

## ÇATALAN BARAJI AKIMLARINA İKLİM DEĞİŞİMİNİN OLASI ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

**Filiz MALKOÇ<sup>1</sup>, Mustafa ARSLAN<sup>1</sup>, Mustafa DİREN<sup>1</sup> ve Ahmet Hamdi SARGIN<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>DSİ Genel Müdürlüğü İşletme ve Bakım Dairesi Başkanlığı, İşletme Hidrolojisi Şube Müdürlüğü-ANKARA

<sup>2</sup>DSİ Genel Müdürlüğü Teknoloji Dairesi Başkanlığı, CBS Şube Müdürlüğü-ANKARA

[filizmalkoc@dsi.gov.tr](mailto:filizmalkoc@dsi.gov.tr); [marslan@dsi.gov.tr](mailto:marslan@dsi.gov.tr); [mustafadiren@dsi.gov.tr](mailto:mustafadiren@dsi.gov.tr); [ahmets@dsi.gov.tr](mailto:ahmets@dsi.gov.tr)

### Özet

Bu çalışmada; küresel iklim değişimin su kaynaklarına olası etkileri irdelenerek, taşkın mevsiminde kar erimesinden oluşacak akımların tahmin sonuçları ortaya konulmaya çalışılacaktır. Kar erimelerinden dolayı ilkbahar aylarında önemli taşkın olaylarının meydana geldiği Seyhan Havzasında yer alan Çatalan barajı havzası çalışma sahası olarak seçilmiştir. Havzanın 1966-2011 dönemi akımları irdelenerek, akımların baraja en çok geldiği dönemlerdeki (Kasım-Ocak ve Mart-Mayıs dönemi) doğrusal eğilimlerini tespit etmek için parametrik olmayan Mann-Kendall testi tercih edilmiştir. Yapılan trend analizine göre ilkbahar dönemi (taşkın mevsimi) akımlarının azalan bir eğilimde olduğu tespit edilerek, bir sonraki su yılında oldukça fazla kar yağışının gerçekleştiği 2012 su yılının kar erime mevsimi olan Mart-Mayıs periyodundaki baraj akımları SRM (Snowmelt Runoff Model) kullanılarak hesaplanmaya çalışılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** İşletme Hidrolojisi, Çatalan Barajı, Mann-Kendall testi, Kar Erimesi, Tahmin.

### Abstract

In this study, the effect of global climate changes on water resources will be examined, and the results of the estimations about streams due to snow melting in flood seasons will be tried to be introduced. Çatalan dam, which is located Seyhan River Basin, is selected as the study area where have occurred important snowmelt events in spring seasons. By examining of the basin flows which has belong to 1966-2011 period, it is chosen non-parametric Mann-Kendall test to determine the linear trends of the dam's flows which are the most amount of water coming period (November-January and March-May period). According to Mann-Kendall test, it is determined that the flows of the spring period (flood season) have a decreasing trend and in the next water year which occurred quite a lot of snow accumulated in 2012 year, dam's flows of the period from March to May that is called as the snowmelt season, is studied to be estimated by using SRM (Snowmelt Runoff Model).

**Key Words:** Operational Hydrology, Çatalan Dam, Mann-Kendall Test, Snowmelt, Forecast.

### 1. GİRİŞ

İklim değişmesi hidrolojik çevrim, su kaynakları, onların yerel-bölgesel-küresel yönetimi ve dağıtımını üzerine gün geçtikçe daha da fazla etki eder hale gelmektedir. Küresel iklim

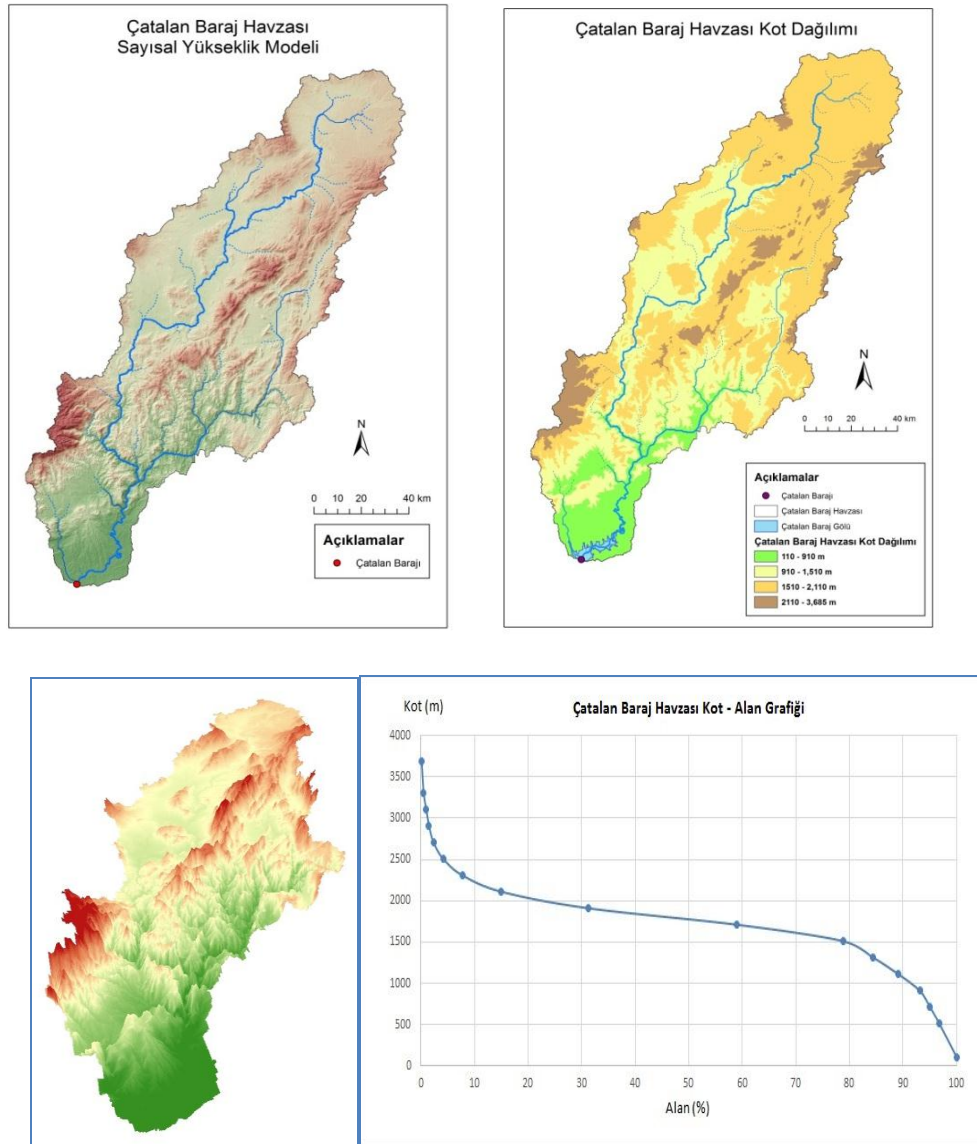
değişiminin ülkemizdeki su kaynaklarına olası kötü etkileri; yağışların mevsimsel dağılımının ve şiddetinin değişecek olması, ani sellerde artışların beklenilmesi, 1987'den beri zaten ortalamasının altında gerçekleşen kar örtüsünün daha da azalma ihtimali, akımların sadece miktarının azalmayıp aynı zamanda pik zamanlarının da değişeceği şeklinde özetlenebilmektedir [5]. Ülkemizde giderek artan içme suyu, sulama ve enerji ihtiyacına paralel olarak depolama tesislerinin sayısı da gün geçtikçe artmaktadır. Suyun kısıtlı olması nedeniyle depolama tesislerindeki suyun planlı ve programlı bir şekilde kullanılması önem kazanmaktadır. Suyun programlı bir şekilde kullanımı, işletme hidrolojisinin rezervuarlara doğru olarak uygulanması ve suyun maksimum su seviyesine kadar depolanarak paydaşların ihtiyaçları karşılanacak şekilde verimli işletilmesi ile mümkündür. Bu nedenle depolamalara gelen suların bir kısmı enerjisi alınarak mansaba bırakılırken diğer kısmı da gelecek yılın ihtiyaçları dikkate alınarak depolanması sağlanmalıdır. Aksi takdirde büyük depolamalı barajların tekrar doldurulması uzun yıllar alacağı gibi üretilecek enerji miktarı da azalacağından, üretilebilecek enerjinin kaynağı olan suyun tekniğine uygun tahmin edilmesi ve ihtiyaçlarda dikkate alınarak su bütçelerinin oluşturulması gerekmektedir. Neticede işletme hidrolojisinde en önemli ilk iş, hidrolojik tahmin yapmak ve rezervuara gelecek olan su miktarını belirlemektir [1].

Türkiye su potansiyelinin yaklaşık % 65'i yılın ilk 4 ayındaki akımlardan meydana gelmektedir. Yılın söz konusu bu zamanı önemli kar erime olaylarının meydana geldiği dönemdir. Kar erimelerinden meydana gelen yüzeysel akış, özellikle Türkiye gibi engebeli dağlık bir araziye sahip ülkelerde son derece önemlidir. Dağların yüksek kotlarından kaynaklanan sular, üzerine kurulan birçok barajın işletilmesi için gerekli olan suyu sağlamaktadır. Kar erimelerinden meydana gelecek akışların doğru ve güvenilir tahminleri, bölgedeki barajların daha ekonomik olarak işletilmesi ve özellikle taşkından korunma yönünden büyük fayda sağlamaktadır [7].

Sonuç olarak bu tebliğde; küresel iklim değişiminin su kaynaklarına olası etkileri Mann-Kendall analizi ile irdelenerek, taşkın mevsiminde kar erimesinden oluşacak akımların SRM ile yapılan tahmin sonuçları ortaya konulmaya çalışılacaktır. Söz konusu çalışmada yapılan analizler, karar verme aşamasında destek mekanizması olarak etkin role sahip olan ve su kaynaklarının yönetimine ilişkin analizlerde yoğun olarak kullanılmaya başlanılan Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile gerçekleştirilmiştir[2].

## 2. HARİTA ÇALIŞMALARI

Çatalan barajı havzasının genel topoğrafik özellikleri aşağıdaki çizelge de verilmiştir. Çatalan barajı havzasının ortalama hipsometrik kotunu bulmak, havzayı zonlara ayırmak ve karla kaplı alanların değişimini belirlemek amacı ile bilgisayar ortamında Coğrafi Bilgi Sistemleri uyumlu bir programla (ArcHydro) çeşitli sorgulamalar gerçekleştirilmiştir [2]. Bu çalışmaları yapabilmek amacıyla SRTM uydu görüntülerinden elde edilen Sayısal Arazi Modeli (DEM) kullanılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Çatalan Barajı Kot-Alan Eğrisi ve Zon Alanları

### 3. TREND ANALİZİ ÇALIŞMALARI (MANN-KENDALL TESTİ)

Hidrolojik büyüklükler (yağış, akış) zaman içinde rastgele değişen karakterde olduğundan sürekli bir azalma veya artma eğiliminin araştırılması özel yöntemler kullanmayı gerektirir. 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. Bu testte zamana göre sıralanmış ( $X_1, X_2, \dots, X_n$ ) seriler,  $H_0$  (seride trend yoktur) hipotezine göre zamandan bağımsız ve benzer dağılmış rasgele değişkenlerdir.  $H_a$  (seride trend vardır) 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 lineer bir trend vardır. Bu trend analizi, eksik verilerin varlığına müsaade ettiği ve verilerin belirli bir dağılıma uyma zorunluluğu aramadığı için özellikle kullanışlıdır [3, 4]. Ayrıca bu testin diğer önemli tarafı ise uygulaması kolay, sıralar üzerine esas olması ve serisel korelasyon etkisini yok etmiş olmasıdır [11]. Bu çalışmada istatistiksel Mann-Kendall testi Addinsoft XLSTAT2012 yazılımı kullanılarak yapılmıştır. Çatalan havzasına ait meteorolojik ve hidrolojik serilerinin olası gidiş bileşenini saptamak ve istatistiksel anlamda önemli bir artma ya da azalma eğiliminin olup olmadığını belirlemek amacı ile Mann-Kendall trend analizlerinin anlamlılık düzeyleri %95 güven aralığında test edilerek uygulanmıştır. Bu trend analizi, ayların mevsimlere katkısını belirlemek amacıyla hem aylık hem de mevsimlik olarak hazırlanmıştır.

### 4. KAR ERİMESİNDEN MEYDANA GELEN AKIMLARIN TAHMİN EDİLMESİ ÇALIŞMALARI (SNOWMELT RUNOFF MODEL)

Literatürde “Martinec Modeli” veya “Martinec-Rango Modeli” olarak da referans edilen “Kar Erimesi-Yüzeysel Akış Modeli”, kar erimesinin ana akış faktörü olan dağlık havzalarda günlük, aylık ve yıllık akışları tahmin ve simüle etmek için dizayn edilmiştir [8, 9]. Her gün yağmur ve kar erimesinden üretilen su hesaplanarak, geri çekilme akışı üzerine eklenir ve havzadan günlük deşarj aşağıdaki eşitliğe göre dönüştürülür.

$$Q_{n+1} = [c_{sn} \cdot a_n (T_n + \Delta T_n) S_n + c_{rn} P_n] \frac{A \cdot 10000}{86400} (1 - k_{n+1}) + Q_n k_{n+1} \quad (1)$$

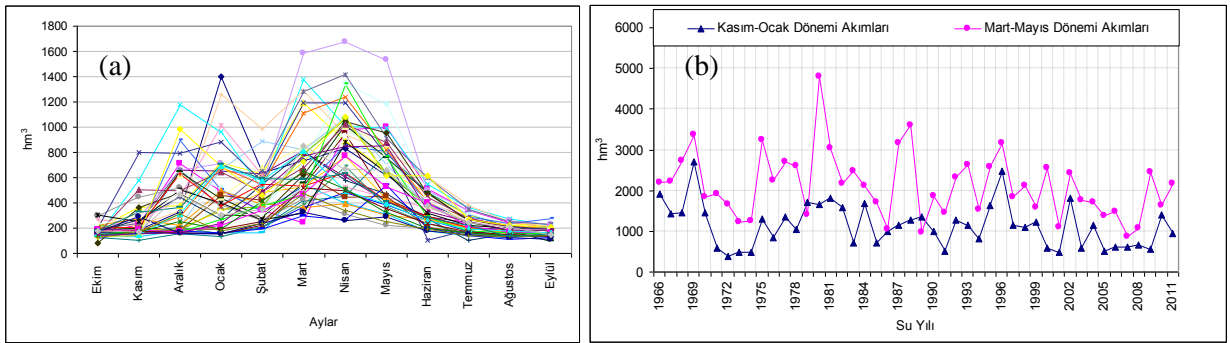
Q: Ortalama günlük deşarj ( $m^3/s$ ), C: Bir oran olarak kayıpları açıklayan yüzeysel akış katsayısı, (yüzeysel akış/yağış),  $C_s$  kar erimesini ve  $C_r$  yağmuru temsil eder, a: Derece-gün faktörü ( $cm. ^\circ C$

$^1.d^{-1}$ ), bir derece-gün meydana gelen kar erime derinliğini gösterir, T: Derece-günleri sayısı ( $^{\circ}C.d$ ), UT: Havza veya zonun istasyondan ortalama hipsometrik yüksekliğe göre sıcaklığı ekstrapole ederken kullanılan sıcaklık düşme oranı düzeltmesi ( $^{\circ}C.d$ ), S: Kar örtülü alanın toplam alana oranı, P: Yüzeysel akışa katkı sağlayan yağış (cm),  $T_{CRIT}$  (önceden seçilmiş bir eşik sıcaklık) ile bu katkının yağmurdan mı yoksa mevcut durumdan mı olduğunu belirler, A: zonun veya havzanın alanı ( $km^2$ ), k: Yağmur veya kar erimesiz bir periyotta deşarjın azalmasını gösteren geri çekilme katsayısı (m, m+1 gerçek bir geri çekilme periyodu boyunca ardışık günler),  $k=Q_{m+1}/Q_m$ , n: deşarj hesaplama periyodu boyunca ardışık günler. Yukarıdaki eşitlik 18 saatlik deşarj döngüsü sonucu ve günlük sıcaklık döngüsü arasındaki bir zaman gecikmesi (L) için yazılmıştır [6, 10, 12].

## 5. BULGULAR

### 5.1. MANN-KENDALL ANALİZİ BULGULARI

Çatalan barajına gelen akımların 1966-2011 dönemi su yıllarına ait aylara göre değişimleri Şekil 2 (a)'da gösterilmiştir. Bu grafikten de anlaşılacağı üzere, baraja yıl boyu gelen akımların en çok Kasım-Ocak ile Mart-Mayıs olmak üzere iki ayrı 3 aylık dönemlerde meydana geldiği anlaşılmaktadır. Bu iki dönem içinde ise en fazla gelen toplam akım, Mart-Mayıs dönemi olan ilkbahar mevsiminde olmaktadır. Bu dönem aynı zamanda havzadaki karın eriyerek yüzeysel akışa geçtiği dönemdir.



Şekil 2. (a) Çatalan barajına gelen akımların aylara göre ve (b) 3 aylık akımların yıllara göre değişimleri

Yukarıda ifade edildiği gibi baraja yılın en fazla akımların geldiği ve barajında aynı zamanda taşkın koruma amacının olmasından dolayı ilkbahar mevsiminde barajda oluşabilecek taşkın riski nedeni ile rezervuarda bırakılan boş hacmin işletme programlarındaki miktarının

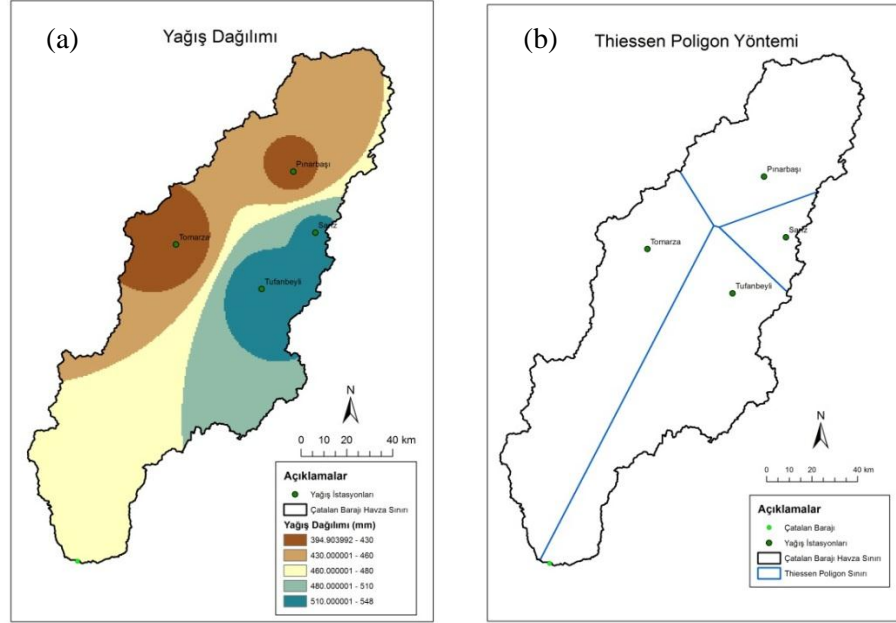
belirlenmesi için, bu dönemdeki akımların ne olacağını bilmesi çok önemlidir. Sonuçta; baraja yıl içinde en çok akımın geldiği iki ayrı dönem için 1966-2011su yıllarına ait 3 aylık toplam akımlarının zamana göre nasıl bir trend gösterdiği Mann-Kendall testi ile belirlenmiştir (Şekil 2 (b) ve Çizelge 1).

*Çizelge 1. Çatalan barajına gelen aylık ve 3 aylık toplam akım verileri için Mann-Kendal testi sonuçları.*

	<b>Kasım-Ocak Dönemi Akımları</b>	<b>Mart-Nisan Dönemi Akımları</b>
<b>Kendall's tau</b>	-0.160	-0.210
<b>S</b>	-158.000	-208.000
<b>Var(S)</b>	0.000	0.000
<b>p-value (Two-tailed)</b>	0.125	0.042
<b>alpha</b>	0.05	0.05
<b>Test sonuçlarının yorumu</b>	<b>seride trend yoktur</b>	<b>seride azalan trend vardır</b>

Çizelgedeki sonuçlar incelendiğinde Kasım-Ocak dönemi akımlarının Mann-Kendall analizine göre  $H_0$  hipotezi (seride trend yoktur) reddinin olamayacağı anlaşılmaktadır. Bu da  $H_0$  hipotezinin kabulünü yani seride trend olmadığını varsaymaktadır. Diğer yandan Mart-Nisan dönemi akımlarının trend analizinde ise  $H_0$  hipotezi reddi kabul edilebilir olmaktadır.  $H_a$  hipotezinin (seride trend vardır) kabul edilebilir olduğu varsayılmaktadır. Mann-Kendall analizi ile hesaplanan S değerinin negatif olması azalan bir trendde olduğunu göstermektedir.

İlkbahar akımlarındaki azalma trendinin neden kaynaklandığının araştırılması için havzada açık olan meteoroloji istasyonlarından aynı periyotta iklim verilerine sahip Sarız (MGM)'in ortalama sıcaklık ve aylık toplam yağış değerleri Mann-Kendall analizi ile incelenmiştir. Şekil 3(a)'dan görüleceği üzere aynı periyota sahip meteoroloji istasyonlarının yağış değerleri kullanılarak, ArcGIS programındaki IDW (Inverse Distance Weighted) yöntemine göre elde edilen Çatalan havzasının yağış alanı dağılımı haritası verilmiştir. Buradaki dağılım ile havzanın elde edilen 3-boyutlu havza modelindeki haritası oldukça uyumludur. Havzanın yağış dağılımı ile topoğrafik yapısı birebir örtüşmektedir. Sonuçta Tomarza ve Pınarbaşı meteoroloji istasyonları havzanın kurak bölümünde kalmaktadır. Tufanbeyli ve Sarız meteoroloji istasyonları ise havzanın en yağışlı bölümünde bulunmaktadır.



Şekil 3. Çatalan havzasına ait (a)IDW yöntemine göre yağış dağılımı ve (b)Thiessen poligon haritaları

Ayrıca Thiessen yöntemine göre de meteoroloji istasyonlarının havzadaki etki alanları çıkartılmıştır. Buna göre en fazla etkiye Tomarza ve Tufanbeyli meteoroloji istasyonları sahiptir. En az etkiye ise Sarız meteoroloji istasyonu sahiptir. Fakat Sarız ve Tufanbeyli meteoroloji istasyonlarının aynı dönemdeki yağış değerleri incelendiğinde hem aylara göre dağılımlarının hem de miktarlarının çok benzerlik gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca incelenen baraj akımlarının periyodunda 2011 su yılı dahil olduğundan ve sadece de Sarız meteoroloji istasyonunun yağış değerleri 2011'e kadar MGM'den temin edilebildiğinden iklim etkisi bu istasyon üzerinden incelenmiştir. Sonuçta Sarız istasyonunun 1966-2011 arası Çatalan barajına gelen akımlarda azalma trendinin belirlendiği ilkbahar döneminde hem aylık (Mart, Nisan ve Mayıs) hem de 3 aylık toplam olarak yağış miktarlarında trendin olup olmadığı Çizelge 2'de ayrıntılı olarak ortaya konulmuştur. Bu tablodan anlaşılacağı gibi, Mann-Kendall istatistiksel sonuçlarına göre  $H_0$  hipotezini reddetme riski tüm seçilen zamanlar için yüksektir. Her ne kadar Mann-Kendall test istatistiği (S) Nisan ve mayıs aylarında azalan trend gibi görünse de, anlamlılık seviyesi  $\alpha=0.05$ 'dan daha büyük p-değerleri hesaplandığı için "trend var demek" riskli olmaktadır. Dolayısı ile hem aylık hem de 3 aylık toplam yağış değerlerinde 1966-2011 su yıllarında Mann-

Kendall testi istatistiksel analiz sonuçlarına göre bir trend yoktur. Aynı şekilde Sarız meteoroloji istasyonunun sıcaklık değerleri de Mann-Kendall testi analizi ile incelenmiştir (Çizelge 3).

*Çizelge 2. Sarız meteoroloji istasyonuna ait aylık ve 3 aylık toplam yağış verileri için Mann-Kendal testi sonuçları.*

	Mart	Nisan	Mayıs	Mart-Mayıs
Kendall's tau	0.044	-0.061	-0.075	-0.056
S	44	-60	-74	-55
Var(S)	0	10448	0	10449
p-value (Two-tailed)	0.6758	0.5638	0.4775	0.5973
alpha	0.05	0.05	0.05	0.05
<b>Test sonuçlarının Yorumu</b>	<b>seride trend yoktur</b>	<b>seride trend yoktur</b>	<b>seride trend yoktur</b>	<b>seride trend yoktur</b>

*Çizelge 3. Sarız meteoroloji istasyonuna ait aylık ve 3 aylık ortalama sıcaklık verileri için Mann-Kendal testi sonuçları.*

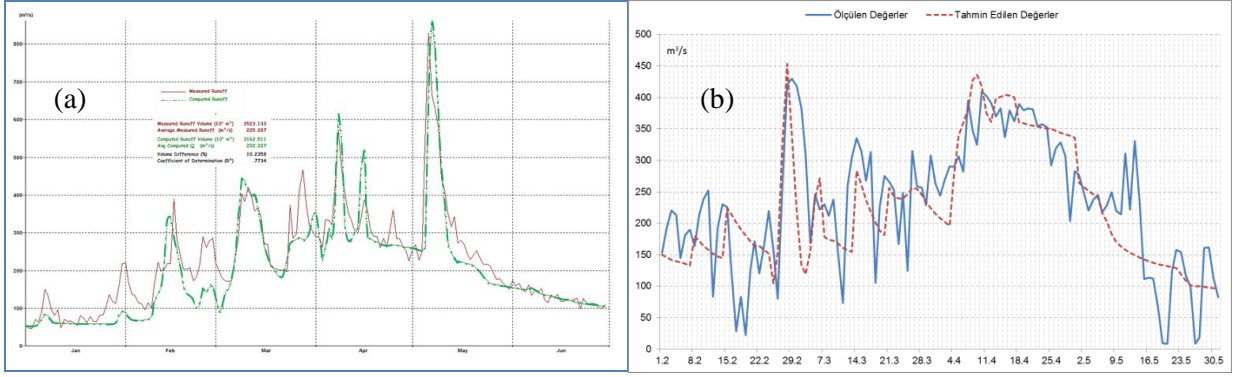
	Mart	Nisan	Mayıs	Mart-Mayıs
Kendall's tau	0.065	0.055	-0.029	0.048
S	64	54	-28	47
Var(S)	10441	10435	10429	10442
p-value (Two-tailed)	0.538	0.604	0.791	0.653
alpha	0.05	0.05	0.05	0.05
<b>Test sonuçlarının Yorumu</b>	<b>seride trend yoktur</b>	<b>seride trend yoktur</b>	<b>seride trend yoktur</b>	<b>seride trend yoktur</b>

Aynı yağış verilerinde olduğu gibi hem aylık hem de 3 aylık ortalama yağış değerlerinde 1966-2011 su yıllarında Mann- Kendall testi istatistiksel analiz sonuçlarına göre bir trend yoktur.

## 5.2. SRM BULGULARI

Modele girilmesi gerekli değişkenlerin ve parametrelerin Çatalan barajı yağış alanı için belirlenmesi için geçmiş su yıllarındaki ilkbahar dönemi akımları simüle edilmiştir (Şekil 4a). Modele girilmesi gereken katsayıların ve parametrelerin belirlenmesi için yapılan kalibrasyon ve verifikasyon çalışmalarında 2008, 2009 ve 2010 su yılları kullanılmıştır. Simüle edilen 2008, 2009 ve 2010 su yıllarında kullanılan akımlar, baraj için tespit edilen giriş akımlarıdır. Yapılan bu simülasyon çalışmalarından 2009 su yılı ayrıntılı olarak incelendiğinde, istatistiksel olarak iyi bir ilişki sayılabilecek  $R^2$  katsayısı 0.77 olarak hesaplanmıştır. 2009 su yılında Ocak-Haziran döneminde gerçekleşen toplam değer  $3523.1 \text{ hm}^3$  ( $225.3 \text{ m}^3/\text{s}$ ) %10.2 fark ile  $3162.5 \text{ hm}^3$  ( $202.2 \text{ m}^3/\text{s}$ ) olarak tahmin edilmiştir. Ayrıca bu su yılında Mayıs ayında gözlenen en büyük taşkın pik değeri çok yakın fark ile simüle edilmiştir.





Şekil 4. (a)Çatalan Barajı için 2009 Su Yılı'nın SRM ile Simüle Edilmesi ve (b)Çatalan Barajı 2012 Su Yılı Tahmin ve Ölçülen Giriş Akımlarının Karşılaştırılması

Yukarıda ifade edildiği üzere geçmiş yıllara ait yapılan simülasyon çalışmaları ile Çatalan barajı havzası için model parametreleri, akımların en doğru şekilde tahmin edilebilmesi için belirlenmiştir. Belirlenen parametreler ve 2012 su yılına ait değişkenlerin modele girilmesi sonucunda SRM'nin forecast (tahmin) modunda çalıştırılması ile 2012 su yılına ait Mart-Mayıs arası akım değerleri tahmin edilmiştir. MGM'den temin edilen 10 günlük sıcaklık ve yağış tahmin değerleri kullanılarak da model tahmin modunda çalıştırılmış ve 10 günlük tahmin değerleri elde edilmiştir. Elde edilen bulgular aşağıda grafikte verilmiştir. Grafik incelendiğinde, gerçekleşen hidrografın pik debisinin çok yakın değerinde tahmin edildiği görülmektedir. Gerçekleşen hidrografın pik değerinin tarihi (29.02.2012), tahmin edilen hidrografta 1 gün önceki tarih (28.02.2012) için tespit edilmiştir. 29.02.2012 tarihinde gözlenen maksimum taşkın piki değeri ( $429.5 \text{ m}^3/\text{s}$ ), model kullanılarak  $453.5 \text{ m}^3/\text{s}$  olarak hesaplanmıştır.

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çatalan barajına gelen akımlar su yılı içinde en fazla Kasım-Ocak ve Mart-Mayıs dönemlerinde olmaktadır. Bu iki dönemin 3 aylık toplam akımları ayrı ayrı yıllara göre incelenmiştir. Sunulan çalışma sonuçlarına göre, Çatalan barajı havzasında ilkbahar akımları azalma eğilimindedir. Bu azalmanın üzerine hidrolojik olarak önemli etkiye sahip olan iklim değişkenleri yağışın ve sıcaklığın hem aylık hem de ilkbahar dönemi olarak trendinin olup olmadığı incelenmiş, fakat istatistiksel anlamlılık olarak her iki değişkende de bir trend olmadığı tespit edilmiştir. Dolayısı ile aynı dönemdeki yağışta ve sıcaklıkta herhangi bir değişim olmadığından, ilkbahar akımlarının azalmasında etkili olmadıkları sonucu ortaya çıkmaktadır. Bu durum da akımlardaki azalmaya, her geçen yıl havzada açılan yeni tesis ile akımlara daha çok

müdahalenin olmasından ve böylece havzadaki aşırı ve kontrolsüz su kullanımının son yıllarda giderek artmasından kaynaklanan etkilerin sebep olduğu sonucuna varılmaktadır. Hatta 2012 su yılında çok kar yağışı olmasına rağmen, ilkbahar dönemindeki toplam akımların Mann-Kendall testine göre yapılan trend analizi azalma eğiliminde olacağı bulgusunu verdiği için SRM ile bu dönemin akımlarını tahmin ederken modele koşullar bu durum göz önüne alınarak girilmiştir. Sonuçta da 2012 su yılı kış döneminde Çatalan havzasının düşen kar yükünden meydana gelecek akımlar SRM ile tahmin edilmiştir. Buna modelin sonuçları ve gerçekleşen değerleri aşağıdaki çizelgede toplu olarak verilmiştir. Tablo incelendiğinde Mart-Mayıs dönemi gerçekleşen toplam akım  $1982 \text{ hm}^3$  olurken, SRM ile %4.7 fark ile  $1889 \text{ hm}^3$  olarak tahmin edilmiştir. 2011 su yılından daha fazla kar yükü olmasına rağmen kar erimeden gelen akım azalan trend tespitine bağlı olarak 2012 su yılında daha az akım geleceği tahmin edilmiştir. Mevsim sonunda gözlenen değerlerde bu yaklaşımı doğrulamıştır.

*Çizelge 4. Çatalan Barajı için 2012 Su Yılı Taşkın Döneminde Ölçüm ve Tahmin Değerlerinin Karşılaştırılması.*

	<b>Mart</b>	<b>Nisan</b>	<b>Mayıs</b>	<b>Toplam</b>
<b>ÖLÇÜLEN (<math>\text{hm}^3</math>)</b>	<b>669</b>	<b>874</b>	<b>439</b>	<b>1982</b>
<b>SRM(<math>\text{hm}^3</math>)</b>	<b>564</b>	<b>910</b>	<b>415</b>	<b>1889</b>
<b>FARK(%)</b>	<b>15.7</b>	<b>-4.1</b>	<b>5.4</b>	<b>4.7</b>

SRM tüm yıl boyunca akımların tahmin edilmesi amacıyla kullanılabilir. Model gelecekte olabilecek iklim değişiklikleri ile tahmin modunda çalıştırılabilir. Farklı iklim değişikliği senaryoları modele girilerek gelecekte akımlarda olabilecek azalmalar veya artmalar tespit edilebilir. Özellikle şiddetli yağmurlar ve kar erimeleri sonucu oluşabilecek olan akımlar önceden tespit edebilme ve dolayısıyla havzada yaşayanların can ve mal güvenliği kontrol altına alınabilme imkânları sağlanabilir. Modelin sürekli olarak havzada çalıştırılabilmesi, modelin hidroelektrik enerji üretimi, içme sulama ve sanayi suyu gibi ihtiyaçların yönetilmesinde de kullanılmasına olanak vermektedir. Özellikle uzun dönem enerji ve içme suyu ihtiyaçlarının güvenli olarak karşılanabilmesi için model, önceden tahmin modunda çalıştırılarak gerekli önlemlerin alınmasına yardımcı olur. Model mümkün olduğu kadar değişik iklim koşullarında ve

mümkün olan tüm klimatolojik kayıtlarda denenerek model parametrelerinin değişim aralıkları her iklim bölgesi için tanımlanmalıdır.

## 7. KAYNAKLAR

- 1- Alantor, D.D., Malkoç, F., Bektaşoğlu, B., Eminoğlu, E., (2012). “Baraj İşletmeciliğinde Verimlilik”, III. Ulusal Baraj Güvenliği Sempozyumu, 10-12 Ekim, Eskişehir, 359-366s.
- 2- Ayhan, N.G., Seyrek, K., Sargın, A.H., (2012). “Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Hidroloji Uygulamaları”, DSİ, Ankara.
- 3- Kahya, E.; Kalaycı, S. (2004) “Trend analysis of stream flow in Turkey”, Journal of Hydrology , 89, 128-144.
- 4- Kalaycı, S.; Kahya, E. (1998) “Susurluk Havzası Nehirlerinde Su Kalitesi Trendlerinin Belirlenmesi”, Turkish Journal of Engineering and Environmental Science, 22, 503-514.
- 5- Kadioğlu, M., (2008). “Günümüzden 2100 Yılına Küresel İklim Değişimi”, TMMOB İklim Değişimi Sempozyumu, 13-14 Mart, Ankara, 25-44s.
- 6- Malkoç, Y., (2002). “Çoruh Nehri Havzasının Hidrometeorolojik Özelliklerinin Belirlenmesi”, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- 7- Malkoç, F., Bektaşoğlu, B., Eminoğlu, E., (2012). “Snowmelt Runoff Model (SRM) ile Bahçelik Barajı Yağış Alanında Kardan Akışa Geçebilecek Akımların Tahmin Edilmesi” III. Ulusal Baraj Güvenliği Sempozyumu, 10-12 Ekim, Eskişehir, 259-270s.
- 8- Martinec, J., Rango, A., Major, E., (1983). “The Snowmelt Runoff Model (SRM) User’s Manuel”, Reference Publication, 10, 138, 221-231.
- 9- Martinec, J., Rango, A., (1986). “Parameter Values for Snowmelt Runoff Modelling”, Journal of Hydrology, 84, 197-219.
- 10- Martinec, J., Rango, A., Roberts, R., (2008). “The Snowmelt Runoff Model (SRM) User’s Manuel”, Agricultural Experiment Station, Special Report 100, NM State University, NM.
- 11- Partal, T. (2003) Türkiye Yağış Verilerinin Trend Analizi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- 12- Rango, A., Martinec, J., (1988). “ Results From International Intercomparisons of Snowmelt Runoff Model Performance”, Proceedings of the 45th Annual Eastern Snow Conference, New York, 121-128.