


# 1st International Congress on Agricultural Structures and Irrigation

## 14. Ulusal Tarımsal Yapılar ve Sulama Kongresi

ISPARTA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ

# PROCEEDINGS & Abstracts

# Bildiri ve Özet Kitapçığı

26-28 September 2018

Antalya-TURKEY

www.icasi2018.com

ISBN 978-605-81136-0-2

**Bazı Tarımsal Atıklarından Elde Edilebilecek Kullanılabilir Biyogaz Enerjisi Potansiyelinin Belirlenmesi ..... 453**

Hasan Ertop, Atılgan Atılgan, Ali Yücel, Hasan Öz

**Eski ve Yeni Ekmeklik Buğday Türlerinin Tuzlu Sulama Suları Koşullarında Çimlenme Performansları ..... 459**

Ismail Tas, Yalçın Coskun, Emre Topçu, Mevlut Akcura, Tulay Tutenocaklı, Zeki Gokalp,

**Farklı Derinliklere Kadar Yapılan Ekim Sulamalarının Çeşitli Tarihlerde Ekilmiş Kışlık Buğdayın Verim ve Kalitesine Etkisi ..... 464**

Ali Ünlükara, Fatih Kocabeyoğlu

**Yağ Gülünde Kısıntılı Sulama Uygulamaları ile Damla Sulama Sisteminin Ekonomik Yönden Değerlendirilmesi ..... 475**

Abdullah Kadayıfçı, Ulaş Şenyiğit, Kahraman Kepenek

**Sera İçi İklim Koşullarının Belirlenmesinde Farklı Türbülans Modellerinin Karşılaştırılmalı Çözümü ..... 481**

Bilal Cemek, Erdem Küçüktopcu

**Eskişehir Koşullarında Farklı Gelişme Dönemlerinde Sulanan Aspir Bitkisinin Verim ve Verim Unsurları Üzerine Etkileri ..... 490**

Demet Uygan

**Kalibre Edilmiş SWAT Modeli ile Türkiye'nin Güney Kesimindeki Bir Sulama Havzasının Hidrolojik Bileşenlerinin Tahmini ..... 498**

M. Said Gölpınar, Mahmut Çetin, Hayriye İbrikçi, Hande Sağır

**Arazi Toplulaştırmasında Detaylı Bir Şekilde Hesaplanan Parsel Endeksinin Parsel Değer Sayısına Etkisi ..... 507**

Ahmet Tezcan, Kenan Büyüktaş, Şerife Tülin Akkaya Aslan

**GAP Sulama Projelerinin Bölge Ekonomisi Üzerine Yarattığı Değişim Üzerine Bir Değerlendirme ..... 513**

Nesrin Baysan, Gonca Karaca Bilgen, Nusret Mutlu

**GAP Projesi Kapsamında Yaşamımızın Temel Kaynakları Olan Su ve Toprağın Kullanımı ..... 520**

Ali Rıza Öztürkmen

**Yarı Kurak Koşullarda Farklı Pamuk (*Gossypium hirsutum* L.) Genotiplerinin Verim ve Lif Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi ..... 525**

Hasan Kakaç, Osman Çopur

**Antakya Sebze Ekim Alanlarında Rizosfer Toprakları Mikrobiyal Aktivitelerinin Yersel Dağılımları ..... 537**

Kemal Doğan, Sema Karanlık, Necat Ağca, Ali Sarıoğlu, Fesih Yabar,

**Türkiye'de Tarım Sektörünün Sera Gazı Salımlarına Katkısı ..... 551**

H. Hüseyin Öztürk, Nusret Mutlu, Gürsel Küsek, Cahit Güngör

***Suggested Citation (Önerilen Kaynak Gösterimi):*** Gölpınar, M. S., **Çetin, M.,** İbrikçi, H., Sağır, H., **2018.** *Kalibre Edilmiş SWAT Modeli ile Türkiye'nin Güney Kesimindeki Bir Sulama Havzasının Hidrolojik Bileşenlerinin Tahmini [Estimation of Hydrological Components with the Calibrated SWAT Model in an Irrigation Catchment of Southern Turkey].* 1st International Congress on Agricultural Structures and Irrigation, Proceeedings and Abstracts Book, Antalya, Turkey (www.icasi2018.com), 26-28 September 2018, ISBN 978-605-81136-0-2, pp. 498-506.



# Kalibre Edilmiş SWAT Modeli ile Türkiye'nin Güney Kesimindeki Bir Sulama Havzasının Hidrolojik Bileşenlerinin Tahmini

**M. Said Gölpınar[1], Mahmut Çetin[1], Hayriye İbrikçi[2], Hande Sağır[2]**

[1]Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Adana, TÜRKİYE
[2]Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Adana, TÜRKİYE
Corresponding Author e-mail: sgolpinar@cu.edu.tr

**Özet**: Havza genişliğinde sürdürülebilir su yönetim planlarını uygulamak için, bir hidrolojik havzanın ana bileşenlerinin bilinmesi çok önemlidir. Bu çalışmanın temel amacı; 10 487 ha hidrolojik alan ile birlikte Akarsu Sulama Bölgesi olarak adlandırılan bir tarımsal havzada, potansiyel ve gerçek evapotranspirasyon, sızma ve yeraltı suyu akımını içeren hidrolojik bileşenlerin tahmini için, SWAT modelin yeterliliğini test etmektir. Hidrolojik bileşenleri simüle etmek amacıyla; sayısal yükseklik modelin mekansal verisi, toprak serisi çeşitleri, arazi kullanım çeşitleri ve yapay drenaj ağı SWAT modeli içerisine entegre edilmiş, buna ek olarak 2009 ve 2014 hidrolojik yılları arasında çalışma alanı içerisinde gözlenen meteorolojik ve akım verilerininde bulunduğu zamansal veriler model içerisinde kullanılmıştır. Önceden kalibre edilmiş model parametreleri kullanılmış ve havzanın hidrolojik bileşenleri aylık bazda simüle edilmiştir. Gözlenen ve simüle edilen değerlerin karşılaştırılması gösterdi ki; SWAT model çıktısındaki hidrolojik bileşenlerin çoğu, kabul edilebilir sonuçlar vermiştir. Yağıştaki artan eğilim, yüzey akışlarında benzer şekillere sebep olmuştur. Bunun dışında, ET simulasyonunda azalan bir eğilim görülmüştür. Fakat; insan müdahaleleri ve çiftçiler tarafından gerçekleştirilen farklı arazi yönetim uygulamaları, özellikle kurak dönemlerde yüzey akış simulasyonunu bozmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Hidrolojik Bileşenler, Sulanan Tarımsal Havza, SWAT Model.

## Estimation of Hydrological Components with the Calibrated SWAT Model in an Irrigation Catchment of Southern Turkey

**Abstract:** It is of great importance to be known main components of a hydrological catchment for implementing basin wide sustainable water management plans. The main objective of this study is to test the sufficiency of SWAT model for prediction of hydrological components including potential and actual evapotranspiration, percolation and groundwater flow in an agricultural basin, named Akarsu Irrigation District with 10 487 ha hydrological area. In order to simulate hydrological components, spatial data of digital elevation model, soil series types, land use types and man-made drainage network were integrated into the SWAT Model, also the temporal data consisting of meteorological and flow data observed in the study area between 2009 and 2014 hydrological years were used in the model. The precalibrated model parameters were used and hydrological components of the catchment were simulated on the monthly base. Comparison of observed and simulated values showed that majority of hydrological components in SWAT model output gave acceptable results. Increasing trend in rainfall caused to the same pattern on the surface runoff. Besides this, a decreasing trend was seen in ET simulation. However, human interventions and different land management practices implemented by the farmers distorted model's runoff simulations in particular dry periods.

**Key words:** Hydrological Components, İrrigated Agricultural Catchment, SWAT Model.

## Giriş

Su kaynakları, insanların sosyo-ekonomik gelişimlerini etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Sürekli nüfus artışı, insan müdahalesi, değişen iklim şartları ve bitki örtüsündeki değişiklik, suya olan talebi arttırırken, suyun kantitesi ve kalitesi üzerine negatif etki etmektedir (Hayal D. ve Brook L., 2017). Örneğin, bitki örtüsü ve iklimde meydana gelen değişiklikten dolayı havzaların su verimleri azalmakta; sonrasında da su kaynakları ve biyolojik çeşitliliğin yok olma tehlikesi ortaya

çıkmaktadır. Bununla birlikte yeryüzünde toplam tatlı su miktarının yalnızca %0.3'ü (yaklaşık 105 000 km3/yıl) ekosistem ve insan kullanımına elverişlidir. Bu nedenle, suyun optimal olarak yönetimi ve su talep eden sektörlere tahsisi önem arz etmektedir. Özellikle; aşırı nüfus artışı ile tarımsal gıdalara olan talebin yükselmesi, tarımsal havzalarda etkin su yönetimi üzerinde araştırmaların yapılmasını zorunlu hale getirmiştir.

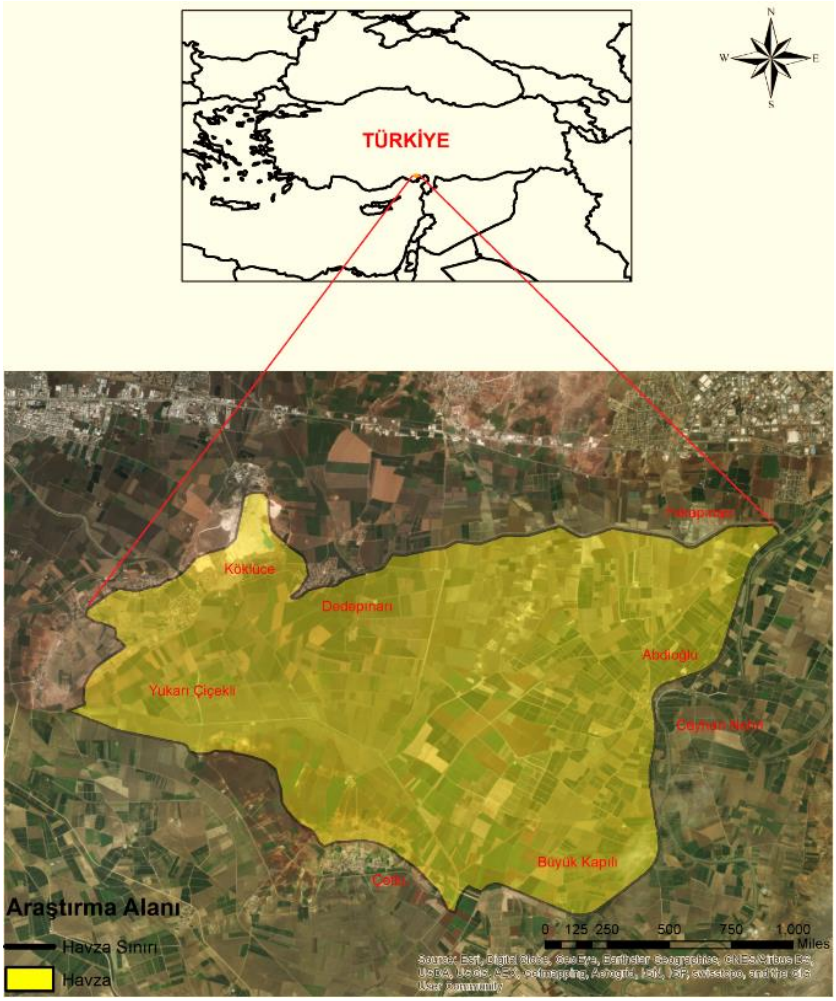
Su kaynaklarının yönetiminde, suyun etkin kullanımı önemlidir. Havzanın hidrolojik özelliklerinin bilinmesi, izlenecek yönetim stratejisinin belirlenmesinde büyük önem taşımaktadır (Jatin ve ark., 2018). Hidrolojik süreçlerin anlaşılması; suyun nicelik ve nitelik bakımından sağlıklı bir şekilde değerlendirilmesine olanak sağlar. Hidrolojik sistemin bileşenlerini belirlemek kolay olmamakla birlikte, bazı yaklaşımlar yapılarak kestirimlerde bulunabilmektedir (Suryavanshi ve ark., 2017). Araştırmacılar; önemli su bütçesi bileşenlerini (yüzey akış, yeraltı suyu ve toprak-bitki su tüketimi gibi) elde ederek karmaşık havza süreçlerini basite indirgeyebilmektedirler. Örneğin, araştırmacılar arazi kullanımı, havzanın topografyası, toprak karakteristikleri, iklim özellikleri vb. faktörleri kullanarak modeller kurmakta ve ölçülmesi zor olan bazı su bütçesi bileşenlerini tahmin edebilmektedirler (Ghodsi ve ark., 2015). Bu kapsamda, hidrolojik sistemi daha iyi anlamak ve simüle etmek için çok sayıda model geliştirilmiştir. Hidrolojik modeller, hidrolojik sistemi tanımlamak ve simüle etmek için tasarlanan en uygun ve en ucuz araçlardandır. Bu modeller; havzanın veriminin belirlenmesi, havzadaki su yönetiminin irdelenmesi ve performansının ortaya konulması, sistemin işleyişine dair belirlenmiş senaryolara göre güvenilir bilgi sağlaması vb. birçok bilgi üretmesi nedeniyle araştırıcıların sürekli olarak ilgisini çekmiş ve uğraşı alanı olmuştur.

Son yıllarda, farklı boyuttaki havzaların hidrolojik açıdan modellenmesi konusunda SWAT (Soil Water Assessment Tool) modelinin sıkça tercih edildiği görülmektedir (Jain ve ark., 2010; Rostamıan ve ark., 2010). SWAT modeli; fiziksel tabanlı ve yarı dağılımlı bir hidrolojik modeldir. Kullanımının kolay olması, açık kaynak koda ve geniş bölgesel adaptasyona sahip olması (Arnold ve ark, 2000), tarımsal havzalardaki yönetim uygulamalarını uzun dönemde başarılı bir şekilde simüle edebilmesi (Jadhao ve ark, 2009) gibi özellikleri ile diğer modellere göre daha avantaj sağlamaktadır. Model; bitki su tüketimi, yüzey akış ve derin akifer depolanması gibi su bütçesi elemanlarını da simüle etme kapasitesine sahiptir. SWAT modeli; tarımsal drenaj havzaları ve doğal drenaj alanlarında kullanıldığında, araştırma alanının tümünün model ortamında birebir temsil edilmesi olanaksız olduğundan, model sonuçlarında bazı olumsuzluklarla karşılaşılabilmektedir (Xie ve Cui, 2011). Bu çalışma, Adana ili sınırları içinde yer alan Aşağı Seyhan Ovası'ndaki Akarsu tarım havzasında yürütülmüştür. Bu araştırma ile SWAT modelinin; 10 487 ha alana sahip Akarsu Sulama Birliği tarafından yönetilen bir tarım havzasındaki potansiyel ve gerçek evapotranspirasyon, derine süzülme ve yeraltı suyu akımları da dâhil olmak üzere tüm hidrolojik su bütçesi elemanlarını tahmin etme yeterliliğinin test edilmesi amaçlanmıştır.

## Materyal ve Metod

SWAT modeli, yaklaşık 10 487 hektar genişliğine sahip Akarsu Sulama Birliği alanı üzerinde uygulanmıştır. Araştırma alanı, Adana ili sınırları içerisinde yer almakta olup, 213 000 hektar alana (Çetin, 2015) sahip Aşağı Seyhan Ovası (ASO) sol sahil sulama sahası içerisinde bulunmaktadır. Modelin koşturulması için gerekli veriler, bu sahadan sağlanmıştır. Araştırma alanının batı kısmında Yukarı Çiçekli Köyü, doğusunda Abdioğlu ilçesi ve Ceyhan Nehri, kuzeyinde Yakapınar, güneyinde ise Çotlu ve Büyük Kapılı yerleşim yerleri yer almaktadır (Şekil 1). Çalışma sahası, yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlı olup, tipik Akdeniz iklimine sahiptir. Ortalama sıcaklık 18.9 ºC iken, ortalama en yüksek sıcaklık 31.0 ºC ve

ortalama en düşük sıcaklık ise 9.0 ºC'dir (Çetin, 2015; Gölpınar, 2017). Araştırmanın yapıldığı alanda; rüzgar hızı, oransal nem, sıcaklık ve net radyasyon gözlemlerini kaydeden meteoroloji istasyonu bulunmaktadır.




Şekil 1. Araştırma Alanı

Bu çalışmada, SWAT modeli ArcGIS programının arayüzü ArcSWAT kullanılmıştır. SWAT modelinin kurulması aşamasında gerekli olan girdi verilerinden; sayısal yükseklik verisi, drenaj ağı ve havza sınırı dosyaları, AIMED TÜBİTAK projesi desteğiyle yapılan çalışmalardan temin edilmiştir. Model temel girdilerinden bir diğeri olan araştırma alanının toprak serisi verileri, Dinç ve ark. (1995)'ten derlenerek modele girdi dosyası olarak tanıtılmıştır. Model içerisinde HRU olarak adlandırılan hidrolojik tepki birimlerinin oluşturulabilmesi için toprak serisi ve eğim haritasına ek olarak, araştırma alanına ait bitki deseninin bilinmesi gerekir. Bunun için gerekli veriler, MedSalin TÜBİTAK araştırma projesi bünyesinde yapılan çalışmalardan yararlanılarak hazırlanmıştır. Ayrıca, hidrolojik döngüyü doğrudan etkileyen meteorolojik veriler, Adana Meteoroloji İstasyonu ile çalışma alanında yer alan meteoroloji istasyonundan sağlanmıştır. Tüm bunlara ek olarak model koşturulmasında kullanılan gerekli akım değerleri ise; MedSalin ve AIMED TÜBİTAK araştırma projesi kapsamında Akarsu Sulama Birliği sahasına yerleştirilen akım gözlem istasyonlarından temin edilmiş, sonrasında Çetin ve ark. (2015) yaptığı saha çalışması sonucu elde edilen anahtar eğrileri kullanılarak, bu sayısal değerler debiye dönüştürülmüş ve model içerisinde kullanılmıştır.

## Metod

### SWAT Modelin Kurulumu

SWAT; büyük ölçekteki havzalar üzerinde yapılan uygulamalar için kapasitesinden dolayı, farklı hidrolojik modeller içerisinde en çok tercih edilen modeldir (Arnold ve ark., 1998). Bu model, Dr. Jeff Arnold ile Amerika Birleşik Devletleri Tarımsal Araştırmalar Servisi (USDA Agricultural Research Service (USDA-ARS)) ve Texas A&M Üniversitesi iş birliğiyle geliştirilmiş kamuya açık bir modeldir. Modelin çalıştırılabilmesi için aşağıdaki 5 aşamanın yerine getirilmesi gerekir:

**1)** Sayısal yükseklik modeli başta olmak üzere; havza üzerinde akış ağlarının, su kaynaklarının, alt havzaların çıkış noktaları ile drenaj giriş ve çıkış noktalarının tanımlanması.

**2)** Araştırma alanını alt havzalara bölebilmesi için; araziye ait toprak özellikleri, eğim ve arazi kullanım çeşitlerini ifade eden dosyaların model içerisine yüklenmesi; böylece, model tarafından benzer özelliklere sahip alt havzalar (HRU) oluşturulması.

**3)** Hidrolojik döngünün simüle edilebilmesi için, sistemi etkileyen ve havzanın iklimini temsil eden meteorolojik değişkenlerin (yağış, solar radyasyon, ortalama rüzgar hızı, oransal nem ve sıcaklık) SWAT modeline tanıtılması.

**4)** Model içerisinde "edit SWAT database" seçeneği ile modelin havzayı temsil edecek şekilde gerekli değişikliklerin yapılması.

**5)**SWAT modelinin, belirli zaman periyotları için çalıştırılması; hidrolojik su bütçesi ögelerinin elde edilmesi.

Araştırma alanında yağıştan dolaysız yüzey akışın tahmin edilmesi, su bütçesi çalışmalarında önemli bir aşamadır. SWAT modeli ile yüzey akış tahmini, iki yöntemle gerçekleştirilmektedir. Bu çalışmada, günlük veriler kullanıldığı için SCS eğri numarası yöntemi seçilmiştir. Hidrolojik süreci etkileyen bir diğer bileşen ise, evapotranspirasyondur. Çalışma alanında yer alan meteoroloji istasyonu ile sağlanan veriler yeterli olduğundan, evapotranspirasyon kestiriminde Penman-Monteith yöntemi kullanılmıştır.

### SWAT Modelin Kalibrasyonu

SWAT modelinin kalibrasyonu, Gölpınar (2017) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada, model yeniden kalibre edilmemiş olup, Gölpınar (2017)'de kalibre edilen kalibrasyon parametreleri kullanılmıştır.

### Kalibrasyonu Süreci Performans İstatistikleri

Model sonuç değerleri ile gözlenen değerler arasındaki ilişkiyi test etmek için model performans istatistikleri kullanılır. Bu çalışmada; kalibrasyon parametrelerinin temsil niteliğini ortaya koymak için belirginlik katsayısı ($R^2$), Nash-sutcliffe etkinlik katsayısı (NSE) ve yüzde hata istatistiği (PBIAS) kullanılarak gerekli kontroller yapılmıştır.

### Baz Akımlar ve BASE_FLOW Programı

Havzadaki hidrolojik süreçler içerisinde önemli bir yeri olan drenaj akımları üzerine taban suyu ile meydana gelen baz akımların da etkisi vardır. SWAT modeli ile birlikte, baz akımların tahmini için gerekli olan parametrelere değerler atayabilmek için BASE_FLOW programı geliştirilmiştir (Arnold ve ark., 2000). Bu program SWAT modeli kurulumu öncesi çalıştırılarak, baz akımlarına etki eden Alpha_BF ve GWDELAY parametre değerlerine ulaşılmıştır.

## Araştırma Bulguları ve Tartışma

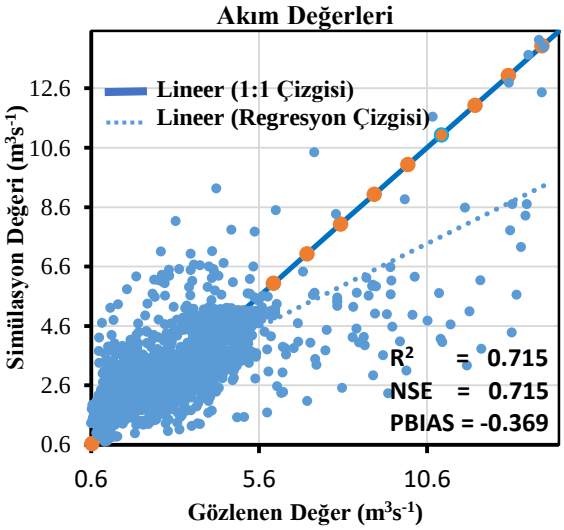
### Model İstatistik Sonuçları ve Değerlendirilmesi

Akarsu Sulama Birliği havzasında yapılan saha çalışmaları sonucunda elde edilen 2009-2014 yıllarına ait hidrolojik ve hidrometeorolojik veriler, SWAT modeline tanıtılmıştır. Sonrasında; Gölpınar (2017) tarafından elde edilen kalibrasyon parametreleri modele girilerek model çalıştırılmıştır. Modelden havza çıkışı için elde edilen akım değerleri ile gözlenen değerler arasındaki uyum incelenmiş; model performans ve tanımlayıcı istatistik değerleri hesaplanarak Tablo 1'de sunulmuştur.

Tablo 1. Simülasyon değerleri ile gözlenen değerlerin istatistikleri

| | Akım ($m^3s^{-1}$) | |
|---|---|---|
| İstatistiksel Parametreler | Gözlenen | Simülasyon |
| Ortalama | 3.241 | 3.229 |
| Standart Hata | 1.887 | 1.397 |
| Maksimum | 14.056 | 14.200 |
| Minimum | 0.579 | 0.669 |
| $R^2$ | 0.715 | |
| NSE | 0.715 | |
| PBIAS | - 0.369 | |

Model performans istatistiklerinin değerlendirme tablosundan (Moriasi ve ark., 2007) yararlanılarak, modelin performans istatistik değerleri yorumlanmıştır. Buna göre; modelin akım çıktı verileri ile gözlenen akım değerleri arasındaki uyumunda R2 belirginlik katsayısı 0.715 bulunmuştur. Moriasi ve ark. (2007)'ye göre, bu değer 0.5-1.0 aralığında olması halinde model sonuçlarının kabul edilebilir olduğu sonucuna varılmaktadır. Dolayısıyla, R2 istatistiğine göre model sonuçlarının kabul edilebilir düzeyde olduğu sonucuna varılmıştır. Diğer yandan, Şekil 2'den de görüleceği üzere, Moriasi ve ark. (2007), NSE istatistiğinin 0.65-0.75 ve PBIAS istatistiği ise (-10) - (+10) aralığında olmasının, değerler arasında iyi bir uyum olduğunu ifade etmişlerdir. Bu ölçütlere göre, araştırma sonucunda NSE=0.715 ve PBIAS= -0.369 elde edildiğinden, simüle edilen akım verilerinin yeterli düzeyde temsil edebilir olduğu söylenebilir.

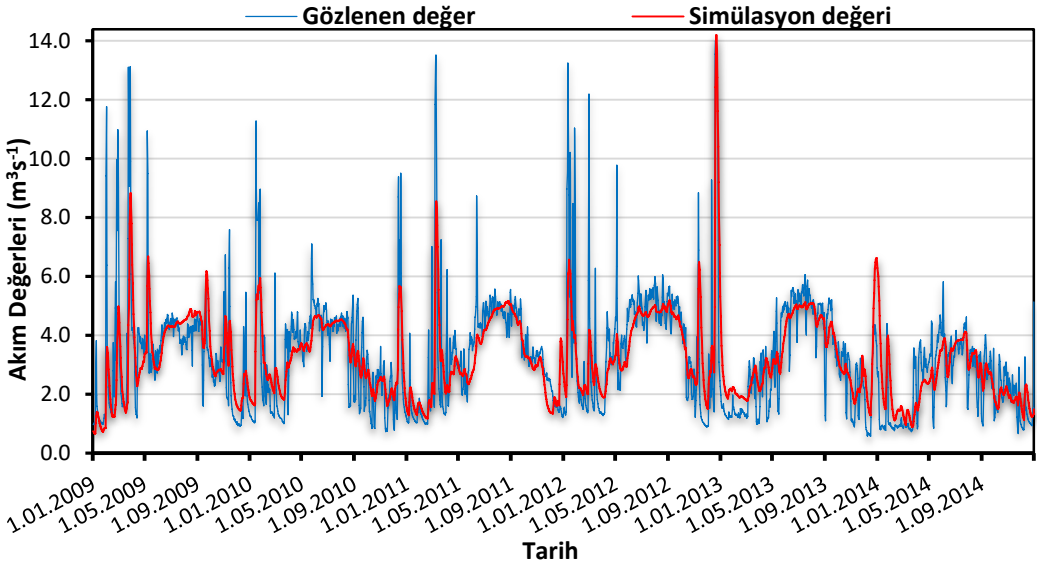



Şekil 2. Havza çıkışında gözlenen günlük akım değerleri ile model simülasyon değerlerinin karşılaştırılması

Bununla birlikte, PBIAS değerinin negatif değer alması, modelin gözlenen değerlere göre daha fazla akım değerleri ürettiği anlamına gelmektedir. Model performans istatistiklerine ilave olarak gözlenen değerler ile simüle edilen değerler Şekil 3'te grafik üzerinde verilmiş; görsel olarak kıyaslanmaya olanak sağlanmıştır.

Şekil 3 incelendiğinde, yağışın yoğun olduğu yıllarda gözlenen akım değerlerinin SWAT modelinin simüle ettiği akım değerlerinin üzerinde değerler aldığı görülmektedir. Sahaya sulama suyunun çevrilmediği ve yağışın olmadığı dönemlerde (örneğin Ocak 2010 ve Nisan 2013), simüle edilen akım değerleri, gözlenen akım değerlerinin biraz üzerinde çıkmıştır. Şekil 3'ten görüldüğü gibi, baz akımın ağırlıklı olduğu kurak periyotlarda, drenaj akımları gerçek değerinden daima yüksek tahmin edilmiştir. Bunun temel nedeni, BASE_FLOW programı tarafından tahmin edilen baz akımını idare eden parametrelerin tam isabetli olarak elde edilememesi olabilir. Ancak, diğer dönemlerdeki akımların uyumu dikkate

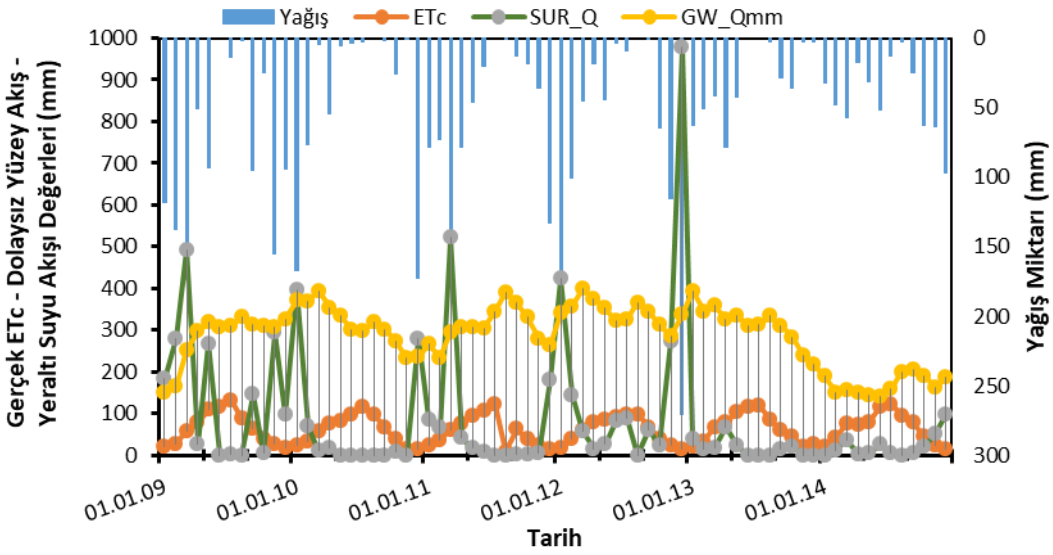
alındığında, baz akım parametrelerinin tahminindeki optimizasyonun yeterli doğrulukla yapıldığı sonucu ağırlık kazanmaktadır. Yağışın diğer yıllara kıyasla daha az olduğu 2013 yılında, tarımsal faaliyetler için havzaya verilen sulama suyu model çıktılarını etkilemiştir. Nitekim, Mayıs/2013 ayında sahada gözlenen drenaj akımları, alana çevrilen sulama sularının etkisi nedeniyle periyodik bir davranış göstermiştir. Bu periyodik davranış, insan kaynaklı olduğundan model tarafından simüle edilememiştir. Literatür çalışmaları incelendiğinde, kış aylarında yağışın beklenenden daha düşük olduğu kurak dönemlerde, SWAT modelinin akım değerlerini tahmin etmede yeterli olmadığı ifade edilmektedir (Li ve ark., 2012).




Şekil 3. Model simülasyon değerleri ile havza çıkışında gözlenen akım değerlerinin grafiği

**SWAT Modeli Hidrolojik Çıktıları**

SWAT modeli; 2009-2014 yıllarına ait günlük bazda verileri kullanılarak koşturulmuştur. Sonuçta, havza bazında dolaysız yüzey akış değerleri, kıyas bitki su tüketimi, gerçek bitki su tüketimi, sızma ve yeraltı suyu akım değerleri elde edilmiş ve Tablo 2'de gösterilmiştir. Ayrıca, bu hidrolojik bileşenlerin aylık değerleri, zaman serisi şeklinde Şekil 4'te verilmiştir. Tablo 2 ve Şekil 4 birlikte incelendiğinde; 2013 ve 2014 yıllarında mevsimlerin kurak geçmesi ve yağış miktarlarının diğer yıllara kıyasla düşük olması nedeniyle, havzanın yağıştan dolaysız yüzey akış kapasitesinin azaldığı dikkati çekmektedir. Buna ek olarak; yağışların yoğun olduğu yıllarda, dolaysız yüzey akım ve sızma değerleri yüksek iken, yağışların düşük olduğu yıllarda yüzey akım ve sızma değerlerinde düşüş gözlenmiştir (Tablo 2). Fakat; 2012 yılı Temmuz ve Ağustos aylarında yağışların çok düşük olmasına karşın, simüle edilen yüzey akış değerleri beklenmedik bir biçimde yüksek olmuştur. Bunun nedeni, tarımsal faaliyetler kapsamında havzaya çevrilen sulama suyu ile yapılan sulamalar esnasında oluşan önemli oranlardaki yüzey akışlar olabilir (Şekil 4).




Şekil 4. Yeraltı suyu, yağış, dolaysız yüzey akış ve gerçek ETc değerlerinin aylık değişimi

SWAT modeli, gerçek ET değerlerini (ETc) de çıktı olarak vermektedir. Bitki su tüketimi olarak değerlendirilen ETc değerleri incelendiğinde, yağışların dolayısıyla yüzey akışların yoğun olduğu dönemlerde ETc değerlerinin düşük olduğu dikkati çekmektedir. Yörenin iklimi dikkate alındığında, bu beklenen bir durumdur. Dolayısıyla, model havzayı iyi simüle etmektedir. Diğer yandan, yaz aylarında ETc değerlerinin 12-13 mm gün-1 gibi yüksek değerlere ulaştığı görülmektedir (Şekil 4). Buna ek olarak; yeraltı suyu akım değerleri de ETc değerleriyle benzer tavır sergilemiştir. Ancak, bazı yıllarda (örneğin 2014 yılında) farklılık göstermiştir. Bu farklılık, Akarsu Sulama Birliği sahasında uygulanan tarımsal yönetim uygulamalarından, çalışma alanındaki yetiştirilen bitki paternindeki değişimlerden kaynaklanmış olabilir.

Hidrolojik bileşenler bir bütün olarak incelendiğinde; havzaya en yüksek yağış 2009 ve 2012 yıllarında, en az yağış ise 2013 ve 2014 yıllarında düşmüştür (Tablo 2). Bu yıllar, aynı zamanda havzada gerçekleşen en kurak ve en sulak dönemlerdir. Yağış miktarları kurak dönemlerde azaldığından, bu dönemlerde yağışlardan toprak profiline sızan, sığ akifere ve sonrasında ise derin akifere süzülen toplam su miktarları azalmıştır. Daha önce de ifade edildiği gibi, toplam yüzey akış miktarları kurak dönemlerde azalma eğilimine girmiştir.

Tablo 2. SWAT Modeli hidrolojik bileşenlerinin yıllık değerleri

| | Yıllık Toplam Değerler (mm) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **YIL** | **Yağış (PRECIP)** | **Potansiyel ET (ETo)** | **Gerçek ET (ETc)** | **Sızma (PERC)** | **Dolaysız Yüzey Akış (SUR_Q)** | **Yeraltı Suyu Akışı (GW_Q)** |
| 2009 | 951.4 | 1011.6 | 785.2 | 599.1 | 199.72 | 376.7 |
| 2010 | 517.2 | 1020.7 | 725.1 | 376.0 | 86.9 | 420.9 |
| 2011 | 654.8 | 970.3 | 760.0 | 478.9 | 103.8 | 411.0 |
| 2012 | 869.0 | 929.3 | 717.1 | 593.1 | 216.0 | 458.0 |
| 2013 | 348.8 | 1080.1 | 782.2 | 270.5 | 22.1 | 418.7 |
| 2014 | 502.4 | 1093.4 | 789.4 | 262.2 | 29.7 | 226.4 |

## Sonuç ve Öneriler

Türkiye'nin güneyindeki Çukurova'da yer alan ve 10 487 büyüklüğündeki bir alanda yürütülen bu çalışmada; SWAT modeli kullanılarak, havzanın hidrolojik bileşenleri başarılı bir şekilde tahmin edilebilmiştir. Havzanın karakteristik özelliklerini taşıyan kalibrasyon parametreleri kullanılarak SWAT Modeli çalıştırıldığında, elde edilen model performans istatistikleri kabul edilebilir sınırlar içinde bulunmuştur. Bu sonuçlar; SWAT Modeli kullanılarak araştırma alanı için hidrolojik bileşenlerin güvenilir bir biçimde tahmin edilebileceğini göstermiştir. Oransal hata payını ifade eden PBIAS performans istatistiğinin negatif değer alması, modelin drenaj akımlarını gözlem değerlerinden daha küçük simüle ettiğine işaret etmiştir. SWAT modeli, yağışların yoğun olduğu dönemler ile baz akışının hakim olduğu kurak dönemlerde sağlıklı sonuçlar verememiştir. Diğer dönemlerdeki sonuçlar, güvenilir sınırlar içinde kalmıştır. Elde edilen bu sonuçlar, literatür sonuçlarını desteklemiştir. Modelin tahmin yeteneğinin iyileştirilmesi ve daha gerçekçi sonuçların elde edilebilmesi için, kalibrasyon ve doğrulama işlemlerinde daha uzun süreli verilerin kullanılması gerekmektedir. Ayrıntılı arazi çalışmaları yapılarak, kalibrasyon parametrelerinin temsil yeteneği arttırılmalıdır.

## Teşekkür

Bu araştırmada; SWAT Modeli içerisinde kullanılan veriler, MedSalin (Proje No: 108O582) ve AIMED (Proje No: 213O057) TÜBİTAK araştırma projeleri kapsamında yapılan saha alışmalarından elde edilmiştir. Ayrıca, bu araştırma ÇÜ BAP (Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi) tarafından da FUK-2016-5655 nolu proje ile desteklenmiştir.

## KAYNAKLAR

Arnold, J.G., Srinivasan, R., Muttiah, R.S., Williams, J.R., 1998. Large Area Hydrologic Modeling and Assessment Part I: Model Development. J. Am. Water Resour. Assoc. 34, 73–89. http://dx.doi.org/10.1111/j.1752-1688.1998. tb05961.x.http://dx.doi.org/10.1111/j. 1752-1688.1998. tb05961.x.

Arnold, J.G., Muttiah, R.S., Srinivasan, R., Allen, P.M., 2000. Regional Estimation of Base Flow and Groundwater Recharge in the Upper Mississippi River Basin. Journal of Hydrology, 227, 1–40.

Çetin, M., İbrikçi, H., Berberoğlu, S., Karnez, E., 2015. Türkiye'de Tarımsal Bir Alanda Sulamadan Dönen Suyun ve Sudaki Besin Elementi Yükünün İzlenmesi ve Çok Ölçekli Modellenmesi (IRAFLUT). TÜBİTAK Aratırma Projesi Gelişme Raporu (Bilimsel Rapor), TÜBİTAK Proje No: 113O151.

Dinç, U., Kapur, S., Özbek, H., Şenol, S., 1995. Toprak Genesisi ve Sınıflandırılması. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Kitabı, Adana, 130.

Ghodsi, S.H., Kerachian, R., Estalaki, S.M., Nikoo, M.R., Zahmatkesh, Z., 2015. Developing a Stochastic Conflict Resolution Model for Urban Runoff Quality Management: Application of İnfo-gap and Bargaining Theories, Journal of Hydrology 533, 200–212.

Gölpınar M. S., 2017. Yüzey Akişlarin Swat Modeli ile Belirlenmesi: Akarsu Sulama Birliği Sahasi Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü.

Hayal D., Brook L., 2017. SWAT Based Hydrological Assessment and Characterization of Lake Ziway Sub-Watersheds, Ethiopia. Journal of Hydrology: Regional Studies 13 (2017) 122–137.

Jadhao, V.G., Tripathi, M.P., 2009. Evaluation Of The Swat Model for Predicting the Daily Surface Runoff and Sediment Yield from a Small Watershed, International Journal of Agriculture Engineering, 1, 39-45.

Jain, S.K., Tyagi, J., Singh, V., 2010. Simulation of Runoff and Sediment Yield for a Himalayan Watershed

Using SWAT Model, J. Water Resource and Protection, 2, 267-281.

Jatin, A., Gosaina, A.K., Khosaa, R., Srinivasan, R., 2018. Regional Scale Hydrologic Modeling for Prediction of Water Balance, Analysis of Trends in Streamflow and Variations in Streamflow: The Case Study of the Ganga River Basin. Journal of Hydrology: Regional Studies 16 (2018) 32–53.

Li, L., Jiang, D., Hou, X., Li, J., 2012. Simulated Runoff Responses to Land Use in the Middle and Upstream Reaches of Taoerhe River Basin, Northeast China, in Wet, Average and Dry Years, Hydrol. Process. 27, 3484–3494.

Moriasi, D.N., Arnold, J.G., Van Liew, M.W., Bingner, R.L., Harmel, R. D., Veith, T.L., 2007. Model Evaluation Guidelines for Systematic Quantification of Accuracy in Watershed Simulations. American Society of Agricultural and Biological Engineers, 50(3), 885−900.

Rostamian, R., Jaleh, A., Afyuni, M., Mousavi, S.F., Heidarpour, M., Jalalian, A., Abbaspour, K.C., 2010. Application of a SWAT Model for Estimating Runoff and Sediment in Two Mountainous Basins in Central Iran, 2150-3435.

Suryavanshi, S., Pandey, A., Chaube, U. C., 2017. Hydrological Simulation of the Betwa River Basin (India) Using the SWAT Model. Hydrological Sciences Journal, 62:6, 960-978, DOI: 10.1080/02626667.2016.1271420.

Xie X., Cui. Y., 2011. Development and Test of SWAT for Modeling Hydrological Processes in Irrigation Districts with Paddy Rice. Journal of Hydrology 396 (2011) 61–71.