T.C.

AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ

SU AYAK İZİ KAVRAMI VE KULLANICILARIN SU TÜKETİMLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ: AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ YERLEŞKESİ ÖRNEĞİ

Büşra Nur GÖKÇE

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

OCAK 2025

ANTALYA

T.C.

AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ

SU AYAK İZİ KAVRAMI VE KULLANICILARIN SU TÜKETİMLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ: AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ YERLEŞKESİ ÖRNEĞİ

Büşra Nur GÖKÇE

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

OCAK 2025

ANTALYA

T.C.

AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SU AYAK İZİ KAVRAMI VE KULLANICILARIN SU TÜKETİMLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ: AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ YERLEŞKESİ ÖRNEĞİ

Büşra Nur GÖKÇE

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez …./…../2025 tarihinde jüri tarafından Oybirliği / Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Doç. Dr. İ. Ethem KARADİREK (Danışman)

Prof. Dr. Gökhan CİVELEKOĞLU

Dr. Öğr. Ü. Meltem KAÇIKOÇ

ÖZET

SU AYAK İZİ KAVRAMI VE KULLANICILARIN SU TÜKETİMLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ: AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ YERLEŞKESİ ÖRNEĞİ

Büşra Nur GÖKÇE

Yüksek Lisans Tezi, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. İ. Ethem KARADİREK

Ocak 2025; 66 sayfa

Su ayak izi, kullandığımız ürünlerin üretim ve tüketim süreçleri boyunca doğrudan ya da dolaylı harcanan toplam su hacmi olarak tanımlanmaktadır. Doğrudan su ayak izi, evsel su tüketimi kaynaklarıdır. Dolaylı su ayak izi, 'sanal su' olarak da ifade edilir ve hesaplamak için bir ürünün üretiminden tüketimine kadar geçen sürede maruz kaldığı işlemlerin tamamında tüketilen suyu ölçmek gerekir. Süreç içerisinde ithal edilen suyun yolda tükettiği miktar da hesaplamalara dahil edilmektedir. Bu açıdan bakıldığında insanın tükettiği toplam suyu hesaplamak oldukça zordur; ancak su ayak izi hesaplamaları ile tüketimdeki gizli bağlantılar keşfedilebilmektedir. Su ayak izi türleri tüketimin cinsini sınıflandırma ve su tüketimini yönetmek açısından önemlidir. Mavi sBu ayak izi, yeşil su ayak izi ve gri su ayak izi olmak üzere üç farklı su ayak izi kavramı mevcuttur. Mavi su ayak izi tüketilen yeraltı ve tatlı su kaynaklarını; yeşil su ayak izi tüketilen yağmur suyu hacmi ve gri su ayak izi kirletilen tatlı suyun temizlenmesi için kullanılan toplam su miktarının ifadesidir.

Bu tezin amacı, Akdeniz Üniversitesi ana yerleşkesinde eğitim-öğretim faaliyetlerini sürdüren önlisans, lisans ve lisansüstü öğrencilerin doğrudan ve dolaylı su kullanımlarının değerlendirilmesi, su ayak izlerinin hesaplanması ve dolayısı ile çevresel farkındalıklarının artırılmasıdır. İklim değişikliği, hızlı nüfus artışı vb etkenler nedeni ile hali hazırda baskı altında olan su kaynaklarının, sürdürülebilirliğinin sağlanmasında kullanıcıların bilinçlendirilmesi önem arz etmektedir. Tez çalışması ile aynı zamanda üniversitemiz ana yerleşkesinin su ayak izinin haritalandırılması ve su kullanımı farkındalığının artırılması da amaçlanmaktadır.

ANAHTAR KELİMELER: Doğrudan su ayak izi, Dolaylı su ayak izi, İklim değişikliği, Sürdürülebilirlik.

JÜRİ:

Doç. Dr. İ. Ethem KARADİREK

Prof. Dr. Gökhan CİVELEKOĞLU

Dr. Öğr. Ü. Meltem KAÇIKOÇ

ABSTRACT

EVALUATION OF CONSUMER WATER USE BEHAVIOUR AND WATER FOOTPRINT CONCEPT: CASE STUDY OF AKDENİZ UNIVERSITY CAMPUS

Büşra Nur GÖKÇE

MSc Thesis in Environmental Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. İ. Ethem KARADİREK

January 2025; 66 pages

The water footprint is defined as the total volume of water, either directly or indirectly consumed, throughout the production and consumption processes of the products we use. The direct water footprint includes domestic water consumption sources. The indirect water footprint, also referred to as "virtual water," involves measuring the water used across all processes a product undergoes from production to consumption. This calculation also includes the volume of imported water consumed along the way. Calculating the total water consumed by an individual is challenging from this perspective; however, water footprint assessments help uncover hidden links in consumption patterns. Categorizing water footprint types is essential for classifying consumption and managing water use. There are three water footprint concepts: blue water footprint, green water footprint, and grey water footprint. The blue water footprint reflects consumed groundwater and freshwater resources, the green water footprint represents the volume of rainwater consumed, and the grey water footprint indicates the total water volume used to clean polluted freshwater.

The purpose of this thesis is to evaluate the direct and indirect water use of associate, undergraduate, and graduate students on the main campus of Akdeniz University, calculate their water footprints, and consequently enhance their environmental awareness. Due to factors such as climate change, rapid population growth, and others, it is crucial to raise awareness among users to ensure the sustainability of water resources already under pressure. This thesis also aims to map the water footprint of our university's main campus and promote awareness of water use.

KEYWORDS: Climate Change, Direct water footprint, Indirect water footprint, Sustainability, Virtual water, Water footprint

COMMITTEE: Assoc. Prof. Dr. İ. Ethem KARADIREK

Prof. Dr. Gökhan CİVELEKOĞLU

Asst. Prof. Dr. Meltem KAÇIKOÇ

ÖNSÖZ

Bireylerin günlük su tüketimlerinde su ayak izinin belirlenmesi, gereksiz su tüketimlerinin tespiti ve dolayısıyla kişisel yaşam ve tercihleriyle sebep oldukları fazla su tüketimlerini gözden geçirmek, su kıtlığı yaşama olasılığı yüksek gelecek için hayati derecede önemlidir. Bu tez çalışması kapsamında Akdeniz Üniversitesi ana yerleşkesinde eğitim ve öğretim faaliyetlerini sürdüren öğrencilerin tercihleri doğrultusunda doğrudan ve dolaylı su ayak izi değerlerinin araştırılması ve bireysel farkındalığın artırılması amaçlanmıştır.

Öncelikle tez konusunun belirlenmesinde, araştırılmasında ve yürütülmesinde yardımlarını, bilgi birikimini, desteğini ve zamanını esirgemeyen saygıdeğer danışman hocam Doç. Dr. İbrahim Ethem KARADİREK'e teşekkür eder, saygılarımı sunarım.

Tez anket sürecinde benimle anketleri öğrencilere tek tek dağıtan, dataların bilgisayara aktarılmasında zamanından günlerce fedakarlık yaparak tezimin ilerleyiş sürecini hızlandıran arkadaşım Aylin DİKTAŞ'a teşekkürü borç bilirim. Tüm zamanlarımda beni destekleyen ve yanımda olan sevgili annem Hülya GÖKÇE ve saygıdeğer babam Metin GÖKÇE'ye, destekleriyle tezimin bitmesi için zaman oluşturmamı sağlayıp fazlasıyla fedakarlıkta bulunan Fatma KILINÇ anneme, oğlumun en büyük desteği Güven KILINÇ'a teşekkür ederim. Ve varlığıyla ruhumu şenlendirip karşılıksız ve sonsuz sevgiyi bana tattıran biricik oğlum Mustafa Asım KILINÇ'a minnettarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET i
ABSTRACT ii
ÖNSÖZ iii
AKADEMİK BEYAN vi
SİMGELER VE KISALTMALAR vii
ŞEKİLLER DİZİNİ viii
ÇİZELGELER DİZİNİ xi
1. GİRİŞ 1
2. KAYNAK TARAMASI 4
2.1. Su kaynaklarının dağılımı 4
2.1.1. Dünya'nın su kaynakları dağılımı 4
2.1.2. Türkiye'nin su kaynakları dağılımı 5
2.2. Su kıtlığı 6
2.3. İklim değişikliğinin su kaynakları üzerine etkisi 18
2.4. Sektörel su kullanımı 19
2.5. Sürdürülebilir su yönetimi 27
2.6. Sanal su kavramı 28
2.6.1. Uluslararası sanal su ticareti 29
2.7. Su ayak izi kavramı ve tarihçesi 33
2.7.1. Doğrudan ve dolaylı su ayak izi 33
2.7.2. Su ayak izi türleri ve tarihçesi 37
2.7.2.1. Mavi su ayak izi 37
2.7.2.2. Yeşil su ayak izi 37
2.7.2.3. Gri su ayak izi 38
2.7.3. Türkiye'nin su ayak izi 38
3. MATERYAL VE METOT 41
3.1. Araştırma Evreni 41
3.2. Verilerin Değerlendirilmesi 43
3.2.1 Hata payı hesaplaması 43
3.2.2 Kişi başına düşen su ayak izi hesaplama yöntemleri 43
4. BULGULAR VE TARTIŞMA 47
4.1. Akdeniz Üniversitesi Öğrencilerinin Su Ayak İzi Sonuçları 47

4.1.1. Fakültelere bağlı cinsiyet dağılımları 47
4.1.2. Fakültelere bağlı kişi sayısı dağılımları 48
4.1.3. Cinsiyete bağlı öğrenim derecesi dağılımları 50
4.1.4. Doğrudan ve dolaylı su tüketimi sonuçları 51
4.1.5. Fakültelere bağlı gelir düzeyi dağılımları 55
4.5.6. Gelir düzeyine göre su ayak izi dağılımı sonuçları 56
4.1.7. Fakültelere göre yaş dağılımları 58
4.1.8. Fakültelere göre toplam su ayak izi 60
6. SONUÇLAR 64
6. KAYNAKLAR 64
ÖZGEÇMİŞ

AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum "Su Ayak İzi Kavramı Ve Kullanıcıların Su Tüketimlerinin Değerlendirilmesi: Akdeniz Üniversitesi Yerleşkesi Örneği" adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

……./……../2025

Öğrencinin Adı Soyadı

Büşra Nur Gökçe

İmzası

SİMGELER VE KISALTMALAR

Kısaltmalar

CMI	: Crop Moisture Index
DSİ	: Devlet Su işleri
FAO	: Food and Agriculture Organization
GSF	: Güzel Sanatlar Fakültesi
IPCC	: Intergovernmental Panel on Climate Change
İİBF	: İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi
LDC	: En Az Gelişmiş Ülkeler
LIFDC	: Düşük Gelirli Gıda Açığı Olan Ülkeler
PDSI	: Palmer Drought Severity Index
RWR	: Yenilebilir Su Kaynakları
SPEI	: Standardized Precipitation Evapotranspiration Index
SPI	: Standardized Precipitation Index
STİ	: Su Tahsisi İndeksi
TBMYO	Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu
TÜİK	: Türkiye Nüfusu İstatistik Kurumu
UBF	: Uygulamalı Bilimler Fakültesi
WFN	: Water Footprint Network

Bu tezde ondalık ayracı olarak nokta (.) kullanılmıştır.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Dünya'da su miktarının dağılımı (Shiklomanov. I 1993) 4
Şekil 2.2. Kuraklık olaylarının farklı türleri ve süreleri arasındaki ilişki (Pedro-Monzonís, M. vd. 2015) 7
Şekil 2.3. Dahili ve harici su ayak izi ayrımı ile farklı tüketim kategorilerinin küresel su ayak izine katkısı (Hoekstra ve Chapagain 2007) 19
Şekil 2.4. Kişi başına düşen ulusal su ayak izi ve seçilen bazı ülkeler için farklı tüketim kategorilerinin katkısı (Hoekstra ve Chapagain 2007) 20
Şekil 2.5. Farklı mahsullerin mahsul üretiminin toplam su ayak izine katkısı Dönem: 1996–2005 (Mekonnen ve Hoekstra 2011) 21
Şekil 2.6. Ulusal su ayak izi tahmininin muhasebe çerçevesi (Hoekstra vd. 2005) 30
Şekil 2.7. 1995–1999 dönemi boyunca devam eden ulusal sanal su dengeleri (Hoekstra ve Hung 2005) 32
Şekil 2.8. 1995–1999 döneminde 13 dünya ülkesinin sanal su dengeleri (Hoekstra ve Hung 2005) 32
Şekil 2.9. Su ayak izi bileşenlerine göre Türkiye'de üretimin ve tüketimin su ayak izi (WWF 2014) 39
Şekil 2.10. a)Üretimin su ayak izinin bileşenleri (TÜİK, WFN, FAOSTAT, DSİ); b)Sektörlere göre üretimin su ayak izi (WFN, FAO, DSİ) 40
Şekil 2.11. a)Tüketimin su ayak izinin bileşenleri (TÜİK, WFN, FAOSTAT, DSİ); b) Sektörlere göre tüketimin su ayak izi (TÜİK, WFN, FAOSTAT, DSİ) 40
Şekil 4.1. Akdeniz Üniversitesi-Ana Yerleşkesi'nde anket sorularını cevaplayan öğrencilerin fakülteye bağlı cinsiyet dağılım grafiği 48
Şekil 4.2. Akdeniz Üniversitesi-Ana Yerleşkesi Öğrencilerinin Fakültelere Bağlı Kişi Sayısı Dağılım Yüzdesi 49
Şekil 4.3. Akdeniz Üniversitesi-Ana Yerleşkesi'nde anket sorularını yanıtlayan kadın öğrencilerin öğrenim derecesi dağılımı 50
Şekil 4.4. Akdeniz Üniversitesi-Ana Yerleşkesi'nde anket sorularını yanıtlayan erkek öğrencilerin öğrenim derecesi dağılımı 51
Şekil 4.5. Akdeniz Üniversitesi-Ana Yerleşkesi öğrencilerinin doğrudan ve dolaylı su tüketimi dağılımı 53
Şekil 4.6. Akdeniz Üniversitesi-Ana Yerleşkesi öğrencilerinin doğrudan ve dolaylı su tüketimi dağılım grafiği 54
Şekil 4.7. Akdeniz Üniversitesi-Ana Yerleşkesi öğrencilerinin doğrudan ve dolaylı toplam su ayak izi yüzdelerinin karşılaştırılma grafiği 54
Şekil 4.8. Akdeniz Üniversitesi-Ana Yerleşkesi'nde anket sorularını yanıtlayan öğrencilerin gelir düzeyine göre kişi sayıları grafiği 55
Şekil 4.9. Akdeniz Üniversitesi Ana-Yerleşkesi öğrencilerinin gelir düzeyine göre günlük ortalama su ayak izi dağılım grafiği 57
Şekil 4.10. Akdeniz Üniversitesi-Ana Yerleşkesi öğrencilerinin gelir düzeyine bağlı kişi sayısı grafiği 58
Şekil 4.11. Akdeniz Üniversitesi-Ana Yerleşkesi'nde anket sorularını yanıtlayan öğrencilerin fakültelere göre yaşa bağlı kişi sayısı dağılımı 59
Şekil 4.12. Akdeniz Üniversitesi-Ana Yerleşkesi öğrencilerinin yaşa bağlı su ayak izleri dağılım grafiği 59
Şekil 4.13. Akdeniz Üniversitesi-Ana Yerleşkesi öğrencilerinin fakültelere göre su ayak izi dağılım grafiği 60

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Türkiye'nin yenilenebilir su kaynakları (FAOSTAT) 5
Çizelge 2. 2. (1) çevresel akış gereklilikleri ve yerel sektör için su tahsis indeksine dayalı su talebi memnuniyet sınıfları; (2) tarım sektörü için su tahsis indeksine dayalı su talebi memnuniyet sınıfları (Milano vd. 2013) 7
Çizelge 2.3. Doğal su kullanımı bağlamında su kıtlığı ve kuraklık indekslerinin sınıflandırılması (Milano vd. 2013) 8
Çizelge 2.4. Su kaynakları planlaması ve su tahsisi bağlamında su stresi indekslerinin sınıflandırılması (Milano vd. 2013) 9
Çizelge 2.5. Yönetim aşamasına ilişkin su stresi indekslerinin sınıflandırılması (Milano vd. 2013) 10
Çizelge 2.6. Falkenmark göstergesi (Bilen, Ö. 2008) 10
Çizelge 2.7. Shiklomanov göstergesi (Bilen, Ö. 2008) 11
Çizelge 2.8. Türkiye'nin su ihtiyacı oranı ve su kaynakları (FAOSTAT, Kasım 2012) 11
Çizelge 2.9. Farklı su yeterlilik seviyelerine göre sınıflandırılmış ülkeler (FAOSTAT 1995) 12
Çizelge 2.10. Ülkelere göre su ihtiyacı oranının özet sonuçları ve su kaynakları ile karşılaştırılması(FAOSTAT,Kasım2012) 13
Çizelge 2.11. Seçilmiş ülkeler için seçilmiş hayvansal ürünlerin yeşil, mavi ve gri su ayak izi ve ağırlıklı küresel ortalama (m^3/ton) (Mekonnen ve Hoekstra 2012) 22
Çizelge 2.12. Hayvan kategorisi başına bir hayvanın ortalama yıllık su ayak izi (1996–2005) (Mekonnen ve Hoekstra 2012) 24
Çizelge 2.13. Bitkisel ve hayvansal kaynaklı bazı seçilmiş gıda ürünlerinin su ayak izi (Mekonnen ve Hoekstra 2012) 24
Çizelge 2.14. Farklı gıda maddelerinin su ayak izi (Hoekstra 2008) 26
Çizelge 2.15. Bitkisel ve hayvansal kaynaklı bazı seçilmiş gıda ürünlerinin su ayak izi (Mekonnen ve Hoekstra 2012) 27
Çizelge 2.16. 1995-1999 yılları arasında sanal su ihraç eden ilk on ülke ve sanal su ithal eden ilk on ülke (Hoekstra ve Hung 2005) 30
Çizelge 2.17. Doğrudan su ayak izi hesaplama yöntemleri 34
Çizelge 2.18. Dolaylı su ayak izi hesaplama yöntemleri 36
Çizelge 3.1. Akdeniz Üniversitesi-Ana Yerleşkesi öğrencilerine uygulanan anket soruları 41
Çizelge 3.2. Doğrudan su ayak izi hesaplama yöntemleri 43
Çizelge 3.3. Dolaylı su ayak izi hesaplama yöntemleri 45
Çizelge 4.1. Akdeniz Üniversitesi-Ana Yerleşkesi'nde anket sorularını cevaplayan öğrencilerin fakülteye bağlı cinsiyet dağılımları 47
Çizelge 4.2. Akdeniz Üniversitesi-Ana Yerleşkesi öğrencilerinin fakültelere bağlı kişi sayısı 49
Çizelge 4.3. Akdeniz Üniversitesi-Ana Yerleşkesi'nde anket sorularını cevaplayan öğrencilerin cinsiyete bağlı öğrenim derecesi dağılımları 50
Çizelge 4.4. Akdeniz Üniversitesi-Ana Yerleşkesi öğrencilerinin doğrudan ve dolaylı su tüketim miktarları 51
Çizelge 4.5. Akdeniz Üniversitesi-Ana Yerleşkesi öğrencilerinin doğrudan ve dolaylı toplam su ayak izi miktarları 53
Çizelge 4.6. Akdeniz Üniversitesi-Ana Yerleşkesi öğrencilerinin doğrudan ve

dolaylı toplam su ayak izi miktarlarının karşılaştırılması 54
Çizelge 4.7. Akdeniz Üniversitesi-Ana Yerleşkesi'nde anket sorularını yanıtlayan öğrencilerin gelir düzeyine göre kişi sayıları 55
Çizelge 4.8. Akdeniz Üniversitesi-Ana Yerleşkesi öğrencilerinin gelir düzeyine göre günlük ortalama su ayak izi ve bileşenlerinin sonuçları 56
Çizelge 4.9. Akdeniz Üniversitesi-Ana Yerleşkesi öğrencilerinin gelir düzeyine bağlı kişi sayısı miktarları 57
Çizelge 4.10. Akdeniz Üniversitesi merkez yerleşkesi evsel, gıda ve diğer su ayak izi verilerinin Boğaziçi Üniversitesi ve Cerrahpaşa Üniversite'sinde gerçekleştirilen tez çalışmaları ile karşılaştırılması 60
Çizelge 4.11. Akdeniz Üniversitesi merkez yerleşkesi doğrudan ve dolaylı su ayak izi verilerinin Boğaziçi Üniversitesi ve Cerrahpaşa Üniversite'sinde gerçekleştirilen tez çalışmaları ile karşılaştırılması 61
Çizelge 4.12. Akdeniz Üniversitesi merkez yerleşkesi doğrudan ve dolaylı su ayak izi verilerinin Boğaziçi Üniversite'sinde gerçekleştirilen tez çalışması ile karşılaştırılması 61

1. GİRİŞ

Sınırlı olan su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimine olan ihtiyaç son yıllarda hızlı bir artış eğilimindedir. Su kaynaklarının yönetiminde geleneksel yaklaşımın yerine ihtiyaç yönetiminin kullanılması kaynakların sürdürülebilir kullanımı açısından önem arz etmektedir. Su ihtiyacı yönetimi yaklaşımları temelde; i. Sistem verimliliğini artırma, ii. farklı kaynakların kullanımının teşviki, iii. ikame kaynak kullanımı, iv. kaynak kullanımı konusunda sektör iyileştirmesi, v. son kullanıcının kullanım verimini artırma ile sürdürülebilir (Russell ve Fielding 2010).

Su kaynaklarının korunması için iki farklı davranış vardır. Bunlardan biri 'verimlilik davranışı' diğeri ise 'kısıtlama davranışı'dır. Bu ikisi arasındaki ayrım farklı sosyal ve psikolojik etmenler tarafından desteklendiği için oldukça önemlidir. Verimlilik davranışı, suyu verimli kullanan cihazların kurulumu gibi su tasarrufunu kolaylaştıran davranışlara atıfta bulunur. Bu davranışa örnek olarak su tasarruflu duş başlıklarının kullanılması, gri suyun bahçede yeniden kullanılması ve yağmur suyu hasadı örnek verilebilir. Kısıtlama davranışları ise suyun çok daha az ya da kısa süreli kullanımını ifade eder. Bu davranışlara, daha kısa sürede duş almak, terasları suyla yıkamak yerine süpürmek, çamaşır makinası tam dolu olarak çamaşır yıkamak, diş fırçalarken musluğu kapatmak örnekleri verilebilir (Russell ve Fielding 2010).

Su kaynakları kullanım açısından genel olarak tarım, endüstri ve insani tüketim amaçlı olarak sınıflandırılmaktadır. Sanayi ve tarım alanında su yönetimi temelde politikaların oluşturulması ve uygulanması esasına dayanmaktadır. İnsani tüketim amaçlı suların yönetiminde ise birden fazla faktör olmakla birlikte, kullanıcıların su tüketimi alışkanlıklarının değerlendirilmesi ve konu hakkında kullanıcıların bilinçlendirilmesi önemli bir yer tutmaktadır (Kenney vd. 2008).

Su kaynaklarının sürdürülebilir yönetiminde bir kavram ve çevresel farkındalık oluşturabilmek için 'Su Ayak İzi' tanımı ilk olarak 2002 yılında Arjen Y. Hoekstra tarafından tanıtılmış, daha sonra Chapagain ve Hoekstra tarafından detaylandırılarak geliştirilmiştir (Hoekstra 2003; Hoekstra ve Chapagain 2008). Bir ülkenin su ayak izi, o ülkede yaşayan insanların tükettikleri ürün ve hizmetlerin üretimi için gerekli olan su hacmi olarak tanımlanır. Bir ülkenin su ayak izini; tüketim hacmi, tüketim modeli, iklim koşulları ve tarımsal uygulama olmak üzere dört temel faktör belirler (Chapagain ve Hoekstra 2004). Su ayak izini doğru şekilde analiz edebilmek için su kaynaklarının tahsisinin uluslararası ve jeopolitik boyutunu analiz etmek önemlidir. Çünkü yer küredeki su mevcudiyeti ve buna bağlı olarak ülkelerin su talebi eşit bir şekilde dağılmamaktadır (Hoekstra 2017). Bir ulusun iyi bilgilendirilmiş ulusal politika geliştirebilmesi için oluşturduğu su ayak izini anlaması elzemdir. Başka yerlerdeki su kaynaklarına bağımlılık bir ulusun hem çevre politikasını hem de gıda güvenliğini değerlendirmesi için önemlidir (Mekonnen ve Hoekstra 2011).

Ulusların su ayak izi iç ve dış olmak üzere ikiye ayrılır. Geniş çerçevede iç su ayak izi, o ülkede yaşayan insanların tükettikleri ürün ve hizmetleri üretmek için kullandıkları evsel su kaynaklarıdır. Dış su ayak izi ise ithal edilen ve tüketilen ürün ve hizmetleri üretmek için kullanılan su hacmidir (Chapagain ve Hoekstra 2004).'Su ayak

izi' kavramı ile 'sanal su' kavramı birbirleriyle oldukça bağlantılıdır. Sanal su, satılacak ürün veya hizmet üretmek için gerekli olan su miktarıdır. Bir ülkenin toplam su ayak izi; evsel su kaynaklarının kullanımı, ülkeyi terk eden sanal su ve ülkeye giren sanal su akışı ile doğrudan ilintilidir. Bu bağlamda bir ülkenin toplam su ayak izini değerlendirirken, evsel su kaynaklarının kullanımı bir başlangıç noktası olarak alınır. Ülkeyi terk eden sanal su çıkarılır ve ülkeye giren sanal su eklenir. Buna ek olarak bir ülkenin gerçek su kıtlığını anlamak için ülkeye giren ve çıkan sanal su akışlarını bilmek gereklidir (Chapagain ve Hoekstra 2004). Sanal su kavramına ikinci yaklaşım üreticiden ziyade tüketici perspektifi ile ele alınmasıdır. Bu yaklaşım, ürünü kendimiz üretmek yerine ithal edersek ne kadar tasarruf yaparız sorusuna cevap vermeyi hedeflemektedir. Bu sebeple ikinci yaklaşımda sanal su tanımı 'ürünün ihtiyaç duyulduğu yerde ürünü üretmek için gerekli olacak su miktarı' olarak tanımlanır (Hoekstra 2003). Uluslararası ticaretle ilgili sanal su akışlarının yaklaşık %80'i tarım ürünleri, yaklaşık %20'si ise sanayi ürünleri ticaretini ifade eder (Chapagain ve Hoekstra 2004). Sanal su kavramından su ayak izini ayıran özellik, kullanılmış su hacminin yanı sıra bu suyun ne zaman, nerede kullanıldığını ve suyun türünü de (yeşil, mavi, gri) göstermektedir (Mekonnen ve Hoekstra 2010).

Bireyin, ürünün, iş kolunun veya bir ülkenin su ayak izi hesaplanabilmektedir. Birey için su ayak izi, bireyin tükettiği hizmet, mal ve ürünlerin üretimi için kullanılan toplam su hacmidir (Hoekstra 2008). Hoekstra ve Mekonnen (2010)'a göre bireylerin su ayak izlerinin hesaplanması mümkündür. Bunun için; üretim ve tüketim zincirinde doğrudan ve dolaylı olarak tüketilen su kullanım miktarının belirlenmesi şarttır. Sürdürülebilir su yönetimi açısından oldukça önemli olan su ayak izi; mavi, yeşil ve gri su ayak izinin toplamıdır. Su ayak izi hesaplamada tek önemli olan şey tüketilen suyun miktarı değil; aynı zamanda kullanılan suyun nerede tüketildiği ve tüketilen suyun türünün belirlenmesidir (Hoekstra 2008).

Literatürde yer alan üç çeşit su ayak izi türü vardır. Bunlar; mavi su ayak izi, yeşil su ayak izi ve gri su ayak izi olarak tanımlanır. Mavi su ayak izi, yüzey tatlı suları ve yeraltı sularıdır. Yeşil su ayak izi, bir ürünün üretim süresince doğrudan ve dolaylı olarak kullanılan yağmur suyu miktarıdır. Aynı zamanda yeşil su ayak izi; bahçecilik, tarım ve ormancılık faaliyetlerinde kullanılan su olarak değerlendirilmektedir. Gri su ayak izi ise bir ürünün tedarik aşamasından üretimi boyunca kirletilen tatlı suyun temizlenmesi için kullanılan su miktarıdır. Bu bakımdan diğerlerinden ayrılır. Nüfus artışı ve endüstriyel büyüme ile ilişkilendirilmektedir (Hoekstra 2008; Mekonnen ve Hoekstra 2010 2011).

Bir tüketicinin su ayak izini belirleyen ana faktör tüketim hacmi ve şeklidir. Ortalama bir tüketicinin su ayak izine en büyük katkıyı %27 oranında tahıl ürünleri sağlamaktadır. Tahıl ürünlerini, %27 oranıyla et tüketimi ve %7 oranıyla süt ve süt ürünleri tüketimi takip etmektedir (Hoekstra ve Mekonnen 2011).

Bireylerin günlük su tüketimlerinde su ayak izinin belirlenmesi, gereksiz su tüketimlerinin tespiti ve dolayısıyla kişisel yaşam ve tercihleriyle sebep oldukları fazla su tüketimlerini gözden geçirerek, kişisel yaşamlarında uyum ve mücadele stratejileri geliştirilmesini beraberinde getirmektedir. Ülkemizde, bu bağlamda farklı kurum, kuruluş ve üniversitelerde akademik çalışmalar çalışılmıştır. Bu çalışmaların temelinde bireysel farkındalığın odak noktası olması, yaygınlaştırma faaliyetlerinin mahalinde yapılması gerekliliğini beraberinde getirmektedir. Bu tez çalışması kapsamında Akdeniz Üniversitesi ana yerleşkesinde eğitim ve öğretim faaliyetlerini sürdüren öğrencilerin

tercihleri doğrultusunda doğrudan ve dolaylı su ayak izi değerlerinin araştırılması ve bireysel farkındalığın artırılması amaçlanmıştır. Akdeniz Üniversitesi özelinde konu ile ilgili bir literatür çalışmasının olmaması sebebiyle gerçekleştirilen tez çalışması literatüre katkı sağlamakla kalmayacak, diğer kurum, kuruluş ve üniversitelerin de bu konu ile ilgili yapacakları çalışmalara örnek teşkil edeceği değerlendirilmektedir.

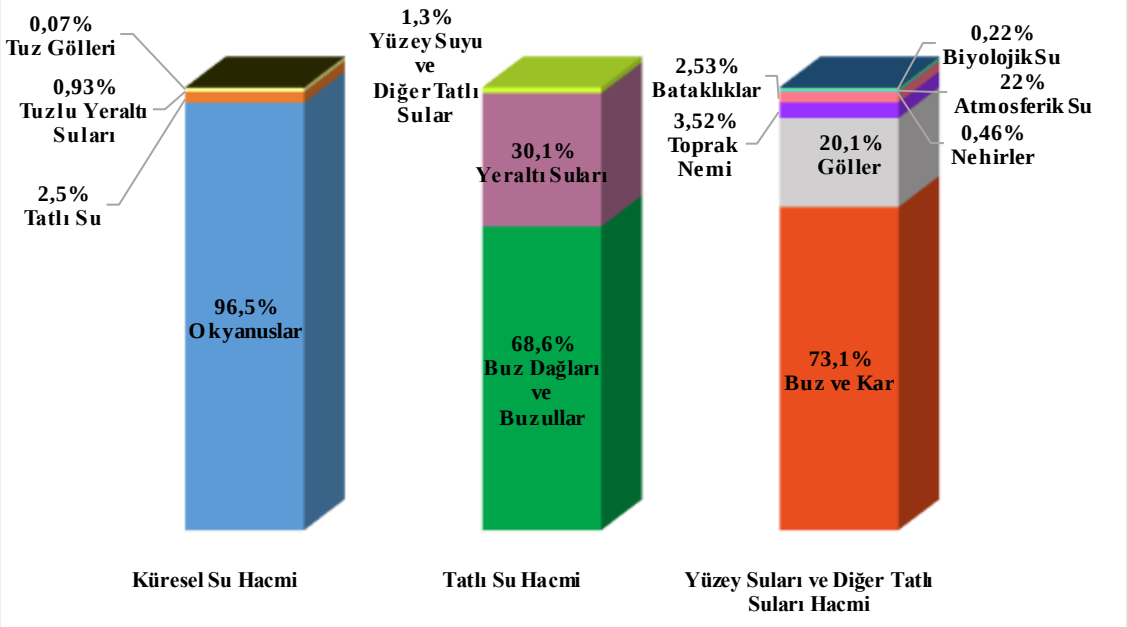
2. KAYNAK TARAMASI

2.1. Su kaynaklarının dağılımı

2.1.1. Dünya'nın su kaynakları dağılımı

Ulusal veya nehir havzası ölçeğinde mevcut su kaynaklarına dayalı su talebinin en verimli şekilde tahsis edilmesi ve kullanılması günümüzde çözülmesi gereken küresel bağlamda önemli bir sorundur. Mevcut su kaynaklarını ekonomik açıdan verimli hale getirmek için uygulanabilecek üç farklı iyileştirme yöntemi bulunur. İyileştirme yöntemlerinin ilk seviyesinde, üretimde yaşanan değişimin toplam harcamalara oranı olan marjinal maliyete uygun fiyatlandırma yapılması ve su tasarrufu sağlayan teknolojik gelişmelerin takip edilmesi gerekmektedir. Bu seviyeye aynı zamanda 'yerel su kullanım verimliliği' ya da 'kullanıcı seviyesi' adı da verilir. İkinci seviyede mevcut su kaynaklarının farklı sektörlere su temininin sağlanması uygulanır. Ve 'su tahsisi verimliliği' olarak da adlandırılır. Üçüncü seviyede ise ülkeler ya da kıtalar arası su güvenliğinin sağlanmasına katkıda bulunmak elzemdir. Bu seviyeye aynı zamanda sanal su akışının gerçekleştiği 'küresel su kullanım verimliliği' adı da verilir (Hoekstra ve Hung 2005).

Dünya'da su miktarının dağılımı Şekil 2.1'de verilmektedir. Buna göre, Dünya'daki su hacmi yaklaşık 1,4 milyar km^3 'tür. Yer küredeki toplam suyun yaklaşık % 97,5'i okyanuslar, tuzlu yer altı suları, tuz gölleri ve denizlerde olmak üzere tuzlu sulardan; geri kalan % 3'ü tatlı sulardan oluşmaktadır. Bu kadar az orana sahip olan tatlı suların; % 68,6'si buzullar, % 30,1'ü yer altı suları ve % 1,3 'ü de ulaşılabilir sulardan meydana gelir. Ulaşılabilir suların ise; % 20,1'i göller, % 3,8'i toprakta nem, % 0.22'si atmosferde su buharı, % 0,22'si canlı organizmalarında su ve % 2,53'ü bataklıklarda bulunmaktadır.



Şekil 2.1. Dünya'da su miktarının dağılımı (Shiklomanov. I, 1993)

2.1.2. Türkiye'nin su kaynakları dağılımı

Su değişim özelliklerine bağlı olarak su yönetiminde bir bölgedeki su kaynaklarını değerlendirmede statik depolama ve yenilenebilir su kaynakları etkili rol oynar. Statik depolama büyük göller, yeraltı suları ve buzullar gibi yenilenme dönemine sahip tatlı suları içerir. Yenilenebilir su kaynakları ise Dünya'nın su devri boyunca tamamen yenilenme dönemine sahip tatlı suları içerir. Bu tatlı sular belirli bir bölge içinde ya da bir nehir ağına yeraltı suyu girişi de dahil olmak üzere dış kaynaklardan oluşan akışlardır. Dönüşüm sürecinde, nehir akışı yalnızca yeniden şarj edilmekle kalmaz, aynı zamanda kalitesi de yenilenir (Shiklomanov vd.) Çizelge 2.1'de Türkiye'nin uzun vadeli ortalama yıllık yenilenebilir su kaynaklarının hesaplanması (km^3/yıl) detaylandırılmaktadır.

Çizelge 2.1. Türkiye'nin yenilenebilir su kaynakları (FAOSTAT, 2012)

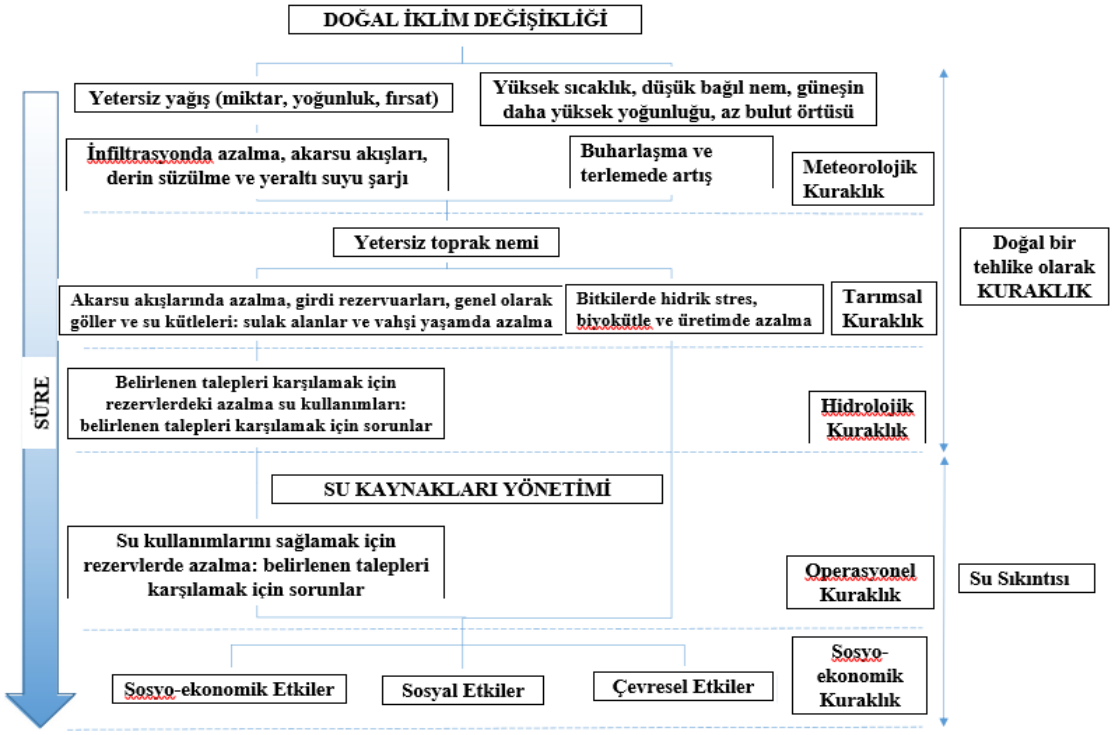
DAHİLİ RWR	**TOPLAM**	**HESAPLANAN**
Yağış (mm/yıl)	593	
Ülke Alanı (1000 ha)	78.535	
Yağış (km^3/yıl)	465,7	
Yüzey Suyu (dahili üretilen)	186	
Yeraltı Suyu (dahili üretilen)	69	
Yüzey Suyu ve Yeraltı Suyu Arasındaki Örtüşme	28	
Toplam Dahili RWR	227	
HARİCİ RWR		
Yüzey Suyu		
Ülkeye Giren Yüzey Suyu	1,8	
Anlaşmalara Tabi Olmayan Girişler		1,8
Anlaşmalara Sunulan Giriş		0
Anlaşmalarla Güvence Altına Alınan Giriş		0
Muhasebeleştirilmiş Giriş	5,8	2,9
Sınır Nehirlerindeki Akış		4,7
Ülkeyi Terk Eden Yüzey Suyu	60,12	
Anlaşmalara Sunulan Çıkış		41,22
Anlaşmalara Tabi Olmayan Çıkışlar		15,75
Anlaşmalar Yoluyla Güvence Altına Alınan Çıkış		18,9
Toplam Harici Yenilenebilir Yüzey Suyu		-14,2
Yeraltı Suyu		
Ülkeye Giren Yeraltı Suyu	0	-1,2
Ülkeyi Terk Eden Yeraltı Suyu	11	11
Toplam Dış Yenilenebilir Su Kaynakları		-15,4
TOPLAM RWR		
Yüzey Suyu		171,8
Yeraltı Suyu		67,8
Yüzey Suyu ile Yeraltı Suyu Arasındaki Örtüşmesi		28
Toplam Yenilenebilir Su Kaynakları		211,6
Yüzde Bağımlılık Oranı		1,518

2.2. Su kıtlığı

Su kıtlığı, su mevcudiyetinin sınırlılığının genel ifadesidir. Su kıtlığına sebep olan etkenler arasında yetersiz su miktarı, su kaynaklarının kontrolsüz olarak aşırı tüketimi, yetersiz yağış miktarı, atmosferin buharlaşma-terleme dengesinin bozulması yer almaktadır. Bunun yanında, su kıtlığının tanımlanmasında kuraklığın anlaşılmasının önemi de büyüktür.

Kuraklık, neredeyse tüm iklim bölgelerinde çok çeşitli insan faaliyetlerini olumsuz etkileyen bir olgudur. Kuraklık, bir bölgenin normalin altında yağış aldığı bir dönem olarak tanımlanır. Kuraklık günler, haftalar, aylar ve yıllar boyunca sürebilir. Kuraklık süresi uzadıkça etkiler de artar. Kuraklık, sürdürülebilir afet yönetimi stratejileri uygulanarak yönetilmesi gereken doğal bir afettir.

Kuraklık, yağışın normalden az olmasından kaynaklanan doğal bir afet ve iklimsel bir dönemdir. Kuraklık günler, haftalar, aylar ya da yıllar boyunca devam edebilir. Kuraklık süresi ile kuraklığın sebep olduğu olumsuz etkiler doğru orantılıdır (Karadirek, İ). Dikkate alınan referans değişkenlere göre kuraklık üç farklı kategoride değerlendirilir. Birincisi, okyanus-atmosfer sisteminin küresel davranışı ile ilişkili olan meteorolojik kuraklıktır. Yağış eksikliğinden kaynaklanan ormansızlaşma ve sera gazlarının artması ile hem doğal hem insan faktörünün etkilendiği kuraklık türüdür. İkincisi, bir mahsulün gelişim aşamasında köklerinde nem eksikliğinin oluşması sonucu mahsul veriminin düşmesi olarak tanımlanan tarımsal kuraklıktır. Üçüncüsü ise tatlı su kaynakları olan akarsu, göl ve yeraltı sularının debilerinin normalin altına düştüğü hidrolojik kuraklıktır. Bu kuraklık tipinde işletim kurallarının yetersiz tasarımı ve yönetiminden bahsetmek mümkündür. Bunlara ek olarak operasyonel ve sosyo-ekonomik kuraklıktan da söz etmek mümkündür. Bu türler doğal yollu bir tehlikeyi temsil etmemekle birlikte insan faaliyetlerinin ve su kullanım sistemlerinin su kaynakları üzerindeki artan baskısının bir sonucu olarak görülmektedir. Şekil 2.2'de görüldüğü gibi kuraklık türleri ile olay süresi arasında ilişki incelenmektedir.



Şekil 2.2. Kuraklık olaylarının farklı türleri ve süreleri arasındaki ilişki (Pedro-Monzonís, M. vd. 2015)

Su kaynaklarının mevcut ve gelecekteki su taleplerini karşılama kapasitesini değerlendirmek için bir Su Tahsis İndeksi (STİ) kullanılır. Tarım sektörü, yerel sektör ve çevresel akış gereklilikleri için Su Tahsis İndeks'ine bağlı olarak su talebi memnuniyet sınıfları Çizelge 2.2'de verilmiştir.

Çizelge 2.2. (1) çevresel akış gereklilikleri ve yerel sektör için su tahsis indeksine dayalı su talebi memnuniyet sınıfları; (2) tarım sektörü için su tahsis indeksine dayalı su talebi memnuniyet sınıfları (Milano vd. 2013)

Çok düşük	Düşük	Orta	Yüksek	Çok yüksek
%0< STİ<%0	50%< STİ<85%	85%< STİ<95%	95%< STİ<97.5%	STİ>97.5%
STİ<25%	25%< STİ< 5%	45%< STİ<55%	55%< STİ<75%	95%< STİ<97.5%

Yüksek indeks değeri, su arzının talepleri karşılama olasılığının yüksek olduğunu gösterirken, düşük değerler, su taleplerinin yeterince karşılanamadığını ve olası su stresini göstermektedir. Yıllık su tahsis açığı sırasıyla %10 ve %50'den düşük olduğunda evsel ve tarımsal su talepleri karşılanmış kabul edilmektedir. Bu sırasıyla %90 ve %50'lik su tahsis indeksine eşdeğerdir (Milano vd. 2013).Su tahsis indeksi hesaplanırken 1971-1990 ve 2041-2060 dönemlerinin her senesi için su arzının su talebine oranı bulunur.

$$\textbf{Su Tahsis İndeksi} = \textbf{ST}\text{İ} = \frac{\textbf{Su arzı}}{\textbf{Su talebi}} \times \mathbf{100}$$

İndeksler, su politikalarının geliştirilmesi ve sosyal gereksinimlerin açığa çıkarılması için kuraklık ve toprak nemi gibi değişkenlerin veya göstergelerin toplamını temsil eder. Kuraklık olaylarını tespit etmek, izlemek ve değerlendirmek için kuraklık şiddeti tanımlanarak kuraklık indeksleri açıklanır. Göstergeler ise bilgi ve bilimsel yargıya dayanarak su kaynakları sistemi hakkında bilgi iletmek için değişkenleri bir araya toplamayı hedefler.

Kuraklığın şiddet seviyeleri hakkında bilgi sağlamak için su kıtlığı ve kuraklık indekslerini doğal su kullanımı bağlamında gruplandırılmıştır (Çizelge 2.3). Anahtar sorun sütununda A kuruluk, S kıtlık, D kuraklık; kuraklık türü sütununda M meteorolojik kuraklık, A tarımsal kuraklık, H hidrolojik kuraklık, O operasyonel kuraklık ve S sosyo-ekonomik kuraklık anlamına gelmektedir.

Çizelge 2.3. Doğal su kullanımı bağlamında su kıtlığı ve kuraklık indekslerinin sınıflandırılması (Milano vd. 2013)

Indeks	**Anahtar**	**Kuraklık**	**Yarar**
Palmer Kuraklık Şiddet İndeksi	D	A	PDSI (Palmer Drought Severity Index) tarımsal etkiler için uygundur, ancak sıcaklık, yağış ve toprak nemi başlangıç koşullarına duyarlıdır.
Mahsul Nem İndeksi	D	A	CMI (Crop Moisture Index), tarımsal kuraklıklarla ilgili kısa vadeli nem koşullarını değerlendirmek için geliştirilmiştir. Sıcak mevsimlerde iyi sonuçlar verir, ancak haftalık sıcaklık ve yağış kayıtları gerektirir.
Standart Yağış İndeksi	D	M	Toplama periyodundaki çok yönlülük, mevsimsel, orta ve uzun vadeli kuraklığın gözlemlenmesini sağlar. Ancak indeks mekansal toplama, kaynak sularında ve aşağı havzalarda kaydedilen yağışlar arasındaki önemli farklılıkları kapsar. Ayrıca olasılık dağılımı veya yağış kayıtlarının uzunluğu da SPI (Standardized Precipitation Index) değerlerini etkiler.

(Devamı Arkada)

Çizelge 2.3'ün devamı

Keşif Kuraklık İndeksi	A-D	A	RDI (Reconnaisance Drought Index), iki toplu yağış miktarı ve potansiyel evapotranspirasyon arasındaki orana dayanır. Fiziksel temellidir ve herhangi bir zaman periyodu için hesaplanabilir. Bu indeks aynı zamanda bir coğrafi bölgenin olası iklim değişikliklerini tespit etmek için de kullanılmaktadır.
Standardize Yağış Evapotranspirasyon İndeksi	A-D	A	SPEI (Standardized Precipitation Evapotranspiration Index), su dengesine dayalıdır. SPEI, SPI'ye benzer, ancak sıcaklığın rolünü içerir.

Su altyapılarının kullanımından etkilenebilecek veya geleneksel olarak su tahsisi için su planlamasında kullanılan değişkenlerle ilgili su indekslerini gruplandırılmıştır (Çizelge 2.4). Anahtar sorun sütununda A kuruluk, S kıtlık, D kuraklık; kuraklık türü sütununda ise M meteorolojik kuraklık, A tarımsal kuraklık, H hidrolojik kuraklık, O operasyonel kuraklık ve S sosyo-ekonomik kuraklık anlamına gelmektedir.

Çizelge 2.4. Su kaynakları planlaması ve su tahsisi bağlamında su stresi indekslerinin sınıflandırılması (Milano vd. 2013)

İndeks	**Anahtar sorun**	**Kuraklık tipi**	**Yarar**
Su Stres İndeksi (Falkenmark İndeksi)	S	S	Ülkeler, yılda kişi başına düşen yenilenebilir su kaynaklarına göre sınıflandırılabilir. Kolayca anlaşılır ve veriler genel olarak mevcuttur. Buna karşılık, ortalama değerler daha küçük ölçeklerde kıtlık sorunlarını gizleyebilir, su mevcudiyetini değiştiren altyapıları veya farklı ülkeler arasındaki talep farklılıklarını dikkate almaz.
Kritik Oran	S	S	Kıtlığı, insan kullanımı için çekilen suyun toplam yenilenebilir su kaynaklarına oranı olarak kabul eder. Kısıtlamaları arasında, evapotranspirasyon, geri dönüş akışları, çevresel gereksinimler veya toplumun su kıtlığına uyum sağlama olasılığı göz önünde bulundurularak insan kullanımı için mevcut olabilecek su miktarını ayırt etmenin zorluğu yer alır.

(Devamı Arkada)

Çizelge 2.4'ün devamı

Verimlilik Göstergeleri	S	O	Bir nehir havzası ölçeğinde su kıtlığını değerlendirmek için dört su indeksi tanımlanmıştır. İndeksler, su kıtlığı sorunlarından etkilenen sistemlerde bunun nedenlerini de teşhis edebilir ve olası çözümleri tahmin edebilir.

Yönetim aşamasına ilişkin indeksler Çizelge 2.5'de verilmiştir. Anahtar sorun sütununda A kuruluk, S kıtlık, D kuraklık anlamına; Kuraklık türü sütununda M meteorolojik kuraklık, A tarımsal kuraklık, H hidrolojik kuraklık, O operasyonel kuraklık ve S sosyo-ekonomik kuraklık anlamına gelmektedir.

Çizelge 2.5. Yönetim aşamasına ilişkin su stresi indekslerinin sınıflandırılması (Milano vd. 2013)

Indeks	**Anahtar sorun**	**Kuraklık tipi**	**Yarar**
Standart Rezervler Indeksi	D	O	Standardized Reserves Index (SRI), operasyonel bir kuraklığın başlangıcını ve sonunu kontrol ederek, kullanım sistemindeki rezervlerin durumunu gösterir.
İspanya'daki Ulusal Kuraklık Gösterge Sisteminden Durum İndeksi	D	O	Status Index from the National Drought Indicator System in Spain Durum İndeksi, nehir havzası alanındaki mekansal olarak dağıtılmış kontrol noktalarından oluşur ve rezervuar depoları, yeraltı suyu piyezometrik seviyeleri, nehir akışları, rezervuar akışları ve yağış hakkında bilgi toplar. Sistemin hidrolojik durumu ile uygulanacak önlem türü arasında bir ilişki vardır.

Su kaynakları üzerindeki baskıyı tanımlamak için "Falkenmark Göstergesi" veya "Standart Hidrolojik Gösterge" olarak da ifade edilen eşik değerleri kullanılmaktadır. Falkenmark göstergesi, temel ihtiyaçlar için gerekli asgari su miktarını yılda kişi başı 1700 m^3 olarak tespit etmiştir (Çizelge 2.6).

Çizelge 2.6. Falkenmark göstergesi (Bilen, Ö., 2008)

Sınıflandırma	**Su Varlığı (m^3/kişi/yıl)**
Su baskısı yok	>1700
Su baskısının başlaması	1700-1100
Yoğun su baskısı	1000-500

(Devamı Arkada)

Çizelge 2.6'nın devamı

Yoğun su sorunlarının yaşanması	<500

Shiklomanov ise göstergesinde ihtiyaçlardan bağımsız olarak su arzı imkânlarını ortaya koymaktadır (Çizelge 2.7). Yıllık kişi başı maksimum 2000 m^3 su miktarını 'çok az' kategorisinde değerlendirirken kişi başı maksimum 10000 m^3 su miktarını vasat ve vasat üstü seviyesinde değerlendirmiştir.

Çizelge 2.7. Shiklomanov göstergesi (Bilen, Ö., 2008)

Kategori	**Su Miktarı (m^3/kişi/yıl)**
Olağanüstü az	<1000
Çok az	1000-2000
Az	2000-5000
Vasat	5000-10000
Vasat üstü	10000-20000
Yüksek	20000-50000
Çok yüksek	>50000
Yüksek	20000-50000
Çok yüksek	>50000

Çizelge 2.8'de Türkiye'nin 2006 verileri ne göre yıllık gerçek yenilenebilir tatlı su kaynakları, gerekli olan sulama suyu miktarı, sulama suyu geri çekilme hacmi ve sulama suyu nedeniyle kaynak suları üzerindeki baskı yüzdesi verilmektedir.

Çizelge 2.8. Türkiye'nin su ihtiyacı oranı ve su kaynakları (FAOSTAT, Kasım 2012)

Ülke	**Toplam gerçek yenilenebilir tatlı su kaynakları (km^3/yıl)†°**	**Yıl**	**Sulama suyu gerekliliği (km^3/yıl)**	**Su gerekliliği oran (%)**	**Sulama su geri çekilme (km^3/yıl)**	**Sulama Suyu Nedeniyle Kaynak Suları Üzerindeki Baskı Yüzdesi**
Türkiye	213.600	2006	25.139	85	29.600	13,86

†km^3 = 10^9 m^3

° Toplam uzun dönem yıllık ortalama yenilenebilir tatlı su kaynakları

Ülkelerin kendilerine su yeterlikleri oldukça önemlidir. Çizelge 2.9'da ülkeler farklı su yeterlilik oranlarına göre sınıflandırılmıştır.

Çizelge 2.9. Farklı su yeterlilik seviyelerine göre sınıflandırılmış ülkeler (FAOSTAT, 1995)

Suyun kendi kendine yeterlilik düzeyi						
%0-20	%20-50	%50-70	%70-90	%90-99	%100	
Kongo	Cezayir	Bahreyn	Arnavutluk	Afganistan	Arjantin	Pakistan
Cibuti	Belçika	Bangladeş	Angola	Ermenistan	Avustralya	Paraguay
Gambiya	Yeşil Burun	Benin	Bhutan	Azerbaycan	Avusturya	Filipinler
Haiti	Fiji	Kolombiya	Kamboçya	Belarus	Bolivya	Papua/NG
Ürdün	Kuveyt	Komorlar	Mısır	Bosna	Brezilya	Rusya
Singapur	Hollanda	Kosta Rika	Eritre	Burundi	Bulgaristan	Suriye
Togo	Norveç	Fildişi Sahili	Etiyopya	Chad	Burkina Faso	Slovakya
Trinidad Tobago	Umman	El Salvador	Almanya	Şili	Kamerun	Surinam
	Suudi Arabistan	Gabon	Gine-Bissau	Çin	Kanada	İsveç
	Slovenya	Gana	Honduras	Küba	Orta Afrika	Tayland
	İsviçre	İrlanda	İzlanda	Estonya	Hırvatistan	Uganda
	Tunus	İsrail	Endonezya	Gürcistan	Çek Cumhuriyeti	Ukrayna
	Birleşik Arap	Jamaika	İtalya	İran	Danimarka	ABD
		Japonya	Letonya	Irak	Dominik R.	Vietnam
		Kenya	Liberya	Kore	Ekvador	Yugoslavya
		Kore	Libya	Kırgızistan	Finlandiya	Romanya
		Lübnan	Meksika	Laos	Fransa	Sudan
		Malezya	Yeni Zelanda	Litvanya	Yunanistan	Uruguay
		Mauritius	Nijer	Madagaskar	Guatemala	Zambiya
		Fas	Nijerya	Mali	Guyana	Zimbabve

(Devamı Arkada)

Çizelge 2.9'un devamı

		Mozambik	Peru	Moritanya	Macaristan	
		Portekiz	Polonya	Nepal	Hindistan	
		Senegal	Katar	Nikaragua	Kazakistan	
		Sierra Leone	Ruanda	Panama	Makedonya	
		İspanya	Somali	Tacikistan	Malavi	
		Tanzanya	Güney Afrika	Türkiye	Moldova	
		Birleşik Krallık	Sri Lanka	Türkmenistan	Moğolistan	
		Venezuela	Yemen	Özbekistan	Myanmar	

('Ülkelere göre sulama suyu ihtiyacı ve su çekimi' raporundan, Kasım 2012)

Çizelge 2.10'da kıtalar ve bu kıtalarda yer alan ülkelerin yıllık yenilenebilir su kaynakları, yıllık sulama suyu ihtiyacı, su ihtiyacı oranı, sulama suyu çekimi ve sulama nedeniyle tatlı su kaynakları üzerindeki baskı yüzdesi verilmektedir.

Çizelge 2.10. Ülkelere göre su ihtiyacı oranının özet sonuçları ve su kaynakları ile karşılaştırılması (FAOSTAT, Kasım 2012)

		Toplam Gerçek Yenilenebilir Su Kaynakları (km^3/yıl)†°	**Sulama Suyu İhtiyacı (km^3/yıl)†°**	**Su İhtiyacı Oranı (%)**	**Sulama Suyu Çekimi (km^3/yıl)**	**Sulama Nedeniyle Tatlı Su Kaynakları Üzerindeki Baskı Yüzdesi**
Afrika		5 530.286	82.611	48	171.222	3,1
Kuzey Afrika		103.265	56.83	72	79.261	76,8
Sahra Altı Afrika		5 427.021	25.781	28	91.961	1.,7

(Devamı Arkada)

Çizelge 2.10'un devamı

	Orta Afrika	2 856.900	0.273	27	1	0
	Doğu Afrika	337.01	3.051	25	12.081	3,6
	Gine Körfezi	1 110.630	2.128	24	8.849	0,8
	Hint Okyanus Adaları	339.751	4.53	27	16.612	4,9
	Güney Afrika	449.28	4.128	27	15.332	3,4
	Sudano-Sahelian	333.45	11.671	31	38.082	11,4
	Doğu Afrika	337.01	3.051	25	12.081	3,6
	Gine Körfezi	1 110.630	2.128	24	8.849	0,8
	Hint Okyanus Adaları	339.751	4.53	27	16.612	4,9
Amerika		24 361.760	195.291	49	397.2	1,6
Kuzey Amerika		6 428.200	137.106	57	240.934	3,7

(Devamı Arkada)

Çizelge 2.10'un devamı

Orta Amerika ve Karayip		801.66	4.666	26	18.112	2,3
	Orta Amerika	708.01	2.285	23	9.82	1,4
	Karayipler: Büyük ve Küçük Antiller	93.65	2.381	29	8.291	8,9
Güney Amerika		17 131.900	53.519	39	138.154	0,8
	Andean	6 324.900	18.225	37	48.777	0,8
	Guyana	363	0.695	39	1.793	0,5
	Brezilya	8 233.000	15.29	48	31.7	0,4
	Güney Amerika	2 211.000	19.303	35	55.883	2,5
Asya		14 450.715	1 173.514	58	2 025.911	14
Orta Doğu		563.59	118.584	52	226.493	40,2
	Yakın Doğu	314.067	48.764	49	98.979	31,5

(Devamı Arkada)

Çizelge 2.10'un devamı

	Arap Yarımadası	6.244	16.143	55	29.458	471,8
	Kafkasya	105.779	4.492	37	12.056	11,4
	İran	137.5	49.185	57	86	62,5
Orta Asya		314.66	60.21	47	128.654	40,9
Güney ve Doğu Asya		13 572.465	994.309	60	1 670.764	12,3
	Güney Asya	3 725.800	531.646	58	912.848	24,5
	Doğu Asya	3 451.650	302.249	70	431.753	12,5
	Güneydoğu Asya Anakarası	3 300.300	78.25	48	164.231	5
	Güneydoğu Asya Denizciliği	3 094.715	82.163	51	161.932	5,2
Avrupa		7 417.711	43.671	63	69.181	0,9
Batı ve Orta Avrupa		2 627.301	33.513	61	54.592	2,1

(Devamı Arkada)

Çizelge 2.10'un devamı

	Orta Avrupa	656.12	0.681	41	1.654	0,3
	Akdeniz Avrupa'sı	494.681	30.042	62	48.29	9,8
	Kuzey Avrupa	672	0.188	61	0.307	0
	Batı Avrupa	804.5	2.602	60	4.342	0,5
Doğu Avrupa ve Rusya Federasyonu		4 790.410	10.158	70	14.589	0,3
	Doğu Avrupa	282.41	0.931	67	1.389	0,5
	Rusya Federasyonu	4 508.000	9.227	70	13.2	0,3
Okyanusya		819	5.384	59	9.125	1,1
Avustralya ve Yeni Zelanda		819	5.384	59	9.125	1,1
Pasific Adası		-	-	-	-	-
Dünya (165 Ülke ve Bölgeler)		52 579.472	1 500.464	56	2 672.640	5,1

(Devamı Arkada)

Çizelge 2.10'un devamı

	Yüksek Gelirli Ülkeler	9 511.779	206.196	61	340.471	3,6
	Orta Gelirli Ülkeler	36 489.853	1 217.890	56	2 172.602	6
	Düşük Gelirli Ülkeler	6 577.840	76.377	48	159.559	2,4
	Düşük Gelirli Gıda Açığı Olan Ülkeler	12 647.955	625.383	52	1 199.992	9,5
	En Az Gelişmiş Ülkeler (LDC)	7 168,905	77.742	50	154.796	2,2

† km^3 = 10^9 m^3

° Toplam uzun dönem ortalama yıllık gerçek yenilenebilir temiz su kaynağı

2.3. İklim değişikliğinin su kaynakları üzerine etkisi

Su, ekosistemde yaşayan tüm canlılar için vazgeçilmez bir yaşam kaynağı olmanın yanında yaşamın devamı için gerekli olan hidrolojik döngünün başrolüdür. Hükümetler arası iklim değişikliği paneli Intergovernmental Panel on Climate Change, (IPCC) ve uluslararası kuruluşların çoklu disiplinler altında yürüttükleri bilimsel çalışmalar ışığında küresel ısınma ve sonuçlarına bağlı olarak iklimin değişmekte olduğu kanıtlanmıştır (IPCC 2014). Atmosferde giderek yoğunlaşan sera gazları, iklimdeki dalgalanmalar ve değişiklikler hidrolojik döngünün bozulmasına sebep olmaktadır. Bu nedenle tatlı su kaynakları ile iklimsel olaylar birbirleriyle doğrudan ilişkilidir. Bunlara ek olarak, artan nüfusla birlikte şehirlerin hızla genişlemesi, doğal kaynakların daha büyük hızla tükenmesine sebep olmaktadır.

İklim değişikliği buzulların erimesinin hızlanmasına, yağışın mevsimsel miktarı ve dağılımının değişmesine, deniz seviyesinin yükselmesine, bitki örtüsünün değişmesine, bitki ve hayvan türlerinin yok olmasına, tatlı su kaynaklarının azalmasına, fırtına ve sıcaklık dalgalanmalarının artmasına, denize kıyı yerleşim alanlarında taşkınların artmasına, kuraklık ve buna bağlı ölümlerin artmasına sebep olmaktadır.

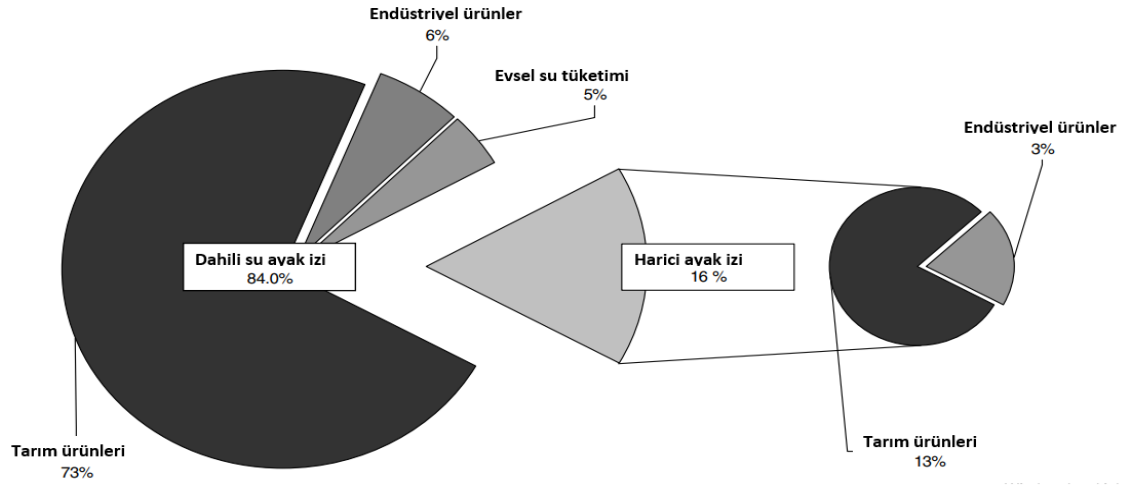
İklim değişikliğinin etkilerinin tüm dünyada aynı derecede gerçekleşmediği gerçeği Türkiye'nin, Güney Akdeniz bölgelerinde artan su stresine yol açabilecek kurak alanlarda artış olacağı gerçeği ile ne yazık ki örtüşmektedir. Çünkü Türkiye, gelecekteki iklim değişikliğine karşı en savunmasız bölgelerden biri olan Akdeniz havzasında yer

almaktadır. Ülkemizin yıllık yüzey ve yer altı suyu potansiyeli 112 milyar olup, yıllık su tüketimi 54 milyar m^3'tür. Bu suyun yaklaşık %74'ü sulamada, %13'ü içme ve kullanma suyu olarak, %13'ü ise endüstriyel amaçlı kullanılmaktadır. Ülkemizde 2020 yılı verilerine göre kişi başı yıllık kullanılabilir su miktarı 1.346 m^3'tür (DSİ 2020).

2.4. Sektörel su kullanımı

Evsel, endüstriyel ve tarımsal olmak üzere toplamda üç çeşit su kullanım alanı vardır. Evsel su kullanımı, evde tüketilen su kullanımlarını içerir. Tuvalette, duşta, mutfak ve lavabo musluklarında, banyo ve küvette, çamaşır ve bulaşık makinaları gibi alanlarda tüketilen suyun miktarıdır. Endüstriyel su kullanımı ise enerji sektöründe ve endüstriyel üretimde kullanılan suyu içerir (Gleick 2003).

Şekil 2.3'te görüldüğü gibi Dünya'nın toplam küresel su ayak izinin %84'ü iç su ayak izini, %16'sı ise dış su ayak izini oluşturmaktadır. İç su ayak izinin %74'ü tarım ürünleri, %6'sı endüstriyel ürünler ve %5'i evsel su tüketiminden; dış su ayak izinin ise %13'ü tarım ürünleri ve%3'ü ise endüstriyel ürünlerinden oluşmaktadır. Bunun yanında, harici su ayak izi tüm dünyada homojen dağılmamıştır. İthalatları çok az olduğu için neredeyse hiç dış su ayak izine sahip olmayan ülkeler arasında Sudan, Mali, Nijerya, Etiyopya, Malavi, ve Çad gibi Afrika ülkeleri yer almaktadır. Öte yandan İtalya, Almanya, Birleşik Krallık ve Hollanda gibi bazı Avrupa ülkeleri ise ithalat yoğunluklarından ötürü dünyanın toplam dış su ayak izine %50'den %80'e kadar katkıda bulunmaktadır. Ayrıca dış su ayak izine katkıda bulunan tarım ürünleri arasında buğday, kakao, pirinç, pamuk, mısır ve soya fasülyesi yer almaktadır.



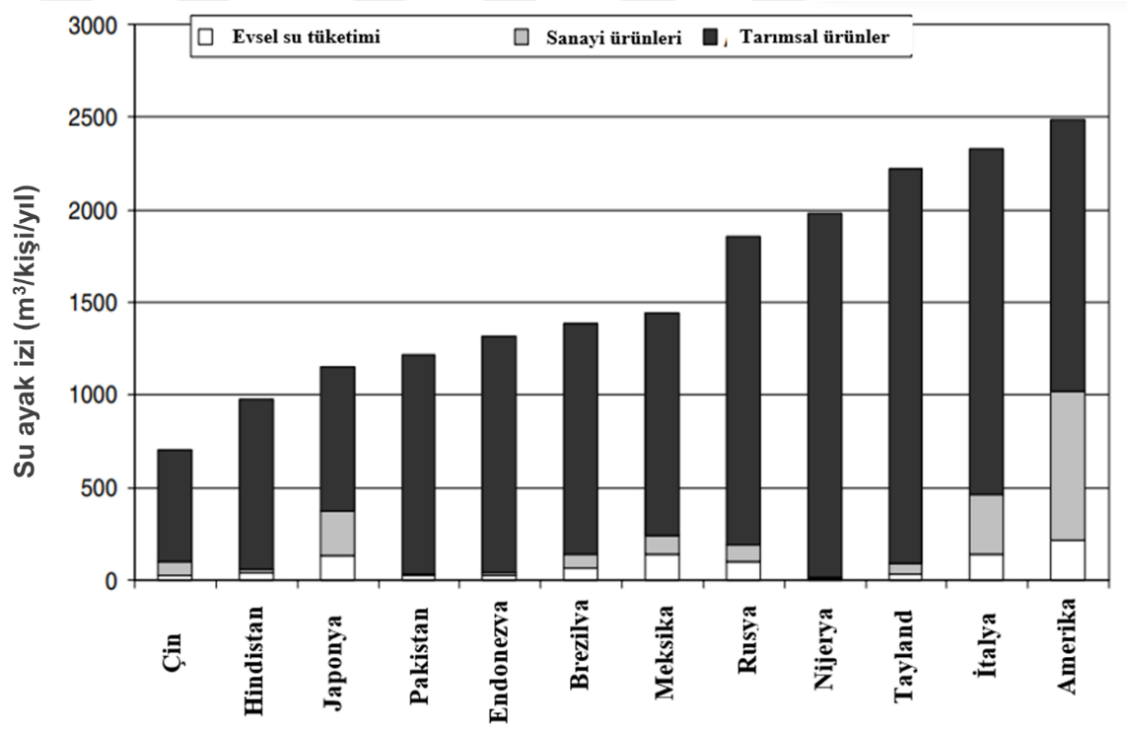
Şekil 2.3. Dahili ve harici su ayak izi ayrımı ile farklı tüketim kategorilerinin küresel su ayak izine katkısı (Hoekstra ve Chapagain 2007)

Küresel su ayak izinin de büyük bölümünü gıda ve diğer tarım ürünlerinin tüketimi belirlemektedir. Ekonomik olarak refah içinde yaşayan zengin ülkelerdeki insanlar daha fazla mal ya da hizmet tükettikleri için su ayak izi artmaktadır. Öte yandan, yoksul ülkelerin su ayak izi hesaplamaları da şaşırtıcı şekilde yüksek çıkabilmektedir.

Bunun birincil sebepleri arasında kötü tarım uygulamaları ve yüksek buharlaşmaya maruz kalan elverişsiz iklim koşullarıdır.

Su tüketim miktarını artıran tek ölçek tüketilen ürünün miktarı değildir. Bunun yanında tüketilen ürünün bileşimi de önemlidir. Çok fazla su gerektiren sığır eti ve pirinç tüketiminin daha fazla tercih edilmesi, su ayak izi miktarını artıran tüketim paketinin bileşimine örnek verilebilir.

Su ayak izinin boyutu yanında bileşimi de ulustan ulusa farklılık göstermektedir. Şekil 2.4'te görüldüğü gibi endüstrileşmekte olan ülkeler ile endüstrileşmesini tamamlamış olan ülkeler kıyaslandığında, endüstrileşmesini tamamlamış olan ülkelerin endüstriyel ürün tüketimi sebebiyle oluşturdukları su ayak izinin daha büyük olduğu görülmektedir. Örneğin endüstrileşmesini tamamlamış olan ülke sınıfında olan Amerika Birleşik Devletleri ve Japonya'nın toplam su tüketiminin sırasıyla yaklaşık %32'si ve %25'i endüstriyel su tüketimidir. Öte yandan endüstrileşmesini tamamlayamamış ülke sınıfında yer alan Endonezya ve Pakistan'ın sırasıyla yaklaşık %4'ü ve %2'si endüstriyel ürünlerden kaynaklanmaktadır.

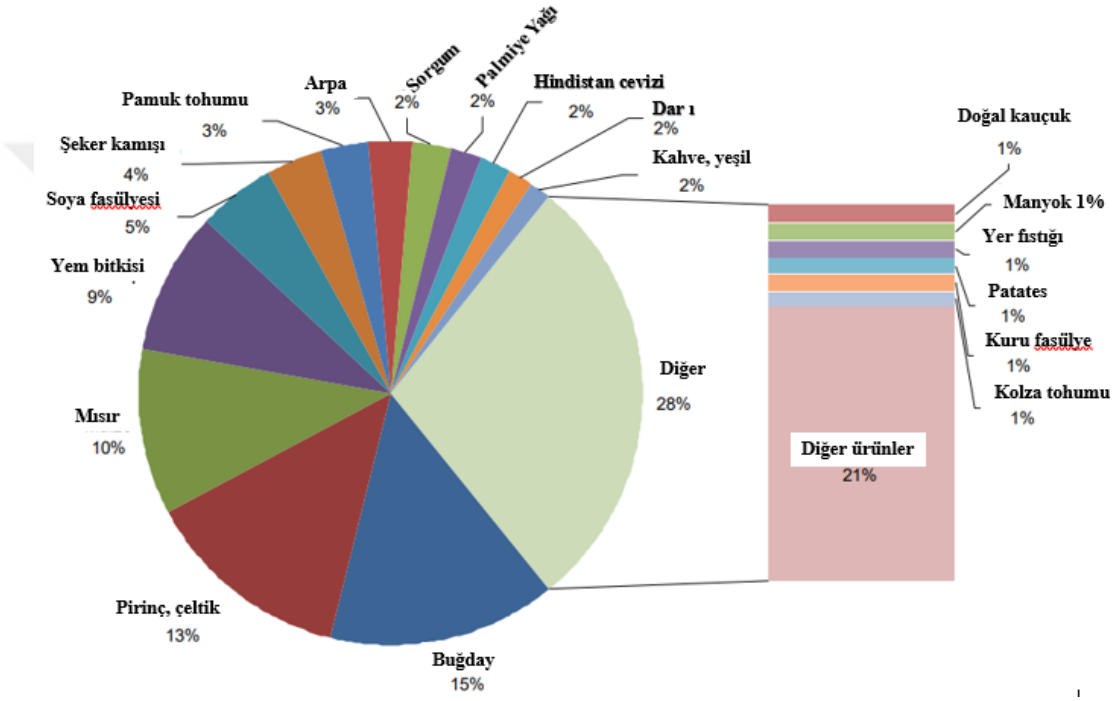


Şekil 2.4. Kişi başına düşen ulusal su ayak izi ve seçilen bazı ülkeler için farklı tüketim kategorilerinin katkısı (Hoekstra ve Chapagain 2007)

Tarım sektörü küresel mavi su tüketiminin yaklaşık %85'ini oluşturmaktadır (Shiklomanov 2000). Birincil mahsullerin ve bunlardan türetilen ürünlerin küresel ortalama su ayak izlerine bakıldığında tahıl ürünleri için ortalama su ayak izi 1644 m^3'tür. Sulama kayıplarını da dahil ederek yapılan çalışmalarda tarımda kullanılan toplam su hacminin 7980 Gm^3 olduğu tespit edilmiştir. (Chapagain ve Hoekstra 2004). Tarımda

tüketilen toplam su ayak izinin bileşenlerini incelediğimizde, bu miktarın yaklaşık üçte biri sulama suyu için çekilen mavi su iken kalanı toprak suyu olan yeşil sudur.

1996–2005 yılları arasında toplam mahsul üretiminin küresel su ayak izi yılda 7404 Gm^3 olup üretimin %78'i yeşil, %12'si mavi ve %10'u gri su ayak izidir. Su ayak izi en fazla olan ürün yılda 1087 Gm^3 olmak üzere buğdaydır. Şekil 2.5'te görüldüğü gibi, küresel su ayak izine %15 katkı sağlayan buğday üretiminin %70'i yeşil, %19'u mavi, %11'i gri su ayak izidir. Bunun yanında küresel su ayak izine %13 katkı sağlayan pirincin su ayak izi yılda 992 Gm^3 ve küresel su ayak izine %10 katkı sağlayan mısırın su ayak izi yılda 770 Gm^3'tür. Ayrıca ekin yetiştiriciliğinde azotlu gübre kullanımı sebebiyle yılda 733 Gm^3 gri su ayak izi oluşmaktadır.



Şekil 2.5. Farklı mahsullerin mahsul üretiminin toplam su ayak izine katkısı. Dönem: 1996–2005 (Mekonnen ve Hoekstra 2011).

Hayvan üretimi sürecinde tüketilen su miktarını belirlemek için 2000 ile 2010 yılları arasında çeşitli çalışmalar yayınlanmasına rağmen küresel çapta ayrıntılı değerlendirilmesi 2003, 2004 yıllarında Chapagain ve Hoekstra ile 2012 senesinde Mekonnen ve Hoekstra'nın ortak yayınında sunulmuştur.

Chapagain ve Hoekstra'nın 2003 ve 2004 yıllarında yayınladıkları çalışmalarında, farklı hayvanlar tarafından tüketilen yemin bileşimi ve miktarlarının belirlenmesine ilişkin yüzeysel tahminler yapılmıştır. Bunun yanında, yem bitkilerinin su ayak izleri de ulusal ortalama iklim ve sulama verileri ile toprak koşullarına bağlı olarak yeşil, mavi ve gri su ayak izleri tahmin edilmiştir.

Birleşmiş Milletler'in açlığı yenmek için uluslararası çabalara öncülük eden, Avrupa Birliği dahil 195 ülke üyesi bulunan Gıda ve Tarım Örgüt'ünün (FAO, Food and Agriculture Organization) 2005'te yayınladığı rapora göre küresel et üretimi 1980 ile 2004 yılları arasında yaklaşık iki katına çıkmıştır. 2000 ile 2050 yılları arasında da bu oranın yine iki katına çıkacağı öngörülmektedir. Dramatik bir şekilde artan hayvansal ürünlere yönelik bu talep doğrultusunda endüstriyel tarım sistemlerine geçişin hızlanma olasılığı oldukça yüksektir.

Çin, Hindistan, Hollanda ve Amerika Birleşik Devletleri olmak üzere dört ülke seçilerek bazı hayvansal ürünlerin yeşil, mavi ve gri su ayak izi ile ton başına düşen ortalama küresel ağırlık verileri hazırlanmıştır (Çizelge 2.11). Otlatma, karışık ve endüstriyel olmak üzere üç farklı tarım sistemi yöntemi uygulanmıştır ve dünya ortalamaları karışık tarım sistemi üzerinden değerlendirilmiştir (Mekonnen ve Hoekstra, 2012). Bu çalışma ışığında Çizelge 2.11 verileri referans kabul edilmiştir. Ortalama ağırlıklarına göre et çeşitlerini karşılaştırdığımızda su ayak izi en düşük olan tavuk eti (4,325 m^3/ton) iken; sırasıyla keçi eti (5,521 m^3/ton), koyun eti (10,412 m^3/ton) ve dana etine (15,415 m^3/ton) doğru artmaktadır (Mekonnen ve Hoekstra 2012).

Çizelge 2.11. Seçilmiş ülkeler için seçilmiş hayvansal ürünlerin yeşil, mavi ve gri su ayak izi ve ağırlıklı küresel ortalama (m^3/ton) (Mekonnen ve Hoekstra 2012)

	Çin			Hindistan			Hollanda			Amerika			Ağırlıklı Ortalama			
Hayvansal Ürünler	Yeşil	Mavi	Gri	Yeşil	Mavi	Gri	Yeşil	Mavi	Gri	Yeşil	Mavi	Gri	Yeşil	Mavi	Gri	Toplam
Sığır eti	12.795	495	398	15.537	722	288	5.684	484	345	12.933	525	733	14.414	550	451	15.415
Koyun eti	5.347	452	14	7.416	582	314	8.248	422	35	10.948	315	44	9.813	522	76	10.412
Keçi eti	2.958	312	0	4.194	393	13	2.443	454	4				5.185	330	6	5.521
Tavuk eti	2.816	281	854	6.726	873	768	1.545	77	165	1.728	187	303	3.545	313	467	4.325

(Devamı Arkada)

Çizelge 2.11'in devamı

Besi sığırı	Peynir	Süt tozu	Yağ	Süt	Yumurta
11.323	4.581	4.309	5.044	927	2.211
515	732	674	798	145	217
352	1.036	975	1.141	210	666
15.103	4.377	4.117	4.819	885	4.888
777	657	603	706	130	635
280	310	291	341	63	542
6.067	2.283	2.147	2.513	462	1.175
589	219	191	224	41	55
369	121	114	134	25	111
14.45	3.196	3.007	3.519	647	1.206
684	310	277	324	60	130
819	439	413	483	89	230
15.916	4.264	4.011	4.695	863	2.592
679	439	398	465	86	244
498	357	336	393	72	429
17.093	5.6	4.745	5.553	1.2	3.265

Besi hayvanları farklı ülkelerde farklı yem içerikli mahsullerle beslendikleri için oluşturdukları toplam yeşil, mavi ve gri su ayak izleri de farklıdır. Üretim sistem farklılığı ve farklı ülkelerin coğrafi koşulları yem bileşiminin farklı olmasına sebep olur. Örneğin, Amerika'da otlatma sistemi altında yetişen sığırlar, daha büyük miktarlarda tahıllarla beslendiği için nispeten daha büyük mavi ve gri su ayak izi oluştururlar. Hayvansal ürünlerin toplam su ayak izleri türleri detaylandırıldığında, tavuk eti dışında küresel ortalama mavi ve gri su ayak izi endüstriyel üretim sistemlerinden otlatmaya doğru azalmaktadır. Endüstriyel sistemlerde kesif yemin fazla olması, bu sistemlerden elde edilen ürünlerin daha yüksek mavi ve gri su ayak izlerinin olmasına sebep olmaktadır.

Kaba yemlere kıyasla yem bitkilerinin tüketimi fazlalaştıkça mavi su tüketimi de artmaktadır. Bu sebeple endüstriyel üretim sistemlerinde sığır eti, süt, peynir, koyun ve keçi etinin ton başına düşen mavi su ayak izinin fazladır. Çiftlik hayvanları üretiminde küresel su ayak izi (Çizelge 2.12) en fazla besi sığırlarında (%33), ardından sırasıyla süt sığırları (%19), piliçler (%11), yumurtlayan tavuk (%7), koyun (%3) ve keçidir (%1).

Çizelge 2.12. Hayvan kategorisi başına bir hayvanın ortalama yıllık su ayak izi (1996–2005) (Mekonnen ve Hoekstra 2012).

	Canlı hayvanların ömürlerinin sonundaki su ayak izi (m^3/ton)	**Ömrünün sonunda ortalama hayvan ağırlığı (kg)**	**Kullanım ömrü sonunda ortalama su ayak izi (m^3/hayvan)[1]**	**Ortalama yaşam süresi (y)**	**Bir hayvanın ortalama yıllık su ayak izi (m^3/y/hayvan)[2]**	**Hayvan kategorisinin yıllık su ayak izi (Gm^3/y)**	**Toplam su ayak izi yüzdesi %**
Sığır	7.477	253	1.889	3	630	798	33
Süt sığırı			20,56	10	2.056	469	19
Piliç	3.364	1,9	6	0,25	26	255	11
At	40,61	473	19,19	12	1.559	180	7
Yumurtlayan tavuk			47	1,4	33	167	7
Koyun	4.519	31,3	141	2,1	68	71	3
Keçi	3.079	24,6	76	2,3	32	24	1

[1]Canlı hayvanın ömrünün sonundaki m^3/ton cinsinden su ayak izi ile hayvanın ortalama ağırlığının çarpılmasıyla hesaplanmıştır.

[2]Hayvanın yaşam süresinin sonundaki ortalama su ayak izinin ortalama yaşam süresine bölünmesiyle hesaplanır.

Bitkisel ürünlere göre hayvansal ürünlerin su ayak izi büyük çoğunlukla daha fazladır (Çizelge 2.13). Şeker mahsüllerinin küresel ortalama su ayak izi 197 m^3/ton, sebzelerin 322 m^3/ton, nişastalı köklerin 387 m^3/ton ve meyvelerin 962 m^3/ton iken koyun etinin su ayak izi 8.763 m^3/ton ve sığır etinin 15.415m^3/ton'dur. Hayvansal ürünlerin su ayak izi sütten (1.020 m^3/ton), yumurtaya (3.265 m^3/ton), yumurtadan tavuk etine (4.325 m^3/ton); tavuk etinden hayvansal yağlara (5.553 m^3/ton); hayvansal yağlardan da koyun/keçi (8.763 m^3/ton) ve sığır etine (15.415 m^3/ton) doğru artmaktadır.

Çizelge 2.13. Bitkisel ve hayvansal kaynaklı bazı seçilmiş gıda ürünlerinin su ayak izi (Mekonnen ve Hoekstra 2012)

Gıda Maddesi	**Ton başına su ayak izi (L)**	**Besin İçeriği**			**Birim besin başına su ayak izi (L)**		
	Toplam (m^3/ton)	Kalori (kcal/kg)	Protein (g/kg)	Yağ (g/kg)	Kalori (litre/kcal)	Protein (litre/g)	Yağ (litre/g)
Şekerli Besinler	197	285	0,0	0,0	0,69	0,0	0.0

(Devamı Arkada)

Çizelge 2.13'ün devamı

Sebzeler	322	240	12	2,1	1,34	26	154
Nişastalı Kökler	387	827	13	1,7	0,47	31	226
Meyveler	962	460	5.3	2,8	2,09	180	348
Hububat	1644	3.208	80	15	0,51	21	112
Yağ Bitkileri	2364	2.908	146	209	0,81	16	11
Bakliyat	4055	3.412	215	23	1,19	19	180
Fındık	9063	2.500	65	193	3,63	139	47
Süt	1020	560	33	21	1,82	31	33
Yumurta	3265	1.425	111	100	2,29	29	33
Tavuk Eti	4325	1.440	127	100	3,00	34	43
Yağlar	5553	7.692	0,0	872	0,72	0,0	6,4
Koyun/Keçi Eti	8763	2.059	139	163	4,25	63	54
Sığır Eti	15415	1.513	138	101	10,19	112	153

Tahıllar ve nişastalı köklere göre sığır etinin kalori başına ortalama ayak izi 20 kat daha azdır. Bitkisel temelli protein kaynağı olan bakliyatların su ayak izi hayvansal temelli (süt, yumurta, tavuk eti) proteinlere göre yaklaşık 1,5 kat; sığır etine göre ise 6 kat daha azdır. Genel olarak, tatlı su kaynakları açısından bakıldığında, bitkisel ürünlerin hem kalori hem yağ hem de protein açısından hayvansal ürünlere göre daha az su tüketmektedir. Bu sebeple et temelli beslenmek yerine vejeteryan beslenenler daha az su ayak izine sebep olmaktadır (Mekonnen ve Hoekstra 2012).

Farklı gıda maddelerinin küresel ortalama su ayak izleri Çizelge 2.14'da verilmiştir. 1 kg başına en yüksek su tüketimine sahip hayvansal gıda (15500 litre) biftek

ve en yüksek su tüketimine sahip bitkisel gıda çikolata (24000 litre) iken en düşük su ayak izine sahip hayvansal gıda süt (250 litre) ve en düşük su ayak izine sahip bitkisel gıda çay (~120 litre)'dır.

Çizelge 2.14. Farklı gıda maddelerinin su ayak izi (Hoekstra 2008)

Gıda Maddesi	**Birim**	**Küresel Ortalama Su Ayak İzi (L)**	**Gıda Maddesi**	**Birim**	**Küresel Ortalama Su Ayak İzi (L)**
Elma ya da	1 kg	700	Mısır	1 kg	900
Muz	1 kg	860	Mango	1 kg	1600
Biftek	1 kg	15500	Süt	250 ml	250
Ekmek	1 kg	1300	Zeytin	1 kg	4400
Lahana	1 kg	200	Portakal	1 kg	460
Peynir	1 kg	5000	Şeftali veya	1 kg	1200
Tavuk	1 kg	3900	Patates	1 kg	250
Çikolata	1 kg	24000	Pirinç	1 kg	3400
Kahve	125ml	140	Şeker	1 kg	1500
Salatalık	1 kg	240	Çay	250 ml	30

1980-2004 yıllarında küresel et üretimi iki katına çıkmıştır (FAO 2005). Bu artışın 2000-2050 yıllarında da iki katına çıkacağı öngörülmektedir (Steinfeld vd. 2006). Hayvansal ürünlere artan talebi karşılamak için geleneksel tarım sistemlerinden endüstriyel tarım sistemlerine geçişin devam etmesi muhtemeldir (Bouwman vd. 2005; Naylor vd. 2007). Hayvan ürünleri üretiminde tüketilen suyun miktarı yemden gelir ve bu toplam su ayak izinin %98'ini oluşturur. Yem üretiminin su ayak izi yılda 2,376 milyar m^3'tür. Bunun 1,463 milyar m^3'ü ekinlere; 0,913 milyar m^3'ü otlatmaya aittir. Hayvan ürünleri başına toplam su ayak izlerinin küresel su ayak izine besi sığırlarının katkısı %33; süt sığırlarının katkısı (%19); piliçlerin ise %11'dir. (Mekonnen ve Hoekstra 2012). Dünyadaki toplam mahsul üretiminin %20'si yem bitkilerinin su ayak izidir ve bu da yılda 7,404 milyar m^3 suya karşılık gelir (Mekonnen ve Hoekstra 2011). Tüketilmeye hazır hayvansal ürünler için verilerde etin sanal su içeriği hayvanın yaşamı boyunca tüketilen su içeriğine ve miktarına bağlıdır. Bu su içeriğine hayvanın ihtiyaç duyduğu içme suyu ve temizlenmesi için gerekli su dahildir (Hoekstra 2003).

Bitkisel ürünlerde ton başına düşen en düşük küresel ortalama su ayak izi değeri 197 m^3 olmak üzere şeker mahsullerine aittir (Çizelge 2.15). Daha sonra sebzelerde 322 m^3; baklagillerde 4.055 m^3; kuruyemişlerin 9.063 m^3'e doğru artmaktadır. Hayvansal ürünler için bu değerler 1,02 m^3 değerinde sütten başlayarak yumurtada 3.265 m^3; sığır etinde 15.415 m^3'e doğru artmaktadır. Bu hesaplamalar sonucunda gram başına düşen sığır etinin su ayak izi bakliyatlara oranla 6 kat; nişastalı kökler ve tahıllara göre 20 kat daha fazladır. Genel olarak hayvansal ürünlerin su ayak izleri, bitkisel (mahsul) ürünlerine göre ise daha fazladır. (Mekonnen ve Hoekstra 2012).

Çizelge 2.15. Bitkisel ve hayvansal kaynaklı bazı seçilmiş gıda ürünlerinin su ayak izi (Mekonnen ve Hoekstra, 2012)

Gıda Maddesi	**Ton Başına Toplam Su Ayak İzi (L)**
Şeker Bitkileri	197
Sebzeler	322
Nişastalı Kökler	387
Meyveler	962
Tahıllar	1644
Yağlı Bitkiler	2364
Tahıllar	1644
Yağlı Bitkiler	2364
Bakliyatlar	4055
Kuruyemişler	9063
Süt	1020
Yumurtalar	3265
Tavuk Eti	4325
Tereyağı	5553
Koyun/Keçi Eti	8.763
Sığır Eti	15.415

2.5. Sürdürülebilir su yönetimi

Su yönetimi, bireysel davranışlar ve sosyal hizmetler vasıtasıyla talep edilen su ile iklim ve jeomorfolojik özellikler tarafından belirlenen su mevcudiyetinin dengesini sağlamayı hedeflemektedir. Diğer bir ifadeyle, sosyal faaliyetler ve su sistemleri arasındaki etkileşimleri iki taraflı değerlendirerek analiz edilmesine katkıda bulunur. (Offermans vd. 2011). Ayrıca suyun sürdürülebilir yönetimi, iklim değişikliğine uyum bağlamında ele alınması gereken konuların başında gelir (Birpınar vd. 2016).

Teknolojik açıdan sürekli gelişen dünyada insanlar yer kürenin kaldırabileceğinden fazlasını tüketmektedir. Bu sebeple su yönetimi stratejileri belirlemek zorunlu hale gelmiştir. İki tür sürdürülebilirlik yaklaşımından bahsetmek mümkündür. Bunlardan biri kaynakların verimsiz kullanımına çözümün kaynak arzını artırmak için yenilikçi teknoloji kullanarak çözüleceğinin düşünen zayıf sürdürülebilirliktir. Diğer yaklaşım ise, kaynak kullanımının talep kısmına odaklanan güçlü sürdürülebilirliktir. Su yönetimi stratejilerinin geliştirilmesi için geçmişte meydana gelmiş su olaylarının ve ortalama koşullarının, gelecekteki duruma ve beklentilere uyarlanabilir olmalı ya da farklı gelecek senaryoları için kabul edilebilir olmalıdır. Uzun vadede iklim değişikliğine ve sosyal değişime uyum sağlayacak esneklikte olmalıdır. Özetle, sürdürülebilir bir su yönetimi stratejisi etkili, sağlam ve esnek olmalıdır (Offermans vd. 2011).

2.6. Sanal su kavramı

Sanal su, satılacak ürün veya hizmet üretmek için gerekli olan su miktarıdır. Aynı zamanda 'gömülü su' olarak da adlandırılır. Kaynağını ekstra verebilirsin. Bir ülkenin toplam su ayak izi; evsel su kaynaklarının kullanımı, ülkeyi terk eden sanal su ve ülkeye giren sanal su akışı ile doğrudan ilintilidir. Bu bağlamda bir ülkenin toplam su ayak izini değerlendirirken, evsel su kaynaklarının kullanımı bir başlangıç noktası olarak alınır. Ülkeyi terk eden sanal su çıkarılır ve ülkeye giren sanal su eklenir. Buna ek olarak bir ülkenin gerçek su kıtlığını anlamak için ülkeye giren ve çıkan sanal su akışlarını bilmek gereklidir (Chapagain ve Hoekstra 2007).

Ulusların su ayak izi iç su ayak izi ve dış su ayak izi olmak üzere ikiye ayrılır. Bu ayrımın yapılmasının temel sebebi yerel ve yabancı su kaynaklarını tercih etme gerekçelerini modellemektir. Geniş çerçevede iç su ayak izi, o ülkede yaşayan insanların tükettikleri ürün ve hizmetleri üretmek için kullandıkları evsel su kaynaklarıdır. Diğer bir ifade ile su ayak izinin ülke içinde kalan kısmıdır. Dış su ayak izi ise ithal edilen sanal su ve tüketilen ürün ve hizmetleri üretmek için kullanılan su hacmidir ki dünyadaki diğer ülkeleri baskı altına almaktadır (Chapagain ve Hoekstra 2004).

'Su ayak izi' kavramı ile 'sanal su' kavramı birbirleriyle bağlantılıdır. İlk defa John Antony Allan tarafından 1993'te yaptığı bir çalışma sonucu tanıtılmıştır. Çalışmasında Allan, Orta Doğu'daki su kıtlığı sorunlarına kısmi bir çözüm bulmayı hedeflerken suyu ithal etme seçeneğini değerlendirmiş, bunun sonucunda 'sanal su' kavramını ortaya atmıştır. Yerel su kaynakları üzerindeki baskının artmasıyla gıda ithalatını kapsayan sanal su ithalatını gerçekleştirme fikrini geliştirmiştir. Bu durumda sanal su ithalatı detaylandırılırken, içsel su kaynakları yanında alternatif bir su kaynağı olmuştur (Chapagain ve Hoekstra 2007).

Sanal su kavramına ikinci yaklaşım üreticiden ziyade tüketici perspektifi ile ele alınmasıdır. Bu yaklaşım, ürünü kendimiz üretmek yerine ithal edersek ne kadar tasarruf yaparız sorusuna cevap vermeyi hedeflemektedir. Bu sebeple ikinci yaklaşımda sanal su tanımı 'ürünün ihtiyaç duyulduğu yerde ürünü üretmek için gerekli olacak su miktarı' olarak tanımlanır (Hoekstra 2003).

Sanal su içeren ürün ve hizmetlerin uygulanmasında tarım ve endüstriyel ürünler örnek verilebilir. Örneğin, elverişli iklim koşullarında yağmur suyuyla beslenerek 1

kilogram tahıl üretmek için 1000-2000 kg su gerektiği tahmin edilmektedir. Buna karşılık 1 kg tahıl, iklim koşulları elverişsiz yani yüksek sıcaklık sebebiyle yüksek buharlaşma atında yetişiyorsa gereken su miktarı yaklaşık 3 ila 5 katına (3000-5000 kg) çıkmaktadır (Hoekstra ve Hung 2005).

Fincan başına 7 gram kavrulmuş kahve kullanımına göre kahvenin su ayak izi 130 litre iken fincan başına 3 gram siyah çay kullanımına göre çayın su ayak izi 27 litredir (Mekonnen ve Hoekstra 2011).

200 kg kemiksiz sığır eti üretmek için üç sene gerekir. Yaklaşık 1.300 kg tahıl (buğday, yulaf, arpa, mısır, bezelye, soya küspesi ve diğer küçük taneler), 7.200 kg kaba yem (mera, kuru ot, silaj ve diğer kaba yemler), toplamda 31m^3 su tüketir. Hayvanın tükettiği yemi üretmek için ise ortalama 15.300 litre su gerekiyor. Bu su hacmine gübre sızmasından ya da su sistemine ulaşan fazla gübrenin sebep olduğu su miktarı dahil değildir (Hoekstra 2008).

Sanal su kavramından su ayak izini ayıran özellik, kullanılmış su hacminin yanı sıra bu suyun ne zaman, nerede kullanıldığını ve suyun türünü de (yeşil, mavi, gri) göstermektedir (Mekonnen, ve Hoekstra 2010).

2.6.1. Uluslararası sanal su ticareti

Su ayak izini doğru şekilde analiz edebilmek için su kaynaklarının tahsisinin uluslararası ve jeopolitik boyutunu analiz etmek önemlidir. Çünkü yer küredeki su mevcudiyeti ve buna bağlı olarak ülkelerin su talebi eşit bir şekilde dağılmamaktadır (Hoekstra 2017).

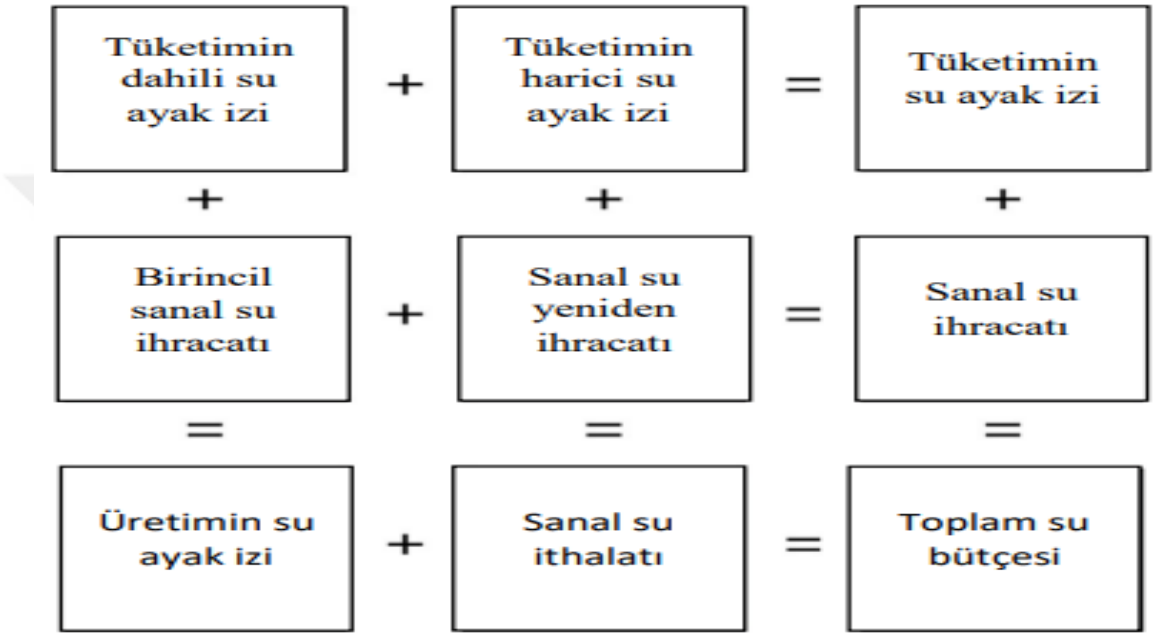
Uluslararası ticaretle ilgili sanal su akışlarının yaklaşık %80'i tarım ürünleri, yaklaşık %20'si ise sanayi ürünleri ticaretini ifade eder (Chapagain ve Hoekstra, 2004). Ulusların birbirlerine karşılıklı bağımlılıklarının artması sonucu küresel ticaret ağı oluşmaktadır. Su kıtlığı küresel bir sorun olmasına karşın bölgesel olarak değişiklik göstermektedir. Dünya'da bazı bölgelerde bol su bulunması sebebiyle su talebi düşük iken; bazı bölgelerde az su bulunması sebebiyle su talebi yüksektir. Bu bağlamda, Dünya'nın her yerinde su talebi ile varlığı arasındaki ilişki pozitif değildir (Hoekstra ve Hung 2005).

Dünyanın geri kalanıyla birlikte mal, hizmet veya finansal varlık alıp satarak açık ekonomide olan bir ülke ihracat ve ithalat yapabilirken; korunan bir ekonomiyi tercih eden bir ulus, kalkınma hedeflerine kendi kaynaklarıyla ulaşmak zorundadır. Su kıtlığı çeken bir ülke, bu doğrultuda su ayak izi fazla olan ürünleri ithal etmeyi tercih ederek; daha az su gerektiren ürünleri ise ihraç etmeyi hedefleyerek sanal su akışına katkıda bulunabilir. Sanal su akışı kurulan ülkeler arasında sanal suyun ihraç edilmesi söz konusudur. Bu sayede bu ülkeler birbirlerine su ihtiyaçları konusunda destek olarak su fakiri ülkelerde su güvenliğinin sağlanmasına katkıda bulunur.

Küresel su kullanım verimini artırmak sanal su ticareti ile mümkündür ve uluslararası meta ticareti, uluslararası 'sanal su' akışının gerçekleşmesine zemin hazırlar (Hoekstra ve Hung 2005). Su yoğun malların üretim ve tüketim zinciri olan 'sanal su zincirini' göstermektedir. Tipik bir sanal su zinciri, birincil üretim ucundaki bir çiftçiden,

tüketim ucundaki bir tüketiciden ve söz konusu emtiaya bağlı olarak, gıda işleyici ve perakendeci gibi aracılardan oluşur.

Şekil 2.6'da görüldüğü gibi tüketimin iç su ayak izi ile dış su ayak izi toplamı tüketimin toplam su ayak izine eşittir. Sanal suyun birincil ve yeniden ihracatı toplamı tüm sanal su ihracatına eşittir. Toplam su bütçesini doğru bir şekilde hesaplayabilmek için üretimin su ayak izi ile o ülkenin sanal su ithalatı hesaba katılmalıdır. Üretimin toplam su ayak izini bulmak için tüketimin dahili su ayak izi ile birincil sanal su ihracatı toplanmalıdır. Toplam sanal su ithalatı için ise tüketimin dış su ayak izi ile sanal suyun yeniden ihracatını bütüncül değerlendirmek esastır.



Şekil 2.6. Ulusal su ayak izi tahmininin muhasebe çerçevesi (Hoekstra vd. 2005)

1995-1999 dönemi boyunca, mahsul ürünlerinin uluslararası sanal su akışlarının yıllık ortalama hacmi 695 Gm^3'tür. Çizelge 2.16'de olduğu gibi 1995-1999 dönemi arasında net sanal su ihracatı yapılan ilk beş ülke ABD, Kanada, Tayland, Arjantin ve Hindistan iken net sanal su ithalatı gerçekleştiren ilk beş ülke Japonya, Hollanda, Kore Cumhuriyeti, Çin ve Endonezya'dır.

Çizelge 2.16. 1995-1999 yılları arasında sanal su ihraç eden ilk on ülke ve sanal su ithal eden ilk on ülke (Hoekstra ve Hung 2005)

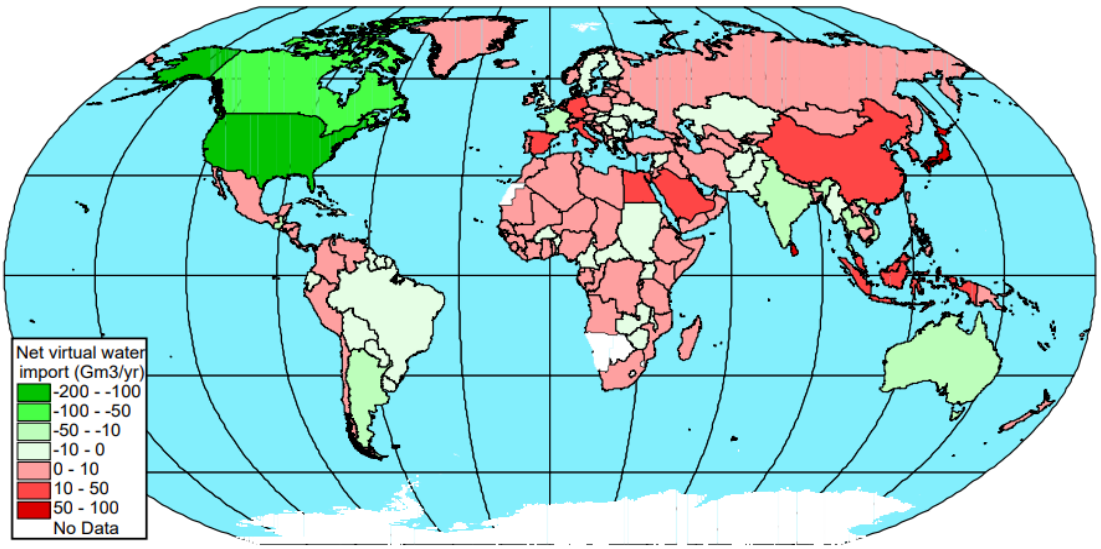
Ülke	**Sonraki ihracat hacmi (10^9 m^3yr^{-1})**	**Sıralama**	**Ülke**	**Net ithalat hacmi (10^9 m^3yr^{-1})**
Amerika	152	1	Japonya	59

(Devamı Arkada)

Çizelge 2.16'nın devamı

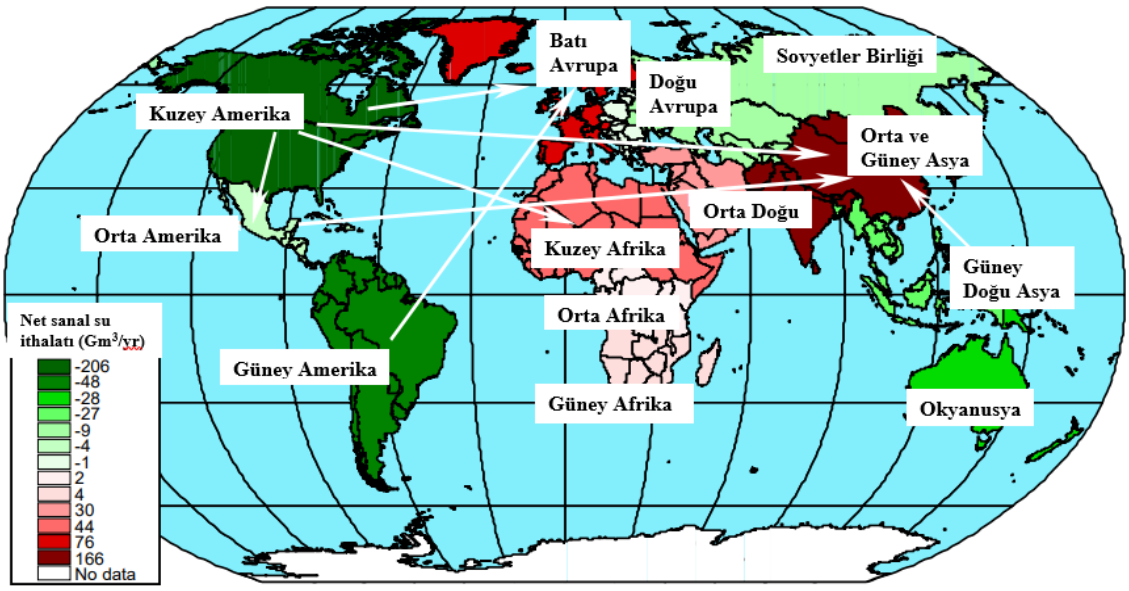
Amerika	152	1	Japonya	59
Kanada	55	2	Hollanda	30
Tayland	47	3	Kore Cumhuriyeti	23
Arjantin	45	4	Çin	20
Vietnam	18	7	Mısır	16
Hindistan	32	5	Endonezya	20
Avusturya	29	6	İspanya	17
Vietnam	18	7	Mısır	16
Fransa	18	8	Almanya	14
Guatemala	14	9	İtalya	13
Brezilya	9	10	Belçika	12

Şekil 2.7'de görüldüğü gibi 1995–1999 yılları arasında gerçekleşen ulusal sanal su ihracatları yeşil renk ve ithalatları kırmızı renk ile boyanmıştır. Brezilya, Suriye, Pakistan, Tacikistan ve Uganda gibi ülkeler net sanal su ihracatı yaparken; Filipinler, Rusya Federasyonu, Özbekistan, Kırgızistan, Moğolistan, Nikaragua ve Meksika gibi ülkeler ise net sanal su ithalatı yapmaktadırlar.



Şekil 2.7. 1995–1999 dönemi boyunca devam eden ulusal sanal su dengeleri (Hoekstra ve Hung 2005)

Şekil 2.8'de görüldüğü gibi 1995–1999 yılları arasında birbirleriyle sanal su akışı sağlayan 13 ülke işaretlenmiştir. Bu ülkeler arasında; Kuzey Amerika, Orta Amerika, Güney Amerika, Doğu Avrupa, Batı Avrupa, Orta ve Güney Asya, Orta Doğu, Güneydoğu Asya, Kuzey Afrika, Orta Afrika, Güney Afrika, Eski Sovyetler Birliği ve Okyanusya yer almaktadır. Bölgeler arası sanal su akışları yılda 20 Gm^3'ten büyüktür. Net sanal su ihracatına sahip ülkeler yeşil renkle; net sanal su ithalatına sahip ülkeler kırmışı renkle gösterilmiştir.



Şekil 2.8. 1995–1999 döneminde 13 dünya ülkesinin sanal su dengeleri (Hoekstra ve Hung 2005)

2.7. Su ayak izi kavramı ve tarihçesi

Su ayak izi, kullandığımız ürünlerin üretim ve tüketim süreçleri boyunca doğrudan ya da dolaylı olarak harcanan toplam su hacmidir ve temelini ekolojik ayak izinden alarak benzer şekilde geliştirilmiştir. Ekolojik ayak izi 1990'larda tanıtılmıştır. Su ayak izi ile aralarında temel fark bulunur. Ekolojik ayak izi, bireylerin yaşamını devam ettirebilmeleri için gerekli olan alanı ölçerken; su ayak izi, bir canlı topluluğunun yaşamını sürdürmesi için gereken suyun hesaplanmasına odaklanır (Hoekstra ve Chapagain 2007).

Bir ülkenin su ayak izi, o ülkede yaşayan insanların tükettikleri ürün ve hizmetlerin üretimi için gerekli olan tatlı su hacmi olarak tanımlanır (Hoekstra ve Chapagain 2007). Bir ülkenin su ayak izini; tüketim hacmi, tüketim modeli (yiyecek tercihi), iklim koşulları ve tarımsal uygulama olmak üzere dört temel faktör belirler (Chapagain ve Hoekstra 2004). Bir ulusun iyi bilgilendirilmiş ulusal politika geliştirebilmesi için oluşturduğu su ayak izini anlaması elzemdir. Başka yerlerdeki su kaynaklarına bağımlılık bir ulusun hem çevre politikasını hem de gıda güvenliğini değerlendirmesi için önemlidir (Hoekstra ve Mekonnen 2011).

Bireyin, ürünün, iş kolunun veya bir ülkenin su ayak izi hesaplanabilmektedir. Birey için su ayak izi, bireyin tükettiği hizmet, mal ve ürünlerin üretimi için kullanılan toplam su hacmidir (Hoekstra 2008). Hoekstra ve Mekonnen (2010)'a göre bireylerin su ayak izlerinin hesaplanması mümkündür. Bunun için; üretim ve tüketim zincirinde doğrudan ve dolaylı olarak tüketilen su kullanım miktarının belirlenmesi şarttır. Sürdürülebilir su yönetimi açısından oldukça önemli olan su ayak izi; mavi, yeşil ve gri su ayak izinin toplamıdır. Su ayak izi hesaplamada tek önemli olan şey tüketilen suyun miktarı değil; aynı zamanda kullanılan suyun nerede tüketildiği ve tüketilen suyun türünün belirlenmesidir (Hoekstra 2008).

Tedarik zinciri ve üretim proseslerinin su kaynakları üzerindeki etkisinin değerlendirilmesi olarak da tanımlanan su ayak izi kavramı, su kaynakları üzerinde baskıların artması ve ürün ya da hizmetlerin üretiminde kullanılan yoğun su talebi sonucu ortaya çıkmıştır.

Su kaynaklarının sürdürülebilir yönetiminde bir kavram ve çevresel farkındalık oluşturabilmek için 'Su Ayak İzi' tanımı ilk olarak 2002 yılında, UNESCO-IHE'de Arjen Y. Hoekstra tarafından tanıtılmış, daha sonra Chapagain ve Hoekstra tarafından detaylandırılmıştır. (Hoekstra 2003; Hoekstra ve Chapagain 2008). Hollanda'nın Delft kentinde bulunan UNESCO-IHE Su Eğitimi Enstitüsü, dünyada su konusunda lisansüstü eğitim veren en büyük kuruluş olup, su ayak izi kavramının gelişmesine Twente Üniversitesi ve Su Ayak İzi Ağı (Water Footprint Network-WFN) ile birlikte katkı sağlamıştır (WWF 2014). İlk su ayak izi çalışmaları, bir ülkenin su kaynaklarını ve doğrudan üretimdeki su miktarını karşılayacak miktarı ortaya koymak için yapılmıştır (WWF 2014).

2.7.1. Doğrudan ve dolaylı su ayak izi

Bireyin, ürünün, iş kolunun veya bir ülkenin su ayak izi hesaplanabilmektedir. Birey için su ayak izi, bireyin tükettiği hizmet, mal ve ürünlerin üretimi için kullanılan

toplam su hacmidir (Hoekstra, 2008). Hoekstra ve Mekonnen (2010)'a göre bireylerin su ayak izlerinin hesaplanması mümkündür. Bunun için; üretim ve tüketim zincirinde doğrudan ve dolaylı olarak tüketilen su kullanım miktarının belirlenmesi şarttır.

Doğrudan su ayak izi, doğrudan kullanılan suya bağlıdır. Musluk tipine ve su kullanım süresine göre değişir. Bu sebeple duşta, banyo lavabosunda ve mutfakta kullanılan musluk çeşitleri, ortalama kullanım süreleri, ortalama banyo ve tuvalet kullanım sıklığı, çamaşır ve bulaşık yıkama sıklığı ve tipi doğrudan su ayak izini hesaplarken değerlendirilmelidir. Bunun yanında, bahçesi olan bireylerin bahçesini sulama yöntemi ile harcadığı su miktarı; yüzme havuzuna sahip bireylerin havuzu açık tutma süresi, araba sahibi olanların arabasını yıkama yöntemlerinin de hesaplanması gerekir.

Ülkelerin üretim ve tüketim su ayak izlerinin %80'i iç su kaynaklarına, yaklaşık %90'ı ise tarım sektöründe sulama ayağına dayanmaktadır. Bu sebeple tatlı su kaynaklarının korunması ve tüketiminin kontrol altına alınması ülke ekonomisi için son derece önem arz etmektedir. Ülkenin ekonomik kalkınmasını direkt olarak etkilediği varsayımı üzerinden bireylerin tükettikleri doğrudan ve dolaylı su kaynaklarının belirlenmesi ve tüketilen toplam su miktarının hesaplanması önemlidir. Doğrudan su ayak izi belirleme yöntemleri Çizelge 2.17'da verilmiştir.

Çizelge 2.17. Doğrudan su ayak izi hesaplama yöntemleri

Kullanım Türü	**Hesaplama Yöntemleri**
Duş	Duşta su kullanımı, duş tercihi ve sıklığı, tercih edilen duş başlık tipi ile doğrudan orantılı olması sebebiyle kullanılan duş başlık tipi bireylerin su ayak izini belirlemek için ortalama duş süreleri zaman aralığı olarak toplanmalı ve bu değer atanan akış hızı ile çarpılmalıdır. Düşük debili duş başlığının akış hızı 0,1577l/dk iken geleneksel (yüksek debili) duş başlığının akış hızı 0,31545 l/dk'dır (Okutan ve Akkoyun 2021)
Banyo Lavabosu	Musluk tipi su kullanımını doğrudan etkileyen en önemli faktördür. Düşük debili musluğun akış hızı 5,60 l/dk iken, yüksek akışlı musluğun akış hızı 18,97 l/dk'dır (Kenney vd. 2018, Okutan ve Akkoyun 2021). Banyo lavabolarındaki ortalama su tüketimini belirlemek için banyo lavabolarının diş fırçalarken veya tıraş olurken açık bırakılma ve çalışma sürelerini temsil eden zaman aralığı, atanan akış hızı ile çarpılmalıdır.
Tuvaletler	Hoekstra vd. (2011)'e göre insanlar tuvalet sifonunu günde ortalama 5 kez kullanmaktadır. Tuvaletlerdeki ortalama su kullanımını belirlemek için tuvalet tipine göre debi ile günlük sifon sayısı çarpılmalıdır. Düşük akışlı tuvalet sifonlarının akış hızı 5,68 l/dk iken geleneksel tuvalet sifonlarının akış hızı 18,97 l/dk'dır.

(Devamı Arkada)

Çizelge 2.17'nin devamı

Mutfak	Bulaşık yıkamada ortalama su kullanımını belirlemek için öğrencilere bulaşık yıkama sıklığı, bulaşığı yıkama türü (elde yıkama, konvansiyonel bulaşık makinesi kullanımı, enerji/su tasarruflu bulaşık makinesi kullanımı), tek seferde bulaşıkları yıkama, dışarıda yemek yemek, tek kullanımlık tabaklar kullanmak gibi soruları değerlendirmeli ve kullanılan yöntemin debisi ile çarpılmalıdır.
Çamaşır	Üstten ve önden yüklemeli farklı yıkama tipine sahip çamaşır makinelerinin devir başına ortalama su tüketimi sırasıyla 147 L ve 62 L'dir (Botha vd. 2018). Çamaşır yıkamada ortalama su kullanımını belirlemek için çamaşır yıkama sıklığı, tercih edilen çamaşır yıkama türü (elde yıkama ya da enerji/su tasarruflu makine kullanımı) yöntemi akış hızı ile çarpılarak evdeki insan sayısına bölünmelidir.
Çim ve Bahçe Sulama	Çim ve bahçeye sahip olmaktan kaynaklanan su tüketimini belirlemek için bahçenin büyüklüğüne bağlı olarak zaman başına bahçıvanlık yapma sıklığı ile atanan su kullanım miktarı çarpılarak evdeki insan sayısına bölünmelidir.
Yüzme Havuzu	Havuzu olan bireylerin su tüketimini belirlemek için havuzun açıkta kalma süresi buharlaşma ile çarpılıp tam miktar toplandıktan sonra elde edilen sonuç evdeki kişi sayısına bölünmelidir. Ortalama bir havuzun hacmi 70 m^3'tür ve üzeri açık bir havuz buharlaşma ile ayda yaklaşık 4 m^3 su kaybeder (Hoekstra vd. 2011; Okutan ve Akkoyun 2021).
Araba Yıkama	Araba kullanan bireylerin su tüketimini belirlemek için araç yıkama tipine bağlı olarak (bahçe hortumu kullanma, tam hizmetli veya self servis araç yıkama) yıkama başına su kullanım miktarı yıkama sıklığı ile çarpılıp, aynı arabayı kullanan kişi başına bölünmelidir.
Gri Su	Gri su sistemi suyun yeniden kullanılmasını ve bunun sonucunda doğrudan su tüketiminin azaltılmasını sağlar. James (2010)'a göre gri su sistemiyle yıllık 56 m^3 su yeniden kullanılmaktadır. Gri su sistemleri ile tasarruf edilen suyu hesaplamak için, yılda yeniden kullanılabilir su hacmini, aynı sistemi kullanan toplam kişi sayısına ve yıldaki toplam güne bölünmelidir.

Dolaylı su ayak izi, üretim zincirinin her adımında kullanılan toplam su miktarı olup sanal formdadır. Bir ürünün sanal su içeriği, ürünün üretildiği yerde ürünü üretmek için kullanılan tatlı su hacmidir. Dolaylı su ayak izi kategorisinde değerlendirilen benzin kullanımı, elektrik tüketimi, yapılan alışveriş içeriği, tercih edilen beslenme çeşidi ve

ürünleri ile evcil hayvan besleyen bireylerin kedi köpek mama tüketiminin hesaplanması önemlidir. Dolaylı su ayak izi belirleme yöntemleri Çizelge 2.18'de verilmektedir.

Çizelge 2.18. Dolaylı su ayak izi hesaplama yöntemleri

Kullanım Türü	**Hesaplama Yöntemleri**
Yakıt Tüketimi	Ortalama bir otomobilde benzinle 1 km yol almak için 1,72 litre su tüketilirken dizelle 1 km yol almak için 1,23 litre su tüketilmektedir (King ve Webber 2008). Petrol, doğal gaz ve biyoyakıtlar gibi ulaşım yakıtlarının üretilmesi, rafine edilmesi, lavaboya taşınması ve sürüş için kullanılan suyu belirlemek için sürüş mesafesi 1,72 ile çarpılarak aynı arabayı kullanan toplam kişi sayısına bölünmelidir.
Alışveriş	Bireylerin yalnızca temel ihtiyaçları için alışveriş yapması sonucu kişi başı ortalama 1100 litre su tüketilirken, çok fazla alışveriş yapması sonucu ortalama 4 kat (4415 litre) daha fazla su tüketilmektedir (Hoekstra ve Chapagain 2004).
Diyet	Farklı gıda ürünlerinin su ayak izleri Çizelge 2.13, Çizelge 14 ve Çizelge 2.10'da verilmiştir. Yeme alışkanlıklarının su ayak izine etkisi bu veriler referans alınarak değerlendirilir (Mekonnen ve Hoekstra 2012).
Elektrik	Elektriğin su ayak izi (m^3/TJ), tedarik zincirinin farklı basamaklarında harcanan ve kirlenen suyun hacmidir. (Mekonnen vd. 2015). Elektriğin su ayak izi hesaplanırken yakıt tedariki, inşaat ve işletme açısından incelenmesi gerekir.
Kedi ve köpek mamaları	Kedi köpek mama kullanımının su ayak izine etkisi oldukça fazladır. Bireylerin toplam su ayak izi belirler hesaba katmak önemlidir. Hoekstra vd. (2011)'e göre kedi köpek mamasına harcanan 1 dolar için toplam 760 litre su tükenmektedir.

2.7.2. Su ayak izi türleri ve tarihçesi

Su ayak izi tüketici ve su kirletici etmenlerin kullandıkları su miktarının ölçüsüdür. Tüketici su ayak izi kategorize edildiğinde, yağmur suyu kullanımına yönelik yeşil su bileşeni ile yüzey ya da yer altı suyu kullanımına yönelik türetilen mavi su ayak izi ile karşılaşılır. Su ayak izi üzerine yapılan ilk çalışmalarda, tüketim amaçlı tüketilen suya odaklanılmıştır. Yeşil ve mavi suyun tüketimi ilk zamanlarda anlaşılmış olsa da çalışmalarda toplamda tüketilen su miktarı olarak sunulmuştur (Hoekstra ve Hung 2002).

Yeşil ve mavi su tüketimini ayrı ayrı kategorize ederek değerlendiren ilk yayın, 2006 yılında Chapagain ve arkadaşları tarafından yayınlanmıştır. Bu bağlamda Chapagain'in su ayak izi kavramının detaylandırarak geliştirmesi yadsınamaz bir gerçektir. Daha sonra 2008 yılında Chapagain ve Hoekstra ortak çalışmasında hem yeşil hem mavi hem de gri su ayak izini geniş bir perspektifle sunmuştur. Bu makalede gri su ayak izi 'seyreltme suyu hacmi' olarak tanımlanmış olup tatlı su kaynaklarının kirletilmesi sonucu oluşan su kirliliği üzerine yoğunlaşmıştır. Bu bağlamda su kirliliği ile su tüketimi arasındaki rekabeti dile getirilmiştir (Hoekstra 2017).

Su ayak izi sadece tüketilen su hacmini değil, aynı zamanda kullanılan suyun türünü de ifade etmektedir. Su ayak izi türleri, su kullanım miktarını ve su kalitesini temsil eden üç bileşenden oluşmaktadır (WWF 2014). Bunlar; mavi su ayak izi, yeşil su ayak izi ve gri su ayak izi olarak adlandırılır.

Yeşil, mavi ve gri su ayak izi tatlı su kaynaklarının bir göstergesi olduğu için bu bileşenler genel olarak 'tatlı su tahsisi' olarak da adlandırılır. (Mekonnen ve Hoekstra 2011).

Bunun yanında ülkeler arası sanal su akışları kayıt altına alınırken, metaların hangi bölümlerinde yeşil, hangi aşamasında mavi ya da gri suya karşılık geldiğinin takibi yapılmaktadır (Chapagain vd. 2006).

2.7.2.1. Mavi su ayak izi

Bir malı üretmek için kullanılan yüzey ve yeraltı (akifer) tatlı su kaynaklarının toplam hacmidir. (Hoekstra 2003). Tarımın su ayak izinin ikinci büyük bileşeni mavi su ayak izidir ve bitkisel üretimde kullanılan suyun bir kısmı mavi sudur (WWF 2014). Tarımda kullanılan suyun yanında, fabrikalarda üretim hatlarında kullanılan su ve evsel kullanım suyu da mavi su ayak izi olarak değerlendirilir.

2.7.2.2. Yeşil su ayak izi

Bir ürünün üretimi boyunca kullanılan toplam yağmur suyudur. Daha çok tarımda olmak üzere bahçecilik ve ormancılık faaliyetlerinde kullanılan sudur. (Hoekstra 2008).

Yeşil su ayak izinde sözü edilen yağmur suyu yer altı suyuna karışmadan toprakta saklanır. Bir bölgenin yeşil su ayak izini değerlendirilirken yağış miktarına bağlı olarak iklim değişikliği hesaba katılmalıdır (WWF 2014).

2.7.2.3. Gri su ayak izi

Bir ürünün tedarik aşamasından üretimi boyunca kirletilen tatlı suyun temizlenmesi için kullanılan su miktarıdır. Kirliliğe yönelik bir gösterge olduğu için bu yönüyle mavi ve yeşil su ayak izinden farklıdır. Gri su kavramı nüfus ve endüstriyel büyüme ile ilişkilendirilmektedir. (Hoekstra 2008; Mekonnen ve Hoekstra 2010, 2011).

Yapılan ilk gri su çalışmalarında sadece azot kaynaklı kirlilikler üzerinde durulurken; günümüzde yapılan gri su çalışmalarında besinler, çözünmüş katılar, metaller ve böcek ilaçları gibi çeşitli parametrelerin su kalitesine etkisi incelenmektedir (Hoekstra, 2017).

Endüstriyel sistemlerdeki hayvansal ürünlerin gri su ayak izi otlatma sistemlerinde yetişenlere göre daha fazladır. Bunun birincil sebebi yem bitkisi üretiminde kimyasal gübrelerin uygulanmasıdır (Hoekstra ve Mekonnen 2012).

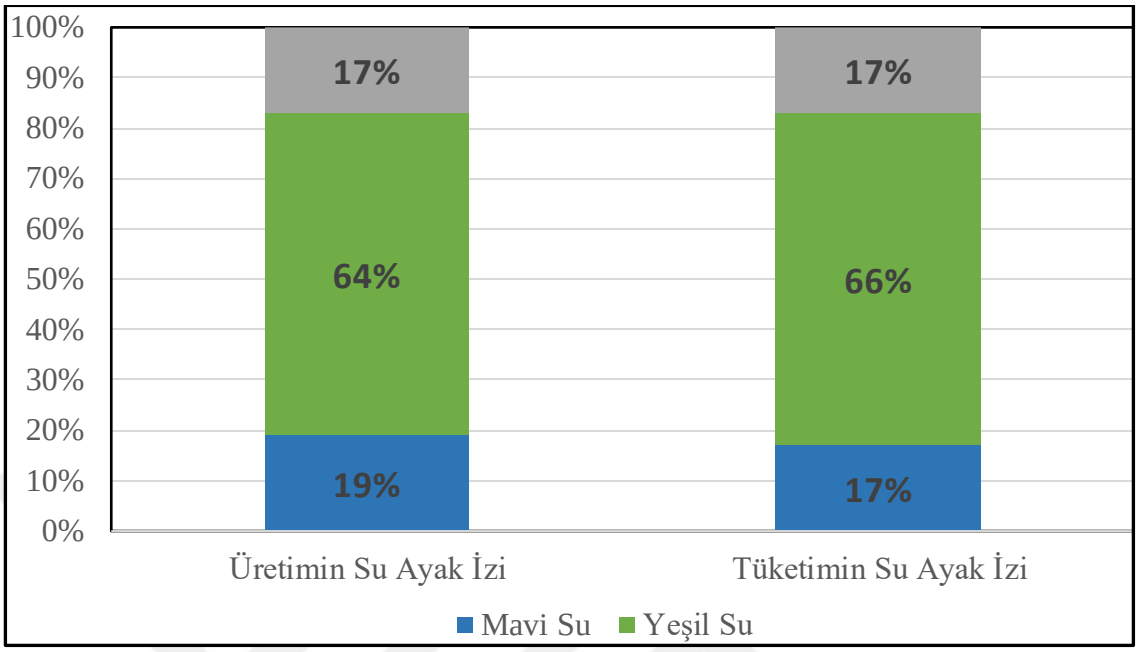
2.7.3. Türkiye'nin su ayak izi

Türkiye Nüfusu İstatistik Kurumu (TÜİK) 2012 raporuna göre 75.627.384 olup yüz ölçümü 783.557 km^2'dir. Yıllık yağış miktarı 501 milyar m^3, yıllık buharlaşma 274 milyar m^3, yıllık yeraltına su sızma miktarı 41 milyar m^3, yıllık yüzey suyu akışı 186 milyar m^3, yıllık kullanılabilir yüzey suyu miktarı ise 98 milyar m^3'tür. Bunlara ek olarak yıllık yeraltı suyu çekmesi 14 milyar m^3, yıllık toplam net kullanılabilir tatlı su kaynağı 112 milyar m^3 ve kişi başına düşen tatlı su miktarı 1519 m^3'tür (WWF 2014). Uluslar için yıllık küresel ortalama su ayak izi kişi başına 1385 m^3 iken Türkiye'nin yıllık ortalama su ayak izi kişi başına 1642 m^3'tür (Ocak vd. 2013).

Türkiye Akdeniz'in en zengin tatlı su kaynağına sahip ülkelerinden biridir. Türkiye'nin su kaynaklarının etkin yönetilememesi, artan sıcaklıklarla ilişkili potansiyel kuruma ve yoğun nüfus artışı sebebiyle, 2030 yılı ve sonrasında ciddi su kıtlığı sorunu yaşayacağı ön görülmektedir. (Hoekstra ve Chapagain 2006; Pegram vd. 2014). Türkiye'nin yüzey sularında 2030 yılında %20; 2050 yılında %35 ve 2100 yılında %50 azalma tahminleri bildirilmiştir. Kontrolsüz nüfus artışına ek olarak bireylerin beslenme tercihlerinin su ayak izini artırdığı belirtilmektedir (Ermumcu vd. 2022).

Türkiye'nin toplam su kaynaklarının %73'ü tarımsal sulamada; %16'sı evsel su tüketiminde %11'i ise endüstriyel amaçlarla kullanılmaktadır. Türkiye'nin toplam su ayak izinin %89'nu tarım sektörü, %7'si evsel kullanım ve %4'ünü sanayi oluşturur. Tarımın su ayak izinin ise %92'si bitkisel üretimden, %8'i otlatmadan kaynaklanmaktadır (WWF, 2014). Türkiye'nin su ayak izinde, bitkiler içerisinde en büyük payı tahıllar ile yem bitkileri almaktadır. Bu bitkiler yeşil su ayak izinde de ilk sıralarda bulunmaktadır. Mavi su ayak izinde ise en büyük payı tahıllar ile endüstri bitkileri almaktadır. Endüstri bitkileri gibi ekonomik değeri yüksek olan bitkilerin mavi su ayak izi daha yüksektir. Bunlar arasında özellikle şekerpancarı özel bir yere sahiptir. Türkiye'nin su ayak izi hesaplamalarında, ülkedeki üretimin ve tüketimin %80'nin iç su kaynaklarına dayandığı tespit edilmiştir. Bu durum, tatlı su kaynaklarının sürdürülebilirliğinin ülke ekonomisini doğrudan etkilediğini gösterir. Şekil 2.9'da görüldüğü gibi Türkiye'de üretimin su ayak izi ile tüketimin su ayak izi arasında kayda değer bir fark yoktur. Üretimden kaynaklanan

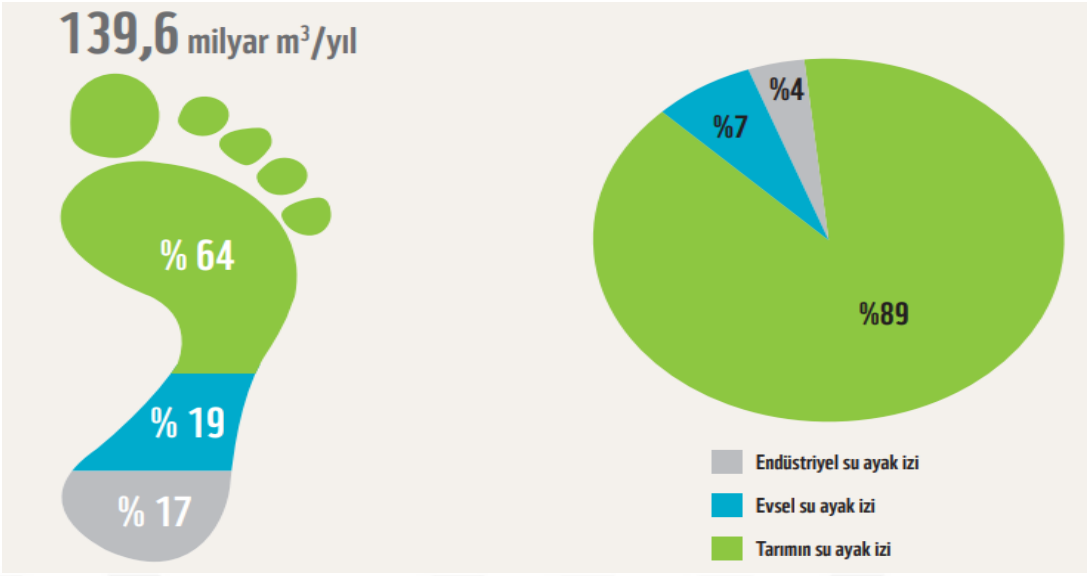
su ayak izinin %64'ü yeşil; %19'u mavi; %17'u gri su ayak izidir. Tüketimden kaynaklanan su ayak izinin ise %66'sı yeşil; %17'si mavi; %17'si gri su ayak izidir.



Şekil 2.9. Su ayak izi bileşenlerine göre Türkiye'de üretimin ve tüketimin su ayak izi (WWF 2014)

Türkiye'nin üretiminde ve tüketimindeki mavi, yeşil ve gri su ayak izi oranları incelendiğinde, en büyük payı yeşil su ayak izinin aldığı görülmektedir. Bu durum, Türkiye'de üretimin ve tüketimin yağışlara ve iklim koşullarına duyarlı olduğunu göstermektedir.

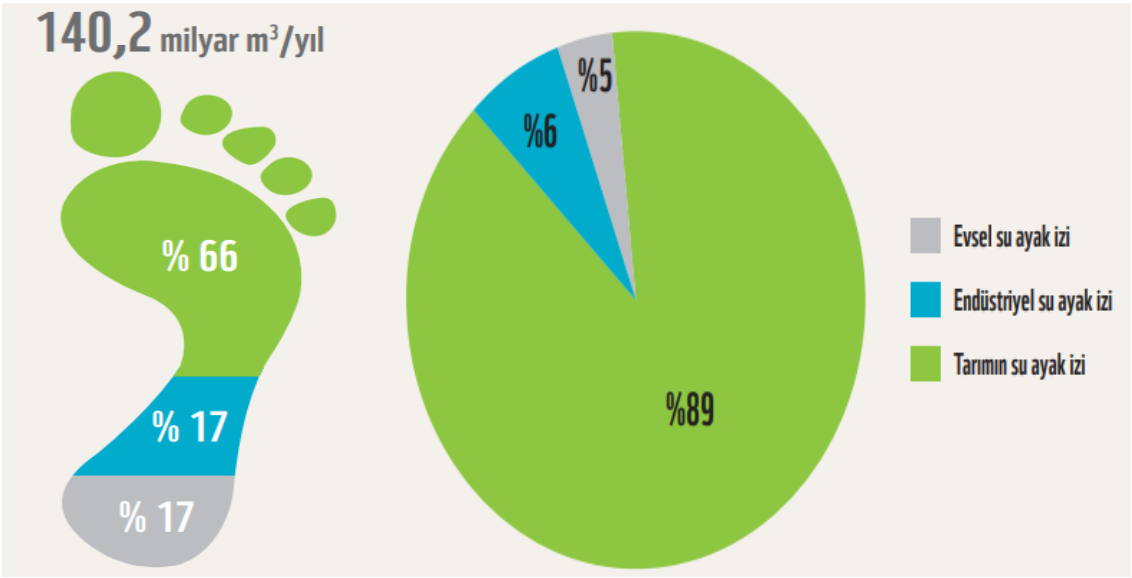
Su ayak izinin %90'ı tarım sektöründen oluşmaktadır ve yıllık su ayak izi yaklaşık 139,6 milyar m^3 olup üretimden kaynaklanan su ayak izinin %64'ü yeşil; %19'u mavi; ve %17'si gri su ayak izidir. Şekil 2.10.b'de görüldüğü gibi üretimin su ayak izi sektörlere göre ele alındığından büyük payı %89 oran ile tarım sektörü oluşturmaktadır. Evsel su kullanımı ve endüstriyel üretim, tüm su ayak izinde sırasıyla, %7 ve %4'lük bölümleri kapsar.



(a) (b)

Şekil 2.10. a)Üretimin su ayak izinin bileşenleri (TÜİK, WFN, FAOSTAT, DSİ); b)Sektörlere göre üretimin su ayak izi (WFN, FAO, DSİ)

Şekil 2.10.a'da görüldüğü gibi Türkiye'de tüketimin yıllık su ayak izi yaklaşık 140,2 milyar m^3 olup tüketimden kaynaklanan su ayak izinin %66'sı yeşil; %17'si mavi; ve yine %17'si gri su ayak izinden kaynaklanmaktadır. Şekil 2.11.b'de görüldüğü gibi, tüketimin su ayak izinin en büyük bölümü %89'u tarımın su ayak izinden; %6'sı endüstriyel su ayak izinden ve %5'i evsel su ayak izinden kaynaklanmaktadır.



(a) (b)

Şekil 2.11. a)Tüketimin su ayak izinin bileşenleri (TÜİK, WFN, FAOSTAT, DSİ); b) Sektörlere göre tüketimin su ayak izi (TÜİK, WFN, FAOSTAT, DSİ)

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Araştırma Evreni

Araştırmanın sistematik olarak sürdürülebilmesi için Çizelge 3.1'de verilen anket soruları Mühendislik Fakültesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Edebiyat Fakültesi, Eğitim Fakültesi, Fen Fakültesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Hemşirelik Fakültesi, Hukuk Fakültesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İletişim Fakültesi, Mimarlık Fakültesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Tıp Fakültesi ve Ziraat Fakültesi olmak üzere 16 farklı fakültede okuyan 1017 öğrenciye uygulanarak çalışma içerisinde gerçekleştirilen tüm su ayak izi hesaplama işlemleri buradan elde edilen verilerle yürütülmüştür. Araştırma ve anket uygulama için Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu tarafından izin alınmıştır.

Öğrencilerin iç mekan su kullanım davranışları için ortalama duş süresi, hem mutfak hem de banyo için ortalama musluk çalışma süresi, ortalama sifon çekme sayısı, bulaşık yıkama yöntemleri, çamaşır yıkama yöntemleri, gri su sisteminin mevcudiyeti ve yaşam alanlarında düşük debili muslukların mevcudiyeti gibi sorular sorulmuştur. Dış mekan su davranışları için yaşam alanlarında çim veya bahçe varlığı ve büyüklüğü, az su gerektiren veya hiç su gerektirmeyen bitkilerin varlığı, yağmur varili ve yüzme havuzunun varlığı, havuzun kapalı tutulma süresi, araba yıkama sıklığı ve araba yıkama yöntemleri gibi sorular yöneltilmiştir. Sanal su kullanım davranışlarını incelemek için ise haftalık araç sürüş mesafesi, elektrik kaynağı, alışveriş miktarı, kağıt, plastik, metal geri dönüşüm alışkanlıkları ile tekstil ürünlerinde bağış tercihleri, diyet tercihleri ve kedi ve köpek maması tüketim miktarı gibi sorulara cevap istenmiştir. Uygulanan anket soruları Çizelge 3.1'de yer almaktadır.

Çizelge 3.1. Akdeniz Üniversitesi-Ana Yerleşkesi öğrencilerine uygulanan anket soruları

1	Ortalama duş/banyo süreniz ne kadardır?
2	Düşük akışlı duş başlığınız var mı?
3	Haftada ortalama kaç kez duş/banyo yapıyorsunuz?
4	Dişinizi fırçalarken ya da tıraş olurken suyu açık bırakıyor musunuz?
5	Günde kaç kez dişlerinizi fırçalar veya tıraş olur veya elinizi yıkarsınız?
6	Banyo lavabo musluklarını her gün ortalama ne kadar süre açık bırakıyorsunuz?
7	Banyo lavabolarınızda düşük akışlı musluk var mı?
8	Günde ortalama kaç kez sifon çekiyorsunuz?
9	Tuvalette çift sifon bulunuyor mu?
10	Düşük akışlı tuvalet sifonlarınız var mı?
11	Mutfakta bulaşık yıkarken musluğunuzu ne kadar süre açık bırakıyorsunuz?
12	Mutfak lavabonuzda düşük akışlı musluk kullanıyor musunuz?
13	Ne kadar sıklıkla bulaşık yıkıyorsunuz?
14	Bulaşıklarınızı nasıl yıkıyorsunuz?

(Devamı Arkada)

Çizelge 3.1'in devamı

15	Ne kadar sıklıkla çamaşır yıkıyorsunuz?
16	Çamaşırlarınızı nasıl yıkıyorsunuz?
17	Evinizde gri su sistemi kullanıyor musunuz?
18	Bahçeniz/çim alanınız varsa, haftada kaç kez sularsınız
19	Varsa çim/bahçe alanınız kaç metrekaredir?
20	Bahçenizi her defasında ortalama kaç dakika sularsınız?
21	Çok az su gerektiren veya hiç su gerektirmeyen bitkilerle peyzaj yapıyor
22	Yağmur suyu depolama sisteminiz var mı?
23	Yüzme havuzunuz varsa kaç metreküptür?
24	Yüzme havuzunuzu yılda kaç kez boşaltarak yeniden dolduruyorsunuz?
25	Yaşadığınız yerde yüzme havuzunuz varsa, yılın kaç ayı açık (su dolu)
26	Arabanız varsa yıkama türü nedir?
27	Arabanızı ne kadar sıklıkla yıkıyorsunuz?
28	Haftalık ortalama sürüş mesafeniz kaç kilometredir?
29	Aracınızın yakıt türü hangisidir?
33	Aylık ortalama LPG+Benzin harcamanız kaç litredir?
34	Arabanız elektrikli ise, aylık ortalama elektrik harcamanız kaç kWh?
35	Aylık ödediğiniz ortalama elektrik fatura tutarınız nedir? (TL)
36	Alışveriş tüketim alışkanlığınız nedir?
37	Aylık ortalama kıyafet harcamanız ne kadardır? (TL)
38	Aylık ortalama elektronik ürün harcamanız ne kadardır? (TL)
39	Kağıt/karton atıklarınızı geri dönüşüm kutusuna atıyor musunuz?
40	Cam ve metal atıklarınızı geri dönüşüm kutusuna atıyor musunuz?
41	Plastik atıklarınızı geri dönüşüm kutusuna atıyor musunuz?
42	Eskiyen tekstil ürünlerinde yeniden kullanım olanaklarını değerlendiriyor
43	Beslenme alışkanlığınız nedir?
44	Kedi ve/veya köpek besliyor musunuz?
45	Kediniz ne kadar mama tüketiyor?
46	Köpeğiniz ne kadar mama tüketiyor
47	Haftalık ortalama kırmızı et tüketiminiz kaç gramdır?
48	Haftalık ortalama beyaz et tüketiminiz kaç gramdır?
49	Haftalık ortalama yumurta tüketiminiz kaç gramdır?
50	Haftalık ortalama süt tüketiminiz kaç gramdır?
51	Haftalık ortalama peynir tüketiminiz kaç gramdır?
52	Haftalık ortalama sebze tüketiminiz kaç gramdır?
53	Haftalık ortalama meyve tüketiminiz kaç gramdır?
54	Haftalık ortalama ekmek tüketiminiz kaç gramdır?

(Devamı Arkada)

Çizelge 3.1'in devamı

55	Haftalık ortalama makarna tüketiminiz kaç gramdır?
56	Haftalık ortalama pirinç tüketiminiz kaç gramdır?
57	Haftalık ortalama patates tüketiminiz kaç gramdır?
58	Haftalık ortalama bakliyat (mercimek, nohut gibi) tüketiminiz kaç pakettir?
59	Günde kaç bardak çay içersiniz?
60	1 bardak çaya kaç adet şeker eklersiniz?
61	Günde kaç fincan kahve içersiniz?
62	1 fincan kahve için kaç adet şeker eklersiniz?
63	Aylık çikolata tüketiminiz ortalama kaç gramdır?

3.2. Verilerin Değerlendirilmesi

3.2.1 Hata payı hesaplaması

Kitle Boyutu:49323; Örnek Boyutu:1017 öğrenci; Güven aralığı: %95 olarak seçilmiştir.

Bu değerlere göre 1017 kişiye uygulanan anketlerin hata payı hesaplaması aşağıda gösterilmiştir.

457-A=0, 560-B=1 $\overline{\boldsymbol{x}}\frac{\{(457x0)+(560x1)\}}{1017} = \mathbf{0,55}$

$\boldsymbol{S^2}=\frac{457x(0-0,55)^2+(560x(1-0,55)^2}{(1017-1)}=\mathbf{0,25}$ S=0,5, $\frac{0,5}{\sqrt{1017}}$=0,015,

2x$(\mathbf{0,015}) = \mathbf{0,03} = \%\mathbf{3}$

Bu hesaplamalar sonucunda anketlerdeki hata payı %3 olarak saptanmıştır.

3.2.2 Kişi başına düşen su ayak izi hesaplama yöntemleri

Bu tez çalışmasında tüm öğrencilerin günlük kişi başı doğrudan ve dolaylı su tüketimi litre biriminde hesaplanmıştır. Yapılan hesaplarda izlenilen yöntemler Çizelge 3.2 ve Çizelge 3.3'te detaylandırılmıştır.

Çizelge 3.2. Doğrudan su ayak izi hesaplama yöntemleri

Duş	Anket sorularına 'yüksek akışlı duş başlığı kullanıyorum' cevabı veren öğrencilerin haftalık ortalama duş/banyo süreleri ile ortalama duş/banyo süreleri 0,31545 akış hızı; 'düşük akışlı duş başlığı kullanıyorum' cevabı veren öğrencilerin haftalık ortalama duş/banyo süreleri ile ortalama duş/banyo süreleri ise 0,1577l akış hızı ile çarpılarak kişi başı günlük tüketilen su miktarı litre olarak hesaplanmıştır.

(Devamı Arkada)

Çizelge 3.2'nin devamı

Banyo Lavabosu	Anket sorularına 'yüksek akışlı banyo lavabo başlığı kullanıyorum' cevabı veren öğrencilerin günlük ortalama banyo zaman aralığı diş fırçalama, el yıkama gibi sebeplerle musluğun açılma miktarı 18,97 akış hızı; 'düşük akışlı duş başlığı kullanıyorum' cevabı veren öğrencilerin değerleri ise 5,68 akış hızı ile çarpılarak kişi başı günlük tüketilen su miktarı litre olarak hesaplanmıştır.
Tuvaletler	Anket sorularına 'yüksek akışlı tuvalet sifonu kullanıyorum' cevabı veren öğrencilerin günlük sifon sayısı 18,97 akış hızı; 'düşük akışlı tuvalet sifonu kullanıyorum' cevabı veren öğrencilerin günlük sifon sayısı 5,68 akış hızı ile çarpılmıştır.
Mutfak Lavabosu (Elde Yıkama)	Anket sorularına 'yüksek akışlı mutfak musluğu kullanıyorum' cevabı veren öğrencilerin günlük mutfak lavabosu açık bırakılma süresi 18,97 akış hızı; 'düşük akışlı mutfak musluğu kullanıyorum' cevabı veren öğrencilerin günlük sifon sayısı 5,68 akış hızı ile çarpılmıştır. Bu hesaplamada elle bulaşık yıkayan öğrencilerin tükettiği suyun hesaplanması hedeflenmektedir.
Bulaşık Yıkama	Anket sorularına 'bulaşık makinası kullanıyorum' cevabını veren öğrencilerin makine kullanım sıklığı 15,14 ile çarpılmıştır.
Çamaşır Yıkama	Anket sorularına 'çamaşırları makinada yıkıyorum' veren öğrencilerin haftalık çamaşır yıkama sıklığı 62; 'çamaşırları elde yıkıyorum' cevabı veren öğrencilerin haftalık çamaşır yıkama sıklığı 147 ile çarpılmıştır. Kişi başına günlük tüketilen suyu bulmak için hesaplanan değer evdeki toplam kişi sayısına bölünmüştür.
Yağmur Varili	Yağmur varili ile bir günde yaklaşık 15 litre toplayan yağmur varili sistemi için 15 litre o yağmur varilini kullanan toplam kişi sayısına bölünür.
Çim ve Bahçe Sulama	Çim ve/veya bahçesi olan öğrencilerin bahçelerinin büyüklüğü sulama sıklığı ve sulama süresi ile çarpılmıştır. Aynı bahçeyi kullanan kişi sayısına hesaplanan değer bölünerek kişi başına düşen su ayak izi bulunmuştur.
Yüzme Havuzu	Ortalama bir havuzun hacmi olan 70 metreküp, havuzun buharlaşma ile kaybettiği 4 metreküp ve havuzun açık kalma süresi ile çarpılıp, havuzu kullanan kişi sayısına bölünmüştür (Okutan ve Akkoyun 2021).
Araba Yıkama	Arabası olan öğrencilerin arabalarını yıkama türüne bağlı olarak (kendisi ya da oto yıkama) yıkama başına su kullanım miktarları yıkama sıklığı ile çarpılıp aracı ortak kullanan kişi sayısına bölünmüştür. Oto yıkama için alınan değer 17,5; kendisi yıkama yapan için alınan değer 3,86'dır.
Gri Su	Gri su sistemi ile evlerde yıllık ortalama yeniden kullanılan 56 metreküp su, aynı sistemi kullanan toplam kişi sayısı ve 365 güne bölünmüştür (James 2010).

Çizelge 3.3. Dolaylı su ayak izi hesaplama yöntemleri

Benzin Tüketimi	1 mil mesafe için tüketilen ortalama benzin 0,735 galondur. 1 mil: 1,609344 km 1 galon: 3,78541178 litre 0,735galon/mil x 1mil/1.609344km x 3,78541178litre/1galon= 1.72 Bu hesaplama sonrası 1 km sürüş mesafesi için benzin yakıldığında 1,72 litre su tüketildiği hesaplanmıştır (King ve Webber 2008). Her bir öğrencinin sürüş mesafesi 1,72 ile çarpılarak aynı arabayı kullanan toplam kişi sayısına bölünmüştür. Bu değer haftalık su tüketimi olduğu için bulunan değer günlük tüketim için 7'ye bölünmüştür.
Dizel Tüketimi	1 mil mesafe için tüketilen ortalama dizel 0,54 galondur. 1 mil: 1,609344 km 1 galon: 3,78541178 litre 0,54 galon/mil x 1mil/1.609344km x 3,78541178litre/1galon= 1.27 Bu hesaplama sonrası 1 km sürüş mesafesi için dizel yakıldığında 1,27 litre su tüketildiği hesaplanmıştır. (King ve Webber 2008). Her bir öğrencinin sürüş mesafesi 1,27 ile çarpılarak aynı arabayı kullanan toplam kişi sayısına bölünmüştür. Bu değer haftalık su tüketimi olduğu için bulunan değer günlük tüketim için 7'ye bölünmüştür.
Alışveriş	Anket sorularından alışveriş alışkanlığına 'aşırı alışveriş yaparım' cevabını veren öğrencilerin kişi sayısı 4415 ile; 'sadece ihtiyaca yönelik alışveriş yaparım' cevabını veren öğrencilerin kişi sayısı ise 1100 ile çarpılmıştır.1 mil mesafe için tüketilen ortalama dizel 0,54 galondur (Hoekstra ve Chapagain 2004).
Diyet	Çizelge 2.11 ve Çizelge 2.10'da verilen değerler kullanılarak öğrencilerin tükettikleri besinler türlerine göre toplam su ayak izi ile çarpılmıştır. Bulunan değer toplamı günlük kişi başı litre cinsinden hesaplanmıştır (Mekonnen ve Hoekstra 2012).
Elektrik	Elektriğin su ayak izi (m^3/TJ), tedarik zincirinin farklı basamaklarında harcanan ve kirlenen suyun hacmidir. (Mekonnen vd. 2015). Eğer elektrik, güneş panelleri ve rüzgar gibi yenilenebilir su kaynaklarından karşılanıyorsa su ayak izi sıfır kabul edilir (Okutan ve Akkoyun 2021). Antalya'da ikamet eden tüm öğrenciler için elektrik kaynaklı su ayak izi 1,91 alınmıştır.

(Devamı arkada)

Çizelge 3.3'ün devamı

Kedi Maması	2024 yılında 1 kg kedi mamasının ortalama 3 dolar olduğu tespit edilmiştir. 1 dolar karşılığında 760 litre su tüketildiği için kilogram başına tüketilen kedi maması 3 ve 760 ile çarpılmıştır (Hoekstra vd. 2011).
Köpek Maması	2024 yılında 1 kg köpek mamasının ortalama 4 dolar olduğu tespit edilmiştir. 1 dolar karşılığında 760 litre su tüketildiği için kilogram başına tüketilen kedi maması 4 ve 760 ile çarpılmıştır (Hoekstra vd. 2011).

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Akdeniz Üniversitesi Öğrencilerinin Su Ayak İzi Sonuçları

Yapılan çalışmalar sonucunda Akdeniz Üniversitesi-Ana Yerleşkesi öğrencilerinin günlük ortalama kişi başına düşen su ayak izi 7439,85 litredir. Su ayak izi dağılımı Çizelge 4.1'de verilmiştir. Dünya ortalamasında kişi başına günlük su ayak izi 3794 litre; Türkiye'nin kişi başına günlük su ayak izi ise 4498 litredir (Hoekstra vd. 2008; Okutan ve Akkoyun 2021). Akdeniz Üniversitesi'nin toplam su ayak izi dünya ve Türkiye ortalamasının üzerindedir.

4.1.1. Fakültelere bağlı cinsiyet dağılımları

Bu tez çalışması, Antalya'da yer alan Akdeniz Üniversitesi-Ana Kampüs Yerleşkesi'nde 2023-2024 eğitim-öğretim yılında ön lisans, lisans ve lisansüstü öğrenim görmekte olan öğrencilerin su kullanımlarını araştırmaktadır. Anketler, mühendislik Fakültesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Edebiyat Fakültesi, Eğitim Fakültesi, Fen Fakültesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Hemşirelik Fakültesi, Hukuk Fakültesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İletişim Fakültesi, Mimarlık Fakültesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Tıp Fakültesi ve Ziraat Fakültesi olmak üzere 16 farklı fakülteden 1017 öğrenciye rastgele dağıtılmış ve veriler tek tek online platforma geçirilmiştir.

Bu çalışma, Akdeniz Üniversitesi öğrencilerinin iç mekan su kullanımı, dış mekan su kullanımı ve sanal su kullanımı olmak üzere toplam su ayak izi miktarını belirlemeyi hedeflemiştir. Anket sorularında yaş, cinsiyet, gelir, barınma ve hane halkı sayısı gibi çeşitli sorular sorularak farklı sosyo-ekonomik düzeyde yaşayan bireylerin su ayak izine etkisi değerlendirilmiştir. Çizelge 4.1 ve Şekil 4.1'de Akdeniz Üniversitesi-Ana Yerleşkesi öğrencilerin fakülte ve cinsiyete bağlı dağılımlarını göstermektedir.

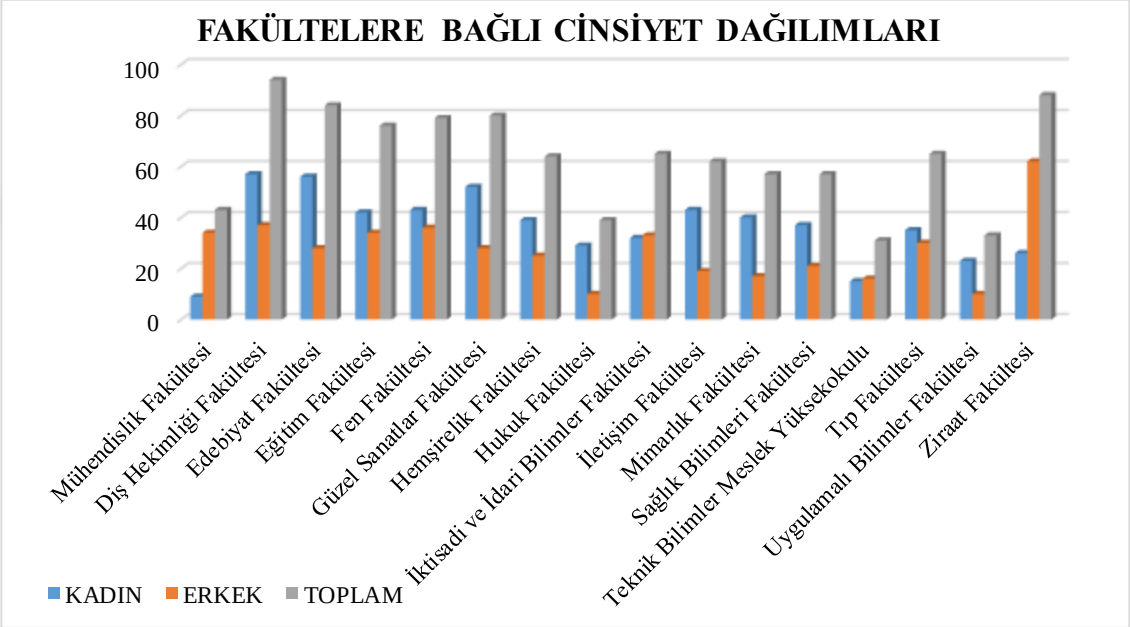
Çizelge 4.1. Akdeniz Üniversitesi-Ana Yerleşkesi'nde anket sorularını cevaplayan öğrencilerin fakülteye bağlı cinsiyet dağılımları

FAKÜLTE ADI	CİNSİYET		
	KADIN	ERKEK	TOPLAM
Mühendislik Fakültesi	9	34	43
Diş Hekimliği Fakültesi	57	37	94
Edebiyat Fakültesi	56	28	84
Eğitim Fakültesi	42	34	76
Fen Fakültesi	43	36	79
Güzel Sanatlar Fakültesi	52	28	80
Hemşirelik Fakültesi	39	25	64
Hukuk Fakültesi	29	10	39
İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi	32	33	65
İletişim Fakültesi	43	19	62

(Devamı arkada)

Çizelge 4.1'in devamı

Mimarlık Fakültesi	40	17	57
Sağlık Bilimleri Fakültesi	37	21	57
Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu	15	16	31
Tıp Fakültesi	35	30	65
Uygulamalı Bilimler Fakültesi	23	10	33
Ziraat Fakültesi	26	62	88



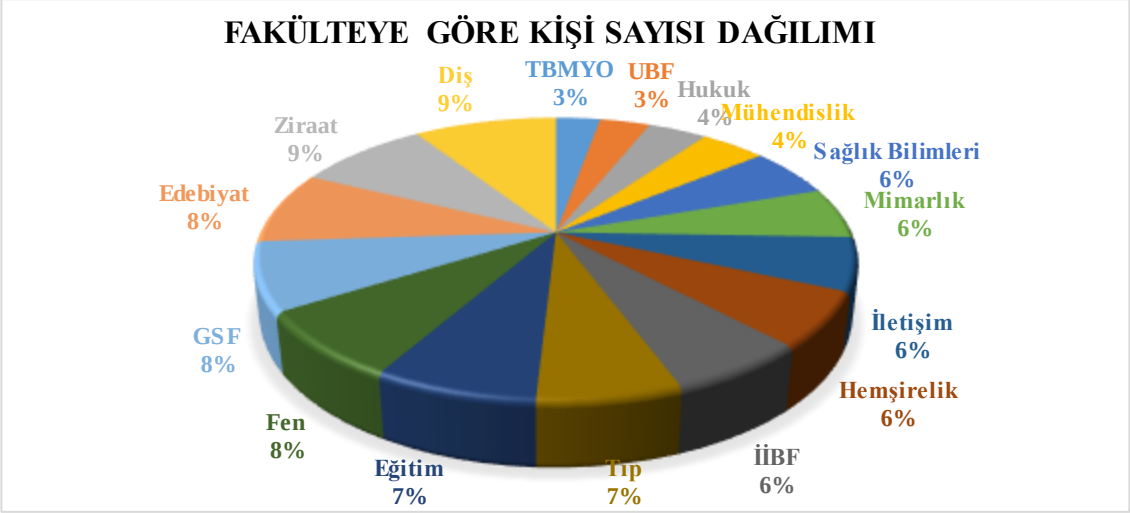
Şekil 4.1. Akdeniz Üniversitesi-Ana Yerleşkesi'nde anket sorularını cevaplayan öğrencilerin fakülteye bağlı cinsiyet dağılım grafiği

4.1.2. Fakültelere bağlı kişi sayısı dağılımları

Çizelge 4.2, Akdeniz Üniversitesi Ana Yerleşkesi'nde rastgele dağıtılan anketlere cevap veren öğrencilerin fakültelerine bağlı kişi sayılarını; Şekil 4.2, fakültelerine bağlı kişi sayısı yüzdesini göstermektedir. Bu tez çalışmasında uygulanan anketler, Teknik Bilimler Meslek Okulu (TBMYO)'da öğrenim gören 29; Uygulamalı Bilimler Fakültesi (UBF)'nde öğrenim gören 33; Hukuk Fakültesi'nde öğrenim gören 39; Mühendislik Fakültesi'nde öğrenim gören 43; Sağlık Bilimleri Fakültesi'nde öğrenim gören 57; Mimarlık Fakültesi'nde öğrenim gören 59; İletişim Fakültesi'nde öğrenim gören 62; Hemşirelik Fakültesi'nde öğrenim gören 64; İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi (İİBF)'nde öğrenim gören 65; Tıp Fakültesi'nde öğrenim gören 67; Eğitim Fakültesi'nde öğrenim gören 76; Fen Fakültesi'nde öğrenim gören 79; Güzel Sanatlar Fakültesi (GSF)'nde öğrenim gören 80; Edebiyat Fakültesi'nde öğrenim gören 84; Ziraat Fakültesi'nde öğrenim gören 84 ve Diş Fakültesi'nde öğrenim gören 94 öğrenci tarafından yanıtlanmıştır.

Çizelge 4.2. Akdeniz Üniversitesi-Ana Yerleşkesi öğrencilerinin fakültelere bağlı kişi sayısı

FAKÜLTE	KİŞİ SAYISI
TBMYO	29
UBF	33
Hukuk	39
Mühendislik	43
Sağlık Bilimleri	57
Mimarlık	59
İletişim	62
Hemşirelik	64
İİBF	65
Tıp	67
Eğitim	76
Fen	79
GSF	80
Edebiyat	84
Ziraat	87
Diş	94



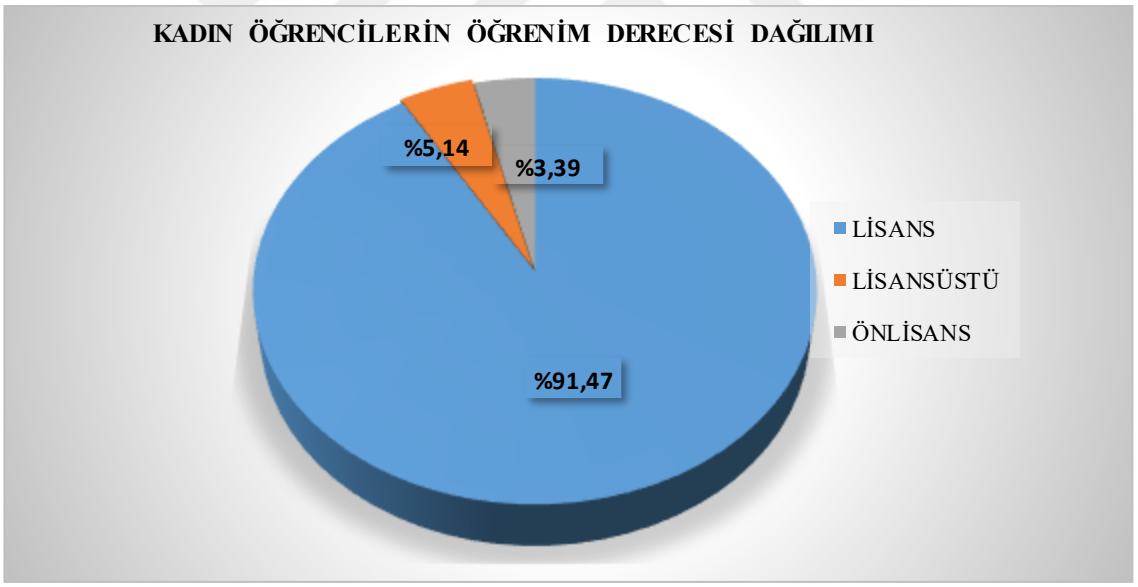
Şekil 4.2. Akdeniz Üniversitesi-Ana Yerleşkesi Öğrencilerinin Fakültelere Bağlı Kişi Sayısı Dağılım Yüzdesi

4.1.3. Cinsiyete bağlı öğrenim derecesi dağılımları

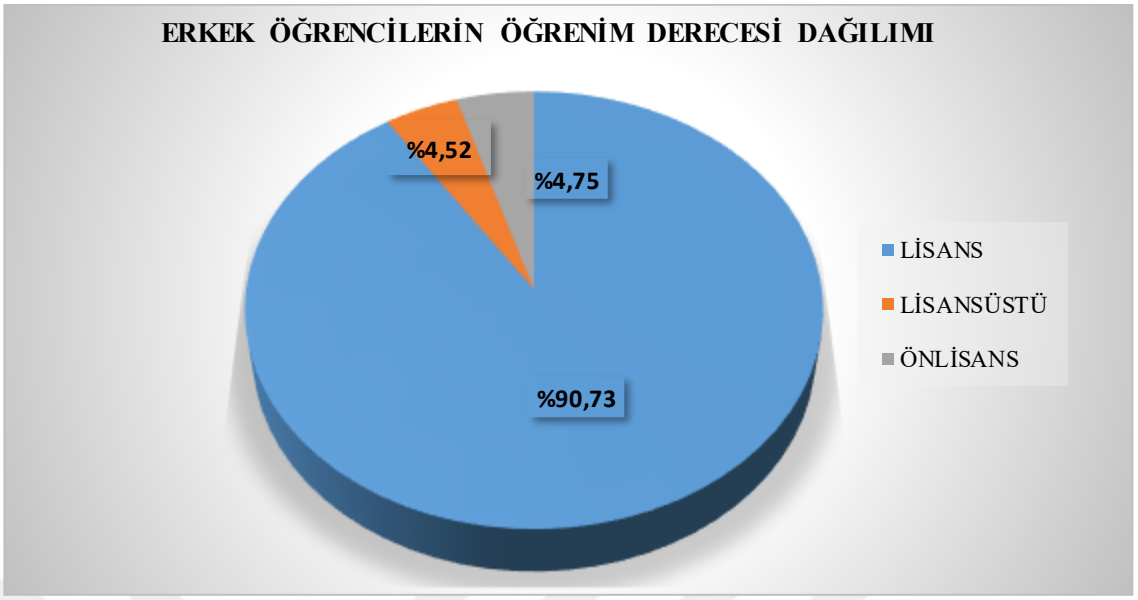
Çizelge 4.3, anket sorularına cevap veren öğrencilerin cinsiyete bağlı öğrenim derecesi dağılımlarını göstermektedir. Şekil 4.3 kadın öğrencilerin; Şekil 4.4 ise erkek öğrencilerin öğrenim derecesine bağlı kişi sayısı yüzde grafiklerini göstermektedir. Sorulara cevap veren kadın öğrencilerden 527'si lisans programında öğrenim görüyorken 28'i lisansüstü; 22'si ise ön lisans programına devam etmektedir. Yine anket sorularına cevap veren erkek öğrencilerden 402'si lisans; 20'si lisansüstü; 21'i ise ön lisans öğrenimi görmektedir.

Çizelge 4.3. Akdeniz Üniversitesi-Ana Yerleşkesi'nde anket sorularını cevaplayan öğrencilerin cinsiyete bağlı öğrenim derecesi dağılımları

CİNSİYET	ÖĞRENİM DERECESİ			
	LİSANS	LİSANSÜSTÜ	ÖNLİSANS	TOPLAM
Kadın	527	28	22	575
Erkek	402	20	21	442
Toplam	927	47	43	1017



Şekil 4.3. Akdeniz Üniversitesi-Ana Yerleşkesi'nde anket sorularını yanıtlayan kadın öğrencilerin öğrenim derecesi dağılımı



Şekil 4.4. Akdeniz Üniversitesi-Ana Yerleşkesi'nde anket sorularını yanıtlayan erkek öğrencilerin öğrenim derecesi dağılımı

4.1.4. Doğrudan ve dolaylı su tüketimi sonuçları

Doğrudan su ayak izi, doğrudan kullanılan suya bağlıdır ve musluk tipine ve su kullanım süresine göre değişir. Bunun yanında doğrudan kullanılan su, suyun yeniden kullanımı için fırsatlar verir. Evlere kurulan gri su sistemi ve evlerin yağmur varili bulundurması tüketilen suyun yeniden kullanımı için başlıca örnektir. Tüm bu bilgiler ışığında tüketilen su miktarları hesaplanmış ve sayısal değerleri Çizelge 4.4'te verilmiştir.

Çizelge 4.4. Akdeniz Üniversitesi-Ana Yerleşkesi öğrencilerinin doğrudan ve dolaylı su tüketim miktarları

DOĞRUDAN (İÇ MEKAN) SU KULLANIMI	SU AYAK İZİ (L)
Duş-Banyo (yüksek akışlı)	33,6
Duş-Banyo (düşük akışlı)	20,41
Banyo-Lavabo (yüksek akış)	100,21
Banyo-Lavabo (düşük akış)	45,84
Tuvalet (yüksek akış)	57,7
Tuvalet (Düşük akış)	17,76
Mutfak Lavabo (yüksek akış)	128,43
Mutfak lavabo (düşük akış)	70,5
Bulaşık makinası	32,65
Çamaşır (ev) elde yıkama	2,08
Çamaşır (yurt) makine	4,8
Çamaşır (ev) makine	6,45

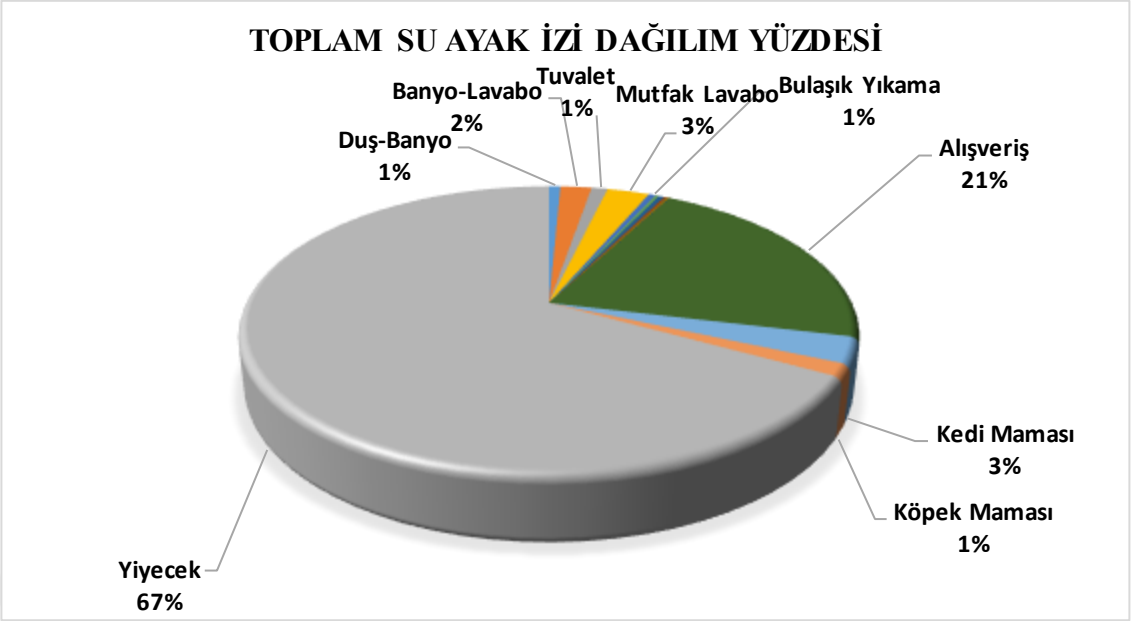
(Devamı arkada)

Çizelge 4.4'ün devamı

Çamaşır (yurt) elde	1,2
Gri su*	5
İç Mekan Toplam Su Ayak İzi	516,63
DOĞRUDAN SU (DIŞ MEKAN) KULLANIMI	**SU AYAK İZİ (L)**
Bahçe (evde kalanlar)	28,56
Yüzme Havuzu	12,06
Araba (oto yıkama)	1,09
Araba (kendi) yıkama	0,97
Yağmur varili*	1,01
Dış Mekan Toplam Su Ayak İzi	41,67
DOLAYLI SU KULLANIMI	**SU AYAK İZİ (L)**
Yakıt Tüketim (benzin)	5,73
Yakıt tüketim (dizel)	2,87
Yakıt tüketim (elektrikli)	1,61
Elektrik Tüketimi	1,91
Alışveriş	1567
Kedi Maması	218,5
Köpek Maması	102,5
Yiyecek	4985
Geri Dönüşüm (kağıt)*	1,05
Geri Dönüşüm (plastik)*	1,93
Geri Dönüşüm (Tekstil)*	0,13
Geri. Dönüşüm (metal)*	0,46
Dolaylı Toplam Su Ayak İzi	6881,55

(*) Faaliyet nedeniyle tasarruf edilen suyu temsil eder

Şekil 4.5'te doğrudan ve dolaylı su tüketime katkı sağlayan tüm faaliyetlerin yüzdeleri hesaplanmıştır. Akdeniz Üniversitesi öğrencilerinin anket sorularına verilen cevaplar analiz edildiğinde su ayak izine en fazla katkıda bulunan tüketimin %67 oranıyla gıda olduğu görülmektedir. Daha sonra bu sırayı %21 oranıyla alışveriş takip etmiştir.



Şekil 4.5. Akdeniz Üniversitesi-Ana Yerleşkesi öğrencilerinin doğrudan ve dolaylı su tüketimi dağılımı

Anket sorularına cevap veren 1017 öğrencinin doğrudan (iç mekân) su ayak izi 516,63 litre; doğrudan (dış mekan) su ayak izi 41,67 litre; dolaylı (sanal) su ayak izi 6881,55 litre olmak üzere toplam su ayak izi 7439,85'tir. Bu veriler ışığında yüzdeler hesaplandığında doğrudan (iç mekân) su tüketiminin toplam su ayak izine katkısı %7; doğrudan (dış mekan) su tüketiminin toplam su ayak izine katkısı %1 ve dolaylı (sanal) su tüketimin toplam su ayak izine katkısı %92 olarak saptanmıştır. Bu sayısal veriler ve yüzde dağılımlar sırasıyla Çizelge 4.5 ve Şekil 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.5. Akdeniz Üniversitesi-Ana Yerleşkesi öğrencilerinin doğrudan ve dolaylı toplam su ayak izi miktarları

Su Kullanım Türü	Su Ayak İzi (L)
Doğrudan (İç Mekan) Su Kullanımı (L)	516,63
Doğrudan (Dış Mekan) Su Kullanımı (L)	41,67
Dolaylı Su Kullanımı (L)	6881,55
Toplam Su Ayak İzi (L)	7439,85

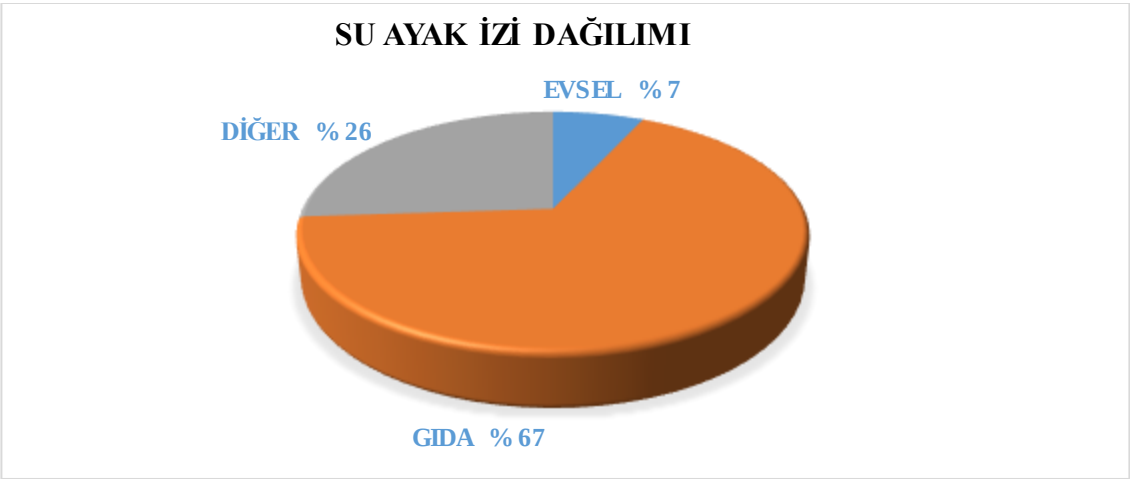


Şekil 4.6. Akdeniz Üniversitesi-Ana Yerleşkesi öğrencilerinin doğrudan ve dolaylı su tüketimi dağılım grafiği

Çizelge 4.6'te toplam su ayak izine tek başına en fazla katkı sağlayan gıda tüketimi ile evsel ve diğer tüm su kullanımlarıyla karşılaştırılmıştır. Şekil 4.7'de 'de bu karşılaştırmanın yüzdesi verilmiştir.

Çizelge 4.6. Akdeniz Üniversitesi-Ana Yerleşkesi öğrencilerinin doğrudan ve dolaylı toplam su ayak izi miktarlarının karşılaştırılması

EVSEL (L)	GIDA (L)	DİĞER (L)	TOPLAM (L)
516,63	4985	1938,22	7439,85



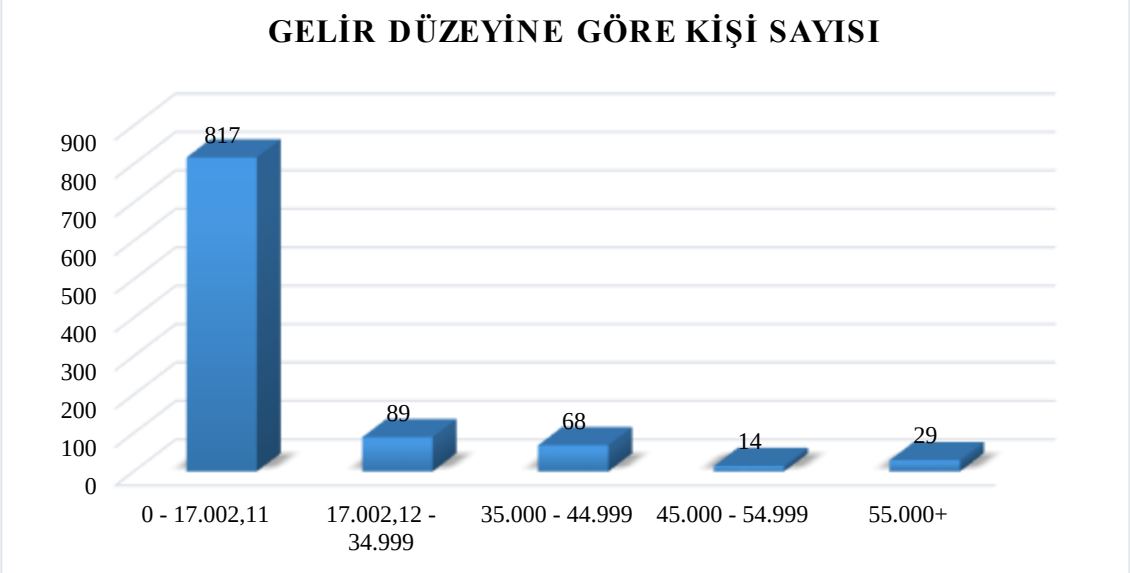
Şekil 4.7. Akdeniz Üniversitesi-Ana Yerleşkesi öğrencilerinin doğrudan ve dolaylı toplam su ayak izi yüzdelerinin karşılaştırılma grafiği

4.1.5. Fakültelere bağlı gelir düzeyi dağılımları

Anket sorularına cevap veren öğrencilerden 817 öğrencinin 0-17.002,11 TL aralığında (asgariden az); 89 öğrencinin 17.002,12-34.999 TL aralığında; 68 öğrencinin 35.000-44.999 TL aralığında; 14 öğrencinin 45.000-54.999 TL aralığında; 29 öğrencinin 55.000 TL ve üzerinde geliri olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.7. Akdeniz Üniversitesi-Ana Yerleşkesi'nde anket sorularını yanıtlayan öğrencilerin gelir düzeyine göre kişi sayıları

Gelir Düzeyi (TL)	Kişi Sayısı
0-17.002,11	817
17.002,12-34.999	89
35.000-44.999	68
45.000-54.999	14
55.000+	29



Şekil 4.8. Akdeniz Üniversitesi-Ana Yerleşkesi'nde anket sorularını yanıtlayan öğrencilerin gelir düzeyine göre kişi sayıları grafiği

Bu tez çalışmasının en büyük amacı Akdeniz Üniversitesi-Ana Yerleşkesi'nde eğitimlerine devam etmekte olan, farklı öğrenim derecesine sahip öğrencilerin su tüketim miktarları ve alışkanlıkları konusunda çevresel farkındalık kazandırmak olmuştur. Araştırma, 2023-2024 öğretim yılında Mühendislik Fakültesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Edebiyat Fakültesi, Eğitim Fakültesi, Fen Fakültesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Hemşirelik Fakültesi, Hukuk Fakültesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İletişim Fakültesi, Mimarlık Fakültesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Tıp Fakültesi ve Ziraat Fakültesi olmak üzere 16 farklı fakültede öğrenim gören 1017

öğrenci tarafından yanıtlanan anket sorularına verilen cevapların değerlendirilmesi ile yürütülmüştür. Anketi tamamlayan 1017 öğrencinin su ayak izleri hesaplanarak Akdeniz Üniversitesi-Ana Yerleşkesi'nin su ayak izi profili oluşturulmuştur. Sorular google forms üzerinden anket uygulayıcısı tarafından hazırlanmıştır. Döküman halinde çıktısı alınmış, kampüs içerisinde öğrencilere rastgele dağıtılmış, öğrencilere elden doldurtulmuştur. Her öğrencinin cevapları tek tek google forms'a girilerek su ayak izleri hesaplanmıştır. Sonuçlar excel tablosuna aktarılarak veriler işlenmiş, su ayak izi hesaplama parametreleri kullanılarak tek tek hesaplanmıştır.

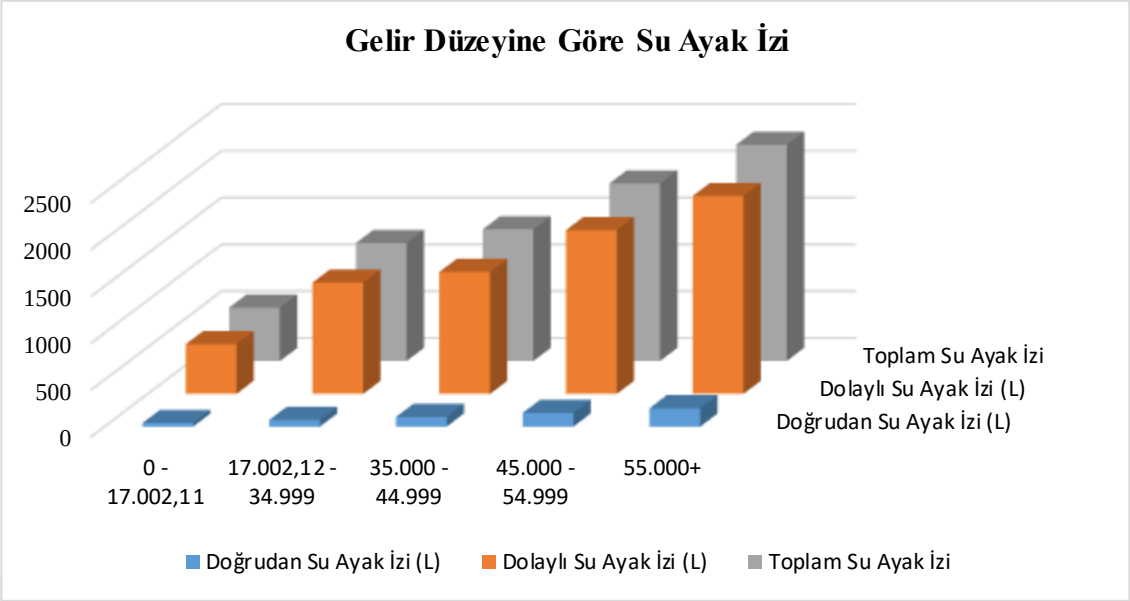
Anketin ilk bölümünde sorulan sorularda yer alan yaş, gelir düzeyi, öğrenim görülen fakülte olmak üzere temel olarak 3 farklı değişken seçilmiştir. Bu değişkenler üzerinden Akdeniz Üniversitesi'nin %95 güvenirlik seviyesinde doğrudan, dolaylı ve sanal olmak üzere su ayak izi hesaplamalarına yoğunlaşılmıştır. Gelir seviyesi aralıkları 0-17.002,11 TL; 17.002,12-34.999 TL; 35.000-44.999 TL; 45.000-54.999 TL ve 55.000 TL ve üzeri seçilmiştir.

4.5.6. Gelir düzeyine göre su ayak izi dağılımı sonuçları

Öğrencilerin gelir düzeylerine göre toplam su ayak izi sonuçları Çizelge 4.8'de ve dağılımları Şekil 4.9'de yer almaktadır. Verilere göre gelir düzeyi arttıkça toplam su ayak izinin arttığı tespit edilmiştir.

Çizelge 4.8. Akdeniz Üniversitesi-Ana Yerleşkesi öğrencilerinin gelir düzeyine göre günlük ortalama su ayak izi ve bileşenlerinin sonuçları

Gelir Düzeyi (TL)	Doğrudan Su Ayak İzi (L)	Dolaylı Su Ayak İzi (L)	Toplam Su Ayak İzi (L)
0-17.002,11	38,23	531,15	569,38
17.002,12-34.999	72,05	1.187,35	1.259,4
35.000-44.999	104,17	1.302,08	1.406,25
45.000-54.999	146,83	1.748,28	1.895,11
55.000+	197,02	2.112,69	2.309,71

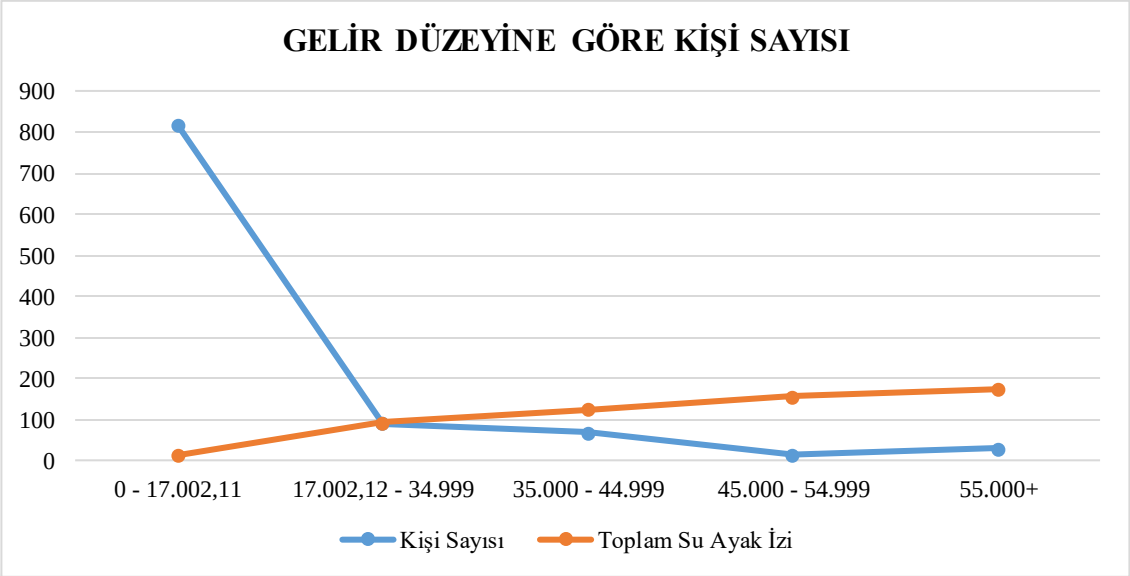


Şekil 4.9. Akdeniz Üniversitesi Ana-Yerleşkesi öğrencilerinin gelir düzeyine göre günlük ortalama su ayak izi dağılım grafiği

Çizelge 4.9'de incelenen farklı gelir düzeyi aralıklarındaki kişi sayıları detaylandırılmış ve Şekil 4.10'da gelir düzeyine bağlı kişi sayısı grafiği verilmiştir. Anket sorularına 0-17.002,11 TL (asgariden az) gelir aralığında katılan öğrenci sayısı 817; gelir aralığında katılan öğrenci sayısı 817; 17.002,12-34.999 gelir aralığında katılan öğrenci sayısı 89; 35.000-44.999 gelir aralığında katılan öğrenci sayısı 68; 45.000-54.999 gelir aralığında katılan öğrenci sayısı 14; 55.000+ gelir aralığında katılan öğrenci sayısı ise 29'dur.

Çizelge 4.9. Akdeniz Üniversitesi-Ana Yerleşkesi öğrencilerinin gelir düzeyine bağlı kişi sayısı miktarları

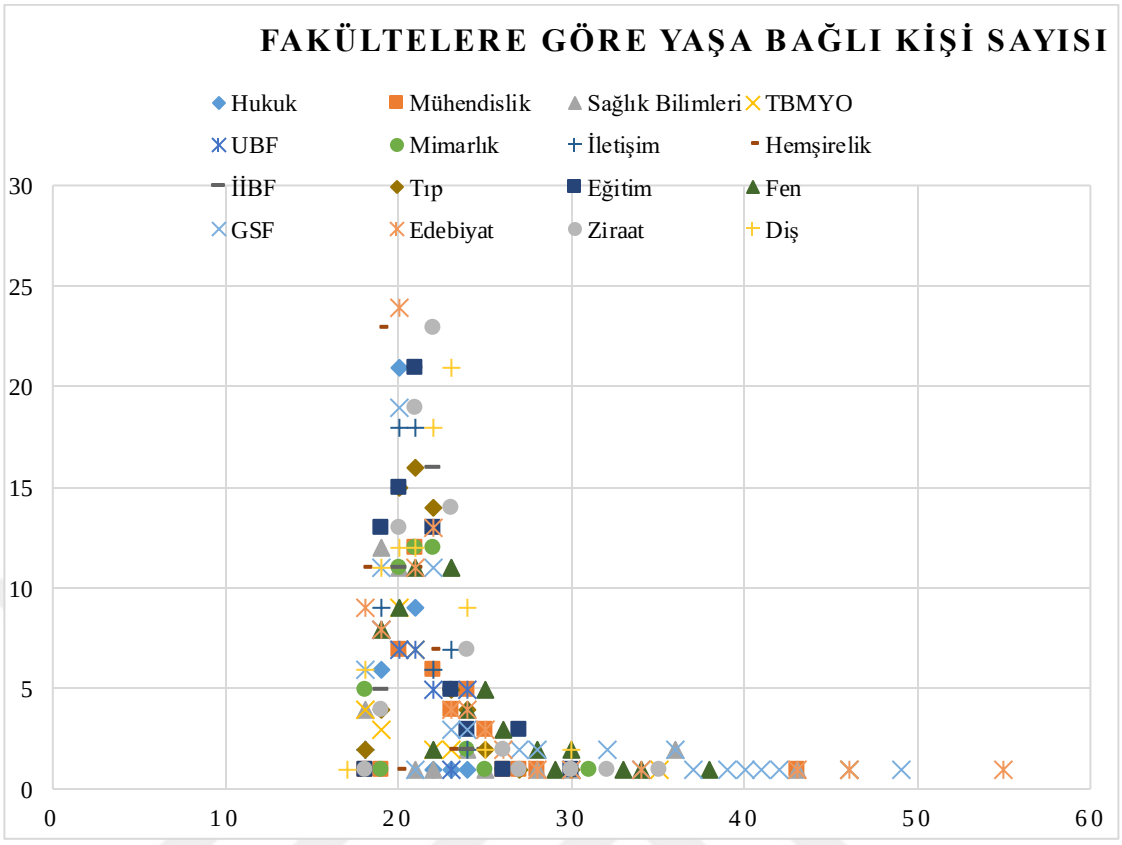
Gelir Düzeyi (TL)	Kişi Sayısı	Toplam Su Ayak İzi (L)
0-17.002,11	817	569,38
17.002,12-34.999	89	1.259,4
35.000-44.999	68	1.406,25
45.000-54.999	14	1.895,11
55.000+	29	2.309,71



Şekil 4.10. Akdeniz Üniversitesi-Ana Yerleşkesi öğrencilerinin gelir düzeyine bağlı kişi sayısı grafiği

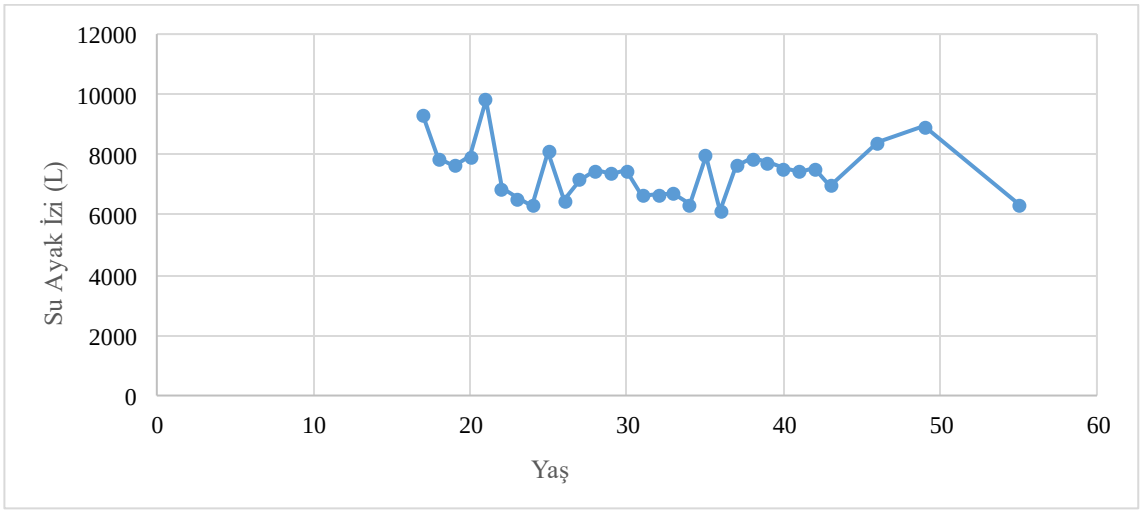
4.1.7. Fakültelere göre yaş dağılımları

Akdeniz Üniversitesi'nde uygulanan anketleri cevaplayan öğrencilerin yaş dağılımları 17-55 arasındadır. Rastgele dağıtılan anketlere cevap veren öğrencilerin en yoğun yaş aralığı toplamda 203 kişi ile 20 yaşındaki lisans öğrencileri olmuştur. Daha sonra bu sırayı sırasıyla 189 kişi ile 21 yaşındaki öğrenciler; 150 kişi ile 22 yaşındaki öğrenciler; 127 kişi ile 19 yaşındaki öğrenciler; 101 kişi ile 23 yaşındaki öğrenciler ve 53 kişi ile 24 yaşındaki öğrenciler takip etmiştir. 17, 29, 31, 33, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 49 ve 55 yaşlarından birer öğrenci anket sorularını yanıtlamıştır. Bunun yanı sıra, 17-55 yaş aralığında 44, 45, 47, 48, 50, 51, 52, 53 ve 54 yaşlarından hiçbir öğrenci anket sorularını yanıtlamamıştır.



Şekil 4.11. Akdeniz Üniversitesi-Ana Yerleşkesi'nde anket sorularını yanıtlayan öğrencilerin fakültelere göre yaşa bağlı kişi sayısı dağılımı

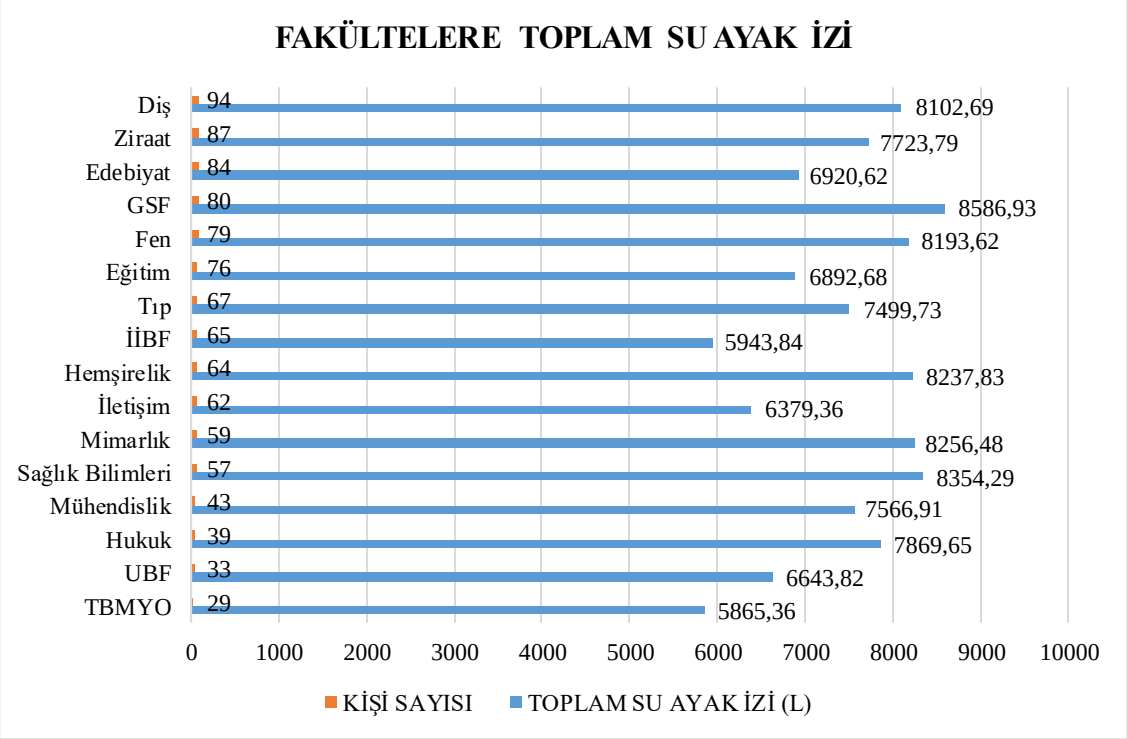
Akdeniz Üniversitesi'nde uygulanan anketle sorularını cevaplayan öğrencilerin yaşa göre su ayak izi dağılımı ise Şekil 4.12'de verilmiştir.



Şekil 4.12. Akdeniz Üniversitesi-Ana Yerleşkesi öğrencilerinin yaşa bağlı su ayak izleri dağılım grafiği

4.1.8. Fakültelere göre toplam su ayak izi

Akdeniz Üniversitesi'nde uygulanan anketleri cevaplayan öğrencilerin fakültelere bağlı su ayak izi grafiği Şekil 4.13'de verilmiştir.



Şekil 4.13. Akdeniz Üniversitesi-Ana Yerleşkesi öğrencilerinin fakültelere göre su ayak izi dağılım grafiği

Akdeniz Üniversitesi su ayak izi sonuçla verileri, 'İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Avcılar Kampüsü Su Ayak İzi Profili' başlıklı (Sütırmak 2020) tez ve'Identification of water use behavior and calculation of water footprint: a case study' başlıklı (Okutan ve Akkoyun 2021) akademik makale ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma değerleri sırasıyla Çizelge 4.10, Çizelge 4.11 ve Çizelge 4.12'de verilmiştir.

Çizelge 4.10. Akdeniz Üniversitesi merkez yerleşkesi evsel, gıda ve diğer su ayak izi verilerinin Boğaziçi Üniversitesi ve Cerrahpaşa Üniversite'sinde gerçekleştirilen tez çalışmaları ile karşılaştırılması

Yapılan Çalışmalar	Çalışmanın Yapıldığı Yıl	Evsel Su Ayak İzi (L)	Gıda Su Ayak İzi (L)	Diğer (L)	Toplam Su Ayak İzi (L)
Akdeniz Üniversitesi	202	516,63	4.985	1.938,22	7.440

(Devamı Arkada)

Çizelge 4.10'ün devamı

Boğaziçi Üniversitesi	2021	424,91	3.901	1.758,1	6.084

Cerrahpaşa Üniversitesi	2020	1.121,76	7.122,2	82,58	8.326

Çizelge 4.11. Akdeniz Üniversitesi merkez yerleşkesi doğrudan ve dolaylı su ayak izi verilerinin Boğaziçi Üniversitesi ve Cerrahpaşa Üniversite'sinde gerçekleştirilen tez çalışmaları ile karşılaştırılması

Yapılan Çalışmalar	**Çalışmanın Yapıldığı Yıl**	**Doğrudan Su Ayak İzi (L)**	**Dolaylı (L)**	**Toplam Su Ayak İzi (L)**
Akdeniz Üniversitesi	2024	558,45	6.881,55	7.440
Boğaziçi Üniversitesi	2021	538,89	5.636,83	6.084
Cerrahpaşa Üniversitesi	2020	1.121,79	7.203,28	8.326

Çizelge 4.12. Akdeniz Üniversitesi merkez yerleşkesi doğrudan ve dolaylı su ayak izi verilerinin Boğaziçi Üniversite'sinde gerçekleştirilen tez çalışması ile karşılaştırılması

Su Tüketim Kaynağı	**Akdeniz Üniversitesi (L)**	**Boğaziçi Üniversitesi (L)**
Duş-Banyo	54,01	53,62
Banyo-Lavabo	146,05	125,26
Tuvalet	75,46	64,84
Mutfak lavabo	198,93	154,38
Bulaşık makinası	32,65	21,5
Çamaşır makinası	14,53	11,51
Gri su*	5	6,2
Bahçe	28,56	14,81
Yüzme Havuzu	12,06	6,46
Araba yıkama	2,06	1,44
Yağmur varili*	1,01	0,45
Yakıt Tüketim	10,21	6,94
Elektrik Tüketimi	1,91	1,8
Alışveriş	1567	1489

(Devamı Arkada)

Çizelge 4.12'ün devamı

Kedi ve köpek Maması	321	240
Diyet	4985	3901
Geri Dönüşüm (kağıt)*	1,05	0,52
Geri Dönüşüm (plastik ve metal)*	2,39	1,33
Geri Dönüşüm (Tekstil)*	0,13	0,056
Toplam Su Ayak İzi	7.440	6.084

(*) Faaliyet nedeniyle tasarruf edilen suyu temsil eder

Çizelge 10 sonuçlarında görüldüğü gibi evsel ve gıda su ayak izi tüketimleri Cerrahpaşa Üniversitesi'nde en yüksek iken en düşük tüketim Boğaziçi Üniversite'sindedir. Bu verilere bağlı olarak doğrudan su ayak izi 1121,79 litre tüketim ile Cerrahpaşa Üniversitesinde ve 538,89 litre su tüketimi ile Boğaziçi Üniversitesi'nde gerçekleşmiştir. Bunun yanında Akdeniz Üniversite'sinde bulunan öğrencilerin 558,45 litre doğrudan su tüketimi ile Boğaziçi Üniversite'si öğrencilerin doğrudan su tüketimine oldukça yakındır. Akdeniz Üniversite'si öğrencilerinin diyet alışkanlıklarının et tüketiminde yoğunlaşması sonucu dolaylı su ayak izi Boğaziçi Üniversite'si öğrencilerinin doğrudan su tüketimine göre daha fazladır. İklim sebebiyle yüzme havuzuna sahip öğrencilerin Antalya ilinde fazla olması Boğaziçi verilerinin iki katı ile sonuçlanmasına sebep olmuştur.

Çizelge verilerinin daha detaylı karşılaştırılması sonucunda ulaşılan kanı su ayak izi değerlerinin öğrencilerin gelir düzeyi farklılıkları, okuduğu üniversitenin bulunduğu şehirdeki iklim ve sosyo-ekonomik şartlarından etkilenmesidir.

5. SONUÇLAR

Yapılan hesaplamalar sonucunda Akdeniz Üniversitesi-Ana Yerleşkesi Kampüsü öğrencilerinin günlük kişi başına düşen ortalama su ayak izi 7.439,85 litre olarak hesaplanmıştır. Bu değer, dünya ortalamasının kişi başına düşen günlük su ayak izi olan 3.794 litre ve Türkiye'nin kişi başına düşen günlük ortalama su ayak izi değeri olan 4.498 litre ile karşılaştırıldığında oldukça yüksektir.

Ankete katılan öğrencilerin yaş aralığı 17-55 aralığındadır. Su ayak izi değerleri ile gelir düzeyi arasındaki korelasyon incelendiğinde gelir seviyesi arttıkça toplam su ayak izinin de arttığı gözlemlenmiştir. Yaş faktörünün su ayak izine etkisi incelendiğinde yaşın artmasıyla toplam su ayak izinin düzenli artışı ya da azalışı tespit edilmemiştir. Ancak Akdeniz Üniversitesi öğrencilerinden ankete yoğunlukla katılan 20-25 yaş arası bireylerin su ayak izleri diğer yaş aralıkları ile karşılaştırıldığında en yüksek değere ulaşmıştır. Bunun yanında 48-55 yaş arasındaki bireylerin tükettikleri su oranı doğrusal olarak azaldığı tespit edilmiştir. Bu sebeple yaş faktörünün su ayak izine etkisi gözlemlenmemiştir. Doğrudan su ayak izi ve dolaylı su ayak izi değerleri arasındaki farkın oldukça fazla olması gıda tüketimiyle ilişkilendirilmiştir. Öğrencilerin su ayak izine katkı sağladıkları en büyük bileşenin gıda kaynaklı olduğu verilerin değerlendirilmesi sonucu gözlemlenmiştir.

Tuvalet sonrası daha az sifon çekmek, banyo ve mutfak musluklarında düşük akışlı başlık kullanmak, diş fırçalarken ya da traş olurken suyu kapalı tutmak, evlerde gri su ve yağmur varili sistemi kullanmak, protein ağırlıklı beslenmeyi azaltarak bitkisel tüketimi artırmak, geleneksel bahçe sulama yerine modern sulama sistemleri tercih etmek, çamaşırları kısa programda yıkamak, güneş enerjisi gibi alternatif enerji kaynaklarını elektrik enerjisi yerine tercih etmek, aşırı alışverişten kaçınarak sadece ihtiyaca yönelik alışveriş yapmak, kağıt-karton-cam-metal-pil-plastik atıkları geri dönüşüm kutusuna atmak gibi daha az su tüketimine sebep olan tercihlerde bulunmak bireysel su ayak izinin azalmasına katkıda bulunur. Öğrencilerin araç kullanımı sebebiyle tükettikleri yakıt miktarını azaltmak için özellikle kampüs dışında ikamet eden öğrencilerin toplu taşıma araçlarını daha sıklıkla kullanmaları bireysel su ayak izini büyük oranda azaltacaktır. Yürütülen tez çalışması kapsamında öğrencilerin tükettikleri su ile çevreye verdikleri zarar 'su ayak izi ve kullanıcı tüketimlerine yönelik farkındayım çalışması' yapılması önerilmektedir. Hiç şüphesiz ki, bireysel alışkanlıklarımızı daha az su tüketimine olanak sağlayan tercihlerle oluşturmak yakın gelecekte tüm dünyayı bekleyen muhtemel su sorunu ve kıtlığına bireysel olarak en önemli çözümü sunacaktır.

6. KAYNAKLAR

Arnell, N.W. 1999. Climate change and global water resources. *Global Environmental Change,* 9 (1999): 31-49.

Bilen, Ö. 2008. Türkiye'nin Su Gündemi: Su Yönetimi ve AB Su Politikaları. DSİ idari ve Mali işler Dairesi Başkanlığı, Ankara, 328s.

Birpınar, M.E ve Tuğaç, Ç. 2016. Impacts of Climate Change on Water Resources of Turkey, pp.145-152. 4th International Confererence Water resources and wetlands, 5-9 September 2018, Tulcea (Romania).

Botha, B. E., Jacobs H.E. and Terblanche U. 2018. Clothes washing as household end-use: comparison of different appliance models in view of expected water savings, July 23-25, 1st International WDSA/CCWI 2018 Joint Conference, Kingston, Ontario, Canada.

Bouwman, A. F., Van Der Hoek, K. W., Eickhout, B., and Soenario I. 2005. Exploring changes in world ruminant production systems. Agricultural Systems, 84(2): 121-153.

Chapagain, A.K, Hoekstra, A.Y. 2004. Water footprint of nations.Value of Water Research Report Series No: 12, UNESCO-IHE UNES, Delft, The Netherlands.

Chapagain, A.K. and Hoekstra, A.Y. 2008. The global component of freshwater demand and supply: an assessment of virtual water flows between nations as a result of trade in agricultural and industrial products: *Water International,* 33 (1): 19-32.

Chapagain, A.K., Hoeskstra, A.Y., Savenije, H.H.G. and Gautam, R. 2006. The water footprint of cotton consumption: An assessment of the impact of worldwide consumption of cotton products on the water resources in the cotton producing countries. *Ecological Economics,* 60 (2006): 186-203. (2006)

DSİ, 2020. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, 2020 Yılı Faaliyet Raporu, https://cdniys.tarimorman.gov.tr/api/File/GetFile/425/KonuIcerik/759/1107/DosyaGaleri/DS%C4%B0%202020-yili-faaliyet-raporu.pdf (Son erişim tarihi: 13.09.2024).

Ercin, A. E. And Hoekstra A. J. 2014. Water footprint scenarios for 2050: A global analysis, *Environmental International,* 64 (2014): 71-82.

Falloon, P. and Betts, R. 2010.Climate impacts on European agriculture and water management in the context of adaptation and mitigation - The importance of an integrated approach. *Science of the Total Environment*. 408 (23): 5667-5687.

FAO: FAOSTAT on-line database, Food and Agriculture Organization. http://faostat.fao.org, [Son erişim tarihi: 09. 09. 2014]

FAO (2005). The State of Food and Agriculture. https://www.fao.org/3/a0050e/a0050e.pdf [Son Erişim tarihi: 09. 09. 2014]

FAOSTAT,https://firebasestorage.googleapis.com/v0/b/fao-aquastat.appspot.com/o/PDF%2FTABLES%2FTable4.pdf?alt=media&token=fdba62dc-ca8f-4b80-adcd-909baa2ddf87 (Son erişim tarihi: 13.09.2024).

FAOSTAT,https://firebasestorage.googleapis.com/v0/b/fao-aquastat.appspot.com/o/PDF%2FTABLES%2FTable5.pdf?alt=media&token=7e12f0bc-4da1-4dcf-ac26-a65c9d62749f (Son Erişim Tarihi: 13.09.2024).

1st International WDSA / CCWI 2018 Joint Conference, Kingston, Ontario, Canada. July 23-25. https://www.kwrwater.nl/en/actueel/2018-wdsa-ccwi-joint-conference-in-kingston-ontario-canada/ (Son erişim tarihi: 13.09.2024)

Gleick, P. H. 2003. A look at twenty-first century water resources development. *Water international,* 25 (1): 127-138.

Hoekstra, A.Y. 2002. Virtual water trade: value of water research report. International Expert Meeting on Virtual Water Trade, Series No. 12, 2003.

Hoekstra, A.Y. 2008. The water footprint of food. https://www.waterfootprint.org/media/downloads/Hoekstra-2008-WaterfootprintFood.pdf (Son erişim tarihi: 13.09.2024)

Hoekstra, A.Y. 2011. The global dimension of water governance: why the river basin approach is no longer sufficient and why cooperative action at global level is needed. *Water Management,* 3(1): 21–46.

Hoekstra, A.Y. 2017. Water Footprint Assessment: Evolvement of a New Research Field: *Water Resour Manage,* 31:3061-3081.

Hoekstra, A.Y. ve Chapagain, A.K. 2007. Water footprints of nations: Water use by people as a function of their consumption pattern. *Water Resources Management,* (2007) 21:35–48.

Hoekstra, A. Y. And Hung, P.O. 2005. Globalisation of water resources: international virtual water flows in relation to crop trade. *Global Environment Change,* 15 (2005): 45-46. (2005)

Hoekstra A.Y. and Mekonnen M.M. 2011. Water footprint of humanity. *Environmental Sciences,* 109 (9): 3232–3237.

IPCC 2014. AR5 report, Working Group II: Climate Change: Impacts, Adaptation, and Vunerability. Summary for Policy Makers, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 32s.

Karadirek, İ.E. 2022. Drought Management, IN: Bahadır, M. and Haarstrick A. (eds.), Water and wastewater management. Springer Nature Switwerland, pp. 27-34.

Kenney, D.S., Goemans, C., Klein, R., Lowrey, J., and *Reidy, K. 2008. Residental water demand management: Lessons from Aurora, Colorado. Journal of the American Water Resources Association (JAWRA),* 44:1, 192-207.

King, C.W. ve Webber M.E. 2008. Water intensity of transportation. *Environmental Science &Technology,* 42 (21): 7866–7872.

Mekonnen M. M, Gerbens-Leenes P. W and Hoekstra, A. Y. 2015. The consumptive water footprint of electricity and heat: a global assessment.*Water Resources Technology*, 1:285–297.

Mekonnen, M. M., & Hoekstra, A. Y. 2011. The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products. *Hydrology and Earth System Sciences*, 15: 1577–1600.

Mekonnen, M.M. and Hoekstra, A. Y. 2012. A Global Assessment of the Water Footprint of Farm Animal Products. *Ecosystems*, 15 (3): 401–415.

Milano, M., Ruelland, D., Dezetter, A., Fabre, J., Ardoin-Bardin and S., Servat, E., 2013. Modeling the current and future capacity of water resources to meet water demands in the Ebro basin. *Journal of Hydrology*. 500 (2013): 114–126.

Naylor, M.J., Rose, L.C. and Moyle, B.J. 2007. Topology of Foreign Exchange Markets Using Hierarchical Structure Methods. Physica A: *Statistical Mechanics and Its Applications*, 382: 199-208.

Offermans, A., Haasnoot, M. and Valkering, P. 2011. A Method to Explore Social Response for Sustainable Water Management Strategies under Changing Conditions. *Sustainable Development*, 19 (5) :312-324.

Okutan, P. and Akkoyunlu, A. 2021. Identifcation of water use behavior and calculation of water footprint: a case study. *Applied Water Science*, (2021) 11:127

Pedro-Monzonís, M., Solera, A., Ferrer, J., Estrela, T., and Paredes-Arquiola, J., 2015. A review of water scarcity and drought indexes in water resources planning and management. *Journal of Hydrology*, 527 (2015): 482-493.

Regan, P. 2012. Call to Stewardship. Conference Paper, New Orleans, Louisiana.

Russell, S., Fielding, K. 2010. Water demand management research: A psychological perspective, *Water Resources Research*, 46: W05302.

Shiklomanov, I.A., and Rodda J. C. 2003. World Water Resources at the Beginning of the Twenty-First Century. Cambridge University Press, United Kingdom.

Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M., de Haan, C., 2006. Livestock's long shadow. FAO, Rome 2006, https://www.fao.org/3/a0701e/a0701e.pdf (Son erişim tarihi: 13.09.2024).

Sütırmak, T. 2020. İstanbul Üniversitesi- Cerrahpaşa Avcılar Kampüsü su ayak izi Profili. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, 85 s.

Water resources, Wikiwand. https://wikiwand.com/en/Water_resources (Son erişim tarihi: 13.09.2024)

WWF, 2014. Türkiye'nin Su Ayak İzi Raporu. Su Üretim ve Uluslararası Ticaret İlişkisi

ÖZGEÇMİŞ

BÜŞRA NUR GÖKÇE

ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans 2020-2025	Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Antalya
Lisans 2009-2013	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, İstanbul

ESERLER

Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler

1- Göktuğ Ö., Gökçe B.N. (2018). Syntheses of 1,3-bis(2-arylimino)isondoline type ligands and some metal complexes containing EDOT moiety. Main group Chemistry, vol.17, no.4, pp. 293-299.