

# Tarım Sektöründe Sürdürülebilir Arazi ve Su Kaynaklarının Kullanımı

## Sustainable Use of Land and Water Resources in the Agricultural Sector

**Prof. Dr. Murat YILDIRIM**

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Çanakkale, Türkiye  
myildirim@comu.edu.tr  
ORCID: 0000-0002-9757-6895

### Öz

Dünyanın gelişmekte olan ülkelerinde olduğu gibi ülkemizde de toprak ve su gibi doğal kaynaklar, plansız ve yanlış arazi kullanımı, yüksek nüfus artışı ve değişen iklim koşulları etkisi gibi nedenlerle baskı altında kalmaktadır. Bu durum, gelecekteki nüfusun gıda ihtiyacını tehlikeye sokmaktadır.

Ülkemizde artan nüfusun gıda ihtiyacını karşılamak için su kaynaklarına duyulan talep artarken, diğer sektörlerin suya karşı olan talebi de artış göstermektedir. Tarım alanlarının tümünün kullanılması ve tarıma açılacak başka alan kalmayışı nedeniyle, artan gıda ihtiyacını karşılamanın tek yolu, birim alandan alınan verimin sulama uygulamasıyla artırılmasıdır. Ancak, küresel iklim değişikliği ve buna bağlı olarak kurak ve çöl alanlarının genişlemesi ihtimali, artan nüfus ve sanayileşme ile su kaynaklarındaki kirlilik, su kaynakların giderek daha kısıtlı bir kaynak haline gelmesine neden olmaktadır. Çeşitli faktörler sonucu kısıtlı bir kaynak haline gelen mevcut su ile daha geniş alanların sulanması ve artan nüfusun gerekli gıda ihtiyacını karşılayabilmek için tarımın bilinçli bir şekilde uygulanması bir gereklilik değil, bir zorunluluk haline gelmiştir.

Toprak ve su kaynaklarımızdan maksimum ve sürdürülebilir faydanın sağlanabilmesi için, sulamanın toprak-bitki-atmosfer dengesini gözeterek gerçekleştirilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu dengenin matematiksel modeller aracılığıyla analiz edilmesi ve bilgisayar teknolojisi kullanılarak farklı iklim senaryoları altında havza düzeyinde değerlendirilmesi, yaşanabilecek krizlere karşı gerekli önlemlerin önceden alınmasını mümkün kılmaktadır.

Günümüzde suyun tarımdaki merkezi rolü ve iklim değişikliğinin etkileri göz önüne alındığında, sulama havzalarında yaşanabilecek farklı senaryolar için doğrusal programlama ve ArcGIS teknolojisi kullanılarak havza boyutunda farklı senaryolar için bitki-su haritalarının oluşturulması ve çevre dostu bir yönetim anlayışıyla toprak ve su kaynaklarımızın sürdürülebilirliği sağlanabilir. Bu nedenlerle bu çalışmada tarımsal su yönetimine yeni yaklaşım önerileri getiren bazı çalışmalar irdelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Sürdürülebilir Arazi Kullanımı, Optimizasyon, Toprak, Sulama Suyu, Kuraklık

### Abstract

*Natural resources such as land and water in our country, as in other developing countries, are under pressure due to factors such as unplanned and improper land use, high population growth, and changing climate conditions. This situation endangers the food security of the future population.*

*As the demand for water resources rises to meet the food needs of our growing population, demand for water from other sectors is also increasing. Since all arable land is already in use and no new areas are available for cultivation, the only option to meet the growing food demand is to increase yield per unit area through irrigation. However, factors such as global climate change, the potential expansion of arid and desert areas, population growth, industrialization, and water pollution are making water resources increasingly limited. Given these pressures, using the limited water resources efficiently to irrigate larger areas and meet the food needs of a growing population has shifted from being a necessity to an obligation. Conscious and sustainable agricultural practices are now essential.*

*The increase in agricultural production will be possible through the application of irrigated agriculture, while ensuring its sustainability depends on the optimal use of resources in the agricultural sector. By applying all cultural practices in agriculture -especially irrigation water- with care and awareness, the desired results in yield can be achieved in terms of both quality and quantity.*

*To achieve maximum and sustainable benefits from our land and water resources, it is crucial to implement irrigation, which plays a significant role in all cultural practices, with careful consideration of the soil-plant-atmosphere balance. In today's conditions, this balance is of great importance. By creating mathematical models and using computer technology, it is possible to examine potential climate crises at the watershed level under different scenarios and take necessary preventive measures. Therefore, in this study, various scenarios for irrigation basins are analyzed using linear programming and ArcGIS, providing an approach that ensures sustainability with an environmentally friendly management perspective, while enabling us to foresee productivity and profitability in advance. The study explores new approaches to agricultural water management, proposing innovative solutions*

**Keywords:** Sustainable Land Use, Optimization, Soil, Irrigation Water, Drought

## Giriş

### Toprak ve Su Kaynaklarımız ve Sulamadaki Durumumuz

Türkiye'nin su ve toprak kaynakları değerlendirdiğinde, tarım arazileri 23.1 milyon ha, ekonomik sulanabilir arazi varlığı 8,5 milyon ha ve sulamaya açılan arazi varlığı 2020 yılı 6.7 milyon ha'dır. Su zengini olmayan bir ülke olarak Türkiye'nin yer üstü suyu 98 milyar m<sup>3</sup>, yer altı suyu 14 milyar m<sup>3</sup>, toplam kullanılabilir su (net) miktarı ise 112 milyar m<sup>3</sup> olarak tespit edilmiştir. Kişi başına düşen kullanılabilir su miktarı 1.347 m<sup>3</sup>/yıl olup su stresi altında olan bir ülke olduğumuz söylenebilir. 2020 yılı sulama sezonunda izleme ve değerlendirme faaliyetleri yapılmakta olan sulama alanlarında sulama oranı %69, sulama randımanı ise %48,4 olarak gösterilmiştir (Anonim, 2021).

Sahip olduğumuz su kaynaklarının %77'si tarımda (44 milyar m<sup>3</sup>), %23'ü (13 milyar m<sup>3</sup>) sanayi ve içme-kullanma amaçlı olarak kullanılmaktadır. Görüldüğü gibi tarım, sanayi ve kentsel alanlarda kullanılan su oranları ile karşılaştırıldığında suyu en fazla kullanan sektördür. Gelişmekte olan ülkelerde tarımda kullanılan sulama suyu oranı oldukça yüksek olup Afrika ve Asya'da bu oran %81 iken Avrupa'da bu oran %25'tir (TEMA, 2024). Ülkelerin gelişmişlik düzeylerine göre sektörel su kullanım oranları arasında önemli farklılıklar bulunmaktadır. Gelişmiş ülkelerde sanayide suyun kullanım oranı fazla iken, az gelişmiş veya gelişmekte olan ülkelerde tarımsal sulamalarda bu oran daha fazladır.

### Sulama Yöntemleri

Günümüzde mevcut su kaynakları ile tarım sektörünün ihtiyacı karşılanabilmektedir. Ancak yakın bir gelecekte ülkemizde de su sıkıntıları görülebilir. Ülkemizde, sulama yapılan alanların %61'inde yüzey sulama (salma sulama), %39'unda basınçlı sulama (%22 yağmurlama ve %17 damla sulama) uygulanmaktadır (Şekil 1). Türkiye'de 2022 yılı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü verilerine göre ekonomik olarak sulanabilme potansiyeli olan alanların %82'si sulamaya açılmış durumdadır. Türkiye'de mevcut yaklaşık sulama randımanı %50 civarındayken bu oranın 2024 yılında %55, 2030 yılında %60, 2050 yılında %65'e yükseltilmesi hedeflenmektedir (Anonim, 2024a). Görülüyor ki, ülkemizde sulama konusunda önemli çalışmaların hızlı bir şekilde yapılması gerekmektedir. Bugün sulama projelerinden en yüksek oranda faydalanabilmek için açık sulama sistemleri kapalı sulama şebekelerine dönüştürülmelidir. Tarımda verimliliği arttırmak için bitki-toprak-su yönetimi konusunda çiftçilerin bilgi ve uygulama kapasitelerini arttırmak gerekmektedir. (Evsahibioglu vd., 2010).

Bu nedenle, yüzey sulama yöntemlerinin uygulandığı alanlarda suyun daha tasarruflu kullanılabilmesi için; sulama sistemlerinin modern sulama sistemlerine dönüştürülerek basınçlı sulama sistemlerinin kullanılması, verimi azaltmayacak oranda kısıtlı sulama yapılması, kullanıcıların suyu ölçülü bir şekilde bitki ve çevreye zarar vermeden uygulaması, toprak ve su kaynaklarının sürdürülebilirliği ve gelecek nesillere sağlıklı bir şekilde aktarımı için önemli rol oynamaktadır.



Şekil 1. Yüze ve Basınçlı Sulama Sistemleri

## Su Kirliliği

Su, insanların hayatı ve sağlığı ile ekosistemler için yaşamsal bir öneme sahip olması açısından ülkelerin kalkınmasında temel bir ihtiyaçtır, ancak dünyanın bir çok bölgesinde en temel ihtiyaçlar için yeterli ve güvenilir suya ulaşım imkanlarından yoksun bulunan toplumlar ve ülkeler bulunmaktadır. Ülkemiz koşullarında da suyu en

fazla kullanan sektör tarım, ancak suyu en fazla kirleten sektör sanayi ve kentsel kaynaklıdır ve sanayi kaynaklı ve kentsel kaynaklı kirlilik giderek artış göstermektedir (Şekil 2). Su kaynaklarının devamlılığını sağlayan ekosistemler; kirlenmeler, sürdürülebilir kullanım, arazi kullanım değişikliği, iklim değişiklikleri ve diğer birçok etmenin tehdidi altındadır. Yaşamak için yerküremizde doğal kaynakların kullanımına duyulan ihtiyacın küresel olarak değerlendirilmesi kaçınılmaz olmalıdır.



Şekil 2. Ergene Nehrinde Sanayi Kaynaklı Kirlilik (Kaynak: yesilgazete.org -01.07.2021).

Tarım ve hayvancılık sektörü yalnızca su tüketiminde etkin bir rol oynamayıp, aynı zamanda kullanılan bitki, besin maddeleri ve ilaçlar nedeniyle en büyük kirlenmelerden biridir. Kuş (2016), toprak bozulmasının en hızlı ve belirgin bir şekilde ortaya çıktığı alanın tarımsal faaliyetlerin gösterildiği tarım alanları olduğunu belirtmiştir. Ülger (2023), arazi kullanımında yanlış kararların neticesinde, doğal yapı kalıcı bir şekilde tahrip olmakta, sınırlı tarımsal üretim potansiyeline sahip toprakların kaybıyla birlikte gıda güvenliği tehdit altında olduğunu belirtmiştir. Ayrıca iklim değişimi ve biyolojik çeşitliliğin azalmasına sebep olarak geri dönüşü olmayan zararlar ortaya çıkabilmektedir. Tarım, kullanılabilir su kaynaklarının kısıtlı olmasının yanında yüzey ve yeraltı sularının kirlenmesi de canlıların yaşamını tehdit etmektedir. Gerek yerüstü gerekse yeraltı sularının kirliliği birbirlerini ve bu sularla sulanmış toprakları etkileyebilmektedir. Kirli bir yüzey suyunun toprağın derinlerine doğru hareketi yeraltı suyu kalitesini etkileyebilmekte, kirlenmiş yeraltı suyu da akarsu ve göllere doğru hareket ederek yerüstü sularını kirletebilmektedir. Evsel atık suların özellikle arıtılmadan sulamada kullanıldığı yerlerde kirlenmeler toprağa ve yeraltı suyuna geçebilmekte ve sonuçta insan ve hayvan sağlığını etkilemektedir. Gelecek yıllarda suyun kalitesi, miktarından daha fazla önem kazanacaktır (Çakmak vd. 2008). Harran Ovasında, atık suların deşarj edildiği Karakoyun Deresinden alınan su ile sulanan soğan bitkisi üzerinde Doğan (2003) tarafından yapılan araştırmaya sonucunda; kullanılan su üzerinde yapılan analizlerde As, Cu ve Cd miktarlarının sulama suyu kalite sınır değerlerinin üzerinde olduğunu ve bu su ile sulanan soğan bitkisinin topraktan önemli miktarda Cd elementini bünyesine aldığını ve bu bitkiyi tüketen insanlarda önemli sağlık sorunlarının olabileceği belirtmiştir. Şener vd.(2006), özellikle endüstriyel faaliyetlerden kaynaklanan atık sular içerisinde, Biga'da sulama

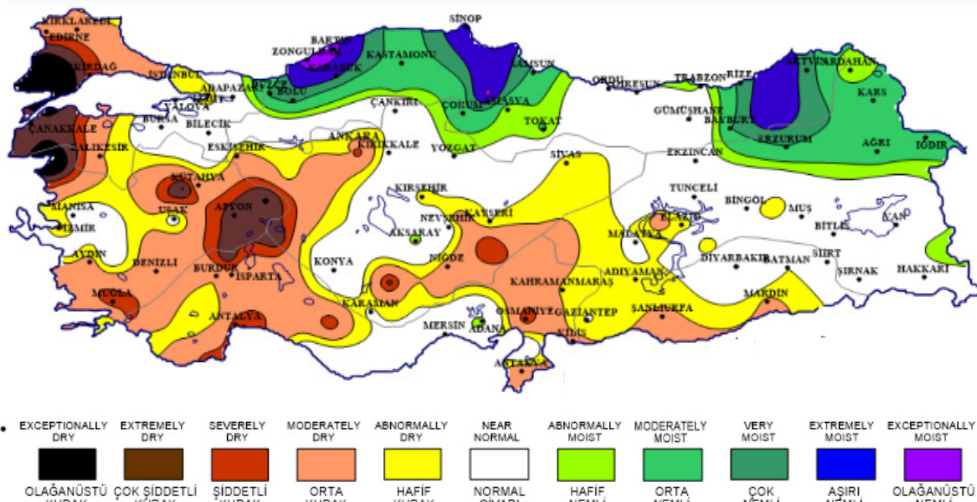
amaçlı kullanılan Kocabaş çayında arsenik değeri sınır değeri olan 0.1 ppm'in üzerinde olduğunu belirtmişlerdir.

Kentsel ve sanayi atıklarıyla kirlenen suların tarımda kullanılması, düşük kaliteli sulardaki ağır metallerin sulanan bitki tarafından alınmasına ve bu bitkileri tüketen insanların sağlığı üzerinde olumsuz etkilere yol açabilmektedir.

Su; en fazla tarımda kullanıldığından, yönetimi ve işletilmesine ilişkin sorunlara da en fazla bu sektörde rastlanılmaktadır. Su kaynaklarına, sulama sistemlerine ve drenaja dayalı olarak yapılan planlamalar ve inşaatlar uzun zamanlı, yüksek maliyetli ve çoğunlukla da kamu kaynaklı olduğundan dolayı, su ile ilgili olan yasal, idari, sosyal, teknik ve ekonomik tüm faaliyetlerin bütünlüğüne bir yaklaşım, havza bazından başlayarak çiftlik seviyesine kadar, su kaynakları yönetimine yansıtılması gerekmektedir. (Aydoğdu vd. 2015).

### İklim Değişikliği

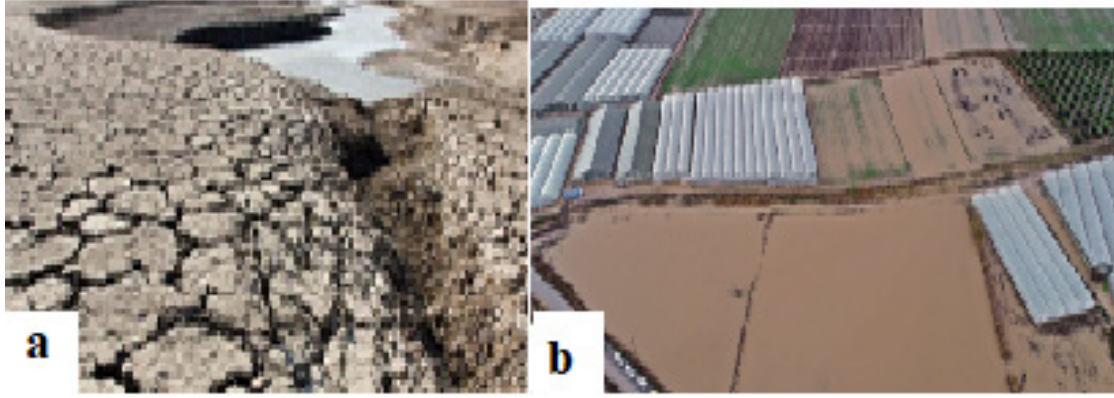
Türkiye'de mevsimlik ve yıllık ortalama sıcaklıklar incelendiğinde, ortalama sıcaklıkların genel olarak 1999 yılından itibaren normallerin üzerinde olduğu görülmektedir. Türkiye'nin daha sıcak iklim kuşağına girmesi, mevsimlerin iklim özelliklerinin değişmesine neden olmaktadır (Şekil 3). Sanayi devriminden beri yaklaşık 1 derece artan küresel ortalama sıcaklıklar, tüm dünya gibi Türkiye iklimini de etkilemektedir (Anonim 2024a). Bu durum buzulların erimesine, buna bağlı olarak deniz seviyesinin yükselmesine ve dünyada yağış rejimlerinin değişmesine neden olmaktadır. Son yıllarda dünyanın bazı yörelerinde görülen aşırı kuraklıklar yanında, bazı bölgelerde yaşanan taşkınlar iklim değişikliğinin sonuçlarını göstermesi bakımından büyük bir anlam ifade etmektedir.



Şekil 3. Meteoroloji Müdürlüğü 3 Aylık (Eylül-Kasım 2024) Meteorolojik Kuraklık Haritası (Anonim 2024a).

Yağışlarda belirgin bir değişim, azalma veya artış eğilimi olmamasına rağmen yağış rejiminde düzensizlikler görülmektedir (Şekil 4). Toplam yağışlardaki değişimler yerine, maksimum yağışların sayı, şiddet ve sıklığında yaşanan Son yıllarda ülkede yaşanan kuvvetli meteorolojik olaylardaki artış eğilimi iklim değişikliğinin olumsuz etkileri olarak karşımıza çıkmaktadır (Anonim, 2020). Yetik ve Candoğan (2024), Türkiye'nin Güney Marmara bölgesindeki yağışlarda öngörülen değişiklikleri farklı iklim modelleri (GFDL, HADGEM ve MPI) ve temsili konsantrasyon senaryoları arasında yağış tahminlerinde önemli farklılıklar olduğunu ortaya koymuşlardır. Çanakkale'de yıllık yağış değişimlerinde yapılan analizlerde GL\_RCP4.5 ve GL\_RCP8.5 senaryoları ve GFDL modeli altında yıllık dönemde -%13.1 ve -%9.12 azalma olabileceğini öngörmüşlerdir. Bu nedenle, iklim değişikliği

sonucu azalabilecek su kaynaklarının ve bu kaynaklara bağlı olarak gerçekleştirilen bitkisel üretimin her bir bölgede nasıl etkileneceğinin belirlenmesi gerektiği belirtilmiştir. Bu görüşün aksine, Evsahıbioğlu vd. (2010), su sorununun iklim değişikliği sonucundan ortaya çıkmadığını, artan nüfus ve kötü su yönetimi sonucunda kullanılabilir su kaynaklarının azaldığını ve ayrıca su kaynaklarının kirlendiğini ve bunun çevre sorunlarına yol açtığını bildirmişlerdir. Mevcut ve gelecekteki gereksinimlerin karşılanıp, gıda güvenliğinin sağlanabilmesi için su kaynaklarının yalnızca fiziksel değil, aynı zamanda sosyal, ekonomik ve çevresel faktörleri de kapsayacak entegre bir yönetim yaklaşımı ile ele alınması gerektiği, son yıllarda gündeme gelmiş ve diğer ülkelerde uygulanmaya başlanmıştır.



Şekil 4. Farklı illerimizde Yağış Rejimindeki Değişimlerin Etkisi (Kaynak: a-iklimhaber.org 20 Aralık 2021, b-İhlas Haber Ajansı, 15 Aralık 2020).

## Sulama Yönetimi

Ülkemizde su yönetimi kavramı, 1980'li yıllara kadar fiziksel yatırımlar ile sınırlı iken, daha sonra farklı bir anlam yüklenmiştir. Su yönetimi ile önceki yıllarda suyun kaynağından alınarak tarlaya kadar ki tüm yapı ve yöntemler kastedilmekte iken, son yıllarda bunlara ek olarak sulama suyu ve tesislerinin işletme, bakım, onarım, iyileştirme ve yönetimi ile bunları üstlenen organizasyonlar da kastedilmektedir (TODAİE, 2009). Bu kapsamda, sulama yönetimini tarımda sulama amaçlarını gerçekleştirmek için suyun kullanımını sağlayan bir organizasyon olarak tanımlanabilir. Ülkemizde tarımsal sulama yönetimi çalışmaları; sulama mevsiminden önce genel sulama planlamasını, sulama mevsiminde su dağıtım programlarının hazırlanması, uygulanması ve izlenmesini, sulama sezonu sonrasında da değerlendirme çalışmalarını kapsamaktadır (Eminoğlu 2007). Bu amaçla periyodik olarak suyun kullanımı ve işletiminin değerlendirilmesi gereklidir. Sulama şebekelelerinin yönetiminde temel amaç, çiftçi gelirinin yükseltilmesi, dolayısıyla su kaynaklarının en yüksek faydayı sağlayacak

şekilde etkin dağıtım ve kullanımının gerçekleştirilmesidir.

Su kaynakları yönetiminde yeni değişimler ve fırsatların kullanılabilmesi, su kaynaklarının daha verimli olarak yönetilmesi için ülkeler ya reformlar yapmak, ya da yeni ihtiyaçları karşılayabilecek çözümler bulmak zorundadırlar. Anayasanın 168. Maddesi: "Tabii servetler ve kaynaklar Devletin hüküm ve tasarrufu altındadır. Bunların aranması ve işletilmesi hakkının Devlete ait olduğunu belirtmektedir. Devlet bu hakkını belli bir süre için, gerçek ve tüzel kişilere devredilebileceği Aydoğdu vd. (2015)'de belirtmişlerdir. Gür (2008) kırsal arazi yönetimi konusunda daha tutarlı ve bütüncül bir yaklaşımın oluşturulması, gelecekte bu alandaki olumlu gelişmelerin daha etkili ve sürdürülebilir hale gelmesini sağlayacağını söylemiştir. Bu nedenle sahip olduğumuz toprak ve su kaynaklarının bize değil gelecek nesillere ait bir meta olarak düşünüp bilinçli bir şekilde kullanmak ve sürdürülebilirliğini sağlayabilmek için yönetim ve kullanıcıların kontrolü altında bilinçli bir şekilde kullanılması ve işletilmesi günümüz koşullarında son derece önemli olmaktadır.

Yapılacak planlamanın, artan nüfusun talep, ihtiyaç ve beklentilerini karşılarken ekosistemlerin bugünkü ve gelecekteki verimliliğini koruyacak bir denge kurması; böylece sürdürülebilir arazi kullanımını sağlaması gerekmektedir. Son yıllarda yapılan çalışmalarda, Analitik Hiyerarşi Süreci'nin (AHS) diğer yöntemlerle bütünleştirilerek uygulanmasında artış görülmüş; karar verme problemlerinde AHS ile Hedef Programlama, Veri Zarflama Analizi ve Bulanık Mantık yöntemleri birlikte kullanılmakta olduğu belirtilmektedir (Akten ve Akten, 2010).

İklim, toprak ve topografya özellikleri bakımından birbirine benzer, ülkenin idari yapısına uygun ve yönetilebilir büyüklükte olan; tarım ürünlerinin ekolojik ve ekonomik açıdan en uygun şekilde yetiştirilebildiği bölgeler tarım havzası olarak kabul edilmiştir. 2009 yılında ülke genelinde 30 tarım havzası belirlenmiştir. Ülkemiz için stratejik öneme sahip ve arz açığı bulunan tarım ürünlerini öncelikle kendi kaynaklarımızdan karşılamak ve desteklerin daha sağlıklı ve rasyonel dağılımını sağlamak amacıyla havza bazlı destekleme modeli oluşturulmuştur. 2017 yılından itibaren uygulanan bu modelle, tarımsal faaliyet yapılan her ilçe bir tarım havzası olarak kabul edilmiş ve 945 tarım havzası belirlenmiştir (Anonim, 2024b).

Tarımsal üretimdeki artış, sulu tarımın uygulanmasıyla; süreklilik ise tarım alanındaki kaynakların optimum kullanımı ile sağlanabilir, bu sebeple tarımla ilgili kurumlar tarafından tarımsal kaynakların kullanımı havza içerisindeki her bir sulama ovası için bireysel olarak yapılması gerekmektedir. Tarımda tüm kültürel uygulamaların ve su kullanımının bilinçli bir şekilde gerçekleştirilmesi, verimde hem kalite hem de miktar açısından istenen sonuca ulaşılmasını sağlayacaktır. Tarım sektöründe sulama yönetimini optimize etmek, gelecekte hayati öneme sahiptir. Sulama yönetiminde matematiksel modellerin kullanılması, su kaynaklarının daha etkili kullanımında güçlü bir araç olabilir.

Bu amaçla yapılmış bazı çalışmalara baktığımızda; Akyüz ve Yıldırım (2022), Çanakkale Özbek ovasında yeterli ve kısıtlı sulama suyu koşullarında normal, kurak ve yağışlı iklim koşulları için işletme gelirinin maksimum olacağı optimum bitki desenini belirleyerek işletme gelirlerini maksimize etmek için doğrusal programlama modeli kullanılmıştır. Albut ve Güngör (1996) tarım arazilerinin en iyi şekilde değerlendirilmesi ve suyun en verimli şekilde kullanılması için optimizasyon yöntemlerini kullanmışlardır. Alamas vd. (2017), Karla Gölü havzasında su kıtlığı yaşanması nedeniyle suyun optimum kullanımının aciliyet arz ettiğini belirtmiş ve bu havzada optimizasyon tekniği kullanılarak kaynaklardan maksimum fayda sağlanmaya çalışıldığını ifade etmiştir. Hall ve Dracup (1970), optimizasyonun, su kaynakları yönetiminde randımanı artırmak ve kırsal ekonomiye katkıda bulunmak

amacıyla temel bir araç olduğunu ve yaygın şekilde uygulandığını vurgulamıştır.

Tarım, suyun en yoğun kullanıldığı sektör olarak, kıt su kaynaklarının sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesinde büyük bir rol oynamaktadır. Özellikle küresel iklim değişikliği, artan nüfus ve sanayileşme gibi faktörler, su kaynakları üzerinde ciddi bir baskı oluşturmakta, bu nedenle mevcut kaynakların etkin yönetimi giderek daha kritik hale gelmektedir. Tarımsal su yönetiminde doğrusal programlama, kaynak kullanımını en üst düzeye çıkararak hem üretkenliği artırmak hem de suyun verimli kullanımını sağlamak için etkili bir planlama yaklaşımı sunmaktadır.

III. Tarım Orman Şurası raporuna göre Tarımsal Sulama ve Su Yönetimi Komisyon Raporunda; Ülkemizde sulu tarım alanlarına yönelik sulama veri tabanı oluşturularak izleme ve değerlendirme çalışmalarının yapılması, sulama zaman planlamasını esas alan modern yönetim sistemleri yaygınlaştırılması, Tarımsal üretim bölgelerinde su potansiyeline uygun optimum ürün deseninin belirlenmesi, iklim değişikliğinin etkileri dikkate alınarak dinamik sulama programları ve üretim planlamalarının oluşturulması, sulama zaman planlamasına dayalı karar destek araç kullanımını yaygınlaştırılmasını, toprak ve su varlığını esas alan su havzası bazlı yönetim ilkesinin benimsenmesini ve ulusal modelleme çalışmalarında ilgili kurumlar ve akademisyenlerle birlikte çalışma yapılması teşvik edilerek aynı maksada yönelik kullanılan modellerin standartlaştırılması gibi birçok önemli husus belirtilmiştir (Anonim, 2019).

Onikinci Kalkınma Planında, Öncelikli Gelişme Alanları içerisinde Tarım ve Gıda başlığı altındaki; "Amaç: Üretimin ekonomik, sosyal ve çevresel boyutlarını bütüncül olarak ele alan, teknoloji kullanım düzeyi ve verimliliği yüksek, örgütlü, rekabetçi, arz-talep dengesi çerçevesinde planlı üretim yapılan, doğal kaynakları etkin ve sürdürülebilir kullanan, toplumun yeterli ve dengeli beslenmesini sağlayan bir tarım sektörünün oluşturulması temel amaçtır" (Anonim, 2023) ifadesi tarımın sürdürülebilir olmasının önemini çok net bir şekilde ortaya koymaktadır.

Ayhan vd. (2024) Türkiye'de 2005 yılında yürürlüğe giren Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanununda kırsal arazi yönetimi içinde kırsal arazi ve toprak envanterinin oluşturulması ve bu verilere dayalı arazi kullanım planlarının hazırlanması gibi önemli düzenlemelerin olduğunu, ancak bu düzenlemelerin uygulama aşamasında önemli eksikliklere sahip olduğunu belirtirken, gerçek sorunun soruna çözüm önerilerinin üretilmesi değil mevcut düzenlemelerin uygulanmaması olduğunu belirtmişlerdir. Görüldüğü gibi alınan kararların uygulamaya konulması ve bu süreçlerin devamlılığı ve nihai

çözümüne ulaşmada son derece önemli olmaktadır.

Doğal kaynakların en iyi şekilde korunması, verimli kullanılması ve olası iklimsel olumsuzluklara hazırlık amacıyla model çalışmalarının yapılması gerekliliği, III. Tarım ve Orman Şurası'nda detaylı şekilde vurgulanmıştır. Bu kapsamda ülkemizde, farklı araştırmacılar tarafından belirli sulama sahaları için doğrusal programlama modeli kullanılarak tüm kaynakları optimize eden çözüm önerileri üretilmelidir. Bu yöntemle, özellikle sulama yapılan tarım alanları için bireysel olarak farklı sulama suyu miktarı senaryoları değerlendirilmeli; sorun yaşanmadan önce alınabilecek önlemler ortaya konmalıdır. Bu tedbir önerileri, ilgili bölgedeki tarım ile ilgili kurum ve kuruluşlar tarafından değerlendirilmeli ve uygulanmalıdır.

### Doğrusal Programlama ile Toprak ve Su Kaynaklarının Optimum Kullanımı

Doğrusal programlama, belirli sınırlamalar ve kısıtlar altında optimum çözüm üretmek için kullanılan bir matematiksel modelleme yöntemidir. Tarımsal su yönetiminde doğrusal programlama kullanılarak tarım alanlarının en etkili bir şekilde kullanılması ve suyun en verimli biçimde tahsis edilmesi, ürün desenleri ve su tüketimi açısından stratejik bir yol haritası oluşturulması mümkündür. Bu yöntemde, her bir ürünün su gereksinimi, üretim maliyetleri, su kaynağının mevsimsel dağılımı ve sulama altyapısı gibi faktörler dikkate alınarak bir model oluşturulur. Ardından, bu model üzerinden hangi bitkilerin hangi alanlarda ve hangi su miktarları ile sulanacağı belirlenir. Böylece, tarımsal faaliyetler için maksimum verim elde edilebilmekte, toprak ve suyun sürdürülebilir bir şekilde kullanımı sağlanmaktadır. Bu model, tarımsal su yönetimi konusunda politika yapıcılar ve planlayıcılar için önemli bir yol gösterici işlevi görmektedir. Çeşitli senaryoları test edebilmek için sunan doğrusal programlama yöntemi, farklı su tahsisleri altında en uygun üretim desenlerini belirleyebilir. Örneğin, bir sulama sezonunda kısıtlı su kaynakları altında en yüksek verimi sağlayacak ürün dağılımı ortaya konabilir ve bu sayede su kaynakları üzerindeki baskı en aza indirilebilir.

Son zamanlarda artan nüfus, endüstri ve tarımsal su ihtiyacı ve su kaynağının sektörler arasında kötü dağılımı, tarımsal kaynak ve talep arasında bir dengesizliğe neden olmaktadır. Bu nedenle, mevcut arazi ve su kaynaklarından maksimum geliri elde etmek için optimizasyon tekniğini uygulamak oldukça önemli olmaktadır (Bhuvandas vd.2010). Doğrusal programlama modelinde çok sayıda kısıt uygulandığı ve optimizasyon işlemine etkili bir şekilde yardımcı olduğu için oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır (Hall ve Dracup, 1970). İyi planlanmış ve etkili bir şekilde işletilen sulama sistemlerinde elde

edilecek gelirin en yüksek düzeye çıkaracak uygun optimizasyon tekniklerinin kullanımı yararlı olmaktadır (Fayrap ve Kızıloğlu,2010). Bir sulama projesinde üretim seviyesine bağlı olarak, su kaynağının planlanması, suyun dağıtımını ve su ihtiyacının belirlenmesinde şu hususlar göz önünde bulundurulmalıdır. Bitkilerin gelişim dönemleri içerisindeki mevsimlik ve aylık su ihtiyaçları, en uygun bitki deseni ve elde edilecek bitkisel üretilmektedir. Tarımda söz konusu kısıtlı kaynaklar arasında optimizasyonu sağlayan matematiksel programlama modelleri yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Matematiksel programlar, önerilen amaçları yerine getirmek için kıt kaynakları birleştirerek optimal bir çözüm, yani, kârı maksimize etmek veya maliyeti minimize etmek şeklinde mevcut kaynakları birleştirerek analiz yapmaktadır (Frizzone, vd., 1997). Doğrusal programlama tekniği, tarımdaki işletme çalışmalarında kullanılan ilk ve en yaygın olarak kullanılan tekniklerden biridir. Bu teknik tarımın farklı seviyelerinde (bireysel çiftlik düzeyinde, bölgesel veya ulusal sektör düzeyinde) etkili bir şekilde kullanılmaktadır (Sallan vd. 2015).

Doğrusal programlama, tarımsal planlamada üç temel avantaj sağlar: su kaynaklarının verimli kullanımı, üretimde verimliliğin artırılması ve ekonomik getiri sağlanması. Bu yöntemde, kısıtlı su kaynaklarının optimum dağılımı, suyun ürünlere uygun şekilde tahsis edilmesiyle sağlanır. Aynı zamanda, çiftçilerin maksimum gelir elde etmesi hedeflenerek hem yerel ekonomiye katkı sağlanır hem de ürün deseninin pazar taleplerine uygun hale gelmesi teşvik edilir.

Sonuç olarak, doğrusal programlama yönteminin tarımsal su yönetiminde kullanımı, kıt olan su kaynaklarının optimum kullanımını sağlarken tarımsal verimliliği artırmak ve ekonomik olarak sürdürülebilir bir tarım yapısını desteklemek açısından kritik bir araçtır. Özellikle su kıtlığı yaşayan bölgelerde, bu tür planlamalar hem mevcut kaynakların korunmasını hem de gelecek nesiller için sürdürülebilir su yönetimini destekler. Bu doğrultuda, doğrusal programlama, tarım sektörü ve su yönetimi alanında yenilikçi ve etkili çözümler sunmaktadır.

Doğrusal programlama modelinde amaç fonksiyonunda, tüm üretimi, geliri maksimize etmek ve maliyeti gübre ve su kullanımını minimize etmeyi hedeflemektedir. Bunun için modelde kısıtlar oluşturulurken arazi büyüklüğü, her bitkinin alan içerisinde en fazla ve en az ne kadar alanda tarımı yapılabileceği, iklim koşuluna göre her bitkinin bitki su tüketimleri, işgücü kısıtları gibi bir çok faktör göz önünde bulundurularak mevcut su kaynağı ve farklı iklim koşullarında (yağışlı, normal ve kurak yıllarda) ve hatta bu iklim senaryoları altında farklı sulama düzeylerinde her bir grup üreticinin elde edeceği verim ve maksimum gelir düzeyleri belirlenebilmektedir.

Yapılan çalışmalar içerisinde, Akyüz ve Yıldırım (2016)'ın yapmış olduğu çalışmayı incelediğimizde; Çanakkale Özbek Ovası'nda tüm alan içerisinde en fazla orana sahip iki farklı büyüklükteki parselde (61 ve 158 da) mevcut koşullarda yetiştirilen bitki deseni ve farklı senaryolarda yetiştirilmesi gerekli bitkisel üretim ve bu koşullarda üreticilerin elde edebileceği gelir düzeyleri belirlenmiştir. Söz konusu tarım alanında yetiştirilen bitki deseni üç farklı iklim senaryosu (Normal, Yağışlı, Kurak koşullar) altında ve ayrıca her bir senaryo altında farklı sulama düzeylerinde; K1: Bitki su ihtiyacının tam karşılanması veya %100'ünün sağlanması, K2: Bitki su ihtiyacının %80'inin karşılandığı eksik sulama, K3: Bitki su ihtiyacının %60'ının karşılandığı eksik sulama, K4: Bitki su ihtiyacının %50'sinin karşılandığı eksik sulama, K5: Bitki su ihtiyacının %40'ının karşılandığı eksik sulama, K6: Bitki su ihtiyacının %20'sinin karşılandığı eksik sulama, K7: Sulamanın yapılmadığı konularında ne kadar alanda hangi bitkisel üretim deseninde bulunulması ve bu

koşullar altında üreticinin elde edebileceği gelir düzeyleri model ile tahmin edilmeye çalışılmıştır. Modelde söz konusu alan içerisinde 50-100 da alanı temsil eden bir üreticinin üretim yaptığı 61 da alan içerisinde, örneğin; Normal iklim koşulunu ve bitki su ihtiyacının tam karşılandığı (K1) koşulda modelin önerdiği bitki deseni Buğday 27.19 da, Çeltik 6.1 da, Silajlık Mısır (II. Ürün-Buğday hasadından sonra buğdayın yerine) 27.19 da, Patlıcan 6.36 da, Şeftali 9.15 da, Kiraz 6.10 da, Elma 6.10 da olmuş ve alanda toplamda 61 da alan için 2016 yılı ekonomik koşulunda 68807 TL gelir elde edebileceği, normal iklim koşulunda sulamanın yapılmaması durumunda model bitkisel üretim desenini kuru tarıma yönlendirerek bitki desenini buğday kuru 27.45 da, ayçiçeği kuru 27.45 da, zeytin 6.1 da olarak önermiş ve bu koşulda üreticinin elde edeceği geliri 10078 TL olarak belirlemiştir. Sonuçta, sulamanın yapılmaması durumunda 61 da alanda üreticinin gelirinde önemli bir düşüş olduğu diğer taraftan da bitkisel üretimde önemli kayıpların olacağını model

**Tablo I: I. İşletme (61 da) için Optimum Bitki Deseni (TL/da) (Akyüz ve Yıldırım, 2016).**

Değişken	Kural yılı							
	K1 %100	K2 %80	K3 %60	K4 %50	K5 %40	K6 %20	K7 %0	
Buğday 100	23,25	27,45	25,33	21,67	13,18	3,88	-	
Buğday 80							-	
Buğday 50							-	
Çeltik 100	6,10	6,10	6,10	6,10	6,10		-	
Çeltik 80							-	
Çeltik 50							-	
S. Mısır 100	23,25	14,50					-	
S. Mısır 80		12,94	13,38	8,16	1,15		-	
S. Mısır 50							-	
Fasulye 100		2,34	3,05	3,05	3,05	1,04	-	
Fasulye 80						2,00	-	
K. Biber 100		0,90					-	
Patlıcan 100	10,29						-	
Karpuz 100							-	
Şeftali 100	9,15	9,15	9,15	9,15	9,15	6,18	-	
Kiraz 100	6,10	6,10	6,10	6,10	6,10	6,10	-	
Kiraz 80							-	
Elma 100	6,10	6,10	5,26	2,39			-	
Elma 80							-	
Buğday K.						8,22	27,45	
Ayçiçeği K.				6,43	17,31	27,45	27,45	
Zeytin K.		2,84	6,10	6,10	6,10	6,10	6,10	
Top. S. B.	61,00	58,16	54,90	48,47	37,59	19,23	-	
Top. K. B.	-	2,84	6,10	12,53	23,41	41,77	61,00	
II. Ürün	23,25	27,45	13,38	8,16	1,55	-	-	
<b>İşletme G. (TL)</b>	<b>66328</b>	<b>63133</b>	<b>55892</b>	<b>51156</b>	<b>46341</b>	<b>34997</b>	<b>7757</b>	



göstermiştir. Model aynı zamanda bu iki ekstrem koşul dışında farklı seviyelerdeki sulama düzeylerine göre farklı bitki desenleri ve bu koşullarda üreticinin elde edeceği gelir düzeylerini de belirlemiştir (Tablo 1). Aynı sulama ovasında araştırmacılar 150-200 da alanı temsil eden başka bir üreticinin 158 da alana sahip işletmesi için aynı senaryolar için farklı bitkisel üretim deseni ve bu koşullarda üreticinin elde edebileceği gelir düzeyleri belirlenmiştir (Tablo 2). Örneğin bu alanda kurak koşullara baktığımızda, üretici bitki su ihtiyacını tam karşılamak istese modelin bu koşulda ortaya koyduğu bitki deseni; Buğday 71.1 da, Çeltik 15.8 da, Silajlık Mısır (II. Ürün-Buğday hasadından sonra buğdayın yerine) 71.1 da, Karpuz 15.8 da, Şeftali 23.7 da, Kiraz 15.8 da, Elma 15.8 da alanda olmak üzere toplamda 158 da alan için 2016 yılı ekonomik koşulunda 153133 TL gelir elde edebileceği, kurak iklim koşulunda sulamanın yapılmaması durumunda model bitkisel üretim desenini kuru tarıma

yönlendirerek bitki desenini buğday kuru 71.1 da, ayçiçeği kuru 71.1 da, zeytin 15.8 da olarak önermiş ve bu koşulda üreticinin elde edeceği geliri 19880 TL olarak belirlemiştir. Görüldüğü gibi model farklı büyüklükteki üretim alanları için farklı bitkisel üretim senaryoları ve bu koşullarda üreticinin elde edebileceği gelir düzeylerini belirlemektedir.

Sonuç olarak, tarımsal kuraklıktan en fazla etkilenecek sektör tarım sektörüdür. Bu nedenle, olası kuraklık durumlarına karşı her bir sulama ovasında sulama suyunun farklı seviyelerine göre önceden modelleme çalışmaları yapılmalı ve yaşanabilecek iklimsel krizlere bağlı olarak bitkisel üretim deseninde oluşabilecek değişimler ve bunların ülke genelindeki ve üreticiler açısından yaratabileceği olumsuz etkiler detaylı bir şekilde incelenmelidir. Buna göre, alınması gereken önlemler belirlenmeli ve kriz durumlarında uygulanabilir seviyede olmalıdır.

	Normal Yıl							Yağışlı yıl						
	K1 %100	K2 %80	K3 %60	K4 %50	K5 %40	K6 %20	K7 %0	K1 %100	K2 %80	K3 %60	K4 %50	K5 %40	K6 %20	K7 %0
	27,19	27,45	27,21	27,45	25,30	11,68	-	27,20	27,45	24,77	27,45	27,45	14,05	-
					2,15		-						13,40	-
						15,45	-							-
	6,10	6,10	6,10	5,02	3,54	5,17	-	6,10	6,10	0,01			0,52	-
				1,07	2,56		-			6,08	6,10	5,22		-
							-							-
	27,19	11,25	4,58	8,46	6,40		-	27,20	13,65					-
		16,20	10,12				-		13,80	19,46	14,43	10,16	0,43	-
							-							-
		1,12		0,30	0,33	0,56	-		2,35	2,67	3,05	3,05	0,71	-
			0,23				-							-
							-		1,14					-
	6,36						-	6,35						-
		4,58					-							-
	9,15	9,15	9,15	9,15	6,87	0,53	-	9,15	9,15	9,15	9,15	9,15	8,95	-
	6,10	6,10	6,10	6,10	6,10	6,10	-	6,10	6,10	6,10	6,10	6,10		-
							-						6,10	-
	6,10	6,10	6,10	3,39	1,58	0,20	-	6,10	6,10	6,10	2,74			-
						0,13	-						0,98	-
							27,45							27,45
				2,40	6,44	15,04	27,45				0,30	3,93	10,18	27,45
		0,40	6,10	6,10	6,10	6,10	6,10		2,60	6,10	6,10	6,10	6,10	6,10
	61,00	60,60	54,90	52,50	48,46	39,86	-	61,00	58,40	54,90	54,60	50,97	44,72	-
	-	0,40	6,10	8,05	12,54	21,14	61	-	2,60	6,10	6,40	10,03	16,28	61
	27,19	27,45	14,69	8,47	6,40	-	-	27,20	27,45	19,46	14,44	10,16	0,43	-
	<b>68807</b>	<b>66501</b>	<b>59067</b>	<b>54242</b>	<b>48638</b>	<b>37179</b>	<b>110078</b>	<b>70217</b>	<b>68021</b>	<b>62908</b>	<b>58024</b>	<b>52891</b>	<b>41295</b>	<b>111863</b>

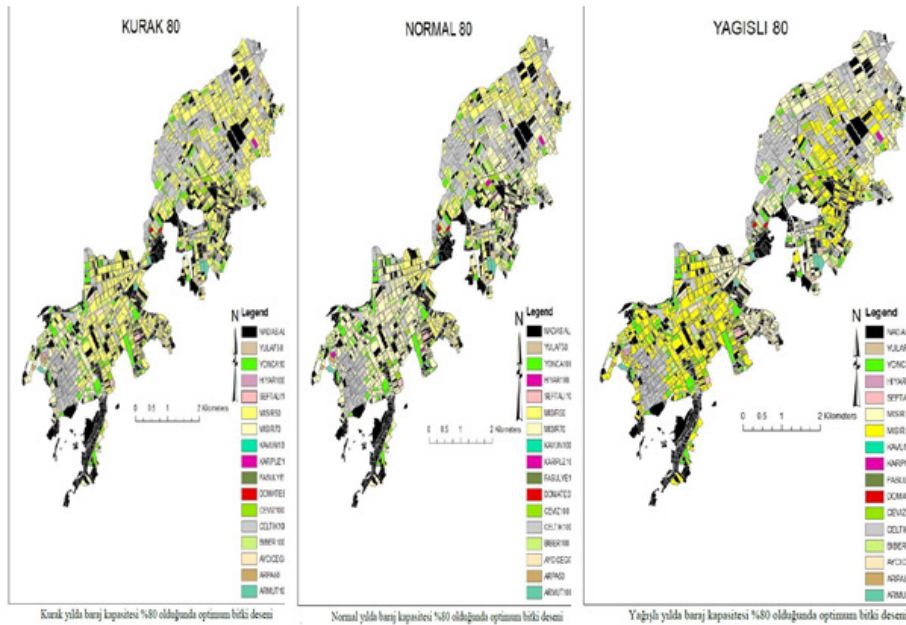
**Tablo II: II. İşletme (158 da) için Optimum Bitki Deseni (TL/da) (Akyüz ve Yıldırım, 2016).**

Değişken	Kural yılı							
	K1 %100	K2 %80	K3 %60	K4 %50	K5 %40	K6 %20	K7 %0	
Buğday 100	71,10	71,10	55,44	37,62	19,78		-	
Buğday 80					1,11	21,70	-	
Buğday 50							-	
Çeltik 100	15,80	15,80	15,80	15,80	15,80	2,53	-	
Çeltik 80							-	
S. Mısır 100	71,10	29,27					-	
S. Mısır 80		36,11	33,86	22,61	11,35		-	
Patlıcan 100							-	
Karpuz 100	15,80						-	
Şeftali 100	23,70	23,70	18,87	10,84	2,79	6,81	-	
Kiraz 100	15,80	15,80	15,80	15,80	15,80	15,80	-	
Kiraz 80							-	
Elma 100	15,80	15,80	15,80	15,80	15,80	6,67	-	
Buğday K.						17,57	71,10	
Ayçiçeği K.		4,30	21,93	46,33	71,10	71,10	71,10	
Zeytin K.		11,49	14,35	15,80	15,80	15,80	15,80	
Top. S. B.	158,00	142,21	121,72	95,87	71,10	53,53	-	
Top. K. B.	-	15,79	36,25	62,13	86,90	104,47	158	
II. Ürün	71,10	65,40	33,86	22,61	11,35	-	-	
<b>İşletme G. (TL)</b>	<b>153133</b>	<b>142503</b>	<b>125341</b>	<b>115698</b>	<b>105902</b>	<b>82227</b>	<b>19880</b>	

Mucan (2024), doğrusal programlama ile ArcGIS'i birleştirerek, optimizasyon programının ürettiği bitkisel üretimi parsel bazlı harita üzerinde aktarmıştır. Bunun için, Çanakkale ili Biga ilçesinde bulunan Cihadiye Kaynarca Göleti sulama sahasındaki tarım alanında (20000 ha) Coğrafi Bilgi Sistemi ve Phyton programlama dilinde Numpy kütüphanesinden ve Scipy optimize kütüphanesinden yararlanarak optimum bitki deseni işlemlerini CBS teknolojisi ile bütünleştirerek, barajın kapasitesindeki farklılaşmaya göre sulama sahasındaki bitki desenini çok kısa sürede şekillendirerek ve bunları parsellere dağıtarak rapor haline getirmiştir. Bu çalışmada ArcGIS'te Kaynarca Göleti sulama sahasında bitki su ihtiyacının tam karşılanması koşulunda üretilecek bitki desenini ve bu koşulda tüm alandaki üreticilerin elde edeceği gelir düzeyi belirlenmiştir, buna göre bu alandaki her bitki için atanan renkler harita üzerinde Şekil 5'te gösterilmektedir. Barajdaki su kapasitesinin %80 olması durumunda kuraklığa toleransı diğer bitkilere göre biraz daha yüksek olan arpa, ayçiçeği, kısmen mısır, yulaf bitkilerinde kısıntılı sulama çözüme girmiştir. Raporlanan bilgiye göre, arpa bitkisi

73,4 dekar alanda %50 kısıntılı sulama yapılarak farklı yağış koşullarında değişen gelirler elde edilmiştir. Kurak koşullarda 11.557,9 m<sup>3</sup> su kullanılarak elde edilen 124.379,3 TL brüt kâr, normal koşullarda 6.795,9 m<sup>3</sup> su kullanılarak elde edilen 138.443,2 TL brüt kâra göre %11,3 artış göstermiştir. Yağışlı koşullarda ise 2.559 m<sup>3</sup> su kullanılarak 140.900,4 TL brüt kâr elde edilmiş, bu da normal koşullara göre %1,8 artışa işaret etmektedir. Ayçiçeği bitkisi, 220,1 dekar alanda %50 kısıntılı sulamada kurak koşullarda 47.429,4 m<sup>3</sup> su kullanılarak 695.625,6 TL brüt kâr elde edilmiştir. Burada verilen çalışmanın bir kısmında görüldüğü gibi bir sulama ovasında mevcut su kaynağının farklı seviyelerine göre sulama ovasındaki bitki deseni harita üzerinde parsel bazlı olarak planlanabilmekte ve bu alanda üretilecek bitki desenine göre harcanacak su miktarı ve üreticilerin elde edebileceği gelir düzeyleri tahmin edilebilmektedir. Bu tür ön çalışmalar tüm sulama ovaları için önceden hazırlanıp, yaşanabilecek iklim krizlerine karşı alınabilecek tedbir önerileri şimdiden hazırlanmasının gelecekte yaşanabilecek iklimsel krizlerde büyük bir öneme sahip olduğu düşünülmektedir.

	Normal Yıl							Yağışlı yıl						
	K1 %100	K2 %80	K3 %60	K4 %50	K5 %40	K6 %20	K7 %0	K1 %100	K2 %80	K3 %60	K4 %50	K5 %40	K6 %20	K7 %0
	71,10	71,10	71,10	71,10	58,88	28,34	-	71,10	67,71	71,10	71,10	71,10	35,72	-
					12,22		-						35,37	-
						37,28	-							-
	15,80	15,80	15,80	15,8	15,8	11,76	-	15,8	15,80	15,80	15,80	3,56	3,58	-
						1,18	-					12,24		-
	71,80	21,10	14,65	16,90	9,41		-	71,10	19,45					-
		50,00	12,15				-		48,26	38,52	27,43	18,84		-
							-		2,47					-
	15,80	5,76	0,76	1,60	2,00		-	9,36	1,99					-
	23,7	23,70	23,70	19,17	12,05	1,65	-	23,70	23,70	23,70	23,70	23,70	19,64	-
	15,80	15,80	15,80	15,80	15,80	14,97	-	15,80	15,80	15,80	15,80	15,80	1,47	-
						0,83	-						14,33	-
	15,80	15,80	14,79	9,54	6,92		-	15,80	15,80	13,78	6,00			-
							71,10							71,10
			0,25	9,17	18,53	46,18	71,10			2,02	9,80	15,80	32,06	71,10
		10,74	15,8	15,80	15,80	15,8	15,8	6,43	14,71	15,80	15,80	15,80	15,80	15,8
	158,00	147,26	141,95	133,03	123,67	96,02	-	157,57	143,29	140,18	132,40	126,40	110,14	71,10
	-	10,74	16,05	24,97	34,33	61,98	158	6,43	14,71	17,82	25,60	31,60	47,86	86,90
	71,10	71,10	26,80	16,90	9,41	-	-	71,10	67,71	38,52	27,43	18,84	-	-
	<b>160038</b>	<b>153333</b>	<b>135310</b>	<b>124908</b>	<b>114347</b>	<b>91642</b>	<b>26104</b>	<b>163652</b>	<b>158017</b>	<b>142621</b>	<b>132238</b>	<b>121799</b>	<b>95260</b>	<b>30727</b>



Şekil 5. Cihadiye Kaynarca Göleti Normal, Kurak Ve Yağışlı Koşullarda Modelin Önerdiği Bitki Deseni (Mucan,2024).

## Sonuç

Büyük kentlerde sağlıklı ve güvenilir içme-kullanma suyu, sanayi suyu ve atık suyun arıtılarak doğal çevreye verilmesi için büyük yatırımların yapılması zorunlu görülmektedir.

Dünya nüfusu son 50 yılda yaklaşık iki katına çıkmıştır. Gelir artışı ve kentleşme insanların beslenme alışkanlıklarını tahıldan hayvansal ürünlere doğru değiştirmiştir. Artan et, süt, şeker, yağ ve sebze üretimi tahıl üretimine göre daha fazla su ihtiyacı ve daha farklı bir su yönetimini gerektirmektedir. Hayvansal gıda ihtiyacının artmasıyla daha fazla yem bitkisine ihtiyaç duyulmaktadır. Gelecekte daha fazla nüfus için daha fazla su, gıda, lif, endüstri bitkisi, hayvansal gıda ve deniz ürünlerine ihtiyaç duyulacaktır (Anonim, 2020). Ülkemizde, 1990'lı yıllara kadar tarım sektöründe su, ücretsiz veya düşük maliyetle temin edilebilir bir kaynak iken ancak günümüzde su üreticilere fiyatlandırılarak sağlanmaktadır. Buna ilaveten, ülkemizde sulama suyunun tasarruflu kullanılması için üreticilere kapalı sulama sistemlerinde hacim esasıyla ücretlendirme yapılarak verilmektedir. Bu uygulama, tarım alanlarında suyun

tasarruflu kullanımını hedeflemektedir. Su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı, su israfının önlenerek suyun korunması, sulama sistemlerinde randımanın artırılması, su kalitesinin iyileştirilmesi ve suyun gerektiği miktarda çevreye zarar vermeden kullanımının sağlanması konularını kapsamaktadır. Bu çalışmalar, suyu en fazla kullanan tarım sektöründe sürdürülebilir su kullanımı sağlamak için son derece önemlidir. Su kaynaklarının etkin ve çevreyle uyumlu bir şekilde kullanılması amacıyla; her bir sulama sahasında modelleme çalışmaları yapılmalı ve suyun tek bir damlasının bile israf edilmeden en verimli şekilde kullanılması sağlanmalıdır. Bu modellemeler sayesinde; sulama suyu miktarına göre üretilebilecek bitki desenleri, harcanacak su miktarı ve üreticilerin elde edeceği brüt gelir gibi faktörler hızlı bir şekilde tahmin edilebilir. Böylece, olası olumsuzluklara karşı önceden gerekli tedbirler alınarak, sürdürülebilir tarıma yönelik önemli adımlar atılabilir.

## Kaynakça

- Anonim, 2019. Şura Kitabı, III. Tarım Orman Şurası, 18-21 Kasım 2019, Ankara, T.C. Tarım Orman Bakanlığı.
- Anonim, 2020. Ulusal Su Planı 2019-2023. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı.
- Anonim, 2021. Tarımsal Sulama Sektör Politika Belgesi 2021-2025, TAGEM AR-GE İnnovasyon, 2021.
- Anonim, 2023. Onikinci Kalkınma Planı (2024-2028), Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı, Strateji ve Bütçe Başkanlığı.
- Anonim, 2024a. T.C. Çevre, Şehircilik Ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü (<https://www.mgm.gov.tr>).
- Anonim, 2024b. Tarım Orman Bakanlığı, BUGEM. (Erişim Tarihi: 31.10.2024 <https://tarim.orman.gov.tr-BUGEM.pdf>).
- Akten, M., Akten, S., 2010. Sürdürülebilir Arazi Kullanım Planlaması İçin Bir Model Yaklaşımı: Tarım Sektörü Örneği. Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi 3(2):83-90. 2010. ISSN:1308-3961.s.83-90.
- Akyüz, S., Yıldırım, M., 2022. Çanakkale İli Özbek Ovasındaki İşletmelerde Yeterli ve Kısıtlı Su Koşullarında Optimum Bitki Desenin Belirlenmesi, ÇOMÜ Zir. Fak. Derg. (COMU J. Agric. Fac.) 2022:10(2): 236-244, ISSN: 2147-8384 / e-ISSN: 2564-6826, doi: 10.33202/comuagri.1017339.
- Alamas, A., Xenarios, S., Mylopoulos, N., Staltnacke, P., 2017. Integrated Water Resources Management in Agro Economy using Linear Programming. The Case of Lake Karla Basin, Greece. European Water 60:4147.
- Albut, S., Güngör, Y., 1996. İpsala Altınyazı-Karasaz sulama şebekesinde su dağıtım ve kullanım etkinliğinin belirlenmesi. Trakya Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fakültesi Yayın No: 248. Tekirdağ Doktora Tezi.
- Aydoğdu, M.H., Mancı, A.R., Aydoğdu, M., 2015. Tarımsal Su Yönetiminde Değişimler; Sulama Birlikleri, Fiyatlandırma ve Özelleştirme Süreci, Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi, Cilt 14, sayı:52, (146-160).
- Ayhan, H., Karakayacı, Z., Yener, A., 2024. Sürdürülebilir Kırsal Arazi Yönetimi, Akademik Et ve Süt Dergisi, Yıl-2024, sayı:7, s.30-38.
- Bhuvandas, N., Mirajkar, AB., Timbadiya, PV., Patel PT. 2010. Optimization of Irrigation Area of Ukai Right Bank Main Canal-A Linear Programming Approach, AIP Conference Proceedings 1324,127(2010) <https://doi.org/10.1063/1.3526172>.
- Çakmak, B., Gökalp, Z. ve Taş, İ. 2008. Yeraltı Su Kaynaklarının Tarımda Kullanımının Değerlendirilmesi. Konya Kapalı Havzası Yeraltısu ve Kuraklık Konferansı 11-12 Eylül 2008 Bildiri Kitabı. Çevre ve Orman Bakanlığı DSİ Genel Müdürlüğü IV. Bölge Müdürlüğü, s.222-229, Konya.
- Doğan, M., 2003. Şanlıurfa'da Karakoyun Deresi Atık Suları ile Sulanan Soğanda (Allium cepa L.) Toksik Element Birikimi Üzerine Bir Araştırma. Ekoloji Çevre Dergisi. 12 (48).
- Eminoğlu, E. 2007. Türkiyede Su Yönetimi ve Sulama İşletmeciliği. Orta Asya Sulama Suyu Yönetimi Çalıştayı 12-14 Eylül 2007. Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü, 8s, Ankara.
- Evsahibioglu, N., Aküzüm, T., Çakmak, B., 2010. Su yönetimi, Su Kullanım Stratejileri ve Sınıraşan Sular. Türkiye Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi.
- Fayrap, A., Kızıloğlu, F.M., 2010. Demirdöven Sulama Sahası için Optimum Bitki Desenin Belirlenmesi, GOÜ Ziraat Fakültesi Dergisi (2010), 27 (1), s.35-41.
- Frizzone, J.A., Coelho, R.D., Dourado-Neto, D., Soliani, R., 1997. Linear programming model to optimize the water resource use in irrigation projects: An application to the senator Nilo Coelho Project, Sci. Agric., Piracicaba, 54 (Numero Especial), p.136-148 junho 1997.
- Gür, M., 2008. Kırsal Arazi Yönetimi ve Yönetime Katılımın Tasarımı (Doktora tezi) İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Hall, W. A., Dracup, J. A., 1970. Water Resources System Engineering, McGrawHill, New York, 1970.
- Kuş, M., 2016. Sürdürülebilir Arazi Yönetiminde İşbirliği Modeli, Doğa Koruma, Eylül-Ekim 2016/EKOİQ, s.110-113.
- Mucan, U., , 2024. Değişen İklim Kuşağında Doğrusal Programlama Yaklaşımı İle Tarımsal Su Yönetimi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Çanakkale 2024.
- Sallan, J.M., Lordan, O., Fernandez, V., 2015. Modelling and Solving Linear Programming with R. Universitat Politècnica de Catalunya, DOI:<http://bx.doi.org/10.3926/oss.20>.
- Şener, S., Yıldırım, M., Bahar, E., Demirel, K., Erken, O., 2006. Kazdağları Su Kaynakları ve Biga-Kocabaş Çay'ında Su Kalitesi Üzerinde bir Araştırma, Kazdağları II. Ulusal Sempozyumu Bildirileri 22-25 Haziran 2006-Çanakkales.341-349.
- TODAİE, 2009. Yerel Yönetimler Araştırma ve Eğitim Merkezi. [www.yerelnet.com](http://www.yerelnet.com). 03.10.2009.
- TEMA, 2024. TEMA Vakfı Su Verimliliği Seferberliği (Erişim Tarihi: 08.11.2024, <https://sutema.org>).
- Ülger, N.E., 2023. Kentsel Arazi Düzenlenmesi Kentsel Dönüşüm. İstanbul Yem Yayın.
- Yetik, A. K., Candoğan, B. N., 2024. Climate Change Impacts on Precipitation Dynamics in the Southern Marmara Region of Turkey, Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi e-ISSN 2651-4044, Haziran/2024,38(1),s.123-141.