
- Ateş, H., 2013. Akarsularda Çevresel Akışın Önemi ve Büyük Menderes Havzası Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Baidya, G., 2006. "Development of Small Hydro", Himalayan Small Hydropower Summit, Dehradun, 34-43.
- Çimenci, V., 2011. "Küçük Hidroelektrik Santraller ve Dere Yatağında Bırakılması Gereken Can Suyu Miktarları", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- D.S.İ., 2011. Çevre ve Temiz Enerji: Hidroelektrik, Ankara.
- D.S.İ., 2014. İnşaa Halindeki Su Yapılarının Denetlenmesi Hakkında Duyuru, Ankara.
<http://www.dsi.gov.tr/docs/duyuru/hesdaireisi16-09-2014.pdf?sfvrsn=0> 20 Mayıs 2016
- D.S.İ., 2015. Stratejik Plan 2015-2019, Ankara.
- D.S.İ., 2011. Su Dünyası Dergisi, Yayın No:93, Ankara.
- Ertürk, A., 2013. Akarsularda Ekolojik İhtiyaç Devisinin Belirlenmesi.
http://suyonetimi.ormansu.gov.tr/Libraries/su/Akarsularda_Ekolojik_%C4%B0htiya_%C3%A7_Debisi-_Ali_Ert%C3%BCrk.sflb.ashx
- Gordon N.D., McMahon T. A., Finlayson C. J., Gippel C. J. Ve Nathan R. J., 2004. Stream Hydrology An Introduction for Ecologists, Second Edition, Co.

- Jowett, L.G., 1997. Instream Flow Methods: A Comparison of Approaches, Regulated Rivers: Research & Management, 13, 115–127
- Karakaya, N., 2006. Gönenç. İ., Türkiye’ de Havzalar Arası Su Transferi İçin Bir Karar Destek Sistemi Önerisi, İTÜ Dergisi, 16, 1-3,, 79-90.
- Karakuş, R., 2013 Çevresel Akış Suyunun Takibi, DSİ Genel Müdürlüğü http://awsassets.wwfr.panda.org/downloads/dsi_karakus.pdf 07 Kasım 2014
- Keskin, F. ve Ertuğrul, E., 2009. “Enerji Sektörü”, Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Müdürlüğü.
- Korman, J., C.J. Perrin, and T. Lekstrum, A., Guide for Selection of Standard Methods for Quantifying Sportfish Habitat Capability and Suitability in Streams and Lakes of B.C., 1994 http://www.for.gov.bc.ca/hts/risc/o_docs/aquatic/027/final-17.htm 5 Kasım 2014
- Köle, M. M., 2015. Boğazköy Baraj Ve Hes’inden Akışaşağıya Bırakılması Gereken Asgari Su Miktarının Bulunmasına Yönelik Bir Değerlendirme: Tennant Ve Akım Süreklilik Yöntemleri, Marmara Coğrafya Dergisi, 32, 326-338.
- Mann, J. L., 2006. Instream Flow Methodologies: An Evaluation Of The Tennant Method For Higher Gradient Streams In The National Forest System Lands In The Western U.S., Yüksek Lisans Tezi, Colorado Üniversitesi, Colorado.
- O’Keefe, J. ve Tharme, R., 2003. Holistic Methods of EFA, 19, 641–666.
- Özdemir, D., Karaca, Ö. ve Erkuş, K., 2010. Low Flow Calculation To Maintain Ecological Balance In Streams, International Congress On River Basin Management, Yüce-tepe/ANKARA, 668-676.
- Parker G. ve Armstrong D., Methods For Determining Streamflow Requirements For Habitat Protection. <http://pubs.usgs.gov/of/2002/ofr02-340/html/methods.html> 10 Kasım 2014
- Pastor, A. V., Ludwig, F., Biemans, H., Hoff, H. ve Kabat, P., 2014. Accounting For Environmental Flow Requirements In Global Water Assessments, Hydrology and Earth System Sciences, 18, 5041-5059.
- Pyrce, R., 2004. Hydrological Low Flow Indices and Their Uses, Watershed Science Centre, Trent University, Canada.
- Smakhtin, V.Y., 2001. Low flow hydrology: a review. Journal of Hydrology, 240, 147-186.

- Sülüki, H., 2010. Küçük Hidroelektrik Santrallerde Cansuyunun Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Tennant, D. L., 1976. "Instream Flow Regimens for Fish, Wildlife, Recreation and Related Environmental Resources", Fisheries, 1, 6-10.
- Tharme R., 2003. A global perspective on environmental flow assessment: Emerging trends in the development and application of environmental flow methodologies for rivers. River Research and Applications, 19, 397-442.
- URL-1, <http://rasatlar.dsi.gov.tr/#>. 20 Nisan 2016
- URL2, http://www.wwf.org.tr/ne_yapiyoruz/ayak_izinini_azaltilmasi/su_yenilenebilir_enerjinin_surdurulebilirligi/cevresel_akis_nedir/15 Ocak 2015
- URL-3, www.akkunpp.com/2023te-elektrik-tuketimi-500-milyar-kwhya-ulasacak/update, 07 Kasım 2014
- URL-4, www.renewablesfirst.co.uk/hydro-learning-centre/what-is-a-flow-duration-curve/ 5 Kasım 2014
- URL-5, www.tahsinates.wordpress.com/ 10 Nisan 2016
- URL-6, www.thaaquatic.info/services/phabsim/ 15 Kasım 2014
- URL-7, www2.dsi.gov.tr/splan/ktmllite/files/uploads/SYDK/SYDK%20Duyurusu%20.pdf Su Yapıları Denetim Komisyonu Başkanlığı'nın Duyurusu, 07 Kasım 2014
- Ürker , O ve Çobanoğlu, N., 2012. Türkiye'de Hidroelektrik Santraller'in Durumu (Hes'ler) ve Çevre Politikaları Bağlamında Değerlendirilmesi, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 3, 2, 65-88.
- Welcomme R. L. ve Petr T., 2003. Proceedings of the Second International Symposium On The Management Of The Large Rivers For Fisheries, Phnom Penh, Kingdom of Cambodia.
- Yıldız, D., 2011. Hidroelektrik Enerji Politikaları ve HES Projeleri, Elektrik Mühendisliği, 442.
- Yumurtacı, Z. ve Karakoyun, Y., 2010. Hidroelektrik Santral Projelerinde Çevresel Akış Miktarının ve Çevresel Etkinin Değerlendirilmesi, İstanbul.
- Zappia, H. ve Hayes, D. C., A Demonstration of the Instream Flow Incremental Methodology, Shenandoah River, Virginia.
http://va.water.usgs.gov/online_pubs/WRIR/98-4157text.pdf 10 Mart 2016

ÖZGEÇMİŞ

Mehmet Murat KEPEKÇİ 1985 tarihinde KİLİS'te doğdu. İlk ve orta öğretimini İstanbul'da tamamladıktan sonra 2003 yılında girdiği İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği bölümünden 2008 yılında mezun oldu. 2 yıl özel sektörde çalıştıktan sonra 2011 yılında Giresun Afet ve Acil Durum Müdürlüğü'nde 3 yıl görev yaptı. Bu görevi sırasında Karadeniz Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Hidrolik Ana Bilim Dalı'nda yüksek lisansa başlamıştır. 2015 yılından itibaren Türk Standardları Enstitüsü Tuzla Yangın ve Akustik Laboratuvarı Müdürlüğü'nde Uzman Yardımcısı olarak görevini sürdürmektedir.