

## HİDROLOJİK VERİLERDEKİ TRENDLERİN SEBEP-SONUÇ İLİŞKİSİNİN HARİTA ÜZERLEME TEKNİĞİ İLE İNCELENMESİ VE FIRAT HAVZASI/GAP SU KAYNAKLARI İÇİN ÖRNEK BİR UYGULAMA

Kasım YENİGÜN<sup>1</sup>, Ruken ECER<sup>2</sup>, M. İrfan YEŞİLNACAR<sup>3</sup>

### ÖZ

Barajlar inşaat mühendisliğinin en önemli su yapılarından olduğu kadar, gerek maliyetleri, gerek inşaat süreleri ve gerekse de ülke ekonomisi için itici bir güç oluşlarının yanısıra; bu yapıların tasarımlarında ön şart olan hidrolojik verilerdeki belirsizlikleri ile de ayrıcalıklı bir çalışma önceliğine sahiptirler. Bu bakımdan hem mevcut yapıların performanslarının değerlendirilmesi, hem de planlama ya da yapım aşamasında olan barajların tasarım ve işletme politikalarının oluşturulmasında çok hassas bir yönetimle havzaların su potansiyellerinin belirlenmesi ve değişimlerin gözlemlenmesi büyük önem kazanmaktadır. Son yıllarda dünyanın çeşitli yerlerinde yapılan araştırmalar, yağışlarda ve akarsu akımlarında önemli değişimler olduğunu göstermiştir. Ülkemizde de yıl içinde mevsimlere göre değişen yağış-akış ilişkileri yıllar arasında büyük farklılıklar göstermektedir. 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 dolusavaklar ve benzeri taşkın kontrol yapılarının projelendirilmesi ve işletmesinde gereklidir.

Bu çalışmada, öncelikle oldukça yaygın bir kullanım alanına sahip trend analizi ile Fırat havzasından seçilen bazı istasyonların yıllık ortalama, minimum ve maksimum akımlarında belirlenen trend varlığı ve akımlardaki değişimler, bu değişimlerin yönü ve başlangıç yılları kaydedilmiştir. Ayrıca, bu trendlerin oluşmasında etkin olduğu düşünülen iklim değişikliği ve/veya bağlı diğer parametreler yine benzer şekilde analiz edilmeye çalışılmıştır. Çalışmanın zamansal kapsamı düşünüldüğünde, eldeki meteorolojik ve hidrolojik verilerin kayıt dönemine bağlı olmakla birlikte son 30–40 yıllık veriler, geçmişle ilgili değerlendirmeler için esas alınmış olup, tespit edilen trend grafikleri ile de gelecekteki 100 yıllık bir dönemin projeksiyonunun yapılması hedeflenmiştir.

Son olarak, çeşitli mühendislik disiplinlerinde sıklıkla kullanılan ve su kaynakları alanında henüz kullanılan, ancak alansal çalışmalarda kolay yorumlama özelliği olan “harita üzerleme” (overlay mapping) tekniği ile sözü edilen hidrolojik parametrelerdeki değişiklikler incelenmiştir. Bu sayede tanımlanan alanlar sebep-sonuç ilişkisi mantığı ile yorumlanmıştır. Sonuç olarak, GIS (Geographical Information Systems) tekniklerinden yararlanarak havza haritalarına, eldeki trend sonuçları işlenmeye çalışılmış ve ortaya çıkan, detaylı tematik haritalarının yorumlanması hedeflenmiştir. Uygulama alanı olarak, ülkemizin en önemli entegre su kaynakları projesi olan GAP’ın omurgasını oluşturan Fırat havzasının ana kolu üzerinde olmayan bazı bölümleri seçilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Hidrolojik veri, trend analizi, harita üzerleme tekniği, Fırat havzası

<sup>1</sup> Yrd. Doç. Dr., İnşaat Müh. Bölümü, Harran Üniv., Şanlıurfa, Türkiye,  
e-posta: [kynigun@harran.edu.tr](mailto:kynigun@harran.edu.tr)

<sup>2</sup> İnş. Müh., Fen Bil. Enst., İnş. Müh. ABD, Harran Üniv., Şanlıurfa, Türkiye,  
e-posta: [rukeneceer@hotmail.com](mailto:rukeneceer@hotmail.com)

<sup>3</sup> Doç. Dr., Çevre Mühendisliği Bölümü, Harran Üniv., Şanlıurfa, Türkiye,  
e-posta: [mirfan@harran.edu.tr](mailto:mirfan@harran.edu.tr)

## ABSTRACT

Because of the uncertainty regarding the hydrologic data utilized their structural design, dams have a privilege as a main research area, indeed, the dams are one of the most important structures in civil engineering and their main driving force for benefiting on the costs and construction periods in the country's economy. Therefore, specifying the performance of water structures and observing the water variations in basins by an accurate method is crucial for identifying the performance of structures or designing of dams in the process of planning and construction as well as building up the management strategies. In recent years, several researches around the world indicate that there are some important changes at rainfalls and stream flows. Variable rainfall-streamflow relationships by seasons through year show important differences between years in the country. Finding about trends of flows takes a big importance in planning and operating in water resources. Hydrologic data about average and low flows are necessary in calculation of the reservoir capacity and dam operation. Flood values are also required in operation and design of control structures like spillway etc.

Firstly, in this study the detected trends are recorded by trend analyses for average, minimum and maximum yearly flows, beginning years and direction of these changes for some stations selected in the Euphrates Basin. On the other hand climatic change and / or related the other parameters which are thought effective in these trends have analyzed too. Long term hydrologic and meteorological data (last 30-40 years data) are used in the trend graphics and targeted the making projection of a next 100 years period.

Finally, the mentioned changes in hydrological parameters have been inspected by overlay mapping technique that mostly used in various engineering discipline and just in water resources. By this means, the identified areas have been interpreted with cause-effect relations. Consequently, trend results have worked to processing on basin maps by using GIS techniques and targeted the interpreting of the detailed thematic maps came out. The Euphrates watersheds area located in GAP which is the most important integrated water resources project of our country is selected as case study.

**Keywords:** Hydrological data, trend analyses, overlay mapping technique, the Euphrates Basin

## GİRİŞ

Devlet Planlama Teşkilatına (2000) göre, iklim değişikliğinin; kar örtüsünün, kara ve deniz buzullarının erimesi, deniz seviyesi yükselmesi, iklim kuşaklarının yer değiştirmesi, şiddetli hava olaylarının, taşkınların ve sellerin daha sık oluşması ve etkilerinin kuvvetlenmesi, su kaynaklarında azalma, kuraklık, çölleşme, salgın hastalıklar, tarım zararlıları gibi, insan yaşamını, sosyoekonomik sektörleri ve ekolojik sistemleri doğrudan ya da dolaylı olarak etkileyebilecek önemli sonuçlarının olacağı öngörülmektedir.

Son yıllarda iklim değişikliği/değişebilirliği nedeniyle küresel ortalama yeryüzü sıcaklıklarında gözlenen 0.4 - 0.2 °C'lik artışın yağışlarda bir düzensizliğe yol açacağı ve bazı bölgelerin kuraklaşacağı öngörülmektedir. Deniz seviyesinde meydana gelecek yükselme sonucu da, özellikle kıyı bölgelerinde, tatlı su kaynaklarının olumsuz yönde etkileneceği tahmin edilmektedir (Ceylan, 2002). İklim değişikliği gezegenimizin tarihi boyunca sürüp giden bir olgu olmasına karşın, bu değişim daha önceki hiçbir dönemde bugünkü kadar hızlı gerçekleşmemiş, insan etkisi ise daha önceki değişikliklerde böyle bir rol oynamamıştır. İklim değişikliği, karşı önlemler alınmadan kendi haline bırakıldığında yaşamın her alanını olumsuz biçimde etkileme potansiyeli taşıyan son derece karmaşık bir sorundur. Ne var ki, gezegenin iklimi ile insan etkinliklerinin sonucu olan sera gazı emisyonları arasındaki ilişki herkesin ana ilgi alanına giren bir konu değildir. Bu durum şaşırtıcı sayılmamalıdır; çünkü iklim değişikliğinin ele alınması, son derece duyarlı bilimsel, siyasal ve ekonomik kavramları ve bakış açılarını da gündeme getirecektir. Ancak, iklim değişikliğinin kendini gösterdiği sel ve kuraklık gibi olaylar, bu konunun anlaşılmasını ve gerekli girişimlerde bulunulmasını acil bir zorunluluk olarak giderek daha fazla dayatmaktadır. Dolayısıyla, iklim değişikliği ve bunun olumsuz

etkilerine yönelik girişimlerde kullanılacak mekanizmalar için, geniş ve titiz bir kavrayışla desteklenen siyasal kararlılığa ve bilimsel bulgulara ihtiyaç duyulmaktadır (Hunter, 2003).

Diğer taraftan plansızca aşırı şehirleşmenin doğal bir sonucu olan çarpık yapılaşmanın etkisiyle yağmur sularının toprağa sızma miktarı azalmakta, buna karşın yüzey akışlar artmakta ve dolayısıyla yeraltı su seviyeleri düşmekte ve giderek azalmaktadır. Bir yandan toprağa sızan suyun azalması ile susuz kalan toprak diğer yandan seviyesi azalan yer altı suları, hidrolojik çevirim (su döngüsü) için gerekli olan evapotranspirasyon (buharlaştırma + terleme) olayını yeterince gerçekleştirememekte ve bunu sonucunda ise su dengesi bozulmakta olup neticede iklim değişikliğine sebep olmaktadır. Diğer taraftan akarsuların akım miktarları şehir alanı içerisinde etkili olan arazi kullanım planlarına göre değişebilmektedir. Akarsuların rejimlerinin değişmesiyle de taşkınlar, erozyonlar veya heyelanlar meydana gelmektedir (DPT, 2000).

## HİDRO-METEOROLOJİK TRENDLERİN İZLENMESİ

Ülkemizin yenilenebilir su potansiyeli 234 milyar m<sup>3</sup> olup bulun 41 milyar m<sup>3</sup>'ü yeraltı suları, 193 milyar m<sup>3</sup>'ü yerüstü sularından meydana gelmektedir. Ülkemizde çeşitli amaçlara yönelik kullanımlarda teknik ve ekonomik anlamda tüketilebilecek yüzey ve yeraltı suyu miktarının 110 milyar m<sup>3</sup> olduğu belirlenmiştir (WMO,1992). Devlet İstatistik Enstitüsü, 2025 yılına kadar ülkemiz nüfusunun 80 milyona varacağını tahmin etmektedir. Bu durumda kişi başına düşecek kullanılabilir su miktarımız 1.300 m<sup>3</sup>'e düşecektir (DPT, 2000).

Dünyamızda, su kıtlığı yaşayan veya gelecekte yaşamaya beklenen 5 sıcak nokta; Aral Denizi, Ganj, Ürdün, Nil ve Dicle-Fırat havzalarında (Brown vd., 2007). Bu noktalardan biri (Fırat-Dicle) Türkiye kaynaklı bir havza'dır. Diğerlerinden 3 tanesi ise Türkiye'ye yakın yerlerdedir. Dicle-Fırat nehirlerinden yararlanan 3 ülkenin (Türkiye, Irak ve Suriye) 2001 yılındaki toplam nüfusları 107 milyondur. PRB (Population Reference Bureau) tarafından yapılan tahminlere göre; 2025 yılı tahmini ise 158.6 milyon kişi olması yönündedir (Roudi-Fahimi et al., 2002).

İklim değişiminin su kaynakları üzerindeki tesiri, nehir akışındaki hacim, zamansal değişim (kar erimesi), nitelik ve zemin suyu beslenmesinde meydana gelen değişmelerin yanı sıra sistem özelliklerine, sistemin üzerinde meydana gelen değişken baskılara, sistem yönetim evrimine ve nihayet iklim değişmesine yönelik tedbirlerin uygulanmış olmasına da bağlıdır (Şen, 2005).

Dünyanın çeşitli yerlerinde son yıllarda yapılan araştırmalar, (Payne vd., 2004; Kim vd, 2007; Strzepek ve Yates, 1997; Kundzewicz ve Somlyó' dy, 1997; Barnett vd., 2004; Arnell, 1998; Nawaz ve Adeloye, 2006; Mann, 2002; Vicuna ve Dracup, 2007; Zhang vd., 2005; Kahya ve Kalaycı, 2003) yağışlarda ve akarsuların akımlarında önemli değişimler olduğunu göstermiştir. Yerkürenin iklimindeki değişimin çeşitli bölgelere düşen yağışı ne şekilde etkileyeceği konusunda güvenilir bilgiler bulunmamaktadır. Ülkemizde de yıl içinde mevsimlere göre değişen yağış-akış ilişkileri yıllar arasında büyük farklılıklar gösterir. Bunun sonucunda, suyun zamana ve miktara bağlı olarak, değişen ihtiyaçların karşılanması amacı ile yönetimi büyük önem arz etmektedir. 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 (Yenigün ve Gümüş, 2007).

### Materyal ve Yöntem

Bu çalışmanın amacı, iklimde meydana gelmesi öngörülen değişikliklerin bölgenin su potansiyelini nasıl etkileyeceği sorusuna cevap aramaktır. Havzadaki yapılara (sulama, elektrik vb. tesisler) harcanan maddi kaynakların büyüklüğü ve önemi düşünüldüğünde; gerek projenin tümünün veya bir kısmının faaliyeti sonrası akımlardaki değişmelerin (işletme açısından) takibi, gerekse yapıların ve



**Tablo 1. Fırat havzasında verileri analiz edilen meteoroloji istasyonları**

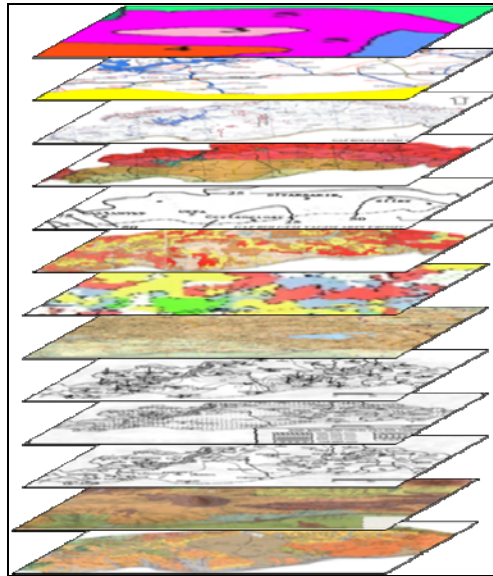
<u>İli</u>	<u>İstasyon adı</u>	<u>Numarası</u>	<u>Veri aralığı</u>
Şanlıurfa	Şanlıurfa	17270	1975 - 2008
Mardin	Mardin	17275	1975 - 2008
Mardin	Nusaybin	17948	1975 - 2008

**Tablo 2. Fırat Havzasında trend çalışmasına tabi tutulan akım gözlem istasyonları**

<u>Havza Adı</u>	<u>İstasyon No</u>	<u>Akım Gözlem İstasyonu</u>	<u>Ölçüm Periyodu</u>
Aşağı Fırat Havzası	2123	Çağçağ Suyu-Çınarköy	(1961-1993)
Aşağı Fırat Havzası	2132	Culapsuyu-İncirli	(1963-1999)
Aşağı Fırat Havzası	2165	Zerkan Suyu-Hocaköy	(1969-1998)

Hidrolojik bakımdan homojen olduğu kabul edilen bir bölgedeki  $m$  istasyonda  $n$  yıl boyunca ölçülen zaman serilerinin bölgesel trend analizi bölgesel Mann-Kendall testi ile yapılabilir. Bir zaman serisinde rastgele değişkenin değerinde istatistik anlamda sürekli bir değişme (artma-azalma) olup olmadığı istatistik testlerle ortaya çıkarılabilir. Bu testler parametrik ve nonparametrik testler olarak ikiye ayrılır. Ancak zaman serisindeki iç bağımlılık yani serisel korelasyon testin uygulanmasında bazı sorunları ortaya çıkarmaktadır. Serideki iç bağımlılığın varlığı testin sonucunu etkilemektedir. Serisel korelasyonun varlığı trend olmadığı halde test sonucunda anlamlı bir trend bulunması olasılığını arttırmaktadır. Bu nedenle Mann-Kendall testi uygulanmadan önce iç bağımlılığın etkisinin giderilmesi gerekmektedir. Ancak, bu durumda da gerçekte var olan trendin test sonucunda görülemezliği yani trend bulunmadığı hipotezinin kabul edilmesi olasılığını artırmaktadır (Bayazıt ve Önöz, 2004). Mann-Kendall testinin gücü Yue v.d. (2002) tarafından araştırılmıştır. Yapılan Monte-Carlo deneylerinde çeşitli dağılımlara (normal, genel ekstrem değer, Pearson Tip 3 Ve lognormal) uyan bağımsız zaman serileri türetilmiştir ve testin gücü çeşitli anlamlılık düzeyinde trendin eğimine ve örnek büyüklüğünün değişimine bağlı olarak incelenmiştir. Trend analizinde kullanılan bir başka test parametrik bir test olan t-testidir. Değişkenin dağılımına bağlı olan bu test nonparametrik test olan Mann-Kendall testi ile karşılaştırılmıştır (Önöz ve Bayazıt, 2003).

Çeşitli mühendislik disiplinlerinde sıklıkla kullanılan ve su kaynakları alanında henüz kullanılan, ancak alansal çalışmalarda kolay yorumlama özelliği olan “harita üzerleme” (overlay mapping) tekniği ile sözü edilen hidrolojik parametrelerdeki değişiklikler incelenmiştir. Bu sayede tanımlanan alanlar sebep-sonuç ilişkisi mantığı ile yorumlanmıştır. Bu teknik, çok sayıda tematik haritanın sayısal ortama aktarıldıktan sonra çeşitli veri matrisleriyle ilişkilendirilerek üst üste çakıştırılıp sorgulanması esasına dayanır (Şekil 2).



Şekil 2. Harita üzerleme tekniğinin şematik gösterimi (Yeşilnacar ve Çetin, 2008).

Bu amaçla Harita Genel Komutanlığından (HGK) elde edilen ve Fırat havzasının fiziksel özelliklerini içeren detaylı raster ve vektör haritalar sağlanmıştır. Bu haritalara sayısal ortamda ARC GIS yazılımı kullanılarak çalışma bölgesindeki tüm istasyonlar ve bu istasyonlara ait verilerin trend analiz sonuçlarının çıktılarını işlenmiştir. Üretilen detaylı tematik haritalar yorumlanmıştır.

Bu sayede, geçmiş ve mevcut durumun değerlendirilmesi yapılmış, buna dayanarak gelecekteki iklim değişikliği ve su kaynaklarına olası etkilerinin belirlenebileceği sonucuna varılmıştır.

### Bulgular

Bu çalışmanın yapıldığı bölgede trend analizine tabi tutulan ve trend tespit edilen akım gözlem istasyonlarının (AGİ) analiz sonuçları Tablo 3'te görülmektedir. Tablo 4'te ise çalışma yapılan meteoroloji istasyonlarına ait parametreler ve bunların trend analizi sonuçları verilmiştir

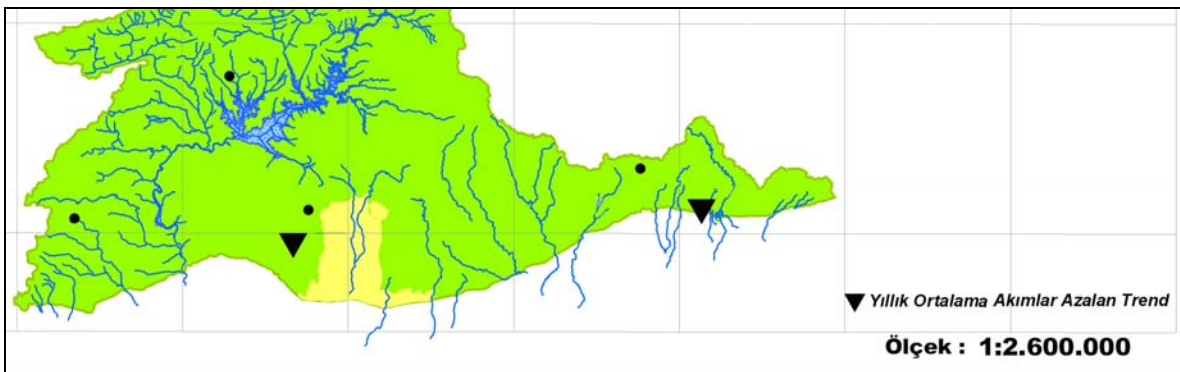
**Tablo 3. Çalışma alanında trend tespit edilmiş olan akım gözlem istasyonları ve trend değerleri**

AGİ No	İstasyon Adı	Mann-Kendall			Spearman'ın Rho		
		Ort.	Min	Maks	Ort.	Min.	Maks
2123	Çağçağ Suyu-Çınarköy	(-)	(-)	o	(-)	(-)	o
2132	Culapsuyu-İncirli	(-)	o	o	(-)	o	o
2165	Zerkan Suyu-Hocaköy	o	(-)	o	o	(-)	o

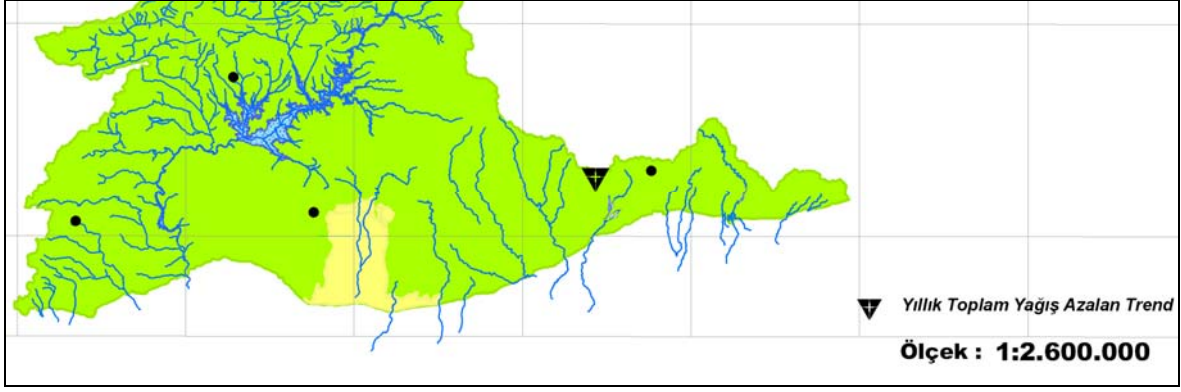
**Tablo 4. Çalışma bölgesindeki istasyonlarda bazı meteorolojik parametrelerin trend analizi sonuçları**

İstasyon isim ve nosu	Yıllık Toplam Yağış	Yıllık Ortalama Nem	Yıllık Ortalama Sıcaklık	Yıllık Maksimum Sıcaklık
Şanlıurfa-17270	(o)	(+)	(+)	(+)
Nusaybin-17275	(o)	(-)	(+)	(+)
Mardin-17948	(-)	(-)	(+)	(+)

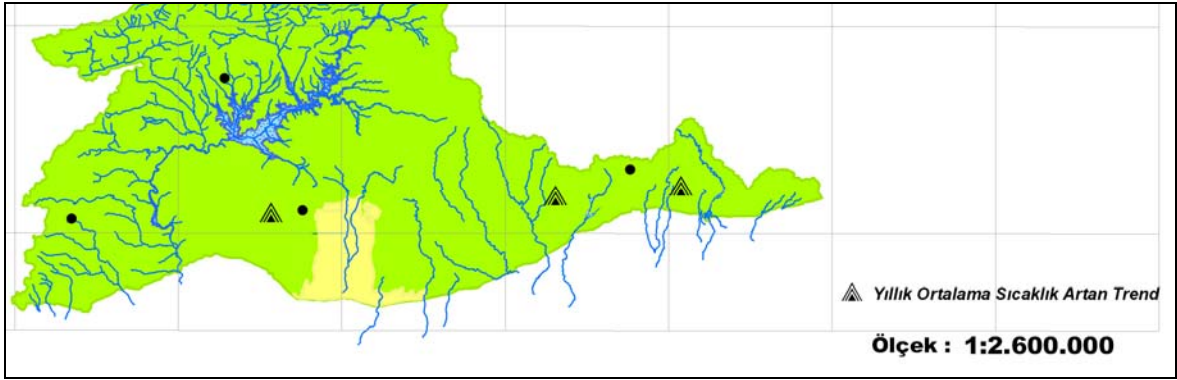
Çalışma alanındaki akımlarda elde edilen trend değerlerinin işlenmesiyle üretilen haritalar ile meteorolojik parametrelerde gözlenen trend yönlerinin işlenmesiyle üretilen haritalar sırasıyla Şekil 3,4, 5 ve 6'da verilmiştir.



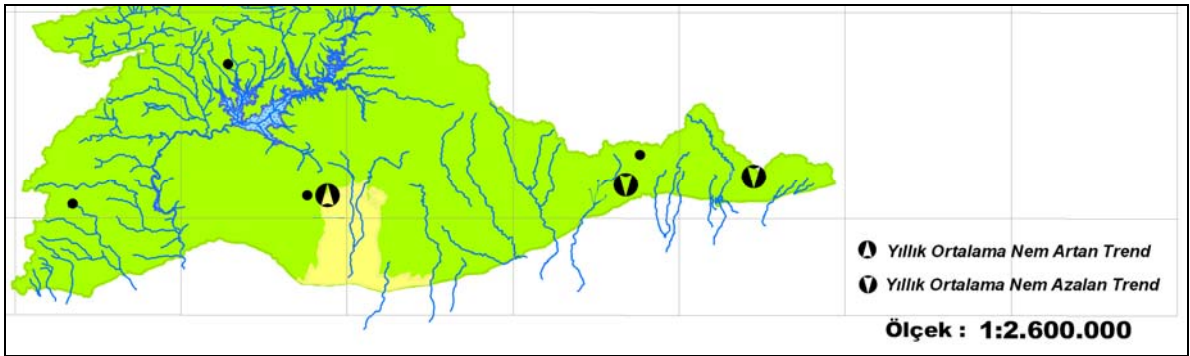
**Şekil 3. Yıllık ortalama akımlardaki trend değerlerinin işlenmesiyle elde edilen tematik harita**



Şekil 4. Toplam yağış parametrelerinde gözlenen trendlerin işlenmesiyle elde edilen tematik harita

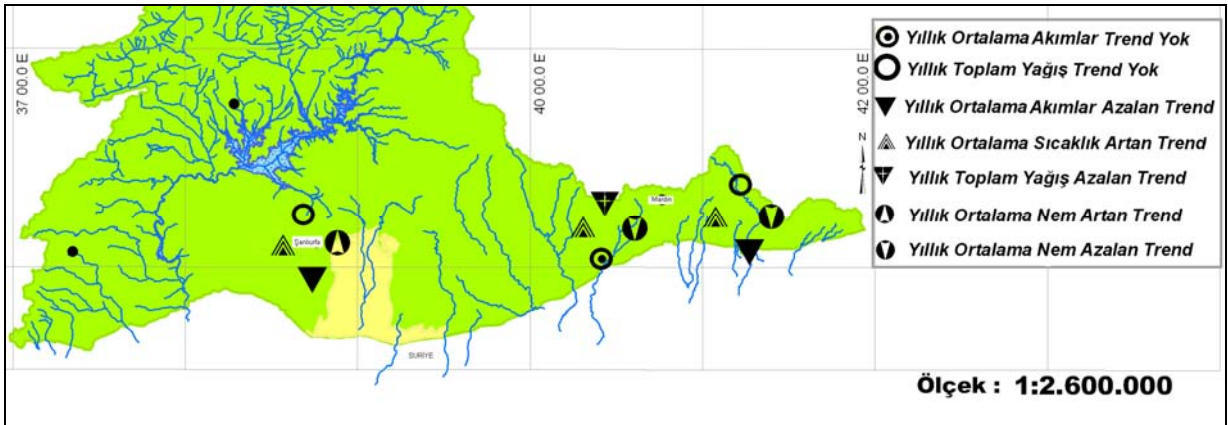


Şekil 5. Ortalama sıcaklık parametrelerinde gözlenen trendlerden elde edilen tematik harita



Şekil 6. Ortalama nem parametrelerinde gözlenen trendlerin işlenmesiyle elde edilen tematik harita

Harita üzerleme tekniği ile elde edilen tematik alan ise Şekil 7’de verilmiştir.



Şekil 7. Fırat havzası için harita üzerleme tekniğiyle elde edilen hidro-meteorolojik trend haritası

## SONUÇ VE ÖNERİLER

İnsan faaliyetlerinin düzenlenmesi ve gelecekteki iklim değişikliğinin tahmini açısından, iklimsel parametrelerdeki olası değişimlerin ortaya konulması büyük önem taşımaktadır. İklim değişikliğinin etkileri jeolojik kayıtlar, buzulların hacminde azalma, denizlerin yükselmesi, göllerdeki su sıcaklığının artışı, güncel ölçümler, aerosoller ve matematiksel modeller ile açıklanmaya çalışılabilir. Ancak, bu bilgiler içerisinde yer alan ve gözlemler yapılarak elde edilen meteorolojik veriler, iklimdeki yersel ve bölgesel değişkenliğin izlenmesi açısından en güvenilir ve en çok tercih edilen yöntemdir.

Bu çalışma Fırat havzasının tümünü; tüm akım gözlem istasyonlarının tüm uzun dönem ortalama, minimum ve maksimum değerleri ile, yine aynı havzadaki tüm meteorolojik istasyonların ortalama sıcaklık, ortalama yağış ve nem değerlerinin, hem yıllık ve hem de aylık bazda tüm değerlerinin birlikte trend analizi altında değerlendirildiği ve kapsamlık tematik haritalarının çalıştığı geniş çalışmanın bir bölümünü kapsamaktadır.

Bulgular bölümünde verilen sınırlı sayıda istasyonun verilerinin sadece yıllık ortalamalar olarak kullanılmasıyla, harita bindirme tekniğine uyarlaması gösterilmiştir. Şekil 7'de yapılan değerlendirme sonucunda, bu alanda yıllık ortalama akımlarda azalan yönde tespit edildiği açıktır. İklim parametrelerinin üçü ile bu durum kıyaslandığında; toplam yağışta da belirgin bir düşme ve yine buna paralel olarak sıcaklık ortalamalarında belirgin bir yükselmenin varlığından söz edilebilir. Nem parametresinde ise bu değişime paralelliğin sadece Şanlıurfa merkez meteoroloji istasyonundaki verilerde uyuşmadığı görülür. Ancak nem parametresinin aylık bazda incelenmesiyle, sulamaya açılan ve Şekil 3'te belirgin şekilde görülen Harran Ovası sulamalarının yaz aylarındaki baskın etkisini görmek, bu tematik çalışmanın etkinliğinin devamına sebebiyet verecektir.

Harita bindirme metodu ile, iklim değişikliğinin gösterge parametrelerindeki değişimlerin, su kaynaklarını temsil eden akımlarda da kendisini trendlerle göstermesi, iklim değişikliğinin su kaynaklarına olan etkisini göstermesi bakımından önemlidir. Üstelik bu çalışmanın harita bazlı yapılması, çeşitli su kaynakları proje alanlarına etkisini de göstermesi bakımından önemlidir. Bölgenin, (Suriye sınırındaki geniş ve uzun bandın), mayınlardan temizlenmek suretiyle organik tarım amaçlı kullanılacağı düşüncesi da bu bilgiyi önemli kılmaktadır.

Çalışmanın tamamı irdelendiğinde iklim değişikliği ve dolayısıyla küresel ısınmanın su kaynakları kullanımı üzerinde etkili olduğu görülmektedir. Bu etkinin olumsuz yönlerini ortadan kaldırmak veya en aza indirmek için sunulabilecek en önemli öneri su kaynaklarının planlı ve verimli bir şekilde kullanılmasıdır. Su kaynaklarının planlı ve verimli bir şekilde kullanılması dünyadaki su dengesini koruyacağından, hidrolojik çevirimin sorunsuz ve eksiksiz bir şekilde gerçekleşmesini sağlayacağından ve ekolojik dengenin korunmasını sağlayacağından iklim değişikliğinin ve dolayısıyla küresel ısınmanın gerçekleşmesini de ya büyük oranda engelleyecek veya geciktirecektir. Kısıtlı verilerle dar bir alanda uygulaması yapılmaya çalışılan bu araştırma, esnek bir yapıda olup her geçen gün teknolojiye gelişmelere ve güncel/kapsamlı verilere paralel olarak geliştirilmeye açık bir yapıdadır. Mevcut verilerle elde edilen sonuçlar gelecekte çalışma alanımızı oluşturan Fırat havzası ve diğer bölgelerde;

- Mevcut su kaynaklarının tespiti,
- İklimsel değişikliklerin su kaynaklarına etkisinin ve değişimlerin incelenmesi,
- Mevcut su kaynaklarının uzun yıllar gözlenmiş meteorolojik verilerinin değerlendirilmesi,
- Kaynaklardaki mümkün olabilecek azalmanın ve nedenlerinin belirlenmesi,
- Taleplerin belirlenmesi,
- Bu bölgede gelecekte su sıkıntısının oluşup oluşmayacağına tespiti,
- Su kaynaklarının durumuna bağlı olarak kuraklık oluşup oluşmayacağına tespiti,
- Nüfus artışı ve ekonomik gelişmeyle birlikte su talebinde ve tüketiminde gözlenebilecek değişimler,



- Nüfus yoğunluğunun artışına bağlı olarak içme suyunun gelecekte ihtiyacı karşılayıp karşılayamayacağını tespiti,
- Su kaynaklarının daha verimli kullanılabilmesi için alınabilecek önlemler, alternatif çözüm önerileri,
  - Kısa, orta ya da uzun vadeli yönetim planlarının nasıl şekillenmesi gerektiği,
  - Su kaynaklarının ekonomik, çevresel ve sosyal boyutunun belirlenmesi,
  - Su kaynakları ve kullanımı ile yaşam standardı arasındaki ilişki,
  - Potansiyel hadiselerde yönetim ölçütünün belirlenmesi, gerekli yasal düzenlemelerin, kuralların ve prosedürlerin hazırlanması,
  - Su kaynaklarının tasarrufu konusunda duyarlılığın sağlanması becerisi kazanılmakla birlikte benzer çalışmalar yoluyla, sürekli değişen verilerin dinamik nitelikte bir ölçme-değerlendirme mekanizmasını uygulanabilirliğini göstermiştir.

#### **KAYNAKLAR**

- Arnell, N. W., 1998, "Climate Change and Water Resources in Britain", *Climatic Change* 39: 83–110, 1998
- Barnett, T., Malone, R., Pennell, W., Stammer, D., Semtner B., Washington, W., 2004, The effects of climate change on water resources in the West: Introduction and overview, *Climatic Change* 62: 1–11.
- Bayazıt, M., Önöz, B., 2004. Trend Analizi, IV. Ulusal Hidroloji Kongresi, Hidrolojide Yeni Yöntemler Semineri, İTÜ, 21-25 Haziran.
- Brown, L. R. et al., 2000. 'Dünyanın Durumu 2000, TÜBİTAK-TEMA, Yayın No: 32, İstanbul.
- Ceylan, A., 2002. "İklim Etkisi ve Su Kaynaklarından Verimli Yararlanma Yöntemleri", İklim Değişikliği ve Su Kaynaklarına Etkisi, Su Vakfı Yayınları.
- DPT (Devlet Planlama Müsteşarlığı Teşkilatı), 2008. 'Güneydoğu Anadolu Projesi', Bölgesel Gelişme, <http://www.dpt.gov.tr/bgyu/bkp/gap.html>
- DPT, 2000. "İklim Değişikliği Özel İhtisas Komisyonu Raporu", Ankara. <http://ekutup.dpt.gov.tr/cevre/oik548.pdf>
- DSİ, 2008, [www.dsi.gov.tr](http://www.dsi.gov.tr)
- Hunter, J., W., 2003. "İklim değişikliği çerçeve sözleşmesi ve Kyoto Protokolü için kılavuz", UNFCCC, Bonn. [http://unfccc.int/resource/docs/publications/caring\\_trk.pdf](http://unfccc.int/resource/docs/publications/caring_trk.pdf)
- Kahya, E., Kalaycı, S., 2003: Trend analysis of streamflow in Turkey. *Journal of Hydrology*, 289:128–144.
- Kim, B. Y., Kim, H. S., Seoh, B. H., Kim, N. W., 2007, "Impact of Climate Change On Water Resources in Yongdam Dam Basin, Korea", *Stoch Environ Res Ris Assess* 21:355–373.
- Kundzewicz Z.W., Somlyódy, L., 1997, *Climatic Change Impact on Water Resources in a Systems Perspective*, *Water Resources Management* 11: 407–435.
- Mann, M., 2002, "Large-Scale Climate Variability And Connections with Themiddle East in Past Centuries", *Climatic Change* 55: 287–314.
- Nawaz, N. R., Adeloye, A. J., 2006, "Monte Carlo Assessment of Sampling Uncertainty of Climate Change Impacts on water Resources Yield in Yorkshire, England", *Climatic Change* 78: 257–292.
- Önöz, B., Bayazıt, M., 2003. The Pover of Statiscial Tests for Trend Dedection, *Turkish J. Eng. Env.Sci.*27
- Payne, J.T., Wood, A. W., Hamlet, A. F., Palmer, R. N., Lettenmaier, D. P., 2004, "Mitigating The Effects of Climate Change On The water Resources Of The Columbia River Basin", *Climatic Change* 62: 233–256
- Roudi-Fahimi, F., Creel, L., and De Souza, R. M., 2002. "Finding the balance: Population and Water Scarcity in the Middle East and North Africa, Population Reference Bureou", *Mena Policy Brief*, Washington. [http://www.prb.org/pdf/FindingTheBalance\\_Eng.pdf](http://www.prb.org/pdf/FindingTheBalance_Eng.pdf)
- Strzepek K.P., Yates, D., 1997, Climate change impacts on the hydrologic resources of Europe: a simplified continental scale analysis, *Climatic Change* 36: 79–92.

- Şen, Z., 2005. 'İklim Değişikliği Ve Su Kaynaklarına Etkisi', "İklim Değişikliğinin Su ve Enerji Kaynaklarımıza Etkisi" Paneli, Su vakfı, İstanbul.
- Vicuna, S., Dracup, J.A., 2007, The evolution of climate change impact studies on hydrology and water resources in California, *Climatic Change*, 82:327–350.
- WMO, 1992. Monitoring, Assessment and Combat of Drought and Desertification, WMO/TD-No.505, s. 1, Geneva.
- Yenigün, K., Gümüş, V., Bulut,H., 2008. "Trends in streamflow of Euphrates Basin, Turkey", *ICE Water Management*, 161/4, 189-198.
- Yenigün,K. and Gümüş, V., 2007. "Fırat Havzası Akımlarında Görülen Trendlerin Nedenlerinin Araştırılması", V. Ulusal Hidroloji Kongresi Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara
- Yeşilnacar, M.İ., Çetin, H., 2008. An environmental geomorphologic approach to site selection for hazardous wastes, *Environmental Geology* 55/8, 1659–1671.
- Yue,S., Pilon, Cavadias, G., 2002. Pover of the Mann-Kendall and Spearman's Rho Tests for Dedecting Monotonic Trends in Hydrological Series, *Jornal of Hydrology*, 259.
- Zhang,X., Aguilar, E., Sensoy, S., Melkonyan, H., Tagiyeva, U., Ahmed, N., Kotaladze, N., Rahimzadeh, F., Taghipour, A., Hantosh, T. H., Albert, P., Semawi, M., Ali, M.K., Al-Shabibi, M.H.S., Al-Oulan, Z., Zatari, T., Khelet, I.A.D., Hamoud, S., Sagir, R., Demircan, M., Eken, M., Adiguzel, M., Alexander, L., Peterson, T.C., Wallis, T., 2005,Trends in Middle East climate extreme indices from 1950 to 2003, *Journal of Geophysical Research*, Vol. 110, D22104.