

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

**TREND ANALİZİ İLE AŞAĞI SAKARYA
HAVZASININ HİDROELEKTRİK ENERJİ
POTANSİYELİNİN TESPİTİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş.Müh. Mahmut KIRDEMİR

Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ
Enstitü Bilim Dalı : HİDROLİK
Tez Danışmanı : Doç. Dr. İbrahim YÜKSEL

Haziran 2009

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TREND ANALİZİ İLE AŞAĞI SAKARYA
HAVZASININ HİDROELEKTRİK ENERJİ
POTANSİYELİNİN TESPİTİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ


İnş.Müh. Mahmut KIRDEMİR


Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Enstitü Bilim Dalı : HİDROLİK

Bu tez 08 / 06 /2009 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.


Prof. Lütfi SALTABAŞ
Jüri Başkanı


Doç. Dr. İbrahim YÜKSEL
Üye


Yrd.Doç.Dr. Mehmet İŞLEYEN
Üye

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım süresince benden desteğini esirgemeyen, gerek ders aşamasında ve gerekse tez çalışmasını hazırlarken bana her konuda yardımcı olan her türlü desteği veren danışman hocam Doç. Dr. İbrahim YÜKSEL' e ve tezimin hazırlanması aşamasında manevi desteğini esirgemeyen eşime ve aileme sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

Mahmut KIRDEMİR
Mayıs 2009

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vii
TABLolar LİSTESİ.....	viii
ÖZET.....	ix
SUMMARY.....	x
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ.....	1
1.1. Hidroelektrik Enerji.....	5
1.1.1. Dünya’da hidroelektrik enerji potansiyeli.....	5
1.1.2. Türkiye’de hidroelektrik enerji potansiyeli.....	5
1.1.3. Hidroelektrik enerji potansiyelimiz.....	6
1.1.4. Hidroelektrik enerji potansiyel gelişiminin durumu.....	8
1.1.5. Türkiye’nin yıllık hidroelektrik enerji üretimi ve dağılımı....	9
1.1.6. Hidroelektrik santrallerin önemi, enerjideki yeri ve tercih sebepleri.....	11
1.1.7. Hidroelektrik potansiyel hesaplama yöntemi.....	12
1.2. Sakarya Havzası.....	14
1.2.1. Sakarya havzasının su kaynakları.....	14
1.2.1.1. Sakarya Nehri.....	14
1.2.1.2. Mudurnu Çayı.....	15
1.2.1.3. Dinsiz Çayı.....	16
1.2.1.4. Çark Suyu.....	16
1.2.1.5. Karasu Deresi.....	17

1.2.1.6. Karacasu (Kuyumculu)	17
1.2.1.7. Akçay Deresi (Doğancılar)	17
1.2.1.8. Bıçkı Deresi.....	17
1.2.1.9. Akçay Deresi (İkramiye Köyü)	18
1.3. Sakarya Havzasındaki Hidroelektrik Potansiyeli ve Proje Planlama Çalışmaları.....	19
1.3.1. Havzanın hidroelektrik potansiyeli.....	20
1.3.2. Sakarya havzasında hidroelektrik santral proje çalışmaları....	20
1.4. Sakarya havzasındaki hidroelektrik santral çalışmaları.....	22
1.4.1. Yapımı tamamlanmış olan hidroelektrik santraller.....	22
1.4.2. Kesin projesi hazır olan hidroelektrik santraller.....	23
1.4.3. Tüzel kişiler tarafından geliştirilen projeler.....	25
1.4.4. İşletmedeki hidroelektrik santraller.....	25
1.4.5. Planlama raporu hazır olan hidroelektrik santraller.....	26
BÖLÜM 2.	
ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	29
BÖLÜM 3.	
MATERYAL ve YÖNTEM.....	38
3.1. Mann-Kendall Testi.....	38
3.2. Spearman'ın Rho Testi.....	40
3.3. Mann-Kendall Mertebe Korelasyon Testi.....	40
3.4. Sen'in Trend Eğim Metodu.....	42
3.5. Bilgisayar Yazılımı.....	43
3.6. Analiz için Kullanılan Akım Gözlem İstasyonları ve Gözlem Değerleri.....	50
BÖLÜM 4.	
ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....	51
4.1 Örnek İstasyonlar için Trend Analizi Uygulamaları.....	52
4.1.1. Kocasu – Rüstümköy (1222) istasyonuna ait trend analizi uygulaması.....	52

4.1.1.1. Mann-Kendall yöntemi.....	53
4.1.1.2. Spearman'ın Rho testi.....	54
4.1.1.3. Mann-Kendall mertebe korelasyon testi.....	54
4.1.2.4. Sen'in Trend Eğim Metodu.....	57
4.1.2. Sakarya Nehri – Aktaş (1224) istasyonuna ait trend analizi uygulaması.....	57
4.1.2.1. Mann-Kendall yöntemi.....	58
4.1.2.2. Spearman'ın Rho Testi.....	59
4.1.2.3. Mann-Kendall mertebe korelasyon testi.....	59
4.1.2.4. Sen'in trend eğim metodu.....	62
4.2. Trend Oluşumuna Etki Eden Faktörlerin Araştırılması.....	63
4.2.1. İklim etkisi.....	63
4.2.1.1. Sıcaklık etkisi.....	63
4.2.1.2. Bağıl nem etkisi.....	64
4.2.1.3. Yağışların etkisi.....	64
4.2.2. Barajların etkisi.....	65
4.3. Bilgisayar Programı Testi.....	65
BÖLÜM 5.	
SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	66
KAYNAKLAR.....	70
ÖZGEÇMİŞ.....	74

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

AGİ	: Akım gözlem istasyonu
DSİ	: Devlet Su İşleri
EİE	: Elektrik İşleri Etüt İdaresi
E(t)	: Ortalama
H ₀	: Genellikle reddetmek için kurulan hipotez
H ₁	: H ₀ 'a alternatif hipotez
i	: Verilerin gözlem sırası
m	: Ay veya mevsim sayısı
N	: Toplam gözlem adeti
n _i	: Veriden önce gelen sayıların büyük olanlarının sayısı
Q	: Sen'in eğim katsayısı
r	: Korelasyon katsayısı
r _s	: Spearman'ın Rho testi katsayısı
R _{xi}	: i. gözlemin sıra numarası
S	: Mann-Kendall testi katsayısı
S _x	: Korelasyon testinde ilk verilerin standart sapması
S _y	: Korelasyon testinde ikinci verilerin standart sapması
t	: Test istatistiği
t _i	: Serideki aynı değere sahip verilerin sayısı (bağ)
u(t)	: Mann-Kendall Mertebe Korelasyon testi sonucunda bulunan fonksiyon
Var(t)	: Varyans
Z	: Önem seviyesi standart normal değişkeni
α	: Önem seviyesi
σ _s	: Standart sapma

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1.	Türkiye'nin Yıllık Ortalama Enerji Üretim Oranları.....	9
Şekil 1.2.	Türkiye HES Potansiyelinin Proje Seviyelerine Göre Dağılımı....	10
Şekil 1.3.	Türkiye'nin 26 Ana Akarsu Havzası.....	13
Şekil 1.4.	Sakarya Havzası ve Akım Gözlem İstasyonları.....	14
Şekil 1.5.	Sakarya Havzası.....	19
Şekil 3.1.	Trend olması durumunda $u(t)-u'(t)$ grafiği.....	42
Şekil 3.2.	Trend olmaması durumunda $u(t)-u'(t)$ grafiği.....	42
Şekil 3.3.	“Trend Analysis for Windows” programının genel görünüşü.....	44
Şekil 3.4.	“Trend Analysis for Windows” programının akış diyagramı.....	45
Şekil 3.5.	Proje Genel penceresi.....	46
Şekil 3.6.	Testler penceresi.....	47
Şekil 3.7.	Çalıştır butonuna basıldıktan sonra grafikteki değişim.....	48
Şekil 4.1	Kocasu – Rüstümköy İstasyonuna ait yıllık ortalama akım değerleri (m^3/sn)	53
Şekil 4.2.	1224 numaralı AGİ için $u(t)-u'(t)$ grafiği.....	57
Şekil 4.3.	Sakarya Nehri – Aktaş İstasyonuna ait yıllık ortalama akım değerleri (m^3/sn)	58
Şekil 4.4.	1224 numaralı AGİ için $u(t)-u'(t)$ grafiği.....	62
Şekil 4.5.	Sakarya ili için yıllık ortalama sıcaklık değerleri.....	63
Şekil 4.6.	Sakarya İli Bağıl Nem Verileri.....	64

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1.1.	Dünya'da Teknik ve Ekonomik Hidroelektrik Kapasitenin Dağılımı.....	5
Tablo 1.2.	Türkiye'deki HES Proje Seviyeleri.....	10
Tablo 1.3.	EİE Tarafından Yürütölen Küçük HES Proje ve Etüt Çalışmaları	21
Tablo 3.1.	Sakarya Havzası'nda bulunan istasyonlar ve özellikleri.....	48
Tablo 3.2.	Analiz için seçilen AGİ'ler ve ölçüm periyotları.....	50
Tablo 4.1.	Trend analizi sonuçları.....	51
Tablo 4.2.	Mann-Kendall Mertebe Korelasyon testine göre trend başlangıç yılları.....	51
Tablo 4.3.	Sen'in Trend Eğim metodu'na göre trend eğimleri.....	52
Tablo 4.4.	1222 numaralı AGİ için yıllık ortalama akım değerleri.....	52
Tablo 4.5.	$u(t)$ fonksiyonu hesabı (1224 Numaralı AGİ)	55
Tablo 4.6.	$u'(t)$ fonksiyonu hesabı (1222 Numaralı AGİ)	56
Tablo 4.7.	1224 numaralı AGİ için yıllık ortalama akım değerleri.....	58
Tablo 4.8.	$u(t)$ fonksiyonu hesabı (1224 Numaralı AGİ)	60
Tablo 4.9.	$u'(t)$ fonksiyonu hesabı (1224 Numaralı AGİ)	61
Tablo 4.10.	Bilgisayar Programı Testi Sonuç Tablosu.....	65

ÖZET

Anahtar Kelimeler: Aşağı Sakarya Havzası, Hidroelektrik Enerji Potansiyeli, Trend Analizi, Mann-Kendall Testi, Spearman'ın Rho Testi.

Hidroelektrik enerji potansiyelinin belirlenmesinde akımın debisi en önemli parametrelerden biridir. Bu tezde, Aşağı Sakarya Havzasındaki akarsuların yıllık ortalama akımlarının trend analizi yapılarak nedenleri sorgulanmıştır.

Yapılan çalışmada, yıllık ortalama akımlarda 8 adet istasyondan 6 tanesinde azalan yönde anlamlı trendler gözlenmiştir. Gözlenen trendlerin nedenleri için iklim ve baraj etkileri incelenmiş, iklim etkilerinden ele alınan sıcaklık, bağıl nem ve toplam yağış parametrelerinden sadece bağıl nem ile arasında anlamlı bir ilişki görülmüştür. Baraj etkenlerinde ise Gökçekaya ve Sarıyar barajlarının su toplama yılları ile trend başlangıç yılları arasında bir paralellik gözlenmiş ve azalan trende önemli bir etki olabileceği, Yenice Barajı'nın ise azalan trende önemli bir etkisi olmadığı sonucuna varılmıştır.

Enerji Sektöründe önemli bir yere sahip olan hidroelektrik enerji, Türkiye'de 26 ana havzada üretilmektedir. Sakarya Havzası bu havzalardan biri olup, önemli su kaynaklarından biridir. Ancak bu akarsulardan faydalanılarak hidroelektrik enerji üretimi arzu edilen düzeye ulaşamamıştır.

ESTIMATE OF HYDROELECTRIC POTENTIAL IN THE LOWER SAKARYA BASIN BY USING TREND ANALYSIS

SUMMARY

Keywords: Lower Sakarya Basin, Hydroelectric Energy Potential, Trend Analysis, Mann-Kendall Test, Spearman's Rho Test.

The flow of current is one of the most important parameter for determining the Hydroelectric Energy Potential. In this thesis, the average annual flow of rivers in the Lower Sakarya River Basin is made of the trend analysis is why the query.

In this study, annual average flow of 6 to 8 stations in one direction significantly decreasing trends have been observed. Effects of the climate and dams were studied to understand the causes of observed trends, and a meaningful difference has been seen only with relative humidity among temperature, one of the climate effects handled, relative humidity and total rainfall parameters. As for dam factors, a parallelism has been observed between the water collection years of Gokcekaya and Sariyar Dams and trend start years, with the conclusion that it could have an important effect on the decreasing trend, whereas it may be considered that YeniceDam has no important influence on the declining trend.

Hyroelectric energy has an important place in energy sector. Hydroelectric energy are produced in Turkiye at 26 main River Basins. Sakarya Basin is one of from these basins and it is very important water resources as well. However, by taking advantage of these rivers hydroelectric energy producing failed to reach the desired level.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Son yıllarda akarsulardaki akışlarda, giderek azalma ya da artma şeklinde, bir eğilim (trend) olup olmadığı çok tartişılan bir konudur. Yerkürenin ikliminde atmosferdeki karbondioksit miktarının artışından kaynaklanan bir ısınma olduğu gözlenmektedir. Sera etkisiyle yerkürenin yansıttığı ışınların yeniden yerküreye dönmesiyle oluştuğu ileriye sürülen bu etkinin yağışları ve dolayısıyla akışları ne şekilde etkileyeceği tartişılmaktadır. Dünyanın çeşitli yerlerinde yapılan araştırmalar son yıllarda yağışlarda ve akarsuların akımlarında önemli değişmeler olduğunu göstermiştir. Kuzey Amerika'da yağışlarda ve akımlarda artış olduğu sonucuna varılmıştır [1].

Elektrik üretimi konusunda gelişmiş ülkeler ve bu ülkelerin enerji ile ilgili diğer alternatifleri dikkate alındığında, hidroelektrik enerji üretiminde genelde ülke, özelden ise Sakarya havzası olarak yeterli seviyelere ulaşılamamıştır. Bu yetersizliğin; bu tip yatırımların proje maliyetlerinin çok yüksek olması, yatırımı tamamlama sürelerinin çok uzun olması gibi birçok gerekçesi sayılabilir.

Ancak; çıkarılan bazı yasa ve yönetmeliklerle, daha önceleri sadece Devlet tarafından yürütölen; hidroelektrik enerji alanındaki yatırımlarla ilgili yapım, üretim ve dağıtım gibi birçok faaliyetlerde artık özel sektöre de imkân tanınmaktadır. Dolayısıyla özel sektöre de tanınan bu imkânları çok iyi kullanarak, Bölge'deki akarsu kaynaklarını değerlendirmek suretiyle Türkiye'deki elektrik enerjisi açığıını kapatmak veya en aza indirmek mümkün olacaktır [2].

Su insan yaşamında, tüm canlılarda, kısacası doğada vazgeçilmez en değerli doğal kaynaklardan biridir. Tarih boyunca medeniyetler daha çok suya yakın yerlerde hayat bulmuştur. Fazla su taşkınlara neden olurken az su da insanların yaşamını olumsuz etkilemekte ve toplu göçlere bile neden olabilmektedir. Günümüzde nüfusun artması, çoğalan sanayi tesisleri gibi sebepler su ihtiyacının sürekli olarak artmasına neden

olmaktadır. Su ihtiyacını karşılamak için suyun bol olduğu yerlerden az olduğu yerlere taşınması ve su biriktirme haznelere oluşturulması gibi önlemler alınabilir. Fakat en etkili yol suyun geçmişteki davranışını inceleyip gelecekteki davranışını tahmin etmektir. Zaman içerisinde su miktarındaki değişimin bilinmesi depolanan ve depolanacak suyun daha dikkatli olarak kullanılmasına ve planlanmasına yardımcı olacaktır.

Küresel iklim sistemleri atmosferin oluşumundan bu yana kendi doğal değişkenliği içinde zamansal ve alansal olarak değişme eğilimi içinde bulunmuştur. Küresel iklim sistemlerindeki doğal değişkenlik bileşenlerine 19. yüzyılın ortalarında sanayi devriminden sonra, ilk kez insan etkinlikleri de katılmış ve etkili olmaya başlamıştır. Yerkürenin radyasyon dengesi, özellikle sanayi devriminden bu yana doğal sera etkisini kuvvetlendiren fosil yakıt yakılması, sanayi süreçleri, arazi kullanımı değişiklikleri ve ormanların yok edilmesi gibi çeşitli insan etkileri neticesinde atmosfere salınan sera gazlarının atmosferdeki birikimlerinin önemli düzeyde artmasıyla radyasyon dengesi bozulmaya başlamıştır [3].

Türkiye, küresel ısınmadan kaynaklanan değişimlerle özellikle su kaynaklarının azalması, tarım ürünlerinden elde edilecek verim düşüklüğü, orman yangınları, kuraklık ve çölleşme ile bunlara bağlı ekolojik bozulmalar gibi olumsuzluklarla karşı karşıya kalabileceklerdir. Yapılan bilimsel araştırmalara göre de ülkemiz küresel ısınmanın potansiyel etkileri açısından riskli ülkeler arasında gösterilmektedir.

İklim hidrolojik çevrimi kontrol eden temel etken olduğundan, iklimde meydana gelen değişiklikler en önemli etkisini hidrolojik çevrimde göstermektedir. Bu etkilerin başlıcaları, büyük miktarda yağışın neden olduğu taşkınlar ile az yağış ve yüksek sıcaklıklara bağlı olan kuraklıklardır. Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün tespitlerine göre de iklimdeki bu sapmalar bir süreklilik arz etmektedir [4].

Türkiye'de yıllık ortalama yağış 643 mm olup, bu yağış yılda ortalama 501 milyar m³ suya karşılık gelmektedir. Bunun 186 milyar m³'ü yüzeysel akışa geçmektedir. Teorik veriler dikkate alınıp, sınır aşan sularda, sınır ülkelere bırakılacak su miktarı

da düşünülduğünde ülkemizde (70 milyon nüfus esas alındığında) kişi başına düşen yıllık su miktarı 3300 m³ civarında gerçekleşmektedir [5].

Dünya da kabul edilen kriterler açısından bakıldığında ülkede kişi başına düşen yıllık su miktarı 10 000 m³ ve üzerinde ise bu ülke su potansiyeli açısından zengin ülke sınıfına girmektedir. Türkiye’de kabul edilen kriterler ile kıyaslandığında, su potansiyeli açısından zengin bir ülke olmadığı gibi aynı zamanda yıllık nüfus artışı da dikkate alındığında belli bir süre sonra su sıkıntısı çekecek ülkeler sınıfına girecektir.

Hidrolojik olarak 26 havzaya ayrılmış olan ülkemizde Meriç, Çoruh, Aras, Dicle ve Fırat havzaları sınırı aşan sular grubuna girmektedir. Bu havzaların Türkiye topraklarından kaynaklanan yıllık ortalama su potansiyelleri sırasıyla; 1.33, 6.30, 4.63, 21.33 ve 31.61 milyar m³ tür. Toplam 65,2 milyar m³ lük bu değer, ülkemizin yer aldığı coğrafi bölgenin jeopolitik durumu da göz önünde alındığında büyük önem arz etmektedir. Birleşmiş Milletler uzmanları, 2040 yılını Türkiye için ‘kritik bir yıl’ olarak görmektedirler. Tahminlere göre, Suriye ve Irak da bu dönemde su sıkıntısı çekecek ülkeler arasındadır. Ayrıca bu tarihte bölge de sınırı aşan nehirler yüzünden savaşların çıkabileceği de belirtilmektedir.

İklim değişikliği ve buna bağlı olan hidrolojik değişkenler hakkında doğru ve yeterli bilgi sahibi olmak, doğrudan veya dolaylı yoldan iklime bağımlı sistemlerin daha iyi planlanmasının ve yönetilmesinin ilk adımını oluşturmaktadır. Bu hüküm özellikle su temini, taşkın kontrolü ve hidroelektrik enerji üretimi amaçlarına hizmet eden su kaynağı sistemleri için geçerlidir. Bu nedenle çok sayıda araştırmacı bu konu ile ilgilenmekte özellikle gelişmiş ülkelerde bu konuda yapılan çalışmalara önemli miktarda parasal kaynak aktarılmaktadır.

Dünyanın çeşitli yerlerinde yapılan araştırmalar son yıllarda yağışlarda ve akarsuların akımlarında önemli değişimler olduğunu göstermiştir. Yerkürenin iklimindeki değişimin çeşitli bölgeler düşen yağışı ne şekilde etkileyeceği konusunda güvenilir bilgiler bulunmamaktadır. Ülkemizde de yıl içinde mevsimlere göre değişen yağış akış ilişkileri yıllar arasında büyük farklılıklar göstermektedir

(Türkeş, 1996). Bunun sonucu olarak suyun zamana ve miktara bağlı olarak değişen ihtiyaçların karşılanması amacı ile yönetimi büyük önem arz etmektedir. Bu nedenle Türkiye’de yağışlarda ve akışlarda herhangi bir değişimin ve bunun azalan veya artan yönde olup olmadığının araştırılması gerekmektedir.

Akımlardaki trendin bilinmesi su kaynaklarının planlanma ve işletmesinde büyük önem taşır. Ortalama ve düşük akımlarla ilgili hidrolik bilgiler baraj ve haznelerin kapasitesinin hesabında ve baraj işletmesinde, taşkınlarla ilgili bilgiler taşkın yapılarının projelendirilmesi ve işletmesinde, düşük akımlarla ilgili bilgiler, su kalitesinin kontrolü ile ilgili problemlerde ve su temini projelerinde gereklidir. Akımlarda trend bulunması gelecek için verilecek kararları önemli ölçüde etkileyecektir [6].

Bir büyüklüğün zaman boyunca ölçülen değerlerinde anlamlı bir azalma veya artmanın olması olarak tanımlanan trend, çeşitli testlerle incelenebilmektedir. Türkiye’yi kapsayan temel trend çalışmalarının literatür incelemesinin etkisi ile Türkiye coğrafyasının önemli bir havzası olan Sakarya Havzasında bulunan istasyonların, yıllık ortalama akımlarının trend analizini yapmak ve hidroelektrik enerji potansiyelini tespit etmek amacıyla, su kalitesinin kayıtlarının birçoğunda başarılı bir şekilde kullanılmış olan ve yapılan incelemeler sonucunda en güçlü test olarak tespit edilen parametrik olmayan Mann-Kendall testi ve Spearman’ın Rho testi kullanılmıştır. Ayrıca trend tespit edilen istasyonlarda Mann-Kendall Mertebe Korelasyon testi ile trend başlangıç yılı bulunmuş ve trend eğimleri de Sen’in Trend Eğim metoduna göre belirlenmiştir. Bunun yanında daha sonra yapılacak olan çalışmalar için Delphi 7.0 programlama dili kullanılarak hazırlanan bilgisayar yazılımı “Trend Analysis for Windows” yardımı ile ortalama akımlar ve sıcaklık verilerinin trend analizini yapılmıştır.

1.1. Hidroelektrik Enerji

Barajlardaki suyun veya yüksek düşüye sahip akarsuların, elektrik üreten santralleri çalıştırması ile oluşan enerjiye hidroelektrik enerjisi denir.

Türkiye’de elektrik ihtiyacının % 40’lık kısmı hidroelektrik santrallerden elde edilmektedir. Keban, Karakaya, Atatürk, Hirfanlı, Seyhan, Kemer ve Demirköprü gibi birçok baraj elektrik ihtiyacımızı karşılamaktadır.

Dışarıya akıntısı olan Hazar, Çıldır, Tortum ve Kovada gölleri gibi bazı göllerimiz, tabii baraj özelliğine sahip olduğundan bu göllerimizden de elektrik üretilmektedir [2].

1.1.1. Dünya’daki hidroelektrik enerji potansiyeli

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 1.1. de görülmektedir [7].

Tablo 1.1. 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 %	793,000	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	270,000	1.9 %	107,000	1.3 %
Afrika	1,750,000	12.3 %	1,000,000	12.3 %
TOPLAM	14,220,000		8,100,000	

1.1.2. 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 ve puant çalışma gibi iki önemli 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 yansıtmaları 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 [8].

1.1.3. 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/yıl mertebesinde (DSİ, 2005).

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 yıllık 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), master plan, fizibilite (planlama-yapılabilirlik), kesin proje, inşa ve işletme 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 Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE) ve Devlet Su İşleri (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 [8].

1.1.4. Hidroelektrik enerji potansiyel gelişiminin 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 rüzgâr, 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 rüzgâr (%0,1), 46.084 GWh'i (%24,9) hidroelektrik santrallerden sağlanmıştır.

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.

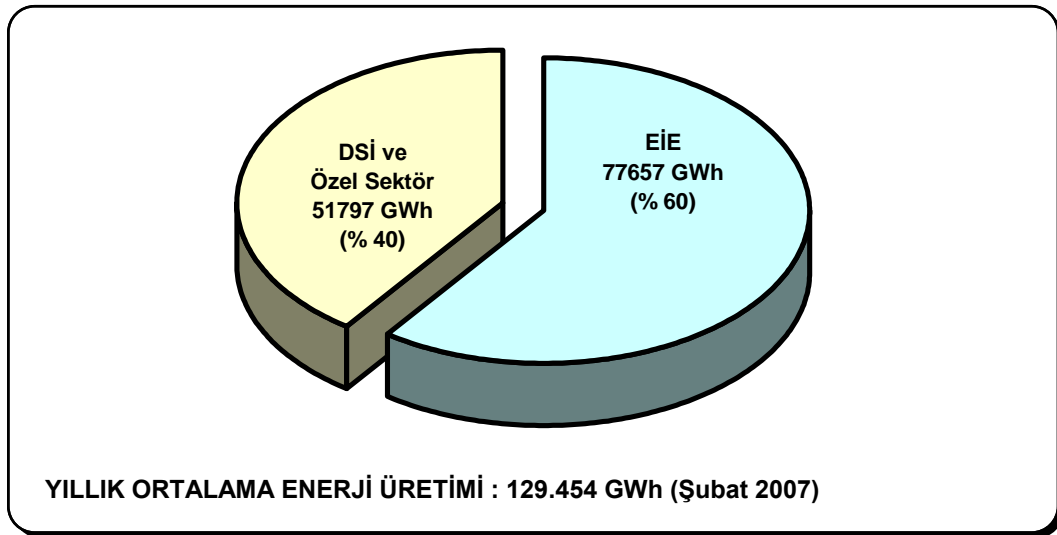
Bugün için 129,9 milyar kWh olan ekonomik hidroelektrik potansiyelimizin %35'i (45.930 GWh) işletmede, %8'i (10.518 GWh) inşa halinde ve %57'si (73.459 GWh) ise çeşitli aşamalardan oluşan projeler (ilk etüt ön inceleme, master plan, planlama ve kesin proje) düzeyindedir. 129,9 milyar kWh'lik yıllık ortalama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

oluşturan 747 adet hidroelektrik santralin 142'si işletmede, 40'ı inşa halinde ve 565 adedi ise proje seviyesindedir.

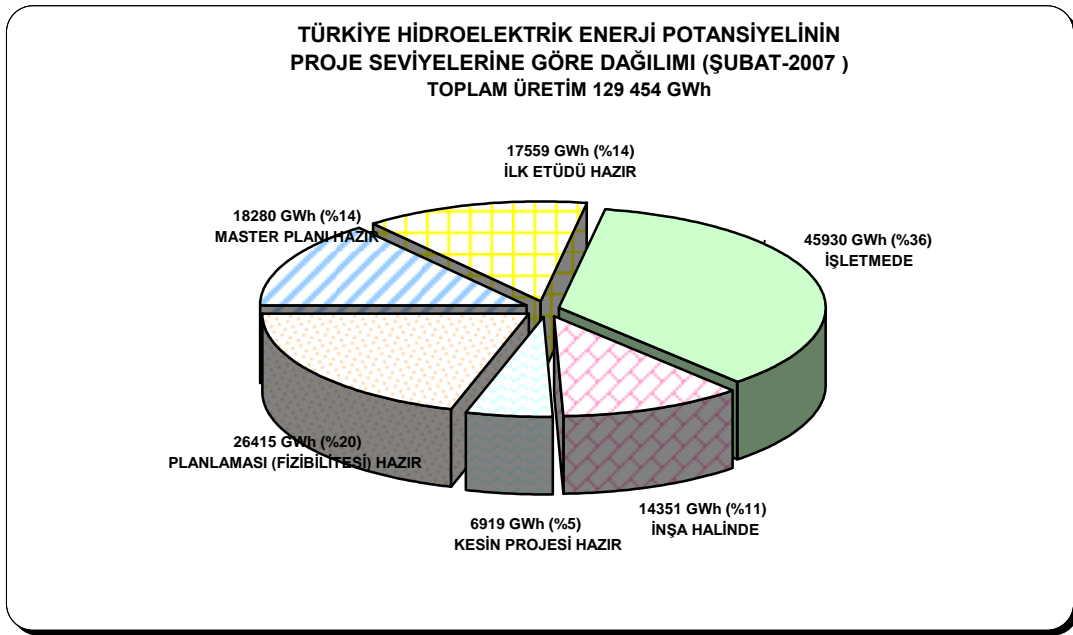
Türkiye'de hidroelektrik proje üretimiyle ilgili EİE ve DSİ gibi kuruluşların önemli görevlerinden biri de; ülkenin hidroelektrik potansiyelinin gelişimini temin edecek şekilde; tüm etüt ve proje hizmetlerinin ihtiyacı olan veri toplama faaliyetlerini yürüterek, havza master planlarını, baraj ve santrallerin 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 [8].

1.1.5. Türkiye'nin yıllık hidroelektrik enerji üretimi ve dağılımı

Türkiye'nin hidroelektrik üretim ve dağılımları ile Hidroelektrik Santral proje seviyeleri sırası ile Şekil 1.1, Şekil 1.2 ve tablo 1.2' de verilmektedir [9].



Şekil 1.1. Türkiye'nin Yıllık Ortalama Enerji Üretim Oranları.



Şekil 1.2. Türkiye HES Potansiyelinin Proje Seviyelerine Göre Dağılımı.

Tablo 1.2. 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	35,5	45 930	35,5
2- İnşa Halinde	41	4 397	8 817	14 351	11,1	60 281	46,6
3- Gelecekte İnşa Edilecek	589	19 359	37 335	69 173	53,4		
3.1 Kesin Projesi Hazır	13	2 356	4 630	6 919	5,3	67 200	51,8
3.2 Planlaması (Fizibilitesi) Hazır	176	7 269	13 239	26 415	20,4	93 615	72,3
3.3 Master Planı Hazır	99	5 260	10 773	18 280	14,1	111 895	86,4
3.4 İlk Etüdü Hazır	301	4 474	8 693	17 559	13,6	129 454	100,0
Toplam Potansiyel	772	36 544	79 712	129 454	100,0	129 454	100,0

1.1.6. Hidroelektrik santrallerin önemi, enerjideki yeri ve tercih sebepleri

Türkiye de; hızlı nüfus artışına ve sosyo ekonomik gelişime paralel olarak artan enerji ihtiyacının karşılanmasına yönelik olarak, günümüze kadar genellikle büyük 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 [2].

Bu sebeple, Türkiye’de ilave hidroelektrik enerji potansiyelinin yeniden belirlenerek, küçük HES potansiyelinin tespit edilmesi önem arz etmektedir. Küçük hidroelektrik santrallerin sınıflandırılması, ülkelerin ekonomik yapılarına ve hidrolik potansiyeline göre yapılmaktadır. Buna göre:

- 1- Kurulu gücü: 0 – 100 KW arasında olanlar mikro HES,
- 2- Kurulu gücü: 101 – 1000 KW arasında olanlar mini HES,
- 3- Kurulu gücü: 1001 – 10000 KW arasında olanlar küçük HES, olarak kabul edilmiştir.

Türkiye’de; küçük HES projelerinin geliştirilmesi ve uygulanmasına yönelik bugüne kadar yapılmış kapsamlı bir çalışma bulunmamaktadır. 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 [10].

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].

Ülkemizdeki havzalar su potansiyel imkânları, su ve toprak kaynaklarının kullanım seviyeleri, topografik, jeolojik ve diğer faktörler itibariyle birbirlerinden farklı özellikler göstermektedirler. Bu bakımdan, söz konusu akarsu havzalarının ayrı ayrı ele alınarak bugüne kadar belirlenmemiş teknik ve ekonomik olabilecek HES projelerinin araştırılması gerekmektedir. Bu şekilde, yatırımcılar için güvenle kullanılabilir temel alt yapı projeleri belirlenerek teknik ve ekonomik ilave potansiyel ortaya çıkarılabilecektir [8].

1.1.7. Hidroelektrik potansiyel hesaplama yöntemi

Hidroelektrik enerjinin hesaplanmasının değişik yöntemleri vardır. Enerji miktarı en çok suyun debisi ve düşü değerine bağlı olduğu için hesap yöntemlerinde genellikle bu iki parametrenin etkin olduğu aşağıdaki bağıntı kullanılmaktadır.

$$N = \gamma \cdot H \cdot Q \quad (1.1)$$

$$N = \text{Güç (tm/sn)} \quad 1 \text{ tm/sn} = 9,81 \text{ Kw} = 13,3 \text{ BG}$$

$$\gamma = \text{Suyun birim hacim ağırlığı}$$

$$H = \text{Kot Farkı (m)}$$

$$Q = \text{Debi (m}^3\text{/sn)}$$

Hidroelektrik santraldeki enerji kaybı oranları;

Türbinde: $\delta_{\text{tür}}$, Jeneratörde: δ_{jen} , Transformatörde: δ_{trans} ise

$\delta_{tür}, \delta_{jen}, \delta_{trans} = 0,85$ oranında santralde güç kaybı oluşur. Bundan dolayı;

$$N = \gamma * H * Q \gg N = 9,81 * H * Q * 0,85 \gg N = 8 * H * Q \text{ olarak hesaplanır.} \quad (1.2)$$

Su kaynağı potansiyeli hesabında;

$$N_{brüt} = 8 * H_{ort} * Q_{ort}$$

$$E_{brüt} = N_{brüt} * 24 * 365$$

$N_{brüt}$ = Su kaynağının brüt gücü (kW)

H_{ort} = Havzanın ortalama kotu (m)

Q_{ort} = Su kaynağının ortalama debisi (m^3/sn)

$E_{brüt}$ = Su kaynağının brüt enerjisi (kWh)

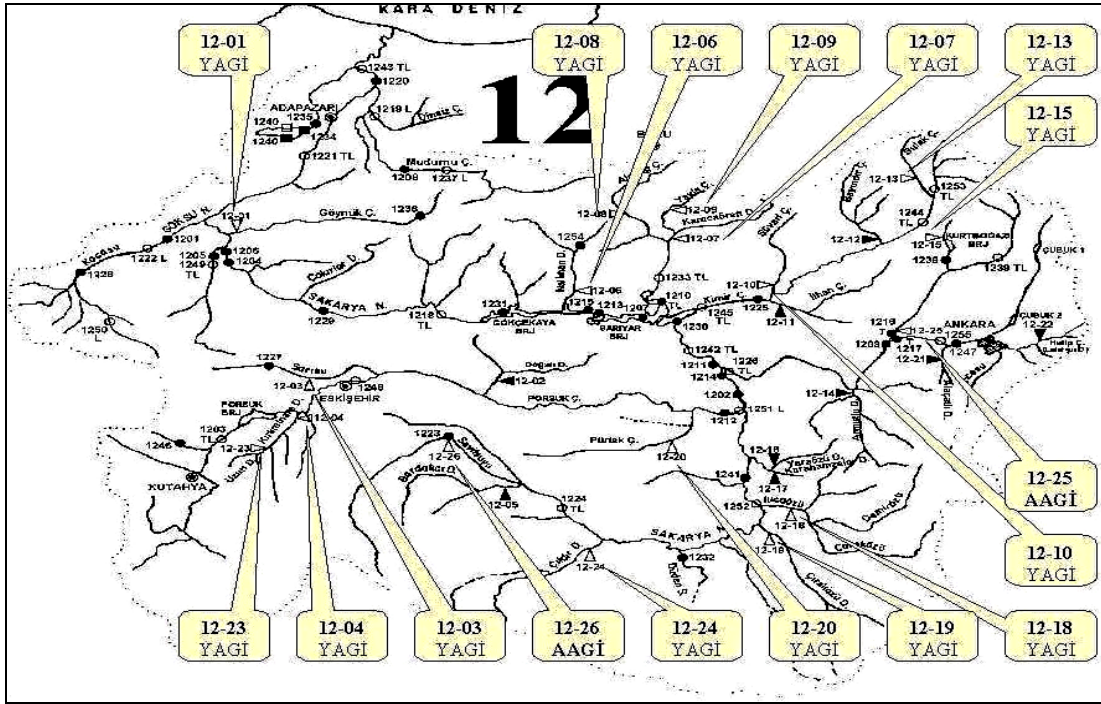
H_{ort} kareyaj yöntemi ile hesaplanmıştır. H_{ort} hesaplanırken DSİ'nin 1/25000'lik haritaları kullanılmıştır. İlk olarak akarsuyun güzergâhı ve bu güzergâh üzerindeki paftalar birleştirilerek havza alanı tespit edilmiştir. Daha sonra paftalar üzerindeki 2 cm * 2 cm ebadındaki kareler dörde ayrılarak her bir karenin ortalama kotu bulunmuştur. Membedan mansaba kadar bulunan tüm karelerin ortalama kotları toplam kare sayısına bölünerek ortalama kot hesaplanmıştır [11].



Şekil 1.3. Türkiye'nin 26 Ana Akarsu Havzası [9].

1.2. Sakarya Havzası

DSİ tarafından yapılan havza çalışmaları neticesinde ülkemiz akarsu havzaları 26 ana havzaya bölünmüştür (Şekil 1.3). Bunlardan 12 numaralı olan havza ise Sakarya Havzasıdır (Şekil 1.4). Sakarya havzasını su kaynakları ve bu kaynakların sağlayabileceği enerji potansiyelleri aşağıda irdelenmektedir [2].



Şekil 1.4. Sakarya Havzası ve Akım Gözlem İstasyonları.

1.2.1. Sakarya havzasının su kaynakları

1.2.1.1. Sakarya nehri

Aşağı Sakarya ovasının güney drenaj sınırında bulunan Doğançay' da 1221 nolu EİE istasyonu bu çalışmadaki etüt alanımıza dâhildir. Girişteki Maksimum ve minimum değerlerinin saptanması, Sakarya Nehri üzerinde kurulu bulunan Gökçekaya hidroelektrik santralinin regülasyonuna bağlıdır.

Sakarya Nehri drenaj alanına girişten itibaren iltihak eden belli başlı akarsular, batıda Çarksuyu, doğuda Mudurnu ve Dinsiz çaylarıdır. Sakarya nehri drenaj alanından Çarksuyu, Mudurnu ve Dinsiz çaylarına aldıktan sonra kuzey drenaj kara çizgisini oluşturan Karadeniz'e dökülür. Sakarya nehrinin drenaj alanında yatak uzunluğu 125 km'dir. Etüt alanında Mudurnu suyunun kesişimine kadar olan meyli km başına 0.45 metredir.

Mudurnu çayı aşağısında bu meyil km. başına 0.35 metreye düşer. Etüt alanının yeraltı suyunun akarsuya boşalımının, hesabı için: 1243 nolu EİE daimi akım rasat istasyonu ile etüt esnasında akım rasadı için 17-18-19-34 nolu muvakkat akım rasat istasyonları Sakarya nehri üzerinde tesis edilmiştir. Doğançay 1221 nolu akım rasat İstasyonu 1953'te Botbaşı 1243 nolu akım rasat istasyonu 1960 yılında tesis edilmiştir.

Doğançay 1221 nolu akım rasat istasyonu değerleri Gökçekaya Hidroelektrik santralinin günlük çalışması ile orantılı olması, Doğançay akım rasat istasyonu değerlerini periyodik olmaktan alıkoymaktadır [2].

1.2.1.2. Mudurnu çayı

Sakarya havzasının doğu drenaj çizgisindeki dış havzalardan etüt alanına intikal eden ikinci büyük akarsu Mudurnu çayıdır. Etüt alanına doğu drenaj sınırı Taşburan yakınında dâhil olur.

Ovaya giriş debisi bu çay üzerinde yer alan rasat istasyonunda ölçülür. Yatak şartlarının kötü oluşu nedeniyle Mudurnu suyunun ova girişinden Sakarya nehrine kadar olan kesimi DSİ'ce kanala alınmıştır. Mudurnu çayı Sakarya nehrine ulaşmadan önce Yeniköy yakınlarında; doğudan gelen Dinsiz çayı'nı alarak Süleymaniye bataklığı önünde Sakarya nehrine ulaşır.

Mudurnu çayının etüt esnasında gözlenebilen minimum debisi Ovaya girişte 1979-Ağustos 3.622 m³/sn'dir. Maksimum debisi ise 62.811 m³/sn ile 1980 Mart ayında gözlenmiştir. Mudurnu Çayı DSİ'ce kanala alınmasına rağmen hala Sakarya Nehrine

ulaştığı alanda Süleymaniye Bataklığını büyük taşkınlarda beslemektedir. Mudurnu çayının Ovadaki yatak meyli km'de 0,50 metredir.

Mudurnu Çayı ve yan kollarının Ova dâhilindeki yatak şartları meyil yetersizliğinden dolayı kanallarla ıslah edilmesine rağmen Ova sularını istenilen düzey ve sürelerde drene etmeye yetmemektedir. Bundan dolayı Süleymaniye Bataklığının oluşumunu ve devam etmesini sağlamaktadır [5].

1.2.1.3. Dinsiz çayı

Dinsiz Çayı aşağı Sakarya havzasının doğu drenaj alanı içinden doğan, Mudurnu Çayı ile Sakarya Nehrine ulaşan önemli akarsulardan biridir.

En Önemli kolları Hendek Çayı ve Balıklı Dereleridir. Drene ettiği akımlar, tali drenaj alanının batı drenaj hududunda Yağbasan Köyü yakınında EİE'nin 1219 nolu akım rasat istasyonunda bulunan daimi akım rasat istasyonunda ölçülür. Yapılan ölçümlerle yıllık baz akımı yaklaşık olarak $52 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıldır}$ [5].

1.2.1.4. Çark suyu

Çark suyu genelde Sapanca Gölü'nün boşalım ayağı şeklindedir. Ancak Sapanca Gölünden çıktıktan sonra Aşağı Sakarya Ovasına ulaşır, Ova içinde oluşan mevsimlik ve daimi akarsuları da alarak Aşağı Sakarya ovası çıkış ölçüm noktası akım rasat istasyonuna ve oradan da Sakarya Nehrine ulaşır. Drene olduğu alan 556 km²'dir. Çark suyunun akım değerleri Sapanca Gölü çıkışındaki EİE'nin Beş köprüler daimi akım rasat istasyonunda ölçülür. Bu noktadan itibaren Çark Suyu yatağının Sakarya Nehrine kadar olan kısmı Sofiler koyuna kadar DSİ'ce ıslah, edilerek kanala alınmıştır. Çark Suyu kanalı Sapanca Gölünden itibaren; Erenler drenaj kanalını, Gökçeören kurutma kanalını, Karakamış kurutma kanallarını ve Söğütlü kurutma kanallarını drene etmektedir [5].

1.2.1.5. Karasu deresi

Aşağı Sakarya Ovasının güney tali drenaj çizgisi eteklerinde mevcut olan kaynaklardan oluşur. Sakarya nehrine dökülmeden Karasu Kasabası yakınlarında Karadeniz'e ulaşır. Drene ettiği toplam alan 303 km²'dir [5].

1.2.1.6. Karacasu (Kuyumculu)

Sakarya Havzasının Karadeniz tarafında, Karasu İlçesi sınırlarında yer alan ve yaklaşık kotu 10 m olan bu dere üzerinde de geçmişte kısmi bazı ölçümler yapılmışsa da kotu düşük olduğu için hidroelektrik üretimi amaçlı ciddi bir çalışma içerisine girilmemiştir. Bu derenin akım değerleri küçük bir hidroelektrik santrali için oldukça elverişli görülmektedir. Bu dere üzerinde projelendirilecek olan bir küçük HES'den üretilen enerji bu yöredeki birçok fabrika, sanayi, işletme ve meskenin elektriğini karşılayabilecek miktarlara ulaşacaktır [2].

1.2.1.7. Akçay deresi (Doğancılar)

Üzerinde değişik zamanlarda ölçümler gerçekleştirilen bu derenin de belli bir miktarda hidroelektrik potansiyele sahip olduğu görülmektedir. Her ne kadarda Dereye ait akım debileri küçük olsalar da dere yaklaşık 650 m lik kotu ile önemli bir düşüye sahiptir. Dolayısıyla bu düşü ve akım değerleri göstermektedir ki, Akçay deresi (Doğancılar kolu) üzerinde projelendirilecek olan bir küçük hidroelektrik santral bu yörenin ve dolayısıyla ülkenin ekonomisine önemli katkılar sağlayacaktır [2].

1.2.1.8. Bıçkı deresi

Hidroelektrik potansiyel açısından bu güne kadar üzerinde her hangi bir çalışma yapılmamış derelerden birisi de Bıçkı deresidir.

Bıçkı deresi üzerinde özel girişim ve gayretlerle yapılan yıllık ölçümler neticesinde en düşük akım değeri 179 lt / sn, en büyük akım değeri ise 567 lt / s, ortalama akım

değeri ise 374.46 lt / sn. olarak ölçülmüştür. Derenin mevcut kotu da dikkate alındığında bu dere üzerinde projelendirilerek yapılacak olan küçük ölçekli bir hidroelektrik santral yılda yaklaşık 0.5 – 1.0 milyon kwh' in üzerinde elektrik üretebilecek özelliktedir [2].

1.2.1.9. Akçay deresi (İkramiye köyü)

Sakarya havzasında yer alan ve Adapazarı Büyükşehir sınırları içerisindeki Sapanca İlçesi İkramiye Köyü sınırlarında yer alan Akçay Deresi (İkramiye Köyü Kolu), Adapazarı Büyükşehir Belediyesi ADASU Genel Müdürlüğüne su temini amaçlı kullanılmaktadır.

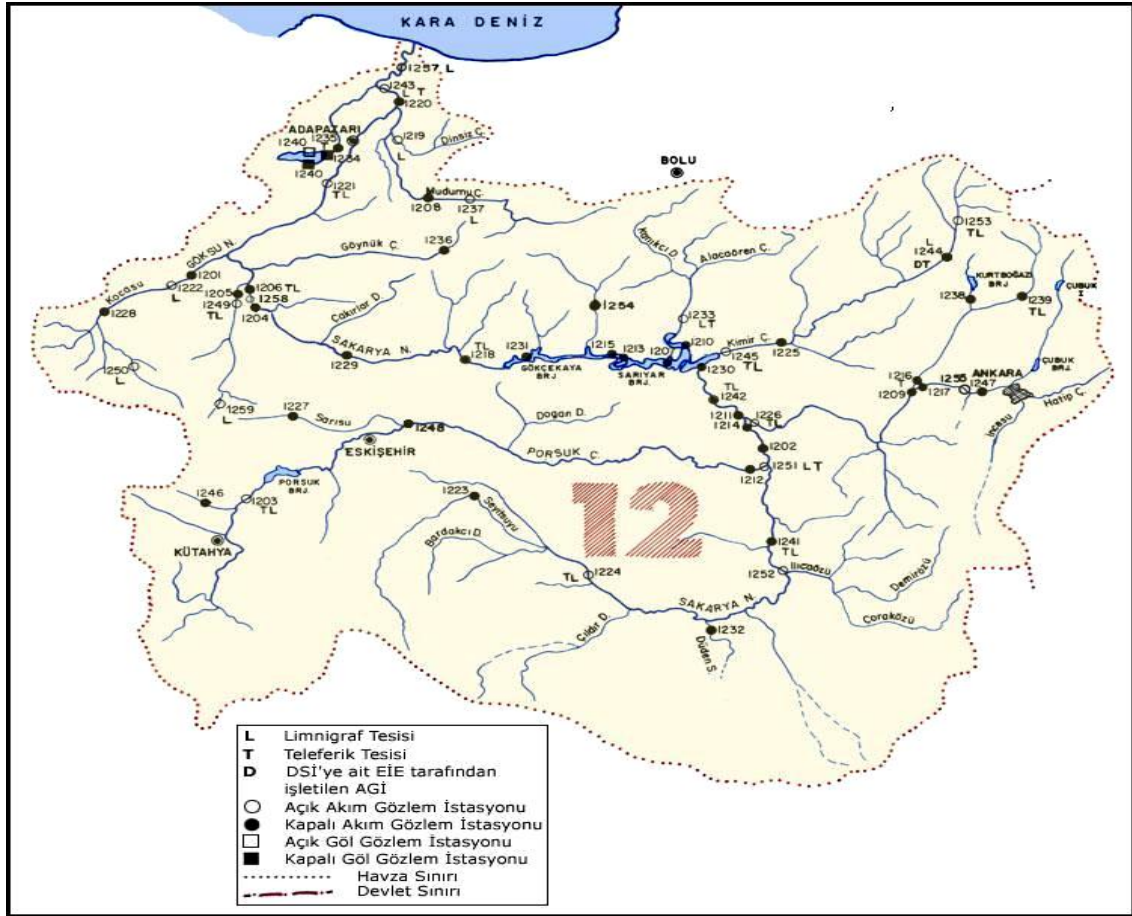
Ancak, bu derenin akım değerlerine bakıldığında; akım değerlerinin oldukça yüksek olduğu, su temini için kullanılan suyun toplam su debisinin sadece %37'sini oluşturduğu, %63'ünün boşa aktığı görülmektedir.

Her ne kadarda, Akçay deresi Adapazarı Büyükşehir Belediyesi ADASU Genel Müdürlüğüne su temini amaçlı kullanılmakta ise de bu durum enerji üretimi için engel teşkil etmemektedir. Dolayısıyla derenin akım değerleri ve düşüşünden faydalanılarak, boşa akan suyu da değerlendirmek suretiyle bu dereden hidroelektrik enerji elde edilebilir. Daha sonra da kuyruk suyu alınarak su temini tesislerinde kullanılır. Bu şekilde suyun kullanımı ve hidroelektrik enerji santralinin projelendirilmesi işçilik, tesis ve dolayısıyla ekonomik yönden de birçok avantajı beraberinde getirecektir. Çünkü su temini için yapılan havuzlar, bağlamalar, tüneller, kanallar, cebri borular vb. hidroelektrik santral tesisi için de kullanılacaktır.

Dolayısıyla bir sistem için yapılmış olan bazı tesisler bir diğer sistem için de kullanılmış olacaktır. Bu durum ise tesislerin proje maliyetlerini düşürerek projelerin uygulanabilirlik düzeyini arttıracaktır ve projenin geri dönüşüm sürecini azaltacaktır [2].

1.3. Sakarya havzasındaki hidroelektrik potansiyeli ve proje – planlama çalışmaları

Sakarya havzası (Şekil 1.5) oldukça önemli su kaynaklarına, ovası ise verimli topraklara ve önemli sanayi kuruluşlarına sahiptir. Sakarya ovasında sanayileşmenin hızla gelişmesi ve ovanın ulaşım ağı bakımından çok önemli bir noktada olması sebebiyle Sakarya havzası içinde önemli avantajlar sağlamaktadır. Bu avantajların başında; Bölgede bulunan sanayi kuruluşlarının enerji ihtiyaçlarının karşılanması için projeler geliştirilmiş ve geliştirilmeye devam edilmektedir.



Şekil 1.5. Sakarya Havzası.

Bunların yanı sıra Havzada bulunan su kaynakları ovanın verimliliği için son derece önemlidir. Sakarya Nehri Türkiye içinde önemli bir su kaynağıdır. Sakarya Nehrinin

yanı sıra havzada; Mudurnu Çayı, Dinsiz Çayı, Çark Suyu, Karasu Deresi gibi önemli su potansiyelleri de mevcuttur [2].

1.3.1. Havzanın hidroelektrik potansiyeli

Türkiye'nin sınırları içerisinde yer alan su kaynakları göz önüne alındığında, hidroelektrik bakımından önemli bir potansiyele sahip olduğu görülmektedir. Ülke coğrafyası içerisinde yer alan havzalardaki hidroelektrik potansiyeli araştırma çalışmaları tüm hızıyla devam etmektedir. Bu çalışmaların büyük bir bölümünü küçük akarsu kaynaklarındaki hidroelektrik enerji potansiyellerinin tespiti ve bu akarsular üzerinde HES projelerinin geliştirilmesi oluşturmaktadır.

Sakarya nehri ana kollardaki mevcut hidroelektrik potansiyelin Sarıyar, Yenice ve Gökçekaya barajlarıyla tam olarak kullanıldığı düşünülürse küçük akarsuların hidroelektrik potansiyellerinin tespitine yönelik bu araştırmalar son derece önemlidir.

EİE tarafından yürütülen ve halen devam etmekte olan küçük akarsular üzerindeki enerji imkânlarına ilişkin ilk etütlerin hazırlanması çalışmalarına Sakarya havzası da dâhil edilmiş olup bu çalışmalardan 76 tanesi Sakarya havzasına aittir (Tablo 1.3). Her ne kadar da bugüne kadar bu havzadaki çalışmalarda istenilen sonuçlara ulaşılamamışsa da EİE tarafından yürütülen bu çalışmalarda Sakarya Havzasında hidroelektrik Enerji potansiyeli olabilecek yerler belirlenmiş olup, hidrometrik ölçümler ve proje çalışmaları devam etmektedir [12].

1.3.2. Sakarya havzasında hidroelektrik santral proje çalışmaları

İlk planda belirlenen proje sayısı 76 olup, ancak ilk etüt çalışmaları için bugüne kadar ele alınan proje yoktur. EİE'nin Hidrolik Etütler Dairesi tarafından yapılan çalışmalarda; hesaplanarak projeye gönderilen akım sayısı 8, ölçümlerden sonra hesaplanan akım sayısı 3'tür (Tablo 1.3). EİE tarafından yapılan bu araştırmaların dışında Sakarya havzasında DSİ ve özel şirket veya kuruluşlar tarafından etüt ve planlama çalışmaları devam eden hidroelektrik enerji üretim santral projeleri de mevcuttur. Bu çalışmalarla ilgili ayrıntılı bilgi aşağıda verilmektedir.

Tablo 1.3. EİE Tarafından Yürütülen Küçük HES Proje ve Etüt Çalışmaları [9].

No	Havza Adı	Proje Dairesince Yapılan Çalışmalar						Hidrolik Etütler Dairesince Yapılan Çalışmalar	
		İlk Planda Belirlenen Proje Sayısı	İlk Etüt Çalışmalarında Ele Alınan Proje Sayısı	Rantabl Projeler			Akım Ölçümünün Devamında Yarar Görülen Proje Sayısı	Hesaplanarak Proje'ye Gönderilen Akım Sayısı	Ölçümlerden Sonra Hesaplanan Akım Sayısı
				Adet	Kurulu Güç (MW)	Enerji (GWh)			
1	13-B.Karadeniz	34	15	4	8	40	10	28	---
2	22-D.Karadeniz	84	59	41	126	718	50	79	---
3	01- Meriç	11	-		-	-	-	11	---
4	02-Marmara	13	-		-	-	-	13	---
5	03-Susurluk	18	15	2	5	23	6	17	---
6	04-Ege Suları	6	5			-	2	5	---
7	05-Gediz	11	7	2	29	116	-	8	---
8	06-K.Menderes	12	-	-	-	-	-	9+3=12	---
9	07-B.Menderes	10	2	2	3	16	-	4	---
10	08-Batı Akdeniz	28	9	5	20	99	5	4+8=12	---
11	09-Orta Akdeniz	66	20	13	64	260	6	12+6	---
12	10- Burdur Gölü	13	-	-	-	-	-	-	---
13	11- Afyon	28						7	13
14	12-Sakarya	76						8	3
15	14-Yeşilırmak	49						27	2
16	15-Kızılırmak	22							
17	16- O.Anadolu	-	-	-	-	-	-	-	-
18	17- D.Akdeniz	38						2	28
19	18- Seyhan	21						-	12
20	19- Asi /Hatay)	10						4	3
21	20- Ceyhan	21							
22	21-Fırat	20							
23	23-Çoruh	14							
24	24-Aras	13							
25	25-Van Gölü								
26	26-Dicle								
	TOPLAM	618	132	69	255	1272			

1.4. Sakarya havzasındaki hidroelektrik santral çalışmaları

Sakarya Havzasında bugüne kadar yapılan çalışmalar sonucunda Sakarya nehrinin ana kolları üzerindeki mevcut hidroelektrik potansiyel dolmuştur. Diğer taraftan Geyve Boğazından sonra ana kol ovaya dâhil olduğu için Baraj yapma imkânı yoktur. Sakarya Havzasında bugüne kadar yapılan çalışmalar sonucunda yapılan HES'ler aşağıda verilmektedir [5,8].

1.4.1. Yapımı tamamlanmış olan hidroelektrik santraller

Yapımı tamamlanmış olan santraller ve özellikleri aşağıda verilmektedir [5,8].

I. Sarıyar barajı ve hidroelektrik santrali

Barajın Adı	: Sarıyar
Bitiş Yılı	: 1956
Baraj Tipi	: Beton Ağırlıklı
Havza Adı	: Sakarya Havzası
Akarsu Adı	: Sakarya Nehri
Temelden Yüksekliği	: 108 m
Depolama Hacmi	: $1900 \times 10^6 \text{ m}^3$
Kurulu Güç	: 160 MW
Yıllık Ort. Enerji	: 400 GWh
Bulunduğu İl	: Ankara

II. Gökçekaya barajı ve hidroelektrik santrali

Barajın Adı	: Gökçekaya
Havza Adı	: Sakarya Havzası
Akarsu Adı	: Sakarya Nehri
Bitiş Yılı	: 1972
Baraj Tipi	: Beton Kemer
Temelden Yüksekliği	: 115 m

Depolama Hacmi	: 910x10 ⁶ m ³
Kurulu Güç	: 278 MW
Yıllık Ort. Enerji	: 562 GWh
Bulunduğu İl	: Eskişehir

III. Yenice barajı ve hidroelektrik santrali

Barajın Adı	: Yenice
Havza Adı	: Sakarya Havzası
Akarsu Adı	: Sakarya Nehri
Bitiş Yılı	: 1998
Baraj Tipi	: Toprak Dolgu
Temelden Yüksekliği	: 33.1 m
Depolama Hacmi	: 1798x10 ³ m ³
Kurulu Güç	: 38 MW
Yıllık Ort. Enerji	: 122 GWh
Bulunduğu İl	: Sakarya

Bu barajlar ve hidroelektrik santraller, DSİ tarafından yapımları tamamlanmış ve işletimde olan tesislerdir. Bunların yanı sıra son yıllarda EİE tarafından geliştirilen projelerde mevcuttur. Bunlar aşağıda verilmektedir [12].

1.4.2. Kesin projesi hazır olan hidroelektrik santraller

EİE tarafından etütleri yapılarak kesin projeleri hazırlanmış ve DSİ'ne devredilmiş olan projeler aşağıda verilmektedir [8].

I. Gürsöğüt HES projesi

HES'in Adı	: Gürsöğüt
Projenin Bulunduğu İl	: Eskişehir
Nehir	: Sakarya
Havza	: Sakarya
Kurulu Güç (MW)	: 242

Yıllık Ort. Enerji (GWh)	: 276
Güvenilir Enerji (GWh)	: 159
Tipi	: Kemer Dolgu
Talvegden Yüksekliği (m)	: 100
Brüt Düşü (m)	: 95
Ort Debi (m ³ /s)	: 45
Gövde Hacmi (m ³)	: 5,955x10 ⁶
Kuvvet Tüneli Boyu (m)	: -
Tesis Bedeli (TL)	: 33,477x10 ³
Proje Bedeli (TL)	: 40,8x10 ³
Yatırım Bedeli (TL)	: 53,6x10 ³
Rayiç Yılı	: 1984
İnşaat Süresi (yıl)	: 6
İşletim	: DSİ

II. Kargı-Sakarya HES projesi

HES'in Adı	: Kargı-Sakarya
Projenin Bulunduğu İl	: Eskişehir
Nehir	: Sakarya
Havza	: Sakarya
Kurulu Güç (MW)	: 194
Yıllık Ort. Enerji (GWh)	: 246
Güvenilir Enerji (GWh)	: 140
Tipi	: Kemer Dolgu
Talvegden Yüksekliği (m)	: 69
Brüt Düşü (m)	: 82,5
Ort. Debi (m ³ /s)	: 45
Gövde Hacmi (m ³)	: 2,140 x10 ⁶
Kuvvet Tüneli Boyu (m)	: 1257
Tesis Bedeli (TL)	: 29,214x10 ³
Proje Bedeli (TL)	: 40,8x10 ³
Yatırım Bedeli (TL)	: 33,8x10 ³

Rayiç Yılı	: 1984
İnşaat Süresi (yıl)	: 6
İşletim	:DSİ

1.4.3. Tüzel kişiler tarafından geliştirilen projeler

I. Taşyatak HES projesi

Tesisin Bulunduğu İl	: Sakarya
İlçe	: Akyazı
DSİ Bölgesi	: 03 Eskişehir
Akarsu Adı	: Fındıklı Deresi
Projenin Amacı	: Elektrik Üretimi
Başvuru Yapan Firma	: Taşyatak Enerji Üretim Ve Ticaret Ltd. Şti.

II. Taraklı HES projesi

Tesisin Bulunduğu İl	: Sakarya
İlçe	: Taraklı
Dsi Bölgesi	: 03 Eskişehir
Akarsu Adı	: Göynük Çayı
Projenin Amacı	: Elektrik Üretimi
Başvuru Yapan Firma	: Düzce Enerji Birliği İnş. San. Ve Tic. Ltd. Şti.

1.4.4. İşletmedeki hidroelektrik santral

I. Hendek Araklı HES projesi

HES'in Adı	: Hendek Araklı
Projeyi Yapan	: Belediye
Projenin Amacı	: Elektrik Üretimi
Kurulu Güç (MW)	: 0,33
Üretim: Ortalama	: 1 Gwh

Güvenilir Üretim	: 1 Gwh
Santralin Bulunduğu İl	: 54 Sakarya
İlçe Adı	: Hendek
Havza No ve Adı	: 12-Sakarya
DSİ Bölgesi	: 03-Eskişehir
İşletmeye Açıldığı Yıl	: 2000

1.4.5. Planlama raporu hazır olan hidroelektrik santraller

I. Mansurlar HES projesi

HES'in Adı	: Mansurlar
Projeyi Yapan	: DSİ
Projenin Amacı	: Elektrik Üretimi
Kurulu Güç (MW)	: 12.00
Ortalama Üretim	: 54 Gwh
Güvenilir Üretim	: 16 Gwh
Santralin Bulunduğu İl	: 54 Sakarya
İlçe	: Akyazı
Havza No ve Adı	: 12-Sakarya
DSİ Bölgesi	: 03-Eskişehir

II. Pazarköy HES projesi

HES'in ADI	: Pazarköy
Projeyi Yapan	: DSİ
Projenin Amacı	: Elektrik Üretimi
Kurulu Güç (MW)	: 17.00
Ortalama Üretim	: 78 Gwh
Güvenilir Üretim	: 27 Gwh
Santralin Bulunduğu İl	: 54 Sakarya
İlçe	: Akyazı
Havza No ve Adı	: 12-Sakarya
DSİ Bölgesi	: 03-Eskişehir

III. Taraklı HES projesi

HES'in Adı	: Taraklı
Projeyi Yapan	: OTOPR
Projenin Amacı	: Elektrik Üretimi
Kurulu Güç (MW)	: 5.00
Ortalama Üretim	: 18 Gwh
Güvenilir Üretim	: 2 Gwh
Santralin Bulunduğu İl	: 54 Sakarya
İlçe	: Geyve
Havza No ve Adı	: 12-Sakarya
DSİ Bölgesi	: 03-Eskişehir

IV. Doğançay HES projesi

HES'in Adı	: Doğançay
Projeyi Yapan	: DSİ
Projenin Amacı	: Elektrik Üretimi
Kurulu Güç (MW)	: 16.89
Ortalama Üretim	: 148 Gwh
Güvenilir Üretim	: 94 Gwh
Santralin Bulunduğu İl	: 54 Sakarya
İlçe Adı	: Geyve
Havza No ve Adı	: 12-Sakarya
DSİ Bölgesi	: 03-Eskişehir

V. Büyük Melen HES projesi

HES'in Adı	: B.Melen
Projeyi Yapan	: DSİ
Projenin Amacı	: Elektrik Üretimi + İşletme
Kurulu Güç (MW)	: 30,00
Ortalama Üretim	: 151 Gwh
Güvenilir Üretim	: 160 Gwh

Santralin Bulunduğu İl : 54 Sakarya
İlçe Adı : Karasu
Havza No ve Adı : 13-B.Karadeniz
DSİ Bölgesi : 03-Eskişehir

BÖLÜM 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Berryman, su kalitesi değişkenlerinin trend analizinde; lineer trendler için 12 (Kendall, Spearman, Intrablock testler vb.), sıçrama trendleri için 7 (Medyan, Mann-Whitney, Kolmogorov-Smirnov, vb.) ve çoklu sıçrama türü trendler için de 3 farklı parametrik olmayan test hakkında bilgi vermişlerdir. Bu testler içerisinde, mevcut dataların içsel bağımlılık ve mevsimsellik gibi yapısal özellikleri dikkate alınarak, en uygun olanının seçileceği ifade edilmiştir [13].

Erdoğan, 1938-88 yıllarındaki gözlem süresince sadece 1973 su yılında Türkiye'nin tüm nehirlerinde su eksikliğin oluştuğunu belirlemiştir. Ayrıca aynı çalışmada Türkiye'de şiddetli ve sürekli bir kuraklığın sadece 1970-1974 yılları arasında oluştuğu ifade edilmiştir. Bu çalışmaya göre yaygın kuraklıklar 1954-1955, 1950-1961 ve 1972-1973 yıllarında oluşmuş ve sadece 1972-1973 kuraklığı tüm Türkiye'ye yayılmıştır. Sonuç olarak 50 yıllık gözlem süresince tüm Türkiye'yi etkileyen şiddetli ve sürekli bir su eksikliği (hidrolojik kuraklık) 1970'li yılların başlarında olmuştur [14].

Arseni-Papadimitrio ve Maheras, yaptıkları bir çalışmada Akdeniz kenarındaki dört yerleşim birimini (Kudüs, Atina, Roma ve Marsilya) seçmiş ve bu bölgede (120 yıldan daha uzun süreli sıcaklık verilerini kullanarak) sıcaklıktaki değişimleri belirleyebilmek için Mann-Kendall trend testini kullanmışlardır. Elde edilen çalışma sonuçlarına göre Atina dışında sıcaklıklarda ısınmaya doğru gidişatın olduğu vurgulanmıştır. Sıcaklıkta değişim başlangıç tarihleri Roma'da 1893, Kudüs'te 1920, Marsilya'da 1942 yıllarıdır [15].

Toros, Mann-Kendall Mertebe Korelasyon testini iklimsel serilere uygulamışlardır. Türkiye'yi temsilen seçilen 18 meteoroloji istasyonunda (Edirne, Zonguldak, Samsun, Göztepe, Ankara, Trabzon, Çanakkale, Kütahya, Sivas, Kars, İzmir, Elazığ,

Konya, Adana, Diyarbakır, Şanlıurfa, Van, Antalya) alınan düşük ve yüksek sıcaklık ile yağış verileri incelenmiştir. Sonuçlara göre ilkbahar gece sıcaklıklarında belirgin bir trend bulunmazken gece ile gündüz sıcaklıklarındaki değişimler birbirleri ile karşılaştırılınca, Türkiye genelinde özellikle gece sıcaklığında önemli artışların olduğu görülmüştür. Yağış verilerinde de trend bulunmamıştır ancak mevsimsel olarak toplam yağışlarda kış aylarında bir azalma, ilkbaharda ise artma eğilimi gözlenmiştir [16].

İçağa, Berryman ve arkadaşlarının önerdikleri trend analiz metotlarını, Gediz Havzası su kalitesi gözlemlerine uygulamış ve 1979-1989 yılları arasındaki trendi tespit etmiştir [17].

İçağa ve Harmancıoğlu, Yeşilirmak Havzası'nda 1979-1984 yılları arasındaki su kalitesi ölçümlerinin yapıldığı 10 istasyona Spearman'ın Rho testi, Mevsimsel Mann-Kendall testi, Mann-Whitney testi ve Kruskal-Wallis'h testini uygulamışlar ve anlamlı trendler belirlemişlerdir [18].

Zaman serilerindeki iç bağımlılık Mann-Kendall testi ile yapılan trend testini etkilemektedir. Bununla ilgili Von Storch, Yue ve Wang yapmış oldukları çalışmalarda iç bağımlılığın etkisini gidermek için ön ayıklama (prewhitening) yöntemi üzerinde çalışmışlar ve bu etkiyi trend üzerinde herhangi bir değişme olmadan kaldırmayı başarmışlardır [19,20].

Türkiye için yapılan trend analizi çalışmaları, çoğunlukla sıcaklık ve nadiren de yağış alanlarında odaklanmış, Türkeş, 1930-1992 yılları arasında Türkiye'deki her bir meteorolojik istasyon ve her bir coğrafi bölgenin uzun süreli ortalama sıcaklıklarındaki trendleri ve ani değişimleri belirlemek için parametrik olmayan çeşitli testler kullanmışlar ve bölgesel ortalama sıcaklık serilerini kullanarak iklimin doğu Anadolu'da ısınma, özellikle Marmara ve Akdeniz bölgelerinde ise soğuma eğiliminde olduğunu bulmuşlardır [4].

Türkeş, Türkiye'deki yıllık yağış verilerinin uzaysal ve zamansal karakteristiklerini açıkladığı çalışmasında, 91 istasyonun 1930-1993 periyodundaki aylık yağış

toplamlarını kullanmıştır. Mann-Kendall testlerine göre alan ortalamalı yağış serilerinin çoğunda negatif test istatistiği bulunmuş ve %90 önem seviyesinde Karadeniz ve Akdeniz bölgelerindeki yağış anomalileri azalan trendler göstermişlerdir. Bu çalışmada ayrıca, önemli azalan trendlerin çoğunun 20-25 yıl boyunca meydana gelen ani azalmaların sonucu olarak ortaya çıktığı da belirtilmiştir [21].

Kadıoğlu, Türkiye'deki 18 meteorolojik istasyonda 1939-1989 yılları arasında ortalama yıllık sıcaklık kayıtlarının trendlerini incelemiş ve önemsiz artış trendleri bulmuştur. Ayrıca uzun süreli trendlerin varlığına karar vermek için Türkiye'deki yüzey hava sıcaklığı verilerinin yetersiz olduğu da belirtilmiştir. Farklı olarak Tayanç, çoğunlukla Türkiye'nin kuzeyinde ortalama sıcaklıklarda istatistiksel olarak önemli soğumalar ve geniş kentsel bölgelerdeki ortalama sıcaklıklarda belirli artışlar bulmuşlardır [22].

Kothyari, Hindistan'ın Ganga Havzası'na ait 3 istasyondaki yağış ve sıcaklık rejimlerinin değişimlerini belirlemek için muson yağışları, muson mevsimindeki yağmurlu gün sayıları ve yıllık maksimum sıcaklık verilerine Mann- Kendall testini uygulamışlardır. Analize göre yıllık maksimum sıcaklıklardaki artışın ve toplam muson yağışları ile muson mevsimindeki yağmurlu gün sayılarındaki azalmaların 1960 yılının ikinci yarısından sonra gerçekleştiği belirtilmiştir [23].

Kahya ve Kalaycı, son yıllarda yüzey suyu kalitesinin trendlerini tespit etmek için bazı parametrik olmayan testler tasarlamıştır. Klasik parametrik testlerdeki normalite, lineerlik ve bağımsızlık gibi temel varsayımlar genellikle tipik yüzey suyu kalitesi verilerinde sağlanmamaktadır. Aynı zamanda su kalitesi trend analizinde istatistiksel testlerin uygulanması, eldeki zaman serisinin çoğunlukla eksik değerli ve kısıtlı verilerden oluşması yanı sıra kalite parametresinin akım debisi ile ilişkisi ve mevsimsellik gibi bazı problemlerden dolayı daha da karmaşık hale gelmektedir. Bu sebeplerden dolayı Sen'in T, Spearman'ın Rho, Mann-Kendall, Mevsimsel Kendall, Mann-Whitney ve Kruskal-Wallis'h gibi bazı parametrik olmayan testlerin kullanımlarının parametrik testlere göre daha uygun olduğunu ifade etmişlerdir. Susurluk Havzası'nda 1970-1994 yılları arasında su kalitesi verilerinde lineer trend

tespit edebilmek için seçilen 4 istasyona Sen'in T, Spearman'ın Rho, Mann-Kendall ve Mevsimsel Mann-Kendall testlerini uygulamışlardır. Debi ve sediment konsantrasyonunda azalan; su sıcaklığı, elektriksel iletkenlik, sodyum, potasyum, kalsiyum+magnezyum, bikarbonat ve klorit konsantrasyonlarında artan trend bulunmuştur. Karbonat, pH, sülfat organik madde ve bor konsantrasyonunda trend bulmuşlardır [24].

Moreas, Brezilya'nın güneydoğusundaki nehir havzasının 1947-1991 yılları arasındaki akım ve yağış kayıtlarına Mann-Kendall trend testini uygulamışlar ve havza genelindeki yağışlarda önemli artan trendler, 8 akım gözlem istasyonunun yarısında ise önemli azalan trendler bulmuşlardır [25].

Serrano, Iberian Peninsula'daki 40 istasyona ait 1921-1995 yılları arasındaki aylık ve yıllık toplam yağışlara Mann-Kendall testini uygulayarak trend olup olmadığını araştırmışlardır. Yıllık yağışlar için 34 istasyonda herhangi bir trend bulunamazken 5 istasyonda %95 önem seviyesinde azalan, sadece 1 istasyonda da artan trend tespit edilmiştir. Aylık toplam yağışların trendini belirlemek için her bir ayda incelenmiş ve sonuç olarak sadece mart ayı için 21 istasyonda azalan yönde trend tespit edilirken diğer aylar için herhangi bir trende rastlanmamıştır [26].

Yılmaz, çalışmasında Doğu Karadeniz havzasındaki iklim trendlerini ve olası etkilerini ortaya çıkarmayı amaçlamıştır. Oluşan değişimlerin belirlenebilmesi için havza genelinde Devlet Meteoroloji İşleri (DMİ)'nin işlettiği 13 istasyonuna ait 13 toplam yağış, 12 ortalama sıcaklık, 3 toplam buharlaşma ve 3 toplam açık günler verileri ile Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİEİ)'nin işlettiği 9 istasyonuna ait akım verileri analiz edilmiştir. Önce, verilerin homojen olup olmadığı, Wald-Wolfowitz dizisel korelasyon ve Swet-Eisenhart gidişler sınamaları ile kontrol edilmiştir. Sonra, homojen olduğu belirlenen veriler, en küçük kareler regresyon ve Mann-Kendall sıra korelasyon yöntemleri ile incelenmiştir. Çalışma sonucunda, havzanın ortalama sıcaklıklarında belirgin bir azalma eğilimi olduğu, toplam yağış değerleri havzanın kıyı bölümü boyunca azalırken, havzanın yüksek bölümlerinde arttığı belirlenmiştir. Sıcaklığın dışındaki iklimsel verilerde anlamlı eğilimin olmadığı, sıcaklık

verilerindeki azalma eğilimleri ise, yerel hava kirleticilerinin ve bölgesel sülfat aerosollerinin yerel soğutma etkileri ile bağlantılı olabileceği belirtilmiştir [27].

Ceylan (1999), çalışmasında, Yeşilirmak havzası sınırları içerisinde bulunan en az 30 yıllık gözlemleri olan DMİ, EİEİ ve Devlet Su İşleri (DSİ) kurumlarına ait 24 değişik istasyonun yıllık bazda ortalama sıcaklık, toplam yağış, ortalama akım, toplam buharlaşma, ortalama güneşlenme süreleri, bulutlu ve kapalı geçen gün sayıları gibi iklimsel özellikleri karakterize eden altı ayrı iklim elemanının, 1930- 1997 yılları arasında gözlenmiş 43 adet iklim serisi analiz edilmiştir. Bu seriler ilk önce homojenlik testine tabi tutulmuş ve daha sonra trend analizleri yapılmıştır. Homojenlik testinde gidişler (Swet-Eisenhart) sınaması, trend analizinde en küçük kareler yöntemi ve Mann-Kendall mertebeye korelasyon istatistiği yöntemleri kullanılmıştır. Havza genelinde ortalama sıcaklıklarda belirgin bir azalış, toplam yağışlarda artış, ortalama akımlarda artış, toplam buharlaşmalarda azalış ortalama güneşlenme sürelerinde azalış ve bulutluluk verilerinde eğilimlerin bölgesel olarak değiştiği tespit edilmiştir [28].

Douglas, Amerika'daki ortalama 48 yıllık veriye sahip 1571 istasyonun taşkın verilerine uyguladıkları Mann-Kendall testine göre istatistiksel olarak önemli trendler belirleyememişlerdir. Düşük akımlarda ise ülkenin batısındaki geniş bir alanda ve üç küçük bölgede önemli artan trendler göstermiş ve bu trendlere yağıştaki artışın sebep olduğu belirtilmiştir [1].

Zhang, Kanada'daki 243 istasyona ait 11 hidroklimatik değişkene Mann-Kendall testini uygulamışlar ve 30, 40 ve 50 yıllık periyotlar için yıllık ortalama akımların genellikle ülkenin güneyinde ve aylık ortalama akımların özellikle Ağustos ve Eylül aylarında azaldığı, Mart ve Nisan aylarında ise önemli artışların olduğunu göstermişlerdir. Bu çalışmada ayrıca, kayıt uzunluğu olarak 30 yılın oldukça uygun olduğu ve yıllık ortalama akımdaki azalmanın ortalama sıcaklıktaki artıştan ve yağıştaki azalmadan kaynaklandığı da belirtmişlerdir [29].

Kosif, Samsun ilinde iklim trendlerini araştırmış ve çalışmada Mann- Kendal sıra korelasyon testi ile en küçük kareler yöntemini kullanmıştır. Çalışma sonucunda

ortalama sıcaklık, toplam yağış ve ortalama akım gözlemlerinde artan yönde, bulutluluk gözlemlerinde ise azalan yönde trend belirlemiştir. Bun ve Elnur (2002), minimum kayıt uzunluğu 25 yıl olan Kanada'daki 248 istasyonun 18 değişkenine Mann-Kendall testini uygulamışlar ve 1940-1997, 1950- 1997, 1960-1997 ve 1970-1997 periyotlarında belirlenen trendler için önem seviyesini % 90 almışlardır [30].

Bayazıt, Türkiye akarsularının özellikle düşük akımlarında Trakya, Batı, Güney ve Orta bölgelerde anlamlı bir azalma izlendiğini ortaya koymuşlardır. Bu azalma, yıllık ortalama akımlar ve taşkınlarda, daha küçük oranlarda olsa da, mevcut olduğu akımların zaman içinde değişme eğilimi ile ilgili olarak elde edilen bu sonuçların, su yapılarının planlanma ve işletme çalışmalarında göz önünde tutulması gerektiğini ifade etmişlerdir [31].

Türkeş, Türkiye'deki 70 istasyona ait yıllık ortalama, maksimum ve minimum sıcaklıklardaki değişimleri araştırmış ve trend değişimlerinin belirlenmesi için Mann-Kendall testini kullanmışlardır. Çalışma sonucunda, yaz minimum sıcaklıkları, ilkbahar ve sonbahar minimum sıcaklıklarından genel olarak daha büyük oranda ısındığı, ilkbahar ve yaz minimum sıcaklıklarının ısınma oranları ise, ilkbahar ve yaz maksimum sıcaklıklarındakilerden genel olarak daha kuvvetli olduğu gözlenmiştir. Yıllık, ilkbahar ve yaz sıcaklıklarındaki anlamlı artma eğilimleri dikkate alındığında, gece ısınması oranları, genel olarak büyük Akdeniz iklim tipi ile tanımlanan Ege, Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde daha kuvvetli olduğu belirlenmiştir [32].

Özel, Türkiye'deki 26 havzada aylık ortalama akımlarda trend olup olmadığı araştırılmış, trend tespitinde, Spearman'ın Rho, Sen'in T, Mevsimsel Kendall ve Mann-Kendall Mertebe Korelasyon testleri, trend eğimini belirlemek için ise Sen'in Trend Eğim metodu kullanılmıştır. Çalışma sonucunda trend tespit edilen istasyonlarda eğimin çoğunlukla azalan yönde olduğu ve bunun ülkenin batı bölgesinde yoğunlaştığı görülmüştür. Mart ayı en fazla azalan trend tespit edilen ay olurken Nisan ayı trende en az rastlanan ay olmuştur. Artan trendler en fazla ağustos ayında olup çoğunlukla 1980'li yıllar trend başlangıç yılları olarak tespit edilmiştir [3].

Yıldız, Türkiye nehirlerinin taşkın, ortalama ve düşük akımlarının zamana göre değişimi incelenmiş ve akımlardaki trendin hidroelektrik santrallerin enerji üretimine etkileri araştırmışlardır. 26 havzanın 24'ündeki 104 akım gözlem istasyonunun ait günlük ortalama, maksimum ve minimum akım verileri kullanılmış ve çalışma sonucunda, son 30-66 yıllık dönemde Türkiye'nin batı, orta ve güney bölgelerindeki akarsuların, özellikle ortalama ve düşük akımlarında (ve bazı maksimum akımlarda) anlamlı bir azalma olduğu ortaya çıkmıştır. Diğer bölgelerde ise zamanla artan trend belirlenmiştir [33].

Cıgızoğlu tarafından Türkiye nehirlerinin taşkın, ortalama ve düşük akımlarında trend bileşeninin varlığı incelenmiştir. Çalışmada Türkiye genelindeki 26 havzanın 24 ündeki 100 civarında akım gözlem istasyonuna ait günlük ortalama akım verileri incelenmiştir. Trend analizi, parametrik olmayan Mann-Kendall testi ve parametrik olan t testi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak, son 30-60 yıllık dönemde Türkiye'nin batı, orta ve güney bölgelerindeki akarsuların özellikle ortalama ve düşük akımlarında anlamlı bir azalma olduğu ortaya çıkmıştır. Diğer bölgelerde ise istatistik anlamda anlamlı bir trend görülmemiştir [34].

Angı ve Özkaya, Türkiye'nin doğal olan yüzeysel akımları ve bu akımların zaman içerisindeki değişimleri ile alansal dağılımı incelenmiştir. Havzaların yağış-akış özelliklerinin farklı olması nedeniyle 26 akarsu havzası ayrı ayrı değerlendirilmiş ve sonuçlar birleştirilmiştir. Veri yoğunluğunun bulunduğu 1965-2002 dönemi temel alınarak elde edilen sonuçlar ile daha az sayıda verinin bulunduğu 1941-1964 dönemine yaklaşım yapılmış ve her iki dönemin birleştirilmesi ile 1941-2002 dönemine ait Türkiye'nin yüzeysel akımları elde edilmiştir. Türkiye geneli yüzeysel akımlar, potansiyel ve kullanılabilir olmak üzere ayrı ayrı incelenmiş ve seçilen dönemler içerisinde her yıla ait değerler hesaplanmıştır [35].

Akyürek, Türkiye genelinde 24 havzada 107 akım gözlem istasyonundaki yıllık ortalama akımlara parametrik bir test olan t testi ile parametrik olmayan Mann-Kendall testi uygulayarak trend analizi yapmışlardır. Trend ayrıca bölgesel bazda incelenmiştir. Yıllık ortalama akım verilerinde her iki test için de incelenen 107 istasyonun 31 tanesinde trend bulunmuştur. Bu istasyonların buldukları bölgeler

incelendiğinde genel olarak Türkiye'nin batı, orta ve güney bölgelerindeki istasyonlarda trendin azalma yönünde olduğu, bölgesel analizlerde ise her iki bölgede azalan yönde trend olduğu görülmüştür [36].

Kahya ve Kalaycı, Türkiye'deki 26 havzada bulunan 83 akım gözlem istasyonundaki aylık ortalama akımlara, Sen'in t, Mann-Kendall, Spearman'ın Rho, ve Mevsimsel Kendal testleri ile trend analizi yapmışlardır ve çalışma sonucunda Türkiye'nin güney ve batı bölgesinde azalan yönde, kuzey bölgesinde ise artan yönde trend belirlemişlerdir [37].

Yeşilata ve Bulut, Atatürk Baraj gölünün bölge iklimi üzerine etkisini, Şanlıurfa ve Adıyaman illerinin 30 yıllık (1972-2001) meteorolojik verileri yardımıyla araştırmışlardır. Bu amaçla seçilen 4 iklimsel değişkenin (maksimum, minimum ve ortalama sıcaklık ile bağıl nem) aylık ortalama değerleri, Atatürk Baraj Gölünden önceki ve sonraki 15 yıllık dönemler (1972-1986 ve 1987-2001) için karşılaştırılarak incelenmiştir. Baraj sonrasında her iki il için; yılın büyük bir bölümünde, sıcaklık ve nem değerlerinde artış olduğu gözlenmiştir. İklimsel verilerdeki trendi belirlemek için, baraj gölü sonrası meteorolojik verilere Lineer Regresyon yöntemi uygulanmıştır. Bu artışların bağıl nem ve maksimum sıcaklıklar için küçümsenmeyecek düzeyde olduğunu ve baraj gölü-yöre iklimi ilişkisinin hala dinamik bir şekilde devam ettiği sonucuna varılmıştır [38].

Birsan ve Molnar tarafından İsviçre'de bulunan 48 istasyonda 3 ayrı zaman periyodundaki günlük ortalama akım değerleri üzerinde bir trend çalışması yapılmıştır. Çalışmada parametrik olmayan Mann-Kendall testi kullanılmış ve mevsimsel trend aranmıştır. Çalışma sonucunda kış ve bahar dönemlerinde artış, sonbahar döneminde ise azalan yönde trend belirlemişlerdir. Yaz döneminde ise anlamlı bir trend belirlenememiştir [39].

Wen ve Chen tarafından Nebraska'da 8 büyük havzada bulunan 110 istasyonda ölçülen 50 yıllık akım verileri üzerinde yapılan trend analizi çalışmasında parametrik olmayan Mann-Kendall testi kullanılmış ve batıda azalan yönde trend oluşumu,

doğuda ise anlamlı bir trend olmadığı görülmüştür. Bu azalmanın yer altı sularıyla olan ilişkisi gözlenmeye çalışılmıştır [40].

Bulut ve Yeşilata, Atatürk Barajı'nın bölge iklimine etkisini trend analizi ile belirleme çalışmışlardır. Çalışmada trend analizi için; Lineer Regresyon yöntemi, Mann-Kendall yöntemi ve Sen yöntemi kullanmışlar ve uygulanan her üç yöntemin sonucunda; sıcaklık ve bağıl nemde artış trendi, toplam yağışta önemli bir değişim olmadığı ve rüzgar hızında azalma olduğunu belirlemişlerdir [41].

Tonkaz ve Çetin, kentleşmenin ve arazi kullanımının, güneydoğu Anadolu bölgesindeki aylık ekstrem sıcaklıklar üzerindeki etkilerini araştırılmıştır. Nüfus değişimi, motorlu araçların sayısı, endüstriyel ürünlerin yetiştirildiği alan, bina sayısı ve aylık ekstrem sıcaklık trendleri gibi bölgesel parametreleri belirlemek için Türkiye'nin gelişmekte olan GAP bölgesinde bir araştırma yapılmış ve 16 gözlem istasyonuna ait 27 ile 71 yıl arasında değişen, 1932–2002 yıllarını kapsayan aylık ekstrem sıcaklık dizisi kullanılmıştır. Aylık trendleri belirlemek için parametrik olmayan Mann–Kendall testi kullanılmıştır. Çalışma sonucunda endüstriyel ürün yetiştirilen alan arttıkça evaporatif soğuma mekanizması nedeniyle maksimum sıcaklıklarda azalma meydana geldiği, kentleşmedeki artışın ise bölgedeki minimum sıcaklıklardaki artışa neden olduğu belirlenmiştir [42].

BÖLÜM 3. MATERYAL VE YÖNTEM

Hidrolojik büyüklükler (yağış, akış) zaman içinde rasgele değişen karakterde olduğundan sürekli bir azalma veya artma eğiliminin araştırılması özel yöntemler kullanmayı gerektirir [43].

Klasik parametrik testlerdeki normalite, doğrusallık ve bağımsızlık gibi temel varsayımlar genellikle tipik yüzey suyu kalitesi verilerinde sağlanmamaktadır. Bu nedenle parametrik olmayan testlerin kullanılması parametrik testlere oranla daha uygundur. Trend analizinde genellikle, Mann-Kendall, Spearman'ın Rho, Sen'in T, Lineer Regrasyon ve grafik yöntemleri kullanılmaktadır. Bu çalışmada kullanılan testler Mann-Kendall testi ve Spearman'ın Rho testidir. Anlamlı bir trend olduğu gözlemlendiğinde, Mann-Kendall Mertebe Korelasyon testi ile trend başlangıç yılı belirlenmiş ve Sen'in Trend Eğim metodu ile de trend eğimi bulunmuştur.

3.1. Mann-Kendall Testi

Mann Kendall Trend testi parametrik olmayan (nonparametrik) bir test olduğundan rasgele değişkenin dağılımından bağımsızdır. Bu test ile bir zaman serisinde trend olup olmadığı sıfır hipotezi; “ H_0 : trend yok” ile kontrol edilmektedir [44-46].

Testin uygulanacağı zaman serisi x_1, x_2, \dots, x_n de x_i, x_j çiftleri iki gruba ayrılır. $i < j$ için $x_i < x_j$ olan çiftlerin sayısı P ve $x_i > x_j$ olan çiftlerin sayısı M ile gösterilirse test istatistiği (S),

$$S = P - M \quad (3.1)$$

şeklinde hesaplanır.

Kendall korelasyon katsayısı τ ;

$$\tau = \frac{S}{\left[\frac{n-1}{2} \right]} \quad (3.2)$$

$n \geq 10$ için varyans (σ_s), denklem (3.3)' te görüldüğü gibi hesaplanır;

$$\sigma_s = \sqrt{n(n-1)(2n+5)/18} \quad (3.3)$$

olmak üzere ;

$$Z = \left. \begin{array}{l} (S-1)/\sigma_s \quad S > 0 \\ 0 \quad S = 0 \\ (S+1)/\sigma_s \quad S < 0 \end{array} \right\} \quad (3.4)$$

(3.4) denkleminde tanımlanan Z test istatistiğinin dağılımı standart normal dağılımdır. Örnekte birbirine eşit olan gözlemler varsa (σ_s), (3.5) bağıntısı ile hesaplanır.

$$\sigma_s = \sqrt{\left[\frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_i t_i(t_i-1)(2t_i+5)}{18} \right]} \quad (3.5)$$

burada t_i değeri eşit olan gözlemlerin sayısını göstermektedir. Örneğin 5 gözlem aynı değeri taşıyorsa $t_i=5$, 3 gözlem aynı değerde ise $t_2=3$ ve ayrıca değerleri aynı olan 2 gözlemlik iki grup bulunuyorsa $t_3=2$, $t_4=2$ alınacaktır.

Yukarıda anlatıldığı şekilde hesaplanan Z 'nin mutlak değeri seçilen α anlamlılık düzeyine karşı gelen normal dağılımın $Z_{\alpha/2}$ değerinden küçükse sıfır hipotezi kabul edilmekte, incelenen zaman serisinde trend olmadığı, büyükse trend olduğu ve S değeri pozitif ise artan yönde, negatifse azalan yönde olduğu sonucuna varılmaktadır. Ayrıca verilerin belirli bir dağılıma uyması zorunluluğu aranmadığı için özellikle kullanışlıdır [47].

3.2. Spearman'ın Rho Testi

İki gözlem serisi arasında korelasyon olup olmadığını belirlemek amacıyla kullanılan bu test, lineer trend varlığının araştırılmasında hızlı ve basit bir testtir. Sıra istatistiği olan R_{x_i} verilerin küçükten büyüğe veya büyükten küçüğe doğru sıralanması ile belirlenir. Gözlem serisi $X=(x_1, x_2, \dots, x_n)$ vektörü olmak üzere; iki yönlü test ile tanımlanan H_0 hipotezine göre x_i ($i=1, 2, 3, \dots, n$) değerleri eş olasılıklı dağılımlardır, H_1 hipotezine göre ise x_i ($i=1, 2, 3, \dots, n$) değerleri zamanla artar veya azalır. Spearman'ın Rho testi istatistiği (r_s), (3.6) bağıntısı ile hesaplanır [24],

$$r_s = 1 - 6 \frac{\left[\sum_{i=1}^n (R(x_i) - i)^2 \right]}{(n^3 - n)} \quad (3.6)$$

$n > 30$ için r_s dağılımı normale yaklaşacağından normal dağılım tabloları kullanılır (İçağa, 1994). Bunun için r_s ' nin test istatistiği (Z), denklem (3.7) 'de görüldüğü gibi hesaplanır,

$$Z = r_s \sqrt{n-1} \quad (3.7)$$

eğer Z değeri, α önem seviyesinde standart normal dağılım tablolarından tespit edilen $Z_{\alpha/2}$ değerinden büyük ise, H_0 hipotezi reddedilerek, belirli bir trendin olduğu sonucuna varılır.

3.3. Mann-Kendall Mertebe Korelasyon Testi

Parametrik olmayan bu test, uygulanan seride zamanla artma veya azalma olduğunu bulmak için kullanılır. Test, sonuçları grafiksel olarak ifade ederken trendin başlangıç noktasını da belirleyebilmektedir.

Hidro-meteorolojik zaman serisinde sol taraftan başlayarak veriler x_i , teker teker göz önünde bulundurulurken veri yerine kendisinden önce gelen veriler içinde kaç tanesinin kendisinden büyük olduğu sayılır. Bu sayıya n_i dersek x_i veri değerleri

bunlarla yer değiştirerek tam sayılı bir örnek fonksiyon elde edilir. Bu tam sayıların ardışık toplamlarını, t_i ile gösterirsek yöntemi sınamak için gerekli büyüklük olan (t) , (3.8) bağıntısı ile hesaplanır;

$$t = \sum_{i=1}^n n_i \quad (3.8)$$

bunun ortalaması $E(t)$

$$E(t) = \frac{n(n-1)}{4} \quad (3.9)$$

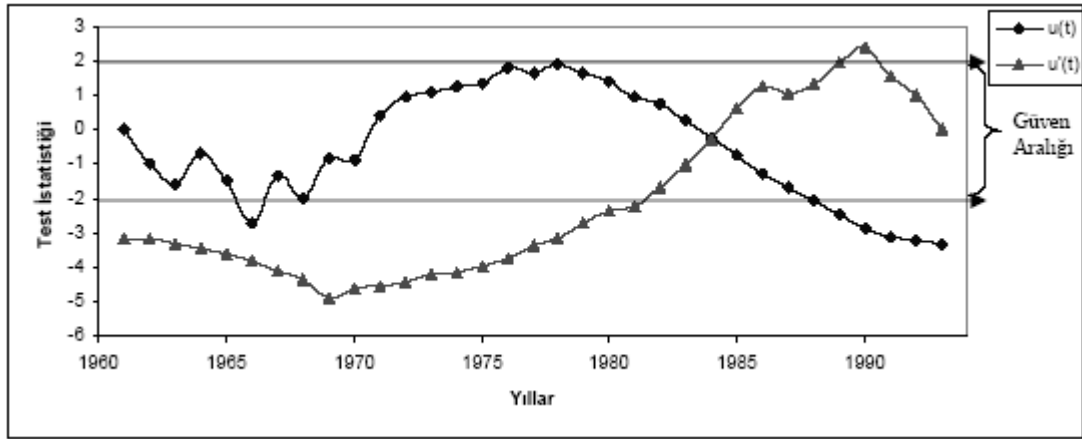
varyansı $\text{var}(t)$

$$\text{var}(t) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{72} \quad (3.10)$$

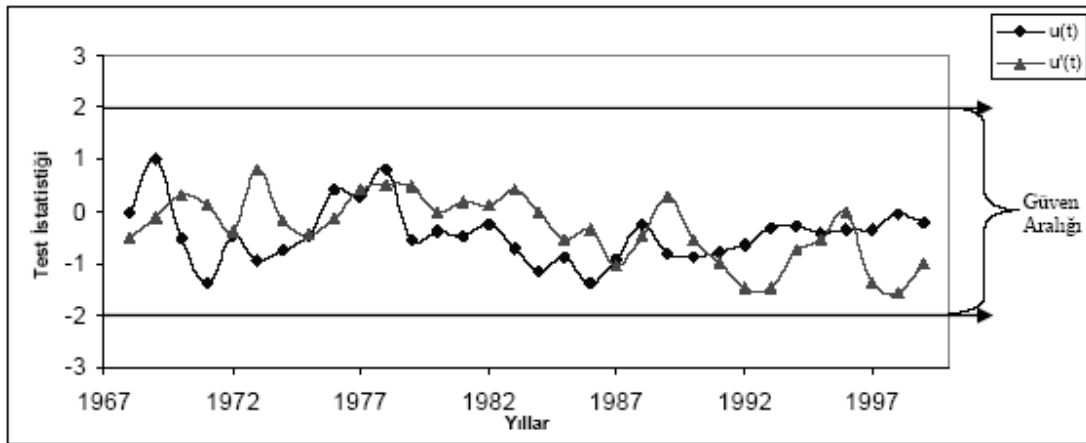
$u(t)$ fonksiyonu ise (3.11) denklemi ile belirlenir [48].

$$u(t) = \frac{t - E(t)}{\sqrt{\text{var } t}} \quad (3.11)$$

Zamanla bir değişim yok varsayımı, $u(t)$ 'nin sıfıra yakın değerleri ile ifade edilirken $u(t)$ 'nin büyük değerleri bir değişiminin olduğunu gösterir. $u(t)$ 'nin ± 1.96 'ya ulaşması trendin önemlilik seviyesinin % 95'lere ulaştığını gösterir. $u'(t)$ ise seri içinde geri yönde $u(t)$ 'ye benzer şekilde hesaplanır. Grafikselle olarak $u(t)$ ve $u'(t)$, değişimin başladığı yer ile kuvvetini gösterirler. $u(t)$ ile $u'(t)$ 'nin grafikselle olarak kesiştikleri nokta trendin başladığı zamanı gösterir [49]. Şekil 3.1. trend olması durumunda $u(t) - u'(t)$ grafiğini ve Şekil 3.2. trend olmaması durumunda $u(t) - u'(t)$ grafiğini örnek olarak göstermektedir.



Şekil 3.1. Trend olması durumunda $u(t)-u'(t)$ grafiği



Şekil 3.2. Trend olmaması durumunda $u(t)-u'(t)$ grafiği

3.4. Sen'in Trend Eğim Metodu

Sen tarafından geliştirilen parametrik olmayan bir testtir [50]. Eğer lineer bir trend mevcut ise gerçek eğim (birim zamandaki değişim) için veri hatalarından veya ekstremum değerlerden etkilenmeyen, eksik değerlerin bulunduğu kayıtlara uygulanabilen parametrik olmayan bir metod kullanılabilir [47]. Burada önce j ve k zamanlarındaki veriler x_j ve x_k olmak üzere ($j > k$ şartı ile)

$$N = n(n-1)/2 \quad (3.12)$$

adet olmak üzere Q_i parametresi;

$$Q_i = (x_j - x_k)/(j - k) \quad (i = 1, \dots, N) \quad (3.13)$$

bağıntısı ile hesaplanır. Bu bağıntı yardımı ile tüm Q_i değerleri hesaplanır ve küçükten büyüğe doğru sıralanır. Bu N adet Q_i değerlerinin medyanı Sen'in eğim estimatoru, yani söz konusu lineer trend eğim parametresini tahmin etmek için ilgili bir istatistiktir. N sayısının tek olması durumunda ;

$$Q_{medyan} = Q_{(N+1)/2} \quad (3.14)$$

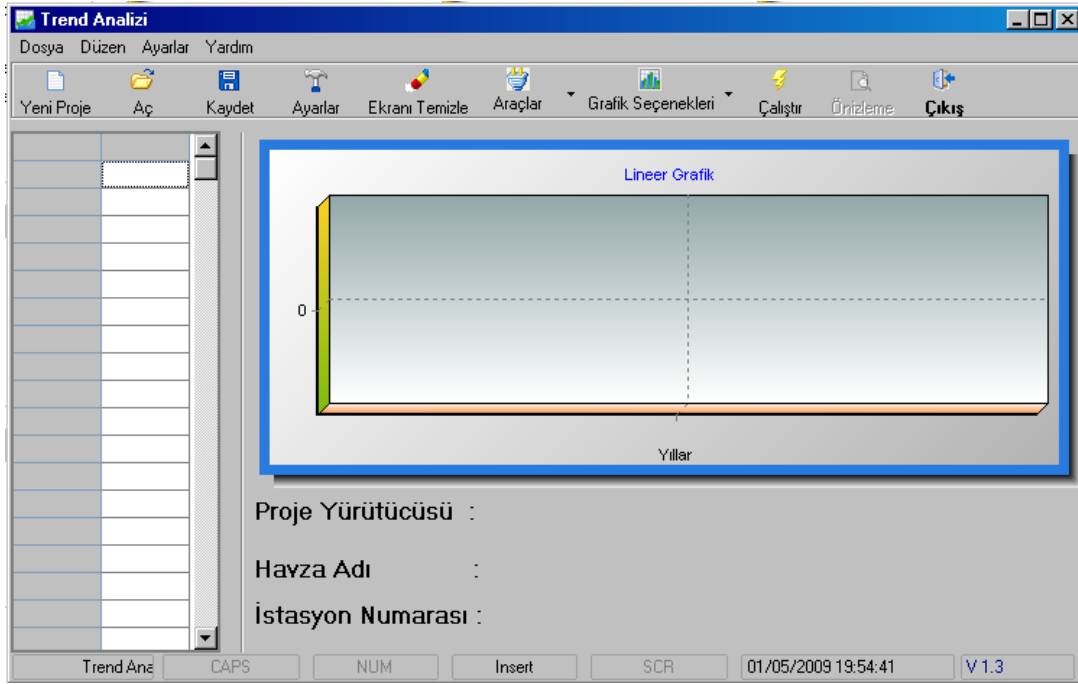
eşitliği, çift olması durumunda ise,

$$Q_{medyan} = \frac{Q_{(N)/2} + Q_{(N+2)/2}}{2} \quad (3.15)$$

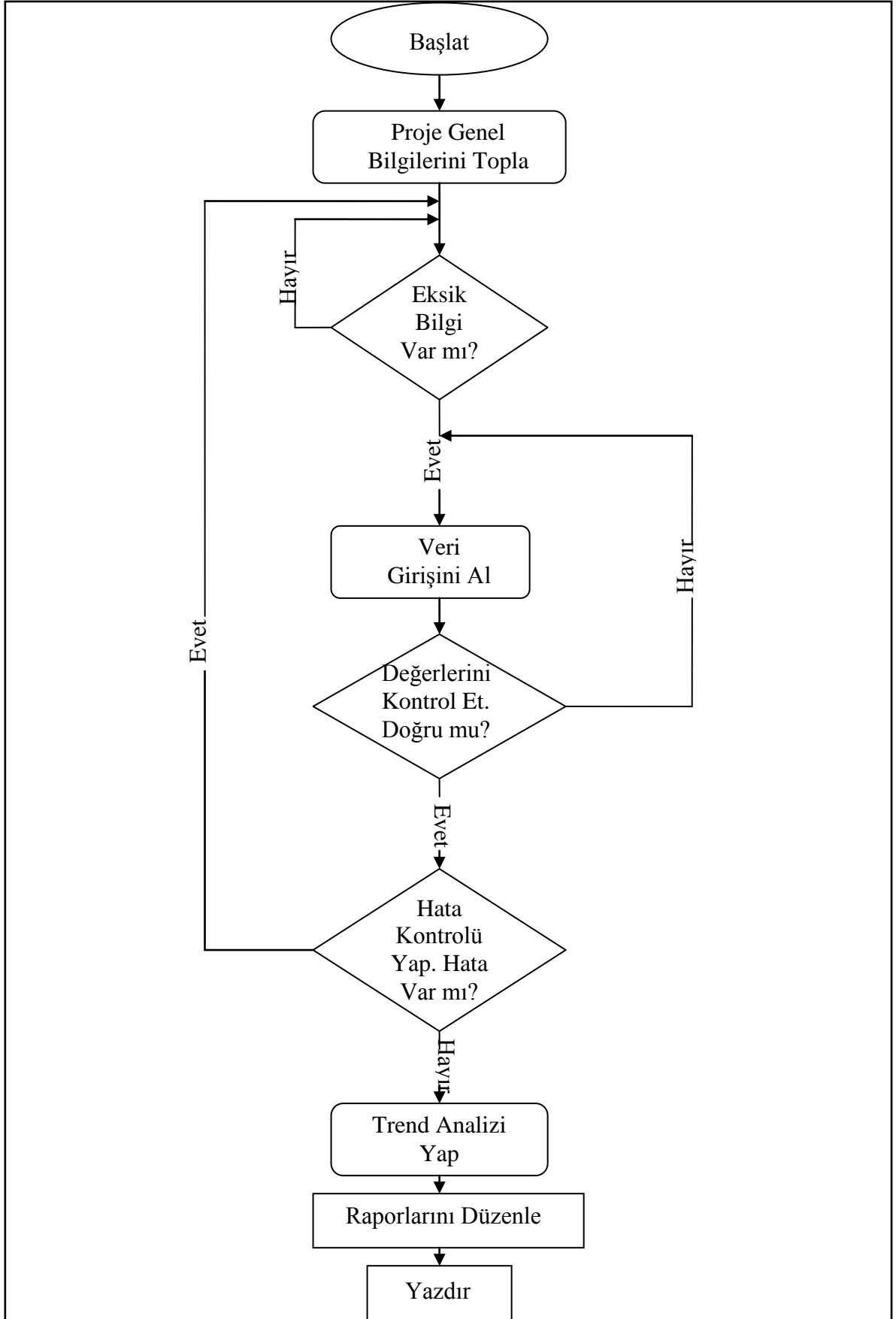
eşitliği kullanılarak, ilgili gözlemlerin birim zamandaki değişimi bulunur.

3.5. Bilgisayar Yazılımı

Gelecekteki çalışmalarda kullanılmak amacıyla Delphi 7 programlama dili ile trend bileşenin tespit etmek için bir yazılım geliştirilmiştir. Delphi yazılım dilinin özellikle seçilmesindeki ana etken, bu dilin grafik çalışmalarında daha hızlı ve esnek bir yapıya sahip olmasıdır. "Trend Analysis for Windows" adındaki bu yazılım Mann-Kendall testi, Spearman'in Rho testi, Mann- Kendall Mertebe Korelasyon testi ve Sen'in Trend Eğim metodunu verilere uygulayıp sonucu grafik ve metin olarak vermektedir. Yazılım arabirim olarak oldukça kullanışlı tasarlanmış ve geliştirilmiştir (Şekil 3.3). Programın akış diyagramı Şekil 3.4'te verilmiştir [6].



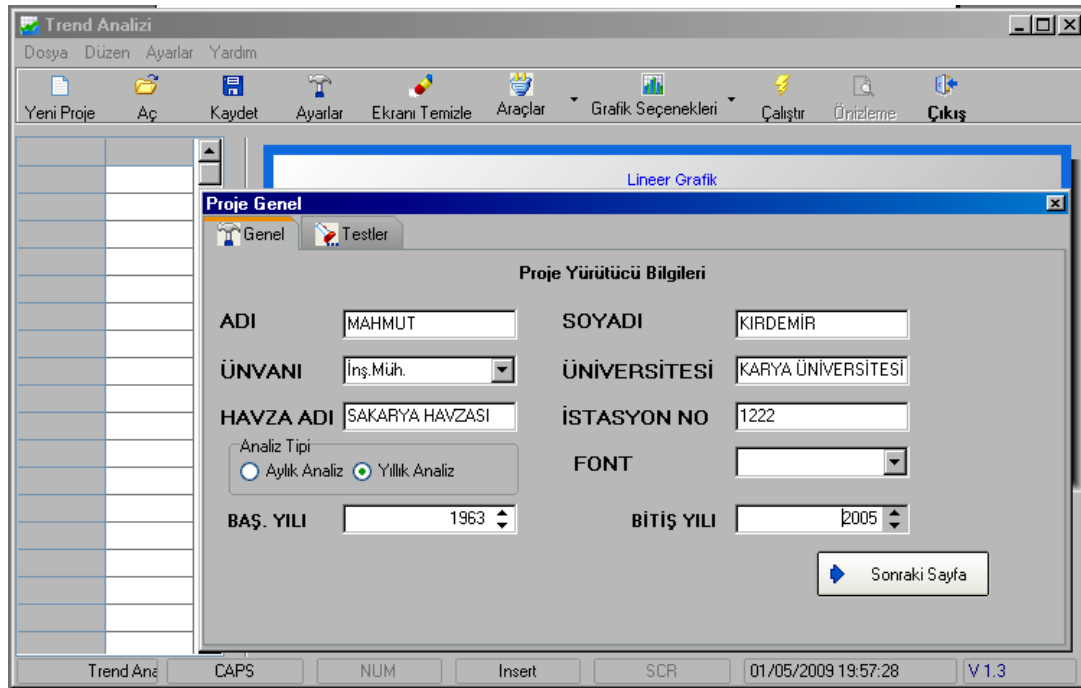
Şekil 3.3. “Trend Analysis for Windows” programının genel görünüşü



Şekil 3.4. “Trend Analysis for Windows” programının akış diyagramı

“Trend Analysis for Windows” ile yeni bir analize başlamak için;

- Temel araç çubuğundan “Yeni” sekmesi tıklanarak ayarlar (Şekil 3.5) diyalogu açılır. Ayarlar diyalogunda proje yürütücüsünün adı, soyadı, üniversitesi, analiz yapacağı havza, istasyon numarası, analizin türü (aylık veya yıllık analiz) ve analiz yapılacak istasyonun ölçüm periyodunu girmesi için gerekli kontroller bulunmaktadır.



Şekil 3.5. Proje Genel penceresi

- Gerekli bilgiler girildikten sonra “Sonraki Sayfa” butonuna tıklanarak testler diyalogunun (Şekil 3.6) açılması sağlanır.

- Açılan bölümde $Z_{a/2}$ değerinin girilmesi gerekmektedir, orijinal ayarlarda $Z_{a/2}$ değeri “1.96” olarak alınmıştır bunun nedeni %95 güven aralığında testin yapılmasıdır.

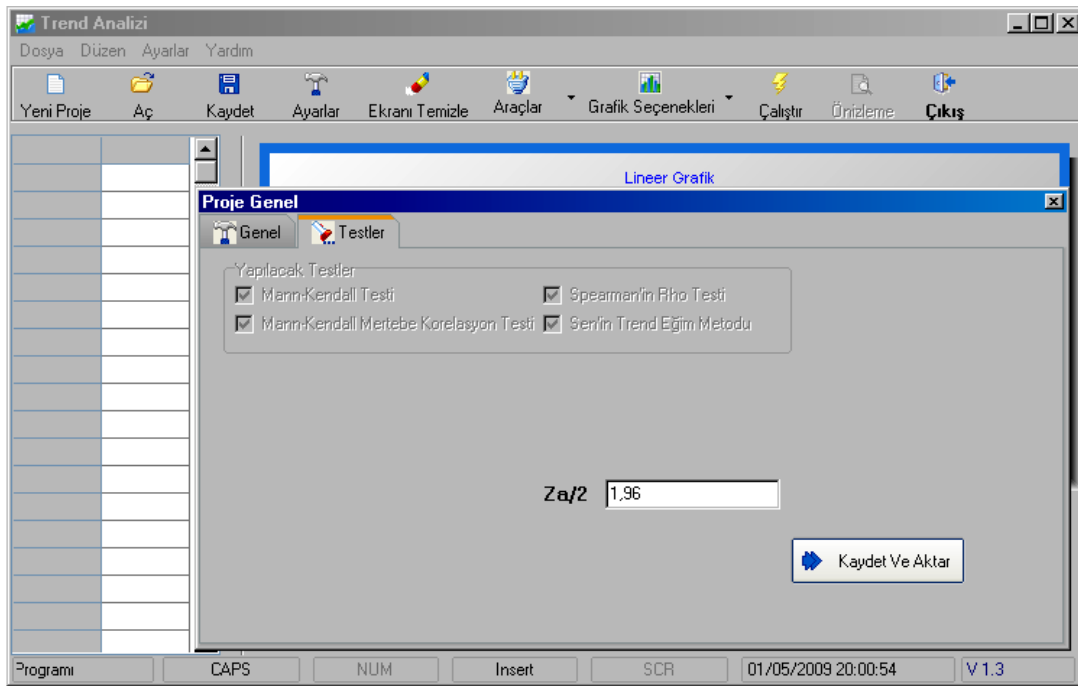
- Eğer tüm değerler doğru girilmişse “Kaydet ve Aktar” butonuna tıklanır ve girilen bilgiler ekrana aktarılır.

- Yürütücü ve test bilgileri aktarıldıktan sonra veriler girilir ve “Temel Araç Çubuğu”ndan “Çalıştır” butonu tıklanır. “Çalıştır” butonu tıklandıktan sonra sonuçlar hafızada yer alır, ekrandaki grafik bölümünde de orijinal ayar olarak lineer grafik gösterilir (Şekil 3.7).

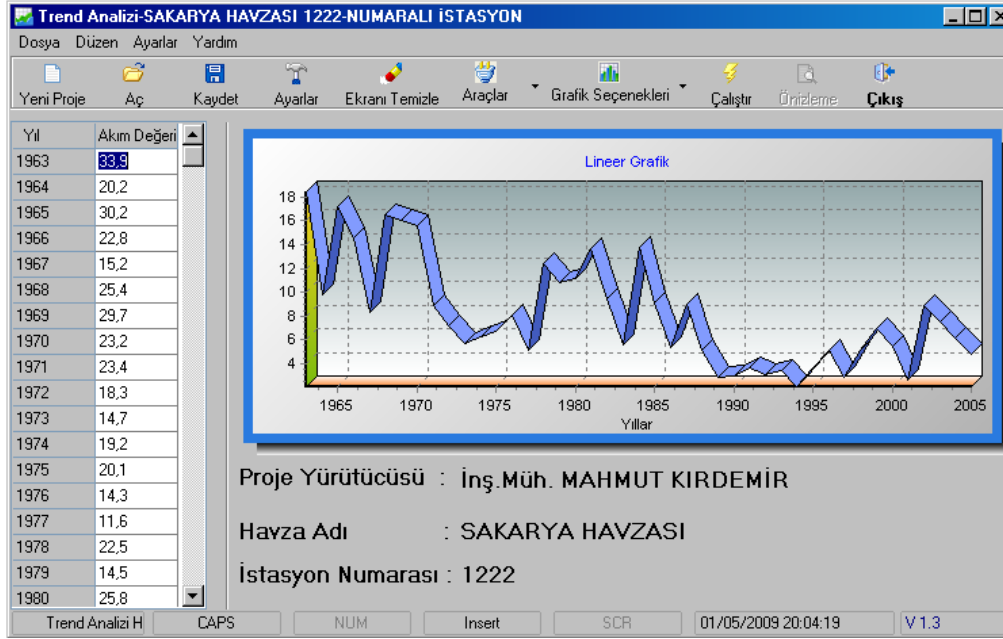
- Grafiğe sağ tıklanarak ya da grafik seçenekleri butonuna tıklanarak grafiği düzenleme ya da çıktı işlemi yapılabilir.

- Önizleme butonuna tıklanarak sonuç raporlanması sağlanır (Şekil 3.8).

Raporun ilk sayfasında proje yürütücü bilgileri ve veriler yer almaktadır. Daha sonraki sayfalarda Mann-Kendall Mertebe Korelasyon testi verileri sonuçları, lineer grafik, trend grafiği ve son sayfada da testlerin sonuçları verilmektedir. Ayrıca program diğer programlarla tam uyumlu olarak tasarlanmıştır. Verileri MS Excel dosyası olarak okuma ve kayıt etme özelliğinin yanında hazırlanan raporun PDF, MS Excel, MS Word, resim (JPG, TIF) ve e-mail olarak yedeklenmesi mevcuttur [6].



Şekil 3.6. Testler penceresi



Şekil 3.7. Çalıştır butonuna basıldıktan sonra grafikteki değişim (x: yıllar, y: akım değeri m^3/sn)

Tablo 3.1. Sakarya Havzası'nda bulunan istasyonlar ve özellikleri [51]

AGİ No	Su ve İstasyon Adı	Aç.Tar.	Kap.Tar.	Kot	Y.Alanı
				(m)	(km ²)
1201	Göksu Deresi - Hayriye Köy	17/11/1934	31/01/1940	196	2265,2
1202	Sakarya Nehri - Tekkeköy	02/08/1935	26/03/1962	669	26172,4
1203	Porsuk Çayı - Beşdeğirmen	19/12/1935		855	3938,4
1204	Sakarya Nehri - Yenice	07/04/1936	30/04/1940	118	46332,9
1205	Karasu Deresi - Vezirhan	01/04/1937	01/04/1940	144	1187,6
1206	Sakarya Nehri - Paşalarboğazı	07/09/1937	01/10/1972	106	46756,8
1207	Sakarya Nehri - Ballık	23/02/1938	01/10/1957	455	40890,8
1208	Mudurnu Çayı - Yongalık	20/03/1938	15/06/1955	115	1378,4
1209	Ankara Çayı - Kesiktaş	11/05/1939	01/06/1952	765	4802,8
1210	Aladağ Çayı - Çayırhan	22/11/1939	12/09/1956	458	2175,2
1211	Sakarya Nehri - Dümrek	02/02/1940	20/12/1957	597	34135,2
1212	Porsuk Çayı - Sazılar	01/07/1943	31/10/1989	679	10822,0
1213	Sakarya Nehri - Sarıyar	20/11/1947	12/11/1953	440	41296,4
1214	Sakarya Nehri - Çağlayık	01/04/1948	31/03/1952	647	27883,2
1215	Sakarya Nehri - Sitealtı	23/09/1951	01/10/1956	435	41314,0
1216	Ova Çayı - Zir	12/06/1952	01/11/1995	780	1539,2
1217	Ankara Çayı - Boğaz	12/06/1952	01/10/1963	770	3249,6
1218	Sakarya Nehri - Yenice	04/09/1952	30/09/2003	238	43362,4
1219	Dinsiz Çayı - Yağbasan	09/09/1952		25	410,8

Tablo 3.1. (Devamı)

1220	Sakarya Nehri	- Mağara	11/09/1952	18/01/1960	17	56367,2
1221	Sakarya Nehri	- Doğançay	12/09/1952		41	52531,6
1222	Kocasu	- Rüstümköy	13/09/1952		198	2021,6
1223	Seydi Suyu	- Hamidiye	17/09/1952	01/12/1997	895	1636,3
1224	Sakarya Nehri	- Aktaş	01/10/1952		837	4342,2
1225	Kirmir Çayı	- Gömleksiz Köp.	05/02/1953	05/12/1957	495	3719,2
1226	Ankara Çayı	- Meşecik	11/08/1953		635	7140,0
1227	Sarısü	- İnönü	26/07/1953	25/10/1968	827	298,8
1228	Kocasu	- Hamzabey	11/08/1953	23/10/1968	252	735,6
1229	Sakarya Nehri	- Hamitabat	13/08/1953	11/03/1961	136	47361,4
1230	Sakarya Nehri	- Uşakbükü	26/08/1953	12/09/1956	450	34658,8
1231	Sakarya Nehri	- Karacaviran	29/08/1953	31/05/1956	345	44446,0
1232	Düden S.	- Ahiler	23/04/1954	01/05/1960	800	3,8
1233	Aladağ Çayı	- Karaköy	23/05/1954		505	2003,2
1235	Çark Suyu	- Beşköprü	11/10/1954	01/10/1982	32	251,2
1236	Göynük Çayı	- Göynük	12/10/1954	31/10/1968	730	102,0
1237	Mudurnu Çayı	- Dokurcun	15/06/1955		286	1073,4
1238	Kurtboğazı Deresi	- Kurtboğazı	22/07/1955	31/10/1963	850	318,4
1239	Ova Çayı	- Eybek	22/07/1955	30/09/2003	1033	322,0
1241	Sakarya Nehri	- Kavuncu Köp.	14/03/1959	31/10/1989	702	14145,5
1242	Sakarya Nehri	- Kargı	21/09/1959	30/09/2003	493	33847,2
1243	Sakarya Nehri	- Botbaşı	18/01/1960	30/09/2002	8	55321,6
1244	Kirmir Çayı	- Mandra	27/09/1960	21/06/2001	913	886,0
1245	Kirmir Çayı	- Taksir Köp.	14/10/1961	30/11/2003	487	3941,6
1246	Kınık Deresi	- Vezirpınar	01/05/1966	01/10/1969	990	51,6
1247	Ankara Çayı	- Çiftlik	01/01/1969	30/09/1997	840	2695,2
1248	Porsuk Çayı	- Eskişehir	01/01/1969	12/01/2004	793	6340,0
1249	Karasu Çayı	- Vezirhan	01/10/1972	26/04/2006	146	1180,0
1250	Aksu Deresi	- Kınık	19/11/1979		334	232,8
1251	Porsuk Çayı	- Kıranharmanı	21/02/1987		676	10955,4
1252	Sakarya Nehri	- Ayvalı Yaylası	01/10/1988		709	13631,3
1253	Sohu Deresi	- Fındıklı	01/06/1990		1094	134,4
1254	Ova Çayı	- Güzelöz	01/09/1991	31/10/1992	728	117,7
1255	Ankara Çayı	- Etimesgut	01/10/1997	31/01/2004	794	3173,2
1257	Sakarya Nehri	- Adatepe	01/08/2001		6	56224,4
1258	Sakarya Nehri	- Kayabeli	01/10/2003		114	46334,9
1259	Karasu	- Zıngırbayırtepe	04/05/2004	26/04/2006	743	98,3
1260	Kralbağı Deresi	- Demirhanlar	01/03/2005	15/10/2007	185	342,7
1261	Karasu Çayı	- Bayırköy	26/04/2006		125	1235,6

TOPLAM AĞI
SAYISI:

58

KAPALI AĞI SAYISI:

43

AÇIK AĞI
SAYISI:

15

Sakarya Havzasında EİE tarafından işletilmekte olan ve verisi bulunan istasyon sayısı toplam 58 tane olup bunların 43 ü kapalıdır. Sakarya Havzası 58.160 km²'lik yüzölçümü ile Türkiye'nin büyük su havzalarından biridir. Havza'ya her yıl ortalama olarak 31.057 milyar m³ yağış düşmektedir [51].

3.6. Analiz için Kullanılan Akım Gözlem İstasyonları ve Gözlem Değerleri

Trend analizinde kullanılmak üzere, akım gözlem istasyonları ve bunlara ait gözlem değerleri incelenerek aşağıdaki temel kıstasları sağlayan istasyonlar kullanılmıştır.

- Veri sayısının istatistik anlamda nicelik bakımından yeterli olan,
- Akım değerlerinin, hazne işletmesinden bağımsız olarak görülebilmesi için baraj çıkış noktasında bulunmayan,
- Tüm havza alanını temsil etmesi bakımından havza alanında homojen dağılmış olan,
- Gözlem yıllarında kesiklik ve düzensizlik olmayan,
- Güncel trend değerlerini bulmak bakımından günümüze yakın verileri bulunan istasyonlar özellikle seçildi (1963 – 2005).

Bu çerçevede değerlendirilen istasyonlardan, kriterlere uygun olarak kabul edilen 8 istasyon seçilmiştir (Tablo 3.2).

Tablo 3.2. Analiz için seçilen AGİ'ler ve ölçüm periyotları

Havza Adı	AGİ No	Su ve İstasyon Adı		Ölçüm Periyodu
Sakarya Havzası	1203	Porsuk Çayı	- Beşdeğirmen	(1935 - 2005)
Sakarya Havzası	1219	Dinsiz Çayı	- Yağbasan	(1952 - 2005)
Sakarya Havzası	1221	Sakaya Nehri	- Doğançay	(1952 - 2005)
Sakarya Havzası	1222	Kocası	- Rüstümköy	(1952 - 2005)
Sakarya Havzası	1224	Sakaya Nehri	- Aktaş	(1952 - 2005)
Sakarya Havzası	1226	Ankara Çayı	- Meşecik	(1953 - 2005)
Sakarya Havzası	1233	Aladağ Çayı	- Karaköy	(1954 - 2005)
Sakarya Havzası	1237	Mudurnu Çayı	- Dokurcun	(1955 - 2005)

BÖLÜM 4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Seçilen istasyonlara ait yıllık ortalama akımlara Mann-Kendall testi ve Spearman'ın Rho testi, hazırlanan "Trend Analysis for Windows" programı ile uygulanmıştır. Sonuçlar Tablo 4.1'de verilmiştir.

Tablo 4.1. Trend analizi sonuçları

AGİ No	Su ve İstasyon Adı	Mann-Kendall	Spearman'ın Rho
1203	Porsuk Çayı - Beşdeğirmen	(-)	(-)
1219	Dinsiz Çayı - Yağbasan	0	0
1221	Sakaya Nehri - Doğançay	(-)	(-)
1222	Kocasu - Rüstümköy	(-)	(-)
1224	Sakaya Nehri - Aktaş	(-)	(-)
1226	Ankara Çayı - Meşecik	0	0
1233	Aladağ Çayı - Karaköy	(-)	(-)
1237	Mudurnu Çayı - Dokurcun	(-)	(-)

(+) : Artan trend

(-) : Azalan trend

0 : Trend yok

Yapılan Mann-Kendall ve Spearman'ın Rho testlerinin her ikisinde de yıllık ortalama akımlarda 1203, 1221, 1222, 1224, 1233 ve 1237 numaralı istasyonlarda anlamlı trendler gözlenmiştir. Trend gözlenen istasyonların trend başlangıç yılları Tablo 4.2'de gösterilmiştir.

Tablo 4.2. Mann-Kendall Meritbe Korelasyon testine göre trend başlangıç yılları

AGİ No	Su ve İstasyon Adı	Trend Başlangıç Yılları
1203	Porsuk Çayı - Beşdeğirmen	1973
1221	Sakaya Nehri - Doğançay	1973
1222	Kocasu - Rüstümköy	1972
1224	Sakaya Nehri - Aktaş	1982
1233	Aladağ Çayı - Karaköy	1971
1237	Mudurnu Çayı - Dokurcun	1972

Sen'in Trend Eğim metodu ile tespit edilen trend eğimleri Tablo 4.3'te gösterilmiştir.

Tablo 4.3. Sen'in Trend Eğim metodu'na göre trend eğimleri

AGİ No	Su ve İstasyon Adı	Trend Eğimleri
1203	Porsuk Çayı - Beşdeğirmen	-0,219
1221	Sakaya Nehri - Doğançay	-2,254
1222	Kocasu - Rüstümköy	-0,203
1224	Sakaya Nehri - Aktaş	-0,113
1233	Aladağ Çayı - Karaköy	-0,207
1237	Mudurnu Çayı - Dokurcun	-0,074

4.1 Örnek İstasyonlar için Trend Analizi Uygulamaları

4.1.1. Kocasu – Rüstümköy (1222) istasyonuna ait trend analizi uygulaması

İstasyon Bilgileri:

Yeri: 29° 46' 06" D - 40° 15' 23" K. Bursa Yenişehir İlçensin 12 km uzaklıktaki Rüstümköy önündedir.

Yağış Alanı: 2021,60 km²

Yaklaşık Kot: 198 m.

Seviye Ölçeği: Eşel ve Limnigraf.

Uzun süreli ortalama akım :18.2 m³/s.

Ek Bilgiler: Eşel 19.7.962 tarihinde eşel 30 cm indirildi. 27.06.1968 de 20 m Membada köprüye alındı. 26.07.1991 tarihinden itibaren eşele 1m ilave yapıldı. 1991 tarihinde eşel 113 cm indirildi. 06.12.1995 tarihinde 50 m mansapta eski kesite alındı.

Tablo 4.4. 1222 numaralı AGİ için yıllık ortalama akım değerleri (EİE, 2005)

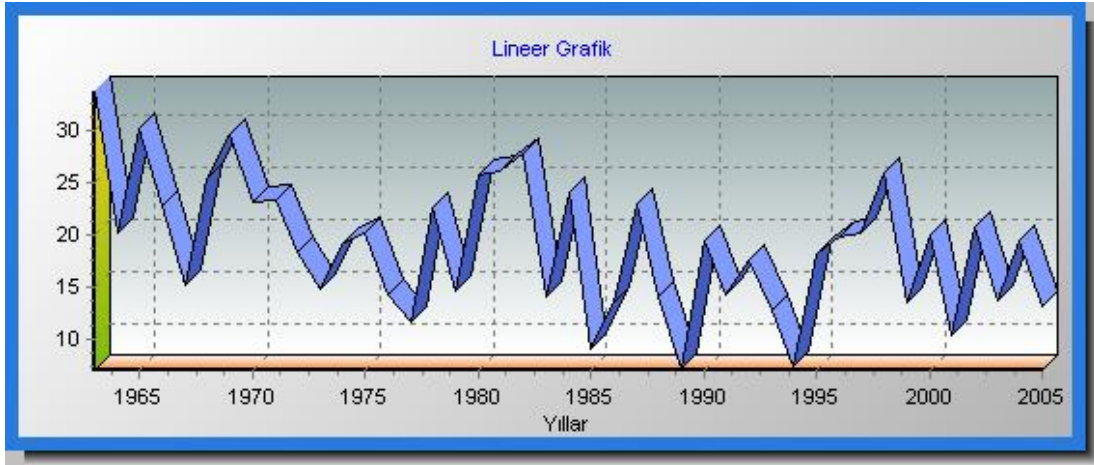
Yıl	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972
Akım Değeri	33,9	20,2	30,2	22,8	15,2	25,4	29,7	23,2	23,4	18,3

Yıl	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982
Akım Değeri	14,7	19,2	20,1	14,3	11,6	22,5	14,5	25,8	26,1	27,8

Yıl	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
Akım Değeri	14	24,1	9,07	13,4	23	14,1	7,16	19,5	14,3	17,5

Yıl	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Akım Değeri	12,7	7,28	18,2	19,8	20,2	25,9	13,4	19,9	10,3	20,8

Yıl	2003	2004	2005
Akım Değeri	13,7	19,5	13,1



Şekil 4.1. Kocasu – Rüstümköy İstasyonuna ait yıllık ortalama akım değerleri (x: yıllar, y: akım değeri m³/sn)

4.1.1.1. Mann-Kendall yöntemi

$i < j$ için $x_i < x_j$ olan çiftlerin sayısı $P=316$, $x_i > x_j$ olan çiftlerin sayısı $M=583$ olarak bulunur. Test istatistiği $S=P-M = -267$ bulunur.

Kendall Korelasyon Katsayısı $\tau = \frac{S}{\sqrt{\frac{n(n-1)}{2}}}$ formülü uygulanarak $\tau = -0.29$

Örnek sayısı $n > 10$ olduğundan

$\sigma_s = \sqrt{\frac{n(n-1)(2n+5)}{18}}$ ve $\sigma_s = 95.55$ bulunur.

$$Z = \begin{cases} (S-1)/\sigma_s & S > 0 \\ 0 & S = 0 \\ (S+1)/\sigma_s & S < 0 \end{cases} \quad S < 0 \text{ olduğundan } Z = (S-1)/\sigma_s \quad Z = -2.74 \text{ bulunur.}$$

Z 'in mutlak değeri için seçilen $\alpha=0.05$ anlamlılık düzeyine karşı gelen standart normal dağılımın $Z_{\alpha/2} = 1.96$ değerinden büyük olduğu için sıfır hipotezi “ H_0 : Trend Yok” reddedilmekte $S < 0$ olduğunda dolaylı da incelenen zaman serisinde azalan yönde trend olduğu sonucuna varılmaktadır.

4.1.1.2. Spearman'ın Rho testi

$$r_s = 1 - 6 \frac{\left[\sum_{i=1}^n (R(x_i) - i)^2 \right]}{(n^3 - n)} \text{ bağıntısı uygulanarak } r_s = -0.44 \text{ olarak bulunur.}$$

$Z = r_s \sqrt{n-1} = -2.87$ bulunur. Z 'in mutlak değeri seçilen $\alpha=0.05$ anlamlılık düzeyine karşı gelen standart normal dağılımın $Z_{\alpha/2}=1.96$ değerinden büyük olduğu için sıfır hipotezi " H_0 :Trend Yok" reddedilmekte $r_s < 0$ olduğundan dolayı da incelenen zaman serisinde azalan yönde trend olduğu sonucuna varılmaktadır.

4.1.1.3. Mann-Kendall mertebeye korelasyon testi

1222 numaralı AGİ de, her bir verinin kendisinden önce gelen veriler içinde kaç tanesinin kendisinden büyük olduğu sayılarak n bulunur. Daha sonra t değerleri, denklem 3.8, bunların ortalaması denklem 3.9, varyansı denklem 3.10, ve son olarak da $u(t)$ fonksiyonu eşitlik 3.11 ile hesaplanır.

Tablo 4.5. $u(t)$ fonksiyonu hesabı (1224 Numaralı AGİ).

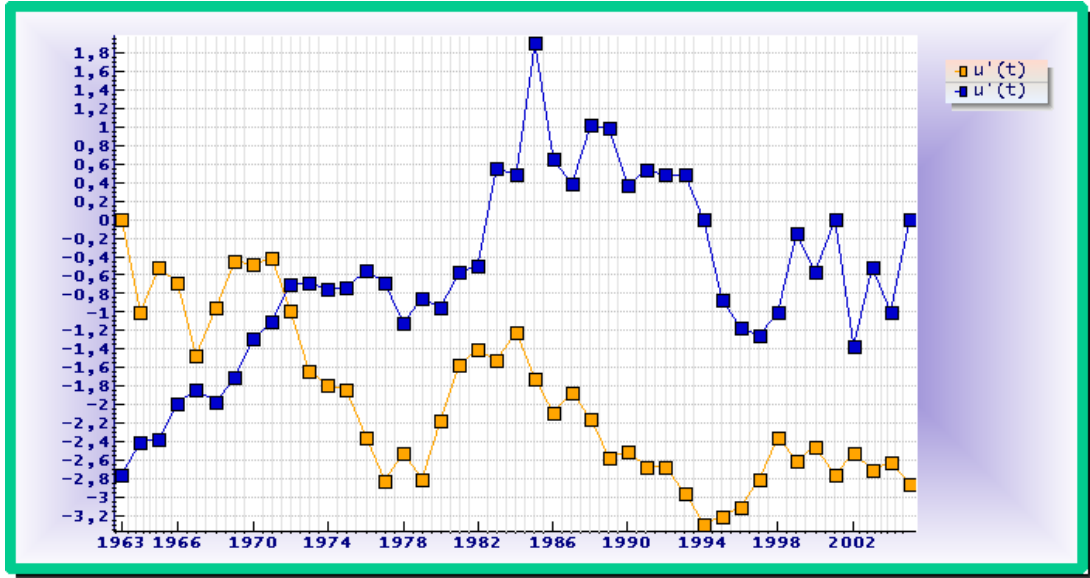
SIRA	YIL	DEĞER	n	t	Var(t)	E(t)	u(t)
1	1963	33,9	0	0	0	0	0
2	1964	20,2	0	0	0,25	0,5	-1
3	1965	30,2	1	1	0,92	1,5	-0,52
4	1966	22,8	1	2	2,17	3	-0,68
5	1967	15,2	0	2	4,17	5	-1,47
6	1968	25,4	3	5	7,08	7,5	-0,94
7	1969	29,7	4	9	11,08	10,5	-0,45
8	1970	23,2	3	12	16,33	14	-0,49
9	1971	23,4	4	16	23	18	-0,42
10	1972	18,3	1	17	31,25	22,5	-0,98
11	1973	14,7	0	17	41,25	27,5	-1,63
12	1974	19,2	3	20	53,17	33	-1,78
13	1975	20,1	4	24	67,17	39	-1,83
14	1976	14,3	0	24	83,42	45,5	-2,35
15	1977	11,6	0	24	102,08	52,5	-2,82
16	1978	22,5	8	32	123,33	60	-2,52
17	1979	14,5	2	34	147,33	68	-2,8
18	1980	25,8	14	48	174,25	76,5	-2,16
19	1981	26,1	15	63	204,25	85,5	-1,57
20	1982	27,8	16	79	237,5	95	-1,4
21	1983	14	1	80	274,17	105	-1,51
22	1984	24,1	14	94	314,42	115,5	-1,21
23	1985	9,07	0	94	358,42	126,5	-1,72
24	1986	13,4	2	96	406,33	138	-2,08
25	1987	23	14	110	458,33	150	-1,87
26	1988	14,1	4	114	514,58	162,5	-2,14
27	1989	7,16	0	114	575,25	175,5	-2,56
28	1990	19,5	12	126	640,5	189	-2,49
29	1991	14,3	6	132	710,5	203	-2,66
30	1992	17,5	11	143	785,42	217,5	-2,66
31	1993	12,7	3	146	865,42	232,5	-2,94
32	1994	7,28	1	147	950,67	248	-3,28
33	1995	18,2	14	161	1041,33	264	-3,19
34	1996	19,8	18	179	1137,58	280,5	-3,1
35	1997	20,2	20	199	1239,58	297,5	-2,8
36	1998	25,9	30	229	1347,5	315	-2,34
37	1999	13,4	5	234	1461,5	333	-2,59
38	2000	19,9	20	254	1581,75	351,5	-2,45
39	2001	10,3	3	257	1708,42	370,5	-2,75
40	2002	20,8	25	282	1841,67	390	-2,52
41	2003	13,7	8	290	1981,67	410	-2,7
42	2004	19,5	20	310	2128,58	430,5	-2,61
43	2005	13,1	6	316	2282,58	451,5	-2,84

Aynı işlem veriler tersten sıralanarak tekrar yapılır;

Tablo 4.6. $u'(t)$ fonksiyonu hesabı (1222 Numaralı AGİ).

SIRA	YIL	DEĞER	n'	t'	Var'(t)	E'(t)	u'(t)
43	2005	13,1	0	0	0	0	0
42	2004	19,5	1	1	0,25	0,5	-1
41	2003	13,7	1	2	0,92	1,5	-0,52
40	2002	20,8	3	5	2,17	3	-1,36
39	2001	10,3	0	5	4,17	5	0
38	2000	19,9	4	9	7,08	7,5	-0,56
37	1999	13,4	2	11	11,08	10,5	-0,15
36	1998	25,9	7	18	16,33	14	-0,99
35	1997	20,2	6	24	23	18	-1,25
34	1996	19,8	5	29	31,25	22,5	-1,16
33	1995	18,2	4	33	41,25	27,5	-0,86
32	1994	7,28	0	33	53,17	33	0
31	1993	12,7	2	35	67,17	39	0,49
30	1992	17,5	6	41	83,42	45,5	0,49
29	1991	14,3	6	47	102,08	52,5	0,54
28	1990	19,5	9	56	123,33	60	0,36
27	1989	7,16	0	56	147,33	68	0,99
26	1988	14,1	7	63	174,25	76,5	1,02
25	1987	23	17	80	204,25	85,5	0,38
24	1986	13,4	5	85	237,5	95	0,65
23	1985	9,07	2	87	274,17	105	1,9
22	1984	24,1	20	107	314,42	115,5	0,48
21	1983	14	9	116	358,42	126,5	0,55
20	1982	27,8	23	139	406,33	138	-0,5
19	1981	26,1	23	162	458,33	150	-0,56
18	1980	25,8	22	184	514,58	162,5	-0,95
17	1979	14,5	12	196	575,25	175,5	-0,85
16	1978	22,5	21	217	640,5	189	-1,11
15	1977	11,6	4	221	710,5	203	-0,68
14	1976	14,3	12	233	785,42	217,5	-0,55
13	1975	20,1	21	254	865,42	232,5	-0,73
12	1974	19,2	17	271	950,67	248	-0,75
11	1973	14,7	15	286	1041,33	264	-0,68
10	1972	18,3	18	304	1137,58	280,5	-0,7
9	1971	23,4	29	333	1239,58	297,5	-1,1
8	1970	23,2	29	362	1347,5	315	-1,28
7	1969	29,7	36	398	1461,5	333	-1,7
6	1968	25,4	32	430	1581,75	351,5	-1,97
5	1967	15,2	16	446	1708,42	370,5	-1,83
4	1966	22,8	29	475	1841,67	390	-1,98
3	1965	30,2	40	515	1981,67	410	-2,36
2	1964	20,2	26	541	2128,58	430,5	-2,4
1	1963	33,9	42	583	2282,58	451,5	-2,75

elde edilen $u(t)$ (Tablo 4.5) ve $u'(t)$ (Tablo 4.6) test istatistikler grafiksel olarak gösterilmesi sonucunda verilerin 1972 yılında çakıştıkları görülür ve trend başlangıcı yılı olarak alınır.



Şekil 4.2. 1224 numaralı AGİ için $u(t)-u'(t)$ grafiği

4.1.2.4. Sen'in trend eğim metodu

$$N=n(n-1)/2 \Rightarrow N=903$$

adet olmak üzere test verisi Q_i ;

$$Q_i = (x_j - x_k)/(j - k) \quad (i = 1, \dots, N)$$

Elde edilen bu veriler sıraya dizilir ve N tek sayı olduğu için

$$Q_{medyan} = Q_{(N+1)/2} \quad 452. \text{ değer alınır ve trend eğimi } -0.2038 \text{ olarak tespit edilir.}$$

4.1.2. Sakarya Nehri – Aktaş (1224) istasyonuna ait trend analizi uygulaması

İstasyon Bilgileri

Yeri: 31° 20' 13" D - 39° 19' 15" K. Eskişehir Çifteler ilçesinin 25 km güneydoğusunda Aktaş köyü yakınındadır.

Yağış Alanı: 4298,00 km²

Yaklaşık Kot: 837 m

Seviye Ölçeği: Eşel ve Limnigraf.

Uzun Süreli Ortalama Akım: 7.35 m³/s.

Ek Bilgiler: 19.10.1984 tarihinde limnigraf kuruldu ve eşel 70 m membaya alındı.

Tablo 4.7. 1224 numaralı AGİ için yıllık ortalama akım değerleri.

Yıl	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972
Akım Değeri	11,5	7,94	10,1	8,97	8,06	9,95	12,8	11,3	8,59	8,1

Yıl	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982
Akım Değeri	6,56	6,84	7,22	7,34	6,41	8,85	8,36	7,71	9,41	7,28

Yıl	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
Akım Değeri	6,65	11,6	7,38	6,83	6,54	5,53	4,73	5,15	5,45	5,42

Yıl	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Akım Değeri	4,87	4,37	4,62	4,84	4,87	5,04	6,43	5,78	5	7,15

Yıl	2003	2004	2005
Akım Değeri	6,29	5,91	5,34



Şekil 4.3. Sakarya Nehri – Aktaş İstasyonuna ait yıllık ortalama akım değerleri (x: yıllar, y: akım değeri m³/sn)

4.1.2.1. Mann-Kendall yöntemi

$i < j$ için $x_i < x_j$ olan çiftlerin sayısı $P=203$, $x_i > x_j$ olan çiftlerin sayısı $M=699$ olarak bulunur. Test istatistiği $S=P-M = -496$ bulunur.

Kendall Korelasyon Katsayısı $\tau = \frac{S}{\left[\frac{n(n-1)}{2} \right]}$ formülü uygulanarak $\tau = -0.55$

Örnek sayısı $n > 10$ olduğundan

$\sigma_s = \sqrt{n(n-1)(2n+5)/18}$ ve $\sigma_s = 95.55$ bulunur.

$$Z = \begin{cases} (S-1)/\sigma_s & S > 0 \\ 0 & S = 0 \\ (S+1)/\sigma_s & S < 0 \end{cases} \quad S < 0 \text{ olduğundan } Z = (S-1)/\sigma_s \quad Z = -5.17 \text{ bulunur.}$$

Z'in mutlak değeri için seçilen $\alpha = 0.05$ anlamlılık düzeyine karşı gelen standart normal dağılımın $Z_{\alpha/2} = 1.96$ değerinden büyük olduğu için sıfır hipotezi " H_0 : Trend Yok" reddedilmekte $S < 0$ olduğunda dolayı da incelenen zaman serisinde azalan yönde trend olduğu sonucuna varılmaktadır.

4.1.2.2. Spearman'ın Rho testi

$$r_s = 1 - 6 \frac{\left[\sum_{i=1}^n (R(x_i) - i)^2 \right]}{(n^3 - n)} \text{ bağıntısı uygulanarak } r_s = -0.78 \text{ olarak bulunur.}$$

$Z = r_s \sqrt{n-1} = -5.02$ bulunur. Z'in mutlak değeri seçilen $\alpha = 0.05$ anlamlılık düzeyine karşı gelen standart normal dağılımın $Z_{\alpha/2} = 1.96$ değerinden büyük olduğu için sıfır hipotezi " H_0 : Trend Yok" reddedilmekte $r_s < 0$ olduğundan dolayı da incelenen zaman serisinde azalan yönde trend olduğu sonucuna varılmaktadır.

4.1.2.3. Mann-Kendall mertebeye korelasyon testi

1224 numaralı AGİ de, her bir verinin kendisinden önce gelen veriler içinde kaç tanesinin kendisinden büyük olduğu sayılarak n bulunur. Daha sonra t değerleri, denklem 3.8, bunların ortalaması denklem 3.9, varyansı denklem 3.10, ve son olarak $u(t)$ fonksiyonu eşitlik 3.11 ile hesaplanır.

Tablo 4.8. $u(t)$ fonksiyonu hesabı (1224 Numaralı AGİ)

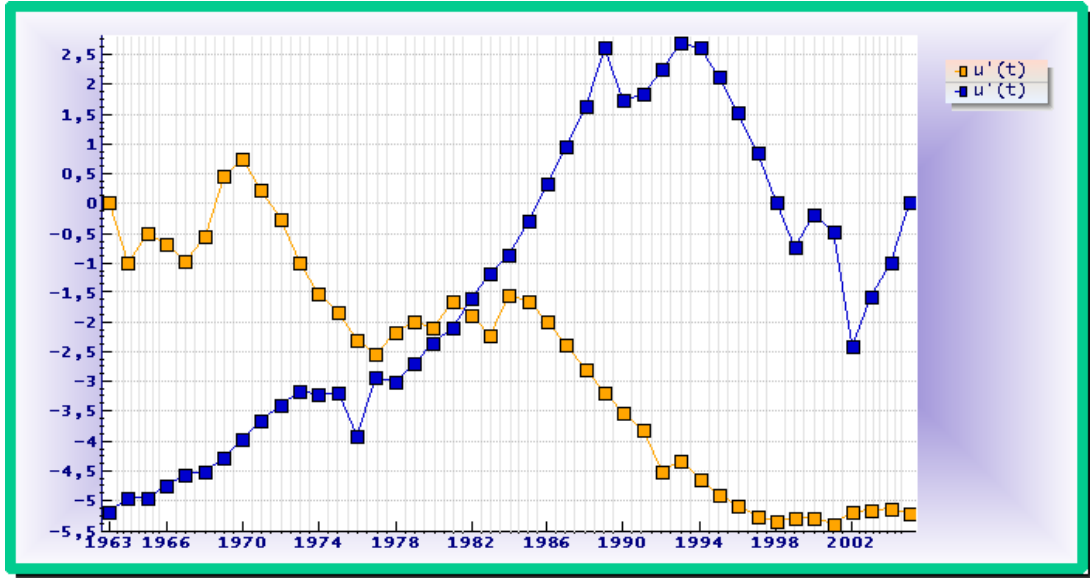
SIRA	YIL	DEĞER	n	t	Var(t)	E(t)	u(t)
1	1963	11,5	0	0	0	0	0
2	1964	7,94	0	0	0,25	0,5	-1
3	1965	10,1	1	1	0,92	1,5	-0,52
4	1966	8,97	1	2	2,17	3	-0,68
5	1967	8,06	1	3	4,17	5	-0,98
6	1968	9,95	3	6	7,08	7,5	-0,56
7	1969	12,8	6	12	11,08	10,5	0,45
8	1970	11,3	5	17	16,33	14	0,74
9	1971	8,59	2	19	23	18	0,21
10	1972	8,1	2	21	31,25	22,5	-0,27
11	1973	6,56	0	21	41,25	27,5	-1,01
12	1974	6,84	1	22	53,17	33	-1,51
13	1975	7,22	2	24	67,17	39	-1,83
14	1976	7,34	3	27	83,42	45,5	-2,3
15	1977	6,41	0	27	102,08	52,5	-2,52
16	1978	8,85	9	36	123,33	60	-2,16
17	1979	8,36	8	44	147,33	68	-1,98
18	1980	7,71	5	49	174,25	76,5	-2,08
19	1981	9,41	13	62	204,25	85,5	-1,64
20	1982	7,28	4	66	237,5	95	-1,88
21	1983	6,65	2	68	274,17	105	-2,23
22	1984	11,6	20	88	314,42	115,5	-1,55
23	1985	7,38	7	95	358,42	126,5	-1,66
24	1986	6,83	3	98	406,33	138	-1,98
25	1987	6,54	1	99	458,33	150	-2,38
26	1988	5,53	0	99	514,58	162,5	-2,8
27	1989	4,73	0	99	575,25	175,5	-3,19
28	1990	5,15	1	100	640,5	189	-3,52
29	1991	5,45	2	102	710,5	203	-3,79
30	1992	5,42	2	104	785,42	217,5	-4,5
31	1993	4,87	1	105	865,42	232,5	-4,33
32	1994	4,37	0	105	950,67	248	-4,64
33	1995	4,62	1	106	1041,33	264	-4,9
34	1996	4,84	3	109	1137,58	280,5	-5,08
35	1997	4,87	4	113	1239,58	297,5	-5,24
36	1998	5,04	6	119	1347,5	315	-5,34
37	1999	6,43	12	131	1461,5	333	-5,28
38	2000	5,78	11	142	1581,75	351,5	-5,27
39	2001	5	6	148	1708,42	370,5	-5,38
40	2002	7,15	20	168	1841,67	390	-5,17
41	2003	6,29	13	181	1981,67	410	-5,14
42	2004	5,91	13	194	2128,58	430,5	-5,13
43	2005	5,34	9	203	2282,58	451,5	-5,2

Aynı işlem veriler tersten sıralanarak tekrar yapılır;

Tablo 4.9. $u'(t)$ fonksiyonu hesabı (1224 Numaralı AGİ).

SIRA	YIL	DEĞER	n'	t'	Var'(t)	E'(t)	u'(t)
43	2005	5,34	0	0	0	0	0
42	2004	5,91	1	1	0,25	0,5	-1
41	2003	6,29	2	3	0,92	1,5	-1,57
40	2002	7,15	3	6	2,17	3	-2,4
39	2001	5	0	6	4,17	5	-0,49
38	2000	5,78	2	8	7,08	7,5	-0,19
37	1999	6,43	5	13	11,08	10,5	-0,75
36	1998	5,04	1	14	16,33	14	0
35	1997	4,87	0	14	23	18	0,83
34	1996	4,84	0	14	31,25	22,5	1,52
33	1995	4,62	0	14	41,25	27,5	2,1
32	1994	4,37	0	14	53,17	33	2,61
31	1993	4,87	3	17	67,17	39	2,68
30	1992	5,42	8	25	83,42	45,5	2,24
29	1991	5,45	9	34	102,08	52,5	1,83
28	1990	5,15	7	41	123,33	60	1,71
27	1989	4,73	2	43	147,33	68	2,6
26	1988	5,53	12	55	174,25	76,5	1,63
25	1987	6,54	17	72	204,25	85,5	0,94
24	1986	6,83	18	90	237,5	95	0,32
23	1985	7,38	20	110	274,17	105	-0,3
22	1984	11,6	21	131	314,42	115,5	-0,87
21	1983	6,65	18	149	358,42	126,5	-1,19
20	1982	7,28	21	170	406,33	138	-1,59
19	1981	9,41	23	193	458,33	150	-2,1
18	1980	7,71	23	216	514,58	162,5	-2,36
17	1979	8,36	24	240	575,25	175,5	-2,69
16	1978	8,85	25	265	640,5	189	-3
15	1977	6,41	16	281	710,5	203	-2,93
14	1976	7,34	23	304	785,42	217,5	-3,9
13	1975	7,22	22	326	865,42	232,5	-3,18
12	1974	6,84	21	347	950,67	248	-3,21
11	1973	6,56	19	366	1041,33	264	-3,16
10	1972	8,1	29	395	1137,58	280,5	-3,39
9	1971	8,59	31	426	1239,58	297,5	-3,65
8	1970	11,3	34	460	1347,5	315	-3,95
7	1969	12,8	36	496	1461,5	333	-4,26
6	1968	9,95	34	530	1581,75	351,5	-4,49
5	1967	8,06	29	559	1708,42	370,5	-4,56
4	1966	8,97	34	593	1841,67	390	-4,73
3	1965	10,1	37	630	1981,67	410	-4,94
2	1964	7,94	29	659	2128,58	430,5	-4,95
1	1963	11,5	40	699	2282,58	451,5	-5,18

elde edilen $u(t)$ (Tablo 4.8) ve $u'(t)$ (Tablo 4.9) test istatistikler grafiksel olarak gösterilmesi sonucunda verilerin 1982 yılında çakıştıkları görülür ve trend başlangıç yılı olarak alınır.



Şekil 4.4. 1224 numaralı AGİ için $u(t)-u'(t)$ grafiği

4.1.2.4. Sen'in trend eğim metodu

$$N = n(n-1)/2 \Rightarrow N=903$$

adet olmak üzere test verisi Q_i ;

$$Q_i = (x_j - x_k)/(j - k) \quad (i = 1, \dots, N)$$

Elde edilen bu veriler sıraya dizilir ve N tek sayı olduğu için

$$Q_{medyan} = Q_{(N+1)/2} \quad 452. \text{ değer alınır ve trend eğimi } -0.1134 \text{ olarak tespit edilir.}$$

4.2. Trend Oluşumuna Etki Eden Faktörlerin Araştırılması

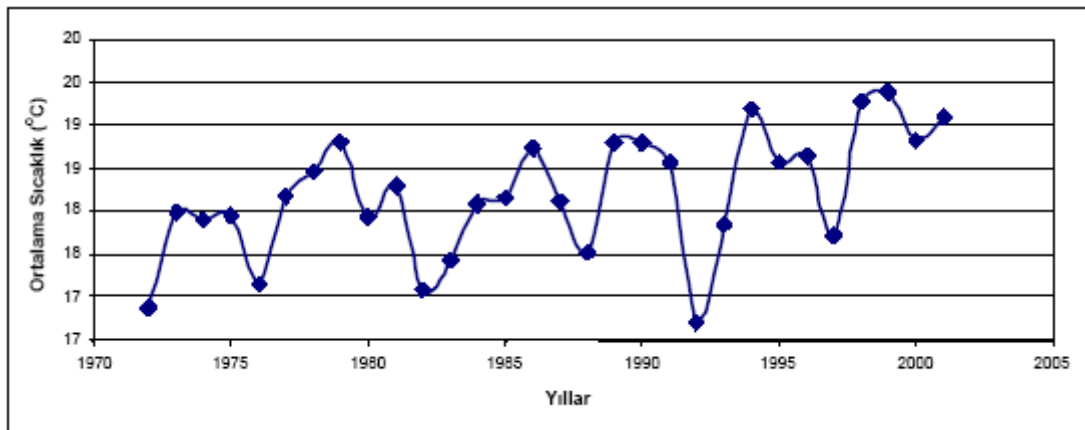
Gözlenen trendlerin nedenlerini tespit edebilmek için doğal ve insani faktörlerin incelenmesi yoluna gidilmiştir. İklim verilerinin ölçüm periyodu boyunca bir artma ya da azalma gösterip göstermediğinin tespiti ile aynı bölgede inşası gerçekleşen barajların su tutma ve işletmeye alınma dönemlerinin trend oluşumuna etkisinin araştırılması öncelikle ele alınmıştır.

4.2.1. İklim etkisi

İklim etkisi olarak sıcaklık, bağıl nem ve toplam yağış gösterilebilir. Bu etkenler içerisinde trend bileşeni olup olmadığı incelenmiş ve sonuçları irdelenmiştir.

4.2.1.1. Sıcaklık etkisi

Yıllık ortalama akımlarda trend gözlenen Aşağı Sakarya Havzasında sıcaklık etkisini incelemek için Sakarya iline ait yıllık ortalama sıcaklıkları için trend analizi çalışması yapılmıştır.

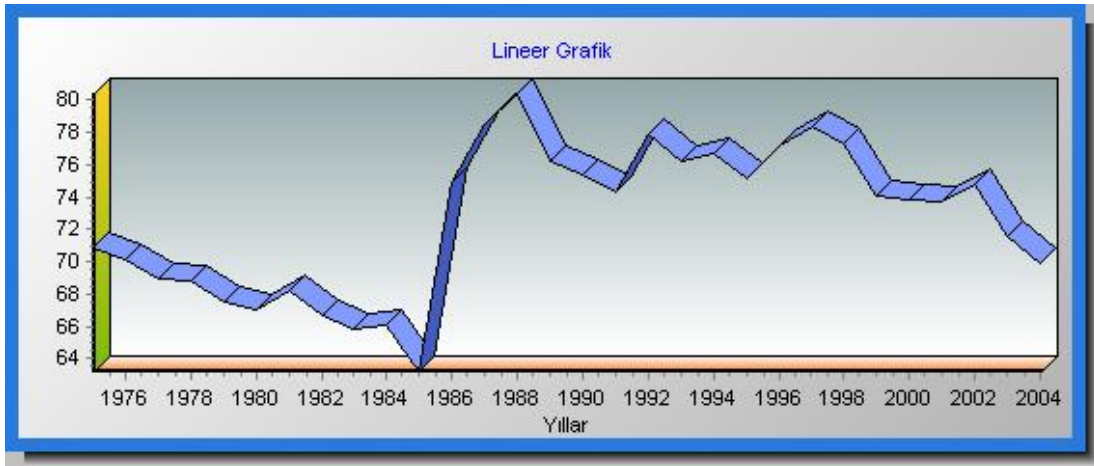


Şekil 4.5. Sakarya ili için yıllık ortalama sıcaklık değerleri

Yapılan trend analizi çalışmasında akımlardaki azalma eğiliminin sıcaklık artışı ile ilişkili olmadığı görülmüştür.

4.2.1.2. Bağıl nem etkisi

Bağıl nem, belli bir sıcaklıkta havadaki buharlaşma ve yoğunlaşma dengesine denir. Yıllık bağıl nemin akım değerleri ile ilişkisinin belirlenmesi için Sakarya iline ait bağıl nem verileri (Şekil 4.14) için trend analizi çalışmasında Mann-Kendall test sonucuna göre anlamlı bir trend rastlanmamış ama Spearman'ın Rho testi sonucunda da artan yönde anlamlı bir trend olduğu gözlenmiştir.



Şekil 4.6. Sakarya İli Bağıl Nem Verileri

Analiz sonuçlarına göre anlamlı bir trend gözleendiği için, “Trend Analysis for Windows” yazılımı ile Mann-Kendall Mertebe Korelasyon testi ve Sen'in Trend Eğim metodu'nun uygulanması sonucunda trend başlangıç yılı 1986 yılı olarak görülmüştür ve Trend eğimi de 0.214 olarak bulunmuştur.

Yapılan trend analizi çalışmasında akımlardaki azalma eğiliminin, bağıl nem yüzdesinin artışı ile ilişkili olduğu görülmüştür.

4.2.1.3. Yağışların etkisi

Yıllık toplam yağışın akım değerleri ile ilişkisinin belirlenmesi için Sakarya iline ait toplam yağış verileri için trend analizi çalışmasında Mann- Kendall testi ve Spearman'ın Rho testi uygulanmış ve anlamlı bir trend gözlenmemiştir.

4.2.2. Barajların etkisi

Aşağı Sakarya Havzası'nda insani faktörler sınıfında değerlendirebileceğimiz barajlardan; Sarıyar, Gökçekaya ve Yenice Barajları incelenmiştir. Bunlar içerisinde $1900 \times 10^6 \text{ m}^3$ depolama hacmi ile dikkat çeken Sarıyar Barajı'dır. Barajların inşaat başlama ve bitiş tarihleri, göl hacmi ve sulama alanları suyun azalmasına bir neden olarak gösterilebilir.

Barajların, inşaat başlangıcı ve su toplama yılları incelendiğinde akımlardaki azalmaya etkisi ortaya çıkmaktadır. $910 \times 10^6 \text{ m}^3$ depolama hacmi ile Gökçekaya Barajı'nın su toplamaya başladığı 1972 yılı göz önünde bulundurulduğunda ve trend gözlenen yerlerin trend başlangıç yıllarının bu tarihten önce başladığı dikkate alındığında özellikle Gökçekaya Barajı'nın akımların azalmasıyla önemli bir ilişkisi olabileceği görülmektedir. Ayrıca aynı bölgede bulunan Sarıyar ve Yenice Barajları'nın da inşaat başlama ve bitiş yılları dikkate alındığında Sarıyar Barajı'nın inşaat tamamlanma yılı olan 1956 yılı su toplamaya başladığı yıl olarak ele alınırsa akımlardaki azalmaya bir etken olabileceği görünür. Yenice Barajının su toplamaya başlama yılı inşaat bitiş tarihi olan 1998 yılı olarak alınırsa, analiz sonucuna göre akımlardaki azalmaya önemli bir etken olmadığı düşünülebilir.

4.3. Bilgisayar Programı Testi

Tez çalışması sırasında Aşağı Sakarya Havzasında trend analizi çalışmaları negatif yönde trend vermiştir. Trend analizi programını doğrulamak amacıyla farklı havza da farklı istasyonlarda yapılan çalışmalarda pozitif yönde de trend bulunmuştur.

Tablo 4.10 Bilgisayar Programı Testi Sonuç Tablosu

AGİ NO	SU VE İSTASYON ADI			Mann-Kendall	Spearman'ın Rho	Eğimi
2315	Çoruh Nehri	-	Karşıköy	(+)	(+)	2,354
2305	Çoruh Nehri	-	Peterek	(+)	(+)	0,216
2218	İyidere	-	Şimdirli	0	0	0,013
2247	Melet Çayı	-	Gocallı Köprüsü	(+)	(+)	0,072
2232	Fırtına Deresi	-	Topluca	0	0	0,013

BÖLÜM 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tezde, Sakarya Havzasındaki sekiz akım gözlem istasyonuna ait yıllık ortalama akım değerleri kullanılarak parametrik olmayan Mann-Kendall ve Spearman'ın Rho testleri yardımıyla trend analizi yapılmıştır.

Çalışmada kullanılan 1963–2005 yılları arasında akarsularda gözlenen sekiz istasyonda toplam 4128 adet debi verisi test için kullanılmıştır. Trend analizi metodu ile elde edilen test sonuçları gelecek yıllardaki akımların geçmiş yıllara oranla daha düşük olacağı tespit edilmiştir.

1. Yapılan trend analizi çalışmasında akımlardaki azalma eğilimin sıcaklık artışı ile ilişkili olmadığı görülmüştür.
2. Yapılan trend analizi çalışmasında akımlardaki azalma eğiliminin, bağıl nem yüzdesinin artışı ile ilişkili olduğu görülmüştür.
3. Yıllık toplam yağışın akım değerleri ile ilişkisinin belirlenmesi için Sakarya iline ait toplam yağış verileri için trend analizi çalışmasında Mann- Kendall testi ve Spearman'ın Rho testi uygulanmış ve anlamlı bir trend gözlenmemiştir.

İklim parametreleri ve baraj etkileri her ne kadar değerlendirilmiş olsa bile, hesaplanan trendlere etki eden farklı etkenlerin olabileceği düşüncesinden hareketle bu konudaki yapılacak alternatif çalışma ve gözlemler, diğer araştırmacıların inceleme ve irdelemesine açıktır.

Gelişmekte olan ülkeler arasında yer alan Ülkemiz Türkiye, petrol ve doğal gaz gibi enerji kaynakları bakımından zengin bir ülke olmamakla birlikte hidroelektrik enerjisi bakımından önemli bir potansiyele sahiptir.

Bu sebeple Türkiye gelecekteki enerji stratejisini, bu potansiyelin tamamını kullanmaya dayandırmak durumundadır. Diğer taraftan doğal gaz ile kaliteli kömürün hemen hemen tamamını ithal eden Türkiye, enerji kaynakları ve bu kaynaklara ayrılan para için dışa bağımlılıktan kurtulmak için temiz, yenilenebilir ve sürdürülebilir enerji kaynakları keşfetmek zorundadır. Yenilenebilir ve sürdürülebilir enerji kaynakları içinde en önemli enerji kaynağı ise “Hidroelektrik Enerji”dir.

Hidroelektrik enerji; temiz, çevre ile uyumlu, yenilenebilir ve sürdürülebilir bir enerji kaynağı olduğundan, Dünya’da olduğu gibi Türkiye’de de artık hidroelektrik enerjiye doğru bir yönelme ve rağbet vardır. Ancak ülkemizin su kaynakları potansiyeli ve buna karşın boşa akıp giden sularımız ile ülkemizdeki enerji açığı dikkate alındığında, bu yönelme ve taleplerin daha da artırılması gerektiği sonucuna varılmaktadır.

Elektrik enerjisi üretiminde önemli bir yeri olan hidroelektrik üretimi, Türkiye’de 26 ana havzada gerçekleştirilmektedir. Bu havzalardan birisi olan “Sakarya Havzası” Türkiye’nin çok önemli bir noktasında bulunmakta olup özellikle su kaynakları başta olmak üzere gerek yeraltı ve gerekse yerüstü kaynakları bakımından önemli bir zenginliğe sahiptir.

Bölgenin sanayi yapısı da göz önüne alındığında, bu bölgede enerjiye olan ihtiyacın çok fazla olduğu açıkça görülmektedir. Bu nedenle Sakarya havzasında yapılan HES çalışmaları arttırılmalı ve bu çalışmalar desteklenmelidir.

Ancak bu destek; Sakarya Nehri’nin ana kollarındaki HES potansiyelinin tamamına yakın bir bölümünün kullanıldığı dikkate alındığında, yan kollara ve küçük akarsulara doğru kaydırılmalıdır.

Yan kollar ve küçük akarsular üzerinde kurulacak olan Küçük Hidroelektrik Santrallerle elde edilecek olan hidroelektrik enerji, çok büyük değerlerde olmasa da, ülke ve özellikle de bölge ekonomisine önemli bir katkı sağlayacağı kesin

olarak bilinmektedir. Bu sebeple bu tip küçük hidroelektrik santrallerin sayılarının artırılması kaçınılmaz bir durumdur.

Küçük hidroelektrik tesisler, özellikle meteorolojik ve topoğrafik şartları sebebiyle büyük bir potansiyele sahip olan ve bu potansiyeli ise ekonomik olarak kolaylıkla geliştirilebilecek olan Sakarya Havzasında oldukça kıymetli bir kaynaktır. Bu potansiyelin kullanılmasıyla, çoğu işsiz ve fakir olan kırsal kesimde yaşayan insanların ekonomik durumu önemli ölçüde iyileştirilmiş olacaktır.

Küçük akarsuların üzerlerinde kurulan küçük, mini ve mikro hidroelektrik santraller, büyük barajların ve rezervuarların yapılmasına gerek duymadıklarından pek çok ülkenin kırsal elektrik ihtiyacının karşılanmasında anahtar bir rol üstlenmektedirler. Ülkemizde de küçük akarsuların potansiyellerinin değerlendirilmesine verilecek önemle kırsal kalkınmaya çok büyük faydalar sağlanabilecektir.

Bu amaçla, gerek EİE ve gerekse DSİ tarafından yapılan çalışmaların yanı sıra, bu konuda özel firmaların yaptığı çalışmalar da en üst düzeyde mutlaka desteklenmelidir.

Bu tezde yapılan çalışmalardan da anlaşılacağı gibi trend analizini yöntemini kullanmak suretiyle akarsuların debilerini ve bu debileri de kullanarak hidroelektrik enerji potansiyellerini tahmin etmek mümkündür. Ancak trend analizi yöntemi kullanılarak akarsular için yapılan debi tahminlerinin çalışılan akarsuyun ve bu akarsuyun bulunduğu havzanın özelliklerine bağlı olarak bazen pozitif (artan) bazen da negatif (azalan) yönde trend olacağı yine bu tezde yapılan çalışmalardan anlaşılmıştır. Bu sebeple trend analizi yönteminin çok sayıda değişik özelliklerdeki akarsulara uygulanmasının bu alandaki çalışmalarda daha güvenilir sonuçlar elde edilmesini sağlayacaktır.

Bu tezde yapılan çalışma neticesinde değişik nedenlere bağlı olarak (iklim değişikliği, küresel ısınma, barajlar vs.) Aşağı Sakarya Havzasındaki bazı akarsular için debi tahminleri her ne kadarda azalan bir trend göstermişlerse de yine de bu

havzada bir hidroelektrik potansiyelin mevcut olduğu tespit edilmiş olup bu potansiyelin mutlaka değerdendirilerek ÷lke ekonomisine kazandırılmasının gerekli olduğu sonucu ortaya çıkmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] DOUGLAS, E.M., VOGEL, R.M., KROLL, C.N.: Trends in Floods and Low Flows in the United States: Impact of Spatial Correlation, J.Hydrology, 240, 90-105, 2000.
- [2] YÜKSEL, İ., Küçük ve Orta Düşülü Hidroelektrik Santrallerinin Projelendirilmesi İçin Sakarya Havzasındaki Akarsuların Hidrolik ve Hidrolojik Özelliklerinin Etüt Edilmesi, BAPK, SAÜ, 2005/5, Sakarya, 2007.
- [3] ÖZEL, N., 2004, Türkiye'deki Nehir Akımları Aylık Verilerinin Parametrik Olmayan Yöntemlerle Trend Analizi, Yüksek Lisans Tezi, SÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 84s.
- [4] TÜRKEŞ, M., SÜMER, U.M., ve ÇETİNER, G., 2006. İklim Değişikliğinin Bilimsel Değerlendirilmesi. <http://www.meteor.gov.tr>
- [5] DSİ. (Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü), Barajlar ve Hidroelektrik Santraller Dairesi Başkanlığı, "Enerji Sektörü Raporu." 2005, Ankara.
- [6] GÜMÜŞ, V., 2006, Fırat Havzası Akımlarının Trend Analizi İle Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, HÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa, 14s.
- [7] ARMAN, F.A., Türkiye'nin Hidroelektrik Potansiyeli ve Sorunları, <http://www.hesiad.org.tr>
- [8] EİE. Hidrolik Etütler Dairesi Başkanlığı, "EİE Tarafından Yürütülen Hidroelektrik Tesis Projeleri." 2004, Ankara.
- [9] EİE, 2009. <http://www.eie.gov.tr>
- [10] YUKSEL, I., "Energy Utilization, Renewables and Climate Change Mitigation in Turkey." Journal of Energy Exploration & Exploitation, Vol: 24, Number: 4, (August, 2006).
- [11] SERENCAM, U., Doğu Karadeniz Bölgesindeki Küçük Akarsuların Hidroelektrik Potansiyellerinin Analizi, Y.Lisans Tez, SAÜ., Mayıs, 2007
- [12] ESHA, (European Small Hydropower Association), "Development of small hydropower." 2004. <http://www.esha.org/>

- [13] BERRYMAN, D., BOTEE, B., CHRIS, D., and HAEMMERLI, J., 1988. Nonparametric Test for Trend Detection in Water Quality Time Series. *Water Resour. Bull.*, 24(3):545-556.
- [14] ERDOĞAN, F., 1989. Türkiye’de Yaygın Kuraklık. *Meteoroloji Mühendisleri Odası Bülteni* 2:1-4.
- [15] PAPADIMITRIOU, A., and MAHERAS, P. 1991. Some Statistical Characteristics of Air Temperature Variations at Four Mediterranean Stations. *Theor. Appl. Climatol.* 43(3): 105-117.
- [16] TOROS, H., 1993. Klimatolojik Serilerden Türkiye Genelinde Trend Analizi. Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 175s.
- [17] İÇAĞA Y. 1994. Analysis of Trends in Water Quality Using Nonparametric Methods. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 120s.
- [18] İÇAĞA, Y., ve HARMANCIOĞLU, N. 1995. Yeşilirmak Havzasında Su Kalitesi Eğilimlerinin Belirlenmesi. Türkiye İnşaat Mühendisliği XIII. Teknik Kongresi, 20-22 Aralık, Ankara, Türkiye, 1: 482-497.
- [19] VON STORCH, H., 1995. Misuses of Statistical Analysis in Climate Research, In: *Analysis of Climate Variability: Applications of Statistical Techniques* (ed. by H. Von Storch & A. Navarra), Springer Verlag, Berlin, 2: 12-26.
- [20] YUE, S., and WANG, C.Y., 2002. The Influence of Serial Correlation on the Mann-Whitney Test for Detecting a Shift in Median. *Advances in Water Resources*, 25: 325-333.
- [21] TÜRKEŞ, H., 1996. Spatial and Temporal Analysis of Annual Rainfall Variations in Turkey. *Int. Journal. Climatol.*, 16: 1057-1076.
- [22] KADIOĞLU, M., 1997, Trends in Surface Air Temperature Data Over Turkey. *Int. J. Climatol.*, 17: 511-520.
- [23] KOTHYARI, U.C., SINGH, V.P., and ARAVAMUTHAN, V., 1997. An Investigation of Changes in Rainfall and Temperature Regimes of the Ganga Basin in India, *Water Resources Management*, 11: 17-34.
- [24] KAHYA, E., ve KALAYCI, S., 2004. Trend Analysis of Streamflow in Turkey. *Journal of Hydrology*, 289:128–144.
- [[25] MOREAS, K.M., PELLEGRINO, G.Q., BAKKESTER, M.V., MARTINELLI, L.A.,
- 26] SERRANO, A., GARCIA, A.J., MATEOS, V.L., CANCELLO, M.L., and GARRIDO, J., 1999. Monthly of Variation of Precipitation Over the Iberian Peninsula. *Journal of Climate*, 12 : 849-919

- [27] YILMAZ, İ., 1999. Doğu Karadeniz Havzasındaki İklim Trendleri Ve Olası Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, GÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 84s.
- [28] CEYLAN, C., 1999. Yeşilirmak Havzası İklim Parametrelerinin Trend Analizi. Yüksek Lisans Tezi, GÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 244s.
- [29] ZHANG, X., HARVEY, K.D., HOGGY, W.D., and YUZYK, T.R., 2001, Trends in Canadian Streamflow. *Water Resour. Res.*, 37(4): 987-998.
- [30] KOSİF, K., 2001. Samsun İlinde İklim Trendleri. *DSİ Teknik Bülteni*, 98 : 3-13.
- [31] BAYAZIT, M., CIĞIZOĞLU, H.K., ve ÖNÖZ, B., 2002. Türkiye Akarsularında Trend Analizi. *Türkiye Mühendislik Haberleri*, 422 : 8-10.
- [32] TÜRKEŞ, M., UTKU, M.S. ve DEMİR, İ., 2003. Türkiye'nin Ortalama, Maksimum ve Minimum Sıcaklıklarındaki Eğilimlerin ve Değişikliklerin Yeniden Değerlendirilmesi. <http://www.meteor.gov.tr>
- [33] YILDIZ, M., SARAÇ, M., MALKOÇ, Y., ve UÇAR İ., 2004. Türkiye Akarsularındaki Akımların Trendleri ve Bu Trendlerin Hidroelektrik Enerji Üretimine Etkileri, IV. Ulusal Hidroloji Kongresi, İstanbul, 1:174-188.
- [34] ÇIĞIZOĞLU H. K., BAYAZIT, M., ÖNÖZ, B., YILDIZ, M., ve MALKOÇ, Y., 2004. Türkiye Nehirleri Taşkın, Ortalama Ve Düşük Akımlarındaki Trendler. IV. Ulusal Hidroloji Kongresi, İstanbul, 1: 43-51.
- [35] ANGI, A. E., ve ÖZKAYA, M., 2004. Türkiye'deki Yüzeysel Akımlar ve Trendleri. IV. Ulusal Hidroloji Kongresi, İstanbul, 1: 76-84.
- [36] AKYÜREK, M., ÖNÖZ, B., BAYAZIT, M., ve ÇIĞIZOĞLU, K., 2004. Türkiye Yıllık Ortalama Akımlarının Trend Analizi. IV. Ulusal Hidroloji Kongresi, İstanbul, 1: 65-75.
- [37] KALAYCI S., ve KAHYA E., 1998. Detection of Water Quality Trends in the Rivers of the Susurluk Basin, *J. of Engineering and Environmental Science*, 22: 503-14.
- [38] YEŞİLATA, B., BULUT, H., ve YEŞİLNACAR, M.İ., 2004. GAP Bölgesinde Sıcaklık ve Nem Parametrelerindeki Baraj Gölü Kaynaklı Değişim Trendinin Araştırılması. *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 83 : 21-31.
- [39] BIRSAN, M.V., MOLNAR, P., BURLANDO, P., and PFAUNDLER, M., 2005. Streamflow trends in Switzerland. *Journal of Hydrology*, 314 : 312-329.
- [40] WEN, F., and CHEN, X., 2005. Evaluation of the Impact of Groundwater Irrigation on Streamflow in Nebraska. *Journal of Hydrology*, 327: 603-617.

- [41] BULUT, H., YEŞİLATA, B., ve YEŞİLNACAR, M.İ., 2006. Atatürk Baraj Gölünün Bölge İklimi Üzerine Etkisinin Trend Analizi İle Tespiti. GAP V. Mühendislik Kongresi, Şanlıurfa, 1: 79-86.
- [42] TONKAZ, T., and ÇETİN, M., 2006. Effects of Urbanization and Land-Use Type on Monthly Extreme Temperatures in a Developing Semi-Arid Region, Turkey. *Journal of Arid Environments*, (in press).
- [43] HELSEL, D.R., and HIRSCH, R.M., 1992. *Statistical Methods in Water Resources*, Elsevier, Amsterdam, 510p.
- [44] BAYAZIT, M., 1996. İnşaat Mühendisliğinde Olasılık Yöntemleri. İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası., İstanbul, 245s.
- [45] KENDALL, M.G., 1975. *Rank Correlation Methods*. Charles Griffin, London, 135p.
- [46] MANN, H. B., 1945. Non-parametric Tests Against Trend. *Econometrica*, 13: 245-259.
- [47] YU, S., ZOU, S., and WHITTEMORE, D. 1993. Non-parametric Trend analysis of Water Quality Data of Rivers in Kansas. *Journal of Hydrology*, 150: 61-80.
- [48] SNEYERS, R., 1990. *On Statistical Analysis of Series of Observations*. W.M.O., No:415, Geneva.
- [49] ŞEN, Z., 2002. *İstatistik Veri İşleme Yöntemleri (Hidroloji ve Meteoroloji)*. Su Vakfı Yayınları, İstanbul, 243s.
- [50] SEN, P.K., 1968, Estimates of the Regression Coefficient Based on Kendall's Tau, *J. Am. Stat. Assoc.*, 63: 1379-1389.
- [51] EİE, Elektrik İşleri Etüt İdaresi, 2005. Akım Gözlem Yıllığı. Ankara.

ÖZGEÇMİŞ

1983 yılında Giresun'da doğan Mahmut KIRDEMİR ilk, orta ve lise öğrenimini Giresun'da tamamlayarak 2001 Sakarya Üniversitesi M.Y.O. İnşaat Bölümünü kazandı. Bu bölümden 2003 yılında birincilikle mezun oldu. Aynı yıl DGS sınavı ile Sakarya Üniversitesi İnşaat Mühendisliğini kazandı. 2006 yılında Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği bölümünde yüksek lisans eğitimine başlayan KIRDEMİR halen bu bölümde öğrenimine devam etmektedir. Aynı zamanda 2007 yılında çalışmaya başladığı Eyüp Belediyesindeki hizmetine de devam etmektedir. İleri düzeyde bilgisayar ve orta düzeyde İngilizce bilen KIRDEMİR, evli ve bir çocuk babasıdır.