

YIL: 2020

CİLT: 5

SAYI: 2

ISSN: 1308-4372

E-ISSN: 2651-4753

# İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE ÇEVRE



SU VAKFI



**Yayın sahibi** : **Su Vakfı**  
Previlage owner : Turkish Water Foundation



**Kurucu Editör/Foundation Editor**  
**Zekai ŞEN**

**Baş Editör/Editor-in-Chief**  
**İsmail DABANLI**

**Editörler/Editors**

Ahmet Duran ŞAHİN  
Ahmet ÖZTOPAL  
Atilla AKKOYUNLU  
Ayşe MUHAMMETOĞLU  
Ayşegül DEMİR YETİŞ  
Ece TURHAN  
Eyüp ŞİŞMAN  
Feza KARAER  
Fatih TUFANER  
İsmail KOYUNCU  
Mehmet İrfan YEŞİLNACAR  
Mikdat KADIOĞLU  
Muhammet Yunus PAMUKOĞLU  
Sevinç ASİLHAN  
Zekai ŞEN

**Dizgi/Tasarım Editörü/Designing Editor**  
Muhiddin YENİGÜN

**Yazışma Adresi**

Adres : İklim Değişikliği ve Çevre, Cumhuriyet Mahallesi Libadiye Caddesi Doğanay Sokak  
No:6 Çolak Plaza Kat:4, 34697 Üsküdar/İstanbul  
Telefon : +90-216 412 33 83  
Faks : +90-216-412 33 90  
Elektronik posta : [bilgi@suvakfi.org.tr](mailto:bilgi@suvakfi.org.tr)  
Web : <http://dergipark.gov.tr/idec>  
ISSN : 1308-4372  
E-ISSN : 2651-4753

Dergide yayınlanan yazılar izinsiz başka bir yerde yayınlanamaz veya bildiri olarak sunulamaz.

YIL : 2020  
CİLT : 5  
SAYI : 2

## İÇİNDEKİLER

### No Makaleler

1	Yenilikçi Şen Trend Yöntemi İle Sakarya'nın Meteorolojik Verilerinin Eğilim Analizi <b>Ahmet İyad CEYHUNLU, Ferhat Aydın</b>	1
2	Akım Gözlem İstasyonları İçin Alan-Oranı Metodunun Doğruluğunun Analizi <b>Recep BAKIŞ, Fatma Çiğdem ŞİRİN , Yıldırım BAYAZIT</b>	8
3	Küçük Menderes Havzasındaki Barajlar ve Tarımsal Gelişmeye Olan Katkıları <b>Yavuz ŞAHİN, Alper BABA, Gökmen TAYFUR</b>	16
4	Atmosferik Engelleme Olayı ve Özelliklerindeki Değişimin İncelenmesi <b>Bahtiyar EFE, Anthony LUPO, İsmail SEZEN, Ali DENİZ</b>	24

### Öne Çıkan Sonuçlar:

- Sakarya ilinde ortalama yağış ve basınç miktarlarında artan trend vardır.
- Sakarya ilinde sıcaklık derecelerinde, rüzgâr hızlarında ve nem değerlerinde artış tespit edilmiştir.

### Yazışma yazarı:

Ahmet İyad CEYHUNLU,  
ahmetceyhunlu@subu.edu.tr

### Referans:

Ceyhunlu,A.İ ve Aydın,F., (2020), Yenilikçi Şen Trend Yöntemi İle Sakarya'nın Meteorolojik Verilerinin Eğilim Analizi, İklim Değişikliği ve Çevre, 5, (2) 1-7

Makale Gönderimi : 22 HAZİRAN 2020  
Online Kabul : 10 EYLÜL 2020  
Online Basım : 25 EYLÜL 2020

# YENİLİKÇİ ŞEN TREND YÖNTEMİ İLE SAKARYA'NIN METEOROLOJİK VERİLERİNİN EĞİLİM ANALİZİ

Ahmet İyad CEYHUNLU<sup>1</sup>, Ferhat Aydın<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, ahmetceyhunlu@subu.edu.tr, Sakarya, Türkiye. ORCID: 0000-0003-3192-6132

<sup>2</sup>Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, ferhata@subu.edu.tr, Sakarya, Türkiye. ORCID: 0000-0001-9472-8366

**Özet** Su yönetimi ve planlaması açısından küresel ısınmanın etkilerini en aza indirmek için hidrolik çevrim içinde yer alan meteorolojik olayların geçmişteki davranışını inceleyerek gelecekteki durumunu araştırmak büyük önem arz etmektedir. Dolayısıyla, bu çalışmada küresel ısınmanın sonucunda ortaya çıkan iklim değişikliğinin hidro-meteorolojik veriler üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Bu çalışmada kullanılan 16 yıllık (2000 – 2015) veriler aylık ortalama yağış, aylık ortalama aktüel basınç, aylık ortalama nisbi nem, aylık ortalama rüzgâr hızı ve aylık ortalama sıcaklık olarak belirlenmiş ve Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Hidro-meteorolojik verilerin analizinde ise Trend analizleri yöntemlerinden biri olan Yenilikçi Şen Yöntemi uygulanmıştır. Bu çalışmanın sonucunda küresel ısınmanın iklim değişikliği üzerindeki etkisi Hidro-meteorolojik veriler olan aylık ortalama yağışlarda, nisbi nem değerlerinde, basınç değerlerinde, rüzgâr hızlarında ve sıcaklıklarda artan bir trend tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Yenilikçi Şen Yöntemi, Trend Analizi, Küresel Isınma, İklim Değişikliği, Sakarya.

## TREND ANALYSIS OF METEOROLOGICAL DATA OF SAKARYA USING SEN'S INNOVATIVE TREND METHOD

**Abstract** In terms of water management and planning, it is of great importance to investigate the future situation by examining the past behavior of meteorological events in the hydraulic cycle in order to minimize the effects of global warming. Therefore, in this study, the effect of climate change resulting from global warming on hydro-meteorological data was investigated. The 16-year (2000-2015) data used in this study were determined as monthly average precipitation, monthly average actual pressure, monthly average relative humidity, monthly average wind speed and monthly average temperature and were obtained from the General Directorate of Meteorology. In the analysis of hydro-meteorological data, Innovative Şen Method, one of the trend analysis methods, was applied. As a result of this study, the effect of global warming on climate change in the hydro-meteorological data, an increasing trend in heavy rainfall, relative humidity values, high pressure values, wind speeds and temperatures was determined.

**Keywords:** Innovative Sen Method, Trend Analysis, Global Warming, Climate Change, Sakarya.

### 1. Giriş

Dünya üzerindeki tüm canlıların yaşam faaliyetlerini sağlıklı bir şekilde sürdürebilmeleri için suya ihtiyaçları vardır. Bu ihtiyaçların giderilmesi açısından insanlar ezelden beri yaşam alanlarını su kaynaklarına yakın tercih etmişlerdir. Bu tercihler canlı nüfusunun ve sanayileşmenin artmasıyla doğal su kaynaklarına ve suyun doğal döngüsünü olumsuz etkilemektedir. Bu açıdan suyun doğadaki doğal döngüsünün ve su kaynaklarının korunması için su bilimlerini en iyi şekilde anlamak ve yönetmek gerekir (Kilicer, 2000).

Son zamanlarda fosil yakıtların tüketilmesindeki artış, ormansızlaşma, nüfustaki hızlı değişim ve toplumlardaki tüketim eğiliminin artması gibi nedenlerle karbondioksit, metan, azot oksit ve CFC gibi gazların atmosferdeki yoğunluğu artış göstermektedir. Atmosferde meydana gelen bu değişim sera etkisinin dünya üzerinde artmasına neden olmaktadır. Bunun sonucunda dünya üzerinde sera etkisinin artış göstermesi küresel ısınmayı oluşturan temel faktör olduğu kanısına bilim adamları tarafından varılmıştır (Çeribaşı ve Doğan 2015; Çeribaşı 2019; Çeribaşı ve Çalışkan 2019).

Küresel ısınmaya bağlı olarak, diğer iklim elemanlarının da (nem, yağış, hava hareketleri, deniz yüzey sıcaklıkları ve su seviyeleri) değişmesi sürecine Küresel İklim Değişikliği adı verilmektedir. İklimlerde meydana gelen bu değişimler hidro-meteorolojik olaylarda, su kaynaklarında ve suyun doğadaki doğal döngüsünde büyük değişimlere neden olmaktadır. Bu değişimlerin araştırılması insanların yaşam faaliyetlerini sürdürmesi açısından büyük önem arz etmektedir (Mishra 2014; Çalışkan 2019).

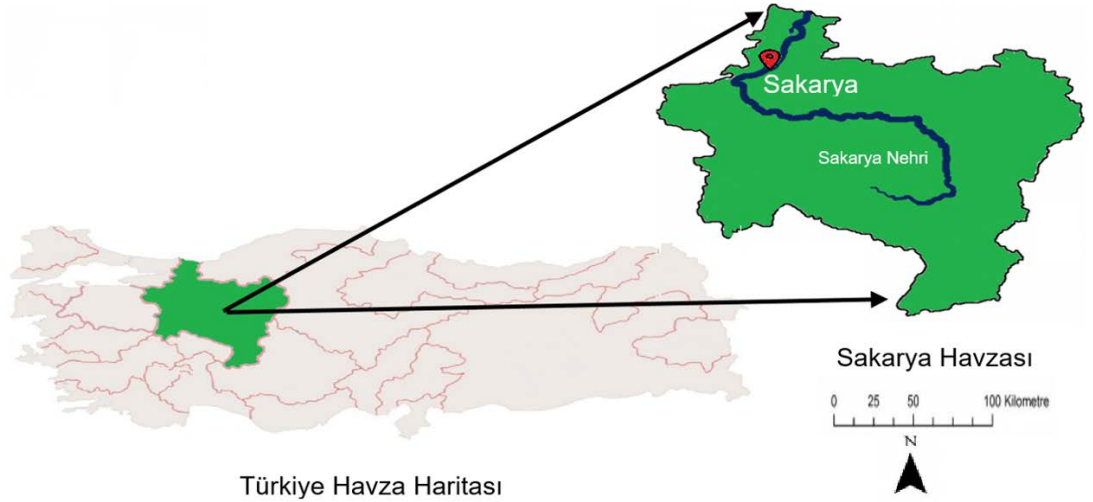
Su kaynaklarının temel kavramını oluşturan ve su kaynaklarının kendilerini yenileyebilmesinde en büyük etkiyi gösteren hidrolik çevrim, suyun doğada çeşitli yerlerde ve çeşitli hallerde döngüsü olarak tanımlanır. Suyun döngü zincirinde bir kırılma veya düzensizliğin oluşması sonucunda canlıların yaşamı büyük ölçüde etkilenmektedir. Ayrıca küresel ısınmanın etkileri 21.yy.'da şiddetini arttırdığı görülmektedir. Küresel ısınmanın sonucunda iklim değişiklikleri hidro-meteorolojik olaylarda büyük değişimlere neden olmaktadır (Sowmya ve ark. 2015; Akkaya 2016; Dabanlı 2017). Hidro-meteorolojik verilerin nasıl bir trend izlediklerinin araştırılması iklim değişikliği etkilerinin gözlemlenmesinin en iyi yöntemlerinden biridir. Bu nedenle iklim değişikliğinin etkilerini araştırırken Trend Analizi yöntemlerinin kullanılması uygun görülmektedir. Bu açıdan iklim değişikliğinin uzun vadedeki değişimini tespiti için istatistikî analizlerden Trend Analizi yöntemleri kullanılabilir. Zaman serilerine ayrılmış iklim verilerinin eğilimi ve değişimleri iklim elemanlarında meydana gelen değişimler hakkında fikir vermektedir. İklim verilerinde meydana gelen eğilimin artış veya azalış göstermesi mevcut durumu göstermesi kadar gelecek hakkında öngörü yapılmasında yardımcı olmaktadır (Dabanlı ve ark. 2016; Doğan ve ark.2016). Trend analizleri yöntemlerine örnek olarak, Mann – Kendall, Mann – Kendall Meritbe Korelasyon ve Spearman'ın Rho testi gibi testler verilebilmektedir. Ayrıca son yıllarda yeni bir trend analizi yöntemi şen (2012) tarafından ortaya konuldu. Akademik çalışmalarla güvenilirliği ortaya çıkan bu analiz yöntemi Yenilikçi şen Yöntemidir (Sen 2012; Sen 2013; Sen 2018). Yenilikçi şen Yönteminin, Mann-Kendall ve Spearman'ın Rho testlerinden ayrıt edici özelliği; zaman serilerine bağlı ve kısa olan veri kümelerini analiz edebilmesidir. Literatürde buna benzer çalışmalarda yer almaktadır, Sen (2018), çalışmada bir zaman serisinin kesişme özelliklerine dayalı tamamen yeni bir yaklaşım önermiştir. Zaman serilerinin bağımlı veya bağımsız bir yapıya sahip olup olmadığına ve ayrıca olasılık dağılım fonksiyonunun türüne bağlı olmaksızın uygulanabilirliğini sunmuştur (Sen, 2018). Niu ve ark. (2019), 1961-2014 Yellow ve Yangtze Nehri havzalarında hava sıcaklığını analiz ettiler ve ETCCDI tarafından sağlanan 16 sıcaklık indeksini kullanarak ve 300 hava istasyonundan bir dizi yüksek yoğunluklu gözlem kullanarak karşılaştırdılar (Niu ve ark. 2019). Sen ve ark. (2019), çalışmada Yenilikçi Çokgen Eğilim Analizi Yöntemini önerdi. Bu çalışmada yağış ve akarsu açısından New Jersey (ABD), Tuna (Romanya) ve Göksu Nehri (Türkiye) dünyanın farklı yerlerinden üç hidro-meteorolojik veri setini analiz etmiştir (Sen ve ark. 2019). Çeribaşı (2018), çalışmasında iklim değişikliğinin Batı Karadeniz Havzasında etkisini Yenilikçi şen Yöntemi ile araştırmıştır. Çalışma sonucunda, bazı istasyonlarda trend tespit edemezken bazı istasyonlarda azalan trendler tespit etmiştir. Azalan trend sonucu da ileride yağışların azalacağı sonucunu ortaya koymuştur (Çeribaşı 2018). Güçlü, (2018), çalışmasında eğilim analizini (çözümlemesi) herhangi bir kabule gerek duymadan gerçekleştiren şen'in 1:1 doğru yöntemi ele almıştır. Bu yöntemi geliştirerek Yenilikçi Eğilim Çözümlemesi yöntemini gelişirmiştir (Güçlü 2018). Alashan, (2018), çalışmasında Cambridge (İngiltere) şehrinin yağış verilerini yenilikçi yönelim analiz yöntemi ile incelenmiştir. Yağış verileri genellikle sonbahar ve kiş aylarında artan yönelimler tespit ederken ilkbahar ve yaz aylarında azalan yönelimler tespit etmiştir (Alashan 2018).

Dolayısıyla bu çalışmada, küresel ısınmanın bir neticesi olarak ortaya çıkan iklim değişikliğinin ülkemizin batısında yer alan Sakarya ilindeki meteorolojik veriler üzerindeki etkisi trend analizi yöntemi kullanılarak araştırılmıştır. Trend analizi uygulamasında Sakarya ilinin meteorolojik verilerine Yenilikçi şen yöntemi uygulanmıştır. Çalışmada kullanılan veriler aylık ortalama yağış, aylık ortalama aktüel basınç, aylık ortalama rüzgâr hızı, aylık ortalama nisbi nem ve aylık ortalama sıcaklık verileri olarak analiz edilmiştir. Çalışma bölgesi olarak Türkiye'nin Marmara bölgesinde yer alan Sakarya ili seçilmiştir. Veriler Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün (MGM) Sakarya gözlem istasyonundan alınmıştır.

## 2. MALZEME VE YÖNTEM

### 2.1 Sakarya İstasyonu

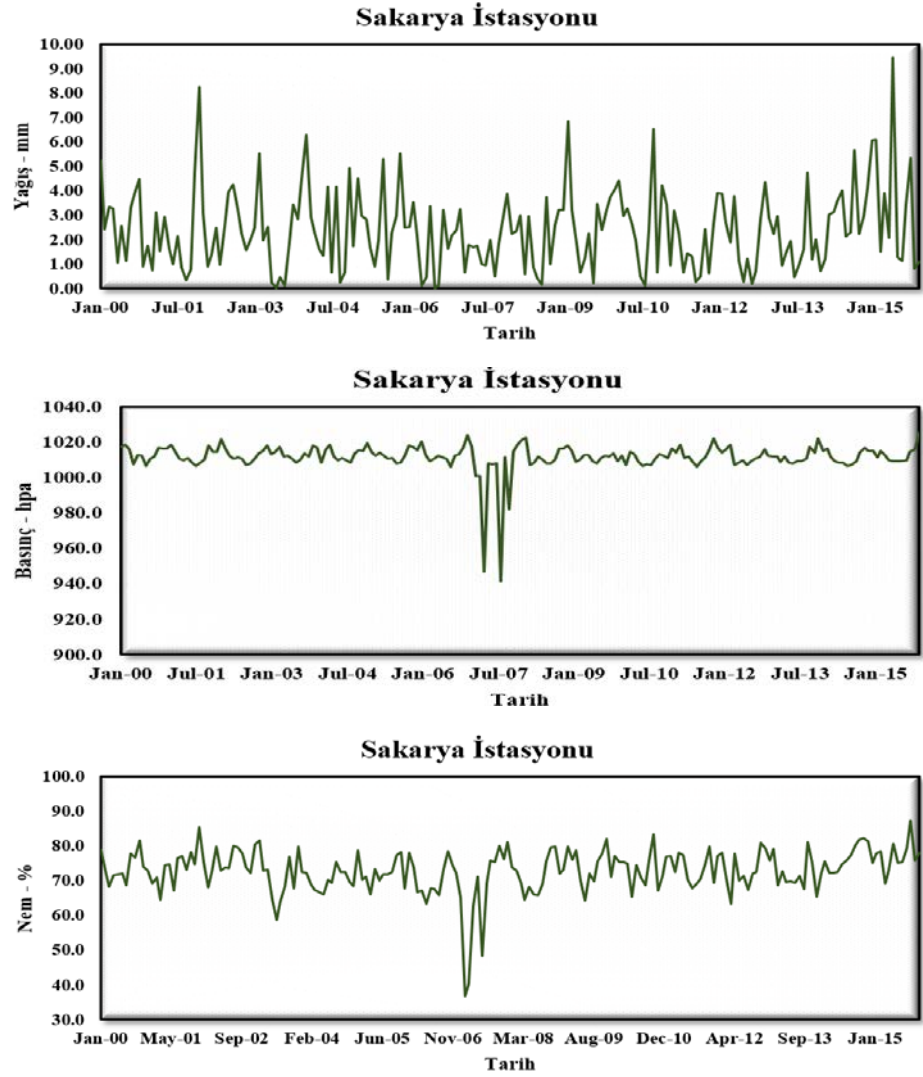
Türkiye'nin Sakarya ili merkezinde yer alan Sakarya istasyonu Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından kurulmuştur. İstasyon numarası 17069 olan, [40.7676-30.3934] koordinatında yer almaktadır. Sakarya gözlem istasyonunun konumu şekil 1'de gösterilmiştir. Aylık ortalama olarak temin edilen veriler sırasıyla yağış, aktüel basınç, nisbi nem, rüzgâr hızı ve sıcaklıktır. Bu veriler 16 yıl uzunluğunda olup (2000-2015) yılları arasındaki verilerdir.

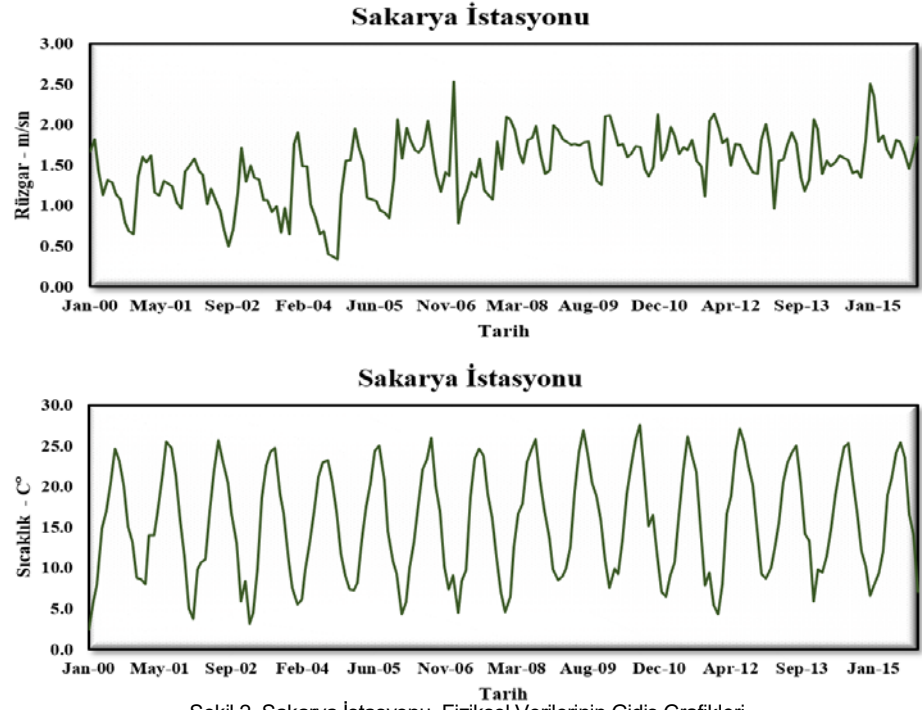


Şekil 1. Sakarya İstasyonunun Türkiye Havzalar Haritası üzerindeki Konumu.

## 2.2 Meteorolojik Veriler

Sakarya istasyonundan temin edilen yağış, basınç, nem, rüzgar hızı ve sıcaklık verilerine ait gidiş grafikleri aylık ortalama olarak sırasıyla Şekil 2'de verilmiştir.





Şekil 2. Sakarya İstasyonu, Fiziksel Verilerinin Gidiş Grafikleri.

Yukarıdaki gidiş grafiklerinin incelenmesinde yağış, nem ve rüzgar verilerinin artış eğilimi sergilediği, basınç ve sıcaklık verilerinin ise bir eğilim sergilemediği görülmektedir. Ancak gidiş grafikleri doğrusal olmadıkları için bu verilerin ileriye dönük nasıl bir eğilim gösterecekleri hakkında kesin sonuca ulaşılamamaktadır. Ayrıca bu verilerin istatistiksel analizlerinin gerçekleştirilmesi verilerin arasındaki ilişkinin anlaşılması açısından önem arz etmektedir. Bu bağlamda verilerin istatistiksel analizleri ve sırasıyla Basınç-Nem, Basınç-Rüzgar, Basınç-Sıcaklık, Basınç-Yağış, Nem-Rüzgar, Nem-Sıcaklık, Nem-Yağış, Rüzgar-Sıcaklık, Rüzgar-Yağış ve Sıcaklık-Yağış verileri arasındaki ilişki korelasyon analizi ve Anova F testi ile araştırılmıştır. Verilerin istatistiksel analiz sonuçları Tablo 1'de verilmiştir. Verilerin Korelasyon analizi ve Anova F testinin sonuçları Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 1. Meteorolojik verilerin istatistiksel analizi.

Parametre	Minimum	Ortalama	Maximum	Standart Sapma	Varyans
Yağış - mm	0.000	2.4000	9.5000	1.650	2.71000
Aktüel Basınç - hba	941.6	1007.3	1025.2	42.73	1825.98
Nisbi Nem - %	36.60	72.700	87.300	6.370	40.4874
Rüzgâr Hızı - m/sn	0.300	1.5000	2.5000	0.410	0.16435
Sıcaklık - C§	2.400	15.400	27.600	6.700	44.9094

Tablo 2. Meteorolojik verilerin istatistiksel analizi.

Veri	Korelasyon %	F	F <sub>Anamlık</sub>
Basınç - Nem	0.571	91.798	5.48E-18
Basınç - Rüzgar	0.163	5.197	2.37E-02
Basınç - Sıcaklık	0.068	0.889	3.47E-01
Basınç - Yağış	0.092	1.610	2.06E-01
Nem - Rüzgar	-0.015	0.044	8.35E-01
Nem - Sıcaklık	-0.126	3.086	8.06E-02
Nem - Yağış	0.444	46.714	1.09E-10
Rüzgar - Sıcaklık	-0.273	15.288	1.28E-04
Rüzgar - Yağış	0.124	2.974	8.62E-02
Sıcaklık - Yağış	-0.367	29.648	1.59E-07

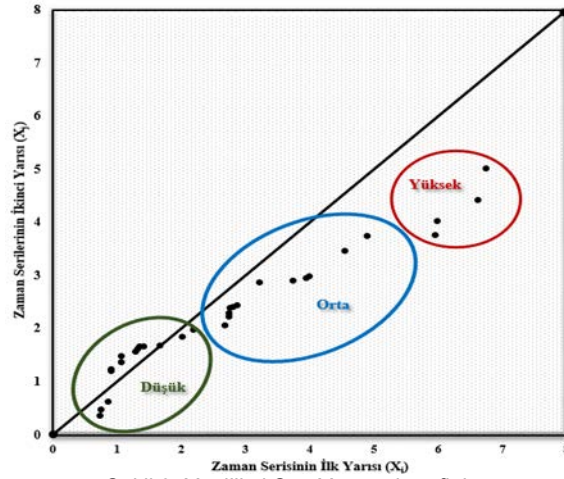
Tablo 2'de verilen korelasyon analizinde pozitif korelasyon katsayısı veriler arasındaki ilişkinin doğru orantılı olduğunu, negatif korelasyon ise veriler arasındaki ilişkinin ters orantılı olduğunu göstermektedir. F testi sonucunda ise Basınç-Nem, Basınç-Rüzgar, Basınç-Sıcaklık, Basınç-Yağış, Nem-Sıcaklık, Nem-Yağış, Rüzgar-Sıcaklık, Rüzgar-Yağış ve Sıcaklık-Yağış verilerinin  $F > F_{Anamlık}$  bulunmuştur. Bu durumun sonucunda veriler arasında istatistik açıdan önemli farklılıklar olduğu görülmüştür. Nem-Rüzgar verilerinin Anova F testinde ise  $F_{Anamlık} > F$  olduğundan veriler arasında istatistik açıdan önemli benzerliklerin olduğu görülmüştür.

## 2.3 Yenilikçi Şen Yöntemi

Bu yöntem belirli bir zaman serisindeki olası genel artışı veya düşüşü gösteren teknik analiz yöntemidir. Bu yöntemde mevcut veriler gidiş sıralarına göre dizilir ardından tam iki eşit seriye ayrılmaktadır. İkiye ayrılan bu seriler küçükten büyüğe doğru sıralanmaktadır. Serilerin ilk kısmı ( $X_i$ ) Kartezyen koordinat sisteminin X eksenine üzerine, ikinci kısmı ( $X_j$ ) Y eksenine üzerine yerleştirilir.



Verilerin bu Kartezyen koordinat sistemi üzerindeki düzenlenmesi Şekil 3'te yer almaktadır (Sen 2012).

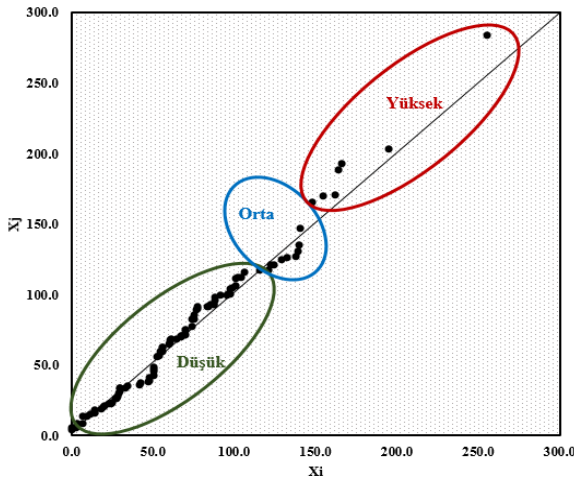


Şekil 3. Yenilikçi Şen Yöntemi grafiği.

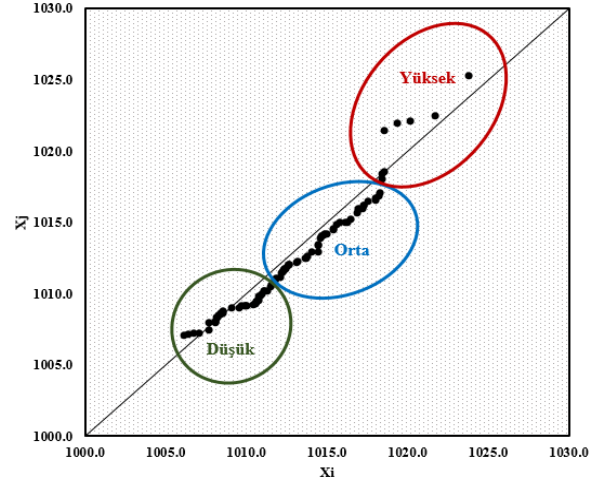
Verilerin grafik üzerindeki dağılımı trend analizini oluşturmaktadır. Veriler ilk olarak 1:1 eğrisine göre konumu incelenir. Veriler 1:1 eğrisinin üst kısmında kalması verilerde artan bir trend olduğunu gösterirken, verilerin 1:1 eğrisinin altında kalması verilerde azalan bir trend olduğunu göstermektedir. İkinci olarak veriler düşük, orta veya yüksek kümeleri arasında hangi kümede yer aldıkları incelenir. Son olarak verilerin 1:1 eğrisinin üzerinde kalması durumunda o veri kümesinde herhangi bir trend oluşmadığı sonucuna varılır.

### 3. BULGULAR

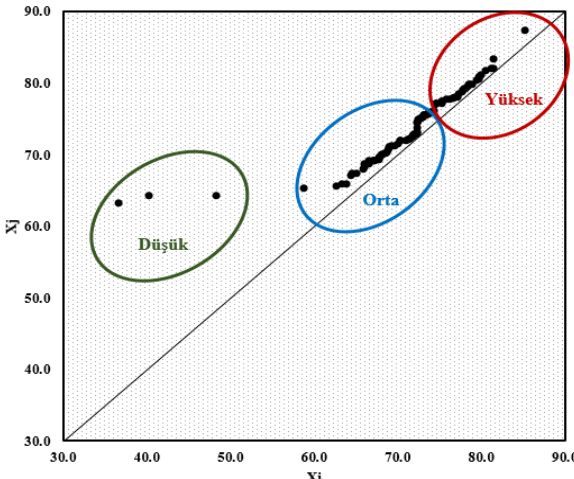
Yağış, basınç, nem, rüzgâr hızı ve sıcaklık verilerine uygulanan Yenilikçi Şen Yöntemi'nin sonuçları sırasıyla Şekil 4,5,6,7,8'de verilmiştir.



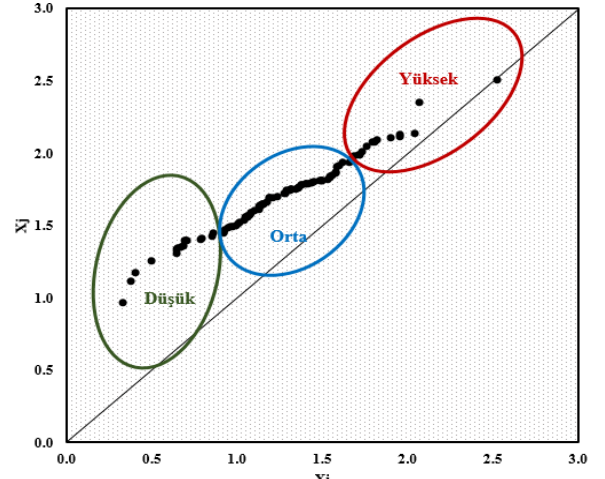
Şekil 4. Yağış Verilerinin Şen Analizi.



Şekil 5. Aktüel Basınç Verilerinin Şen Analizi

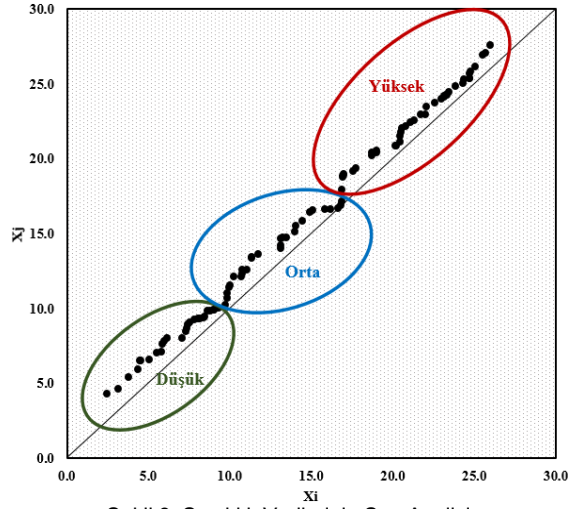


Şekil 6. Nisbi Nem Verilerinin Şen Analizi.



Şekil 7. Rüzgâr Hızı Verilerinin Şen Analizi.





Şekil 8. Sıcaklık Verilerinin Şen Analizi.

Yenilikçi Şen yönteminin Hidro-meteorolojik verilere uygulanması ile doğrusal grafikler oluşturulmuştur. Gidiş grafiklerinde gizli durumda kalabilen trend, bu grafikler ile ortaya çıkmaktadır. Analiz sonucunun incelenmesi durumunda yağış verilerinin düşük kümesinde bir trend oluşmadığı, orta kümesinde azalan, yüksek kümesinde ise artan bir trend olduğu sonucuna varılmıştır. Aktüel basınç verilerinin düşük ve orta kümesinde azalan, yüksek kümesinde ise artan bir trend oluşmuştur. Nisbi nem, rüzgar hızı ve sıcaklık verilerinin tüm kümelerinde artan bir trend meydana gelmiştir. Yenilikçi şen yönteminin genel değerlendirilmesi Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Yenilikçi Şen Yönteminin genel sonuçları.

Parametre	Düşük	Orta	Yüksek
Yağış - mm	0 - 100	120 - 150	150 - 260
Aktüel Basınç - hba	1005 - 1012	1012 - 1018	1018 - 1025
Nisbi Nem - %	35 - 49	60 - 80	80 - 90
Rüzgâr Hızı - m/sn	0.4 - 1	1 - 1.8	1.8 - 2.8
Sıcaklık - C8	2 - 10	10 - 20	20 - 30

## 4. Sonuçlar ve Öneriler

Küresel ısınmanın sonucu olan iklim değişikliğinin etkileri en çok yağış ve sıcaklık dereceleri üzerine yansımaktadır. Bu çalışmada son yıllarda artan küresel ısınma etkilerinin Sakarya ilinin meteorolojik verileri üzerindeki etkisi Yenilikçi Şen Yöntemi olarak isimlendirilen yöntem ile araştırılmıştır. Yapılan bu çalışmada iklim değişikliğinin etkileri,

- Sakarya ilinde ortalama yağış miktarlarında 120-150 mm arasında azalan, 150-260 mm arasında artan bir trend vardır.
- Sakarya ilinde basınç miktarlarında 1005-1018 hba arasında azalan, 1018 1025 hba arasında artan trend vardır.
- Sakarya ilinde nem değerlerinde, rüzgar hızlarında ve sıcaklık derecelerinde artış tespit edilmiştir.

Bu sonuçların göz önünde bulundurulması ile Sakarya ilinin iklim değişikliği sonucunda mevcut su kaynaklarının etkilenmesi söz konusudur. Doğal su kaynaklarının korunması ve idame ettirilmesi için aşağıdaki önlemler alınmalıdır.

- Küresel ısınma modelleri oluşturularak iklim değişiklikleri üzerindeki etkilerinin araştırılması ve gerekli önlemlerin alınması,
- Sıcaklıklarda gözlemlenen artışları göz önünde bulundurularak yüzeysel su kaynaklarında buharlaşmalara gerekli tedbirlerin alınması,
- Doğadaki su döngüsünün bir bütün olduğunu benimseyerek su kaynaklarının iyi bir şekilde yönetilmesi,
- Tarımda damla sulama sistemleri yaygınlaştırılmalıdır,
- Su kaybı azaltılmalı, su kaynakları planlı ve verimli kullanılmalıdır,
- Kaçak sulama kuyuları iptal edilmelidir,
- Baraj havzalarında erozyon ağaçlandırma yöntemleri ile önlenmelidir,
- Sulak havza alanları korunmalıdır,
- Küresel ısınma hakkında halk bilinçlendirilmelidir.

## 5. Kaynaklar

- Akkaya, U. (2016). Meriç ve Tunca Nehirlerinin Edirne şehir merkezi kısmında 2 boyutlu taşkın modellemesi. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Doktora Tezi.
- Alashan, S. (2018). Yenilikçi Yönelim Analiz Yönteminin Logaritmik Eksende Değerlendirilmesi. İklim Değişikliği ve Çevre, 3(1), 16-21.
- Çeribaşı, G. ve Doğan, E. (2015). Evaluation of streamflow of west and east black sea and sakarya basin by using trend analysis method. Suleyman Demirel University international technologic science 2015;7(2):1-12.
- Çeribaşı, G. (2018). Batı Karadeniz Havzasının Yağış Verilerinin Yenilikçi Şen Yöntemi İle Analizi. Akademik Platform Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, 6(3), 168-173.
- Çeribaşı, G. (2019). Analyzing Rainfall Data's of Eastern Black Sea Basin by Using Sen Method and Trend Methods. Journal of the Institute of Science and Technology, 9(1), 254-264.
- Çeribaşı G, Çaliskan M. (2019). Short-and long-term prediction of energy to be produced in hydroelectric energy plants of Sakarya Basin in Turkey. Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects 1-16.
- Çalışkan, M.(2019). Sakarya Havzasındaki Hidroelektrik Enerji Santrallerinin Enerji Potansiyellerinin Yapay Sinir Ağları Yöntemi İle İleriye Dönük Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi. Sakarya, Türkiye.
- Dabanlı, İ., Şen, Z., Yeleğen, M. Ö., Şişman, E., Selek, B., & Güçlü, Y. S. (2016). Trend assessment by the innovative-Şen method. Water resources management, 30(14), 5193-5203.
- Dabanlı, İ.(2017). "Türkiye'de İklim Değişikliğinin YağışSıcaklığa Etkisi ve Kuraklık Analizi: Akarçay Örneği", İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, İstanbul.
- Doğan, E., Çeribaşı, G., & Akkaya, U. (2016). Investigation for effecting of dam to river flow regime by trend analysis method, case study of Sakarya river. Karaelmas, Sci. and Eng. J. 2016;6(1):50-55.
- Kilicer,U., Meteorolojik kaynaklı doğal afetler, Alt komisyon raporu,Ankara, 2000.
- Mishra A, Coulibaly P. Variability in canadian seasonal streamflow information and its implication for hydrometric network design. Journal of Hydraulic Engineering, 2014;19(8): 05014003(1-13).
- Niu Z, Wang L, Fang L, Li J, Yao R (2019) Analysis of spatiotemporal variability in temperature extremes in the Yellow and Yangtze River basins during 1961-2014 based on high-density gauge observations. International Journal of Climatology. <https://doi.org/10.1002/joc.6188>.
- Sen Z, (2012). Innovative Trend Analysis Methodology. Journal of Hydrological Engineering, 17 (9): 1042-1046.
- Sen Z, (2013). Trend Identification Simulation and Application. Journal of Hydrological Engineering, 19 (3): 635-642.
- Sen, Z. (2018). Crossing trend analysis methodology and application for Turkish rainfall records. Theoretical and Applied Climatology, 131(1-2), 285-293.
- Sen Z, Sisman E, Dabanli I (2019) Innovative Polygon Trend Analysis (IPTA) and applications. J of Hydro. 575: 202-210.
- Sowmya, K., John, C. M. and Shrivasthava, N. K. (2015). Urban Flood Vulnerability Zoning of Cochin City, Southwest Coast of India, Using Remote Sensing and GIS, Nat. Hazards, 75, 1271-1286, DOI: 10.1007/S11069-014-1372-4.
- Güçlü, Y. S. (2018). Kıyaslamalı yenilikçi eğilim çözümlemesi temelleri ve uygulamaları. Doğal Afetler ve Çevre Dergisi, 4(2), 182-191.

Yazışma yazarı:  
Yıldırım BAYAZIT,  
yildirim.bayazit@bilecik.edu.tr

Referans:  
Bakiş, R., Şirin F.Ç., Bayazit Y., (2020), Akım Gözlem İstasyonları İçin Alan-Oranı Metodunun Doğruluğunun Analizi, İklim Değişikliği ve Çevre, 5, (2) 8-15

Makale Gönderimi : 26 AĞUSTOS 2020  
Online Kabul : 24 EYLÜL 2020  
Online Basım : 25 EYLÜL 2020

## Akım Gözlem İstasyonları İçin Alan-Oranı Metodunun Doğruluğunun Analizi

Recep BAKIŞ<sup>1</sup>, Fatma Çiğdem ŞİRİN<sup>2</sup>, Yıldırım BAYAZIT<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Eskişehir Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Eskişehir, Türkiye.  
ORCID: 0000-0002-1371-1085

<sup>2</sup>Eskişehir Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Eskişehir, Türkiye.  
ORCID: 0000-0002-3445-7047

<sup>3</sup>Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bilecik, Türkiye.  
ORCID: 0000-0002-8699-4741

**Özet** Su kaynakları planlanırken havza ile ilgili parametreler dikkatlice hesaplanmalıdır. Özellikle, bir havzada baraj planlanırken, geçmişten günümüze kadar uzun bir dönem kapsayan akış verileri, doğru bir şekilde elde edilmelidir. Ancak birçok etkenden dolayı akış verileri eksiksiz bir biçimde ölçülememektedir. Su yapılarının planlama aşamasında kullanılan akış izleme verilerinin eksikliğinden dolayı, işletme aşamasında ciddi tehlikelere neden olduğu bildirilmiştir. Ayrıca, akış ölçümü barajın planlandığı yerde yapılamazsa, akışların o bölgeye doğru şekilde taşınması gerekir. Alan oranı yöntemi, bu akış ölçümlerinin taşınmasında kullanılan yöntemlerden biridir. Bu çalışmada, Porsuk havzasındaki DSİ-12181 akış ölçme istasyonunun akış değerleri üç farklı mesafeyle taşınmıştır. Bu üç farklı kontrol noktasının orijinal ve taşınan akış verileri karşılaştırılarak yöntemin doğruluğu araştırılmıştır. Çalışma sonucunda, akış oranı alan oranı yöntemine göre taşınarak iki istasyon arasındaki mesafe artırıldığında hata oranı artmaktadır. Baraj sahasındaki akış değerlerinin tahmin edilmesinde etkili bir yöntem olan alan oranı yönteminin doğruluğu araştırılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Alan-Oranı, Akım Gözlem İstasyonları, Akım Taşıma, Porsuk Havzası

## Linear Analysis of Region-Ratio Method for Flow Gauges

**Abstract** When planning water resources, the parameters related to the basin should be carefully calculated. Especially, when planning a dam in a basin, flow data covering a long period from past to present should be obtained accurately. However, flow data cannot be measured completely due to many factors. Because, especially missing flow monitoring data used at the planning stage of water structures have been reported to induce serious hazards at the operating stage. Also, if the flow measurement cannot be made at the place where the dam is planned, it is necessary to move the flows to that region correctly. The area ratio method is one of the methods used for transporting these flow measurements. In this study, the flow values of the DSİ-12181 flow gauging station in the Porsuk basin have been transported by the method of area ratio at three different distances. The accuracy of the method has been investigated by comparing the original and transported flow data of these three different control points. As a result of the study, the error rate increases when the distance between the two stations is increased by carrying the flow rate by the area ratio method. The accuracy of the area ratio method, which is an effective method for estimating the flow values at the dam site, was investigated.

**Keywords:** Area-Ratio, Flow Gauging Stations, Flow Transportation, Porsuk Basin

### 1. Giriş

Su kaynaklarının planlanması ve havza yönetimi çalışmalarında, akım verileri gibi hidrolojik verilerin doğru değerlendirilmesi oldukça önemlidir. Bu verilerin eksiksiz ve kesintisiz olması çok önemlidir. Bununla birlikte, birçok havza bazlı çalışmada, akarsu boyunca her noktada akışı ölçmek mümkün değildir. Bu nedenle, akarsuyun akış ölçümünün yapılamadığı bir noktada bir su yapısının planlanması zordur.

Bu çalışmada, Sakarya havzasının bir alt havzası olan Porsuk havzasındaki Devlet Su İşleri (DSİ) ve Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE)'ne ait AĞ Akım verileri incelenmiştir. Havzadaki akım gözlem istasyonlarından birbirleriyle korelasyonu yüksek 4 istasyon seçilmiştir. Bu istasyonlardan DSİ-12181 nolu istasyonun verileri, farklı uzaklıklarda bulunan DSİ-12033, DSİ-12093 ve DSİ-12143 nolu istasyonlarının bulunduğu yere alan oranı metoduyla taşınmıştır. Taşınan debi değerleri, taşındığı yerde



bulunan akım gözlem istasyonunda ölçülen orijinal verilerle karşılaştırılmıştır. Taşınan ve orijinal veriler arasındaki sapmalar belirlenmiştir. Bu çalışma ile bu yöntemin doğruluk değerlendirmesini yaparak literatüre önemli bir katkı yapacağı düşünülmektedir.

## 2. Çalışma Alanı

DSİ tarafından yapılan havza çalışmaları neticesinde ülkemiz akarsu havzaları 25 ana havzaya bölünmüştür (Şekil 1). Bunlardan 12 numaralı olan havza ise Sakarya Havzasıdır (Şekil 2). Türkiye'deki 25 ana havzadan biri olan 12 numaralı Sakarya havzasıdır.



Şekil 1. Türkiye'nin 25 ana akarsu havzası (T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 2012).



Şekil 2. Sakarya havzası (Wikiwand, 2018).

Bu çalışmada araştırma sahası, Porsuk havzası seçilmiştir. Porsuk havzası, Sakarya havzasının bir alt havzası olup, kuzeybatı Anadolu'da 11188 km<sup>2</sup>lik bir alanı kapsamaktadır. Havza, 29° 38'-31° 59' doğu boylamları ile 38° 44'-39° 99' kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. Havza, doğu-batı yönünde 202 km, kuzey-güney yönünde 135 km uzunluğundadır. Porsuk havzası, Eskişehir ve Kütahya il merkezleri ile bu illere bağlı 7 ilçe merkezini, Ankara, Uşak ve Afyon İl sınırları içinde kalan bazı kısımları da içermektedir. (Şekil 3).

Havzanın batı sınırı, Karaca Tepe, Kanlıgörek Tepe, Sınırbeli Tepe, Kale Tepe, Devran Tepe, Türkmen Tepe, Kızıl Tepe, Kertel Tepe, Koca Tepe, Nohutluk Tepe, Türkmen Tepe, TA Dağı sırtlarındaki Ördekkışlağı Tepe, Türkmen Tepe, Murat Dağı ve Ahır Dağı tepeleri ile çevrilidir.

Havzasının doğu sınırını, Sakarya Nehri oluşturmaktadır. Kuzey sınırı ise, Karaca Tepe, Isırganlı Tepe, Metris Tepe ve Sündiken Dağları tepeleri bulunmaktadır. Havzanın güney sınırı ise, Türkmen Dağı, Ahmetüryan Tepe, Tahtalibaba Tepe, Yarıkaya Tepe, Sarıkavakçalı Tepe, Çal Tepe ve Sivrihisar Dağları ile çevrilidir.

Araştırma sahası, porsuk havzasının yüzey sularını drene eden Porsuk Çayı ana kolu ve yan kollarından oluşmaktadır. Araştırma sahasında, Eskişehir-Alpu Ovası, İnönü Ovası, Kütahya Ovası ve Altıntaş Ovası bulunmaktadır.

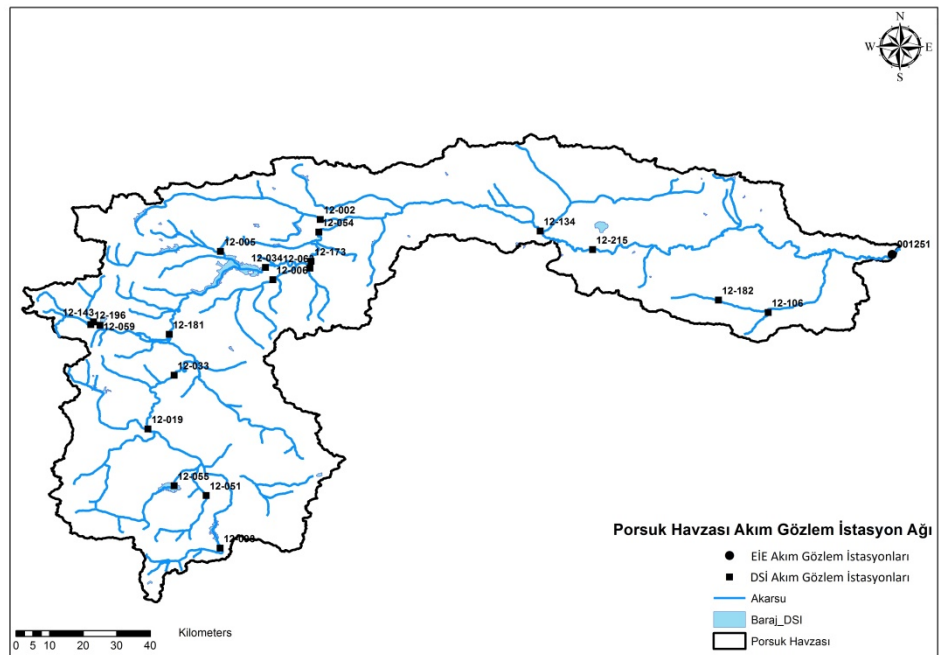
Havzada, Eskişehir-Beylikova arası düz (ovalık) arazidir. Beylik ovasından sonra arazi engebeleri biraz artmaktadır. Bu engebelerden sonra, Porsuk Çayı'nın her iki yanındaki arazi düzleşmekte ve daha sonra Sakarya Nehrine dayanmaktadır.



Şekil 3. Porsuk havzasının Türkiye'deki konumu (Bakış vd., 2008).

## 2.1. Akım Gözlem İstasyonları

Bu çalışmada, Sakarya havzasının bir alt havzası olan Porsuk havzasındaki Devlet Su İşleri (DSİ) ve Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE)'ne ait akım gözlem istasyonlarının (AGİ) akım verileri incelenmiştir. Proje kapsamında seçilen Porsuk havzası çalışma alanındaki AGİ'lerde eksik veri sayısının fazla olması sebebiyle bu eksik verilerin doğru bir şekilde tamamlanması ve su yapılarının projelendirilmesinde kullanılması çok önemli hale gelmiştir. Bu amaçla, bu proje kapsamında, 58.160 km<sup>2</sup>'lik drenaj alanıyla Türkiye yüzölçümünün yaklaşık %7.5'ini meydana getiren Sakarya havzasının bir alt havzası olan Porsuk havzasına ait akım verileri incelenmiştir. Porsuk çayı ve yan kolları üzerinde toplam 20 adet AGİ bulunmaktadır. Bunların 1 tanesi EİE ve 19 tanesi DSİ tarafından işletilmektedir. Havzadaki AGİ'lerin konumları Şekil 3'de verilmiştir.



Şekil 3. DSİ ve EİE tarafından Porsuk çayı ana ve yan kolları üzerinde bulunan AGİ ağı.

## 3. Alan Oranı Metodu

Havzadaki her bir akım gözlem istasyonu arasındaki istatistiksel ilişkiler analiz edildikten sonra çalışmada kullanılmak üzere 4 adet AGİ belirlenmiştir. Bu 4 AGİ'den DSI-12181 nolu istasyonun akım verileri diğer istasyonların oldukları noktaya alan oranı metoduyla taşınmıştır.

Drenaj-alan oranı metodu, havza karakteristikleri benzer olan bir akarsu üzerinde mevcutta kurulu bulunan bir AGİ'den elde edilen debi ölçüm verilerinin, AGİ'nin membasındaki veya mansabındaki bir noktaya, bu AGİ verilerinin drenaj alan oranı ile orantılı bir şekilde taşınmasını sağlar. Bu amaçla öncelikle aynı akarsu üzerinde bulunan iki AGİ'den faydalanarak havza yağış rejimini ifade eden, havzaya ait  $\phi$  ve K katsayıları belirlenir. AGİ akım değerlerinin, konum olarak seçilen farklı bir noktaya taşınmasında, yağış rejimi değişkenliğini içeren  $Q=K.A^\phi$  genel formülü kullanılır. Bu formülde Q ( $m^3/s$ ) cinsinden günlük akımları, A  $km^2$  cinsinden seçilen noktaya kadarki yağış alanını,  $\phi$  bir üssü ve K bir katsayıyı göstermektedir. Akım Gözlem İstasyonunda (AGİ) ölçülen debi değerleri bellidir. AGİ'nin bulunduğu noktaya kadarki havzanın drenaj alanı da bellidir. Oysa akarsu üzerinde rastgele seçilen bir noktanın debi değerleri belli değildir. Noktanın drenaj alanı da belli değildir. Öncelikle ilgili noktanın drenaj alanı hesaplanır. Eğer AGİ'nin drenaj alanı bilinmiyor ise o da harita üzerinden hesaplanır.  $Q=K.A^\phi$  genel formülü kullanılarak, seçilen nokta yerindeki debi değerleri, alan oranına göre, AGİ debi değerleri taşınarak hesaplanır (Emerson vd., 2005, Yanık ve Avcı, 2005, Asquith vd. 2006).

Bu yöntem literatürde çeşitli çalışmalarda yaygın şekilde kullanılmaktadır (Bakış ve Göncü, 2015, Wiche vd., 1989, Guenther vd., 1990, Emerson ve Dressler, 2002). Pek çok durumda, az veri gerektirmesi ve herhangi bir modifikasyona gereksinim duyulmadan kullanılabilmesi nedeniyle pek çok çalışmada kullanılmaktadır. Metodun uygulanabilirliği iki ölçüm istasyonu arasındaki hidrolojik benzerlik ile yakından ilişkilidir. Bu hidrolojik benzerlik, benzer drenaj alanı, eğim, iklimsel özelliklerdir ve ölçümü yapılan akım gözlem istasyonu ile ölçümü yapılamayan akım gözlem istasyonu arasındaki ilişkiyi doğrudan etkilemektedir. Bu yöntem aşağıdaki denklemler ile açıklanabilir. Akarsu üzerinde (1 noktasında) AGİ vardır. Bu AGİ'nin Alanı,  $A_1$  ve ölçülen debisi,  $Q_1$ 'dir. (2 noktasında), AGİ yoktur. 2 noktasına kadarki havza drenaj alanı,  $A_2$  bulunur. 1 noktasındaki (AGİ'deki) debiler, 2 noktasına (mesela baraj noktasına) alan oranında taşınacaktır (Eşitlik1-2). Buna göre:

$$Q_1 = K_1 \cdot \left(\frac{A_1}{A_2}\right)^\phi \cdot Q_2 \quad (1)$$

$$Q_2 = K_2 \cdot \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^\phi \cdot Q_1 \quad (2)$$

Burada,

- $Q_1$  : 1 noktasındaki akım değeri,  $m^3/s$
- $Q_2$  : 2 noktasındaki akım değeri,  $m^3/s$
- $A_1$  : 1 noktasının drenaj alanı,  $km^2$
- $A_2$  : 2 noktasının drenaj alanı,  $km^2$
- $\phi$  : Üstel katsayı
- $K_1, K_2$  : Düzeltme katsayıları

Üstel katsayının belirlenmesinde ise aşağıdaki denklemler kullanılmaktadır. Burada, mevcut bir havzadaki aynı veya benzer hidrolojik özelliklere sahip iki AGİ akım değerleri ve drenaj alanı değerleri kullanılarak, aynı tarihlerde ölçülmüş her bir ölçüme karşılık gelecek şekilde üstel katsayı değeri hesaplanmakta, sonrasında bu değerlerin aritmetik ortalaması alınarak iki ölçüm istasyonuna ilişkin üstel katsayı değeri hesaplanabilmektedir (Eşitlik3-4).

$$\phi_1 = \frac{\log(Q_{1i}/Q_{2i})}{\log(A_1/A_2)} \quad (3)$$

$$\bar{\phi} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \phi_i \quad (4)$$

Burada,

$n$  : Örnek sayısı

Drenaj alan oranı metodu ile iki AGİ arasındaki ilişkinin incelenmesi durumunda bu yöntemde bazı sapmaların yaşandığı ve tahmin edilecek akım gözlem istasyonuna ait akım değerlerini normalinden daha az veya daha fazla tahmin edebildiği belirlenmiştir. Bu nedenle, mevcut yöntemde kullanılan  $K_1, K_2$  düzeltme katsayıları kullanılarak bu hata oranı minimize edilmektedir. Bu düzeltme katsayıları aşağıdaki formüller kullanılarak her bir ölçüm için ayrı ayrı hesaplanmaktadır (Eşitlik 5-6).



$$K_{12,i} = \frac{Q_{1i}}{Q_{2i} \left(\frac{A_1}{A_2}\right)^\phi} \quad (5)$$

$$K_{21,i} = \frac{Q_{2i}}{Q_{1i} \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^\phi} \quad (6)$$

Düzeltilme katsayıları, bir arada ele alınarak tek bir düzeltme katsayısına çevrilerek kullanılmaktadır. Bu katsayı simetrik bir yapıya sahip olup,  $K_1$ ,  $K_2$  düzeltme katsayılarının bir kombinasyonudur ve aşağıdaki denklem ile hesaplanır (Eşitlik 7).

$$K = \frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n K_{12,i} + K_{21,i} \quad (7)$$

Sonuç olarak, drenaj-alan oranı metodunda kullanılan denklem aşağıdaki genel şekline getirilir ve uygulamada kullanılır (Eşitlik 8).

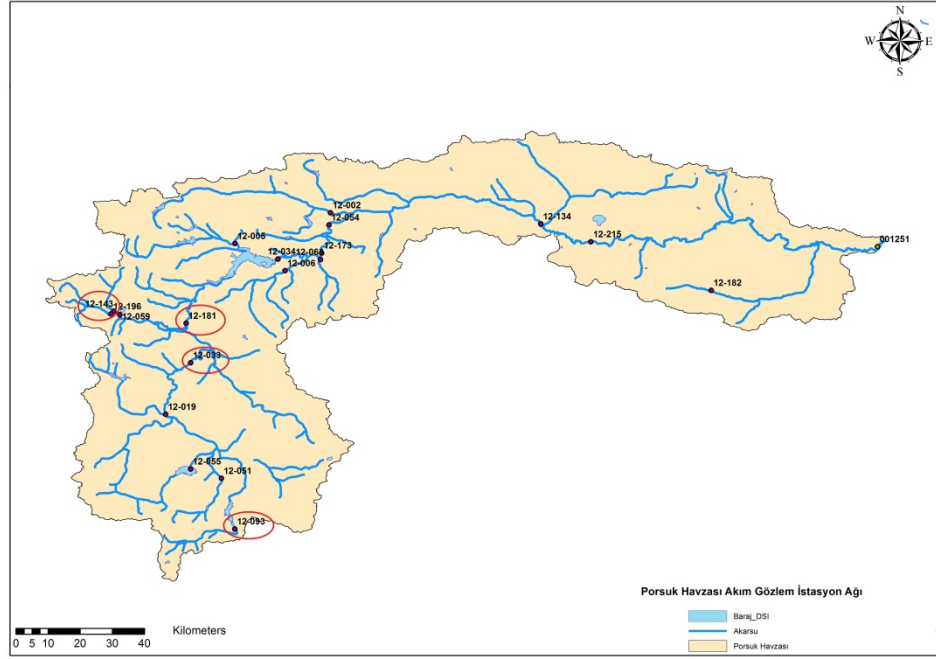
$$\frac{Q_1}{Q_2} = K \left(\frac{A_1}{A_2}\right)^\phi \quad (8)$$

Eşitlik 8'de  $\phi$  üstel katsayısı, pek çok çalışmada sabit değer olarak 1 değerini alırken (Hirsch, 1979, Emerson vd., 2005, Asquith vd., 2006), literatür incelendiğinde 0,6-1,2 arasında değerler de alabildiği görülmektedir (Yanık ve Avcı, 2005). Fakat  $\phi$  katsayısı, farklı havzalar için farklı değerler almaktadır. Yani belirtilen sınırların dışında da değerler alabilmektedir. Buradaki esas, havzanın her iki drenaj alanı arasında kurulacak ilişkiyi en iyi şekilde yansıtacak değerin kullanılmasıdır. İki ölçüm istasyonu arasındaki bu lineer ilişki, havzalar arasındaki alan oranının 1:0,5-1,5 arasında olduğunda iyi bir sonuç verdiği literatürde belirtilmiştir (Hortness, 2006, Mohamoud, 2008). Bazı çalışmalarda ise alansal oranın 1:31,5'a kadar uygun olabileceği belirtilmiştir (Asquith vd., 2006). Kimi çalışmalarda, bu metot günlük bazdaki debi değerleri üzerine uygulanırken, bazı çalışmalarda aylık ortalamalar bazında değerlendirilerek mevsimsel farklılıklar ele alınabilmekte (Emerson vd., 2005), bazı çalışmalarda ise yıllık toplam debiler kullanılarak yıllık bazdaki oransal değerler kullanılabilirlerdir.

Tablo 1. Drenaj alan oranı metodunda kullanılan değerler.

İstasyon Yerleri	$\phi$	K	Drenaj Alanı	İstasyonlar Arası Mesafe
DSİ-12181	1,54078	1,03439	3810,5 km <sup>2</sup>	12,28 km
↓ DSİ-12033			2432 km <sup>2</sup>	
DSİ-12181	0,92637	1,58702	3810,5 km <sup>2</sup>	64,90 km
↓ DSİ-12093			153,1 km <sup>2</sup>	
DSİ-12181	1,11054	1,11932	3810,5 km <sup>2</sup>	17,93 km
↓ DSİ-12143			44,15 km <sup>2</sup>	

Çalışmanın bu aşamasında, akım karakteristiklerini veren  $\phi$  ve K katsayıları, bozulmamış doğal akımlara sahip birbirleri arasında iyi korelasyona sahip Tablo 1'de verilen AGİ'ler arasında hesaplanmıştır (Tablo 1).

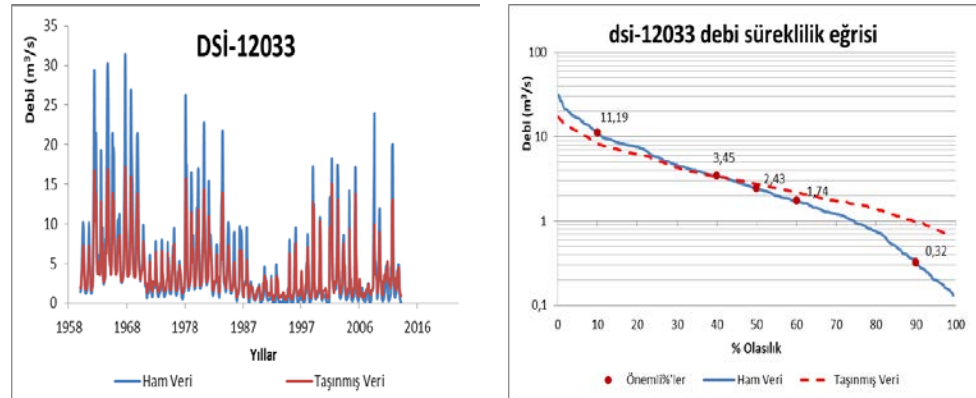


Şekil 4. Çalışmada kullanılan AGİ'ler.

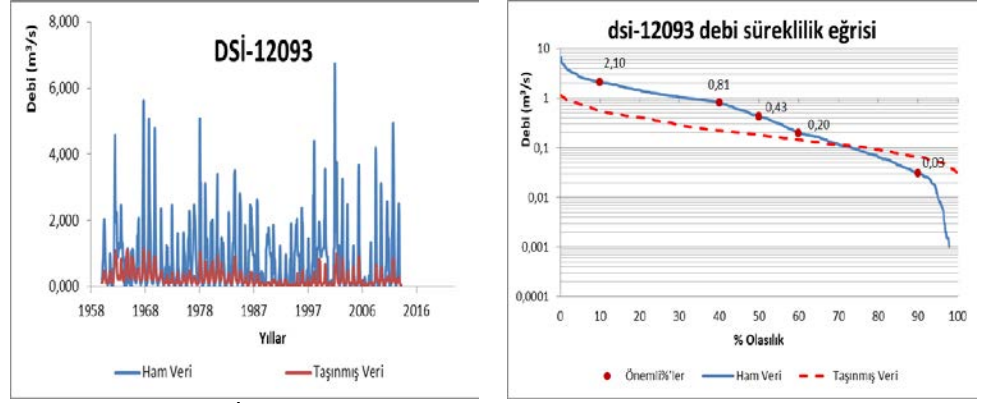
Havza karakteristiğini veren  $\Phi$  ve K katsayıları bulunduktan sonra DSI-12181 nolu istasyonun aylık akım verileri drenaj alan oranı metoduyla DSI-12033, DSI-12093 ve DSI-12143 nolu istasyonların olduğu noktaya taşınmıştır. Şekil 4'te çalışmada kullanılan AGİ'lerin harita üzerindeki konumları gösterilmiştir.

#### 4. Alan Oranı Doğruluk Analizi

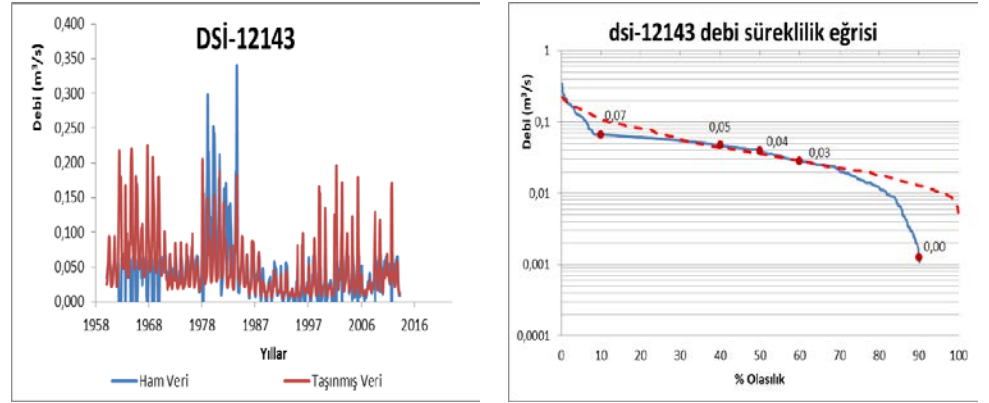
Doğruluk analizi yapabilmek için DSI-12181 nolu istasyondan taşınan akım verilerinin, DSI-12033, DSI-12143 ve DSI-12093 numaralı AGİ'lerdeki gerçek akım değerleriyle benzer karşılaştırılması gerekmektedir. Bu nedenle taşınan akım veri seti, orijinal veri seti ve doldurulmuş ham veri setleri grafiksel olarak karşılaştırılmıştır (Şekil 5-7). Taşınan veriler orijinal verilerle karşılaştırıldığında DSI-12033 nolu istasyon için %13,73, DSI-12093 nolu istasyon için %21,89, DSI-12143 nolu istasyon için ise %15,65 bağıl hata hesaplanmıştır. Bağıl hata, ölçme hatalarında veri setinin doğruluğunun değerlendirilebilmesi için kullanılan bir yöntemdir. Bağıl hata, kısaca tanımlanırsa ölçülen değerle gerçek değer arasındaki fark olarak tanımlanabilir. Uygulanan alan oranı metodu ile taşınan akım gözlem verilerinin oldukça uyumlu olduğu tespit edilmiştir. Ancak iki AGİ arasındaki uzaklık arttıkça istasyonlar arasındaki hidrolojik karakteristikleri zayıfladığından bağıl hata oranı artmaktadır. Bağıl hata oranının hesaplanmasında gerçek akım değerleri ile tamamlanmış akım değerleri arasındaki farkın, gerçek akım değerlerine olan oranı esas alınmıştır.



Şekil 5. DSİ-12033 numaralı istasyonun ham-taşınmış akım verisi grafikleri.



Şekil 6. DSI-12093 numaralı istasyonun ham-taşınmış akım verisi grafikleri.



Şekil 7. DSI-12143 numaralı istasyonun ham-taşınmış akım verisi grafikleri.

## 5. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada, Porsuk havzasında bulunan AGİ'lerden istatistiksel olarak birbirleriyle yüksek korelasyona sahip 4 istasyon belirlenerek alan oranı metodu kullanılarak akım değerleri taşınmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Akım gözlem istasyonundaki verilerin taşınmasında, alan oranı metodu, istasyonlar arasındaki hidrolojik ilişkinin kuvvetli olduğu durumlarda bu yöntemin iyi sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Akım verilerini taşıma işleminden sonra istatistiksel açıdan ham veri ve tamamlanmış veri setleri arasında yapı ve hidrolojik karakteristiğinin bozulmadığı görülmüştür. Ancak, AGİ'ler arasındaki uzaklık arttığında, istasyonlar arasındaki hidrolojik benzerlik havza bazında zayıfladığından, alan oranı metodunun uygulanmasında, istatistiksel açıdan sapmalar olduğu gözlemlenmiştir. Bu nedenle, akım verilerinin taşınması işlemlerinde, elde edilen yeni veri setinin orijinal haline göre ne oranda değişim gösterdiğinin saptanması için verilerin doğruluk analizlerinin yapılması büyük önem arz etmektedir. Bu çalışmada, sonuç olarak, DSI-12181 istasyonundan kendisine en yakın mesafedeki DSI-12033 nolu istasyonun olduğu yere taşınan debilerin, orijinal DSI-12033 akım verileriyle en az bağıllı hata (%13,73) göstererek uyum sağladığı gözlemlenmiştir. DSI-12143 nolu istasyona taşınan verilerin ise orijinal verilere göre %15,65 bağıllı hata göstererek ikinci en doğru sonuçları vermiştir. DSI-12181 ve DSI-12143 nolu istasyonların arasındaki mesafe dikkate alındığında yine sonuçların uzaklıkla doğru orantılı olarak değiştiği yorumlanabilmektedir. DSI-12181 nolu istasyona en uzak istasyon olan DSI-12093 nolu istasyona akımların taşınması sonucu çıkan sonuçlara göre en fazla bağıllı hata (%21,89) görülmüştür. Çalışmada sonuçlar bir bütün olarak değerlendirildiğinde alan oranı metoduyla akımların taşınmasında istasyonlar arasında mesafenin birbirine yakın olması doğruluğu arttırmaktadır. Bunun en önemli sebepleri arasında istasyonların benzer hidrolojik ve meteorolojik koşullar altında bulunmaları olarak değerlendirilebilir.

## 6. Teşekkür

Bu çalışmanın yapılabilmesinde veri sağlayan Devlet Su İşleri 3. Bölge Müdürlüğü kurumuna teşekkürlerimizi sunarız. Ayrıca çalışmanın V. Baraj Güvenliği Sempozyumu'ndan bu derginin yayınlaması sürecinde yayıncımızı kabul eden tüm değerli hocalarımıza teşekkürlerimizi sunmayı borç biliriz.

## 7. Kaynaklar

- Asquith, W.H., Roussel, M.C., Vrabel, J., 2006. "Statewide analysis of the drainage-area ratio method for 34 streamflow percentile ranges in Texas: U.S.", Geological Survey Scientific Investigations Report 2006–5286, 34, 1 appendix.
- Bakış, R., Altan, M., Gümüslüoğlu, E., Tuncan, A., Ayday, C., Önsoy, H., Olgun, K., 2008. "Porsuk Havzasının Su Potansiyelinin Hidroelektrik Enerji Üretimi Yönünden İncelenmesi", Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Müh.Mim.Fak. Dergisi, Vol.21, S.2, 125-162.



- Bakiş, R., Göncü, S., 2015. "Akarsu Debi Ölçümlerinde Eksik Verilerin Tamamlanması: Zap Suyu Havzası Örneği", *Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi A-Uygulamalı Bilimler ve Mühendislik*, Cilt: 16, Sayı: 1., 63-79, doi: 10.18038/btd-a.45640.
- Emerson, D.G., Dressler, V.M., 2002. "Historic and unregulated monthly streamflow for selected sites in the Red River of the North Basin in North Dakota, Minnesota, and South Dakota", 1931-99: U.S. Geological Survey Water-Resources Investigations Report 02-4095, 271.
- Emerson, D.G., Vecchia, A.V., Dahl, A.L., 2005. "Evaluation of Drainage-Area Ratio Method Used to Estimate Streamflow for the Red River of the North Basin", North Dakota and Minnesota, USGS Scientific.
- Guenther, R.S., Weigel, J.F., Emerson, D.G., 1990. "Gaged and estimated monthly streamflow during 1931-84 for selected sites in the Red River of the North Basin in North Dakota and Minnesota: U.S." Geological Survey Water-Resources Investigations Report 90-4167, 230.
- Hirsch, R.M., 1979. "A evaluation of some record reconstruction techniques", *Water Resources Research*, 15(6):1781-1790, doi:10.1029/WR015i006p01781.
- Hortness, J.E., 2006. "Estimating low flow frequency statistics for unregulated streams in Idaho", *US Geol. Survey. Sci. Invest. Report* 2006-5035.
- Mohamoud, Y.M., 2008. "Prediction of Daily flow duration curves and streamflow for ungauged catchments using regional flow duration curves", IAHS Press, 53 (4), 706-724.
- T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 2012. "Türkiye'deki Büyük Su Havzaları", Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Wiche, G.J., Benson, R.D., Emerson, D.G., 1989. "Streamflow at Selected Gaging Stations on The James River in North Dakota and South Dakota", 1953-82, with A Section on Climatology: U.S. Geological Survey Water-Resources Investigations Report 89-4039, 99.
- Wikiwand, 2018. "Sakarya Nehri", [http://www.wikiwand.com/tr/Sakarya\\_Nehri](http://www.wikiwand.com/tr/Sakarya_Nehri), Erişim tarihi: 19.07.2018.
- Yanık, B., Avcı, İ., 2005. "Bölgesel Debi Süreklilik Eğrilerinin Elde Edilmesi", *İstanbul Teknik Üniversitesi Dergisi /D Mühendislik*, 4(5):19-30.

Yazışma yazarı:  
Yavuz ŞAHİN,  
yavuzsahin@iyte.edu.tr

Referans:  
Sahin, Y., Alper B., Tayfur G., (2018), Küçük Menderes Havzasındaki Barajlar ve Tarımsal Gelişmeye Olan Katkıları, İklim Değişikliği ve Çevre, 5, (2) 16-23

Makale Gönderimi : 27 AĞUSTOS 2020  
Online Kabul : 24 EYLÜL 2020  
Online Basım : 25 EYLÜL 2020

<sup>1</sup>İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Urla, İzmir, Türkiye. ORCID:0000-0002-5053-5770

<sup>2</sup>İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Urla, İzmir, Türkiye. ORCID:0000-0001-5307-3156

<sup>3</sup>İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Urla, İzmir, Türkiye. ORCID:0000-0001-9712-4031

**Özet:** Türkiye'nin batısında yer alan Küçük Menderes Havzası, tarımsal faaliyetin yoğun olduğu verimli topraklara ve ürün çeşitliliğine sahiptir. Havzada son otuz yıldır yeraltı suyu seviyesinde ciddi bir düşme gözlemlenmektedir. Bunun sebebi yoğun tarımsal sulama, hayvancılık ve sanayileşmenin getirdiği etkilerdir. Günümüzde Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü'nün yörede su kaynaklarının etkin kullanımına yönelik çalışmaları hız kazanmıştır. Pek çok baraj (Beydağ, Uladı, Aktaş vb.), regülatör ve basınçlı sulama şebekeleri döşenmesi çalışmaları devam etmekte yahut planlanmaktadır. Ancak, yeraltı suyu tüketimi gün geçtikçe artmaktadır. Mevcut durum da halk sulamasının %91,8 yeraltı suyundan karşılanmaktadır. Ancak, bu oran 2020'de %66,7'ye düşürülmesi ve kalan diğer sulamanın (%28,9) DSİ tarafından yüzeysel sularla yapılması planlanmıştır. Bununla birlikte, havzadaki yüzeysel su kaynakların daha aktif ve verimli kullanılması için, alandaki yüzeysel su kaynaklarını kirleten unsurlarında minimize edilmesi gerekmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** yeraltı suyu, yüzeysuyu, baraj, sulama

## Dams of K. Menderes River Basin and Their Implications on The Agricultural Development

**Abstract** Özet The Küçük Menderes Basin, located to the west of Turkey, has fertile soil sand product diversity in which agricultural activity is intensive. Groundwater resources have been used intensive for the agricultural facilities therefore a drastic decline in the level of groundwater has been observed in the basin for the last thirty years. The reasons of this problem is intensive agricultural irrigation, livestock and industrialization. Nowadays; The General Directorate of The State Hydraulic Works speeds up its works in neighbouring. Several dams (Beydağ, Uladı, Aktaş etc.), regulators and pressurized irrigation systems have been working in progress or planning. However, groundwater consumption is increasing day by day. The present situation is also met by 91,8% of the population's groundwater. However, this ratio has been planned to be reduced to 66,7% in 2020 and the remaining water (28,9%) to be made by surface water by DSİ. After all, it should be minimized in the elements that contaminate the surface water resources for more active and efficient use of water resources in the basin.

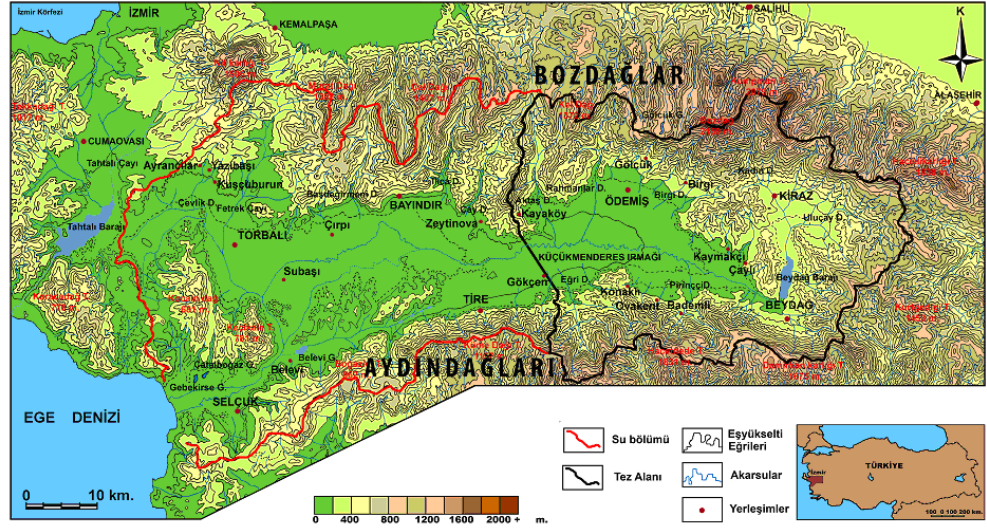
**Keywords:** groundwater, surfacewater, dam, irrigation

### 1. Giriş

Geçen yüzyılda su yönetiminde yaşanan deneyimlere istinaden atılan belirgin adımlara rağmen, pek çok konu halen bilim dünyasının ilgisini çekmektedir. Küresel ısınma, artan nüfus popülasyonuna bağlı olarak artan içme ve kullanma suyuna talep doğrultusunda su kaynaklarının yönetimi önem arz etmektedir. Bunun için geçmişte ve günümüzde pek çok çalışma değişen koşullara bağlı olarak yapılmış ve yapılamaya devam etmektedir.

Bu çalışma kapsamında, Küçük Menderes Havzasının su kaynaklarının yönetimi ile ilgili bir dizi önerilerde bulunmaktadır. Türkiye'nin batısında, Ege Bölgesinde yer alan Küçük Menderes Havzası, Batı Anadolu'da yer alan ve uzun eksenli doğu-batı gidişli bir çöküntü havzası niteliğindedir. Küçük Menderes Havzası Batı Anadolu'da, Bozdağlar (2158 m) ve Aydındağları (1831 m) arasında, D-B doğrultulu yapısal kontrollü bir grabendir (Şekil 1). Küçük Menderes nehri ve kolları çevredeki yüksek kütlelerin yamaçlarından taşıdıkları sedimentleri grabende biriktirerek D-B doğrultulu genişçe bir alüvyonal düzlük oluşturmuştur (Muslu, 2005). Ovayı geçen Küçük

Menderes Nehri 114 km uzunlukta olup, 3.500 km<sup>2</sup>lik beslenme alanına sahiptir (Yagbasan, 2016).



Şekil 1. Küçük Menderes Havzası (Vardar, 2013)

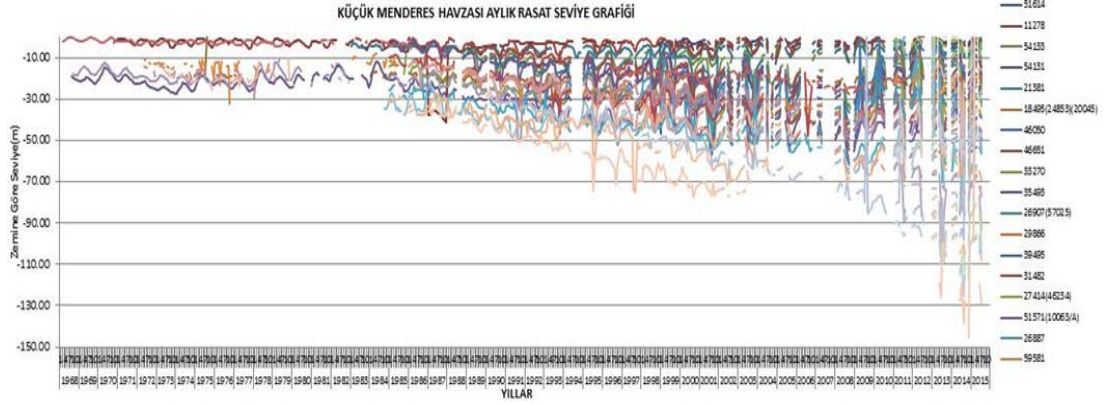
Bu çalışmada ise tarımsal anlamda çok verimli arazilere sahip olan Küçük Menderes Havzasının (KMH) su kaynaklarının mevcut durumu ve bu kaynaklara etki eden faktörler irdelenmiştir.

## 2. Veri ve Çalışma Alanı

### 2.1 Küçük Menderes Havzasının Su Durumu

Küçük Menderes havzasının en önemli akarsuyu Küçük Menderes Nehri ve yan kolları olan Fetrek Çayı, Uladı Deresi, Ilıca Deresi, Değirmen Dere, Aktaş Deresi, Rahmanlar Deresi, Pirinççi Deresi, Yuvalı Dere, Ceriközkaya Deresi, Eğridere, Birgi Çayı, Çevlik Çayı ve Keles Çayı'dır. Küçük Menderes Nehri'nin denize döküldüğü yere yakın Belevi ve Selçuk bölgelerinde yaklaşık 1500 ha alanı kaplayan üç adet göl (Belevi Gölü, Barutçu Gölü ve Gebekirse Gölü) ve bir adet bataklık bulunmaktadır. Havzada yer alan ve düz kesimleri oluşturan kırıntılı birimler (alüvyonel akiferler) verimli akiferlerdir. Küçük Menderes Havzasında farklı tarihlerde alüvyon akiferin yeraltı suyu rezervi ile ilgili çalışmalar yapılmıştır. Yapılan su bütçesi ile ilgili çalışmalarda alanın yeraltı suyu rezervinin 130 ile 231 milyon m<sup>3</sup>/yıl arasında değiştiğine yer verilmiştir (DSİ, 1973; Yazıcıgil ve diğ., 2000). Alüvyonel akiferler içinde, DSİ Genel Müdürlüğü, İller Bankası, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Belediyeler ve şahıslar tarafından değişik amaçlarla açtırılmış çok sayıda (10000'denfazla) kuyu bulunmaktadır. Bölgedeki kırsal bölgelerinin içme suyu yeraltı suyundan sağlanmaktadır. Alanda açılan kuyuların önemli bir kısmı da sulamada kullanılmaktadır. Küçük Menderes Havzasında sulanabilir alan ise 132.500 ha'dır. Küçük Menderes havzasında tarımsal su tüketimlerinin yoğun olarak yeraltından karşılanması, yeraltı suyu seviyelerinde önemli ölçüde düşümlere neden olmuştur. DSİ tarafında KMH yaklaşık 100 adet rasat kuyu bulunmaktadır (Tablo 1). Bu rasat kuyularından yağışlı ve kurak dönemlerde su seviyesi ölçülmektedir. Elde edilen verilere göre alanda yıllar bazında ciddi düşümler gözlenmiştir (Şekil 2). Bu düşümler alanın sürdürülebilirliği için ciddi risk oluşturmuştur. Önümüzdeki yıllarda daha kötü sonuçlarla karşılaşmamak için Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü tarafından havzada pek çok baraj ve gölet projesi hayata geçirilmiştir. Yeraltı suları dışında havzada 6 adet baraj bulunmakta veya inşaat halindedir. Bu barajların toplam aktif depolama hacimleri kapasiteleri ise 382,38 hm<sup>3</sup>'tür. Geliştirilen projeler ile yüzeysel sulardan yararlanılarak yeraltı su seviyesinden kuyular vasıtasıyla yapılan tarımsal su tüketiminin azaltılması düşünülmektedir. Tarım ile birlikte hayvancılık faaliyetleri de özellikle yer altı suyu kaynaklarının düşmesine sebep olmaktadır. Havzada su tüketimini daha bilinçli ve kontrollü yapılabilmesi son derece önemlidir. Yapılan araştırmalarda hem hayvancılık hem de tarımsal faaliyetlerin su kaynaklarını ciddi anlamda kirlendiği görülmektedir. Hem yeraltı suyu hem de yüzeysel kaynaklarının sürdürülebilirliği amacı ile alandaki kirlenmelerin minimize edilmesi gerekmektedir.





Şekil 2. Yeraltı suyu seviyelerinin yıllara göre değişimi (DSİ, 2017)

Tablo 1: YAS seviye ölçümleri (Eylül 2015- Nisan 2016)

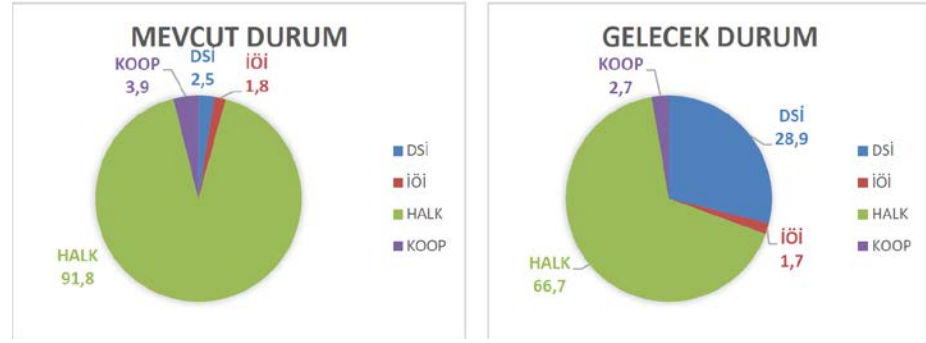
YÜS Alt Havza No ve Adı	YAS alt Havza No ve Adı	Kuyu No	Koordinatlar		YAS Seviye Ölçümleri (m)		Düşüm Farkı	Kuyu Yeri
			X	Y	Eylül 2015	Nisan 2016		
06-1 Küçük Menderes Nehri	06-1-1 Kiraz	1	621088	4229819	55,58	46,65	8,93	İğdeli köyü/Seki Mahallesi
		2	615674	4232227	65,15	28,47	36,68	Çayağazı(Yukarı Mahalle)/Merkez
		3	617513	4233993	34,53	13,52	21,01	Çayağazı köyü/Tekke mah.
		4	610650	4232345	8,22	7,55	0,67	Çömlekçi/Sergiyeri mah.
		5	604448	4233522	10,9	6,0	4,9	Ceritler mah./Kiraz
06-1-2 Ödemiş Tire	06-1-2 Ödemiş Tire	6	599997	4239636	13,77	11,07	2,7	Dokuzlar Köyü
		7	606908	4230491	31,53	17,46	14,07	Şemsiler Köyü
		8	609793	4229768	32,13	26,33	5,8	Hanyıkı mah./Kiraz
		9	613838	4226684	28,62	15,52	13,1	Haliller köyü
		10	614284	4224051	17,12	14,03	3,09	Mersindere merkez
		11	617313	4225728	55,64	52,5	3,14	Tırmılı/Avcılar
		12	601291	4233586	11,3	9,75	1,55	Gedik köyü
		13	605575	4229714	26,45	19,0	7,45	Arkacılar köyü
		14	606447	4225217	9,8	7,5	2,3	Karaman Köyü
		16	608407	4220626	26	20,04	5,96	Bakırköy
		15	606751	4217239	17,43	11,47	5,96	Beydağ/Merkez
		17	598815	4221690	18,25	14,42	3,83	Dutdibi mah./Çayeli
		18	593926	4217613	11,16	8,75	2,41	Bademli
		19	588970	4223753	47,11	45,5	1,61	Tire-Ödemiş yolu
06-1-3 Bayındır Torbalı	06-1-3 Bayındır Torbalı	20	594707	4233762	36,5	38,83	2,33	Uçkonak köyü
		21	583546	4241562	32,51	22,41	10,1	Çobanlar köyü/Altınova
		22	572688	4230640	56,8	40,85	15,95	Ödemişköy/Merkez
		23	583233	4226604	47,33	42,78	4,55	Karaova köyü
		24	578538	4226504	48,26	40,8	7,46	Seyrekli köyü/Ödemiş
		25	571926	4219026	40,66	39,18	1,48	Kireli Köyü/Tire
		26	561421	4216380	48,59	31,66	16,93	İbni Melek mah.-Tire
		27	561915	4219159	70,73	70,69	0,04	Tire Sanayi Sitesi
06-1-4 Selçuk	06-1-4 Selçuk	28	551865	4220451	25,53	17,84	7,69	Mahmutlar köyü
		29	545616	4219440	29	19,28	9,72	İzmir-Ödemiş yolu
		30	532550	4232169	18,3	16,27	2,03	
		82	528014	4223198	26	19,07	6,93	Özbey
		83	530298	4217781	15,72	8	7,72	Ahmetli-Torbalı
06-1-4 Selçuk	06-1-4 Selçuk	84	537897	4210962	10,1	5,33	4,77	Belevi
		85	543910	4207617	33,44	27,16	6,28	Halkapınar
		86	536035	4206000	6,84	3,8	3,04	İzmir-Selçuk yolu
		87	533327	4205847	5,4	2,35	3,05	İzmir-Selçuk yolu
		88	529330	4203695	2,96	0,97	1,99	Barutçu köyü
		89	524796	4205966	12,15	Dolgu		Zeytinköy
		96	535182	4201623	13,28	12,03	1,25	Şirince yolu
		97	538805	4199861	8,58	3,36	5,22	Şirince yolu
		98	536680	4199142	2,27	1,8	0,47	Şirince
		99	533804	4199076	45,45	42,68	2,77	Selçuk
100	530866	4202290	3,78	1,1	2,68	Küme evleri/Selçuk		
101	532053	4197074	7,6	4,44	3,16	Acarlar köyü		

## 2.2. Havzada Su Kaynaklarının Kullanımı

Havzada DSİ, sulama kooperatifleri, özel işletmeler ve halk sulamaları olmak üzere 4 (dört) kesim tarafından sulama yapılmaktadır(Şekil 3). Mevcut durumu da halk tarafından sulama %91,8 oranındadır. Ancak, bu oran gelecekte % 66,7'ye düşürülmesi ve diğer önemli bir kısmı (%28,9) DSİ tarafından yapılması planlanmıştır. Mevcut durumda tarımsal sulamanın %92,7'siyeraltı suyu ile yapılmaktadır. Yıllık yeraltı suyu tüketimi 896.15hm<sup>3</sup>tür (Tablo 2).Tablo 3'degelecekte (2015-2020), DSİ'nin yapacağı projeler(Aktaş, Burgaz ve Rahmanlar Barajları) ile sulamada yeraltı suyu tüketiminin



%67,6 düşürülmesi planlanmıştır. Ayrıca, etkin bir sulama yönetimi ile toplam su tüketiminde de bir azalma beklenmektedir.



Şekil 3. Tarımsal Sulama Oranları (DSİ, 2016)

Tablo 2. Küçük Menderes Havzası Mevcut Durumda (2016 yılında) Sulama Sahaları ve Su Tüketimleri (DSİ, 2016)

KÜÇÜK MENDERES HAVZASI SULAMA SAHALARI (MEVCUT)			
SULAMA TİPİ	ALAN (ha)	YÜZDE	SU TÜKETİMİ (hm <sup>3</sup> )
DSİ YÜS	3257.60	2.5%	26.34
İÖİ YÜS	1904.40	1.5%	13.99
İÖİ YAS	392.27	0.3%	1.62
HALK YÜS	3482.55	2.7%	26.63
HALK YAS	115980.21	89.1%	864.96
KOOPERATİF YÜS	882.50	0.7%	5.48
KOOPERATİF YAS	4220.12	3.2%	29.57
TOPLAM YÜS	9527.05	7.3%	72.43
TOPLAM YAS	120592.59	92.7%	896.15
<b>TOPLAM</b>	<b>130119.64</b>	<b>100%</b>	<b>968.58</b>

Tablo 3. Küçük Menderes Havzası Gelecek Durumda Sulama Sahaları ve Su Tüketimleri (DSİ, 2016)

KÜÇÜK MENDERES HAVZASI SULAMA SAHALARI (GELECEK DURUM)			
SULAMA TİPİ	ALAN (ha)	YÜZDE	SU İHTİYACI (hm <sup>3</sup> )
DSİ YÜS	38266.90	28.9%	186.40
İÖİ YÜS	1883.67	1.4%	11.26
İÖİ YAS	392.27	0.3%	1.55
HALK YÜS	1985.63	1.5%	14.06
HALK YAS	86455.50	65.2%	679.29
KOOPERATİF YÜS	789.01	0.6%	4.90
KOOPERATİF YAS	2736.40	2.1%	16.38
TOPLAM YÜS	42925.21	32.4%	216.62
TOPLAM YAS	89584.17	67.6%	697.22
<b>TOPLAM</b>	<b>132509.38</b>	<b>100%</b>	<b>913.84</b>

Havzada hem yoğun tarım, hem yoğun hayvancılık hem de düzensiz yapılaşma nedeniyle ile yeraltı suyu potansiyeli hem kalite hem de miktar olarak ciddi riskler altındadır. Yıllar geçtikçe tahsis miktarlarındaki artışla beraber fiili tüketim; havzaya düşen yağışlardan sızan sularla birlikte yeraltı suyunu besleyebilecek su miktarının çok üzerindedir. Tablo 4'de DSİ tarafından havzada tahsis edilen toplam fiili tüketim miktarı sunulmuştur.

Tablo 4. Küçük Menderes Havzası Yeraltı Su Potansiyelleri (DSİ, 2016)

Alt Havza No ve Adı	YAS Alt Havza No ve Adı	Akifer Adı	YAS Beslenimi	Yıllık Emniyetli YAS Verimi	Tahsis	Toplam Fiili Tüketim
06-1 Küçük Menderes	06-1-1 Kiraz	Kiraz	30	24	7.89	34.99
	06-1-2 Ödemiş Tire	Ödemiş Tire	104	83	65.48	278.23
	06-1-3 Bayındır Torbalı	Bayındır Torbalı	177	141.5	81.82	448.12
	06-1-4 Selçuk	Selçuk	50.5	40.5	16.94	41.04
	TOPLAM (1)			361.5	289	172.13

### 3. Küçük Menderes Havzası Mutasavver Sulama Projeleri

Havzada son yıllarda Devlet Su İşleri (DSİ) tarafından işletmeye açılmış ya da inşaatı devam eden pek çok proje bulunmaktadır. Bunlardan sulama alanı en büyük olan baraj projeleri Tablo 5'te verilmiştir. Bu projelerle yeraltı suyu tüketimin azaltılması hedeflenmiştir.

Tablo 5. Küçük Menderes Havzası Planlanan Sulama Projeleri (DSİ., 2016)

Sulama Adı	Brüt Alan (ha)	Net Alan (ha)	SSİ (m <sup>3</sup> /ha)
Beydağ Barajı Sulaması	19650	17604	8872,10
Burgaz (Zeytinova) Barajı Sulaması	3568	3115	5456,07
Uladi Barajı Sulaması	2680	2340	5926,92
Ergenli Barajı Sulaması	3047	2660	6185,61
Rahmanlar Barajı Sulaması	1494	1345	4821,10
Ödemiş Aktaş Barajı Sulaması	1538	1384	5811,50
Bademli Barajı Sulaması	1048	915	6016,05
TOPLAM	33025	29363	

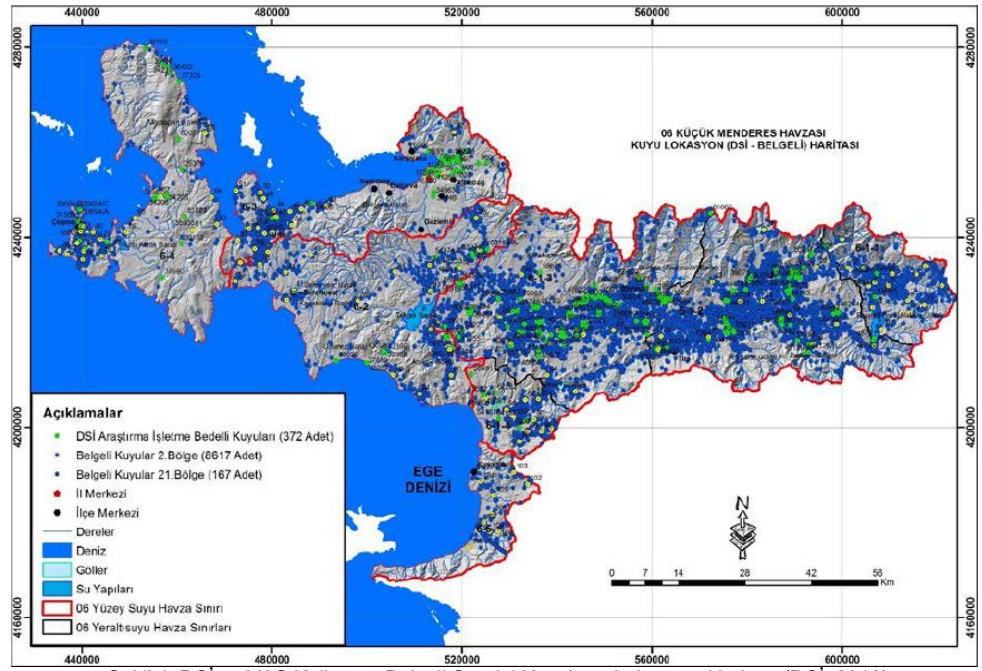
SSİ= Sulama suyu ihtiyacı

### 4. DSİ ve YAS Kullanma Belgeli Sondaj Kuyuları

Küçük Menderes Havzası'nda DSİ tarafından açılan sondaj kuyuları haricinde, yöre sakinleri tarafından da YAS Kullanma Belgeli çok sayıda sondaj kuyusu açılmıştır. Bu kuyulara ilişkin veriler Tablo 6 ve dağılımlarına ilişkin veriler ise Şekil 4'te sunulmuştur. Ancak, alanda belgesiz olan binlerce kuyu bulunmaktadır.

Tablo 6. Küçük Menderes Havzası DSİ ve YAS Kullanma Belgeli Sondaj Kuyuların Tablosu (DSİ., 2016)

Yüzey Suyu Havza ve Adı	Alt Havza No	YAS Alt Havza No ve Adı	DSİ Kuyuları		YAS Kullanma Belgeli Kuyular		Toplam
			2. Bölge	21. Bölge	2. Bölge	21. Bölge	
06_1 Küçük Menderes Nehri		06_1_1 Kiraz	6		768		774
		06_1_2 Ödemiş-Tire	81		2874		2955
		06_1_3 Bayındır-Torbalı	149		2459		2608
		06_1_4 Selçuk	10		397		407



Şekil 4. DSİ ve YAS Kullanma Belgeli Sondaj Kuyuların Lokasyon Haritası (DSİ, 2016).

DSİ tarafından kurak (Eylül/2015) ve yağışlı (Nisan/2016) dönemlerde yeraltı suyu (YAS) seviye ölçümleri alınarak hidrojeolojik yönden gerekli değerlendirmeler yapılmış, uygun akiferlerin yağışlı ve kurak dönemlerine ilişkin YAS seviye eğrileri haritaları oluşturulmuştur. Elde edilen verilere göre, Küçük Menderes Havzasında yer alan jeolojik formasyonlardan yağışlardan süzülme yoluyla hesaplanan YAS bilançosu aşağıda Tablo 7'de verilmiştir. Tablo 7'de de görüldüğü gibi Küçük Menderes havzalarında sondaj kuyularından fiili çekimler, yıllık emniyetli YAS rezervini aşmış durumdadır.

Tablo 7. Küçük Menderes Havzası Alt Havza YAS Bilançoları (DSİ, 2016)

Alt Havza No ve Adı	YAS Alt Havza No ve Adı	Akifer Adı	YAS Beslenimi	Yıllık Emniyetli YAS Verimi (1)	Tahsis	Fiili Tüketimler					Toplam Fiili Tüketim (2)	Akifer Kalan Su Miktarı (1-2)
						İÖİ Yas Sul.	Halk Sulaması	Kooperatif Sulaması	Kentsel	Sanayi		
06-1 Küçük Menderes	06-1-1 Kiraz	Kiraz	30	24	7,89	-	33,4	-	1,59	-	34,99	-10,99
	06-1-2 Ödemiş Tire	Ödemiş Tire	104	83	65,48	-	252,22	12,96	12,39	0,66	278,23	-195,23
	06-1-3 Bayındır Torbalı	Bayındır Torbalı	177	141,5	81,82	-	409,29	12,46	12,37	14	448,12	-306,62
	06-1-4 Selçuk	Selçuk	50,5	40,5	16,94	-	35,14	3,26	2,64	-	41,04	-0,54
	TOPLAM (1)			361,5	289	172,13	-	730,05	28,68	28,99	14,66	802,38

Son yıllarda aşırı çekim ve iklim değişiminin bir sonucu olarak kuyulardaki su seviyeleri ciddi anlamda düşmüştür. Bu nedenle, DSİ alanda yeraltı suyu depolanmasına yönelik bir dizi araştırma yapmaktadır. DSİ Gökçen (Tire) sahasında yeraltı suyu beslenmesine yönelik çalışmalar devam etmektedir (Şekil 5).



Şekil 5. DSİ tarafından Küçük Menderes Havzasında yapılan yeraltı suyu depolama çalışmaları.

## 5. Tartışma

### 5.1 Tarımsal Faaliyetlerden Kaynaklanan Kirlilik Yükleri

Bölgede yapılan tarımsal eğitim çalışmalarında çiftçilerin uygulaması gereken gübrenin çok daha fazlasını uyguladıkları görülmüştür. Özellikle sebze üreticilerinin hastalık ve zararlılara karşı tehlike arz eden ilaçlar kullandığı öğrenilmiştir. Bu uygulamalar ile 50 yılı aşkın ilaçların toprakta kaldığı, fazla azotlu fosforlu gübrelemelerle insana, ağaca, toprağa olan zararların yanında, yerüstü ve yeraltılarında ötrafikasyona sebep olarak canlıların yaşama alanları azalmaktadır. Doğru zamanda doğru gübre ve ilaç uygulaması yapılmaması doğal kaynakların yok olmasına ve geri dönüşü olmayan

kirlenmelere neden olmaktadır. Tarım yapılan alanların diğer bir sorunu da, toprakları organik madde oranlarının çok düşük oluşudur. Organik maddenin düşük oluşunun sebeplerinin başında tarımın dört mevsim aralıksız yapılması münavebe yapılmadan toprağın dinlendirilmemesi topraklara hayvan gübresi uygulamasının az oluşu ve yanlış gübreler ile topraktaki element değerleri devamlı düşüşe uğramaktadır. Her geçen gün tarım alanlarının veriminin düşmesinin sebepleri bu uygulamaların yanlış zamanda yanlış oranda olmasıdır. Yapılan incelemelerde havzada yıllar itibariyle ekilebilir tarım alanlarında kullanılan pestisit miktarlarında %1-2 artış olduğu saptanmıştır.

### 5.2 Hayvancılık Faaliyetlerinden Kaynaklanan Kirlilik Yükleri

Türkiye'de hayvancılık halen yaygın sektördür. Havzada hayvancılık önemli bir faaliyet alanı olup, İzmir il'indeki sığırların %75,3'üne, koyunların %37,7'sine, keçilerin %24,3'üne, tavukların %35,5'ine, arı kovanlarının %36,8'ine sahiptir. Özellikle Ödemiş ve Tire ilçeleri büyük ve küçükbaş hayvan yetiştiriciliği ve süt ürünleri işlemede önemli paya sahiptir. Ayrıca, Tire Süt Kooperatifi süt ve ürünleri işlenmesinde önemli rol oynamaktadır. Tavukçulukta Torbalı ve Tire ilçeleri öne çıkarken, keçi yetiştiriciliğinde Menderes, arıcılıkta ise Ödemiş ilçesi önemlidir (İBŞ, 2017). Hayvancılık faaliyetlerinden kaynaklanan atıkların bir bölümü, tarımda gübre olarak kullanılmakta; geri kalan kısmı ise sağlıklı şartlarda açıkta depolarda biriktirilmekte ve/veya en yakın araziye dökülmektedir. Dolayısıyla, hayvan atıklarından kaynaklanan yayılı azot ve fosfor yükleri de havzaya gelen önemli kirlenme kaynaklarıdır. Hayvancılıktan gelen kirlenme yükü yoğun olarak Küçük Menderes Nehri etrafındaki ilçelerden kaynaklandığı görülmektedir. Nehir etrafındaki ilçelere bakıldığında, otlaklar, tarım için elverişli olmayan, sarp ve eğimli arazilerde, ovalık alanda ise tarım dışı engebeli alanlar üzerinde bulunmaktadır. Özellikle, Ödemiş'te çayır mera alanlarının geniş yer tutması nedeniyle hayvancılık önemini arttırmıştır. Buna bağlı olarak havza genelinde Ödemiş ilçesinin en yüksek kirlenme yükü içerdiği görülmektedir.

### 6. Sonuç

Küçük Menderes Havzasının geniş tarım arazilerine sahip olması, yaygın hayvancılık faaliyetlerinin bulunması su kaynaklarına olan gereksinimi artırmaktadır. Ancak, kontrolsüz su çekimi, bilinçsiz yapılaşma, yoğun hayvancılık ve bilinçsiz tarım uygulamalarının su kaynaklarını olumsuz yönde etkilemektedir. Özellikle Küçük Menderes Nehri ve bunun çevresinde bulunan kuyular kirlilik riski ile karşı karşıyadır. Havzada bilinçsiz tarım uygulamaları yerüstü ve yeraltı suyu kaynaklarının ciddi oranda kalitesini etkilemektedir. Yoğun hayvancılığın su kaynaklarına etkisi yeterince irdelenmemiştir. Havzadaki sanayi yükü ve bunun yeraltı suyu kaynaklarına etkisi detaylı değerlendirilmemiştir. Bu nedenle; Küçük Menderes Havzasındaki yerleşim yerlerindeki su kaynaklarının korunabilmesi ve sürdürülebilirliği için; yasal olmayan yeraltı suyu kullanımının engellenmesi, su sağlayan birimlerin özellikleri ve bu birimlerin (akiferlerin) hidrolik parametrelerinin belirlenmesi, akiferleri etkileyen doğal ve insan kaynaklı faktörlerin belirlenmesi, yerleşim yerlerine su sağlayan kuyuların bulunduğu kesimlerin hidrojeolojik raporların hazırlanması, akifere beslenimi arttıracak yöntemlerin geliştirilmesi son derece önemlidir.

Havzada özellikle, çekimlerden dolayı YAS seviyesinde sürekli düşümler görülmekte ve yağışlar çekimleri karşılayamamaktadır. DSI tarafından onaylanan Küçük Menderes Havzası Havza Su Tüketimleri Nihai Raporu'nda Küçük Menderes Nehri Alt Havzası'nda fiili yeraltı suyu tüketimleri toplamı 802,38 hm<sup>3</sup>/yıl olup, Master Plan kapsamından hesaplanan yıllık emniyetli YAS rezervinin (289 hm<sup>3</sup>/yıl) 2,8 katı kadardır. Küçük Menderes Nehri Alt Havzası'nda özellikle fiili tüketimlerin fazlalığı dikkate alındığında yeni tahsislerin yapılması uygun görülmemektedir.

### 7. Teşekkür

Bahse konu çalışmaya öncü olan ve havzadaki tarımsal üretimi arttırmaya ve yöredeki kalkınma hamlesine yatırım yaparak proje geliştiren mensubu olmaktan gurur duyduğum Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü'ne her türlü bilgi, done ve doküman paylaşımı konusunda gösterdiği yardımdan ötürü çok teşekkür ederiz.

### 8. Kaynaklar

- Muslu, G., 2005. Küçük Menderes Havzası'nın Beşeri ve İktisadi Coğrafyası, Doktora tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 469s.
- Yağbasan, O.2016. "Impacts of climate change on groundwaterrecharge in Küçük Menderes RiverBasin inWestern Turkey" Geodinamica Acta.
- DSİ., 1973. "Küçük Menderes ovası hidrojeolojiktüd raporu [Hydrogeological investigation report for Küçük Menderes plain]" (in Turkish).Ankara: DSI Genel Müdürlüğü, Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltısuları Dairesi Başkanlığı.
- İBŞ, 2017.Küçük Menderes Havzası Sürdürülebilir Kalkınma ve Yaşam Stratejisi, İzmir Büyükşehir Belediyesi, İzmir
- Yazıcıgil, H., Doyuran, V., Karahanoglu, N., Yanmaz, M.,Camur, M.Z., Toprak, V., Tuzcu, B. 2000. Investigationand management of groundwater resources in K. MenderesRiver Basin under the scope of revised hydrogeological studies(in Turkish) (Final report, Project no: 98-03-09-01-01).Ankara: Middle East Technical University.



- DSİ.,2016. "Küçük Menderes Havzası Master Plan Raporu" Ankara: DSI Genel Müdürlüğü, Etüt, Planlama ve Tahsisler Dairesi Başkanlığı.
- Vardar,S, 2013. Küçük Menderes Havzası Doğu Bölümünün Fiziki Coğrafyası, Ege Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya Anabilim Dalı, Yayınlanmamış Doktora Tezi, İzmir.doi:10.1126/science.1132027.

### Öne Çıkan Sonuçlar:

- İncelenen bölgede, yıllık engelleme sayısının ortalama 12 adet; engelleme olaylarının ortalama süresinin 9.6 gün; ortalama engellemeli gün sayısının 111 gün ve ortalama engelleme şiddetinin 2.28 olduğu tespit edilmiştir.
- Yıllık engelleme sayısında, engelleme olaylarının ortalama süresinde, yıllık engellemeli gün sayısı ve engelleme şiddetinde anlamlı bir değişim yoktur.

### Yazışma yazarı:

Bahtiyar EFE,  
bahtiyar.efe@samsun.edu.tr

### Referans:

Efe, B., Lupo, A., Sezen, İ., Deniz, A., (2020), Atmosferik Engelleme Olayı ve Özelliklerindeki Değişimin İncelenmesi, İklim Değişikliği ve Çevre, 5, (2) 24-29

Makale Gönderimi : 16 EYLÜL 2020  
Online Kabul : 24 EYLÜL 2020  
Online Basım : 25 EYLÜL 2020

Bahtiyar EFE<sup>1</sup>, Anthony LUPO<sup>2</sup>, İsmail SEZEN<sup>3</sup>, Ali DENİZ<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Samsun Üniversitesi, Meteoroloji Mühendisliği Bölümü, 19 Mayıs, Samsun, Türkiye. ORCID:0000-0001-5604-7068

<sup>2</sup>University of Missouri, Department of Atmospheric Sciences, Columbia, Missouri, USA. ORCID:0000-0002-5810-5652

<sup>3</sup>İstanbul Teknik Üniversitesi, Meteoroloji Mühendisliği Bölümü, Maslak, İstanbul, Türkiye. ORCID:0000-0003-2260-1846

<sup>4</sup>İstanbul Teknik Üniversitesi, Meteoroloji Mühendisliği Bölümü, Maslak, İstanbul, Türkiye. ORCID:0000-0003-1068-4277

**Özet** Meteorolojik koşulların bir bölgede belirli bir süreden daha fazla gözlemlenmesine sebep olan olaya engelleme denir. Atmosferik engelleme eğer kış aylarında meydana gelirse, çok düşük sıcaklıklara, kuvvetli kar yağışına sebep olurken ilkbahar ya da sonbahar aylarında görülürse yüksek sıcaklıklara ve kuraklığa sebep olabilir. Bu çalışmada engelleme olayının tespiti için National Center for Environmental Prediction – National Center for Atmospheric Research (NCEP – NCAR) reanaliz veri setinin 500 hPa bileşeni, 01.01.1987 – 31.12.2016 zaman aralığı için kullanılmıştır. İncelenen bölge ise 340° Batı – 90° Doğu boylamları ile 30° Kuzey – 90° Kuzey enlemleri arasındadır. Mann – Kendall Rank korelasyonu kullanılarak yapılan eğilim analizi sonucuna göre belirtilen bölgede, yıllık engelleme sayısı, ortalama engelleme süresi, engellemeli gün sayısı ve ortalama engelleme şiddeti değerlerinde %95 anlamlılık seviyesinde artış veya azalış yoktur.

**Anahtar Kelimeler:** Atmosferik engelleme, Türkiye, değişim

## Investigation of Trends in Atmospheric Blocking

**Abstract** The atmospheric phenomenon that stagnates air in a certain region more than significant period is called atmospheric blocking. If blocking occurs during winter time it can cause low temperatures and strong snowfall. On the other hand, if it occurs during summer, it causes high temperatures and drought. The 500 hPa data of National Center for Environmental Prediction – National Center for Atmospheric Research (NCEP – NCAR) Reanalysis data set is used to detect blocking. The data covers the period between 01.01.1987 and 31.12.2016. The region for blocking detection is between 340° W – 90° E and 30° N – 90° N. According Mann – Kendall rank correlation statistics there isn't any change in annual blocking counts, mean blocking duration, number of blocked days and mean blocking intensity.

**Keywords:** Atmospheric Blocking, Turkey, trend

### 1. Giriş

Atmosferik herhangi bir seviyesindeki 60 knots veya daha fazla şiddete sahip rüzgârlara jet denir. Atmosferik engelleme olayına bu ismin verilmesinin sebebi, 300 hPa. ve daha yukarı seviyede oluşan jeti engellemesidir. Orta enlemlerde jetler kuzey yarımkürede ve güney yarımkürede batıdan doğuya doğru eserler; kısaca yukarı seviye rüzgârları batıdır. Fakat orta enlemlerde, herhangi bir bölgede, yer seviyesinde bir yüksek basınç merkezinin bulunması durumunda yukarı seviyedeki rüzgârlar yüksek basınç merkezinin bulunduğu bu bölgeye girememekte, zonal (batı - doğu doğrultusunda) olan yukarı seviye rüzgarları meridyonel (güney – kuzey doğrultusunda) hale gelmekte bazen de doğudan batıya doğru (retrograt hareket) esmektedirler (Pelly ve Hoskins, 2003). Yüksek basınç sisteminin belirli bir yerde uzun süre (5 gün ve daha fazla) kalması durumuna engelleme olayı denilmektedir. Engelleme olayını önemli kılan durum, insanlar, canlılar, çevre üzerine etkilerinin kuvvetli olması ve engellenmenin hava şartlarına etkisinin büyük olmasıdır. Örnek vermek gerekirse 2010 yılı haziran ve ağustos ayları arasında Rusya'yı etkileyen engelleme olayında orman yangınları artmış, hava kalitesinin düşmesinden ve yüksek sıcaklıklardan dolayı Moskova'da ölüm oranları 700 kişi/gün ile ortalama değerinin iki katına çıkmıştır. Yine aynı dönemde, Moskova'da son 130 yılın en yüksek sıcaklık değeri (37.8

°C) ölçülmüştür (Lupo ve diğ., 2014). Sirdas ve diğ. (2017) ve Özdemir ve diğ. (2019) tarafından da incelenen 80 knot ve üzeri rüzgarların gözlemlendiği, ölümcül olayların, orman yangınlarının gerçekleştiği 18 – 22 Nisan 2012 tarihleri arasında da engelleme olayı gerçekleşmiştir.

Dünya literatüründe engelleme ile ilgili ilk çalışma, Garriott tarafından 1904 yılında yapılmıştır. Daha sonra ise engellemenin lokal iklim üzerine etkileriyle ilgili çalışmalar yapılmış olup (Berggren ve diğ., 1949; Elliott ve Smith, 1949), çalışmalar II. Dünya savaşı sonrası yukarı seviye bilgilerin elde edilmesiyle daha da çeşitlilik kazanmıştır.

Lejenas ve Okland (1983) tarafından yapılan çalışmada, Kuzey Yarımküredeki engelleme olaylarının karakteristik özelliklerini belirlemek için 30 yıllık 500 hPa. jeopotansiyel yükseklik verisi kullanılmıştır. Kuzey yarımkürede engellemenin olduğu iki temel bölge tespit ettiler: Atlantik ve Pasifik Bölgeleri. Wiedenmann ve diğ. (2002) tarafından yapılan çalışmada ise bu iki bölgeye ilave olarak karasal bölge olarak adlandırdıkları üçüncü bir bölge tespit ettiler. Bu bölge 40 ° ila 140 ° Doğu boylamlarını kapsamaktadır. Türkiye, Atlantik veya Euro – Atlantik olarak adlandırılan bölge ile karasal bölgede oluşan engellemelerden etkilenebilecek bir konumdadır. Bu nedenle, bu bölgeleri içeren bir aralıkta engelleme özelliklerinin değişimi incelenmiştir. Bu çalışmanın amacı, Türkiye'yi etkileyecek bölge için, engelleme özelliklerindeki değişimin incelenmesidir. İkinci bölümde veri, üçüncü bölümde yöntemden bahsedilecek, dördüncü bölümde analizler değerlendirilecektir. Beşinci bölümde ise sonuçlardan bahsedilecektir.

## 2. Veri ve Çalışma Alanı

Engelleme olayının tespitinde kullanılan 500 hPa verisi, NCEP – NCAR reanaliz veri setinden elde edilmiştir (Kalnay ve diğ., 1996) . Bu veri setinin çözünürlüğü 2.5 ° x 2.5 ° olup engelleme gibi küresel ölçekteki bir olay için yeterli çözünürlüğe sahiptir. Veri setindeki parametrelerin hepsine 01.01.1948 'ten günümüze kadar ulaşılabilir. Veri seti her gün güncellenmektedir. Engelleme ile ilgili birden fazla makalede NCEP NCAR reanaliz veri seti ya da aynı çözünürlüğe sahip veri setleri kullanılmıştır (Efe ve diğ. 2019, 2020a,b). Bu çalışmada kullanılan verinin periyodu 01.01.1987 – 31.12.2016 tarihleri arasında kapsamaktadır. İnceleyeceğimiz bölge ise 340° Batı – 90° Doğu boylamları ile 30° Kuzey – 90° Kuzey enlemleri arasındadır (Şekil-1).



Şekil-1. Engelleme tespitinde kullanılan bölge

## 3. Yöntem

### 3.1 Engelleme ve özelliklerinin belirlenmesi

#### 3.1.1 Engelleme tespiti

Engelleme tespitinde kullanılan yöntemler, temelde ikiye ayrılmaktadır: 500 hPa jeopotansiyel yükseklik verisi kullananlar ve potansiyel vortisiti ile potansiyel sıcaklığı kullananlar. Bu çalışmada 500 hPa jeopotansiyel yüksekliklerini kullanan ve ilk olarak Tibaldi ve Molteni (1990) tarafından kullanılan indekste herhangi bir boylam için jeopotansiyel yükseklik gradyanları

$$GG = \frac{Z_{\phi_0} - Z_{\phi_S}}{\phi_0 - \phi_S} \quad (1)$$

$$KG = \frac{Z_{\phi_N} - Z_{\phi_0}}{\phi_N - \phi_0} \quad (2)$$

şeklinde tanımlanmaktadır. Burada GG, güneydeki jeopotansiyel yükseklik gradyanı demektir. KG ise, kuzeydeki jeopotansiyel yükseklik gradyanı demektir. Burada  $\phi_S$  güneydeki enlem,  $\phi_0$  merkezdeki enlem ve  $\phi_N$  kuzeydeki enlem,  $Z_{\phi_S}$ ,  $Z_{\phi_0}$  ve  $Z_{\phi_N}$  ise sırasıyla güneydeki, merkezdeki

ve kuzeydeki enlemlere ait jeopotansiyel yükseklik değerleridir.  $\Delta = -5, -2.5, 0, 2.5, 5^{\circ}$  adımları için GG ve KG değerleri 5er defa hesaplanır.  $\phi_N, \phi_0, \phi_S$  aşağıdaki gibi tanımlanabilir:

$$\phi_N = 77.5^{\circ} N + \Delta \quad (3)$$

$$\phi_0 = 60^{\circ} N + \Delta \quad (4)$$

$$\phi_S = 40^{\circ} N + \Delta \quad (5)$$

Burada N kuzey enlemi anlamına gelmektedir. Ve eğer herhangi bir enlem adımı için,

- 1) GHGS > 0 ve
- 2) GHGN < -10 m/derece enlem
- 3)  $Z(\lambda, \phi_0) - \overline{Z(\lambda, \phi_0)} > 0$

şartları aynı anda sağlanırsa, belirtilen boylamda anlık engelleme vardır. 3 numaralı şartta,  $\lambda$  boylam demektir. Yani bir boylamın yukarıdaki 3 şartı sağlaması durumunda **indeks** değeri 1 olacak aksi takdirde indeks değeri 0 olacaktır.

### 3.1.2 Tekil engelleme olaylarının tespiti

Aynı tarihte 5 veya daha fazla boylamsal grid noktasında anlık engelleme olayı tespit edilirse, bu patern engelleme olarak kabul edilmiştir. Fakat anlık engelleme olan iki grid noktası arasında engellenmenin olmadığı bir grid noktası tespit edilirse bu noktada da anlık engelleme olduğu kabul edilmiştir (Barriopedro vd., 2006).

### 3.1.3 Engelleme merkezinin tespiti

Engelleme merkezini tespit etmeden önce engelleme olayının olduğu bölgenin tanımlanması gerekir. Engelleme olan bölgenin enlemsel sınırları güneyde en büyük  $\phi_S$  değeri, kuzeyde ise en küçük  $\phi_N$  değeridir. Bölgenin boylamsal sınırları ise ilk engellenmiş gridin  $5^{\circ}$  doğusu ve son engellenmiş gridin  $5^{\circ}$  batısıdır (Barriopedro vd., 2006).

Engelleme merkezinin enlem değeri bulunurken, engelleme olayının olduğu bölge içinde yer alan her bir enlem için jeopotansiyel yüksekliklerin boylamsal ortalaması alınır. Jeopotansiyel yüksekliğin boylamsal ortalamasının en büyük olduğu enlem engelleme merkezinin enlemi olarak alınır. Engelleme merkezinin boylam değeri bulunurken, engelleme olayının olduğu bölge içinde yer alan her bir boylam için jeopotansiyel yüksekliklerin enlemsel ortalaması alınır. Jeopotansiyel yüksekliğin enlemsel ortalamasının en büyük olduğu boylam engelleme merkezinin enlemi olarak alınır (Barriopedro vd., 2006).

### 3.1.4 Engelleme Şiddeti

Lupo ve Smith (1995) yaptıkları çalışmada engelleme şiddetini(e.ş.) aşağıdaki gibi tanımlamışlardır:

$$E. \text{ Ş.} = 100 \times \left[ \frac{Z(\lambda, \phi)}{RK} - 1.0 \right] \quad (6)$$

Bu eşitlikte,  $Z(\lambda, \phi)$  en yüksek jeopotansiyel yükseklik olarak tanımlanmıştır. Fakat burada engelleme merkezinin jeopotansiyel yüksekliği kullanılmıştır. Çünkü engelleme merkezi en yüksek jeopotansiyel yükseklik değerine sahiptir. Bu eşitlikte

$$RK = \left[ \frac{Z(\lambda_u, \phi) + Z(\lambda_d, \phi)}{2} \right] \quad (7)$$

eşitliğiyle verilir. RK, oluk eksen boyunca yukarı yönlü akımdaki en düşük jeopotansiyel yükseklik ile aşağı yönlü akımdaki en düşük jeopotansiyel yükseklik değerinin ortalaması alınarak elde edilir.  $\lambda_u$  ve  $\lambda_d$ , en düşük değerleri elde edebilmek için sırasıyla engelleme bölgesinin sınırlarının  $10^{\circ}$  batısı ve doğusundaki boylamlar seçilmiştir.

### 3.1.5 İzleme yöntemi

Zamanda devamlılık kavramı, engellenmenin en önemli özelliklerinden biri olmasına rağmen bu devamlılığın en az ne kadar olduğu ile ilgili kabul görmüş genel bir görüş yoktur. Kimisi bu sürenin 3 gün olabileceğini söylerken (Elliot ve Smith, 1949), 30 gün olması gerektiğini belirtenler (Treidl ve diğ., 1981) de vardır. Yine de yazarların çoğunluğu minimum sürenin 5 gün (Tibaldi ve Molteni, 1990) ya da 10 gün (Rex, 1950) olması gerektiğini belirtmektedirler. İzleme yöntemi hem zamansal algoritmayı hem de mekansal algoritmayı içermektedir. Bu çalışmada bir olayın engelleme olabilmesi için minimum süre 5 gün olarak uygulanmıştır.

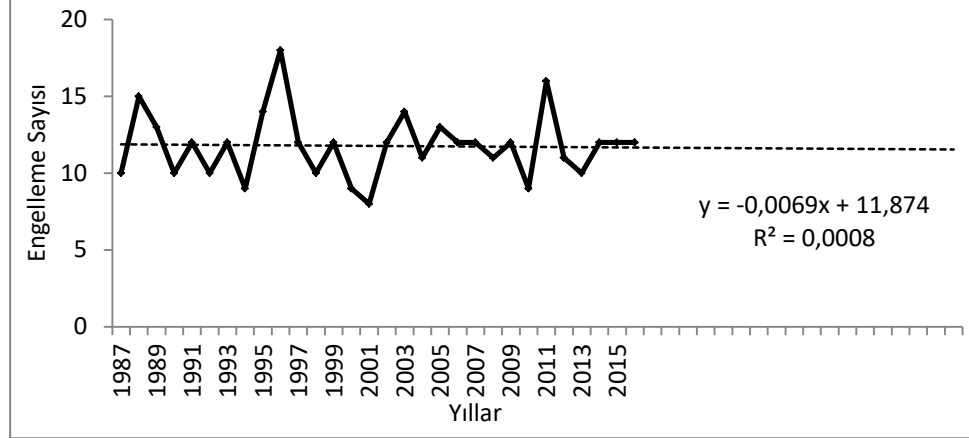


## 3.2 Değişimin incelenmesi

Mann- Kendall testi parametrik olmayan bir test olup, Kendall'ın Tau olarak bilinen testinin özel bir uygulamasıdır. Bu yöntem verilerin büyüklüğünden çok sıraları üzerine esastır (Kalaycı ve Kahya, 1998). Bu testte zamana göre sıralanmış ( $X_1, X_2, \dots, X_n$ ) serileri,  $H_0$  hipotezine göre zamandan bağımsız ve benzer dağılmış rasgele değişkenlerdir.  $H_1$  alternatif hipotezine göre ise ( $k \neq j$ ) ve  $n \geq k, j$  ( $n$ , data kayıt uzunluğu) olmak üzere seride  $X_k$  ve  $X_j$  ardışık data değerlerinin dağılımı benzer değildir. Yani seride doğrusal bir trend vardır (Kalaycı ve Kahya, 1998).

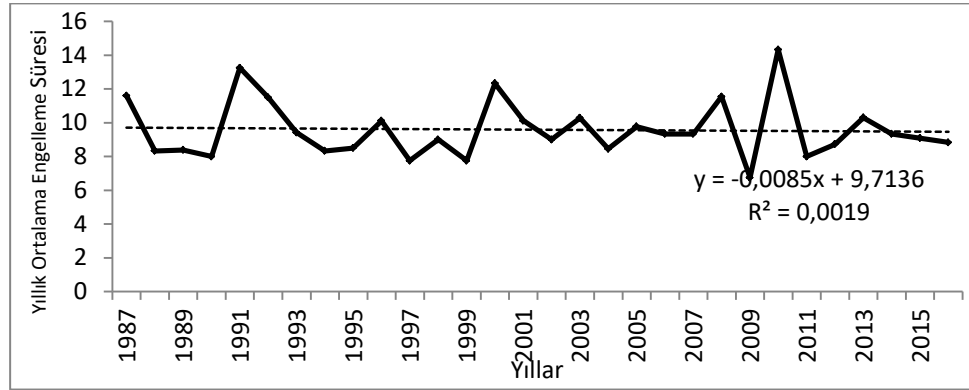
## 4. Analiz

İncelenilen bölgede, 1987 – 2016 dönemi için, yıllık engelleme sayısının ortalama 12 adet olduğu tespit edilmiştir. 1996 yılı 18 adet engelleme olayı ile engellenenin en çok görüldüğü yıl olurken 2001 yılında ise sadece 8 engelleme olayı tespit edilmiştir. Yapılan eğilim analizine göre %95 güven aralığında engelleme sayısında artış veya azalış yoktur (Şekil-2).



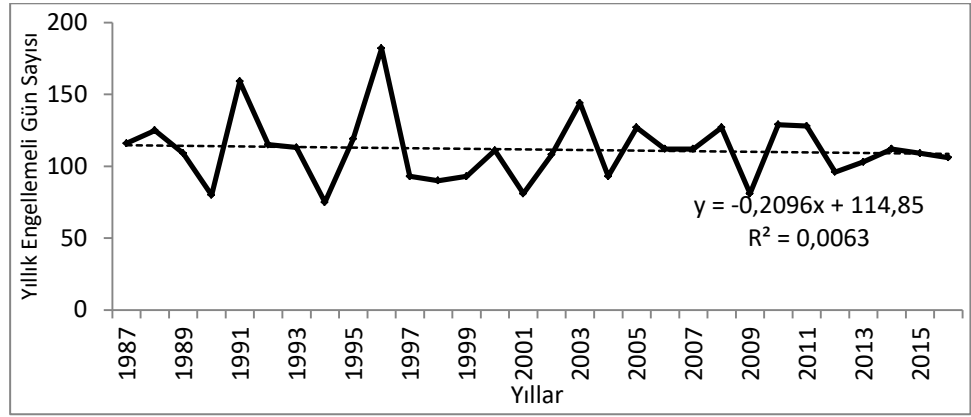
Şekil-2 Engelleme sayısının eğilim analizi.

İncelenen bölgede, engelleme olaylarının ortalama süresinin 9.6 gün olduğu tespit edilmiştir. 2010 yılı 14.3 gün ile ortalama engelleme süresinin en uzun olduğu yıl olurken 2009 yılı 6.75 gün ile ortalama engelleme süresinin en kısa olduğu yıl olmuştur. Yapılan eğilim analizine göre %95 güven aralığında ortalama engelleme süresinde artış veya azalış yoktur (Şekil -3).



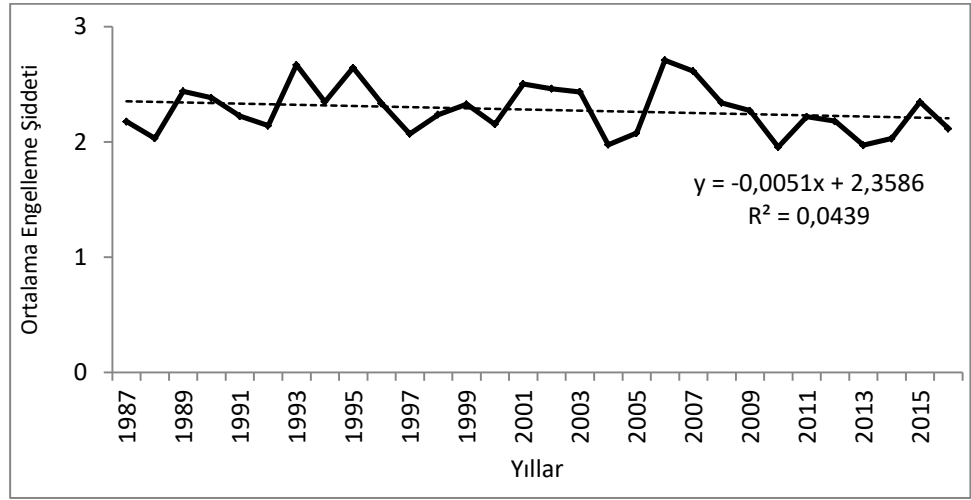
Şekil-3 Ortalama engelleme süresinin eğilim analizi.

Yıllık engellemeli gün sayısının belirtilen bölgede, 111 gün ortalama değerine sahip olduğu belirlenmiştir. Bu değer bize bu bölgede senenin üçte birinde engelleme olayının varlığını göstermektedir. 2010 yılı 129 gün ile engellemeli gün sayısının en fazla olduğu yıl olurken 2009 yılı 81 gün ile engellemeli gün sayısının en az olduğu yıl olmuştur. Yapılan eğilim analizine göre %95 güven aralığında engellemeli gün sayısında artış veya azalış yoktur (Şekil-4).



Şekil-4 Engellemeli gün sayısı eğilim analizi.

Ortalama engelleme şiddeti incelenen bölgede 2.28 ortalama değerine sahiptir. 2010 yılı 1.95 değeri ile en düşük ortalama şiddet değerine sahip yıl olurken, 2006 yılı 2.71 değeri ile en yüksek ortalama şiddet değerine sahip yıl olmuştur. Yapılan eğilim analizine göre %95 güven aralığında ortalama engellemeli gün sayısında artış veya azalış yoktur (Şekil-5).



Şekil-5 Ortalama engelleme şiddeti eğilim analizi.

## 5. Sonuç

Bu çalışmada, görüldüğü döneme bağlı olarak, kuraklık, aşırı yağış vb. olaylara sebep olan engelleme olayının özelliklerinin değişimi incelenmiştir. Engelleme olayının tespiti için NCEP – NCAR reanaliz veri setinin 500 hPa bileşeni, 01.01.1987 – 31.12.2016 zaman aralığı için kullanılmıştır. İncelenen bölge ise 340° Batı – 90° Doğu boylamları ile 30° Kuzey – 90° Kuzey enlemleri arasındadır. Değişim ise Mann – Kendall Rank korelasyonu kullanılarak incelenmiştir. Belirtilen durumlar için aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

İncelenen bölgede, yıllık engelleme sayısının ortalama 12 adet; engelleme olaylarının ortalama süresinin 9.6 gün; ortalama engellemeli gün sayısının 111 gün ve ortalama engelleme şiddetinin 2.28 olduğu tespit edilmiştir.

1996 yılı en çok engelleme olayı görülen yıl olurken 2001 yılında en az engelleme olayı görülmüştür. Yapılan eğilim analizine göre %95 güven aralığında engelleme sayısında artış veya azalış yoktur.

2010 yılı, en yüksek ortalama engelleme süresi ve en fazla engellemeli gün sayısının görüldüğü yıl olmuştur. 2010 yılı engelleme süresinin bu kadar uzun olmasının sebebi, 2010 yılı haziran ayının ortalarından başlayıp Ağustos ayının ortalarına kadar süren engelleme olaylarıdır. Bu aralıkta olan engelleme olayları iki tane olup bir tanesi 38 gün sürmüştür. 2010 yılı yazı Eralat ve Türkeş (2013)'e göre o tarihe kadar kaydedilmiş en sıcak yaz olmuştur. 2009 yılı ortalama engelleme süresinin ve engellemeli gün sayısının en düşük olduğu yıl olmuştur. Yapılan eğilim analizine göre %95 güven aralığında ortalama engelleme süresinde ve yıllık engellemeli gün sayısında artış veya azalış yoktur.

2006 yılında ortalama engelleme şiddetinin en yüksek olduğu tespit edilirken, 2010 yılında en düşük olmuştur. Yapılan eğilim analizine göre %95 güven aralığında yıllık ortalama engelleme şiddetinde artış veya azalış yoktur.

## 6. Kaynaklar

- Barriopedro, D., García-Herrera, R., Lupo, A. R., and Hernández, E. (2006). A Climatology of Northern Hemisphere Blocking. *Journal of Climate* 19(6): 1042-63. <https://doi.org/10.1175/JCLI3678.1>
- Berggren, R., Bolin, B. ve Rossby, C. G. (1949) An Aerological study of zonal motion, its perturbations and break-down. *Tellus*, 1(2), 14–37.
- Efe, B., Lupo, A. R. ve Deniz. A. (2019). The relationship between atmospheric blocking and precipitation changes in Turkey between 1977 – 2016. *Theoretical and Applied Climatology*, 138(3), 1573 – 1590.
- Efe, B., Lupo, A. R., Sezen, I. ve Deniz. A. (2020a). The relationship between atmospheric blocking and temperature anomalies in Turkey between 1977 – 2016. *International Journal of Climatology*, 40(2), 1022 - 1037.
- Efe, B., Lupo, A. R. ve Deniz. A. (2020b). Extreme temperatures linked to the atmospheric blocking events in Turkey between 1977 – 2016. *Natural Hazards*. doi: <https://doi.org/10.1007/s11069-020-04252-w>
- Elliott R. D. ve Smith, T. B. (1949) A study of the effects of large blocking highs on the general circulation in the Northern-Hemisphere westerlies. *J. Meteorol.*, 6(2), 68–85.
- Erlat, E. ve Türkeş, M. (2013). Observed changes and trends in numbers of summer and tropical days, and the 2010 hot summer in Turkey. *International Journal of Climatology*, 33(8), 1898-2008.
- Garriott, E. B. (1904) Long range forecasts. *U. S. Weather Bur. Bull.*, 35.
- Kalayci, S. ve Kahya, E. (1998) Susurluk havzası nehirlerinde su kalitesi trendlerinin belirlenmesi," *Turkish J. Eng. Environ. Sci.*, 22, 503 - 514.
- Kalnay E. ve diğ. (1996) The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project. *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, 77(3), 437-472.
- Lejenas H. ve Okland, H. (1983) Characteristics of northern hemisphere blocking as determined from a long time series of observational data. *Tellus A*, 35(5), 350–362.
- Lupo, A. R. ve Smith, P. J. (1995). Planetary and synoptic-scale interactions during the life cycle of a mid-latitude blocking anticyclone over the North Atlantic. *Tellus*, 47, 575–596.
- Lupo, A. R., Mokhov, I. I., Chendev, Y. G., Lebedeva, M. G., Akperov, M ve Hubbart, J. A. (2014) Studying summer season drought in Western Russia. *Advances in Meteorology*, Article ID 942027.
- Özdemir, E. T. (2019). Investigations of a Southerly Non-Convective High Wind Event in Turkey and Effects on PM10 Values: A Case Study on April 18, 2012. *Pure and Applied Geophysics*, 176(10), 4599-4622. <https://doi.org/10.1007/s00024-019-02240-1>
- Pelly, J. L. ve Hoskins, B. J. (2003) A New perspective on blocking. *J. Atmos. Sci.*, 60(5), 743–755.
- Rex, D. F. (1950) Blocking action in the middle troposphere and its effect upon regional climate: I. an aerological study of blocking action. *Tellus*, 2(3), 196–211.
- Sirdas, S. A., Özdemir, E. T., Sezen, İ., Efe, B., & Kumar, V. (2017). Devastating extreme Mediterranean cyclone's impacts in Turkey. *Natural Hazards*, 87(1), 255-286.
- Tibaldi, S. ve Molteni, F. (1990) On the operational predictability of blocking. *Tellus A*, 42(3), 343–365.
- Treidl, R., Birch, E. C. ve Sajecki, P. (1981) Blocking action in the Northern Hemisphere: A climatological study. *Atmosphere-ocean*, 19(1), 1-23.
- Wiedenmann, J. M., Lupo, A. R., Mokhov, I. I. ve Tikhonova, E. A. (2002) The climatology of blocking anticyclones for the Northern and Southern Hemispheres: lock intensity as a diagnostic," *J. Clim.*, vol. 15, no. 23, pp. 3459–3473, 2002.