SULAMA TEKNOLOJİLERİ

Köksal AYDİNŞAKİR[1], Rıza KANBER[2], Ruhi BAŞTUĞ[3], İ. Hakkı TÜZEL[4],
Mustafa ÜNLÜ[2], Dursun BÜYÜKTAŞ[3], Nazmi DİNÇ[1]

ÖZET

Ülkemizde teknik ve ekonomik olarak sulanabilecek arazi miktarı 8.5 milyon ha olarak hesaplanmış ve bu alanın 2019 yılı itibariyle 6.6 milyon ha'lık kısmı sulamaya açılmıştır. 2023 yılına kadar ise 1.9 milyon ha'lık alanın sulamaya açılması hedeflenmektedir. 2018 yılı itibariyle mevcut sulama şebekelerinin %37'sinde klasik, %41'inde kanalet ve %22'sinde borulu sistemle sulama yapılmaktadır. 2023 yılına kadar mevcut klasik sulama şebekelerinin %25'e, kanalet sulama sistemlerinin %27'ye düşürülmesi ve borulu sistemlerin %48'e çıkarılması hedeflenmektedir. Ülkemizde suyun etkin kullanımını sağlayıcı sulama yöntem ve tekniklerinin kullanımı düşük düzeydedir. Sağlıklı verilere dayanan rakam verme olanağı olmamakla birlikte, izleme ve değerlendirme sonuçlarına göre Türkiye'de sulanan arazilerde %70 yüzey, %17 yağmurlama, %13 damla sulama yöntemi kullanılmaktadır. Ülkemizin tüketilebilir yerüstü ve yeraltı su potansiyeli 112 milyar m^3 olup bunun 54 milyar m^3'ü kullanılmaktadır. Kullanılabilir su potansiyelinin 40 milyar m^3'ü (%74) tarımsal sulamada, 7 milyar m^3'ü (%13) sanayide ve 7 milyar m^3'ü (%13) içme ve kullanma suyu ihtiyacını karşılamada kullanılmaktadır. Ülkemizde 18 milyar m^3 yeraltı suyu rezervi bulunmaktadır ve mevcut rezervin 15.46 milyar m^3'ünün tahsisi yapılmıştır. Ülkelerin kalkınmalarında doğal kaynakların zenginliği ve sürdürülebilirliği belirleyici bir unsurdur. Tarımsal üretimde ekonomik ve sosyal sorunların çözümü için su kaynaklarının ekonomik ve etkin olarak kullanılması gerekmektedir. Bu bildiride Türkiye'deki su kaynakları potansiyeli, sulama yöntemleri ve kullanılan sulama teknolojileri genel hatlarıyla ifade edilmiş ve sulama alanındaki sorunların çözümü için öneriler sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Sulama, Tarım, Yöntem, Teknoloji

IRRIGATION TECHNOLOGIES

ABSTRACT

The amount of land that can be irrigated technically and economically in our country is calculated as 8.5 million ha and, as of 2019, 6.6 million ha of this area has been irrigated. By 2023, 1.9 million ha of land are planned to irrigate. As of 2018, 37%, 41% and 22% of the existing irrigation networks are classical lined canals, prefabricated canals and piped, respectively. As of 2023, it is aimed to reduce the existing classical lined irrigation networks to 25%, prefabricated canal irrigation systems to 27% and to increase the piped systems to 48%. In our country, the use of irrigation methods and techniques that ensure the effective use of water is low. Although it is not possible to give figures based on reliable data, according to the results of monitoring and evaluation, 70%, 17% and 13% of land in Turkey is irrigated by the surface, sprinkler, and drip irrigation, respectively. The consumable surface and ground water potential of our country is 112 billion m^3 and currently, 54 billion m^3 of it is used. 40 billion m^3 (74%) of the available water potential is used in agricultural irrigation, 7 billion m^3 (13%) is used in industry and 7 billion m^3 (13%) is used to meet the drinking and potable water needs. There are 18 billion m^3 of groundwater resources in our country and 15.46 billion m^3 of the existing reserve has been allocated. The abundance and sustainability of natural resources in the development of countries is a determining factor. In order to solve economic and social problems in agricultural production, it is necessary to use the water resources economically and effectively. In this paper, the water resources potential, irrigation methods, and irrigation technologies in Turkey have been outlined, and suggestions to solve the problems regarding irrigation have been made.

Keywords: Irrigation, Agriculture, Method, Technology

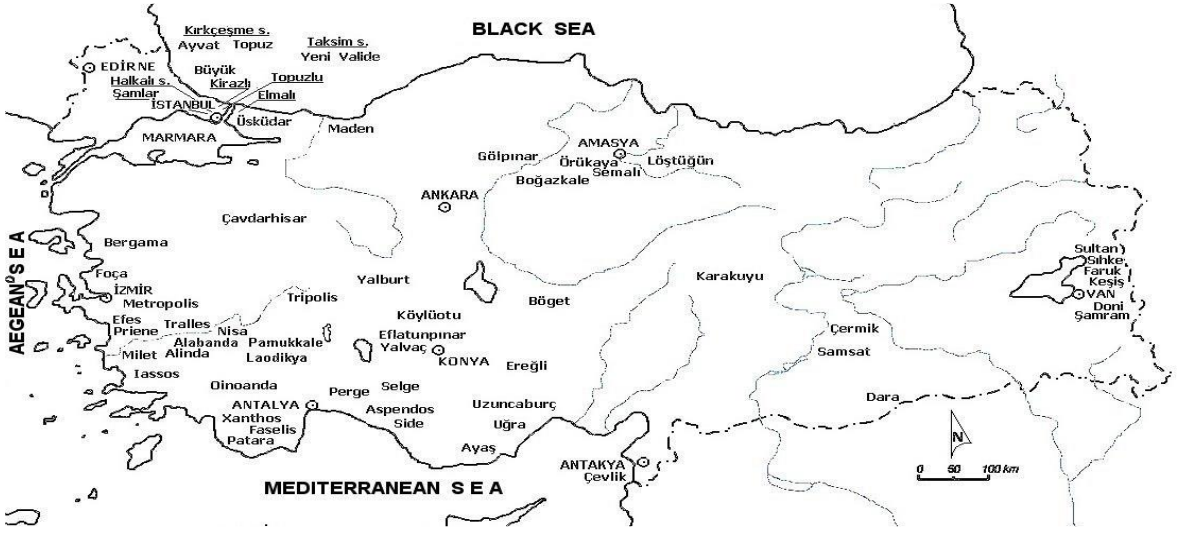
[1] Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Antalya
[2] Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Adana
[3] Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Antalya
[4] Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, İzmir

1. TÜRKİYE'DE SULAMANIN TARİHSEL GELİŞİMİ

Yukarı Mezopotamya ovalarını da kapsadığından, Anadolu'da sulamanın 5000 yıl önceden beri bilindiği kabul edilmektedir. Eski uygarlıklardan kalma pek çok su yapısı bugün Anadolu'nun birçok yöresinde bulunmaktadır. Orta, Doğu ve Güneydoğu Anadolu'da Hititler (İ.Ö. 2000), Urartu (İ.Ö. 1000), Helenistik dönem, Roma, Bizans, Selçuk ve Osmanlı İmparatorluğu dönemlerinde yapılmış çok sayıda su yapısı bulunmaktadır (Öziş, 1994). Anılan yapıların bir kısmı, bugün hala kullanılmaktadır. Kehriz (kanat) sistemleri, Şamran sulama kanalı, Toprakkale kenti yakınındaki iki baraj kalıntısı ile Tuşba (Vankale) kenti ve çevresinin sulanmasında kullanılan su yapıları Urartular'dan kalmıştır (Öziş, 1994). Urartu Kralı Menua tarafından Van'ın Gürpınar ilçesinden kent merkezine su getirmek amacıyla 3 bin yıl önce yaptırılan Şamran su kanalı, günümüzde de varlığını korumakta ve halen kullanılmaktadır. Anadolu'da Roma ve Bizans dönemlerine ilişkin sulama ve kullanma suyu getirilmesi ile ilgili su yapıları da bulunmaktadır. Bizanslar döneminde yapılmış, Kütahya-Çavdarhisar, Çorum-Örükaya, Niğde-Böget barajları önemli su yapılarıdır. Yine, Gaziantep-Balaban bucağındaki sulama kanalı günümüzde de kullanılmaktadır (Şekil 1).

Osmanlılar döneminde sulama amaçlı su yapıları, çok sınırlıdır. Daha çok şehir içme ve kullanma suyu getirilmesine dönük su kaynakları geliştirilmiştir. Bu amaçla birçok baraj yapılmıştır. Sulama yatırımları içerisinde, Amasya-Semalı dolgu barajı, Gaziantep ve Halep yöreleri için sulama suyu sağlamasında kullanılan çevirme kanalı, Gediz Nehrinin mansap ucunun değiştirilmesi, İstanbul yakınlarındaki Elmalı I Barajı sayılabilir. İlk sulama şebekesi, Osmanlılar döneminde, 1908 yılında Konya-Çumra ovasında, Beyşehir gölü bağlaması ile gerçekleştirilmiştir. Birinci Dünya Savaşı'nın ardından, Cumhuriyet döneminde Kurtuluş Savaşı ile II. Dünya Savaşı arasındaki sürede Çubuk I barajı yapılmış; Nazilli, Sarayköy, Seyhan, Berdan, Kazova sulamalarının temelleri atılmıştır. Sonraki yıllarda II. Dünya Savaşı'nın zorluklarına karşın anılan sulamalar kısmen hizmete sokulmuştur. Cumhuriyet'in ilk büyük sulama şebekesi 1943 yılında hizmete giren Nazilli sulaması olmuştur. Daha sonra 6200 sayılı yasa ile 1954 yılında Devlet Su İşleri (DSİ) Genel Müdürlüğü'nün kurulması ile birlikte sulama yatırımlarına hız verilmiştir. DSİ debisi 500 L/s'den büyük su kaynaklarının geliştirilmesi ile yükümlendirilmiş ve çok sayıda baraj, sulama sistemi, pompaj tesisleri yapmıştır.

Ülkemizde devlet eliyle sulama sistemlerinin kurulmaya başlamasıyla birlikte, sulu tarıma eğitilmemiş üretici ve şebeke noksanlıkları ile geçilmesi nedeniyle randımansız ve problem yaratan bir su kullanımı ortaya çıkmıştır (Beyce, 1975). Bunun üzerine DSİ ile Bayındırlık Bakanlığı arasında yapılmış olan işbirliği sonucu olarak o zamanların "Sulu Ziraat Deneme İstasyonları" kurulmuştur. Bunlar, Tarsus (1947), Menemen (1949), Konya (1949) ve Eskişehir (1952) istasyonlarıdır. Daha sonra TOPRAKSU (sonraki adı Köy Hizmetleri) Genel Müdürlüğünün kurulması ile bu istasyonlar TOPRAKSU Araştırma Enstitülerini meydana getirmişlerdir. Sonradan, bu kuruluşlara Toprak ve Gübre (1954), Merkez (1962), Tokat (1963), Samsun (1970), Urfa (1974), Erzurum (1979), Atatürk (1981) Araştırma Enstitüleri eklenmiştir.



Şekil 1. Eski su yapılarının Türkiye'deki konumu

Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü (KHGM), debisi 500 L/s'den daha küçük su kaynaklarının geliştirilmesi, arazi ıslahı, toplulaştırma, drenaj ve tesviye gibi tarla içi geliştirme hizmetlerinden sorumlu tutulmuştur. Tarım Reformu Genel Müdürlüğü ise reform bölgesi olarak ilan edilen alanlarda, topraksız köylüleri topraklandırma ile görevlendirilmiştir. Türkiye'de planlı dönemde tarımsal yatırımların yaklaşık %58-80 kadarı toprak ve su kaynaklarının geliştirilmesine harcanmıştır. 1963-1980 arası dönemde devlet yatırım bütçesinin yaklaşık, %20-33'ü arazi iyileştirme ve sulama yatırımlarına ayrılmıştır. Daha sonraki yıllarda Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü ile Ankara Merkez Araştırma Enstitüsü kapatılmıştır.

Devlet Su İşleri (DSİ) Genel Müdürlüğü'nün kurulması ile birlikte, su kaynaklarının geliştirilmesine daha fazla önem verilmiş; etüt çalışmaları genişletilmiştir. Aynı yıllarda Aşağı Seyhan Ovası Sulaması, daha sonra Sakarya üzerinde Sarıyar Barajı gibi önemli yatırımlar gerçekleştirilmiştir. Aynı dönemde Derme, Amasya ve Van sulama sistemleri hizmete girmiştir. Bunu izleyen yıllarda Demirköprü'den Keban'a değin birçok baraj ve sulama şebekesi inşa edilerek, işletilmeye başlanmıştır. Tamamen yerli kaynak ve insan gücü ile gerçekleştirilen söz konusu yatırımlar içerisinde, Almus, Kesikköprü, Keban, Karakaya, Kıralkızı, Devegeçidi ve Atatürk barajları bitirilmiştir. Bunlar arasında Seyhan (110 000 ha), Ahmetli ve Çumra (45 000 ha), Iğdır, Köprüçay ve Maraş (her biri 20 000-25 000 ha) en önemli sulama yatırımları sayılmaktadır. Sulama şebekelerinin devreye giriş hızı ile 1960'tan sonraki planlı dönemde yılda ortalama 20 000-40 000 ha'lık alan sulamaya açılmıştır (Tekinel vd., 1994). Son yıllarda ise Güney Doğu Anadolu Projesi (GAP) ile yaklaşık 2 000 000 ha'lık bir alanın sulanması amaçlanmıştır. Değinilen proje içerisinde Fırat ve Dicle Nehirleri üzerine bir seri baraj ve gölet yapımı planlanmış ve bunlardan bir kısmı yaşama geçirilmiştir. Urfa-Harran Ovası'nda yaklaşık 140 000 ha'lık bir alanın sulanması gerçekleştirilmiştir. Öte yandan, proje içerisinde bulunan diğer yatırımlar, örneğin, Adıyaman, Birecik, Kahta, Batman, İlisu, Cizre, Garzan barajları ile bunlara bağlı sulama şebekeleri, ya inşa halindedir ya da yapımları için gerekli hazırlıklar son aşamasına gelmiştir (DSİ, 1980).

Dünyada olduğu gibi, Türkiye'de de devlet sulama şebekelerinin işletme-bakım sorunlarının çözümü, anılan kuruluşların "Sulama Birliklerine" devredilmeleri ile çözümlenmeye çalışılmıştır. Sulama sistemlerinin işletmelerinin katılımcı Sulama Birliklerine devri, Türkiye'de beklenilmeyen ölçüde başarılı olmuştur. Kısa sürede, önemli boyutlarda devir işlemi gerçekleşmiş ve bu durum, Asya, Afrika, Amerika ve kimi Uzak Doğu ülkeleri için model oluşturmuştur. Ancak, 2018 yılında, sulama birlikleri tekrar DSİ'ye devredilmiştir. Bu durumun, sulama yönetiminde politik çıkar gruplarının egemen olmalarına yol açacağı ve gelecekte istenmeyen sonuçların ortaya çıkmasına neden olacağı düşünülmektedir.

2. TÜRKİYE TOPRAK VE SU KAYNAKLARI POTANSİYELİ

Türkiye'nin toplam yüz ölçümü 783 577 km^2 başka bir ifadeyle 78 milyon hektardır. 2017 yılı sonu itibariyle işletmedeki baraj ve göllerin toplam yüzey alanı 11 140.59 km^2'dir. Bu alan ülke yüzölçümünün %1.42'sine tekabül etmektedir. Türkiye topraklarının yarıdan fazlasını dağlar kaplamaktadır. Bunun dışında kalan bölüm ova, plato, engebeli arazi ve yassı tepeliklerdir. Türkiye'nin 190 000 km^2'lik alanı, alüvyonlarla örtülü ova özelliği gösteren değişik yüksekliklerdeki düzlüklerden oluşmaktadır. Ova ve platoların toplamı 270 000 km^2 (Platolar 100 000 km^2, Ovalar 170.000 km^2) alana karşılık gelmektedir ki bu alan Türkiye yüz ölçümünün 1/3'ü kadardır. İşlenmesi nispeten kolay olan 100.000 km^2'lik engebeli ve yassı tepeli arazileriyle birlikte Türkiye'de dağlık alanların dışında 370.000 km^2 düzlük alan olduğu söylenebilir. Tarım arazileri toplamı da 280 000 km^2 yani 28 milyon hektar civarındadır.

Türkiye'nin yüz ölçümü olan 78 milyon hektarın yaklaşık 25.9 milyon hektarı sulanabilir tarım arazisidir. Yapılan etütlere göre; mevcut su potansiyeli ile teknik ve ekonomik olarak sulanabilecek arazi miktarı 8.5 milyon hektar olarak hesaplanmıştır. Bu alanın 4.31 milyon hektarı DSİ, 2.29 milyon hektarı Köy Hizmetleri ve Halk Sulamaları tarafından inşa edilmiş modern sulama şebekelerine sahip olup toplam 6.60 milyon hektarlık bölümü sulamaya açılmıştır. 2023 yılına kadar ise 1.90 milyon hektarlık alanın sulamaya açılması hedeflenmektedir. 2003 yılına kadar mevcut sulama şebekelerinin %46'sı klasik, %48'i kanalet ve %6'sı borulu sistemken; 2018 yılı itibariyle mevcut sulama şebekelerinin %37'si klasik, %41'i kanalet ve %22'si borulu sisteme geçirilmiştir. 2023 yılına dek mevcut klasik sulama şebekelerinin %25'e, kanalet sulama sistemlerinin %27'ye düşürülmesi ve borulu sistemlerin %48'e çıkarılması hedeflenmektedir (Cetin, 2020).

Dünyadaki toplam su miktarı 1.4 milyar km^3'tür. Bu suyun %97.5'i okyanuslarda ve denizlerde tuzlu su olarak, %2.5'i ise nehir ve göllerde tatlı su olarak bulunmaktadır. Söz konusu tatlı su kaynaklarının da %90'ının kutuplarda ve yeraltında bulunması insanoğlunun kolaylıkla yararlanabileceği elverişli tatlı su miktarının ne kadar az olduğunu göstermektedir.

Ülkemizde toplam 25 akarsu havzası mevcuttur. Bu havzalara düşen yıllık ortalama yağış 574 mm olup, yılda ortalama 450 milyar m^3 suya tekabül etmektedir. Ülkemizin brüt yerüstü suyu potansiyeli ise 181 milyar m^3'tür. Günümüz teknik ve ekonomik şartları çerçevesinde, çeşitli maksatlara yönelik olarak tüketilebilecek yerüstü suyu potansiyeli yılda ortalama toplam 94 milyar m^3'tür. 18 milyar m^3 olarak belirlenen yeraltı suyu potansiyeli ile birlikte ülkemizin tüketilebilir yerüstü ve yeraltı su potansiyeli yılda ortalama toplam 112 milyar m^3 olup, 54 milyar m^3'ü kullanılmaktadır. Kullanılabilir su potansiyelinin 40 milyar m^3'ü (%74) tarımsal sulamada, 7 milyar m^3'ü (%13) sanayide ve 7 milyar m^3'ü (%13) içme ve kullanma suyu ihtiyacını karşılamada kullanılmaktadır (DSİ, 2017a).

Yüzey suyunun ekonomik olarak kullanılmasının uygun olmadığı veya yetersiz olduğu alanlarda sulama suyu talebi yeraltı suyundan karşılanmaktır. Ülkemizde 18 milyar m^3 yeraltı suyu rezervi bulunmaktadır ve mevcut rezervin 15.46 milyar m^3/yılının tahsisi yapılmıştır (DSİ, 2017b).

Su varlığına göre ülkeler su fakiri (yılda kişi başına düşen kullanılabilir su miktarı 1.000 m^3'ten daha az), su azlığı yaşayan (yılda kişi başına düşen kullanılabilir su miktarı 2.000 m^3'ten daha az) ve su zengini (yılda kişi başına düşen kullanılabilir su miktarı 8.000-10.000 m^3'ten daha fazla) olmak üzere üç grup altında sınıflandırılmaktadır. Türkiye su zengini bir ülke değildir. Kişi başına düşen yıllık su miktarına göre ülkemiz su azlığı yaşayan bir ülke konumundadır. Kişi başına düşen yıllık kullanılabilir su miktarı 1.366 m^3 civarındadır.

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), 2030 yılı için nüfusumuzun 100 milyon olacağını öngörmüştür. Bu durumda 2030 yılı için kişi başına düşen kullanılabilir su miktarının 1.120 m^3/yıl civarında olacağı söylenebilir. Mevcut büyüme hızı, su tüketim alışkanlıklarının değişmesi gibi faktörlerin etkisi ile su kaynakları üzerine olabilecek baskıları tahmin etmek mümkündür. Ayrıca bütün bu tahminler mevcut kaynakların 20 yıl sonrasına hiç tahrip edilmeden aktarılması durumunda söz konusu olabilecektir. Bu sebeple Türkiye'nin gelecek nesillerine sağlıklı ve yeterli su bırakabilmesi için kaynakların çok iyi korunup, akılcı kullanılması gerekmektedir.

3. TARIMSAL SULAMA YÖNTEMLERİ

Sulama, en genel tanımıyla bitkiler için gerekli olan suyun doğal yollarla karşılanamadığı koşullarda, çevreye zarar vermeden, bitki kök bölgesine suyun uygulanması olarak tanımlanabilmektedir. Sulama yöntemi ise suyun toprağa uygulanış biçimi şeklinde ifade edilmektedir (Kanber vd., 1992). Sulama yöntemleri, yüzey sulama ve basınçlı sulama yöntemleri olarak iki gruba ayrılmaktadır. Sulama suyu, yüzey sulama yöntemlerinde herhangi bir basınca gereksinim duyulmadan bitkilerin sulamasında kullanılabilirken, basınçlı sulama yöntemlerinde sulama suyunun dağıtımı için belli bir basınca gereksinim duyulmaktadır (Kanber vd., 1993).

Yüzey sulama yöntemlerinde su, kaynaktan araziye kadar kaplamalı veya kaplamasız kanallar ve/veya alçak basınçlı kapalı boru sistemleri ile iletilir. Bu nedenle yüzey sulama yöntemlerinin ilk yatırım giderleri, basınçlı sulama yöntemlere göre oldukça düşüktür. Yüzey sulama yöntemleri, eğimi %2-3'den daha küçük, infiltrasyon hızının orta veya düşük olduğu topraklarda daha uygundur (James, 1988). Tava, uzun tava (border) ve karık sulama yöntemleri, temel yüzey sulama yöntemleri olarak kabul edilmektedir.

Tava sulama yönteminde sulanacak tarla, etrafı seddelerle çevrilmiş, dikdörtgen/kare alanlara bölünür. Tavalar, arazinin topoğrafyasına göre ya düz ya da eğimli olarak yapılmakta ve işletilmektedir. Eğimli tavalar, engebeli arazilerde, eşyükselti eğrilerine paralel olarak yapılmaktadır. Sulama suyu, tava içerisine sifonlar, tüpler, delikli borular ve çok çıkışlı hidrantlar aracılığı ile alınmakta ve infiltre oluncaya dek göllendirilmektedir (Şekil 2). Tava sulama yöntemi yaygın olarak sık ekilen bitkilerle, meyve bahçeleri ve bağların sulanmasında kullanılmaktadır.



Şekil 2. Tava sulama yöntemi

Uzun tava (border) sulama yönteminde tarla, paralel seddeler veya border sırtları ile eğimli şeritlere bölünmekte ve iki sedde arasındaki alan, border şeridi veya uzun tava diye adlandırılmaktadır. Şeritler boyuna doğrultuda eğimli ancak enine doğrultuda eğimsizdir ve uzun tava bitiminde drenaj kanalına akış vardır (Şekil 3). Şeritlerin enleri 3-30 m, boyları 100-800 m arasında değişmektedir. Orta derecede düşük ve kısmen yüksek su alma hızına sahip topraklar için daha uygun olan uzun tava sulama yöntemi ile baklagiller, çayır otları, hububat, meyve bahçeleri ve bağlar sulanabilmektedir. Çok yüksek infiltrasyon hızına sahip kaba bünyeli topraklarda şerit boylarının kısa tutulması gerekmektedir.



Şekil 3. Uzun tava (border) sulama yöntemi

Karık sulama yönteminin temel ilkesi, tarlanın genel eğimi doğrultusunda veya eğime dik olarak oluşturulmuş küçük kanalcık veya arklarda (karık) sulama suyunun akıtılmasıdır (Şekil 4). Sulama suyu, oluşturulan karıklara sifonlar, tüpler, hareketli kapaklı delikli borular, çok çıkışlı yükselticiler ve gömülü düşük basınçlı borular aracılığı ile verilmektedir (James, 1988). İnce bünyeli, suyun göllenmesine neden olan çok yavaş geçirimli, eğimsiz topraklarda başarıyla kullanılan karık sulama yöntemi, orta veya orta-ağır bünyeli topraklar için daha uygundur. Karık eğimleri, genellikle %1 veya daha küçük olabilir. Bazen toprak aşınımı tehlikesinin olmadığı kurak alanlarda %3'e kadar çıkabilir. Karık boyları ve debi, arazi eğimi ve infiltrasyon hızına göre değişmektedir. Eğim artıkça karık boyu kısalmakta, debi yükselmekte; buna karşı eğim azaldıkça debi azalmakta, karık boyu artmaktadır (Kanber, 1997).



Şekil 4. Karık sulama yöntemi

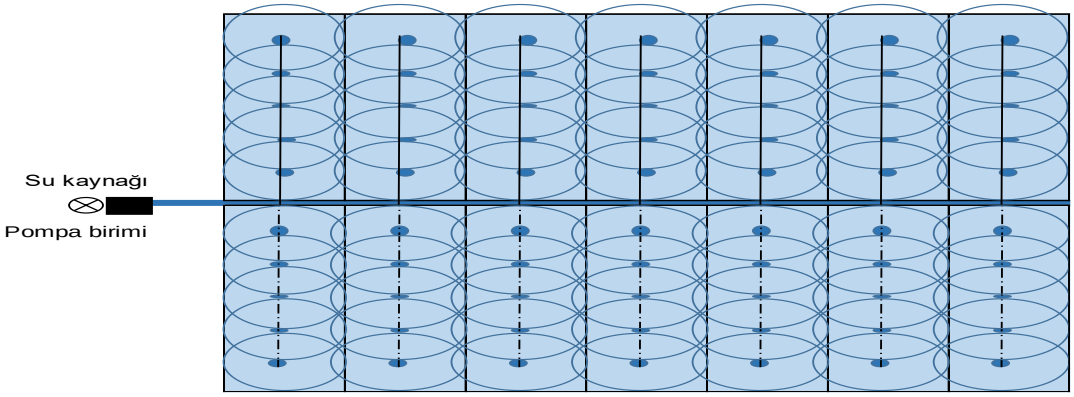
Basınçlı sulama yöntemlerinin temel öğeleri, pompaj birimi, yağmurlayıcı ya da damlatıcılarla birlikte, denetim ve su arıtma birimleri (filtreler), ana ve yan ana borular, yan boru (manifold), lateral hatları, kimyasal enjektör ekipmanları, vanalar, bağlantı parçaları ve diğer gerekli ekipmanlardan oluşmaktadır.

Basınçlı sulama yöntemlerinden biri olan yağmurlama sulama yöntemi, suyun kaynaktan belli bir basınçla alınması, kapalı bir sistemle tarlaya dek iletilmesi ve sonrasında atmosfere damlacıklar halinde püskürtülmesi ilkesine dayanmaktadır (Şekil 5). Yüzey sulama yöntemlerinin sorun olduğu topoğrafik ve her türlü toprak koşullarında başarıyla uygulanan bir yöntemdir. Günümüzde dünyadaki sulanır alanların yaklaşık %5'i yağmurlama sistemleri ile sulanmaktadır. Yağmurlama sulama yöntemi, çok değişik özelliklere ve sistem kapasitesine sahip olduğundan dolayı sulanabilir nitelikteki her toprakta ve birçok bitki için kullanılabilmektedir (Keller ve Bliesner, 1990). Su alma hızının çok düşük olduğu ağır bünyeli topraklarda bile söz konusu yöntem rahatlıkla kullanılabilmektedir. Ancak, sıcaklık ve rüzgar hızının yüksek ve nemin düşük olduğu, özellikle sulama sularının önemli ölçüde çözünmüş tuz içerdiği yörelerde, bazı sorunların ortaya çıkmasına neden olabilmektedir. Yağmurlama sulama yöntemi, su kaynağı ve pompa birimi, anaboru ve laterallerden oluşan boru hatları ve yağmurlayıcılardan oluşmaktadır. Yağmurlama sulama yöntemi, içerdikleri lateral hatlarının çalıştırılma şekillerine göre sabit, yarı sabit, taşınabilir ve hareketli yağmurlama sistemleri olmak üzere dört başlık altında toplanmaktadır.



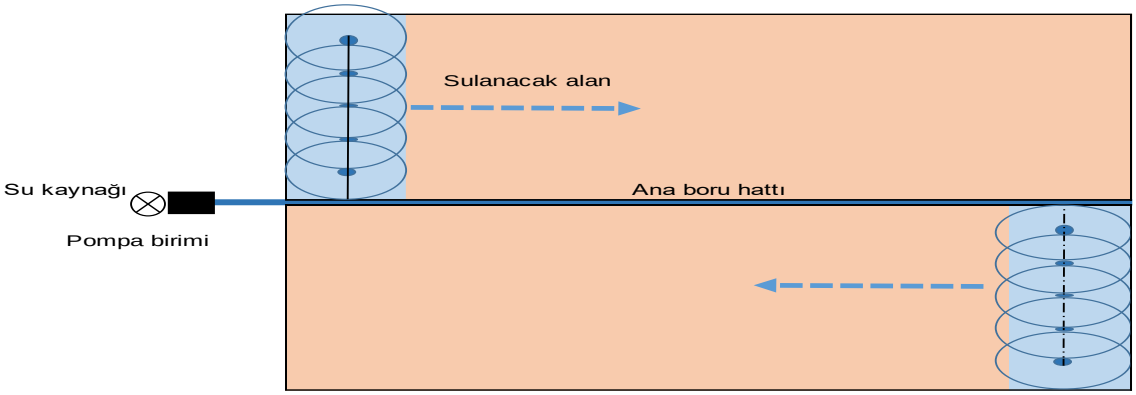
Şekil 5. Yağmurlama sulama yöntemi

Genel olarak ana boru ve lateral hatlarının toprak yüzeyi altına yerleştirildiği sabit yağmurlama sisteminde (Şekil 6), su kaynağından itibaren suyun toprağa uygulandığı noktaya kadar yağmurlama sisteminin bütün unsurları sulama süresince sabittir ve hareket ettirilmemektedir.



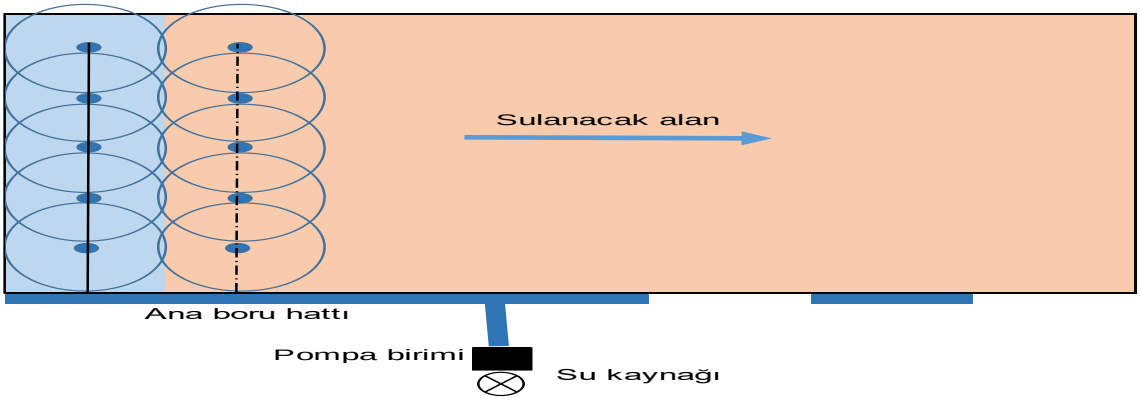
Şekil 6. Sabit yağmurlama sulama sistemi

Pompa ünitesi ve ana boru hattının sabit olduğu, lateral hatlarının sırayla arazi üzerinde taşındığı sistemlere ise yarı sabit sistemler adı verilmektedir (Şekil 7). Yarı sabit yağmurlama sulama sisteminde arazi üzerindeki lateral boru hatları ve başlıklar, bulundukları konumda sulama süresi tamamlandığında arazinin sulanmamış bölümüne, arazinin tamamı sulanana kadar aktarılmaktadır.



Şekil 7. Yarı sabit yağmurlama sulama sistemi

Taşınabilir yağmurlama sulama sisteminde ise ana boru, lateraller ve sulama başlıkları arazinin sulanan kısmından sulanmayan kısmına sulama bitinceye kadar taşınmaktadır (Şekil 8).



Şekil 8. Taşınabilir yağmurlama sulama sistemi

Hareketli yağmurlama sistemleri kendi içerisinde tamburlu, doğrusal hareketli (linear move) ve merkezi hareketli (center pivot) yağmurlama sulama sistemleri olmak üzere üç ana başlık altında toplanmaktadır. Tamburlu sulama sistemleri, bükülebilir polietilen malzemeden imal edilmiş bir hortumla bir kızak veya tekerlekli araba üzerine yerleştirilmiş yüksek kapasiteli tabanca tipi bir yağmurlama başlığından veya belirli aralıklar ile lateral üzerine yerleştirilmiş püskürtmeli yağmurlama başlıklarından oluşmaktadır (Şekil 9).



Şekil 9. Tamburlu sulama sistemi

Dikdörtgen veya kare şekilli alanların sulanmasında kullanılan doğrusal hareketli (linear move) yağmurlama sulama sistemleri, bir hat boyunca hareket etmekte ve hat üzerindeki hidranttan veya kanaldan suyu alan sistem, hattın her iki tarafını da sulayabilmektedir (Şekil 10). Eğimi % 3'in altında olan alanlarda rahatlıkla çalışabilen doğrusal hareketli sulama sistemi ile alanın tamamı sulanmaktadır.



Şekil 10. Doğrusal hareketli (linear move) yağmurlama sulama sistemi

Bir merkez etrafında hareket eden merkezi hareketli (center pivot) yağmurlama sulama sistemi (Şekil 11), özellikle üretim alanı 120 da ve fazla olan tarla bitkileri yetiştiriciliği yapılan alanlarda diğer sulama sistemlerine göre daha ekonomik bir sulama sistemidir. Hareket edilen dairenin çapı 1000 m'ye kadar ulaşabilir. Eğimin %12'ye kadar olan alanlarda rahatlıkla kullanılabilen bu sistemin en büyük dezavantajı parsel köşelerinde bazı alanların sulanamamasıdır. Ancak bu sorun, parsel köşelerine gelindiğinde çalışmaya başlayan teleskobik boru hatları veya yüksek basınçlı ve açılı yağmurlama başlıkları kullanılarak giderilebilmektedir.



Şekil 11. Merkezi hareketli (center pivot) yağmurlama sulama sistemi

Ağaç altı mikro sulama yöntemi olarak da adlandırılan mikro yağmurlama sulama yöntemi, genellikle meyve ağaçlarının sulanmasında kullanılmaktadır (Şekil 12). Damla sulama yöntemi ile her ağaç sırasına iki damla sulama lateral hattı kullanılmasına rağmen yeterli ıslatma oranına erişilemeyen çok geniş dikim aralıklarına sahip meyve ağaçlarının sulanmasında mikro yağmurlama sulama yöntemi kullanılmaktadır. Mikro yağmurlama sulama yönteminde yalnızca ağacın izdüşümü ıslatıldığından her ağacın altına bir adet küçük yağmurlama başlığı yerleştirilmektedir.



Şekil 12. Ağaçaltı mini yağmurlama sistemi

Yüzeyüstü damla sulama yöntemi, arındırılmış suyun ve gübrenin, damlatıcılar aracılığı ile çok küçük fakat sürekli bir akış veya damlalar halinde toprak yüzeyine veya içerisine (bitki kök bölgesi) verildiği sulama yöntemidir (Şekil 13). Damla sulama, bitkinin yalnızca kök bölgesinin sulanması ve bu bölgedeki nem kapsamının en uygun düzeyin yakınlarında tutulması gibi bir temel düşünceye dayanmaktadır. Bu yöntemle su, yaygın bir boru şebekesi aracılığıyla gerekirse her bir bitkiye dek götürülmektedir. Damla sulama yöntemi, bitkisel verimin artması, ürün niteliğinin yükselmesi, daha az enerji ve daha az su ile geniş alanların sulanması, yüksek düzeyde tuz içeren su ve topraklarda rahatlıkla kullanılması, yabancı ot gelişiminin olmaması ve düşük basınç gerektiğinden pompa giderlerinin az olması gibi çok sayıda yararlı özelliklere sahiptir.

Yüzeyaltı damla sulama yöntemi ise, suyun nokta veya çizgi kaynaklı damlatıcılar aracılığı ile toprak yüzeyinin hemen altına verildiği bir sulama yöntemidir (Şekil 14). Yüzeyaltı damla sulama sistemlerinde kullanılan malzemeler yüzeyüstü damla sulama sisteminde kullanılan malzemeler ile

benzerlik göstermektedir. Yine konu edilen yöntemin planlama ve işletilmesinde, yüzeyüstü damla sulama yöntemindeki ile aynı tasarım ilkeleri kullanılır. Değinilen yöntemde lateraller yer altına, 0.02-0.70 m derinliğe yerleştirilmekte; lateral aralığı, planlamaya göre, 0.25-0.50 m arasında değişmektedir. Damlatıcıların kök girişleri nedeniyle tıkanmalarının önlenmesi için kimyasal uygulamalar yapılmaktadır. Yüzeyaltı damla sulama yöntemi, 1960'lı yıllarda ABD'de geliştirilmiş olup 1980'li yıllarda hızla kullanımı artmıştır (Lamm ve Camp, 2007). Yüzeyaltı damla sulama sistemleri, Amerika, İsrail, İtalya gibi ülkelerde 1990'larda meyve bahçeleri, çim ve yem bitkileri gibi çok yıllık bitkilerin sulanmasında yaygın olarak kullanılırken, günümüzde tüm sebzelerin sulanmasında kullanılmaktadır. Ülkemizde ise yüzeyaltı damla sulama sistemi ile ilgili araştırmalar 2012 yılında Tarım ve Gıda Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü (TAGEM)'ne bağlı araştırma enstitülerinde yoğun olarak çalışılmaya başlanmış ve kurulu sistem sayısı bu yıldan itibaren hızla artış göstermiştir. Yüzeyaltı damla sulama yönteminde sulama suyu toprak yüzeyi altındaki bitki kök bölgelerine uygulandığından yüzey akış ve buharlaşma kayıpları yaşanmamakta ve sulama randımanı %95'in üzerine çıkmaktadır. Bununla birlikte toprak yüzeyi sürekli kuru kaldığından tarımsal işlemler rahatlıkla yapılabilmektedir.



Şekil 13. Yüzeyüstü damla sulama sistemi



Şekil 14. Yüzeyaltı damla sulama sistemi

4. TARIMSAL SULAMADA TEKNOLOJİK GELİŞMELER

Dünya üzerinde yaşamın kaynağı olan su, bitkisel üretim için olmazsa olmaz girdilerin başında yer almaktadır. Türlere göre değişmekle beraber bitkilerin % 90-95'i sudan oluşmaktadır. Bitkilerin gereksinim duydukları su, farklı sulama yöntemleri ile verilebilmektedir. Tarım tarihine baktığımızda, başlangıçta düşük sulama randımanına sahip yöntemler kullanılırken son yıllarda dünyada ve ülkemizde, özellikle plastik ve makine endüstrisindeki gelişmeler ile su ve enerjiden daha fazla tasarruf sağlayan, yüksek sulama randımanına sahip, verim ve kaliteyi artıran sulama yöntemleri geliştirilmiştir. Günden güne azalan ülkemiz tatlı su kaynaklarını tarımsal amaçlı olarak doğru ve sürdürülebilir şekilde kullanabilmek için mevcut tarımsal sulama teknolojilerinden yararlanmak gerekmektedir. 2006 yılından itibaren T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından Kırsal Kalkınma Yatırımlarının Desteklenmesi Programı (KKYDP) kapsamında tarımda sulama suyunun etkin ve tasarruflu kullanılması amacıyla basınçlı sulama sistemlerinin %50 hibe desteği ile kullanımının yaygınlaştırılması projesi başlatılmıştır. Bu desteğe ek olarak 2008 yılından itibaren T.C. Ziraat Bankası ve Tarım Kredi Kooperatifleri tarafından tarımda su tasarrufu ve verim artışı sağlayan sulama sistemlerin kurulumu için uzun vadeli kredi verilmeye başlanmıştır. Söz konusu uygulama ile 2014-2018 arasındaki dönemi kapsayan 10. Kalkınma Planı içerisinde Tarımda Su Kullanımının Etkinleştirilmesi Programı Eylem Planında ülke çapında ve havza bazında iklim şartları ile yanlış ve aşırı su kullanımından kaynaklanan veya kaynaklanması beklenen sorunların çözümü yoluyla tarımda su kullanımının etkinleştirilmesi ve 2019-2023 arasındaki dönemi kapsayan 11. Kalkınma Planı içerisinde ise Tarımda suyun verimli kullanılmasına yönelik su tasarrufu sağlayan yağmurlama ve damla sulama gibi modern sulama sistemlerinin yaygınlaştırılması hedeflenmektedir.

Kırsal Kalkınma Yatırımlarının Desteklenmesi ve Kalkınma planları doğrultusunda ülkemizde 2006-2016 yılları arasında 13537'si KKYDP, 254387'si Ziraat Bankası ve Tarım Kredi Kooperatifleri tarafından olmak üzere toplam 267924 adet proje desteklenmiştir (Çizelge 1). Bu destekler sayesinde 7329644 da'lık tarımsal alanda modern sulama sistem ve araçları kullanılmaya başlanmıştır (EDYS, 2019). Bu dönemde basınçlı sulama sistemleri ve aletlerine KKYDP tarafından 288 505 092 TL'lik, Ziraat Bankası ve Tarım Kredi Kooperatifleri tarafından 2 809 758 562 TL'lik olmak üzere toplam 3 098 263 654 TL'lik destek verilerek tarımda suyun etkin kullanımını sağlanmıştır.

2023 yılına kadar mevcut sulanabilir tarımsal alanın tamamının sulamaya açılması ve mevcut klasik sulama şebekelerinin %25'e, kanalet sulama sistemlerinin %27'ye düşürülmesi ve borulu sistemlerin %48'e çıkarılması hedeflenmektedir. Bu hedefler doğrultusunda tarla başına kadar getirilen suyu, minimum kayıpla araziye uygulayacak sistemlerin seçilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu amaçla KKYDP tarafından modern sulama yatırımı konusu bazında 2017 ve 2018 yıllarında verilen destek miktarları ve alanları Çizelge 2'de verilmektedir.

2017 yılında toplam 4082 adet projeye 65875530 TL'lik destek verilerek 223465 da'lık alan basınçlı sulama sistemiyle sulanmaya başlanmıştır. 2018 yılında ise toplam proje sayısı 9359'a çıkarak 900348 da'lık alan basınçlı sulama sistemleri ile sulanmaya başlanmıştır. 2017 yılında yayımlanan KKYDP tebliğine meyve bahçelerinde ve bağlarda kullanılmak üzere yüzeyaltı damla sulama sistemleri eklenmiş ve 2018 yılında 112 proje ile 6792 da'lık alanda yüzeyaltı damla sulama sistemleri kullanılmaya başlanmıştır.

Çizelge 1. 2006-2016 yılları arasında basınçlı sulama sistemlerine verilen destekler

Hibe/Kredi		Proje Sayısı (adet)	Hibe/Kredi Tutarı (TL)	Alan (da)
KKYDP (Hibe)	Bireysel Sulama Makine ve Ekipman Alımı	12 907	189 553 138	804 511
	Toplu Basınçlı Sulamalar	630	98 951 954	281 226
	Toplam	13 537	288 505 092	1 085 736
Düşük Faizli Krediler	Ziraat Bankası	110 630	2 206 929 835	4 904 289
	Tarım Kredi Kooperatifleri	143 757	602 828 727	1 339 619
	Toplam	254 387	2 809 758 562	6 243 908
	Genel Toplam	267 924	3 098 263 654	7 329 644

Çizelge 2. Yatırım konusu bazında yıllar itibariyle bireysel sulama hibe desteklemeleri (KKYDP)

Yatırım Konusu	2017			2018		
	Proje Sayısı (adet)	Alan (da)	Hibe Tutarı (TL)	Proje Sayısı (adet)	Alan (da)	Hibe Tutarı (TL)
Yüzeyüstü Damla Sulama	1752	119886.89	34348681.17	5001	576624.70	129828730.87
Yüzeyaltı Damla Sulama	-	-	-	112	6791.63	2674493.72
Yağmurlama Sulama	1911	82724.72	23154260.92	3776	279587.57	51416443.42
Mikro Yağmurlama Sulama	247	10701.50	2703754.65	131	6924.08	1656866.80
Center Pivot	-	-	-	12	7085.60	1216708.40
Lineer Sistem	21	2280.00	1060533.95	23	6837.50	1763673.74
Tamburlu Sistem	95	5624.11	3321411.57	186	9164.18	6646492.05
Güneş Enerjili Sulama	56	2247.66	1286888.17	118	7333.24	3624338.82
Toplam	4082	223464.88	65875530.42	9359	906786.32	198629388.82

Diğer taraftan sulama sistemlerinin modernizasyonu yanında daha etkin ve randımanı yüksek bir sulama yönetimi için farklı teknolojilerden de yararlanılmaktadır. Bunlar Uzaktan Algılama Teknikleri, Toprak Nemini İzleme Aletleri ve Güneş Enerjili sistemler başlığı altında toplanabilmektedir.

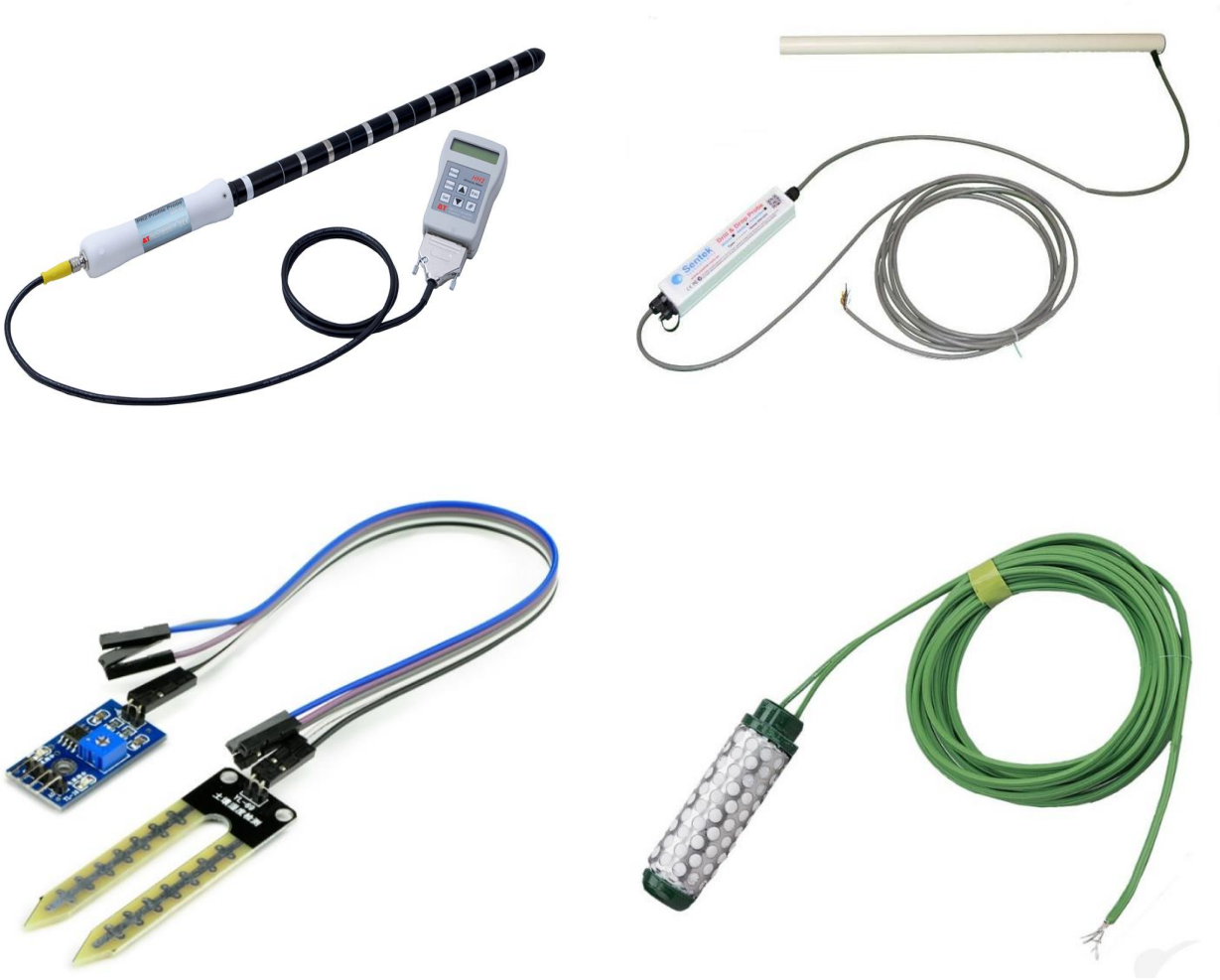
Uzaktan Algılama Tekniklerinin Tarımsal Sulamada Kullanımı: Bitkinin ne zaman ne kadar sulama suyuna gereksinim duyduğu temel bir bilgidir ve sulama alanı büyük, bitki deseni karışık olduğunda bu bilginin zamansal ve konumsal değişiminin saptanması, geleneksel yöntemler ile olanaksızken, uzaktan algılama tekniklerinin kullanımı ile mümkün olabilir. Bu teknolojik teknikler infrared yüzey sıcaklığı ve spektral indislerdir (Köksal, 2007). Infrared termometreler vasıtasıyla yüzey sıcaklığı belirlenerek ve spektral indisler vasıtasıyla bitkilerden yansıma oranları ölçülerek büyük alanlarda bitkide meydana gelen su stresinin neden olduğu belirtiler kolay ve pratik bir şekilde belirlenebilmekte ve sulama suyu yönetimi kolaylıkla yapılabilmektedir (Kırnak ve İrik, 2017).

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)'nden yararlanılarak tarımsal alanlardaki toprak tuzluluğu, alkalilik, drenaj ve taban suyu derinliği belirlenebilmekte ve bunların neden olabileceği sorunların çözümü için veri tabanları oluşturulabilmektedir. Sulama tesislerinin modernizasyonundan sonra, sulama altyapısının daha iyi yönetimi için sistem ve teknolojilerin geliştirilmesi artan bir öneme sahip olmuştur. Bu bağlamda, özellikle uzaktan algılama teknolojisi, tüm dünyada farklı mekânsal ölçeklerde sulu tarım alanlarının haritalanması için etkili bir araç olarak gösterilmektedir. Bu teknoloji aynı zamanda, çiftçilere ve yöneticilere, anlık olarak bitki su ihtiyaçlarını gösteren "sulama tavsiyesi" gibi ilave bilgilerin verilmesi için de kullanılabilmektedir. Farklı mekânsal ve zamansal çözünürlüğe sahip multi-spektral uydu görüntüleri kullanımına dayalı yenilikçi yöntemlerden yararlanılarak sulama şebekesi içerisinde su stresi altındaki sulanan alanlar tanımlanabilmektedir (Pehlivan vd., 2017).

Toprak Nemini İzleme Aletlerinin Tarımsal Sulamada Kullanımı: Toprakta nem tayini doğrudan ve dolaylı olmak üzere iki şekilde belirlenebilmektedir. Doğrudan yöntemlerde aynı noktadan birden fazla örnek almanın mümkün olmaması, çok sayıda örnek alınması durumunda, toprakta kaba gözeneklerin oluşmasına yol açması ve zaman alıcı olması nedeniyle günümüzde tercih edilmemektedir. Bunun yerine toprağın belli fiziksel ve fiziko-kimyasal özelliklerinin su miktarına bağlı olarak değişimlerini esas alan dolaylı yöntem araçları kullanılmaktadır. Bu yöntemlerin bir çoğunda nem tayini ya toprağa yerleştirilmiş kalıcı sensörler veya toprakta açılmış özel yuvalar içerisine okuma anında yerleştirilen sensörler yardımıyla kolaylıkla yapılabilmektedir. Dolaylı yöntemlerin en önemli özelliği, kullanılan toprak nemi belirleme aletlerinin bir kez tesis edilmesinden sonra toprak yapısında herhangi bir bozulmaya sebebiyet vermeksizin, az bir zaman harcayarak aynı yerde sık ve sürekli ölçüme olanak sağlamalarıdır (Öztaş, 1997). Alçı blokları, tansiyometreler, nötron prob, TDR ve FDR bu aletler arasında yer almaktadır (Şekil 15) ve bu aletler yardımıyla sulama programlaması rahatlıkla yapılabilmektedir.

Güneş Enerjisinin Tarımsal Sulamada Kullanımı: Tarımsal üretim yapılan alanlarda şebeke elektriğinin bulunmamasından dolayı, tarımsal sulama fosil kaynaklı enerjiler ile yapılmaktadır. Fakat bu tip kaynaklar oldukça maliyetlidir. Güneş enerjili sulama sistemleri (şebekeden bağımsız sistemler), elektrik enerjisinin ulaşamadığı veya jeneratör gibi fosil yakıt ile elektrik üreten ama maliyeti çok pahalı olan ve

genelde tarımsal alanlarda ekonomik, sessiz ve çevreci olmasından dolayı tercih edilen yenilenebilir enerji sistemleridir (Şekil 16).



Şekil 15. Bazı toprak nemi belirleme aletleri



Şekil 16. Güneş enerjili sulama sistemi

5. TARIMSAL SULAMADA KARŞILAŞILAN SORUNLAR VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

Tarımsal sulamada karşılaşılan sorunlar su kaynaklarının geliştirilmesinden başlayarak, suyun tarla düzeyinde kullanılmasına dek birbirini izleyen aşamalarda ortaya çıkmaktadır. O nedenle sulama sorunlarının irdelenmesi, gerçekleştirilen projenin ekonomik ömrü boyunca, davranışının ve çevresel etkilerinin izlenmesine dek pek çok aşamayı ve çok uzun bir süreci içerir (Sezginer ve Güner 1994). Türkiye'de söz konusu sorunlar a) Doğal kaynakların yeterince kullanılmamasından kaynaklanan sorunlar, b) İşletim aşamasında meydana gelen sorunlar, c) Suyun uygulanması sırasında ortaya çıkan sorunlar olmak üzere üç alt başlık altında toplanabilir. Birinci gruba girenler sorunlar daha çok ekonomik kökenlidir. Planlama ve uygulama için gerekli olan parasal kaynakların bulunmasına bağlı olarak ortadan kaldırılabilirler. Ancak son yıllarda devlet, kıt bütçe olanakları nedeniyle yeterli kaynağı ayıramamaktadır. Bu nedenle, gelecek yıllarda büyük yatırımların yapılması beklenmemektedir. İkinci grupta ise planlama ve yapım dahil, işletim sırasında ortaya çıkan, bazen beklenen ancak, çoğu kez beklenmeyen nitelikteki sorunlar yer almaktadır. Bu sorunların kökeninde önceliklerin iyi seçilememesi, yanlış planlama, yapım sırasında meydana gelen hatalar, yanlış işletim tekniklerinin kullanılması, tutarsız politik-ekonomik ve sosyal yaklaşımlar bulunmaktadır. Üçüncü grupta ise üreticilerin sulama bilgisinin yetersizliği veya yanlış yönlendirilmeleri ve teknolojiyi yeterince kullanamaması gibi etmenlerden kaynaklanan sorunlar yer almaktadır.

a) Doğal kaynakların yeterince kullanılmamasından kaynaklanan sorunlar

▪Türkiye'de sulanabilir nitelikteki toplam arazilerin tümü hala sulanamamaktadır. 1960'lı yıllardan bu yana DSİ ve diğer kurumlar Türkiye'nin ekonomik ve teknik olarak sulanabilir alanını ısrarla 8.5 milyon ha olarak bildirmektedir (Cetin, 2020). Halen bunun, %64'ü DSİ Genel Müdürlüğü, %20'si eski Topraksu ve Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü tarafından geliştirilen projelerle ve %16'sı vatandaşların kendi olanaklarıyla yaptıkları Halk Sulamaları olmak üzere brüt 6.6 milyon ha'ına sulama alt yapısı götürülmüştür (DSİ 2017b). Bu durumda ekonomik ve teknik olarak sulanabilir arazilerin brüt olarak %74.7'sinin sulandığı sonucuna ulaşılabilir. Ancak yeni geliştirilen sulama teknikleri dikkate alındığında Türkiye'nin ekonomik olarak sulanabilir alanları, 8.5 milyon ha değil tarıma açılmaması gerekli arazi hariç tutulursa doğrudan 25.9 milyon ha olarak alınmalıdır. Çünkü, toprak-topoğrafya ve drenaj yetersizliği nedeniyle sulama dışı bırakılmış eşik araziler bu gün damla, mini yağmurlama ve benzeri tekniklerle sulanabilmektedir. Ayrıca, sorunlu alanlar (tuzlu-alkali alanlar) damla sulama tekniği ile sulanabildiği gibi, çok hafif bünyeli topraklarda suyu kolayca iletebilecek fasılalı karık (surge) gibi yöntemler uygulanabilmektedir. Bu durumda sulanabilir arazilerimizin ancak %25.41'ini sulayabildiğimizi söyleyebiliriz. Diğer bir deyişle; sulanabilir alanlar ve sulama suyu gereksinimi hesaplanırken eski rakamlar yerine yeni rakamların konuşulması gerekmektedir. Gelecekte yapılacak plan ve programlarda bu durum dikkate alınmalıdır.

▪Türkiye'de su potansiyeli tam olarak henüz kullanılmamaktadır. Türkiye'nin yıllık yerüstü su potansiyeli 94 milyar m^3, yeraltı su potansiyeli (emniyetle çekilebilecek rezerv) ise 18 milyar m^3 olup toplam tüketilebilecek su miktarı 112 milyar m^3'tür. Bunun 40 milyar m^3'ü (%74'ü) sulamada, 7 milyar m^3'ü (%13'ü) içme-kullanma amaçlı, 7 milyar m^3'ü (%13'ü) endüstride olmak üzere 54 milyar m^3'ü tüketilmektedir. Tüketilen suyun 39 milyar m^3'ü (%72.2'si) yer üstü sularından, 15.46 milyar m^3'ü (%27.8) yeraltı sularından sağlanmaktadır (DSİ, 2017a). Kullanılabilir iyi nitelikli yüzey suları potansiyelinin %41.0'i, yeraltı suyu potansiyelinin %85.98'u halen kullanılmaktadır. Bu veriler ışığında, yüzey su kaynakları potansiyelinin %59.0'u, yeraltı suyu potansiyelinin ise %14.1'i henüz kullanıma sunulamamıştır. Kullanılabilir yeraltı ve yerüstü su potansiyelinin ise yalnızca %48.2'si kullanılmakta geriye kalan %51.8'i geliştirilmeyi beklemektedir.

▪Sulama sularının sulamaya uygunluk ölçütleri değiştirilmelidir. Bugün artık, sulama sularının sınıflandırılmasında bitkiyi, yöreyi (toprak) ve iklimi dikkate alan yaklaşımların kullanılması eğilimi ağır basmaktadır. Herhangi bir yörede ve herhangi bir bitkide kullanılamayacak nitelikte sayılan sular, bir başka yöre veya bitki için kullanılabilir nitelikte olabilmektedir. Bunun yanında kötü nitelikte sayılabilecek sulama suları bazı özel tekniklerle sulamada kullanılabilmektedir. Bu durumda, Türkiye'nin su potansiyeli yeniden ele alınarak hesaplanmalıdır. Su potansiyelinin yeterliliği sulanabilir alanların tümü dikkate alınarak belirlenmelidir.

▪Yapılan incelemelerde, ülkemiz yeraltı ve yerüstü su rezervleri, günümüz koşullarında, tam kullanılmadıklarından dolayı, yeterli gibi gözükmektedir. Ancak, gelecekteki kullanımlara yeterli olup olmayacağı henüz yeterince aydınlatılmış değildir. Diğer yandan, havzalar arası su iletimi tekniklerinin uygulanabilmesi için havzaların su ve toprak kaynaklarını veren ayrıntılı bilimsel çalışmalar eksiktir. Ancak, son yıllarda Çatalan-İmamoğlu Projesi, Orta Ceyhan Projesi, Konya Kapalı Havzası Su Aktarım Projesi gibi havzalar arası su iletimi ile ilgili kimi projeler başarıyla yaşama geçirilmiştir.

▪Türkiye'de tarım toprakları, üzerinde karlı işletmeler kurulmasına olanak vermeyecek ölçüde küçük ve çok parçalıdır. 2001 Genel Tarım Sayımı'na göre, ortalama işletme büyüklüğü yaklaşık 6.1 ha'dır ve işletme başına 5-6 parça arazi düşmektedir. Tarım işletmelerinin %85'i, 10 ha altında arazi varlığına sahiptir. Bu ise, toplam tarım arazisinin yaklaşık %42'sini oluşturmaktadır (GTHB, 2013). Türkiye'de ortalama parsel büyüklüğü 1.0 ha'dan küçük iken, Avrupa Birliği ülkelerinde 1.8-4.0 ha arasında, ortalama tarımsal işletme büyüklüğü ise AB ülkelerinde 16.0 ha'dır (DSİ, 2018). Öte yandan, Türkiye'deki deneyimler, tarım alanlarına sulama altyapısının inşası öncesinde arazi toplulaştırması uygulandığı takdirde kamulaştırma, inşaat ve işletme harcamalarından yaklaşık %40 tasarruf sağlanabileceğini göstermektedir (Cetin, 2020). Ayrıca arazi toplulaştırma projelerinin tamamlanmasından sonra sulama oranları %90, sulama randımanı ise %85 gibi yüksek düzeylere ulaşabilmektedir (Satana vd., 2017). Arazi toplulaştırmasına uygun arazi, kuru koşullarda 6.25 Mha, sulu koşullarda 7.75 Mha olmak üzere toplam 14 Mha'dır. 2017 yılı itibarıyla, 3.12 Mha'ı kuru, 1.88 Mha'ı sulanabilir arazilerde olmak üzere toplam 5.0 Mha alanda arazi toplulaştırması çalışmaları tamamlanmış olup kalan 9.0 Mha alanın 5.87 Mha'ı sulanabilir arazidir (Satana ve ark, 2017). Öncelikli olarak sulanabilir arazilerde olmak üzere Türkiye'nin arazi toplulaştırmasındaki hedefini gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

▪Arazi kullanım planlarının bulunmayışı ve tarım dışı arazi kullanımının artışı nedeni ile tarım alanları azalmaktadır (DPT, 1997). Tarım topraklarının amaç dışı kullanımı önemli boyutlara ulaşmıştır. Türkiye'de 1989-2010 döneminde toplam 827 bin hektar tarım arazisinin tarım dışı faaliyet alanlarında kullanımına izin verilmiştir. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı kayıtlarına göre, sadece 2011 yılında toplam 44.5 bin ha tarım arazisi, tarım dışı kullanıma açılmıştır (KB, 2014). Değinilen sorun örneğin Adana ve Bursa gibi sulu tarımın geliştiği yörelerde yoğun biçimde görülmektedir. Sorun öncelikle iç göçü durdurucu önlemlerle ortadan kaldırılabilir. Üreticinin toprağına bağlanması için gelir düzeyini yükselten önlemler alınmalı su ve toprak kaynaklarının geliştirilmesi ile ilgili yatırımlara önem ve öncelik verilmelidir. Ayrıca politik baskılara olabildiğince açık olan yasa ve yönetmeliklerde gerekli değişiklikler yapılarak etkin kullanımları sağlanmalıdır.

▪Başta yıllardır tamamlanamamış olan Güneydoğu Anadolu Projesi olmak üzere, Konya Ovası Projesi, Doğu Anadolu Projesi ve Doğu Karadeniz Projesi kapsamında 2018 yılı itibarıyla, proje toplam sulama alanlarının sırasıyla ancak % 30, %69, %37 ve %41'i sulama alt yapısına kavuşturulmuş durumdadır (DSİ, 2018). Bölgeler arası kalkınma farklarını ortadan kaldırmada önemli etken olacak söz konusu yatırımların bir an önce tamamlanması ve hedeflenen toplam 4.61 Mha alanın sulamaya açılması gerekmektedir.

b) İşletim aşamasında meydana gelen sorunlar

▪Türkiye'de sulu tarım yatırımlarından beklenen katma değer artışı, ekonomik, politik, sosyal ve teknik nedenlerle oldukça düşüktür. Yapılan incelemelerde sulama ile verimin 7 kat artmasına karşılık; katma değerin ancak, 2.6 kat arttığı saptanmıştır (Sayın vd., 1993). Bu durum, sulama yatırımlarının özendirici olma özelliğini önemli ölçüde azaltmaktadır. DSİ tarafından sulamaya açılan alanlarda beklenen sulama oranlarına bu güne kadar ulaşılamamıştır. Sulama projelerinde kabul edilen gelişme periyodunun sonunda bile gerçekte sulanan alan başlangıçta sulanması öngörülen alandan daha küçüktür. Anılan oranlar, yıllara göre, %75-10 arasında değişmiştir. Bazı sulama şebekelerinde, sulama oranlarının DSİ'nin kritik değeri olarak kabul edilen %30'a kadar düştüğü, öte yandan, DSİ'nin işlettiği sulama şebekelerinde ortalama sulama oranı %42 iken, sulama kooperatifleri ve sulama birliklerinin işlettiği sulama şebekelerinde %66 olduğu vurgulanmalıdır (Cetin, 2020). DSİ, kendi sulamalarında uzun yıllık ortalama sulama oranını %65 olarak vermektedir (DSİ, 2018). Öte yandan, sulanır alanlarda gözlenen bitki deseni planlanandan büyük farklılıklar göstermektedir. Öyle ki, projelerin karlılığı olumsuz yönde etkilenmekte; proje alanındaki üreticiler sulu tarımdan kuru tarıma geçmektedirler. Bu durum, genellikle pazar koşulları, çiftçi gelenekleri, hastalık ve zararlılar ile tarımsal girdilerin fiyatlarındaki dalgalanmalar ve özellikle üretim planlanmasının ülkemizde hala uygulanamamasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca sulama suyu ve şebeke (sulama-drenaj)

yetersizliği; tuzluluk-alkalilik ve taban suyu sorunlarının ortaya çıkması; üreticilerin kendi olanakları ile sulama yapma istekleri ve su geçiş hakkına uymamaları gibi etmenler nedeniyle ortaya çıkmaktadır. DSİ tarafından işletilen ve devredilen sulama tesislerinde sulama oranlarının düşük olma nedenleri, çiftçilerin yağışları yeterli görmesi, sosyo-ekonomik sorunlar, arazinin nadasa bırakılması, topografik yetersizlik, su kaynağı yetersizliği, bakım-onarım yetersizliği olarak belirlenmiştir (Çimenci ve Değirmenci, 2016). Sulama oranlarının artırılması için etkin bir üretim planlamasına gidilmelidir. Üretici ucuz kredilerle desteklenmeli, batı ülkelerinde olduğu gibi, bazı önemli üretim girdileri özellikle stratejik kimi ürünlerde sübvanse edilmelidir. Ayrıca şebekelerdeki yetersizliklerin giderilmesi gerekmektedir.

▪Sulama sistemleri tam olarak bitirilmeden işletmeye açılmamalıdır. Yakın zamanlara değin büyük sulama projelerinin çoğu ana drenaj ve sulama şebekeleri tamamlanmadan sistemin sağlayacağı yararın çekiciliği dikkate alınarak işletmeye açılmıştır. (Ör: Seyhan ve Gediz projelerinde, arazi geliştirme çalışmaları gerçekleştirilirken çiftlik su dağıtım sistemleri tam olarak bitirilmeden işletme söz konusu olmuştur. Benzeri aksaklıklar, Korkuteli sulamasında açık kanal sisteminin kapalı borulu sisteme dönüştürülmesi sırasında da yaşanmıştır). Bu uygulamalar yüzey sulama sistemlerinde sızma kayıplarının kabul edilebilir sınırların çok üzerinde olması, basınçlı sistemlerde basınç kayıpları gibi sorunlara yol açmaktadır.

▪1984 yılında TOPRAKSU kuruluşunun yasal olarak kaldırılması, benzer işlevleri üstlenen Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü'nün de 2005 yılında kapatılması sonucu sulama proje alanlarında tarla içi geliştirme hizmetleri aksamaktadır. Örneğin, arazi düzeltimi (tesviye), tarla içi drenaj sistemleri yeterli ölçüde yapılamamaktadır. Yoğun toprak düzeltimi yapılan Gediz ve Seyhan projeleri dışında, Türkiye`deki tüm sulama projelerinde, arazilerin sulamaya hazırlanması yetersizdir. Günümüzde toprak su hizmetlerinin il yönetimlerince yürütülmesi siyasal ve yönetsel sorunlar nedeniyle tarla içi geliştirme hizmetlerinin önemli ölçüde aksamasına yol açmaktadır.

▪Sulama hizmetlerinin sürekliliğini olumlu yönde geliştirmek için şebekelerin yönetimini, politik ortamdan ayırıp bağımsız organizasyonlara vermek gerekmektedir. Bu amaçla çiftçilerin değinilen organizasyonlara asıl katılımcılar olarak dahil edilmeleri zorunludur. Daha açık deyimle şebekelerin işletilmesi doğrudan üreticilere bırakılmalıdır (Tekinel, 1999). Cetin (2020), 2017 yıl sonu itibarıyla net sulama alanının, DSİ tarafından inşa edilen % 73'ünün sulama birliklerine devredildiğini, % 16'sının sulama kooperatifleri, geri kalan % 11'inin ise DSİ tarafından işletilmekte olduğunu bildirmiştir. Böylece bu değişim büyük oranda gerçekleşmiş ve bu konuda önemli bir ilerleme sağlanmışken, 7139 sayılı kanun ile 28.04.2018 tarihinde (6200 ve 6172 sayılı kanunlarda yapılan değişikliklerle) sulama birlikleri tekrar DSİ'ye devredilmiştir. Katılımcı bir yönetim sağlanabilmesi için, politik müdahalelere son derece açık bu uygulamadan vazgeçilmesi, sulama tesisleri işletmeciliğinin, çiftçilerin bir araya gelerek oluşturacakları sulama kooperatifleri eliyle yürütülmesinin sağlanması zorunlu görülmektedir.

c) Suyun uygulanması sırasında ortaya çıkan sorunlar

▪Sulama mekanik veya teknoloji alanında yapılan basit bir uygulama değildir. Sulama, bir insan etkinliğidir ve sosyal yönü olan bir girişimdir. Türkiye'de yeterli düzeyde ve etkin bir çiftçi eğitim servisinin bulunmaması nedeni ile sulu tarım alanlarında toprak-bitki-su ilişkileri ve bunların insan ve çevreye olan etkileri üzerinde fazla durulmamaktadır. Bu nedenle üretici yeterince eğitilememekte, aşırı su kullanma eğilimi ortaya çıkmakta, yüzey akış, derine sızma gibi su kayıpları artmaktadır. Bunun sonucu olarak, sulama randımanları düşmekte; arazilerin sulamaya iyi hazırlanmaması, drenaj, yüksek taban suyu, tuzluluk gibi, bir dizi sorunla karşı karşıya kalınmaktadır. Çiftlik düzeyinde su yönetiminin geliştirilmesi ilave eğitimi gerektiren bir konudur. Bu eğitimin çiftçi örgütlerince (sulama kooperatifleri gibi) organize edilmesi, devamlı olması, teşvik ve ödüllendirmeler yolu ile özendirici olması gerekmektedir.

▪Sulama sistemlerinin performansları, altyapı, işletme, su dağıtımı, iklim ve kimi sosyo-ekonomik sorunlardan/yetersizliklerden dolayı, kabul edilebilir düzeyde değildir. Randımanlı bir sulama programına hemen tüm sulama sistemlerinde ulaşılamamıştır. O nedenle uygulama randımanları düşük, su kayıpları yüksektir (Kanber vd., 1996). Ülkemizde sulama şebekelerinde genellikle geleneksel açık kanal ve kanalet sistemleri yaygındır. Bu sistemlerin hakim olduğu alanlarda iletim ve dağıtım randımanı %60, su uygulama randımanı %50 ve toplam proje randımanı %30 dolayında gerçekleşmektedir. Cetin (2020), Türkiye'de ortalama sulama randımanını %37 olarak bildirmektedir. Kirpich vd. (1999), sulu tarımdaki düşük performansın ana nedeninin teknoloji değil sulama yönetimi, kurumlar ve politikadaki eksiklikler olduğunu

bildirmiştir. Ancak, sulama projelerinin tasarımındaki ve teknolojideki eksiklikler de sulamada düşük performansa yol açmaktadır (Plusquellec ve Burt, 2000). Su iletim sistemlerinin, gelişmiş çağdaş teknikler kullanılarak yapılması, çıplak kanalların kaplanması ve sızdırmazlığın sağlanması ile sızma kayıpları azaltılabilmektedir. Mansap denetimli açık kanal sistemleri ve basınçlı borulu sulama sistemlerin kurulması, sulama randımanlarını arttıran denetimli sulama olanağı yaratan ve su artırımı sağlayan uygulamalar arasında sayılmaktadır. 1980'lerde, önceki yıllarda inşa edilmiş ve ekonomik ömrünü tamamlamış klasik kanal sistemlerinin düşük basınçlı borulu sistemlere dönüştürülmesine başlanmıştır. Halen sulanan alanların %37'sinde klasik kanal, %41'inde kanalet, %22'sinde borulu şebekeler bulunmaktadır (DSİ, 2018). Kayıpları azaltarak toplam sulama randımanını yükseltmek ve su tasarrufu sağlamak için su iletiminde basınçlı boru sistemlerinin yaygınlaştırılması gerekmektedir.

▪Ülkemizde suyun etkin kullanımını sağlayıcı sulama yöntem ve tekniklerinin kullanımı düşük düzeydedir. Sağlıklı verilere dayanan rakam verme olanağı olmamakla birlikte, izleme ve değerlendirme sonuçlarına göre Türkiye'de sulanan arazilerde %70 yüzey, %17 yağmurlama, %13 damla sulama yöntemi kullanılmaktadır (DSİ, 2017b). Tarla bazında suyun etkin kullanımı ve artırımı için geliştirilmiş yüzey sulama teknikleri örneğin fasılalı karık, azaltılmış debili karık, döngülü karık, değişebilir veya sabit ardışık karık vb sulama, sulama zamanının otomasyonu, yağmurlama sulama ve düşük basınçlı-düşük akışlı modern sulama tekniklerinin kullanılması ile su tasarrufu yanında, geleneksel sulama yöntemlerinin doğurduğu sakıncalar da giderilebilmektedir. Ülkemizde söz konusu tekniklerin kullanımının yaygınlaştırılması ve çiftçilere benimsetilmesi için gerekli eğitim çalışmaları yaygınlaştırılmalı ve parasal olarak desteklenmelidir. Öte yandan tarla içi geliştirme önlemleri alınmadan fiziksel sulama tesislerinin tamamlanarak hizmete sunulması önemli ve ileride giderilmesi olanak dışı kimi sorunların ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Havza, proje ve çiftlik bazında alınacak teknik önlemler ile sulu tarımda suyun etkin kullanılması ve kullanım randımanlarının artırılması mümkün olmaktadır (Hamdy ve Lacirignola, 1999).

▪Gelecekte ortaya çıkması kesin olarak beklenen su sıkıntısını ortadan kaldıracak, su artırımını sağlayacak çalışmalar eksiktir. Türkiye halen kişi başına düşen yıllık kullanılabilir su miktarı (1366 m^3) ile su azlığı yaşayan bir ülke iken, nüfusun yaklaşık 100 milyon olacağı öngörülen 2040 yılında su sıkıntısı çeken bir ülke olacaktır (TOB, 2019). Bu nedenle, konu ile ilgili bilimsel projeler öncelikle desteklenmelidir. Havza bazında yağış sularının biriktirilmesi, havzalar arası su iletimi, kötü nitelikli suların karıştırılarak, deniz sularının, kentsel atık suların ve drenaj sularının arıtılarak kullanılması ile su artırımı sağlanabilmektedir. Küçük kuru dereler üzerine göletler yapılarak kışın yağış sularının depolanması ve yaz mevsimi boyunca sulamada kullanılması bu duruma iyi bir örnek oluşturmaktadır.

▪Türkiye'de su kaynaklarının planlanması, geliştirilmesi izleme ve değerlendirilmesi aşamalarında Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) Tekniklerinin, sulama yönetiminde ise otomasyon ve karar destek sistemlerinin kullanımı yeterli düzeyde değildir. CBS ve UA teknolojileri günümüzde, bitki deseninin ve sulanan alanlarının belirlenerek haritalanması, ekili alanlarda su stresi düzeylerinin sezinlenmesi, sulama zamanının planlanması gibi amaçlar için kullanılabilmektedir. Ülkemizde bu konularda eğitilmiş personel sayısı ve gerekli alt yapının tam olduğu söylenemez. Ancak personel yetiştirilmesi ve eksik donanımın sağlanması için kurumsal yapıda gerekli değişikliklerin yapılması gereklidir. Yine sulanan arazilere yerleştirilen toprak, bitki ve atmosfer algılayıcıları ve yazılımlar aracılığıyla otomasyon ve karar destek sistemlerinden yararlanmak, ölçülü ve zamanında su dağıtımı sağlamak yanında sisteme dışarıdan müdahaleleri minimize etmek açısından oldukça önemlidir. Özellikle borulu sulama şebekelerinde bu sistemler daha düşük maliyetlerle uygulanabilmektedir. Anılan teknolojilerin kullanımı, Türkiye'de sektörler bazında kullanılan su, farklı sulama yöntemleriyle sulanan alanlar gibi konularda kuşku duyulan rakamların daha doğru olarak elde edilmesine de katkı sağlayacaktır.

6. SONUÇ

Su, insanın hayatta kalması ve sağlıklı yaşaması için zorunlu olduğu kadar, ekonomi için de önem taşımaktadır. Üretken insan topluluklarının sağlığı açısından temiz içme suyu şarttır, ancak dünyadaki su tüketiminin %10'u evsel kullanıma ayrılmaktadır. Su, tarımsal faaliyetler ve tüm sanayi süreçlerinde doğrudan tüketilmektedir. Ayrıca, dünyadaki enerji arzının büyük bölümünü oluşturan hidroelektrik üretimi ve termal enerji santrallerinin soğutulması için de su büyük önem taşımaktadır. Göl ve nehirlerdeki su; ulaşım, balıkçılık ve rekreasyon amaçlı kullanılmaktadır. İnsanların içinde yaşadığı ve bağımlı olduğu

ekosistemlerin ayakta kalabilmesi için de su gereklidir. Ekonomileri ve toplumları destekleyen çevresel bir kaynak olarak suyun gerçek değeri, ancak artan su sıkıntısıyla karşılaşıldığında ve temiz, güvenilir su kaynaklarına, maddi olanaklarla bile ulaşılamadığında anlaşılabilir.

Yeni milenyumda, büyüyen su kıtlığı tehlikesi, hızla artan insan nüfusu, hızlı kentleşme ve hızla büyüyen mega kentler, su kullanıcıları arasında tırmanan rekabet, çevre ve sağlık önlemleri gibi üzerinde düşünülmesi gereken önemli konular sulama mühendislerine meydan okumaktadır. Gelişmekte olan birçok ülkede su kaynaklarının daha verimli kullanımı artmasına rağmen, dünya nüfusundaki hızlı artış ve sanayi faaliyetlerin genişlemesi tatlı su ihtiyacını arttırmaktadır. Artan su talepleriyle birlikte Uluslararası Su Yönetim Enstitüsü (IWMI) verileri 2025 yılında 1.8 milyar insanın, şiddetli su kıtlığı çeken ülkelerde ya da bölgelerde yaşıyor olacağını göstermektedir. Bugün çoğu Kuzey Afrika ve Orta Doğu ülkesi şiddetli su kıtlığı yaşayan ülkeler olarak sınıflandırılmaktadır. 2025 yılında bu ülkelere Pakistan ve Güney Afrika'nın da katılacağı; Hindistan ve Çin'in de büyük bir bölümünün ve daha birçok ülkenin şiddetli su kıtlığı çeken ülkeler arasında sınıflandırılacağı öngörülmektedir. Bu durum anılan ülkelerin, gelecekteki nüfuslarının gıda ihtiyaçlarını karşılamak istiyorlarsa, su kaynaklarının kullanımını ve yönetimini şimdikinden çok daha verimli kılmak zorunda olduklarını göstermektedir. Tarımsal üretimde su, verimlilik açısından kritik bir faktördür. Dünyadaki toplam su tüketiminde %70 ile tarım en büyük su kullanıcısı durumundadır. Gıda ve Tarım Organizasyonunun (FAO) verilerine göre dünyadaki toplam tarım alanlarının %17' si sulanmaktadır ve sulu tarım arazilerinden elde edilen üretim, toplam gıda üretiminin %30-%40'ını oluşturmaktadır. Gelecekte evsel ve endüstriyel alanlardaki su taleplerinin artması tarım için ayrılan su miktarının azalması tehdidini doğuracaktır.

Küresel ısınmanın en fazla etkileyeceği alanların başında ülkemizin de içinde yer aldığı Akdeniz havzası gelmektedir. Yağışların azalacağı ve sıcaklıkların artacağı göz önünde bulundurulduğunda Akdeniz gibi yarı-kurak bölgelerde su ve enerji tasarrufu sağlayan, su kayıplarını minimum düzeye indiren, çevreyi kirletmeyen, ürün miktarında ve kalitesinde artış sağlayan teknolojiye dayalı sulama yöntemlerinin kullanılması kaçınılmaz olacaktır.

KAYNAKLAR

Beyce, Ö., 1975. TOPRAKSU ve Araştırma. TOPRAKSU Teknik Dergisi, 14:40-41.

Cetin, M., 2020. Agricultural Water Use**.** In: N. B. Harmancioglu, D. Altinbilek (eds.), Water Resources of Turkey, Chapter 9, World Water Resources, Vol. 2, https://doi.org/10.1007/978-3-030-11729-09, Springer Nature Switzerland AG 2020, ISBN 978-3-030-11728-3, pp. 257-302.

Çimenci, F., Değirmenci, H., 2016. DSİ Tarafından Devredilen Sulama Projelerinde Sulanmayan Alanlar ve Nedenleri. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 30(2):11-22.

DPT, 1997. Ekonomik ve Sosyal Sektörlerdeki Gelişmeler. DPT Yedinci Beş Yıllık Kalkınma Planı (1996-2000) 1997 Yılı Programı Destek Çalışmaları Ankara, 222 s.

DSİ, 2017a. Su kaynaklarının Geliştirilmesi ve Hidroloji Çalışma Grubu Raporu. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 2. Ormancılık ve Su Şurası, DSİ Basımevi, Ankara, 61 s.

DSİ, 2017b. Sulama Çalışma Grubu Çalışma belgesi. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 2. Ormancılık ve Su Şurası, DSİ Basımevi, Ankara, 64 s.

DSİ, 2018. Su ve DSİ (1954-2018). Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara, 328 s.

DSİ, 1980. Güneydoğu Anadolu Projesi. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Devlet Su işleri Genel müdürlüğü Etüt ve Plan Dairesi Başkanlığı, Ankara.

EDYS, 2019. Elektronik Doküman Yönetim Sistemi. https://edys.tarim.gov.tr. Erişim Tarihi: 15 Ekim 2019.

GTHB, 2013. Türkiye Tarımsal Kuraklıkla Mücadele Stratejisi ve Eylem Planı (2013-2017). Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Ankara, 59 s.

Hamdy, A. Lacirigniola, C. 1999. Mediterranean Water Resources: Major Challenges Towards the 21st Century. CIHEAM IAM-B March 1999 Tecnomack-Bari Italy, 570 s.

James, L.G. 1988. Principles of Farm Irrigation Design. Pl148. Published by John Wiley & Sons, New York, p. 1-148.

Kanber, R. 1997. Sulama. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Genel Yayın No: 174, Ders Kitapları Yayın no: 52, Adana.

Kanber, R., Kırda, C, Tekinel, O., 1992. Sulama Suyu Niteliği ve Sulamada Tuzluluk Sorunları. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Genel Yay. No. 21, Ders kitapları Yay. No. 6, Adana, 341 s.

Kanber, R., Köksal, H., Güngör, H.,. 1993. Su Tüketiminde Tasarruf Sağlayan Yöntem Ve Teknikler. "Sulama Teknolojisinde Yeni Gelişmeler. Edit By S.Şener." KHGM. Pup. No.76, P.102-123. Ankara

Kanber, R., Önder, S, Ünlü, M., Köksal, H., Özekici, B., Sezen; S.M., Yazar, A., Koç, K., 1996. The Optimizition of Surface Irrigaition Methods Which Are Used for Cotton Production and Their Comparision witt Sprinkler Irrigation. Final Report for Prime Ministry of Turkey, GAP-RDA, No: 18, GAP Pub., No: 96, Gen. No: 155, Adana.

KB, 2014. Onuncu Beş Yıllık Kalkınma Planı (2014-2018): Tarım Özel İhtisas Komisyonu "Tarım Arazilerinin Sürdürülebilir Kullanımı" Çalışma Grubu Raporu. Kalkınma Bakanlığı, ISBN 978-605-4667-58-1, Ankara, 79 s.

Keller, J., Bliesner, R.D., 1990. Sprinkle and Trickle Irrigation. Published by Van Nostrand Reinhold, New York 651p.

Kırnak, H., İrik, H.A., 2017. Sulama Programlamasında Uzaktan Algılama Tekniklerinin Kullanılabilme Olanakları. Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi, 6:138-145.

Kirpich, P.Z., Haman, D.Z. Styles, S.W., 1999. Problems of Irrigation in Developing Countries. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 125:1–6.

Köksal, E.S., 2007. Sulama Suyu Yönetiminde Uzaktan Algılama Tekniklerinin Kullanımı. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 22(3):306-315.

Lamm, F.R., Camp, C.R. 2007. Subsurface Drip Irrigation. Chapter 13 in Microirrigation for Crop Production - Design, Operation and Management. F.R. Lamm, J.E. Ayars, and F.S. Nakayama (Eds.), Elsevier Publications. pp. 473-551.

Öziş, Ü., 1994. Su Mühendisliği Tarihi Açısından Türkiye'deki Eski Su Yapıları. T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, DSİ Genel Müdürlüğü 40 ıncı Kuruluş Yılı (1954-1994) Su ve Toprak Kaynaklarının Geliştirilmesi Konferansı, Ankara, 203 s.

Öztaş, T., 1997. Toprağın Nem Tayininde Kullanılan Yeni Bir Yöntem TDR (Time Domain Reflectometry). Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 28(2):331-339.

Pehlivan, M., Kodal, S., Gökyel, A., Şeren, A., Can, B., Baygül, İ., Aytaç, Ş., Göçmen, B., 2017. Sulama Grubu Çalışma Belgesi. 2. Ormancılık ve Su Şurası, Ankara, 65 s.

Plusquellec, H., Burt, C., 2000. Discussion for Problems in Irrigation in Developing Countries. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 126:195–203.

Satana, S., Ceylan, A.R., Sert, A, 2017. The Turkish Experience in Consolidation of Irrigated Land: Productivity and Efficiency Implications. Presented at the 17th World Bank Conference on Land and Poverty, Washington, DC, March 20–24, p. 29.

Sayın, S., Döker, E., Çevikbaş, R., Bal, M. 1993. Türkiye'de Sulu Tarım Yatırımlarına ve İşletme-Bakım Faaliyetlerine Çiftçi Katılımı İnceleme Raporu (Ulusal Çalışma Grubu), Ankara, 38 s.

Sezginer, Y., Güner R., 1994. Su Kaynakları Geliştirme Projelerinin Gerçekleştirilmesinde Uyumsuzluk Sorunları. T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı DSİ Genel Müdürlüğü 40'ıncı Kuruluş Yılı (1954-1994) Su ve Toprak Kaynaklarının Geliştirilmesi Konferansı Bildirileri Ankara Cilt. 1 s.123-138.

Tekinel, O., 1999. Participatory Approach in Planning and Management of Irrigation Schemes (Turkish Experiences on Participatory Irrigation). Advanced Short Course on Integrated Rural Water Management: Agricultural Water Demands. CIHEAM IAM-B 20 September -2 October 1999 Adana, s.189-217.

Tekinel, O., Kanber, R., Çetin, M., Yalbuzdağ, O., Özbek, Y., Aktaş, Ş., 1994. Su kaynaklarının Geliştirilmesi. Türkiye Ziraat Mühendisliği IV Teknik Kongresi. 4.2.2 inci Seksiyon, Ankara.

TOB, 2019. Ulusal Su Planı (2019-2023), Tarım ve Orman Bakanlığı, 99 s.