

# SU RİSKLERİ AR-GE PROJESİ

## PROJE KÜNYESİ

<b>Projenin Adı</b>	Su Riskleri AR-Ge Projesi
<b>Uygulayıcı Kurumlar</b>	İş Dünyası ve Sürdürülebilir Kalkınma Derneği (SKD Türkiye) Ankara Üniversitesi Su Yönetimi Enstitüsü (ENSTİTÜSU)
<b>Proje Süresi</b>	8 ay
<b>Uygulama İli</b>	Kırıkkale
<b>Projenin Amacı</b>	Kırıkkale Delice İlçesi Çerikli Beldesi'nde buğday ve mısır (silajlık ve dane) üretimi için su verimliliğinin ölçülmesi, anahtar performans göstergeleri (KPI) takibi, bölgedeki su risklerinin belirlenmesi ve gelecek yıllar için bir yol haritasının belirlenmesi amaçlanmaktadır.

## PROJE EKİBİ

<b>Proje Yöneticisi</b>	Doç. Dr. Gökşen ÇAPAR <i>Ankara Üniversitesi Su Yönetimi Enstitüsü</i>
<b>Proje Danışmanı</b>	Prof. Dr. Süleyman KODAL <i>Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü (Emekli)</i>
<b>Ankara Üniversitesi Araştırma Ekibi</b>	Prof. Dr. Yeşim AHİ <i>Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü</i> <i>Ankara Üniversitesi Su Yönetimi Enstitüsü</i> Prof. Dr. Y. Ersoy YILDIRIM <i>Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü</i> Öğr. Gör. Dr. Tolga PİLEVNELİ <i>Ankara Üniversitesi Su Yönetimi Enstitüsü</i> Öğr. Gör. Çiğdem COŞKUN DİLCAN <i>Ankara Üniversitesi Su Yönetimi Enstitüsü</i>
<b>Katkıda Bulunanlar</b>	Süheyl AYBAR - Ülker Ahmet Burak BAŞPINAR - Ülker Melis CENGİZHAN Konca ÇALKIVİK - SKD Türkiye Mehmet EKİCİ - Ülker Serra ELDEM - SKD Türkiye Berzem ERBİN - SKD Türkiye Noyan ERGÜL - SKD Türkiye Serhat ŞABAP - SKD Türkiye Burcu TÜRKEŞ - Toros Tarım

Ana Sponsor



Destek Sponsorlar



## İÇİNDEKİLER

1. GİRİŞ.....	1
2. PROJE ALANININ BULUNDUĞU KIZILIRMAK HAVZASINA GENEL BAKIŞ .....	3
2.1. Coğrafi Konum, Su Kaynakları ve İklim .....	3
2.2. Kızılırmak Havzası Su Potansiyeli ve Sektörel Kullanım.....	6
2.3. Kızılırmak Havzası Su Kalitesi .....	9
2.4. Tarımsal Üretim ve Sulama Yöntemleri .....	12
2.4.1. Proje Alanında Buğday İçin Damla Sulama Uygulaması.....	16
2.4.2. Proje Alanında Silajlık Mısır İçin Damla Sulama Uygulaması.....	18
3. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE SU RİSKLERİ.....	19
3.1. İklim Değişikliğinin Kızılırmak Havzasına Etkileri .....	19
3.2. Kızılırmak Havzasında İklim Değişikliğinin Tarımsal Üretime Etkileri....	22
3.3. Delice Alt Havzasında İklim Değişikliğinin Tarımsal Üretime Etkileri .....	24
4. SONUÇ VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ.....	32
4.1. Mevcut Bir Su Kaynağından Sulama Suyu Tahsisi.....	33
4.2. Atık Suyun Tarımda Değerlendirilmesi .....	36
4.3. Tuzluluğa Dayanıklı Bitki Önerileri .....	37
KAYNAKLAR.....	39

## Tablolar

Tablo 1. Delice Alt Havzası Su Kalitesi Değerlendirmesi (SYGM, 2022) .....	11
Tablo 2. Proje alanı sulama suyu fiziksel kalite parametreleri .....	12
Tablo 3. Delice Alt Havzası sulamaları ve toplam su ihtiyaçları (DSİ, 2016a).....	13
Tablo 4. Falkenmark indeksi .....	21
Tablo 5. Kızılırmak Havzası Eşdeğer Nüfus Tahminleri.....	21
Tablo 6. Kızılırmak Havzası Su Potansiyeli Tahminleri .....	22
Tablo 7. Kızılırmak Havzası iklim değişikliği tahminlerine göre hesaplanan Falkenmark indeksi .....	22
Tablo 8. Yöre için önerilen tuzluluğa dayanıklı bitkiler .....	38

## Şekiller

Şekil 1. Kızılırmak havzası ve alt havzaları.....	4
Şekil 2. Kızılırmak Havzası uzun yıllar ortalama yağış haritası.....	6
Şekil 3. Havzaların kullanılabilir su potansiyeli.....	7
Şekil 4. Kızılırmak Havzası sektörel su kullanımı ve Delice Alt Havzası'nın kullanımdaki payı.....	8
Şekil 5. Delice Alt Havzası baraj, gölet ve depolama tesisi kapasitesi.....	8
Şekil 6. Delice Alt Havzası baraj, gölet ve depolama tesislerinin.....	9
Şekil 7. Delice Alt Havzası projeli sulama alanları .....	12
Şekil 8. Kızılırmak Havzası en çok üretilen 20 tarım ürünü ve ortalama üretim miktarları (2013-2019) .....	14
Şekil 9. Delice Alt Havzası en çok üretilen 20 tarım ürünü ve ortalama üretim miktarları (2013-2019) .....	15
Şekil 10. Delice Alt Havzası DSİ tarafından işletilen ve devredilen yerüstü sulamalarına ait sulama tipi ve sulama yöntemi .....	15
Şekil 11. Proje bölgesinde kullanılan sulama yöntemleri .....	16
Şekil 12. Havzalara göre buğday üretiminde IWUE değişimi.....	17
Şekil 13. Havzalara göre silajlık mısır için IWUE değişimi .....	19
Şekil 14. Kızılırmak Havzası tarımsal üretim ve su ayak izinin ilçelere dağılımı	23
Şekil 15. Delice Alt Havzası tarımsal üretimin illere dağılımı.....	24
Şekil 16. Delice Alt Havzası tarımsal üretimin ilçelere dağılımı (2013-2019) ....	25
Şekil 17. Delice Alt Havzası idari sınırlar .....	25
Şekil 18. Delice Alt Havzası tarımsal üretim ve su ayak izinin ilçelere dağılımı	26
Şekil 19. Delice Alt Havzası su ayak izi ve tarımsal su kullanımı .....	27
Şekil 20. Delice Alt Havzası buğday üretimi ve buğday üretim verimi.....	28
Şekil 21. Delice Alt Havzası buğday üretimi su ayak izinin bölgesel dağılımı.....	29
Şekil 22. Delice Alt Havzası mısır üretimi ve mısır üretim verimi.....	30
Şekil 23. Delice Alt Havzası mısır üretimi su ayak izinin bölgesel dağılımı .....	31
Şekil 24. Delice Alt Havzası sulama projeleri ve Nigaroğlu Göletinin konumu...	33
Şekil 25. Nigaroğlu Göleti, Gölcük Köyü ve Sekili Regülatörü Uydu Görüntüsü..	34
Şekil 26. Nigaroğlu Göleti, ve Sekili Regülatörü Sulama Kanalı Uydu Görüntüsü .....	35



## YÖNETİCİ ÖZETİ

İş dünyasının sürdürülebilir kalkınma konusundaki farkındalığını ve etkisini artırmak amacıyla, Türkiye'nin sürdürülebilirlik konusunda lider şirketleriyle birlikte çalışan İş Dünyası ve Sürdürülebilir Kalkınma Derneği (SKD Türkiye), Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri çerçevesinde “Sürdürülebilir Tarım ve Gıdaya Erişim” konusunu odak alanlarından birisi haline getirmiştir.

Küresel ölçekteki su riskleri nedeniyle, tarımsal üretimin ve su kaynaklarının sürdürülebilirliğinin ve dolayısıyla gıda güvencesinin sağlanması amacıyla; SKD Türkiye ve Ankara Üniversitesi Su Yönetimi Enstitüsü ortaklığında Mayıs 2022’de “Su Riskleri Ar-Ge Projesi/Çalışması” başlatılmıştır. Proje ile, İç Anadolu Bölgesinin hâkim bitkilerinden buğday ve mısır tarımında basınçlı sulama yöntemlerinden damla sulama sistemlerinin kullanılması, su ve enerji verimliliğinin artırılması, su-üretim fonksiyonlarının belirlenmesi, su verimliliğinin fiziksel ve ekonomik açıdan değerlendirilmesi, su risklerinin belirlenmesi ve bölge çiftçisine doğru uygulamaların çeşitli etkinlikler ile aktarılması hedeflenmiştir.

Proje kapsamında seçilen Kırıkkale ili Delice ilçesi Çerikli Beldesi, 250-300 mm yıllık yağış miktarına sahip olup, ülkemizin en az yağış alan havzalarından Kızılırmak Havzası’nda yer almaktadır. Delice Alt Havzası’nda toplam 436 hm<sup>3</sup>/yıl olan su kullanımının %92’si sulamada, %8’i de içme-kullanma suyu olarak kullanılmaktadır. Delice Alt Havzası’nda yer alan su depolama yapılarının toplam kapasitesi 432 hm<sup>3</sup>tür.

Çerikli Beldesinde tarımsal amaçlı kullanılan su kaynakları Kızılırmak Nehri’ni besleyen kollardan biri olan Delice Irmağı, Acısu Deresi ve yeraltı suyu kaynağı olarak kuyu sularıdır.

Kızılırmak nehrinin sulama suyu kalitesi C3S1 sınıfıdır (C3: Yüksek Tuzlu Su; S1: Az Sodyumlu Su). Delice Irmağı ve özellikle Acısu Deresi su kalitesi incelendiğinde, bölgenin jeolojik yapısından kaynaklı yüksek tuzluluk ön plana çıkmaktadır. Delice Irmağının su kalitesi ve miktarı, bölgedeki tarımsal faaliyetler için genel olarak yetersizdir. Delice Irmağının başlıca kirlilik parametreleri iletkenlik (EC), toplam fosfor (TP) ve demir (Fe) olarak belirlenmiş, bu parametrelerin başlıca kaynakları ise evsel ve

endüstriyel atıklar, tarım ve hayvancılık atıkları ve yaygın gübre ve kimyasal ilaç kullanımını olarak belirlenmiştir.

Proje kapsamında, 2021-2022 sezonunda Çerikli beldesinde buğday ve silajlık mısır üretiminde damla sulama yöntemi uygulanmış, tarımsal su verimliliğinin artırılması hedeflenmiştir. Buğday denemesinde çiftçi uygulamasına kıyasla proje uygulamasında %20 daha yüksek verim (264 kg/da) elde edilmiştir. Silajlık mısır denemesinde ise çiftçi uygulamasına kıyasla proje uygulamasında 70 ve 140 cm lateral aralığına sahip işletme birimlerinde sırasıyla %23 ve %3 daha yüksek verim (4900 kg/da ve 4100 kg/da) elde edilmiştir. Bunun yanında, proje alanında %45 oranında su tasarrufu yapılarak daha iyi verim elde edilmiş olması projenin başarısına işaret etmektedir.

Proje sahasında elde edilen ortalama sulama suyu kullanım etkinliği (IWUE) değeri, bölgede yağışa dayalı üretim dikkate alınarak hesaplanmış, proje parseli için ortalama 0,47 kg/m<sup>3</sup>, çiftçi parseli için ise 0,14 kg/m<sup>3</sup> olarak bulunmuştur. Damla sulama uygulamasının buğday kalitesine olumsuz bir etkisi olmadığı tespit edilmiştir. Silajlık mısır denemesinde ise, IWUE değeri proje parseli için ortalama 11,2 kg/m<sup>3</sup>, çiftçi parseli için ise 5,79 kg/m<sup>3</sup> olarak bulunmuştur. Proje parselinde, 1 da alanda yaklaşık 416 mm su kullanılırken, çiftçi parselinde 691 mm sulama suyu kullanılmıştır.

Proje alanının yer aldığı Kırıkkale ili için buğday üretiminin yeşil su ayak izi 1991,2 m<sup>3</sup>/ton'dur. Bu değer, buğday bitkisinin su ihtiyacının etkili yağıştan karşılanabilen kısmını ifade etmektedir. Yağış her zaman yeterli olmadığı için, sulama suyu ihtiyacı gündeme gelmektedir, bu da mavi su ayak izi kavramı ile ilişkilidir. Mavi su ayak izi değeri 129,1 m<sup>3</sup>/ton olarak belirlenmiştir. Bunun anlamı, bir ton buğday üretimi için yağıştan ihtiyaç duyulan 1991,2 m<sup>3</sup> suya ek olarak yüzey veya yeraltı suyu kaynağından ilave 129,1 m<sup>3</sup> sulama suyu gerektiğidir. Yeşil ve mavi su ayak izi değerlerinin toplamı da 2120,3 m<sup>3</sup>/ton olarak hesaplanmıştır. Kırıkkale ilinde mısır üretiminin yeşil su ayak izi 691 m<sup>3</sup>/ton'dur. Mavi su ayak izi değeri ise 242 m<sup>3</sup>/ton olarak belirlenmiştir. Yeşil ve mavi su ayak izi değerlerinin toplamı da 933 m<sup>3</sup>/ton olarak belirlenmiştir.

Proje alanının yer aldığı Kızılırmak Havzası'nda, iklim değişikliğinin su kaynaklarına etkileri ve olası su riskleri az sayıda çalışma ile incelenmiştir. Bunlardan başlıca olanları Su Yönetimi Genel Müdürlüğü tarafından yürütülen "İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi (İklimSu)"

ve “Kızılırmak Havzası Kuraklık Yönetim Planı”dır. İklim değişikliğinin etkisi ile havzanın güney ve kuzeybatı kesimlerinde baskın olmak üzere, 2071-2100 döneminde 1,8 °C ile 5,1 °C arasında sıcaklık artışı beklenmektedir. Ortalama yağış miktarında ise 2041-2070 dönemi için %6 oranında azalma beklendiği belirtilmiştir. İklim değişikliği etkileri altında yüzyılın sonunda havzanın hidrojeolojik rezervinde %7 ve mümkün rezervinde ise %13 oranlarında azalma meydana geleceği tahmin edilmektedir. Delice Alt Havzası’nda çölleşme şiddeti ise “orta seviye” olarak belirlenmiştir.

Havzada 2040 yılından itibaren kişi başına düşen kullanılabilir su miktarında azalma olacağı ve Falkenmark indeksine göre kronik veya mutlak su sıkıntısı yaşanabileceği öngörülmektedir.

Kızılırmak Havzası tarımsal su ihtiyacının 2050 yılına kadar 1,5 katına çıkacağı ve incelenen dönemler için değişen oranlarda su açığı yaşanacağı öngörülmektedir. Su ayak izi yaklaşımı dahil edildiğinde, beklenen su açığı miktarlarının daha yüksek olduğu görülmüştür. İklim değişikliğinin tarımsal üretimde sebep olacağı verim kayıpları da Orta Anadolu Bölgesi’nde buğday, arpa, yulaf ve çavdar üretimi için 2050-2080 döneminde yaklaşık %10 oranında; mısır üretimi için ise %15-20 oranında azalacağı öngörülmüştür.

Delice Alt Havzası’nda tarım ürünlerinin su ayak izi yöntemi ile hesaplanan sulama suyu ihtiyacı (506 hm<sup>3</sup>/yıl) ve sulama suyu miktarı (401 hm<sup>3</sup>/yıl) karşılaştırıldığında, yıllık 105 hm<sup>3</sup> su açığı olduğu anlaşılmaktadır.

Ülkemizde tarımsal üretim büyük oranda yağışa dayalı gerçekleştirilmektedir. Kızılırmak Havzası özelinde sulanmayan ekilebilir alan %26, sürekli sulanan alan ise sadece %12’dir. Mevcut koşullarda yağışa dayalı tarım uygulamaları ile su açığı tolere edilebilmektedir. Ancak hem ülke genelinde hem de Kızılırmak Havzası’nda beklenen sıcaklık artışları ve yağış azalışı, gelecek dönemlerde yağışa dayalı tarım uygulamaları ile elde edilen verime olumsuz etki edecektir. Buna ek olarak yağıştan karşılanamayan su ihtiyacı için daha fazla sulama suyu kullanılması gerekecektir.

Ülkemizde yürütülen çalışmalar ve proje kapsamında elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde; iklim değişikliğinin su kaynakları üzerindeki etkileri daha da artıracığı, yağışların azalması ile su kaynaklarının



kalitesinde bozulmalar görülebileceği, proje alanındaki tuzluluk probleminin de daha ciddi boyutlara varacağı beklenmektedir.

Günümüzde nüfus artışı, sanayileşme, kentleşme, iklim krizi, sektörler arasındaki su kullanım rekabeti gibi nedenlerle dünyamızın su kaynakları hem miktar hem de kalite açısından büyük risk altındadır. Ülkemiz, Akdeniz bölgesinde bulunması ve su stresi çeken bir ülke olması sebebiyle iklim değişikliğinden en fazla etkilenecek ülkeler arasındadır. Bu bağlamda gıda güvencesinin sağlanması, büyük önem taşımaktadır.

Tarımsal üretimin ve su kaynaklarının sürdürülebilirliğinin ve dolayısıyla gıda güvencesinin sağlanması amacıyla yürütülen ve Faz-I aşaması tamamlanan “Su Riskleri Ar-Ge Projesi” kapsamında, hem su kalitesi hem de su miktarı açısından problemlili olan Kırıkkale ili Delice ilçesi Çerikli beldesinde gerçekleştirilen saha çalışmalarının nihai hedefi, bölgede üretim yapan çiftçinin karşılaştığı zorlukların aşılmasına yönelik yol haritasının belirlenmesidir. Bu kapsamda, alternatif sulama suyu kaynakları araştırılmış ve tuzluluğa dayanıklı bitkiler önerilmiştir.

Ülkemiz su kaynaklarının %70’den fazlası tarımda kullanılmaktadır. Tarımsal faaliyetler için ihtiyaç duyulan su miktarının sürdürülebilir bir şekilde sağlanabilmesi için su verimliliğinin artırılması kilit bir role sahiptir. İklim değişikliğinin etkileri özellikle su döngüsü üzerinde hissedilmektedir. Kuraklık risklerinin belirlenmesi ve tarımsal üretimde uygun stratejilerin belirlenmesi, ülkemizde gıda güvencesinin sağlanması bakımından çok büyük önem taşımaktadır.

## 1. GİRİŞ

Dünya yüzeyinin dörtte üçü sularla kaplı olmasına rağmen, kullanılabilir tatlı suyun oranı %1'den daha azdır. Bunun yanı sıra, tatlı suyun yeryüzünde kıtalar ve ülkeler özelinde bakıldığında dağılımı da oldukça farklılık göstermektedir. Buna paralel olarak giderek artan tüketim baskısı, suyun zaman ve mekan boyutunda eşit dağılmaması, sanayileşme, iklim değişikliği, kalite yetersizliği ve kullanım farklılıkları gibi nedenler, küresel ölçekte su sorunlarına neden olmaktadır. Bu durum, suyun her alanda etkin ve verimli kullanılmasını, su tasarrufu yapılmasını ve en son teknolojilerin uygulanmasını zorunlu kılmaktadır.

Dünyada nüfus artışı ve değişen beslenme alışkanlıkları nedeniyle gıda talebi sürekli artmaktadır. Dünyanın pek çok yerinde bitki üretim verimi düşmektedir. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü'nün 2020 yılı raporuna göre günümüzde yaklaşık 690 milyon insan açlık çekmektedir. Bu sayının gelecek yıllarda daha da artması beklenmektedir. Su ve toprak gibi doğal kaynakların sınırlı olması, gıda güvenliği için başlıca riskleri oluşturmaktadır (FAO, 2020).

Diğer yandan iklim değişikliği özellikle son yıllarda belirgin bir şekilde hayatımızı olumsuz etkilemektedir. Küresel ortalama sıcaklık 1880-2017 yılları arasında 1 °C artmıştır. Su kaynakları üzerindeki başlıca olumsuz etkiler; su döngüsünün değişmesi, taşkın ve kuraklık gibi ekstrem hava olaylarına neden olmasıdır. Su kalitesi de iklim değişikliğinin olumsuz etkilediği bir başka alandır. Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından 2016 yılında tamamlanan İklimSu Projesi kapsamında gerçekleştirilen model çalışmaları ile iyi ve kötü senaryolar için tüm havzalarımızda 2100 yılına kadar meydana gelebilecek sıcaklık artışları hesaplanmıştır. Buna göre bazı bölgelerde 6 °C'ye kadar sıcaklık artışı olacağı rapor edilmiştir.

Ülkemiz yarı kurak bir iklime sahiptir; yıllık ortalama yağış 574 mm'dir (DSİ, 2022). Bölgeler ve mevsimler arasında yağış açısından büyük farklar bulunmaktadır. Bu nedenle, tarımsal üretimde sulama suyu ihtiyacı yaygındır. Yağışla karşılanamayan bitki su ihtiyacı sulama ile karşılanmaktadır. Su ihtiyacı yüksek olan pamuk, şeker pancarı gibi ürünler de fazlaca yetiştirilmektedir. Dolayısıyla tarımda su verimliliğinin sağlanması, su fakiri olma yolunda ilerleyen ülkemiz için büyük önem taşıyan bir konudur.

Dünyada olduğu gibi Türkiye’de de sektörel su kullanım oranları incelendiğinde, tarım sektörünün toplam su kullanımındaki payının 2017 yılı için %74 olduğu görülmektedir. Kalan %26’lık kısım ise endüstriyel ve kentsel kullanım amaçlıdır (TOB, 2018). Ülkemiz kişi başına düşen yıllık yaklaşık 1400 m<sup>3</sup> su potansiyeli ile su stresi çeken bir ülke durumundadır. Nüfus artışı ile birlikte 2030 yılından sonra su fakiri bir ülke olacağı belirtilmektedir. Suyun kullanımında sektörler arası entegrasyonun dikkate alınması ve su kaynaklarının akılcı ve bütüncül planlanması gerekmektedir. Bununla birlikte; tarımsal faaliyetler dünyada ve ülkemizde su kullanımının yoğun olarak görüldüğü sektör olarak karşımıza çıkmakta ve dolayısıyla, bu alanda su yönetiminde yapılacak etkin ve verimli kullanım için son teknolojilerin entegrasyonu gibi uygulamalar önem kazanmaktadır.

Proje çalışması kapsamındaki tarım arazisi ve sulama suyu amaçlı kullanılacak su kaynakları Kızılırmak Havzası’nda yer almaktadır. Havzada en yaygın üretilen tarım ürünlerini tahıl ve baklagiller oluşturmaktadır. Bu ürünlerin yaygın üretimine sebep olan etkenlerin başında, söz konusu ürünlerin yağışa dayalı üretime (kuru tarım) elverişli olarak üretilmesi gelmektedir. Bunun dışında havzanın kuzeyinde Samsun ve Sinop’ta fındık ziraatı önemli bir yer kaplamaktadır. Sulama sistemlerinin bulunduğu tarım alanları genel olarak eğimin düşük olduğu akarsu yatakları çevresinde yoğunlaşmaktadır. Bu bölgelerde sulamalar DSİ tarafından inşa edilmiş gölet ve barajlardan sağlanmaktadır. Kızılırmak Havzası Master Plan Raporu’na göre, söz konusu bölgelerde en yaygın şekilde yetiştirilen zirai ürünler şekerpancarı, patates, kavun ve karpuz başta olmak üzere diğer sebzeler ve meyvelerdir (DSİ, 2016a).

İklim değişikliğinin olumsuz etkilerine karşı sürdürülebilir tarımsal üretim için damla sulama, yağmurlama sulama, mikro yağmurlama ve sızdırma sulama gibi modern sulama yöntemler, klasik yöntemlere kıyasla suyun daha verimli kullanımını sağlamaktadır. Kırıkkale Çerikli Beldesinde buğday ve mısır üretiminde damla sulama yönteminin uygulanması ve su verimliliğinin ölçülmesi ile bölgede tarımsal su yönetiminde doğru uygulamaların aktarılması ve gelecek yıllar için bir yol haritasının belirlenmesi amaçlanmıştır.

Raporun ikinci bölümünde, proje alanının bulunduğu Kızılırmak Havzası’nın ve Delice Alt Havzası’nın coğrafi konumu, iklimi, su kaynakları ve tarımsal üretimi hakkında genel bilgiler verilmiştir. Bu bölümde ayrıca proje kapsamında yürütülen buğday ve mısır denemelerinde damla sulama

uygulamasının sonuçlarına yer verilmiştir. Raporun üçüncü bölümünde iklim değişikliğinin Kızılırmak Havzası'nda ve Delice Alt Havzası'nda tarımsal üretime etkileri incelenmiştir. Son olarak Sonuç ve Çözüm önerileri bölümünde Delice ilçesi Çerikli beldesi için su risklerine karşı alternatif su kaynakları ve tuzluluğa dayalı bitki önerileri verilmiştir.

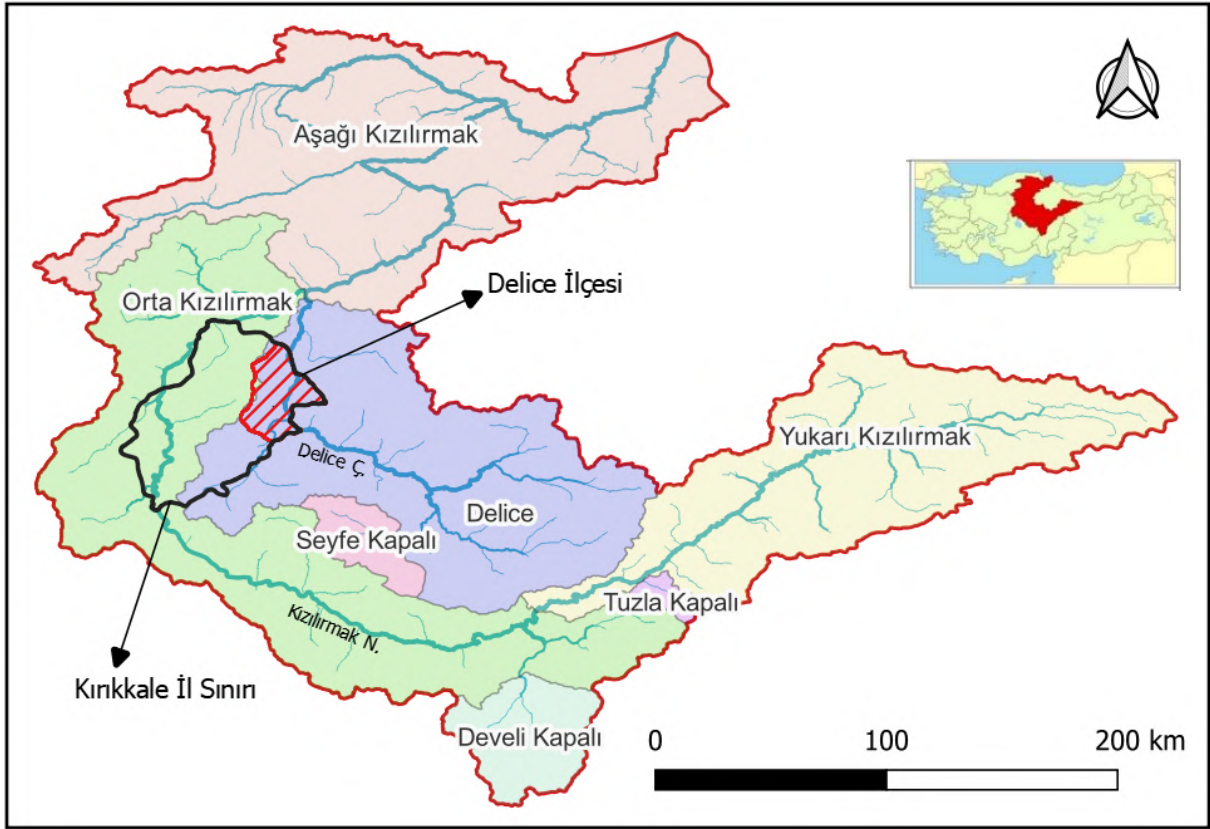
## **2. PROJE ALANININ BULUNDUĞU KIZILIRMAK HAVZASINA GENEL BAKIŞ**

### **2.1. Coğrafi Konum, Su Kaynakları ve İklim**

Kızılırmak Havzası oldukça uzun bir nehir olan Kızılırmak Nehri ve çevresini kapsadığı için geniş bir alana tekabül etmektedir. Kızılırmak Havzası İç Anadolu Bölgesi, Doğu Anadolu Bölgesi, Karadeniz Bölgesi ve Akdeniz Bölgesi'nin bir bölümünü kapsar. Coğrafi olarak; 35°-41,75° kuzey enlemleri, 32,80°-38,35° doğu boylamları arasındadır. Kızılırmak Havzası, Türkiye'nin yaklaşık %10'unu kaplamakta ve 82.082 km<sup>2</sup>'lik yağış alanı ile Fırat-Dicle Havzası'ndan sonraki en büyük yüzey alanına sahiptir (Akturk, 2022).

Kızılırmak Havzası batıda Batı Karadeniz ve Sakarya Havzaları, güneybatıda Konya Kapalı Havzası, güneyde Seyhan Havzası, güneydoğuda Fırat-Dicle Havzası, doğuda Yeşilirmak Havzası ve kuzeyde ise Karadeniz ile çevrilmiş açık bir havzadır. Havzanın adını aldığı Türkiye'nin en uzun akarsuyu olarak 1151 km'lik uzunluğa sahip olan Kızılırmak Nehri, Sivas-İmranlı çevresinden doğarak sırasıyla, Kayseri, Nevşehir, Aksaray, Kırşehir, Ankara, Kırıkkale, Çankırı, Çorum, Sinop ve Samsun il topraklarından geçerek Bafra Ovasından Karadeniz'e dökülür (SYGM, 2019a). Havza haritası ve proje alanı Şekil 1'de verilmiştir.

Kızılırmak Havzası; Yukarı Kızılırmak, Orta Kızılırmak, Delice Irmağı, Aşağı Kızılırmak, Tuzla Kapalı Havzası, Develi Kapalı Havzası ve Seyfe Kapalı Havzası olmak üzere toplam 7 (yedi) alt havzadan oluşmaktadır.



**Şekil 1.** Kızılırmak havzası ve alt havzaları

Kızılırmak Nehri 1.151 km ile Türkiye akarsularının en uzun olan nehir, 82.181,5 km<sup>2</sup> 'lik bir sahanın sularını Karadeniz'e boşaltmaktadır (SYGM, 2019a). Kızılırmak, İmranlı'da birçok derenin birleşmesiyle oluşur. Sivas il sınırları içinde nehrin akışı sırasında; Acısu, Hafik, Mismil, Tecer, Koru, Yıldız, Kalın ve Göksu kaynakları karışmaktadır. Kayseri il sınırları içinde nehrin akışı sırasında; Karasu, Kayseri bölgesinin sularını toplayarak Kızılırmak Nehrini besler. Kırkkale'den sonra Kızılırmak Nehrine katılan Balaban Deresi, Bala ilçesinin batı kesiminin sularını toplamaktadır. Kızılırmak Nehrine batıdan gelen ve Çankırı bölgesinin sularının toplayan Terme ile Acı Çay katılır. İskilip ve Bayat kuzeyinden gelen Bayat ve Ovacık Çayları ile Değirmen Dere Kızılırmak'la birleşir (DSİ, 2016a).

Kızılırmak Nehri'ni besleyen çok sayıda dere ve çay yer almakla birlikte, uzunluğu 20 km'yi geçen başlıca kolları Delice, Devrez ve Gökırmak'tır. Ayrıca, Kanak Çayı, Karasu Çayı, Acı Çay, Mismil, Tecer ve Acısu Dereleri de nehri besleyen su kaynakları arasında yer almaktadır. Bu kaynaklar arasında Kızılırmak'ın en uzun kolu olan Delice Irmağı'nın akış rejimi düzensiz olup, 17.259 km<sup>2</sup> yağış alanına sahiptir. Delice Irmağı'nın en önemli kolları; Karasu, Fehimli, Kılıçözü, Karacaali, Akçay, Eğriöz,

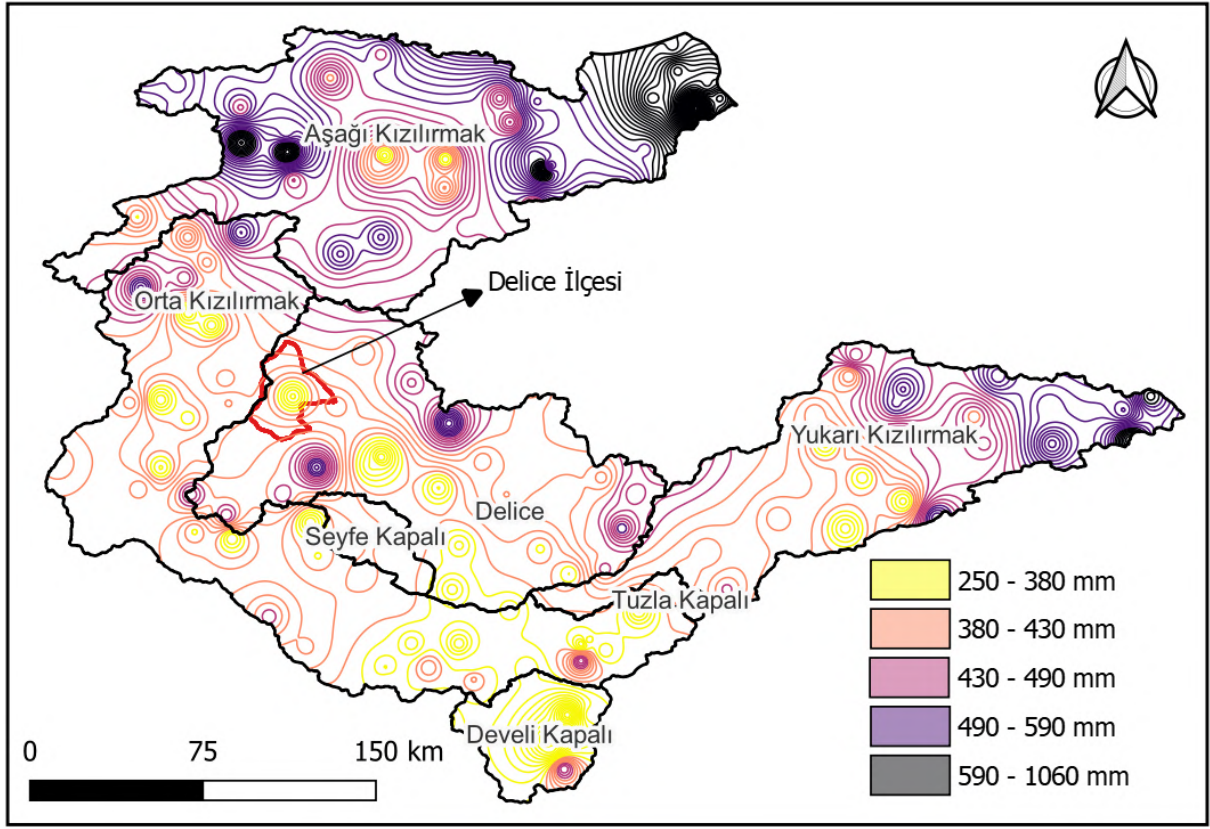
Killiközü, Koyunluyusufözü, Kanak ve Bişek Çaylarıdır. Nehrin su seviyesi, yaz mevsiminde oldukça azalmaktadır (Gül, 2021; DSİ, 2016a; SYGM, 2019a).

Kızılırmak Havzası'nda bulunan göller arasında Kırşehir'in 35 kilometre doğusunda bulunan sığ Seyfe Gölü, Tuzla Gölü, Kayseri ili, Develi ovasında orta kısmında yer alan volkanik set gölü olan Yay Gölü, ve Sivas ili Hafik ile Zara ilçeleri arasında bulunan ve doğal yolla oluşmuş Tödürge Gölü bulunmaktadır (SYGM, 2019a).

Havzanın genelinde İç Anadolu Bölgesi'ne özgü olan karasal iklim görülür. Kızılırmak Nehri Alt Havzalarında, Aşağı Kızılırmak Alt Havzası hariç olmak üzere, genellikle İç Anadolu Bölgesi yağış rejimi hakimdir. İç Anadolu Bölgesi'nin genelindeki karasal iklimde; bölge dağlarla çevrili olduğu için yazları sıcak ve kurak, kışları soğuk ve kar yağışlı geçmektedir. Havzada, batıdan doğuya doğru gidildikçe yüksekliğin artmasına bağlı olarak karasallık derecesi artmakta ve kış sıcaklıkları çok düşük değerlere ulaşmaktadır.

Kızılırmak Havzası'nın uzun yıllar ortalama yağış haritası Şekil 2'de verilmiştir. Kızılırmak Havzası Master Plan Raporu'na göre, havzanın güney kesimlerinde yağış ortalaması yıllık 250-300 mm arasında değişirken, kuzey kesimlerde ise 590-1060 mm'ye yükselmektedir. Delice Alt Havzası'nın yıllık ortalama yağış miktarı ise 350-590 mm arasında değişmekte olup, yıllık ortalama yağış miktarı 413 mm olarak rapor edilmektedir. Projenin yer aldığı Delice ilçesinde ise yıllık yağış ortalaması 250-300 mm olarak rapor edilmektedir (DSİ, 2016a). Kızılırmak Havzası Master Plan Raporu'na göre, havzada don olayları çok görülmektedir ve bölge Türkiye'nin en az yağış alan havzalarından olup ortalama yağış miktarı yaklaşık 400 mm civarındadır (DSİ, 2016a).



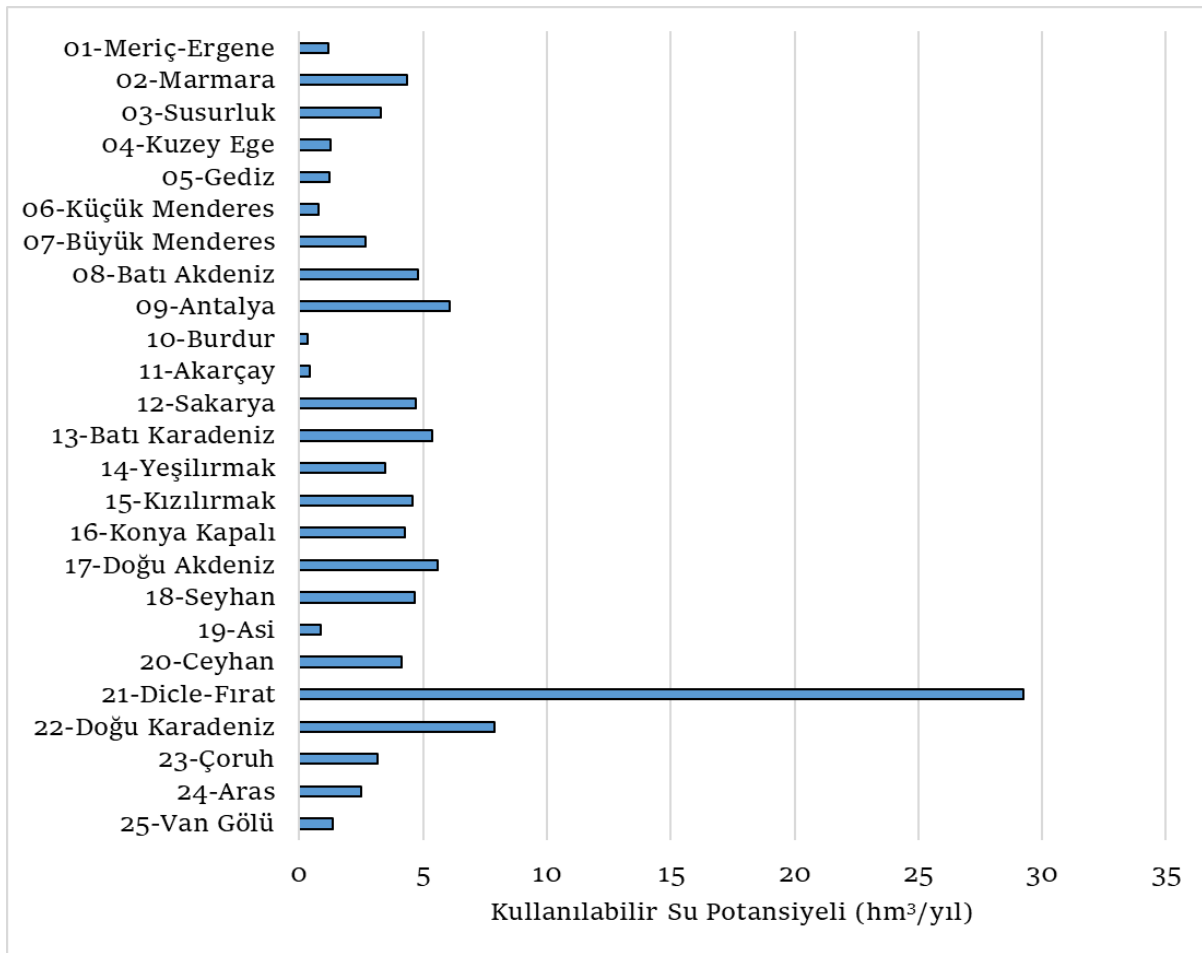


Şekil 2. Kızılırmak Havzası uzun yıllar ortalama yağış haritası

Kızılırmak Havzası Kuraklık Yönetim Planı Stratejik Çevresel Değerlendirme (SÇD) Kapsam Belirleme Raporu'na göre, havzadaki arazi kullanımları %56 oranında tarımsal alanlar olarak görülürken, %41 oranında orman ve yarı doğal alanlara rastlanmaktadır. Bu kullanımların %1,43'ünü şehir yapılaşmaları (yapay bölgeler), %1,22'sini su kütleleri (akarsu, göl vb. alanlar) ve %0,54'lük kısmını ise sulak alanlar (bataklık, sazlık vb. alanlar) oluşturmaktadır (SYGM, 2022).

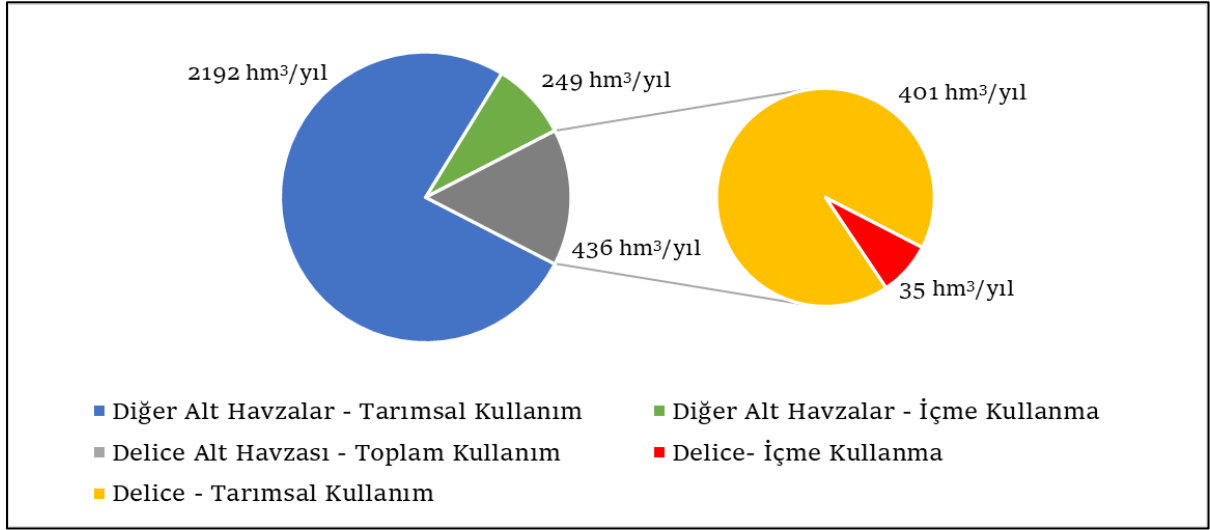
## 2.2. Kızılırmak Havzası Su Potansiyeli ve Sektörel Kullanım

Kızılırmak Havzası'nın toplam su potansiyeli 8.011 milyon m<sup>3</sup>/yıl olarak verilmektedir. Kullanılabilir su potansiyeli ise 4.572 milyon m<sup>3</sup>/yıl'dır (Şekil 3) (DSİ, 2016a). Kızılırmak Havzası, ülkemizin 25 nehir havzası arasında kullanılabilir su potansiyeli bakımından 9'uncu sıradadır.



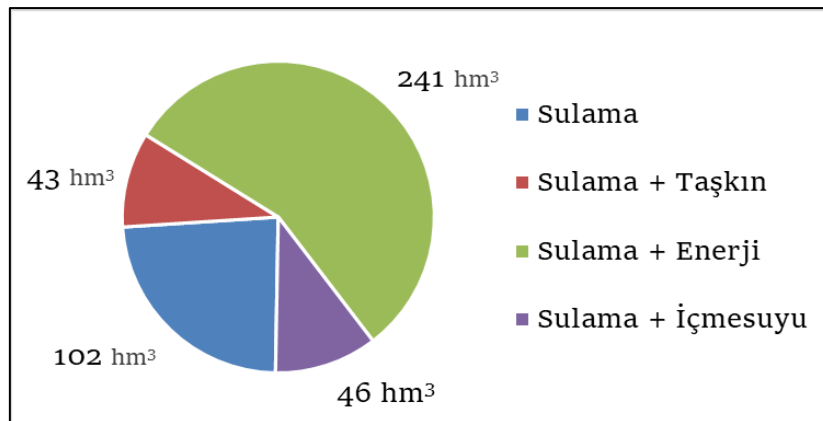
Şekil 3. Havzaların kullanılabilir su potansiyeli

Kızılırmak Havzası Master Plan Raporuna göre; Kızılırmak Havzası'nda yerüstü su kullanımları içme-kullanma suyu, sanayide kullanılan sular, büyük ve küçük hayvancılıkta kullanılan sular, balık üretiminde kullanılan sular, tarım amacı ile kullanılan sular, enerji maksatlı kullanılan sular, rekreasyon maksatlı kullanılan sular olarak gruplara ayrılmıştır. Kızılırmak Havzası'nda mevcut durumda kullanılan sektörel su miktarı toplamda yaklaşık 2.877 hm<sup>3</sup>/yıl olarak bildirilmiş olup, havzanın kullanılabilir su potansiyelinin %63'üne denk gelmektedir. Bu miktarın yaklaşık 2.593 hm<sup>3</sup>/yıl kısmı sulama suyu amaçlı, yıllık 284 hm<sup>3</sup>'lük miktarı ise içme-kullanma suyu amaçlı kullanılmaktadır (Şekil 4). Delice Alt Havzası'nda ise toplamda 436 hm<sup>3</sup>/yıl olan su kullanımınının 401 hm<sup>3</sup>/yıl'lık kısmının sulamada, 35 hm<sup>3</sup>/yıl kadar kısmının ise içme-kullanma suyu olarak kullanıldığı rapor edilmiştir (DSİ,2016a).

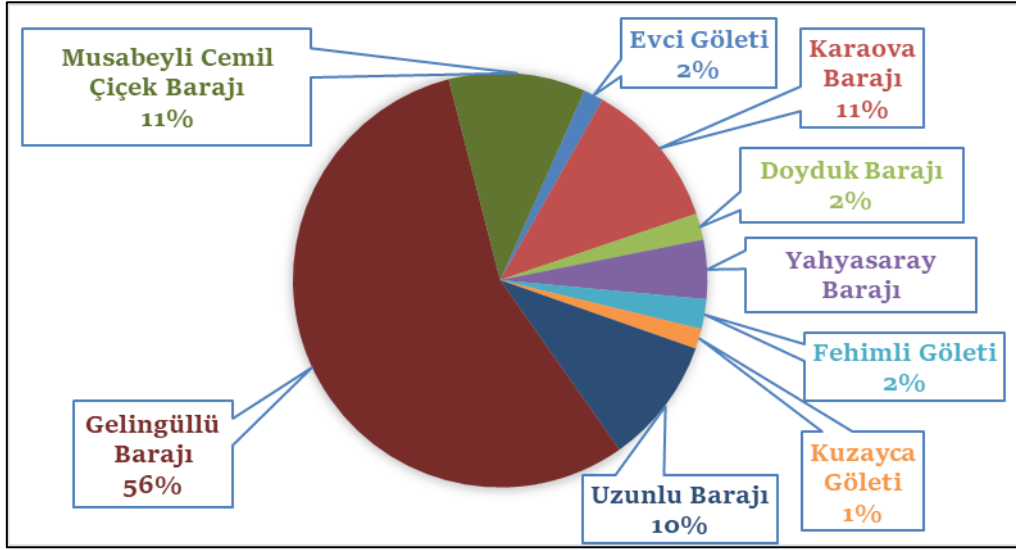


Şekil 4. Kızılırmak Havzası sektörel su kullanımı ve Delice Alt Havzası'nın kullanımındaki payı

Delice Alt Havzası baraj, gölet ve depolama tesisi kapasiteleri, kullanım amaçlarına göre (sulama, taşkın, enerji ve içmesuyu) Şekil 5'te verilmiştir. Tesislerin toplam depolama kapasitesi 432 hm<sup>3</sup> olup, sadece sulama ayrılan tesislerin kapasitesi 102 hm<sup>3</sup>'tür. Geriye kalan 330 hm<sup>3</sup> su ise, birden fazla amaç için kullanılmaktadır. Delice Alt Havzası baraj, gölet ve depolama tesisleri ve depolama oranları Şekil 6'da verilmiştir. Sulama ve enerji amacıyla kullanılan Gelingüllü Barajı'nın kapasitesi 241 hm<sup>3</sup> olup, toplam kapasitenin yaklaşık %56'sını karşılamaktadır. Ancak DSİ ile yapılan görüşmelerde, fizibilite çalışmaları neticesinde yatırım ve işletme maliyetlerinin çok yüksek olması nedeniyle, Gelingüllü Barajından proje alanına sulama amaçlı su tahsisi bulunmadığı belirtilmiştir.



Şekil 5. Delice Alt Havzası baraj, gölet ve depolama tesisi kapasitesi



Şekil 6. Delice Alt Havzası baraj, gölet ve depolama tesislerinin

### 2.3. Kızılırmak Havzası Su Kalitesi

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanan Kızılırmak Havzası Havza Koruma Eylem Planı'nda belirtilen su kalitesi değerlendirme sonuçlarına göre; havzadaki yüzeysel su kirliliği açısından önem arz eden sorunların başında Kızılırmak'ın yanı sıra Delice, Karasu'daki (Delice Irmağı membaı), özellikle tuzluluğu gösteren sodyum, klorür, nitrit ve sülfat parametreleri ölçümlerine göre, tuzluluk (sodyum ve klorür), sülfat ve toplam çözünmüş madde parametrelerinin Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (SKKY, 2004)'ne göre III. ya da çoğunlukla IV. sınıfa, yani kirli ya da çok kirli sınıfına girdiği belirtilmiştir. Özellikle Delice Irmağı ve Acı Çay'da bu dört parametre her yerde yüksek konsantrasyonlarla IV. sınıf olarak nitelendirilmiştir. Bu durumun arazinin jeolojik özelliklerinin yol açtığı bir kirlilik olup bölgeye özgü temel olarak doğal kaynaklı bir baskı olduğu vurgulanmıştır.

Tuzlulukla ilgili bu parametrelerin yanı sıra; nitrat kirliliği ile ilgili ölçümlerin sonucunda, bu parametrenin sadece Acı Çay ve Delice Irmağında görüldüğü ve SKKY'ye göre III. sınıf su kalitesi özelliğine sahip olduğu belirtilmiştir. Raporda azot ve fosfor kirliliği görülen akarsuların tarımsal kaynaklı kirlenme baskısı altında olduğu belirtilirken, Delice Irmağı ve Kırıkkale sonrasında Kızılırmak Nehri'nin bir bölümünde organik madde kirliliğinin III. sınıf olarak tespit edildiğine de ayrıca dikkat çekilmiştir (TOB, 2015).

Yakın dönemde Delice Nehri su kalitesi parametrelerinin araştırılmasına yönelik Gül (2021) tarafından yapılan bir diğer araştırmada; Delice Irmağı'nın tuzluluk ölçüm değerlerinin genel olarak Kızılırmak Nehri'ne yaklaştıkça artış göstermekte olduğu, besleyen kollarda ise daha düşük değerlerde görüldüğü belirtilmiştir. Delice Irmağı kollarından Karasu Çayı üzerindeki istasyonlarda Tuzluluk değerinin yüksek olduğu, ayrıca aynı istasyonlarda toplam çözünmüş katı madde (TDS) ve elektriksel iletkenlik (EC) değerlerinin yüksek olduğuna da dikkat çekilmiştir. Bu sonuçlara göre de parametrelerin birbirleri ile ilgili olduğu ve aralarında pozitif ilişki olduğu da ayrıca vurgulanmıştır. Çalışmada özet olarak; su kalite parametreleri analiz sonuçlarına göre evsel, endüstriyel ve tarımsal faaliyetlere dayalı önemli kirlilik belirtileri saptandığına ve bölge sularında kuraklığın çok ciddi sonuçlarının gözlenmeye başladığına dikkat çekilerek, çevresel kirlilik, habitat bozulmaları, iklim değişikliği ve diğer olumsuz faktörlerin araştırma alanı için önemli tehdit oluşturduğu belirtilmiştir.

Kızılırmak Havzası Kuraklık Yönetim Planı Stratejik Çevresel Değerlendirme (SÇD) Kapsam Belirleme Raporu'na göre, Delice Alt Havzası su kalitesi değerlendirmesi Tablo 1'de verilmiştir. Bu değerlendirmeye göre Delice Irmağının başlıca kirlilik parametreleri iletkenlik (EC), toplam fosfor (TP) ve demir (Fe) olarak belirlenmiş, bu parametrelerin başlıca kaynakları ise evsel ve endüstriyel atıklar, tarım ve hayvancılık atıkları ve yaygın gübre ve kimyasal ilaç kullanımı olarak belirlenmiştir.

Proje kapsamında Delice Alt Havzası'nda yer alan Delice Irmağı, Acısu ve çeşitli yerüstü ve yeraltı kaynaklarından yapılan örnekleme çalışmalarının sonucuna göre ise buğday denemesinin yapıldığı bölgedeki sulama suyu tuzluluğu 14,08 mS/cm olarak ölçülmüş olup, sulama suyu kalitesi bakımından "çok yüksek tuzlu su" sınıfına (C4) girmektedir (Tablo 2). Deniz suyundaki tipik iletkenlik değerinin 50 mS/cm olduğu göz önünde bulundurulduğunda, Delice İlçesindeki yüzey suyu kaynaklarının tuzluluk seviyelerinin ne kadar yüksek olduğu anlaşılabilir. Benzer şekilde dane mısır denemesinin yapıldığı bölgedeki sulama suyu tuzluluğu da "çok yüksek tuzlu su" sınıfına (C4) girmektedir. Silajlık mısır denemesinin yapıldığı sahada ise kuyu suyu (yeraltı suyu) kullanılmış olup, tuzluluğu 2,27 mS/cm olarak ölçülmüştür. Bu değer, sulama suyu kalitesi bakımından yüksek ve çok yüksek tuzlu su sınıfı (C3/C4) sınırındadır.

Tablo 1. Delice Alt Havzası Su Kalitesi Değerlendirmesi (SYGM, 2022)

İstasyon Adı	YÜS Sınıfı	Kalite Sınıfını Belirleyen Parametre	Olası Kirlilik Kaynağı
KALAYCIK DERESİ-DOYDUK BARAJI GIRISI	II	EC, NH <sub>4</sub> -N, NO <sub>3</sub> -N, TKN, TP, Fe, Mn	Evsel nitelikli atıksular, hayvan atıkları, tarım sektöründe yaygın olarak gübre ve kimyasal ilaç kullanımının artması
YENİCE DERESİ-TEKKE YENİCESİ	II	EC, DO, TKN, TP, Hg, T-Coli	Evsel nitelikli atıksular, hayvan atıkları, tarım sektöründe yaygın olarak gübre ve kimyasal ilaç kullanımının artması
KANAK ÇAYI-KARASU ÖNCESİ	III	Fe	İstasyonun kuzeybatısında bulunan Yozgat Organize Sanayi Bölgesi
KARASU ÇAYI-KANAK ÇAYI ÖNCESİ	III	EC, Fe	İstasyonun kuzeybatısında bulunan Yozgat Organize Sanayi Bölgesi
KARASU-KANAK ÇAYI KARISIM NOKTASI	III	EC, Fe	İstasyonun kuzeybatısında bulunan Yozgat Organize Sanayi Bölgesi
YOZGAT ÇAYI YOZGAT BELEDİYESİ ARITMA TESİSİ ÇIKIŞI SONRASI	IV	KOI, NH <sub>4</sub> -N, TKN, TP	Evsel ve endüstriyel atıklar ile tarım sektöründe yaygın olarak gübre ve kimyasal ilaç kullanımının artması
DELICE IRMAGI-YOZGAT ÇAYI SONRASI	III	EC, TP, Fe	Evsel ve endüstriyel atıklar, hayvan atıkları, tarım sektöründe yaygın olarak gübre ve kimyasal ilaç kullanımının artması
KİLLİKÖZÜ DERESİ-MUSABEYLİ BARAJI DİPSAVAK ÇIKIŞI	III	Al	Evsel atıksularının arıtma işlemine tabi tutulmaması
TAYYİP DERESİ-TAYYİP REGÜLATÖRÜ	II	EC, NH <sub>4</sub> -N, TKN, TP, Hg, T-coli	Evsel nitelikli atıksu, hayvancılık faaliyetlerinden kaynaklı atıkların su kaynaklarına karışması, tarım sektöründe yaygın olarak gübre ve kimyasal ilaç kullanımının artması
MANAHÖZÜ DERESİ- KARAOVA BARAJI ÇIKIŞI	II	EC, NH <sub>4</sub> -N, BOI, TKN, TP, Mn	Evsel nitelikli atıksu, hayvancılık faaliyetlerinden kaynaklı atıkların su kaynaklarına karışması, tarım sektöründe yaygın olarak gübre ve kimyasal ilaç kullanımının artması
BUDAKÖZÜ ÇAYI SUNGURLU BARAJI AKS YERİ	IV	TP	Evsel nitelikli atıksu, hayvancılık faaliyetlerinden kaynaklı atıkların su kaynaklarına karışması, tarım sektöründe yaygın olarak gübre ve kimyasal ilaç kullanımının artması
DELICE ÇAYI-KIZILIRMAK ÖNCESİ	IV	EC	Delice Çayı suyunun tuz içeriğinin yüksek olması



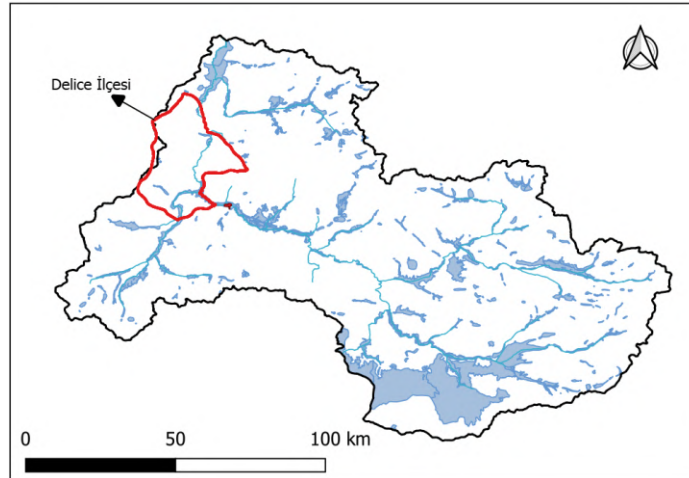
Tablo 2. Proje alanı sulama suyu fiziksel kalite parametreleri

Parsel	Su Kaynağı	pH	EC (mS/cm)
116/4 nolu parsel (Buğday)	Delice Irmağı	8,06	14,08
264 nolu parsel (Silajlık Mısır)	Kuyu	7,93	2,27
2144 nolu parsel (Dane Mısır)	Acısu Deresi	7,23-8,18	11,32-12,01

#### 2.4. Tarımsal Üretim ve Sulama Yöntemleri

Kızılırmak Havzası'ndaki en geniş alansal kullanım %54,7 ile tarımsal üretime aittir. Tarımsal alan arazi örtü sınıfının içerisinde ise ekilebilir alanlar, sürekli ürünler, meralar ve karışık tarım alanları girmektedir. Bölgenin geçim kaynağı büyük ölçüde tarım ve hayvancılığa dayanmaktadır. Havza genelinde tarımsal verimliliği etkileyen faktörlerin başında gelen tarımsal teknolojinin yaygın kullanımına bakıldığında ise; modern tarım araçlarının kullanılması konusunda geçmişe oranla kısmi bir ilerleme olduğu belirtilmektedir (DSİ, 2016a). Kızılırmak Havzası'nın %26'sı (2.096.048 ha alan) sulanmayan ekilebilir alan, %12'si (996.204 ha) ise sürekli sulanan alan sınıfındadır (SYGM, 2022). Proje alanının yer aldığı Kırıkkale ilinin tamamı Kızılırmak Havzası içinde kalmakta olup tarımsal amaçlarla kullanılan arazinin toplam arazi içindeki oranının %66 olduğu görülmektedir.

Delice Alt Havzası'nda, DSİ, İl Özel İdaresi ve halk sulamalarına ait mevcut ve projeli toplam sulama alanları ve su ihtiyaçları Tablo 3'de verilmiştir (DSİ, 2016a). Mevcut sulama alanı 34.449 ha olup, projeli sulama alanı olarak 65.176 hektara çıkartılması planlanmıştır. Delice Alt Havzası'nda planlanan projeli sulama alanları Şekil 7'te verilmiştir.



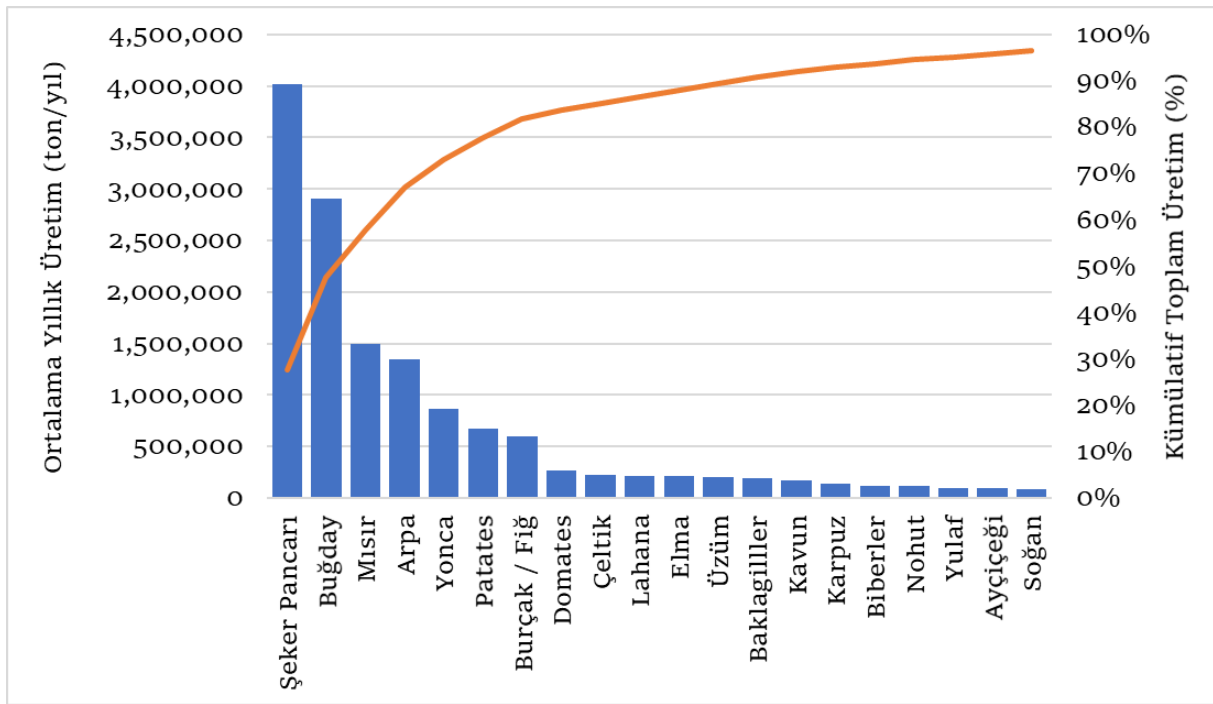
Şekil 7. Delice Alt Havzası projeli sulama alanları

Tablo 3. Delice Alt Havzası sulamaları ve toplam su ihtiyaçları

Sulama	Sulama Alanı (ha)		Toplam Su İhtiyacı (hm <sup>3</sup> /yıl)	
	Mevcut	Projeli	Mevcut	Projeli
DSİ Tarafından İşletmeye Açılmış ve Devredilen Sulamalar (İşletme ve Bakım Değerlendirme Yayınlarında Yer Alan Sulamalar)	10.576	30.471	75,09	149,05
DSİ Tarafından İşletmeye Açılmış ve Devredilen Sulamalar (İşletme ve Bakım Değerlendirme Yayınlarında Yer Almayan Sulamalar)	598	2.587	3,81	10,36
Diğer Kurum ve Kuruluşlar Tarafından İnşa Edilen, İşletilen ve Devredilen Sulamalar	6.183	10.086	32,01	43,81
DSİ Yeraltı Sulamaları (YAS)	288	746	1,35	2,82
İl Özel İdare Yeraltı Sulamaları (YAS)	156	270	0,66	0,92
İl Özel İdare Yüzeysel Sulamalar (YÜS)	6.687	11.055	35,56	48,46
Halk Sulamaları	9.961	9.961	53,17	53,17
<b>Toplam</b>	<b>34.449</b>	<b>65.176</b>	<b>201,66</b>	<b>308,62</b>

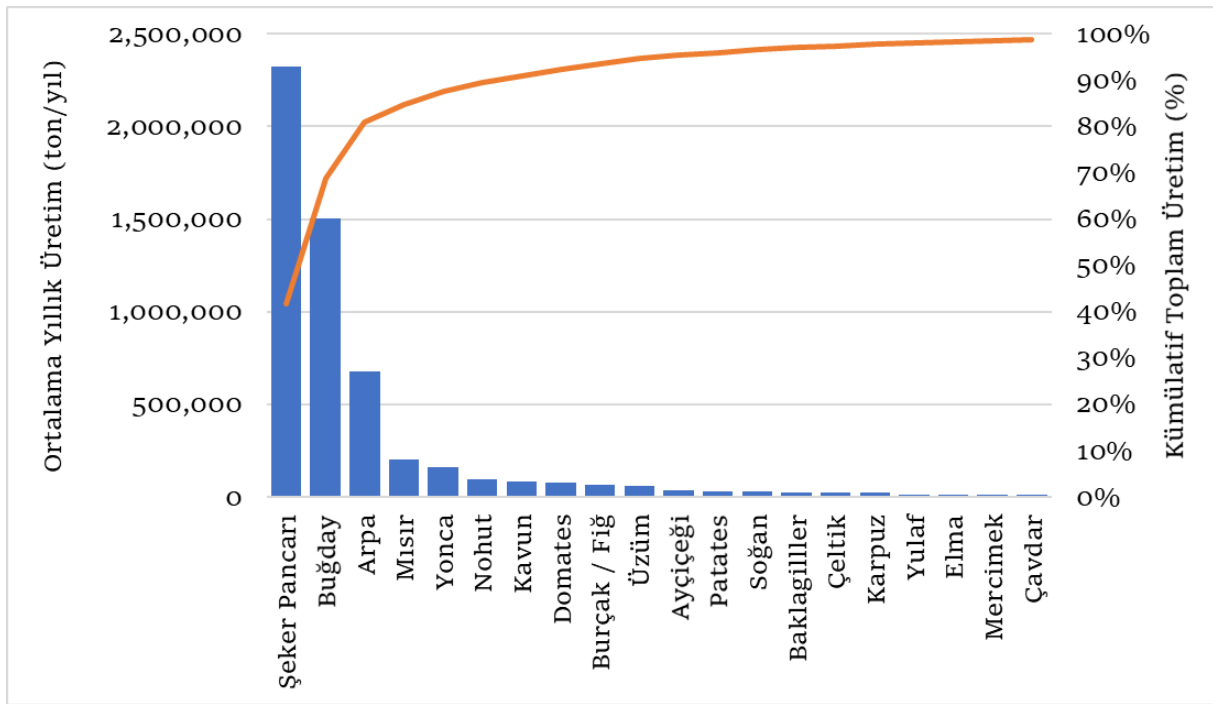
Kızılırmak Havzası'nda üretilen ürün deseni incelendiğinde, 2013-2019 yılları arasındaki TÜİK verilerine göre üretimde en büyük payı toplam üretimin %28'i ile şeker pancarı almıştır (Şekil 8). Şeker pancarından sonra en çok üretimi yapılan diğer ürünler ise sırasıyla buğday (%20), mısır (%10), arpa (%9), yonca (%6), patates (%5), burçak/fiğ (%4), domates (%2), çeltik (%2), lahana (%1), elma (%1), üzüm (%1) ve baklagiller (%1) olmuştur. Kızılırmak havzasında üretilen 77 ürün grubu arasında, yukarıda bahsedilen 13 ürünün toplam üretim miktarı havzanın toplam üretiminin %90'ına denk gelmektedir. Bu ürünlere kavun, karpuz, biberler, nohut, yulaf, ayçiçeği ve soğan üretimi de dahil edildiğinde, havzanın yıllık toplam üretiminin %99'luk payını açıklamaya yeterli olmaktadır.

Havza genelinde mevcut sulamalarda bitki çeşitliliği zenginlik arz etmemekte, geleneksel çeşitlerde ısrarcı olduğu görülmektedir. Bu durumun yaşanmasında havzaya ait iklim koşullarının etkisinin yanı sıra, yöre çiftçilerinin geleneksel tarımsal pratikleri de belirleyici olmaktadır. Ayrıca hayvancılık için yem gereksiniminin karşılanmasına yönelik yem bitkileri üretiminin yaygın olduğu da görülmektedir (DSİ, 2016a).



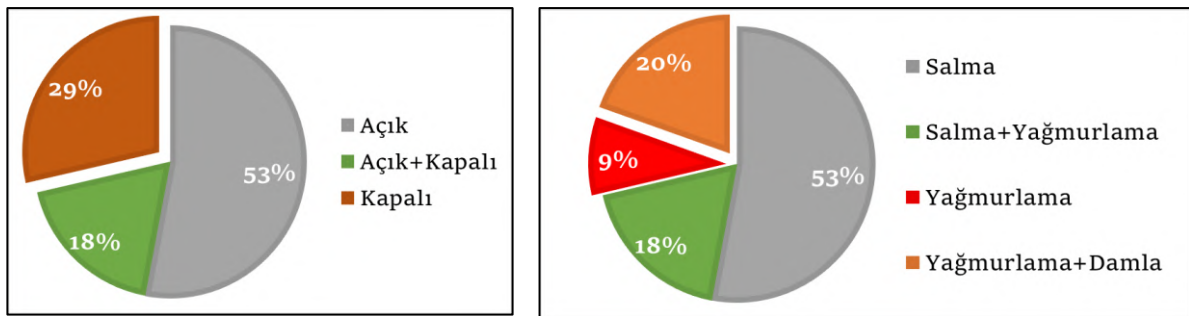
Şekil 8. Kızılırmak Havzası en çok üretilen 20 tarım ürünü ve ortalama üretim miktarları (2013-2019)

Delice Alt Havzası'nda üretilen ürün deseni incelendiğinde, 2013-2019 yılları arasındaki TÜİK verilerine göre üretimde en büyük payı toplam üretimin %42'si ile şeker pancarı almıştır (Şekil 9). Şeker pancarından sonra en çok üretimi yapılan diğer ürünler ise sırasıyla buğday (%27), arpa (%12), mısır (%4), yonca (%3), nohut (%2) ve kavun (%2) olmuştur. Delice Alt Havzası'nda üretilen 57 ürün grubu arasında, yukarıda bahsedilen 7 ürünün toplam üretim miktarı havzanın toplam üretiminin %90'ına denk gelmektedir. Bu ürünlere domates, burçak/fiğ, üzüm, ayçiçeği, patates, soğan, baklagiller, çeltik, karpuz, yulaf, elma, mercimek ve çavdar üretimi de dahil edildiğinde, Delice alt havzasının yıllık toplam üretiminin %99'luk payını açıklamaya yeterli olmaktadır.



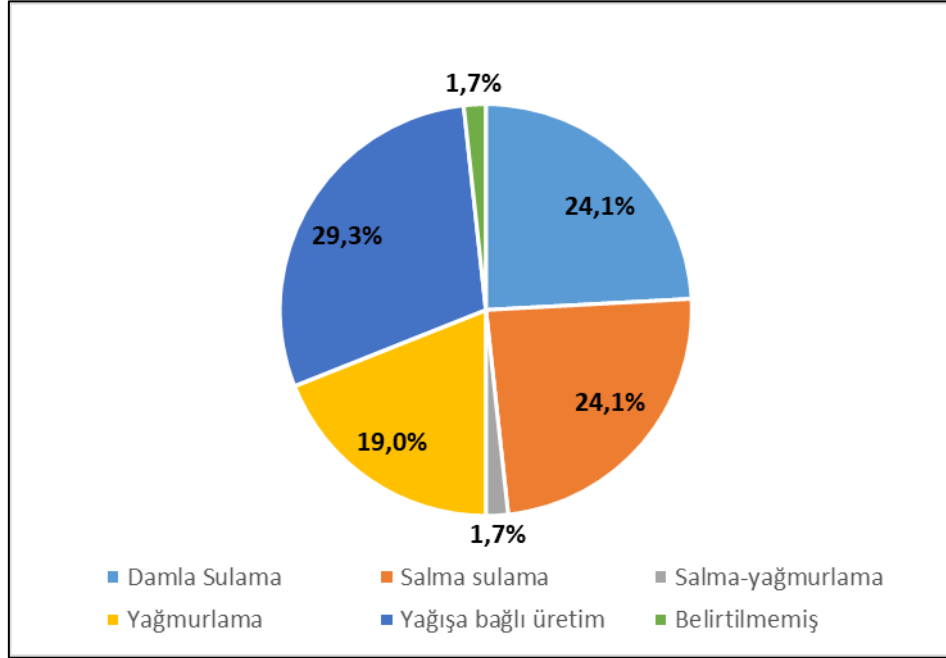
Şekil 9. Delice Alt Havzası en çok üretilen 20 tarım ürünü ve ortalama üretim miktarları (2013-2019)

Delice Alt Havzası'nda DSİ tarafından işletilen ve devredilen yerüstü sulamalarına ait sulama tipleri ve sulama yöntemleri Şekil 10'da verilmiştir. DSİ tarafından işletilen ve devredilen yerüstü sulamalarında %53 açık sistem kullanıldığı, %18'lik kısmında hem açık hem kapalı sistem kullanıldığı, %29 kısmında ise kapalı sistem sulama sistemleri kullanıldığı belirtilmiştir (DSİ, 2016a). Kapalı sistem sulamalarda daha çok yağmurlama sisteminin tercih edildiği, açık sistemlerin tamamında salma sulamanın uygulandığı ve hem açık hem kapalı sistemlerde ise salma sulamanın yanında yağmurlama uygulandığı belirtilmiştir.



Şekil 10. Delice Alt Havzası DSİ tarafından işletilen ve devredilen yerüstü sulamalarına ait sulama tipi ve sulama yöntemi

Proje bölgesinde (Delice ilçesi Çerikli Beldesi) 43 çiftçinin katılımı ile gerçekleştirilen anket çalışmasının sonuçlarına göre, bölgede üretilen tarım ürünlerinin sulamasında en çok tercih edilen sulama yönteminin sırasıyla yağışa bağlı üretim (%29), salma sulama (%24), damla sulama (%24) ve yağmurlama (%19) yöntemleri olduğu görülmüştür (Şekil 11).



Şekil 11. Proje bölgesinde kullanılan sulama yöntemleri

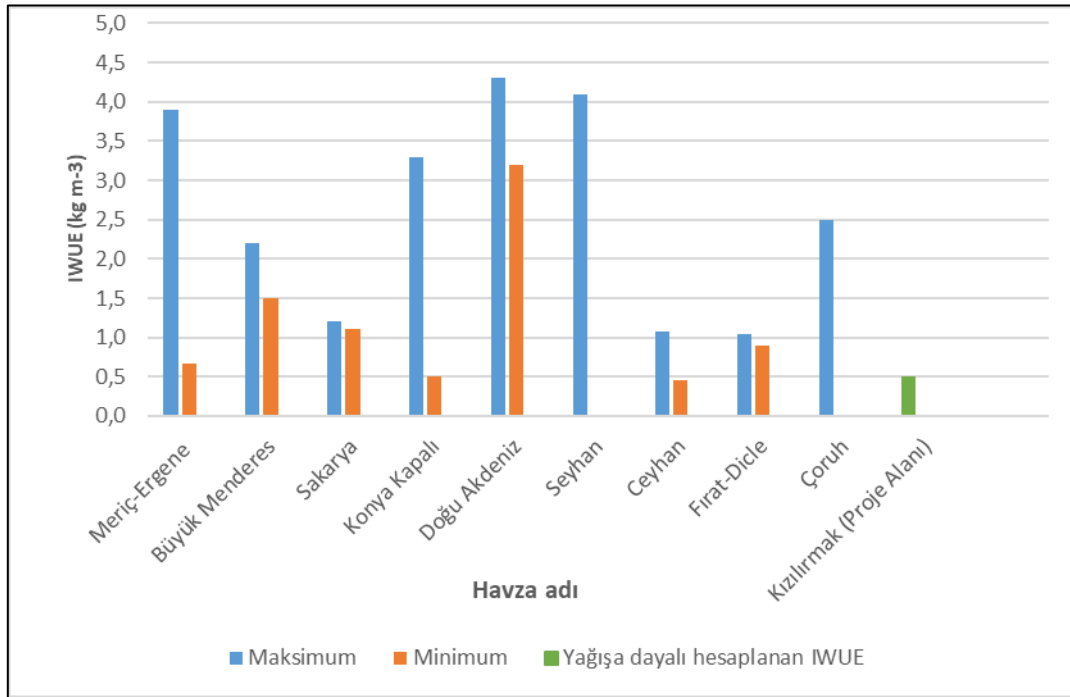
#### 2.4.1. Proje Alanında Buğday İçin Damla Sulama Uygulaması

Damla sulama yöntemi ile buğday üretimi sonucu elde edilen verim proje uygulamasının yapıldığı parselde 264 kg/da iken; çiftçi parselinden elde edilen verim 220 kg/da olarak bulunmuştur. Çiftçi ve proje uygulamaları kıyaslandığında; proje uygulamasında verimin %20 daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. İç Anadolu Bölgesi'nde yağışa dayalı üretilen buğday verimi 90 ile 250 kg/da arasında değişmekte olup, ortalama 146 kg/da'dır. Bu miktar, buğdayın potansiyel veriminden çok daha azdır.

Ülkemizde buğday bitkisinde sulu koşullarda yürütülen araştırma sonuçlarına göre elde edilen sulama suyu kullanım etkinliği değerleri havzalar bazında Şekil 12'de verilmiştir. Buğday için sulama suyu etkinliği, havzalar arasında değişkenlik göstermektedir. En yüksek IWUE değeri (4,3-3,9 kg/m<sup>3</sup>) Doğu Akdeniz (Yazar vd., 2002), Seyhan (Sezen ve Yazar, 1996) ve Meriç-Ergene (Yakan ve Kanburoğlu, 1992) Havzalarında görülmektedir. Diğer yandan en düşük IWUE değeri (0,45-0,66 kg/m<sup>3</sup>) ise Ceyhan (Tekin vd., 2014), Konya Kapalı (Tarı, 2016) ve Meriç-Ergene (Orta

vd., 2002) Havzası'nda görülmektedir. Proje çalışmalarının gerçekleştirildiği Kızılırmak Havzası'nda buğday için elde edilmiş bir IWUE değeri bulunamamıştır. Proje sahasında elde edilen ortalama IWUE değeri, bölgede yağışa dayalı üretim dikkate alınarak hesaplanmış, proje parseli için ortalama  $0,47 \text{ kg/m}^3$  çiftçi parseli için ise  $0,14 \text{ kg/m}^3$  olarak bulunmuştur.

Sulama suyu kullanım etkinliği; özellikle, bölge-iklim, sulama yöntemi, sulama programı, su kalitesi, gübreleme, ilaçlama, toprak kalitesi, kullanılan tohum çeşidi ve benzeri birçok faktöre bağlı olarak değişiklik göstermektedir. İdeal olan bölgeye uygun çeşitler seçilerek, iklim-toprak-bitki-su dengesinin doğru olarak kurulması, ürün kalitesini bozmadan, fiziksel ve ekonomik açıdan verimliliğin sağlanmasıdır.



**Şekil 12.** Havzalara göre buğday üretiminde IWUE değişimi

Proje sahasında üretilen buğdayın kalite analizleri de yapılmıştır. Buğday denemesi uygulama sonuçlarına göre; damla sulama yapılan buğdayın genel farinogram yapıları açısından uygulamada seçilen Aliğa bisküvilik buğdayının düşük stabilite değerine sahip olması ve yumuşama derecesi bisküvilik buğday için istenen özelliklerde olmasından dolayı yumuşak buğday karakteristiğine uygun olduğu belirlenmiştir. Genel değerlendirme olarak; farinogram yapıları bisküvilik un için uygun olup, damla sulamanın buğdayın un yapısına herhangi bir olumsuz etkisi görülmediği belirlenmiştir.



#### *2.4.2. Proje Alanında Silajlık Mısır İçin Damla Sulama Uygulaması*

Ülkemizde mısır üretiminde yaygın olarak kullanılmakta olan damla sulama yöntemi seçilmiştir. Damla sulama sistemi, 2022 Mayıs ayında silajlık mısır ekimi yapılmış olan 18,9 dekarlık 0-264 nolu parselde 11,6 da proje alanı, 7,3 da çiftçi alanı olacak biçimde planlanmıştır. Çiftçi alanında sulama suyu miktarı ve sıklığı çiftçiye bırakılmıştır.

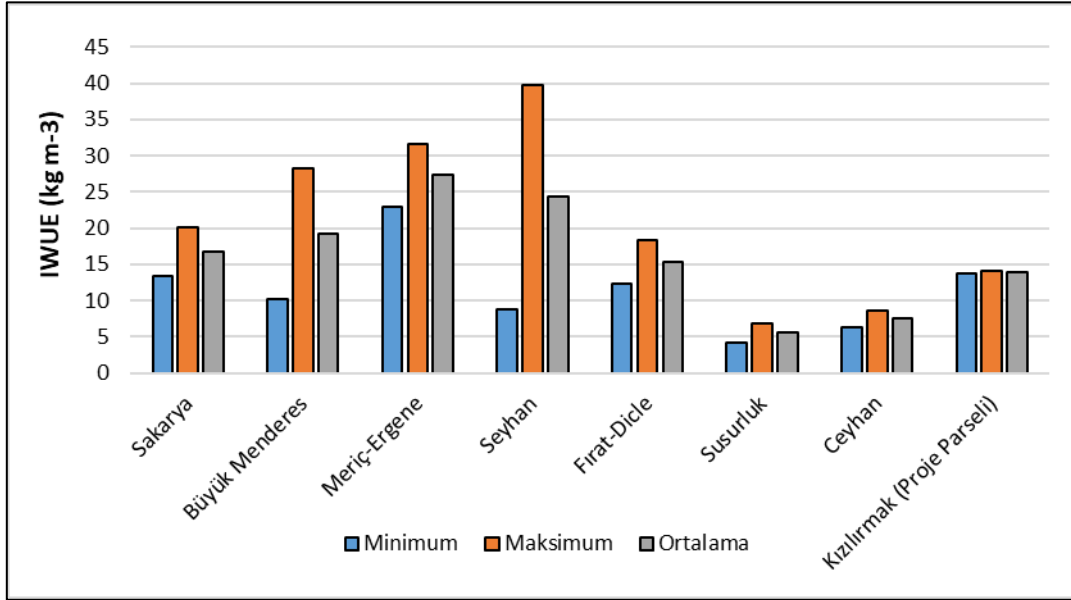
Damla sulama yöntemi ile mısır üretimi sonucu elde edilen verim, proje uygulamasının yapıldığı parselde 70 ve 140 cm lateral aralığına sahip işletme birimlerinde sırasıyla 4900 kg/da ve 4100 kg/da bulunmuştur. Çiftçi parselinden elde edilen verim ise 4000 kg/da olmuştur. Çiftçi ve proje uygulamaları kıyaslandığında; aynı lateral aralığı için (140 cm) proje uygulamasında verimin %3 oranında, genel ortalama dikkate alındığında ise %23 oranında daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bunun yanında, proje alanında %45 oranında su tasarrufu yapılarak daha iyi verim elde edilmiş olması projenin başarısına işaret etmektedir.

Ülkemizde mısır bitkisinde sulu koşullarda yürütülen araştırma sonuçlarına göre elde edilen sulama suyu kullanım etkinliği değerleri havzalar bazında Şekil 13'de verilmiştir.

Ülkemizin çeşitli havzalarında mısır üretimi ile ilgili rapor edilen IWUE değerleri için bir karşılaştırma yapılmıştır. En yüksek IWUE değeri, 28,3-39,81 kg/m<sup>3</sup> aralığında Seyhan (Kaman, 2007), Büyük Menderes (Dağdelen vd., 2009) ve Meriç-Ergene (Aritürk ve Erdem, 2011) Havzalarında görülmektedir. Diğer yandan en düşük IWUE değeri 4,26-6,36 kg/m<sup>3</sup> değerleri ile Ceyhan (Değirmenci ve Keten, 2020) ve Susurluk (Kobak ve Taş, 2021) Havzaları'nda görülmektedir. Ayrıca, Kızıloğlu vd., (2009) Fırat-Dicle havzasında silajlık mısırın IWUE değerlerini ortalama 15,40 kg/m<sup>3</sup>, Okursoy (2009) Meriç-Ergene havzasında 13,39 kg/m<sup>3</sup> bulmuştur. Proje çalışmasının gerçekleştirildiği Kızılırmak Havzası'nda yer alan Ankara ilinde yürütülen silajlık mısır çalışmasında ise IWUE değerleri 10,7-19,1 kg/m<sup>3</sup> olarak elde edilmiştir (Akşit, 2020). Bu çalışmada ise, IWUE değeri, proje parseli için ortalama 11,2 kg/m<sup>3</sup> çiftçi parseli için ise 5,79 kg/m<sup>3</sup> olarak bulunmuştur. Proje parselinde, 1 da alanda yaklaşık 416 mm su kullanılırken, çiftçi parselinde 691 mm sulama suyu kullanılmıştır.

Sulama suyu kullanım etkinliği; özellikle, bölge-iklim, sulama yöntemi, sulama programı, su kalitesi, gübreleme, ilaçlama, toprak kalitesi,

kullanılan tohum çeşidi ve benzeri birçok faktöre bağlı olarak değişiklik göstermektedir. İdeal olan bölgeye uygun çeşitler seçilerek, iklim-toprak-bitki-su dengesinin doğru olarak kurulması, ürün kalitesini bozmadan, fiziksel ve ekonomik açıdan verimliliğin sağlanmasıdır.



Şekil 13. Havzalara göre silajlık mısır için IWUE değişimi

Proje sahasında üretilen mısırın kalite analizleri de yapılmıştır. Sonuçlar %100 kuru madde (KM) üzerinden hesaplanmıştır. Yem rasyonundaki olası kalite değerlemesine göre 140 cm lateral aralıklarla yapılan denemedeki kuru madde ve nişasta (dane doldurmaya bağlı olduğu varsayımı ile) oranlarının 70 cm lateral aralığına göre daha iyi olduğu gözlemlenmiştir. Genel değerlendirme olarak; kalite parametreleri silajlık mısır için uygun olduğu belirlenmiştir.

### 3. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE SU RİSKLERİ

#### 3.1. İklim Değişikliğinin Kızılırmak Havzasına Etkileri

Su Yönetimi Genel Müdürlüğü tarafından yürütülen “İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi (İklimSu)” kapsamında MPI, HadGEM ve CNRM-CM5.1 modelleri kullanılarak, RCP 4.5 ve RCP 8.5 senaryolarına göre Kızılırmak havzası için beklenen sıcaklık ve yağış değişimleri tahmin edilerek, iklim değişikliğinin su kaynaklarına etkileri incelenmiştir (SYGM, 2016).

Kızılırmak Havzası'nın uzun yıllar (1971-2000; Referans dönem) ortalama sıcaklığı 10,3°C olarak belirlenmiş ve 2015-2100 dönemi için ortalama sıcaklıklarda sürekli artış beklendiği belirtilmiştir. Havzanın güney ve kuzeybatı kesimlerinde baskın olmak üzere, 2071-2100 döneminde 1,8 °C ile 5,1 °C arasında sıcaklık artışı beklenmektedir. Kızılırmak Havzası'nın uzun yıllar (1971-2000) ortalama yağış miktarı 448,7 mm olarak belirlenmiş ve 2041-2070 dönemi için ortalama yağışlarda %6 oranında azalma beklendiği belirtilmiştir (SYGM, 2016).

Havzanın referans dönemine ait ortalama brüt su potansiyeli 8.011 milyon m<sup>3</sup>/yıl olup, iklim değişikliğinin etkisi ile 2041-2070 döneminde %60'lara varan azalma meydana gelebileceği öngörülmektedir. Bu nedenle aynı dönemde yıllık kullanılabilir su miktarının toplam su ihtiyacını karşılamayacağı, su açığının yaklaşık 2.160 milyon m<sup>3</sup>/yıl olması beklenmektedir. Yürütülmüş olan hidrojeolojik çalışmalar neticesinde havzanın yeraltı suyu hidrojeolojik rezervi 494 km<sup>3</sup> olarak belirlenmiştir. Bu rezervin teknik ve ekonomik olarak kullanılabilir miktarı, mümkün rezervi 266 km<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır. İklim değişikliği etkileri altında yüzyılın sonunda havzanın hidrojeolojik rezervinde %7 ve mümkün rezervinde ise %13 oranlarında azalma meydana geleceği tahmin edilmektedir (SYGM, 2016).

Kızılırmak Havzası'nda meteorolojik kuraklık analizi yapılmış, 1973-2013 yılları arasında meydana gelen kuraklıklar 8 meteoroloji istasyonunun (Nevşehir, Kırşehir, Kayseri, Yozgat, Sivas, Kırıkkale, Çankırı ve Kastamonu) aylık yağış verilerine bağlı olarak standart yağış indisi yöntemi kullanılarak araştırılmıştır (Arslan, 2016). Çalışmanın sonuçlarına göre; havzada hafif, orta ve şiddetli kuraklıklar tespit edilmiş ve ayrıca Kızılırmak Havzası'nın durumu incelendiğinde, son yıllarda yaşanan kuraklıkların daha uzun sürdüğü görülmüştür. Çalışma sonuçlarına göre ayrıca havzadaki kuraklık sürelerinde değişim olduğu için su kaynaklarının planlanması ve yönetiminin buna göre oluşturulması gerektiği vurgulanmıştır.

Delice Alt Havzası'nda yarı nemli iklim tipi hakimken, havzanın güney kesimlerinde iklim değişikliğinin etkisiyle daha kurak bir iklim görüldüğü rapor edilmiştir (SYGM, 2022). Alt havza genelinde değişkenliğin %20-22 değerinden %23-27 seviyesine yükseldiği hesaplanmıştır. Bu değerlerden yola çıkarak alt havzada çölleşme şiddeti "orta seviye" olarak belirlenmiştir.

Ülkelerin toplam nüfusları ve toplam su kaynaklarını ilişkilendirerek, nüfusun su kaynakları üzerindeki baskısını ortaya koyan Falkenmark indeksi ilk defa 1989 yılında Malin Falkenmark tarafından hesaplanarak günümüzde yaygın olarak kullanılan su stresi ölçümlerinden biri haline gelmiştir. Kişi başına düşen yıllık su kullanım miktarı 1.000-1.700 m<sup>3</sup> değeri arasında ise, o ülke ya da bölgenin su stresi altında olduğu değerlendirilmektedir. Bu değer kişi başına 1.000 ile 500 m<sup>3</sup> aralığında olduğunda, kronik su kıtlığı içine girileceği, 500 m<sup>3</sup>'ün altında ise, giderek ağırlaşan sorunlarla mücadeleyi gerektiren mutlak su kıtlığı yaşanacağını ifade etmektedir (Falkenmark, 1989, Tablo 4).

Tablo 4. Falkenmark indeksi

Su (m <sup>3</sup> /kişi/yıl)	Sınıflandırma
>1.700	Su baskısı yok
1.000-1.700	Su stresi
500-1.000	Kronik su kıtlığı
<500	Mutlak su kıtlığı

Kızılırmak Havzası için nüfus artış hızları göz önünde bulundurularak, 2015-2100 periyodu için nüfus projeksiyonları yapılmıştır (Tablo 5). 2015 yılında havzadaki toplam nüfus 4.619.221 kişi iken bu değer; 2100 yılında 5.536.362 kişi olacağı öngörülmektedir (SYGM, 2019b).

Tablo 5. Kızılırmak Havzası Eşdeğer Nüfus Tahminleri

Yıl	Kentsel Nüfus	Kırsal Nüfus	Toplam Nüfus
2015	3.410.624	1.208.597	4.619.221
2040	4.247.990	1.262.820	5.510.810
2070	4.260.747	1.262.820	5.523.567
2100	4.273.542	1.262.820	5.536.362

Kızılırmak Havzası'nda mevcut durumdaki kullanılabilir su potansiyeli 4.572 hm<sup>3</sup>/yıl iken, MPI ve CNRM-CM5.1 modelleri kullanılarak gerçekleştirilen iklim değişikliği senaryolarına göre yıllık kullanılabilir su potansiyelinin yaklaşık 3.600 hm<sup>3</sup> değerine düşeceği hesaplanmış; HadGEM model sonuçlarına göre ise yıllık 2.200 hm<sup>3</sup> değerine kadar düşebileceği öngörülmüştür (SYGM, 2016) (Tablo 6).

Tablo 6. Kızılırmak Havzası Su Potansiyeli Tahminleri

Dönem	Su Potansiyeli (hm <sup>3</sup> /yıl)					
	RCP 4.5			RCP 8.5		
	MPI	HadGEM	CNRM-CM5.1	MPI	HadGEM	CNRM-CM5.1
2015-2040	3977	2240	3566	4206	2423	3429
2041-2070	4069	2103	3429	3749	1965	2971
2071-2100	3977	2194	3246	3886	2057	2971

Kızılırmak Havzası'nda gelecek dönem su potansiyeli ve nüfus tahminleri dikkate alınarak hesaplanan Falkenmark indeksi sonuçları Tablo 7'da verilmiştir. Her model ve senaryo sonucuna göre 2040 yılından itibaren, havzada kişi başına düşen kullanılabilir su miktarında azalma olduğu ve 500-1.000 m<sup>3</sup>/kişi/yıl arasında kalan dönemlerde kronik su sıkıntısı yaşanabileceği öngörülmektedir. MPI ve CNRM-CM5.1 modeline kıyasla, HadGEM model sonuçları özellikle 2040 yılından itibaren 500 m<sup>3</sup>/kişi/yıl altında kalan değerlere bakıldığında, havzada mutlak su kıtlığı yaşanma riskinin olduğunu göstermektedir.

Tablo 7. Kızılırmak Havzası iklim değişikliği tahminlerine göre hesaplanan Falkenmark indeksi

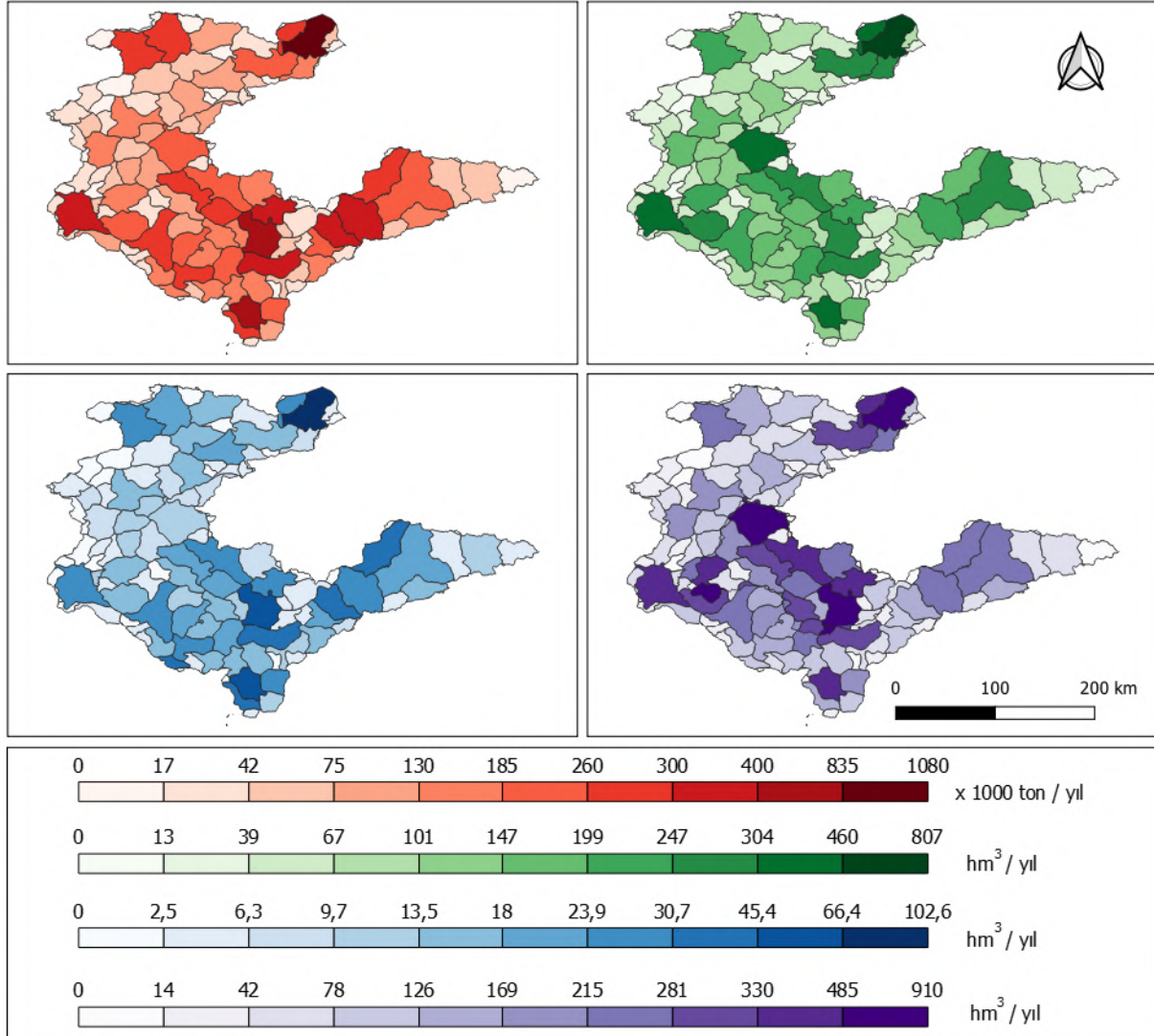
Yıllar	Falkenmark Su Stres İndisi (m <sup>3</sup> /kişi/yıl)					
	RCP 4.5			RCP 8.5		
	MPI	HadGEM	CNRM-CM5.1	MPI	HadGEM	CNRM-CM5.1
2040	722	407	647	763	440	622
2070	737	381	621	679	356	538
2100	718	396	586	702	372	537

### 3.2. Kızılırmak Havzasında İklim Değişikliğinin Tarımsal Üretime Etkileri

Kızılırmak Havzası'ndaki tarımsal üretimin illere göre dağılımı incelendiğinde (Şekil 14), havzadaki toplam yıllık üretimin yaklaşık %56'sının Yozgat (%17), Kayseri (%15), Samsun (%13) ve Sivas (%11) illerinde gerçekleştiği görülmektedir.

Tarımsal üretime paralel olarak, bu illerdeki yeşil ve mavi su ayak izlerinin de havza içerisinde en yüksek oranlara sahip olduğu görülmektedir (Şekil 14). Bu illerdeki yeşil su ayak izinin dağılımı incelendiğinde, Samsun ilindeki yeşil su ayak izinin havza toplamının yaklaşık %15'ine denk geldiği, daha sonra en büyük payların ise Yozgat (%13), Kayseri (%11) ve

Sivas (%9) illerine ait olduğu görülmektedir. Havzadaki mavi su ayak izinin dağılımı incelendiğinde ise en yüksek sulama suyu kullanımının %16 ile Kayseri iline ait olduğu, daha sonra sırasıyla Yozgat (%13), Samsun (%11) ve Sivas (%11) illerinin takip ettiği görülmektedir.



Şekil 14. Kızılırmak Havzası tarımsal üretim ve su ayak izinin ilçelere dağılımı

Kızılırmak Havzası'nın tarımsal üretiminin su ihtiyacı 2015 yılı için 2,19 hm<sup>3</sup> olarak raporlanmıştır (SYGM, 2016). Kızılırmak Havzası tarımsal su ihtiyacının 2050 yılına kadar 1,5 katına çıkacağı öngörülmektedir. İklimSu projesinin çıktılarına göre, Kızılırmak Havzası'nın 2015-2100 dönemi su fazlası / su açığı MPI, HadGEM ve CNRM-CM5.1 modelleri kullanılarak, RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları için hesaplanmıştır (SYGM, 2016). Buna göre MPI modeli haricinde diğer modeller tüm senaryolar ve tüm dönemler için yıllık 0,23 hm<sup>3</sup>- 2,49 hm<sup>3</sup> arasında değişen su açığına; MPI modeli ise 2060



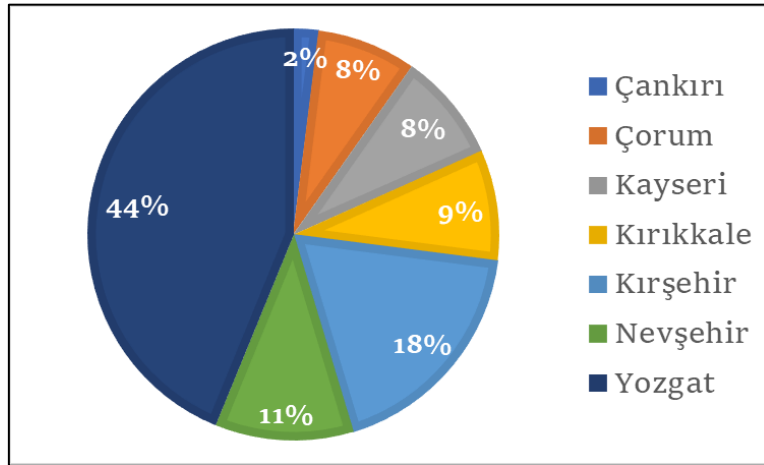
yılından itibaren yıllık  $0,01 \text{ hm}^3$  -  $0,72 \text{ hm}^3$  arasında değişen su açığına işaret etmektedir.

Ülkemiz havzalarında iklim değişikliğinin tarımsal üretime etkisinin su ayak izi yaklaşımı ile incelendiği güncel bir çalışmada ise, Kızılırmak Havzası için RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre su açığının 2015-2100 periyodunda  $3,38 \text{ hm}^3$  -  $4,98 \text{ hm}^3$  ile çok daha yüksek olacağı öngörülmüştür (Pilevneli vd., 2022).

İklim değişikliğinin tarımsal üretime olan etkilerinin incelendiği bir çalışmada, buğday, arpa, yulaf, çavdar, mısır, fasulye, bezelye, ayçiçeği, şeker pancarı, çeltik ve pamuk için tahmini üretim değerleri hesaplanmıştır (Dellal ve Ünüvar, 2019). Bu çalışmanın sonuçlarına göre, Orta Anadolu Bölgesi'nde buğday, arpa, yulaf ve çavdar üretiminin 2050-2080 döneminde yaklaşık %10 oranında; mısır üretiminin ise %15-20 oranında azalacağı öngörülmüştür. İklim değişikliğinden en fazla etkilenecek ürünlerin ise mısır ve çeltik olduğu görülmüştür.

### 3.3. Delice Alt Havzasında İklim Değişikliğinin Tarımsal Üretime Etkileri

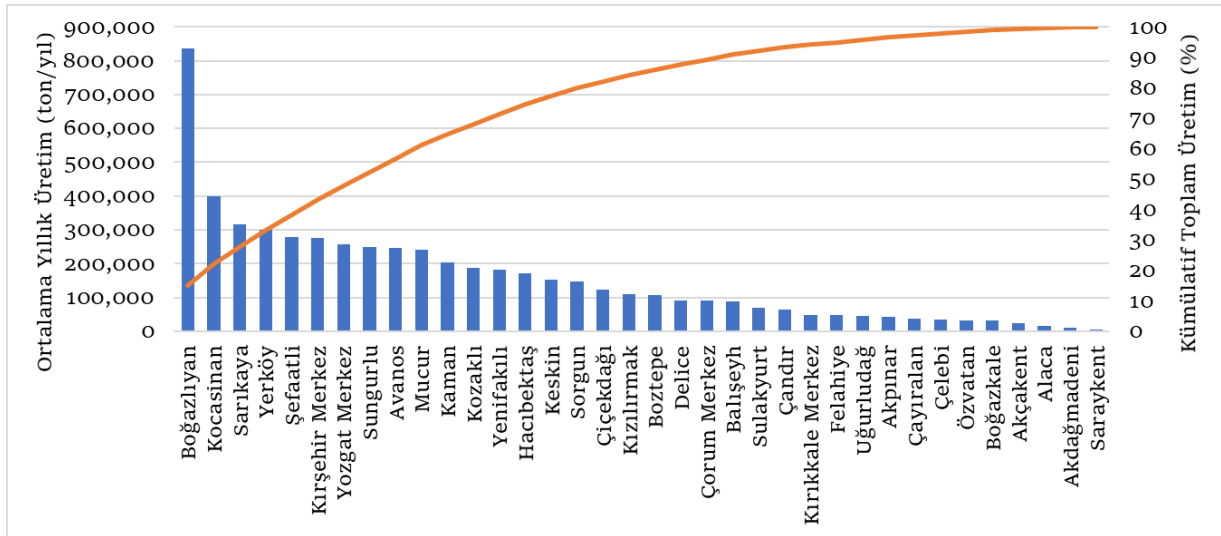
Delice Alt Havzası tarım ürünleri üretimindeki en büyük payı %44 ile Yozgat ili alırken, Yozgat'ı Kırşehir (%18), Nevşehir (%11), Kırıkkale (%9), Kayseri (%8), Çorum (%8) ve Çankırı (%2) illeri takip etmektedir (Şekil 15).



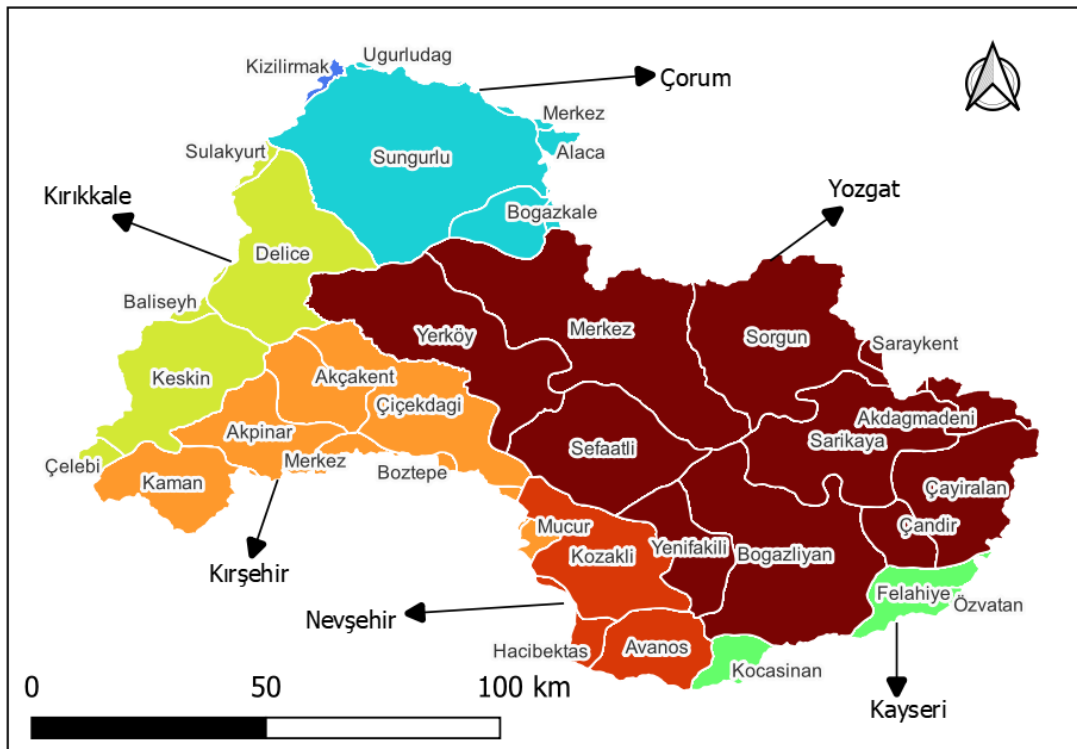
Şekil 15. Delice Alt Havzası tarımsal üretimin illere dağılımı

Tarımsal üretimin ilçelere dağılımı incelendiğinde ise en yüksek payın %15 ile Yozgat'ın Boğazlıyan ilçesinde olduğu görülmektedir (Şekil 16 ve Şekil

17). Boğazlıyan ilçesini sırasıyla Kayseri Kocasinan, Yozgat Sarıkaya, Yerköy ve Şefaati ilçeleri takip etmektedir.



Şekil 16. Delice Alt Havzası tarımsal üretimin ilçelere dağılımı (2013-2019)

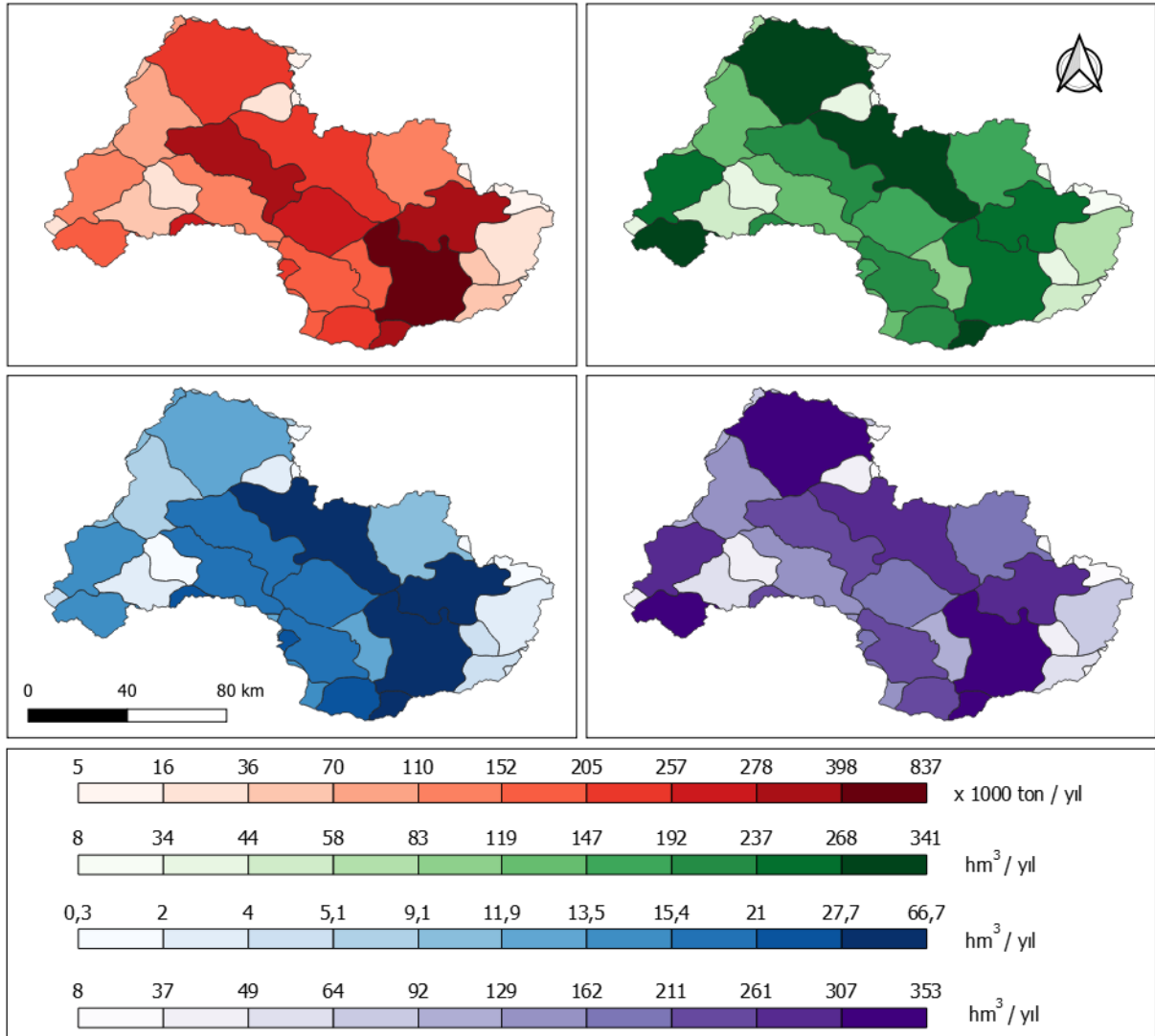


Şekil 17. Delice Alt Havzası idari sınırlar

Proje alanının yer aldığı Kırıkkale ili genelinde özellikle elma, armut, erik, kayısı ve kiraz yetiştiriciliği yaygın olarak görülmektedir. Bunların dışında üzüm, kavun ve karpuz üretimi de yapılmaktadır. İlde genel olarak biber, domates, taze fasulye, kabak, patlıcan, pırasa gibi sebzeler

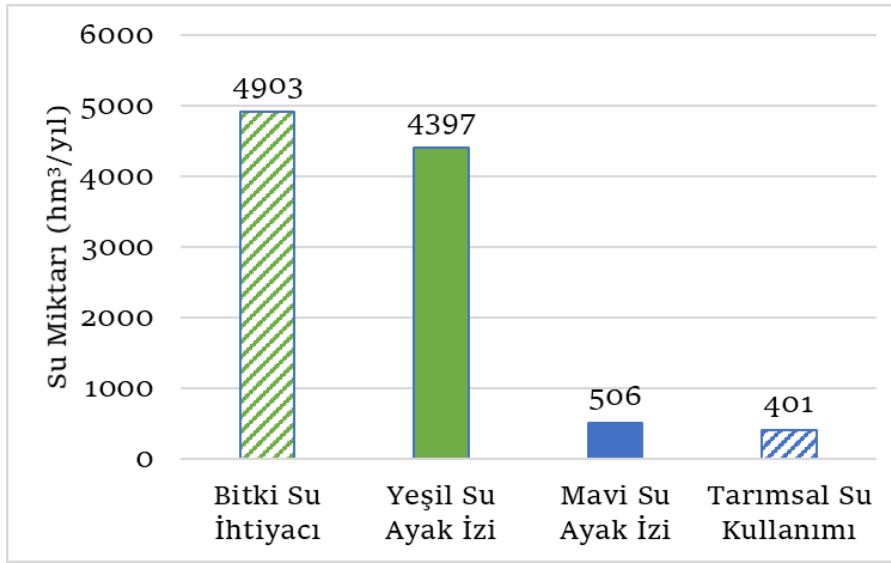
yetiştirilmektedir (SYGM, 2022). Kırıkkale ilinin tarımsal ürün üretimindeki payı Delice Alt Havzası içinde %9'dur (Şekil 15).

Tarımsal üretime paralel olarak, Yozgat, Kırşehir, Nevşehir ve Kırıkkale illerindeki yeşil ve mavi su ayak izlerinin de havza içerisinde en yüksek oranlara sahip olduğu görülmektedir (Şekil 18). Bu illerdeki yeşil su ayak izinin dağılımı incelendiğinde, Yozgat ilindeki yeşil su ayak izinin havza toplamının yaklaşık %32'sine denk geldiği, daha sonra en büyük payların ise Kırşehir (%22), Kırıkkale (%14) ve Nevşehir (%12) illerine ait olduğu görülmektedir. Havzadaki mavi su ayak izinin dağılımı incelendiğinde ise en yüksek sulama suyu kullanımının %39 ile Yozgat iline ait olduğu, daha sonra sırasıyla Kırşehir (%19), Kırıkkale (%11) ve Nevşehir (%11) illerinin takip ettiği görülmektedir.



Şekil 18. Delice Alt Havzası tarımsal üretim ve su ayak izinin ilçelere dağılımı

Su ayak izi yaklaşımına göre, bitkisel ürünlerin mavi ve yeşil su ayak izlerinin toplamı, bitki su ihtiyacına eşittir. Delice Alt Havzası'nda üretilen tarım ürünlerinin toplam su ihtiyacı yıllık 4903 hm<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır (Şekil 19). Bu miktarın yaklaşık %90'ının karşılanmasında etkili yağış olarak yeterli olurken, tarımsal ürünlerin gelişimi için yıllık 506 hm<sup>3</sup> sulama suyuna ihtiyaç duyulmaktadır. Delice Alt Havzası'nda sulamada kullanılan su miktarının ise 401 hm<sup>3</sup> olduğu rapor edilmiştir (DSİ,2016a). Tarım ürünlerinin sulama suyu ihtiyacı (506 hm<sup>3</sup>/yıl) ve sulama suyu miktarı (401 hm<sup>3</sup>/yıl) karşılaştırıldığında, yıllık 105 hm<sup>3</sup> su açığı olduğu anlaşılmaktadır.

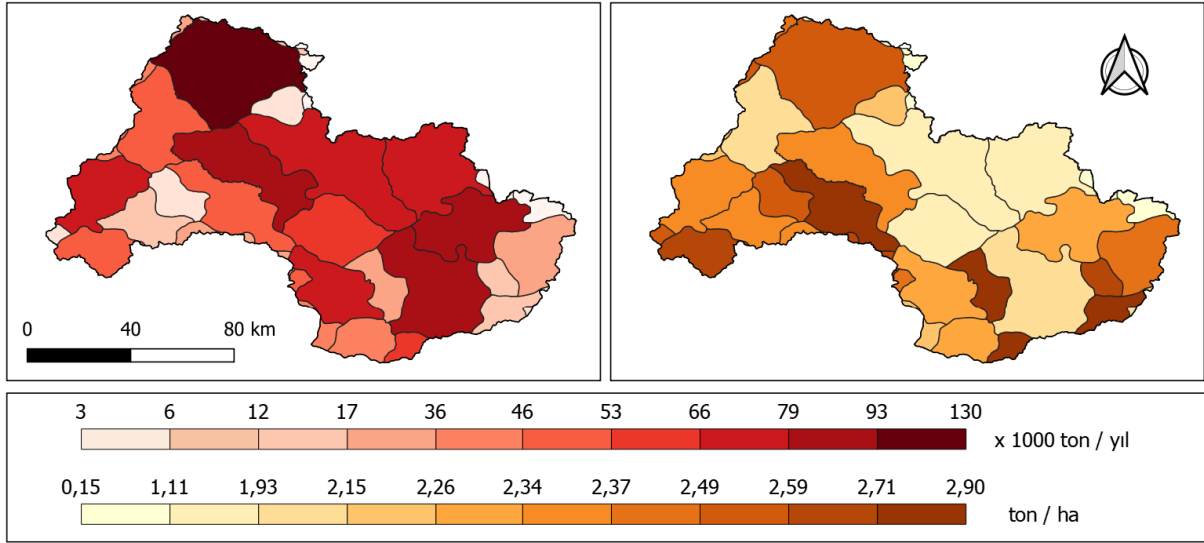


Şekil 19. Delice Alt Havzası su ayak izi ve tarımsal su kullanımı

Delice Alt Havzası buğday üretiminin alansal dağılımı incelendiğinde (Şekil 20), en yüksek üretimin Çorum-Sungurlu (%8,7), Yozgat Yerköy (%6,2), Sarıkaya (%5,8), Boğazlıyan (%5,6), Merkez (%5,2), Sorgun (%4,8), Şefaati (%4,4), Nevşehir-Kozaklı (%5,3), Kırıkkale-Keskin (%4,6) ve Kayseri-Kocasinan (%4,1) ilçelerinde olduğu görülmektedir.

Bölgenin ekim alanına oranla ortalama ürün verimi incelendiğinde, buğday için ortalama 1,73 ton/ha ile 2,90 ton/ha arasında değişen verim elde edildiği görülmektedir. Yozgat Saraykent (0,47 ton/ha), Yozgat Akdağmadeni (0,21 ton/ha), Çorum Merkez (0,41 ton/ha) ve Çorum Alaca (0,15 ton/ha) ilçelerinde ise verimin çok düşük olduğu görülmektedir. En yüksek verimler ise Kayseri Felahiye (2,90 ton/ha), Yozgat Yenifakılı (2,75 ton/ha) ve Kayseri Kocasinan (2,73 ton/ha) ilçelerinde elde edilmektedir. Buğday üretiminin en yüksek olduğu 10 ilçe ile en yüksek verimin elde edildiği 10 ilçe kıyaslandığında ise Çorum Sungurlu ve Kayseri Kocasinan

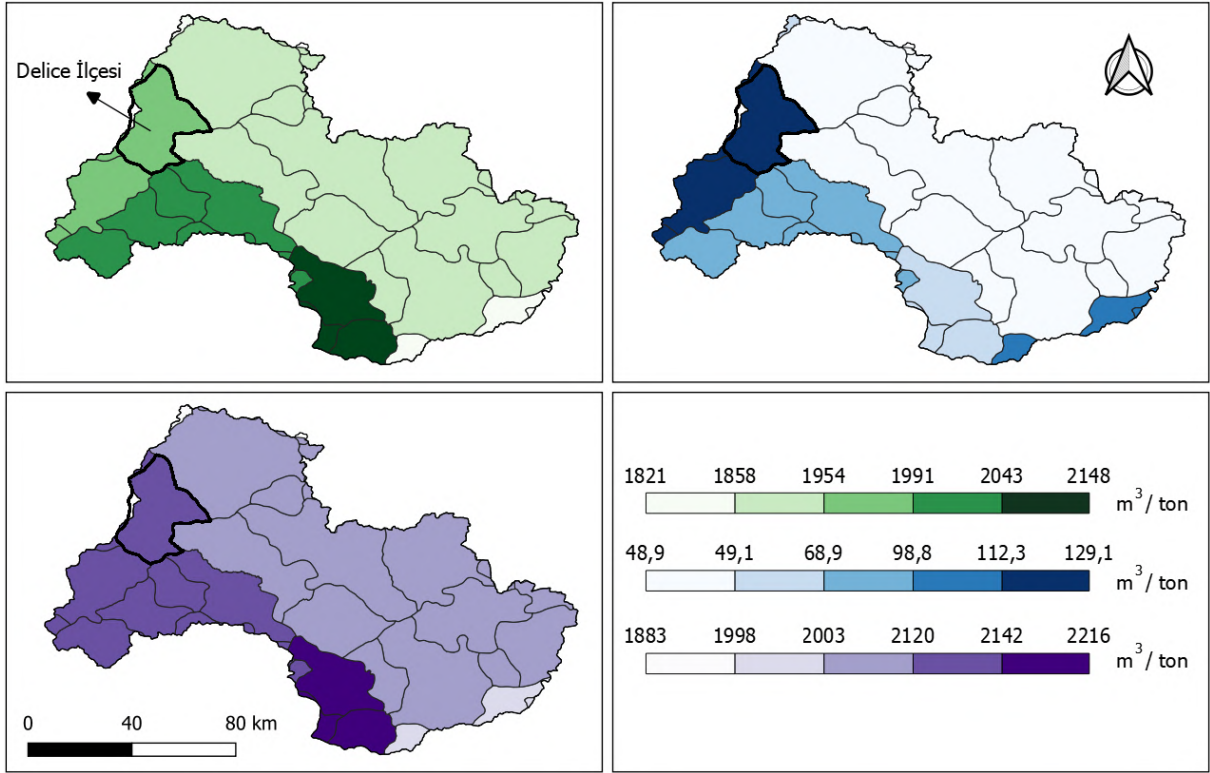
ilçeleri haricinde hem yüksek verimin elde edildiği hem de yüksek üretimin gerçekleştiği ilçe bulunmamaktadır.



Şekil 20. Delice Alt Havzası buğday üretimi ve buğday üretim verimi

Delice Alt Havzası'nda buğday üretiminin su ayak izinin bölgesel değişimi incelendiğinde (Şekil 21), en yüksek toplam su ayak izinin Nevşehir (2217 m<sup>3</sup>/ton), Kırşehir (2142 m<sup>3</sup>/ton) ve Kırıkkale (2120 m<sup>3</sup>/ton) illerinde; en düşük toplam su ayak izinin ise Çankırı (1883 m<sup>3</sup>/ton), Kayseri (1971 m<sup>3</sup>/ton) ve Çorum (1998 m<sup>3</sup>/ton) illerinde olduğu görülmektedir. Sulama suyu kullanımını ile doğrudan ilişkili olan mavi su ayak izinin dağılımı incelendiğinde ise en yüksek su ayak izinin Kırıkkale (129 m<sup>3</sup>/ton), Kayseri (112 m<sup>3</sup>/ton) ve Kırşehir (99 m<sup>3</sup>/ton) illerde; en düşük mavi su ayak izinin ise Çorum (48 m<sup>3</sup>/ton), Yozgat (49 m<sup>3</sup>/ton) ve Çankırı (62 m<sup>3</sup>/ton) illerinde olduğu görülmektedir. Buğday üretiminin su ayak izinin Türkiye'deki dağılımı incelendiğinde, toplam su ayak izi için 1417 m<sup>3</sup>/ton - 3204 m<sup>3</sup>/ton arasında değişen bir değere sahip olduğu, ortalamada ise 1888 m<sup>3</sup>/ton - 2345 m<sup>3</sup>/ton aralığında kaldığı; mavi su ayak izi için 3,7 m<sup>3</sup>/ton - 400 m<sup>3</sup>/ton arasında değişen bir değere sahip olduğu, ortalamada ise 44 m<sup>3</sup>/ton - 183 m<sup>3</sup>/ton aralığında kaldığı belirlenmiştir (WaterSTAT, 2005). Türkiye ortalaması ile karşılaştırıldığında, Delice Alt Havzası'ndaki buğday üretiminin su ayak izinin ülkemiz ortalamasında olduğu görülmektedir.

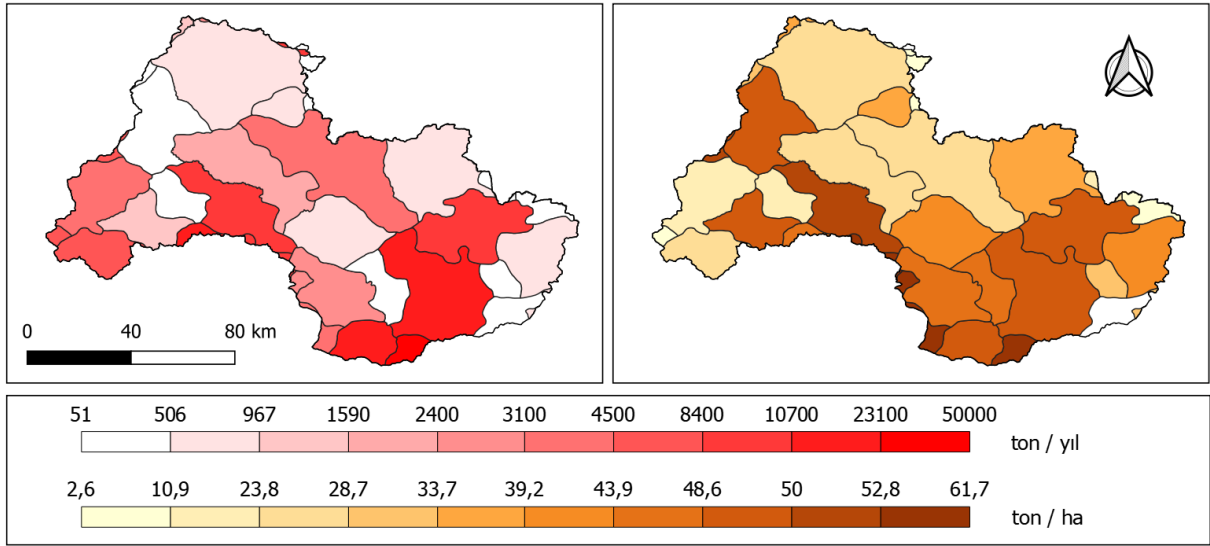
İlçelerdeki toplam buğday üretimi ve mavi su ayak izinin dağılımı birlikte değerlendirildiğinde ise, en düşük su ayak izine sahip Çorum, Yozgat ve Çankırı illerinde havzanın toplam buğday üretiminin %51'inin; en yüksek su ayak izine sahip Kırıkkale, Kayseri ve Kırşehir illerinde ise toplam buğday üretiminin %38'inin gerçekleştirildiği görülmektedir.



Şekil 21. Delice Alt Havzası buğday üretimi su ayak izinin bölgesel dağılımı

Delice Alt Havzası mısır üretiminin alansal dağılımı incelendiğinde (Şekil 22), en yüksek üretimin Kayseri Kocasinan (%24,5), Nevşehir Avanos (%11,3), Yozgat Boğazlıyan (%9,6), Kırşehir Merkez (%9,2), Çiçekdağı (%5,2), Boztepe (%4,6), Yozgat Sarıkaya (%4,6), Çorum Merkez (%4,4), Kırıkkale Çelebi (%4,1) ve Balışeyh (%2,6) ilçelerinde olduğu görülmektedir. Bölgenin ekim alanına oranla ortalama ürün verimi incelendiğinde, mısır için ortalama 8,36 ton/ha ile 61,67 ton/ha arasında değişen verim elde edildiği görülmektedir. Çorum Alaca (2,55 ton/ha) ve Yozgat Akdağmadeni (3,94 ton/ha) ilçelerinde ise verimin çok düşük olduğu görülmektedir. En yüksek verimler ise Kırşehir Boztepe (61,67 ton/ha), Kırşehir Mucur (53,95 ton/ha) ve Kayseri Kocasinan (53,91 ton/ha) ilçelerinde elde edilmektedir. Mısır üretiminin en yüksek olduğu 10 ilçe ile en yüksek verimin elde edildiği 10 ilçe kıyaslandığında ise Kayseri Kocasinan, Nevşehir Avanos, Kırıkkale Balışeyh, Kırşehir Çiçekdağı ve Boztepe ilçelerinde hem yüksek verimin elde edildiği hem de yüksek üretimin gerçekleştiği görülmektedir. Proje alanının yer aldığı Kırıkkale ili Delice ilçesinde ise 50 ton/ha mısır üretim verimi elde edilmektedir.



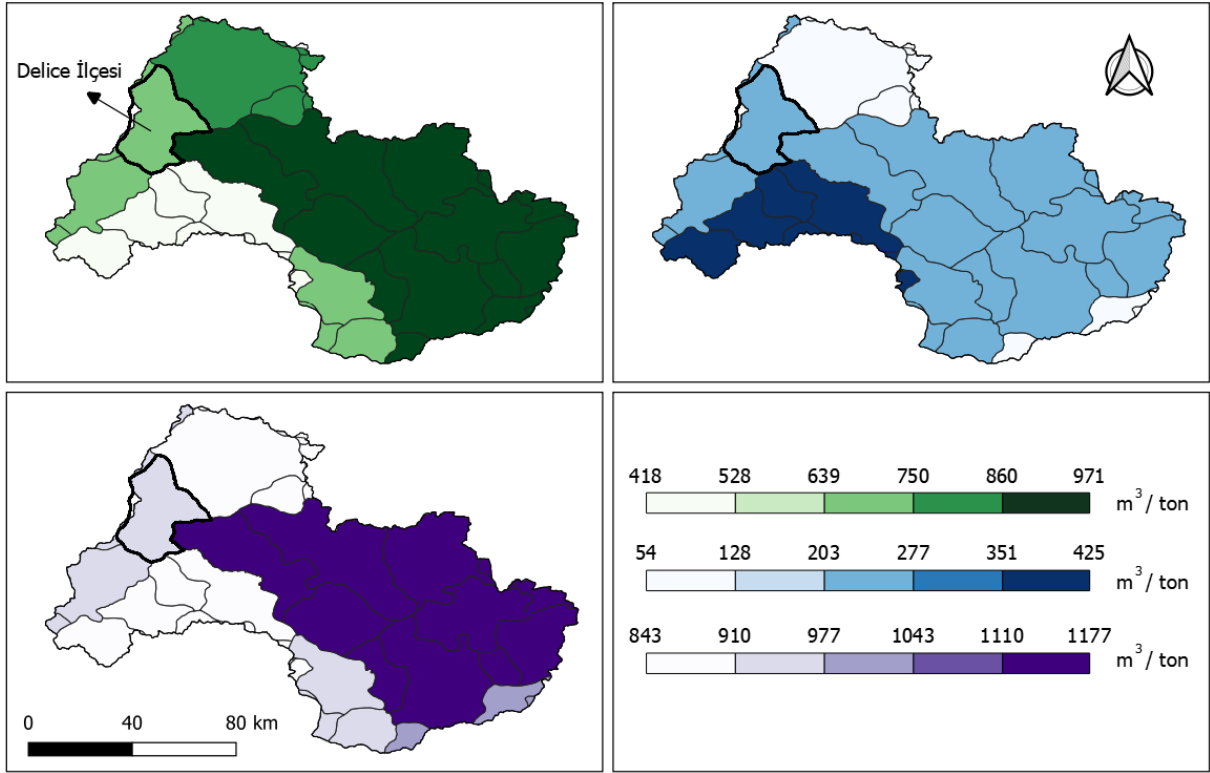


Şekil 22. Delice Alt Havzası mısır üretimi ve mısır üretim verimi

Delice Alt Havzası'nda mısır üretiminin su ayak izinin bölgesel değişimi incelendiğinde (Şekil 23), en yüksek toplam su ayak izinin Yozgat (1177 m<sup>3</sup>/ton), Kayseri (1025 m<sup>3</sup>/ton) ve Çankırı (961 m<sup>3</sup>/ton) illerinde; en düşük toplam su ayak izinin ise Kırşehir (843 m<sup>3</sup>/ton), Çorum (873 m<sup>3</sup>/ton) ve Nevşehir (933 m<sup>3</sup>/ton) illerinde olduğu görülmektedir. Sulama suyu kullanımı ile doğrudan ilişkili olan mavi su ayak izinin dağılımı incelendiğinde ise en yüksek su ayak izinin Kırşehir (425 m<sup>3</sup>/ton), Yozgat (242 m<sup>3</sup>/ton) ve Çankırı (242 m<sup>3</sup>/ton) illerde; en düşük mavi su ayak izinin ise Kayseri (54 m<sup>3</sup>/ton), Çorum (65 m<sup>3</sup>/ton) ve Nevşehir (242 m<sup>3</sup>/ton) illerinde olduğu görülmektedir. Mısır üretiminin su ayak izinin Türkiye'deki dağılımı incelendiğinde, toplam su ayak izi için 643 m<sup>3</sup>/ton - 1657 m<sup>3</sup>/ton arasında değişen bir değere sahip olduğu, ortalamada ise 756 m<sup>3</sup>/ton - 978 m<sup>3</sup>/ton aralığında kaldığı; mavi su ayak izi için 2,7 m<sup>3</sup>/ton - 648 m<sup>3</sup>/ton arasında değişen bir değere sahip olduğu, ortalamada ise 87 m<sup>3</sup>/ton - 384 m<sup>3</sup>/ton aralığında kaldığı belirlenmiştir (WaterSTAT, 2005). Türkiye ortalaması ile karşılaştırıldığında, Delice Alt Havzası'ndaki mısır üretiminin su ayak izinin ülkemiz ortalamasında olduğu görülmektedir.

İlçelerdeki toplam buğday üretimi ve mavi su ayak izinin dağılımı birlikte değerlendirildiğinde ise, en düşük mavi su ayak izine sahip Kayseri ve Çorum illerinde havzanın toplam mısır üretiminin %8'inin; en yüksek mavi su ayak izine sahip Kırşehir ve Yozgat illerinde ise toplam buğday üretiminin %43'ünün gerçekleştirildiği görülmektedir.





Şekil 23. Delice Alt Havzası mısır üretimi su ayak izinin bölgesel dağılımı

TÜİK ile Tarım ve Orman Bakanlığı verilerine göre, ülkemizde 24 milyon hektar tarım arazisi bulunmaktadır. Mevcut su potansiyeli ile sulanabilecek arazi miktarı 8,5 milyon hektar olarak hesaplanmış, 2019 yılı sonu itibariyle de 6,65 milyon hektar arazi işletmesi DSİ tarafından yapılan ya da devredilen projeler ile sulamaya açılmıştır (DSİ, 2022). Bu verilere dayanarak ülkemizde yağışa dayalı (kuru tarım) uygulamalarının yüksek oranda olduğunu göstermektedir. Kızılırmak Havzası için de benzer bir durum söz konusu olup, havzanın %26'sı sulanmayan ekilebilir alan, %12'si ise sürekli sulanan alan sınıfındadır (SYGM, 2022).

Mevcut koşullarda yağışa dayalı tarım uygulamaları ile su açığı tolere edilebilmektedir. Ancak hem ülke genelinde hem de Kızılırmak Havzası'nda beklenen sıcaklık artışları ve yağış azalışı, gelecek dönemlerde yağışa dayalı tarım uygulamaları ile elde edilen verime olumsuz etki edecektir. Buna ek olarak yağıştan karşılanamayan su ihtiyacı için daha fazla sulama suyu kullanılması gerekecektir. İklim değişikliğinin beklenen etkileri, su kaynakları üzerindeki baskıları daha da artıracaktır. Buna ek olarak yağışların azalması ile su kaynaklarının kalitesi bozulacak, proje alanındaki tuzluluk problemi daha ciddi sonuçlar doğurabilecektir. Mevcut durumda su açığı bulunan Delice Alt Havzası'nda da iklim değişikliği tarımsal üretimi doğrudan etkileyecektir.

#### 4. SONUÇ VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

Günümüzde nüfus artışı, sanayileşme, kentleşme, iklim krizi, sektörler arasındaki su kullanım rekabeti gibi nedenlerle dünyamızın su kaynakları hem miktar hem de kalite açısından büyük risk altındadır. Ülkemiz, Akdeniz bölgesinde bulunması ve su stresi çeken bir ülke olması sebebiyle iklim değişikliğinden en fazla etkilenecek ülkeler arasındadır. Bu bağlamda gıda güvencesinin sağlanması, büyük önem taşımaktadır.

Tarımsal üretimin ve su kaynaklarının sürdürülebilirliğinin ve dolayısıyla gıda güvencesinin sağlanması amacıyla yürütülen ve Faz-I aşaması tamamlanan “Su Riskleri Ar-Ge Projesi” kapsamında, hem su kalitesi hem de su miktarı açısından problemlili olan Kırıkkale ili Delice ilçesi Çerikli beldesinde buğday ve mısır üretiminde basınçlı sulama yöntemlerinden damla sulama sistemlerinin kullanılması, su ve enerji verimliliğinin artırılması, su-üretim fonksiyonlarının belirlenmesi, su verimliliğinin fiziksel ve ekonomik açıdan değerlendirilmesi ve bölge çiftçisine doğru uygulamaların çeşitli etkinlikler ile aktarılması hedeflenmiştir.

Projenin nihai amacı, bölgede üretim yapan çiftçinin karşılaştığı zorlukların aşılmasına yönelik yol haritasının belirlenmesidir. Bu kapsamda, alternatif sulama suyu kaynaklarının araştırılması ve tuzluluğa dayanıklı bitkilerin önerilmesi gündeme gelmiştir. Bu kapsamda, mevcut bir su kaynağından su temini ve atık suyun değerlendirilmesi alternatiflerinin yanı sıra, tuzluluğa dayanıklı bitki önerileri de yapılmıştır.

Proje kapsamında yoğun bir saha çalışması gerçekleştirilmiş, çiftçilerle birebir iletişim kurma olanağı elde edilmiştir. Bu süreçte çiftçinin modern sulama yöntemlerinin uygulanmasında eğitim, bilinçlendirme ve teşvik mekanizmaları konusunda bilgilendirilme ihtiyacı içinde olduğu görülmüştür. Ülkemizde tarımda su verimliliğinin sağlanması için modern sulama yöntemlerinin yaygınlaştırılması oldukça önemlidir.

İklim değişikliğinin etkilerini azaltmak, çevre sağlığını korumak ve sürdürülebilir üretimi gerçekleştirmek için mevcut üretim modellerinin gözden geçirilmesi, iyileştirilmesi, akıllı tarım uygulamalarına geçilmesi yönünde girişimlerin başlatılması gerekmektedir. Entegre su yönetimi yaklaşımı çerçevesinde, kamu, özel sektör, akademi, sivil toplum kuruluşları ve tüm su kullanıcılarının katılımı ve işbirliği ile çözüm odaklı yönetim modellerinin oluşturulması sağlanmalıdır.

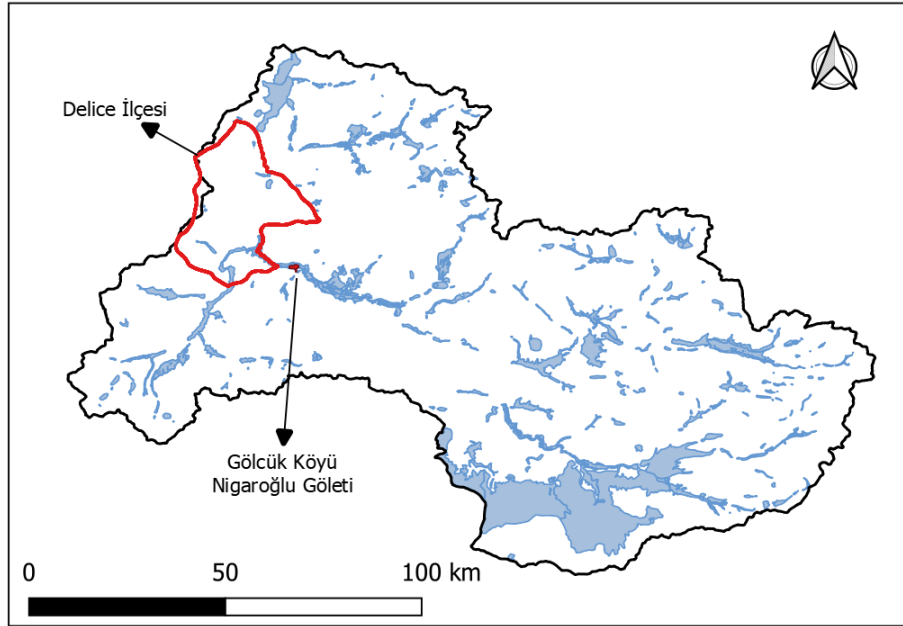
#### 4.1. Mevcut Bir Su Kaynağından Sulama Suyu Tahsisi

Proje kapsamında, Gölcük köyü sulama göletinin tam kapasite ile sulamada kullanım olanakları araştırılmıştır. DSİ 5. Bölge Müdürlüğü, DSİ Kırıkkale Şube Müdürlüğü ve Kırşehir İl Özel İdaresi ile yapılan görüşmeler neticesinde, Kırşehir ili Çiçekdağı ilçesi Gölcük Köyü Sulama Göletinin (Nigaroğlu Göleti) en uygun alternatif su kaynağı olduğu belirlenmiştir.

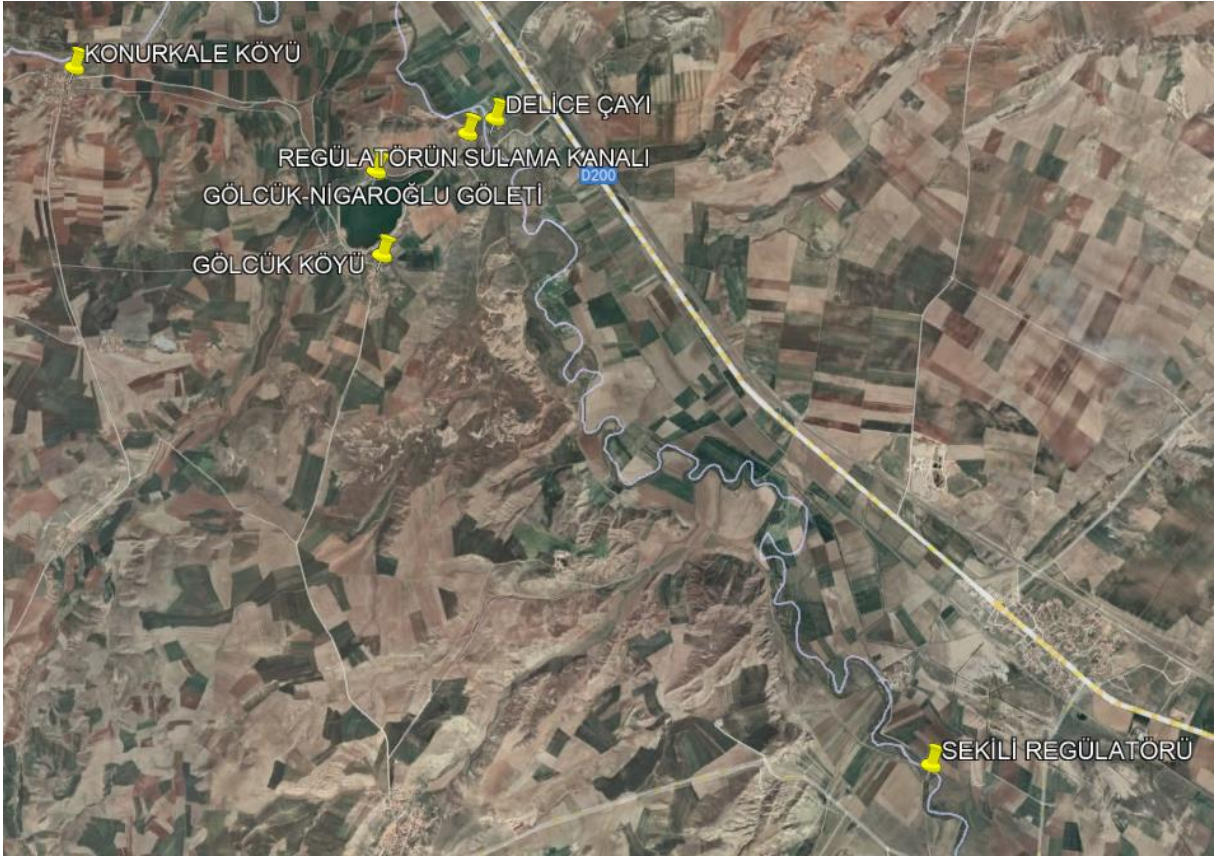
Nigaroğlu Göleti (Şekil 24 ve Şekil 25) 1976 yılında mülga TOPRAKSU Genel Müdürlüğü tarafından yapılmıştır. Göletin Gölcük ve Konurkale köylerine hizmet etmesi ve 165 çiftçinin yararlanması planlanmıştır. Göletin sulama alanı 2400 dekadır.

Göletle ilgili bazı bilgiler aşağıda verilmiştir.

- Rezervuarın brüt depolama hacmi 2,56 milyon m<sup>3</sup>
- Faydalı su hacmi 531 bin m<sup>3</sup>
- Dolu savak kret kotu 698,50 m
- Dolu savak kapasitesi 11,3 m<sup>3</sup>/sn
- Gölet çıkış kanalı kapasitesi 0,2 m<sup>3</sup>/sn
- Sulama şebekesi toplam uzunluğu 15.146 m



Şekil 24. Delice Alt Havzası sulama projeleri ve Nigaroğlu Göletinin konumu



Şekil 25. Nigaroğlu Göleti, Gölcük Köyü ve Sekili Regülatörü Uydu Görüntüsü

İl Özel İdaresi yetkilileri, proje ekibi ve çiftçilerin katılımı ile yapılan saha incelemesinde, göleti besleyen akarsu üzerine bir başka gölet yapılması nedeniyle, Nigaroğlu Göleti'nin son yıllarda tam dolmadığı ve çiftçilerin yeterince su alamadığı belirtilmiştir. Ayrıca, muhtarlık yönetiminde olan göletin ve sulama sisteminin bakımlarının yeterince yapılamadığı, sulama kanalının çok yıprandığı ve su kaybına sebep olduğu ifade edilmiştir.

Gölcük muhtarlığı tarafından, Nigaroğlu Göletinin tam dolması durumunda göletteki suyun Gölcük ve Konurkale köylerine ek olarak diğer köylere de verilebileceğini ifade edilmiştir.

Nigaroğlu Göletinin 200-300 m doğusunda yer alan ve göletin kotundan yaklaşık olarak 15 m aşağıda bulunan Sekili Regülatörü sulama kanalından kış aylarında bırakılan sular kullanılarak, göletin tam kapasite ile doldurulabileceği belirtilmiştir (Şekil 26). Saha ziyareti sırasında Sekili Regülatöründen, Nigaroğlu Göletinden ve Nigaroğlu Göletini besleyen akarsu kolundan su numunesi alınarak tuzluluk analizi yapılmıştır. Yapılan analiz sonucuna göre regülatörden gelen su kalitesinin, Nigaroğlu Göleti'nin su kalitesine yakın olduğu, göleti besleyen akarsu kaynağının ise daha tuzlu olduğu belirlenmiştir. Çiftçiler tarafından her yıl Nisan ayından



sonra tarımda kullanılan suların geri dönmesi nedeniyle Sekili Regülatörünün su kalitesinin bozulduğu ve Delice Irmağının tuzluluğunun arttığı (T3 veya T4 sınıfı), bu nedenle çiftçilerin Delice Irmağı suyunu kullanmadığı belirtilmiştir. Bu nedenle Sekili Regülatöründen Nigaroğlu Göleti'ne suyun kış aylarında sulama sezonu başlayana kadar aktarılması seçeneği irdelenmiştir.



Şekil 26. Nigaroğlu Göleti, ve Sekili Regülatörü Sulama Kanalı Uydu Görüntüsü

Sekili Regülatöründen mevcut durumda Gölcük ve Konurkale köyleri haricinde 4 köye sulama suyu iletilmektedir. Sulama Birliği tarafından rotasyon uygulanmaması nedeniyle su dağıtımında eşitlik sağlanamamaktadır. Membada kalan köyler yeterli sulama suyu alırken, mansaptaki köyler çok az su alabilmekte veya hiç alamamaktadır. Delice Irmağından su kullanıldığında ise kalite sorunuyla karşılaşmakta ve verim kaybı ortaya çıkmaktadır.

Nigaroğlu Göleti'ne Sekili Regülatöründen kış aylarında sulama sezonu başlayana kadar su aktarılması için üç alternatif yöntem değerlendirilmiştir. Bu yöntemler elektrik motoru, güneş enerjisi veya su gücü pompası ile suyun iletilmesi ve göletin doldurulmasıdır. Bu yöntemlerin avantaj ve dezavantajları aşağıda verilmiştir:

1. Elektrikli motopomp: İlk yatırım ve işletme-bakım masrafları gerekmektedir. Elektrik enerjisi masrafları yüksek olduğundan işletme masraflarının çok yüksek olması ve ödemede güçlük çekilmesi olasıdır.
2. Güneş enerjisi: İlk yatırım ve işletme-bakım masrafları gerekmektedir. İşletme masrafları oldukça az olup, kışın yeterli güneş enerjisi alınamayacağından basılan su miktarı az olacaktır.
3. Su gücü pompası: İlk yatırım ve işletme-bakım masrafları gerekmele birlikte, işletme masrafları yok denecek kadar azdır. Su gücü pompası bir akarsu ve bir düşü ile çalıştığından sulama kanalının eğimine göre ne kadarlık bir düşü sağlanabileceği ve kanaldaki suyun ne kadarının gölete basılabileceği incelenmelidir.

İlk yatırım masraflarının karşılanması hususunda bir proje önerisi hazırlanarak Konya Ovası Projesinden (KOP) %100 hibe sağlanması mümkündür. KOP projesi ile iletişime geçilerek bu konuda daha fazla araştırma yapılmasına ihtiyaç vardır. Göletin kullanım hakkı Gölcük Köyü muhtarlığında olduğundan, proje aşamasında muhtarlığın yazılı izni alınmalıdır. Ayrıca regülatörden gelen kanala kışın-sulama sezonu başlayana kadar su verilmesi ve bu suyun gölete pompalanmasına izin verilmesi gerektiğinden DSİ'den ve gölet sahibi kurum olan Kırşehir İl Özel İdaresi'nden izin alınmalıdır.

Projenin hayata geçirilmesi durumunda ise gölette depolanan su iki şekilde köylere ulaştırılabilecektir:

1. Kışın gölete su basılan kanala yazın su gönderilmesi ve 4 köye su iletilmesi
2. Göletten sulama yapılan iki köye giden kanal ile diğer dört köye giden kanal arasında bir bağlantı yapılması

#### **4.2. Atık Suyun Tarımda Değerlendirilmesi**

Delice ilçesi Çerikli beldesindeki tarımsal faaliyetler için ikinci alternatif su kaynağı olarak atık suyun kullanılması düşünülmüştür. DSİ 5. Bölge Müdürlüğü ile yapılan görüşmelerde, DSİ'nin öncelikli olarak sulama projelerini yüzey sularıyla yürüttüğü bilgisi alınmıştır. Atık suyun tarımda değerlendirilmesi konusunda dezenfeksiyon ve benzeri ilave arıtma maliyetlerinin hangi kurum tarafından karşılanacağı konusunda belirsizlik olduğu belirtilmiştir. Ayrıca, proje alanında yerleşik nüfus az olduğundan, 10 lt/sn'den daha az debili atık suların İl Özel İdaresi sorumluluğunda olduğu dile getirilmiştir.

Bu bilgiler ışığında, Çerikli beldesi için atık suyun tarımda alternatif su kaynağı olarak kullanılmasının yakın dönemde mümkün olmadığı anlaşılmaktadır. Ülkemizde atık suların tarımda değerlendirilmesi uygulamaları çok azdır. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın bu konuda belirlediği hedef 2023 yılı için yalnızca %5'tir. Atıksuların yeniden kullanılmasında ortaya çıkan ilave arıtma maliyetleri, kalite kriterleri, olası sağlık riskleri ve diğer sosyal faktörler nedeniyle ülkemizde henüz bu konuda ilerleme kaydedilememiştir.

### **4.3. Tuzluluğa Dayanıklı Bitki Önerileri**

Kırıkkale ili için önerilen üçüncü alternatif çözüm önerisi mevcut durumda tuzluluğa dayanıklı bitki desenine geçilmesidir. Bu konuda proje ekibi tarafından bir çalışma yürütülerek, sonuçlar ayrı bir rapor halinde sunulmuştur.

Toprak tuzluluğuna ve sulama suyu tuzluluğuna dayanıklı olan ve yörede yetişebilecek bitkiler hemen hemen aynıdır. Bölgede büyük oranda yetiştirilen buğday, arpa ve şeker pancarı önerilen bitkiler arasındadır. Bu bitkilerin 2020 yılı net gelir yaklaşık değerleri ve TAGEM bitki su tüketimi rehberinden alınan (TAGEM, 2017) bitki su tüketimleri Tablo 8'te verilmiştir. Tabloda görüldüğü üzere bitkilerin çoğuna ilişkin alan, verim, net gelir, su tüketimi bilgilerine ulaşılamamaktadır.

Tuzlu topraklarda kullanılan sulama suyunun da tuzlu olması halinde verim azalması hesaplamalarında sulama suyu tuzluluğunun dikkate alınması gerekmektedir. Bu durumda, bölgedeki su kaynaklarının tuzluluk değeri dikkate alınarak, Tablo 8'te verilen bitkilerin yörede yetiştirilmesi önerilmektedir. Ancak, bitki seçiminde çiftçi alışkanlığının, bitkinin verim ve gelir değerinin, bitki su tüketiminin, pazar koşullarının, ayrıca bitkinin agro-ekolojik isteklerinin yöreye uygunluğunun dikkate alınması çok önemlidir.



Tablo 8. Yöre için önerilen tuzluluğa dayanıklı bitkiler

Bitki	Delice İlçesindeki Veriler			
	Ortalama alan (da)	Ortalama verim (kg/da)	Net gelir (TL/da) (2020)	Bitki su tüketimi* (mm/yıl)
Arpa ( <i>Hordeum vulgare</i> )	95.900,0	82,0	60,0 (Kuru)	448,0
Arpa, yemlik ( <i>Hordeum vulgare</i> )				
Börülce ( <i>Vigna unguiculata</i> )				605,0
Buğday, Ekmeklik ( <i>Triticum aestivum</i> )	210.150,0	105,0	140,0 (Kuru) 350,0 (Sulu)	515,0
Buğday, Makarnalık ( <i>Triticum turgidum</i> )	-	-		515,0
Çok yıllık çim ( <i>Lolium perenne</i> )				
Dar yapraklı Gazal boynuzu ( <i>Lotus comiculatus tenuifolium</i> )				
Kamışsı Yumak ( <i>Festuca elatior</i> )				
Köpekdişi ( <i>Cynodon dactylon</i> )				
Otlak ayrığı ( <i>Agropyron cristatum</i> )				
Pancar, kırmızı ( <i>Beta vulgaris</i> )				860,0
Sakızkabağı (courgette) ( <i>Cucurbita pepo melopepo</i> )				
Sibirya Ayrığı ( <i>Agropyron sibiricum</i> )				
Sorgum ( <i>Sorghum bicolor</i> )				
Soya ( <i>Glycine max</i> )				
Şeker Pancarı ( <i>Beta vulgaris</i> )	920,0	2.943,0	1.100,0	860,0
Yumrulu Kanyaş ( <i>Phalaris tuberosa</i> )				
Yüksek otlak ayrığı ( <i>Agropyron elongatum</i> )				

\* Kırıkkale

## KAYNAKLAR

- Akşit, C., 2020. Yüzealtı damla sulama yöntemi ile uygulanan farklı sulama suyu miktarlarının silajlık mısır verimine etkisi. Doktora tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Akturk, G., Zeybekoglu, U., Yıldız, O., 2022. Assessment of meteorological drought analysis in the Kizilirmak River Basin, Turkey Arabian Journal of Geosciences (2022) 15: 850. <https://doi.org/10.1007/s12517-022-10119-0>
- Arıtürk, M. E. ve Erdem, Y. 2008. İkinci ürün silajlık mısırın (*Zea Mays* L.) sulama zamanının planlanması ve su-verim-kalite ilişkilerinin belirlenmesi. ADÜ Ziraat Fakültesi Dergisi 2011; 8(1) : 73 - 82
- Arslan, O., Bilgil, A., Veske, O., 2016. Standart Yağış İndisi Yöntemi İle Kızılırmak Havzası'nın Meteorolojik Kuraklık Analizi, Niğde Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt 5, Sayı 2, (2016), 188-194
- Dağdelen, N., Akçay H., Sezgin, F., Ünay, A., Gürbüz, T., 2009. Farklı sulama rejimleri altında silajlık mısırın su üretim fonksiyonlarının belirlenmesi. ADÜ Ziraat Fakültesi Dergisi, 7 (1), 55-64.
- Değirmenci, H. ve Keten, M., 2020. Kısıntılı Sulama Koşullarında İkinci Ürün Silajlık Sorgum ve Mısır bitkisinin Su-Verim İlişkisi ve Light Bar Tekniği Kullanarak Fotosentetik Aktif Radyasyonla Kanopinin Belirlenmesi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi BAP Sonuç Raporu, PROJE NO: 2017/6-33 M.
- Dellal ve Ünüvar, 2019. Effect of Climate Change on Food Supply of Turkey, Journal of Environmental Protection and Ecology 20, No 2, 692-700 (2019).
- DSİ, 2016a. Orman ve Su İşleri Bakanlığı (Mülga) Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Kızılırmak Havzası Master Plan Raporu.
- DSİ, 2016b. Orman ve Su İşleri Bakanlığı (Mülga) Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Kırıkkale- Gelingüllü Projesi Çerikli Sulaması Projesi Yapım İş Teknik Raporu.

DSİ, 2022. Toprak Su Kaynakları, <https://www.dsi.gov.tr/Sayfa/Detay/754#:~:text=T%C3%BCrkiye'de%20y%C4%B1ll%C4%B1k%20ortalama%20oya%C4%9F%C4%B1%C5%9F,milyar%20m3%20suya%20tekab%C3%BCl%20oetmektedir>. Erişim tarihi 10.10.2022

Falkenmark, M. (1989) "The massive water scarcity threatening Africa- why isn't it being addressed", *Ambio* 18(2), 112-118.

FAO, The State of Food Security and Nutrition In The World, 2020.

Gül, G., 2021. Delice Iрмаğı (Kızılırmak) İhtiyofaunası ve Bazı Su Kalite Parametrelerinin Araştırılması. Doktora Tezi, 378s.

Kaman, H., 2007. Çukurova Koşullarında Geleneksel Kısıntılı ve Yarı İslatmalı Sulama Uygulamalarına bazı Mısır Çeşitlerinin Verim Tepkileri. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı Doktora Tezi, Adana. S: 127.

Kiziloglu, F.M., Sahin, U., Kuslu, Y., Tunc, T., 2009. Determining water-yield relationship, water use efficiency, crop and pan coefficients for silage maize in a semiarid region. *Irrig, Sci.*, 27(2), 129-137. <https://doi.org/10.1007/s00271-008-0127-y>

Kobak, Ö. ve Taş, İ., 2021. İkinci ürün silajlık mısırdaki dinamik sulama programının verim ve morfolojik özellikler üzerine etkisi. *ADÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2021;18(1):49-57. Doi: 10.25308/aduziraat.795742

Okursoy, H., 2009. Trakya koşullarında farklı sulama yöntemleri altında ikinci ürün silajlık mısırdaki su üretim fonksiyonlarının belirlenmesi. Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı Doktora Tezi, Tekirdağ.

Orta, A.H., Erdem, T., Şehirali, S., Erdem, Y., Başer, İ., Yorgancılar, Ö., 2002. Water - yield relation and water - use efficiency of winter wheat in Western Turkey. *Cereal Research Communications*, 30(3/4): 367-374.

- Sezen, S.M., Yazar, A., 1996. Water-yield relations on winter wheat under Çukurova conditions. Turkish J. Agriculture and Forestry, 20: 41-48.
- SKKY, 2004. Çevre ve Orman Bakanlığı (Mülga) Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği.
- SYGM, 2016. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi Nihai Proje Raporu-Ek. 17 Kızılırmak Havzası
- SYGM, 2019a. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Kızılırmak Havzası Taşkın Yönetim Planı
- SYGM, 2019b. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Kullanılmış Suların Yeniden Kullanım Alternatiflerinin Değerlendirilmesi Projesi. Kızılırmak Havzası Ön Fizibilite Raporu ve Taslak Eylem Planı
- SYGM, 2022. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Taşkın ve Kuraklık Yönetimi Dairesi Başkanlığı, Kızılırmak Havzası Kuraklık Yönetim Planı. “Stratejik Çevresel Değerlendirme Kapsam Belirleme Raporu”, Eylül 2022.
- T. Pilevneli, G. Capar, C. S. Cerda . Investigation of climate change impacts on agricultural production in Turkey using volumetric water footprint approach, Sustainable Production and Consumption, Vol 35 (2023), 605-623.
- T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Kızılırmak Havzası Havza Koruma Eylem Planı, 2015.
- T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Ulusal Su Planı 2019-2023 Dönem Raporu, 2018.
- TAGEM, 2017. Türkiye’de Sulanan Bitkilerin Bitki Su Tüketimleri. T.C. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü (TAGEM) Yayınları, 590s., Ankara.
- Tari, A. F., 2016, “The effects of different deficit irrigation strategies on yield, quality, and water-use efficiencies of wheat under semi-

arid conditions” Agricultural Water Management, 167 (2016), 1-10.

Tekin, S., Sezen, S.M., Arslan, S., Boyacı, S., Yıldız, M., 2014. Water production functions of wheat irrigated with saline water using line source sprinkler system under the Mediterranean type climate. Turkish J. of Agricultural and Natural Sciences, Special Issue: 1017-1024.

TUİK, 2020. Bitkisel Üretim İstatistikleri Veri Tabanı. <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Tarim-111>

WaterSTAT, 2005. Mekonnen, M.M., Hoekstra, A.Y., 2011. The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products. Hydrol Earth Syst Sci 15. <https://doi.org/10.5194/hess-15-1577-2011>. <https://waterfootprint.org/en/resources/waterstat/product-water-footprint-statistics/>

Yakan H. and Kanburoğlu S. 1992. Kırklareli koşullarında buğday su tüketimi. KHGM Kırklareli Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları Genel Yayın No:30, Rapor Seri No:26.

Yazar, A. Yarpuzlu, A., Sezen, S.M., 2002. Irrigation of Cotton and Wheat with Drainage Water in The Mediterranean Region of Turkey. International Symposium on Techniques to Control Salination for Horticultural Productivity ISHS Acta Horticulturae 573.



