



Bu proje Avrupa Birliği tarafından finanse edilmektedir.  
This project is funded by the European Union.

## Türkiye Sütçülük Sektörünün Kırılmalıkları



## Değişen İklimde ve Su Riskleri





Bu proje Avrupa Birliği tarafından finanse edilmektedir.  
This project is funded by the European Union.

Bu rapor, T.C. Dışışleri Bakanlığı AB Başkanlığı tarafından koordine edilen ve Avrupa Birliği tarafından finanse edilen Türkiye-AB Sivil Toplum Diyalogu 5. Dönem çağrısı çerçevesinde Ambalajlı Süt ve Süt Ürünleri Sanayicileri Derneği (ASÜD)'nin koordinatör faydalanıcı olduğu “Türkiye Sütçülük Sektörünün Su Sürdürülebilirliği; Verimlilik, Riskler ve Kırılganlıklar” projesi kapsamında (Hibe No:TR2015/DG/01/A5-02/113) hazırlanmıştır.

## Rapor Hakkında

Bu rapor Water Footprint Network (WFN) teknik uzmanı Dr. Ertuğ Erçin tarafından hazırlanmış ve Türkiye Ambalajlı Süt ve Süt Ürünleri Sanayicileri Derneği (ASÜD), İklim Araştırmaları Derneği (İAD) ve International Business Leaders Forum (IBLF) çalışanları ve gönüllülerinden oluşan proje ekibi üyeleri tarafından Türkçeye tercüme edilmiş ve gözden geçirilmiştir.

Lütfen raporu aşağıdaki şekilde referans olarak gösterin:

Ercin E. 2020. Türkiye Sütçülük Sektörünün Kırılganlıkları: Değişen İklimde Su Riskleri. Water Footprint Network. Teknik Rapor.





Bu proje Avrupa Birliği tarafından finanse edilmektedir.  
This project is funded by the European Union.

## İçindekiler

|                                                                                            |                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| <b>YÖNETİCİ ÖZETİ</b> .....                                                                | <b>6</b>                     |
| <b>1 GİRİŞ</b> .....                                                                       | <b>12</b>                    |
| <b>2 TÜRKİYE SÜTÇÜLÜK SEKTÖRÜ SU KULLANIMI</b> .....                                       | <b>15</b>                    |
| 2.1 TÜRKİYE’DE BİR LİTRE SÜTÜN SU AYAK İZİ.....                                            | 16                           |
| 2.2 TÜRKİYE’DE SÜTÇÜLÜK SEKTÖRÜNÜN YILLIK SU KULLANIMI.....                                | 18                           |
| <b>3 SU SORUNLARINA KARŞI TÜRKİYE SÜTÇÜLÜK SEKTÖRÜNÜN SU KIRILGANLIKLARI</b> .....         | <b>22</b>                    |
| 3.1 TÜRKİYE’NİN EN BÜYÜK SÜT ÜRÜNLERİ ÜRETEN İLLERİNDEKİ SU SORUNLARI: İZMİR VE KONYA..... | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| <b>4 ÖNERİLER</b> .....                                                                    | <b>31</b>                    |
| <b>5 SONUÇ</b> .....                                                                       | <b>34</b>                    |
| <b>REFERANSLAR</b> .....                                                                   | <b>36</b>                    |
| <b>EK 1: METOT VE VERİ</b> .....                                                           | <b>38</b>                    |
| SU AYAK İZİ (SU KULLANIMI) HESAPLAMALARI.....                                              | 38                           |
| KIRILGANLIK DEĞERLENDİRMESİ.....                                                           | 41                           |
| KURAKLIK ŞİDDETİ.....                                                                      | 41                           |
| <b>EK II: TÜRKİYE’DE KULLANILAN YEM BİTKİLERİNİN SU AYAK İZİ</b> .....                     | <b>42</b>                    |





Bu proje Avrupa Birliği tarafından finanse edilmektedir.  
This project is funded by the European Union.

## Şekiller

- Şekil 1:** Türkiye inek sütü üretim (ton), 2004-2018 ortalama..... 13
- Şekil 2:** Süt tedarik zinciri üretim aşamalarında nispi ve doğrudan yeşil ve mavi su kullanımı. Yeşil su kullanımı, toprak nemi (yeşil su ayak izi) yoluyla yağış kullanımı anlamına gelir; mavi su ise yeraltı ve yüzey sularından (mavi su ayak izi) elde edilir. .... 15
- Şekil 3:** Dünyada 1 litre inek sütünün su ayak izi. Yeşil ile işaretlenmiş ülkeler küresel ortalamadan (1.000 m<sup>3</sup>) daha düşük su ayak izine sahiptir ve sarıdan kırmızıya olan ülkeler küresel ortalamadan daha büyük su ayak izlerine sahiptir. .... 17
- Şekil 4:** Türkiye'deki süt değer zincirindeki mavi su ayak izi (toplam mavi su ayak izinin %'si olarak)..... 17
- Şekil 5:** Türkiye'de il başına üretilen 1 litre sütün su ayak izi (litre olarak). Yeşil tonlarında belirtilen illerde süt üretiminde Türkiye ortalamasına göre daha az su ayak izi, sarıdan kırmızıya değişen renkler ise Türkiye ortalamasından daha fazla su ayak izine hesaplanmıştır..... 18
- Şekil 6:** Türkiye'de süt üretiminin il başına yıllık yeşil su kullanımı (milyon m<sup>3</sup>). Yıllık yeşil su kullanımı, üretim sırasında kullanılan yağış miktarını ifade eder ve süt üretiminin kuraklık koşullarına ne kadar duyarlı olduğunu gösterir..... 19
- Şekil 7:** Türkiye'deki en fazla süt üretim olan illerdeki inek sütü litresi başına yeşil su ayak izi ile yıllık yeşil su kullanımı..... 19
- Şekil 8:** Türkiye'de süt üretiminin yıllık mavi su kullanımı (milyon m<sup>3</sup>). Yıllık mavi su kullanımı, üretim sırasında kullanılan yüzey ve yeraltı sularının hacmini ifade eder ve süt üretiminin su kıtlığı, mevsimsel su değişkenliği, yıl içi su değişkenliği ve yeraltı suyu düşüşü gibi su sorunlarına karşı ne kadar hassas olduğunu gösterir. .... 20
- Şekil 9:** Türkiye'deki en fazla inek sütü üretimi yapılan illerde yıllık mavi su kullanımı (sağ eksenlerde milyon m<sup>3</sup> olarak açık mavi çubuklar) ile 1 litre inek sütü üretiminin mavi su ayak izi (sol eksenlerde litre cinsinden koyu mavi çubuklar)..... 21
- Şekil 10:** Türkiye'de süt üretimi hacminin, farklı iklim koşullarındaki tehlike şiddeti seviyelerine göre sınıflandırılan yüzdesi. 2050 yılı için RCP 6.0 iklim değişikliği senaryoları kullanılmıştı..... 25
- Şekil 11:** Günümüz ve gelecekteki iklim koşullarında Türkiye sütçülük sektörünün kuraklık ve su kıtlığı kırılganlık haritaları..... 27
- Şekil 12:** Türk sütçülük sektörünün mevsimsel su değişkenliği, yıllar arası su değişkenliği, yeraltı suyu düşüşü ve taşkın riskine karşı kırılganlık haritaları..... 28
- Şekil 13:** İzmir ve Konya için günümüz (üstteki şekil) ve gelecekte (alttaki şekil) yaşanacak kuraklık haritası. 2050 yılı için RCP 6.0 iklim değişikliği senaryoları kullanılmıştı..... 29
- Şekil 14:** İzmir ve Konya için günümüz (üstteki şekil) ve gelecekte (alttaki şekil) yaşanacak su kıtlığı haritası. 2050 yılı için RCP 6.0 iklim değişikliği senaryoları kullanılmıştı..... 30





Bu proje Avrupa Birliği tarafından finanse edilmektedir.  
This project is funded by the European Union.

## Tablolar

|                                                                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tablo 1:</b> Kırılđanlık değerlendirmesinde kullanılan hassasiyet ve maruz kalma göstergeleri.....                           | 22 |
| <b>Tablo 2:</b> Türkiye sütçülük sektörünün su sorunlarına karşı kırılđanlıđı .....                                             | 22 |
| <b>Tablo 3:</b> Türkiye sütçülük sektörünün su sorunlarına karşı kırılđanlıklarını azaltmak için önerilen eylemlerin zeti..... | 31 |





Bu proje Avrupa Birliği tarafından finanse edilmektedir.  
This project is funded by the European Union.






## Yönetici Özeti

İklim değişikliğinin, Türkiye'de su kıtlılığının ve kuraklığın artmasına neden olması beklenmektedir. Bu durumun, üretimin aksamaması ve ham madde kıtlılığı açısından Türkiye süt ve süt ürünleri sektörü üzerinde etkileri vardır. Bunun en temel nedeni, süt ve süt ürünleri değer zinciri boyunca üretim süreçlerinin büyük miktarda su kullanmasıdır. Bu durum, bir yandan sektörü su kaynaklarına bağımlı kılarken, bir yandan da günümüzde ve gelecekte su ile ilgili yaşanacak olaylar ile ilgili olarak sektörü kırılgan hale getirmektedir.

Raporda Türkiye sütçülük sektörünün su talebi haritalandırılmış ve suyla ilgili kırılganlıkların, süt üretimini ve bağlı olduğu önemli bileşenlerin arzını nasıl etkileyebileceği değerlendirilmiştir. Su kıtlılığı, kuraklık, mevsimsel ve yıllık su değerşkenliği sektör için kilit su sorunları olarak tanımlanmaktadır. Bu rapor, Türkiye sütçülük sektörünün su sürdürülebilirliği ve ekonomik istikrarının potansiyel kırılganlıklarının neler olduğunu ve ayrıca kısa ve uzun vadeli gelecekte su sorunlarının hangi üretim aşamalarını daha fazla etkileyebileceğini ortaya koymaktadır.

Çalışma, Türkiye sütçülük sektörünün, üretimi etkileyen su kıtlılığı ve mevsimsel su değerşkenliğine, tarımsal ürünlerin arzına ve yem bitkilerindeki arz eksikliğine bağlı olarak ortaya çıkan fiyat dalgalanmalarına karşı özellikle hassas olduğunu ortaya koymaktadır (bknz. Şekil A). Yakın gelecekte, mısır, arpa, ayçiçeği ve buğday gibi yem ham maddelerinin önemli veya şiddetli su kıtlılığı olan bölgelerde üretilmesi nedeniyle etkilenmesi muhtemeldir. İklim değerşikliği, yağış rejimi ve miktarını değerştirdiğinden ve üretim illerinde kuraklık veya su ile ilgili diğer problemleri arttırdığından, uzun vadede bu ürünler daha fazla etkilenecektir. Bu raporda sunulan bulgular, paydaşları süt üretimi konusunda bilgilendirmeyi ve suyla ilgili sorunlarla mücadele etmek veya önlemek için etkili stratejiler geliştirmek noktasında gerekli verileri sağlamayı amaçlamaktadır.

## Şekil A: Türkiye sütçülük sektörünün su kırılganlığı

| Su ile İlgili Sorunlar          |  |  |  |  |  |
|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|                                 | Sütçülük Sektörü                                                                    | Yem Hammaddesi                                                                      | Yem Üretimi                                                                         | Hayvancılık                                                                           | Süt İşleme                                                                            |
| Kuraklık                        | Orta                                                                                | Yüksek                                                                              | Orta                                                                                | Yüksek                                                                                | Orta                                                                                  |
| Su Kıtlılığı                    | Orta                                                                                | Yüksek                                                                              | Orta                                                                                | Yüksek                                                                                | Orta                                                                                  |
| Mevsimsel Su Değerşkenliği      | Yüksek                                                                              | Yüksek                                                                              | Orta                                                                                | Yüksek                                                                                | Yüksek                                                                                |
| Yıllar Arası Su Değerşkenliği   | Orta                                                                                | Orta                                                                                | Orta                                                                                | Orta                                                                                  | Orta                                                                                  |
| Yeraltı Suyu Azalması           | Orta                                                                                | Orta                                                                                | Orta                                                                                | Orta                                                                                  | Orta                                                                                  |
| Su Baskını                      | Düşük                                                                               | Düşük                                                                               | Düşük                                                                               | Düşük                                                                                 | Düşük                                                                                 |
| İklim Değerşikliği-Kuraklık     | Orta                                                                                | Yüksek                                                                              | Orta                                                                                | Yüksek                                                                                | Orta                                                                                  |
| İklim Değerşikliği-Su Kıtlılığı | Yüksek                                                                              | Çok Yüksek                                                                          | Yüksek                                                                              | Çok Yüksek                                                                            | Yüksek                                                                                |





Bu proje Avrupa Birliği tarafından finanse edilmektedir.  
This project is funded by the European Union.

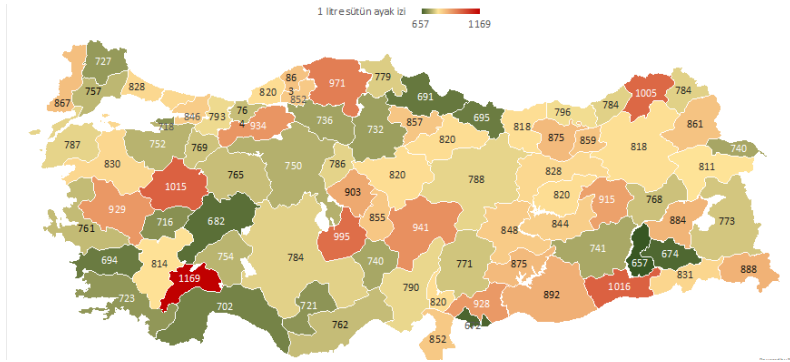
*Türkiye sütçülük sektörüne yönelik su sorunlarının yol açabileceği potansiyel hasar önemli olabilir: yakın gelecekte su mevcudiyetindeki keskin bir düşüş yem fiyatlarında artışa neden olacaktır. Bu da sütçülük sektöründe ham madde fiyatlarında ciddi fiyat dalgalanmalarına sebep olabilir.*

## Türkiye Sütçülük Sektörünün Su İhtiyacı

Türkiye sütçülük sektörünün tüm değer zinciri yılda yaklaşık 16,5 km<sup>3</sup> su kullanmaktadır<sup>1</sup>. Bu suyun yaklaşık %80'i yağıştan gelmektedir, bu da süt sektörünün üretim yerlerindeki yağış rejimine oldukça bağımlı olduğunu ortaya koymaktadır. Sektörün bağılı olduğu suyun üçte biri 9 ilden gelmektedir: İzmir (%6,3), Konya (%6,2), Erzurum (%3,8), Balıkesir (%3,3), Diyarbakır (%3,3), Aydın (%2,8), Denizli (%2,6), Kars (%2,3) ve Şanlıurfa (%2,3).

Sütçülük sektöründe suyun %98'i yem ham maddesi, %2'si ise endüstriyel prosesler için kullanılmaktadır. Bu durum sektörün bahse konu 9 ilden gelen tarımsal ham madde arzını etkileyerek su sorunlarına karşı özellikle savunmasız olduğu anlamına gelmektedir.

Türkiye'de 1 litre inek sütü üretmek için kullanılan su miktarı veya su ayak izi ortalama 806 litredir (Türkiye'de iller bazında inek sütünün su ayak izi için bknz. Şekil B). Türkiye'de büyük ölçüde tüketilen diğer bazı süt ürünlerinin su ayak izi ise 1 kg. beyaz peynir için 2.300 litre, 1 kg yoğurt için 1.080 litre ve 1 kg tereyağı için 4.850 litredir.



**Şekil B:** Türkiye'de iller bazında inek sütünün su ayak izi (litre süt başına tüketilen litre su).

<sup>1</sup> Türkiye sütçülük sektörünün yeşil ve mavi su ayak izleri. Yeşil su ayak izi, bitkileri sulamak için kullanılan yağış miktarıdır. Kuraklıktan kaynaklanan güvenlik açıklarını değerlendirmek için kullanılır. Mavi su ayak izi, bitkileri sulamak için kullanılan göllerden, nehirlerden ve akiferlerden gelen sudur. Su bulunabilirliğinden kaynaklanan güvenlik açıklarını değerlendirmek için kullanılır.



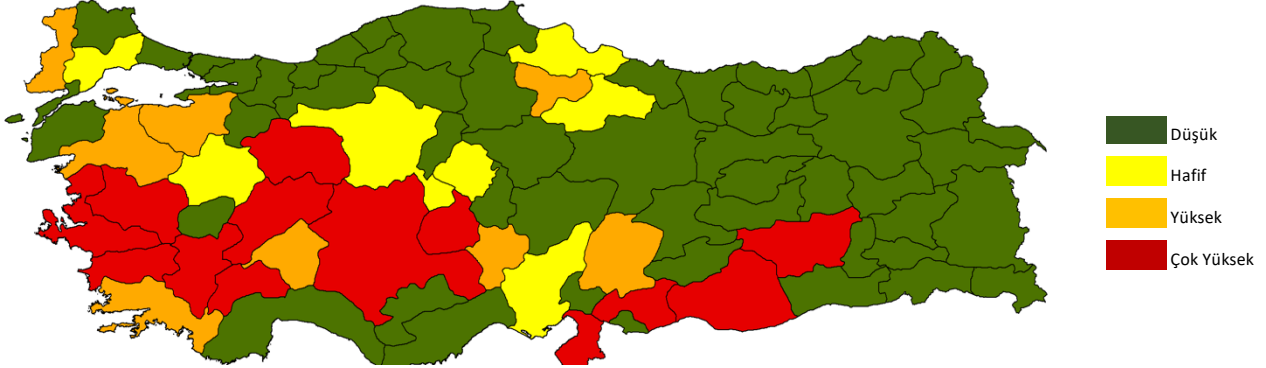
Bu proje Avrupa Birliği tarafından finanse edilmektedir.  
This project is funded by the European Union.

## Su kıtlığı ve mevsimsel su değişkenliğin Türkiye'deki süt ve süt ürünleri üretimini etkilemesi muhtemeldir.

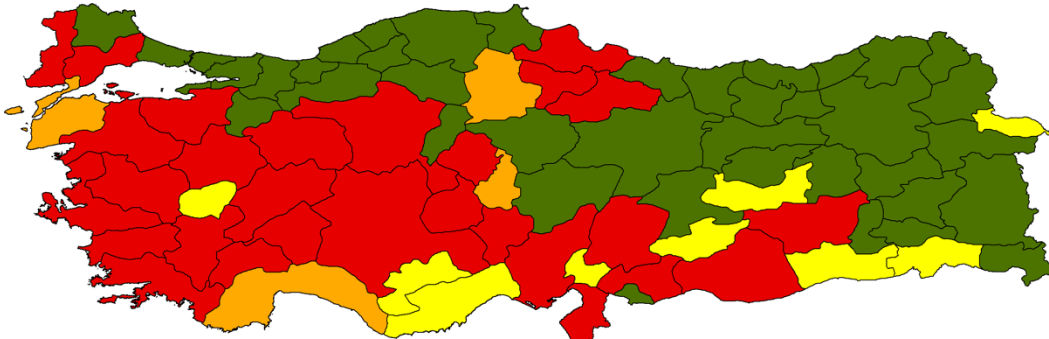
Yakın gelecekte, Türkiye'deki süt değer zincirinin bazı üretim aşamaları, üretim yerlerindeki su kıtlığı nedeniyle sekteye uğrayabilir; yem bitkileri üretiminde ve süt işleme sırasında kullanılan suyun büyük bir kısmı, önemli ölçüde su kıtlığı olan alanlardan gelmektedir. Bu, yüzey ve yeraltı suyu kaynaklarının ciddi şekilde tükendiği özellikle Konya ve İzmir gibi illerde, kalan su için çok fazla rekabet olacağı anlamına gelmektedir.

Süt ürünlerinin yaklaşık %95'i mevsimsel su değişkenliğine karşı "oldukça kırılgan" olarak sınıflandırılan yerlerde; süt ürünlerinin %36'sı ise su kıtlığına karşı "yüksek/ çok yüksek" düzeyde hassasiyeti olan yerlerde üretilmektedir. Konya, İzmir, Aydın ve Diyarbakır'da üretilen hemen hemen tüm süt ürünleri yüksek su kıtlığı olan yerlerden elde edilmektedir (bknz. Şekil C).

Su kıtlığı kırılganlığı – mevcut iklim



Su kıtlığı kırılganlığı – 2050, iklim değişikliği



**Şekil C** Türkiye sütçülük sektörünün mevcut iklim ve iklim değişikliği nedeniyle 2050 yılında ortaya çıkacağı öngörülen su kıtlığı kırılganlığı







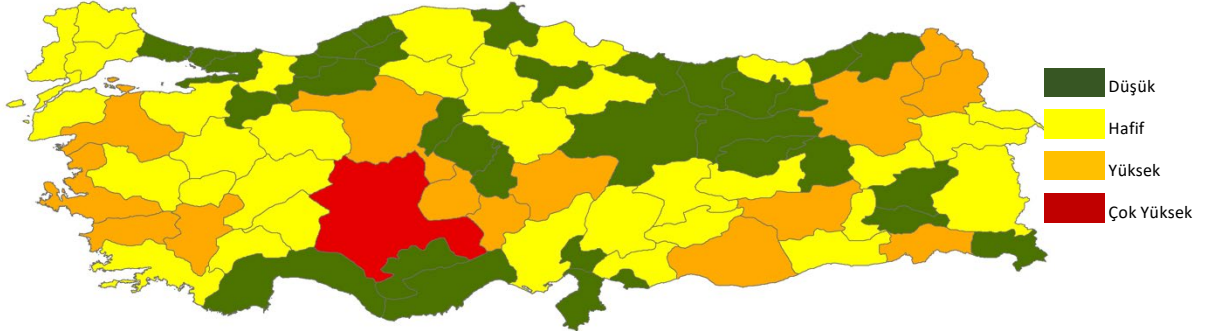
Bu proje Avrupa Birliği tarafından finanse edilmektedir.  
This project is funded by the European Union.

## Sütçülük sektörü yağışlardaki değişikliklere karşı kırılgandır

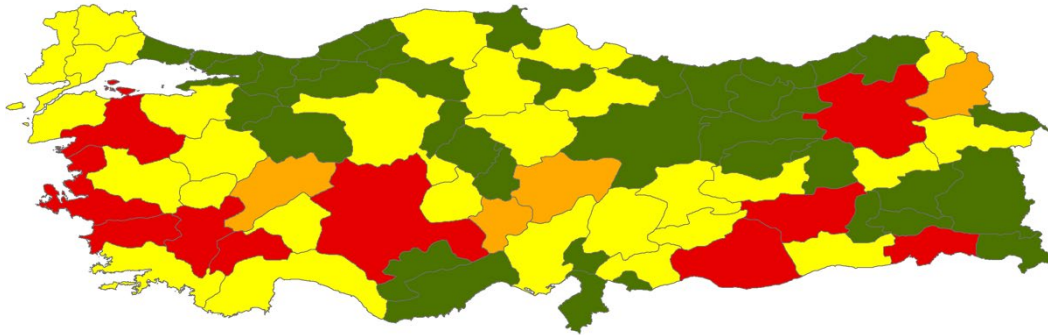
Mevcut iklim koşulları altında, Türkiye'deki süt üretiminin yaklaşık %95'i kuraklık şiddeti düşük/orta şiddetli bölgelerden gelmektedir. Üretimin geri kalan %5'i ise kuraklık şiddeti yüksek olan yerlerde gerçekleştirilmektedir. Bu durum, iklim değişikliğinin neden olduğu yeni koşullar nedeniyle gelecekte önemli ölçüde değişecektir. 2050 yılında süt üretiminin %79'u düşük/orta kuraklık şiddeti olan yerlerde ve geriye kalan yaklaşık %21'lik kısım ise yüksek/çok yüksek kuraklık şiddeti yaşayacak alanlarda gerçekleştirilecektir.

İzmir, Erzurum, Balıkesir ve Diyarbakır'daki büyük süt ürünleri üreticileri arasındaki kuraklık kırılganlığı seviyeleri zaten yüksek olarak sınıflandırılmıştır. İklim değişikliği, bu büyük üreticileri, gelecekte tarımsal kuraklığın artan yoğunluğu ve büyüklüğu nedeniyle kuraklık koşullarına karşı daha savunmasız hale getirecektir. Türkiye'nin batı ve güney bölgelerindeki kuraklık şiddeti de 2050 yılına kadar daha kötüleşecektir. Karadeniz, Doğu Anadolu ve Kuzey-İç Anadolu'daki süt ürünleri kuraklık koşullarına karşı en az kırılgan bölgelerdir ve iklim değişikliği nedeniyle daha da az kırılgan olacaklardır (Şekil D).

Kuraklık kırılganlığı – mevcut iklim



Kuraklık kırılganlığı - 2050, iklim değişikliği



**Şekil D:** Türkiye sütçülük sektörünün mevcut iklim ve iklim değişikliği nedeniyle 2050 yılında ortaya çıkacağı öngörülen kuraklık kırılganlığı



Bu proje Avrupa Birliği tarafından finanse edilmektedir.  
This project is funded by the European Union.

## **İklim değişikliği, sektörü önemli ölçüde etkileyecektir; bu nedenle acil önlemlere ihtiyaç bulunmaktadır**

Türkiye sütçülük sektörünün acil riskleri, mevcut su kıtlığı seviyelerinden kaynaklansa da büyük üretimin gerçekleştirildiği illerde iklim değişikliğine bağlı olarak yağış rejiminin bozulmasının sektör üzerinde çok daha büyük bir etkisi olacaktır. Yağış miktarındaki azalma kuraklığa neden olabilir. Uzun süreli kuraklık, sulama için ilave su talebini arttırabilir. Bu da su kıtlığının artmasına ve mevcut su miktarı azalırken kalan kaynaklar için rekabetin artmasına neden olacaktır.

Bu çalışmanın diğer önemli sonuçlarından biri, sektörün kuraklığa karşı kırılganlığının, bazı kilit üretim bölgeleri için önümüzdeki yirmi ila otuz yıl içinde (2050'ye kadar) kesin bir şekilde artacağıdır. İklim değişikliğinin olası olumsuz etkilerini azaltmak için derhal harekete geçilmesi gerektiği aşikardır. Adaptasyon, diğer bölgelerden tedarik ve yeni pazar alanlarına yatırım yapmak, belirli bölgelerdeki kırılganlıkları azaltma ve kuraklığa daha dirençli hale getirme veya alternatif yem ürünlerini kullanma gibi çabalarla destek sağlamak üzere, her düzeyde karar alma için vaka bazında çalışmalar yapmak da gerekli görülmektedir.

### **İzmir ve Konya su sorunlarına karşı en savunmasız iller**

İzmir ve Konya, yılda bir milyon tondan fazla inek sütü üretmektedir. Bu iki il hem mevcut hem de değişen iklim koşullarında Türkiye'deki su sorunlarına karşı en kırılgan olan illerdir.

Konya'nın yüzölçümünün yaklaşık %45'ine denk gelen bazı bölgelerinde kuraklık şiddeti, yüksek-çok yüksektir. İzmir'in ise sadece %15'i yüksek kuraklık şiddeti yaşamaktadır. Konya ve İzmir'deki kuraklık şiddeti, 2050 yılına kadar ortalama olarak sırasıyla %20 ve %34 artacaktır.

İklim değişikliği İzmir'i bugünkünden daha kurak hale getirecek, kuraklık süresinde ve sıklığında artışa neden olacaktır. Bunun sonucunda, sığırlar için yem tedariki, çim ve kaba yem mevcudiyeti azalabilecek ve dolayısı ile süt verimi de düşecektir. İklim değişikliği, su kaynaklarının verimsizleşmesi ve düşük yem kalitesine ek olarak hayvancılık verimliliği üzerinde de olumsuz etkiler yaratabilecek, hayvanları hastalıklara karşı daha savunmasız hale getirecektir.

Konya ve İzmir'de artan sıcaklıklar nedeniyle hayvancılıkta oluşan ısı stresi, süt üretimi üzerinde olumsuz etkiye yol açacaktır. Artan kuraklık koşulları nedeniyle süt sığırlarının emzirme döneminde kısılmalar olabilecektir. Sonuç olarak, süt üretim miktarı ve kalitesi büyük olasılıkla düşecektir.

---

*Gelecekte süt ürünleri sektörü için Kuzey Anadolu ve Doğu Anadolu stratejik öneme sahip olacaktır. Su varlığı yüksek olan ve suyla ilgili sorunların az yaşandığı bu bölgeler, iklim değişikliğinden olumsuz etkilenmeyecektir.*

---





Bu proje Avrupa Birliği tarafından finanse edilmektedir.  
This project is funded by the European Union.

## Süt sektörü için stratejik öneriler

Bu rapor; Türkiye sütçülük sektörüne yardımcı olabilmek ve tarımsal gıda sektöründe su sorunları ve iklim değişikliğinin yarattığı riskler konusunda farkındalığı arttırmak, Türkiye sütçülük sektörünün su sorunlarına karşı kırılganlığını azaltmak amacıyla beş stratejik öneri ortaya koymaktadır.

1. Su kullanımı, yönetimi ve iklim değişikliği konularında çiftçilerin kapasitesi geliştirilmelidir.
2. Yem bitkileri yetiştiriciliğinde; sulama verimliliğine, kuraklığa dayanıklılığa, suyun yeniden kullanımı ve geri dönüşümüne yatırım yapılmalıdır.
3. Gelecekte, özellikle Kuzey ve Doğu Anadolu bölgelerinde su bakımından zengin bölgelere yatırım yapılmalı ve üretim sistemi değiştirilmelidir.
4. Önemli hassas üretim aşamaları için iklim değişikliğinin etkileri ve bunlarla ilişkili finansal riskler hakkında bilgiye daha kolay erişim sağlanmalıdır.
5. Hava tahmini için su-eksenli, yapay zeka tabanlı teknolojilerin ve özellikle çiftçiler arasında hava tabanlı bilgi araçlarının kullanımı teşvik edilmelidir. Bu akıllı teknolojiler kuraklık koşulları, sulama gereksinimleri ve suyun mevcudiyeti hakkında gerçek zamanlı bilgi sağlayarak erken uyarı sistemleri olarak kullanılmalıdır.





Bu proje Avrupa Birliği tarafından finanse edilmektedir.  
This project is funded by the European Union.

## 1 Giriş

Su, ekonomi için çok önemlidir. Tarım, enerji üretimi, imalat, yiyecek ve içecek ve hazır giyimden turizme kadar hemen hemen her sektör, varlığını sürdürürebilmek için tatlı suya ihtiyaç duymaktadır. Oysa su küresel olarak azalmakta ve her gösterge, değişen iklim nedeniyle gelecekte su varlığının daha da azalacağını ve sorunların artacağını ortaya koymaktadır. Azalan kullanılabilir kaliteli su, artan talep ve rekabet, çiftçiler, üreticiler ve işletmeler için önemli zorluklar yaratmaktadır. Bu sorunlar halihazırda şirketlerin su tahsislerinde azalmaya, tam maliyetli su fiyatlandırmasına doğru kaymalara, su kalitesine ilişkin daha katı düzenlemelere, artan toplum muhalefetine ve kurumsal su yönetimlerinin kamuoyu tarafından daha yakından takip edilmesine neden olmaktadır.

Sütçülük sektörü, herkesin hayatına dokunmaktadır. Sektör sadece insanların yaşam tarzları üzerinde etkili olmakla kalmamaktadır. Aynı zamanda su kaynaklarına bağımlıdır ve kaynaklar üzerinde bir etkiye sahiptir. Süt ve ürünlerinin üretimi, ham maddeden (örneğin yem bitkileri) endüstriyel işleme aşamalarına kadar büyük ölçüde suya bağımlıdır. Örneğin, küresel olarak 1 litre süt üretmek için ortalama 1.000 litre su gerekmektedir ve bunun çoğu yem bitkilerinin yetiştirilmesinde kullanılmaktadır [1]. Bu su bağımlılığı, sütçülük sektörünün üretim yerlerindeki su kıtlığı, kuraklık ve su kirliliği gibi su sorunlarına karşı kırılgan olduğu anlamına gelmektedir. Bu zorluklar kendisini ham madde kıtlığı veya fiyat artışları (örneğin yem), hayvan tüketimi, süt soğutma, ineklerin serinletilmesi, süt işleme ve süt üretimi için su kalitesi ve miktarında düşüş olarak gösterebilir [2,3]. Azalan varlığının yanı sıra yoğun yağış ve aşırı su, üretimi, lojistiği veya su altında kalan otlak alanlar nedeniyle süt üretimini de olumsuz etkileyebilir [4].

Türkiye'de tarım sektörü, GSYİH'nin %6,5'ini<sup>2</sup> üretmekte ve çalışan nüfusunun %17'sini istihdam etmektedir<sup>3</sup>. Türkiye dünyanın en büyük fındık, incir, kayısı ve kuru üzüm üreticisidir ve aynı zamanda büyük bir taze sebze, üzüm, buğday ve pamuk üreticisidir [5]. Sütçülük sektörü, sadece tarımsal üretim açısından değil, aynı zamanda süt ürünleri işleme, perakende satış ve dağıtım açısından da ekonomik önemi büyük bir sektördür.

Türkiye sütçülük sektörü, insanların beslenmelerinde de hayati bir rol oynamaktadır. Süt tüketimi yüksek olmasa da Türk halkı hanelerde büyük miktarlarda yoğurt ve peynir tüketmektedir. Türkiye'de 2018 yılında yaklaşık 21 milyon ton süt (%91'i inek sütü) üretilmiştir [6]. Türkiye'nin en büyük süt üreticisi illeri Konya, İzmir, Erzurum, Balıkesir, Diyarbakır, Aydın ve Kars'tır (her ilde 500.000 tondan fazla süt üretimi ile) (Şekil 1).

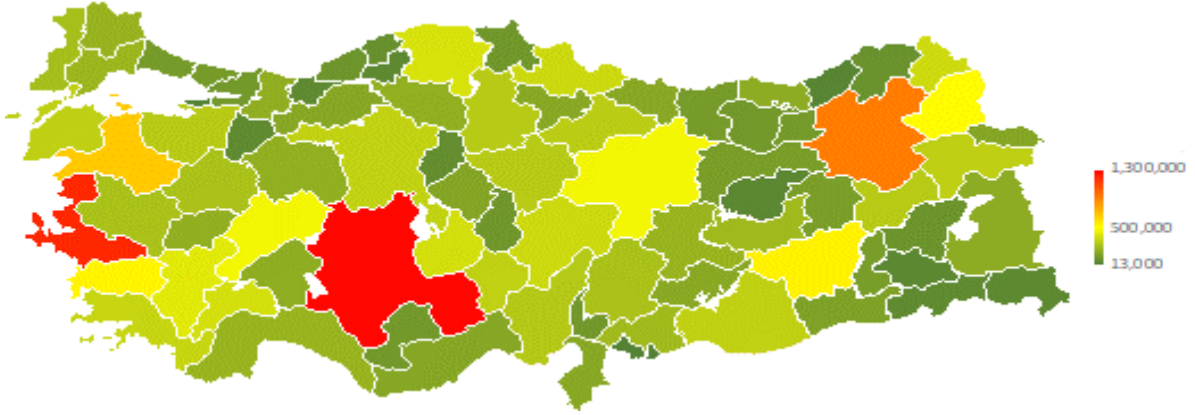
<sup>2</sup> Tarım ve Orman Bakanlığı, <https://www.tarimorman.gov.tr/SGB/Belgeler/Veriler/GSYH.pdf>, 2019 verileri.

<sup>3</sup> Türkiye Sınayi Kalkınma Bankası, <http://www.tskb.com.tr/i/assets/document/pdf/isqucu-istatistikleri-ocak-2019.pdf>, Ocak 2019.





Bu proje Avrupa Birliği tarafından finanse edilmektedir.  
This project is funded by the European Union.



**Şekil 1:** Türkiye inek sütü üretim (ton), 2004-2018 ortalama.

Türkiye'de yıllık 21 milyon ton süt üretimi, üretimde yaklaşık 18 km<sup>3</sup> su kullanılması anlamına gelmektedir<sup>4</sup>. Bu, Türkiye'de yağıştan kaynaklanan yıllık su hacminin yaklaşık %4'ünü ifade etmektedir [7]. Yarı kurak bir ülke olarak, Türkiye sınırlı su kaynaklarına sahiptir. Ülkede kişi başına kullanılabilir su miktarı 1.500 m<sup>3</sup> civarındadır. Türkiye'de mevcut olan suyun yaklaşık %39'u (112 milyar m<sup>3</sup>) (yüzey ve yeraltı suyu) ekonomik sektörler tarafından tüketilmektedir. Bu suyun %73'ü sulamada, %16'sı kullanım suyu olarak ve %11'i sanayide kullanılmaktadır [8]. Rakamlara göre, Türkiye ne su fakiri ne de su zengini bir ülkedir ancak kesinlikle su sıkıntısı çeken bir ülke statüsündedir. Türkiye'de su talebi geçen yüzyılın ikinci yarısında kabaca iki katına çıkmıştır. Ülkedeki toplam su talebi, kuraklığın (ve iklim değişikliğinin) etkileri nedeniyle daha da artmaya devam etmektedir. Son raporlar ve bilimsel çalışmalar Türkiye'nin önümüzdeki yıllarda ciddi su kıtlığı çekebileceğini göstermektedir [9].

Kuraklık ve seller gibi aşırı hava olaylarının yoğunluğunun ve sıklığının artması, Türkiye ekonomisini iklim değişikliğine karşı da kırılgan hale getirecektir. Örneğin, yakın zamanda iklim değişikliği perspektifinden yapılan bir araştırma, Batı Akdeniz Nehir Havzası'nda tarımın kuraklığa karşı kırılganlığının %40 artacağını göstermiştir [10]. Diğer çalışmalar, ülkenin güney ve batı bölgeleri ile doğudaki kar hakimiyeti de dahil olmak üzere Türkiye'nin Akdeniz iklimine sahip bölgelerinin iklim değişikliğine karşı en savunmasız bölgeler olacağını ortaya koymaktadır [11,12]. Bunun süt sektörü üzerinde önemli bir etkisi olacaktır.

- yem üretimi, sığır yetiştirme ve üretim süreçleri için mevcut su miktarının azalması
- mevcut suyun kalitesinin bozulması
- üretilen yem kalitesinde düşüş, yem ürün fiyatlarında artış ve arz sıkıntısı
- otlakların kuruması, yem kalitesinin ve miktarının düşmesi
- hayvanların ısı kaynaklı stresinin artması ve süt veriminin azalması
- yem bitkisi üretimi ve hayvanların su tüketiminde artan su talebi
- taşkın ve buna bağlı olaylar nedeniyle üretim aksaması riskinin artması.

ASÜD (Ambalajlı Süt ve Süt Ürünleri Sanayicileri Derneği) su ile ilgili sorunların, özellikle önümüzdeki yıllarda sütçülük sektörünün sürdürülebilir büyümesi üzerindeki etkisi ile ilgili bu zorlukların farkına vararak, Water Footprint Network ve diğer proje ortakları ile sektörün su

<sup>4</sup> Kendi hesaplamalarınız için lütfen bölüm 2.1'e bakınız.



Bu proje Avrupa Birliği tarafından finanse edilmektedir.  
This project is funded by the European Union.

kırılganlığı ile ilgili bir proje çalışması yürütmüştür. Böylelikle ASÜD sektörün su kırılganlıklarını tespit etmesine, su ile ilgili risklere ve iklim değişikliğine karşı hazırlıklı olmasına, fırsatlar yaratmasına destek olmaktadır. Dernek bu sayede sektörün suyla ilgili sorunlara karşı kırılganlığını ortaya koyarak hazırlıklı olmasını ve sürdürülebilir pazar lideri olmasını sağlamaya çalışmaktadır.

Türkiye sütçülük sektörünün su sorunlarına karşı kırılganlıklarını değerlendirmeyi ve değerşen iklim koşullarında bu sorunların üstesinden gelmek için önerilerde bulunmayı amaçlayan bu rapor, bu çabanın bir parçasıdır.

### Kutu 1. Su sorunlarına ve risklerine karşı kırılganlık

**Kırılganlık:** Süt üretiminin kuraklık, su kıtlığı ve sel gibi su sorunlarına hem mevcut iklim koşullarında hem de tedarik zinciri boyunca iklim değerikliğinin olumsuz etkilere maruz kalma veya bunlarla baş edememe derecesini ifade eder. Kırılganlığın üç boyutu vardır; maruz kalma, duyarlılık ve uyarlanabilir kapasite.

**Maruz Kalma:** retim yerlerindeki su sorunlarına (yüksek derecede ciddiyetle) atıfta bulunur. Bu raporda, kuraklık şiddeti, su kıtlığı, mevsimsel su değeriklenliği, yıl içi su değeriklenliği, yeraltı suyu düşüşü ve sel hasarı maruz kalma unsurları olarak alınmıştır.

**Hassasiyet:** Yıllık su kullanımı açısından sütçülük sektörünün su sorunlarına karşı ne kadar duyarlı olduğunu ifade eder. Su kullanımı ne kadar büyük olursa, su sorunlarından o kadar fazla etkilenir.

**Uyarlanabilir kapasite:** Su sorunlarının sonuçlarıyla başa çıkma yeteneği. Bunun bir rneği, aşırı kuraklık ile başa çıkabilmek için sulama altyapısının kullanılmasıdır ancak bu ge bu raporda ele alınmamıştır.

Bu rapor öncelikle Türkiye sütçülük sektörünün, yem yetiştiriciliği, yem üretimi, sığır yetiştiriciliği, süt ve süt ürünleri üretimi dahil değer zinciri boyunca su kullanımı açısından üretim yerlerindeki su sorunlarına kırılganlığını ölçmektedir. **2. Bölüm**, su kullanımını verimlilik (1 litre süt üretmek için kullanılan su) ve hassasiyet (yıllık kullanılan su miktarı) olarak ele almaktadır. **3. Bölüm**, kuraklık şiddeti, su kıtlığı, mevsimsel su değeriklenliği, yıl içi su değeriklenliği, yeraltı suyu düşüşü ve sel riskine maruz kalma açısından üretim yerlerindeki su sorunlarına karşı kırılganlığı ortaya koymaktadır. Su verimliliği, sürdürülebilirlik ve iklim değerikliğine uyum için öneriler ise **4. Bölüm'de** yer almaktadır. Son bölüm olan **5. Bölüm**, gelecekteki çalışmalar için sonuçlar ve öneriler sunmaktadır.

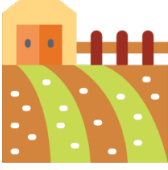







Bu proje Avrupa Birliği tarafından finanse edilmektedir.  
This project is funded by the European Union.

## 2 Türkiye stclk sektörü su kullanımı

Süt değer zincirinde büyük miktarda suya ihtiyaç duyan dört adım vardır: (i) yem ham maddesi üretimi, (ii) yem üretimi, (iii) hayvancılık ve (iv) süt işleme (şekil 2). Süt rnlerinin dağıtımında, perakende satışında, tüketiminde ve bertarafında su kullanımı, üretim aşamalarının diğer bölümlerindeki (toplam su kullanımının %0.1'inden daha azdır) tüketimlere kıyasla önemsiz olduğu için bu rapora dahil edilmemiştir [13,14].

|                    |  Yem Hammaddesi |  Yem retimi |  Hayvancılık |  Süt işleme |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Yeşil su kullanımı | Yüksek                                                                                           | Yok                                                                                           | Yüksek                                                                                         | Yok                                                                                            |
| Mavi su kullanımı  | Yüksek                                                                                           | Düşük                                                                                         | Düşük                                                                                          | Hafif                                                                                          |

şekil 2: Süt tedarik zinciri üretim aşamalarında nispi ve doğrudan yeşil ve mavi su kullanımı. Yeşil su kullanımı, toprak nemi (yeşil su ayak izi) yoluyla yağış kullanımı anlamına gelir; mavi su ise yeraltı ve yüzey sularından (mavi su ayak izi) elde edilir.

Süt tedarik zinciri boyunca en büyük su kullanımı çiftlik, yem yetiştiriciliği ve sığır yetiştirme düzeyindedir nkn yem bitkisi üretimi ve otlatma alanları önemli miktarda suya ihtiyaç duymaktadır. Bu süreçler aynı zamanda tarım alanlarına uygulanan gübre ve böcek ilaçları nedeniyle önemli bir su kirleticisidir. Türkiye'de tarımsal üretim (yem bitkileri yetiştiriciliği) iki tür su kaynağı kullanır: yağış (tarım arazisinde depolanan toprak nemi) ve sulama (sulama sistemleri tarafından sağlanan su). Bu su kaynaklarının kullanımı, yem bitkilerinin sırasıyla yeşil ve mavi su ayak izi olarak da bilinir.

Bu rapordaki su kullanımı iki farklı perspektiften analiz edilmektedir: verimlilik (litre süt başına su ayak izi) ve hassasiyet (yıllık su kullanımı). Yıllık su kullanımı (m<sup>3</sup>/yıl), belirli bir tatlı su kaynağından bir yıl içinde sektör tarafından tüketilen toplam su hacmini ifade eder. Sektörün tatlı su kaynakları üzerindeki baskısını, kuraklık ve su kıtlığı gibi su sorunlarına karşı duyarlılık derecesini ölçer. Örneğin, bir peynir fabrikası bir yeraltı suyu akiferinden su pompalıyorsa, fabrikanın yıllık su kullanımı yeraltı suyundan alınan su miktarını gösterir. Bu nedenle, fabrika yeraltı suyu seviyelerindeki değişikliklere duyarlıdır. Yıllık su kullanımının hesaplanması, ilgili tatlı su kaynağı bağlamında sektörlerin su sorunlarına karşı kırılganlığının tespit edilmesinde ana göstergedir. Ayrıca, sektörün su kullanımını vresel sürdürülebilirlik konularıyla, örneğin yüzey suyu kıtlığı veya yeraltı sularının tükenmesi ile ilişkilidir. Su kaynaklarının sürdürülebilir olacağı sınırdan daha fazla su tüketildiğinde, nehirlerdeki vresel akışlar karşılanamaz veya akiferlerin dolmasından daha hızlı su çekimi meydana gelir.





Bu proje Avrupa Birliği tarafından finanse edilmektedir.  
This project is funded by the European Union.

Birim ürün başına su ayak izi (örn. litre süt veya litre yoğurt, peynir başına litre su) belirli bir ürünün üretimi sırasında ne kadar tatlı su tüketildiğini ifade eder. Sektörün bir tatlı su kaynağından çektiği tatlı suyu ne kadar verimli kullandığını ortaya koyar. Birim başına su ayak izi, üretimde kullanılan uygulamalara ve teknolojilere bağlı olarak daha yüksek veya daha düşük olabilir; üretim kapasitesi ile doğrudan bir ilişkisi yoktur. Yıllık su kullanımı ve ürünün su ayak izi verilerinin birleşimi, sektörü su sorunlarına karşı daha az kırılgan, çevresel olarak daha sürdürülebilir ve ekonomik açıdan daha verimli hale getirebilecek stratejik eylemlerin tanımlanmasında faydalıdır. Su ayak izi hesaplamalarında kullanılan yöntem, veri ve varsayımlar Ek l'de verilmiştir.

## Kutu 2. Su Ayak İzi Nedir? Ne ifade ediyor?

**Su ayak izi:** Tüm tedarik zinciri dahil olmak üzere süt (veya süt ürünleri) üretiminde kullanılan su miktarını ifade eder. Örneğin, Türkiye'de üretilen 1 litre sütün su ayak izi, yem ham maddesi yetiştirme, yem üretimi, sığır yetiştiriciliği ve süt (ve süt ürünlerinde) işlemede kullanılan sudan oluşturmaktadır. Bu işlemler boyunca kullanılan toplam su hacmidir.

**Su ayak izi türleri:** Su kullanım hacmini ve su kaynağını gösterir. Yağış, kullanılan suyun kaynağıysa (sadece tarımda), buna **yeşil su ayak izi** denir. Tarımsal kuraklığa duyarlılık gösterir. Yüzey ve/veya yeraltı suyu kaynakları kullanılıyorsa, buna **mavi su ayak izi** denir. Su kıtlığı ve hidrolojik kuraklıklar mavi su kullanımı (duyarlılık) ile ilgilidir.

## 2.1 Türkiye'de bir litre sütün su ayak izi

Türkiye'de üretilen 1 litre inek sütünün su ayak izi ortalama 806 litredir<sup>5,6</sup>. Bunun yaklaşık %82'si yeşil su ayak izi yani toprak nemi yoluyla yağış kullanımınıdır. Su ayak izinin sadece %18'i mavi su kaynaklarından yani yüzey ve yeraltı sularından karşılanmaktadır. Türkiye'de üretilen 1 litre inek sütünün su ayak izi dünya ortalamasının (1.000 litre) altındadır (**Şekil 3**). Türkiye'de büyük ölçüde tüketilen diğer bazı süt ürünlerinin su ayak izi ise 1 kg beyaz peynir için 2.300 litre, 1 kg yoğurt için 1.080 litre ve 1 kg tereyağı için 4.850 litredir.

<sup>5</sup> Hesaplamalar gri su ayak izini iğermez. Gri su ayak izi, üretim süreçleri sırasında kirlenen su miktarını ifade eder.

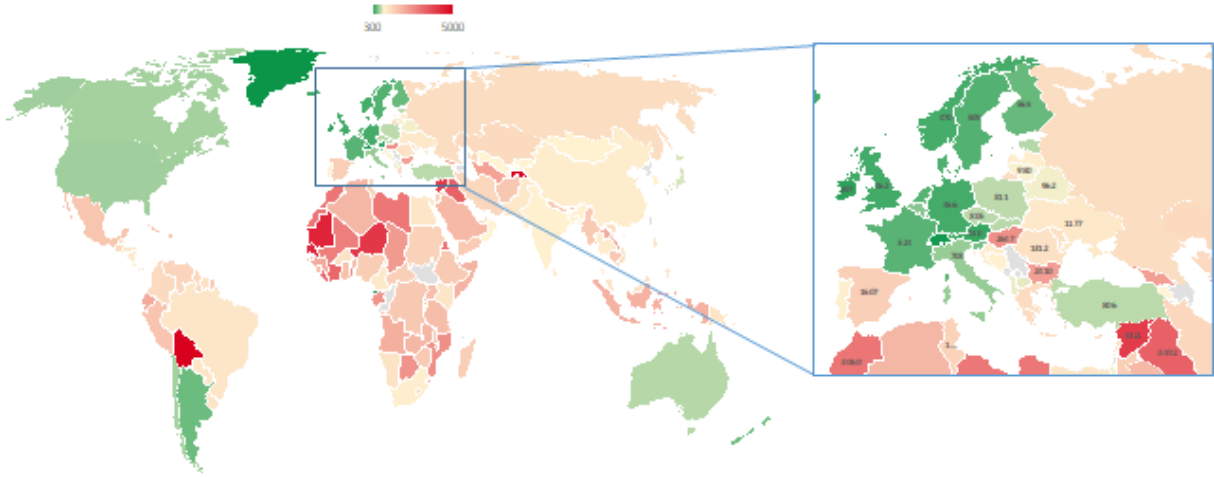
<sup>6</sup> Hesaplamalar 2018 yılı için yapılmıştır.





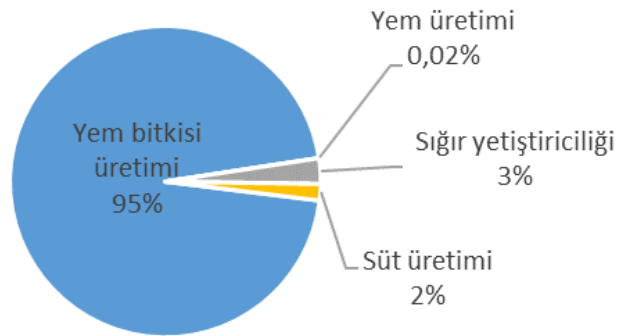


Bu proje Avrupa Birliği tarafından finanse edilmektedir.  
This project is funded by the European Union.



**Şekil 3:** Dünyada 1 litre inek sütünün su ayak izi. Yeşil ile işaretlenmiş ülkeler küresel ortalamadan (1.000 litre) daha düşük su ayak izine sahiptir ve sarıdan kırmızıya olan ülkeler küresel ortalamadan daha büyük su ayak izlerine sahiptir.

İnek sütü üretimi sırasında yeşil su kullanımı, çiftlik düzeyinde sadece yem ham maddesi yetiştirme ve otlatma aşamalarında gerçekleşir. Türkiye'de yaygın olarak kullanılan yem bitkileri yonca, ayçiçeği, arpa, mısır (silaj) ve buğdaydır. Bu ürünlerin yeşil su kullanımı ve mavi su ayak izleri Ek II'de verilmiştir. Süt değeri zincirindeki en büyük mavi su kullanıcısı, toplam su ayak izinin %95'ini temsil eden yem ham maddesi yetiştiriciliğidir, bunu hayvancılık (%3), süt işleme (%2) ve yem üretimi (%0,02) izlemektedir (Şekil 4).

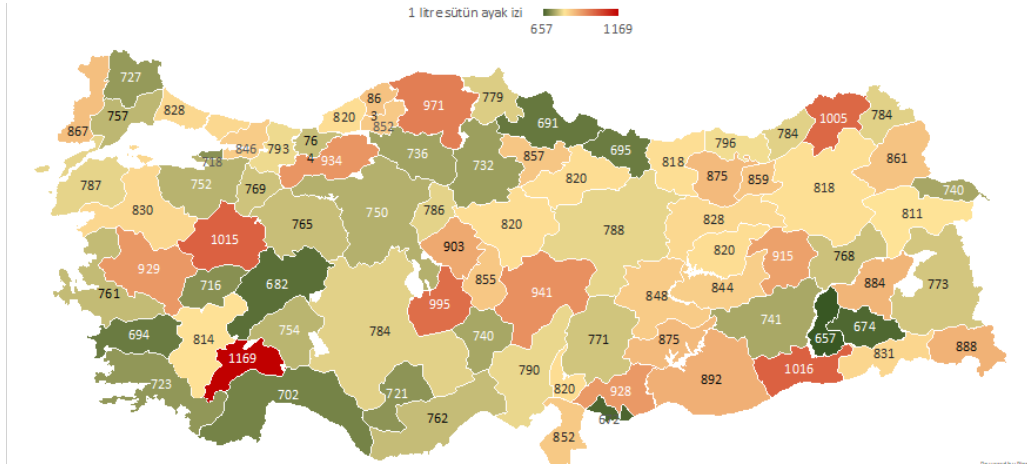


**Şekil 4:** Türkiye'de süt değeri zincirindeki mavi su ayak izi (toplam mavi su ayak izinin %'si olarak).

İnek sütünün su ayak izi, Türkiye'de illere göre değişmektedir (Şekil 5). En yüksek seviye 1.169 litre ile Burdur'da, en düşük seviye 657 litre ile Batman'dadır. Su ayak izi fazla olan diğer iller: Mardin, Kütahya ve Artvin (1.000 litreden fazla). Kilis, Siirt, Ordu, Samsun, Aydın ve Afyonkarahisar ise su ayak izinin en düşük olduğu illerdir.



Bu proje Avrupa Birliği tarafından finanse edilmektedir.  
This project is funded by the European Union.



**Şekil 5:** Türkiye'de il başına üretilen 1 litre sütün su ayak izi (litre olarak). Yeşil tonlarında belirtilen illerde süt üretiminde Türkiye ortalamasına göre daha az su ayak izi, sarıdan kırmızıya değişen renklerle belirtilen illerde ise Türkiye ortalamasından daha fazla su ayak izi hesaplanmıştır.

## 2.2 Türkiye'de sütçülük sektörünün yıllık su kullanımı

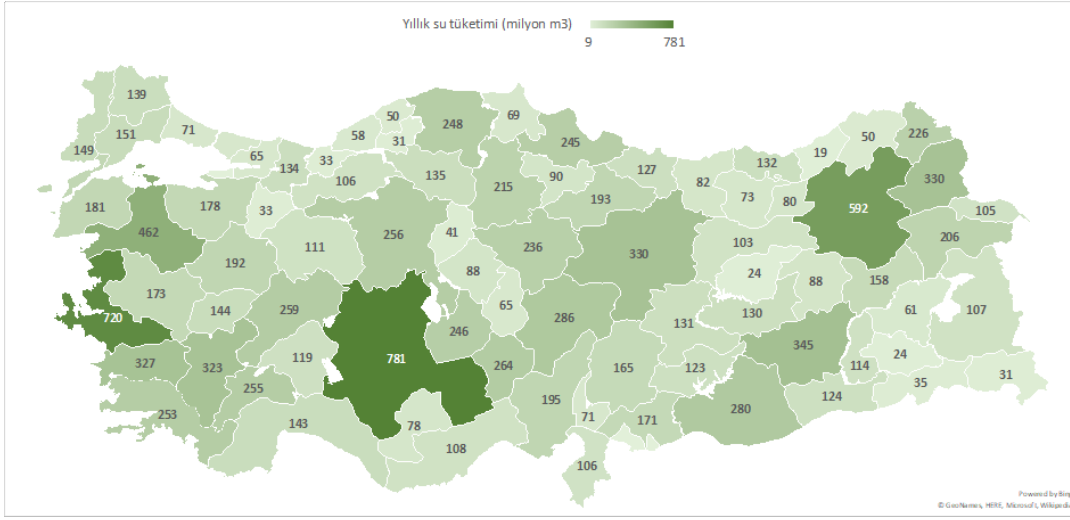
Süt üretiminde yıllık su kullanımı iki faktör ile ilgilidir: (i) üretilen süt/üretilen süt ürünleri (ton olarak) ve (ii) 1 litre sütün su ayak izi. Yıllık yüksek su kullanımı, su sorunlarına karşı daha yüksek kırılabilirlik anlamına gelir. Örneğin, bir coğrafî alanda (ör.İzmir'de) süt üretimi için yıllık yeşil su kullanımı yüksekse, bölgedeki üretim bir kuraklık olayından olumsuz etkilenebilir. Bunun olası sonuçları; yem bitkileri veriminin azalması, arz kıtlığı ve/veya yem bitkisi fiyatlarının artması olabilecektir.

Türkiye'de süt ve süt ürünleri üretiminin yıllık yeşil su kullanımı yaklaşık 13,5 km<sup>3</sup> olup, bu rakam Türkiye'deki toplam yıllık yağış miktarının %3'üne<sup>7</sup> denk gelmektedir. Konya ilinde yıllık süt üretimi en fazla yeşil su kullanımına (781 milyon m<sup>3</sup>) neden olmaktadır. Onu İzmir (720 milyon m<sup>3</sup>), Erzurum (592 milyon m<sup>3</sup>), Balıkesir (462 milyon m<sup>3</sup>), Diyarbakır (345 milyon m<sup>3</sup>), Kars, Aydın, Sivas (her biri yaklaşık 330 milyon m<sup>3</sup>) ve Denizli (323 milyon m<sup>3</sup>) takip etmektedir (Şekil 6). Diğer bir ifade ile bu fazla yıllık yeşil su kullanımı, kullanılan yem ham maddelerinin çoğunun yağışların değişkenliğine ve mevcudiyetine bağlı olduğunu ortaya koymaktadır.

<sup>7</sup> Devlet Su İşleri'ne göre Türkiye'de yıllık yağış miktarı 501 km<sup>3</sup> (DSİ), <http://www.dsi.gov.tr/toprak-ve-su-kaynaklari>.

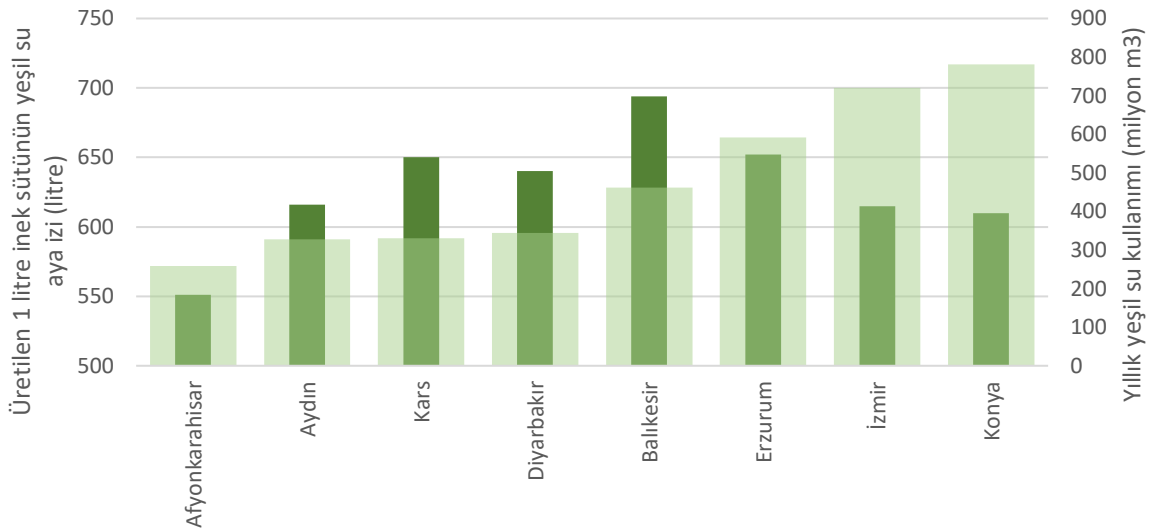


Bu proje Avrupa Birliği tarafından finanse edilmektedir.  
This project is funded by the European Union.



**Şekil 6:** Türkiye'de süt üretiminin il başına yıllık yeşil su kullanımı (milyon m<sup>3</sup>). Yıllık yeşil su kullanımı, üretim sırasında kullanılan yağış miktarını ifade eder ve süt üretiminin kuraklık koşullarına ne kadar duyarlı olduğunu gösterir.

Şekil 7, Konya, İzmir, Erzurum, Balıkesir, Diyarbakır, Aydın, Kars ve Afyonkarahisar için yıllık yeşil su kullanımı ile birim ürün başına yeşil su ayak izi arasında bir karşılaştırma sunmaktadır. Açık yeşil çubuklar her il için yıllık yeşil su kullanımını gösterir; karşılık gelen sayılar sağ dikey ekseninde verilmiştir. Koyu yeşil çubuklar ise bu illerdeki inek sütü litresi başına yeşil su ayak izini göstermektedir; karşılık gelen sayılar sol dikey ekseninde verilmiştir.



**Şekil 7:** Türkiye'de en fazla süt üretimi olan illerdeki inek sütü litresi başına yeşil su ayak izi ile yıllık yeşil su kullanımı.



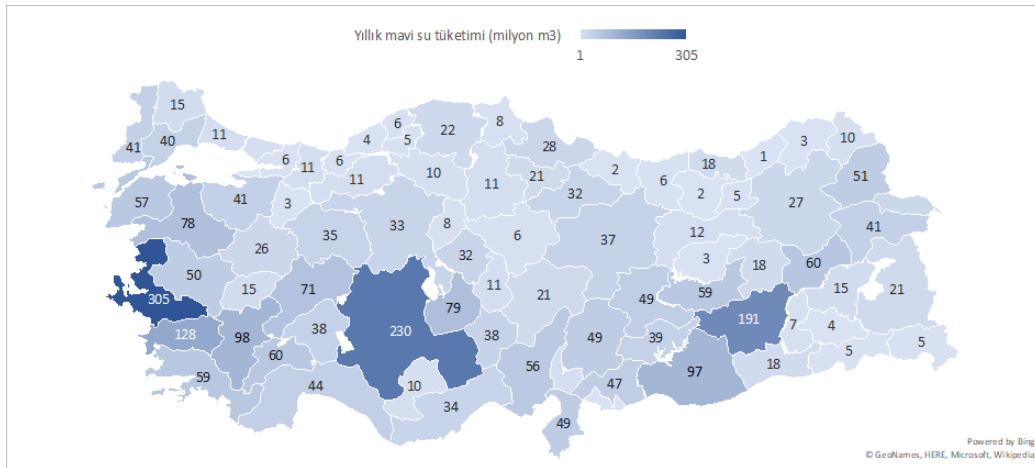


Bu proje Avrupa Birliği tarafından finanse edilmektedir.  
This project is funded by the European Union.

Bu karşılaştırma; her ilin su sorunlarına ve kuraklığa hassasiyetini ve suyu ne kadar verimli kullandığını, yani tüketilen metreküp başına ne kadar ürün üretildiğini (yıllık yeşil su ayak izi) gösterir. Süt ürünleri üretiminin kuraklığa karşı kırılganlığını azaltmak için olası fırsatlar değerlendirilirken bu karşılaştırma önem kazanmaktadır.

Yıllık yeşil su kullanımı (milyon m<sup>3</sup>/yıl), üretim miktarı ve birim üretim başına düşen yeşil su ayak izinden (m<sup>3</sup>/ton litre inek sütü) etkilenir. Genel olarak, daha yüksek toplam üretim miktarı daha yüksek yıllık yeşil su kullanımı ile sonuçlanacaktır ancak yıllık yeşil su kullanımı, su kullanımının verimliliğini artırarak, yani ürün birimi başına yeşil su ayak izini azaltarak düşürülebilmektedir. Örneğin Konya'da süt ürünleri üretimi řu anda Afyonkarahisar'da olduğundan daha az verimli olarak yeşil su kullanmaktadır - inek sütü litre başına daha yüksek yeşil su ayak izine sahip ve kuraklık şiddetine karşı en yüksek hassasiyete sahiptir. Konya ilinde malçlama gibi uygulamalarla verimli olmayan buharlaşma azaltılabilirse, kuraklığa karşı kırılganlık da azalacaktır.

Türkiye'de süt üretiminin yıllık mavi su kullanımı (yeraltı suyu ve yüzey suyu kaynaklarından) 2,95 km<sup>3</sup> olup, ülkedeki toplam mevcut suyun %2,6'sına<sup>8</sup> denk gelmektedir. Sütçülük sektöründe yıllık mavi su kullanımı en fazla olan iller sırasıyla 305, 230, 191 ve 128 milyon m<sup>3</sup> ile İzmir, Konya, Diyarbakır ve Aydın'dır (şekil 8).



**şekil 8:** Türkiye'de süt üretiminin yıllık mavi su kullanımı (milyon m<sup>3</sup>). Yıllık mavi su kullanımı, üretim sırasında kullanılan yüzey ve yeraltı sularının hacmini ifade eder ve süt üretiminin su kıtlığı, mevsimsel su değerkenliği, yıl içi su değerkenliği ve yeraltı suyu düşüşü gibi su sorunlarına karşı ne kadar hassas olduğunu gösterir.

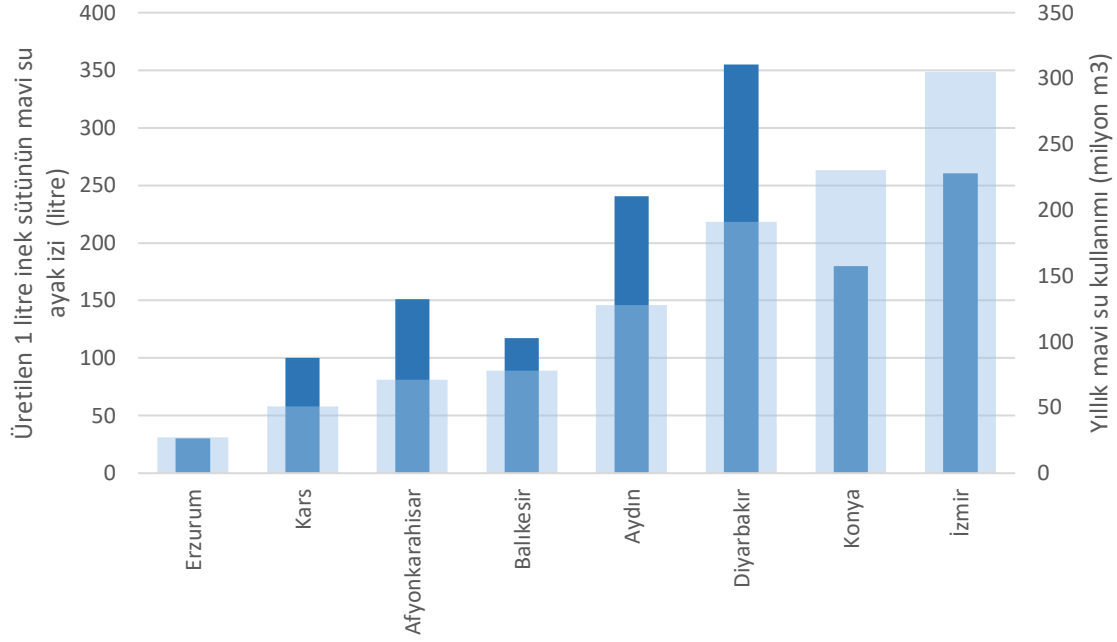
Yıllık mavi su kullanımı ve birim üretim başına mavi su ayak izi arasındaki karşılaştırma şekil 9'da verilmektedir. Açık mavi çubuklar her il için yıllık mavi su kullanımını göstermektedir; karşılık gelen sayılar sağ dikey ekseninde verilmiştir. Koyu mavi çubuklar, bu illerde üretilen 1 litre inek sütü başına mavi su ayak izini göstermektedir; karşılık gelen sayılar sol dikey ekseninde verilmiştir.

<sup>8</sup> Devlet Su İşleri'ne göre Türkiye'de kullanılabilir toplam su miktarı 112 km<sup>3</sup> (DSİ), <http://www.dsi.gov.tr/toprak-ve-su-kaynaklari>.





Bu proje Avrupa Birliği tarafından finanse edilmektedir.  
This project is funded by the European Union.



**Şekil 9:** Türkiye’de en fazla inek sütü üretimi yapılan illerde yıllık mavi su kullanımı (sağ eksenlerde milyon m<sup>3</sup> olarak açık mavi çubuklar) ile 1 litre inek sütü üretiminin mavi su ayak izi (sol eksenlerde litre cinsinden koyu mavi çubuklar).

Konya ve İzmir’de yıllık süt üretimi en büyük mavi su kullanımına sahiptir; Konya’da süt üretimi, İzmir’e kıyasla, birim ürün başına daha düşük mavi su ayak izine sahiptir. İzmir’de süt ürünleri üretimi su verimliliği Konya düzeyine çıkarılabilirse, İzmir’in su kıtlığına olan hassasiyeti %30 azaltılabilecek ve böylece kırılganlığı da azaltılabilecektir.



Bu proje Avrupa Birliği tarafından finanse edilmektedir.  
This project is funded by the European Union.

### 3 Su sorunlarına karşı Türkiye sütçülük sektörünün su kırılganlıkları

Kırılganlığa yaklaşım Ercin ve ark. (2020) tarafından, bir sistemin belirli bir basınç veya basınç bileşimi nedeniyle stres yaşama derecesi ile belirlenmiştir. Bu rapordaki kırılganlık, farklı iklim koşullarında hassasiyet ve hidrolojik aşırılıklara maruz kalma işlevi olarak ifade edilmektedir.

Bir üretim yerinde meydana gelen herhangi bir doğal tehlikeye/zorluğa karşı kırılganlık şunlara bağlıdır: (i) etkilenme derecesini gösteren hassasiyet ve (ii) tehlike veya etkinin boyutunu gösteren maruziyet. Örneğin, süt üretiminin kuraklığa karşı hassasiyeti, ilk önce üretimde yeşil su kullanımının ( $m^3/yıl$  cinsinden) büyüklüğünün tanımlanmasıyla belirlenir. Duyarlılık daha sonra üretim için gereken toprak nemi miktarı ile ve maruz kalma seviyesi, anormal toprak nemi derecesi ile temsil edilir. Bu öğeler birlikte kırılganlığı belirler.

Türkiye sütçülük sektörünün su sorunlarına karşı kırılganlıkları, üretim yerlerinde su ile ilgili tehlike göstergelerinin detaylandırılmasıyla değerlendirilmiştir. Su kıtlığı, yıl içindeki su değişkenliği, mevsimsel su varlığı ve yeraltı suyu düşüşü, süt üretiminde mavi su kullanımı için maruz kalma göstergesi olarak kabul edilmektedir. Yeşil su kullanımı ise kuraklık şiddeti maruz kalma göstergesi olarak kullanılmış ve nehir taşkın riski gösterge olarak alınmıştır (Tablo 1).

**Tablo 1:** Kırılganlık değerlendirmesinde kullanılan hassasiyet ve maruz kalma göstergeleri

| Hassasiyet                          | Kullanılan Göstergeler                                             | Kaynak                       |
|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| Yıllık yeşil su kullanımı ( $m^3$ ) | Kuraklık Şiddeti (tarihsel)                                        | Ercin et al. (2020)          |
|                                     | İklim Değişikliği sonucu Kuraklık Şiddeti, RCP 6.0, hedef yıl 2050 | Ercin et al. (2020)          |
| Yıllık mavi su kullanımı ( $m^3$ )  | Su Kıtlığı (tarihsel)                                              | Mekonnen and Hoekstra (2016) |
|                                     | İklim Değişikliği Sonucu Su Kıtlığı, RCP6.0, hedef yıl 2050        | Ercin et al. (2020)          |
|                                     | Yıllara Göre Değişkenlik                                           | WRI (2019)                   |
|                                     | Mevsimsel Değişkenlik                                              | WRI (2019)                   |
|                                     | Yeraltı Suyu Azalışı                                               | WRI (2019)                   |
| Üretim hacmi (ton)                  | Nehir Taşkın Riski                                                 | WRI (2019)                   |

Üretim bölgelerinde ortaya çıkan kırılganlık seviyelerini değerlendirmek için duyarlılık (yıllık yeşil ve mavi su kullanımı) maruziyet göstergesi haritalarıyla bir arada kullanılmıştır. Kuraklık şiddeti, 1901'den 2008'e kadar kuraklıkların ortalama uzunluğu ve şiddeti ile ölçülmektedir. Düşük kuraklık şiddeti, kuraklık olaylarının zaman içinde kısa olduğu, küçük bir bölgeyi etkilediği veya her ikisinin de olduğu anlamına gelir. Yüksek kuraklık şiddeti daha uzun, daha sık ve daha yaygın kuraklık olaylarını işaret etmektedir.

Su kıtlığı, toplam mavi su ayak izinin mavi su mevcudiyetine oranıdır. Çevresel akış gereksinimlerinden üretilen mavi su akışı mevcudiyetinin çıkartılması ile hesaplanır. Mavi su ayak izi mavi su mevcudiyetini aşmıyorsa, sınıflandırılmış su kıtlığı (WS) düşük olarak tanımlanır ( $WS < 1.0$ ); bu durumda çevresel akış gereksinimleri karşılanır. Su kıtlığı  $1.0 < WS$





Bu proje Avrupa Birliği tarafından finanse edilmektedir.  
This project is funded by the European Union.

<1.5 aralığında ise orta, 1.5 <WS <2.0 aralığında ise belirgin ve WS> 2.0 durumunda ise Şiddetli olduğu sđylenir. Su kıtlığı seviyelerine karşılık gelen mavi su kullanımı için dđrt kırılđanlık seviyesi tanımlanmıştır: dđŐuk (dđŐuk su kıtlığı), orta (orta su kıtlığı), yksek (đnemli su kıtlığı) ve çok yksek (Şiddetli su kıtlığı).






Mevsimsel değişkenlik, su arzında yılın ayları arasındaki deđiŐimi dđler ve aylık toplam mavi suyun standart sapmasının, aylık toplam mavi suyun ortalamasına (1950-2008) bđlđmüne eŐittir. Yılın 12 ayı için toplam mavi su ortalaması hesaplanmıŐ ve ortalama aylık değerler arasında deđiŐimler tahmin edilmiştir. Yıllar arası değişkenlik, su arzında yıllar arasındaki deđiŐiklidir. Yıllık toplam mavi suyun standart sapmasının toplam mavi suyun ortalamasına bđlđnmesiyle hesaplanmıştır (1950-2008). Yeraltı suyu seviyesi dđŐuŐu, yeraltı suyu seviyesinin 1990-2014 dđnemindeki ortalama deđiŐim olarak dđlđlmüŐtđr. Nehir taşkın riski ise ortalama bir yılda nehir taŐkınlarından etkilenmesi beklenen nđfusun yzdesini dđler ve mevcut taşkın koruma standartları dikkate alınmıştır. Tđm bu gđstergeler için dđrt kırılđanlık seviyesi tanımlanmıştır: dđŐuk (dđŐuk tehlike seviyesi), orta (dđŐuk-orta tehlike seviyesi), yksek (orta-yksek tehlike seviyesi) ve çok yksek (yksek ve aşırı yksek tehlike seviyesi).

İklim değişikliğinin sđtđlđk sektđrüne etkileri de Representative Concentration Pathway (RCP) 6.0 senaryo modellemesi kullanılarak 2050 yılı için kuraklık Şiddeti ve su kıtlığı gđz dđnüne alınarak değerlendirilmiştir.

Tđrkiye sđtđlđk sektđrđnđn su zorluklarına karşı kırılđanlık dđzeyleri Tablo 2'de dđzetlenmiŐtir. DđŐuk bir kırılđanlık seviyesi, su sorunlarının sđt đretimi üzerindeki olumsuz etkisinin dđŐuk olduğunu gđstermektedir. Orta seviyede bir kırılđanlık, zorluğun sđt đretimini etkileyebileceği ancak đnemli ve ani kesintilere veya fiyat dalgalanmalarına neden olmayacağı anlamına gelirken yksek veya çok yksek bir kırılđanlık seviyesi, kırılđanlık etkisinin yksek olacağı ve ham madde arzında (yani yem bitkileri) sıkıntıya, ham maddelerde ani đretim kesintisine veya fiyat dalgalanmasına neden olabileceği anlamına gelmektedir.

Çalışma; Tđrkiye'deki sđtđlđk sektđrđnđn genel olarak mevsimsel su deđiŐkenliđine ve kuraklık, su kıtlığı, yıllar arası değişkenlik ve đretim yerlerindeki yeraltı suyu dđŐuŐu karşı oldukça kırılđan olduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca, iklim değişikliği bu durumu daha ileriye gđtđrerek sektđrđ gelecekte kuraklığa ve su kıtlığına karşı oldukça kırılđan hale getirebilecektir. Diğer taraftan analiz, taşkın kırılđanlıđında dđŐuk olduğunu gđstermiŐtir.

**Tablo 2:** Tđrkiye sđtđlđk sektđrđnđn su sorunlarına karşı kırılđanlıđı

| Su ile İlgili Sorunlar       |  |  |  |  |  |
|------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|                              | Sđtđlđk Sektđrđ                                                                    | Yem Hammaddesi                                                                      | Yem Đretimi                                                                         | Hayvancılık                                                                           | Sđt İŞleme                                                                            |
| Kuraklık                     | Orta                                                                                | Yksek                                                                               | Orta                                                                                | Yksek                                                                                 | Orta                                                                                  |
| Su Kıtlığı                   | Orta                                                                                | Yksek                                                                               | Orta                                                                                | Yksek                                                                                 | Orta                                                                                  |
| Mevsimsel Su Değişkenliği    | Yksek                                                                               | Yksek                                                                               | Orta                                                                                | Yksek                                                                                 | Yksek                                                                                 |
| Yıllar Arası Su Değişkenliği | Orta                                                                                | Orta                                                                                | Orta                                                                                | Orta                                                                                  | Orta                                                                                  |





Bu proje Avrupa Birliği tarafından finanse edilmektedir.  
This project is funded by the European Union.

|                               |        |            |        |            |        |
|-------------------------------|--------|------------|--------|------------|--------|
| Yeraltı Suyu Azalması         | Orta   | Orta       | Orta   | Orta       | Orta   |
| Su Baskını                    | Düşük  | Düşük      | Düşük  | Düşük      | Düşük  |
| İklim Değişikliği-Kuraklık    | Orta   | Yüksek     | Orta   | Yüksek     | Orta   |
| İklim Değişikliği-Su Kıtılığı | Yüksek | Çok Yüksek | Yüksek | Çok Yüksek | Yüksek |

Kırılğanlık seviyeleri sütçülük sektörü tedarik zinciri aşamasına göre değişmektedir. Bu değişim, üretimin her aşamasında mavi ve yeşil su kullanımının ilişkili gösterge ile değerlendirilmesi ile tanımlanmıştır. Üretim aşamaları arasında yem ham maddesi yetiştiriciliği ve hayvancılık kuraklığa, su kıtlığına ve mevsimsel su değişkenliğine karşı oldukça kırılğandır. İklim değişikliği sütçülük sektörünün tüm değer zincirinde kırılğanlık düzeylerini arttıracaktır; tüm zincir 2050'de su kıtlığına karşı oldukça savunmasız olacaktır.

Kırılğanlık genel olarak, Türkiye'deki sütçülük sektörünün su sorunları karşısındaki potansiyel riskini ortaya koyarken, çeşitli üretim yerlerinde de sorunun ne kadar ciddi olduğunu göstermektedir. Bu soruyu cevaplamak için, süt üretim miktarları farklı iklim koşullarında değerlendirilmiştir. Mevcut iklim koşulları altında, Türkiye'de süt üretiminin yaklaşık %95'i kuraklık şiddeti düşük ve hafif bölgelerden gelmektedir. Üretimin geri kalan %5'i kuraklık şiddeti yüksek olan yerlerde dir. Bu durum, 2050'de iklim değişikliğine bağlı olarak önemli ölçüde değişecektir. RCP 6.0 modellemesi gelecekte, süt üretiminin sadece %79'unun kuraklık şiddeti düşük/hafif bölgelerde olacağını ve geri kalan yaklaşık %21'inin ise yüksek ve çok yüksek kuraklık şiddetine maruz kalacağını göstermiştir (Şekil 12).

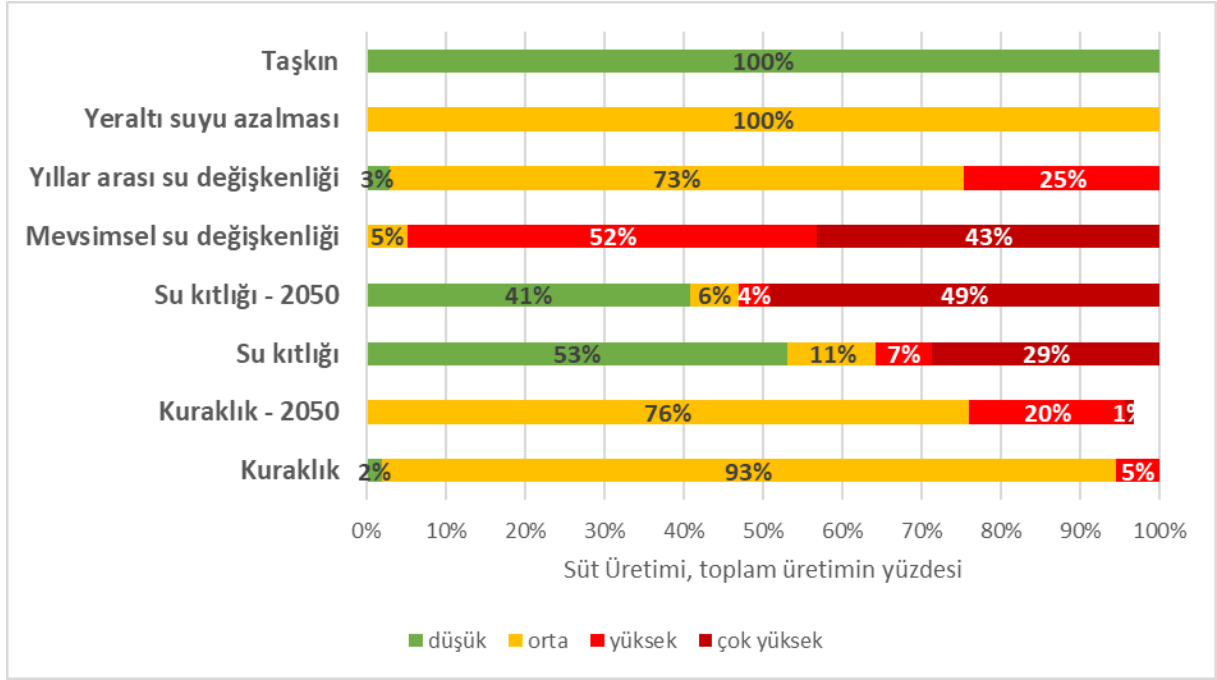
Türkiye'deki süt üretiminin yaklaşık %64'ü hala düşük ve orta derecede su kıtlığı olan bölgelerde gerçekleşmektedir. Üretimin geri kalan %36'sı yüksek ila çok yüksek su kıtlığı yaşıyan alanlardadır. Kuraklığa benzer şekilde, iklim değişikliği de üretim yerlerinde daha az su bulunmasına neden olur. 2050 yılında süt ürünlerinin %50'den fazlası yüksek ve çok yüksek su kıtlığı olan alanlarda üretilecektir. Diğer tehlike şiddeti kategorileri için üretim yüzdeleri Şekil 10'da verilmektedir.







Bu proje Avrupa Birliği tarafından finanse edilmektedir.  
This project is funded by the European Union.



**Şekil 10:** Türkiye'de süt üretimi hacminin, farklı iklim koşullarındaki tehlike şiddeti seviyelerine göre sınıflandırılan yüzdesi. 2050 yılı için RCP 6.0 iklim değişikliği senaryosu kullanılmıştır.

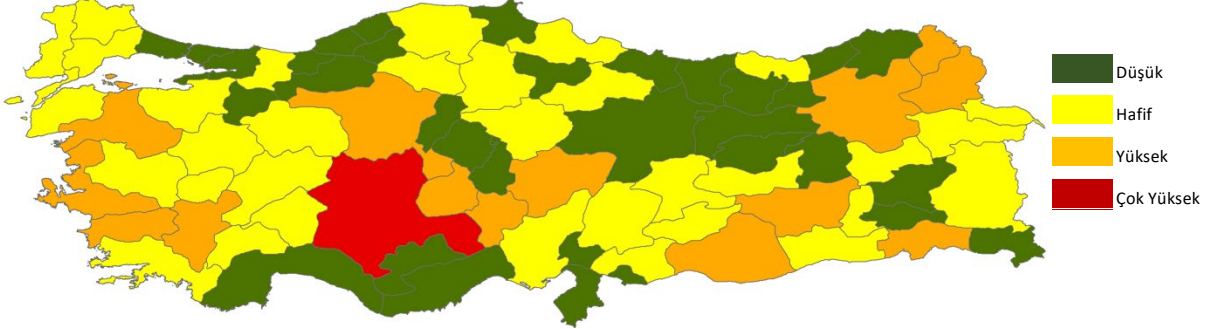
Türkiye sütçülük sektörünün su sorunlarının çoğuna karşı kırılganlık düzeyi hafif olsa da bölgeler arasında önemli ölçüde farklılık göstermektedir. Örneğin, Türkiye'nin en büyük süt üreticisi Konya'nın su kıtlığı ve kuraklık koşullarına karşı kırılganlık düzeyi çok yüksektir. Bu durum, düzensiz yağışlardan ve su kullanıcıları arasındaki büyük rekabetten etkilenen suyun bulunabilirliğinin düşük olduğu anlamına gelir (Şekil 11).

İzmir, Erzurum, Balıkesir ve Diyarbakır'daki büyük süt üreticilerinin kuraklık kırılganlığı yüksek olarak sınıflandırılmıştır. İklim değişikliği, gelecekte bu bölgedeki üreticileri kuraklık koşullarına karşı daha savunmasız hale getirecektir. Şekil 11'den görüldüğü gibi, Türkiye'nin batı ve güney bölgelerindeki kuraklık şiddeti 2050 yılına kadar kötüleşecektir. Karadeniz, Doğu Anadolu ve Kuzey-İç Anadolu kuraklıktan en az etkilenen bölgelerdir ve iklim değişikliği nedeniyle bu durum daha da az hissedilecektir.

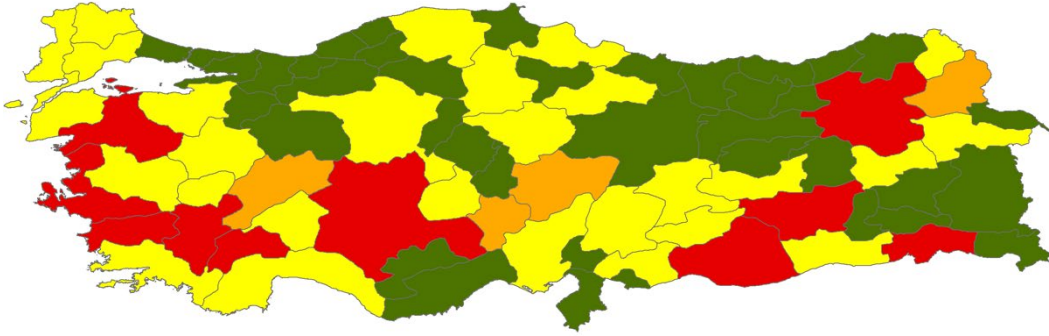


Bu proje Avrupa Birliği tarafından finanse edilmektedir.  
This project is funded by the European Union.

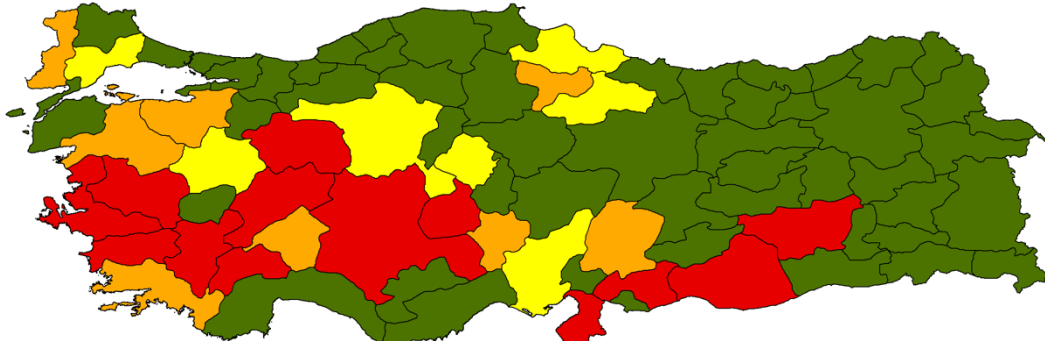
Kuraklık kırılganlığı, mevcut iklim



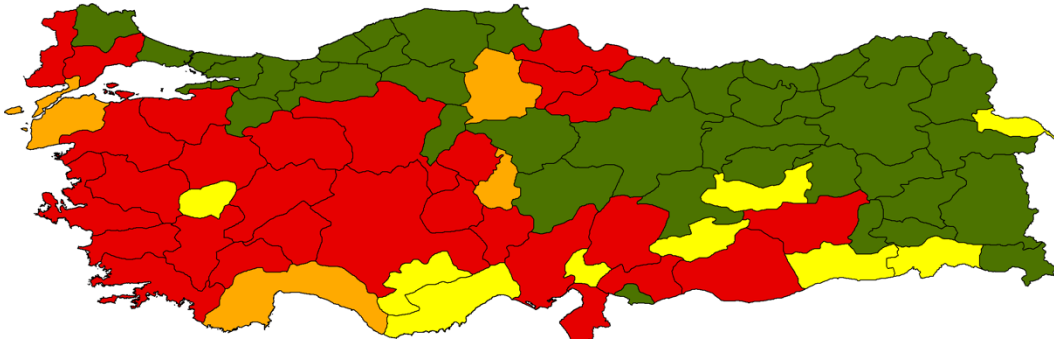
Kuraklık kırılganlığı 2050, RCP6.0



Su kıtlığı kırılganlığı, mevcut iklim



Su kıtlığı kırılganlığı 2050, RCP 6.0





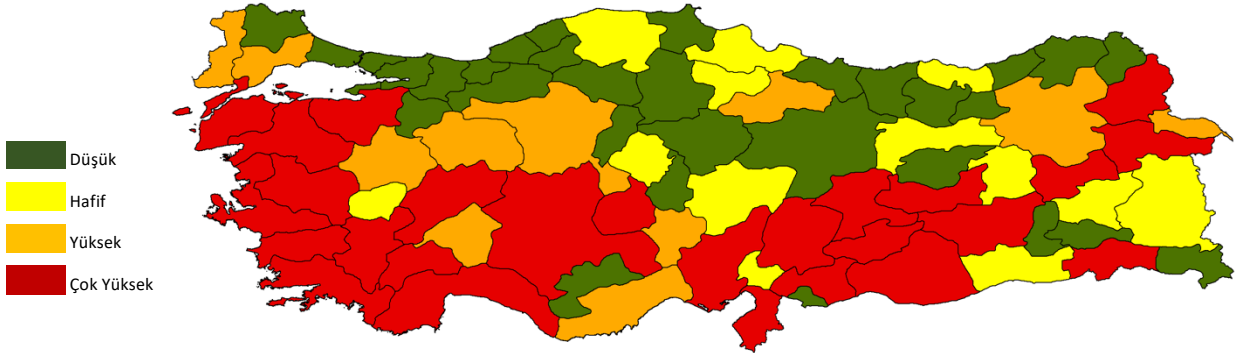
Bu proje Avrupa Birliği tarafından finanse edilmektedir.  
This project is funded by the European Union.

**Şekil 11:** Günümüz ve gelecekteki iklim koşullarında Türkiye sütçülük sektörünün kuraklık ve su kıtlığı kırılganlık haritaları.

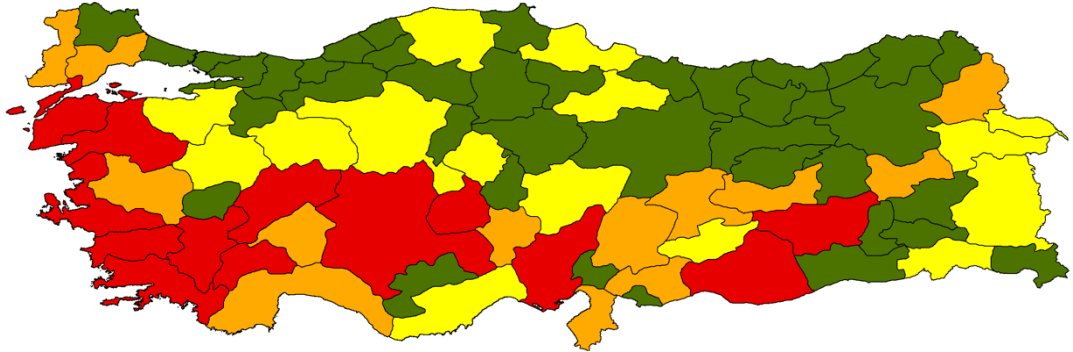
Su kıtlığı kırılganlığı Türkiye'nin batı ve güneydoğu bölgelerinde, özellikle İzmir, Aydın ve Balıkesir gibi illerde en yüksektir. Su kıtlığı koşulları bu bölgelerde daha da şiddetleneceğinden, süt üretimi de daha kırılgan hale gelecektir. Buna karşılık, bazı iller gelecekte su kıtlığına karşı düşük kırılganlık göstermektedir. Örneğın, Karadeniz ve Doğu Anadolu bölgelerindeki illerin tamamı 2050 yılında RCP 6.0 senaryoları altında daha az kırılganlık düzeylerine sahiptir (Şekil 11).

Şekil 12, Türkiye'nin su ile ilgili diğer sorunlara yönelik kırılganlık seviyesini göstermektedir. Bu sorunlar mevsimsel ve yıllar arası su değışkenliğı, yeraltı suyu düşüşü ile taşkın riski olarak değerlendirilmiştir. Karadeniz ve Kuzey Anadolu dışında kalan bölgelerdeki tüm iller, mevsimsel su mevcudiyetine karşı oldukça hassastır. Ege, İç Anadolu ve Güneydoğu Anadolu da yine yıllık su değışkenliğıne karşı oldukça hassastır. Konya ve İzmir illerinde yeraltı suyu düşüşü kırılganlığı en yüksek seviyededir. Taşkın kırılganlığı her ilde düşüktür.

Mevsimsel su değışkenliğı



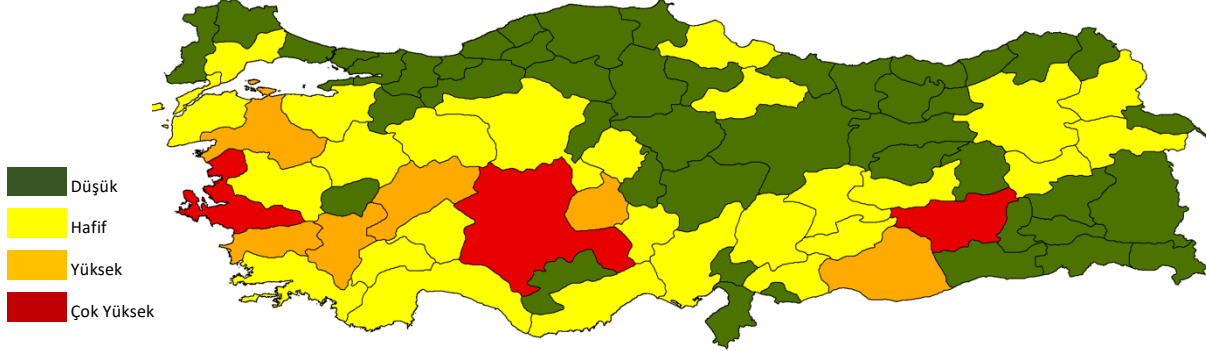
Yıllar arası su değışkenliğı





Bu proje Avrupa Birliği tarafından finanse edilmektedir.  
This project is funded by the European Union.

Yeraltı suyu düşüşü



Taşkın



**Şekil 12:** Türkiye sütçülük sektörünün mevsimsel su değışkenliği, yıllar arası su değışkenliği, yeraltı suyu düşüşü ve taşkın riskine karşı kırılğanlık haritaları.

### 3.1 Türkiye'nin en büyük süt ürünleri üreticisi olan illerindeki su sorunları: İzmir ve Konya

İzmir ve Konya, yılda birer milyon tondan fazla inek sütü üretmektedir. Sonuç olarak, bu iki il hem mevcut hem de değışen iklim koşullarında Türkiye'deki su sorunlarına karşı en hassas bölgelerdir. Bu bölüm, bu iki ildeki su sorunları hakkında bilgi vermek amacıyla hazırlanmıştır ve durumları su kıtlığı ve kuraklık açısından değerlendirilmiştir. Ayrıca, iklim değışikliğinin su kıtlığı ve kuraklık üzerindeki etkileri analiz edilmiştir.

Türkiye'nin en büyük süt üreticisi Konya, tüm Türkiye nüfusu için çok önemlidir. İl, Türkiye'de buğdayın yaklaşık %25'inin, pancar şekerinin %35'inin ve mısır talebinin %8'inin üreticisidir. Konya kapalı su havzası önemli yeraltı suyu potansiyeline sahiptir. Ancak, son yıllarda tarımsal üretimden kaynaklanan aşırı çekim ve kirlilik gibi bazı ciddi sorunlarla karşılaşmıştır.

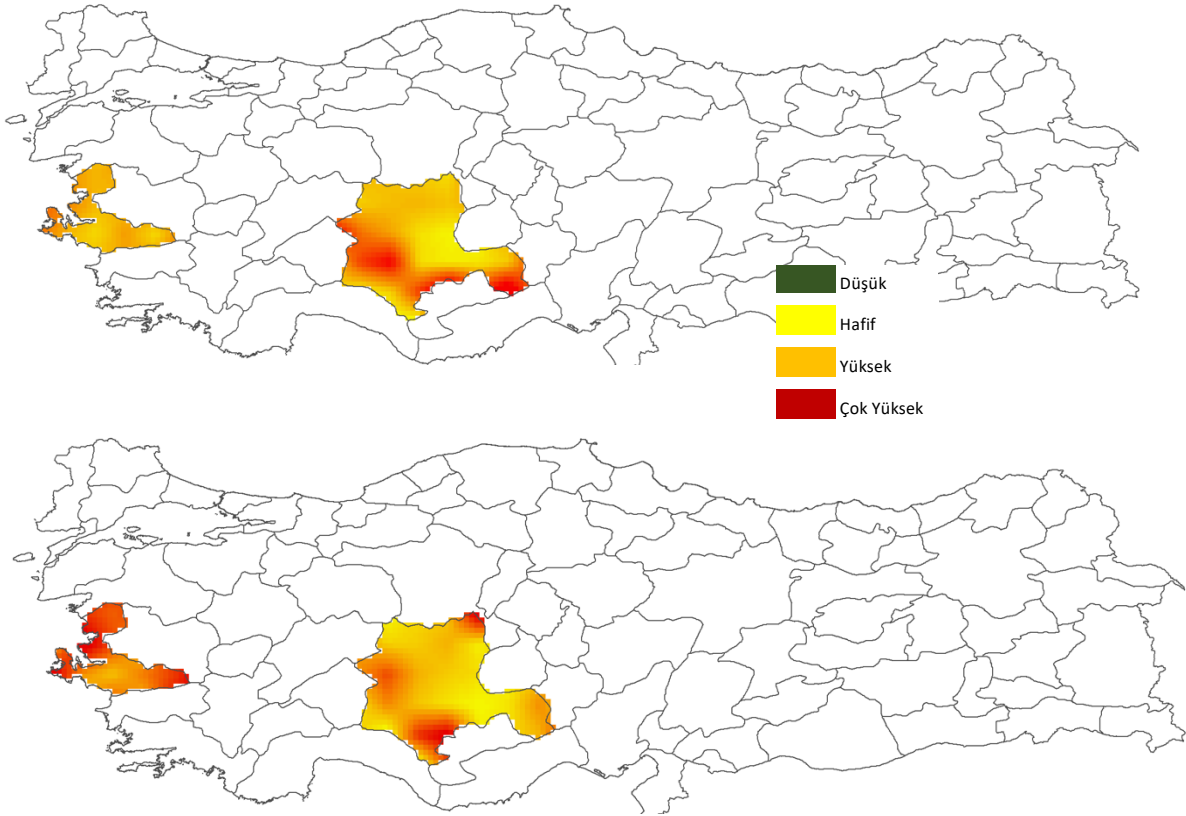
İzmir, Türkiye'nin üçüncü büyük ilidir ve sığır çiftliklerinin yanı sıra süt ürünleri üretim tesisleri için de bir merkezdir. İl, sürdürülebilir olmayan yeraltı suyu kullanımı nedeniyle özellikle kentsel su temininde su kıtlığı yaşamaktadır.





Bu proje Avrupa Birliği tarafından finanse edilmektedir.  
This project is funded by the European Union.

İzmir ve Konya'nın kuraklık şiddeti haritaları hem mevcut hem de değişen iklim koşulları altında Şekil 13'te verilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi, her iki il de ortalama tarihsel iklimde orta ila yüksek kuraklık şiddetine maruz kalmaktadır. Konya'nın yüzölçümünün yaklaşık %45'inin kuraklık şiddeti çok yüksektir. İzmir'in sadece %15'i yüksek kuraklık şiddeti yaşamaktadır (şekilde koyu kırmızı renkli alanlarla temsil edilmektedir). Konya ve İzmir'de 2050 yılında ortalama kuraklık şiddeti sırasıyla %20 ve %34 artacaktır. İklim değişikliği İzmir'i bugünkünden daha kuru hale getirecek, kuraklığın süresi ve sıklığında artışa neden olacaktır. Bu durum, hayvanlar için yem tedarikini, çim mevcudiyetini ve kaba yemleri olumsuz etkileyecek ve süt verimini düşürebilecektir. Tahrip olmuş su kaynaklarına ek olarak, iklim değişikliği, yem kalitesindeki düşüşü ve hayvan hastalıklarına karşı duyarlılığı da arttırarak verimlilik üzerinde olumsuz etkiler yaratacaktır. Konya ve İzmir'de artan sıcaklıklar nedeniyle hayvancılıkta oluşan ısı stresi, süt üretimi üzerinde de olumsuz etkiye yol açacaktır. Artan kuraklık koşulları nedeniyle süt sığırlarının emzirme dönemi de değişecektir. Sonuç olarak, süt üretim miktarı ve kalitesi etkilenecek ve düşecektir.



**Şekil 13:** İzmir ve Konya için günümüzde yaşanan (üstteki şekil) ve gelecekte (alttaki şekil) yaşanacak kuraklık haritası. 2050 yılı için RCP 6.0 iklim değişikliği senaryoları kullanılmıştı.

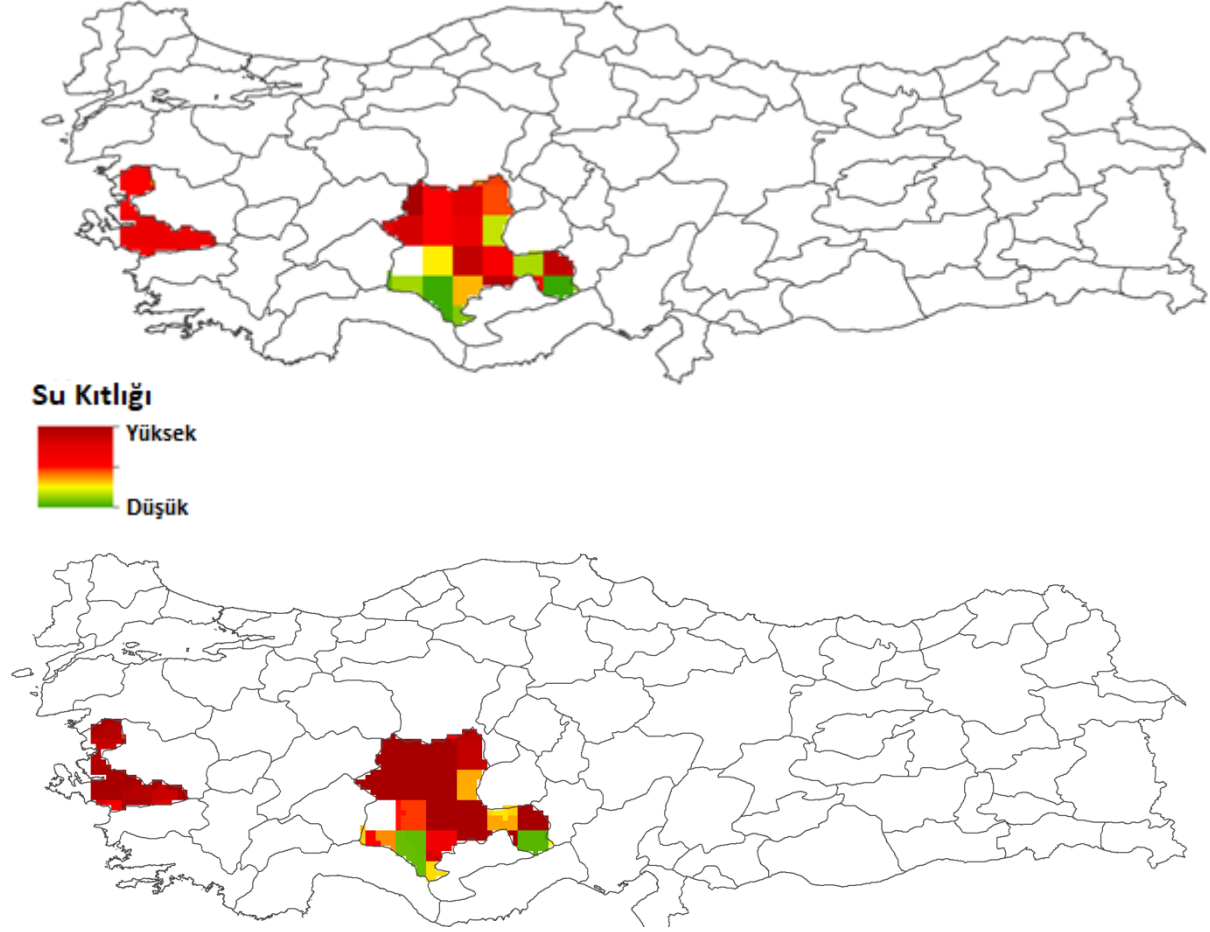
Şekil 14, İzmir ve Konya'daki su kıtlığı seviyelerini göstermektedir. Mevcut yıllık ortalama su kıtlığı İzmir'de 2,1, Konya'da 2,2'dir ve şiddetli su kıtlığını göstermektedir. Bu durum illerdeki su kullanıcıları tarafından yüzey ve yeraltı suyu kaynakları için yüksek rekabet, yem bitkisi





Bu proje Avrupa Birliği tarafından finanse edilmektedir.  
This project is funded by the European Union.

retimi için sınırlı kaynaklar, soğutma, işleme, temizleme için su tedarik sistemlerinde kesintiler anlamına gelmektedir. İzmir ve Konya'da yıllık su kıtlığı seviyelerinin sırasıyla 4.0 ve 3.5 olacağı iklim değişikliğinde su kıtlığı düzeyi önemli ölçüde kötüleşecektir. Böyle yüksek düzeyde kıtlık, kurumuş nehirler ve yeraltı suyunun bitmesi, ciddi su kesintileri, su kullanımı ve tahsisi üzerinde kısıtlamalar anlamına gelmektedir.



**şekil 14:** İzmir ve Konya için günümüzde yaşanan (stteki şekil) ve gelecekte (alttaki şekil) yaşanacak su kıtlığı haritası. 2050 yılı için RCP 6.0 iklim değişikliği senaryoları kullanılmıştı.



Bu proje Avrupa Birliği tarafından finanse edilmektedir.  
This project is funded by the European Union.

## 4 Öneriler

Türkiye sütçülük sektörü, tedarik zinciri boyunca önemli bir su tüketicisi olması nedeniyle üretim yerlerinde meydana gelen su sorunlarının etkilerini ele almalıdır. Çiftçi eğitimleri ile farkındalık yaratmak, çiftlik ve fabrika düzeyindeki bilgi ve teknolojilere yatırım yapmak, uzun vadeli sürdürülebilirliği güvence altına alan politikalar oluşturmak ve mevcut durumu açıklamak gibi bir dizi stratejik eylem gerekmektedir. Sektörün tüm paydaşlarının gerçekleştireceği stratejik eylemler, sektörün su yönetim yolculuğuna ve Türkiye'de sürdürülebilir şekilde üretilen süt ürünlerine ulaşılmalarını sağlayacaktır.

İleriye dönük olarak, sütçülük sektörü bu raporda verilen bilgileri, değer zincirinin her aşamasında gerçekleştirecekleri stratejik eylemleri belirlemek için kullanmalı ve aksiyonlar almalıdır.

Örneğin daha az su kullanılarak verimlilik artırılmalı, su ayak izini azaltacak çalışmalar hayata geçirilmeli, yem ham maddesi üretiminde yeşil su kullanımı azaltılarak sütçülük sektörünün kuraklığa karşı kırılganlığı minimize edilmelidir.

Bu rapor, sektörün kırılganlığını azaltmak için çiftlik düzeyinde aşağıdaki gibi önlemleri de önermektedir.

- Arazi seviyelendirmesi, kontur ve sırt çiftçiliği: Arazi seviyelendirmesi toprak nemini korur (yağış, sulama veya her ikisinden de) ve tarladan verimsiz buharlaşmayı ve akışı, böylece yeşil su kullanımını azaltır.
- Tarım arazilerindeki toprak işlemenin azaltılması veya ortadan kaldırılması: Toprak hareketini en aza indirir ve böylece toprak erozyonunu ve besinlerin akışını azaltır.
- Tarım arazilerinin malçlanması: Malçlama, ekin büyümesinin erken safhasında yapılırsa, ekini çevreleyen açık araziden verimsiz buharlaşmayı azaltmada etkili olur.
- Çiftçi kapasitesinin artırılması: Çiftçilere yukarıda belirtilenler gibi en iyi uygulamalar konusunda eğitimler verilmesi, verimin artırılması ve su ayak izinin azaltılması için yeni teknolojilere erişim sağlanması yarar sağlar.
- Hayvanlar için gölgelikler, fiskiyeler veya üfleli soğutma alanlarının kurulması da olumlu sonuçlar getirir.

Sektörün mevcudiyetiyle ilgili su sorunlarına karşı kırılganlığının azaltılması (yani su kıtlığı, mevsimsel ve yıllık su değişkenliği ve yeraltı suyu düşüşü); üretim alanlarında su depolamasının artırılması veya süt üretiminin tüm aşamalarında mavi su kullanımının azaltılmasıyla sağlanabilir. Raporumuzda, sektörün su varlığı sorunlarına karşı kırılganlığını azaltmak için aşağıdaki önlemlerin alınması tavsiye edilmektedir.

- Yem bitkisi üretiminde damla sulama sistemlerinin teşvik edilmesi
- Eksik sulama ve tam sulama gibi sulama yönetimi seçeneklerinde çiftçilerde kapasite gelişiminin sağlanması (Eksik sulama programları, gereken su kaynakları miktarını azaltarak minimum verim kayıplarına neden olmaktadır.)
- Yem ham maddesi bileşiminin daha az su yoğun ham maddelerle değiştirilmesi
- Şiddetli su kıtlığı koşullarında ithal yem bitkilerinin kullanılması
- Hava durumuna bağlı sigortalar
- Akıllı tarım seçeneklerinin kullanılması ve hava durumuna dayalı bilgi araçlarının tanıtılması





Bu proje Avrupa Birliği tarafından finanse edilmektedir.  
This project is funded by the European Union.

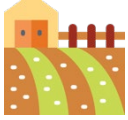
- Sütçülük sektörünün her aşamasında suyun yeniden kullanımı ve geri kazanımı
- Yem atıklarının, süt ürünleri üretim aşamasındaki kayıpların ve tüketimindeki israfı en aza indirilmesi

Sütçülük sektörü ayrıca, su sorunlarına ve iklim değişikliğine karşı kırılganlığını azaltmak ve su sürdürülebilirliğini sağlamak için toplu olarak çeşitli stratejik önlemler almalıdır.

- Su kaynaklarının ve yerel su koşullarının sürdürülebilir kullanımındaki çalışmalarını hızlandırmak için STK'lar, araştırma kuruluşları, üniversiteler, nehir havzası örgütleri ve diğer kolektif çalışmalara destek olunmalıdır. Su gibi çok taraflı konuların ele alınması geniş katılım ile yapılmalıdır. Çoğu durumda, verimsiz su kullanımı ve yönetimi, zayıf veya yetersiz bilginin, farklı amaçlara sahip birbirine hizmet etmeyen politikaların ve zayıf yönetişimin bir sonucudur.
- Toplumsal katılım; yerel topluluklarla, çiftçilerin gerçekleştirdiği eylemlerin yanı sıra kendi su ayak izlerini azaltmak için bireysel ve toplu olarak yapabilecekleri konusunda farkındalık yaratmak üzere su yönetimi ve yönetim değerlerini toplumun her kesimine yerleştirmek için önemli bir adım olacaktır. Bu çalışmalar, yerel su sorunlarının çözümü adına atılan adımlar için desteği arttıracaktır.
- Sürdürülebilir, verimli ve adil su kullanımı ile yönetimine ilişkin ilerlemeyi desteklemek için tutarlı ve etkili düzenleme, yasa ve politikalar teşvik edilmelidir.
- İklim değişikliği ve aşırı hava olaylarının ham madde üretimi, yem üretimi ve su mevcudiyeti üzerindeki etkileri üzerine daha fazla sayıda çalışma yapılmalıdır.

Sütçülük sektörünün değer zinciri boyunca su sorunlarına karşı kırılganlıklarını azaltmak için önerilen eylemlerin özeti Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3: Türkiye sütçülük sektörünün su sorunlarına karşı kırılganlıklarını azaltmak için önerilen eylemlerin özeti

| Üretim Değer Zinciri                                                                                  | Öneriler                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Yem ham madesi<br> | <ul style="list-style-type: none"><li>• bozulmuş meraların restorasyonu, ağaç ve baklagiller dikmek, kuraklığa dayanıklı çim ekimi</li><li>• damla sulama ile su kullanım verimliliği</li><li>• kuraklık koşullarında alternatif sulama yönetimi seçenekleri</li><li>• karışık ekim ve yeşil gübre</li><li>• çiftlik düzeyinde malçlama uygulaması</li><li>• çiftçiler için su sorunları konusunda bilinçlendirme</li><li>• akıllı tarımda çiftçilerin kapasitesinin geliştirilmesi</li><li>• hava durumuna dayalı sigortalar</li><li>• hava durumuna dayalı bilgi araçlarının ve uygulamalarının yaygınlaştırılması</li></ul> |







Bu proje Avrupa Birliği tarafından finanse edilmektedir.  
This project is funded by the European Union.

|                     |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|---------------------|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Yem<br>üretimi      |  | <ul style="list-style-type: none"><li>• daha az su yoğun, kuraklığa dayanıklı yem bitkilerinin kullanımı</li><li>• soya fasulyesi gibi yem bitkilerinin ithalatı</li><li>• üretim sırasında yem kayıplarının önlenmesi</li></ul>                                                                                                                    |
| Hayvancılık         |  | <ul style="list-style-type: none"><li>• gölgelerin, fıskiyelerin veya üfleme soğutma sistemlerinin kurulması</li><li>• az su tüketen yem bitkilerinin kullanımı</li></ul>                                                                                                                                                                           |
| Süt işleme          |  | <ul style="list-style-type: none"><li>• mevsimsel su değişkenliği için su depoları</li><li>• teknolojik ilerleme ile su verimliliğinin artırılması</li><li>• su ölçümü sistemlerinde artış</li><li>• suyun geri kazanımı ve yeniden kullanımı</li></ul>                                                                                             |
| Sütçülük<br>sektörü |  | <ul style="list-style-type: none"><li>• sürdürülebilir su uygulamaları hakkında bilinçlendirme kampanyaları</li><li>• iklim değişikliğinin bitkisel üretim üzerindeki etkileri hakkında ileri çalışmalar</li><li>• yem kayıplarını ve israfı en aza indirmek</li><li>• tüketim ve üretim aşamasında süt ürünleri israfını en aza indirmek</li></ul> |





Bu proje Avrupa Birliği tarafından finanse edilmektedir.  
This project is funded by the European Union.

## 5 Sonuç

İklim değişikliğinin Türkiye'de su kıtlığının ve kuraklığın artmasına neden olması beklenmektedir. Bu durum Türkiye sütçülük sektörünü de etkileyecektir nk süt değer zinciri boyunca üretim süreçlerinin çoğunda büyük miktarda su kullanılmaktadır. Bu tüketim, sektörü üretim yerlerindeki su kaynaklarına bağımlı kılmakta ve su ile ilgili sorunlara karşı kırılgan hale getirmektedir.

Bu rapor, Türk sütçülük sektörünün su talebini ortaya koyarken suyla ilgili sorunların süt üretimini ve bağlı olduğu önemli bileşenlerin arzını nasıl etkileyebileceğini değerlendirmektedir. Su kıtlığı, kuraklık, mevsimsel ve yıllık su değişkenliği, yeraltı suyu düşüşü ve su baskınları sektör in kilit su sorunları olarak tanımlanmaktadır.

Çalışmanın ana bulgusu, Türkiye sütçülük sektörünün su kıtlığı ve mevsimsel su değişkenliğine karşı özellikle kırılgan olduğu yönündedir. Bu kırılganlık; tlemi, tarımsal ürünlerin arzını etkileyebilir ve yem bitkilerindeki eksikliğe bağlı olarak fiyat dalgalanmalarına neden olabilir. Yakın gelecekte, mısır, arpa, ayeği ve buğday gibi yem ham maddeleri arzlarının, önemli veya şiddetli su kıtlığı olan bölgelerde üretildikleri için, etkilenmesi muhtemeldir. Uzun vadede, kuraklık veya su ile ilgili diğer sorunlar, bu ürünlerin iklim değişikliğinden dolayı değişen yağış şekillerinden etkilenme riskini arttıracaktır.

Raporumuz; Türkiye sütçülük sektörü değer zincirinde su sorunlarına karşı en duyarlı halkanın, büyük miktarda su tükettiği için yem ham maddesi yetiştiriciliği olduğunu göstermiştir. Bu risk, Türkiye'nin en büyük süt ve süt ürünleri reticisi Konya, Aydın, Balıkesir, Diyarbakır ve İzmir'de daha yüksektir. Yağış değişimi, artan nüfus, değişen tüketim alışkanlıkları ve zayıf su yönetişimi nedeniyle bu illerin nehir havzalarında su kıtlığı ve kuraklık seviyeleri artmaktadır. Bu durum, sektörün tedarik zincirinde su mevcudiyeti ve kalite sorunlarını beraberinde getirdiği için yüksek bir risk oluşturmaktadır. Dolayısıyla bu bölgelerde su sürdürülebilirliğinin sağlanması, sektörün Türkiye'de uzun vadeli varlığını devam ettirebilmesinin yanı sıra aynı su kaynaklarına bağımlı ekosistemlerin ve toplulukların sürdürülebilirliği için de kritik önem taşımaktadır. Sektör, bu alanlarda su verimliliği ve su tasarrufu çabalarına öncelik vermelidir.

---

*Sütçülük sektörü tedarik zincirinde, özellikle Konya ve İzmir'de, su kaynaklarının tkertilmesi ve kirlenmesi, süt değer zincirindeki işletmeler için daha fazla su güvencesi sorununa yol açacaktır.*

---

Bu çalışmanın diğer önemli sonuçlarından biri ise sektörün kuraklığa karşı kırılganlığının, bazı kilit üretim bölgeleri için önümüzdeki yirmi ila otuz yıl içinde (2050'ye kadar, gelecek otuz yılda) keskin bir şekilde artacağıdır. Bu, iklim değişikliğinin olası olumsuz etkilerini azaltmak için derhal harekete geçilmesi gerektiğini göstermektedir. Adaptasyon, diğer bölgelerden satın alma ve yeni pazar alanlarına yatırım yapma, belirli bölgelere daha fazla kuraklığa dayanıklı olma çabaları ile destekleme veya alternatif yem ürünleri kullanma gibi tüm karar verme süreçleri gözden geçirilmeli ve seçenekler değerlendirilmelidir. Örneğin, bir süt ürünleri şirketi tedarikleriyle birlikte çalışmaya ve üretim yerlerinde kuraklığa dayanıklılık





Bu proje Avrupa Birliği tarafından finanse edilmektedir.  
This project is funded by the European Union.

oluřturmaya yatırım yapabilir veya tedarik zinciri pazarlarını gelecekte kuraklıđın daha dūřuk olacađı Kuzey Anadolu ve Dođu Anadolu gibi bōlgelere kaydırmayı dūřünebilir.

Sūt üreticilerine yardımcı olmak ve su sorunları ile iklim değişikliğinin tarım-gıda sektörüne getirdiği riskler konusunda farkındalığı artırmak için ASÜD gibi sektör kuruluşları sektörün karşılaşabileceği olumsuz sonuçların azaltılmasına yönelik eylemleri teşvik etmelidir.

- Raporda ortaya konulan kırılganlıkları sektör çapında stratejilerin geliştirilmesi için ele almak
- Gelecekteki yatırımlarda su ile ilgili riskleri dikkate almak
- Kuzey Anadolu ve Doğu Anadolu gibi bazı bōlgelerin stratejik önemini göz önünde bulundurarak, bu bōlgelerdeki su kaynakları üzerindeki iklim kaynaklı potansiyel faydaları ve bu bōlgelerden sürdürülebilir ham madde temini olasılığını değerlendirmek
- Kilit öneme sahip üretim bōlgelerinde sürdürülebilir, verimli ve adil su kullanımını sağlamak için yatırımları ve kuraklığa dayanıklılığı arttıracak su yönetişimini güçlendirecek önlemlerin hayata geçirilmesine destek olmak
- Yatırımları yeniden gözden geçirmek ve çiftçilerin sürdürülebilir uygulamalara veya altyapı iyileştirmelerine yatırım yapmalarını, tesislerini genişletmek, çeşitlendirmek ve iklim değişikliği etkilerini daha iyi izlemek için önlemler almalarını teşvik edip desteklemek
- Suyu bağımlı olan tüm süt işletmelerini bağımlılıklarını haritalamaya ve işlerini sürdürürebilmek için suyla ilgili kırılganlıklarını daha iyi anlamaya teşvik etmek
- İklim değişikliğinin etkileri ve önemli hassas üretim aşamaları için finansal riskler ile ilgili bilgilere daha iyi ve kolay erişim sağlamak
- Gelişmiş ağlar ve ortaklıklar oluşturmak, bilgi paylaşımını teşvik etmek ve iklim değişikliğiyle ilişkili riskleri yönetmek için fon ve hükümet desteğini çekmek üzere yeni fırsatlar yaratmak.





Bu proje Avrupa Birliği tarafından finanse edilmektedir.  
This project is funded by the European Union.

## Referanslar

1. Mekonnen, M.M. and Hoekstra, A.Y. (2010) The green, blue and grey water footprint of farm animals and animal products, Value of Water Research Report Series No.48, UNESCO-IHE.
2. De Vries, M. (2018) *Vulnerability and adaptation strategies of dairy farming systems to extreme climate events in southwest Uganda. Results of CSA-PRA workshops.* Wageningen Livestock Research, Wageningen, the Netherlands.
3. Palhares and Pezzopane (2015). Water footprint accounting and scarcity indicators of conventional and organic dairy production systems, Journal of Cleaner Production, Volume 93, Pages 299-307
4. SafeFood (2017). The impact of climate change on dairy production. Dublin, Ireland.
5. Izmir Ticaret Borsası (2014). Rakamlarla Dünya Tarımı. Araştırma Geliştirme Bölümü. <https://itb.org.tr/dosya/rapordosya/rakamlarla-dunya-tarimi.pdf>
6. TÜİK, Türkiye İstatistik Kurumu (2019). Süt ve Süt Ürünleri İstatistikleri. Ankara, Türkiye. <http://www.turkstat.gov.tr/> (accessed 12 November 2019)
7. DSİ (2009) Su ve DSİ. Ankara: DSİ Yayınları.
8. T.C. Kalkınma Bakanlığı (2014) Su Kaynakları Yönetimi ve Güvenliği Raporu, 10. Kalkınma Planı, Ankara, Türkiye. [http://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2018/10/10\\_SuKaynaklariYonetimiveGuvenciligi.pdf](http://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2018/10/10_SuKaynaklariYonetimiveGuvenciligi.pdf)
9. Dogdu, M. S. and C. Sagnak, 2008. Climate change, drought and over pumping impacts on groundwaters: Two examples from Turkey. Paper submitted to the Third International BALWOIS Conference on the Balkan Water Observation and Information System, Ohrid, the Former Yugoslav Republic of Macedonia, May 2008.
10. Ercin, E., Pilevneli T. and Capar G. (2019) Climate vulnerabilities of the Batı Akdeniz River Basin, Technical Report, Building capacity on vulnerabilities of agricultural sector to climate change in Turkey Project, Ankara, Turkey.
11. Yilmaz and Imteaz (2014) Climate change and water resources in Turkey: A review. Int. J. Water, Vol. 8, No. 3.
12. Albayrakoğlu, E.P., 2011. Climate Change and Security: The Case for Turkey. Journal of Gazi Academic View: 59-78.
13. Ercin, A.E., Aldaya, M.M. and Hoekstra, A.Y. (2011) Corporate water footprint accounting and impact assessment: The case of the water footprint of a sugar-containing carbonated beverage, Water Resources Management, 25(2): 721-741.
14. Ercin, A.E., Aldaya, M.M. and Hoekstra, A.Y. (2012) The water footprint of soy milk and soy burger and equivalent animal products, Ecological Indicators, 18: 392–402.
15. Ercin E., Veldkamp T., Hunink J. (2020). Cross-border climate vulnerabilities of the EU to drought. Nature Communications, forthcoming, in press.
16. Mekonnen, M. and A. Hoekstra (2016). "Four billion people facing severe water scarcity." Science advances.
17. WRI, World Resources Institute (2019). Aqueduct Water Risk Atlas. <https://www.wri.org/applications/aqueduct/water-risk-atlas/>. Accessed November 2019.
18. TÜİK, Türkiye İstatistik Kurumu, (2019) Tarımsal Üretim İstatistikleri, <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr>. accessed on 6 November 2019
19. ASÜD (2019) Süt üreticilerinden uzman bilgisi.
20. Amasya Damızlık Sığır Yetiştiricileri Birliği (2016), Sığırlar İçin Rasyon Örnekleri





Bu proje Avrupa Birliği tarafından finanse edilmektedir.  
This project is funded by the European Union.

21. Denizli Damızlık Sığır Yetiştiricileri Birliği (2019), Teknik bilgiler, SÜT SIĞIRCILIĞI İŐLETMELERİNDE KESİF YEM İŞLEME TEKNİĞİ VE KULLANIM ŐARTLARI, <http://denzlidisyb.org.tr/>
22. SERKA (2017), Karma Yem Yatırım Fizibilitesi.
23. Ercin A.E, Chico Zamanillo Daniel, Chapagain A. (2019b), Vulnerabilities of the European Union's economy to hydrological extremes outside its borders, Atmosphere 2019, 10(10), 593.





Bu proje Avrupa Birliği tarafından finanse edilmektedir.  
This project is funded by the European Union.

## Ek 1: Metot ve veri

### Su Ayak izi (su kullanımı) hesaplamaları

Su ayak izi, bir ürünün veya malın üretilmesinde ne kadar tatlı su kullanıldığının ölçüsüdür. Su ayak izi, tüketilen su veya kirletilen su miktarı ile ifade edilir ve 3 bileşeni vardır.

- Mavi su ayak izi, bir tarımsal ürünün yetiştirilmesi, bir ürünün üretimi veya hizmetin sağlanması için kullanılan tatlı su veya yeraltı suyu miktarıdır. Alındığı kaynaktan farklı bir ortama veya farklı bir zamanda verilen, buharlaşan veya bir ürünün muhteviyatında olan su miktarı, mavi su ayak izini oluşturmaktadır.
- Yeşil su ayak izi, bitkilerin yetiştirilmesi esnasında kullanılan yağmur suyu veya toprağın bünyesinde bulunan nem olarak tanımlanmaktadır. Tarımsal bitkiler, odun ve diğer orman ürünlerini içeren ürünler için kullanılır. Yeşil su ayak izi, terleme -buharlaşıma yolu ile kaybedilen veya hasat edilen ürünlerin bünyesinde bulunan (veya her ikisi birlikte) su miktarını belirtmektedir.
- Gri su ayak izi kirliliğin bir ölçüsüdür. Referans alınan su kalitesi standartlarını sağlamak amacıyla su kaynaklarına deşarj edilen ya da karışan atık sulardaki kirletici derişiminin seyreltme yoluyla sınır değerlere düşürülmesi için gereken tatlı su miktarıdır. Birden fazla kirletici var ise en yüksek gri su ayak izini oluşturan kirletici esas alınır. Hem yüzey suyu hem de yeraltı suyuna deşarj var ise her ikisi için de su ayak izi ayrı ayrı hesaplanır.

Ürün su ayak izi; tek bir proses için (örneğin zeytin yetiştirilmesi), domates suyu gibi bir ürün için, fabrikada zeytinyağı üretimi için veya çok uluslu bir şirketin tüm faaliyetleri için hesaplanabilir. Su ayak izi değerlendirmesinde, genellikle birim üretim başına ( $m^3/ton$ ) kullanılır ve ürünün/sürecin su verimliliğini gösterir.

Su ayak izi, aynı zamanda kentsel tüketimin, tarım ve sanayi sektörlerinin, belirli bir coğrafi alanda yarattığı kirliliği veya tükettiği su miktarını tanımlamak için kullanılır. Bu maksatla kullanıldığında, karşılaştırma genellikle  $m^3/yıl$  birimi üzerinden yapılır ve su kullanımının sürdürülebilirliğinin değerlendirilmesi yapılır.

### Bitkisel üretimin Su ayak izi (Yem Bitkileri)

Bitkisel üretimin su ayak izi  $WF_{prod\ crop,y}$ , o yıl üretilen bitkisel üretim miktarı  $P_{cr,y}$  [ton/yıl] ile bitkilerin ortalama su ayak izinin  $WF_{cr,c,y}$  [ $m^3/y$ ], çarpılmasıyla hesaplanır.

$$WF_{prod\ crop,y} = \sum_{cr=1}^{cr} (WF_{cr,y} \times P_{cr,y}) \quad (1)$$

Bitkisel üretim verileri  $P_{cr,c,y}$  [ton/yıl] TÜİK tarafından yayımlanan istatistiklerden elde edilmiştir [18].





Bu proje Avrupa Birliği tarafından finanse edilmektedir.  
This project is funded by the European Union.

### **Birincil Ürünleri Su Ayak izi**

Birincil ürünlerin su ayak izi, bitkilerin 1996-2005 dönemi için ortalama su ayak izi [1] temel alınarak ve her bitki için ölçekleme katsayısı kullanılarak hesaplanmıştır.

$$WF_{cr,y} = WF_{cr,avg1995-2005} * f_{s,cr,y} \quad (2)$$

Bu formülde,  $WF_{cr,y}$  [m<sup>3</sup>/ton] ilgili yıl için cr bitkisinin su ayak izini,  $WF_{cr,c,avg1995-2005}$  [m<sup>3</sup>/ton] cr bitkisinin 1996-2005 dönemi için ortalama yıllık su ayak izini,  $f_{s,cr,y}$  ise cr bitkisi için y yılındaki katsayısını göstermektedir.

Bitkiler için ölçekleme katsayısı,  $f_{s,cr,y}$  hesaplamasında, her bitki için o yıla ait birim alandaki üretim miktarı ile Mekonnen and Hoekstra [1] çalışmasında belirtilen üretim değerleri kullanılmıştır.

$$f_{s,c,y} = \frac{Yield_{cr,avg1996-2005}}{Yield_{cr,y}} \quad (3)$$

Formülde yer alan  $Yield_{cr,y}$  [ton/hektar] cr bitkisinin y yılındaki verimini,  $Yield_{cr,avg. 1996-2005}$  [ton/hektar] ise cr bitkisinin 1996-2005 arası ortalama verimini göstermektedir. Bitki verimine dair veriler TÜİK istatistiklerinden alınmıştır [18].

### **Süt Ürünlerinin Su Ayak izi**

Bir ürünün (örneğin peynir) su ayak izi, nihai girdi olarak kullanılan ürünlerin (süt) su ayak izi ve üretim aşamasının su ayak izi dikkate alınarak hesaplanır (p ürünü için y adet girdi ürünün su ayak izi). Girdi ürünler, i=1'den y'ye kadar numaralandırılır ve y adet girdi ürünün, z adet nihai ürüne dönüştüğü varsayılır. Çıktı ürünler ise p=1'den z'ye kadar numaralandırılır.

Üretim aşamasında proses suyu kullanılıyor ise kullanılan su miktarı girdi ürünlerin su miktarına eklendikten sonra, toplam çıktı ürünlere paylaştırılır. Nihai ürün p'nin su ayak izi (WF) aşağıda belirtildiği gibi hesaplanır.

$$WF_{prod}[p] = \left( WF_{proc}[p] + \sum_{i=1}^y \frac{WF_{prod}[i]}{f_p[p,i]} \right) \times f_v[p] \quad (4)$$

Yukarıdaki formülde  $WF_{prod}[p]$ , p ürünün su ayak izini (hacim/kütle),  $WF_{prod}[i]$  girdi ürün i'nin su ayak izini ve  $WF_{proc}[p]$  proses amaçlı kullanılan suyun miktarını (hacim/kütle) ifade etmektedir.

Girdi ürünlerden üretilen p ürünün üretim yüzdesini gösteren  $f_p[p,i]$  parametresi (kütle/kütle), kullanılan girdi ürün ( $w[i]$ , kütle) başına elde edilen nihai ürün ( $w[p]$ , kütle) miktarını göstermektedir.

$$f_p[p,i] = \frac{w[p]}{w[i]} \quad (5)$$





Bu proje Avrupa Birliği tarafından finanse edilmektedir.  
This project is funded by the European Union.

Nihai ürün p için değer yüzdesini gösteren ( $f_v[p]$ , para birimi/para birimi) ise p ürünün pazar değerinin, tüm nihai ürünlerin (p=1'den z'ye kadar) pazar değerine oranını göstermektedir.

$$f_v[p] = \frac{\text{price}[p] \times w[p]}{\sum_{p=1}^z (\text{price}[p] \times w[p])} \quad (6)$$

Yukarıdaki formüde  $\text{price}[p]$  p ürünün fiyatını (para birimi/kütle) göstermektedir. Eşitlikteki payda ise z adet ürün için (p = 1'den z'ye kadar), ürünlerin fiyatının ve pazar değerinin toplamıdır.

Üretim yüzdeleri ve üretim aşamalarında kullanılan su miktarlarının belirlenmesinde, ASÜD [19] tarafından sağlanan veriler kullanılmıştır. Süt ürünlerinin piyasa değerinin belirlenmesinde ise TÜİK verileri [18] esas alınmıştır.

Sütün su ayak izinin hesaplanmasında, aşağıdaki süreçlerden ve girdilerden kaynaklanan su ayak izi dikkate alınmıştır.

$$\text{WF (süt)} = \text{WF yem} + \text{WF}_{\text{yem üretimi}} + \text{WF hayvancılık} + \text{WF}_{\text{süt üretim prosesi}} \quad (7)$$

### **Sığır özellikleri, yem bileşimi ve yem işlenmesinde su kullanımı**

Su ayak izi hesaplamalarında, aşağıdaki sığır özellikleri ve yem bileşimi esas alınmıştır [20,21,22].

Tablo A1.1: Hesaplamalarda esas alınan sığır özellikleri.

|                                      | Miktar | Birim  |
|--------------------------------------|--------|--------|
| <b>Sığır Canlı Ağırlığı</b>          | 500    | kg     |
| <b>Günlük süt üretimi (%3.5 yağ)</b> | 21     | kg     |
| <b>Günlük yem</b>                    | 17.5   | kg/gün |
| <b>Süt salgılama dönemi</b>          | 305    | gün    |

Tablo A1.2: Hesaplamalarda kullanılan yem bileşimi.

| Yem bileşimi                   | Miktar | Birim (günlük) |
|--------------------------------|--------|----------------|
| <b>Buğday</b>                  | 2.5    | kg             |
| <b>Yonca</b>                   | 2      | kg             |
| <b>Mısır Silajı</b>            | 20     | kg             |
| <b>Arpa</b>                    | 1      | kg             |
| <b>Ayçiçeği tohumu küspesi</b> | 1.5    | kg             |
| <b>Süt yemi</b>                | 4.5    | Kg             |







Bu proje Avrupa Birliği tarafından finanse edilmektedir.  
This project is funded by the European Union.

Yem işlenmesinde kullanılan su miktarı, 90 litre/ton yem olarak hesaba katılmıştır [22].

### **Sığır yetiştiriciliğince su kullanımı**

Sığırlar için sağlanan içme suyu ve diğer (temizlik vb) amaçlarla kullanılan su miktarı Mekonnen and Hoekstra [1] tarafından yapılan çalışmadan alınmıştır.

Tablo A1.3: Sığır yetiştiriciliğinde içme suyu ve diğer su kullanımı

|                   | İçme suyu<br>(litre/gün) | Diğer Su tüketimi<br>(litre/gün) |
|-------------------|--------------------------|----------------------------------|
| <b>Süt sığırı</b> | 55                       | 13.5                             |

### **Kırılganlık Değerlendirmesi**

Kırılganlık değerlendirmesinde, Ercin vd [10,15,23] tarafından geliştirilen yöntem kullanılmıştır. Bu çalışmada, süt sektörünün su kırılganlığı, sektörün su kaynaklı problemlere ve iklim değişikliğine duyarlılığı belirtilmektedir (ör. üretim kayıpları, üretim bölgelerindeki kuraklık vb).

Kırılganlık ( $V_{EU,e,p,y}$ ), e lokasyonunda , y yılında üretilen p ürünü için, hidrolojik ekstremlere maruziyetin büyüklüğü ( $E_{e,p,y}$ ) ve üretim lokasyonunun hidrolojik ekstremlere hassasiyeti ( $S_{e,p,y}$ ) ile orantılır.

$$V_{EU,e,p,y} = E_{e,p,y} \times S_{e,p,y} \quad (8)$$

İklim değişikliği kaynaklı kırılganlıkların değişimleri, RCP 6.0 senaryosu için referans yıl (2010) ile hedef yıl (2050) arasındaki oran olarak ifade edilebilir.

$$\Delta V_{EU,e,p} = \frac{V_{EU,e,p,y=2030,2050,2085}}{V_{EU,e,p,y=2010}} \quad (9)$$

### **Kuraklık Şiddeti**

Süt üretiminde kuraklığın etkisinin belirlenmesinde, Ercin vd. [10,15,23] tarafından yapılan çalışmadan faydalanılmıştır. Bu çalışmada, 0.5x0.5 derecelik ölçekte kuraklığın dağılımı yapılmıştır. Kuraklık, uzun süre (D) devam eden, olağandışı düşük toprak nemi  $q(\theta)$  ve ardışık aylar boyunca toprak nem oranının sınır değerini  $q_0(\theta)$  altında olması olarak tanımlanmıştır. Bu çalışmada, sınır değerini beş yılda bir gerçekleşen koşullar dikkate alınarak %20 olarak belirlenmiştir. Kuraklık şiddeti, SE, D dönemi boyunca ve kuraklığın yoğunluğu / esas alınarak hesaplanmıştır.

$$SE = D \times I \quad (10)$$

$$I = \frac{1}{D} (\sum_{t=t_1}^{t_1+D-1} q_0(\theta) - q_t(\theta)) \quad (11)$$





Bu proje Avrupa Birliği tarafından finanse edilmektedir.  
This project is funded by the European Union.

Yoğunluk/kuraklık süresince ortalama büyüklüğü; kuraklık şiddeti ise değerlerin sınır değerin altında gerçekteştiği toplam süreyi göstermektedir.

## Ek II: Türkiye’de kullanılan yem bitkilerinin su ayak izi

| Yem Bitkisi                    | Yeşil Su Ayak izi (m <sup>3</sup> /ton) | Mavi Su Ayak izi (m <sup>3</sup> /ton) |
|--------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------|
| <b>Buğday</b>                  | 2,074                                   | 130                                    |
| <b>Fiğ</b>                     | 3,098                                   | 364                                    |
| <b>Mısır</b>                   | 646                                     | 208                                    |
| <b>Yonca</b>                   | 135                                     | 0                                      |
| <b>Yulaf</b>                   | 1,683                                   | 143                                    |
| <b>Ayçiçeği tohumu küspesi</b> | 540                                     | 87                                     |
| <b>Pamuk tohumu küspesi</b>    | 1,683                                   | 143                                    |
| <b>Soya Fasulyesi</b>          | 983                                     | 0                                      |





Bu proje Avrupa Birliği tarafından finanse edilmektedir.  
This project is funded by the European Union.

Bu yayın Avrupa Birliği'nin maddi desteği ile hazırlanmıştır. İçerik tamamıyla Ambalajlı Süt ve Süt rnleri Sanayicileri Derneği (ASD), İklim Araştırmaları Derneği (İAD), International Business Leaders Forum (IBLF) and Water Footprint Network (WFN) sorumluluğu altındadır ve Avrupa Birliğinin grşlerini yansıtmak zorunda değildir.

This publication was produced with the financial support of the European Union. Its contents are the sole responsibility of Packaged Dairy Products Association of Turkey (ASUD), Climate Research Association (IAD), International Business Leaders Forum (IBLF) and Water Footprint Network (WFN) and do not necessarily reflect the views of the European Union.

