

## Tarımsal ürün bazlı su bütçesi modeli: Seyhan Havzası örneği

Agricultural crop based water budget model: Seyhan Basin case

Fizyon SÖNMEZ ERDOĞAN<sup>1</sup>, Süha BERBEROĞLU<sup>2</sup>, Mehmet Akif ERDOĞAN<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Antakya-Hatay, Türkiye.

<sup>2</sup>Çukurova Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Adana, Türkiye.

ARTICLE INFO	ÖZET
<p><b>Article history:</b> Recieved / Geliş: 08.01.2024 Accepted / Kabul: 26.01.2024</p> <p><b>Anahtar Kelimeler:</b> Uzaktan algılama Coğrafi bilgi sistemleri Ürün su bütçesi Seyhan Havzası</p> <p><b>Keywords:</b> Remote sensing Geographic information systems Water budget model Seyhan Basin</p> <p>✉Corresponding author/Sorumlu yazar: Fizyon SÖNMEZ ERDOĞAN fizyon.sonmezerdogan@mku.edu.tr</p> <p>Makale Uluslararası Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 Lisansı kapsamında yayınlanmaktadır. Bu, orijinal makaleye uygun şekilde atıf yapılması şartıyla, eserin herhangi bir ortam veya formatta kopyalanmasını ve dağıtılmasını sağlar. Ancak, eserler ticari amaçlar için kullanılamaz. © Copyright 2022 by Mustafa Kemal University. Available on-line at <a href="https://dergipark.org.tr/pub/mkutbd">https://dergipark.org.tr/pub/mkutbd</a> This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.</p> <p> </p>	<p>Konumsal bilgi teknolojileri; tarımsal üretimi etkileyen toprak, iklim, bitki türü, su isteği vb. faktörlerin doğru, güvenilir, ekonomik ve hızlı değerlendirilmesine imkan veren bir teknoloji haline gelmiştir. Bu teknoloji konuma bağlı ürün tercihinin çok daha doğru belirlenmesine imkan tanıyarak; tarımsal alanların sürdürülebilirliğinin desteklenmesini olası kılmıştır. Bu çalışma ile Seyhan Havzası için konumsal bilgi teknolojisi yardımıyla gerçekleştirilen Ürün Su Bütçesi Modeli (Agrometshell) ile su yeterlilik indeksi, toplam su ihtiyacı, fazla su ve eksik su değerleri tahmin edilerek 23 ürün grubu içinden konum bazlı en uygun ürün önerilmiştir. Ürün grupları için elde edilen su yeterlilik indeksi 0 ile 100 arasında değerler almıştır. Su yeterlilik haritalarının istatistiklerine bakıldığında Seyhan Havzası genelinde ortalama su yeterlilik yüzdesi en yüksek baklagil yem bitkileri, turpgiller ve bağcılık ürün gruplarında olduğu tespit edilmiştir. Ortalama su yeterlilik yüzdesinin en düşük olduğu ürün grupları ise patlıcangiller, sert kabuklu meyveler, sıcak iklim tahılları olarak tespit edilmiştir. Ürün su bütçesi modeli ile bitkilerin fenolojik gelişiminin takibi yapılmış ve aynı zamanda iklimsel koşulların bitkilerin gelişimlerini nasıl etkileyeceği tahmin edilmiştir. Böylelikle risk analizleri yapılarak bu risklere karşı önlem alınmasında yol gösterici olacak çalışmalar yapılmasına katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Bu çalışma kapsamında çıktılarının görselleştirilmesi ve değerlendirilmesi sürecinde de CBS'den yararlanılmış ve böylelikle model sonuçlarının daha iyi ifade edilmesi sağlanmıştır.</p> <p><b>ABSTRACT</b></p> <p>Spatial information technologies allow more accurate, reliable, affordable and rapid assessment of agro-ecological factors such as soil, climate, plant species, water demand, etc. that affect agricultural production directly. This technology has made it possible to support the sustainability of agricultural lands by enabling a much more accurate determination of location-based product preference. In this study, the water satisfaction index, total water requirement, excess water and deficit water values were estimated with the spatial information technology supported Crop Water Budget Model (Agrometshell) for the Seyhan Basin and the location based most suitable crop type among 23 crop groups was proposed. The water satisfaction index obtained for the crop groups took values between 0 to 100. When the statistics of the water sufficiency maps are analysed, it is determined that the highest water satisfaction percentage in the Seyhan Basin is for the product groups of legume forage crops, cruciferous crops and viticulture. The crop groups with the lowest water satisfaction percentages were found at nightshade crops, hard-shelled fruits and warm climate cereals. With the crop water budget model, the phenological development of plants was monitored and at the same time, it estimated how climatic conditions would affect the development of crops. Thus, it is thought that risk analyses will contribute to the studies that will guide in taking measures against these risks. Within the scope of this study, GIS was also used in the process of visualising and evaluating the outputs and thus, the model results were better expressed.</p>
<b>Cite/Atıf</b>	Sönmez Erdoğan, F., Berberoğlu, S., & Erdoğan, M.A. (2024). Tarımsal ürün bazlı su bütçesi modeli: Seyhan Havzası örneği. <i>Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi</i> , 29 (1), 265-280. <a href="https://doi.org/10.37908/mkutbd.1416035">https://doi.org/10.37908/mkutbd.1416035</a>

## GİRİŞ

BM Genel Kurulu 2030 Sürdürülebilir Kalkınma Gündemi raporlarına göre açlık küresel olarak artmaktadır (FAO, 2019). Gıda Güvenliği Bilgi Ağı (GRFC FSIN) tarafından hazırlanan 2020 Küresel Gıda Krizleri Raporu, 55 ülkede 135 milyon insanın 2021'de acil insani gıda ve beslenme yardımına ihtiyaç duyduğunu veya duyacağını tahmin etmektedir (FSIN, 2020).

Artan nüfusa bağlı olarak su talebi gün geçtikçe artmaktadır. Bu nedenle su kaynakları yönetimi giderek önem kazanmaktadır. Tüm dünyada ve Türkiye' de tarım su kaynaklarının en fazla kullanıldığı sektördür. Kuraklığın izlenmesi ve birçok hidrolojik model için en temel veri ise bitki su tüketimidir. Su tüketiminin, iklim bölgelerine, bitkiye, her bir bitkinin gelişme dönemlerine ve tarımsal uygulamalara göre önemli seviyede farklılık gösterebilmektedir. Böylesine önemli ve değişken olan ETc'nin doğruya en yakın biçimde tahmin edilmesi için çok sayıda matematiksel model geliştirilmiştir (TAGEM & DSİ, 2009).

Su, kurak ve yarı kurak bölgelerde uzun vadede gıda güvenliği açısından çok önemli bir faktördür. Bu nedenle, suyla ilgili uluslararası bölgesel politikalara ve girişimlere katkı sağlamak amacıyla su döngüsünü ve su kaynaklarını küresel ölçekte incelemek için çeşitli girişimlerde bulunmaktadır (örneğin, WMO, IGOS, GEO). Bölgesel kuraklığın izlenmesi için su döngüsünün anlamına ilişkin bilgi ve farkındalığın geliştirilmesi önemlidir (Nieuwenhuis ve ark., 2006).

Gelişmiş teknoloji ile sorgulama ve istatistiksel bilgileri üretmenin yanı sıra uydu teknolojileri ile doğru, güncel bilgilere hızlı ve ekonomik ulaşılmasıyla mevcut tarımsal yapının yüksek hassasiyette izlenmesi sağlanabilmektedir. Çok daha etkin tarım politikaları, yönetim ve planlamayı beraberinde getiren konumsal bilgi teknolojileri tüm dünyada olduğu gibi Türkiye'de de tarımsal alanların optimal kullanım sürecine doğru ve hassas bilgi aktararak büyük destek sağlama potansiyeline sahiptir. Tarım politikalarının ülkenin tarım havzalarına ayrılarak detaylandırılması, tarımsal desteklemelerinin uydu teknolojileri ile izlenerek yönetilmesi ve tarımsal uygulamalarda da kullanılması amacıyla milli yer gözlem uydularının uzaya gönderilmesi gibi gelişmeler göstermektedir ki, tarımsal bilgi teknolojileri son yıllarda ülkemiz politikalarında da giderek artan bir öneme sahip olmaya başlamıştır (Erdoğan ve ark., 2012).

Bitki-iklim modellerinin amacı bitki gelişimini evrelerinin detaylı olarak incelenmesi ve tanınması, bitki gelişiminin aşamalarının ve verimin tahmini, toprak, bitki ve atmosfer parametrelerinin bitki gelişimine olan etkilerinin belirlenmesi, eğitim sisteminin geliştirilmesi, tarımsal politik kararların alınması için yol gösterici olmasıdır (Koç, 2011).

İklim değişiminin, bitki gelişimine ve verimine etkisinin incelenmesinde toprak-bitki atmosfer yapısının bir sistem olarak ele alması gerektiği, bu amaçla kullanılan bitki-iklim modellerinin de yine sistematik ve karşılıklı kullanılarak sonuçlanıp yorumlanmasının önemli olduğu birçok çalışmada belirtilmiştir (Squire & Unsworth, 1988; Porter, 1990; Şaylan & Çaldağ, 1999; Çaldağ & Çaldağ, 2000).

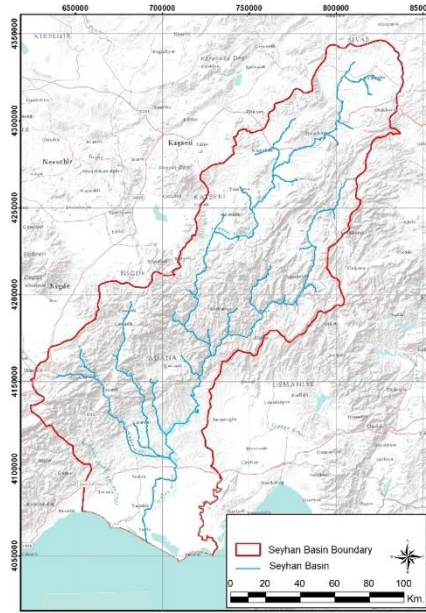
Seyhan Havzası gibi özellikle tarımsal faaliyetlerin yoğun olduğu bölgelerde alana en uygun ürün tipinin belirlenerek ekosistem dengesini sağlayan ve sürdürülebilirliği destekleyen yüksek tarımsal verimliliğe ulaşılması amaçlanmıştır.

## MATERYAL ve YÖNTEM

### *Çalışma alanı*

Seyhan Havzası Türkiye'deki 26 hidrolojik havzadan biridir. Havza 21.000 km<sup>2</sup> alana sahip olup Türkiye'nin %2,8'sini oluşturur. Seyhan havzası tümüyle dağlık bir alan görünümündedir. Güneyde alçak ve düz Çukurova tabanı, aradaki ince seki şeridinden sonra hemen başlayıp havza kuzeyine yaklaşan yüksek dağlık alan ve kuzeydeki tepelik kesim, Seyhan havzasının ana yer şekli birimleridir (Şekil 1). Öte yandan havza alanının 185.566 hektarlık bölümü ovalık alan niteliği göstermektedir. Su toplama alanı 20.450 km<sup>2</sup> olan havzanın suları Göksu, Zamantı, Kürtün, Eğlence ve

Çakıt akarsuları ve bunların kollarıyla Seyhan Irmağı'nda toplanmaktadır. Yıllık su hacmi yaklaşık 6 milyar m<sup>3</sup> olan havza topraklarının 314625 hektarlık bölümü sulanabilecek niteliktedir. Seyhan havzasında değişik yaşta tortullar, şistler ve püskürükler yayılım gösterir. İklim bakımından üç farklı kesim olan Seyhan havzasında, kıyı kesiminde yazlar sıcak ve kurak, kışlar ılık ve yağışlıdır. Havzanın kuzeyi ise yazlar sıcak ve kurak, kışlar soğuk ve yağışlı iklim tipinin egemen olduğu kesimlerdir. Seyhan havzasında kurak kuzey kesimiyle kıyı kesimi arasında kalan ve kuzeydoğu-güneybatı yönünde uzanan Toroslar'ın yer aldığı kesim ise öbür bölgelerden farklı olarak daha yağışlı ve daha soğuktur. En yağışlı kesim, havzanın yüksek olan orta bölümüdür (T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı, 2023). Seyhan havzasının bitki örtüsü, iklim, jeoloji, toprak ve yeryüzü şekillerindeki değişmelere bağlı olarak üç önemli yapı göstermektedir. Havzanın kuzeyindeki kurak kesimlerde doğal bitki örtüsü ot ve çayırken, bu örtünün arasında yer yer ahlata ve meşe çalısı gibi bitkilere de rastlanmaktadır. Seyhan havzasının güneyindeki alçak alana doğru inildikçe Akdeniz iklimine özgü çalı-maki topluluğunun yaygın olduğu görülür.



Şekil 1. Çalışma alanı

Figure 1. Study area

### Materyal

Çalışmanın veri düzenleme ve hazırlama aşamasında uydu görüntüleri, iklim verileri, toprak, jeoloji, meşcere verileri düzenlenmiş. İklim verileri interpolate edilerek aylık ve günlük olarak düzenlenmiştir. Elde edilen iklim verileri ilk olarak düzenlenmiş ve interpolasyon için uygun formata getirilmiştir. Söz konusu iklim verileri; ortalama sıcaklık, maksimum sıcaklık, minimum sıcaklık, toplam yağışdır. İklim verilerinin interpolasyon işlemi ANUSPLIN programı kullanılarak yapılmıştır.

Seyhan Havzasında peyzaj birimleri bazında su bütçesini hesaplayabilmek için agrometshell programı kullanılmıştır. Programın ihtiyaç duyduğu temel girdiler olan yağış, potansiyel evapotranspirasyon, su tutma kapasitesi ve sulama verileri hazırlanmış ve gerekli format dönüşümleri yapılmıştır. Temel girdi verilerine ek olarak ekim dönemi ve hasat döngüsü, bitki katsayısı ve diğer veriler düzenlenerek üretilmiştir.

### Metot

Peyzaj birimi belirli peyzaj öğelerinin/veri katmanlarının çakıştırılması ile belirlenen farklı ve homojen en küçük alanlardır. Seyhan Havzası'nın ürün bazlı su yeterlilik durumunu detaylı ve doğru analiz edebilmek için peyzaj birimleri oluşturulmuştur. Peyzaj birimlerini oluştururken iklim, sayısal yüksek modeli, bakı, toprak derinliği, toprak

arazi kullanım kabiliyeti, CORINE arazi örtüsü, jeoloji verileri temin edilip her bir faktör öncelikle kendi içinde derecelendirilmiştir. İklim verisi iso cluster aracı ile yağış, ortalama sıcaklık ve neme göre yedi gruba ayrılmıştır. Sayısal Yükseklik Modeli 0-100 m., 100-500 m., 500-1000 m., 1000-1500 m., 1500-2000 m., 2000-3700 m. olarak altı gruba ayrılmıştır. Eğim verisi ise 0-2 derece düz, 2-6 derece hafif meyil, 6-12 derece orta meyil, 12-20 derece dik meyil, 20-30 çok dik meyil ve 30 derece üstü ise arızalı olarak kendi içinde altı gruba ayrılmıştır. Arazi örtüsü olarak CORINE 2. Seviye sınıfları kullanılmıştır. Bakı kendi içinde kuzey, doğu, güney, batı ve düz alanlar olarak beş sınıf altında gruplanmıştır. Toprak derinliği faktörü ise 0-20 cm çok sığ, 20-50 sığ, 50-90 orta derin, > 90 derin olarak dört grup olarak ayrılmıştır. Daha sonra tüm faktörler aynı çözünürlüğe getirilip birleştirilerek peyzaj birimleri oluşturulmuştur.

Seyhan havzası genelinde yetiştirilen 47 ürün, 2009 yılında TAGEM ve DSİ tarafından ortaklaşa hazırlanan "Türkiye'de Sulanan Bitkilerin Bitki Su Tüketimi Rehberi" isimli çalışmadan temin edilmiştir. Çalışma alanında yetişen ürünler literatür taraması ve uzman görüşü alınarak toplamda 23 ürün grubu belirlenmiştir. Her ürün grubu için ekim dönemi ve ürün döngüsü değerleri, aynı çalışmadan her ürün için iklim bölgeleri kapsamında ürün grupları için ortalamaları alınarak hesaplanmıştır.

Ürün bazlı su bütçesi tahmini için FAO'nun, istatistik ve bitki modelleme yaklaşımlarını kullanarak, hava koşullarının bitki üzerindeki etkisini değerlendirmek için kullanılan, farklı araçların bir araya getirildiği AgroMetShell (AMS) modeli kullanılmıştır. Bu model, genel bir ara yüzde bir araya getirilmiş yer verileri ve düşük çözünürlüklü uydu verilerinin birleştirilmiş analizi için araçların bir araya toplanmasıdır. AMS, ürün özel toprak su bütçesini hesaplamak için kullanılan bitki, hava, toprak ve iklim verilerinin üzerine inşa edilmiştir ve bitki koşullarını değerlendirmek için kullanılan bazı zirai meteorolojik anlamlı değişkenleri üretmektedir (FAO, 2004).

### Ürün su bütçesi modeli

Agrometshell, ürün özel toprak su bütçesini hesaplamak için kullanılan bitki, hava, toprak ve iklim verilerinin üzerine inşa edilmiştir ve bitki koşullarını değerlendirmek için kullanılan bazı zirai meteorolojik anlamlı değişkenleri üretmektedir (FAO, 2004). FAO tarafından geliştirilmiş olan, istatistik ve bitki modelleme yaklaşımlarını kullanarak hava koşullarının bitki üzerindeki etkisini değerlendirmek için kullanılan bir yöntemdir. Yazılım veri analizi ve Görüntü Veri Analizi (Image Data Analysis-IDA) fonksiyonlarını birleştirir.

Bu çalışmada tarımsal ürünlere ait su kullanımı AgroMetShell kapsamında FAO Ürün Su Bütçesi Modeli kullanılarak hesaplanmıştır. Ürün Su Bütçesi Modeli (ÜSBM) iklim koşullarının ürün üzerindeki etkisini değerlendirmek için kullanılan bir toprak su bütçesi modelidir (Frere & Popov, 1979; Gommès, 1993). Bu yöntemde belirli bir ürünün su bütçesi, 10 günlük zaman aralıklarından oluşan periyotlar (dekad) üzerinden hesaplanır. Su bütçesinin denklemi şu şekildedir (Eşitlik 1).

$$W_t = W_{t-1} + R - ET_m - (r + i) \quad \text{Eq.(1)}$$

Burada;

- $W_t$  : Belirli bir zamanda toprakta depolanan su miktarı
- $W_{t-1}$  : Bir önceki dönemin sonunda toprakta depolanan su miktarı
- $R$  : t periyodu boyunca birikmiş yağış miktarı
- $ET_m$  : t periyodunda maksimum evapotranspirasyon
- $r$  : t periyodundaki su akışından kaynaklanan su kaybı
- $i$  : t periyodunda derin sızıntı nedeniyle su kaybı

ÜSBM genellikle etkili yağış oranı hesaba katılmaz, çünkü derin süzülme ve akışın başlangıçta sifıra eşit olduğu varsayılır. Ancak, bitkinin kök bölgesi su tutma kapasitesine ulaştıktan sonra, kalan yağışlar akım veya derin sızma olarak kabul edilir. Bu nedenle, etkili yağış genellikle gerçek yağışın %100'ü olarak kabul edilir ve aşağıdaki gibi kabul edilebilir (Eşitlik 2).

$$W_t = W_{t-1} + R - ET_m \quad \text{Eq.(2)}$$

Bu denklemde yer alan maksimum evapotranspirasyon ise aşağıda verilen denklemdeki gibi ürün katsayısı ( $K_c$ ) ile potansiyel evapotranspirasyonun çarpımı ile elde edilmektedir. Ürün katsayısı ( $K_c$ ) ise standart koşullardaki bitki su tüketiminin referans bitki su tüketimine oranı olup ilgili referanslardan ürüne özel temin edilerek kullanılmaktadır. Aynı zamanda bu eşitlik ürün bazlı su gereksinimine ( $WR$ ) de eşittir (Eşitlik 3).

$$ET_m = K_c \times PET \quad \text{Eq.(3)}$$

Burada potansiyel evapotranspirasyon ( $PET$ ), bitkiden buharlaşan maksimum su miktarıdır (Penman, 1948).  $PET$ , Penman-Monteith'in formülünü kullanan ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts) model çıktılarından hesaplanmaktadır. Ürün katsayı değerleri, Doorenbos ve Pruitt (1977) tarafından tanımlanan AgroMetShell yöntemiyle döngü uzunluğunun yüzdesi olarak tahmin edilmektedir.  $W_t$  ve  $W_{t-1}$  denklemindeki (Doorenbos & Kassam, 1979) toprak nem içeriği, bitkinin kök bölgesinde depolanan sudur. Sezon öncesi  $K_c$ , başlangıçtaki toprak nemini hesaplamak için kullanılan ürün katsayısıdır. Dikim dekadından itibaren ürüne özgü katsayılar kullanılır. Algoritma sezon öncesi  $K_c$  değerini başlangıç için sıfır kabul etmektedir. Topraktaki su miktarı ( $W_t$ ) toprağın su tutma kapasitesinden fazla ise o toprakta su fazlalığı olduğu söylenebilir. Eğer topraktaki su miktarı ( $W_t$ ) 0'dan küçük ise toprakta su eksikliği olduğu söylenebilir.

ÜSBM modelinin iki ana çıktısının olan Gerçek evapotranspirasyon ( $ET_a$ ) ve Su Yeterlilik İndeksinin ( $SYI$ ) ürün verimi ile pozitif korelasyon gösterdiği kanıtlanmıştır.  $ET_a$ , alandaki ürün verimini etkileyecek önemli bir iklimsel değişken olan radyasyonu dahil ederek etkin kullanım sağlamaktadır. Su baskını, güçlü rüzgarlar tarafından üretilen mekanik hasarlar veya çekirgeler, kuşlar, böcekler veya bitki hastalıkları gibi ürün verimini düşüren su stresi dışındaki biyolojik faktörlerin etkisi ÜSBM modeli tarafından dikkate alınmamaktadır.

Su Yeterlilik İndeksi, mevsimin herhangi bir döneminde ürün tarafından alınan su miktarını değerlendirmek için kullanılan ÜSBM modelinin bir çıktısıdır. Normal olarak,  $SYI$  derecelendirilmiş verim sınıflarını da (iyi, orta, zayıf) göreceli olarak (ürününün optimal verim yüzdesi) tanımlamak için kullanılır.  $SYI$ , karşılanmış olan ürün su gereksiniminin yüzdesini ifade eder ve aşağıdaki gibi hesaplanır (Eşitlik 4).

$$SYI = 100(1 - (\sum |D_t| \div WR_t)) \quad \text{Eq.(4)}$$

Burada;

$SYI$  : Su yeterlilik indeksi (%)

$D_t$  : Toprak su eksikliği (mm/dekad)

$WR_t$  : Maksimum bitki su gereksinimi (mm/dekad)

Nokta tabanlı çalışan bir modeldir. İstasyon noktaları üzerinden hesaplama yapılmaktadır.

## BULGULAR ve TARTIŞMA

### Yağış

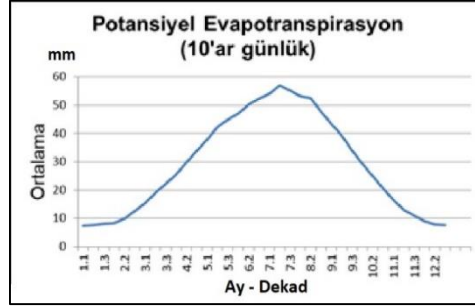
Ürün grupları bazında su yeterlilik indeksi üretmek için Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden temin edilen 2010-2016 yıllarına ait günlük yağış verileri kullanılmıştır. Günlük yağış verileri öncelikle 10'ar günlük toplam yağış verisi olarak düzenlenmiş, daha sonra ANUSPLIN yöntemiyle interpolasyon yapılarak 10'ar günlük yüzey verisi elde edilmiştir. Bu yöntemle çalışma alanının tamamının yağış verisi elde edilmiştir. 2010- 2015 yılları aylık yağış verisi incelendiği zaman yıllar arasında çok değişkenlik olduğu görülmektedir. 2010 – 2015 yılları arasındaki yağış eğilimi benzer olmak birlikte yağışın en az olduğu yıl 2014 yılı olarak tespit edilmiştir.

### Potansiyel evapotranspirasyon

Global-PET, girdi parametreleri olarak WorldClim Global Climate Data'dan (Hijmans ve ark., 2004) elde edilen verileri kullanarak modellenmiştir. Çok sayıda iklim gözlemine ve SRTM topografik verilerine dayanan WorldClim, aşağıdaki iklim parametreleri için aylık ortalama verilerin (1950-2015) yüksek çözünürlüklü bir küresel coğrafi veri



tabanını (30 arc saniye veya - 1km ekvatora göre) oluşturmaktadır: Yağış, ortalama, minimum ve maksimum sıcaklık (Şekil 2).



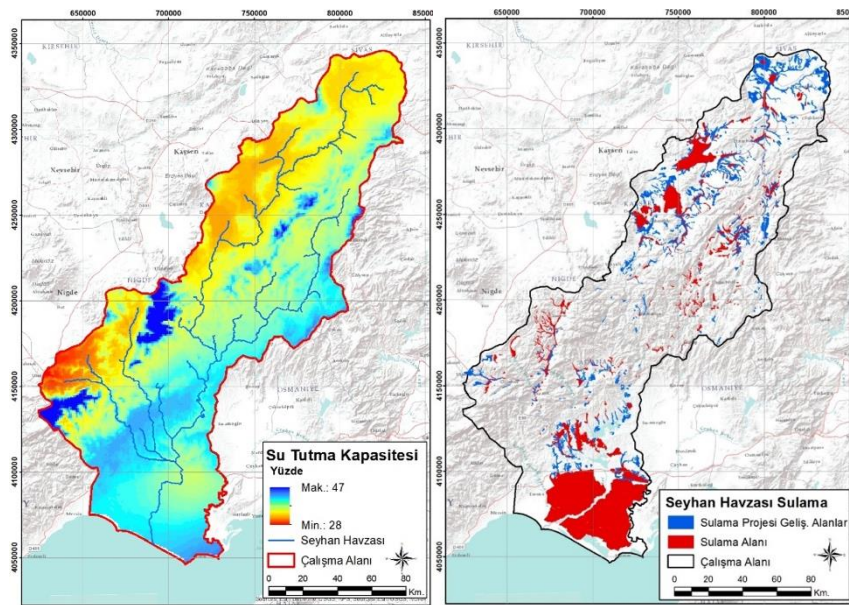
Şekil 2. Çalışma alanı potansiyel evapotranspirasyon  
Figure 2. Study area potential evapotranspiration

### Su tutma kapasitesi

ISRIC (International Soil Reference and Information Centre – Uluslararası Toprak Kaynakları ve Bilgi Merkezi) birçok farklı ülkesel, bölgesel ve yerel kuruluşların sorumlu oldukları alanlardaki topraklara dair kendi standart ve kurallarına göre sağladıkları coğrafi bilgileri, küresel ölçekte toplayan, bağdaştıran ve yayımlayan bir kuruluştur (CGIAR, 2017). SoilGrid ise ISRIC tarafından oluşturulan toprak verisini ve çevresel faktörlere ait verileri kullanarak çalışan küresel modeller ile diğer toprak özelliklerini konumsal olarak tahmin eden bir sistemdir. Sistemin web sunucusu üzerinden; makine öğrenme algoritmaları temelli otomatik toprak haritalama yöntemleri ile üretilen, tüm dünyanın 1 km ile 250 m arasındaki yersel çözünürlüklere sahip, güncellenebilir toprak özellikleri ve sınıflarına ait haritaları sunmaktadır. Bu veri tabanında yer alan 30 cm derinlik için toprak su tutma kapasitesi verisi çalışma alanı için temin edilmiştir (Şekil 3a).

### Sulama

Seyhan Havzası Toprak Kaynakları raporundan sulanan ve sulama projesi geliştirilen alanlar vektörel formatta alınmıştır. Bu alanlar modelde sulamanın var olduğu alanlar olarak kabul edilmiştir (Şekil 3b).



Şekil 3. (a) Seyhan Havzası su tutma kapasitesi, (b) Seyhan Havzası sulama haritası  
Figure 3. (a) Seyhan Basin water holding capacity, (b) Seyhan Basin irrigated land map

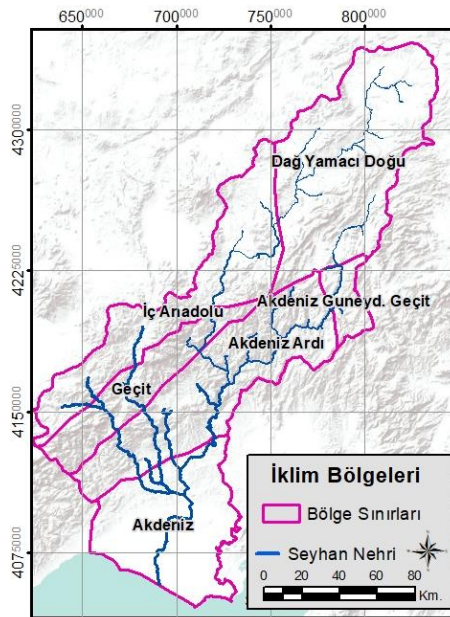
### Ekim dönemi ve ürün döngüsü

Model girdilerinden biri olan ekim dönemi ürünlerin ekiliş zamanını içeren yılın on günlük dönemini ifade ederken, ürün döngüsü ise ürünlerin ekilişinden hasadına kadar geçen sürenin onar günlük olarak kaç dönemden oluştuğunu ifade etmektedir. Her ürün grubu için ekim dönemi ve ürün döngüsü değerleri, TAGEM ve DSİ tarafından 2009 yılında ortaklaşa hazırlanan "Türkiye'de Sulanan Bitkilerin Bitki Su Tüketim Rehberi" isimli çalışmada yer alan ürün bazlı değerlerin iklim bölgeleri bazında ürün grupları için ortalamaları alınarak hesaplanmıştır (Çizelge 1 ve 2).

Çizelge 1. Seyhan Havzası iklim bölgeleri ürün grupları ekim dönemleri

Table 1. Seyhan Basin climate zones product groups planting periods

Grup No	Ürün Grubu	Akdeniz	Akdeniz Ardı	Akdeniz Gneyd. Geçit	Dağ Yamacı Doğu Geçit	İç Anadolu
1	Serin iklim Tahılları	32	31	31	29	29
2	Sıcak iklim Tahılları	13	12	-	-	14
3	Serin Mevsim Baklagiller	10	11	11	13	13
4	Sıcak Mevsim Baklagiller	9	10	12	13	13
5	Yağ Bitkileri	12	12	12	13	13
6	Lif Bitkileri	10	6	2	-	-
7	Nişasta Bitkileri	10	9	10	2	11
8	Şeker Bitkileri	7	9	10	-	9
9	Maydanozgiller	1	4	7	11	9
10	Baklagil Yem Bitkiler	4	7	9	12	10
11	Yumuşak Çekirdekli Mey.	9	10	11	11	11
12	Kabakgiller	10	11	11	13	13
13	Ebegümecigiller	12	13	-	-	-
14	Bağcılık	7	8	8	1	9
15	Sert Kabuklu Meyveler	6	9	8	9	9
16	Sert Çekirdekli Meyveler	8	8	9	11	10
17	Subtropik meyveler	8	9	7	-	12
18	Üzümsü Meyveler	8	8	10	10	10
19	Turunçgiller	1	1	-	-	-
20	Patlıcangiller	11	12	12	14	14
21	Mera	-	-	-	10	10
22	Turpgiller	23	22	-	17	19
23	Soğangiller	7	7	9	10	10



Şekil 4. Seyhan Havzası iklim bölgeleri

Figure 4. Seyhan Basin climate regions

Çizelge 2. Seyhan Havzası iklim bölgeleri ürün grupları döngüsü

Table 2. Seyhan Basin climate zones product groups cycle

Grup No	Ürün Grubu	Dönem	Akdeniz	Akdeniz Ardı	Akd. Gnyd. Geçit	Dağ Yam. Doğu	Geçit	İç Anadolu
1	Serin İklim Tahılları	Gelişim	14	15	16	20	19	20
		Olgunluk	4	4	4	4	4	4
		Hasat	3	3	3	3	3	3
2	Sıcak İklim Tahılları	Gelişim	6	6	-	-	6	6
		Olgunluk	5	7	-	-	8	6
		Hasat	3	3	-	-	4	3
3	Serin Mevsim Baklagiller	Gelişim	6	6	6	6	6	6
		Olgunluk	5	5	4	4	4	4
		Hasat	2	2	3	3	3	3
4	Sıcak Mevsim Baklagiller	Gelişim	5	6	7	6	5	6
		Olgunluk	5	5	6	4	5	5
		Hasat	2	2	3	3	2	2
5	Yağ Bitkileri	Gelişim	6	6	6	7	6	7
		Olgunluk	5	5	6	6	5	6
		Hasat	3	3	3	3	3	3
6	Lif Bitkileri	Gelişim	8	8	8	-	7	-
		Olgunluk	6	6	6	-	7	-
		Hasat	5	4	4	-	4	-
7	Nişasta Bitkileri	Gelişim	6	6	6	7	7	7
		Olgunluk	5	5	5	5	5	5
		Hasat	2	2	2	3	2	3
8	Şeker Bitkileri	Gelişim	8	-	8	8	8	8
		Olgunluk	7	-	7	7	7	7
		Hasat	4	-	4	4	4	4
9	Maydanozgiller	Gelişim	21	18	15	11	14	12
		Olgunluk	9	8	7	4	6	5
		Hasat	1	1	1	0	1	1
10	Baklagil Yem Bitkiler	Gelişim	15	13	11	8	10	10
		Olgunluk	8	7	6	4	6	5
		Hasat	5	5	4	3	4	3
11	Yumuşak Çekir. Meyveler	Gelişim	7	8	8	8	9	9
		Olgunluk	12	10	10	8	9	9
		Hasat	5	4	4	3	3	3
12	Kabakgiller	Gelişim	6	6	6	6	5	6
		Olgunluk	4	4	5	5	4	5
		Hasat	2	2	2	2	2	2
13	Ebegümeçgiller	Gelişim	6	6	-	-	6	-
		Olgunluk	6	6	-	-	6	-
		Hasat	3	3	-	-	3	-
14	Bağcılık	Gelişim	8	8	8	6	7	7
		Olgunluk	8	8	8	9	8	7
		Hasat	7	8	7	4	6	6
15	Sert Kabuklu Meyveler	Gelişim	6	6	8	4	6	4
		Olgunluk	14	13	9	15	13	15
		Hasat	5	5	6	4	4	4
16	Sert Çekirdekli Meyveler	Gelişim	8	8	8	8	8	8
		Olgunluk	11	11	10	9	10	10
		Hasat	5	4	4	3	3	3
17	Subtropik meyveler	Gelişim	10	10	11	-	10	9
		Olgunluk	8	8	6	-	7	4
		Hasat	7	7	8	-	7	7
18	Üzümsü Meyveler	Gelişim	10	10	7	7	10	7
		Olgunluk	10	10	9	9	8	9
		Hasat	5	5	4	4	4	4
19	Turunçgiller	Gelişim	15	15	-	-	-	-
		Olgunluk	13	12	-	-	-	-
		Hasat	9	9	-	-	-	-
20	Patlıcangiller	Gelişim	6	6	6	6	6	6
		Olgunluk	6	7	6	5	6	5
		Hasat	3	3	3	3	3	3
21	Mera	Gelişim	-	-	-	4	-	5
		Olgunluk	-	-	-	11	-	11
		Hasat	-	-	-	5	-	5
22	Turpgiller	Gelişim	8	8	-	10	8	11
		Olgunluk	4	4	-	5	4	6
		Hasat	1	1	-	2	2	2
23	Soğangiller	Gelişim	6	6	7	5	6	5
		Olgunluk	6	6	6	7	6	7
		Hasat	4	4	4	4	3	4



İklim bölgeleri bazında her ürün grubu için üretilen ekim dönemi ve ürün döngüsü verileri CBS ortamına aktarılarak iklim bölgelerine ait vektörel veriye eşleştirilmiştir (Şekil 4). Elde edilen bu veri ile peyzaj birimlerine ait vektörel veri çakıştırılarak her peyzaj birimi için, içinde yer aldığı iklim bölgesine bağlı olarak tüm ürün grupları için ekim dönemi ve ürün döngüsü değerleri elde edilmiştir.

### Ürün gelişim katsayıları (Kc)

Bitki katsayısı (Kc), standart koşullardaki bitki su tüketiminin (ETC) referans bitki su tüketimine (ETo) oranıdır. Bitki su tüketiminin tahmin edilmesinde Kc kullanımı veya Kc yaklaşımı ilk olarak Jensen (1968) tarafından önerilmiştir. Daha sonra, diğer araştırmacılar bu yaklaşımı geliştirmiştir (Doorenbos & Pruitt, 1977; Burman ve ark., 1980; Allen ve ark., 1998). FAO ve Dünya Meteoroloji Teşkilatı, bitkinin farklı gelişme dönemleri ile ilgili olarak, bitki katsayısını tanımlamak için bitki katsayısı grafiğini geliştirmiştir. Bitki katsayısını gösteren bu grafikte bitkinin başlangıç, orta ve son dönemleri esas alınmıştır (Tarantino & Spano, 2001). Kc değerleri bitkinin ilk ekim-dikim zamanında en düşük düzeyde iken bitkinin tam geliştiği dönemde ise en yüksek düzeye ulaşır ve ardından gelişme dönemi sonuna doğru azalma gösterir. Bu azalma bitkinin özelliklerine ve son dönemdeki sulama yönetimine bağlı olarak değişir (Jensen ve ark., 1990; Allen ve ark., 2000).

Bütün kaynaklarda Kc değerleri tam sulama koşulunda ve herhangi bir çevresel kısıt durumu olmayan standart koşullar altındaki sağlıklı bitkiler için verilmektedir. Hâlbuki uygulamada çoğu zaman bu standart veya ideal koşullar olmayabilir. Bu durumda Kc'nin mevcut su eksiliği koşuluna göre düzeltilmesi gerekir (TAGEM & DSİ, 2009).

Her ürün grubuna ait Kc değerleri; TAGEM ve DSİ (2009)'da yer alan Türkiye'de iklim bölgeleri ve istasyonlar bazında tarımsal ürünlerin gelişme dönemlerine göre bitki katsayıları başlıklı tablodan yararlanılarak hesaplanmıştır. Bu tablodan çalışma alanı içinde yer alan istasyonlar için üretilmiş her ürünün üç aşamasına (gelişim, olgunluk, hasat) ait bitki katsayıları alınarak ürün grupları bazında ortalamalar hesaplanmıştır. Böylelikle tüm çalışma alanı için her ürün grubu bazında temel üç gelişim aşamasında ürün katsayıları elde edilmiştir (Çizelge 3).

Çizelge 3. Ürün grupları Kc değerleri

Table 3. Product groups Kc values

Grup No	Ürün Grubu	Kc <sub>1</sub>	Kc <sub>2</sub>	Kc <sub>3</sub>
1	Serin İklim Tahılları	0.77	1.16	0.28
2	Sıcak İklim Tahılları	0.30	1.22	0.74
3	Serin Mevsim Baklagiller	0.40	1.15	0.64
4	Sıcak Mevsim Baklagiller	0.39	1.08	0.73
5	Yağ Bitkileri	0.36	1.14	0.46
6	Lif Bitkileri	0.40	1.22	0.62
7	Nişasta Bitkileri	0.43	1.18	0.78
8	Şeker Bitkileri	0.46	1.23	0.72
9	Maydanozgiller	0.22	1.07	0.97
10	Baklagil Yem Bitkiler	0.23	1.22	1.17
11	Yumuşak Çekirdekli Meyveler	0.47	1.00	0.72
12	Kabakgiller	0.41	1.01	0.77
13	Ebegümecigiller	0.34	1.25	0.65
14	Bağcılık	0.52	0.81	0.48
15	Sert Kabuklu Meyveler	0.54	1.09	0.67
16	Sert Çekirdekli Meyveler	0.48	1.00	0.72
17	Subtropik meyveler	0.55	0.77	0.71
18	Üzümsü Meyveler	0.66	0.87	0.76
19	Turunggiller	0.80	0.70	0.72
20	Patlıcangiller	0.34	1.12	0.89
21	Mera	0.41	0.97	0.91
22	Turpgiller	0.07	1.06	0.97
23	Soğangiller	0.36	1.05	0.76

Agrometshell programı, Kc değerlerini ürün gelişimini temsil eden ürün döngüsüne bağlı olarak dokuz ürün katsayısı ile kullanmaktadır. Bunlardan ilk altısı gelişim evresini, sonraki ikisi olgunluk evresini ve sonuncu ise hasat evresini temsil edecek şekilde ürünün gelişimini ortaya koyan bir grafiği ortaya koyacak şekilde hesaplanmıştır.

### ***Diğer girdi verileri***

Yukarıda bahsedilen girdi verilerine ek olarak etkin yağış katsayısı, sulama set yüksekliği ve döngü öncesi Kc verilerine de ihtiyaç duyulmaktadır. İncelenen literatüre bağlı kalınarak tüm çalışma alanında bütün ürün grupları için etkin yağış katsayısı 100, sulama set yüksekliği 150 olarak alınmıştır. Ürün öncesi Kc verisi için ise her ürün grubu için üretilen ürün döngüsüne bağlı Kc değerler grafiğinin başlangıç değeri esas alınmıştır.

### ***Ürün su bütçesi tahmini***

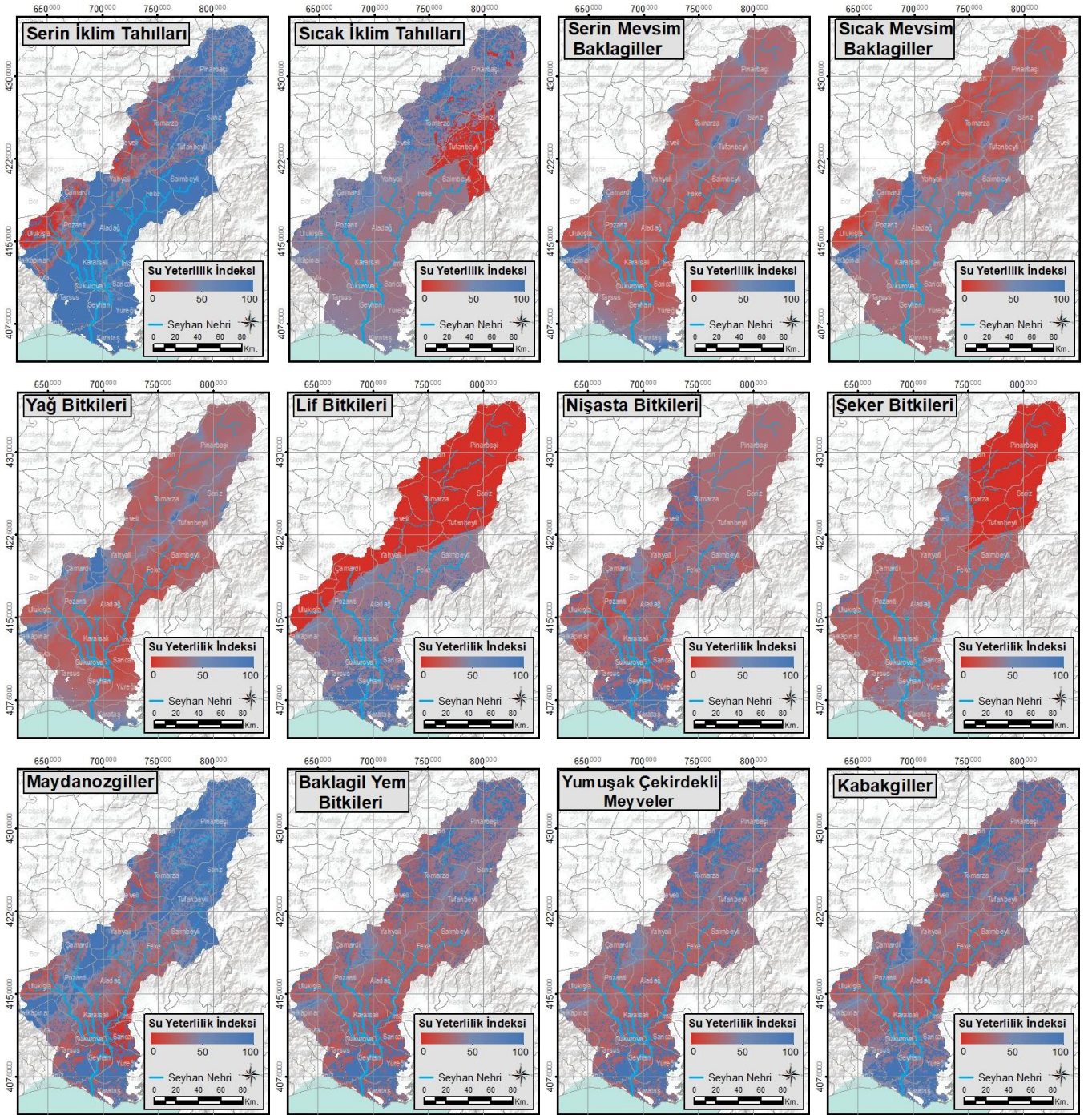
Her ürün grubu için üretilen girdi verileri kullanılarak Agrometshell programı için Çizelge 4'de bir kısmı örnek olarak verilen girdi veri formatına dönüştürülmüştür. Bu çerçevede konumsal dağılım gösteren girdi verileri (yükseklik (ALT), su tutma kapasitesi (WHC), ürün döngüsü (Cycle), ekim dönemi (Pldek), sulama (Irrig) ve sezon öncesi Kc (pre\_kc)) zonal istatistik uygulanarak her peyzaj birimi için ortalama değerler şeklinde hesaplatılmıştır.

Oluşturulan veri setine peyzaj birimlerinin rumuzları (Name), boylam (LONG) ve enlem (LAT) bilgileri de eklenmiştir. Bunlara ek olarak tüm peyzaj birimleri için; etkin yağış katsayısı (Efrain) literatüre bağlı kalarak 100 ve sulama set yüksekliği ise 150 olarak kabul edilmiştir. Veri setinin hangi ürün grubuna ait olduğu ise ürün grup no (Crop\_Id) sütununda tanımlanmıştır.

Her ürün grubu için üretilen veri setindeki her bir satır bir peyzaj birimini ifade edecek şekilde 31.367 satırdan oluşmuştur. Agrometshell programı ise her çalışmasında en fazla 8192 satır veri ile çalışabilmektedir. Bu nedenle her ürün grubu için hazırlanan veri seti dört parçaya ayrılarak program her biri için ayrı olarak çalıştırılmıştır.

Her ürün grubunun her bir türü için çalıştırılarak sonuçlar metin formatında elde edilmiştir. Çıktı olarak 23 ürün grubu (serin iklim tahılları, sıcak iklim tahılları, serin mevsim baklagiller, sıcak mevsim baklagiller, yağ bitkileri, lif bitkileri, nişasta bitkileri, şeker bitkileri, maydanoz, baklagil yem bitkileri, yumuşak çekirdekli meyveler, kabakgil, bağcılık, sert kabuklu meyveler, sert çekirdekli meyveler, üzümü meyveler, patlıcan, mera, soğangiller, ebegümecigiller, turpgiller, turunçgiller, subtropik meyveler) özelinde her peyzaj birimi için su yeterlilik indeksi, toplam su ihtiyacı, fazla su ve eksik su değerleri tahmin edilmiştir. Bu çıktılar her ürün grubu için ayrı vektörel dosyalar olarak peyzaj birimleri dosyası ile CBS ortamında eşleştirilerek konumsal hale getirilmişlerdir. Bu çıktı değişkenlerinden su yeterlilik indeksi her ürün grubu için görselleştirilmiştir (Şekil 5a, Şekil 5b).

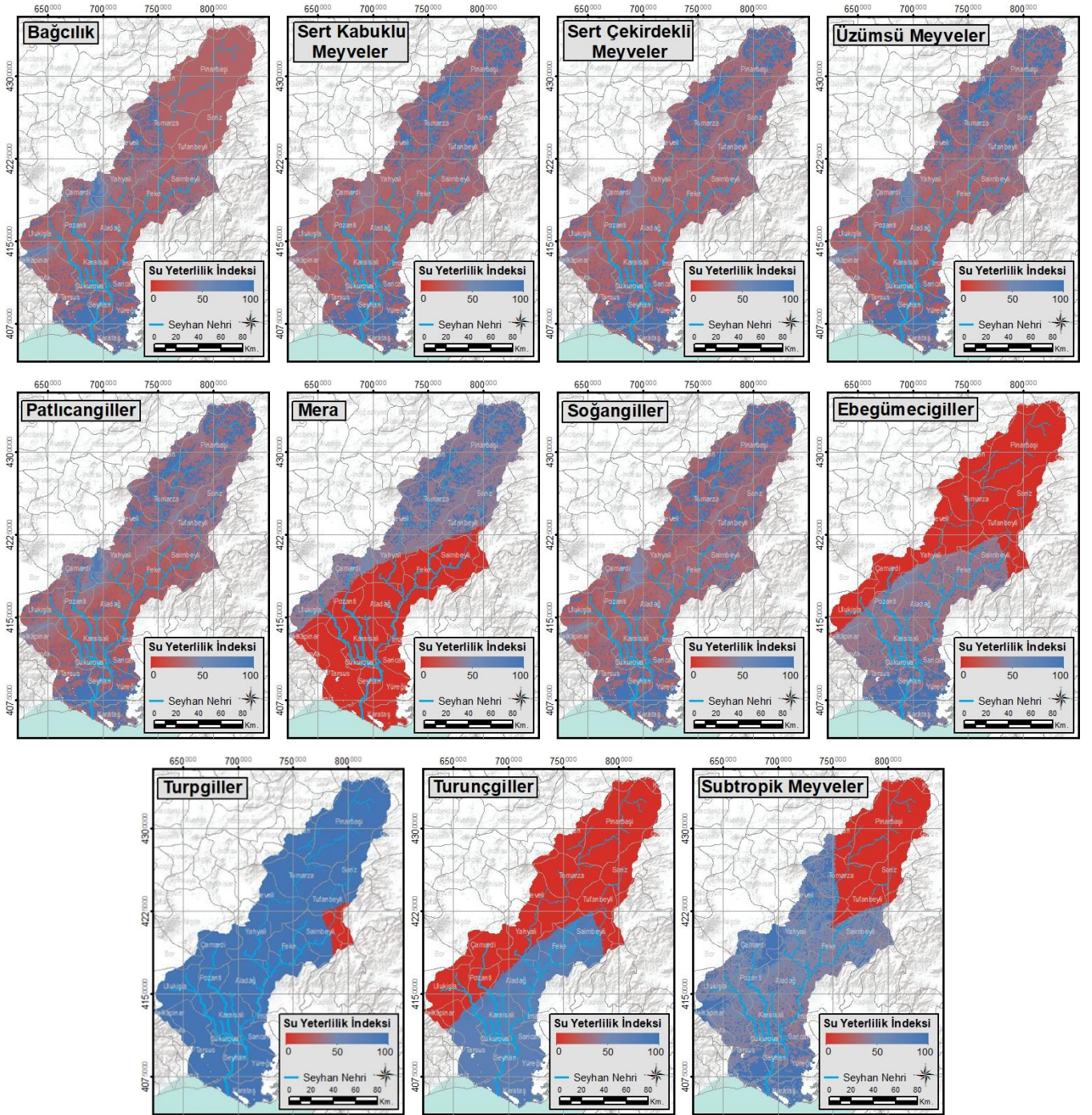
23 ürün grubu için elde edilen su yeterlilik indeksi 0 ile 100 arasında değerler almaktadır. Sıfır değeri alan yerlerde su eksikliği olduğu, 100 değerine yaklaştıkça o ürün için su düzeyinin yeterli olduğundan söz edilebilir. Su yeterlilik haritalarının istatistiklerine bakıldığında en yüksek ortalama su yeterlilik yüzdesinin baklagil yem bitkileri, turpgiller ve bağcılıkta olduğu görülmüştür. Ortalama su yeterlilik yüzdesinin en düşük olduğu ürün grupları ise patlıcangiller, sert kabuklu meyveler, sıcak iklim tahılları olarak tespit edilmiştir (Çizelge 5).



Şekil 5a. Seyhan Havzası ürün grupları su yeterlilik indeksi haritaları (a)

Figure 5a. Seyhan Basin product groups water satisfaction index maps





Şekil 5b. Seyhan Havzası ürün grupları su yeterlilik indeksi haritaları (b)  
 Figure 5b. Seyhan Basin product groups water satisfactio index maps (b)

Çizelge 5. Seyhan Havzası su yeterlilik indeksi

Table 5. Seyhan Basin water sufficiency index

ÜRÜN GRUPLARI	Ort.	Std. Sap.	SU YETERLİLİK İNDEKSİ (Yüzde)					
			Çok Yük. (100-90)	Yüksek (90-80)	Orta (80-70)	Düşük (70-60)	Çok Düş. (60-50)	Değil (50-0)
<b>BAKLAGİL YEM BİTKİLER</b> (fiğ, korunga, yonca)	98.0	3.8	96	4	1	0	0	0
<b>TURPGİLLER</b> (lahana)	97.3	16.1	97	0	0	0	0	3
<b>BAĞCILIK</b>	92.1	8.1	59	32	9	0	0	0
<b>TURUNÇGİLLER</b>	80.9	13.5	31	4	39	25	0	0
<b>MAYDANOZGİLLER</b> (havuç, maydanoz)	79.8	13.7	31	1	42	27	0	0
<b>SERT ÇEKİRDEKLİ MEYVELER</b> (erik, kayısı, kiraz, şeftali)	79.0	14.8	31	1	27	36	5	0
<b>YAĞ BİTKİLERİ</b> (ayçiçeği, soya, susam, yer fıstığı)	78.7	14.5	31	0	26	43	0	0
<b>SERİN MEVSİM BAKLAGİLLER</b> (bakla, mercimek, nohut)	78.2	15.0	31	1	36	28	5	0
<b>ÜZÜMSÜ MEYVELER</b> (çilek)	78.2	14.8	31	0	18	51	0	0
<b>KABAKGİLLER</b> (hıyar, kabak, karpuz, kavun)	77.6	15.4	31	1	19	47	3	0
<b>NIŞASTA BİTKİLERİ</b> (patates)	77.3	15.4	31	0	19	46	4	0
<b>SOĞANGİLLER</b> (soğan, sarımsak)	77.2	16.0	31	1	27	31	10	0
<b>LİF BİTKİLERİ</b> (pamuk)	76.9	16.0	31	0	22	35	13	0
<b>ŞEKER BİTKİLERİ</b> (şeker pancarı)	76.6	16.0	31	0	12	49	8	0
<b>EBEGÜMECİGİLLER</b> (bamya)	75.0	16.9	31	0	1	57	11	0
<b>SERİN İKLİM TAHILLARI</b> (arpa, buğday)	72.4	25.0	31	0	15	42	6	7
<b>YUMUŞAK ÇEKİRDEKLİ MEY.</b> (elma, armut)	72.4	18.5	31	0	0	33	37	0
<b>SUBTROPİK MEYVELER</b> (nar, zeytin)	70.6	33.9	31	10	35	7	0	17
<b>MERA</b>	60.8	46.8	63	0	0	0	0	37
<b>SICAK MEVSİM BAKLAGİLLERİ</b> (fasulye)	55.1	39.8	31	0	2	26	11	31
<b>SICAK İKLİM TAHILLARI</b> (mısır, çeltik, sorgum)	52.3	40.4	31	0	0	15	20	33
<b>SERT KABUKLU MEYVELER</b> (badem, ceviz)	50.9	42.6	31	0	0	30	0	39
<b>PATLICANGİLLER</b> (biber, domates, patlıcan)	45.3	37.7	31	0	0	0	0	69



Sonuç olarak, çalışmada ürünlerin ihtiyaç duyduğu ürün su bütçesi durumunun tespiti için Gıda Tarım Örgütü (FAO) tarafından geliştirilen agrometshell modeli kullanılmıştır. 23 ürün grubu için elde edilen su yeterlilik indeksi 0 ile 100 arasında değerler almaktadır. Sıfır değeri alan yerlerde su eksikliği olduğu, 100 değerine yaklaştıkça o ürün için su düzeyinin yeterli olduğundan söz edilebilir. Su yeterlilik haritalarının istatistiklerine bakıldığında ortalama su yeterlilik yüzdesi en yüksek baklagil yem bitkileri, turpgiller ve bağcılık ürün gruplarında olduğu tespit edilmiştir. Ortalama su yeterlilik yüzdesinin en düşük olduğu ürün grupları ise patlıcangiller, sert kabuklu meyveler, sıcak iklim tahılları olarak tespit edilmiştir.

Ürün izleme ve verim tahmini çalışmalarının; ülke kaynaklarının etkin bir şekilde kullanılması, risk analizi yardımıyla nerede hangi ürünün ekilmesinin uygun olacağı belirlenmesi, meteorolojik, fenolojik ve istatistiksel verilerin en doğru bir şekilde üretilmesinin sağlanması, çiftçilerin ürünlerinin durumunu görerek zamanında tedbir alması, karar vericilerin ürünün durumunu görerek hasattan önce gerekli ithalat ve ihracat bağlantılarını yapması ve hassas toplum kesimlerinin belirlenerek gerekli yardım çalışmalarının başlatılması gibi birçok konuda fayda sağlayarak ülke kalkınmasına katkı yapması beklenmektedir (Şimşek ve ark., 2008).

FAO tarımsal alanların korunması ve mevcut risk faktörlerinin tespit edilerek önlem alınması konusunda çalışmalar yapmaktadır. FAO-Türkiye Ortaklık Programı gıda güvenliği, tarımsal ve kırsal kalkınma, ormancılık ve balıkçılığı kapsayan doğal kaynaklar yönetimi, tarım politikaları, gıda güvenilirliği konularında Türkiye ile birlikte ortaklaşa çalışmalar yürütmektedir. Tarımsal alanların agroekolojik uygunluk durumunun tespit edildiği çalışmalarda agrometshell modeli kullanan ve öneren FAO bu tür çalışmalara örnek olacak planlamalar yapmaktadır.

Bu bağlamda ürün su bütçesinin hesaplanmasında FAO'nun ürettiği agrometshell modeli kullanılmıştır. Agrometshell modeli bitkilerin gelişimlerini ve gelişimlerini etkileyen faktörlerin bir arada değerlendirilmesine imkân sağlamaktadır. Bu model bitkilerin fenolojik gelişiminin takibine imkân vermesinin yanı sıra değişen iklimsel koşulların bitkilerin gelişimlerini nasıl etkileyeceği bilgisine ulaşılmasını da sağlaması bakımından avantaj sağlamaktadır. Böylelikle risk analizleri yapılarak bu risklere karşı önlem alınmasında yol gösterici olacak çalışmalar yapılmasına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Ürünlerin ekolojik isteklerini dahil etmesi açısından su yeterlilik indeksi tahmini yaklaşımının önemli olduğu görülmektedir. Su yeterlilik indeksi hesaplanmasında kullanılan agrometshell modelinin birbirinden farklı veri türlerini aynı anda değerlendirilmesine imkan vermesi bu modelin avantajları arasında yer almaktadır. Fakat tüm bu avantajlarının rağmen model 8.000 veriden fazlasını bir defada analiz edilmesine imkan vermemesi nedeniyle geniş veya detaylı alanların analizinde çalışma süresinin uzamasına ve daha fazla sayıda girdi dosyası hazırlaması zorunluluğu nedeniyle zorluklar barındırmaktadır. Bu çalışma kapsamında çok sayıda girdi dosyası olması nedeniyle bahsedilen modelin eksikliklerini giderme adına çalışmaya yazılım boyutunun dahil edilmesi ile zaman kaybı ve veri yönetimi açısından avantaj sağlanmıştır.

Uzaktan algılama ve CBS'nin sayıca fazla olan ve değişik kategorideki verilerin aynı anda değerlendirilmesine imkan vermesi sayesinde çok sayıda değişkenin etkili olduğu tarımsal alanların analizinde önemli bir araç olduğu ortaya koyulmuştur. Bu çalışma kapsamında çıktılarının görselleştirilmesi ve değerlendirilmesi sürecinde de CBS'den yararlanılmış ve böylelikle model sonuçlarının daha iyi ifade edilmesi sağlanmıştır.

Son olarak tarımsal peyzajların sürdürülebilirliğinin sağlanması tarımsal üretimin uzun dönemli ve verimli geçmesini sağlayarak bu alanların optimal kullanımı sağlarken aynı zamanda doğal alanların tarım alanı olarak kullanılmasının önüne geçecektir. Kaynakların sürdürülebilir kullanımının sağlanması özellikle tarımsal peyzajların gelecek nesillerin besin ihtiyacını karşılayabilmesi için hayati öneme sahiptir. Bu nedenle bilimsel araştırma ve değerlendirmeler sonucunda planlanmalı ve yönetilmelidir.

## ÇIKAR ÇATIŞMA BEYANI

Yazarlar çalışma konusunda çıkar çatışmasının olmadığını beyan eder.

**ARAŞTIRMACILARIN KATKI ORANI BEYANI**

Yazarlar çalışmaya eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

**ETİK ONAY BEYANI**

Bu makalede insan veya hayvan deneklerle herhangi bir çalışma bulunmaması nedeniyle etik onaya gerek duyulmamaktadır.

**KAYNAKLAR**

- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., & Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration-guidelines for computing crop water requirements. *FAO Irrigation and drainage paper 56*. FAO, Rome, 300 (9), D05109.
- Allen, R.C., Smith, M., Pereira, L.S., Raes, D., & Wright, J.L. (2000). Revised FAO procedures for calculating evapotranspiration. *Revised FAO procedures for calculating evapotranspiration–Irrigation and Drainage Paper, N° 56 with testing in Idaho*.
- T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı. (2024, January). *Seyhan havzası*. Kayseri İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü, T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı. <https://kayseri.ktb.gov.tr/TR-54983/seyhan-havzasi.html>
- CGIAR. (2017, April). Global *high-resolution soil-water balance*. Consultative Group on International Agricultural Research Web Sitesi. <http://www.cgiar-csi.org/data/global-high-resolution-soil-water-balance#description>
- Burman, R.D., Wright, J.L., Nixon, P.R., & Hill, R.W. (1980). Irrigation management-water requirements and water balance. *In: Irrigation, Challenges of the 80's, Proc. Of the Second National Irrigation Symposium*, Am. Soc. Agric. Eng., St. Joseph, MI, pp. 141-153.
- Doorenbos, J., & Kassam, A.H. (1986). Yield response to water. *FAO Irrigation and Drainage, Paper No. 33*. FAO, Rome, Italy.
- Doorenbos, J., & Pruitt, W.O. (1981). Guidelines for predicting crop water requirements. *FAO Irrigation and Drainage, Paper No. 24*. FAO, Rome, Italy.
- Erdoğan, M.A., Berberoğlu, S., & Aksaker, N. (2014). Konumsal bilgi sistemleri tabanlı Çukurova tarımsal karar destek sistemi. TÜBİTAK Projesi (113Y194) Sonuç Raporu.
- FAO. (2004). AgroMetShell toolbox CD-ROM. *FAO-SDRN Working Paper Series*. Rome, Italy.
- FAO. (2019, November 20). *State of food security and nutrition in the world*. <http://www.fao.org/3/ca5162en/ca5162en.pdf>
- Frere, M., & Popov, G. (1979). Agrometeorological crop monitoring and forecasting. *FAO Plant Production and Protection Paper No. 17*. Rome, Italy.
- FSIN. (2020, May 7). *Global report on food security crises 2020*. Food Security Information Network. <https://www.wfp.org/publications/2020-global-report-food-crises>
- Gommes, R. (1993). *FAOINDEX, Version 2.1*. FAO Agrometeorology Group. Rome, Italy.
- Hijmans, R.J., Cameron, S.E., Parra, J.L., Jones, P.G., & Jarvis, A. (2004). *The WorldClim interpolated global terrestrial climate surfaces, Version 1.3*. <http://biogeo.berkeley.edu/>
- Jensen, M.E., Bunnann, R.D., & Allen, R.G. (1990). Evaporation and irrigation water requirements. *ASCE Manuals and Reports on Eng. Practices No. 70*. New York, s360.
- Koç, E.M. (2011). İklim değişikliğinin tarıma olası etkilerinin wofost bitki iklim modeli ile araştırılması (Tez no: 350494). Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Meteoroloji Mühendisliği.
- Nieuwenhuis, G.J.A., Wit, A.J.W., Kraalingen, D.W.G., Diepen, C.A., & Boogaard, H.L. (2006). Monitoring crop growth conditions using the global water satisfaction index and remote sensing. *In: ISPRS Commission VII Mid-term Symposium Remote Sensing: From Pixels to Processes*, Enschede: The Netherlands.

- Penman, H.L. (1948). Natural evaporation from open water, bare soil and grass. *Proc. R. Soc. London Series A. Mathematical and Physical Sciences*, 193 (1032), 120-145.
- Porter, J.R. (1990). Modelling effects of climate change on crop production. J. Goudriaan & HH van Laar (Eds.), *Primary productivity of European agriculture and the greenhouse effect*. Wageningen: Pudoc.
- Squire, G.R., & Unsworth, M.H. (1988). Effects of CO<sub>2</sub> and climatic change on agriculture. Contract Report to the Department of the Environment, Department of Physiology and Environmental Science, University of Nottingham, Sutton Bonnington, UK.
- Şaylan, L., & Çaldağ, B. (1999). Türkiye’de kullanılabilecek tarımsal meteorolojik modellerin analizi. İTÜ Araştırma Fonu Projesi Sonuç Raporu.
- Şaylan, L., & Çaldağ, B. (2000). Potential impact of climate change on agriculture. *AGROESTIRON-2000 2nd International Symposium On New Technologies For Environmental Monitoring And Agro-Applications*, Tekirdag.
- Şimşek, O., Murat, A., & Çakmak, B. (2008). 2006-2007 tarım yılı kuraklık analizi. *Kuraklık ve Su Yönetimi Toplantısı Bildiri Kitabı*, 5. Dünya Su Forumu Bölgesel Hazırlık Süreci Türkiye Bölgesel Su Toplantısı. ÇOB DSİ Genel Müdürlüğü V. Bölge Müdürlüğü, s.199-213, Ankara.
- TAGEM ve DSİ. (2009). Türkiye’de sulanan bitkilerin bitki su tüketimi rehberi. Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü ve Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Tarantino, E., & Spano, D. (2001). La valutazione dei fabbisogni irrigui. *Irrigazione E Drenaggio*, 48 (4), 21-35.