

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KÜÇÜK HİDROELEKTRİK SANTRALLERDE
CANSUYUNUN BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş. Müh. M. Hayri SÜLÜKİ

Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ
Enstitü Bilim Dalı : HİDROLİK
Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Mehmet SANDALCI

Haziran 2010

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KÜÇÜK HİDROELEKTRİK SANTRALLERDE
CANSUYUNUN BELİRLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş. Müh. M.Hayri SÜLÜKİ

Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Enstitü Bilim Dalı : HİDROLİK

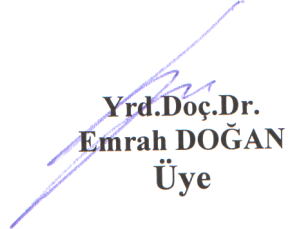
Bu tez 01/ 06 /2010 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.



Yrd. Doç. Dr.
Mehmet SANDALCI
Jüri Başkanı



Doç. Dr.
İbrahim YÜKSEL
Üye



Yrd.Doç.Dr.
Emrah DOĞAN
Üye

TEŞEKKÜR

Bu çalıŐmayı yöneten ve çalışmanın her aşamasında değerli bilgilerinden istifade ettiğim, yakın ilgisini esirgemeyen saygı değer hocam Yrd. Doç. Dr. Mehmet Sandalcı'ya teŐekkürlerimi arz ederim.

Bu çalıŐmaya baŐlamamda ve tez konusu belirlemede bilgi ve tecrübesini benden esirgemeyen kıymetli dayım Yıldız Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Kurucu Bölüm Başkanı, Emekli Öğretim Üyesi Prof. Adem BaŐtürk'e teŐekkürlerimi arz ederim.

Bu çalışmada en az benim kadar emeği olan, tezin adım adım her aşamasında yer alan, bilgi ve tecrübesini benden esirgemeyen Yıldız Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü hocalarından Yrd. Doç. Dr. Bülent Goncalıoğlu'na teŐekkürlerimi arz ederim.

Yüksek lisans eğitimi süresince desteğini esirgemeyen aileme ve dostlarıma teŐekkürlerimi arz ederim.

Mustafa Hayri SÜLÜKİ

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	v
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vi
TABLolar LİSTESİ.....	vii
ÖZET	viii
BÖLÜM 1. GİRİŞ.....	1
1.1.Konunun Önemi.....	1
1.2. Çalışmanın Amacı.....	2
BÖLÜM 2. KÜÇÜK HİDROELEKTRİK SANTRALLER VE CANSUYU HESAP YÖNTEMLERİ	6
2.1. Küçük Hidroelektrik Santraller	6
2.1.1. Küçük hidroelektrik santrallerin sınıflandırılması	6
2.1.2. Küçük hidroelektrik santrallerin önemi	8
2.1.3. Küçük hidroelektrik santrallerin olumlu olumsuz yönleri	9
2.1.3.1. Olumlu yönleri.....	9
2.1.3.2. Olumsuz yönleri	10
2.1.4. Dünya'daki hidroelektrik enerji potansiyeli	10
2.1.5. Türkiye'de hidroelektrik enerji potansiyeli	13
2.1.5.1. Hidroelektrik enerji potansiyelimiz.....	14
2.1.5.2. Hidroelektrik enerji potansiyel gelişiminin bugünkü durumu.....	15
2.1.5.3. Türkiye'nin yıllık hidroelektrik enerji üretimi ve dağılımı.....	16
2.2.Hidroelektrik Santrallerde Cansuyu Hesabı.....	18
2.2.1. Hidrolojik yöntemler.....	19
2.2.1.1. Tennant (Montana) yöntemi	20
2.2.1.2. 7Q10 Düşük akımı yöntemi.....	22

2.2.1.3. Yıllık minimum akımlar serisi yöntemi	23
2.2.1.4. Diğer 7Q düşük akım yöntemleri	24
2.2.1.5. Debi süre aşılma yüzdeleri yöntemi	24
2.2.1.6. Islak çevre yöntemi.....	25
2.2.1.7. Akuatik baz akım yöntemi.....	25
2.2.2. Hidrolik oran yöntemi.....	25
2.2.3. Habitat simülasyonu yöntemleri	25
2.2.4. Holistik yöntemler	26
BÖLÜM 3. ÇALIŞMA SAHASI VE AKIM GÖZLEM VERİLERİ.....	27
3.1. Çalışma Sahası Hakkında Bilgi.....	27
3.1.1. Çalışma Sahası Coğrafi Konum.....	27
3.1.2. Çalışma sahası bitki örtüsü	31
3.1.3. Çalışma sahası iklim özellikleri.....	32
3.1.4. Çalışma sahası flora fauna özellikleri	33
3.1.4.1. Flora özellikleri	33
3.1.4.2. Fauna özellikleri	35
3.2. DSİ 1413 Nolu Akım Gözlem İstasyonuna Ait Veriler.....	37
BÖLÜM 4. CANSUYU HESABI	42
4.1. Tennant Yöntemine Göre Cansuyu Hesabı.....	42
4.2. 7Q10 Yöntemine Göre Cansuyu Hesabı.....	46
4.3. Yıllık Minimum Akımlar Serisi Yöntemine Göre Cansuyu Hesabı	50
BÖLÜM 5. SONUÇLAR	52
EKLER.....	57
ÖZGEÇMİŞ	62

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

AGİ	: Akım Gözlem İstasyonu
DMİ	: Devlet Meteoroloji İşleri
DSİ	: Devlet Su İşleri
EİEİ	: Elektrik İşleri Etüt İdaresi
GWh	: Gigawatt Saat
HES	: Hidroelektrik Santral
HPP	: Hydroelectric Power Plants
IHA	: International Hydropower Association
km	: Kilometre
km ²	: Kilometrekare
kWh	: Kilowatt Saat
MAM7	: Yıllık Ortalama 7 Günlük Akış
MW	: Megawatt
sn	: Saniye
Sy	: Standart Sapma
TWh	: Terawatt Saat
Q75	: Zamanın %75 inde Aşılması Beklenen Akış
Q95	: Zamanın %95 inde Aşılması Beklenen Akış
YAGİ	: Yıllık Akım Gözlem İstasyonu
μ_y	: Ortalama
7Q2	: 2Yıllık Periyottaki 7 Günlük Düşük Akış Debisi
7Q5	: 5 Yıllık Periyottaki 7 Günlük Düşük Akış Debisi
7Q10	: 10 Yıllık Periyottaki 7 Günlük Düşük Akış Debisi
7Q20	: 20 Yıllık Periyottaki 7 Günlük Düşük Akış Debisi

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Hidroelektrik Santral Genel Formülasyonu.....	4
Şekil 1.2. Hidroelektrik Santral Sualma Yapısı ve Cansuyu Bırakılması Görünümü .	4
Şekil 2.1. Türkiye'nin Yıllık Ortalama Enerji Üretim Oranları (Şubat 2007)	17
Şekil 2.2. Türkiye HES Potansiyelinin Proje Seviyelerine Göre Dağılımı	17
Şekil 3.1. Çalışma Sahası Bölgesi	28
Şekil 3.3. DSİ 1413 Nolu AGİ 'ye Ait 1977-2008 Yılları Arası Akımların Aylık Ortalamalar Grafiği.....	38
Şekil 3.4. DSİ 1413 Nolu AGİ 'ye Ait 1999-2008 Yılları Arası Akımların Aylık Ortalamalar Grafiği.....	39
Şekil 4.1. 1999-2008 Yılları Arası Aylık Ortalama Akımların Değişimi Grafiği	43
Şekil 4.2. 1999-2008 Yılları Arası Yıllık Ortalama Akımların Yıllara Göre Değişimi.....	44
Şekil 4.3. Tennant Yönteminde Farklı Kalite Sınıfları İçin Kullanılan Yüzdelerin ve Yıllık Ortalama Akımın Grafikselsel Görünümü.....	44
Şekil 4.4. 1999-2008 Yılları Arası 7Q10 Yöntemine Göre Yıl İçerisindeki Minimum Akımlar Grafiği.....	47
Şekil 4.5. 1999-2008 Yılları Arası 7Q10 Yöntemine Göre Yıl İçerisindeki Minimum Akımlar ve Ortalamaları Grafiği.....	48
Şekil 4.6. 1979-2008 Yılları Arasında Yıl İçerisindeki Minimum Akımlar ve Ortalamaları Grafiği.....	49

TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1. Dünya'da Teknik ve Ekonomik Hidroelektrik Kapasitenin Dağılımı	11
Tablo 2.2. Türkiye'deki HES Proje Seviyeleri	18
Tablo 2.3. Tennant Yönteminde Farklı Kalite Sınıfları İçin Kullanılan Yüzdeler	21
Tablo 3.1. Proje Alanı ve Yakın Çevresinin Flora Türleri	35
Tablo 3.2. Faaliyet Alanı ve Çevresinde Bulunan Fauna Türleri (Kuşlar).....	36
Tablo 3.3. Faaliyet Alanı ve Çevresinde Bulunan Fauna Türleri (Sürüngenler).....	36
Tablo 3.4. DSİ 1413 Nolu Akım Gözlem İstasyonuna Ait 1977-2008 Yılları Arası Akım Verileri	37
Tablo 3.5. DSİ 1413 Nolu AGİ 'ye Ait 1977-2008 Yılları Arası Akımların Aylık Ortalamalar	38
Tablo 3.6. DSİ 1413 Nolu AGİ 'ye Ait 1999-2008 Yılları Arası Akımların Aylık Ortalamalar	39
Tablo 3.7. DSİ 1413 Nolu AGİ 'ye Ait 1999-2008 Yılları Arası 7 Günlük Ardarda Tekrarlanan En Düşük Akımlar	40
Tablo 3.8. DSİ 1413 Nolu AGİ 'ye Ait 1955-2008 Yılları Arası Yıl İçerisindeki Minumum Akımlar	41
Tablo 4.1. DSİ 1413 Nolu AGİ 'ye Ait 1999-2008 Yılları Arası 7Q10 Akımları Ortalamaları	46
Tablo 4.2. 1955-2008 Arası Minumum Akımların Toplam, Ortalaması ve Standart Sapması.....	50
Tablo 5.1. Hesaplar Sonucu Bulunan Değerlerin Karşılaştırılması.....	52

ÖZET

Anahtar kelimeler: Ekolojik Debi, Minimum Debi, Düşük Akım, Cansuyu

Su kaynaklarını geliştirme projeleri kapsamında akarsular üzerinde yapılan su yapıları su miktarı ve su ekosistemi üzerinde bir etki oluşturmaktadır. Gerçekleştirilen projelerde tüm bu etkiler göz önüne alınarak sucul ekosistemin devamlılığı sağlanmalıdır. Bu nedenle su yapılarının boyutlandırılması kapsamında gerçekleştirilen proje hidrolojisi çalışmalarında mansaba bırakılacak cansuyunun (minimum akımın-ekolojik debi) belirlenmesi gerekmektedir.

Cansuyu hesabı; içme ve sulama suyu temininde, hidroelektrik santrallerden verilecek minimum etek suyu hesabında, su kirliliğine yönelik çalışmalarda ve akarsulardaki ekolojik değerlerin sürdürülebilirliği için gerekli su miktarının belirlenmesinde kullanılmaktadır.

Bu çalışmada akarsulardaki ekolojik dengenin korunması için hidroelektrik santrallerden akarsu yatağına bırakılacak minimum debinin belirlenmesi konusu incelenmiştir. Literatürde bu debinin hesabında çeşitli ülkeler tarafından kullanılan pek çok metot mevcuttur. Geçen yıllar boyunca bu metotların bir kısmı ülke şartlarına göre modifiye edilmiş ve ilgili ülkeler tarafından da kullanılmaya başlanmıştır. Bu amaçla kullanılan literatür formüllerinin yaygın olarak kullanılanları verilmiş ve seçilmiş bir akarsu gözlem istasyonu verileri kullanılarak örnek uygulama yapılmıştır.

ESTIMATION OF MINIMUM DISCHARGE FOR HYDROELECTRIC POWER PLANTS

SUMMARY

Key Words: Ecological Flow, Minimum Flow, Low Flow, Instream Flow

Water infrastructures, which are constructed in riverbeds within the context of water resource development projects, led to some impacts on water quantity, water quality and also water ecosystem. All of these impacts shall be taken into consideration to maintain the sustainability of water ecosystems. On this account, for the design of water infrastructures, determination of required amount of low flow in order to protect the water ecosystem in downstream of a river appears to be an important problem.

Low flow calculations are mainly used for drinking and potable water supply, calculation of minimum water discharge from hydroelectric power plants, water pollution studies and determination of water quantity for sustainability of stream ecological values.

In this study, it is aimed to determine the minimum discharge from a Hydroelectric Power Plant (HPP) in order to maintain the ecological balance of a stream. Various methods used by different countries exist in literature for calculation of low flow. Throughout years, some of these methods are modified according to the country conditions and later used by related countries. In this context, widely used formulas in literature are presented and sample implementation is made by using data from selected gauging stations.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

1.1.Konunun Önemi

Su kaynaklarının insanlar tarafından kullanılması nedeniyle tatlı su, deniz suyu, kıyusal ve karasal biyo-çeşitlilik tehdit altına girmiştir. Global tehdit karasal omurgalılar için %11-25, tatlı su grupları için %13- 65 dir. Büyük barajların tatlı su kaynakları üzerindeki etkileri üzerinde durulurken, bu yapıların karasal biyoçeşitlilik üzerindeki önemli etkileri görmemezlikten gelinmemelidir [1].

Dünyadaki nehirlerin akışı %60 oranında kontrol edilmektedir. 40,000 den fazla büyük baraj vardır. 150 m yükseklikten fazla olan baraj sayısı ise 100 adetten fazladır. Barajların ve rezervuarların inşası tatlı sulardaki biyolojik çeşitliliği çeşitli şekillerde etkilerler. Uluslararası anlaşmalar ve kuruluşlar, insanların biyoçeşitlilik üzerindeki olumsuz etkilerini en aza indirgeyebilmek için standartlar geliştirmişlerdir. Ekosistemde en tehlikede olanlar tatlı su organizmalarıdır. Barajlar bu tehlikenin başlıca sebeplerinden biri olup, verdikleri zararın en büyük kısmı nehirlerin doğal akış düzenlerini bozmalarından ve su canlılarının göç yollarını tıkamalarından kaynaklanmaktadır. Bu durum barajlara ve işletilmelerine karşı itirazlara sebep olmaktadır [1].

Diğer taraftan, sosyo-ekonomik ve kültürel etkiler de barajın inşaat aşamasından itibaren olumlu ve olumsuz şekilde oluşmaktadır. Yapım aşamasında su altında kalan arazinin niteliği ve büyüklüğüne bağlı olarak yapılan kamulaştırma neticesinde iç-dış göç olayları yaşanmakta ve arazinin kıymeti değişmektedir. Ancak yapım aşamasında iş gücü akımı sebebiyle yöresel ekonomi canlanmakta alt yapı hizmetleri ile sosyal hizmetler (okul, sağlık tesisi vb.) özellikle entegre projelerde olumlu etki yapmaktadır.

Hidroelektrik santraller ve barajlar iklimsel, hidrolojik, ekolojik, sosyo-ekonomik ve kültürel etkilere sahiptir. Üretime geçen bir hidroelektrik santralin su toplama kısmı (baraj gölü), çevresel etki yaratmaktadır. Baraj gölünün yüzey alanı itibariyle nehre göre daha geniş olması ve buharlaşmanın artmasından dolayı iklimsel etkiler oluşmaktadır. Bu şekilde havadaki nem oranı artmakta ve hava hareketleri değişmekte sıcaklık, yağış, rüzgar olayları farklılaşmaktadır. Bu durumda yöredeki doğa bitki örtüsü tarım bitkileri sucul karasal hayvan varlığı ani bir değişim içine girmekte uyum sağlayabilen türler yaşamlarını devam ettirmektedirler [2].

Barajların inşasından sonra mansap kısmında akış koşulları işletme koşullarına bağlı olarak değişmekte ve özellikle pik değerler kaybolmaktadır. Doğal ortamdaki bu akış miktarındaki değişimler ekosistemdeki canlılar için zamanlama açısından birer göstergedir. Sudaki yaşam için önemli olan bu doğal akış değerleri baraj yapımından sonra ekolojik değerini yitirmekte ve canlıların hareketliliğinin düzeni bozulmaktadır [1].

Depolamalı ve depolamasız hidroelektrik santral projelerinde de, işletme aşamasındaki etkilerin yanı sıra, santralin işletmeye alınmasından önce baraj gölünün doldurulması sırasında su tutulması nedeniyle de su miktarı, kalitesi ve dolayısıyla mansaptaki sucul yaşam üzerine etkiler söz konusudur.

Nehir tipi hidroelektrik santrallerde ise iletim tüneli ile geçilecek kesimde akımın azalması sonucu su kalitesi ve sucul canlılar üzerine muhtemel etkiler işletme aşaması boyunca söz konusudur. Su tutma sırasında su kalitesinin ve sucul yaşamın korunabilmesi için gerekli minimum akımın mansapta sağlanması yoluyla bu tür etkiler önlenmektedir.

1.2. Çalışmanın Amacı

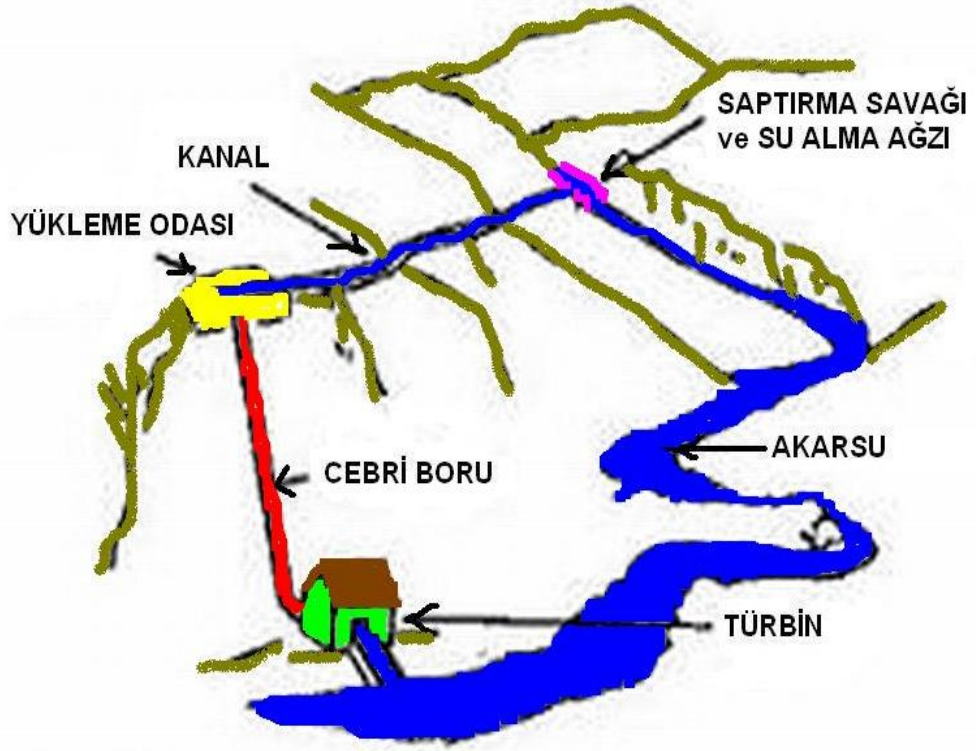
Dünyada çevre bilincinin gelişmesiyle birlikte su kaynakları yönetiminde suyun nerede ve ne miktarda bulunduğu yanında, suyun kalitesi ve ekosistemin korunması da göz önüne alınmaya başlamıştır. Böylece günümüzde tüm bu

unsurların koruma ve kullanma esaslarına göre birlikte değerlendirildiği "akılcı kullanım" ilkesi paralelinde bir Nehir Havzaları Yönetimi anlayışı ortaya çıkmıştır.

Su kaynakları geliştirme projeleri kapsamında nehirler üzerinde yapılan yapılar ile su miktarı, kalitesi ve dolayısıyla da su ekosistemi üzerinde bir etki oluşmaktadır. Gerçekleştirilen projelerde tüm bu etkiler göz önüne alınarak, ekonomik ve ekolojik değerlerin sürdürülebilirliği sağlanmalıdır. Bu nedenle su yapılarının boyutlandırılması kapsamında gerçekleştirilen proje hidrolojisi çalışmalarında aşağıya bırakılacak cansuyunun (minimum akımın-ekolojik debi) belirlenmesi gerekmektedir.

Cansuyu, akarsulardaki habitatların sürdürülebilirliği için gerekli olan akış miktarı olarak tanımlanır. Cansuyu, uzun yıllık ortalama akış, düzensiz taşkın olayları ve düşük akımları içeren akımların değişkenliği gibi akış koşullarını kapsayabilir [3].

Akarsularda yapılacak olan regülatörler ve hidroelektrik santrallere ilişkin genel proje formülasyonu aşağıda verilmektedir. (Şekil 1.1). Bu projelerde hidroelektrik enerji üretimi için gerekli olan su regülatörden alınarak ekolojik canlılar için gerekli olan cansuyu mevcut yatağa bırakılıp , regülatörden alınan su belirli bir kota kadar taşınmakta ve buradan cebri boru vasıtasıyla HES'e düşürülerek enerji üretilmektedir (Şekil 1.2). Böylece regülatör ile HES arasında kalan nehir yatağındaki canlı hayatının devamı için gerekli olan cansuyunun (ekolojik debi) hesabı önem kazanmaktadır. Bununla birlikte belirlenecek olan su miktarı, enerji üretiminde kullanılmayacağı için projenin rantabilitesini de etkilemektedir [4].



Şekil 1.1. Hidroelektrik Santral Genel Formülasyonu



Şekil 1.2. Hidroelektrik Santral Sualma Yapısı ve Cansuyu Bırakılması Görünümü

Günümüzde bir nehrin biyolojik ihtiyaçlarına dayanan akışın yönetimi konusunda yönetmelikler henüz mevcut değildir. Ancak nehirdeki yaşamın varlığını sürdürebilmesi için bırakılması gereken su miktarının belirlenmesi amacıyla kullanılabilir pek çok metot vardır. Her metotta sucul topluluklar (canlılar) için en önemli şeyin ne olması gerektiği farklıdır. Bu nedenle bu metotlar farklı kabullere dayanmaktadır [4].

Bu çalışmada yukarıda verilen bilgiler çerçevesinde hidroelektrik santrallerin su alma yapısı ile hidroelektrik santral sonrası kuyruk suyu ile mevcut dere yatağı birleşimi arasında olması gereken ekolojik ihtiyaç debisinin bu metotlara göre hesaplarının karşılaştırılması yapılmıştır.

BÖLÜM 2. KÜÇÜK HİDROELEKTRİK SANTRALLER VE CANSUYU HESAP YÖNTEMLERİ

2.1. Küçük Hidroelektrik Santraller

Türkiye de; hızlı nüfus artışına ve sosyo ekonomik gelişime paralel olarak artan enerji ihtiyacının karşılanmasına yönelik olarak, günümüze kadar genellikle büyük hidroelektrik santral (HES) projeleri geliştirilmiştir. Ancak, yenilenebilir enerji özelliğine sahip olan küçük hidroelektrik santraller, kolay inşa edilebilmeleri, çevreye olumsuz etkilerinin ihmal edilebilir düzeyde olması ve kırsal kesimde sosyo-ekonomik yapının iyileştirilmesine katkıda bulunmaları nedenleriyle, dünyada giderek artan bir eğilim göstermektedirler. Bu sebeple, Türkiye’ de ilave hidroelektrik enerji potansiyelinin yeniden belirlenerek, küçük HES potansiyelinin tespit edilmesi önem arz etmektedir.

2.1.1. Küçük hidroelektrik santrallerin sınıflandırılması

Hidroelektrik santralleri değişik kriterlere göre sınıflandırmak mümkündür. Ülkelerin ekonomik yapılarındaki ve hidrolik potansiyellerindeki özelliklerin farklılıklar göstermesi tüm ülkeler için standart bir sınıflandırma sistemine gitmeyi engellemektedir. Bu nedenlerle çeşitli ülkelerde farklı sınıflandırma sistemleri kullanılmaktadır, sınıflandırmada şu kriterler göz önüne alınabilir [5].

- Su ekonomisi yönünden sınıflandırma
- Enerji ekonomisi yönünden sınıflandırma
- Teknik özelliklerine göre sınıflandırma
- Topografik duruma göre sınıflandırma

Çeşitli ülkelerde olduğu gibi ülkemizde de küçük hidroelektrik santrallerin sınıflandırması santralin kurulu gücüne göre yapılmaktadır. Ancak ülkelerin ekonomik ve teknolojik özelliklerine göre küçük hidroelektrik santrallerin tesis gücünün sınırları değişik değerler almaktadır. Küçük hidroelektrik santrallerin sınıflandırılması, ülkelerin ekonomik yapılarına ve hidrolik potansiyeline göre yapılmaktadır. Buna göre:

- Kurulu gücü: 0 – 100 KW arasında olanlar mikro HES
- Kurulu gücü: 101 – 1000 KW arasında olanlar mini HES
- Kurulu gücü: 1001 – 10000 KW arasında olanlar küçük HES

olarak kabul edilmiştir [5].

Türkiye’ de; küçük HES projelerinin geliştirilmesi ve uygulanmasına yönelik bugüne kadar yapılmış kapsamlı bir çalışma çok nadir bulunmaktadır. Dünyada, küçük HES potansiyelinin payı toplam potansiyel içerisinde % 5 -10 arasında değişmektedir. Başta Çin ve Hindistan olmak üzere, birçok ülkede küçük HES projeleri geliştirilerek, havzaların memba kesimlerindeki su ve düşü potansiyeli değerlendirilmekte ve böylece kırsal kesim ile dağlık bölgelerdeki enerji ihtiyacı karşılanmaktadır .

Türkiye’nin hidroelektrik potansiyeline ilişkin olarak yukarıda verdiğimiz bilgilere göre kurulu gücü 10 MW’ dan küçük HES’lerin payı yaklaşık % 2 – 3 civarındadır. Ancak, ülkemizin topografik ve hidrolojik koşulları göz önünde bulundurulduğunda, havzalarda bugüne kadar etüdü yapılmamış akarsular üzerinde, daha çok küçük kapasiteliler olmak üzere birçok hidroelektrik santral kurulabileceği düşünülmektedir.

Ekonomik HES potansiyelimizin değerlendirilmesine yönelik çalışmalarda, bugüne kadar daha çok akarsularımızın ana kol ve önemli yan kolları üzerindeki HES imkânları tespit edilmiştir. Bundan böyle yapılacak çalışmalarda ise, ağırlıklı olarak küçük akarsular üzerinde çalışmaların yoğunlaştırılmasında yarar görülmektedir.

Böyle bir çalışma, hem değerlendirilmemiş HES potansiyelinin, hem de özellikle küçük HES imkânlarının ortaya çıkarılmasını sağlayacaktır .

2.1.2. Küçük hidroelektrik santrallerin önemi

Ülkemizin topografik ve hidrojeolojik yapısı ve bazı yörelerdeki yağış yoğunluğu büyük su potansiyeli yanında, küçük hidroelektrik su potansiyelinin de yaygın olarak bulunmasına olanak sağlamıştır. Elektrik İşleri Etüt İdaresi tarafından yapılan bir araştırmaya göre küçük hidroelektrik santrallerden 13,9 TWh/yıl enerji üretilbileceği hesaplanmıştır[6]. Bu oran toplam ekonomik hidroelektrik potansiyelimizin % 12'sini oluşturmaktadır ve detaylı araştırmalarla bu oran daha da yükseltilebilir.

Küçük hidroelektrik santraller toplam enerji üretimine katkıları yanında politik ve sosyal açıdan da önemlidirler, Küçük yerleşim yerinin aydınlatılması ile birlikte enerjinin küçük sanayi tesislerinde, el sanatlarının geliştirilmesinde ve tarımda kullanılması sağlanarak bölgenin kalkınmasına büyük ölçüde katkıda bulunulmuş olacaktır.

Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler artan enerji ihtiyaçlarını karşılamak için küçük hidroelektrik santrallere özel bir önem vermektedirler. Bu ülkelerde küçük hidroelektrik santralleri büyüklerin bir alternatifi olarak değil, tamamlayıcısı olarak düşünmektedirler. Kırsal kesim alanına giren köy, mahalle ve çiftlik gibi yerleşim ünitelerinin enerji ihtiyacının küçük akarsular üzerine kurulan küçük hidroelektrik santrallerden sağlanması ve üretime yönelik olan bu yatırımların yapılması daha ekonomik olmaktadır [7].

Büyük enerji üretim projelerinde kullanılan her türlü donanımın ithal edilmesi, mali kaynakları zorlamakta ve bu durum ülke ekonomisini olumsuz yönde etkilemektedir. Halbuki çok kısa bir sürede inşa edilebilecek ve tamamen yerli imkanlarla gerçekleştirilebilecek olan bu santraller derhal işletmeye açılarak üretime katkı sağlanabilir [7].

2.1.3. Küçük hidroelektrik santrallerin olumlu olumsuz yönleri

Küçük HES'ler büyük HES'lerin alternatifi değil, onların tamamlayıcısıdır. Bu santrallerin üstünlüklerini ve zayıf yönlerini aşağıdaki gibi sıralayabiliriz [4].

2.1.3.1. Olumlu yönleri

- Enerji konusu yurdumuz için hala güncelliğini korumakta ve daha uzun süre de koruyacak gözükmektedir. Bunun sebep alacağı olumsuz etkilerin giderilebilmesi için tüm enerji kaynaklarımızın değerlendirilmesi gereklidir. Küçük HES'ler bu konuda önemli bir açığı kapatabilirler.
- Ulaşımı güç olan ve ulusal sistemden beslenemeyen kırsal bölgelerdeki köy ve diğer birimlerin enerji ihtiyacını karşılar. Böylece bu bölgelerin sosyo-ekonomik ve kültürel gelişmelerinin hızlanmasına yardım eder.
- Kırsal bölgelerin yakıt bulma ve taşıma problemlerine çözüm getirir.
- Yakıtlı santrallere nazaran düşük işletme maliyeti ile elektrik enerjisi üretir.
- Bakımları kolay, ucuz ve hizmet süreleri ise uzundur.
- Küçük hidroelektrik santrallerde üretilen enerji genellikle bölgede kullanıldığı için uzun iletim şebekelerine lüzum yoktur. Bu durum iletim hatlarındaki enerji kayıplarını ortadan kaldırmaktadır.
- Çevre kirliliği, günümüzde önemli boyutlara ulaşmıştır. Küçük ve çok küçük hidroelektrik santrallerin çevreye etkileri yok denecek kadar azdır.
- Küçük hidroelektrik santrallerin türbin-jeneratör gruplarının tipleştirilerek standart hale getirilmeleri kolaydır. Böylece makine yapımı ucuz olur. Bakım ve işletme sorunları en aza iner. Türbin-jeneratör ve transformatörün bir blok halinde ve otomatik işler şekilde yapılmasıyla aynı bölgedeki çok sayıda santral bir tek teknisyen tarafından kontrol edilebilir. Bunun sonucu olarak işletme maliyeti azalır.
- Su türbinleri yapımı ile ilgili endüstri kurma çalışmaları günümüzde son aşamaya ulaşmıştır, küçük ve çok küçük hidroelektrik tesislerin makinelerin tümünün ülkemiz endüstri imkanlarıyla, döviz sarf etmeden inşa edilebileceği ispatlanmıştır. Küçük

kapasiteli ünitelerin imal edilmesiyle bu konuda bilgi birikimi artacak ve yakın bir gelecekte daha büyük kapasiteli ünitelerin imalatı tamamen yerli imkanlarla gerçekleştirilebilir.

– Büyük hidroelektrik projelerin inşa süresi ortalama 10 yıldır. Yabancı kredi temin sorunları ve devletin sınırlı imkanları nedeniyle büyük hidroelektrik santraller programlarına göre gecikerek devreye girmektedirler. Küçük hidroelektrik santraller, toplam yatırım bedelleri büyük meblağ tutmadığından kısa sürede inşa edilebilirler.

2.1.3.2. Olumsuz yönleri

– Küçük HES'lerde 1 KW kurulu güç için gerekli yatırım maliyeti büyük santrallere göre oldukça yüksektir.

– Küçük HES'lerde enerji üretimi meteorolojik ve mevsimsel değişikliklere bağlı olarak dalgalanmalar gösterir. Ayrıca hidroelektrik santralın beslediği bölgelerdeki enerji ihtiyacı günün çeşitli zamanlarında değişmektedir. Bütün bu sebeplerden dolayı küçük HES'lerin verimleri düşük olur.

– Küçük HES'lerin işletme giderleri büyük santrallere nazaran fazladır. Türbin, jeneratör ve transformatörde standardizasyona gidilerek işletme ve personel ücretlerinin, üretilen KW'lı enerji başına düşen miktarı azaltılmalıdır.

– Yapılan yatırıma göre etütler için yapılan harcama masrafları fazladır. Bunu önlemek için tip projeler geliştirilmelidir.

– Çok sayıda küçük santral yapmak yerine bir tane büyük santral yapmak ülke ekonomisi yönünden daha faydalıdır.

– Üretimin devamı sistemin teknolojik özelliklerine bakım ve işletme politikalarına bağlıdır.

2.1.4. Dünya'daki hidroelektrik enerji potansiyeli

Toplumların sosyoekonomik gelişmelerinde başlıca etkenin, o ülkede tüketimde kullanılan enerji miktarı olduğu kabul edilmektedir. 20. yüzyılın başından itibaren hızla gelişen teknoloji, enerji üretimi ve tüketiminin hızlı bir şekilde artmasına neden

olmuştur. Gelişmelerin başlangıcında fosil kaynaklı birincil enerji kaynaklarının tükenir olmasına ve çevre kirliliği oluşturmaya karşın ucuz oluşu, bu enerji kaynaklarının kullanılmasına öncelik tanımıştır. Çevre kirliliğini oluşturmaması ve yenilenebilir olmasına karşın hidrolik kaynakların ilk yatırım maliyetlerinin pahalı olması ve uzun süreli araştırmaların gerektirmesi nedeniyle gereken önemi kazanmamıştır.

Teknolojik açıdan gelişmiş ülkeler, gelişmemiş ülkelerin birinci enerji kaynaklarını ucuza temin etmişlerdir. Bu durum petrole dayalı enerji üretimini önemli ölçüde arttırmıştır. Bu artış 1973-1974 yıllarına kadar sürmüştür. Bu yıllarda petrole yapılan yüksek zamlar bütün dünya ülkelerini bir enerji krizine sürüklemiştir. Bu olaydan sonra ülkeler kendi öz kaynaklarına dayalı enerji üretimine ağırlık vermeye başlamışlardır. Kalkınma planlarında dış ülkelere bağımlılığı azaltacak yönde tedbirler almışlardır. Bu çabaların sonucu olarak hidroelektrik enerjinin üretimi önemli ölçüde artmıştır. 1980 yılında dünya elektrik enerjisi üretiminin % 23'ü ve toplam enerji kullanımının % 5'i hidrolik enerjiden karşılanmıştır.

International Hydropower Association (IHA)'nın çalışmalarında, Dünyanın teknik hidroelektrik kapasitesi 14,2 trilyon kwh/yıl olarak hesap edilmektedir. Ekonomik Hidroelektrik Kapasite ise 8,1 trilyon kwh/yıl dır. Bu değerlerin dağılımı Tablo 2.1. de görülmektedir [9].

Tablo 2.1. Dünya'da Teknik ve Ekonomik Hidroelektrik Kapasitenin Dağılımı

KITA	Teknik Kapasite		Ekonomik Kapasite	
	(gwh/yıl)	%	(gwh/yıl)	%
Asya	6,800,000	47.8%	3,600,000	44.4%
Avrupa	1,035,000	7.3%	793	9.8%
Kuzey Amerika	1,665,000	11.7%	1,000,000	12.3%
Güney Amerika	2,700,000	19.0%	1,600,000	19.8%
Okyanusya	270	1.9%	107	1.3%
Afrika	1,750,000	12.3%	1,000,000	12.3%
TOPLAM	14,220,000		8,100,000	

Ülkelerin gelişmesinde vazgeçilmez bir öneme sahip olan enerji çok değişik biçimlerde elde edilebilir. Mevcut kaynakları doğrultusunda her ülke enerji üretmek için bir yol takip eder.

Kırsal bölgelerin enerji ihtiyacını karşılamak ve dolayısı ile bu bölgelerin sosyo ekonomik gelişmelerini sağlamak ülkelerin temel hedefleri arasındadır. Kırsal bölgelerin enerji ihtiyacını karşılamada, alternatif enerji kaynakları arasında küçük akarsulardan elde edilen hidroelektrik enerji ön sırayı almaktadır. Fazla harcama gerektirmemeleri, çabuk hizmete girebilmeleri ve kısa sürede kendilerini amorti etmeleri küçük HES'lerin tercih edilmelerini sağlamaktadır.

Bir hidroelektrik santralin (HES) kurulması için temel iki unsur olan su debisi ile hidrolik düşü değerleri üzerine, santral kurulacak olan nehrin, yağış alanının büyüklüğüne ve bu yağış alanına düşen yıllık yağış miktarına göre azalır veya çoğalır. Bir akarsu üzerine HES'in gücünün ve türbin jeneratör ünitelerinin sayısının tespitinde ortalama su debisinin iyi bir şekilde bilinmesi büyük bir önem taşır. Akarsu karakteristiğinin yanlış veya eksik bilinmesi, yapımı düşünülen HES için yanlış projelendirmeye neden olur.

Senenin yağışlı veya kurak geçmesine bağlı olarak su debisinin değişmesi sonucu su düşüşü de değişmektedir. Bu bilgileri elde edebilmek içinde uzun süre santral kurulacak alan içerisinde ön etütlerin ve gözlemlerin yapılması gerekir. Etütler neticesinde santralin kurulacak ünite adeti, gücü ve üretilebilecek olan güvenilir enerji miktarının tespiti yapılır.

Suyun enerji kaynağı olarak doğa ve teknikte görüntü şekilleri çok çeşitlidir. Su enerjisi nehir ve ırmaklarda kinetik enerji, yüksek dağlarda ve yaylalardaki doğal göllerde potansiyel enerji olarak karşımıza çıkmaktadır. Suyun akım enerjisi hidrolik santrallerdeki su türbinleri vasıtasıyla mekanik enerjiye, su türbinlerinin tahrik ettiği jeneratörler vasıtasıyla elektrik enerjisine çevrilmektedir.

Su türbinlerinden su kuvveti yardımıyla enerji üretebilmek için gerekli olan su hızının elde etmek üzere mutlaka bir düşme yüksekliğine (hidrolik düşüye) veya bu su düşüşüne uygun bir basınç farkının bulunmasına gerek vardır.

Su düşüsü veya hidrolik düşü deyiminde iki su yüzeyi arasındaki yükseklik farkı anlaşılır. Bir hidrolik santral tesisindeki düşü ise üst su yüzeyi ile alt su yüzeyi arasındaki, yani su girişi ile su çıkışı arasındaki yükseklik farkıdır. Bu su düşüsü brüt hidrolik düşüdür.

2.1.5. Türkiye’de hidroelektrik enerji potansiyeli

Ülkemiz hızlı bir sosyal ve ekonomik gelişim göstermektedir. Bu gelişmeye paralel olarak gereksinim duyulan elektrik enerjisini; öncelikle yerli enerji kaynaklarından elde etmek üzere projeler geliştirmeli ve gerekli yatırımlar yapılmalıdır. Kesintisiz, kaliteli, güvenilir ve ekonomik enerji elde etmek üzere hazırlanan projelerin; çevreye olumsuz etkilerinin en az olmasına dikkat edilmelidir.

Elektrik enerjisi üretiminde; fosil ve nükleer yakıtlı termik ve doğalgazlı santraller yanında hidroelektrik santrallerin yenilenebilir gibi önemli bir özelliği mevcuttur.

Elektrik enerjisi tüketimi ekonomik gelişmenin ve sosyal refahın en önemli göstergelerinden biridir. Bir ülkede kişi başına düşen elektrik enerjisi üretimi ve/veya tüketimi o ülkedeki hayat standardını yansıtması bakımından büyük önem arz etmektedir.

2004 yılı başı itibariyle Türkiye’de kişi başına elektrik enerjisi tüketimi brüt 2090 kWh’ye ulaşmış olmasına rağmen, bu rakamın Avrupa’da yaklaşık 6500 kWh/kişi ve dünya ortalamasının ise 2350 kWh/kişi olduğu dikkate alınır; ülkemiz için kişi başına düşen elektrik enerjisi tüketiminin oldukça düşük seviyede olduğu gözlenmektedir. Bu nedenle, başta hidrolik enerji olmak üzere, elektrik enerjisi arzının artırılmasının gereği ortadadır [7].

2.1.5.1. Hidroelektrik enerji potansiyelimiz

Hidroelektrik potansiyelin belirlenmesinde “brüt potansiyel” , “teknik potansiyel” ve “ekonomik potansiyel” kavramları önem taşımaktadır.

Bir akarsu havzasının hidroelektrik enerji üretiminin teorik üst sınırını gösteren brüt su kuvveti potansiyeli; mevcut düşü ve ortalama debinin oluşturduğu potansiyeli ifade etmektedir. Topografya ve hidrolojinin bir fonksiyonu olan brüt hidroelektrik enerji potansiyeli, ülkemiz için 433 milyar kwh mertebesindedir [9].

Teknik yönden değerlendirilebilir su kuvveti potansiyeli; bir akarsu havzasının hidroelektrik enerji üretiminin teknolojik üst sınırını göstermektedir. Uygulanan teknolojiye bağlı olarak düşü, akım ve dönüşümde oluşabilecek kaçınılmaz kayıplar hariç tutulmaktadır. Bölgede planlanan hidroelektrik projelerin teknik açıdan uygulanabilmesi mümkün olan tümünün gerçekleştirilmesi ile elde edilecek hidroelektrik enerji üretiminin sınırlarını temsil etmektedir.

Bu niteliğiyle teknik yönden değerlendirilebilir hidroelektrik potansiyel, brüt potansiyelin bir fonksiyonu olmakta ve çoğunlukla onun yüzdesi olarak ifade edilmektedir. Ülkemizin teknik yönden değerlendirilebilir hidroelektrik enerji potansiyeli 216 milyar kwh civarındadır.

Ekonomik olarak yararlanılabilir hidroelektrik potansiyel, bir akarsu havzasının hidroelektrik enerji üretiminin ekonomik optimizasyonunun sınır değerini gösteren, gerek teknik açıdan geliştirilebilmesi mümkün, gerekse ekonomik yönden tutarlı olan tüm hidroelektrik projelerin toplam üretimi olarak tanımlanabilir. Bir başka deyişle ekonomik olarak yararlanılabilir hidroelektrik potansiyel, beklenen faydaları (gelirleri), masraflarından (giderlerinden) fazla olan su kuvveti projelerinin hidroelektrik enerji üretimini göstermektedir.

Hidroelektrik santrallerin ekonomik yapılabilirliğinin hesaplanabilmesi için; enterkonnekte sistemde aynı enerjiyi üretecek kaynaklar gözden geçirilmekte ve en ucuz enerji kaynağı belirlenerek hidroelektrik santral (HES) projesi bu kaynakla

mukayese edilmekte ve ancak daha ekonomik bulunursa önerilmektedir. Ekonomik HES potansiyeli içindeki tüm projeler; termik santrallere göre rantabiliteleri daha yüksek projelerdir.

Ülkemizin 2006 yılı başı itibariyle tespit edilen teknik ve ekonomik hidroelektrik enerji potansiyeli 129,9 milyar kwh'dir. Bu potansiyel; en az ilk etüt seviyesindeki hidroelektrik projelerle, istikşaf (ön inceleme) ve master plan, fizibilite (planlama-yapılabilirlik), kesin proje, inşaat işletme ve bakım aşamalarından oluşan 747 adet hidroelektrik projenin toplam enerji üretim kapasitesini ifade etmektedir.

Havza gelişme planlarının farklı zamanlarda hazırlanmış olmalarından dolayı projeler sonraki tarihlerde ekonomik yönden tutarsız duruma gelebilmektedir. Bununla birlikte zaman içinde enerji fayda ve maliyetlerinde meydana gelen değişikliklere göre ekonomik bulunabilecek tesislerin, ilk etütlerde terkedilmiş olmalarına da rastlanılmaktadır. Bu nedenle havza gelişme planlarının belirli aralıklarla, özellikle enerji faydalarına esas teşkil eden alternatif referans santral grubundaki değişikliklerden sonra, tekrar gözden geçirilip değerlendirilmesi uygun olacaktır. Bunlara karşılık, su kaynaklarının geliştirilmesinde görev üstlenen EİE ve DSİ gibi kuruluşların yapmış oldukları, yeni enerji kaynaklarının yaratılmasına yönelik ilk etüt çalışmalarıyla bu potansiyele her yıl ilaveler olabilmektedir. Bütün bu olumlu ve olumsuz etkilerin de dikkate alınmasıyla, Türkiye'nin ekonomik hidroelektrik potansiyeli yıldan yıla ufak farklılıklar göstermekle birlikte bugün için 129,9 milyar kwh civarında olduğu kabul edilebilir.

Türkiye 433 milyar kwh brüt teorik hidroelektrik potansiyeli ile dünya hidroelektrik potansiyeli içinde %1 paya sahiptir. 129,9 milyar kwh ekonomik olarak yapılabilir potansiyeli ile Avrupa ekonomik potansiyeli içinde yaklaşık %15 hidroelektrik potansiyeline sahip bulunmaktadır.

2.1.5.2. Hidroelektrik enerji potansiyel gelişiminin bugünkü durumu

2004 yılı sonu itibariyle Türkiye'nin toplam kurulu gücü 36.824 MW olup, bunun 24.145 MW 'ı termik, 33,9 MW 'ı jeotermal ve rüzgar, 12.645 MW 'ı hidrolik

santrallere aittir. 2004 yılı toplam elektrik enerjisi üretimi ise 150.698 GWh olup, bunun 104.464 GWh'i (%74,2) termik, 151 GWh'i jeotermal ve rüzgar (%0,1), 46.084 GWh'i (%24,9) hidroelektrik santrallerden sağlanmıştır [9].

Hidroelektrik santrallerin üretimi, yağış koşullarına bağımlı olduğundan her yıl toplam üretim içindeki payı değişim göstermekle birlikte, Türkiye'de elektrik enerjisinin yaklaşık %20-30'u sudan üretilmektedir [9].

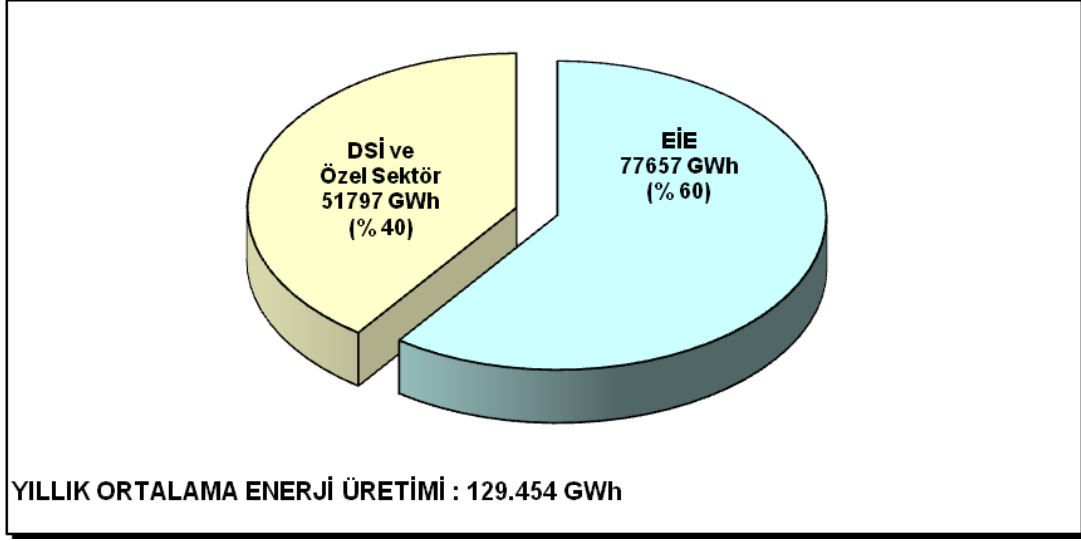
Bugün için 129,9 milyar kWh olan ekonomik hidroelektrik potansiyelimizin %35'i (45.930 GWh) işletmede, %8'i (10.518 GWh) inşa halinde ve %57'si (73.459 GWh) ise çeşitli aşamalardan oluşan projeler (ilk etüt ön inceleme, master plan, planlama ve kesin proje) düzeyindedir [9].

129,9 milyar kWh'lik yıllık ortalama enerji üretim değerini oluşturan 747 adet hidroelektrik santralın 142'si işletmede, 40'ı inşa halinde ve 565 adedi ise proje seviyesindedir.

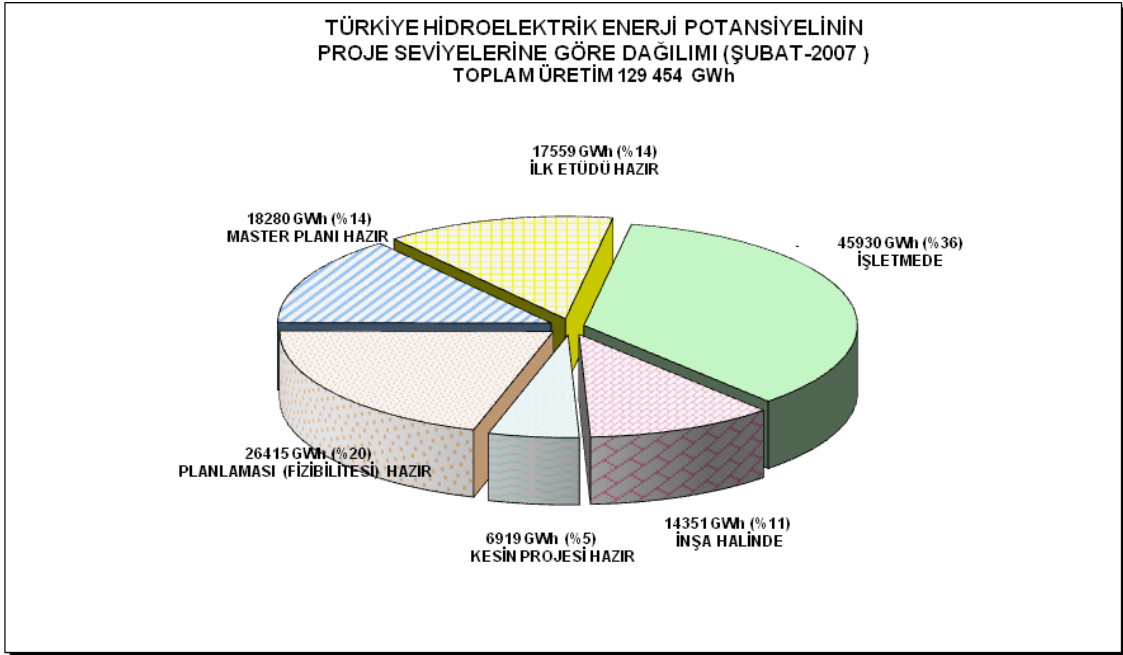
Türkiye'de hidroelektrik proje üretimiyle ilgili EİE ve DSİ gibi kuruluşların önemli görevlerinden biri de; ülkenin hidroelektrik potansiyelinin gelişimini temin edecek şekilde; tüm etüt ve proje hizmetlerinin ihtiyacı olan veri toplama faaliyetlerini yürüterek, havza master planlarını, baraj ve santrallerin ön inceleme, planlama ve proje çalışmalarını sürdürmektir. Hidroelektrik enerji potansiyelinin halen yararlanılmayan bölümünün gecikilmeden hizmete alınmasını sağlamak üzere ihtiyaç öncesinden yeterli miktarda projeyi hazır halde bulundurmak ilke olarak benimsenmiştir.

2.1.5.3. Türkiye'nin yıllık hidroelektrik enerji üretimi ve dağılımı

Türkiye'nin hidroelektrik üretim ve dağılımları ile Hidroelektrik Santral proje seviyeleri sırası ile Şekil 2.1, Şekil 2.2 ve Tablo 2.2'de verilmektedir [9].



Şekil 2.1. Türkiye'nin Yıllık Ortalama Enerji Üretim Oranları (Şubat 2007) [23]



Şekil 2.2. Türkiye HES Potansiyelinin Proje Seviyelerine Göre Dağılımı [23]

Tablo 2.2. Türkiye’deki HES Proje Seviyeleri

Hidroelektrik Santral Projelerinin Mevcut Durumu		Proje Sayısı	Kurulu Güç (MW)	Toplam Yıllık Hidroelektrik Enerji Üretimi				
				Güvenilir Enerji (GWh)	Toplam Enerji (GWh)	Oran (%)	Kümülatif Enerji (GWh)	Oran (%)
1.	İşletmede	142	12.788	33.560	45.930	35,50	45.930	35,5
2.	İnşa Halinde	41	4.397	8.817	14.351	11,10	60.281	46,6
3.	Gelecekte İnşa Edilecek	589	19.359	37.335	69.173	53,40		
3.1.	Kesin Projesi Hazır	13	2.356	4.630	6.919	5,30	67.200	51,8
3.2.	Planlaması (Fizibilitesi) Hazır	176	7.269	13.239	26.415	20,40	93.615	72,3
3.3.	Master Planı Hazır	99	5.260	10.773	18.280	14,10	111.895	86,4
3.4.	İlk Etüdü Hazır	301	4.474	8.693	17.559	13,60	129.454	100
	Toplam Potansiyel	772	36.544	79.712	129.454	100	129.454	100

2.2.Hidroelektrik Santrallerde Cansuyu Hesabı

Herhangi bir nehir ekosisteminin ihtiyaç duyduğu su miktarı ilgili literatürde “cansuyu ihtiyacı” olarak tanımlanmakta ve bu ihtiyaç çeşitli metotlarla hesaplanabilmektedir. Cansuyu ihtiyacının belirlenmesi ile ilgili çalışmalar 1970’li yıllarda başlamıştır. Basit metotlardan bilimsel temelleri iyi geliştirilmiş ve yaygın kullanım alanı bulmuş daha karmaşık metotlara doğru bir gelişme yaşanmıştır. Genellikle ekonomik açıdan değeri olan (balıkçılık faaliyeti) akarsularda cansuyu ihtiyacının belirlenmesi ile ilgili çalışmalar yapılmış ve bu nedenle balıkların yaşamları için gerekli olan su miktarı tüm nehir ekosisteminin ihtiyacı olarak tanımlanmıştır. Bu amaçla pek çok metot geliştirilmiş ve kullanılmaktadır [10].

Bu metotlardan kullanımı çok kolay olan Tennant Metodu, 7Q10 Metodu ve Yıllık Minimum Akımlar Metodu gibi metotlarla hesaplamalar yapılabilmektedir. Ancak bu metotlar birbirlerinden oldukça farklı sonuçlar verebilmektedir.

Nehirlerde cansuyu hesaplaması esas itibariyle mevcut ekosisteme göre yapılmakta ve çok detaylı çalışmalar gerektirmektedir. Nehrin biyolojik ihtiyaçlarına dayanan akışın yönetimi konusunda yönetmelikler henüz mevcut değildir.

Nehirdeki yaşamın varlığını sürdürebilmesi için bırakılması gereken su miktarının belirlenmesi amacıyla kullanılabilir pek çok yöntem vardır. Her yöntemde sucul topluluklar (canlılar) için en önemli şeyin ne olması gerektiği farklıdır. Bu nedenle bu yöntemler farklı kabullere dayanmaktadır.

Çalışmaların uzun süreler gerektirmesi dolayısıyla nehir havzası yönetiminde basit ve kolay hesap yöntemleri tercih edilmektedir. Ancak bu yöntemler kullanıldıkları nehirler için uygun sonuçlar verseler dahi diğer ülke uygulamalarında uygun olmayabilmektedirler.

Bu yöntemler oldukça çeşitli olup farklı ülkelerde farklı yöntemler kullanılmaktadır. Bunlar genel olarak aşağıdaki biçimde ayrılırlar [11].

1. Hidrolojik Yöntemler

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

2. Hidrolik Oran Yöntemleri

3. Habitat Simülasyon Yöntemleri

4. Holistik Yöntemler

2.2.1. Hidrolojik yöntemler

- Çevresel akış bilgisi günlük veya aylık akış bilgileri kullanılarak elde edilir.

- Çok hassas olmayan çevresel akış tahminleri çabuk ve kısa zamanda elde edilir.
- Su kaynaklarının geliştirilmesi çalışmalarında planlama safhasında uygun olduğu kabul edilir.
- Dünya çapında en yaygın olan hidrolojik yöntem Tennant (veya modifiye edilmiş Tennant)yöntemidir.
- İkinci olarak en yaygın yöntem ise akışın sürekliliğine dayanan Q95, Q75 yöntemleri ile düşük akış indislerine dayanan 7Q10, 7Q2 yöntemleridir..

2.2.1.1. Tennant (Montana) yöntemi

Tennant (veya Montana) yöntemi (1976) orijinal veya modifiye edilmiş haliyle en az 25 ülkede kullanılmaktadır. Bu yöntemin tercih edilmesinin en önemli nedeni basitliği ve kullanım kolaylığıdır.

Farklı iki 6 aylık periyot için akış rejimi, yaban hayatı, rekreasyon ve benzer çevresel değerlerle ilgili akış şartlarını tanımlamak için yıllık ortalama akışın bir yüzdesi kullanılır.

Tennant Yöntemi, Tennant (1975) tarafından Montana Bölgesi'ndeki nehirlerin akım ve ekolojik verileri esas alınarak geliştirilen ve "Montana Yöntemi" olarak da anılan bir ekolojik ihtiyaç debisi hesap tekniğidir. Tennant; Montana, Nebraska ve Wyoming'deki 11 akarsu üzerinde seçilen 58 istasyonda (enkesit) elde edilen akım ve sucul ekosistem gözlem sonuçlarını kullanmıştır. Söz konusu akarsu enkesitlerinden derlenen detaylı verilerle özellikle balık yaşamının özellikleri karakterize edilmiştir.

Bu kapsamda Akarsu yatak genişliği, su derinliği, hızı ve sıcaklığı, yatak örtüsü, balık göçleri, balıkçılık, botla avlanma, estetik ve doğal güzellikler vb. hususlar incelenmiştir. Tennant bu gözlem ve incelemeleri sonunda akarsudaki akım (debi) ile balık, yaban hayatı ve mesire bileşenleri arasındaki bir ilişki tespit etmiştir [12]. Tennant (1975) tarafından bulunan bu ilişki oldukça sınırlı sayıda veri ile

akarsulardaki sucul ekosistemin durumunu anlamaya ve test etmeye imkan veren standart bir yöntem halini almıştır. Bu yöntemde sadece akarsuyun ortalama debisi esas alınır ve ortalama debinin yüzdesi cinsinden ifade edilen debilere bağlı olarak Ekim-Mart ve Nisan-Eylül dönemlerinde akarsuyun doğal ekosistem kalitesi durumu tanımlanır (Tablo 2.3).

Bu suretle atıksu deşarjları ile kirletilmemiş temiz bir akarsuda kalite denetimi yapan merciler, sadece mevcut debinin yıllık ortalama %'si olarak miktarı ve içinde bulunan ayı dikkate alarak sucul ekosistem kalitesi ile ilgili hızlı, kolay ve isabetli bir değerlendirme yapabilmektedir.

Tablo 2.3.Tennant Yönteminde Farklı Kalite Sınıfları İçin Kullanılan Yüzdeler

Ekosistem için Kalite Sınıfı	Ekim-Mart Döneminde Önerilen Yıllık Ortalama Akımın %'si	Nisan-Eylül Döneminde Önerilen Yıllık Ortalama Akımın %'si
Maksimum	200	200
Optimum	60-100	60-100
Olağanüstü	40	60
Mükemmel	30	50
İyi	20	40
Orta	10	30
Minimum	10	10
Çok ciddi verim kaybı	0-10	0-10

Tennant Yöntemi akarsudaki ekosistem kalitesini sabit bir debiye (ekolojik ihtiyaç debisi) bağlı olarak izleyip garanti etmeyi hedefleyen standart bir metot olarak bilinmektedir. Böylece büyük emek, zaman ve mali harcama yapılmaksızın mevcut akarsu akım kayıtları kullanılmak suretiyle nehir ekosistemi kalite sınıfı hedeflerinin izlenmesi ve kontrolü sağlanabilmektedir.

Herhangi bir akarsuda Tennant Yöntemi'nin uygulanabilmesi için gerekli şartların ne olduğu konusunda tam anlamıyla kesin ve net bir kriter mevcut değildir. Bu yüzden, kullanımı çok basit olmakla birlikte Tennant Yöntemi'nin yerel şartlara göre revize edilmeden doğrudan uygulanması düşünülmemelidir. Bu kapsamda özellikle Tennant

tarafından önerilen iki dönem, akarsu havzasının yer aldığı iklim ve coğrafi şartlara göre farklılık gösterebilmektedir.

Örneğin Oklahama Nehri Havzasında araştırmalar yapan Orth ve Maughan (1981), Tennant Yöntemi'ndeki dönemlerin Temmuz-Aralık ve Ocak-Haziran olarak ayrılmasının sucul ekosistem kalitesinin izlenmesi bakımından daha anlamlı olduğunu tespit etmişlerdir.

Ayrıca akarsu ekosistem kalite izlemesi ve kontrolü amacıyla üzerinde yorum ve değerlendirmeye imkan tanımayan tek bir ekolojik ihtiyaç debisi tanımlayan Tennant Yöntemi'nin uygulanmasının çok da kolay ve yerinde olmadığı [13] ve özellikle eğimi %1'den büyük akarsular içinde ancak korumu maksatlı olarak ve ihtiyatla kullanılabilceği belirtilmektedir[14]. Ancak bütün bu eleştirilere rağmen Tennant Yöntemi, diğer alternatif yöntemlere (su yüzeyi profili modelleri, R2 enkesit yöntemi, ıslak çevre yöntemi vb.) göre daha yaygın olarak kabul görmektedir [15].

2.2.1.2. 7Q10 Düşük akımı yöntemi

7Q10 indisi en yaygın kullanılan indistir. 7Q10 indisi, günlük akış datasını kullanarak 10 yıllık periyottaki 7 günlük düşük akış olarak ifade edilir. Çeşitli ülkelerde çeşitli amaçlar için kullanılmıştır. Bunlar kabaca şu başlıklar altında toplanabilir.

- i. Atık sularla ilgili çalışmalar.
- ii. Kuraklık şartlarında habitatların korunması.
- iii. Sucul yaşam için kriter oluşturma.

Ancak bu metodun asıl kullanım alanı kirlilik kontrolü için su kalitesi standartlarının belirlenmesine katkıda bulunmaktır. Amerikan Balıkçılık ve Yaban Hayatı Servisi 1981 yılında, geçmişte bu metodun sucul yaşamın korunması için gerekli minimum akışın saptanmasında kullanımının hatalı olduğunu ifade etmiştir [4].

Caisse ve El-Jabi (1995) yaptığı çalışmada bu metodun sucul yaşam için gerekli olan su miktarından daha az bir miktarı işaret ettiği konusunda uyarıda bulunmuştur. Massachusetts eyaletinde ekosistemlerin korunması için gerekli olan su miktarı ile ilgili çalışmalar sonucunda da (2004) bu metodun bazen uygun sonuçlar verse de gerçekte daha fazla suya ihtiyaç olduğu belirtilmiştir [11].

2.2.1.3. Yıllık minimum akımlar serisi yöntemi

Yıllık minimum akımlar serisi yönteminde birçok ihtimal dağılım fonksiyonları kullanılabilir. Hidrolojide en çok kullanılan ihtimal dağılım fonksiyonu olarak Gumbel Dağılımı tercih edildiğinden dolayı burada da Gumbel Dağılımı kullanılmıştır.

Yıllık Minimum Akımlar Serisi Yöntemi kısaca şu şekildedir:

1) Yıl içindeki aylık akımlara ait minimum akımların ortalama (μ_y) ve standart sapması (S_y) bulunur.

2) Eklenik ihtimal dağılım fonksiyonu

Genel hali;

$$F(y) = \exp(-\exp(-\alpha(y - \beta))) \quad (2.1)$$

ile tanımlanan Gumbel Dağılımının α ve β parametreleri bulunur.

3) α ve β parametreleri (2.2) eşitliğinde verildiği gibidir.

$$\alpha = 1,282/S_y \quad , \quad \beta = \mu_y - (0,577/\alpha) \quad (2.2)$$

4) Gumbel dağılımı yardımı ile ancak zamanın % 5'inde aşılması (daha düşük debi gözlenmesi) beklenen kritik kurak dönem akımları bulunur.

$$Y_{0,05} = \beta - (1,097/\alpha) \quad (2.3)$$

Bu durumda ekolojik ihtiyaç debisi, zamanın % 95'inde akarsuda var olan veya zamanın % 5'inde aşılan günlük akım değerine karşılık gelir [13].

2.2.1.4. Diğer 7Q düşük akım yöntemleri

7Q10 akışı ile beraber daha başka 7Q akımları da mevcuttur. Bunlardan bazıları hem geçmişte kullanılmıştır hem de günümüzde kullanılmaktadır. Bu akımlar 7Q1, 7Q2, 7Q5, 7Q20 ve 7Q25 dir.

Amerika'da bazı bakanlıklar 7Q2 ve 7Q20 akışını habitatın bir ölçüsü ve ekosistemin korunması, dizayn , atıksu ve nehirden su alınması konusunda limitlerin belirlenmesi, sürekli ve süreksiz nokta kaynak akışları için temel dizayn akışının bulunması amacıyla kullanılmaktadır [11].

7Q5 ve 7Q25 akışları ise kritik düşük akımlar ve yüksek kaliteli balıkçılık ile ilgili çalışmalarda kullanılmıştır. Yıllık 7-gün düşük akımı (7Q10; veya yıllık ortalama 7-gün ortalama minimum akış-MAM7) İngiltere'de su kullanım izinlerinde alternatif bir indeks olarak kullanılmaktadır [11].

2.2.1.5. Debi süre aşılma yüzdeleri yöntemi

Debi-süreklilik eğrisi en düşük akımlardan taşkınlara kadar nehrin akış durumunu gösteren en uygun araçlardır. Günlük ortalama akış verilerini kullanarak elde edilen debi-süreklilik eğrileri gerçekte istenilen bir periyotta belirlenen bir debi değerinin zamanın kaçta kaçında mevcut olduğunu gösteren yığılmalı frekans dağılımıdır. Debi-süreklilik eğrisinin %70-%99 aralığının dizayn amaçlı düşük akım aralığı veya Q70-Q99 aralığı olduğunu ifade etmiştir [11].

Örneğin Q95 zamanın % 95 inde aşılması beklenen akış olarak yorumlanabilir. Q95 ve Q90 akımları akademik çalışmalarda ve çeşitli ülkelerdeki konuyla ilgili kurumlarda en sık kullanılan düşük akım indisleridir. Q75, Q84, Q96, Q97, Q98 ve Q99 akımlarının da kullanıldığına literatürde rastlanmaktadır [11].

2.2.1.6. Islak çevre yöntemi

Islak çevre yöntemi balıkların beslenmesinde bir indeks olarak kullanılmaktadır. Islak çevre maksimize edildiğinde gerek balıklar için gerekli olan besin miktarı gerekse sucul canlılara sağlanan destek de maksimize edilmiş olur. Habitatın korunması için gerekli minimum akım, akıştaki artışın ıslak çevrede büyük artışlar meydana getirmediği akım olarak tarif edilir [16].

2.2.1.7. Akuatik baz akım yöntemi

Bu yöntemde en zor doğal koşulları temsil ettiği düşünülerek ağustos ayının medyanı (orta değer) minimum yaz akışı olarak alınmaktadır. Ölçüm yapılmayan akarsularda (yani ağustos ayı medyanının bilinmediği durumlarda) ilgili drenaj alanı için $\text{feet}^3/\text{sn}/\text{km}^2$ değeri kullanılır [16]. Yılın diğer mevsimlerinde balıkların yumurtlaması, göç ve diğer biyolojik ihtiyaçlar nedeniyle daha yüksek akımlara ihtiyaç vardır. Bu nedenle tavsiye edilen minimum akım değerleri sonbaharda $1 \text{ feet}^3/\text{sn}/\text{km}^2$, kış ve ilkbahar için $4 \text{ feet}^3/\text{sn}/\text{km}^2$ 'dir. Eğer 25 yıldan fazla data mevcut ise aylık medyan değerleri tavsiye edilmektedir [16].

2.2.2. Hidrolik oran yöntemi

Nehir seviyesi, ıslak çevre gibi hidrolik parametrelerdeki değişimleri kullanarak bir limit değer tayin etmeye çalışan bir yöntemdir. Seçilen hidrolik parametrenin eşik değeri ekosistem bütünlüğünün devamlılığını sağlayacaktır [4].

2.2.3. Habitat simülasyonu yöntemleri

Bu yöntemler farklı akım durumlarında akımın fiziksel yaşam için uygunluğunun detaylı olarak analiz yapılarak çevresel akış gereksinimlerinin tayin edilmesinde kullanılır [4].

Yapılan çalışmalarda akış, su derinliği, eğim, kesitin şekli vs gibi değişkenler kullanılarak modellenmektedir.

Sonuçlar genellikle habitat-debi eğrileri Őeklinde gösterilir ve optimum akımlar bu eğrilerden tahmin edilir [4].

2.2.4. Holistik yöntemler

Ekosistemin tümünün gereksinimleri (nehir yatağı, kaynak alanları, taşkın alanları vs.) birleŐtirilir.

Nehrin doğal rejimi temel yol göstericidir ve akım rejiminin değişmesi durumunda ilk ifade mutlaka dikkate alınmalıdır.Kritik akış kriteri, nehir ekosisteminin ana bileşenleri veya bazıları için tanımlanır [4].

Çoğu yaklaşım için esas olan deęiŐen akış rejiminin, sistematik olarak her ay ve her parametre bazında izlenip değerlendirilmesi gerekir.

BÖLÜM 3. ÇALIŞMA SAHASI VE AKIM GÖZLEM VERİLERİ

3.1. Çalışma Sahası Hakkında Bilgi

Çalışma sahası olarak 14 nolu Yeşilirmak havzasında bulunan 13 nolu Durucasu Akım Gözlem İstasyonu seçilmiş ve bu akım gözlem istasyonuna ait veriler kullanılmıştır. Durucasu gözlem istasyonu Amasya ili sınırları içerisinde yer almaktadır.

3.1.1. Çalışma sahası coğrafi konum

Karadeniz Bölgesi'nin Orta Karadeniz Bölümü ve ülke toplam alanının % 07'sini kaplayan Amasya, 35°00', 36°30' doğu boylamları, 40 °15', 41°03' kuzey enlemleri arasında kalan 5690 km²'lik bir alana sahiptir. Doğu'da Tokat İli'nin Erbaa İlçesi ve Yozgat İli; Kuzey'de Samsun İli'nin Çarşamba, Ladik, Havza ve Vezirköprü İlçeleri; batıda Çorum İli'nin Osmancık, İskilip ve Mecitözü İlçeleri; güney'de Tokat İli'nin Zile ve Turhal İlçeleri ile çevrilidir. Günümüzde şehir bir vadide saklı konumunu korumakta ve Anadolu'da "V" şekilli bir vadi tabanında kurulmuş tek büyük şehir olarak varlığını devam ettirmektedir. Amasya'nın yüzölçümü 5690 km²'dir. Ortalama rakamı 592 metredir.

Yapılan bu çalışmada seçtiğimiz 1413 nolu Durucasu Akım Gözlem İstasyonunun bulunduğu bölgede 2 adet HES kurulmaktadır. Kurulmakta olan hidroelektrik santrallerin şantiyelerine ait fotoğraflar Ekler de verilmiştir.



Şekil 3.1. Çalışma Sahası Bölgesi

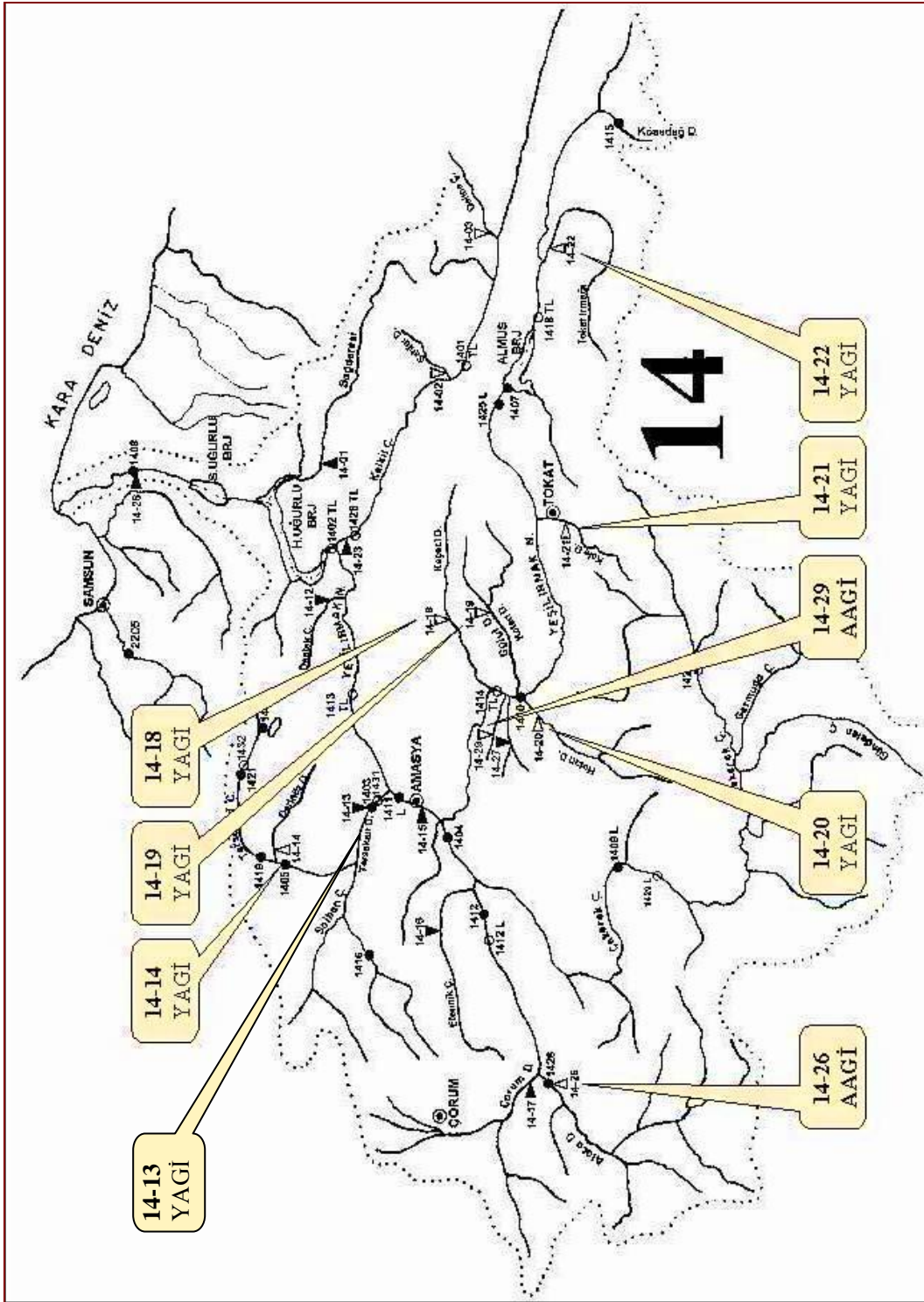
Şekil 3.1’de çalışma sahası bölgesinin harita üzerindeki yeri görülmektedir. Proje için yaklaşık 152.166 m² (15,22 ha) alan kullanılacaktır. Projenin su kaynağı olan Yeşilirmak Nehri Sivas’ın Köse Dağı’ndan doğar. İl arazisine güneyden girerek Kayabaşı Mevkii’nden 256 km uzunluğundaki Yozgat topraklarından doğan Çekerek Çayı ile birleşir. Amasya’nın içinden geçerek Ladik Gölü’nden çıkan Tersakan Çayı’nı alarak Samsun Topraklarından Çarşamba’ya Karadeniz’e dökülür. Amasya ili sınırları içindeki uzunluğu 140 km’dir [17].

DSİ tarafından yapılan havza çalışmaları neticesinde ülkemiz akarsu havzaları 26 ana havzaya bölünmüştür. Bu havzalar su potansiyel imkânları, su ve toprak kaynaklarının kullanım seviyeleri, topografik, jeolojik ve diğer faktörler itibariyle birbirlerinden farklı özellikler göstermektedirler.

Çalışma sahasında inşa edilen ve edilecek HES'lerin işletilmesi döneminde elektrik üretimi için türbinlenen sular eksilme olmaksızın ve su kalitesi değişmeksizin aynen Yeşilirmak Nehir yatağına geri verilecektir.

Alanda ve yakın çevrede bulunması muhtemel türler özel habitatlara ihtiyaç göstermeyen ve Türkiye'nin hemen her yerinde rastlanabilen türlerdir. HES'in bu hayvanların yaşam koşullarına olumsuz herhangi bir etkisi söz konusu olmayacaktır. Ancak Yeşilirmak'ın HES inşaat edilecek kısmında bulunabilecek balık popülasyonu üzerinde yatağın daralması ile nehri üreme, yaşama ve barınma alanı olarak seçen balıkların bu niteliğe sahip daha kısıtlı bir bölgede yaşamsal faaliyetlerini sürdürmesine neden olacaktır. Bunun doğal sonucu ise balık tür ve popülasyonlarında nehrin 3,5 km. lik kısımda azalmalar ve düşüşler meydana gelecektir.

Bunlardan 14 numaralı olan havza ise çalışma sahamızı içerisine alan Yeşilirmak Havzasıdır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Yeşilirmak Havzası ve Akım Gözlem İstasyonları

Çalışma sahasında planlanan HES'lerin proje yerlerinde saptanan mevcut fauna ve flora türleri içerisinde endemik türler, nesli tehlikede olan türler bulunmamaktadır. Faaliyetin inşaat aşamasında bitki türleri için tek olumsuz etki derivasyon tüneli, iletim kanalı ve santralin isabet edeceği kısımlarda bitkisel toprak örtüsünün sıyrılarak çukurların açılmasıdır. Hafriyat sonucu çıkarılan malzemenin bir kısmı tekrar(iletim kanalı üzeri) dolgu olarak kullanılacak fazla hafriyat ise depolama alanına taşınacaktır. Santral inşaatında meydana gelecek hafriyat atıkları da peyzaj çalışmaları için kullanılacaktır. Dolayısıyla bitki türleri inşaat aşamasında kısa süreli olarak biyomas kaybına uğrayacak olup, bu kısımların çok küçük alanlar olduğu dikkate alınırsa flora türlerinin tamamen ortadan kaldırılması gibi bir durum söz konusu olmayacaktır. İletim kanalı tamamlandıktan üzerine serilecek toprak tabaka ile bitkisel toprakta mevcut olan tohum, rizom, soğan vb. vejetatif organları vasıtasıyla tekrar önceki mevcut örtüyü oluşturacaktır. Ancak santral ve derivasyon tüneli için yapılacak hafriyat çalışmaları sonucu meydana gelecek biyomas kaybı kalıcı olacaktır [18].

3.1.2. Çalışma sahası bitki örtüsü

Amasya İli merkez ilçedeki ormanlar büyük ölçüde Akdağ bölgesinde yayılış göstermekte, yükseklerde sarıçam, karaçam ve kayın, düşük rakımlarda kızılçam, ardıç, meşe, gürgen ve titrek kavak yayılış göstermektedir. Bunun yanında yabancı ahlut ve erik gibi ağaççıklar, sürünücü ardıç gibi çalı formları da vardır.

İrin ormanlık alan yüzdesinin en fazlası Taşova İlçesi'nde bulunmaktadır. Özellikle Akdağ ve Boğalı dağ silsilelerinin kuzeye bakan yamaçları ile Destek Çayı'nın kuzeyindeki bölgede 1000 m yükseltiden sonra iyi vasıflı kayın ormanları bulunmaktadır. Güneye bakan yamaçlarda ise Yeşilirmak Vadisi'nden başlayıp yukarılara doğru sırasıyla kızılçam, meşe türleri, karaçam ve sarıçam yer yer saf yer yer de karışık ormanlardan oluşmaktadır. Ayrıca gürgen, kayacık, üvez, kızılçık, akçaağaç, geyik diken, sandal ve fındık gibi ağaç ve ağaççıklar, böğürtlen, eğrelti, yabancı gül, katran ardıcı, laden, ısırgan otu ve orman gülü gibi alt florayı teşkil eden bitki örneklerine rastlanmaktadır [18].

Merzifon İlçesi Tavşan Dağı'nda bloklar halinde kayın ormanları ve bu ormanlar içerisinde münferit olarak yabani kiraz, ayı fındığı, akçaağaç. ıhlamur, gürgen gibi yapraklı türler bulunmaktadır. Bunun yanında yükseklerde lokal olarak sarıçam ve karacam koru ormanları, daha düşük rakımlarda ve güney yamaçlarda ise meşe türlerinin oluşturduğu baltalık ormanları yayılış göstermektedir [18].

Yine Gümüşhacıköy İlçesinin Vezirköprü istikametindeki dağlık bölgelerinde sarıçam, karaçam, daha aşağılarda meşe türleri yayılış gösterir. Hamamözü'nde ise karaçamlarla birlikte meşe ormanları, yer yer de ardıç türlerine rastlanmaktadır [18].

Göynücek İlçesi Amasya İli'nin güneyinde yer alması ve İç Anadolu Bölgesi'ne geçiş zonunda bulunması nedeniyle step bitki Örtüsüne sahip olmakla birlikte bu bölgede bulunan ormanların asırlısını baltalık olarak işletilen meşe türleri ve kısmen de ardıç ağacı oluşturmaktadır [18].

Endemik bitkiler açısından yöre oldukça zengin tür(109) ve çeşitleri (246) içermektedir. Bu türler arasında yöresel adlarıyla hazeran. kuduz otu. akça çiçeği-dolama otu. mürdümük. bac biber ağacı, kaside, geven, yalancı havacıva, tüylü keten sayılabilir [18].

3.1.3. Çalışma sahası iklim özellikleri

Amasya'da Karadeniz iklimi - Kara iklimi arasında bir geçiş iklimi hüküm sürer. Yazları Kara İklimi kadar kurak. Karadeniz iklimi kadar yağışlı değildir. Kışları ise Karadeniz iklimi kadar ılıman. Kara iklimi kadar sert değildir.

Yazlar sıcak ve kurak, kışları yağışlıdır. İlkbahar en çok yağış alan mevsimdir. Merzifon, Suluova. Gümüşhacıköy ve Hamamözü İlçeleri Bölgenin genel iklim özelliklerini yansıtmaktadır. Merkez İlçe. Taşova ve Göynücek İlçeleri daha çok karasal iklim özelliği göstermektedir.

Yağış;

İl Merkezinde 1937 yılından bu yana yapılan Meteorolojik ölçümlerde yıllık ortalama yağış: 436.7 mm, Merzifon" da 436.9 mm. Gümüşhacıköy'de 458.3 mm. Taşova' da 400.0 mm. Gönücek' te 427.6 mm olarak ölçülmüştür.

Sıcaklık;

İl Merkezinde yıllık ortalama sıcaklık 13.6 C. yıllık ortalama nispi nem % 61 olup en yüksek sıcaklık 30.07.2000 tarihinde 45.0 °C. en düşük sıcaklık 23.02.1985 tarihinde -20.4 °C, tespit edilmiştir.

Temmuz ve Ağustos ayları en kurak aylar olup. ilkbahar en fazla yağış alan mevsimdir. Yıllık ortalama donlu gün sayısı 50 gündür.

3.1.4. Çalışma sahası flora fauna özellikleri

Bir bölgenin bitki örtüsü topluluğunu belirten flora özellikleri ve belirli bir coğrafyada bulunan hayvan türlerinin tümü anlamına gelen fauna özellikleri çalışma sahası için aşağıdaki gibi çeşitlilik göstermektedir.

3.1.4.1. Flora özellikleri

Dünyada karaların yaklaşık % 23,5'i, ülkemizin % 16,9'u, ilimizin ise % 12.6' sını çayır ve meralarla kaplıdır. Türkiye'de 1940'lı yıllarda 44 milyon hektar olan çayır-mera alanı 1967 yılında 28 milyon hektara, halende 13 milyon hektar alana düşmüştür. Yurdumuzda çayır ve meralar yıldan yıla azalmakla beraber, bu kaynaktan elde edilen yem evcil hayvanlarımızın beslenmesinde hala büyük bir önem taşımaktadır. Çayır ve meralar her ülkede tüketilen yemin büyük bir kısmını ürettiği gibi en ucuz yem de bu kaynaklardan elde edilmektedir. 28 Şubat 1998 tarihinde yürürlüğe giren 4342 Sayılı Mera Kanunu ile yüz yılların ihmali sonucu çayır ve meralarımızın tahribatına son verilerek korunup geliştirilmesi hedeflenmiştir.

Böylece;

1. Mera, yaylak ve kışlakların tespiti, tahdidi ile tahsislerinin yapılması
2. Belirlenecek kurallara uygun şekilde kullanımının sağlanması
3. Bakım ve ıslahlarının yapılarak verimliliklerinin arttırılması

Kullanımlarının denetlenmesi ve korunması amaçlanmıştır Bölge ikliminin kısmen karasal oluşu ile birlikte toprağın tarım maksadı ile sürekli işlenmesi sonucunda arazi doğal yapısının bozulmasına ek olarak, zirai ilaç ve gübre kullanımı nedeniyle doğal bitki örtüsü azalmaktadır. Bu olumsuzluklar karşısında bölge florası için popülasyon düzeyinde kesin bilgi vermek mümkün olmayıp, yapılan gözlem ve araştırmalar neticesinde şu bilgilere erişilmiştir:

İnsan beslenmesinin temel taşı olan hayvansal ürünlerin, üretimi için gerekli olan kaba yemin, en ucuz üretildiği kaynak çayır–meralardır. Su ve rüzgar erozyonunu önlemenin yolu da çayır meraların ıslahı ile mümkündür. Hayvancılığın ileri olduğu ülkelerde çayır meralarla hayvancılık birlikte düşünülmektedir. Bu nedenle çayır ve meralar ülkemizin ihmal edilmez en önemli doğal kaynaklarıdır. Mera Kanunu'nun çıkarılmaması sonucu uzun yıllar devam eden erken ve aşırı otlatma ile ıslah ve bakım işlemlerinin yapılmaması, kullanıcılara yetki verilmemesi, eğitim eksikliği nedeniyle verim azalmış, hayvancılıkta da istenilen gelişme sağlanamamıştır. Mera Kanunu'nun çıkarılmasından sonra Amasya İl Tarım Müdürlüğü bünyesinde mera otlatma kapasiteleri, otlatma zamanları (15 Mayıs- 30 Ağustos) belirlenmiş olup, çiftçilerinde bu kanunları ihlal etmemeleri nedeniyle çayır ve meralarda yetişen kaliteli çayır mera bitkileri oranı, düşük kaliteli çayır mera bitkilerine oranla çoğalma göstermiştir [18]. Literatür çalışmalarından elde edilen veriler Tablo 3.1'de verilmiştir.

Tablo 3.1. Proje Alanı ve Yakın Çevresinin Flora Türleri

No	YÜKSEK KALİTELİ BUĞDAYGİL BİTKİLERİ		YÜKSEK KALİTELİ BAKLAGİL BİTKİLERİ	
	1	<i>Agrapyron cristatum</i>	Otlak ayrığı	<i>Astragalus cicer</i>
2	<i>Agrapyron deserterum</i>	Kır ayrığı	<i>Lotus corniculatus</i>	Gazal boynuzu
3	<i>Agrapyron repens</i>	Tarla ayrığı	<i>Medicago falcata</i>	S.çiçekli yonca
4	<i>Agrosis alba</i>	Ak tavus otu	<i>Medicago lupulina</i>	Şerbetçi otu yon
5	<i>Alepecurus pretensis</i>	Çayır tilki kuyruğu	<i>Medicago sativa</i>	Yonca
6	<i>Anndopogon gryllus</i>	Yeşil sakal otu	<i>Melilotus alba</i>	Aktaş yoncası
7	" <i>ischoemum</i> "	Sarı sakal otu	" <i>officinalis</i> "	Sarı taş yoncası
8	<i>Arrhenatherum elatus</i>	Yüksek çayır yulaflı	<i>Onobrychis armena</i>	Anadolu korun.
9	<i>Bromus erectus</i>	Dik brom	" <i>Sativa</i> "	Korunga
10	<i>Bromus inermis</i>	Kılçaksız brom	<i>Trifolium hybridum</i>	Melez üçgül
11	<i>Dactylis glomerata</i>	Domuz ayrığı	" <i>incarnatum</i> "	Kırmızı Üçgül
12	<i>Festuka arundinecea</i>	Kamışsı yumak	" <i>Pratense</i> "	Çayır Üçgülü
13	<i>Festuka pratensis</i>	Çayır yumağı	" <i>Repens</i> "	Ak üçgül
14	<i>Hordeum bulbosum</i>	Yumrulu arpa		
15	<i>Lolium multiforum</i>	İtalyan çimi		
16	" <i>Pernne</i> "	İngiliz çimi		
17	<i>Phalaris arundinecea</i>	Yem kanyaşı		
18	" <i>tuberosa</i> "	Yumruk kanyaş		
19	" <i>Pratense</i> "	Çayır kelp kuyruğu		
20	<i>Poa pratensis</i>	Çayır salkım Otu		

3.1.4.2. Fauna özellikleri

Çalışma sahası dahilindeki fauna türlerinin incelenmesi, uzman gözlemleri ve deneyimleri ifadesine ve literatür bilgilerine dayanılarak hazırlanmış olup, bu bilgiler ışığında karada yaşayan hayvan türleri olarak kuşlar, memeliler, sürüngenler olmak üzere 3 bölümde incelenmiştir. Yapılan inceleme ve araştırmalarda, bölgenin aşırı doğa tahribi tarımsal faaliyetlerin yoğunluğu içerisinde doğal biyotopların azalmakta olduğu nedenle, popülasyon düzeyinde sayısal bilgiler vermek mümkün olmamakla beraber, çoğu hayvan türleri münferit olarak görülmektedir [18].

Bölgede bulunan kuşlar, memeliler ve sürüngenler Tablo 3.2 ve Tablo 3.3'de verilmiştir.

Tablo 3.2. Faaliyet Alanı ve Çevresinde Bulunan Fauna Türleri (Kuşlar)

KUŞLAR	ÖRDEKGİLLER Küçük Sakarca Yeşilbaş Fiyu Elmabaş Bildircin Ördeği Angut Kuğu Büyük Tarakdiş	SÜLÜNGİLLER Bildircin Kınalı Keklik Çil Keklik	SU TAVUĞUGİLLER Sakarmeke Gri bataklik su tavuğu Benekli su tavuğu Bildircin kılavuzu
	SERÇEGİLLER Sögüt Serçesi Ağaç Serçesi Küçük Serçe Kar Serçesi Kaya Serçesi Çöl Serçesi	ÇULLUKGİLLER Çulluk Küçük Su Çulluğu Orman Çulluğu	KARABATAKGİLLER Tepeli Karabatak Karabatak Cüce Karabatak
	BAYKUŞGİLLER Baykuş Puhu Paçalı Baykuş	KARGAGİLLER Alakarga Saksağan Kuzgun Ekin Kargası Leş Kargası Küçük Karga	BALIKÇILGİLLER Gri Balıkçıl Beyaz Balıkçıl Balaban Küçük Balaban Gece Balıkçılı
	KARTALGİLLER Şahin Paçalı Şahin Atmaca Akbaba	GÜVERCİNGİLLER Tahtalı Üveyik Kaya Güvercini Kumru	KARATAVUKGİLLER (Ardıçkusgiller) Karatavuk Bülbül Öter Ardıç Kuşu
	TURNAGİLLER Turna	SIGIRCIKGİLLER Sığircık Ala Sığircık	LEYLEKGİLLER Leylek Karaleylek
	GUGUKGİLLER Guguk	SARIASMAGİLLER Sarı asma	DOĞANGİLLER Uludoğan
	ARIKUŞUGİLLER Arı Kuşu Yeşil Arıkuşu	TOYGİLLER Toy	ÇOBANALDATANGİLLER Çoban aldatan
		İSPİNOZGİLLER Saka	SIVACIKUŞUGİLLER Sıvacı Kuşu
		AĞAÇKAKANGİLLER Ağaçkakan	KIRLANGIÇGİLLER Kırlangıç

Tablo 3.3. Faaliyet Alanı ve Çevresinde Bulunan Fauna Türleri (Sürüngenler)

MEMELİLER	TAVŞANGİLLER Tavşan	KÖPEKGİLLER Kurt; Tilki	GEYİKGİLLER Geyik (Vezirköprü- Kunduz Geyik Üretme İstasyonundan salınanlar, Merzifon İlçesi, Tavşan dağı mevkiinde bulunmaktadır.)
	DOMUZGİLLER Yaban Domuzu	SİNCAPGİLLER Sincap	SANSARGİLLER Gelincik , Kaya Sansarı , Porsuk .
	KİRPİGİLLER Kirpi	OKLUKİRPİGİLLER Yarasalar	
SÜRÜNGENLER	Amfibililer, Tarla Kertenkelesi, Kör Yılan, Bozkır Lekeleri, Ova Kurbağası, Gece Kurbağası, Adi Kurbağa, Kır Kaplumbağası, Su Kaplumbağası, Salyangozlar		

3.2. DSİ 1413 Nolu Akım Gözlem İstasyonuna Ait Veriler

Tablo 3.4’de 14 Nolu Yeşilirmak havzasında bulunan 13 Nolu Durucasu Akım Gözlem İstasyonuna ait 1977-2008 yılları arasında gözlemlenen aylık ortalama akımların tablosu görülmektedir. Yeşilirmak nehri üzerinde bulunan bu gözlem istasyonunun yağış akımı tabloda da verildiği gibi 21667,2 km² ‘lik alanı kapsamaktadır. Tablo 3.4.’de görüldüğü gibi 1977-2008 yılları arasında Temmuz-Aralık döneminde yağışların düştüğü Ocak-Haziran döneminde yağışların arttığı görülmektedir.

Tablo 3.4. DSİ 1413 Nolu Akım Gözlem İstasyonuna Ait 1977-2008 Yılları Arası Akım Verileri

İstasyon No 1413		SU TEMİN TABLOSU										Yağış Alanı: 21667,2 km ²
Suyun adı : YEŞİLIRMAK NEHRİ												Birimler: m ³ /s
İstasyonun Adı : DURUCASU												
Su Yılı	EKİM	KASIM	ARALIK	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİR.	TEMM.	AĞUST.	EYLÜL
1977	30,90	43,80	59,00	66,60	92,20	164,00	165,00	200,00	90,70	45,40	38,60	43,90
1978	57,80	47,60	57,60	79,10	136,00	108,00	151,00	74,60	29,40	23,30	24,10	33,10
1979	38,60	47,20	56,60	103,00	130,00	71,10	58,00	40,30	39,20	35,70	33,20	47,50
1980	28,20	27,20	40,50	49,40	72,80	196,00	175,00	228,00	58,00	40,00	44,20	37,60
1981	52,90	76,40	82,40	109,00	120,00	192,00	116,00	85,80	62,80	35,10	40,50	60,80
1982	63,20	61,10	74,60	77,70	75,20	99,60	102,00	68,90	65,90	22,30	24,20	46,70
1983	64,10	53,90	39,00	50,40	54,50	146,00	113,00	74,00	49,80	26,90	36,80	35,90
1984	64,00	126,00	130,00	98,40	110,00	109,00	161,00	142,00	47,30	38,10	59,90	49,10
1985	61,00	58,70	37,40	42,00	63,20	106,00	124,00	59,60	31,80	17,90	22,60	27,80
1986	59,60	95,00	80,00	101,00	112,00	94,70	54,01	61,30	70,90	26,20	27,60	34,40
1987	52,90	66,80	72,20	111,00	128,00	124,00	203,00	124,00	91,30	38,40	35,20	37,50
1988	59,90	78,70	110,00	95,50	141,00	248,00	198,00	124,00	130,00	61,10	42,30	50,90
1989	73,30	145,00	134,00	90,80	89,70	157,00	81,10	46,08	42,50	22,30	16,50	19,20
1990	23,70	35,10	87,08	68,00	78,30	93,80	113,00	286,00	85,70	33,90	24,30	26,30
1991	29,70	29,30	32,01	30,30	41,60	92,00	143,00	142,00	76,10	27,10	19,10	24,20
1992	31,10	30,70	31,90	31,60	33,60	107,00	117,00	58,90	58,00	31,40	16,70	18,80
1993	20,30	28,70	45,10	60,60	137,00	226,00	235,00	237,00	119,00	35,00	28,50	31,50
1994	31,50	30,30	34,50	35,80	43,50	95,70	56,80	45,90	15,20	12,20	9,66	9,76
1995	12,60	19,00	27,40	61,80	39,00	54,00	141,00	104,00	48,80	31,40	15,30	20,80
1996	22,60	36,70	37,60	35,20	40,10	141,00	243,00	98,30	57,70	18,40	18,50	33,00
1997	28,40	25,50	25,70	26,70	27,20	34,40	76,80	46,50	36,90	15,50	15,30	18,10
1998	22,00	24,70	39,50	36,20	64,60	88,10	97,70	173,00	111,00	28,50	17,00	17,30
1999	21,10	25,60	40,10	34,20	47,50	69,60	83,20	40,50	29,40	18,40	19,00	18,90
2000	17,90	19,60	19,70	20,50	32,70	99,50	169,00	152,00	94,40	20,20	16,00	14,40
2001	19,90	19,60	19,70	19,20	18,50	20,20	10,40	26,30	9,02	7,06	4,56	7,07
2002	8,79	7,69	24,80	36,90	55,90	52,50	87,00	45,20	27,50	19,20	16,60	27,50
2003	19,40	17,40	16,00	21,60	21,50	29,20	68,00	31,00	17,00	9,73	9,39	22,60
2004	15,10	15,90	22,00	33,20	45,70	92,60	54,80	47,60	48,80	15,70	17,40	17,10
2005	15,10	17,10	23,00	21,70	37,10	121,00	82,80	83,20	47,00	18,60	14,60	19,50
2006	20,00	21,60	21,60	20,50	35,70	65,30	65,50	49,90	20,10	16,30	11,80	16,90
2007	21,60	22,30	17,40	16,60	23,50	42,10	40,90	23,00	21,70	7,85	9,57	11,40
2008	12,30	19,00	26,80	18,40	18,50	139,00	67,50	31,80	21,00	10,30	10,60	17,10

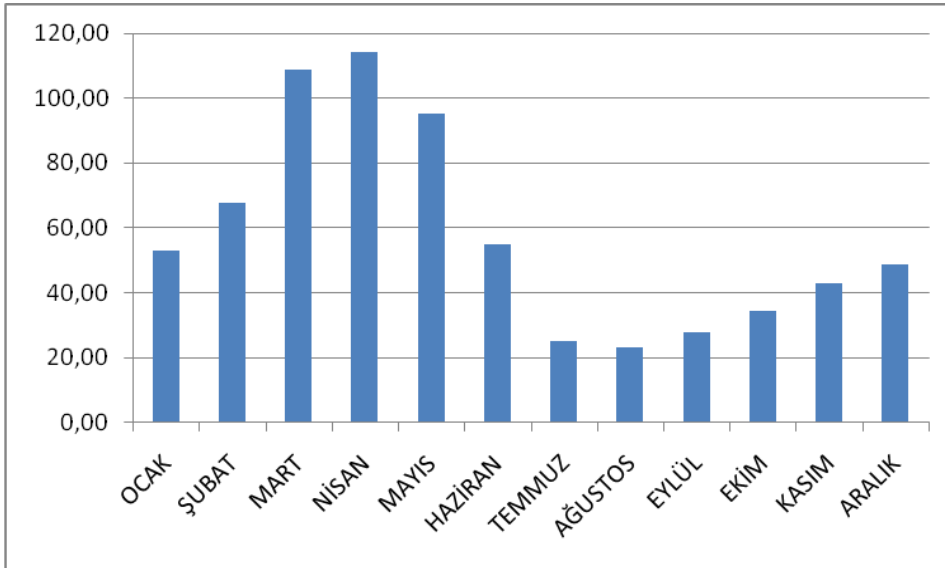
Tablo 3.5’de 1977-2008 yılları arasında 1413 Nolu Durucasu Akım Gözlem İstasyonuna ait tüm ayların akım ortalamaları görülmektedir. Tabloda görüldüğü gibi

1977-2008 yılları arasında en düşük akım ortalaması Ağustos ayında en yüksek akım ortalaması Nisan ayında görülmektedir.

Tablo 3.5. DSİ 1413 Nolu AGİ 'ye Ait 1977-2008 Yılları Arası Akımların Aylık Ortalamalar

1977-2008 Aylık Ortalama Akım Değerleri(m ³ /sn)	
OCAK	53,22
ŞUBAT	67,69
MART	108,70
NİSAN	114,17
MAYIS	95,33
HAZİRAN	54,81
TEMMUZ	25,30
AĞUSTOS	23,11
EYLÜL	28,02
EKİM	34,36
KASIM	42,91
ARALIK	48,91

Şekil 3.3 DSİ 1413 Nolu AGİ 'ye Ait 1977-2008 Yılları Arası Akımların Aylık Ortalamalar Grafiği

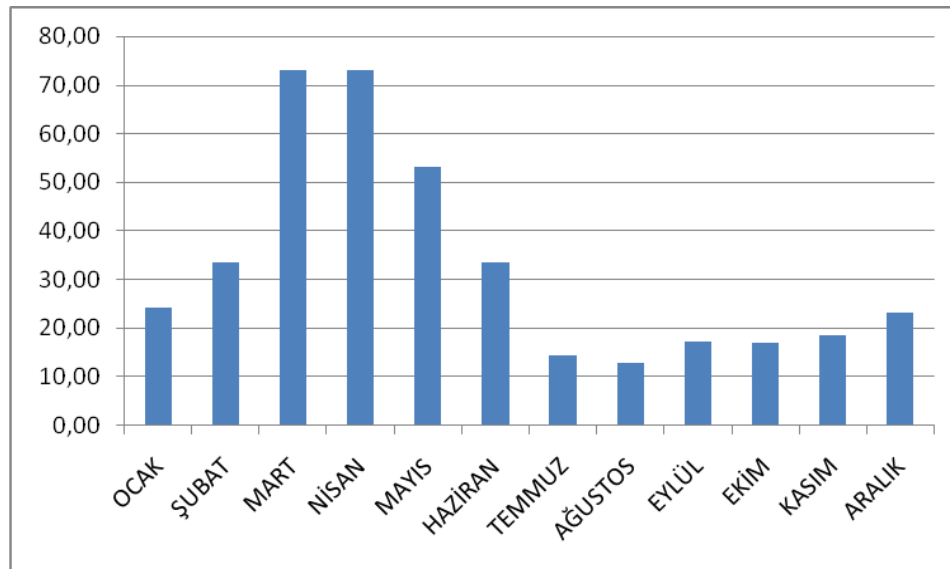


Tablo 3.6'da ise 1413 Nolu Durucasu Akım Gözlem İstasyonuna ait 1999-2008 yılları arası yani son 10 yıllık akımların aylık ortalaması görülmektedir. Tablo 3.5'de olduğu gibi son 10 yılda da Ağustos ayı en düşük Nisan ayı en yüksek akım ortalamasına sahiptir.

Tablo 3.6. DSİ 1413 Nolu AGİ 'ye Ait 1999-2008 Yılları Arası Akımların Aylık Ortalamalar

1999-2008 Aylık Ortalama Akım Değerleri(m3/sn)	
OCAK	24,28
ŞUBAT	33,66
MART	73,10
NİSAN	72,91
MAYIS	53,05
HAZİRAN	33,59
TEMMUZ	14,34
AĞUSTOS	12,95
EYLÜL	17,25
EKİM	17,12
KASIM	18,58
ARALIK	23,11

Şekil 3.4 DSİ 1413 Nolu AGİ 'ye Ait 1999-2008 Yılları Arası Akımların Aylık Ortalamalar Grafiği



Tablo 3.7’de 1413 Nolu Durucasu Akım Gözlem İstasyonuna ait 1999-2008 yılları arasında 7Q10 değerleri görülmektedir.1413 Nolu akım gözlem istasyonunda yılın 365 günü gözlemlenen akım değerlerinden birbiri ardına tekrarlanan 7 günlük en düşük değerler tabloda görülmektedir.Ve bu 7 günlük değerlerin ortalamaları yine tabloda verilmiştir.Tabloda görüldüğü gibi çalışma sahasında 2001 yılında en düşük akım değerleri 2005 yılında da en yüksek akım değerleri görülmüştür.

Tablo 3.7. DSİ 1413 Nolu AGİ 'ye Ait 1999-2008 Yılları Arası 7 Günlük Ardarda Tekrarlanan En Düşük Akımlar

Yıllar		7Q10 Yöntemine Göre 1999-2008 Yılları Arası 7 günlük Ardarda Tekrarlanan En Düşük Akımlar (m ³ /sn)						
1999	7Q10	13,70	12,70	12,20	11,20	10,80	10,80	10,30
	Ortalama	11,67 m³/sn						
2000	7Q10	9,00	9,44	9,44	8,56	8,56	9,00	10,30
	Ortalama	9,19 m³/sn						
2001	7Q10	2,02	2,02	1,84	1,84	1,47	1,47	1,84
	Ortalama	1,79 m³/sn						
2002	7Q10	6,75	6,75	6,75	6,75	7,02	7,02	7,02
	Ortalama	6,87 m³/sn						
2003	7Q10	8,12	7,24	8,12	8,12	7,68	8,12	8,56
	Ortalama	7,99 m³/sn						
2004	7Q10	8,61	7,80	7,80	8,21	10,00	9,09	9,57
	Ortalama	8,73 m³/sn						
2005	7Q10	12,60	13,00	13,00	12,60	12,60	12,60	13,40
	Ortalama	12,83 m³/sn						
2006	7Q10	9,89	10,20	11,20	10,60	11,50	9,56	9,56
	Ortalama	10,36 m³/sn						
2007	7Q10	7,30	7,08	6,42	6,20	5,98	6,42	6,86
	Ortalama	6,61 m³/sn						
2008	7Q10	9,17	8,89	8,33	9,17	9,45	9,17	9,17
	Ortalama	9,05 m³/sn						

Tablo 3.8'de 1413 Nolu Durucasu Akım Gözlem İstasyonuna ait 1955-2008 yılları arasında yıl içerisinde görülen minimum akımlar görülmektedir.

Tablo 3.8. DSİ 1413 Nolu AGİ 'ye Ait 1955-2008 Yılları Arası Yıl İçerisindeki Minimum Akımlar

YILLAR	Yıl içindeki minimum akım (m ³ /s)
1955	3,36
1956	3,00
1957	1,00
1958	6,40
1959	8,80
1960	5,40
1961	2,98
1962	3,02
1963	4,58
1964	4,18
1965	3,00
1966	4,34
1967	13,80
1968	19,80
1969	15,90
1970	7,72
1971	16,00
1972	18,40
1973	8,00
1974	5,48
1975	8,00
1976	7,73
1977	19,20
1978	17,10
1979	14,60
1980	23,50
1981	24,50
1982	17,20
1983	14,40
1984	23,80
1985	11,90
1986	22,50
1987	20,00
1988	32,10
1989	13,70
1990	21,20
1991	17,00
1992	12,50
1993	17,70
1994	4,76
1995	7,58
1996	14,50
1997	12,60
1998	11,20
1999	10,30
2000	8,56
2001	1,47
2002	6,48
2003	7,24
2004	7,80
2005	12,20
2006	9,56
2007	6,20
2008	8,33
Toplam	622,57
Ortalama	11,53
Standart Sapma	7,02

BÖLÜM 4. CANSUYU HESABI

4.1.Tennant Yöntemine Göre Cansuyu Hesabı

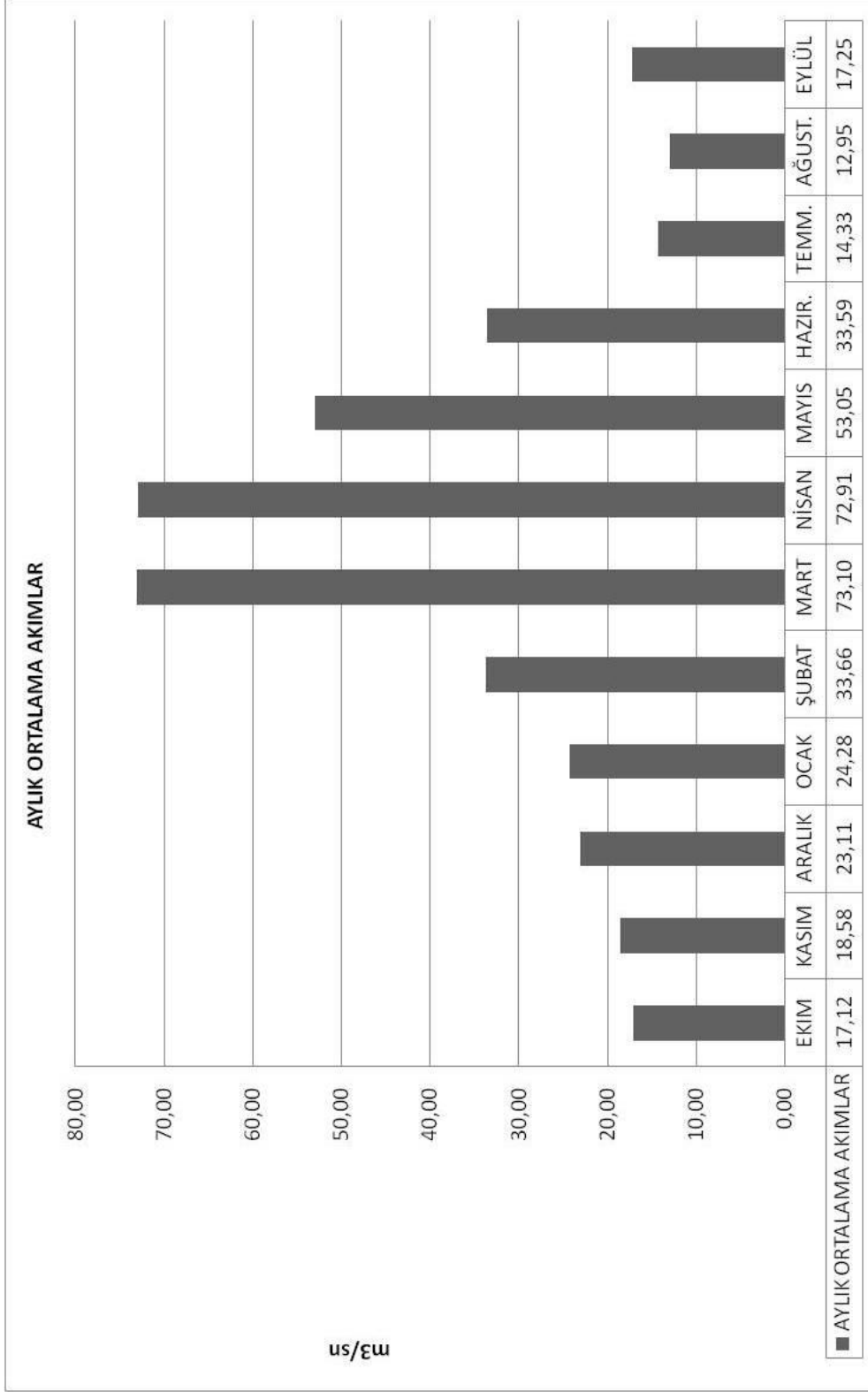
Amerika'da 1964 yılından 1974 yılına kadar biyolog Donald Tennant başkanlığındaki biyolog, hidrolog, ve diğer bilim adamlarının; Amerikanın batısında, doğusunda ve orta bölgelerinde 12 değişik nehir havzasında yaptıkları arazi çalışmalarının sonucunda geliştirilen yöntem bilimsel makale ve kitaplarda Tennant veya Montana Metodu olarak geçmektedir.

Tennant başkanlığındaki biyolog, hidrolog, ve diğer uzmanlar yaptıkları 10 seneye varan akarsulardaki çalışmalar sonucu Tablo 2.1'deki yüzdeleri belirlemişlerdir. Bu yüzdelerin kullanım oranlarında ise Ekim-Mart aylarını yağışlı dönem, Mart-Haziran dönemini kurak dönem olarak belirlemişlerdir [19].

Yıllık ortalama akımın minimum %10 u kurak ve sıcak aylarda akarsu yatağına bırakılırsa, deredeki habitatın ve bu habitatla beslenen canlıların yaşamlarını normal bir şekilde devam ettirecekleri sonucuna varılmıştır.

Şekil 4.1'de 1999-2008 Yılları arası aylık ortalama akımların değişim grafiği verilmiştir.Bu grafiğe göre; Tennant Yönteminde Ekim-Mart olarak alınan yağışlı dönem, Ocak-Haziran, Nisan-Eylül olarak alınan kurak dönem ise Temmuz-Aralık olarak görülmektedir.

Çalışma sahasında bulunan DSİ 1413 Nolu Akım Gözlem İstasyonu verilerine göre son 10 yıllık akımların ortalaması olan 32.83 m³/sn debi değerinin %10 u olan 3.28 m³/sn değerini Tennant yöntemine göre kurak ve yağışlı aylarda akarsuya bırakılması gereken Cansuyu olarak alınabilir.

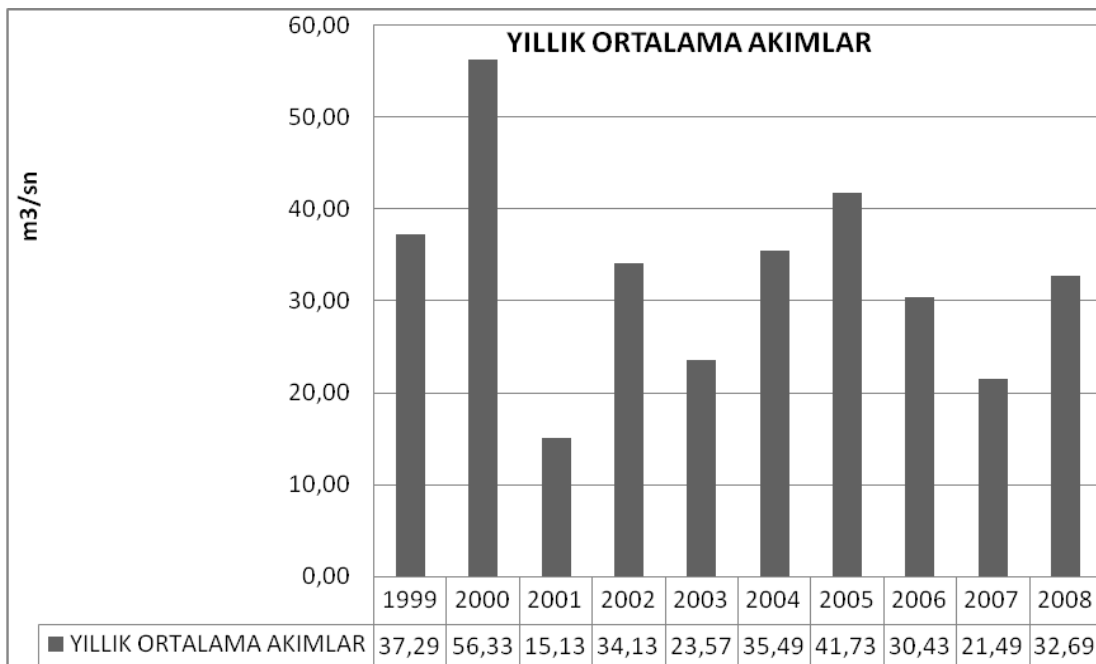


Şekil 4.1. 1999-2008 Yılları Arası Aylık Ortalama Akımların Değişim Grafiği

Şekil 4.1’de görüldüğü üzere çalışma sahasında 1999-2008 yılları arasında ortalama akımlar aylara göre çeşitlilik göstermektedir. Şubat ayında artan yağışlar Haziran ayına kadar devam etmektedir.

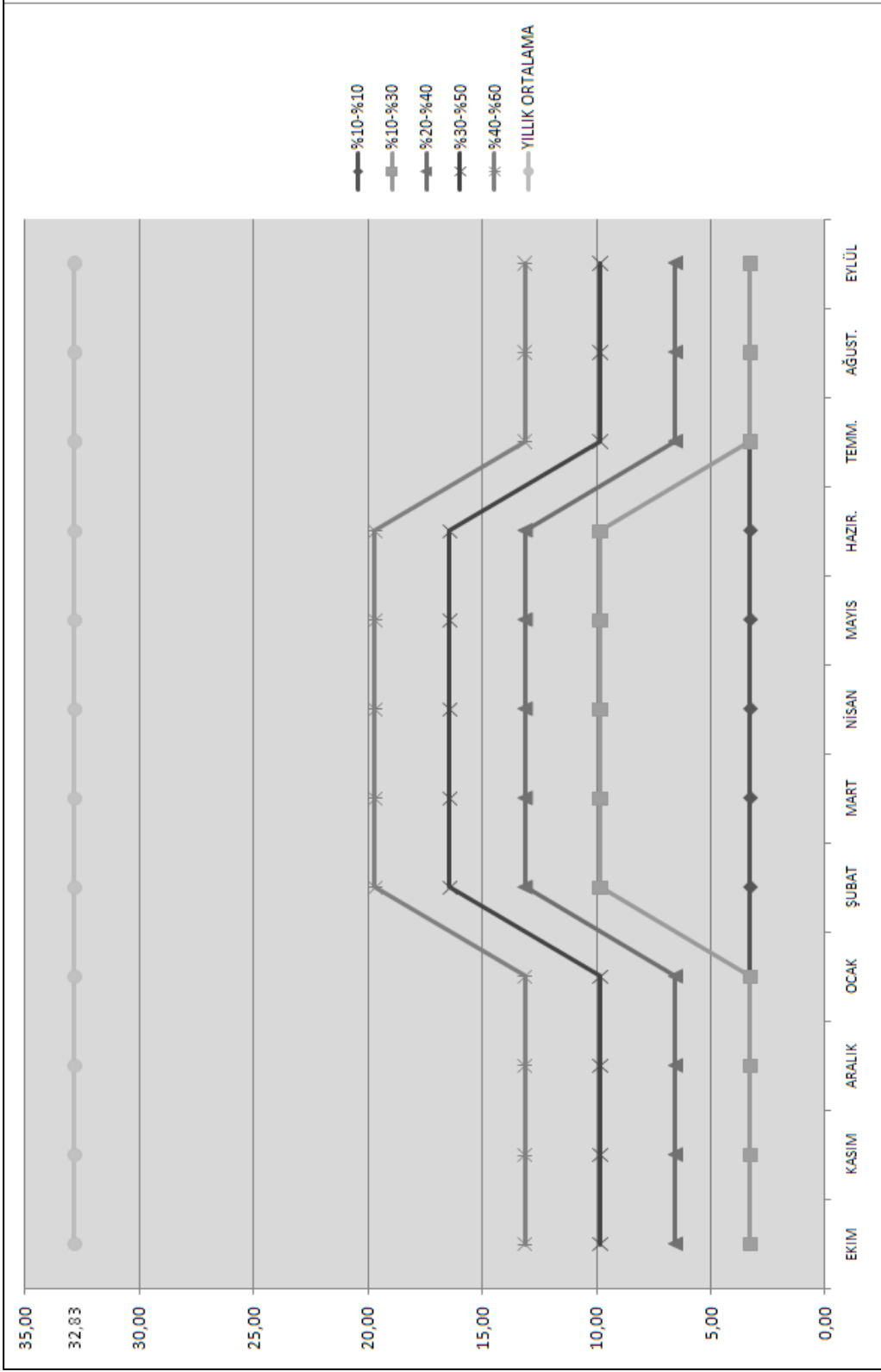
Buna göre Donald Tennant’ın belirlediği 6 aylık Ekim-Mart yağışlı dönemi çalışma sahasımızda Ocak Haziran olduğu görülmektedir.

Şekil 4.2’de ise Tennant yönteminde belirlenen yüzdelerin yıllık ortalama akımların aylara göre değişimi görülmektedir.



Şekil 4.2. 1999-2008 Yılları Arası Yıllık Ortalama Akımların Yıllara Göre Değişimi

Şekil 4.2’de çalışma sahasında 1999-2008 yılları arasında ortalama akımların yıllara göre değişimi görülmektedir. Şekil 4.2’de görüleceği üzere en düşük akımların 2001 yılında en yüksek akımların 2000 yılında gözlemlendiği anlaşılmaktadır.



Şekil 4.3. Tennant Yönteminde Farklı Kalite Sınıfları İçin Kullanılan Yüzdelerin ve Yıllık Ortalama Akımın Grafiksel Görünümü

Şekil 4.3’de 1413 Nolu Durucasu akım gözlem istasyonu verilerinden elde edilen son 10 yıllık ortalama akımların ortalaması olan $32.83 \text{ m}^3/\text{sn}$ debi değerinin Donald Tennant’ın belirlemiş olduğu akım yüzdelerine göre değişiminin grafiksel görünümü verilmiştir. Ayrıca bu yüzdelerin değişimi yanında yıllık ortalama akım değeri de grafikte görülmektedir.

Şekil 4.3’de görüldüğü üzere yüzdeler Donald Tennant’ın belirlediği 6 aylık dönemlerin aksine çalışma sahası yıllık akım verilerine göre elde edilen Ocak-Haziran ve Temmuz-Aralık dönemleri seçilmiştir.

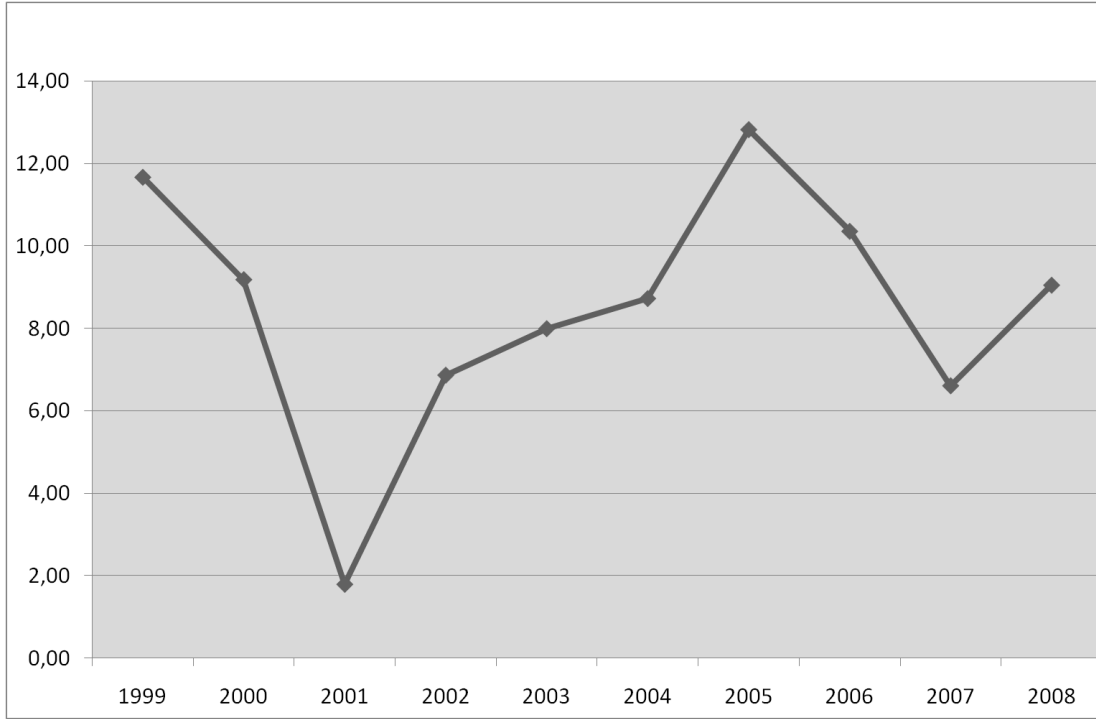
4.2.7Q10 Yöntemine Göre Cansuyu Hesabı

7Q10 yöntemi son 10 yıllık periyottaki ardarda tekrarlanan 7 günlük düşük akış olarak ifade edilir.

1999-2008 yılları arasında tekrarlanan 7 günlük en düşük akım ortalamaları Tablo 3.7’de verilmiştir. Tablo 3.7’den yararlanılarak 7 günlük en düşük akım ortalamalarının ortalaması ise $8,51 \text{ m}^3/\text{sn}$ olarak bulunmuştur. Tablo 4.1’de bu değerler tablo halinde verilmiştir.

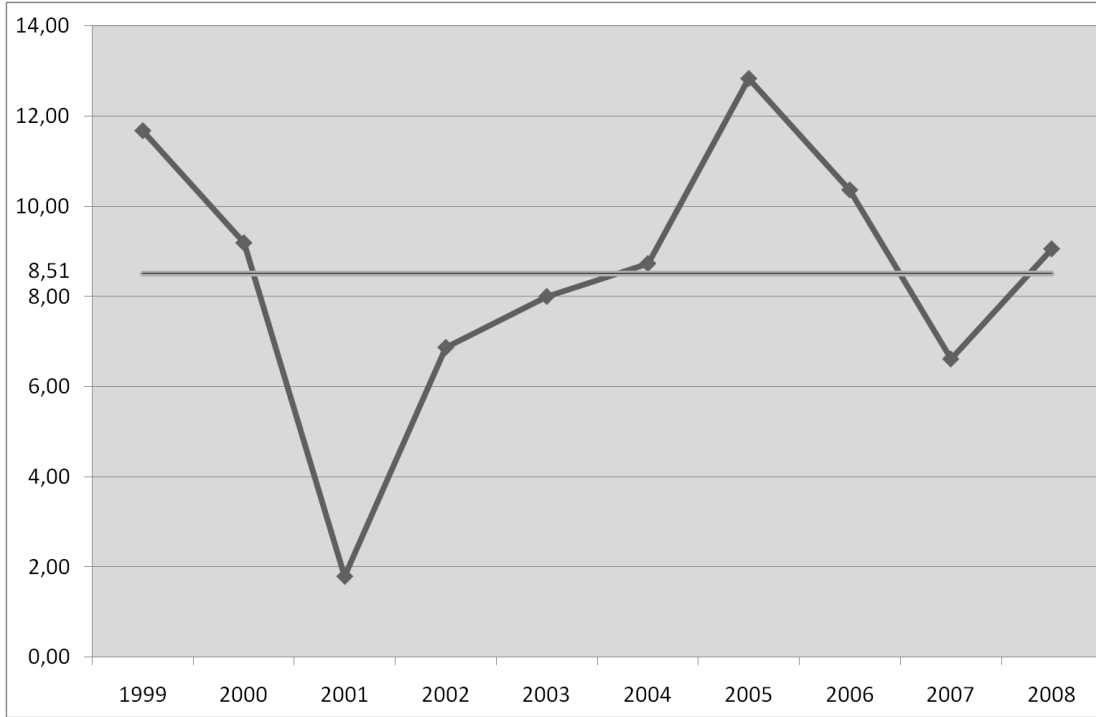
Tablo 4.1. DSİ 1413 Nolu AGİ ‘ye Ait 1999-2008 Yılları Arası 7Q10 Akımları Ortalamaları

Yıllar	Yıllık En Düşük 7 Akımın Ortalaması(m^3/sn)	7Q10 Değeri
1999	11,67	8,51 (m^3/sn)
2000	9,19	
2001	1,79	
2002	6,87	
2003	7,99	
2004	8,73	
2005	12,83	
2006	10,36	
2007	6,61	
2008	9,05	



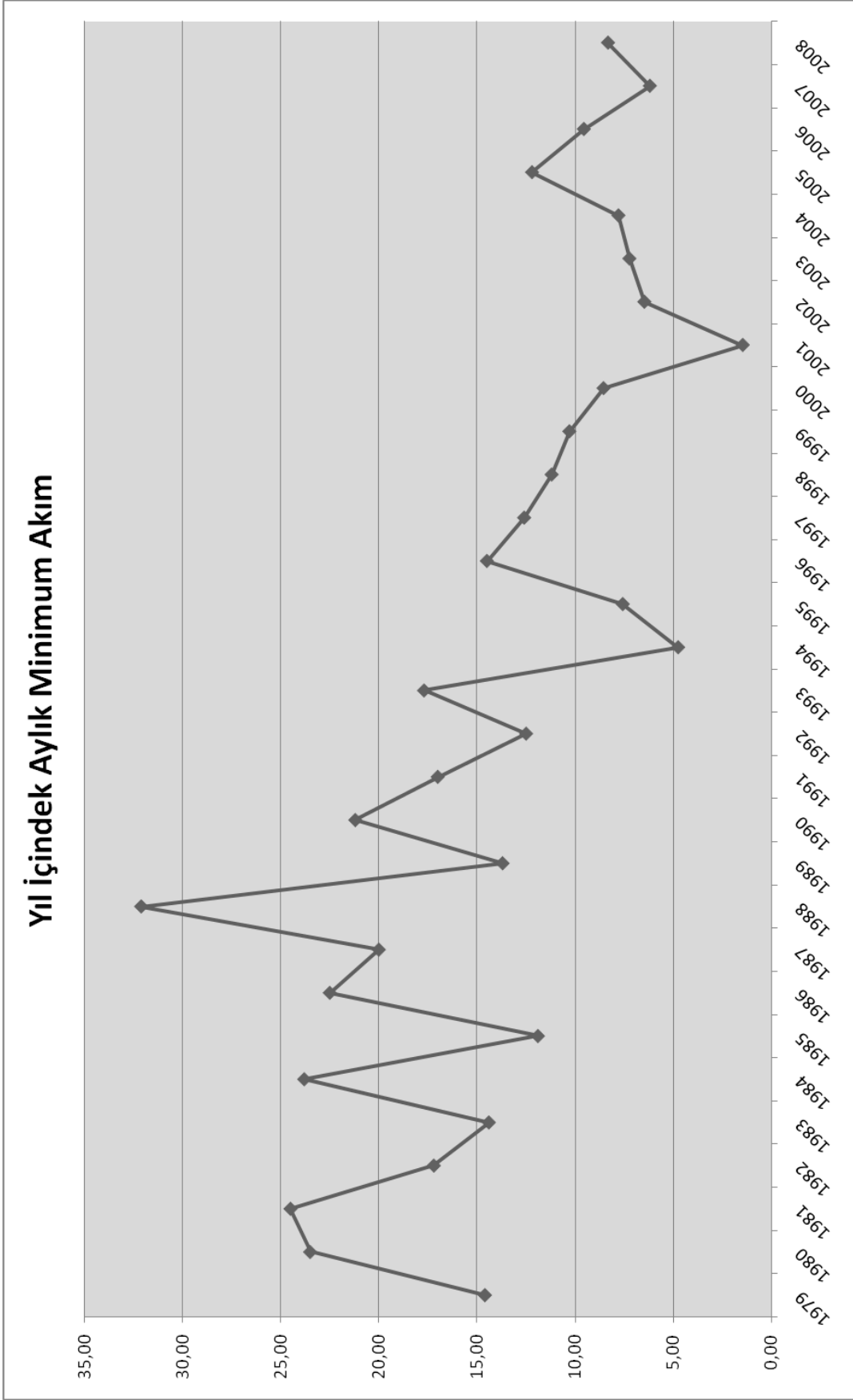
Şekil 4.4. 1999-2008 Yılları Arası 7Q10 Yöntemine Göre Yıl İçerisindeki Minimum Akımlar Grafiği

Şekil 4.4'de 1999-2008 yılları arasında ardarda tekrarlanan 7 günlük akımların ortalamalarının yıllara göre değişimi görülmektedir. 1413 Nolu Durucasu Akım Gözlem İstasyonunda 2001 yılında $1.79 \text{ m}^3/\text{sn}$ lik debi değeri ile en düşük akımın 2005 yılında da $12.83 \text{ m}^3/\text{sn}$ lik debi ile en yüksek akımın olduğu görülmektedir. Bu grafikteki değerler yıl içerisinde en düşük değerde olan ve 7 gün üst üste tekrarlanan değerlerdir. Bu değerler grafikte de görüldüğü üzere yıllık genel ortalamalar ile paralellik göstermektedir.



Şekil 4.5. 1999-2008 Yılları Arası 7Q10 Yöntemine Göre Yıl İçerisindeki Minimum Akımlar ve Ortalamaları Grafiği

Şekil 4.5’de ise Şekil 4.4’de verilen 1999-2008 yılları arasında ardarda tekrarlanan 7 günlük akımların ortalamalarının yıllara göre değişimi ile bu 10 yıllık 7Q10 akım ortalamalarının genel ortalamasının grafiksel görünümü verilmiştir. Son 10 yılda görülen en düşük 7 günlük akım ortalamaları yıllara göre belirgin salınımlar göstermektedir. Bu akımların ortalaması ise zaman zaman yıllık ortalamanın üzerinde zaman zaman yıllık ortalamanın altında olduğu görülmektedir. Nehir tipi hidroelektrik santrallerde mevcut akarsu yatağına bırakılacak olan Cansuyu debisi son 7Q10 yönteminde 10 yıllık akımların ortalamasıdır. Bu yöntem sonucu 1413 Nolu Durucasu Akım Gözlem İstasyonundan alınan değerler ile belirlenen Cansuyu değeri $8,51 \text{ m}^3/\text{sn}$ olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.6. 1979-2008 Yılları Arasında Yıl İçerisindeki Minimum Akımlar ve Ortalamaları Grafiği

Şekil 4.6'da verilen grafikte 1979-2008 yılları arasında görülen yani son 30 yıllık minimum akımların yıllara göre değişimi görülmektedir. Ve bu 30 yıllık akımların genel ortalaması da grafiğe yansıtılmıştır. Minimum akımlar serisi yönteminde kullanılan yıl içerisindeki en düşük akımların kullanıldığı debiler son 30 yılda büyük değişim göstermiş olduğu grafikten anlaşılmaktadır. En yüksek akım değeri 1988 de 32.10 m³/sn olarak görülmüş ve bu yıldan sonra akarsu sürekli bir düşüş eğilimine girmiştir. 2000 li yıllardan sonra ise bu düşüş belirgin bir artış göstermiştir. Bu düşüşü de küresel ısınmanın Yeşilirmak havzası üzerindeki etkisi olarak düşünebiliriz.

4.3.Yıllık Minimum Akımlar Serisi Yöntemine Göre Cansuyu Hesabı

Yıllık minimum akımlar serisi yöntemine göre cansuyu hesabı yapılırken Tablo 3.8'den yararlanılmıştır. Buna göre yıl içindeki aylık akımlara ait minimum akımların ortalaması (μ_y) ve standart sapması (S_y) bulunmuş ve Tablo 4.2'de ifade edilmiştir.

Tablo 4.2'de görüleceği üzere 1955-2008 yılları arasındaki yıllarda yıllık minimum akımların toplamı 622.57 m³/sn, ortalaması 11,53 m³/sn, standart sapması ise 7,02'dir.

Tablo 4.2. 1955-2008 Arası Minimum Akımların Toplam, Ortalaması ve Standart Sapması

1955-2008 Yılları Arası Yıl İçindeki Minimum Akımların Toplamı	622,57 (m³/sn)
Ortalama (μ_y)	11,53 (m³/sn)
Standart Sapma (S_y)	7,02

Eklenik ihtimal dağılım fonksiyonu olarak (2.1) denklemi ile verilen Gumbel dağılımı seçilerek α ve β parametreleri (2.2) eşitlikleri ile aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$\alpha = 1,282/S_y \quad \dots \quad \alpha = 1,282/7,02 \quad = 0,18$$

$$\beta = \mu_y - (0,577/\alpha) \quad \dots \quad \beta = \mu_y - (0,577/0,18) = 8,32$$

Gumbel dağılımı yardımı ile çalışma sahasındaki ancak zamanın % 5'inde aşılması (daha düşük debi gözlenmesi) beklenen kritik kurak dönem akımları ise Denklem (2.3)'de verilen ifade ile $2,22 \text{ m}^3/\text{sn}$ olarak aşağıdaki gibi bulunur.

$$Y_{0,05} = \beta - (1,097 / \alpha) \dots \dots Y_{0,05} = 8,32 - (1,097 / 0,18) = 2.22 \text{ m}^3/\text{sn}$$

BÖLÜM 5. SONUÇLAR

Nehir Tipi Hidroelektrik Santrallerin kurulmasında karşılaşılan en önemli güçlük, santral su tutulması esnasında akarsu yatağına bırakılacak canlı yaşamı devam ettirecek cansuyudur. Literatürde bu suyun hesabında çeşitli ülkeler tarafından kullanılan pek çok yöntem mevcuttur. Geçen yıllar boyunca bu yöntemlerin bir kısmı ülke şartlarına göre modifiye edilmiş ve ilgili ülkeler tarafından da kullanılmaya başlanmıştır.

Bu çalışmada, bu amaçla kullanılan literatür formüllerinin yaygın olarak kullanılan Tennant Yöntemi, 7Q10 Yöntemi ve Minimum Akımlar Serisi Yöntemleri seçilmiş ve çalışma sahasında olan 1413 Nolu Durucasu Akım Gözlem İstasyonu verileri kullanılarak örnek uygulama yapılmıştır.

Yapılan bu uygulama sonucunda bulunan değerler Tablo 5.1 de özetlenmiştir.

Tablo 5.1.Hesaplar Sonucu Bulunan Değerlerin Karşılaştırılması

Tennant Yöntemi		Ocak-Haziran Dönemi	Temmuz-Aralık Dönemi
	%10-%10	3,28 (m ³ /sn)	3,28 (m ³ /sn)
%10-%30	3,28 (m ³ /sn)	9,85 (m ³ /sn)	
7Q10 Yöntemi	8,51 (m ³ /sn)		
Minimum Akımlar Serisi Yöntemi	2,22 (m ³ /sn)		

Tablo 5.1’de görüleceği üzere Tennant yöntemine göre Ocak-Haziran aylarında akımların %10-%10 yüzdeleri 7Q10 Yönteminde bulunan değerden düşük Minimum Akımlar Serisi Yönteminden yüksektir. Tennant Yöntemine göre %10-%30 yüzdelerine göre Ocak-Haziran döneminde 3,28 m³/sn Temmuz-Aralık döneminde 9,85 m³/sn debi değerleri Minimum akımlar serisi yöntemine göre bulunan 2,22

m^3/sn değerinden yüksek 7Q10 yöntemine göre bulunan $8,51 m^3/sn$ değerinden Kurak dönemde yüksek yağışlı dönemde düşüktür.

Tennant yöntemine göre yaz aylarında akımları oldukça düşen veya kuruyan akarsularda Ekim-Mart ayları akımlarının %10, %20 ve %30'u 7Q metotlarından genelde yüksek, diğer akarsularda genelde daha düşük çıkmıştır. Nisan-Eylül aylarında ise akımların %10, %30 ve %40'ı genelde 7Q metotlarından yüksek çıkmıştır.

Ayrıca Tennant'ın Kanada iklim şartlarına göre belirlediği Ekim-Mart yağışlı dönemi çalışma sahamız için Ocak-Haziran, Nisan-Eylül olarak belirlenen kurak dönem ise Temmuz-Aralık olduğu görülmektedir.

Görüldüğü üzere cansuyunun çeşitli hesaplanma yöntemleri bulunmakta olup farklı ülkelerde farklı yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden bazılarının uygulanması kolay bazı yöntemler ise oldukça spesifik olup girdilerinin elde edilmesindeki zorluklar nedeniyle uygulanması oldukça zordur.

Kullanımı daha kolay olan hidrolojik tabanlı akış metotları daha ziyade akışı baz aldıklarından; akarsuyun mevsimsel beslenimi, baz akımı, yatağın kuruyup kurumadığı, havzanın jeolojik özellikleri vb. göre ortaya çıkan akarsu rejimleri önem taşımaktadır. Uygulanacak yöntemin belirlenmesinde bu özelliklerin dikkate alınması gerekmektedir.

Bu çalışma sonucunda, karstik bölgeler ile kuruyan veya çok düşük akım görülen akarsularda Tennant metodu. diğer akarsularda 7Q10 metodunun kullanılabilir olduğu düşünülmektedir. Ancak bu metotların seçimi konusunda çok daha fazla istasyon dikkate alınarak bir değerlendirmenin yapılması gerekmektedir.

Bununla birlikte çevresel akışın belirlenmesi için akarsu ekosistemi ile birlikte projelerin rantabilitelerinin de dikkate alınarak, hangi metotların hangi koşullara göre kullanılacağı konusunda konunun uzmanlarınca ortak bir çalışına ortamının yaratılması gerekmektedir. Kalkınmakta olan ülkelerde gerçekleştirilen projelerde

ekonomi ve ekoloji arasındaki ilişkinin "akılcı kullanım" esaslarına göre belirlenmesi en doğru yaklaşım olarak görülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] BERKUN, M. , ARAS, Egemen, KOÇ, Tuğçe, Barajların ve Hidroelektrik Santrallerin Nehir Ekolojisi Üzerinde Oluşturduğu Etkiler, Su ve Enerji Konferansı, Artvin,25-26 Eylül 2008.
- [2] LUDWIG, H.F., Environmental Aspects of Multi-Purpose Reservoir Projects in Developing Countries, Water Science and Technology, 14:269-288, 1982.
- [3] Environmental Flow Guidelines (EFG), Environmental Act.,Australia, 1999.
- [4] ÖZDEMİR D.A., KARACA Ö., ERKUŞ M.K., Low Flow Calculation to Maintain Ecological Balance in Streams,General Directorate of State Hydrolic Works,Planning and Investigation Department, Ankara, 2008.
- [5] ÖZDEMİR M.T., Küçük Hidroelektrik Santrallerde Düşü, Debi, Yük ve Verim İlişkileri, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, 2002.
- [2] ARMAN, F.A., Türkiye'nin Hidroelektrik Potansiyeli ve Sorunları, <http://www.hesiad.org.tr>, 2010.
- [7] TÜRKSOY, M., Türkiye'de Küçük Hidroelektrik Potansiyelin Geliştirilmesi, Üçüncü Dünya Ülkeleri Enerji Sorunlarına Bakış Sempozyumu, Tahran, 1983.
- [8] AVŞAR, E., Küçük Hidroelektrik Santrallerin Türkiye'deki Yeri,Önemi ve Hesaplama Esasları, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 1994.
- [9] EİE Akım Yıllıkları, EİE, Ankara, 2008
- [10] DAVIS, R., HIRJI, R., Water Resources and Environment Technical Note C.1, Environmental Flows; Concepts and Methods, The World Bank, Washington , 2003.
- [11] PYRCE, R., Hydrological Low Flow Indices and Their Uses, Watershed Science Centre, Trent University, Canada, 2004.
- [12] MANN, J. I., Instream Flow Methodologies: An evaluation of the Tennant Method for Higher Gradient Streams in the National Forest System Lands in the Western US, Msc Thesis, Colorado State University, USA, 2006.
- [13] ÖZTÜRK, İ., Akarsu Kirlenmesinde Hesap Debisi Tespiti Üzerine Bir Araştırma, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 1982.
- [14] MOSLEY, M. P., Flow Requirements for Recreation Wildlife in New Zeland Rives-A Review, New Zeland Journal of Hydrology 22 (2):152-174, 1983.

- [15] PARKER, G.W., ARMSTRONG, D.S., RICHARDS, T.A., Comparison of Methods for Determining Streamflow Requirements for Aquatic Habitat Protection at Selected Sites on the Assabet and Charles Rivers, Eastern Massachusetts 2000-02, US Geological Survey Scientific Investigation Report 2004-5092.72p., 2004.
- [16] Low Flow Inventory, www.state.ma.us, 2010.
- [17] Amasya İli Taşova İlçesi Yeşilırmak Nehri Üzerinde Kurulacak Yavuz Hidroelektrik Santrali Projesi Nihai Çevresel Etki Değerlendirme Raporu, Nisan 2006.
- [18] Amasya Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, Çevre Durum Raporu ,2007.
- [19] TENNANT, D.L., Instream Flow Regimens for Fish , Wildlife, Recreation and Related Enviromental Resources. US Fish and Wildlife Service, Billings, Mont., 1975.
- [20] DSİ Akım Yıllıkları, DSİ, Ankara, 2008
- [21] ORTH D.J., Maughan O.E., Evaluation of the ‘‘Montana Method’’ for Recommending Instream Flows in Oklahoma 62-66p. Streams, Oklahoma State University, Stillwater, Oklahoma ,1981.
- [22] KUMAR P., Environmental Flows for Hydropower Projects-A Case Study, International Conference on Small Hydropower-Hydro Sri Lanka, 22-24 October 2007.
- [23] www.eie.gov.tr, 2010.

EKLER

EK A Çalışma Sahasından Görünümler



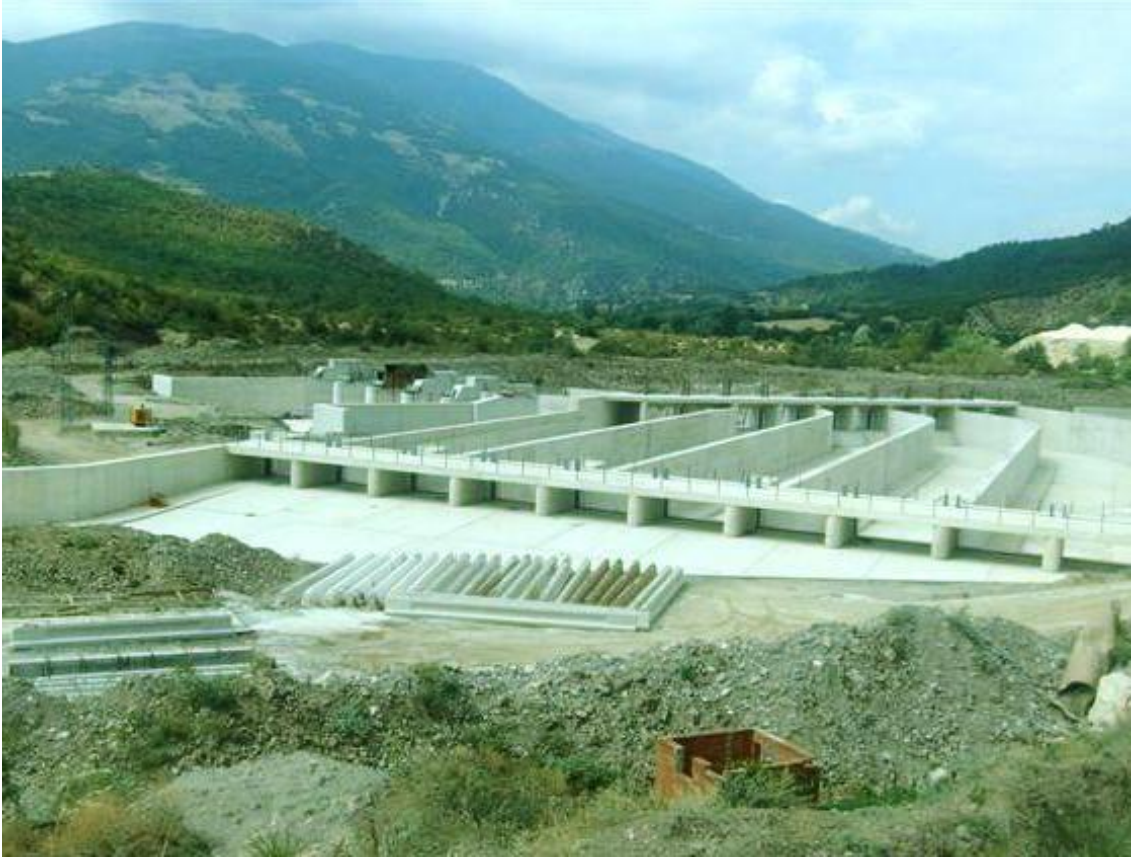
Ek.A.1.Çalışma Sahasında Yapılan Hidroelektrik Santral Şantiye Sahasından Görünüm



Ek.A.2.Çalışma Sahasında Yapılan Hidroelektrik Santral Derivasyon Kanalı Görünüm



Ek.A.3.Çalışma Sahasında Yapılan Hidroelektrik Santral Tünel İnşaatından Görünüm



Ek.A.4.Çalışma Sahasında Yapılan Hidroelektrik Santral İnşaatından Görünüm



Ek.A.5.Çalışma Sahasında Yapılan Hidroelektrik Santralın Sualma Yapısı İnşaatından Görünümler



Ek.A.6.Çalışma Sahasında Yapılan Hidroelektrik Santrallerden Şantiye Görünümü



Ek.A.7.Çalışma Sahasında Yapılan Hidroelektrik Santralın Kurulacağı Yeşilirmak Nehrinden Görünüm

ÖZGEÇMİŞ

Mustafa Hayri Sülüki, 26.09.1981 de Develi' de doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Niğde'de tamamladı. 2000 yılında Niğde Anadolu Öğretmen Lisesi'nden mezun oldu. 2002 yılında başladığı Sakarya Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nü 2006 yılında bitirdi. 2007 yılında Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Hidrolik Bilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı. 2009 Ekim ile 2010 Mart tarihleri arasında yüksek lisans tezi ile ilgili araştırma yapmak ve dil eğitimi almak için Kanada'da bulunmuştur. 2006'dan itibaren Derya Mühendislik Müşavirlik İnşaat Sanayi ve Ticaret Anonim Şirketi'nde çalışmaktadır. Şu anda şirketin faaliyet alanlarından su yapıları ve arıtma tesisi projelerinde proje mühendisi olarak görev almaktadır.