

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

SÜT SEKTÖRÜ POTANSİYEL SU İHTİYACI VE AYAK İZİNİN ARAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Sevde Tuğba DURMUŞ

Enstitü Anabilim Dalı : ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Ahmet ÇELEBİ

Ekim 2021

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

SÜT SEKTÖRÜ POTANSİYEL SU İHTİYACI VE AYAK İZİNİN ARAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Sevde Tuğba DURMUŞ

Enstitü Anabilim Dalı : ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ

Bu tez 19.10.2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı

Üye

Üye

BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Sevde Tuğba DURMUŞ

21.10.2021

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca değerli bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, her konuda bilgi ve desteğini almaktan çekinmediğim, araştırmanın planlanmasından yazılmasına kadar tüm aşamalarında yardımlarını esirgemeyen, teşvik eden, aynı titizlikte beni yönlendiren değerli danışman hocam Doç. Dr. Ahmet ÇELEBİ'ye ve maddi manevi desteklerini benden esirgemeyen annem Sevda DURMUŞ ve Ayşe HİBA'ya teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ	v
TABLolar LİSTESİ	vi
ÖZET	vii
SUMMARY	viii
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2.	
LİTERATÜR BİLGİLERİ	2
2.1. Su Ayak İzi	2
2.1.1. Su ayak izi çeşitleri.....	2
2.1.2. Doğrudan ve dolaylı su ayak izi.....	3
2.1.3. Sanal su ayak izi.....	4
2.1.4. Su stresi.....	5
2.1.5. Türkiye'nin su ayak izi.....	6
2.2. Süt Üretimi.....	6
2.2.1. Yem dönüştürme verimliliği.....	7
2.2.2. Yem bileşiminin tahmin edilmesi.....	8
2.2.3. ISO 14046 çevre yönetimi ve su ayak izi.....	10
2.3. Süt Üretiminde Yapılan Su Ayak İzi Çalışmaları.....	15

BÖLÜM 3.

MATERYAL VE YÖNTEM	22
3.1. Çalışma Alanı.....	22
3.2. Yöntem	24
3.2.1. Su ayak izinin hesaplanması.....	25
3.2.2. CropWat program ile yem bitkilerinin su ayak izi.....	26

BÖLÜM 4.

ARAŞTIRMA BULGULARI	29
4.1. Süt Üretim Çiftliğinin Su Ayak İzi.....	29
4.1.1. Enerji girişi.....	29
4.1.2. Süt üretim çiftliğinde kullanılan yemlerin su ayak izi.....	30
4.2. Toplam Su Ayak İzi.....	35

BÖLÜM 5.

TARTIŞMA VE SONUÇ	38
KAYNAKLAR	42
EKLER	44
ÖZGEÇMİŞ	46

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

COD	: Kimyasal oksijen ihtiyacı
CF	: Karakterizasyon faktörü
DMI	: Kuru madde alımı
FAO	: Gıda ve tarım örgütü
FPCM	: Proteini düzeltilmiş süt
IDF	: Uluslararası süt ürünleri federasyonu
IPCC	: Hükümetler arası iklim değişikliği paneli
ISO	: Uluslararası standardizasyon organizasyonu
TÜİK	: Türkiye istatistik kurumu
WF	: Su ayak izi
WFF	: Dünya doğayı koruma vakfı
WFN	: Su ayak izi ağı
WTA	: Su kullanılabilirlik oranı

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Doğrudan ve dolaylı su ayak izi şeması (Hoeskstra 2012)	3
Şekil 2.2. Dahili ve harici su ayak izi dağılımı.....	5
Şekil 2.3. Türkiye'nin süt ihracatında önemli ülkeler	7
Şekil 2.4. Üretim sistemi ve ülke başına süt üretimi (Hoekstra 2010).....	8
Şekil 2.5. Su ayak izi değerlendirmesinin aşamaları (İSO 14046).....	11
Şekil 2.6. Ürün sistemleri ve tahsis prosedürü arasındaki ilişki (İSO 14046) ...	12
Şekil 2.7. Bir kuruluşun su ayak izi değerlendirmesi (İSO 14046)	13
Şekil 2.8. Su kısıtlığını ele alan kategori göstergeleri kavramı (İSO 14046)	13
Şekil 2.9. Bağımsız bir değerlendirme veya yaşam döngüsü değerlendirmesinin bir parçası olarak su ayak izi kavramı (İSO 14044).....	14
Şekil 3.1. Kc değeri (bitki katsayısı).....	27
Şekil 4.1. Yemlerin mavi, yeşil ve gri su ayak izi payları.....	34
Şekil 4.2. Tüm yemlerin su ayak izi dağılım grafiği.....	34
Şekil 4.3. Toplam su ayak izi dağılım grafiği.....	36
Şekil 4.4. Kullanım kategorilerine göre toplam su ayak izi dağılım grafiği	36

TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1. Dünya süt verileri	15
Tablo 2.2. Türkiye süt verileri	16
Tablo 2.3. Beslenme çeşidine göre Avrupa ve Dünya ortalaması (bouwman 2005).....	19
Tablo 2.4. Örnek çalışmadaki üç farklı gösterge ile su ayak izi değerlendirmesi (Ridoutt and Hodges, 2017).....	24
Tablo 2.5. Örnek çalışmadaki süt ürünlerinin sanal su ihtiyacı (Chapagain and Orr, 2008).....	26
Tablo 3.1. Çiftlik verileri.....	30
Tablo 3.2. Çiftlikteki hayvanların günlük rasyon değerleri.....	31
Tablo 3.3. Hayvanların içme suyu miktarları.....	34
Tablo 3.4. Sakarya ili meteorolojik verileri.....	35
Tablo 3.5. Bitki katsayıları ve gelişim süreleri.....	37
Tablo 4.1. Hayvanların yıllık rasyon değerleri.....	39
Tablo 4.2. Yulaf için CropWat ile elde edilen sonuçlar.....	39
Tablo 4.3. Mısır için CropWat ile elde edilen sonuçlar.....	40
Tablo 4.4. Yonca için CropWat ile elde edilen sonuçlar.....	40
Tablo 4.5. Yulaf, mısır ve yonca bitkileri teorik mavi ve yeşil su ayak izi hesaplama sonuçları.....	42
Tablo 4.6. Tüm yemlerin su ayak izi.....	44
Tablo 5.1. Bazı süt ürünlerinin Dünya ortalaması ve Türkiye için WF değerleri.	35
Tablo 5.2. Literatür WF.....	36

ÖZET

Anahtar kelimeler: Su ayak izi, sürdürülebilirlik, sanal su, organik süt

Su insan yaşamı ve ekosistem için en değerli bileşenlerden biridir. Yaşamın kaynağıdır. Gelişen dünyamızda her doğal kaynak gibi suyumuzda günden güne niceliksel ve niteliksel olarak azalmaktadır. Su, en iyi ve öncelikli yönetilmesi gereken konu haline gelmektedir. Su ayak izi su yönetimi alanında son yıllarda ilgi odağı olan su kaynaklarımız açısından önemli bir yöntem olmuştur.

Bu tez çalışmasında Sakarya ili çevresinde bir süt üretim tesisinin bütüncül olarak su ihtiyacı ve su ayak izi araştırılmıştır. Su ayak izi hesaplanırken yaşam döngüsü değerlendirilmesi ve su ayak izi standartları göz önünde bulundurulmuştur. İncelenen süt üretim çiftliğinde ana başlıklarda hayvanların içtikleri içme suyu, çiftlikte kullanılan servis suyu ve yem olarak tüketilen bitkilerin yetiştirilmesinde gerekli olan su miktarları hesaplanmıştır. Her aşamada harcanan, gerekli su miktarları belirlenmiştir. Yem bitkileri için yöresel standartları dikkate alan yazılım kullanılmıştır. Dünyanın farklı yerlerinde bu alanda yapılan çalışmalarla karşılaştırılmış ve değerlendirilmiştir.

Süt üretim çiftliğinin su ayak izi 1176060 m³/yıl olarak hesaplanmıştır. Yıllık ortalama üretilen süt miktarı göz önüne alındığında da 1 lt süt üretimi için 1077 m³ su kullanıldığı bulunmuştur.

RESEARCHING THE MILK INDUSTRY POTENTIAL WATER NEED AND FOOTPRINT

SUMMARY

Keywords: Water footprint, sustainability, virtual water, organic milk

Water is one of the plants for growing humans and plants. The reward for life. Developing world, like its natural resource, sunbathing from our water is quantitatively and qualitatively valid for us. Water can become the best and first thing to be taken care of. Water trail water management has been an approach that is our focus of attention, which is the subject of education.

In this thesis, the production of water as a whole in a factory in Sakarya province. and traces of water were investigated. When estimating the water footprint, its assessment and water footprint were reviewed. In the examined production farm, the main headings were the drinking water they drink, the water used in the farm and the amount of water required for their cultivation, which is consumed as feed. The amount of water required for each spent. For the bait, field software suitable for local use was used. It has been compared and evaluated with studies in this field in different parts of the world.

The water footprint of the dairy farm was calculated as 1176060 m³/year. The annual average consumption amount will disappear and 1077 m³ of water will be taken for 1 liter milk production.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Su, canlı yaşamının hayati bir unsurudur. İklim değışikliğı, küresel ısınma, popölasyon artışına bağı olarak azalan ve kalitesi bozulan tüm sınırsız sanılan kaynaklar gibi suyunda sürdürülebilirliğini sağlamak için kontrol altında tutulması gerekmektedir. Bunun için öncelikle mevcut su havzaları incelenerek su tüketimi sıcak noktaları tespit edilir. Su ayak izi bu noktada son yıllarda geliştirilmiş önemli bir metodolojidir. Hayvansal ürünlerin tüketimi insanlığın su ayak izinin dörtte birinden fazlasına katkıda bulunmaktadır. Yem üretmek için ihtiyaç duyulan su, hayvansal ürünlerin su ayak izinin arkasındaki en önemli faktördür. Yem bileşiminin ve yem bileşenlerinin kaynağının gözden geçirilmesi, süt ürünlerinin su ayak izini azaltmanın yollarını bulmak için çok önemlidir

Karbon ayak izimizi azaltma arzusu genel olarak kabul edilmiş bir metodolojidir, ancak su ayak izimizi azaltmaya yönelik çalışmalar acil görülmemekte ve göz ardı edilmektedir.

BÖLÜM 2. LİTERATÜR BİLGİLERİ

2.1. Su Ayak İzi

Su ayak izi, kullandığımız ürün ve hizmetleri üretmek için kullanılan su miktarını ölçer. Su ayak izi, belirli bir nehir havzasında ne kadar su tüketildiğini bize söyleyebilir.

“Su Ayak İzi” kavramı, ilk kez Arjen Hoekstra tarafından 2002 yılında UNESCO-IHE’de ortaya koyulmuştur. Bir ürünün su ayak izi; ürünün sanal su içeriği veya ürünün saklı, gömülü, harici ya da gölge suyu diye adlandırılan farklı terimlerle benzerlik gösterir (Hoekstra and Chapagain, 2008).

2.1.1. Su ayak izi çeşitleri

Su ayak izi bir mal veya hizmetin üretiminde kullanılan tatlı su miktarının doğrudan ve dolaylı kullanımına göre iki şekilde incelenebilir. Su kullanımı ve kalitesine göre ise su ayak izi 3 bileşende izlenir ve hesaplanır. Bunlar mavi, yeşil ve gri su ayak izi kavramlarıdır.

Mavi su ayak izi; yüzeysel su kaynaklarından veya yer altı su kaynaklarından çekilmiş suyun üretimde kullanılma, buharlaşma ve çekildiği su kaynağına geri dönmeme gibi durumlarla oluşan tüketim miktarını ifade eden kavramdır. Tarımda kullanılan su, fabrikalarda üretim hatlarında kullanılan su ve evsel kullanım suyu Mavi Su Ayak izi olarak değerlendirilebilir.

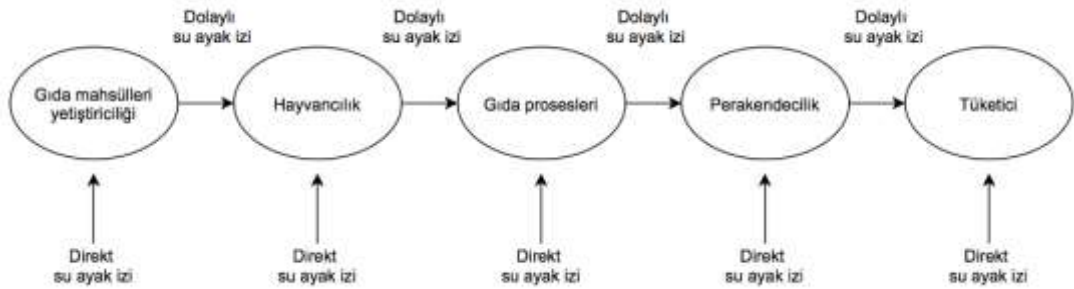
Yeşil su ayak izi; birim alana düşen yağış miktarının bitkiler tarafından kullanıldığı veya yer altı sularına geçmediği, yüzey üzerinde kaldığı durumlarda oluşur. Bu durum suyun buharlaşan miktarının ve bitkiler tarafından kullanılan miktarının bir

göstergesidir. Yeşil su ayak izi daha çok tarımsal ürün yetiştirme süreçlerinde gözlenmektedir.

Gri su ayak izi; üretim prosesleriyle ilgili olan gri su ayak izi üretim faaliyetleri sonucu oluşan temiz su kirliliğinin bir derecesi olarak tanımlanmaktadır. Alıcı ortamdaki kirlilik yüklerinin, aynı alıcı ortamın doğal kirlilik derecesine ve güncel kirlilik derecesine göre seyreltilmesi için gerekli olan temiz su miktarının ölçüsüdür.

2.1.2. Doğrudan ve dolaylı su ayak izi

Su ayak izinin hesaplanmasında bir mal veya hizmet üretiminde doğrudan ya da dolaylı olarak harcanan toplam tatlı su miktarı dikkate alınır. Şekil 2.1.'de doğrudan ve dolaylı su ayak izi şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Doğrudan ve dolaylı su ayak izi şeması (Hoekstra, 2012).

Su ayak izi; bir prosesin, ürünün, şirketin veya sektörün hem doğrudan hem de dolaylı su kullanımına bakarak tedarik zincirinden son kullanıcıya kadar tüm üretim döngüsü boyunca su tüketimini ve kirliliği gösterir.

Su ayak izini, birey veya toplum, bir ulus veya tüm insanlık tarafından tüketilen tüm mal ve hizmetleri üretmek için gereken su miktarını ölçmek için kullanmak da mümkündür. Bu aynı zamanda bireyler tarafından doğrudan kullanılan su olan doğrudan su ayak izini ve tüketilen tüm ürünlerin su ayak izlerinin toplamı olan dolaylı su ayak izini de kapsar.

Doğrudan su ayak izi; bir ürün yada hizmet üretilirken doğrudan kullanılan su miktarıdır. Dolaylı su ayak izi; bir ürünün sadece üretim sürecinde değil tüm tedarik zinciri ve ham madde teminindeki su ayak izlerinin tümünü kapsayan su miktarıdır.

2.1.3. Sanal su ayak izi

Sanal su içeriği veya gömülü su, yalnızca ürünün içerisindeki saklı suyu ifade eder. Bu kavram, uluslararası veya bölgeler arası görünen su akışları bağlamında kullanılır. Bir ülke veya bir bölge bir ürünü ithal ediyorsa veya ihraç ediyorsa, suyu da sanal olarak ithal/ihraç etmektedir. Bu da genel olarak sanal su akışı ya da ticareti olarak adlandırılır.

Toplam su ayak izinin dahili suyun ayak izi %78, harici su ayak izi %22 dir. %72 dahili tarımsal su ayak izi, %2 endüstriyel %4 evsel su kullanımından oluşmaktadır. Harici tarımsal su ayak izi %20 harici endüstriyel su ayak izi %2 dir.(Chapagain and Hoekstra 2004). Şekil 2.2.'de dahili ve harici su ayak izlerinin dağılımı şematik olarak gösterilmiştir.

$$VWCc = WUc / Yc$$

$VWCc$ (m^3/t) sanal su içeriği

WUc (m^3/ha) mahsulün üretimi için kullanılan su hacminin oranı

Yc (t/ha) üretilen mahsulün hacmine göre

Bitkisel üretim için kullanılan su hacmi WUc (m^3/ha) iki bileşenden oluşur;
(Hoekstra 2012)

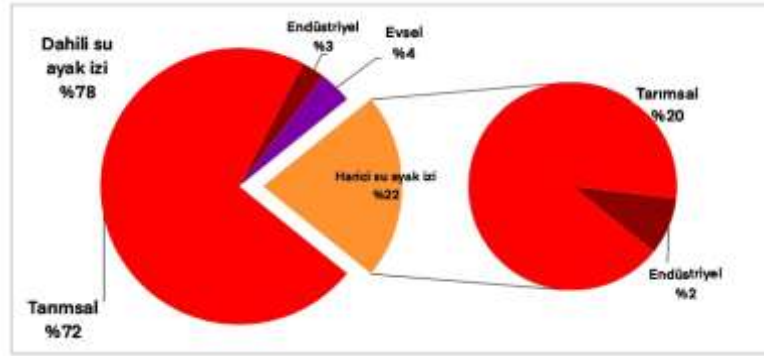
$$WUc = WU_{\text{evaporative}} + WU_{\text{non-evaporative}}$$

$WU_{\text{evaporative}}$ = buharlaştırılan su hacmi

$WU_{\text{non-evaporative}}$ = buharlaşmayan suyun hacmi

$$WU_{\text{evaporative}} = WU_g - WU_b$$

$$WU_{\text{non-evaporative}} = WU_p$$



Şekil 2.2. Dahili ve harici su ayak izi dağılımı (Hoekstra, 2012).

2.1.4. Su stresi

Su Stres Endeksi (WSI), yerel tatlı su çekilme-kullanılabilirlik oranına dayalı yaşam döngüsü değerlendirmesi (LCA) ve su ayak izi çalışmalarında tüketim suyu kullanımını değerlendirmek için kullanılır. WSI 0,01 (en az su kıtlığı) ile 1 (maksimum su kıtlığı) arasında değişir ve diğer kullanıcıların potansiyel olarak yoksun bırakıldığı tüketilen su miktarını ölçer. (Murphy *et al.*, 2017).

Su stresi endeksi (WSI), tatlı su tüketiminin ilgili etkisini değerlendirmek için kullanılır; su yoksunluğunu değerlendiren bir orta nokta göstergesi olarak kabul edilir ve yalnızca mavi su için geçerlidir (Pfister ve diğerleri, 2009). Su stresi endeksi, su kıtlığı ile ilgili su tüketimi etkilerini gösterir. Endeks, su kullanılabilirlik (WTA) oranından kaynaklanmaktadır. WTA, belirli bir bölgede insan kullanımı için toplam yıllık tatlı su çekilmesinin, o bölgedeki yıllık mevcut yenilenebilir su kaynağına oranı olarak tanımlanır (Frischknecht ve diğerleri, 2006). 0,01 ile 1 arasında değişen WSI değerleri, aşağıdaki lojistik fonksiyon kullanılarak türetilir:

$$WSI = \frac{1}{1 + e^{6.4WTA * (\frac{1}{0.01} - 1)}}$$

WTA *, aylık ve yıllık değişkenliği veya yağış ve akışları hesaba katmak için değiştirilmiş bir WTA'dır. Yöntem ülke, bölge veya havza düzeyinde uygulanabilir. (Murphy *et al.*, 2017).

2.1.5. Türkiye'nin su ayak izi

Türkiye 82.614.362 nüfusa sahip 783.577 km² yüz ölçümünde bir ülkedir. (TÜİK, 2020) Kişi başı GSYH (SAGP): 9,043 ABD Dolarıdır. (Dünya Bankası, 2019)

Türkiye sanılanın aksine su zengini bir ülke değildir.

Yıllık ortalama yağış: 643 mm/yıl, Yıllık yağış miktarı: 501 milyar m³/yıl
Buharlaşma: 274 milyar m³/yıl, Yeraltına sızma: 41 milyar m³/yıl, Yüzey suyu akışı: 186 milyar m³/yıl, Kullanılabilir yüzey suyu: 98 milyar m³/yıl, Yeraltı suyu çekilmesi: 14 milyar m³/yıl, Net kullanılabilir tatlı su kaynağı: 112 milyar m³/yıl Kişi başına düşen tatlı su miktarı: 1.519 m³/kişi/yıl (WWF 2014)

Hoesktra ve Mekonnen in 2011 yılında yayınladıkları çalışmaya göre Türkiye'nin toplam su ayak izi 110 000 milyon m³/yıl, kişi başı su ayak izi 4 500 litre/gün, dahili su ayak izi %79 harici su ayak izi % 21 dir.

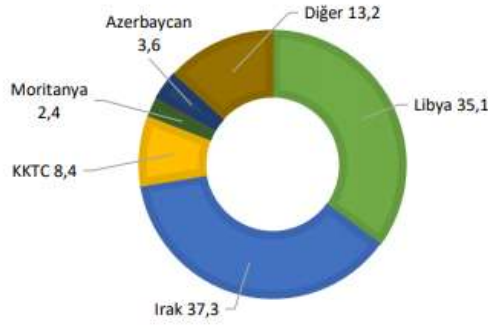
2.2. Süt Üretimi

Süt dengeli ve sağlıklı beslenmenin en önemli unsurlarından biridir. İnek sütü dünya süt üretiminin %78,3 ini oluşturmaktadır. (FAO). Türkiye'de 2019 yılında 18 milyon büyük baş hayvan olup bunların yaklaşık %37,5 i sağılmaktadır. 2020 nisan ayında toplanan inek sütü miktarı 873 641 ton üretilen içme sütü miktarı ise 146 414 tondur. (Tarım ve Orman Bakanlığı) Tablo 2.1.'de Dünya süt verileri gösterilmiştir.

Tablo 2.1. Dünya süt verileri

Dünya Süt Verileri (bin ton)	2015	2016	2017	2018	2019	değişim (%)
Toplam Süt Üretimi	808 062	815 667	824 677	827 975	848 978	1,3
İnek Sütü Üretimi	661 430	665 596	677 671	683 217	691 922	1,3
İthalat	13 852	14 091	14 916	14 576	11 827	18,9
İhracat	14 464	14 216	14 242	13 335	12 707	-4,7
Dünya Çiğ Süt Fiyatı (s/kg)	0,36	0,34	0,39	0,38	0,39	2,6

Türkiye 2020 yılında 11 aylık yaklaşık 24 bin ton ihracat yapmıştır. İhracat yapılan ülkeler arasında Libya, Irak ve KKTC başta gelmektedir. Şekil 2.3.'te Türkiye'nin süt ihracatındaki önemli ülkeler şematik olarak gösterilmektedir.



Şekil 2.3. Türkiye'nin süt ihracatında önemli ülkeler

Tablo 2.2.'de yıllara göre Türkiye süt verileri gösterilmiştir.

Tablo 2.2. Türkiye süt verileri

Türkiye Süt Verileri (bin ton)	2015	2016	2017	2018	2019	Değişim (%)
Sağılan Hayvan Sayısı	25 540	25 200	28 505	30 560	31 968	4,6
Üretim	18 655	18 489	20 700	22 121	22 960	3,8
İçme Sütü Tüketim	34,3	34	40,7	41,5	39,7	-4,3
İthalat	5	4	6	9	13	44,4
İhracat	15	18	41	49	37	-24,5

Dünyadaki süt üretiminin yaklaşık % 62'sini üreten ilk on ülke arasına giren Türkiye Dünya süt üretiminin % 2'sini karşılamaktadır. Hindistan %20, Amerika %12 Çin ve Pakistan % 5'er, Almanya ve Brezilya %4'er, Yeni Zellanda ve Fransa %3'er payla listede yerini almaktadır.(Payen, Falconer and Ledgard, 2018).

2.2.1. Yem dönüştürme verimliliği

Hayvanlar için yemden yararlanma verimliliği, hayvan başına yem alımını hayvan başına yıllık üretime bölerek tahmin edilebilmektedir. Üretim sistemi ve ülke başına süt üretimi şu şekilde hesaplanmıştır:(Chapagain and Hoekstra, 2010)

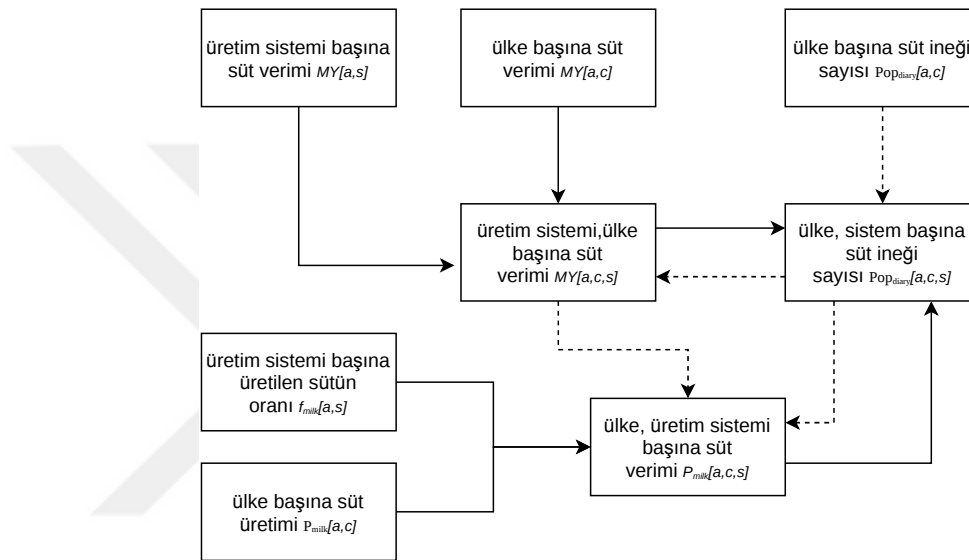
$$P_{\text{milk}}[a,c,s] = MY[a,c,s] \times DC[a,c,s]$$

$P_{\text{milk}}[a,c,s]$ = süt üretimi ton/yıl

$MY[a,c,s]$ = süt ürünleri başına süt verimi ton/süt ineği

$DC[a,c,s]$ = c ülkesindeki süt inekleri sayısı üretim sistemi

Şekil 2.2.'te Üretim sistemi ve ülke başına süt üretimi şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 2.4. Üretim sistemi ve ülke başına süt üretimi (Hoekstra 2010)

2.2.2. Yem bileşiminin tahmin edilmesi

Hayvan yemleri genellikle "konsantre yemler" ve "kaba yemler" olarak ikiye ayrılır. Konsantre yem hacmi, hayvan kategorisine ve üretim sistemine göre şu şekilde hesaplanmaktadır.(Chapagain and Hoekstra, 2010);

$$\text{Concentrate}_{[a,c,s]} = \text{Feed}_{[a,c,s]} \times \text{fc}_{[a,c,s]}$$

$\text{Concentrate}_{[a,c,s]}$ = tüketilen konsantre yem hacmi

$\text{Feed}_{[a,c,s]}$ = tüketilen yem hacmi

$\text{fc}_{[a,c,s]}$ = toplam yemdeki konsantre yem fraksiyonu

Konsantre yemlerin bileşimi, dünyanın hayvan türlerine ve bölgelerine göre değişiklik gösterir. Farklı hayvan türlerinin konsantre yem bileşimi ile ilgili varsayımda bulunmaktadır.

Yemler genellikle 'konsantre' ve 'kaba yem' olarak ikiye ayrılır.

Konsantreler, belirli bir ağırlıktaki yem için yüksek düzeyde besin içeren yemlerdir, genellikle ham lif içeriği düşüktür (Kuru madde içeriğinin%18'i) ve toplam sindirilebilir besinler bakımından yüksektir. Bu nedenle konsantreler, tahıllar ve öğütme yan ürünlerinde olduğu gibi enerji açısından yüksek olabilir ya da bitkisel veya hayvansal menşeli protein öğünlerinde olduğu gibi protein açısından da yüksek olabilir. Konsantre yemler, tahılları, kökleri ve yumruları, yağlı bitkileri, yağlı küspeleri, kepeği, pekmezi, bakliyatları, şeker mahsullerini, meyveleri ve sebzeleri içerir (FAO 2019).

Kaba yemler, kuru maddenin%18'inden fazla ham lif içeriğine sahip, çoğu taze ve kurutulmuş yemleri ve yemleri içeren, düşük besin yoğunluğuna sahip yemlerdir.

Başlıca kaba yemler:

- Meralar: geçici ve kalıcı otlakları içerir.
- Hasat edilen kaba yemler: yem veya silaj için yıllık olarak ekilen ve hasat edilenleri içerir.

Başlıca türleri; Hasat kaba yemleri arasında mısır, yulaf ve tatlı sorgum gibi yem (yeşil) tahıllar; şeker kamışı, yonca (yonca) ve berseem (Mısır yoncası); özellikle silaj için yetiştirilen özel yüksek verimli otlar (Thimoth otu gibi); patates, pancar, isviçre, şalgam gibi kökler ve yumrular, kışlık yağlı tohumlar; bezelye, fasulye, tatlı acı bakla ve fiğ gibi bakliyat; kabak ve lahana gibi sebzeler. Bu yemler bazen daha düşük lif içeriği ve yığın için işlenir ve daha sonra genellikle konsantre yemler olarak sınıflandırılır (örn, işlenmiş yonca, bezelye ve fasulye).

Diğer kaba yemler: hububat ve bakliyalardan elde edilen saman gibi çok çeşitli mahsul yan ürünlerini içerir.

Tablo 2.3.'te beslenme çeşidine göre Avrupa ve dünya ortalaması yem dönüştürme verimliliği kg çıktı başına kg yem (kuru kütle) cinsinden gösterilmiştir.

Tablo 2.1.Beslenme çeşidine göre Avrupa ve dünya ortalaması (Bouwman 2005)

	Doğu Avrupa	Dünya Ortalaması
Otlama	2,6	3,5
Karma	2	1,6
Endüstriyel	1,3	1,1
Genel	1,7	1,9

2.2.3. ISO 14046 Çevre yönetimi ve su ayak izi

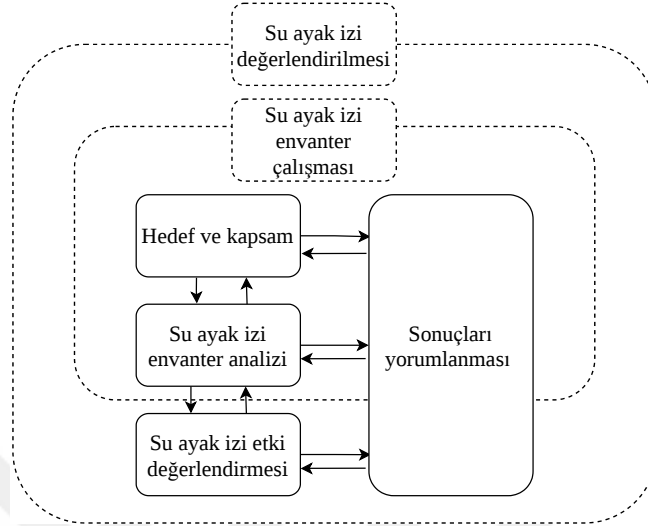
Su ayak izi sürdürülebilirlik göstergelerinin ve ekonomik su verimliliğinin değerlendirilmesi, dünyanın sürdürülebilirlik hedefinin ve tatlı su kıtlığı riskinin azaltılmasının temel taşı olarak kabul edilmektedir. Sürdürülebilir ve ekonomik açıdan verimli su kullanım hedeflerine ulaşmak, su kullanan tüm mevcut sektörlerin kapsamlı bir değerlendirmesini gerektirir.

Uluslararası Standartlar Örgütü'nün uluslararası su ayak izi standardının (ISO 14046) 2014 yılında yayımlanmasından bu yana, yaşam döngüsü değerlendirmesine dayalı su ayak izi değerlendirmesi konusu araştırma topluluklarında ve ülkemizde artan ilgi görmüştür.

Bu standart 25.01.2016 tarihinde CEN tarafından onaylanmış ve Türk Standartları Enstitüsü Teknik Kurulu'nun 24.03.2016 tarihli toplantısında Türk Standardı olarak kabul edilerek yayımına karar verilmiştir.

Bir kuruluşun su ayak izi envanter çalışmasında amaç ve kapsamlar belirlenir, su ayak izi envanter analizleri yapılır ve her adımda sonuçlar değerlendirilir. Son olarak su ayak izi etki değerlendirmesi yapılır ve sonuçlar değerlendirilir.

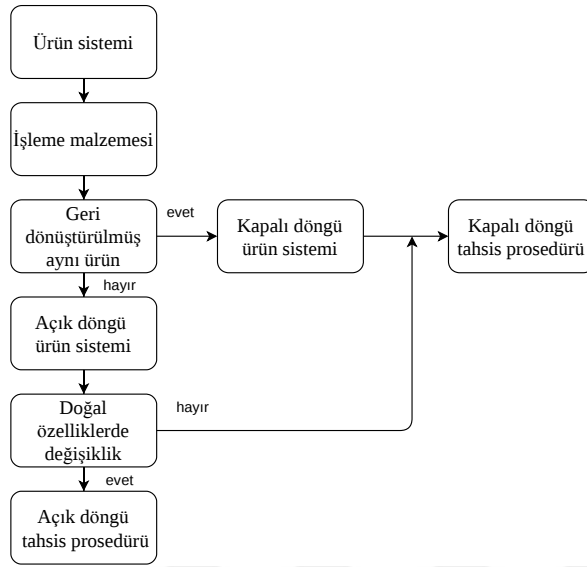
Şekil 2.6.'da su ayak izi değerlendirilmesinin aşamaları şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 2.3. Su ayak izi değerlendirmesinin aşamaları (ISO 14046)

Tarım ürünleri gibi su yoğun ürünleri içeren (LCA) çalışmaların da bölgesel bir değerlendirme gereklidir, çünkü su kullanımının etkileri, yerin bir fonksiyonu olarak büyük ölçüde değişiklik gösterir. Sunulan yöntem, su yoğun ürünlerin üretiminde çevresel karar desteği ve çevreye duyarlı değer zinciri yönetimi için kullanışlıdır. (Pfister, Koehler and Hellweg, 2009)

Süt üretimi ürün sisteminde geri dönüştürülmüş ürün olmadığından açık döngü ürün sistemidir ve doğal özelliklerde değişiklik olmadığından açık döngü tahsis prosedürüdür. Şekil 2.7.'de ürün sistemleri ve tahsis prosedürü arasındaki ilişki şematik olarak gösterilmiştir.

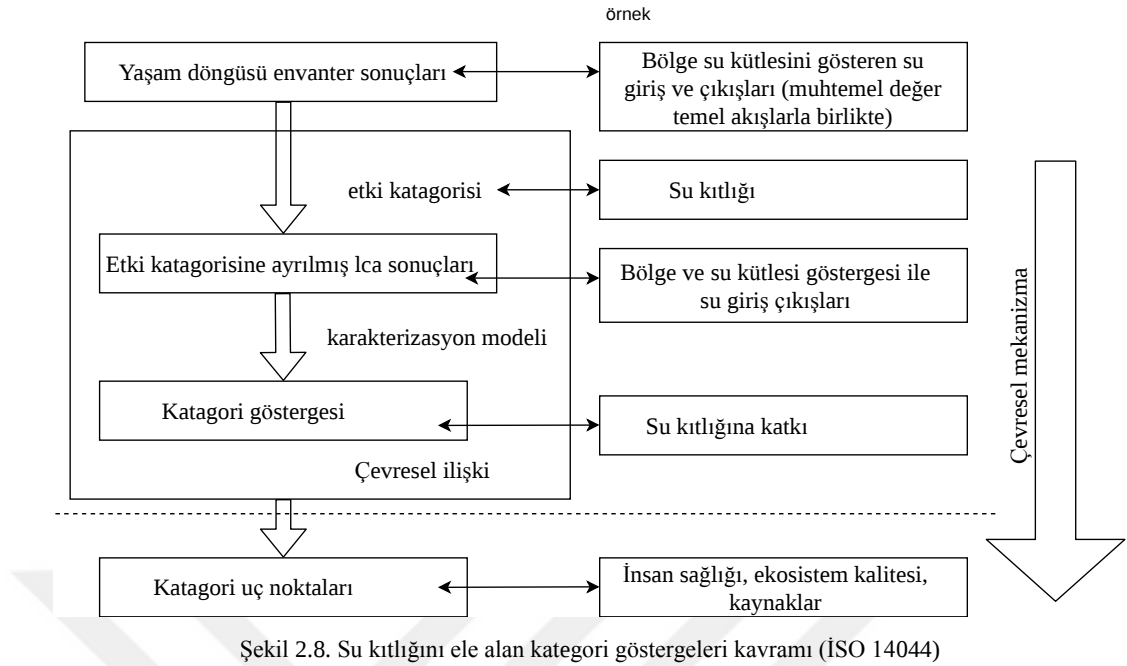


Şekil 2.6.Ürün sistemleri ve tahsis prosedürü arasındaki ilişki (İSO 14046)

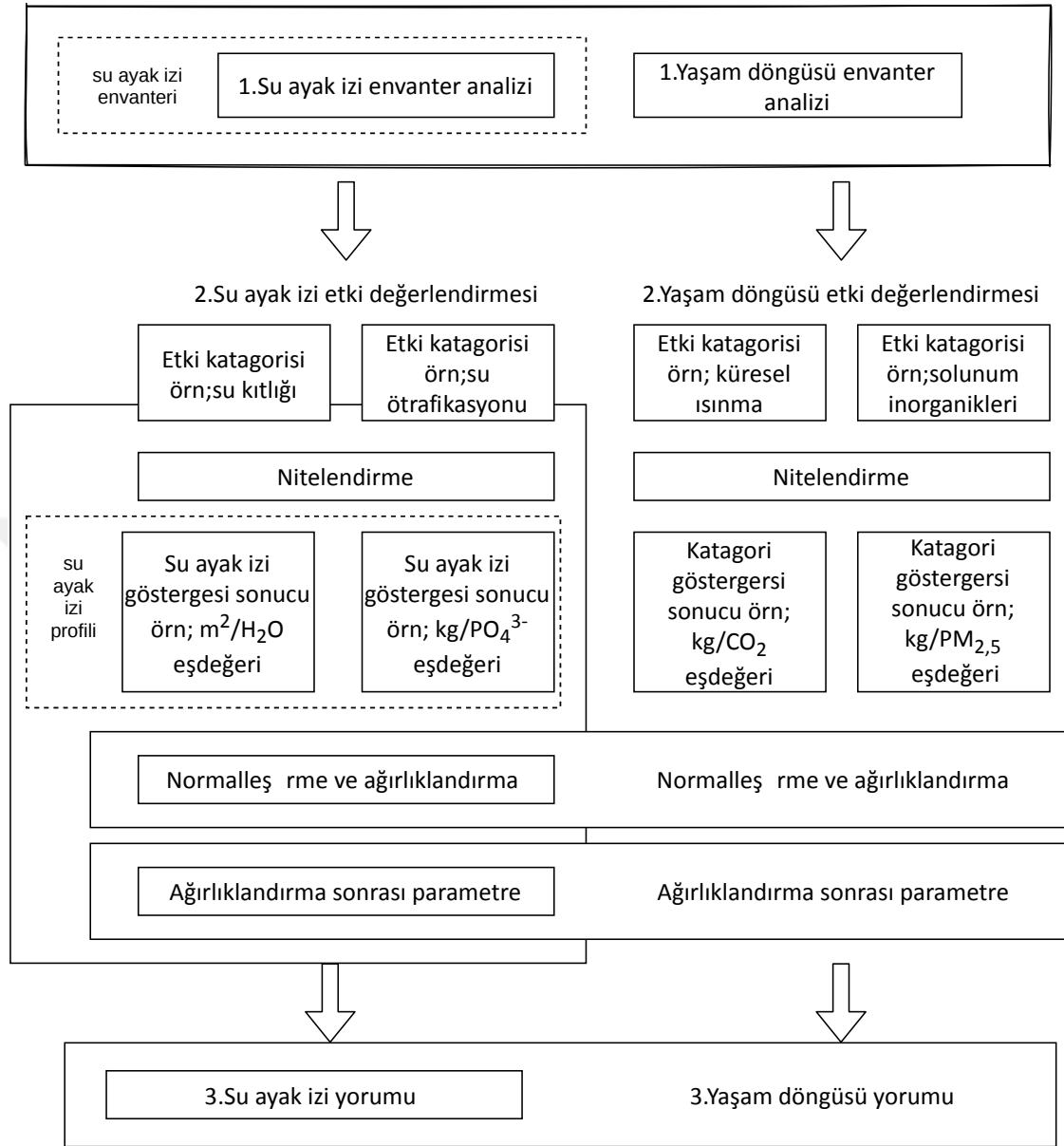
LCA yaşam döngüsü analizi ürün, proses ve hizmetlerin; üretim, kullanım ve bertaraf aşamalarındaki etkilerini çevresel boyutta inceler. Karbon ayak izi ve diğer ayak izleri gibi su ayak izi de yaşam döngüsü analizinin kapsamındadır. Bozunmuş (degradasyon) su ayak izi ve mevcut su ayak izi tüketimden dolayı azalan ve doğrudan kirliliğin etkisindeki su ayak izini göstermektedir. Mevcut su ayak izi kullanılabilir sudaki tüketim ve bozunma ile azalan su miktarını gösterir. Su kıtlığı ayak izi ise tüketimden kaynaklanan kullanılabilir sudaki azalmadır.

Bir kuruluş su ayak izi değerlendirmesinde amacına ve kapsamına göre farklı bakış açılarını benimseyen bir değerlendirme geliştirebilir.

Şekil 2.8.'de bir kuruluşun su ayak izi değerlendirmesi için farklı sistem sınırları örnekleri gösterilmiştir.



Su ayak izi envanter analizi ve yaşam döngüsü envanter analizi Şekil 2.9.'te şematik olarak anlatılmıştır.



Şekil 2.9. Bağımsız bir değerlendirme veya yaşam döngüsü değerlendirmesinin bir parçası olarak su ayak izi kavramı (ISO 14044)

2.3. Süt Üretiminde Yapılan Su Ayak İzi Çalışmaları

Avustralya'nın güneydoğusunun üç bölümündeki 75 çiftlikte süt üretimi için su kıtlığı ayak izleri hesaplanmıştır.

AWARE, WSI WORLD_EQ ve WSI HH, olmak üzere Üç gösterge ile ölçeklendirme, yorumlanabilirlik ve LCA sonuçlarıyla tutarlılığa göre

değerlendirilmiş ve kullanım için uygunluk açısından farklı olduğu görülmüştür. AWARE göstergesi en az uygun olarak görülmüştür.

Avustralya, Victoria'nın üç bölgesinde süt üretimi için su kıtlığı ayak izi sonuçlarının (L H₂O_e / L FPCM), üç farklı yaşam döngüsü değerlendirmesine dayalı göstergeler kullanılarak karşılaştırılması Tablo 5.1.'de gösterilmiştir; ortalama (min, maks).

Tablo 2.2. Örnek çalışmadaki üç farklı gösterge ile su ayak izi değerlendirmesi (Ridoutt and Hodges, 2017)

Indicator	Region Gippsland	South West	North
AWARE	60,5 (17,6-360)	40,2 (20,2-201)	19,747 (4601-28,769)
WSI _{WORLD_EQ}	0,7 (0,2-4,0)	0,3 (0,2-4,0)	262 (61,4-382)
WSI _{HH_EQ}	1,9 (0,6-10,8)	0,8 (0,4-3,3)	51,3 (12,0-74,7)

Tüketim suyu kullanımının %1'inden daha azı, yem olmayan; yakıt, gübre, vb. girdilerden oluştuğu gözlemlenmiştir. (Ridoutt and Hodges, 2017)

Güney Afrika'daki mevcut su kıtlığı durumu, sürdürülebilir kalkınma için bir tehdittir. Güney Afrika'da yapılan bir çalışmada, burada üretilen ve işlenen sütün su ayak izini, su ayak izi değerlendirme kılavuzunda belirtilen prosedürleri kullanarak değerlendirmiştir. Sonuçlar, Güney Afrika'da %4 yağ ve %3,3 protein içeren bir ton süt üretmek için 1.352 m³ su gerektiğini göstermektedir. Sadece emziren inekler için yem üretiminde kullanılan su, sütün toplam su ayak izinin %86,35'ini oluşturmaktadır. Emziren inekler için yem rasyonunun su ayak izi, emzirmeyen ineklerinkinden yaklaşık %85 daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Yeşil su ayak izi, emziren inekler için yem rasyonunun toplam su ayak izinin %86'sından fazlasını oluşturmaktadır. Hem emziren hem de emzirmeyen inekler için yem üretimi için kullanılan su, Güney Afrika'daki süt üretiminin toplam su ayak izinin yaklaşık %99'unu oluşturmaktadır. Düşük su ayak izine sahip dengeli rasyon sağlamak için düşük su ayak izine ve kuru maddeye yüksek katkıya sahip yem bitkilerine özel dikkat gösterilmelidir. Büyük Orange River havzasında sulama altında mısır, sorgum ve yonca üretimi sürdürülebilirken, aynı toplama alanında silajlık yulaf üretimi sürdürülebilir olmadığı gözlenmiştir (Owusu-Sekyere, Scheepers and Jordaan, 2016).

Çin’de büyük bir üretim bölgesi olan Heilongjiang’daki büyük ölçekli üretim sistemleri için su mevcudiyeti ayak izini hesaplamak için yaşam döngüsü değerlendirmesi (LCA) kullanılmıştır. California ve Yeni Zelanda’dan ithal edilen ürünlerle de karşılaştırmalar yapılmıştır. Heilongjiang’da üretilen sütün su ayak izi yaklaşık 1 kg yağ proteini düzeltilmiş süt (FPCM) için 11 L H²Oe (H²O eşdeğeri). Bu, Kaliforniya ve Yeni Zelanda’daki üretim için sırasıyla 461 ve 0.01 L H²Oe kg 1 FPCM ile karşılaştırılmıştır. Buna göre, Heilongjiang’da üretilen süt ürünlerinin su ayak izleri Kaliforniya’dan ithal edilenlerden çok daha düşük, ancak Yeni Zelanda’dan daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Gıda endüstrisi perspektifinden, süt ürünleri kaynaklarının Kaliforniya’dan Yeni Zelanda’ya veya Heilongjiang’a kaydırılması, süt esaslı işlenmiş gıdaların yaşam döngüsü su ayak izlerini büyük ölçüde azaltabileceği önerilmiştir. (Huang *et al.*, 2014)

İki zıt bölgede üretilen Yeni Zelanda sütünün su ayak izi AWaRE adlı bir yaşam döngüsü etki değerlendirme göstergesi kullanılmıştır. Wakikato sulanmayan ılımlı yaşış alan, Canterbury sulanan düşük yağış alan bir bölgelerdir. Envanter akışları ve karakterizasyon faktörleri (CF) için ülke ve yıllık, bölgesel ve aylık olmak üzere iki farklı zamansal ve mekânsal çözünürlükte incelenmiş ve karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak toplu karakterizasyon faktörleri kullanıldığında su kıtlığı ayak izinin potansiyel olarak fazla tahmin edildiği gösterilmiştir. Ülke ve yıllık CF’ler yerine bölgesel ve aylık CF’ler kullanıldığında Canterbury %33 Waikato %74 da azalmıştır. Bölgesel ve aylık olarak hesaplanan su ayak izi Waikato sütü için 22 L world eq / kg FPCM (Fat Protein Corrected Milk) ve Canterbury sütü için 1118 L world eq / kg FPCM olarak hesaplanmıştır. Sonuç olarak bu çalışma, toplu CF’lerden ziyade yüksek çözünürlüklü CF’lerin kullanılmasının önemini vurgulanmıştır.

Bölgesel ve aylık değerlendirme ülke ve yıllık değerlendirmeyle karşılaştırıldığında Waikato sütünün su kıtlığının Canterbury sütünüden daha düşük olduğu gözlenmiştir (Payen, Falconer and Ledgard, 2018).

Kuzeydoğu İspanya’da bir süt çiftliğinin çevresel profili beşikten mezara bakış açısıyla değerlendirilmiştir. Uluslararası Süt Ürünleri Federasyonu (IDF) tarafından önerilen karbon ayak izi kılavuzları ile birlikte ISO standartları tarafından

oluşturulan Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (LCA) ilkeleri takip edilmiştir. Sonuçlar Su Ayak İzi Ağı (WFN) metodolojisine göre tahmin edilmiş, hayvan ve yem üretimi (yonca) olmak üzere iki kritik faktör olduğunu gözlenmiştir. Yeşil su ayak izi, yetiştirme aşamasıyla ilişkilendirilerek önemli çevresel yüklerin yaklaşık %88'inden sorumlu bulunmuştur. Son olarak, hayvan yemlerinde yoncanın diğer alternatif protein kaynakları ile ikame edilmesi önerilmiş ve analiz edilmiştir (Noya et al. 2018).

Birleşik krallıktaki süt ve süt ürünleri için Tablo 2.5.'te belirtilen sanal su ithalatı ve ihracatında yıllık su ayak izi metreküp cinsinden ifade edilmiştir.

Tablo 2.3.Örnek çalışmadaki süt ürünlerinin sanal su ihtiyacı(*Chapagain and Orr, 2008*)

PCTAS'de tanımlandığı şekliyle ürün	Sanal su ithalatı (m3 / yıl)	Sanal su ihracatı (m3 / yıl)
Konsantre olmayan ve% 1 yağı geçmeyen şekerli süt	11,80	10,20
Konsantre olmayan ve% 1'i aşmayan şekerli süt,% 6'yı geçmeyen	50,00	159,10
Süt ve krema konsantre edilmemiş ve% 6'dan fazla yağ içeren şekerli	18,30	119,80
% 1,5 yağı geçmeyen süt tozu	89,50	163,30
% 1.5'i aşan şekerli süt ve krema tozu	28,00	171,50
Yağda% 1.5'i aşan tatlandırılmış süt ve krema tozu	9,30	13,10
Süt ve krema şekerli nes	11,00	28,60
Süt ve krema tatlandırılmış	9,20	2,60
Konsantre yoğurt, tatlandırılmamış, tatlandırılmış veya tatlandırılmamış, aromalı oo içeren meyve o 130.0 kakao	130,00	5,60
Ayran, kesilmiş süt ve krema, kefir ve ferm veya asitli süt ve krema çeşitleri	48,30	14,20
konsantre veya tatlandırılmış peynir altı suyu	10,50	22,60
Tatlandırılmış veya tatlandırılmamış doğal süt bileşenlerinden oluşan ürünler	2,00	1,50
Tereyağı	349,80	102,30
Sürülebilir süt ürünleri	15,50	2,40
Sütlerden elde edilen katı ve sıvı yağlar	21,20	59,80
Taze peynir (peynir altı suyu peyniri dahil) fermente edilmemiş ve lor	151,80	22,10
Her türden rendelenmiş veya toz haline getirilmiş peynir	37,50	11,30
İşlenmiş, rendelenmemiş veya toz haline getirilmemiş peynir	162,30	44,30
Mavi damarlı peynir	18,70	9,90
Peynir çeşitleri	607,70	121,50

Kenya'da yapılan bir araştırmada hayvancılık ürünlerine olan potansiyel talep artışı ve sınırlı tatlı su ve arazi mevcudiyeti göz önüne alındığında, bozulmuş otlakları rehabilite ederek, iyileştirilmiş ırkları benimseyerek ve uygun yem bileşimi

kullanarak yem dönüşüm verimliliği iyileştirilmesi sonucuna varılmıştır (Bosire *et al.*, 2015).

Almanya Brandenburg’da süt hayvancılığı çiftçiliği için mavi su ayak izi hesaplanmıştır. On yıllık süre boyunca ineklerin beslenmesinde, sütün işlenmesinde ve bakımında kullanılan su değerlendirilmiştir. İyileştirilmiş besleme uygulamaları ve daha büyük hacimli Holstein-Friesian inekleri üreten üreme ıslahı, sütün daha sürdürülebilir bir şekilde üretilmesine izin verdiği gözlenmiştir. 1999-2008 yılları arasında 1 kg süt üretimi için ortalama mavi su tüketimi $3,94 \pm 0,29$ L’dir. Tüketilen suyun ana kısmı, inekler için yem üretiminde dolaylı olarak kullanılan yeşil sudan kaynaklandığı tahmin edilmiştir (Drastig *et al.*, 2010).

Tipik bir Fin Bcradle’den süt üretim sistemi incelenmiştir. Emziren bir ineğin süt üretimine bağlı olarak daha fazla içme suyu tükettiği dikkate alınarak iyileştirilmiş bir dağıtım yöntemi önerilmiştir. Su yoksunluğu ve su kıtlığına ilişkin orta nokta etki göstergeleri ve insan sağlığı, ekosistemler ve kaynaklar üzerindeki son nokta etki göstergeleri dahil olmak üzere etki değerlendirme metodolojileri uygulanmış ve değerlendirilmiştir. İncelenen tüm etki kategorilerinde Fin sütünün su kıtlığı ayak izinin nispeten düşük olduğu sonucuna varılmıştır. Fin sütü, önerilen tahsis yöntemine göre paketlenmiş yağsız sütün litresi başına sadece 6,3 L’ye tekabül eden oldukça düşük tüketimli su kullanımı ile ilişkilidir. Stres ağırlıklı su ayak izi 4,3 H2Oeq idi ve su kıtlığı etkisi Fin sütünün litresi başına 12,2 L eq’e ulaştı. Su kıtlığı ayak izi değerlendirmesine yönelik AWARE yöntemi, özellikle Finlandiya için uygulanabilir bulunmuş ve üretim zincirlerinin kritik sıcak noktalarını belirleyebildiği gözlenmiştir (Usva *et al.*, 2019).

Güney Afrika’daki büyük bir yonca üretim bölgesindeki süt inekleri için yonca üretiminde mavi ve yeşil su ayak izi, küresel su ayak izi standardı kullanılarak hesaplanmıştır. Daha sonra su kullanımının sürdürülebilirlik derecesi, su kullanımı bölgenin su mevcudiyeti ile karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Sonuçlar hacimsel su ayak izi göstergesinin 378 m³/ton yonca olduğunu göstermektedir. Toplam mavi ve yeşil su ayak izinin %55’i yeşil su ayak izidir ve %45’i mavi su ayak izidir. Bu

nedenle, Güney Afrika'nın büyük bir sulama bölgesinde olmasına rağmen, toplam su ihtiyacının en büyük bileşeni etkili yağışla karşılanmaktadır. Su kullanımının sürdürülebilirliği değerlendirmesi, yoncanın sulama suyuna ihtiyaç duyduğu dönemin ayrıca su kıtlığı endeksinin %100'den küçük olduğu döneme karşılık geldiğini göstermiştir. Su ayak izi bu nedenle çevresel açıdan sürdürülebilir olarak kabul edilir (Scheepers and Jordaan, 2016).

Güney Afrika'da yapılan başka bir çalışmada da; su ayak izi ağı değerlendirme metodolojisini kullanarak 1996–2005 ve 2006–2013 dönemlerinde Güney Afrika'daki süt ürünlerinin su ayak izini ve ekonomik su verimliliğini incelemiştir (Owusu-Sekyere, Scheepers and Jordaan, 2016).

ISO 14046 kullanılarak kapsamlı bir su ayak izi değerlendirmesi için Çin'de bir süt ürünleri çiftliği ve beş işleme tesisi seçilmiştir. Sonuçlar, bitkilerdeki su kıtlığı ayak izinin yalnızca toplam tatlı su tüketimi ve üretimi ile ilgili olmadığını, aynı zamanda havza veya bölgedeki su kaynaklarının kıtlığı ile de yakından ilişkili olduğunu göstermektedir. Su ayak izi değerlendirmesi hacme odaklanmış, ancak hata ve sapmalara açık olan çevresel etkileri göz ardı edilmiştir. Süt ürünleri çiftliği için, dolaylı su kıtlığı ayak izi toplam su ayak izinin %92'sinden fazlasını oluşturduğu gözlenmiş ve doğrudan su kıtlığı ayak izinden çok daha büyük olduğu saptanmıştır. Süt endüstrisi zincirinde, inek yetiştiriciliğinin çevresel su kıtlığına daha büyük bir katkısı olurken, süt ürünleri işleme, su bozunması ayak izine ana katkı sağlamıştır. Su bozunması ayak izi bileşiminin sonuçları, su ötrofikasyon kirliliğinin (NH₃-N, TP ve TN) etkisinin organik kirliliğin (COD) etkisinden daha büyük olduğunu göstermektedir. Ayrıca, su ötrofikasyon ayak izi açısından nitrojen kirleticiler, fosforlu kirleticilerden çok daha fazla katkıda bulunmuştur. Son olarak, sonuçlar, süt endüstrisi zincirinin su ayak izinin, her bir üretim sürecinin su verimliliğini artırarak, atık su arıtma kapasitesini iyileştirerek, tedarik zincirinin su ayak izini azaltarak ve nehir havzasının su sürdürülebilirliğini dikkate alarak büyük ölçüde azaltılabileceğini vurgulamaktadır (Bai *et al.*, 2018).

İrlanda süt çiftliğinde protein düzeltilmiş süt (FPCM) için su ayak izini değerlendirmede ayrıntılı çiftlik seviyesi verilerini kullanan ilk çalışmadır. Su ayak izi, evapotranspirasyon (yeşil su) nedeniyle toprak neminin tüketilmesinden ve yer ve yüzey suyunun (mavi su) tüketiminden oluşur ve konsantre üretim için mahsullerin yetiştirilmesinde, tarlada çim veya otların yetiştirilmesinde kullanılan tatlı suyu içerir. Tatlı su tüketiminin küresel su stresi üzerindeki ilgili etkisi de hesaplanmıştır. Değerlendirilen 24 çiftlikte su ayak izi, 534 L/kg FPCM ile 1.107 L/ kg FPCM arasında değişir ve ortalama 690 L su/kg FPCM olarak hesaplanmıştır. Mera üretimi için gerekli su, su ayak izine % 85, ithal yem üretimine % 10 (saman ve silaj şeklinde ot), konsantre üretimi %4 ve tarla içi su kullanımına ~%1 katkıda bulunmuştur. Çiftliklerdeki ortalama stres ağırlıklı su ayak izi 0,4 L / kg FPCM idi, bu da üretilen her litre sütün, ortalama bir dünya vatandaşı tarafından 0,4 L tatlı su tüketimine eşdeğer tatlı su kıtlığına potansiyel olarak katkıda bulunduğunu göstermiştir. Çiftlikler arasındaki hacimsel su ayak izlerinin değişimi, esas olarak çiftlikte yetiştirilen yemlerin seviyesi ve çiftliğe ithal edilen yem ve konsantre seviyeleriyle ilgili olduğu tespit edilmiştir. Sütün su ayak izine en büyük katkı, İrlanda'da bol miktarda bulunan yeşil suyla yetiştirilen otlardan gelmiştir. Bu çalışma aynı zamanda mevcut ve gelecekteki süt üretim sistemlerinin, özellikle süt ineğinin diyetinde daha yüksek oranda konsantre yem içeren hapsetme sistemlerini kullanan ülkelerde tatlı su kaynakları üzerindeki yükü daha da azaltmak için yem bileşenlerini su sıkıntısı olmayan alanlardan tedarik etmek için bir fırsat olduğunu göstermektedir. Enerji ve gübre üretimi ile ilgili su kullanımı, De Boer ve diğerleri tarafından yapılan çalışmada, süt üretiminin WF'sine ihmal edilebilir katkısı nedeniyle dahil edilmemiştir (Murphy *et al.*, 2017).

Ek-1 ve Ek-2'de Mekonnenve Hoekstra'nın 2010 yılında yayınlanan çalışmalarındaki bazı süt ürünleri için Dünya ortalaması ve Türkiye WF'leri Tablo 5.1. ve 5.2.'de derlenerek gösterilmiştir.

BÖLÜM 3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Çalışma Alanı

Araştırmada, Sakarya ili bölgesinden smental cinsi hayvan bulunduran bir süt üretim çiftliği ve bu çiftlikte yetiştirilen yulaf, yonca, mısır bitkileri ayrıca yedirilen kaba yemlerin su ayak izleri incelenmiştir. Tablo 3.1.'de çiftlikle ilgili değerler gösterilmektedir.

Tablo 3.1. Çiftlik verileri

Ortalama sabit sıcaklık [°]	18	Yıllık ort.
Süt üretimi [kg / gün / inek]	23 lt	Kg için 1,03 ile çarp
İneğin ortalama ağırlığı [kg]	600 kg	1 buzağı doğurmuş süt veren
Sodyum alımı [g / g / inek]	32 gr	(kuru maddede % 0,2 baz alınır)
Kuru madde alımı [kg / gün / inek]	22,5-40 kg	23 litre süt veren 600 kg ağırlığındaki bir inek için ort.
Kaba yem alımı [%]	40-45	Günlük yediği yemin % si
Sağım ünitesi sayısı Sağım yerleri [m2]	6*2=12 li sistem	Oto. Sağım sistemi
Sağım çukuru alanı [m2]	12 m2	Ortalama
Sağım odası alanı [m2]	300-400 m2	Ortalama
Yıkama sayısı Süt tankı hacmi [L]	Günde 1 yıkama	(3-4 ton kapasiteli bir tank için)
Günlük sağım sayısı	2	Ortalama(sabah-akşam)
Günlük temizlik işlemi sayısı	2	Her sağım sonrası
Su ihtiyacı yüksek basınçlı temizleyici	2000 lt	Genel temizlik için ortalama her yıkamada
Zaman ihtiyacı yüksek basınçlı temizleyici	20-30 dk	Ortalama genel temizlik için
Dezenfeksiyon için su talebi	1500 lt	Günde 1 kez tank yıkaması yaklaşık 500 lt, 2 kez sağımhane yıkaması için 1000 lt
Dezenfekte edilmiş alan	1000 m ²	Tank ve sağım makinaları içi dezenfekte edilmiş, diğer alanlar haftada 1 dezenfeksiyon
Çiftlikte su kullanımı	30.000 lt	Günlük (inek ve genel temizlik ve olası kayıplar)
Sulama	N/a	Salma sulama yapıyor, su sayacı bulunmamakta
Sağımhane	5000 lt	Ortalama, olası kayıplarla birlikte
İçme suyu	2000 lt	Toplam 10 personel için ortalama/gün
Satın alınan yem	5000 kg	Günlük toplam, ortalama inek başına 50 şer kg (düve buzağı hariç %50 ilave edilebilir)
Elektrik	159.633 kw/h	Sağımhane ve ahır makine kullanımı ile birlikte
Yakıt	24.000 lt	Akaryakıt, traktör ve jeneratör
Gübre	7500 kg/gün	Katı sıvı toplam günlük
Süt veren inek sayısı	130	
Düve sayısı	11	%10 ölüm ile birlikte kalan yaklaşık düve sayısı
Boğa sayısı	-	Suni tohumlama yapılır, maliyet nedeni ile genelde boğa bulundurulmaz

Endüstriyel, otlama ve karma olmak üzere 3 çeşit beslenme türü olup bu çalışmada Türkiye’deki çoğu çiftlikte olduğu gibi karma beslenme türü gözlenmektedir. İncelediğimiz çiftlikteki smental cinsi inekler hem otlamakta hem de Tablo 3.2.’deki yemleri tüketmektedirler.

Tablo 3.2. Çiftlikteki hayvanların günlük rasyon değerleri

Ürünler	Buzağı(0-6)			Kuru			Sağmal			Toplam günlük miktar
	Sayı	Miktar (kg/gün)	Toplam (kg/gün)	Sayı	Miktar (kg/gün)	Toplam (kg/gün)	Sayı	Miktar (kg/gün)	Toplam (kg/gün)	
Yonca	81	1,0	81,0	11	1,0	11,0	130	1,0	130,0	222,0
Saman	81	1,0	81,0	11	2,0	22,0	130	1,0	130,0	233,0
Çayır Otu	81	0,0	0,0	11	1,0	11,0	130	3,0	390,0	401,0
Yem	81	3,0	243,0	11	0,0	0,0	130	0,0	0,0	243,0
Mısır Silaj	81	1,0	81,0	11	1,0	11,0	130	4,0	520,0	612,0
Arpa	81	0,0	0,0	11	1,0	11,0	130	1,0	130,0	141,0
Yulaf	81	0,0	0,0	11	1,0	11,0	130	1,0	130,0	141,0
Mısır Dane	81	5,0	405,0	11	0,0	0,0	130	2,0	260,0	665,0
Mera	81	0,0	0,0	11	8,0	88,0	130	16,0	2080,0	2168,0
ATK	81	0,0	0,0	11	1,0	11,0	130	2,5	325,0	336,0
Soya	81	0,0	0,0	11	1,0	11,0	130	1,5	195,0	206,0
Buğday Kepeği	81	0,0	0,0	11	1,0	11,0	130	1,5	195,0	206,0
Toplam			891,0			198,0			4485,0	5574,0

Çiftlik 81 buzağı, 11 kuru ve 130 tane sağmal inek bulunmaktadır. Çiftlik kendine ait 7 dönüm arazide mevsim ve hava durumuna göre günün belli saatleri hayvanları otlamak için salmaktadır.

Bir ineğin bir günde yediği yem miktarına rasyon denmektedir. Rasyonun %60’ını kaba yem oluşturmaktadır. Çalışmamızda incelediğimiz çiftlikte kaba yem olarak yonca, saman, çayır otu, mısır silajı, arpa, yulaf ve mısır dane tüketilmektedir.

Konsantre yemlere kesif yem de denmektedir. Rasyonun %40’ı konsantre yemdir. Çalışmamızda incelediğimiz süt üretim çiftliğinde kesif yem olarak ay çiçeği tohumu küspesi, soya küspesi ve buğday kepeği kullanılmaktadır. Bu kesif yemler çiftlik

tarafında dışarıdan satın alınmaktadır. Ayrıca buzağılar için hazır buzağı yemi de kullanılmaktadır.

3.2. Yöntem

Bu çalışmada incelenen çiftlikte kendilerine ait tarlalarda yonca, mısır ve yulaf tarımı yapılmaktadır. Sulama yöntemi olarak geleneksel salma sulama yöntemi kullanılmaktadır. Sulama zamanına; toprak nemine, bitkilerin rengine ve canlılığına bakılarak o senenin yağış miktarlarına göre deneyimli kişiler tarafından yapılan gözlemler sonucu karar verilmektedir.

Tarla içi sulama için geleneksel sulamada 10.000 m³/ha, yağmurlamada 6.500 m³/ha ve damla sulamada 4.000 m³/ha su kullanılmaktadır (TMMOB).

Çiftliğin 23 lt/gün/inek süt üretimi vardır. Sağmal başına günlük ortalama 90 litre içme suyu tüketilmektedir. Bu sayı buzağılar için 20, kurular için yaklaşık 60 litredir.

Suyun kalitesi, sulukların temizlik ve hijyeni, yem miktarı ve çeşidi, iklim koşulları ve sıcaklığa bağlı olarak hayvanların su içme miktarları farklılık göstermektedir. Gübre sıyırıcılarda su kullanılmamaktadır. Çiftlikte 4.000 lt-2.000 lt hacimli iki süt tankı mevcuttur ve günde 1 defa yüksek basınç düşük hacimli (hplv) yıkama sistemi ile yıkanmaktadır. Sağım ünitelerinde DeLaval C-200 temizleme ünitesi kullanılmaktadır. Günde iki kere sağım yapılmakta ve her sağım sonrası temizlenmektedir. Çiftlikte boru temizleyici pig elemanları kullanılarak temizlik için tüketilen su miktarında ve atık su miktarında azalma sağlanmaktadır.

Saf Avusturya smental ırkı inekler, organik yemlerle beslenerek, makinelerle hijyenik biçimde sağılır. Yağ oranı yüksek, çiğ smental sütü üretilmektedir.

Çalışmada öncelikli olarak yetiştirilen yemlerin su ayak izleri çiftliğin yer aldığı bölgenin iklim özellikleri göz önünde bulundurularak ClimWAT ve CropWAT programları ile hesaplandı. Daha sonra çiftlikteki su tüketimi, servis suyu, enerji ve gübre hesaplanmıştır.

3.2.1. Su ayak izinin hesaplanması

Bir çiftlik hayvanı için su ayak izi aşağıdaki formülle hesaplanır (Hoekstra 2012);

$$WF[a,c,s]=WF_{feed}[a,c,s]+WF_{drink}[a,c,s]+WF_{serv}[a,c,s]$$

a hayvan cinsini c ülkeyi s sistemi göstermektedir. $WF_{feed}[a,c,s]$ yemden gelen su ayak izi, $WF_{drink}[a,c,s]$ içme suyu olarak tüketilen su ayak izini $WF_{serv}[a,c,s]$ servis ve bakımda kullanılan su ayak izini göstermektedir. Birimi ($m^3/yıl/hayvan$) dır.

Servis suyu, çiftlik avlusunu temizlemek, hayvanı yıkamak ve çevreyi korumak için gerekli diğer hizmetleri gerçekleştirmek için kullanılan suyu ifade eder. Bir hayvanın su ayak izi ve üç bileşeni, $m^3/yıl/hayvan$ cinsinden veya hayvanın ömrü boyunca toplandığında $m^3/hayvan$ cinsinden ifade edilebilir. Süt sığırları için hayvanın yıllık su ayak izine (yaşam süresi boyunca ortalama) bakmak en basit yoldur, çünkü bu yıllık hayvan su ayak izi, ortalama yıllık üretimiyle (süt) kolayca ilişkilendirilebilir.

Bir hayvanın tüketilen yemle ilgili su ayak izi iki kısımdan oluşur: çeşitli yem bileşenlerinin su ayak izi ve yemi karıştırmak için kullanılan su:

$$WF_{feed}[a,c,s] = \frac{\sum_{p=1}^n (Feed[a,c,s,p] \times WF_{prod}^*[p]) + WF_{mixing}[a,c,s]}{Pop^*[a,c,s]}$$

$Feed(a,c,s,p)$; c ülkesinde a hayvan kategorisine ve s üretim sistemine göre tüketilen yıllık yem içeriğin, p miktarını (ton / yıl) temsil eder

$WF_{prod}^*(p)$; yem bileşeninin su ayak izi (m^3 / ton)

WF_{mix} ; c ülkesinde s üretim sisteminde a hayvan kategorisi için yemin karıştırılması için tüketilen su hacmi ($m^3 / yıl / hayvan$)

$Pop^*(a,c,s)$ =Bir yılda süt üreten hayvan sayısı

(Hoekstra 2012)

Süt üretim tesisindeki süt veren, kuru ve buzağların yıl içinde tükettikleri içme suyu miktarı aşağıdaki Tablo 3.3.'te gösterilmiştir.

Tablo 3.3. Hayvanların içme suyu miktarları

Parametre	SU ALIM			
	Hayvan Sayısı	m ³ /hayvan/gün	Toplam m ³ /hayvan/yıl	Toplam m ³ /yıl
Süt veren	130	0,09	32,85	4270,5
Düve	11	0,06	21,9	240,9
0-6 aylık	81	0,02	7,3	591,3
Toplam sürü boyutu	222			5102,7

3.2.2. CropWat program ile yem bitkileri su ayak izi

Çalışmada CropWAT ve eklentili olarak ClimWAT programları kullanılmıştır. Cropwat 8.0 yazılımı bitkinin su ihtiyacını belirlemek için FAO (Gıda ve Tarım Örgütü) tarafından geliştirilmiş bir programdır. Seçilen süt üretim çiftliğindeki süt ineklerine yem hazırlamak için yine aynı çiftliğin arazilerinde yetiştirilen yulaf, mısır ve yonca bitkilerinin su ihtiyacını Cropwat ve ClimWAT programları ile belirlenerek su ayak izi hesaplanmıştır.

Cropwat programı başlıca bileşenleri;

İklim özellikleri (Minimum ve maksimum sıcaklık (°C), nem, rüzgar (m/s), güneş alma saati)

Yağan yağmur miktarı (mm)

Tarım ürününün seçilmesi

Toprak çeşidinin seçilmesi

Tarım alanında günlük evapotranspirasyon (mm/gün) Penman-Menteith Metodu ile hesaplanır ve Cropwat yazılımının ana formülüdür (Alper 2015).

$$ET_0 = \frac{0,408 \Delta (Rn - G) + \frac{900}{T + 273} * u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 u_2)}$$

ET_0 = Referans evapotranspirasyon (mm/gün)

R_n = Bitki yüzeyindeki net radyasyon ($MJ/m^2.gün$)

G = Zemin ısı değişim yoğunluğu ($MJ/m^2.gün$)

T = 2 m yükseklikte günlük ortalama hava sıcaklığı ($^{\circ}C$), u_2 = 2 m yükseklikteki ortalama rüzgar hızı (m/s)

e_s = Doymuş buhar basıncı (kPa)

e_a = mevcut buhar basıncı (kPa),

$e_s - e_a$ = doymuş buhar basıncı açığı (kPa)

Δ = Buhar basıncı eğrisinin eğimi (kPa / $^{\circ}C$)

γ = Psikrometrik sabit (kPa / $^{\circ}C$)'dir.

ClimWAT ve CropWAT programlarını kullanarak çalışma alanımız için datalar Tablo 3.4.'te gösterilmiştir.

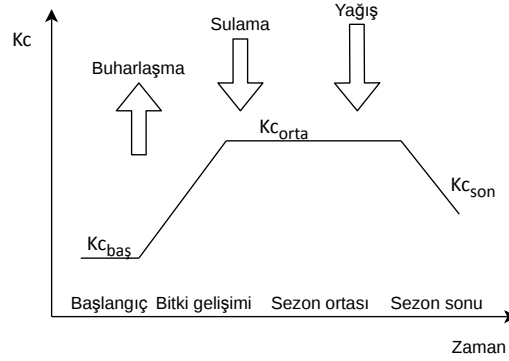
Tablo 3.4. Sakarya ili meteorolojik verileri

Aylar	Minumum Sıcaklık ($^{\circ}C$)	Maksimum Sıcaklık ($^{\circ}C$)	Nem (%)	Rüzgar (km/gün)	Güneş Alma Süresi (saat)	Net Radyasyon ($MJ/m^2/gün$)	E_{to} (mm/gün)	Yağış (mm)	Efektif Yağış (mm)
Ocak	2,8	8,9	78	112	3,3	6,3	0,75	91	77,8
Şubat	3,6	10,3	72	121	3,7	8,5	1,13	71	62,9
Mart	4,6	13	69	104	4	11,4	1,62	73	64,5
Nisan	8,1	18,4	67	95	5,4	15,7	2,49	59	53,4
Mayıs	12,1	22,9	68	86	7,1	19,8	3,43	46	42,6
Haziran	15,4	27,1	65	86	8,6	22,5	4,31	64	57,4
Temmuz	17,4	28,3	66	95	9,9	24	4,73	51	46,8
Ağustos	17,1	28,2	67	78	9,9	22,3	4,29	49	45,2
Eylül	13,9	25,5	67	61	7,8	16,7	2,99	51	46,8
Ekim	10,7	20,4	69	52	5,6	11,1	1,73	80	69,8
Kasım	7,5	16,1	73	69	4,4	7,6	1,05	85	73,4
Aralık	5,1	11,3	74	112	3	5,5	0,86	108	89,3
Ortalama	9,9	19,2	70	89	6,1	14,3	2,45	828	730

Etkili yağış miktarı aşağıdaki formülle ölçülür (Alper 2015).

$$P_{et} = \frac{P_{ay} \times (125 - 0,2 \times P_{ay})}{125} P_{ay} < 250mm$$

Cropwat programı veri girişinde üçüncü adım; bitki katsayıları, kök derinlikleri ve gelişim süreleri gibi bitki verileridir.



Şekil 3.1. Kc değeri (bitki katsayısı)

Çalışma alanımızda;

Yonca için $K_{cbaş} = 0,90$, $K_{corta} = 0,95$, $K_{cson} = 0,95$ alınmıştır. Başlangıç= 150 gün, Bitki gelişimi= 40 gün, Sezon ortası= 130 gün, Sezon sonu= 45 gün ve ekim tarihi= 1 mayıs, Hasat zamanı= 30 Nisan olarak belirlenmiştir.

Mısır için $K_{cbaş} = 0,30$, $K_{corta} = 1,20$, $K_{cson} = 0,93$ alınmıştır. Başlangıç= 20 gün, Bitki gelişimi= 35 gün, Sezon ortası= 40 gün, Sezon sonu= 30 gün ve ekim tarihi= 1 mayıs, Hasat zamanı= 30 eylül olarak belirlenmiştir.

Yulaf için $K_{cbaş} = 0,30$, $K_{corta} = 1,10$, $K_{cson} = 0,2530$ alınmıştır. Başlangıç= 25 gün, Bitki gelişimi= 35 gün, Sezon ortası= 65 gün, Sezon sonu= 40 gün ve ekim tarihi= 1 ekim , Hasat zamanı= 14 mart olarak belirlenmiştir.

Tablo 3.5.'da hesapladığımız yonca, mısırı ve yulafın katsayıları ve gelişim süreleri gösterilmiştir.

Tablo 3.5. Bitki katsayıları ve gelişim süreleri

Bitki türü	Başlangıç (gün)	Bitki gelişimi (gün)	Sezon ortası (gün)	Sezon sonu (gün)	Kc baş	Kc orta	Kc son
Yonca	150	40	130	45	0,90	0,95	0,95
Mısır	20	35	40	30	0,30	1,20	0,95
Yulaf	25	35	65	40	0,30	1,10	0,30

BÖLÜM 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Süt Üretim Çiftliğinin Su Ayak İzi

Çiftlikteki su tüketimi yetiştirilen yem, servis suyu, enerji ve gübre olarak 4 ana başlık altında hesaplanmıştır.

4.1.1. Enerji girişi

Çiftlikte yıllık 24.000 litre Dizel ve 159.633 kW/h elektrik kullanılmaktadır.

Elektrik WF'si ; literatüre göre (Mekonnen, Gerbens-Leenes and Hoekstra, 2016) Elektriğin su ayak izi Avrupa ortlaması her GJ başına 6 ve 10 m³ tür.

Bu hesaplamada, ortalama 8 m³ /GJ olarak seçilmiş.

Tanıma göre 1 J = 1/3.600.000 kWh.

Bu nedenle:

$$\text{Elektrik WF'si} = 159633 * 8000 * (3.600.000 / 1.000.000.000) = 4.597.430,4(\text{L/ yıl})$$

Dizel kullanımının WF'si (Francke and Castro, 2013)'e göre bir litre Dizelin su ayak izi 37,6'dır.

Litre gri ve mavi su ayak izi arasında eşit olarak bölünmüştür. Çiftliğinde her yıl 24.000 Litre Dizel kullanılmaktadır, bu nedenle:

$$\text{Dizel kullanımının WF'si} = 24.000 * 37,6 = 902.400 (\text{L / yıl}) \text{ (mavi ve gri arasında eşit olarak bölünmüştür)}$$

4.1.2. Süt üretim çiftliğinde kullanılan yemlerin su ayak izi

Çiftlikteki hayvanların günlük yedikleri yem miktarları Tablo 4.1.'de gösterilmiştir.

Tablo 4.1. Hayvanların yıllık rasyon değerleri

Ürünler	Buzağı(0-6)			Kuru			Sağmal			Toplam günlük miktar (kg/gün)	Toplam yıllık miktar (ton/yıl)
	Sayı	Miktar (kg/gün)	Toplam (kg/gün)	Sayı	Miktar (kg/gün)	Toplam (kg/gün)	Sayı	Miktar (kg/gün)	Toplam (kg/gün)		
Yonca	81	1,0	81,0	11	1,0	11,0	130	1,0	130,0	222,0	33.103,18
Saman	81	1,0	81,0	11	2,0	22,0	130	1,0	130,0	233,0	61.092,24
Cayır Otu	81	0,0	0,0	11	1,0	11,0	130	3,0	390,0	401,0	
Yem	81	3,0	243,0	11	0,0	0,0	130	0,0	0,0	243,0	ihmal
Misir Silaj	81	1,0	81,0	11	1,0	11,0	130	4,0	520,0	612,0	-
Arpa	81	0,0	0,0	11	1,0	11,0	130	1,0	130,0	141,0	73.227,58
Yulaf	81	0,0	0,0	11	1,0	11,0	130	1,0	130,0	141,0	21.706,85
Misir Dane	81	5,0	405,0	11	0,0	0,0	130	2,0	260,0	665,0	207.792
Mera	81	0,0	0,0	11	8,0	88,0	130	16,0	2.080,0	2.168,0	239.769,96
ATK	81	0,0	0,0	11	1,0	11,0	130	2,5	325,0	336,0	166.299,84
Soya	81	0,0	0,0	11	1,0	11,0	130	1,5	195,0	206,0	189.779,56
Buğday Kepeği	81	0,0	0,0	11	1,0	11,0	130	1,5	195,0	206,0	139.026,31
Toplam			891,0			198,0			4.485,0	5.574,0	

Çalışmamızda incelediğimiz organik süt üretim çiftliğinin kendi arazilerinde yetiştirdikleri yulaf, mısır ve yonca bitkileri için CropWAT ve ClimWAT programlarından elde ettiğimiz sonuçlar Tablo 4.2. , 4.3. ve 4.4.'te gösterilmiştir.

Tablo 4.2. Yulaf için cropWat ile elde edilen sonuçlar

Aylar	Aralık	Aşama	Bitki Katsayısı Kc	Su Tüketimi ETc mm/gün	Bitki Su Tüketimi ETc mm/dekar	Efektif Yağmur mm/dekar	Sulama İhtiyacı mm/dekar
Ekim	1	Başlangıç	0,30	0,65	6,5	21,3	0,0
Ekim	2	Başlangıç	0,30	0,52	5,2	24,2	0,0
Ekim	3	Gelişim	0,34	0,51	5,6	24,3	0,0
Kasım	1	Gelişim	0,34	0,69	6,9	23,7	0,0
Kasım	2	Gelişim	0,54	0,78	7,8	23,9	0,0
Kasım	3	Orta	0,74	0,94	9,4	25,9	0,0
Aralık	1	Orta	0,95	0,95	9,5	28,8	0,0
Aralık	2	Orta	1,02	0,88	8,8	31,0	0,0

Tablo 4.2.(Devamı)

Aralık	3	Orta	1,02	0,84	9,3	29,3	0,0
Ocak	1	Orta	1,02	0,80	8,0	27,3	0,0
Ocak	2	Orta	1,02	0,76	7,6	26,0	0,0
Ocak	3	Orta	1,02	0,89	9,8	24,3	0,0
Şubat	1	Geç	0,96	0,96	9,6	22,1	0,0
Şubat	2	Geç	0,78	0,88	8,8	20,2	0,0
Şubat	3	Geç	0,62	0,80	6,4	20,6	0,0
Mart	1	Geç	0,45	0,66	6,6	21,7	0,0
Mart	2	Geç	0,33	0,53	2,1	8,8	0,0
Toplam					127,8	403,6	0,0

Tablo 4.3. Mısır için cropWat ile elde edilen sonuçlar

Aylar	Aralık	Aşama	Bitki Katsayısı Kc	Su Tüketimi ETc mm/gün	Bitki Su Tüketimi ETc mm/dekar	Efektif Yağmur mm/dekar	Sulama İhtiyacı mm/dekar
Mayıs	1	Başlangıç	0,30	0,94	9,4	14,6	0,0
Mayıs	2	Başlangıç	0,30	1,03	10,3	13,0	0,0
Mayıs	3	Gelişim	0,44	1,66	18,2	15,1	3,2
Haziran	1	Gelişim	0,70	2,81	28,1	18,3	9,8
Haziran	2	Gelişim	0,94	4,06	40,6	20,3	20,3
Haziran	3	Orta	1,13	5,04	50,4	18,7	31,6
Temmuz	1	Orta	1,15	5,26	52,6	16,5	36,1
Temmuz	2	Orta	1,15	5,42	54,2	15,2	39,0
Temmuz	3	Orta	1,15	5,25	57,7	15,2	42,6
Ağustos	1	Geç	1,07	4,75	47,5	15,2	32,3
Ağustos	2	Geç	0,81	3,49	34,9	15,0	19,9
Ağustos	3	Geç	0,54	2,06	22,7	15,2	7,5
Eylül	1	Geç	0,36	1,24	2,5	3,0	2,5
Toplam					429,00	195,10	244,80

Tablo 4.4. Yonca için cropWat ile elde edilen sonuçlar

Aylar	Aralık	Aşama	Bitki Katsayısı Kc	Su Tüketimi ETc mm/gün	Bitki Su Tüketimi ETc mm/dekar	Efektif Yağmur mm/dekar	Sulama İhtiyacı mm/dekar
Mayıs	1	Başlangıç	0,90	2,81	28,1	14,6	13,5
Mayıs	2	Başlangıç	0,90	3,09	30,9	13,0	17,9
Mayıs	3	Başlangıç	0,90	3,35	36,9	15,1	21,8
Haziran	1	Başlangıç	0,90	3,62	36,2	18,3	17,9
Haziran	2	Başlangıç	0,90	3,88	38,8	20,3	18,5
Haziran	3	Başlangıç	0,90	4,01	40,1	18,7	21,4
Temmuz	1	Başlangıç	0,90	4,13	41,3	16,5	24,8

Tablo 4.4.(Devamı)

Temmuz	2	Başlangıç	0,90	4,26	42,6	15,2	27,40
Temmuz	3	Başlangıç	0,90	4,13	45,4	15,2	30,2
Ağustos	1	Başlangıç	0,90	3,99	39,9	15,2	24,7
Ağustos	2	Başlangıç	0,90	3,89	38,6	15,0	23,6
Ağustos	3	Başlangıç	0,90	3,47	38,2	15,2	23,0
Eylül	1	Başlangıç	0,90	3,08	30,8	14,8	16,0
Eylül	2	Başlangıç	0,90	2,69	26,9	14,7	12,3
Eylül	3	Gelişim	0,90	2,32	23,2	17,5	5,6
Ekim	1	Gelişim	0,90	1,94	19,4	21,3	0,0
Ekim	2	Gelişim	0,91	1,57	15,7	24,2	0,0
Ekim	3	Gelişim	0,91	1,37	15,1	24,3	0,0
Kasım	1	Orta	0,91	1,17	11,7	23,7	0,0
Kasım	2	Orta	0,91	0,96	9,6	23,9	0,0
Kasım	3	Orta	0,91	0,90	9,0	25,9	0,0
Aralık	1	Orta	0,91	0,85	8,5	28,8	0,0
Aralık	2	Orta	0,91	0,79	7,9	31,0	0,0
Aralık	3	Orta	0,91	0,75	8,3	29,3	0,0
Ocak	1	Orta	0,91	0,72	7,2	27,3	0,0
Ocak	2	Orta	0,91	0,68	6,8	26,0	0,0
Ocak	3	Orta	0,91	0,80	8,8	24,3	0,0
Şubat	1	Orta	0,91	0,92	9,2	22,1	0,0
Şubat	2	Orta	0,91	1,03	10,3	20,2	0,0
Şubat	3	Orta	0,91	1,18	9,5	20,6	0,0
Mart	1	Orta	0,91	1,33	13,3	21,7	0,0
Mart	2	Geç	0,92	1,49	14,9	22,0	0,0
Mart	3	Geç	0,93	1,77	19,5	20,6	0,0
Nisan	1	Geç	0,93	2,04	20,4	19,0	1,4
Nisan	2	Geç	0,93	2,31	23,1	17,8	5,3
Nisan	3	Geç	0,93	2,60	26,0	16,6	9,4
Toplam					811,9	730,0	314,7

Süt üretim çiftliğinde yem olması için üretilen yonca, mısır ve yulaf bitkilerinin su ayak izi aşağıdaki formüller yardımıyla hesaplanmıştır (Alper 2015).

$$Verim\left(\frac{ton}{ha}\right) = \frac{\text{Üretim (ton)}}{\text{Ekili Alan (ha)}}$$

$$\text{Teorik Mavi Su Ayak izi} = \left(\frac{m^3}{ton}\right) = \frac{\text{Toplam Sulama İhtiyacı} \times 10}{Verim}$$

$$\text{Teorik Yeşil Su Ayak izi} = \left(\frac{m^3}{ton}\right) = \frac{\text{Toplam Etkili Yağmur} \times 10}{Verim}$$

Çiftlikte yetiştirilen bu 3 bitki için bitkinin su ihtiyacı CropWat programı ve yukarıdaki formüllerle hesaplanmış ve Tablo 3.10.'daki su ayak izleri hesaplanmıştır.

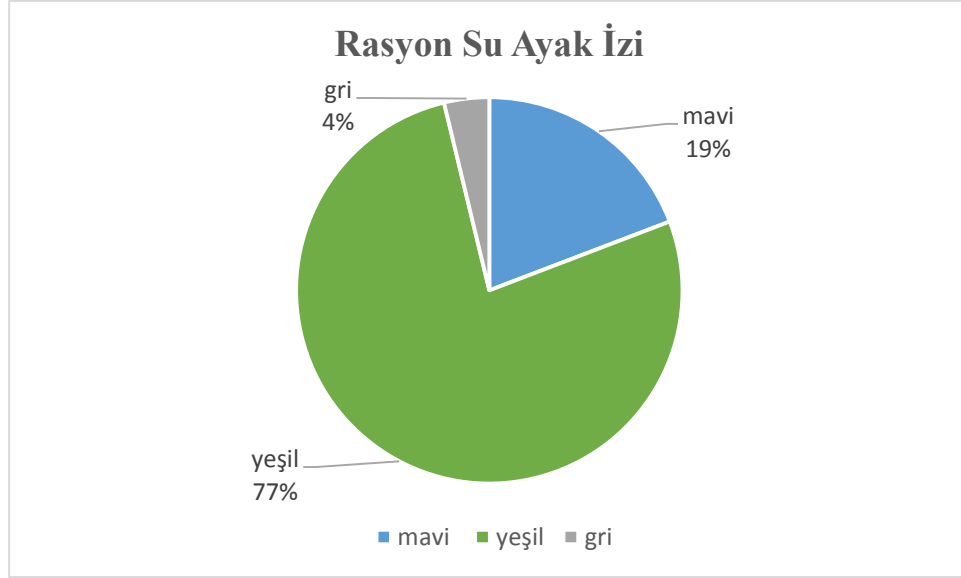
Tablo 4.5. Yulaf, mısır ve yonca bitkilerinin teorik mavi ve yeşik su ayak izi hesaplama sonuçları

Ürün	Mavi Su Ayak izi (m ³ /ton)	Yeşil Su Ayak izi (m ³ /ton)	Toplam Su Ayak izi (m ³ /ton)	Verim (ton/ha)
Yonca	123,06	285,47	408,53	25,57
Mısır	248,09	197,72	445,81	9,86
Yulaf	0	421,82	421,82	9,56

Çiftliğin kendine ait arazide yetiştirilen yulaf, mısır ve yonca bitkilerinin CropWatt programı ile hesaplanan ton başına harcadıkları su miktarları Tablo 4.2. , 4.3. ve 4.4.'te gösterilmiştir. Bu üç ürün dışındaki Tablo 4.1.'de adı geçen yemler satın alındığı ve nerede üretildikleri tam bilinmediği için bu yemlerin su ayak izleri CropWatt programı yardımıyla hesaplanamamış ve literatürden tamamlanmıştır. Tablo 4.6.'da tüm yemlerin ton başına harcadıkları su ayak izleri gösterilmiştir.

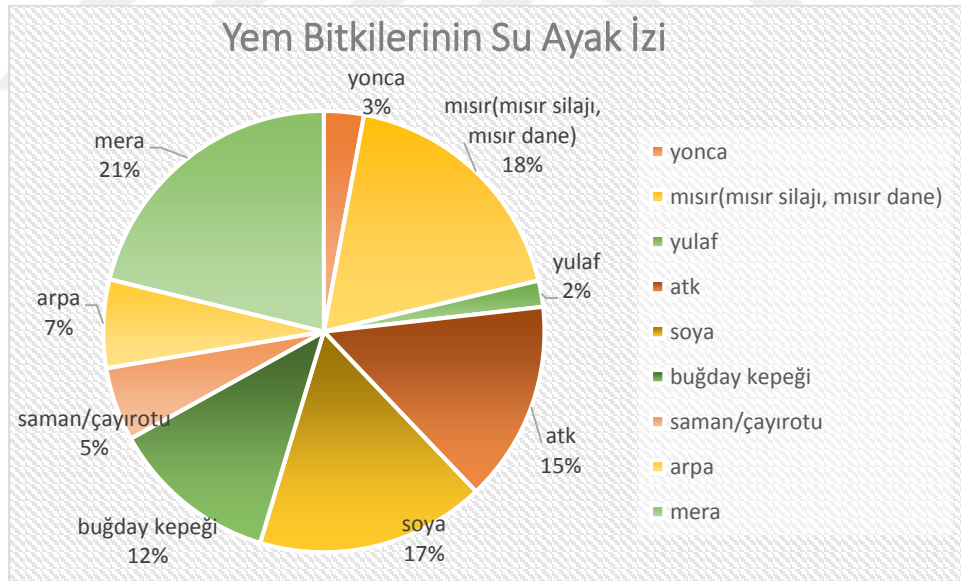
Tablo 4.6. Tüm yemlerin su ayak izi

Süreç	Kategori	Mavi Su Ayak İzi m ³ /ton	Yeşil Su Ayak İzi m ³ /ton	Gri Su Ayak İzi m ³ /ton	Toplam Su Ayak İzi	Kaynak
	Yonca	123,06	285,47	-	408,53	Hesaplandı
Çiftlikte yetiştirilen yem	Mısır (Mısır Silajı Mısır Dane)	248,09	197,72	-	445,81	Hesaplandı
	Yulaf	0	421,82	-	421,82	Hesaplandı
	Atk	60	1215	81	1356	Litaratür (Hoekstra)
Kesif yem	Soya	83	2397	44	2524	Litaratür (Hoekstra)
	Buğday Kepeği	347	1292	210	1849	Litaratür (Hoekstra)
	Buzağı Yemi	-	-	-	0	İhmal
Diğer kaba yem	Saman, Çayır Otu	207	27	30	264	Litaratür (Hoekstra)
	Arpa	79	1213	131	1423	Litaratür (Hoekstra)
	Mera	0	303	0	303	Litaratür (Hoekstra)



Şekil 4.1. Yemlerin mavi, yeşil ve gri su ayak izi payları

Hayvanların yeminden gelen mavi su ayak izinin 217.307 m³/yıl, yeşil su ayak izi 871.824 m³/yıl ve gri su ayak izi 42.715 m³/yıldır.



Şekil 4.2. Tüm yemlerin su ayak izi dağılım grafiği

4.2. Toplam Su Ayak İzi

Tablo 4.7.'de 4 ana başlık altında su tüketim miktarları ve hesaplanan su ayak izleri gösterilmiştir.

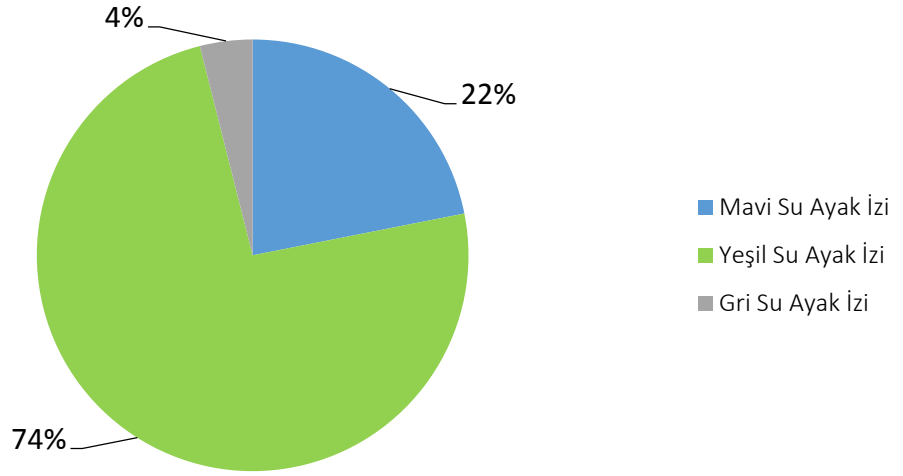
Tablo 4.7. Çiftlikteki toplam su ayak izi

	Mavi Su Ayak izi m ³ /yıl	Yeşil Su Ayak izi m ³ /yıl	Gri Su Ayak izi m ³ /yıl	Toplam Su Ayak izi m ³ /yıl
Yonca	10.015,3	23.137,34	-	33.103,18
Mısır(Mısır Silajı, Mısır Dane)	115.634,7	92.157,3	-	207.792
Yulaf	-	21.706,85	-	21.706,85
Atk	7.358,4	149.007,6	9.933,84	166.299,84
Yem Soya	6.240,77	180.230,43	3.308,36	189.779,56
Buğday Kepeği	26.090,93	97.145,48	15.789,9	139.026,31
Saman/Çayırotu	47.901,87	6.248,07	6.942,3	61.092,24
Arpa	4.065,73	6.2421	6.741,26	73.227,99
Mera	-	239.769,96	-	239.769,96
Servis Suyu Hayvanların İçme Suyu	5.102,7	-	-	5.102,7
Çiftlikte Kullanılan Su	30.000	-	-	30.000
Yüksek Basıncılı Temizleyici	540	-	-	540
Enerji Elektrik				4.597
Dizel		451	451	902
Gübre				3.120,8
Toplam	217.307,7	871.824,03	43.166,66	1.176.060,43

Süt üretim çiftliğinde toplam su ayak izi 1.176.060,43 m³/yıl olarak bulunmuştur. Toplam su ayak izinin %96'sı 1.131.797 m³/yıl olarak yemden gelmektedir. Toplam su ayak izine servis suyu 35.188 m³ ile %3, enerji tüketimi 5.499 m³ ile %1, gübre ise 3.120 m³ %1'in altında katkıda bulunmuştur.

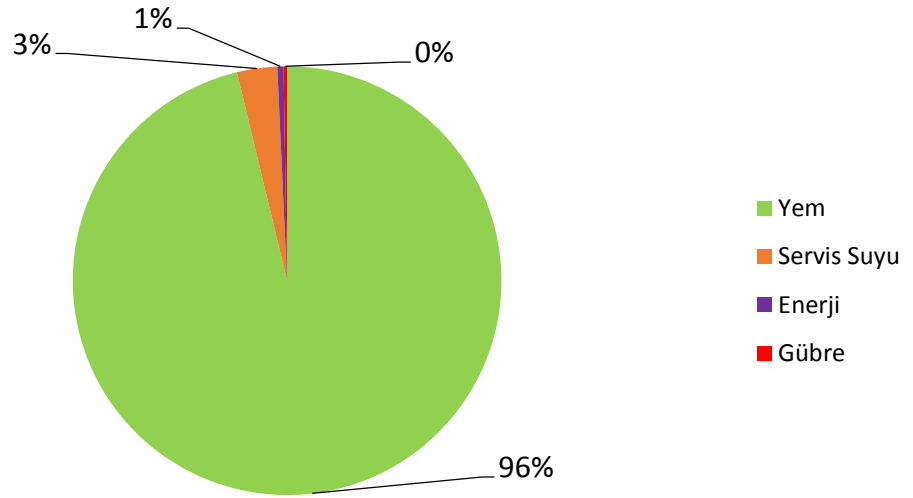
Çiftlikte yılda yaklaşık 1.091.350 litre süt üretilmektedir. 1 litre süt üretebilmek için 1,0772 metreküp (1077 litre) su tüketilmektedir. (Bir inek günde 23 litre süt üretirse)

Çiftlikteki Toplam Su Ayak İzi Dağılımı



Şekil 4.3. Toplam mavi, yeşil ve gri su ayak izi dağılım grafiği

Toplam su ayak izi



Şekil 4.4. Kullanım katagorilerine göre toplam su ayak izi dağılım grafiği

BÖLÜM 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Türkiye de dünyadaki çoğu ülke gibi ilerleyen zamanlarda ciddi su kıtlığı çekebileceği düşünülen ülkelerdendir. Ülkemizde bulunan 25 havzaya son 30 yılda düşen yağış miktarı yaklaşık %25 oranında azalma göstermiştir. Bu oranın daha da artacağı ön görülmektedir. Ülkemizde %53'ü yüzey suları %38'i yer altı su kaynakları olmak üzere tatlı su kaynaklarının %70'i tarımda kullanılmaktadır.

Akarsu kirlenmesi, göl kuruması yeraltı sularının kontrolsüz kullanımı su kullanımının başlıca önemli risk faktörleridir. İklim değişikliğinin beraberinde getirdiği kuraklık, artan nüfusa bağlı olarak su talebindeki artış, su kalitesindeki düşüş ülkemizdeki su yönetiminin ne kadar önemli ve gerekli olduğunu göstermektedir.

Suyun sürdürülebilir kullanımında su ayak izi hesaplaması oldukça önemlidir. Su ayak izi üretimde kullanılan tatlı ve temiz suyun türünü, nerede ne amaçla ve ne kadar kullanıldığını gösterir.

Üretimden kaynaklanan su ayak izi; %89'u tarımsal, %7'si evsel, %4'ü endüstriyel olmak üzere 139,6 milyar m³/yıldır. Tarım sektörünün %92'si bitkisel üretimden %8'i otlamadan kaynaklanır. Tüketimden kaynaklanan su ayak izi ise %89'u tarım %6'sı endüstriyel ve %5'i evsel olmak üzere 140,2 milyar m³/yıldır (WWF 2014).

Sütün küresel ortalama su ayak izi 1020 litre/kg'dır. Sütteki protein içeriğinin 33 gram/kg olduğu varsayıldığında, bu, sütün su ayak izinin bir gram protein başına 31 litre su olduğu anlamına gelir. Her süt üretim çiftliği için sütün kesin su ayak izi, ineğin yetiştirildiği yer ve üretim sistemine ve yemin bileşimine ve kökenine bağlı olacaktır.

1996-2005 döneminde süt sığırlarının küresel su ayak izi, dünyadaki hayvansal üretimin toplam su ayak izinin (tüm çiftlik hayvanları) %19'u olan yaklaşık 470 milyar m³/yıl idi (Mekonnen ve Hoekstra, 2010, 2012).

Bu çalışmada incelenen süt üretim çiftliğinde toplam su ayak izi 1.176.060,43 m³/yıl olarak bulunmuştur. Toplam su ayak izinin %96'sı 1.131.797 m³/yıl olarak yemden gelmektedir. Toplam su ayak izine servis suyu 35.188 m³ ile %3, enerji tüketimi 5.499 m³ ile %1, gübre ise 3.120 m³ %1'in altında katkıda bulunmuştur.

Güney Afrika'da %4 yağ ve %3,3 protein içeren bir ton süt üretmek için 1.352 m³ su gerektiğini göstermektedir. Çin'de Heilongjiang'da üretilen sütün su ayak izi yaklaşık 1 kg yağ proteini düzeltilmiş süt (FPCM) için 11 L H²Oe (H²O eşdeğeri). Bu, Kaliforniya ve Yeni Zelanda'daki üretim için sırasıyla 461 ve 0.01 L H²Oe kg 1 FPCM ile karşılaştırılmıştır. Finlandiya'da bölgesel ve aylık olarak hesaplanan su ayak izi Waikato sütü için 22 L world eq / kg FPCM (Fat Protein Corrected Milk) ve Canterbury sütü için 1118 L world eq / kg FPCM olarak hesaplanmıştır. İrlanda'da 24 çiftlikte su ayak izi, 534 L/kg FPCM ile 1.107 L/ kg FPCM arasında değişir ve ortalama 690 L su/kg FPCM olarak hesaplanmıştır

Çiftlikte yılda yaklaşık 1.091.350 litre süt üretilmektedir. 1 litre süt üretebilmek için 1,0772 metreküp (1077 litre) su tüketilmektedir.

Görüldüğü üzere su ayak izi kavramını ortaya koyan Hoekstra'nın yaptığı çalışmalar ile bizim çalışmamızda bulduğumuz toplam su ayak izi değeri arasında tutarlı bir benzerlik vardır.

Çiftlikte yağmur suyu toplama ve geri kazanımı sistemi mevcut değildir. Soğutma suyunun geri dönüşümü ve sistemde tekrar kullanılmak için geri kazanımı henüz sağlanmamaktadır.

Bu çalışma için yurt dışı kaynaklı girdi olmadığından sanal su ayak izi hesaba katılmamıştır. Hazır alınan yemlerin nerede yetiştirildiğine dair net bir bilgiye

ulaşılmamıştır. Bu nedenle hazır alınan yemler için literatür bilgileri kullanılarak hesaplama yapılmıştır.

Çiftlikteki hayvanlardan verimli süt alınamayacak kadar yaşlananları başka tesislere gönderilmektedir. Bu durumdan ortaya çıkacak olan gri su ayak izi toplam su ayak izine katkısı %1 in altında olacağından hesaba katılmamıştır.

Süt sektöründe en büyük girdi teşkil eden yem, iklim değişiklikleriyle doğrudan ilgilidir.

Yem yetiştirmek, hayvan hijyeni, hayvansal tüketim, ekipman temizliği, hayvansal yaşam alanlarının iklimlendirilmesi, süt soğutma, süt işleme, gübre taşıma, ahır temizleme gibi işler için su kullanılmaktadır.

Yem bitkisi üretiminde sulama verimliliğine, suyun yeniden kullanım ve geri dönüşümüne yatırım yapılmalıdır.

Öneriler

- Düşük hacim yüksek basınçlı yıkama ekipmanları kullanılmalı
- Sağım ünitelerinde verimli yıkama ekipmanları kullanılmalı (c-200 sistemi %25-%32 tasarruf sağlıyor)
- Boru temizleme ekipmanı olarak pig kullanılmalı
- Otomatik su püskürtme sistemleri kullanılmalı
- Temizlik işlemlerini kolaylaştırmak için zemin eğimli olmalı
- Sağım ekipmanlarının temizliğinde ön yıkama gerektirmeyen, su ve enerji tasarrufu sağlayan enzim bazlı temizleyiciler kullanılmalı
- Soğutma sistemlerinde doğru akış oranı belirlenmeli ve su kaynağına ön soğutma sağlanarak buz bankoları kullanılmalı
- Çalışanlar su ve enerji kayıplarını önlemek amaçlı bilinçlendirilip eğitilmeli
- Su hatlarında sızıntıları önlemek ve tasarrufu sağlamak adına periyodik bakım ve onarım yapılmalı
- Yağmur suyu geri kazanım sistemleri kurulmalı

- Sulama, gübreleme ve ilaçlamada merkezi hareketli sulama sistemleri kullanılmalı
- Mısır sulamada damla sulama sistemi kullanılmalı

Süt üretiminde çevresel etkilerin ve su tüketimin değerlendirilmesi için aşağıdaki maddeler takip edilmeli ve hesaplanmalıdır.

- Çiftlik/tesis koordinatları
- Kullanılan suyun türü ve miktarı (şebeke, yeraltı, akarsu)
- Suyun kullanım amacına göre miktarı
- Yem üretim verileri
- Yemlerin nereden temin edildiği
- Kullanılan toplam su miktarı
- Ortamdan çekilen su miktarı
- Alıcı ortama bırakılan su miktarı
- Deşarj edildiği kaynak
- Atık su analizleri
- Alıcı ortam su analizleri
- Su kaynaklarındaki değişimler
- Ana su kaynağı havza bilgileri
- Su miktarı tespiti için sayaçlar
- Su kalitesi dönemsel veriler

Böylelikle daha kesin su ayak izi hesaplamaları yapılabilir.

KAYNAKLAR

- Bai, Xue, et al. "Comprehensive Water Footprint Assessment of the Dairy Industry Chain Based on ISO 14046: A Case Study in China." *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 132, no. July, Elsevier, 2018, pp. 369–75, doi:10.1016/j.resconrec.2017.07.021.
- Bosire, Caroline K., et al. "Trends and Spatial Variation in Water and Land Footprints of Meat and Milk Production Systems in Kenya." *Agriculture, Ecosystems and Environment*, vol. 205, 2015, doi:10.1016/j.agee.2015.02.015.
- Chapagain, a K., and a Y. Hoekstra. "The Green, Blue and Grey Water Footprint of Farm Animals and Animal Products." *Unesco*, vol. 1, no. 16, 2010, p. 80, <http://www.waterfootprintnetwork.org/Reports/Report47-WaterFootprintCrops-Vol1.pdf%5Cnhttp://wfn.project-platforms.com/Reports/Report-48-WaterFootprint-AnimalProducts-Vol1.pdf>.
- Chapagain, Ashok, and Stuart Orr. *UK Water Footprint : The Impact of the UK 's Food and Fibre Consumption on Volume One*. 2008, p. 25.
- Drastig, K., et al. "Water Footprint Analysis for the Assessment of Milk Production in Brandenburg (Germany)." *Advances in Geosciences*, vol. 27, 2010, pp. 65–70, doi:10.5194/adgeo-27-65-2010.
- Francke, I. C. M., and J. F. W. Castro. "Carbon and Water Footprint Analysis of a Soap Bar Produced in Brazil by Natura Cosmetics." *Water Resources and Industry*, vol. 1–2, Elsevier, 2013, pp. 37–48, doi:10.1016/j.wri.2013.03.003.
- Hoekstra, Arjen Y. "The Hidden Water Resource Use behind Meat and Dairy." *Animal Frontiers*, vol. 2, no. 2, 2012, pp. 3–8, doi:10.2527/af.2012-0038.
- Huang, Jing, et al. "Water Availability Footprint of Milk and Milk Products from Large-Scale Dairy Production Systems in Northeast China." *Journal of Cleaner Production*, vol. 79, 2014, pp. 91–97, doi:10.1016/j.jclepro.2014.05.043.
- Mekonnen, Mesfin M., et al. "Future Electricity: The Challenge of Reducing Both Carbon and Water Footprint." *Science of the Total Environment*, vol. 569–570, 2016, pp. 1282–88, doi:10.1016/j.scitotenv.2016.06.204.
- Murphy, E., et al. "Water Footprinting of Dairy Farming in Ireland." *Journal of Cleaner Production*, vol. 140, Elsevier Ltd, 2017, pp. 547–55, doi:10.1016/j.jclepro.2016.07.199.
- Noya, I., et al. "Environmental and Water Sustainability of Milk Production in Northeast Spain." *Science of the Total Environment*, vol. 616–617, Elsevier B.V., 2018, pp. 1317–29, doi:10.1016/j.scitotenv.2017.10.186.

- Owusu-Sekyere, Enoch, et al. "Water Footprint of Milk Produced and Processed in South Africa: Implications for Policy-Makers and Stakeholders along the Dairy Value Chain." *Water (Switzerland)*, vol. 8, no. 8, 2016, doi:10.3390/w8080322.
- Payen, Sandra, et al. "Water Scarcity Footprint of Dairy Milk Production in New Zealand – A Comparison of Methods and Spatio-Temporal Resolution." *Science of the Total Environment*, vol. 639, Elsevier B.V., 2018, pp. 504–15, doi:10.1016/j.scitotenv.2018.05.125.
- Pfister, Stephan, et al. "Assessing the Environmental Impacts of Freshwater Consumption in LCA." *Environmental Science and Technology*, vol. 43, no. 11, 2009, pp. 4098–104, doi:10.1021/es802423e.
- Ridoutt, Bradley, and Danni Hodges. "From ISO14046 to Water Footprint Labeling: A Case Study of Indicators Applied to Milk Production in South-Eastern Australia." *Science of the Total Environment*, vol. 599–600, no. August 2014, Elsevier B.V., 2017, pp. 14–19, doi:10.1016/j.scitotenv.2017.04.176.
- Usva, Kirsi, et al. "Applying Water Scarcity Footprint Methodologies to Milk Production in Finland." *International Journal of Life Cycle Assessment*, vol. 24, no. 2, 2019, doi:10.1007/s11367-018-1512-2.

EKLER

EK 1:

Tablo 5.1. Bazı süt ürünlerinin Dünya ortalaması ve Türkiye için WF değerleri

HS (PC- TAS) kodu	SITC Rev 3 (SITA) kodu	Ürün açıklaması (HS)	Ürün açıklaması (SITC)	Kök ürün (HS)	Kök ürün (SITC)	Ürün fraksiyon u	Değer kesri	Dünya Ortalaması						Türkiye		
040110	02211	Konsantre olmayan ve şekerli süt% 1'i geçmeyen yağ	Süt, yağ içeriği% 1 veya daha az	FAO88 2	FAO88 2	0,93	1,00	Yeşil	1087	790	1027	863	1410	882	0	910
								Mavi	56	90	98	86	142	115	0	116
								Gri	49	76	82	72	133	100	0	102
040120	02212	Konsantre olmayan ve% 1'i aşan şekerli süt% 6'yı geçmeyen	Süt, krema yağı içeriği% 1-6	FAO88 2	FAO88 2	0,90	1,00	Yeşil	1123	816	1061	891	1457	911	0	941
								Mavi	58	93	101	88	147	119	0	120
								Gri	50	79	85	75	137	104	0	106
040130	02213	Süt ve krema konsantre edilmemiş ve% 6'dan fazla yağ içeren şekerli	Krema, yağ içeriği% 6 +	FAO88 2	FAO88 2	0,50	1,00	Yeşil	2021	1469	1911	1605	2623	1640	0	1693
								Mavi	104	168	182	159	264	213	0	216
								Gri	91	142	153	134	247	187	0	190
040221	02222	% 1.5'i aşan şekerli süt ve krema tozu	Milk,crn solid 1.5%+ fat	FAO88 2	FAO88 2	0,20	1,00	Yeşil	5052	3671	4777	4011	6558	4100	0	4233
								Mavi	261	421	455	398	660	534	0	540
								Gri	227	354	382	336	617	467	0	475
040229	02222a	Yağda% 1.5'i aşan tatlandırılmış süt ve krema tozu	Süt, krema katı% 1.5 + yağlı	040221		1,00	1,00	Yeşil	5052	3671	4777	4011	6558	4100	0	4233
								Mavi	271	431	465	408	670	544	0	550
								Gri	227	354	382	336	617	467	0	475
040291	02223	Süt ve krema şekerli, nes	Süt, krema şekerli	FAO88 2	FAO88 2	0,50	0,83	Yeşil	1680	1221	1589	1334	2181	1364	0	1408
								Mavi	87	140	151	132	220	177	0	180
								Gri	75	118	127	112	205	155	0	158
040299	02224	Süt ve krema tatlandırılmış	Süt, krema, tatlandırılmış	040130	02213	1,00	1,00	Yeşil	2021	1469	1911	1605	2623	1640	0	1693
								Mavi	109	173	187	164	269	218	0	221
								Gri	91	142	153	134	247	187	0	190

EK 2:

Tablo 5.1. Literatür WF

Kişi başına düşen ulusal tüketimin su ayak izi, büyük tüketim kategorisine ve iç ve dış bileşenlere göre gösterilir (m3 / yıl / kişi)

	nüfus (bin)	tarım sal ürünlerin tüketiminin su ayak izi						endüstriyel ürünlerin tüketiminin su ayak izi				evsel su tüketiminin su ayak izi	ulusal tüketimin toplam su ayak izi										
		ülke içi			ülke dışı			ülke içi		ülke dışı			ülke dışı			ülke dışı			toplam				
		yeşil	mavi	gri	yeşil	mavi	gri	mavi	gri	mavi	Gri		mavi	gri	yeşil	mavi	gri	yeşil	mavi	gri	yeşil	mavi	gri
Türkiye	66849	933,8	167,9	103,3	216,0	71,2	17,4	2,4	24,6	3,0	39,5	8,3	54,4	933,8	178,6	182,3	216,0	74,2	57,0	1149,9	252,8	239,3	1642

Ülke başına ulusal tüketimin su ayak izi (Mm3 / yıl)

	Tarımsal ürünlerin tüketiminin su ayak izi						Endüstriyel ürünlerin tüketiminin su ayak izi				Eysel su tüketiminin su ayak izi	Ulusal tüketimin toplam su ayak izi									Dış / topla m su ayak izi oranı (%)	
	ülke içi (WF _{cons, nat,int, agr})			ülke dışı (WF _{cons, nat, ext, agr})			ülke içi (WF _{cons, nat, int, ind})		ülke dışı (WF _{cons, nat, ext, ind})			ülke içi (WF _{cons, nat,int})			ülke dışı (WF _{cons, nat,ext})			Total (WF _{cons, nat})				
	yeşil	mavi	gri	yeşil	mavi	gri	mavi	gri	mavi	gri		yeşil	mavi	gri	yeşil	mavi	gri	yeşil	mavi	gri		
Türkiye	62426,0	11221,3	6903,6	14441,1	4756,7	1165,3	160,1	4	1646,202,6	0	556,0	7	62426,0	11937,3	12186,7	14441,1	4959,3	3807,2	76867,2	16896,7	15994,0	21,1

Ulusal üretimin su ayak izi (Mm3 / yıl)

	Bitkisel üretimin su ayak izi *			Otlatmanın su ayak izi **	Hayvan su kaynağının su ayak izi **	Endüstriyel üretimin su ayak izi		Evsel su temininin su ayak izi		toplam su ayak izi		
	yeşil	mavi	gri	yeşil	mavi	mavi	gri	mavi	gri	yeşil	mavi	gri
Türkiye	75697	15236	9449	8158	334	205,5	2264,6	556,0	3636,7	83855	16332	15350

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Sevede Tuğba DURMUŞ

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Yılı
Yüksek Lisans	Sakarya Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Çevre Mühendisliği	2021
Yüksek Lisans	Sakarya Üniversitesi / Sağlık Bilimleri Enstitüsü / İş Sağlığı ve Güvenliği	2018
Lisans	Sakarya Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Çevre Mühendisliği	2014
Lise	MithatPaşa Lisesi	2008

İŞ DENEYİMİ

Yıl	Yer	Görev
2016-Halen	TÜRASAS	Çevre Mühendisi

YABANCI DİL

İngilizce, Arapça

ESERLER (makale, bildiri, proje vb.)

1. Uluslararası Mühendislik Mimarlık ve Tasarım Kongresi
Sürdürülebilirlik Yönünden Su Ayak İzi ve Farklı Sektörler İçin Uygulamaları
2. Rize'deki Çay Yetiştirilen Tarımsal Topraklardaki DDT/DDE Kalıntılarının Araştırılması

HOBİLER

Yüzmek, Motorsiklet Sürmek, Keman Çalmak, Tenis, Yazmak