
AKADEMİK PERSPEKTİFTEN ZİRAAT, ORMAN VE SU ÜRÜNLERİ

Editör: Doç.Dr. Bekir ATAR



yaz
yayınları

Akademik Perspektiften Ziraat, Orman ve Su Ürünleri

Editör

Doç.Dr. Bekir ATAR

yaz
yayınları

2025

**Akademik Perspektiften Ziraat, Orman
ve Su Ürünleri**

Editör: Doç.Dr. Bekir ATAR

© YAZ Yayınları

Bu kitabın her türlü yayın hakkı Yaz Yayınları'na aittir, tüm hakları saklıdır. Kitabın tamamı ya da bir kısmı 5846 sayılı Kanun'un hükümlerine göre, kitabı yayınlayan firmanın önceden izni alınmaksızın elektronik, mekanik, fotokopi ya da herhangi bir kayıt sistemiyle çoğaltılamaz, yayınlanamaz, depolanamaz.

E_ISBN 978-625-5838-25-4

Haziran 2025 – Afyonkarahisar

Dizgi/Mizanpaj: YAZ Yayınları

Kapak Tasarım: YAZ Yayınları

YAZ Yayınları. Yayıncı Sertifika No: 73086

M.İhtisas OSB Mah. 4A Cad. No:3/3
İscehisar/AFYONKARAHİSAR

www.yazyayinlari.com

yazyayinlari@gmail.com

info@yazyayinlari.com

İÇİNDEKİLER

Kadınların Tarımsal Üretim Sürecine Katılımı: İzmir İli Tire İlçesi Örneği.....	1
<i>Nur ERTEKİN, Murat YERCAN</i>	
Topraktaki Yararlı Bakterilerin Bitki Gelişimini Desteklemedeki Rolü.....	21
<i>Durmuş ÇETİNKAYA</i>	
İklim Değişikliği ve Sürdürülebilirlik: Ormanlar, Su Ürünleri ve Karbon Ayak İzi Üzerine Çözüm Önerileri	41
<i>Mustafa İlker SÜRER, Nilüfer YAZICI</i>	
Odun-Su İlişkilerinin Ahşabın Özelliklerine Etkileri.....	61
<i>Eser SÖZEN, Kadir KAYAHAN, Selahattin BARDAK, Timuçin BARDAK</i>	
Tarımda Geçmişten Günümüze Genetiği Değiştirilmiş Organizmalar (GDO) ve Güncel Durum Analizi	80
<i>Mehmet KARAMAN</i>	
Pestisit Uygulamalarında Kullanılan İnsansız Hava Araçları İçin Döner Diskli Püskürtme Başlığı Tasarımı ve Prototip Üretimi	96
<i>Bahadır SAYINCI</i>	
Alabalık Çiftlikleri ve Akarsu Ekosistem Sağlığı: Aksu Çayı (Isparta) Örneği.....	117
<i>Nezire Lerzan ÇİÇEK</i>	

"Bu kitapta yer alan bölümlerde kullanılan kaynakların, görüşlerin, bulguların, sonuçların, tablo, şekil, resim ve her türlü içeriğin sorumluluğu yazar veya yazarlarına ait olup ulusal ve uluslararası telif haklarına konu olabilecek mali ve hukuki sorumluluk da yazarlara aittir."

KADINLARIN TARIMSAL ÜRETİM SÜRECİNE KATILIMI: İZMİR İLİ TİRE İLÇESİ ÖRNEĞİ

Nur ERTEKİN¹

Murat YERCAN²

1. GİRİŞ

Kırsal yaşamda, aile içindeki kadın, erkek ve çocukların rolleri birbirinden farklıdır. Ailedeki en önemli pozisyonlar genellikle baba ve erkek çocuklara aittir, kadınlar çoğunlukla daha düşük bir sıralamada yer almaktadır. Karar alma süreci, zihinsel bir çaba sonucu ortaya çıkar ve bu süreç zaman alır. Bu açıdan bakıldığında, kırsal alanda yaşayan kadınların tarımsal üretim faaliyetlerinin karar alma süreçlerine katılması ekonomik bir katkı sağlar. Dolayısıyla, tarımsal işletmelerde alınan kararlara katılım, üretim faaliyetlerine katılım kadar önemli ve incelemeye değer bir konudur (Merter, 1990).

Kadınların ve erkeklerin eşit şekilde karar alma süreçlerine katılması, ülkemizde çeşitli engellerle karşılaşmaktadır. Bu engellerin bir kısmı toplumsal, bir kısmı ise kültürel temellidir. Aile yapısında karar almak, genellikle bir uzlaşma süreci olarak gerçekleşir. Kırsal alandaki kadınların karar alma süreçlerine dahil olmaları, ailedeki ataerkil yapının ve kadının toplumsal statüsünün etkisiyle doğrudan bağlantılıdır (Bayoğlu, 2010).

¹ Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı, nurertekin99@gmail.com, ORCID: 0000-0002-4795-4886.

² Prof. Dr., Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, murat.yercan@ege.edu.tr, ORCID: 0000-0002-8062-0882.

Türkiye’de kırsal ve kentsel alanlarda kadınların iş gücüne katılım oranları arasında belirgin bir fark bulunmaktadır. Kırsalda, kadınların iş gücüne katılımı erkeklerden daha yüksektir. Kırsal alanda kadınların çoğunlukla tarımsal faaliyetlerde çalıştığı görülmektedir. Kadınlar, ülkemizin kırsal ekonomisinin temel direklerinden biridir. Tarımsal faaliyetlerde fiziksel olarak büyük bir rol oynayan kırsal kadınlar, aynı zamanda aile içinde anne ve ev kadını olarak da önemli sorumluluklar üstlenmektedirler (Yılmaz vd., 2019)

Kırsal bölgelerde, kadınların üretimdeki emek yoğunluğu oldukça fazladır. Bu alanda kadınlar ve genç kızlar, çoğunlukla ücretsiz aile işçisi olarak çalışmakta ve aynı zamanda çok ağır bir iş yükünü taşımaktadırlar.

Kadın, toplumsal yapının temel birimi olan ailenin sağlıklı ve dengeli beslenmesine önemli bir katkı sağlar. Ayrıca, çocuklarına davranışlarını, bilgilerini ve kültürünü aktararak onların eğitiminde de büyük bir rol üstlenir. Kadınlar, yerine getirdikleri görevler sayesinde toplumun sosyo-ekonomik ve kültürel gelişimine değerli katkılar sunarlar (Yılmaz vd., 2019).

Kırsal alanlar ve kırsal nüfus, gelişmekte olan ülkelerde olduğu gibi Türkiye’de de ülkenin kalkınmasında belirleyici faktörlerden biridir. Kırsal bölgelerdeki nüfusun büyük bir kısmı, geçimini tarımsal üretimle sağlamaktadır. Ancak, tarımsal üretimin özgün yapısı ve çoğu tarımsal işletmenin küçük ölçekli olması nedeniyle çeşitli zorluklarla karşılaşmaktadır. Bu sebeplerle, tarım sektöründe üretim ve gelir artışı beklenen seviyelere ulaşamamıştır. Tarımda üretim, gelir ve refah düzeyinin artırılması ve sürdürülebilirliğinin sağlanması için çiftçilerin etkin bir şekilde örgütlenmesi büyük bir önem taşımaktadır (Terin ve Çelik Ateş, 2010).

Tarımsal örgütlenmenin temel amacı, tarımsal üretimin verimliliğini artırmak, ürünün üretim aşamasından nihai

tüketicie ulaşana kadar doğru bir şekilde değerdendirilmesini sağlamak, çiftçilerin gelir seviyelerini yükseltmek ve ürünlerin pazardaki rekabet gücünü artırmaktır (İnan ve ark., 2000). Bu hedeflere ulaşabilen tarımsal örgütler, kırsal toplumun yaşam kalitesini yükseltir, sınırlı kaynaklara sahip çiftçilerin gelirlerini artırır ve bu şekilde tarımsal kalkınmayı teşvik eder (İnan vd., 2005).

Kooperatifleşme, çiftçilerin tek başlarına çözemedikleri toplumsal ve ekonomik sorunlara ortaklaşa çözümler bulmayı hedefler. Kooperatiflerin ana amaçları arasında, ortaklarına düşük maliyetli girdi temini sağlamak ve ürünlerini pazarlamaktır. Bunun yanı sıra, kooperatifler yerel ve bölgesel kalkınma üzerinde önemli bir etki yaratmaktadır (Çıkın ve Yercan, 1995).

Kırsal bölgelerde yaşayan kadınların üretimde aktif rol oynamaları, ülke refahı ve kadınların sosyal konumlarının yükselmesinde oldukça önemli bir etkiye sahiptir. Kadınların iş gücüne katılmaları, kadınların kooperatiflerde aktif ortaklığı ve özgüven sahibi lider kadınların varlıklarının benimsenmesi sağlanmalıdır.

İzmir ili Tire ilçesinde kadınlarının tarımsal üretimde karar alma süreçlerine katılımı ve kooperatifçilik eğilimleri üzerine yapılan bu araştırma Tire ilçesinde üretim yapmakta olan çiftçi ailelerindeki kadın üreticileri kapsamaktadır.

2. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Çalışmanın bu bölümünde araştırmanın verileri analiz edilip açıklanmıştır.

2.1. Kadın Çiftçiler ve İşletmelerle İlgili Genel Bilgiler

- a) Kadın Çiftçiler, İşletme ve Hayvan Varlığı Hakkında Bilgiler

Çalışmanın bu bölümünde; ankete katılım sağlayan çiftçi kadınların yaşları, medeni durumları, eğitimleri, aile bireyi sayısı ve gelirleri, arazi varlıkları, hayvan varlıkları hakkında bilgi verilmektedir.

Ankete 77 kadın çiftçi katılım sağlamıştır ve yaş ortalamaları 51'dir. Çiftçi kadınların %98.7'si evli, %1.3'ü ise bekaardır. Araştırma katılımcısı çiftçi kadınların %81,82'si ilk okul mezunudur. %10,39 orta okul, %1,3'ü hiç eğitim görmemiş, %2,6'sı lisans mezunu ve %3,9'u da lise mezunudur. Kadınların eşleri %81,82'lik oranla ilk okul mezunu, %1,3'ü lisans, %7,79'u lise, %5,19'u orta okul, %2,6'sı ön lisans mezunudur ve %1,3'ü ise hiç eğitim görmemiştir (Tablo 1). Trakya Bölgesi'nde yapılmış olan bir çalışmada ise, katılımcı kadınların %76'sı ilk öğretim ve altı eğitim düzeyindeyken %3,3'ü üniversite mezunudur. Aynı araştırmaya katılan kadınların %89'u evlidir (Özdemir vd., 2017). Tokat'ta yapılan çalışmada kadınların çoğunluğu (%33.06) orta okul mezunu, %85,12'si evlidir (Kızılaslan vd., 2023).

Çiftçi ailelerinin birey sayısı %71'lik katılımcı oranı ile 4-5 kişi arasında değişmektedir. Ailede genellikle anne ve baba rolüne sahip olan bireyler tarımda çalışmaktadırlar. Kadınların bireysel gelirleri bulunmazken, ailelerin aylık gelir ortalamaları 20.000 TL'dir. Söz konusu gelirin büyük kısmı (%80'i) tarımsal kaynaklıdır (Tablo 1). Yine Trakya Bölgesi'nde yapılmış olan bir araştırmaya katılan kadınların aileleri daha çok 3000 TL'nin altında (%91,6) gelir düzeyine sahiptir (Özdemir vd., 2017).

Toplam işlenen arazi ortalama olarak 16 dekar, mülk arazi ise 15 dekardır. Sulanan arazi alanı ise ortalama olarak 12 dekar olarak belirlenmiştir. İşletmelerdeki küçük baş hayvan sayısı genellikle 8'in altındadır. Büyükbaş hayvan sayısı ise 2 ile 11 arasında değişmektedir (Tablo 1). Samsun'da yapılan bir araştırmada mülk arazi 31.62 dekardır (Kılıç vd., 2020).

Tablo 1’de çiftçi kadınlar, aileleri ve tarımsal varlıkları hakkında genel bilgiler verilmektedir. Anket katılımcısı kadınların yaşı, medeni durumu, eğitim durumları, eşlerinin eğitim durumları, aile üyesi sayıları, kadınların bireysel geliri ve ailenin geliri, işlenen arazi bilgileri ve hayvan varlığı bilgileri Tablo 1’de belirtilmektedir.

Tablo 1. Genel bilgiler

Ankete katılım sağlayan kadın sayısı	77	
Katılımcı kadınların yaş ortalaması	51	
Medeni durum	EVLİ	BEKAR
	%98,7	%1,3
Eğitim durumu	İlkokul	Diğer
	%81,82	%18,18
Eşlerin eğitim durumu	İlkokul	Diğer
	%81,82	%18,18
Aile üyesi sayısı	4-5 kişi	Diğer
	%71	%29
Kadınların bireysel geliri	0	
Ailenin aylık geliri (ortalama)	20.000 Türk Lirası	
Ailenin aylık gelirinde tarımsal gelirin payı (ortalama)	16.000 Türk Lirası	
Toplam işlenen arazi (ortalama)	Mülk Arazi	Kira
	15 dekar	1 dekar
Sulanan arazi (ortalama)	12 dekar	
İşletmedeki küçükbaş hayvan sayısı	<8	
Büyükbaş hayvan sayısı	2 - 11	

b) Kadın Çiftçinin Tarımsal Faaliyetlerde Üstlendiği Görevler

Genel olarak tarım faaliyetleri ekimden başlayarak hasada kadar çeşitli aşamalardan oluşmaktadır ve katılımcı kadınlar üretimin her aşamasında yüksek oranda faal olarak çalıştıklarını belirtmektedirler (Tablo 2).

Bitkisel üretim için çiftçi kadınların %66’sı ekim, %77’si dikim ve sulama, %58’i toprağı ekime hazırlama, %48’i gübreleme, %70’i çapalama, %42’si budama, %87’si

hasat, %62'si taşıma, %51'i ürün pazarlama, %38'i ilaçlama ve %29'u aşı yapma aşamalarında aktif olarak iş gücüne dahil olmaktadır (Tablo 2).

Çiftçi kadınların %64'ü ahır-ağıl temizliği, %65'i yem hazırlama, yine %65'i hayvan besleme, %51'i süt sağımı, %45'i hayvan otlatma, %68'i su verme ve %22'si pazarlama faaliyetlerinde hayvansal üretim için aktif iş gücüne dahil olmaktadır (Tablo 2).

Tekirdağ'da yapılan çalışmaya dahil olan çiftçi kadınların bitkisel üretimde %64.3'lük kısmı ekim, %60.8'lik kısmı dikim, %54'ü sulama, %39.6'sı toprağı ekime hazırlama, %33.7'si gübreleme, %78.4'ü çapa yapma, %23.9'u budama, %37.6'sı hasat, %31.8'i taşıma, %19.2'si ürün pazarlama, %21.6'sı ilaçlama, %8.2'si aşı yapma %47.8'i tohum ekme görevlerini üstlenmektedir ve hayvansal üretimde ise %61.2'si ahır-ağıl temizliği, %59.2'si yem hazırlama, %76.5'i süt sağımı, %62'si hayvan besleme, %38'i hayvan otlatma, %58'i hayvanlara su verme işlemlerinde faaldir (Yılmaz vd., 2019).

Anket katılımcısı kadınların bitkisel üretim ve hayvansal üretim aşamalarında dahil oldukları faaliyetler Tablo 14'te ifade edilmektedir. Çiftçi kadınların bitkisel üretim faaliyetlerinde en çok hasat, hayvansal üretim faaliyetlerinde ise su verme aşamalarına aktif katılım sağladığı görülmektedir (Tablo 2).

Tablo 2. Kadınların katılım sağladığı tarımsal faaliyetler*

<i>Tarımsal Faaliyet</i>	<i>Yapılan İşler</i>	<i>%</i>
Bitkisel Üretim	Ekim	66
	Dikim	77
	Sulama	77
	Toprağı ekime hazırlama	58
	Gübreleme	48
	Çapalama	70
	Budama	42
	Hasat	87
	Taşıma	62
	Ürün Pazarlama	51
	İlaçlama	38
	Aşı yapma	29
Hayvansal Üretim	Ahır-Ağıl temizliği	64
	Yem hazırlama	65
	Süt sağımı	51
	Hayvan besleme	65
	Hayvan otlatma	45
	Su verme	68
	Pazarlama	22

*Katılımcılar birden fazla cevap vermiştir.

c) Kadın Üreticilerin Tarımsal Üretimde Karar Alma Sürecine Katılımı

Üretici ailelerindeki kadınların tarımsal üretimde karar alma süreçlerine katılımı yalnızca “üretilecek ürün kararı” konusunda yüksek çıkmıştır. “Ürünün pazarlanma şekli kararı” konusunda kadınların %29’u ‘çok etkili’ olduğu halde, %34’ü ‘hiç etkili değilim’ cevabını vermişlerdir. Diğer tüm süreçlerde de kadınların etkinliklerinin büyük oranda düşük olduğu görülmektedir (Tablo 3).

Çiftçi kadınların %32’si üretilecek ürün kararını verme aşamadinsa çok etkili olduklarını, %32’si tarımla ilgili yeni yatırım kararı almada etkili olduğunu, %34’ü ürünün pazarlama şekli kararında hiç etkili olmadığını, %27’si gelirin nasıl kullanılacağı kararında etkili olduğunu, %39’u girdilerin temin edilme şekli kararında hiç etkili olmadığını, %35’i tarımsal

faaliyetlerin (işleme, dikim, bakım, sağım, gübreleme vs.) kararında hiç etkili olmadığı, %34'ü işletmedeki istihdam kararlarında hiç etkili olmadığı, %51'i işletmedeki yeni borçlanma kararlarında hiç etkili olmadığını ifade etmiştir (Tablo 3).

Samsun'da yürütülmüş olan bir çalışmada çiftçi ailelerindeki kadınlar yetiştirilecek ürünlerin kararında “ara sıra” etkili olduklarını (%22.22) ifade ederlerken (Kılıç vd., 2020), Burdur'da yapılmış olan bir araştırma için incelenen işletmelerde ise kadınlara “süt sığırı yetiştiriciliği ile ilgili konularda (hayvan alma/satma, yem alımı, hayvanların bakımı gibi) karar vermede öncelikli olarak ailede kim etkilidir?” diye sorulmuştur. Bu soruya kadınların %47,2'si eşi ile kendisinin, %19,1'i aile büyüklerinin, %18,0'i eşinin ve %15,7'si kendisinin karar verdiğini ifade etmiştir (Kutlar vd., 2013).

Anket katılımcısı çiftçi kadınların tarımla ilgili karar alma süreçlerine katılımına dair bilgiler; etkinlik derecelerini ifade ettikleri şekilde Tablo 3'te görülmektedir.

Tablo 3. Karar alma süreçlerine katılım (%)

	Hiç etkili değilim	Etkili değilim	Biraz etkililiyim	Etkiliyim	Çok etkililiyim
Üretilecek ürün kararı	21	7	19	21	32
Tarımla ilgili yeni yatırım kararı	21	6	16	32	25
Ürünün pazarlama şekli kararı	34	7	13	17	29
Gelirin nasıl kullanılacağı kararı	26	12	16	27	19
Girdilerin temin edilme şekli kararı	39	12	17	14	18
Tarımsal faaliyetlerin (işleme, dikim, bakım, sağım, gübreleme vs.) kararı	35	6	12	26	21
İşletmedeki istihdam kararları	34	8	18	18	22
İşletmedeki yeni borçlanma kararları	51	5	9	14	21

2.2. Kadın Çiftçilerin Girişim Tercihleri

Araştırmanın bu kısmında bulanık Eşli Karşılaştırma yöntemi sonuçlarına ilişkin tamamlayıcı istatistikler Tablo 4, Tablo 5, Tablo 6, Tablo 7 ve Tablo 8’de verilmiştir. Elde edilen ağırlıklara göre önem dereceleri büyükten küçüğe sıralanmıştır. Friedman testi sonuçlarına göre tercihler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır. Ayrıca çiftçilerin tercihleriyle ilgili bazı girişimlerin, diğerlerine göre daha yüksek oranda tercih edildiği söylenebilir. Kendall’s W testinin aldığı değerlere bakılarak uyumun çok zayıf (0.1), zayıf (0.3), orta düzeyde (0.5), güçlü (0.7) ve kesinlikle güçlü (0.9) olduğunu söylemek mümkündür.

Çiftçilerin yüksek kâr elde etmek amacıyla tercih ettikleri girişimler arasında kooperatiflerin ilk sırada yer aldığı saptanmıştır. Tercih edilen diğer girişimler sırasıyla tüccarlar ve komisyonculardır. Bu çalışmada çiftçilerin yüksek kâr elde etmek amacıyla tercih ettikleri girişimler bakımından Kendall’s W değeri 0.154 olarak belirlenmiştir. Buna göre ankete katılanlar tarafından önem verilen girişimlerin ağırlıkları belirlenirken çiftçiler arasındaki uyum çok zayıf düzeydedir (Tablo 4).

Tablo 4. Çiftçi kadınların yüksek kâr elde etmek için tercih ettikleri girişimlerin önem dereceleri

Girişimler	Ortalama	Std. Sapma	Minimum	Maksimum
Kooperatif	0.628	0.285	0.100	0.900
Tüccar	0.441	0.193	0.100	0.900
Komisyoncu	0.354	0.199	0.100	0.900

Friedman testi $p < 0.01$ için anlamlıdır. Kendall’s W: 0.154

Kadın çiftçilere göre alım satımda girişimlerin risk dereceleri değerlendirildiğinde kooperatifler daha düşük risk bakımından ilk sırada yer almaktadır. Tüccarlar ve komisyoncular ise düşük risk derecesi bakımından kooperatiflerden sonra gelmektedir. Alım satımda girişimlere ilişkin riskin daha düşük olma derecesi için hesaplanan Kendall’s W değeri 0.117’dir. Bu

sonuç riske ilişkin değerlendirme yapılırken çiftçiler arasındaki uyumun çok zayıf düzeyde olduğunu göstermektedir (Tablo 5).

Tablo 5. Kadın çiftçilere göre alım satımda girişimlere ilişkin riskin daha düşük olma dereceleri

Girişimler	Ortalama	Std. Sapma	Minimum	Maksimum
Kooperatif	0.615	0.310	0.100	0.900
Tüccar	0.451	0.209	0.100	0.900
Komisyoncu	0.355	0.197	0.100	0.900

Friedman testi $p < 0.01$ için anlamlıdır. Kendall's W: 0.117

Kadın çiftçilere göre pazarlamada girişimlerin avantaj derecesi bakımından kooperatifler ilk sıradadır. Pazarlamada avantaj derecesi değerlendirildiğinde kooperatifleri sırasıyla tüccarlar ve komisyoncular izlemektedir. Pazarlamada girişimlerin avantaj derecelerine göre Kendall's W değeri 0.177 olarak belirlenmiştir. Buna göre bu sorunun cevaplanması açısından çiftçiler arasındaki uyum çok zayıf düzeydedir (Tablo 6).

Tablo 6. Kadın çiftçilere göre pazarlamada girişimlerin avantaj dereceleri

Girişimler	Ortalama	Std. Sapma	Minimum	Maksimum
Kooperatif	0.624	0.319	0.100	0.900
Tüccar	0.465	0.213	0.100	0.900
Komisyoncu	0.322	0.191	0.100	0.900

Friedman testi $p < 0.01$ için anlamlıdır. Kendall's W: 0.177

Kadın çiftçiler daha iyi çiftçilik yapabilmek için ekonomik kârı önem derecesinde ilk sıraya koymaktadırlar. Pazarlama ve risk (ekonomik risk alabilme) ise daha iyi çiftçilik için önem derecesinde sırasıyla ikinci ve üçüncü sırada yer almaktadır. Çiftçilere göre daha iyi çiftçilik yapabilmek için tercihlerin önem dereceleri değerlendirilirken hesaplanan Kendall's W değeri 0.171'dir. Buna göre çiftçiler tarafından önem verilen tercihlerin ağırlıkları belirlenirken çiftçiler arasındaki uyum çok zayıf düzeydedir (Tablo 7).

Tablo 7. Kadın çiftçilere göre daha iyi çiftçilik için tercihlerin önem dereceleri

Tercihler	Ortalama	Std. Sapma	Minimum	Maksimum
Kâr	0.572	0.258	0.100	0.900
Pazarlama	0.509	0.257	0.100	0.900
Risk	0.330	0.199	0.100	0.900

Friedman testi $p < 0.01$ için anlamlıdır. Kendall's W: 0.171

Kadın çiftçilerin tercih ettikleri kooperatif hizmetleri arasında pazarlama hizmetinin ilk sırada yer aldığı saptanmıştır. Tercih edilen diğer hizmetler sırasıyla girdi temini, kredi ve teknik bilgi desteğidir. Bu çalışmada çiftçilerin tercih ettikleri kooperatif hizmetleri açısından Kendall's W değeri 0.377 olarak belirlenmiştir. Buna göre ankete katılanlar tarafından önem verilen tercihlerin ağırlıkları belirlenirken çiftçiler arasındaki uyum zayıf düzeydedir (Tablo 8).

Tablo 8. Kadın çiftçilerin tercih ettikleri kooperatif hizmetlerinin önem dereceleri

Hizmetler	Ortalama	Std. Sapma	Minimum	Maksimum
Pazarlama	0.600	0.256	0.100	1.000
Girdi temini	0.562	0.243	0.000	1.000
Kredi	0.359	0.189	0.032	0.900
Teknik bilgi	0.202	0.148	0.000	0.684

Friedman testi $p < 0.01$ için anlamlıdır. Kendall's W: 0.377

2.3. Kooperatifleşme Eğilimi ve Kooperatiflerden Beklentiler

Çiftçi ailelerindeki kadınların kooperatifleşme eğilimi ve kooperatiflerden beklentileriyle ilgili sorulara cevapları Tablo 9'da görülmektedir.

Çiftçi kadınların %90'ı daha önce iş birliği, dayanışma amaçlı bir çalışmaya katıldıklarını belirtmişlerdir. Anket katılımcılarının %69'u kooperatifçilik kavramının ne olduğunu bildiklerini söylemişler ve bu cevabı veren kadınların %60'ı kooperatif tanımını "Ortakların ekonomik, sosyal, kültürel

ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla üretimden pazarlamaya kadar hizmet gösteren gönüllü kuruluş” olarak yapmışlardır. Katılımcılara kooperatifin avantajları sorulduğunda %29 oranla “Ortakların aynı ve nakdi ihtiyaçlarını uygun koşullarda sağlıyor, pazarlama konusunda yardımcı oluyor.” cevabı alınmıştır. Anket katılımcısı kadınların büyük çoğunluğu (%61) Tire’de varlığını sürdürmekte olan kooperatiflerin, kadınların söz hakkına sahip olmaları konusunda etkili olmadıklarını düşünmektedirler (Tablo 9). Trakya Bölgesi’nde yapılmış olan bir çalışmada katılımcı kadınların %89’u daha önce iş birliği amaçlı bir çalışmaya katılmadıkları tespit edilmiştir (Özdemir vd., 2017). Ağrı ve Eskişehir illerinde yapılmış olan bir çalışmada çiftçilerin %75’i daha önce iş birliği amaçlı herhangi bir çalışmaya dahil olmadıklarını belirtmişlerdir. Anket katılımcılarının %63’ü kooperatifçilik kavramının ne olduğunu bildiğini belirtmiş ve %73’ü de kooperatif kavramının “Ortakların ekonomik, sosyal, kültürel ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla üretimden pazarlamaya kadar hizmet gösteren gönüllü kuruluş” anlamına geldiğini belirtmektedir (Yercan vd., 2019).

Tablo 9. Kadın çiftçilerin kooperatifçiliğe dair fikirleri

Daha önce iş birliği, dayanışma amaçlı bir çalışmaya katıldınız mı?	EVET %90	HAYIR %10
Kooperatifçilik kavramının ne demek olduğunu biliyor musunuz?	EVET %69	HAYIR %31
Cevap evet ise; Sizce hangisi kooperatif tanımıdır?	%60 : “Ortakların ekonomik, sosyal, kültürel ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla üretimden pazarlamaya kadar hizmet gösteren gönüllü kuruluş”	
Kooperatiflerin size göre avantajları nelerdir?	%29: “Ortakların aynı ve nakdi ihtiyaçlarını uygun koşullarda sağlıyor, pazarlama konusunda yardımcı oluyor.”	
Tire’de varlığını sürdürmekte olan kooperatiflerin, kadınların söz hakkına sahip olmaları konusunda olumlu etki yarattığını düşünüyor musunuz?	EVET %39	HAYIR %61

Anket katılımcısı çiftçi kadınların %92,2'si herhangi bir kooperatife ortak değilken, %7,8'i tarımsal kooperatif ortağıdır. Burdur İli'nde yapılmış olan bir çalışmada İncelenen işletmelerde kadınların %28,1'nin herhangi bir birlik ya da kooperatife üye olduğu belirlenmiştir (Kutlar vd., 2013). Kooperatif ortağı kadınların ortaklık süresi 1-9 sene arasında değişmektedir. Kooperatif ortağı kadınların tamamı ortak olma nedenlerini “Ürünümü satın alacak ve değerlendirecek bir kuruluş olması” olarak belirtmişlerdir, Kooperatif ortağı kadınlardan yalnızca bir kişinin kooperatifte denetçi görevi bulunmaktadır. Kooperatif ortağı kadınların tamamı ilerleyen dönemlerde kooperatif yönetiminde görev almak istediklerini belirtmişlerdir ve bu görevlerin de “Pazarlama ve hizmet faaliyetlerinde”, “Kooperatif yönetiminde”, “Sosyal faaliyetlerde” olabileceğini belirtmişlerdir. Yine kooperatif ortağı kadınların tamamı, ortağı olduklarını kooperatifin ana sözleşmesini okumamışlardır. Sözleşmeyi okumama sebeplerini de “Gerek duymadım”, “Çok uzundu ve yazılar küçüktü” olarak ifade etmişlerdir. Ağrı ve Eskişehir’de yapılan çalışmada kooperatif ortaklarının %93,80'i ortağı olduğu kooperatifin ana sözleşmesini okumadığını belirtmiştir (Yercan vd., 2019).

“Tire’de yeni kurulacak bir tarımsal üretim kooperatifine ortak olmak ister misiniz?” sorusuna cevap %39 oranla “evet”, %45,45 oranla “hayır”, %15,55’lik oranla da “kararsızım” yanıtını vermişlerdir. Tire’de yeni kurulacak bir kooperatife ortak olmak istemeyen çiftçi kadınlar sebeplerini “Yaşlı olmak”, “Güvensizlik”, “İhtiyaç duymamak”, Yeterli eğitime ve bilgiye sahip olmamak”, Çevreden hoş karşılanmayacağını düşünmek”, “Sağlık sorunları” olarak belirtmişlerdir. 2017 yılında Trakya Bölgesi’ni kapsayan bir çalışmada araştırmaya katılan kadınların %53’ü kurulacak ekonomik amaçlı bir örgütte aktif çalışmak istemediklerini ifade etmiştir. Kadınlar bunun nedeni olarak sırasıyla yeterli zamanının olmamasını (%45,6’sı),

ailesinin istemeyeceğini (%18,8), örgütte aktif çalışmayı olumlu bulmadığını (%8,4), kadınların aktif çalışmasının hoş karşılanmayacağını (%5,4) belirtmiştir (Özdemir vd., 2017).

Anket katılımcısı kadınlara “Yeni bir kooperatife ortak olmanız halinde aile içi statünüzün değişeceğini düşünüyor musunuz?” sorusu sorulduğunda %73 ile cevapları “Hayır” olmuştur. Yeni bir kooperatife ortak olmaları halinde aile içindeki statülerinin değişeceğini düşünen kadınlara (%27) söz konusu değişikliklerin neler olabileceği sorulduğunda “Aile içindeki yetkinliğim artabilir”, “Eşim beni kendisine karşı güç olarak görebilir”, “Ekonomik refah düzeyim artabilir”, “Tarımsal bilgimin daha fazla olduğu düşünülebilir” cevapları alınmıştır. Anket katılımcısı kadınların %75’i yeni bir kooperatife ortak olmaları halinde aileleri tarafından destek görececeklerini düşünürken, %22,4’ü ailesi tarafından desteklenmeyeceğini, %2,6’sı ise böyle bir durumda destek görüp görmeyeceği konusunda kararsız olduğunu belirtmiştir. Kooperatif ortağı olmayan katılımcılara neden herhangi bir kooperatife ortak olmadıkları sorulduğunda %37,14 “Kooperatifçilik zor bir iş”, %34,3’ü ise “Bölgede ihtiyacımı karşılayacak bir kooperatif yok” cevaplarını vermişlerdir (Tablo 10).

Tablo 10. Kadın çiftçilerin kooperatifçilik eğilimleri

Herhangi bir kooperatife ortak mısınız?	EVET		HAYIR	
	%7,8 (Tire Süt Kooperatifi)		%92,2	
Kooperatif ortaklığı süresi	1-9 sene			
Ortak olma nedenleri	“Ürünümü satın alacak ve değerlendirecek bir kuruluş olması”			
Kooperatifte yönetim kurulu üyesi, denetçi ya da temsilci göreviniz var mı?	1 kişi (denetçi)			
İlerleyen dönemlerde kooperatif yönetiminde görev almak ister misiniz?	Ortak kadınların %100’ü: EVET			
Kooperatifte hangi alanlarda aktif çalışmak istersiniz?	“Pazarlama ve Hizmet Faaliyetlerinde”, “Yönetiminde”, “Sosyal Faaliyetlerinde”			
Ortağı olduğunuz kooperatifin ana sözleşmesini okudunuz mu?	Ortak kadınların %100’ü: HAYIR “Gerek Duymadım”, “Çok Uzun ve Yazılar Küçüktü.”			
Kooperatif ortağı değilse, ortak olmama nedenleri	Kooperatifçilik zor bir iş: %37,14			
	Bölgede İhtiyacımı karşılayacak kooperatif yok: %34,3			
	Kooperatiflerin gerekli olduğunu düşünmüyorum: %15,7			
	Kooperatifin talep ettiği ortaklık sermayesi yüksek olduğundan dolayı katılmak istemiyorum/katılamıyorum.: %8,6			
	Diğer: %4,26			
Tire’de yeni kurulacak bir tarımsal üretim kooperatifine ortak olmak ister misiniz?	EVET		HAYIR	
	%39		%45,45	
Tire’de yeni kurulacak bir kooperatife ortak olmanın istenmeme nedeni	*Yaşlı olmak			
	*Güvensizlik			
Yeni bir kooperatife ortak olmanız halinde aile içi statünüzün değişeceğini düşünüyor musunuz?	EVET		HAYIR	
	%27		%73	
Aile içinde yaşanacak olan değişiklikler	* Aile içindeki yetkinliğim artabilir * Eşim beni kendisine karşı güç olarak görebilir * Ekonomik refah düzeyim artabilir * Tarımsal bilgimin daha fazla olduğu düşünülebilir			
Yeni bir kooperatife ortak olmanız halinde ailenizin sizi destekleyeceğini düşünüyor musunuz?	EVET		HAYIR	
	%75		%22,4	

Anket katılımcısı çiftçi kadınlara “İyi bir kooperatiften beklentiniz nedir?” sorusu yöneltildiğinde kadınların %71’i “Teknik bilgi ve eğitim vermeli”, “Ortaklarının gelirini arttırmalı”, “Ortaklarının ürünlerini pazarlamalı”, “Düşük fiyattan girdi temin etmeli” ve “Güvenilir olmalı” cevaplarını birlikte vermişlerdir. Kooperatif ortağı olan kadınların %67’si, kooperatiflerinin yönetim kurulu – ortak ilişkilerini geliştirilebilir bulamaktadırlar. Yine kooperatif ortağı olan anket katılımcılarının %67’si kooperatif yönetim kurulu çalışmalarını başarılı bulup memnun olduklarını belirtirken, %42,86’sı da kooperatiflerinin ana sorununun “eğitim” olduğunu belirtmişlerdir. Kooperatif ortağı kadınlara kooperatiflerinden beklentilerinin gerçekleşme durumu sorulduğunda %62,5’lik oranla “iyi” cevabı alınmıştır (Tablo 11).

Tablo 11. Kadın çiftçilerin kooperatiflerden beklentileri

İyi bir kooperatiften beklentiniz nedir?	%71: “Teknik bilgi ve eğitim”, “Ortaklarının gelirini arttırmalı”, “Ortaklarının ürünlerini pazarlamalı”, “Düşük fiyattan girdi temini”, “Güvenilir olmalı”.				
Kooperatifinizin yönetim kurulu-ortak ilişkilerini nasıl değerlendirirsiniz? (Kooperatif ortakları için)	Güçlü		Geliştirilebilir		
	%33		%67		
Kooperatif yönetim kurulu çalışmalarından ne derece memnunsunuz?	Kararsız ve memnun değil		Memnun ve başarılı bulan		
	%33		%67		
Ortak/üye olduğunuz Kooperatifin ana sorunları sizce nelerdir?	EĞİTİM: %42,86				
Beklentilerin gerçekleşme durumu	Hiç	Çok az	Orta	İyi	Çok iyi
	%12,5	%0	%12,5	%62,5	%12,5

“Kadınlar öncülüğünde yeni kurulacak bir kooperatifin hangi konularda etkili olacağına inanıyorsunuz?” sorusu sorulduğunda verilen cevaplar Tablo 12’de görülmektedir.

Tablo 12. Yeni kurulacak kooperatiften beklentiler (%)

	Az önemli	Orta önemli	Çok önemli
1) Çiftçi kadınların sosyal konumları ve sorunları	-	13	87
2) Çiftçi kadınların ekonomik karları	-	2.6	97.4
3) Ürünlerin etkili pazarlanmasında	-	13	87
4) Daha iyi fiyata değerlendirilmesine	-	10	90
5) Üretim, işleme, pazarlama ve ihracat konusunda teknik destek	3.9	12	84.1
6) Devlet destek ve yardımlarından yararlanmaya	4	14	82
7) Diğer kişi ve firmalarla etkili iş birliğine	12	25	63
8) Doğanın korunması ve geleneksel gıdaların sürdürülebilirliği	2.6	6.4	91

- Çiftçi kadınların sosyal konumları ve sorunlarında etkili olmasına katılımcıların %13'ü orta derecede önemli, %87'si ise çok önemli cevaplarını vermişlerdir.
- Çiftçi kadınların ekonomik karlarındaki etkisinin %2,6'sı orta derecede önemli, %97,4'ü ise çok önemli önemli bulmaktadırlar.
- Ürünlerin etkili pazarlanmasında %13 orta derecede önemli, %87'lik kesim ise çok önemli cevaplarını vermişlerdir.
- Ürünlerin daha iyi fiyata değerlendirilmesinde etkin olmasını %10'luk kesim orta derecede önemli bulurken, %90'lık kesim ise çok önemli görmektedirler.
- Üretim, işleme, pazarlama ve ihracat konusunda teknik desteği %3,9'luk kesim az derecede önemli, %12'lik kesim orta derecede önemli bulurken %84,1'lik kesim ise çok önemli bulmaktadırlar.
- Devlet destek ve yardımlarında yararlanmaya yardım konusunu %4'lük kesim az derecede önemli, %14'lük

kesim orta derecede önemli, %82'lik kesim de çok önemli bulmaktadır.

- Diğer kişi ve firmalarla etkili iş birliğine katkısını %12'lik kesim düşük derecede önemli, %25'lik kesim orta derecede önemli, %63'lük kesim ise çok önemli bulmaktadır.
- Doğanın korunması ve geleneksel gıdaların sürdürülebilirliği konusunda etkisini ise %2,6'lık kesim düşük derece önemli, %6,4'lük kesim orta derece önemli, %91'lik kesim çok önemli bulmaktadır (Tablo 12).

KAYNAKÇA

- Bayoğlu, A. S. (2010). Kırsal alanda kadının ekonomik konularla ilgili karar verme sürecine katılımı: Polatlı örneği. *Gazi Üniversitesi Endüstriyel Sanatlar Eğitim Fakültesi Dergisi*, 26, 57-65.
- Çıkin, A., & Yercan, M. (1995). Tarımda üretici örgütlenmesi. *Türkiye Ziraat Müh. IV. Teknik Kongresi Bildirileri*, 47-71.
- İnan, İ. H., Direk, M., Başaran, B., Birinci, S., & Erkmen, E. (2005). Tarımda örgütlenme. *Türkiye Ziraat Mühendisliği VI. Teknik Kongresi*, 3-7.
- Kılıç, O., Eryılmaz, G. A., & Boz, İ. (2020). Fındık yetiştiriciliği yapan işletmelerde kadınların işgücüne katılımı ve işletme kararlarına etkisi: Samsun ili örneği, Türkiye. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 7(2), 150-155.
- Kızılaslan, N., & Otcu, M. (2023). Kırsalda kadınların tarımsal faaliyetlere ve kararlara katılımının incelemesi: Tokat ili merkez ilçe örneği. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 12(1), 167-180.
- Kutlar, İ., Kızılay, H., & Turhanogulları, Z. (2013). Kırsal alanda kadınların işgücüne ve kararlara katılımını etkileyen sosyo ekonomik faktörlerin belirlenmesi: Burdur ili örneği. *Akdeniz University Journal of the Faculty of Agriculture*, 26(1), 27-32.
- Merter, F. (1990). 1950-1988 yılları arasında köy ailesinde meydana gelen değişimler: Malatya örneği (No. 2). TC Başbakanlık Aile Araştırma Kurumu Başkanlığı.
- Özdemir, G., Unakıtan, G., Keskin, G., Yılmaz, E., & Ülker, F. E. (2017). Tarım İşletmelerinde Kadınların İşgücüne Katkısı ve Örgütlenme Yaklaşımları: Trakya Bölgesi

Örneği. *Sosyal Politika Çalışmaları Dergisi*, 17(39), 33-58.

Terin, M., & Ateş, H. Ç. (2010). Çiftçilerin örgütlenme düzeyi ve örgütlerden beklentileri üzerine bir araştırma: Van İli Örneği. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 47(3), 265-274.

Yercan, M., Kaya, N., Çoker, S., & Kınıklı, F. (2019). Çiftçilerin kooperatifçiliğe bakış açıları üzerine bir araştırma: Ağrı ve Eskişehir illeri örneği. *Tarım Ekonomisi Dergisi*, 25(2), 219-230.

Yılmaz, E., Özdemir, G., Oraman, Y., Unakıtan, G., & Konyalı, S. (2019). Tarımsal üretimde kadınların karar alma süreçlerine katılımı ve kooperatiflerden beklentileri. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16(1), 71-81.

TOPRAKTAKİ YARARLI BAKTERİLERİN BİTKİ GELİŞİMİNİ DESTEKLEMEDEKİ ROLÜ

Durmuş ÇETİNKAYA¹

1. GİRİŞ

Bitkisel üretimde verimliliğin artırılması, yalnızca genetik ve tarımsal tekniklerin iyileştirilmesiyle sınırlı olmayıp, aynı zamanda bitki ile toprak mikrobiyotası arasındaki etkileşimlerin anlaşılması ve bu etkileşimlerin optimize edilmesiyle de doğrudan ilişkilidir (Qiu vd. 2019). Modern tarım uygulamaları, uzun yıllar boyunca yüksek verim elde etme amacıyla yoğun kimyasal gübre ve pestisit kullanımını teşvik etmiş; ancak bu yaklaşım, toprak sağlığında bozulmaya, mikrobiyal çeşitlilikte azalmaya ve ekosistem dengesinin zedelenmesine yol açmıştır (Gupta vd. 2022). Bu bağlamda, sürdürülebilir tarım yaklaşımlarının önemi giderek artmakta ve toprakta doğal olarak bulunan ya da dışarıdan uygulanan yararlı mikroorganizmaların, özellikle bakterilerin, bitki gelişimindeki rollerine olan ilgi bilimsel ve uygulamalı düzeyde ivme kazanmaktadır (Gómez-Godínez vd. 2023). Bilindiği üzere bakteriler, insanlık için birçok alanda kritik roller üstlenir. Gıda endüstrisinde yoğurt, peynir ve turşu gibi fermente ürünlerin yapımında, tıpta antibiyotik ve insülin üretiminde, tarımda toprağın verimliliğini artırmak veya zararlılarla mücadelede kullanılırlar (Holzapfel ve Wood 2014). Çevre temizliğinde petrol sızıntılarını parçalayarak, atık su arıtımında veya ağır metallerin zararsız hale getirilmesinde ayrıca madencilik sektöründe kullanımı etkilidirler (Silva vd., 2022;

¹ Dr. Öğretim Üyesi, Çukurova Üniversitesi, Aladağ Meslek Yüksekokulu, Ormancılık bölümü, e-mail: dcetinkaya@cu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-3593-6437.

Çetinkaya, 2025a, 2025b). Endüstriyel süreçlerde biyoyakıt ve biyoplastik üretimine katkı sağlarken, genetik mühendisliği ve biyoteknolojide gen düzenleme (CRISPR) gibi yenilikçi teknolojilerin temelini oluştururlar(Estrela ve Cate 2016). Sionek vd., 2023 Bu mikroorganizmaların, hem geleneksel uygulamalarda hem de modern bilimde vazgeçilmez bir yere sahip olduklarını ifade etmişlerdir.

Toprak mikrobiyotasının en aktif ve işlevsel üyeleri arasında yer alan yararlı bakteriler, bitki büyümesini doğrudan veya dolaylı yollarla destekleyen çok çeşitli mekanizmalara sahiptir (Hayat vd. 2010). Bu bakteriler, atmosferik azotun bitkilerin kullanabileceği formata dönüştürülmesi, toprakta çözünmeyen fosfatların mobilize edilmesi, fitohormon üretimi, stres toleransının artırılması, patojen baskılanması ve besin alımının kolaylaştırılması gibi pek çok hayati işlevi yerine getirebilirler (Gamalero ve Glick 2019; Timofeeva, Galyamova, ve Sedykh 2023). Bu özelliklerinden dolayı, yararlı toprak bakterileri, "bitki büyümesini teşvik eden bakteriler" (Plant Growth-Promoting Rhizobacteria, PGPR) olarak adlandırılırlar. Biyogübre, biyostimülant ve biyokontrol ajanları olarak değerlendirilme potansiyeline sahiptirler (Delaeter vd. 2024).

Bu bölümünde, yararlı bakterilerin bitki gelişimi üzerindeki etkileri çok boyutlu bir yaklaşımla ele alınacaktır. Öncelikle, simbiyotik ilişki kurarak atmosferik azotu sabitleyen simbiyotik N₂-fiksasyon bakterileri incelenecek, ardından serbest yaşayan ve simbiyotik olmayan N₂-fiksasyon kapasitesine sahip bakteriler değerlendirmeye alınacaktır. Fosfor çözünürlüğünü artırarak bitkilerin fosfor alımını destekleyen fosfor çözünüleştirici bakterilerin (PSB) işlevleri de detaylı bir şekilde tartışılacaktır.

Bu kapsamlı değerlendirme, hem mikrobiyoloji hem de bitki fizyolojisi perspektifinden, yararlı bakterilerin agroekosistemlerdeki işlevsel önemine ışık tutmayı ve araştırmacılara, uygulayıcılara ve politika yapıcılara bu mikroorganizmaların sürdürülebilir tarıma entegrasyonu konusunda bilimsel bir temel sunmayı amaçlamaktadır.

2. SİMBİYOTİK AZOT BAĞLAYICI BAKTERİLER

Azot, bitkiler için temel makro besin elementlerinden biri olup protein, nükleik asit ve klorofil gibi yaşamsal moleküllerin sentezinde rol oynar (Kishorekumar vd. 2020). Ancak atmosferde bol miktarda (%78) bulunmasına rağmen, moleküler azotun (N_2) bitkiler tarafından doğrudan kullanımı mümkün değildir (Rogers ve Oldroyd 2014). Bu nedenle, azotun biyolojik olarak kullanılabilir formlara dönüştürülmesi, ekosistemlerin sürdürülebilirliği ve bitki gelişimi açısından kritik öneme sahiptir (Chanway vd. 2014). Bu dönüşüm sürecinde en önemli görev, simbiyotik azot bağlayıcı bakterilere düşmektedir.

Simbiyotik azot bağlayıcı bakteriler, bitkilerle karşılıklı fayda esasına dayalı bir simbiyoz ilişkisi kurarak atmosferik azotu bitkinin kullanabileceği amonyak (NH_3) formuna dönüştürürler (De Bruijn 2019). Bu bakteriler, çoğunlukla Fabaceae (baklagiller) familyasına ait bitkilerle ilişkili olarak bulunur ve en bilinen cinsleri arasında *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Sinorhizobium*, *Azorhizobium* ve *Mesorhizobium* yer almaktadır (Peix vd. 2015).

2.1. Nodül Oluşumu ve Azot Fiksasyonu

Simbiyotik ilişkinin başlangıcı, toprakta serbest yaşayan azot bağlayıcı bakterilerin bitki köklerinden salgılanan flavonoid bileşiklerini algılamasıyla başlar (Dong ve Song 2020). Bu

bileşikler, bakterilerde nod genlerinin aktivasyonunu tetikleyerek, Nod faktörlerinin sentezine neden olur. Nod faktörleri, bitki kök hücrelerinde morfolojik değişikliklere yol açarak enfeksiyon tüylerinin oluşumunu ve sonrasında kök nodüllerinin meydana gelmesini sağlar (D'Haeze ve Holsters 2002). Bu nodüller içerisinde bakteriler, "bakteroid" adı verilen özel bir form kazanarak simbiyotik yaşamlarına devam eder (Becker 2017).

Nodül içinde bulunan leghaemoglobin adlı pigment, oksijen konsantrasyonunu düzenleyerek azotaz enzim kompleksinin etkinliğini sağlar (Singh ve Varma 2017). Azotaz enzimi, ATP kullanarak atmosferik azotu indirger ve amonyak formuna çevirir (Threatt ve Rees 2023). Bu amonyak, bitki tarafından alınarak amino asit ve diğer azotlu bileşiklerin sentezinde kullanılırken, bakteriler ise bitkiden sağlanan karbon kaynaklarıyla enerji ihtiyaçlarını karşılar (Lepetit ve Brouquisse 2023).

2.2. Tarımsal ve Ekolojik Önemi

Simbiyotik azot fiksasyonu, hem ekosistem işleyişi hem de tarımsal üretkenlik açısından son derece önemlidir (Geddes ve Oresnik 2016). Kimyasal azot gübrelerine olan bağımlılığı azaltarak sürdürülebilir tarım uygulamalarına katkı sağlar (Tang vd. 2022). Özellikle azotça fakir topraklarda yetiştirilen baklagiller, bu simbiyotik ilişki sayesinde kendi azot ihtiyaçlarını karşılayabilmekte ve toprağın azot içeriğini artırarak ardıl bitkilere de fayda sağlayabilmektedir (Kumar, Juyal, ve Prasad 2022).

Ek olarak, simbiyotik azot bağlayıcı bakteriler, toprak sağlığının korunması ve toprak verimliliğinin artırılmasında önemli bir rol oynamaktadır. Bu bakteriler sayesinde azot döngüsü daha doğal yollarla gerçekleşmekte, bu da toprağın

biyolojik aktivitesini teşvik ederek mikrobiyal çeşitliliği desteklemektedir (Chellem vd. 2024).

2.3. Biyoteknolojik Yaklaşımlar ve Gelecekteki Uygulamalar

Günümüzde simbiyotik azot fiksasyonu üzerine yapılan çalışmalar, biyoteknolojik uygulamalarla bu sürecin etkinliğini artırma yönünde ilerlemektedir (Goyal, Mattoo, ve Schmidt 2021). Genetik mühendislik teknikleriyle azot fiksasyon yeteneği olmayan bitkilerde bu özelliğin kazandırılması veya simbiyotik bakterilerin verimliliklerinin artırılması yönünde araştırmalar yürütülmektedir (Bennett, Murray, ve Isalan 2023). Bu tür çalışmalar, hem girdi maliyetlerinin azaltılması hem de çevresel etkilerin minimize edilmesi açısından büyük potansiyele sahiptir.

Atmosferik azotun (N_2) biyolojik olarak bitkiler tarafından kullanılabilir forma dönüştürülmesi süreci, yalnızca simbiyotik bakteriler aracılığıyla değil, aynı zamanda simbiyotik olmayan (serbest yaşayan veya asosiyatif) azot sabitleyici bakteriler tarafından da gerçekleştirilir (Lawal vd. 2021). Bu bakteriler, bitkilerle doğrudan bir simbiyotik nodül ilişkisi kurmaksızın, toprakta serbest olarak veya bitki rizosferine yakın bölgelerde yaşayarak azot fiksasyonu gerçekleştirebilirler. Bu özellikleriyle, özellikle azotça fakir topraklarda bitki gelişimini destekleyici ekolojik roller üstlenirler (Lawal vd. 2021).

3. SERBEST YAŞAYAN AZOT FİKSE EDEN BAKTERİLER

Simbiyotik olmayan N_2 -sabitleyici bakteriler, atmosferik azotu moleküler düzeyde indirgemek üzere azotaz (nitrogenase) enzimi kullanan, genellikle toprakta bağımsız yaşayan mikroorganizmalardır (Flora vd. 2021). Bu gruba giren başlıca cinsler arasında *Azotobacter*, *Clostridium*, *Beijerinckia*,

Klebsiella ve *Derxia* gibi bakteriler yer almaktadır. Bu organizmalar, özellikle organik madde açısından zengin topraklarda aktif hale gelerek azot fiksasyonu yoluyla toprağa biyolojik olarak kullanılabilir azot katkısı sağlarlar (Vishwakarma vd. 2017).

Azotobacter türleri, aerop koşullarda çalışan, yüksek metabolik kapasiteye sahip bakteriler olup toprakta serbest halde yaşarlar ve azot fiksasyonu ile birlikte vitaminler, büyüme düzenleyicileri (özellikle indol-3-asetik asit [IAA]) ve sideroforlar üretirler (Chennappa vd. 2017). Bu bileşikler, doğrudan bitki büyümesini teşvik ederken, dolaylı olarak da rizosferdeki mikrobiyal dengeyi korur (Timofeeva, Galyamova, ve Sedykh 2022).

Anaerobik koşullarda azot fikse eden *Clostridium* türleri ise, özellikle suya doymun, oksijen açısından fakir ortamlarda faaliyet gösterir (Meurial, Kumar, ve Sivakumar 2017). Bu bakteriler, azot sabitlemenin yanı sıra bazı organik asitleri de üretirler; bu asitler hem toprağın pH dengesini etkileyebilir hem de mineral çözünürlüğünü artırabilir (Timofeeva vd. 2023).

3.1. Rizobakteriyel İlişkiler ve Asosiyatif Azot Fiksasyonu

Simbiyotik olmayan azot sabitleyici bakteriler yalnızca serbest yaşam biçimiyle sınırlı değildir; birçok tür bitki kök yüzeyine tutunarak, gevşek bir birliktelik içinde “asosiyatif” azot fiksasyonu gerçekleştirebilir. Bu ilişki, tam anlamıyla simbiyotik olmasa da, bitki ile bakteri arasında karşılıklı yarara dayalı gevşek bir etkileşimi içerir (Flora vd. 2021).

Bu kategoriye giren en önemli bakteriyel türlerden biri *Azospirillum* spp.’dir. Özellikle çimensi bitkiler (Poaceae) ile ilişkilenen *Azospirillum*, mısır, buğday, arpa ve sorgum gibi ekonomik değeri yüksek tarla bitkileriyle rizosfer düzeyinde bir etkileşim geliştirir (Rodrigues vd. 2015). Bu bakteriler, düşük

düzeyde azot sabitlemelerinin yanında, bitki köklerinin morfolojisini ve yüzey alanını artırarak su ve besin alımını kolaylaştıran fitohormonlar (özellikle sitokinin ve gibberellinler) üretirler (Fukami, Cerezini, ve Hungria 2018).

3.2. Ekosistem Hizmetleri ve Tarımsal Uygulamalar

Simbiyotik olmayan N_2 -sabitleyici bakterilerin en önemli katkılarından biri, ekosistemlerin azot döngüsüne yaptıkları katkıdır. Bu bakteriler sayesinde, özellikle doğal ekosistemlerde ve organik tarım uygulamalarında azot girdisi sağlanarak toprak verimliliği korunur (Flora vd. 2021). Ayrıca kimyasal azot gübrelerine olan bağımlılığın azaltılması yoluyla, tarımsal üretimin çevresel ayak izi düşürülür (Roper ve Gupta 2016).

Bu bakterilerin toprakta biyolojik olarak aktif olmalarını etkileyen başlıca çevresel faktörler arasında organik madde miktarı, pH, sıcaklık, nem düzeyi ve mikrobiyal rekabet yer almaktadır (Barbato, Foley, ve Reynolds 2015). Bu nedenle, bu bakterilerden maksimum faydanın sağlanabilmesi için uygun toprak yönetimi stratejileri uygulanmalıdır. Kompost, yeşil gübreleme ve düşük etkili toprak işleme teknikleri, bu mikrobiyal toplulukların faaliyetini teşvik eden uygulamalara örnek olarak verilebilir.

3.3. Gelecekteki Perspektifler ve Araştırma Alanları

Moleküler biyoloji ve genomiksin gelişmesiyle birlikte, simbiyotik olmayan azot sabitleyici bakterilerin genetik kapasiteleri daha detaylı biçimde anlaşılmaya başlanmıştır (Roper ve Gupta 2016). Bu bakterilerin azot fiksasyon yeteneklerinin artırılması, toprakla daha iyi etkileşim kurmalarını sağlayacak genetik modifikasyonlar ve çeşitli taşıyıcı sistemlerle tarımda etkin kullanımının yaygınlaştırılması, güncel araştırmaların odak noktası haline gelmiştir (Destro de Lima vd. 2024).

Ayrıca, bu bakterilerin iklim değişikliği koşullarında performanslarının incelenmesi, toprak rehabilitasyonu ve kuraklıkla mücadelede potansiyel rollerinin değerlendirilmesi de gelecekteki çalışma alanları arasında yer almaktadır.

4. FOSFOR ÇÖZÜCÜ BAKTERİLER

Fosfor (P), bitkilerin büyüme ve gelişmesinde azottan sonra en önemli ikinci temel makro besin elementi olarak kabul edilmektedir. Fotosentez, enerji transferi (ATP, ADP, NADPH), hücre bölünmesi, kök gelişimi ve genetik materyalin sentezi gibi hayati fizyolojik süreçlerde doğrudan rol oynar (Jurić vd. 2013). Ancak toprakta bulunan toplam fosforun büyük bir kısmı, bitkiler tarafından doğrudan alınıp kullanılabilecek formda değildir. Fosfor genellikle çözünmeyen inorganik mineraller (kalsiyum, demir ve alüminyum fosfatları) ya da organik bileşikler halinde bulunur (Sindhu vd. 2014). Bu nedenle, toprakta mevcut olan fosforun biyolojik olarak kullanılabilir forma dönüştürülmesi, bitki gelişimi için kritik bir süreçtir. Bu dönüşümde önemli rol oynayan mikroorganizmaların başında fosfor çözücü bakteriler (phosphate solubilizing bacteria - PSB) gelmektedir (Siddique vd. 2021).

4.1. Fosforun Çözünürlüğü ve Mikrobiyal Aktivite

Fosfor çözücü bakteriler, toprakta çözünmeyen fosfor bileşiklerini çözünür hale getirerek bitki kökleri tarafından emilimini kolaylaştırırlar. Bu bakteriler tarafından gerçekleştirilen çözünürleştirme süreci, hem kimyasal hem de biyokimyasal mekanizmaları içerir. PSB'lerin başlıca çözünürleştirme mekanizmaları şu şekilde özetlenebilir:

Organik asit üretimi: PSB'ler, sitrik asit, malik asit, glukonik asit, oksalik asit ve laktik asit gibi düşük moleküler ağırlıklı organik asitler salgılayarak çözünmeyen fosfat

mineralleriyle şelat oluşturarak fosforu çözünür hale getirirler (Chen vd. 2016). Bu asitler aynı zamanda ortamın pH'ını düşürerek çözünürlüğü artırır.

Fosfataz enzimleri: Organik fosfor bileşiklerinin mineralizasyonu için PSB'ler tarafından üretilen asidik ve alkali fosfatazlar ile fitaz enzimleri, organik fosforun inorganik forma dönüşmesini sağlar (Chen vd. 2016).

Bu bakteriler, yalnızca fosfor çözünürlüğünü artırmakla kalmaz, aynı zamanda bitki büyümesini teşvik eden fitohormonlar (örneğin IAA), sideroforlar ve antibiyotikler üretmeleri sayesinde rizosfer mikrobiyal dengesini destekleyerek bitki sağlığını da olumlu yönde etkilerler.

4.2. Önemli Fosfor Çözücü Bakteri Türleri

Toprakta yaygın olarak bulunan fosfor çözücü bakteriler arasında şu cinsler öne çıkar:

Bacillus spp.

Pseudomonas spp.

Rhizobium spp.

Burkholderia spp.

Enterobacter spp.

Serratia spp.

Özellikle *Bacillus* ve *Pseudomonas* türleri, hem dayanıklı spor yapıları hem de güçlü organik asit üretimleriyle tarımsal açıdan büyük önem taşır (Muthukumar vd. 2022). *Rhizobium* türleri ise, azot fiksasyonu yeteneklerinin yanında fosfor çözünürlüğüne de katkıda bulunarak çift yönlü yarar sağlayan bakterilerdir.

4.3. Tarımsal Önemi ve Uygulama Potansiyeli

Fosfor çözücü bakteriler, geleneksel fosforlu gübrelerin çevresel ve ekonomik olumsuzluklarına alternatif olarak önemli bir biyogübre potansiyeli taşırlar. Fosfat kayalarının sınırlı doğa rezervleri, fosforlu gübrelerin aşırı ve dengesiz kullanımı sonucu meydana gelen toprak tuzluluğu ve çevresel kirlenme gibi sorunlara karşı, PSB'lerin kullanımı sürdürülebilir tarım açısından büyük avantaj sağlar.

Bu bakterilerin topraklara doğrudan uygulanması, fide üretiminde kök ortamlarına inokülasyon yoluyla verilmesi ya da tohum kaplama (inokülasyon) teknikleri ile bitkiyle temas ettirilmesi yaygın yöntemler arasındadır. PSB uygulamaları sonucunda kök gelişimi, fosfor alımı, biyokütle artışı ve verimlilikte kayda değer artışlar sağlanabilmektedir.

4.4. Toprak Ekolojisi ve PSB Aktivitesini Etkileyen Faktörler

Fosfor çözücü bakterilerin etkinliği; toprak pH'ı, sıcaklık, nem oranı, organik madde düzeyi ve mikrobiyal rekabet gibi çevresel faktörlerden etkilenmektedir. Özellikle yüksek pH değerine sahip alkali topraklarda fosfor çözünürlüğü düşerken, asidik ve organik madde açısından zengin ortamlarda PSB aktivitesi artmaktadır. Bu nedenle, PSB'lerin etkili olabilmesi için uygun toprak yönetimi stratejilerinin uygulanması ve mikrobiyal konsorsiyumların geliştirilmesi büyük önem taşır.

4.5. Biyoteknolojik Yaklaşımlar ve Gelecekteki Uygulamalar

Fosfor çözücü bakterilerin etkinliğini artırmaya yönelik biyoteknolojik yaklaşımlar, günümüzde giderek artan bir araştırma alanıdır (Bargaz vd. 2021). Genetik mühendislik teknikleri ile yüksek organik asit üretim kapasitesine sahip suşların geliştirilmesi, çok işlevli mikrobiyal formülasyonların

oluşturulması ve rekombinant enzim üretimi gibi stratejiler, fosfor biyoyararlanımını optimize etmeye yöneliktir (Berde, Rawool, ve Berde 2021). Ayrıca bu bakterilerin mikrobiyom düzeyinde bitki sağlığına etkileri ve stres koşullarındaki performanslarının anlaşılması, gelecekteki sürdürülebilir tarım politikalarının belirlenmesine katkı sağlayacaktır.

5. SONUÇ

Toprak ekosistemlerinde yer alan yararlı bakteriler, bitki gelişiminin desteklenmesi ve tarımsal verimliliğin artırılması bakımından hayati öneme sahiptir. Özellikle besin maddelerinin biyoyararlanımını artıran mikrobiyal gruplar arasında yer alan simbiyotik ve simbiyotik olmayan N₂-sabitleyici bakteriler ile fosfor çözücü bakteriler, hem doğal ekosistemlerin işleyişinde hem de sürdürülebilir tarım uygulamalarında temel aktörler olarak öne çıkmaktadır.

Simbiyotik azot bağlayıcı bakteriler, başta baklagiller olmak üzere bazı bitkilerle karşılıklı fayda esasına dayalı ilişkiler kurarak atmosferik azotu bitkilerin doğrudan kullanabileceği formlara dönüştürmekte ve böylece azot eksikliği sorununu doğal yollarla gidermektedir. Bu bakteriler, bitki köklerinde oluşturdukları nodüller aracılığıyla bitkinin azot ihtiyacını karşılamakta, aynı zamanda toprağın azot içeriğini artırarak ekosistemdeki genel besin döngüsüne katkı sağlamaktadır.

Simbiyotik olmayan azot sabitleyici bakteriler ise, bitkilerle doğrudan simbiyotik ilişkiler kurmaksızın toprakta serbest halde yaşayarak benzer bir işlevi yerine getirmektedir. Bu bakteriler, özellikle baklagil dışı bitkilerle etkileşime girerek azot fiksasyonu gerçekleştirmekte ve rizosferde oluşturdukları faydalı mikrobiyal ortam sayesinde bitki büyümesini dolaylı olarak teşvik etmektedir. Azospirillum, Azotobacter ve Clostridium gibi

türler, tarımsal üretimde azotlu gübre kullanımını azaltacak potansiyele sahiptir.

Fosfor çözücü bakteriler ise, toprakta çoğunlukla çözünmeyen formlarda bulunan fosforun bitkiler tarafından alınabilir hale getirilmesini sağlayarak önemli bir besin elementinin biyoyararlanımını artırmaktadır. Bu bakteriler, organik asitler ve fosfataz enzimleri aracılığıyla fosforu çözünür forma dönüştürmekte, bunun yanı sıra fitohormon üretimi ve kök gelişimi üzerindeki olumlu etkileriyle de bitki büyümesini çok yönlü biçimde desteklemektedir.

Tüm bu mikrobiyal gruplar değerlendirildiğinde, toprakta yaşayan yararlı bakterilerin bitki beslenmesini optimize eden, kimyasal gübre ihtiyacını azaltan ve ekolojik dengeyi koruyan işlevleriyle sürdürülebilir tarımın temel bileşenlerinden biri olduğu açıkça görülmektedir. Bu bakterilerin tarımsal üretim sistemlerine entegrasyonu, yalnızca verimlilik artışı değil, aynı zamanda çevresel etkilerin azaltılması ve toprak sağlığının uzun vadeli korunması açısından da büyük önem taşımaktadır. Bu doğrultuda, yararlı toprak bakterilerinin kullanımını teşvik eden tarım politikaları, biyogübre teknolojilerinin geliştirilmesi ve mikrobiyal ekosistemlerin daha derinlemesine araştırılması, geleceğin çevre dostu ve verimli tarım anlayışının şekillenmesinde belirleyici olacaktır.

KAYNAKÇA

- Barbato, R. A., Foley, K. L., & Reynolds, C. M. (2015). Soil temperature and moisture effects on soil respiration and microbial community abundance conceptual model of a soil pore, emphasizing soil microorganisms' role in heterotrophic respiration. *International Journal of Coal Preparation and Utilization*, 45(5). doi:10.1080/19392699.2025.2484322
- Bargaz, A., Elhaisoufi, W., Khourchi, S., Benmrid, B., Borden, K. A., & Rchiad, Z. (2021). Benefits of phosphate solubilizing bacteria on belowground crop performance for improved crop acquisition of phosphorus. *Microbiological Research*, 252, 126842. doi:10.1016/j.micres.2021.126842
- Becker, A. (2017). Classic spotlight: Bacteroids—Views of an enigmatic bacterial state in root nodule symbiosis through the centuries. *Journal of Bacteriology*, 199(3), e00741-16. doi:10.1128/JB.00741-16
- Bennett, E. M., Murray, J. W., & Isalan, M. (2023). Engineering nitrogenases for synthetic nitrogen fixation: From pathway engineering to directed evolution. *Biodesign Research*, 5, 0005. doi:10.34133/BDR.0005
- Berde, C. P., Rawool, P., & Berde, V. B. (2021). Phosphate-solubilizing bacteria: Recent trends and applications in agriculture. In *Recent Advancement in Microbial Biotechnology: Agricultural and Industrial Approach* (pp. 27–47). doi:10.1016/B978-0-12-822098-6.00004-5
- Chanway, C. P., Anand, R., & Yang, H. (2014). Nitrogen fixation outside and inside plant tissues. In *Advances in Biology and Ecology of Nitrogen Fixation*. doi:10.5772/57532

- Chellem, S. R., Kishore, C. V. L., Reddy, G. S. V., Akshay, D. V. S., Kalpana, K., Lavanya, P., & Choragudi, K. H. (2024). Symbiotic relationships between nitrogen-fixing bacteria and leguminous plants ecological and evolutionary perspectives: A review. *Uttar Pradesh Journal of Zoology*, 45(13), 145–160. doi:10.56557/UPJOZ/2024/V45I134143
- Chen, W., Yang, F., Zhang, L., & Wang, J. (2016). Organic acid secretion and phosphate solubilizing efficiency of *Pseudomonas* sp. PSB12: Effects of phosphorus forms and carbon sources. *Geomicrobiology Journal*, 33(10), 870–877. doi:10.1080/01490451.2015.1123329
- Chennappa, G., Naik, M. K., Amaresh, Y. S., Nagaraja, H., & Sreenivasa, M. Y. (2017). *Azotobacter*: A potential biofertilizer and bioinoculant for sustainable agriculture. In *Microorganisms for Sustainability* (Vol. 6, pp. 87–106). doi:10.1007/978-981-10-6241-4_5
- Çetinkaya, Z. (2025a). Enhancing low-rank coal using a bioproduct of *Aspergillus niger* by experimental design. *International Journal of Coal Preparation and Utilization*, 45(5), 1172–1186. doi:10.1080/19392699.2025.2484322
- Çetinkaya, Z. (2025b). Investigation of removal of ash and sulfur from Kangal (Sivas/Turkey) lignite with the application of combined methods. *International Journal of Coal Preparation and Utilization*. 45(5), 1154–1171. doi:10.1080/19392699.2024.2391908
- D’Haeze, W., & Holsters, M. (2002). Nod factor structures, responses, and perception during initiation of nodule development. *Glycobiology*, 12(6). doi:10.1093/glycob/12.6.79R

- Delaeter, M., Magnin-Robert, M., Randoux, B., & Sahraoui, A. L. H. (2024). Arbuscular mycorrhizal fungi as biostimulant and biocontrol agents: A review. *Microorganisms*, 12(7), 1281. doi:10.3390/microorganisms12071281
- Destro de Lima, J., de Souza, A. J., Nunes, A. L. P., Rivadavea, W. R., Zaro, G. C., & da Silva, G. J. (2024). Expanding agricultural potential through biological nitrogen fixation: Recent advances and diversity of diazotrophic bacteria. *Australian Journal of Crop Science*, 18(6), 324–333. doi:10.21475/ajcs.24.18.06.p4104
- Dong, W., & Song, Y. (2020). The significance of flavonoids in the process of biological nitrogen fixation. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(16), 5926. doi:10.3390/ijms21165926
- Estrela, R., & Cate, J. H. D. (2016). Energy biotechnology in the CRISPR-Cas9 era. *Current Opinion in Biotechnology*, 38, 79–84. doi:10.1016/j.copbio.2016.01.005
- Flora, Y., Rabha, P., Shinde, A., Jha, P., & Jobby, R. (2021). Non-symbiotic bacteria for soil nitrogen fortification. In *Soil Nitrogen Ecology* (pp. 417–435). doi:10.1007/978-3-030-73245-5_13
- Fukami, J., Cerezini, P., & Hungria, M. (2018). *Azospirillum*: Benefits that go far beyond biological nitrogen fixation. *AMB Express*, 8(1), 1–12. doi:10.1186/s13568-018-0608-1
- Gamalero, E., & Glick, B. R. (2019). Plant growth-promoting bacteria in agricultural and stressed soils. In *Modern Soil Microbiology* (pp. 361–380). doi:10.1201/9780429059186-22

- Geddes, B. A., & Oresnik, I. J. (2016). The mechanism of symbiotic nitrogen fixation. In *Biological Nitrogen Fixation* (pp. 69–97). doi:10.1007/978-3-319-28068-4_4
- Gómez-Godínez, L. J., Aguirre-Noyola, J. L., Martínez-Romero, E., Arteaga-Garibay, R. I., Ireta-Moreno, J., & Ruvalcaba-Gómez, J. M. (2023). A look at plant-growth-promoting bacteria. *Plants*, 12(8), 1668. doi:10.3390/plants12081668
- Goyal, R. K., Mattoo, A. K., & Schmidt, M. A. (2021). Rhizobial–host interactions and symbiotic nitrogen fixation in legume crops toward agriculture sustainability. *Frontiers in Microbiology*, 12, 669404. doi:10.3389/fmicb.2021.669404
- Gupta, A., Singh, U. B., Sahu, P. K., Paul, S., Kumar, A., Malviya, D., Singh, S., Kuppusamy, P., Singh, P., Paul, D., Rai, J. P., Singh, H. V., Manna, M. C., Crusberg, T. C., Kumar, A., & Saxena, A. K. (2022). Linking Soil Microbial Diversity to Modern Agriculture Practices: A Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(5), 3141. <https://doi.org/10.3390/ijerph19053141>
- Hayat, R., Ali, S., Amara, U., Khalid, R., & Ahmed, I. (2010). Soil beneficial bacteria and their role in plant growth promotion: A review. *Annals of Microbiology*, 60(4), 579–598. doi:10.1007/s13213-010-0117-1
- Holzapel, W. H., & Wood, B. J. B. (Eds.). (2014). *Lactic Acid Bacteria: Biodiversity and Taxonomy*. doi:10.1002/9781118655252
- Jurić, S., Vojta, L., & Fulgosi, H. (2013). Electron transfer routes in oxygenic photosynthesis: Regulatory mechanisms and new perspectives. In *Photosynthesis*. doi:10.5772/55339

- Kishorekumar, R., Bulle, M., Wany, A., & Gupta, K. J. (2020). An overview of important enzymes involved in nitrogen assimilation of plants. *Methods in Molecular Biology*, 2057, 1–13. doi:10.1007/978-1-4939-9790-9_1
- Kumar, A., Juyal, R., & Prasad, R. (2022). Role of leguminous crops in enhancing soil fertility and their impact on the growth and yield of companion crops. *Journal of Survey in Fisheries Sciences*, 8(3), 334–338. doi:10.53555/sfs.v8i3.2383
- Lawal, I., Yusuf, I., Fardami, A. Y., & Musa, A. (2021). Nitrogen fixing bacteria and their application for heavy metal removal: A mini review. *Journal of Biochemistry, Microbiology and Biotechnology*, 9(2), 43–47. doi:10.54987/jobimb.v9i2.617
- Lepetit, M., & Brouquisse, R. (2023). New insights into the control of symbiotic nitrogen fixation by carbon supply. *Molecular Plant*, 16(11), 1724–1726. doi:10.1016/j.molp.2023.09.021
- Meurial, D., Kumar, C. K., & Sivakumar, U. (2017). Isolation and characterization of N₂ fixing anaerobic bacteria from paddy ecosystem. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(6), 1691–1700. doi:10.20546/ijcmas.2017.606.197
- Muthukumar, A., Raj, T. S., Prabhukarthikeyan, S. R., Naveen, R., & Keerthanab, U. (2022). *Pseudomonas* and *Bacillus*: A biological tool for crop protection. In *New and Future Developments in Microbial Biotechnology and Bioengineering* (pp. 145–158). doi:10.1016/B978-0-323-85577-8.00006-8
- Peix, A., Ramírez-Bahena, M. H., Velázquez, E., & Bedmar, E. J. (2015). Bacterial associations with legumes. *Critical*

Reviews in Plant Sciences, 34, 17–42.
doi:10.1080/07352689.2014.897899

- Qiu, Z., Egidi, E., Liu, H., Kaur, S., & Singh, B. K. (2019). New frontiers in agriculture productivity: Optimised microbial inoculants and in situ microbiome engineering. *Biotechnology Advances*, 37(6), 107371. doi:10.1016/j.biotechadv.2019.03.010
- Rodrigues, A. C., Bonifacio, A., Araujo, F. F., Lira Junior, M. A., & Figueiredo, M. V. B. (2015). *Azospirillum* sp. as a challenge for agriculture. In *Microbial Biofertilizers and Their Applications* (pp. 29–51). doi:10.1007/978-3-319-24654-3_2
- Roper, M. M., & Gupta, V. V. S. R. (2016). Enhancing non-symbiotic N₂ fixation in agriculture. *The Open Agriculture Journal*, 10(1), 7–27. doi:10.2174/1874331501610010007
- Siddique, R., Gul, A., Ozturk, M., & Altay, V. (2021). Phosphate solubilizing bacteria for soil sustainability. In *Handbook of Assisted and Amendment-Enhanced Sustainable Remediation Technology* (pp. 423–435). doi:10.1002/9781119670391.ch21
- Silva, R. R. da, Silva, Y. A. da, Silva, T. A. de L. e, Sarubbo, L. A., & Luna, J. M. de. (2022). Recent advances in environmental biotechnology: Role of biosurfactants in remediation of heavy metals. *Research, Society and Development*, 11(5), e4411527453. doi:10.33448/rsd-v11i5.27453
- Sindhu, S. S., Phour, M., Choudhary, S. R., & Chaudhary, D. (2014). Phosphorus cycling: Prospects of using rhizosphere microorganisms for improving phosphorus

- nutrition of plants. In *Phosphorus in Action* (pp. 199–237). doi:10.1007/978-3-642-41837-2_11
- Singh, S., & Varma, A. (2017). Structure, function, and estimation of leghemoglobin. In *Rhizobium Biology and Biotechnology* (pp. 309–330). doi:10.1007/978-3-319-64982-5_15
- Sionek, B., Szydłowska, A., Küçükgöz, K., & Kołożyn-Krajewska, D. (2023). Traditional and new microorganisms in lactic acid fermentation of food. *Fermentation*, 9(12), 1019. doi:10.3390/fermentation9121019
- Tang, Q., Cotton, A., Wei, Z., Xia, Y., Daniell, T., & Yan, X. (2022). How does partial substitution of chemical fertiliser with organic forms increase sustainability of agricultural production? *Science of the Total Environment*, 803, 149933. doi:10.1016/j.scitotenv.2021.149933
- Threatt, S. D., & Rees, D. C. (2023). Biological nitrogen fixation in theory, practice, and reality: A perspective on the molybdenum nitrogenase system. *FEBS Letters*, 597(1), 45–58. doi:10.1002/1873-3468.14534
- Timofeeva, A. M., Galyamova, M. R., & Sedykh, S. E. (2022). Bacterial siderophores: Classification, biosynthesis, perspectives of use in agriculture. *Plants*, 11(22). doi:10.3390/plants11223065
- Timofeeva, A. M., Galyamova, M. R., & Sedykh, S. E. (2023). Plant growth-promoting soil bacteria: Nitrogen fixation, phosphate solubilization, siderophore production, and other biological activities. *Plants*, 12(24), 4074. doi:10.3390/plants12244074

Vishwakarma, D., Thakur, J. K., Gupta, S. C., & Vidyalaya, R. V. S. K. (2017). A study on nitrogen fixing ability of soil isolates and quantitative estimation of K solubilization by soil and plant isolates. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(12), 2641–2647. doi:10.20546/ijcmas.2017.612.305

"İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK: ORMANLAR, SU ÜRÜNLERİ VE KARBON AYAK İZİ ÜZERİNE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ"

Mustafa İlker SÜRER¹

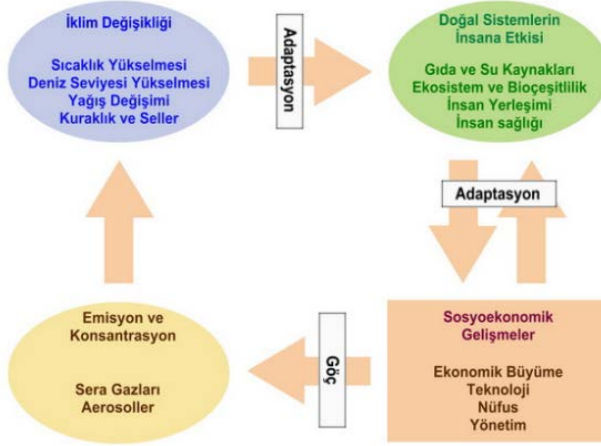
Nilüfer YAZICI²

1. GİRİŞ

İklim değışikliğı, günümüzde küresel ölçekte en önemli çevresel sorunlardan biri olarak karşımıza çıkmaktadır. İnsan faaliyetlerinin sonucu olarak atmosferdeki sera gazı birikimi, küresel ısınmanın temel nedenlerinden biri olmuş ve bu durum ekosistemler üzerinde derin etkiler yaratmıştır. Özellikle ormanlar, su ekosistemleri ve karbon ayak izinin artırılması, iklim değışikliğine olan katkılarıyla dikkat çekmektedir (Şekil 1). Bu bağlamda sürdürülebilirlik kavramı, çevresel, ekonomik ve toplumsal dengeyi koruyarak doğal kaynakların gelecek nesillere aktarılmasını sağlamak adına kritik bir öneme sahiptir (Smith et al., 2019).

¹ Dr, misurer@gmail.com, ORCID: 0000-0002-2735-9545.

² Prof. Dr. ISUBÜ Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü, niluferyazici@isparta.edu.tr, 0000-0002-4397-5639.



Şekil 1. İklim Değişikliği Oluşumu ve Etkileri (MGM, 2024)

Ormanlar, iklim değişikliği ile mücadelede hayati bir rol oynamaktadır. Atmosferdeki karbondioksiti emme kapasiteleri sayesinde, ormanlar karbon depolama alanları olarak işlev görmektedir. (Houghton, 2014). Ancak ormanların tahrip edilmesi, bu karbon yutağının yok olmasına ve dolayısıyla sera gazı salınımının artmasına neden olmaktadır. Bu sorun, özellikle tropikal ormanların yok edilmesiyle daha da büyümektedir (Foley et al., 2005). Ormanların korunması ve sürdürülebilir şekilde yönetilmesi, iklim değişikliğiyle mücadelede atılacak en önemli adımlardan biridir.

Su ürünleri sektörü de iklim değişikliğinden doğrudan etkilenen sektörlerden birisidir. Su ekosistemlerinin ısınması, deniz seviyelerinin yükselmesi ve asidifikasyon gibi faktörler balık popülasyonları üzerinde olumsuz etkiler yaratmaktadır (ICPP, 2014). Bununla birlikte sürdürülebilir balıkçılık yöntemlerinin uygulanması, su ekosistemlerinin korunmasına ve kaynakların verimli kullanılmasına olanak tanımaktadır. Su ürünleri yetiştiriciliğinde kullanılan enerji miktarları ve karbondioksit salınımı da önemli bir sürdürülebilirlik sorunu olarak öne çıkmaktadır.

İklim değışikliğı, küresel ekosistemlerin ve insan toplumlarının karşılaştığı en büyük çevresel tehditlerden biridir. Sera gazı emisyonlarının artışı, atmosfere salınan karbondioksit ve metan gazları küresel sıcaklıkların yükselmesine neden olmuştur (IPCC, 2021). Bu süreç, ormanlar, su ekosistemleri ve karbon ayak izi gibi faktörler aracılığıyla iklim değışikliğinin daha da hızlanmasına neden olmaktadır (Garnett et al., 2017). Ayrıca ormanlar, su ürünleri ve karbon ayak izini doğrudan etkilemekte, dünya çapında ekosistem dengesizliklerine yol açmaktadır (ICPP, 2014). Bu bağlamda sürdürülebilirlik, bu çevresel tehditlerle başa çıkabilmek için kritik bir kavram haline gelmiştir.

Karbon ayak izi; bireylerin, kurumların ve sektörlerin faaliyetleri sonucu doğrudan ve dolaylı olarak atmosfere salınan sera gazlarının toplamıdır. Karbon ayak izinin azaltılması, iklim değışikliğı ile mücadelede kritik bir adım olarak görülmektedir (Pachauri & Mayer, 2015). Bu sadece enerji üretimi ve ulaşım sektörlerinde değil, aynı zamanda tarım, sanayi ve konut sektörlerinde de köklü değışiklikler gerektirmektedir. Karbon ayak izini azaltmak için çeşitli stratejiler ve yenilikçi çözümler geliştirilmiş olup, bu çözümlerin uygulamaya alınması iklim değışikliğine karşı daha etkili bir duruş sergilemeyi mümkün kılacaktır. Bundan dolayı bu çalışmada; iklim değışikliğinin ormanlar, su ürünleri ve karbon ayak izi üzerindeki etkileri ele alınacak ve her bir alan için sürdürülebilirlik odaklı çözüm önerileri sunulmaya çalışılacaktır. Sürdürülebilirlik ilkeleri doğrultusunda yapılacak her bir müdahale, ekosistemlerin ve toplumsal yapının korunmasına katkıda bulunacak ve aynı zamanda iklim değışikliğıyle mücadelede önemli bir adım olacaktır.

2. ORMANLAR VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ

Ormanlar, dünya genelindeki karbon emiliminin yaklaşık %30'unu sağlamaktadır (Pan et al., 2011). Ormanların atmosferdeki karbondioksiti emme kapasitesinin, küresel ısınmanın yavaşlatılmasında kritik bir rol oynadığı belirtmektedir Houghton (2014). Bununla birlikte, ormanların yok edilmesi, bu kapasitenin kaybına ve daha fazla sera gazının atmosfere salınmasına neden olmaktadır (Foley et al., 2005). Tropikal ormanlar, en yüksek karbon depolama kapasitesine sahip olan ekosistemlerdir ve bu ormanların kaybı, iklim değişikliğini hızlandıran bir faktör olarak öne çıkmaktadır (Bastin et al., 2019). Ormanları koruma ve sürdürülebilir ormancılık uygulamaları, bu olumsuz etkilerin önlenmesinde en etkili yöntemlerden biridir (Griscom et al., 2017).

Ormanlar, dünya ekosistemlerinde kritik bir rol oynamaktadır. Sera gazlarını emme ve oksijen üretme kapasitesine sahip olmaları, onları iklim değişikliğinin etkilerini dengelemede önemli bir unsur haline getirmektedir (Pan et al., 2011). Dünya genelinde ormanlar, atmosferdeki karbonu emerek yaklaşık 7,6 milyar ton karbondioksit emisyonunun absorbe edilmesine katkı sağlamaktadır (Foley et al., 2005). Ancak ormanların tahrip edilmesi, bu kapasitenin kaybına ve iklim değişikliğini hızlandıran bir faktöre dönüşmektedir.

Ormanlar, fotosentez yoluyla atmosferden karbonu alır ve biyokütlelerinde depolar. Bu süreç, ormanların karbon yutakları olarak işlev görmelerini sağlar. Houghton (2014) ve Bastin et al. (2019); ormanların küresel karbon döngüsünde kritik bir yer tuttuğunu ve bu karbonu uzun süreli depolama potansiyeline sahip olduklarını vurgulamaktadır. Tropikal ormanlar özellikle Amazon yağmur ormanları en büyük karbon depolama kapasitesine sahip ekosistemlerdir. Tropikal ormanların kaybı, yıllık karbon emilimini önemli ölçüde azaltırken, ormanların yok

edilmesiyle salınan karbon, atmosferdeki sera gazlarını artırmaktadır (Bastin et al., 2019). Bununla birlikte ormanların restorasyonu ve sürdürülebilir yönetimi, karbon yutaklarının etkinliğini artırabilir ve iklim değişikliğine karşı bir tampon görevi görebilir (Griscom et al., 2017).

Ormanların yok edilmesi, yalnızca karbon depolama kapasitesinin kaybına yol açmakla kalmayacağı gibi aynı zamanda toprak erozyonunu arttırmakta, su döngüsünü bozmakta ve biyolojik çeşitliliği tehdit etmektedir. Orman yangınları, illegal ağaç kesimi ve tarım alanı açma gibi insan kaynaklı faaliyetler orman ekosistemlerini tehdit etmektedir (Şekil 2).



Şekil 2. İklim Değişikliğinin Ormanlar Üzerine Etkileri (Damyan, 2021)

Orman tahribatı, özellikle tropikal bölgelerde hızla artmakta ve bu durum küresel sıcaklıkların yükselmesine yol açan emisyonların artmasına neden olmaktadır (Foley et al., 2005; Houghton, 2014). Türkiye'de de ormanların korunması, çevresel sürdürülebilirlik açısından büyük önem taşımaktadır. Son yıllarda, orman yangınları ve ağaç kesimleri, Türkiye'nin orman alanlarında önemli kayıplara yol açmıştır (Köksal & Akbostancı, 2020). Ormanların tahribatı sadece ekosistem üzerinde değil, aynı zamanda yerel iklim üzerinde de olumsuz etkiler yaratmaktadır.

Sürdürülebilir ormancılık uygulamaları, ormanların karbon yutakları olarak işlev görmeye devam etmesini sağlamak için kritik öneme sahiptir. Ormanların ekonomik değerini dengeleyerek, doğal kaynakları korumak ve biyoçeşitliliği sürdürmek mümkündür (Griscom et al., 2017). Örneğin, sürdürülebilir ormancılık uygulamaları (SFM) uygulamaları, orman ekosistemlerinin korunmasına ve yeniden ağaçlandırma faaliyetlerine olanak tanımaktadır. Restorasyon projeleri, orman alanlarının eski haline getirilmesinde etkili bir çözüm sunmaktadır (Chazdon, 2008). Dünyanın çeşitli bölgelerinde, orman restorasyonu projeleri hem yerel iklimin iyileştirilmesine hem de biyolojik çeşitliliğin korunmasına katkıda bulunmaktadır. Türkiye’de ise orman köyleriyle yapılan iş birlikleri ve ağaçlandırma projeleri, sürdürülebilir ormancılığın önemli örneklerindendir (Balkan, 2017).

Orman yangınları, iklim değişikliğinin etkisiyle daha sık ve şiddetli hale gelmektedir. Yüksek sıcaklıklar ve kuraklık, orman yangınlarını tetikleyen başlıca faktörlerdir (Flannigan et al., 2009). Özellikle Akdeniz İklimi’ ne sahip bölgelerde orman yangınlarının artması, ormanların biyolojik çeşitliliğini tehdit etmekte ve karbon salınımını hızlandırmaktadır. Türkiye’nin Akdeniz Bölgesi, bu tür yangınların en fazla görüldüğü alanlardan biridir. Yangınların etkisiyle, orman ekosistemlerinin karbon depolama kapasitesinin büyük ölçüde azaldığı gözlemlenmiştir (Köksal & Akbostancı, 2020).

3. SU ÜRÜNLERİ VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ

Su ekosistemlerinin ısınması su ürünleri üzerindeki olumsuz etkileri artırmaktadır. Örneğin, deniz sıcaklıklarındaki artış, balık türlerinin göç yollarını değiştirmekte ve bu da balıkçılık endüstrisini tehdit etmektedir (ICPP, 2014). Aynı zamanda okyanusların asidifikasyonu, deniz yaşamının

büyümesini engellemekte ve biyolojik çeşitliliği tehdit etmektedir (Doney et al., 2009). Sürdürülebilir balıkçılık uygulamaları, bu sorunlara çözüm olabilecek önemli bir yaklaşımdır (Costello et al., 2016). Su ürünleri yetiştiriciliği (akuakültür) de çevresel etkiler göz önünde bulundurularak sürdürülebilir hale getirilmelidir (Troell et al., 2014).

Su ürünleri, küresel gıda güvenliği ve ekonomik faaliyetler açısından önemli bir kaynaktır. Ancak iklim değişikliği, su ekosistemlerini doğrudan etkileyerek balıkçılık ve su ürünleri yetiştiriciliği sektörlerinde ciddi zorluklara neden olmaktadır. Denizlerin ısınması, okyanus asidifikasyonu, su seviyelerindeki değişiklikler ve ekosistem bozulmaları, su ürünleri üzerinde hem biyolojik hem de ekonomik etkiler yaratmaktadır (ICPP, 2014; Doney et al., 2009).

İklim değişikliğinin, deniz ekosistemlerini doğrudan etkileyen birkaç temel boyutu vardır. Birincisi, deniz suyu sıcaklıklarının artmasıdır. Deniz suyu sıcaklıklarındaki yükselme, balık türlerinin dağılımını ve göç yollarını değiştirmekte, bazı türlerin yaşam alanlarını kaybetmesine veya bu türlerin yer değiştirmesine neden olmaktadır (ICPP, 2014). Örneğin, Atlantik Okyanusu'ndaki bazı balık türleri, daha soğuk sulara doğru kayarak ekonomilere zarar vermektedir (Rijnsdorp et al., 2009). Bu durum, balıkçılık sektörünü doğrudan etkilemekte ve gıda zincirlerinde aksamalara yol açmaktadır.

Deniz ekosistemlerindeki diğer bir önemli değişiklik okyanus asidifikasyonudur. Su atmosferden daha fazla karbondioksit emdiği için okyanusların pH seviyesi düşmekte ve bu da deniz organizmalarının kabuklarının, özellikle istiridye ve midye gibi türlerin gelişimini zorlaştırmaktadır (Doney et al., 2009). Okyanusların asidikleşmesi, balıkların besin zincirinde yer alan planktonları da olumsuz etkilemektedir, bu da deniz yaşamının temel seviyelerinde büyük değişimlere yol açmaktadır.

Su ürünleri yetiştiriciliği (akuakültür), küresel deniz ürünleri arzının büyük bir kısmını karşılamakta ve dünya çapında milyonlarca insana iş imkânı sağlamaktadır. Ancak iklim değişikliği, bu sektörü de doğrudan etkileyen bir dizi tehdit oluşturmaktadır. Sıcaklık artışı, su kalitesindeki bozulma ve deniz ekosistemindeki değişiklikler akuakültür sektörünü tehdit etmektedir (ICPP, 2014). Sıcaklık artışı bazı su ürünlerinin yetiştirilmesinde verimlilik kayıplarına yol açarken, artan deniz kirliliği ve hastalıklar da bu sektörü olumsuz etkilemektedir (Hughes et al., 2018).

Akuakültür sistemlerinin iklim değişikliği karşısında daha dirençli hale gelmesi için yenilikçi uygulamalar gerekmektedir. Sıcaklık değişimlerine uyum sağlayabilen su ürünleri yetiştiriciliği sistemleri geliştirilmesi, iklim değişikliğinin etkilerini en aza indirmek için kritik bir adım olarak düşünülmektedir (Hughes et al., 2018).

Su ekosistemleri; besin maddelerinin döngüsü, karbon depolama ve su arıtma gibi önemli ekosistem hizmetleri sunmaktadır. Bu hizmetler iklim değişikliğinden büyük ölçüde etkilenmektedir. Örneğin; deniz mercan resifleri, dünya çapında karbon emiliminin önemli bir kısmını sağlamakta ve deniz ekosistemlerinin biyoçeşitliliğini desteklemektedir (Burrows et al., 2011). Ancak okyanus sıcaklıklarının artması, mercan resiflerinin beyazlaşmasına ve bu ekosistemlerin yok olmasına yol açmaktadır (Hoegh-Guldberg et al., 2007). Mercan resiflerinin kaybı sadece su ürünlerinin üretimini değil, aynı zamanda deniz ekosistemlerinin tüm dengelerini tehdit etmektedir.

4. KARBON AYAK İZİ VE AZALTILMASI

Karbon ayak izi; sera gazı emisyonlarının bireyler, kurumlar ve sektörler tarafından üretilen toplam miktarını ifade

etmektedir. Küresel karbon emisyonlarının önemli bir kısmı enerji üretimi ve ulaşım sektörlerinden kaynaklanmaktadır (Pachauri & Mayer, 2015). Karbon ayak izinin azaltılması için yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, enerji verimliliği ve yeşil teknolojiler gerekmektedir (Stern, 2007). Karbon ticareti ve karbon kredisi sistemleri, karbon salınımlarının sınırlandırılmasında ve azaltılmasında önemli bir araç olarak kullanılmaktadır (Tietenberg, 2006). Ayrıca döngüsel ekonomi yaklaşımları, atıkların geri dönüşümü ve sürdürülebilir üretim yöntemleri de karbon ayak izini azaltmaya yönelik çözümler arasında yer almaktadır (Murray & King, 2012).

Karbon ayak izi bir kişinin, toplumun veya organizasyonun doğrudan veya dolaylı olarak atmosfere saldırdığı sera gazı emisyonlarının toplamını ifade eder. Özellikle karbondioksit (CO₂) ve metan (CH₄) gibi sera gazlarının salınımı, küresel ısınma ve iklim değişikliği üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Karbon ayak izinin azaltılması, iklim değişikliği ile mücadelede en temel stratejilerden biridir ve bu konuda hem bireyler hem de kurumlar için çeşitli çözüm önerileri ve politikalar geliştirilmiştir (Wiedmann & Minx, 2008).

Karbon ayak izi, genellikle doğrudan enerji tüketimi (elektrik, ısıtma ve taşıma) ve dolaylı etkiler (üretim, tüketim ve atık yönetimi) üzerinden hesaplanır. Bir kişinin ya da organizasyonun hayat tarzı ve faaliyetleri ne kadar enerji kullandığı ve ne kadar sera gazı saldırdığı ile doğrudan ilişkilidir. Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP), karbon ayak izinin hesaplanmasında "yaşam döngüsü değerlendirmesi" (LCA) metodolojisini kullanmaktadır (UNEP, 2016). Bu yaklaşım, bir ürünün ya da hizmetin üretiminden tüketime kadar tüm aşamalarındaki sera gazı salınımlarını kapsamaktadır.

Bireylerin karbon ayak izlerini hesaplaması, genellikle çeşitli çevrimiçi araçlar ve uygulamalar aracılığıyla mümkündür.

Örneğin; bir kişinin otomobil kullanımı, enerji tüketimi, gıda tüketim alışkanlıkları ve seyahatleri, karbon ayak izini doğrudan etkileyen faktörlerdir (Weidmann & Minx, 2008). Küresel ölçekte ise, endüstriyel üretim ve enerji üretimi en büyük sera gazı salıcıları arasında yer alır.

Karbon ayak izini azaltmak için dünya genelinde birçok strateji ve politika geliştirilmiştir. Bu politikalar, sera gazı emisyonlarını doğrudan kontrol etmeyi ve karbon emilimini artırmayı amaçlar. Birleşmiş Milletler' in 2015 yılında kabul ettiği Paris İklim Anlaşması, küresel ısınmayı 1.5 °C ile sınırlamayı hedeflemekte ve tüm ülkelerden karbon ayak izlerini azaltmalarını istemektedir (UNFCCC, 2015). Bu çerçevede, çeşitli hükümetler ve yerel yönetimler, fosil yakıtlardan yenilenebilir enerjiye geçişi teşvik etmekte, enerji verimliliği uygulamaları ve karbon fiyatlandırma politikalarını devreye sokmaktadır (Stern, 2007).

Örneğin, Avrupa Birliği, 2020'lerde karbon emisyonlarını 1990 seviyelerinin yüzde 40 altına düşürmeyi hedeflemiş ve bu doğrultuda yenilenebilir enerji kullanımı ve enerji verimliliği gibi önlemleri uygulamaya koymuştur (European Commission, 2014). ABD ve Çin gibi büyük emisyon kaynakları da Paris Anlaşması çerçevesinde karbon emisyonlarını azaltma taahhüdünde bulunmuşlardır.

5. SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK İÇİN ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

İklim değişikliğiyle mücadele etmek ve sürdürülebilirliği sağlamak için küresel iş birliği gerekmektedir. Paris Anlaşması (UNFCCC, 2015), bu konuda dünya çapında atılacak adımları belirleyen önemli bir çerçeve sunmaktadır. Ancak sürdürülebilirlik sadece küresel ölçekte değil, yerel düzeyde de uygulanmalıdır. Yerel yönetimler ve toplumlar, çevresel yönetim

ve kaynak kullanımında aktif bir rol oynamalıdır (Ostrom, 2009). Ayrıca yeni teknolojiler, iklim değişikliğini önlemeye yönelik çözüm yollarının geliştirilmesinde kritik bir rol oynamaktadır. Yenilenebilir enerji, karbon yakalama ve depolama teknolojileri gibi çözümler, sürdürülebilir bir geleceğin inşa edilmesinde önemli adımlar sunmaktadır (Kato et al., 2017).

Ormanların korunması, iklim değişikliğiyle mücadelede etkili bir strateji sunmaktadır. Orman koruma politikaları ve yerel yönetimlerin katkısı, bu sürecin hızlanmasına yardımcı olabilmektedir (Ostrom, 2009). Bunun yanı sıra karbon ticareti ve finansal teşvikler gibi ekonomik araçlar, orman koruma çabalarını daha sürdürülebilir hale getirebilir (Tietenberg, 2006). Ayrıca orman restorasyonu projelerinin artırılması, biyolojik çeşitliliği ve ekosistem hizmetlerini desteklemek için kritik öneme sahiptir (Chazdon, 2008). Türkiye’de, orman köylerinin yerel kalkınmaya katkıda bulunması, ormanların korunmasına dair önemli bir strateji sunmaktadır.

İklim değişikliğinin etkilerini yönetebilmek için su ürünleri sektöründe sürdürülebilir yönetim uygulamalarına ihtiyaç vardır. Sürdürülebilir balıkçılık politikaları, fazla avlanmayı önlemek ve deniz ekosistemlerini korumak için temel bir yaklaşım sunmaktadır. Bu politikaların uygulanması, balıkçılık sektörünün uzun vadede daha verimli olmasını sağlayacaktır (Costello et al., 2016). Ayrıca su ekosistemlerinin korunması, yerel toplulukların katılımı ile daha etkin hale getirilebilir. Özellikle deniz koruma alanları (MPA'lar), biyolojik çeşitliliğin korunması ve ekosistemlerin iyileştirilmesi için etkili bir yöntem olarak öne çıkmaktadır (Pomeroy et al., 2016).

Akuakültür sektöründe ise sürdürülebilir yetiştiricilik sistemleri geliştirilmesi, iklim değişikliğine uyum sağlamada önemli bir adımdır. Bu sistemler, suyun kalitesini iyileştiren teknolojiler ve beslenme verimliliğini artıran yenilikçi yöntemler

İçerebilir (Tacon & Metian, 2013). Ayrıca iklim değişikliğine karşı dirençli su ürünleri yetiştiriciliği için araştırmaların artırılması gerekmektedir.

Karbon ayak izinin azaltılması hem bireysel hem de toplumsal düzeyde farklı stratejilerle mümkün olabilmektedir. İklim değişikliği ile mücadelede bireylerin yapabileceği önemli katkılardan biri, düşük karbon ayak izine sahip alışkanlıklar geliştirmektir. Bunlar arasında daha az enerji tüketmek, enerji verimli cihazlar kullanmak, toplu taşıma araçlarını tercih etmek, et ve süt ürünlerinin tüketimini azaltmak ve daha az uçak seyahati yapmak yer alır (Hertwich, 2005). Ayrıca, evlerde yapılan yalıtım çalışmaları, su tüketiminin azaltılması ve geri dönüşüm gibi alışkanlıklar da karbon ayak izini küçültmeye katkı sağlamaktadır.

Kurumsal düzeyde ise, sürdürülebilir üretim teknikleri, yeşil enerji kullanımının teşvik edilmesi ve atıkların azaltılması gibi uygulamalar önemli rol oynamaktadır. Birçok şirket, karbon ayak izini azaltmak için çevre dostu üretim süreçlerine geçiş yapmayı tercih etmektedir. Örneğin; IKEA, karbon ayak izini azaltmayı hedefleyen bir dizi yeşil girişim başlatmış ve güneş enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarına yatırım yapmıştır (IKEA, 2018).

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Ormanlar, iklim değişikliği ile mücadelede en önemli doğal araçlardan biridir. Hem karbon yutakları olarak işlev görmeleri hem de ekosistem hizmetleri sunmaları, ormanların korunmasını ve sürdürülebilir yönetimini zorunlu kılmaktadır. Orman tahribatının hızla arttığı günümüzde, orman restorasyonu ve sürdürülebilir ormancılık uygulamaları, iklim değişikliğiyle mücadelede en etkili çözümlerden biri olarak karşımıza çıkmaktadır.

Su ürünleri sektörü, iklim değişikliğinden büyük ölçüde etkilenmektedir. Su ekosistemlerinin ısınması, asidifikasyonu ve biyolojik çeşitliliğinin kaybı, bu sektördeki üretimi ve deniz ekosistemlerinin sürdürülebilirliğini tehdit etmektedir. Ancak, sürdürülebilir balıkçılık politikaları, deniz koruma alanları ve iklim değişikliğine uyum sağlayabilen akuakültür sistemleri gibi çözüm önerileri, bu tehditlerle başa çıkmak için etkili yollar sunmaktadır.

Karbon ayak izinin azaltılması, iklim değişikliği ile mücadelede kilit bir rol oynamaktadır. Hem bireysel hem de toplumsal düzeyde karbon ayak izini küçültmeye yönelik alınacak önlemler, küresel ısınmayı sınırlamak ve sürdürülebilir bir gelecek inşa etmek için gereklidir. Yenilenebilir enerji, enerji verimliliği, sürdürülebilir üretim ve karbon ticaret sistemleri gibi yöntemler, karbon ayak izinin azaltılmasında etkili çözümler sunmaktadır.

İklim değişikliği, çevresel, ekonomik ve sosyal açıdan büyük tehditler yaratmaktadır. Ancak, ormanların korunması, su ürünleri yönetimi ve karbon ayak izinin azaltılması gibi alanlarda alınacak çözüm önerileri, iklim değişikliğiyle mücadelede büyük bir potansiyel taşımaktadır. Ormanların sürdürülebilir yönetimi, su ürünleri sektöründe yapılan iyileştirmeler ve karbon ayak izinin azaltılması için devletler, şirketler ve bireyler arasında güçlü bir işbirliği gereklidir. Bu çözüm önerilerinin etkin bir şekilde uygulanabilmesi için yerel ve küresel düzeyde politikaların uyumlu bir şekilde hayata geçirilmesi, iklim değişikliği ile mücadelede başarıyı artıracaktır.

Karbon ayak izini azaltma konusunda yenilenebilir enerjiye geçiş ve enerji verimliliği uygulamaları, her birey ve kurum tarafından benimsenmelidir. Özellikle büyük şirketler, karbon ayak izlerini azaltmak için daha hızlı adımlar atmalıdır. Ayrıca, karbon fiyatlandırma mekanizmaları ve vergi

sistemlerinin yaygınlaştırılması, bu sürecin hızlanmasına yardımcı olabilir.

KAYNAKÇA

- Balkan, B. (2017). Türkiye’de Ormanların Sürdürülebilir Yönetimi: Yerel Katılımın Rolü. *Doğa ve Çevre Dergisi*, 12(2), 112-121.
- Bastin, J.-F., Finegold, Y., Garcia, C., Mollicone, D., Rezende, M., Routh, D., Zohner, C. M., & Crowther, T. W. (2019). The Global Tree Restoration Potential. *Science*, 365(6448), 76–79.
- Burrows, M. T., Schoeman D. S., Buckley L. B., Moore P., Poloczanska E. S., Brander K. M., Brown C., Bruno J. F., Duarte C. M., Halpern B. S., Holding J., Kappel C. V., Kiessling W., O’Connor M. I., Pandolfi J. M., Parmesan C., Schwing F. B., Sydeman W. J., Richardson A. J. (2011). The pace of shifting climate in marine and terrestrial ecosystems. *Science*, 334(6056), 334-339.
- Chazdon, R. L. (2008). Beyond Deforestation: Restoring Forests and Ecosystem Services on Degraded Lands. *Science*, 320(5882), 1458-1460.
- Costello C, Ovando D, Clavelle T, Strauss CK, Hilborn R, Melnychuk MC, Branch TA, Gaines SD, Szuwalski CS, Cabral RB, Rader DN, Leland A., (2016). Global Fishery Prospects under Contrasting Management Regimes. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(18), 5125-5130. doi: 10.1073/pnas.1520420113.
- Damyam, D., (2021). “İklim Değişikliği Başkanlığı” Türkiye’de İklim Kriziyle Mücadele Edecek”. Temiz Enerji Haber Portalı. <https://temizenerji.org/2021/12/13/iklim-degisikligi-baskanligi-turkiyede-iklim-kriziyle-mucadele-edecek/> (Erişim Tarihi: 25.01.2025).

- Doney, S.C., W.M. Balch, V.J. Fabry, and R.A. Feely. 2009. Ocean acidification: A Critical Emerging Problem for The Ocean Sciences. *Oceanography* 22(4):16–25, <https://doi.org/10.5670/oceanog.2009.93>.
- Flannigan, M., Stocks, B., Turetsky, M., Wotton, M., (2009). Impacts of Climate Change on Fire Activity and Fire Management in the Circumboreal Forest. *Global Change Biology*, 15(3), 549-560. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2008.01660.x>
- Foley, J. A., et al. (2005). Global consequences of land use. *Science*, 309(5734), 570-574. DOI:10.1126/science.1111772
- Garnett, T., et al. (2017). Livestock in a changing climate: Sustainability and the future of food. *The Lancet Planetary Health*, 1(7), 301-309.
- Griscom BW, Adams J, Ellis PW, Houghton RA, Lomax G, Miteva DA, Schlesinger WH, Shoch D, Siikamäki JV, Smith P, Woodbury P, Zganjar C, Blackman A, Campari J, Conant RT, Delgado C, Elias P, Gopalakrishna T, Hamsik MR, Herrero M, Kiesecker J, Landis E, Laestadius L, Leavitt SM, Minnemeyer S, Polasky S, Potapov P, Putz FE, Sanderman J, Silvius M, Wollenberg E, Fargione J. (2017). Natural Climate Solutions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(44), 11645-11650. doi: 10.1073/pnas.1710465114.
- Hertwich, E. G. (2005). The carbon footprint of household activities: A case study of Norway. *Journal of Industrial Ecology*, 9(1-2), 61-75.
- Hoegh-Guldberg, O., Mumby, P. J., Hooten, A. J., Steneck, R. S., Greenfield, P., Gomez, E., Harvell, C. D., Sale, P. F., Edwards, A. J., Caldeira, K., Knowlton, N., Eakin, C. M.,

- Iglesias-Prieto, R., Muthiga, N., Bradbury, R. H., Dubi, A., & Hatziolos, M. E. (2007). Coral reefs under rapid climate change and ocean acidification. *Science (New York, N.Y.)*, 318(5857), 1737-1742. <https://doi.org/10.1126/science.1152509>
- Houghton, R. A. (2014). Carbon emissions and the drivers of deforestation. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 7, 88-94.
- Hughes, TP, Kerry, JT, Álvarez-Noriega, M et al. (43 more authors) (2017) Global Warming and Recurrent Mass Bleaching of Corals. *Nature*, 543 (7645). pp. 373-377. <https://doi.org/10.1038/nature21707>
- IKEA. (2018). Sustainability report. IKEA Group. <https://www.ikea.com/sustainability-report-2018>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Ocean Systems. In: Climate Change 2014 – Impacts, Adaptation and Vulnerability: Part A: Global and Sectoral Aspects: Working Group II Contribution to the IPCC Fifth Assessment Report. Cambridge University Press; 2014:411-484.
- IPCC (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Intergovernmental Panel on Climate Change. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/> (Erişim Tarihi: 15.01.2025)
- Kato, M., et al. (2017). Carbon Capture and Storage: The Role of Technology in Addressing Climate Change. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 73, 211-222.
- Köksal, D., & Akbostancı, E. (2020). Türkiye’de Orman Yangınları ve Çevresel Etkileri. *Doğa Çevre Bilimleri Dergisi*, 18(2), 27-34.

- M. Troell, R.L. Naylor, M. Metian, M. Beveridge, P.H. Tyedmers, C. Folke, K.J. Arrow, S. Barrett, A.S. Crepin, P. Ehrlich, R. Gren, N. Kautsky, S.A. Levin, K. Nyborg, H. Osterblom, S. Polasky, M. Scheffer, B.H. Walker, T. Xepapadeas, A. de Zeeuw, (2014). Does Aquaculture Add Resilience to The Global Food System? *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 111(37), 13258-13263.
- MGM, (2024). Meteoroloji ve Sağlık. <https://www.mgm.gov.tr/genel/saglik.aspx?s=123> (Erişim Tarihi: 10.01.2025).
- Murray, R., & King, A. (2012). *The New Business of Business: How Sustainability Drives Success*. Wiley.
- Ostrom, E. (2009). A General Framework for Analyzing Sustainability of Social-Ecological Systems. *Science*, 325(5939), 419-422.
- Pachauri, R. K. , Allen, M. R. , Barros, V. R. , Broome, J. , Cramer, W. , Christ, R. , Church, J. A. , Clarke, L. , Dahe, Q. , Dasgupta, P. , Dubash, N. K. , Edenhofer, O. , Elgizouli, I. , Field, C. B. , Forster, P. , Friedlingstein, P. , Fuglestvedt, J. , Gomez-Echeverri, L. , Hallegatte, S. , Hegerl, G. , Howden, M. , Jiang, K. , Jimenez Cisneroz, B. , Kattsov, V. , Lee, H. , Mach, K. J. , Marotzke, J. , Mastrandrea, M. D. , Meyer, L. , Minx, J. , Mulugetta, Y. , O'Brien, K. , Oppenheimer, M. , Pereira, J. J. , Pichs-Madruga, R. , Plattner, G. K. , Pörtner, H. O. , Power, S. B. , Preston, B. , Ravindranath, N. H. , Reisinger, A. , Riahi, K. , Rusticucci, M. , Scholes, R. , Seyboth, K. , Sokona, Y. , Stavins, R. , Stocker, T. F. , Tschakert, P. , van Vuuren, D. and van Ypserle, J. P. (2014): Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the

- Intergovernmental Panel on Climate Change / R. Pachauri and L. Meyer (editors), Geneva, Switzerland, IPCC, 151 p., ISBN: 978-92-9169-143-2
- Pan Y, Birdsey RA, Fang J, Houghton R, Kauppi PE, Kurz WA, Phillips OL, Shvidenko A, Lewis SL, Canadell JG, Ciais P, Jackson RB, Pacala SW, McGuire AD, Piao S, Rautiainen A, Sitch S, Hayes D. A large and persistent carbon sink in the world's forests. *Science*;333(6045):988-93. doi: 10.1126/science.1201609.
- Pomeroy, R. S., et al. (2016). Marine Protected Areas and Fisheries. *Environmental Management*, 58(3), 343-359.
- Rijnsdorp, A., Peck, M. A., Engelhard, G. H., Mollmann, C. & Pinnegar, J. K. (2009). Resolving the effect of climate change on fish populations. *ICES Journal of Marine Science*. 66, 1570–1583.
- Smith, P., Adams, J., Beerling, D.J., Beringer, T., Calvin, K.V., Fuss, S., Griscom, B., Hagemann, N., Kammann, C., Kraxner, F., Minx, J.C., Popp, A., Renforth, P., Vicente Vicente, J.L., & Keesstra, Saskia (2019). Land-Management Options for Greenhouse Gas Removal and Their Impacts on Ecosystem Services and the Sustainable Development Goals. *Annual Review of Environment and Resources*, 44 (1) 255-286.
- Stern, N. (2007). *The Economics of Climate Change: The Stern Review*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511817434>
- Tacon, A. G. J., & Metian, M. (2013). Feed matters: Sourcing sustainable aquafeeds for farmed fish and crustaceans. *Aquaculture*, 414, 1-11.

- Tietenberg, T. (2006). *Emissions Trading: Principles and Practice* (2nd ed.). Routledge.
<https://doi.org/10.4324/9781936331284>
- UNEP. (2016). Global Environment Outlook: Regional Assessments. United Nations Environment Program.
<https://www.unep.org/geo>
- UNFCCC (2015). Paris Agreement. United Nations Framework Convention on Climate Change.
- Wiedmann, T., & Minx, J. (2008). A definition of 'carbon footprint'. *Ecological Economics Research Trends*, 1-11.

ODUN-SU İLİŞKİLERİNİN AHŞABIN ÖZELLİKLERİNE ETKİLERİ

Eser SÖZEN¹

Kadir KAYAHAN²

Selahattin BARDAK³

Timuçin BARDAK⁴

1. GİRİŞ

Ahşap, ağaçtan elde edilen, birçok alanda kullanılabilen mamül veya yarı mamül olarak sunulan doğal ve organik bir malzeme olarak tanımlanabilir. Odun ise belirli bir kalınlığa sahip, işlem görmemiş, ağacın bir parçasını oluşturan ve çoğunlukla yakacak olarak kullanılan hammadde olarak açıklanabilir. Ağacın tanımını Örs ve Keskin (2008) “*uzun ömürlü her yıl boy ve çap artımı yapan, odunsu dokulara sahip, boyu 5 metreden büyük bitkiler*” şeklinde yapmıştır. Bir veya daha fazla gövdeli, boyu 5 metreden küçük olan bitkiler çalı sınıfına girmektedir. Bu çalı formları peyzaj uygulamalarında sıklıkla görülmektedir.

Ahşap, sürdürülebilir ve dayanıklı bir doğal malzeme olarak ağaçtan elde edilmesi nedeniyle bünyesinde yaşamı

¹ Doç. Dr., Bartın Üniversitesi, Bartın Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği, esozen@bartin.edu.tr, ORCID: 0000-0003-4798-7124.

² Dr. Öğr. Üyesi, Bartın Üniversitesi, Bartın Meslek Yüksekokulu, Mobilya ve Dekorasyon, kkayahan@bartin.edu.tr, ORCID: 0000-0003-4837-6472.

³ Prof. Dr., Sinop Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği, sbardak@sinop.edu.tr, ORCID: 0000-0001-9724-4762.

⁴ Prof. Dr., Bartın Üniversitesi, Bartın Meslek Yüksekokulu, Mobilya ve Dekorasyon, timucinb@bartin.edu.tr, ORCID: 0000-0002-1403-1049.

barındırır. İçerisinde doğanın izlerini taşır. Ağaç, bulunduğu ortamdan, mevsimlerden ve doğa olaylarından etkilenir, bu olaylara karşı farklı tepkiler gösterir. Kışın yapraklarını döken ağaçların zorlu hava şartlarına karşı su, besin ve enerji ihtiyaçlarını azaltarak hayatta kalmalarına yardımcı olur. Yine darbe alarak yaralanan bir ağacın yaralı bölgedeki hücrelerin daha aktif çalışarak yaralı kısmı onarması, rüzgar, eğim ve yerçekimi gibi olaylara karşı yapraklı ve iğne yapraklı ağaçların bir tepki olarak reaksiyon odunu (yapraklılarda “çekme odunu”, iğne yapraklılarda “basınç odunu”) oluşturması ağaçlardaki dinamik yapıya örnek olarak gösterilebilir.

Ahşap malzemeler, ilk çağlardan itibaren farklı amaçlar için kullanılmış doğal ve sürdürülebilir malzemedir. Öncelikle barınma, korunma, ısınma, pişirme, yemek yeme, dinlenme gibi asli ihtiyaçlar olmak üzere taşıma, depolama, oyun, süsleme, el aletleri gibi birçok uygulama örnekleri günümüze kadar ulaşmıştır. Birbirinden farklı bu kullanım alanlarında uygun ağaç türü seçimi ve uygun yöntemlerin kullanılması ürünün uzun ömürlü ve dayanıklı olması için önemlidir.

Estetik yapısı, görsel çekiciliği, geniş kullanım alanları ve kullanım kolaylığı ile organik yapısı sayesinde günümüz toplumlarında (tıpkı geçmişte olduğu gibi) vazgeçilmez bir his uyandırmaktadır. Ahşap, insan yaşamında özel bir yere sahip olup, vazgeçilmez bir tutku olarak temel bir malzeme konumundadır. İnsanlık tarihinde önemli bir yer tutan ahşap, adı bile farklı hazlar uyandıran bir malzemedir ve tüm bu nedenlerle vazgeçilmez bir tutku olmuştur. Doğal bir malzeme olan ahşap, mevcut görünümü itibarıyla insanda sıcak ve dostça bir duygu uyandırır, kişilikli bir öge olarak göze hoş gelir ve insanı mutlu eder. Kolay işlenebilirliği, dayanıklılığı ve yüksek görsel albeni performansı sayesinde her zaman yaygın olarak kullanılmıştır.

Ahşabın birçok dikkat çekici özelliği vardır. Örneğin, yoğunluğu düşük olmasına rağmen, oldukça yüksek bir dirence sahiptir. Başka bir deyişle, hafif olmasına karşın oldukça yüksek bir taşıma kapasitesine sahiptir. Bu özellik, ahşabı mimaride dayanıklı bir malzeme olarak tercih edilen bir seçenek haline getirir. Ahşabın yüksek taşıma gücü, onu dayanıklı bir malzeme olarak öne çıkarır ve mimari projelerde kullanılmasını mantıklı kılar. Özellikle deprem gibi doğal afetlere karşı, ahşabın diğer malzemelere kıyasla daha fazla dayanıklılık göstermesi büyük bir avantajdır. Depremler sırasında hasar gören binaların yıkılıp yeniden yapılması gerektiği durumlarda, ahşap evler çoğunlukla bu yıkım işlemine gerek kalmadan, yalnızca bakım ve onarım işlemleriyle güvenli bir şekilde kullanılmaya devam edebilir. Bu da, ahşabın pratik ve uzun ömürlü bir malzeme olmasını sağlamaktadır.

Odunun yoğunluğu birçok özelliği hakkında bilgi edinmemizi sağlar. Yoğunluğu yüksek olan odunların mekanik özellikleri daha yüksek, hücre çeper maddesi daha fazladır. Odunun yoğunluğunu hesaplamak için aşağıdaki formül kullanılmaktadır.

$$D = \frac{m_0}{V_0}$$

Burada; D odunun yoğunluğunu (gr/cm³), m_0 odunun tam kuru ağırlığını (gr), V_0 odunun tam kuru ağırlığındaki hacmini (cm³) ifade etmektedir. Tam kuru ağırlığı bilinen bir odunun belirli bir rutubetteki ağırlığını bulmak için aşağıdaki formül kullanılmaktadır.

$$m_r = m_0 (1 + R)$$

Burada m_r , odunun %x rutubetli ağırlığını (gr) m_0 , odunun tam kuru ağırlığını (gr) R, %x rutubet miktarını () ifade etmektedir. Örneğin tam kuru ağırlığı 24,8 gr olan odunun %40 rutubetli ağırlığı aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$m_{r40} = 24,8 (1 + 0,40)$$

$$m_{r40} = 34,72 \text{ gr}$$

Diğer taraftan rutubetli ağırlığı ve rutubet miktarı bilinen bir odunun tam kuru ağırlığını bulmak için aşağıdaki formülden faydalanılmaktadır.

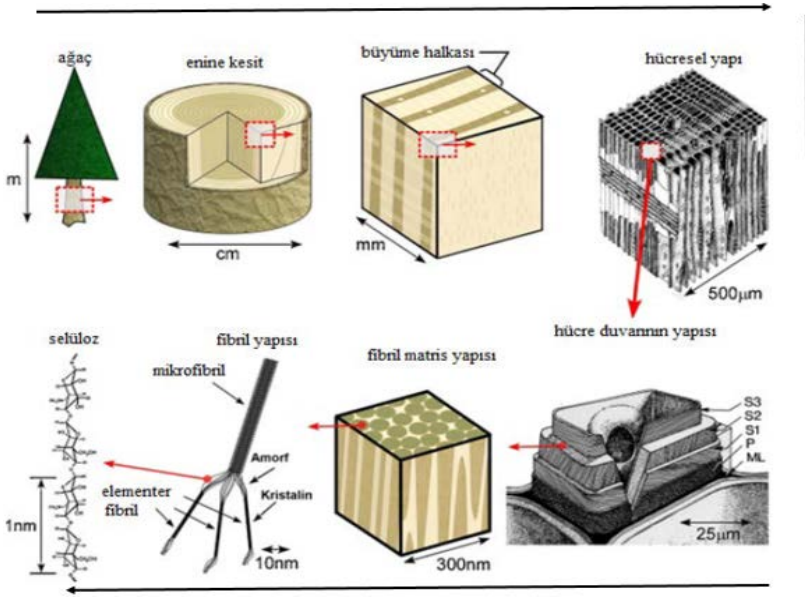
$$m_0 = \frac{m_r}{(1 + R)}$$

Yukarıdaki formül kullanılarak %25 rutubetteki ağırlığı 48,6 gr olan odunun tam kuru ağırlığı aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$m_0 = \frac{48,6}{(1 + 0,25)}$$

$$m_0 = 38,88 \text{ gr}$$

Odunu oluşturan temel bileşenler selüloz, hemiselüloz ve lignin olarak ifade edilmektedir. Bunun yanında kütsel olarak çok az miktarda da olsa terpenler, alifatik bileşikler, alkoller, aldehitler, hidrokarbonlar ve proteinler gibi sınıflara ayrılan bileşikler de bulunmaktadır (Timell, 1982). Bu bileşikler ahşap malzemeler bulunduğu ortamın sıcaklık ve bağıl nemine bağılı olarak nem (su) alır veya verir. Bu durum ahşabın higroskopik bir malzeme olmasından kaynaklanmaktadır. Ahşap ve hava arasındaki nem alışımı, havanın bağıl nemi ve sıcaklığı ile ahşaptaki mevcut su miktarına bağılıdır. Bu nem ilişkisi, ahşabın özellikleri ve performansı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Ahşabı bir mühendislik malzemesi olarak kullanmanın zorluklarının çoğu, ahşabın rutubet içeriğinin değişmesinden veya yüksek rutubet miktarından kaynaklanmaktadır. Şekil 1’de ağacı oluşturan yapıların anatomik olarak görünimleri verilmiştir.



**Şekil 1. Ağacı oluşturan yapıların anatomik görünüşleri
(Dufresne, 2013'e atfen Al ve Aydemir 2024)**

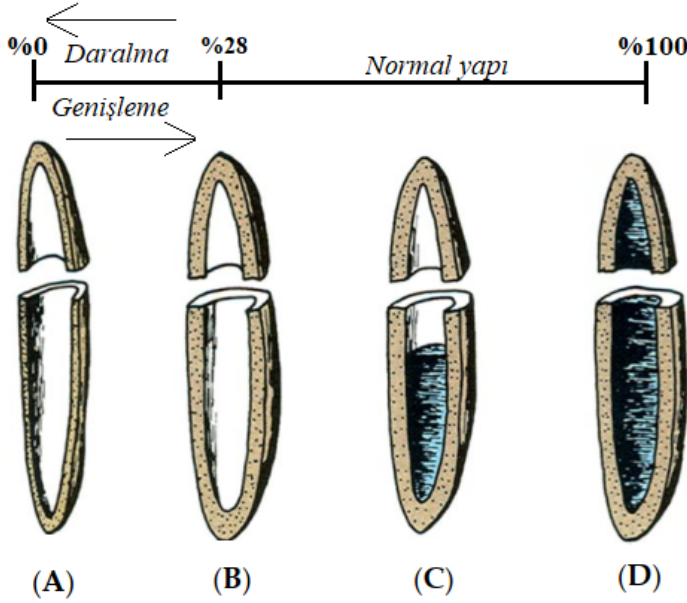
Şekil 1 incelendiğinde normal bir ağacın boyu metre cinsinden belirtilmektedir. Bu ağaçtan alınan enine kesit üzerinde büyüme halkası (yıllık halkalar), öz odun-diri odun ve ağaç türüne bağlı olarak özışınları (olması durumunda) çıplak gözle görülebilmektedir. Yıllık halkaları oluşturan hücreler (yapraklı ağaçlarda traheler iğne yapraklılarda traheidler) mikroskop ile görülebilmektedir. Bu hücreler, hücre çeperi ve lümeninden (boşluk) oluşmaktadır. Odun-su ilişkilerinde en önemli aşamalar bu hücrelerin yapılarına bağlı olarak değişmektedir. Hücre çeperinin kesiti alındığında içten dışa doğru üç tabakadan (S₃, S₂, S₁) oluşan sekonder çeper, daha sonra primer çeper ve orta lamel şeklinde bir yapı ortaya çıkmaktadır. Hücre çeperini oluşturan fibril matrisleri artık nano boyuttadır ve elektron mikroskobu ile görülebilmektedir. Matrisi oluşturan mikrofibriller kristalin ve amorf yapıda bulunabilir. Bu kristalin ve amorf yapılar selülozdan meydana gelen elementer fibril demetlerinden

oluşmaktadır (Dufresne, 2013; Schweingruber, 2007; Ruelle, 2013).

2. RUTUBET VE ODUNDA HİGROSKOPİK DENGİ

Odunda higroskopik denge, ortamdaki sıcaklık ve bağıl neme bağı olarak odunun rutubetinin artması veya azalması olarak ifade edilmektedir. Ancak, bu denge rutubetinin oluşması için odunun yeterli bir süre boyunca ilgili ortamda bekletilmesi gerekmektedir. Ülkemizde 20°C sıcaklık %65 bağıl nem ortamında bekletilen odunlarda denge rutubeti %12 olarak kabul edilmektedir. Görgün ve Ünsal (2023) Avrupa ülkelerinde sıcaklığın düşük, rutubetin yüksek olmasından dolayı denge rutubetinin %15'lere kadar çıkabileceğini belirtmişlerdir. Bu durum ülkemizdeki bazı iller arasında da farklılık gösterebilmektedir. Görgün vd. (2020) Marmara Bölgesinde gerçekleştirdikleri çalışmalarında enlem farkı az olmasına rağmen denge rutubetinde farklılıklarının çıktığını belirtmişlerdir. Çalışma kapsamında 1980 öncesi ve sonrasında aynı bölgelerdeki sıcaklık ve bağıl nem değerlerinin de değiştiğini bildirmişlerdir.

Diri odun genellikle hücre duvarlarının tamamen suyla doymuş olduğu ve lümenlerde ek su bulunabilen taze kesilmiş odun olarak tanımlanır. Diri odunun nem içeriği yaklaşık %30 ile %200'den fazla arasında değişebilir. İğne yapraklı ağaçlarda, diri odunun nem içeriği genellikle öz odunun nem içeriğinden daha fazladır. Yapraklı ağaçlarda, öz odun ile diri odun arasındaki nem içeriği farkı ağaç türüne göre farklılık göstermektedir. Şekil 3'te bir odun hücresinin içerdiği rutubet miktarına göre meydana gelen değişimler gösterilmiştir.



Şekil 3. Rutubete bağlı olarak hücre çeperinde meydana gelen değişim (Rowell, 2021'den uyarlanmıştır).

Rutubet, ahşapta serbest su (hücre lümenlerindeki su veya su buharı) veya bağlı su (hücre duvarları içindeki moleküller arası çekimle tutulan su) olarak bulunabilir. Sadece hücre duvarlarının tamamen doyduğu, ancak hücre lümenlerinde su bulunmadığı nem içeriğine lif doygunluk noktası (LDN) denir. Odunun lif doygunluk noktası ortalama %28 nem içerir, ancak bireysel türlerde ve bireysel ahşap parçalarında bu değerden birkaç yüzde puanı kadar değişebilir. Hücre çeperinin yoğunluğu $1,5 \text{ gr/cm}^3$ olarak kabul edilmektedir. Buna bağlı olarak bir odunun alabileceği maksimum su miktarı ($M_{\max}$);

$$M_{\max} = \frac{100(1,5 - S)}{1,5 \times S}$$

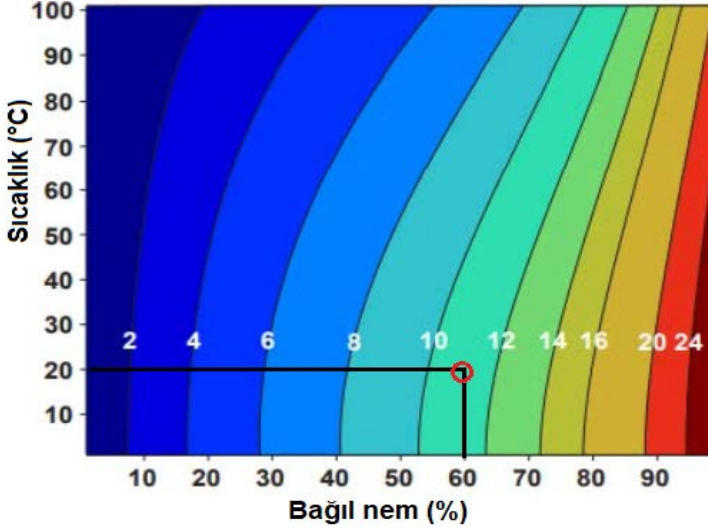
formülünden hesaplanmaktadır. Burada; $S = \frac{W_0}{V_T}$

formülde W_0 , tam kuru ağırlığı (gr) V_T , odunun taze haldeki hacmini ifade etmektedir.

Şekil 3.A'da gösterilen yapı tam kuru (%0 rutubet) haldeki bir odun hücresinin boyuna yönde alınmış kesitini göstermektedir. Normal şartlar altında odun bu halde bulunmaz. Odunun tam kuru hale getirilmesi için genellikle odun 103 ± 2 °C sıcaklıkta fırında ağırlığı değişmeyene kadar bekletilir. Bu bekleme süresi odunun büyüklüğüne, başlangıç rutubetine, ağaç türüne göre farklılık göstermektedir. Belirtilen (103 ± 2 °C) sıcaklık değerinden daha yüksek sıcaklıklarda suyun kaynamasından dolayı yüksek sıcaklıklar kullanılmamaktadır. Şekil 3.B'de %28 rutubetteki odun hücresinin kesiti görülmektedir. Bu durumda odun hücresinin sadece çeperlerinde su bulunmaktadır. Bu nedenle hücre çeperi tam kuru haldekine oranla daha kalındır. Rutubet %0'dan %28'e çıkarken alınan rutubetten dolayı odunda genişleme meydana gelir. Diğer taraftan %28'den tam kuru hale getirilirken daralma meydana gelir. Odunun bu genişleme ve daralmasına *odunun çalışması* denir. Odun LDN'den sonra rutubet almaya devam etmesi durumunda hücre çeperleri su ile dolduğu için artık su lümenlerde birikmeye başlar (Şekil 3.C). Ancak LDN üstündeki rutubet değerlerindeki artış veya azalmalar odunda genişleme veya daralmaya neden olmaz. Odunun alabileceği maksimum su miktarında ise hem hücre çeperleri hem de lümenler tamamen su ile doludur (Şekil 3.D). Canlı ağaçlarda rutubet miktarları %200'lerin üzerine dahi çıkabilmektedir. Ağaç kesildikten sonra bu rutubet miktarı düşmektedir. LDN değerinin altına düşen odun rutubetinin tekrar LDN üzerindeki rutubetlere çıkması ekstrem şartlar altında gerçekleşebilmektedir.

Şekil 4'te sıcaklık ve bağıl neme bağı olarak odunda oluşan denge rutubeti diyagramı gösterilmiştir. Bu diyagram ile sıcaklık ve bağıl nemi belirli olan ortamlarda yeterli süre (ağırlığı değişmeyene kadar) bekletilecek odunların denge rutubetleri belirlenebilmektedir. Örneğin 20°C sıcaklık ve %60 bağıl neme sahip bir ortamdaki odun için bu iki değer kesişimi (kırmızı

çember ile işaretlenmiştir) alınır. Belirlenen noktanın %10 ile %12 rutubet aralığının ortasında (%11) olduğu söylenebilir. Eğer kesişim noktası iki rutubet miktarı arasındaki mesafeden %12'ye yakın olursa, denge rutubetinin %12'ye yakın değerlerde (%11,5-11,9) olduğu söylenebilir.

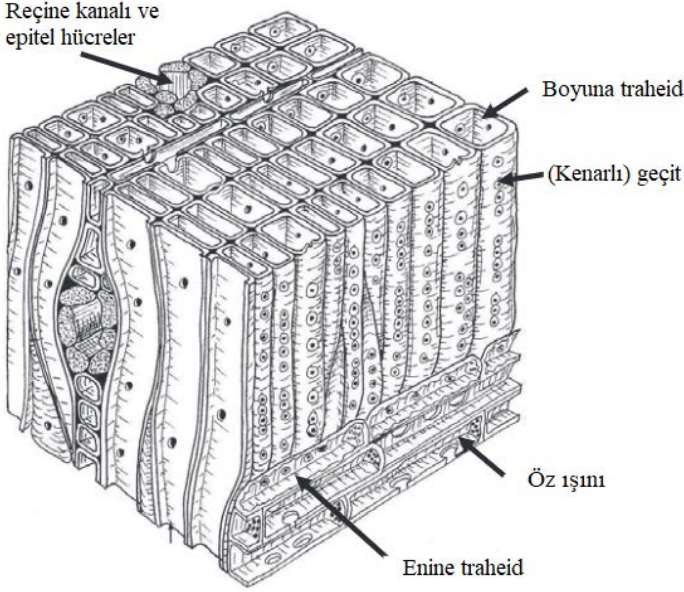


Şekil 4. Sıcaklık ve bağıl neme bağlı olarak odunda oluşan denge rutubet miktarları (Glass, and Zelinka 2010'a atfen Dündar, T. 2024'ten uyarlanmıştır.)

3. RUTUBETİN ODUNUN FİZİKSEL VE MEKANİK ÖZELLİKLERİNE ETKİLERİ

Ahşap, Şekil 4'de gösterildiği gibi bir tür ortotropik ve gözenekli malzemedir (Greil ve ark. 1998; Liu 2008). Mikroskop altında gözlemlenen bir birine yakın hizalanmış, boruyu andıran çok sayıda hücreden oluşur. Hücrelerin çoğu uzunlamasına yönde sıralanırken, daha azı enine yönde sıralanmıştır. Her hücre bir hücre duvarı (çeperi) ve bir hücre boşluğundan (lümenden) oluşur ve hücre duvarı ince bir lif demetinden oluşur. Hücre duvarı ne kadar kalınsa, hücre boşluğu o kadar küçüktür. Hücre duvarı ne

kadar kalınsa, ahşabın yoğunluğu ve mukavemeti o kadar fazladır. Ancak, aynı zamanda deformasyon da daha fazladır. (Wang vd., 2021)



Şekil 4. İğne yapraklı (soft wood) bir odunun anatomik konfigürasyonu (Thomassen, 1977'den uyarlanmıştır.)

Çevresel faktörler ahşabın uzun vadeli mukavemetini etkiler. Özellikle atmosferik su içeriğinin çok yüksek olduğu nemli ve sıcak bölgelerde uzun süreli nem değişiminin etkisi çok belirgindir. Değişen çevresel nem, ahşabın yük altındaki uzun vadeli mukavemetini azaltacak, sünme etkilerini artıracak ve aşırı deformasyona, çatlaklara veya erken hasara yol açacaktır.

Ahşabın mukavemeti, nem içeriği yaklaşık %4-6 nem içeriğine ulaşana kadar azaldıkça artar. Ahşabın mekanik özellik değerleri genel olarak yaklaşık %4 ila 6 nem içeriğinde en yüksektir. Fırın kurusu olarak tabir edilen rutubette (%0) mekanik özellikler biraz daha düşüktür (Carll ve Wiedenhoef 2009). %20 rutubet miktarının aşılması, odunda başta biyolojik zararlılar için potansiyel bir konaklama alanı oluşturur. Bu biyolojik zararlılar

odunun temel bileşenlerini ve suyu (rutubeti) gıdalanmak için kullanarak yaşamlarını sürdürmektedirler. Bu yaşam süreçlerinin devam etmesi odunun temel bileşenlerinde azalmalara, dolayısıyla fiziksel özelliklerde değişimlere (renk değişimi, çatlaklar) mekanik özelliklerde azalmalara neden olmaktadır. Bu nedenle Amerikalı bir kuruluş olan “*Ahşap Yapılar için Ulusal Tasarım Şartnamesi*”ne (The National Design Specification for Wood Construction, 2005) göre yapısal ahşaplarda rutubetin %20’yi geçmemesi, bölgesel iklim şartlarına göre %16-19 arasında değişebileceği belirtilmektedir. Diğer taraftan Avrupa Birliği Eurocode 5 (EN, 2004) ile yapısal ahşap ürünlerle ilgili standartları belirlemiştir. Buna göre servis alanına göre 3 farklı kullanım alanı (servis sınıfı) belirlemiştir.

Tablo 1. Eurocode 5 (EN, 2004)’e göre servis sınıfları ve istenilen nem içerikleri

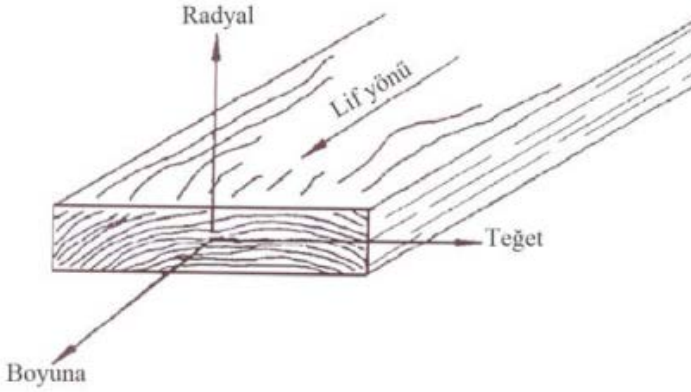
Servis sınıfı	Tanımı	İstenilen nem içeriği (%)
1	20°C sıcaklık ve çevredeki havanın bağlı neminin yılda sadece birkaç hafta boyunca %65’i aşmasıyla karakterize edilen ortamlar.	%12’den az
2	20°C sıcaklık ve çevredeki havanın bağlı neminin yılda sadece birkaç hafta boyunca %85’i aşmasıyla karakterize edilen ortamlar.	%20’den az
3	Servis sınıfı 2’ye göre daha yüksek nem içeriğine yol açan iklim koşulları (sıcaklık ve bağlı nem) ile karakterize edilen ortamlar.	-

Ahşabın rutubet miktarlarının değişmesiyle mekanik özelliklerinde değişimlerin gözlemlenmesi kaçınılmazdır. Bozkurt ve Göker (1996) odunun rutubet miktarındaki %1’lik değişimin mekanik özelliklerde %4 azalmaya neden olduğunu bildirmişlerdir. Bununla birlikte eğilme direnci, çekme direnci, elastikiyet modülü, makaslama direnci ve şok direnci gibi farklı direnç özelliklerinde bu oranın değişebileceği unutulmamalıdır. Yine odunda %12 ile LDN (lif doygunluk noktası, %28)

arasındaki değişimlerin mekanik dirençleri daha fazla etkilediği söylenebilir. As (2024) LDN üstündeki rutubet değerlerinde mekanik özelliklerde bir değişme olmadığını belirtmiş ve bunun nedenini iki maddede açıklamıştır. İlk olarak odunda suyu tutan hücre çeper maddesinin miktarının su alma veya vermeyle değişmemesini, ikinci olarak ise oduna giren su ile odunu oluşturan kohezyon kuvvetlerinde azalma, suyun çıkmasıyla artma meydana geldiğini bildirmiştir. LDN sonrasında ise bu misellerin tuttuğu su miktarında bir değişim olmadığını ve buna bağlı olarak mekanik özelliklerde de bir değişiklik olmadığını belirtirmiştir.

Odunun rutubeti, işlenmesinde de etkili olmaktadır. Örneğin soyma kaplama üretiminde rutubetli tomruklar daha kolay soyulurken rutubetin bir avantajından bahsedilebilir. Diğer taraftan tutkal ile işlem görecektir bir odun için ise yapışma performansını düşürecek için dezavantaj söz konusu olacaktır. Sözen vd., (2021) farklı rutubet değerlerinde üretilen formaldehit tutkalının performansını inceledikleri çalışmalarında, yapısal bir ahşap olan LVL'nin (Laminated Veneer Lumber) rutubetinin %0'dan %25'e çıkmasıyla tutkal performansında %36,5 düşüş meydana geldiğini belirtmişlerdir.

Odun LDN değerleri içinde rutubet aldığında genişler (boyutları artar), rutubet verdiğinde ise daralır (boyutları azalır). Bu durum daha önce de açıklandığı gibi “odunun çalışması” olarak tanımlanır. Odun anizotropik (farklı yönlerde farklı özellikler gösteren) bir yapıya sahip olduğu için rutubete bağlı fiziksel değişimler de yönler göre farklılık göstermektedir. Odunun lif yönü ve yıllık halkalara bağlı olarak anizotropik yapısı Şekil 5'te gösterilmiştir.



Şekil 5. Odunun lif yönü ve yıllık halkalara göre anizotropik yapısı (Dündar, 2024).

Odunda rutubete bağlı fiziksel değişim en fazla teğet, daha sonra radyal ve en az boyuna yönde gerçekleşmektedir. Boyutsal değişimde diğer bir faktör de ağaç türüdür. Ağaç türüne bağlı olarak boyutsal değişim oranları da değişmektedir. Bu nedenle değişim skalası net bir oran yerine aralık olarak verilmektedir. Teğet yönde değişim %6-%13 arasında, radyal yönde %2-%8 ve en az olan boyuna yönde %0,1-%0,2 arasında değişmektedir. Örs ve Keskin (2008), bu değişimin en büyük nedeni olarak hücreler arasında bulunan orta lamel ve bu orta lamelde bulunan pektin maddesi olduğunu bildirmiştir.

4. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışma, ahşabın higroskopik doğası gereği suyla olan ilişkisini, rutubetin fiziksel ve mekanik özelliklere olan etkilerini ve bu etkilerin yapı malzemesi olarak ahşabın kullanım performansına nasıl yansıdığını ayrıntılı bir şekilde ele almıştır. Sunulan bilgiler, özellikle yapı sektöründe ahşabın doğru şekilde kullanılabilmesi için ahşabın rutubetinin önemini açıkça ortaya koymaktadır.

Ahşap malzemelerin doğası gereği rutubeti alma ve verme kapasitesi, onları çevre koşullarına karşı duyarlı hale getirmektedir. Bu durum, bir yandan ahşaba esneklik ve canlılık kazandırırken, diğer yandan da yapısal stabiliteyi tehdit eden önemli bir faktördür. Özellikle lif doygunluk noktası (LDN-%28) altındaki rutubet değişimleri, ahşabın fiziksel boyutlarında genişleme veya daralma gibi ciddi etkiler doğurur. LDN değeri ortalama olarak %28 rutubet içeriklerinde gerçekleşmekte, bu sınırdan sonra rutubet artışı fiziksel değişime yol açmamakta; ancak biyolojik bozulmalar açısından risk teşkil etmektedir.

Araştırma boyunca vurgulanan önemli bulgulardan biri, rutubetin ahşabın mekanik özellikleri üzerindeki doğrudan etkisidir. %4–6 nem oranı, ahşabın maksimum mekanik direnç gösterdiği aralık olarak belirlenmiştir. Bu oranın altında ya da üstünde kalan nem seviyelerinde ise eğilme direnci, çekme direnci, elastikiyet modülü ve makaslama gibi direnç özelliklerinde azalma meydana gelmektedir. Örneğin Bozkurt ve Göker'in (1996) çalışmasında belirtildiği gibi, rutubetteki her %1'lik artış, mekanik özelliklerde ortalama %4'lük bir azalmaya neden olmaktadır. Özellikle %12 ile LDN (%28) arasındaki değişimler bu düşüşü daha belirgin hale getirmektedir. Bu bağlamda, yapı mühendisliğinde ahşap kullanımında iklim koşullarına göre doğru servis sınıfının seçilmesi kritik bir adımdır. Eurocode 5 standardına göre %12'yi aşmayan nem içerikleri iç mekân uygulamaları için uygun görülürken, %20'ye kadar olan değerler ise dış mekânda korumalı kullanım için kabul edilebilir seviyelerdedir.

Çalışmada ayrıca ahşabın anizotropik doğasına da dikkat çekilmiştir. Rutubete bağlı boyutsal değişimlerin en fazla teğet yönde (%6–13), ardından radyal (%2–8) ve en az boyuna yönde (%0,1–0,2) gerçekleştiği belirtilmiştir. Bu farklılık, odunun yapısal yönelimine, hücre duvar kalınlıklarına ve özellikle orta lameldeki pektin varlığına bağlanmaktadır. Dolayısıyla, özellikle

mobilya ve yapı elemanlarında kullanılacak ahşap malzemenin seçimi ve kurutma süreçleri büyük önem taşır.

Nem değişimlerinin sadece fiziksel ve mekanik özellikler değil, aynı zamanda biyolojik dayanıklılığı da etkilediği görülmüştür. %20'nin üzerindeki nem içerikleri, küf, mantar ve diğer biyolojik zararlılar için uygun bir yaşam ortamı oluşturarak ahşabın bozulmasına neden olmaktadır. Bu durum sadece dayanımı değil, görsel estetiği de etkileyerek kullanım ömrünü kısaltır. Bu bağlamda, hem Türkiye'de hem Avrupa'da geçerli olan yapı standartları, yapısal ahşapların rutubet içeriğini %16–19 arasında sınırlamayı önermektedir.

Odun-su ilişkileri üzerinde en önemli noktalardan biri de ahşabın çalışması olarak adlandırılan hacim değişimidir. Bu değişim, sadece mühendislik açısından değil, aynı zamanda üretim süreçlerinde de ciddi sonuçlar doğurur. Bu durum, endüstriyel üretim süreçlerinde nem kontrolünün önemini bir kez daha vurgulamaktadır.

Mikroskobik düzeyde yapılan incelemelerde, hücre çeperi yapısının –özellikle sekonder çeperin (S1, S2, S3) ve primer çeperin– rutubet ilişkileri açısından belirleyici olduğu görülmektedir. Bu hücre çeperleri, mikrofibrillerin kristalin ve amorf yapıları ile birlikte nemi tutma kapasitelerini ve odunun deformasyon direncini belirlemektedir. Nano boyuttaki bu yapılar, su molekülleriyle kurdukları bağlara göre ahşabın genel performansını etkiler. Dolayısıyla ileri düzeyde ahşap mühendisliği çalışmaları için bu mikroyapısal detaylar göz ardı edilmemelidir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, ahşabın sahip olduğu yüksek taşıma kapasitesi, estetik görünümü, sürdürülebilirliği ve işlenebilirliği gibi avantajları, onun modern yapı sistemlerinde tercih edilen bir malzeme olmasını sağlamaktadır. Ancak bu avantajların tam olarak kullanılabilmesi için rutubet kontrolünün

çok iyi yapılması gerekmektedir. Gerek üretim aşamasında gerekse kullanım sırasında ahşabın nem içeriği, hem dayanım özelliklerini hem de estetik ve biyolojik dayanıklılığını belirlemektedir.

Sonuç olarak bu çalışma, ahşap malzemenin nemle olan karmaşık ilişkisini detaylı bir şekilde ortaya koyarak, hem akademik hem de uygulamalı alanlar için önemli bir kaynak sunmuştur. Özellikle yapı mühendisliği, mobilya üretimi, koruma kimyasalları ve kurutma teknolojileri alanında çalışan profesyoneller için bu bulgular, malzeme seçiminden işleme tekniklerine kadar birçok sürecin daha bilinçli yürütülmesine katkı sağlayacaktır. Gelecek çalışmalarda ise farklı ağaç türlerinin higroskopik tepkilerinin karşılaştırmalı olarak incelenmesi, nano ve mikro ölçekli yapılarla nem ilişkilerinin derinlemesine modellenmesi önerilmektedir.

KAYNAKÇA

- Al, G., & Aydemir, D. (2024). Nanoselüloz: yapısı, çeşitleri ve kullanım alanları. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 26(2), 133-147. <https://doi.org/10.24011/barofd.1358005>
- American Forest & Paper Association 2005. ANSI/AF&PA NDS®-2005National Design Specification® (NDS®) for wood construction. Washington, DC. American Forest & Paper Association.
- As, N. (2024). Ahşabın mekanik özellikleri. T. Akbulut (Ed.), *Ahşap: Doğal ve yenilenebilir mühendislik malzemesi içinde* (s. 57-68) İstanbul: İÜC Üniversite Yayınevi
- Bozkurt, A. Y., & Göker, Y. (1996). Fiziksel ve mekanik ağaç teknolojisi. 2. Baskı. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları.
- Carll, C., & Wiedenhoeft, A. C. (2009). Moisture-related properties of wood and the effects of moisture on wood and wood products.
- Dufresne, A. (2013). Nanocellulose: a new ageless bionanomaterial. *Materials today*, 16(6), 220-227.
- Dündar, T. (2024) Ahşabın Fiziksel Özellikleri. T. Akbulut (Ed.), *Ahşap: Doğal ve yenilenebilir mühendislik malzemesi içinde* (s. 35-55) İstanbul: İÜC Üniversite Yayınevi
- Glass, S.V., & Zelinka, S.L., 2010. Moisture Relations and Physical Properties of Wood. *Wood Handbook, Wood as an Engineering Material*, Edited by Robert J. Ross, USDA Forest Service, FPL-GTR-190
- Görgün H. V., Ünsal Ö., Kantay, R., & Toraman, M. (2020). Investigation of outdoor equilibrium moisture content changes in Marmara region– Turkey. *İçinde: VI.*

International Furniture Congress, 2-5 Kasım 2020,
Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi. s.73-73

- Görgün, H. V., & Ünsal, Ö. (2023). Yapısal ahşap - rutubet ilişkisi. bab Journal of FSMVU Faculty of Architecture and Design. 4 (1), s. 53-63.
- Greil, P., Lifka, T., & Kaindl, A. (1998). Biomorphic cellular silicon carbide ceramics from wood: I. Processing and microstructure. Journal of the European Ceramic Society, 18(14), 1961-1973.
- Liu, Z.T. (2008) Synthesis, characterization and properties of hierarchical porous oxides derived from wood templates. Dissertation, Shanghai Jiao Tong University
- Örs, Y., & Keskin Y. (2008) Ağaç Malzeme Teknolojisi, Ankara
- Rowell, R. M. (2021). Understanding wood surface chemistry and approaches to modification: A review. Polymers, 13(15), 2558.
- Ruelle, J. (2013). Morphology, anatomy and ultrastructure of reaction wood. In The biology of reaction wood (pp. 13-35). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Schweingruber, F. H. (2007). Wood structure and environment. Springer Science & Business Media.
- Sözen, E., Kayahan, K., Bardak, T., & Bardak, S. (2021). The effects of the moisture content of laminated veneer lumber on bending strength and deformation determination via two-dimensional digital image correlation. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science, 235(21), 5603-5615.
- Thomassen, T. (1977): Træ og træmaterialer. Teknologisk Institut. Træteknik. 174 pp.

- Timell, T. E. (1982). Recent progress in the chemistry and topochemistry of compression wood. *Wood Science and Technology*, 16(2), 83-122.
- Wang, J., Cao, X., & Liu, H. (2021). A review of the long-term effects of humidity on the mechanical properties of wood and wood-based products. *European Journal of Wood and Wood Products*, 79, 245-259.

TARIMDA GEÇMİŞTEN GÜNÜMÜZE GENETİĞİ DEĞİŞTİRİLMİŞ ORGANİZMALAR (GDO) VE GÜNCEL DURUM ANALİZİ

Mehmet KARAMAN¹

1. GİRİŞ

Dünya nüfusunun hızla artmasına rağmen tarımsal ürünler bazında birim alandaki verim artış hızının aynı oranda olmaması, tarım alanlarının sınırlı olması ve her geçen gün azalması biyoteknoloji çalışmalarını hızlandırmıştır (Haspolat, 2012; Çelik ve ark., 2018). Biyoteknolojinin en fazla ses getiren çıktısı olan ve yıllardan beri gözde tartışmalarından biri haline gelen genetiği değiştirilmiş organizmalar (GDO), geçmişten günümüze dünya gündeminin en önemli konularından biri olmayı sürdürmektedir (Kulaç ve ark., 2006; Kaynar, 2009).

Genetiği değiştirilmiş organizmaların ve elde edilen ürünlerin 1996 yılında ticari hale geldiği, GDO'lu ürün ekiminin yıldan yıla artış eğiliminde olduğu bildirilmiştir (Abacı ve Abacı, 2014).



Göçer, E. U.

¹ Doç. Dr., Muş Alparslan Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Bitkisel Üretim ve Teknolojileri Bölümü, Muş, Türkiye, m.karaman@alparslan.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-6176-9580.

GDO, diğer bilinen adlarıyla transgenik veya biyotek ürünler bir organizmaya kendi doğasında bulunmayan bir özelliğin gen aktarımıyla kazandırılması veya mevcut gen diziliminin değiştirilmesi suretiyle oluşan ürünlerdir. Bu ürünlerin başında soya, mısır, çeltik, domates, kolza, patates, ayçiçeği gibi tarla bitkileri gelmektedir (Tekedere ve ark., 2011).

Bu teknoloji ile birim alan verimlerinin ve besin içeriğinin artırılması, klasik tarıma kıyasla ilaç kullanımının azaltılması, birçok çevre (kuraklık, don, hastalık, zararlı vs.) faktörünün elemine edilmesi, ürünlere ilişkin raf ömürlerinin uzatılması ve bu bağlamda global açlığa çözüm üretileceği vadedilmiştir (Öztürk ve ark., 2014).



Herbisite dayanıklı transgenik bitkiler (Tetik, A.)

GDO'nun, tarımsal ürünlerin yanı sıra insan sağlığını ilgilendiren tıbbi ürünlerin (aşı ve ilaç vs.) geliştirilmesinde de kullanıldığı bilinmektedir (Abacı ve Abacı, 2014).

Yine farklı araştırmacılar, GDO teknolojisinin ürünün verimini ve gıdalarda besin değerini arttırmada, meyve ve sebzelerin raf ömrünün uzatılmasında, ilaç, aşı üretimi ve organ naklinin yanı sıra hastalıkların tedavi edilmesi gibi tarımdan sağlığa geniş yelpazede kullanıldığını yinelemiştir (Söyler et al., 2021; Özdemir, 2021). Ancak, GDO farklı alanlarda

kullanılmakla beraber dini, kültürel ve etik sorunların yanı sıra gıda güvenliğinde azalma ve insan sağlığını olumsuz etkileme gibi endişelere de sebep olabilmektedir (Ergin ve Yaman, 2013; Özdemir, 2021) .

GDO'lu ürünleri küresel ölçekte piyasaya süren şirketler GDO'nun daima avantajlarını öne sürse de bazı çalışmalar; GDO'lu ürünlere ilişkin olarak verimde ve besin değerlerinde azalma, antibiyotik direnci, alerjik ve toksik etki gibi yan etkilerinin olduğunu vurgulamıştır. Ayrıca, söz konusu etkiler ile ilgili uzun vadede ne tür sonuçların meydana geleceğinin ön görülemediği bildirilmiştir (Öztürk ve ark., 2014).

Günümüzde temel ihtiyacımız olan birçok ürünün içinde GDO bulunabilir. Bu şüphe toplum sağlığını tartışılır duruma getirmiştir. Bu çalışmanın amacı, tarımda GDO teknolojisinin geçmişten günümüze gelişim sürecini, olası sonuçlarını, güncel durumunu değerlendirmek ve GDO'lu ürünlere karşı farkındalık oluşturmaktır.

2. GDO'NUN GELİŞİM SÜRECİ

Bilim camiası, Deoksiribo Nükleik Asit (DNA)'ın organizmalar arasında transfer edilebileceğini 1946 yılında keşfetmiştir ve sonrasında 1973 yılında da rekombine DNA'yı elde etmişlerdir. Gen teknolojisinin gelişmesi ile genleri izole etmek, genlerin yapılarında değişiklikler yapmak ve yapılan değişiklikleri farklı türlere aktarmak olağan hale gelmiştir (Bayraç ve ark., 2014).

Gen teknolojisi 1980 yılından sonra hızlandırılmış olup 1982 yılında rekombinant DNA teknolojisi çalışmaları sonucunda elde edilen insülin hormonu Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) izniyle satışa sunulmuş, sonrasında 1986 yılında da ilk rekombinant aşı olan Hepatit B aşısı geliştirilmiştir

(Denli, 2012; Elpe, 2021). Devam eden süreçte ise 1996 yılında “Flavr Savr” adıyla raf ömrü uzun ilk transgenik domates ticari anlamda piyasaya sürülmüştür (Atsan ve Kaya, 2008).

1997 yılında Dolly adı verilen koyun klonlanmış olup 2000 yılında ise beta karoten içeriği zengin Altın Pirinç geliştirilmiştir (Denli, 2012; Elpe, 2021).



(normal pirinç)

(beta karoten içeriği zengin Altın Pirinç)

(Anonim, 2025)

Gün geçtikçe hızlı bir şekilde gelişen teknoloji ile 2018 yılında da Çin’de CRISPR-cas9 yöntemi vasıtasıyla dünyada ilk olarak genetik tasarımlı bebekler doğmuştur (Anonim, 2018; Elpe, 2021). GDO ile ilgili güncel en son çalışmaların Koronavirüs aşıları olduğu bilinmektedir (Elpe, 2021).

Dünyada GDO’lu bitkilerin ekim alanları her geçen gün artmaktadır; 1996 yılında 1,7 milyon hektar transgenik bitki ekili alan olduğu bildirilirken, 2019 yılında 190,4 milyon hektara ulaştığı vurgulanmıştır (Anonim, 2021a; Elpe, 2021). 2019 yılı değerlerine göre GDO ekimi yapan ülkelerin sırasıyla ABD, Brezilya, Arjantin, Kanada ve Hindistan olduğu belirlenmiştir (Anonim, 2021b; Elpe, 2021). En fazla ekimi

yapılan ürünlerin ise sırasıyla soya fasulyesi, mısır, pamuk ve kanola bitkisi olduğu tespit edilmiştir (Anonim, 2021c; Elpe, 2021).

Türkiye’de GDO ile ilgili ilk çalışmalar 1999 yılında pilot bölge seçilen Niğde’de başlamıştır. Akçakale ve Nazilli’de pamuk; Niğde’de patates; Adana’da mısır, patates ve pamuk üretimi ile devam edilmiştir (Güngör ve Demiryürek, 2021).

3. GDO’NUN AMACI

Dünya nüfusunun hızla artması, tarımsal ürünlerin aynı oranda artmaması, tarım alanlarının her geçen gün azalması, erozyon, heyelan, sel, kuraklık, don, hastalık ve zararlı gibi doğal afetlerin meydana gelme sıklığının artması gibi nedenler ile yakın gelecekte gıda krizinin yaşanacağı ön görülmektedir (Aslan ve İlhan, 2010; Güngör ve Demiryürek, 2021).

Biyoteknolojik uygulamalar; tarım, sağlık, çevre, tür ıslahı ve enerji gibi alanlarda faaliyetlerde bulunmaktadır. Yapılan uygulamalar incelendiğinde temel amacın gelişmiş ülkelere yönelik yüksek besin içeriğine sahip kaliteli ve aynı zamanda sağlıklı ürünler üretmek, tedavi ve ilaç masraflarının azalmasını hedefleyen gıdaların üretimini yapmak, yeterli gıdaya ulaşma problemi olan ülkeler için ise temel ihtiyaç olarak görülen gıdaların üretilmesinin yanı sıra besin kalitesinin arttırılması olduğu deklare edilmektedir (Aydın, 2012; Özdemir, 2021).

GDO teknolojisi ile söz konusu küresel problemlerin üstesinden gelineceği, verimli, kaliteli, biyotik ve abiyotik stres faktörlerine dayanıklı ürünlerin elde edileceği, gıda krizi kaynaklı açlığa çözüm olacağı savunulmaktadır. Ancak, geçmişten günümüze gıda kaynaklarının durumu değerlendirildiğinde, var olan kaynakların bölüşümünde adil

davranılmadığı, eşit dağılım yapıldığında başka kaynaklara ihtiyaç olmadığı sonucuna varılmıştır. Bu sonucun, GDO'nun dünyadaki açlığa bir çözüm yolu olmadığının kanıtı olarak sunulmuştur (Aslan ve İlhan, 2010; Güngör ve Demiryürek, 2021).

4. GDO'NUN FAYDALARI

Dünyada gıda yetersizliği ve erişilebilir gıdaların besin içeriği noksanlığı insan sağlığı açısından temel problemlerin başında gelmektedir.

1-Dünyada yeterli gıdaya ulaşamayan nüfus için açlık tehlikesini ortadan kaldırmaktır (Thompson, 2011; Steier, 2018; Karalis, 2020).

2-GDO teknolojisi ile ürünlere ilişkin birim alan verimlerinin artırılması ve besin elementi içeriğinin zenginleştirilmesi hedeflendiği vurgulanmaktadır.

3-Herbisitlere karşı dayanıklılığı sağlayan genlerin hedef bitkilere transfer edilmesiyle bitkinin herbisite karşı direnci artırılmakta ve böylece ilaçlama sayısı düşürülmekte, masraflar azalmakta doğadaki faydalı canlıların zarar görmesi engellenerek verim artışına katkı sağlanmaktadır (Kefi, 2003).

4-Tarımsal aktivitelerde zararlı böcekler verimi önemli düzeyde sınırlandırmaktadır. Toprakta yaşayan *Bacillus thuringiensis* bakterisinin Bt geni "crystalline" ve 5-endotoksin proteinlerinin üretimini sağlamaktadır. Bu proteinleri üreten Bt geni bitkilere transfer edilerek, böceklerin zararlı etkilerine karşı bitkilere direnç kazandırılmaktadır (Haspolat, 2012).

5-Böceklerle karşı bitkilere direnç kazandırılarak insektisit kullanımı da azalmakta ve ekosistem pestisitlerden daha az zarar görmektedir.

6-GDO teknolojisi ile yerfıstığı, soya ve ayçiçeğı gibi ürünlerde yağ kalitesinin arttırılması, çilek ve domates vb. bitkisel ürünlerde de raf ömrünün uzatılması ve olgunlaşmanın geciktirilmesi çalışmalarının yapıldığı rapor edilmektedir (Topal 2004; Özdemir, 2021).

7-Tarımsal ürünlerin üretim maliyeti düştüğünden dolayı ekonomik faydanın yüksek olduğu bildirilmiştir (Jones, 2017; Karalis et al., 2020).

5. GDO’NUN POTANSİYEL ZARARLARI

Biyoteknoloji insan hayatında birçok soruna çözüm üreterek fayda sağlamakla beraber insanın aleyhine sonuçlanacak problemler de oluşturabilmektedir. Özellikle uzun vadede insan sağlığı ve çevre üzerinde tahmin edilemeyen olası sonuçları endişe yaratmaktadır. Olası zararları şöyle sıralanabilir;

1-Biyotik ve abiyotik stres faktörlerine dayanıklılığı sağlayan genlerin yatay gen transferiyle ile faydalı organizmalara ve ekolojiye zarar verme ihtimali (Vadakattu ve Watson, 2004; Güngör ve Demiryürek, 2021),

2-GDO’lu ürünlerin yetiştirilmesi ile toprak strüktürünün ve ekosistemin yapısının bozulması (Güngör ve Demiryürek, 2021),

3-İlerleyen süreç içerisinde gen geçişi sebebiyle organik tarım uygulamalarının olumsuz etkilenmesi (Turgut, 2009).

4-Üretilen yeni genlerin doğal ürünlerin genleri ile karışması sonrasında genetik kirliliğin meydana gelmesi ve buna bağlı olarak biyolojik çeşitliliğin azalması (Güngör ve Demiryürek, 2021). Türkiye’nin biyolojik çeşitlilik yönünden tüm Avrupa ülkelerinin biyolojik çeşitliliğinin 2/3’ünden daha fazla türe sahip olması GDO’ya ilişkin zararları dikkate almaya

değer kılmaktadır (Çiftçi-Sen, 2018; Güngör ve Demiryürek, 2021).

5-GDO'lu ürünlerle beslenen İnsanların sindirim sürecinde alınan DNA'nın parçalanmadan dolaşımı karışmasıyla karsinojenik etki yaratabileceği ön görülmüştür (Ergin ve Karababa, 2011; Elpe, 2021).

6-GDO'lu ürünler alerji ve toksik etki yapma problemini yaratabilir. İngiltere'de GDO'lu soya tüketen bireylerde soya alerjisinin %50 oranında arttığı belirlenirken Hindistan'da ise Bt toksini barındıran pamuğu toplayan ve fabrikada işleyen işçilerde deri, göz ve üst solunum yollarında alerji probleminin arttığı tespit edilmiştir (Şen ve Altınkaynak, 2014; Elpe, 2021).

7-GDO teknolojisi ile gıda ürünlerinde yapılan gen transferi esnasında ürünlerin bazı besin değerleri seviyesi arttırılırken diğer besin değeri düzeylerinin azaltılarak gıdaların Güvenliğinde ve besin kalitesinde değişiklik olduğu bildirilmiştir (Çelik ve Balık, 2007; Aydın, 2012; Özdemir, 2021).

8-Piyasayı kontrolü altında tutan biyoteknoloji şirketlerinin önemli genleri patentleyerek sahiplenmesi ve aynı konuda araştırma yapmayı hedefleyenlere engel oluşturma riski söz konudur (Çelik ve Balık, 2007; Aydın, 2012).

9- Yemlerde antibiyotiklerin yaygın olarak kullanılması nedeniyle bu antibiyotiklerin doğal bir sonuç olarak süt ürünleri ve et tüketimi yoluyla insan vücuduna girmesi ve insan sindirim sisteminde dirençli mikroplar oluşturmaları (Karalis et al., 2020).

6. DÜNYADA GDO MEVZUATI

Dünyada GDO ile ilgili hukuksal gelişmeler:

1-Birleşmiş Milletler Endüstriyel Kalkınma Organizasyonu (UNIDO) tarafından 1991 yılında yayınlanan Organizmaların Çevreye Salınımı ilgili talimatı (Güngör ve Demiryürek, 2021).

2- Birleşmiş Milletler Dünya Gıda ve Tarım Organizasyonu (FAO) tarafından 1991 yılında yayınlanan Bitki Biyoteknolojisi Talimatı.

3- Biyoteknolojinin risklerini önlemeyi hedefleyen uluslararası teknik direktifler.

4- 1996 yılında yayınlanan BM Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi (Güngör ve Demiryürek, 2021).

5- 1997 yılında BM Çevre Programı (UNEP) tarafından hazırlanmış olan Biyogüvenlik Kılavuzu.

6- 2000 yılında hazırlanan ve Cartagena Protokolü olarak bilinen Biyolojik Çeşitlilik Anlaşması Biyogüvenlik Protokolü (Kaynar, 2009; Güngör ve Demiryürek, 2021).

7. TÜRKİYE’DE GDO MEVZUATI

Türkiye’ye, ithal edilen ürünlerin GDO içerip içermedikleri gıda güvenliği açısından yeterli düzeyde kontrol edilip edilmediği endişe konusudur. Nitekim, Arjantin ve ABD gibi GDO üretiminin oldukça fazla olduğu ülkelere soya fasulyesi ve mısır gibi transgenik ürünler gıda ve yem amaçlı olarak ithal edilmektedir. Bu durum, Türkiye’ye giren ürünlerin GDO’lu olup olmadığı konusunda derin endişeye sebep olduğu bildirilmiştir (Yavuz, 2005).

Türkiye’de GDO ile ilgili 26 Mart 2010 tarihinde çıkan ve 5977 sayılı Biyogüvenlik Kanunu’nu dayanak gösteren yönetmelik bulunmaktadır (Hayırlıdağ, 2016). Nitekim, GDO ile ilgili prosedörleri Tarım ve Orman Bakanlığı yürütmektedir. Türkiye’nin, 24 Mayıs 2000 tarihinde imzaladığı Cartagena Protokolü 11 Eylül 2003 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Söz konusu mevzuat kapsamında Türkiye’de GDO ve ürünleri izin alınmadan ithal edilemez, üretilemez ve piyasaya sunulamaz. Tarımsal üretimde genetiği değiştirilmiş tohum kullanımı yasaktır. Gıda veya yem olarak kullanılan GDO’lar için etiketleme zorunludur. GDO içermez etiketi için %0.9 eşik değeri vardır.

8. ETİKETLEMENİN ÖNEMİ

Farklı nedenler önü sürülerek genetiği değiştirilmiş ürünlerin ticari olarak piyasaya sürülmesi, bu ürünlerin etiketlenmesi ihtiyacını ortaya çıkarmıştır (Hannes, 2015; Karalis et al., 2020). GDO ürünleri, genetiği değiştirilmiş içerikler içerdiğini gösteren özel bir etikete sahip olmalıdır (Karalis et al., 2020).

9. ETİK SORUNU

GDO ile ilgili temel sorun, bu ürünlerin elde edilmesinde hayatın doğal akışına bir müdahale olmasıdır. Dünyadaki ülkelerin bu etik problemine bakış açısının aynı olmadığı birçok ülkenin genetiği değiştirilmiş ürünlerin kullanımını yasakladığı görülürken bazı ülkelerin ise daha esnek davrandığı görülmektedir.

Transgenik ürünleri üreten şirketlerin kâra odaklanması olası sonuçlarını önemsememesi orta yolu bulmayı zorlaştırmaktadır. Bu bağlamda, transgenik ürünlerinin

kullanımının olası etkisine ilişkin yüksek düzeyde belirsizliğe odaklanırken, önerilen düzenlemeler genellikle finansal ve politik müdahalelerle şekillenmektedir (Borraz and Besancon, 2009; Karalis et al., 2020).

Transgenik ürünlere bakış açısı yönünden tüketiciler de iki kategoriye ayrılır, destekleyenler ve karşı çıkanlar. Tüketicilerin görüşleri, GDO ile ilgili sunulan bilgilerden, anayasal düzenlemelerden, ortaya çıkan problemleri çözme konusunda karar vericilere duydukları güvenden etkilenmektedir (Stemke, 2010).

10. SONUÇ VE ÖNERİLER

Dünya nüfusunun daima artan eğilimde olması bilim camiasını gelecekte olası gıda krizine karşı tedbirler almaya zorlamıştır. Geçmişten günümüze klasik ıslahta ve agronomik uygulamalardaki gelişmeler birim alan verimlerini ve ürün kalitesini artırmış olmakla birlikte kullanılan pestisitler ve kimyasal gübreler toprakta geri dönüşümü olmayan deformasyonlara neden olmuştur. Bu durum, başta insan sağlığı olmak üzere bitki, hayvan popülasyonunu ve çevreyi tehdit eder duruma gelmiş, doğal rezervlerin ve tarımsal ekosistemlerin dengesini olumsuz etkilemiştir.

GDO'lu ürünlerin yan etkilerini önlemek için, bu ürünlerin pazara sunulmadan önce ilgili yönetmelikler çerçevesinde sorumlu kurumlar tarafından detaylı kontrol edilmesi herhangi bir aksiliği engellemek açısından önem arz etmektedir. Transgenik ürünlerin gelecekte insan sağlığı üzerindeki olası etkilerinin belirsizliğini koruması en büyük endişe konusudur. GDO'lu bitkilerin insan sağlığına ve ekosisteme risklerini ciddiye alarak detaylı çalışmalar yapılmalıdır.

KAYNAKÇA

- Abacı, Z. M., & Abacı, Z. T. (2014). İnönü Üniversitesi Biyoloji ve Gıda Mühendisliği Bölümü öğrencilerinde genetiği değiştirilmiş organizma bilinci ve bilgi düzeyi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 4(2), 31–37.
- Anonim. (2018, Ekim). Dünyanın ilk genetik tasarımı bebekleri Çin'de doğdu. *BBC News Türkçe*. <http://www.bbc.com/turkce/haberler-dunya-46341694>
- Anonim. (2021a). Acreage of genetically modified crops worldwide from 2003 to 2019 (in million hectares). *Statista*. <https://www.statista.com/statistics/263292/acreage-of-genetically-modified-crops-worldwide>
- Anonim. (2021b). Area of genetically modified (GM) crops worldwide in 2019, by country. *Statista*. <https://www.statista.com/statistics/271897/leading-countries-by-acreage-of-genetically-modified-crops>
- Anonim. (2021c). Adoption of GM technology among selected major crops worldwide in 2019, by type. *Statista*. <https://www.statista.com/statistics/262288/global-adoption-rate-major-biotech-crops-worldwide>
- Anonim. (2025). *Golden Rice Project*. Erişim tarihi 18 Haziran 2025, <https://www.goldenrice.org/index.php>
- Aslan, D., & İlhan, B. (2010). Farklı boyutlarıyla genetiği değiştirilmiş organizmalar (s. 49–54). Ankara: Ankara Tabip Odası.
- Atsan, T., & Kaya, T. E. (2008). Genetiği değiştirilmiş organizmaların (GDO) tarım ve insan sağlığı üzerine etkileri. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22(2), 1–6.

- Aydın, C. (2012). Tüketici satın alma karar sürecinde gıda güvenliği: GDO'suz etiketler üzerine bir araştırma (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). İstanbul Ticaret Üniversitesi, İstanbul.
- Bayraç, A. T., Kalemtaş, G., Baloğlu, M. C., & Kavas, M. (2014). *Genetiği değiştirilmiş organizmalar* (3. bs., s. 25–40). Ankara: ODTÜ Yayıncılık.
- Borraz, O., & Besançon, J. (2009). Uncertainties in regulating food safety in France. In M. Everson & E. Vos (Eds.), *Uncertain risks regulated* (s. 49–68). New York: Routledge.
- Çelik, C., Muslu, M., & Persil Özkan, Ö. (2018). Genetiği değiştirilmiş organizmalar. *Sağlık Bilimleri ve Yaşam Dergisi*, 3(1), 1–9.
- Çelik, V., & Balık, D. (2007). Genetiği değiştirilmiş organizmalar (GDO). *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 23(1–2), 13–23.
- Çiftçi-Sen. (2018). 10 soruda genetiği değiştirilmiş organizmalar. Erişim tarihi 29 Nisan 2025, <http://politeknik.org.tr/10-soruda-gdo-ciftci-sen>
- Denli, M. (2012). *Genetiği değiştirilmiş organizmalar (GDO)*. İstanbul: İstanbul Ticaret Odası Yayınları.
- Elpe, S. (2021). Genetiği değiştirilmiş organizmalar insan sağlığı ve çevre için güvenli mi? *Journal of Medical Sciences*, 2(4), 10–19.
- Ergin, İ., & Karababa, A. (2011). Genetiği değiştirilmiş organizmalar: Sağlığa zararlarını kanıtlamak neden zor? Sorunlar ve riskin ipuçları. *Türkiye Halk Sağlığı Dergisi*, 9(2), 113–122.

- Ergin, S., & Yaman, H. (2013). Genetiği değiştirilmiş gıdalar ve insan sağlığı üzerine etkileri. *Gümüşhane Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 2(2), 230–243.
- Güngör, E., & Demiryürek, K. (2021). Türkiye’de genetiği değiştirilmiş organizmalar. *Tarım Ekonomisi Araştırmaları Dergisi*, 7(2), 140–154.
- Hannes, S. R. (2015). *Cultural politics and the transatlantic divide over GMOs*. Londra: Palgrave Macmillan.
- Haspolat, I. (2012). Genetiği değiştirilmiş organizmalar ve biyogüvenlik. *Ankara Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi Dergisi*, 59, 75–80.
- Hayırlıdağ, M., Arslan, M. F., & Büken, N. Ö. (2016). Genetiği değiştirilmiş gıdalar ile ilgili etik ve hukuki tartışmalar ve kıtalararası durum değerlendirmesi. *Tarım Ekonomisi Dergisi*, 22(1), 1–9.
- Jones, P. J. (2017). Assessing the potential economic benefits to farmers from various GM crops becoming available in the European Union by 2025: Results from an expert survey. *Agricultural Systems*, 155, 158–167.
- Karalis, D. T., Karalis, T., Karalis, S., & Kleisiari, A. S. (2020). Genetically modified products, perspectives and challenges. *Cureus*, 12(3), e7306.
- Kaynar, P. (2009). Genetik olarak değiştirilmiş organizmalara genel bir bakış. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 66(4), 177–185.
- Kefi, S. (2003). Genetik modifiye organizmalar ve gıdalarda kullanımı. Ankara: TMMOB Gıda Mühendisleri Odası Kitaplar Serisi-2.
- Kulaç, İ., Ağirdil, Y., & Yakın, M. (2006). Sofralarımızdaki tatlı dert: Genetiği değiştirilmiş organizmalar ve halk

- sağlığına etkileri. *Türk Biyokimya Dergisi*, 31(3), 151–155.
- Özdemir, A. M. (2021). Sınıf öğretmenliği adaylarının genetiği değiştirilmiş organizmalar (GDO) hakkındaki tutumları. *Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi*, 22(1), 521–541.
- Öztürk, S., Şahin, S. A., & Tüfekci, F. G. (2014). Annelerin genetiği değiştirilmiş organizmalara yönelik bilgi durumları ve tutumları. *İzmir Dr. Behçet Uz Çocuk Hastanesi Dergisi*, 4(2), 117–122.
- Söyler, N., İpar, M. S., & Kocatepe, D. (2021). Hastane çalışanlarının genetiği değiştirilmiş organizma (GDO) farkındalık düzeylerinin belirlenmesi: Sinop örneği. *Food and Health*, 7(1), 1–14.
- Steier, G. (Ed.). (2018). *Advancing food integrity: GMO regulation, agroecology, and urban agriculture*. New York: CRC Press.
- Stemke, D. J. (2010). Genetically modified microorganisms, biosafety and ethical issues. In R. S. Parekh (Ed.), *The GMO Handbook: Genetically modified animals, microbes, and plants in biotechnology* (s. 85–132). Totowa, NJ: Humana Press.
- Şen, S., & Altınkaynak, S. (2014). Genetiği değiştirilmiş gıdalar ve potansiyel sağlık riskleri. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 18(1), 31–38.
- Tekedere, H., Taban, B., Çalışkan, M., & Demirtola, H. (2011). Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu öğrencilerinin genetiği değiştirilmiş organizmalarla ilgili eğitim ihtiyaçlarının analizi. *Türk Fen Eğitimi Dergisi*, 3, 142–156.
- Thompson, R. P. (2011). *Agro-technology: A philosophical introduction*. Cambridge: Cambridge University Press.

- Topal, Ş. (2004). Genetik deęiřtirme işlemleri ve biyogüvenlik. *Buğday*, (26).
- Turgut, N. Y. (2009). Genetik yapısı değiştirilmiş organizmalar hakkında tartişmanın boyutları. *Atılım Üniversitesi Hukuk Fakóltesi*.
- Vadakattu, G., & Watson, S. (2004). Ecological impacts of GM cotton on soil biodiversity. *CSIRO Land and Water*, 12–37.
- Yavuz, F. (2005). *Türkiye’de tarım*. Ankara: Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı.

PESTİSİT UYGULAMALARINDA KULLANILAN İNSANSIZ HAVA ARAÇLARI İÇİN DÖNER DİSKLİ PÜSKÜRTME BAŞLIĞI TASARIMI VE PROTOTİP ÜRETİMİ¹

Bahadır SAYINCI²

1. GİRİŞ

Düşük hacimli pestisit uygulamalarında kullanılan döner diskli memeler düşük enerji tüketimi, çok ince yapıli damlaların üretilebilmesi, her türlü sıvının püskürtülebilmesi, damla boyutunun kontrol edilebilmesi, tıkanma risklerinin olmaması ve suya kolay erişimin olmadığı yerlerde kullanabilme özellikleriyle hidrolik memelere göre önemli avantajlara sahiptir (Zhu et al., 2024; Chen et al., 2024). İnsansız hava araçlarında (İHA) olduğu gibi küçük depo kapasiteli püskürtme sistemleriyle büyük alanlar bu tip püskürtme başlıklarıyla kısa sürede ilaçlanabilmektedir. Açık alanlarda kullanıldığı gibi seralarda da düşük hacimde pestisit uygulayan ve kontrollü damlalar üreten püskürtme sistemlerinin kullanımı son yıllarda yeniden yaygınlaşmaya başlamıştır. Afrika'daki pamuk üreticilerinin 5-15 l/ha uygulama hacimlerinde püskürtme yapan döner diskli el pülverizatörlerinin yaygın bir şekilde kullanıldığı belirtilirken (Cooper et al., 1998), son yıllarda pestisit uygulamalarının Çin ve diğer Asya ülkelerinde İHA'larla yapılması, tüm dünya ülkelerinde düşük

¹ Bu araştırma Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından 2021-02.BŞEÜ.06-01 nolu proje ile desteklenmiştir.

² Prof. Dr., Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, bahadir.sayinci@bilecik.edu.tr, ORCID: 0000-0001-7148-0855.

hacimli uygulamaları yeniden popüler hale getirmiştir (Zhu et al., 2024). Nitekim 2024 yılının sonuna kadar 500 milyon hektardan fazla tarım alanının İHA'larla ilaçlandığı belirlenmiştir (DJI Agriculture, 2024).

Döner bir başlıktan oluşan bu tip memelerde sıvı doğrudan diskin merkezine iletilmekte ve dönme sırasında oluşan santrifüj kuvvetin etkisiyle diskin kenarından çok ince veya ince yapılı damlaların oluşması sağlanmaktadır (Sahoo & Kumar, 2024). Üretilen damlaların spektrumu hidrolik memelere göre daha dar olduğundan üniform yapılı damlalar üretilmekte ve bu özellik damlaların etkin bir şekilde kontrol edilebilmesini sağlayarak hedef dışı sürüklenmeyi azaltmaktadır (Yang et al., 2023; Chen et al., 2024). Döner diskli püskürtme başlıklarının damla çapı karakteristiği, diskin açısız hızına ve memenin akış debisine bağlı olarak önemli ölçüde değişmektedir (Zhu et al., 2024). Uygulama hacmi 10 l/ha ve diskin açısız hızı 12000 d/dk olduğunda damlaların hacimsel medyan çapı ($D_{V0.50}$) 77.5 μm elde edilirken, uygulama hacmi 15 l/ha ve diskin açısız hızı 2000 d/dk olduğunda $D_{V0.50}$ çapı 1339 μm olarak ölçülmüştür (Baio et al., 2025).

Uygulama hacminin yanı sıra ilaçlama etkinliğinin artmasıyla birim alana uygulanan dozun da azaltılması (Koçer, ve diğerleri, 2000) ve bahçe ilaçlamasında ince yapılı damlaların kanopinin orta ve alt bölgelerine taşınabilme potansiyeli düşük hacimde pestisit uygulayan sistemlerin tercih edilmesini etkili kılmıştır (Wang C. et al., 2022). Özellikle beyazsinek, yaprak biti ve kırmızı örümcek gibi zararlılar yaprak altında bulunduğu püskürtme uygulamalarında damlacıkların zararlının bulunduğu bölgeye ulaştırılması önem arz etmektedir (Sumner, ve diğerleri, 2000). Ancak pestisit uygulamalarında ince yapılı damlaların penetrasyonu yaprak alan indeksi yüksek olan bitkilerde yeterince oluşmamaktadır. Bu nedenle döner diskli el pülverizatörüyle yapılan soya fasulyesi ilaçlamasında damlalar yardımcı hava akımıyla hedefe taşınmış ve damla taşınma etkinliği bitkinin üst,

orta ve alt bölgelerinde sırasıyla 1.38, 1.37 ve 1.5 kat artmıştır. Bu çalışma, döner diskli püskürtme başlığıyla hedef yüzeyde sağlanan damla birikiminin yardımcı hava akımıyla birlikte arttığını ve uygulama tekniği açısından disk konum açısının etkili olduğunu göstermektedir.

Düşük hacimli pestisit uygulamalarında hektar başına püskürtülen sıvı hacmi (3-50 litre), geleneksel yöntemlerle karşılaştırıldığında oldukça düşüktür. Bu nedenle yetiştiriciler düşük hacimli püskürtme sistemlerini zayıf bulmaktadır. Ancak operatör güvenliği, çevre kirliliği ve kullanım pratikliği gibi hususlar göz önüne alındığında İHA'larla geniş alanların ilaçlanabilmesi ancak düşük hacimli sistemlerle mümkün olmaktadır. İHA'ların uçuş kontrol teknolojisindeki gelişmelerle birlikte pestisit uygulama kolaylığı nedeniyle oluşan talepler İHA'ların bahçe alanlarında kullanımını teşvik etmiş ve kapasiteleri 60 litreye kadar arttırılmıştır (Meng et al., 2020; Wang C. et al., 2022; Wang X. et al., 2024).

Günümüzde hidrolik memelerin kullanıldığı İHA'ların püskürtme sisteminde kullanılan parçaların (hidrolik pompa, akış hattı, meme gövdesi vb.) tamamı önemli bir ağırlık yükü oluşturmakta ve enerji tüketimine neden olmaktadır. İHA için gerekli enerjinin kapasitesi, pervane motorları ve İHA'nın ağırlığını karşılayabilecek düzeyde seçilmekte ve uçuş zamanı için belirleyici olmaktadır. Bu kapsamda tarımsal amaçlı kullanılan İHA'larda taşıma yükünün azaltılması ve mevcut enerji kapasitesi ile daha uzun süreli uçuşun sağlanması, iş kaybının minimize edilmesi anlamına gelmektedir.

Bu araştırmanın amacı; pestisit uygulamalarında kullanılan İHA'ların enerji gereksinimi azaltmak, damla boyutunu kontrol edebilmek ve fiziksel özellikler yönüyle farklı sıvıların püskürtülebilmesini sağlamak amacıyla hidrolik memelere alternatif döner diskli bir püskürtme başlığı

geliştirmektir. Bu kapsamda yürütülen araştırmada pestisit uygulamalarında kullanılan İHA'larda döner diskli püskürtme başlıklarının kullanılmasıyla kontrollü damlaların üretilerek sürüklenmenin minimize edilmesi ve düşük enerji tüketimi nedeniyle uçuş süresi artarak daha büyük alanların ilaçlanması hedeflenmektedir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Tasarım Kriterleri

Püskürtme başlığı döner disk, ana gövde, disk kapağı ve çatı bağlantısı olmak üzere 4 ana parçadan oluşmuş ve birbirlerine sökülebilir bağlantı elemanlarıyla (vida ve somun) bağlanmıştır. Katı modelleme çalışmaları AutoCAD programında yapılmış olup başlığı oluşturan parçalar (Meng et al., 2020) kullanılabilirlik ve üretilebilirlik temel ilkeleri gözetilerek imalat, montaj ve söküm kolaylığı, hafiflik, farklı konum açılarında kullanabilme, farklı meme debilerini elde edebilme, farklı çaplarda enjektör memesi kullanabilme, meme debisi ölçümünde kolaylık ve çalışma sırasında DC motorun akışkanla temasını engelleme kriterleri gözetilerek tasarlanmıştır.

2.2. Prototipleme ve Malzeme Seçimi

Katı modeli oluşturulan parçalar, 3D yazıcı (Zortrax M200 Plus, 0.4 mm nozul çapı; 290 °C nozul sıcaklığı; 320 W gücü; 200×200×180 mm baskı hacmi) kullanılarak üretilmiştir. Üretimde PLA (polilaktik asit, Poly-Lactic Acid, C₃H₄O₂) ve HIPS (polistren, High Impact Poly-Styrene (C₁₂H₁₄)_x) olmak üzere çapı 1.75 mm olan 2 farklı filament kullanılmış ve özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Literatürde üç boyutlu yazıcı kullanılarak benzer döner diskli meme prototipi üretimine rastlanmaktadır (Gavali & Kalashetty, 2023). Ön baskıyla elde edilen prototipler yüzey

işleme ve boyama gibi işlemlerle iyileştirilmektedir. Nitekim bu araştırmada montaj ve sökme işlemleri sırasında aşınan ve hasar gören tüm parçalar yeniden tasarlanmış veya boyutlandırılarak modellenmiş ve iyileştirme yapılarak tekrar üretilmiştir. Özellikle vidalı ve sıkı geçme yapılan bağlantılarda oluşan deformasyonları değerlendirmek, üretimleri yüzey pürüzlülüğü ve montaj kolaylığı açısından karşılaştırmak ve diskin kenar çentikleri gibi detay gerektiren kısımlardaki imalat kararlılığını tespit etmek amacıyla tekrarlı üretilen parçalar, montaj öncesi ve sonrası gözle muayene edilmiş ve her iki üretim malzemesi elastikiyet, deformasyon, montaj kolaylığı ve ayrıntıların işlenebilirliği açısından karşılaştırılmıştır.

Çizelge 1. Prototiplemede kullanılan malzemelerin teknik özellikleri (Zortrax, 2021; Simplify3d, 2025)

Özellik	PLA	HIPS
Çekme dayanımı	47.95 MPa	16.90 MPa
Çekme uzaması	%3.80	%1.87
Kopma gerilmesi	46.53 MPa	13.02 MPa
Kopma uzaması	%4.32	%7.75
Eğilme gerilmesi	56.80 MPa	29.30 MPa
Eğilme modülü	1.47 GPa	1.18 GPa
İzod darbe dayanımı	3.14 kJ/m ²	4.82 kJ/m ²
Camsı geçiş sıcaklığı	57.06 °C	96.68 °C
Ekstrüzyon sıcaklığı	190-220 °C	230-245 °C
Isıl genleşme	68 µm/m-°C	80 µm/m-°C
Ergiyik akışkanlık (debi)	14.48 g/10 dk*	7.14 g/10 dk**
Özkütle	1.292 g/cm ³	1.136 g/cm ³
Shore sertliği	79.8	73.2

*: 2.16 kg yükleme@190 °C; **: 5 kg yükleme@200 °C

2.3. DC Motor

Mevcut İHA sistemlerinde döner diskli başlıklar 60 W'lık fırçasız motor (78.7 g) ile döndürülmektedir (Rcdron, 2025). Motor tarafından 6-14 V aralığındaki çıkış gerilimiyle dönen başlıklar, 20000 d/dk'lık hıza ulaşabilmektedir (Hongfei Co., 2022). Bu araştırmada diskin dönme hareketi için kullanılan DC motorun seçiminde çalışma gerilimi değişim aralığının geniş ve

mil devrinin yüksek olmasına dikkat edilmiştir. DC motorun özellikleri Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 2. DC motorun özellikleri

Model	Redüktörsüz FF 180
Çalışma gerilimi	3-12V DC
Devir sayısı	3 V 3500 d/dk; 6 V 7200 d/dk; 9 V 10900 d/dk; 12 V 14000 d/dk
Akım	0.065A-0.11A
Yükte çektiği akım	0.5 A
Mil çapı	2 mm
Mil uzunluğu	5.50 mm
Motor uzunluğu	42 mm (mil dahil)
Motor çapı	20.5 mm
Kütle	50 g

2.4. Diskin Devir Sayısının Belirlenmesi

Disk devrini kontrollü bir şekilde ayarlamak için çıkış gerilimi 0-30 V aralığında değişen çift kanallı bir DC güç kaynağı (Geratech, 0-30V; 0-5 A, Model No: MCH-305D-II) kullanılmıştır. Motor milinin devir sayısı, çıkış gerilimi 2-12 V arasında değiştirilerek ayarlanmıştır. Diskin devir sayısı (d/dk) temassız ölçüm yapan bir devir ölçer (Testo 470) ile yüksüz durumda belirlenmiştir. Ölçümler 3 tekrarlı olarak yapılmış ve ortalamalar standart sapma ile birlikte verilmiştir. Çıkış gerilimi (V) ve diskin devir sayısı (d/dk) arasındaki ilişki, doğrusal regresyon analiziyle açıklanmıştır.

2.5. Pompa ve Akış Hattının Bağlanması

Damla oluşumunu test etmek için püskürtme başlığına orifis çapı Ø1.0 mm olan enjektör memesi (renk kodu: sarı) takılmış ve 23°’lik eğimli bağlantı sayesinde akışkanın disk merkezine yakın bir noktaya iletilmesi sağlanmıştır. Akış hattında Ø6.0 mm çaplı şeffaf PVC hortum kullanılmıştır. Akışkanı basınçlandırmak için kullanılan dalgıç pompa (Çalışma gerilimi: 3-6 V; çalışma akımı: 100-220 mA; güç tüketimi: 0.4-1.5 W; debi: 1.2-1.6 l/dk; kütle: 25 g) 5 litrelik su tankına daldırılmıştır.

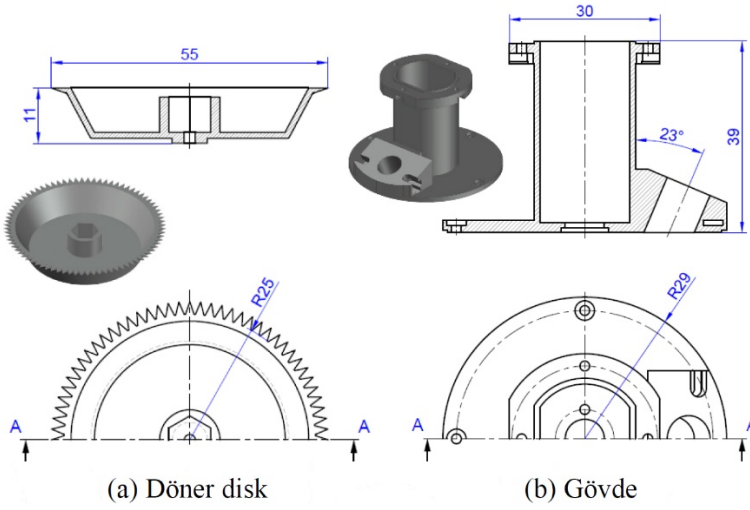
Güç kaynağına bağlanan pompa sabit bir çıkış gerilimiyle çalıştırılmış ve akışkanın enjektör memesine iletilmesi sağlanmıştır. Diskin dönme hareketiyle birlikte oluşan damlalar gözlemlenerek kontrol edilmiştir.

3. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

3.1. Püskürtme Başlığının Parçaları

Püskürtme başlığında damla oluşumu Şekil 2a'da gösterilen döner diskin cidarında gerçekleşmektedir. Akışkan diski terk ederken ligament formu oluşmakta ve devir sayısına bağlı olarak damlacıklar şeklinde parçalanmaktadır (Wu et al., 2025). Parçalama etkisi için diskin kenarında çentikli bir yapı oluşturulmuştur. İHA sistemlerinde kullanılan döner diskli memeler referans (Zhu et al., 2024) alınarak başlığın disk çapı 55 mm (çentikli kenar dahil) ve maksimum nominal devir sayısı 14000 d/dk olarak belirlenmiştir. Diskin levha kalınlığı 1.2 mm'dir. Diskin merkezinde anahtar ağzı (AA) ölçüsü 8 mm olan altıgen kesitli kanal oluşturulmuştur. Bu sayede DC motorun çıkış mili ve disk arasında sabit bir kaplin kullanılmış ve kaplin ve disk birbirine tek noktadan M2 vidayla bağlanmıştır. Diskin sıvıyla temas eden iç yüzeyi ve motor yüzeyi arasındaki düşey mesafe 15.5 mm olarak ölçülmüştür.

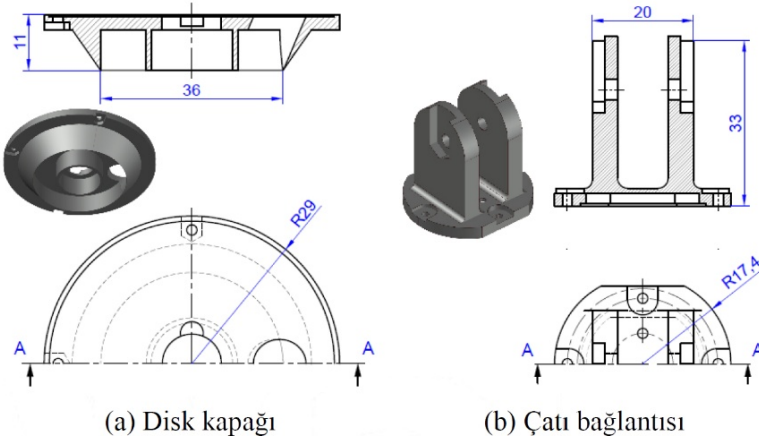
Şekil 2b'de gösterilen gövde, DC motoru taşımakta ve diskin diğer tüm bileşenlerini birbirine bağlamaktadır. Gövde ölçüleri DC motora uygun olarak tasarlanmıştır. Gövdenin arka yüzüne farklı debileri elde etmek için meme ucu olarak adlandırılan enjektörler bağlanmaktadır. Vidalı birleştirme yapılarak sabitlenen enjektör memesi, eğimli şekilde monte edilerek akışın disk merkezine doğru yönlendirilmesi sağlanmıştır. Başlık için farklı çaplara sahip enjektörlerin kullanılabilir olması başlığın farklı debilerde işletilmesini sağlamıştır.



Şekil 2. Püskürtme başlığının döner disk ve motor gövdesi

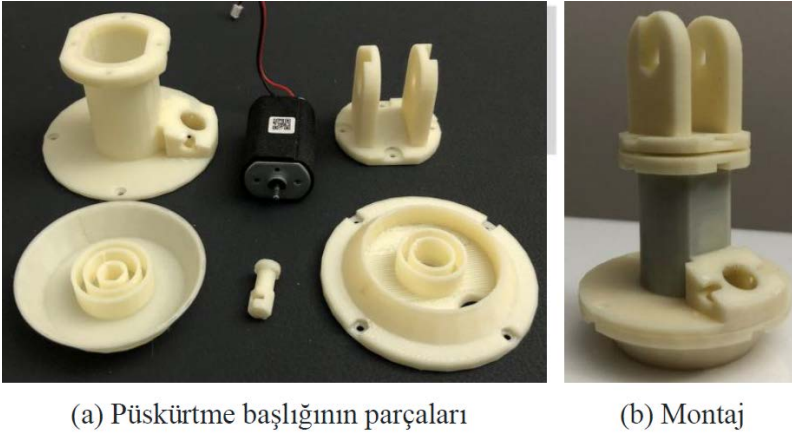
Şekil 3a’da gösterilen kapak, döner diskin ana gövdeye bağlanmasını sağlamaktadır. Gövdeye yerleştirilen DC motor, disk kapağına vidalı olarak monte edilmiştir. Bu kapak aynı zamanda diskin gövdeye temas etmeden çalışmasını sağlamaktadır. Disk kapağının merkezinde yapılandırılmış halka, çalışma sırasında akışkanın motora doğru ilerlemesini engellemektedir.

Döner diskin belirli bir konum açısında kullanılması püskürtme dağılımının üniformitesini iyileştirmektedir (Bode et al., 1983; Sayıncı ve diğerleri, 2020). Paternatör testlerinde elektrostatik yüklemeli döner diskli meme için optimum eğim açısı 30° olarak belirlenmiştir (Dante & Gupta, 1991). Üretici firma damlaların penetrasyonunu sağlamak için püskürtme başlığının 20°’lik açıyla bağlanmasını önermektedir (Micron Sprayers Ltd, 2013). Yardımcı hava akımıyla birlikte kullanılan döner diskli memede disk yüzeyi ile hava akımı doğrultusu arasındaki optimum açı ise 105° olarak belirlenmiştir (Gupta & Duc, 1996). Bu araştırmada püskürtme başlığının hem ana çatıya bağlanmasını hem de diskin farklı açılarda konumlandırılmasını sağlamak için Şekil 3b’de gösterilen çatı bağlantısı tasarlanmıştır.



Şekil 3. Püskürtme başlığının disk kapağı ve çatı bağlantısı

Prototipleme yapılan püskürtme başlığının parçaları ve DC motor Şekil 4a'da ve montaj resmi Şekil 4b'de gösterilmiştir. Parçalar birbirine vidalı bağlanarak tekrar sökülebilir özellikte üretilmiştir. Mevcut üretimde başlığın işlevsel özelliğini yerine getirmesine ve ağırlık yükünün düşük olmasına dikkat edilmiştir.



Şekil 4. Püskürtme başlığının parçaları ve montaj görünüm

Montaj sırasında merkezlemeyi kolaylaştırmak için parçalar faturalı olarak tasarlanmıştır. Kapak ve disklerin optimum et kalınlığını belirlemek için ön üretimler yapılmış ve gerekli görüldüğü taktirde ölçüler arttırılmıştır. Montaj sırasında

parçalar arasında sıkı tutunma nedeniyle deformasyonlar oluştuğu için ölçüler yeniden gözden geçirilerek parçalar iyileştirilmiştir.

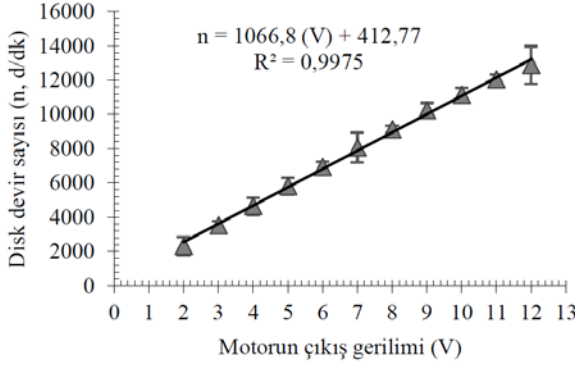
3.2. Diskin Devir Sayısı ve Çıkış Gerilimi İlişkisi

Konvansiyonel püskürtme sistemlerinde damlalar hidrolik basınç enerjisiyle üretilirken döner diskli püskürtme başlığında damlacıklar merkezci kuvvetin etkisiyle oluşmaktadır. Bu amaçla yüksek hızda dönen bir disk üzerine düşürülen sıvı parçalanmakta ve kazandığı kinetik enerjiyle damlalar geniş bir alana yayılmaktadır. DC motorun çıkış gerilimine bağlı olarak disk yüksekte durduğunda devir sayısının değişimi Çizelge 3’de verilmiştir.

Çizelge 3. DC motorun çıkış gerilimi (V) ve disk devir sayısı (d/dk) arasındaki ilişki

Gerilim (V)	Diskin devir sayısı (d/dk)			
	1. Tekerrür	2. Tekerrür	3. Tekerrür	Ort.±SS
2	2262	2363	2338	2321±53
3	3508	3551	3507	3522±25
4	4603	4628	4700	4644±50
5	5769	5802	5866	5812±49
6	6900	6910	6960	6923±32
7	7973	8058	8149	8060±88
8	9118	9092	9136	9115±22
9	10285	10200	10223	10236±44
10	11181	11146	11100	11142±41
11	12018	12066	12012	12032±30
12	12881	12762	12983	12875±111

Regresyon analizi sonucunda DC motorun çıkış gerilimi (V) ve disk devir sayısı (d/dk) arasındaki doğrusal ilişki Şekil 5’te gösterilmiştir. Buna göre DC motorun yüksüz halde 2, 4, 6, 8, 10 ve 12 V gerilimlerde elde edilen nominal devir sayıları (açısal hız) sırasıyla 2500, 4600, 6800, 9000, 11000 ve 13000 d/dk olarak belirlenmiştir.



Şekil 5. DC motorun çıkış gerilimi (V) ve disk devir sayısı (d/dk) arasındaki doğrusal ilişki (Standart sapma (SS) değerleri küçük olduğundan gösterim $Ort \pm 10 \cdot SS$ olarak verilmiştir)

3.3. Damla Oluşumu

Püskürtme başlığının çıkış gerilimi (2-12 V) değiştirilerek çalıştırıldığında damlaların kararlı bir şekilde oluştuğu gözlemlenmiştir (Şekil 6).



(a) Akış hattı ve çatı bağlantısı



(b) Damla oluşumu

Şekil 6. Akış hattının bağlanması ve damla oluşumu

Pestisit uygulama etkinliğinin başarısı, biyo-optimum parçacık boyutu gereksiniminin karşılanmasıyla açıklanmaktadır (Liu et al., 2020; He et al., 2024). Bu gereksinim etken maddeyi taşıyan damlalar ile hedef zararlı arasındaki boyut ilişkisini

açıklamaktadır. Buna göre; uçan zararlıların kontrolünde 10-50 µm aralığındaki sis ve aerosol yapıdaki damlaların; yaprakta yürüyen larvaların kontrolünde ve fungusit uygulamalarında 30-150 µm aralığındaki aerosol/ince yapılı damlaların ve yabancı ot kontrolünde 100-300 µm aralığındaki ince/orta yapılı damlaların kullanılmasının uygun olduğu pestisit püskürtme teknolojisi teorisi araştırmaları ile ortaya konmuştur (Matthews, 2000; Chen et al., 2022).

Diskin merkezine doğru iletilen akışkan merkezkaç etkisiyle diskin kenarına yayılmaktadır. Akışkan diski terk ederken ince bir film tabakası veya ligament formunda gelişerek hava direncinin etkisiyle damlalar oluşmakta veya doğrudan parçalanarak damlacıklar oluşmaktadır (Çilingir & Dursun, 2002). Bu üç farklı oluşuma etkili en önemli faktörler diskin açısız hızı, disk çapı, disk yüzeyinin pürüzlülüğü, akışkanın fiziksel özellikleri, sıvının disk üzerindeki ataleti, memenin akış debisi ve disk kenarındaki damla ile çevre havası arasındaki sürtünmedir (Matthews, 2000; Çilingir & Dursun, 2002; Zhu et al., 2024). Diskin açısız hızı arttıkça diski terk eden damlacıkların çapı küçülmektedir.

Döner diskli memenin işletme parametrelerinin belirlenmesine yönelik yürütülen bir araştırmada diskin 6000, 7000, 8400 ve 9300 d/dk devirlerde ölçülen damlacıkların $D_{V0.50}$ çapı 54 ml/dk debi koşulunda 75.4, 65.5, 59.4 ve 60.1 µm; 125 ml/dk debi koşulunda 97.5, 80.2, 70.0 ve 65.9 µm olarak belirlenmiştir (Ishfague et al., 2005). Disk çapı 52 mm olan döner diskli memenin ULV formülasyonlu sıvıyla 30 ml/dk debi ve 15000 d/dk devirde ürettiği damlalar 70 µm; disk çapı 90 mm olan döner diskli memenin surfaktan katkılı akışkanla 60 ml/dk debi ve 2000 d/dk devirde ürettiği damlalar 260 µm olarak belirtilmiştir (Matthews, 2000).

3.4. Malzeme Özellikleri

Polilaktik asit (PLA) mısır, şeker kamışı, pancar ve patates gibi yenilenebilir kaynaklardan üretilen biyoplastik bir malzemedir. ABS (akrilonitril bütadien stiren), PE (polietilen) ve PP (polipropilen) gibi petrol bazlı termoplastik malzemelerle karşılaştırıldığında PLA aynı zamanda çevre dostu bir biyopolimerdir (Ayrilmis, 2018; Wang et al., 2014). Bu özellikten dolayı PLA malzemeler biyolojik olarak kolayca parçalanabilmektedir. Buna karşın PLA'dan üretilen malzemelerin ısı direnci ve tokluğu düşük; kırılabilirlikleri ve nem duyarlılıkları yüksektir (Kumar et al., 2018; Rodriguez-Panes et al., 2018; Dey et al., 2021).

Günümüzde otomotiv endüstrisinde yaygın olarak kullanılan polistren (HIPS) malzemelerin darbe dayanımları yüksek olup ısıyla kolayca şekillendirilebilmektedir (Berczeli & Weltsch, 2021). Düşük mukavemetli bir termoplastik malzeme olan HIPS, iyi akış özelliği ve düşük maliyet nedeniyle eritmeli filament üretimi (FFF, fused filament fabrication) teknolojisi için önemli bir avantaj sağlamaktadır. Buna karşın HIPS malzemelerin aşınma dayanımları düşük olup baskı için yüksek sıcaklığa gereksinim duymaktadırlar (Dey et al., 2021).

Her iki filamentin termal ve mekanik özellikleri birlikte değerlendirildiğinde tasarımdaki ayrıntıların işlenebilirliği ve ölçü hassasiyeti açısından HIPS'den üretilen parçalar PLA'ya göre daha kararlı bulunmuştur. Elastikiyet özelliği yüksek olan HIPS parçaların üzerindeki vida deliği boşlukları, somun yuvası gibi altıgen geometrili boşluklar, birbirine geçen parçalar arasındaki faturalı veya kademeli çap geçişleri PLA'ya göre daha hassas işlenmiş ve böylece parçalar birbirine daha kolay bir şekilde monte edilebilmiştir. Vidalı veya sıkı geçme yapılan parçalar arasında yapılan tekrarlı montaj ve sökme işlemlerinde en fazla deformasyon PLA'da görülmüştür.

3.5. Kütlesel Özellikler

Parça üretiminin %100 doluluk oranıyla yapıldığı varsayıldığında DC motor (50 g) ve enjektör memesi dahil PLA ve HIPS malzemeden üretilen püskürtme başlıklarının kütlesi sırasıyla 97.8 g ve 92.0 g olarak belirlenmiştir. Kütle değerlerine başlığın bağlantı elemanları (vida ve somun) ve borular dahil edilmemiştir. HIPS filamentinin yoğunluğunun PLA'ya göre daha düşük olması püskürtme başlıklarının kütleli yükünü azaltmıştır.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Düşük hacimli pestisit uygulamaları için geliştirilen püskürtme başlıklarını havadan ve yerden ilaçlamaya uygun bir şekilde farklı disk geometrilerinde ve ölçülerinde üretmek mümkündür. Püskürtme başlıklarının disk devir (açısal hız) seçeneği dışında iş genişliği ve damla spektrumu alternatiflerini geliştirebilmesi için de farklı disk modellerine ihtiyaç vardır. İmalat kalitesi, üretim ve ölçü hassasiyeti, kütleli özellikler gibi unsurlar göz önüne alındığında HIPS filamenti, PLA'ya tercih edilebilir. Mekanik özellikleri yönüyle karşılaştırıldığında PLA'nın mukavemet özellikleri HIPS'e göre daha yüksek olsa da darbe dayanımı açısından durum tam tersidir. Darbe dayanımı daha yüksek olan HIPS malzemelerin enerjiyi absorbe edebilme kabiliyetleri de yüksek olduğundan alternatifler arasında tercih edilebilir bir malzeme olarak değerlendirilmiştir.

Döner diskli püskürtme başlıklarının bitkisel özelliklerin tamamen değiştiği tarla ve bahçe alanlarında kullanabilme imkanını sağlamak için farklı debi gereksinimlerini karşılaması gerekmektedir. Bu başlıklar İHA sistemlerinde veya konvansiyonel pülverizatörlerde kullanıldıklarında sabit basınçta debi alternatifi geliştirmesi için farklı orifis çaplarına sahip enjektör memelerine ihtiyaç duyulmaktadır. Mevcut

pülverizatörlerde kullanılan memelerin orifis ölçüleri dikkate alındığında döner diskli püskürtme başlıkları için 0.6-2.4 mm çap aralığında enjektör memelerinin üretilmesi, bitki isteklerini karşılaması açısından önemlidir.

Döner diskli püskürtme başlıklarında debi ölçümü, enjektör memeleri çıkarılarak yapılmaktadır. Püskürtme sisteminin kalibrasyonu veya meme debisi kontrolü çalışmalarında enjektör memelerinin kolay değiştirilebilir bir şekilde tasarlanması, tarla şartlarında ölçme ve kontrol pratiklerinin kolaylığı açısından büyük önem taşımaktadır.

Döner diskin açısal hızının temassız ölçüm yapan bir devir ölçerle (takometre) belirlenmesi gerekmektedir. Bunun aksine dönme sırasında diske temas edildiğinde açısal hız düşmektedir. Açısal hızdaki bu düşme, akışkan diske temas ettiği anda da başlamakta ve diski yük altında çalışmaya zorlamaktadır. Yük altında çalışan diskin kütlesi, akışkan miktarına bağlı olarak arttığından diskin eylemsizlik momenti de büyümektedir. Bu artış DC motorun geliştirdiği sabit torka karşılık diskin açısal ivmesini düşürmekte ve buna bağlı olarak diskin devir sayısının azalmasına neden olmaktadır. Püskürtme başlığının dönme dinamiğindeki bu değişimin yüklü ve yüksüz koşullara göre oluşmaması için DC motor seçiminin planlı bir şekilde yapılması veya yük altındaki koşulların dikkate alınarak diskin açısal hızının belirlenmesi gerekmektedir.

İHA sistemlerinde veya eksenel akışlı fanlı sistemlerde döner disk tarafından üretilen damlalar hava akımının etkisiyle hedefe iletilmektedir. Bu nedenle diskin oluşturduğu damla spektrumunun hava akımlı ve hava akımsız çalışma koşulları için ayrı ayrı incelenmesi pestisitlerin uygulama etkinliklerini değerlendirmek veya karşılaştırmak açısından önemlidir.

KAYNAKÇA

- Ayrilmis, N. (2018). Effect of layer thickness on surface properties of 3D printed materials produced from wood flour/PLA filament. *Polymer Testing*, 71, s. 163-166. <https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2018.09.009>
- Baio, F., de Oliveira, J., Alves, M., Teodoro, L., da Cunha, F., & Teodoro, P. (2025). Characterization of the droplet population generated by centrifugal atomization nozzles of UAV sprayers. *AgriEngineering*, 7(1), p. 15. <https://doi.org/10.3390/agriengineering7010015>
- Berczeli, M., & Weltsch, Z. (2021). Enhanced wetting and adhesive properties by atmospheric pressure plasma surface treatment methods and investigation processes on the influencing parameters on HIPS polymer. *Polymers*, 13(6), p. 901. <https://doi.org/10.3390/polym13060901>
- Bode, L., Butler, B., Pearson, S., & Bouse, L. (1983). Characteristics of the Micromax rotary atomizer. *Transactions of the ASAE*, 26(4), pp. 0999-1005. <https://doi.org/10.13031/2013.34064>
- Chen, C., Li, S., Wu, X., Wang, Y., & Kang, F. (2022). Analysis of droplet size uniformity and selection of spray parameters based on the biological optimum particle size theory. *Environmental Research*, 204(Part B), p. 112076. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.112076>
- Chen, J., Hu, W., Dong, X., Lin, J., Gao, Z., & Qiu, B. (2024). Experimental investigation on modes of spray formation, droplet size and size distribution in a spinning disc atomizer. *Frontiers in Plant Science*, 15, p. 1470745. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1470745>
- Cooper, J. F., Jones, K. A., & Moawad, G. (1998). Low volume spraying on cotton: a comparison between spray

distribution using charged and uncharged droplets applied by two spinning disc sprayers. *Crop Protection*, 17(9), pp. 711-715. [https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(98\)00079-9](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(98)00079-9)

Çilingir, İ., & Dursun, E. (2002). *Bitki Koruma Makinaları*. Ankara: Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 1531 Ders Kitabı: 484, 248 s. ISBN: 975-482-574-2.

Dante, E., & Gupta, C. (1991). Deposition studies of an electrostatic spinning disc sprayer. *Transactions of the ASAE*, 34(5), pp. 1927-1934. <https://doi.org/10.13031/2013.31818>

Dey, A., Eagle, I., & Yodo, N. (2021). A review on filament materials for fused filament fabrication. *Journal of Manufacturing and Materials Processing*, 5(9), p. 69. <https://doi.org/10.3390/jmmp5030069>

DJI Agriculture. (2024, 7 10). *DJI Agriculture Annual Report Finds the Global Agricultural Drone Industry is Booming*. Retrieved from DJI: <https://www.dji.com/global/media-center/announcements/agricultural-drone-industry-insight-report-2023-2024-en>

Gavali, P., & Kalashetty, S. (2023). Experimental analysis of spray droplet deposition behaviour for centrifugal assisted spinning disc sprayer. *Materials Today: Proceedings*, 92(1), pp. 258-263. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.04.518>

Gupta, C. P., & Duc, T. X. (1996). Deposition studies of a hand-held air-assisted electrostatic sprayer. *Transactions of the ASAE*, 39(5), pp. 1633-1639. <https://doi.org/10.13031/2013.27679>

He, J., Sun, K., Wang, T., Song, Z., & Liu, L. (2024). Centriugal spraying system design and droplet distribution

- characterization or maize plant protection UAV. *INMATEH-Agricultural Engineering*, 73(2), pp. 73-83.
- Hongfei Co. (2022). *New Nozzle 12s 14s Centrifugal Nozzles for a Wide Range of Agricultural Drones*. Retrieved from Unmanned Aerial Vehicle: <https://www.hongfeidrone.com/new-nozzle-12s-14s-centrifugal-nozzles-for-a-wide-range-of-agricultural-drones-product/>
- Ishfague, M., Ashfag, M., & Sayyed, A. H. (2005). Effect of power on droplet size by hand held spinning disc sprayer. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 8(4), pp. 567-570. <https://doi.org/10.3923/pjbs.2005.567.570>
- Koçer, H., Yaşarakıncı, N., Tücer, A., & Hıncal, P. (2000). Örtüaltı sebze yetiştiriciliğinde entegre mücadele programında ilaçlama hacminin düşürülmesi amacıyla döner diskli pülverizatörler üzerinde araştırmalar. *Tarımsal Mekanizasyon 19. Ulusal Kongresi*, (s. 213-218). Erzurum.
- Kumar, R., Singh, R., & Farina, I. (2018). On the 3D printing of recycled ABS, PLA and HIPS thermoplastics for structural applications. *PSU Research Review*, pp. 115-137. <https://doi.org/10.1108/PRR-07-2018-0018>
- Liu, D., Gong, Y., Chen, X., Zhang, X., & Wang, G. (2020). Design and experiment on atomizer parameter of impinging low-speed centrifugal atomization sprayer. *International Journal of Agricultural & Biological Engineering*, 13(6), pp. 118-124. <https://doi.org/10.25165/j.ijabe.20201306.5617>
- Matthews, G. A. (2000). *Pesticide Application Methods (3rd edition)*. New York: Blackwell Science. <https://doi.org/10.1002/9780470760130>

- Meng, Y., Su, J., Song, J., Chen W., & Lan, Y. (2020). Experimental evaluation of UAV spraying for peach trees of different shapes: Effects of operational parameters on droplet distribution. *Computer and Electronics in Agriculture*, 170(105282). <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105282>
- Micron Sprayers Ltd. (2013, 08 23). Retrieved from MICRON Sprayers: <https://www.microngroup.com/2013/08/23/droplets-produced-by-a-spinning-disc/>
- Rcdrone. (2025). 3810 Miniature Centrifugal Nozzle - 6S 12S 14S 48V brushless motor centrifugal nozzle DIY agricultural spray drone spray system Agriculture Drone Accessories. Retrieved from <https://rcdrone.top/tr/products/3810-miniature-centrifugal-nozzle>
- Rodriguez-Panes, A., Claver, J., & Camacho, A. (2018). The influence of manufacturing parameters on the mechanical behaviour of PLA and ABS pieces manufactured by FDM: A comparative analysis. *Materials*, 11(8), p. 1333. <https://doi.org/10.3390/ma11081333>
- Sahoo, K., & Kumar, S. (2024). Influence of surface and edge profile of a spinning disc on its atomization characteristics in direct drop mode. *Chemical Engineering Journal*, 287(119743). <https://doi.org/10.1016/j.ces.2024.119743>
- Sanches-Hermosilla, J., & Medina, R. (2004). Adaptive threshold for droplet spot analysis using water-sensitive paper. *Applied Engineering in Agriculture*, 20(5), pp. 547-551. <https://doi.org/10.13031/2013.17454>
- Sayıncı, B., Çömlek, R., Boydaş, M., & Demir, B. (2020). Döner diskli memede disk konum açısı ve ilerleme hızının hacimsel dağılım düzgünlüğüne etkisi. *Turkish Journal of*

- Agricultural of Engineering Research (TURKAGER)*, 1(2), s. 311-323.
<https://doi.org/10.46592/turkager.2020.v01i02.008>
- Simplify3d. (2025). *Filament Properties Table*. Retrieved from <https://www.simplify3d.com>
- Wang, C., Liu, Y., Zhang, Z., Han, L., Li, Y., Zhang, H., . . . He, X. (2022). Spray performance evaluation of a six-rotor Unmanned Aerial Vehicle sprayer for pesticide application using an orchard operation mode in apple orchards. *Pest Management Science*, 78(2449-2466).
<https://doi.org/10.1002/ps.6875>
- Wang, X., Liu, Y., Wang, S., & Wang, S. (2024). Effects of spray adjuvants on droplet deposition characteristics in litchi trees under UAV spraying operations. *Agronomy*, 14, p. 2125. <https://doi.org/10.3390/agronomy14092125>
- Wang, Y., Weng, Y., & Wang, L. (2014). Characterization of interfacial compatibility of polylactic acid and bamboo flour (PLA/BF) in biocomposites. *Polimer Testing*, 36, pp. 119-125.
<https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2014.04.001>
- Wu, Y., He, Y., Pan, Z., Kong, B., & Tong, B. (2025). Experimental study of the breakup characteristics and droplet characteristics of centrifugal atomization. *Powder Technology*, 458, p. 120969.
<https://doi.org/10.1016/j.powtec.2025.120969>
- Yang, Z., Yu, J., Duan, J., Xu, X., & Huang, G. (2023). Optimization-design and atomization-performance study of aerial dual-atomization centrifugal atomizer. *Agriculture*, 13(2), p. 430.
<https://doi.org/10.3390/agriculture13020430>

- Zhu, Z., Yang, M., Li, Y., Wongsuk, S., Zhao, Ç., Xu, L., . . . Wang, C. (2024). Optimization Design and Atomization Performance of a Multi-Disc Centrifugal Nozzle for Unmanned Aerial Vehicle Sprayer. *Agronomy*, 14(12), p. 2914. <https://doi.org/10.3390/agronomy14122914>
- Zortrax, S. A. (2021, 06 22). *Technical Data Sheet (Z-PLA)*. Retrieved from Zortrax: <https://zortrax.com/filaments/z-pla/>

ALABALIK ÇİFTLİKLERİ VE AKARSU EKOSİSTEM SAĞLIĞI: KSU ÇAYI (ISPARTA) ÖRNEĞİ

Nezire Lerzan ÇİÇEK¹

1. GİRİŞ

Nüfus artışının ve doğal kaynakların insanlardan ya da diğer çevresel etmenlerden olumsuz olarak etkilenmesiyle besin ihtiyacını karşılayan kaynakların hızla azalması sonucu, artan gıda talebini karşılamak amacıyla dünyada ve Türkiye’de su ürünleri yetiştiriciliği artış göstermiştir. Dünyada önemli gıda kaynakları olarak kabul edilen sucul ekosistemlerden (denizel ve iç su) kişi başına hayvansal proteinin %40’ının elde edilmesi gerektiği ve bunun ülkelerin gelişmişliğinin bir göstergesi olduğu belirtilmektedir. Su ürünlerinin yüksek kalitede protein içermesi, çevresel etmenler ve avcılık baskısı ile her geçen yıl azalmakta olması nedeniyle, su ürünleri yetiştiriciliği dünyada günden güne artan bir üretim sektörü haline gelmiş olup, yetiştiricilikten elde edilen üretim yılda %10 oranında artarak büyümektedir (Buhan vd., 2010; Verap ve ark., 2017; Anonim, 2018; Anonim, 2024b).

Akarsular tarih boyunca içme suyu kaynağı, balıkçılık, taşıma ve sulama amaçlı olarak kullanılmıştır (Wehr ve Descy, 1998). Yetiştiricilik açısından önemli olan 33 akarsu sistemi bulunan Türkiye’de, balık yetiştiriciliği 1970’li yıllarda ilk alabalık üretim işletmesinin kurulması ile başlamış, 90’lı yıllardan sonra hızlı bir gelişme göstermiştir (Tekinay ve ark.,

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi, lerzancicek@isparta.edu.tr, ORCID: 0000-0002-5511-0464.

2006; Anonim, 2024a). Türkiye’de tatlı su kaynaklarında (baraj gölü, gölet, akarsu) ve denizlerde su ürünleri yetiştiriciliği %7,6 oranında artış göstermiş, denizlerde yapılan üretim 399 bin 529 ton, iç sularda ise 154 bin 333 ton olup iç sularda yetiştirilen en önemli balık türü 154 bin 6 ton ile alabalık olmuştur (Anonim, 2024b).

Su ürünleri yetiştiriciliği yapan çiftlikler, konumları gereği endüstrileşme ve şehirleşmeden uzak doğal alanlarda kurulmaktadır. Bu tür işletmeler çevreyle iç içe olup, kesin bir sınırla bu alanları doğadan ayırmak mümkün değildir. Kapasite ve sayı olarak artış gösteren işletmeler, daha geniş alanlara yayılmış, üretim faaliyetlerinin çağdaşlaşması ve teknolojilerinin ilerlemesi ile daha çok su, yem, kimyasal madde kullanmakta ve atıklarını çevreye bırakmaktadırlar (Yıldırım ve Korkut, 2004). Yetiştiricilik tesislerinden atıkların su kaynaklarına bırakılmasının kirlilik baskısı (nütrient ve organik madde miktarındaki artış) oluşturduğu endişesi konu hakkında araştırmalar yapılmasını gerekli kılmış, atık ve etkili yem yönetimi yoluyla bu baskının azaltılması öncelikli konular arasında yer almıştır. Balık çiftliklerinden suya boşaltılan atıkların özelliklerinin nitel ve nicel olarak belirlenmesi su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımını sağlamada önemli veri tabanı oluşturmakta ve gerekli önlemlerin alınmasını sağlamaktadır (Boyd, 2003; Bergheim ve Brinker, 2003).

Türkiye su ürünleri yetiştiriciliği sektöründe akarsu sistemleri üzerinde su kanalları kullanılarak yapılan Gökkuşaağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) yetiştiriciliği oldukça yağın bir uygulamadır. Alabalık çiftliği atıklarının kalitesinin, alıcı akarsu ve nehirlerle etkisinin belirlenmesi, uygun atıksu yönetim sistemlerinin geliştirilmesi dahası akarsu üzerine kurulacak üretim çiftliklerinin sayı ve kapasitesinin belirlenmesi için gereklidir. (Pulatsu vd., 2004). Balık üretim sistemlerindeki gelişmeler ve balık çiftliklerinin sayısal olarak hızlı artışı ile

birlikte çevre duyarlılığının artması, yetiştiriciliğin çevreye etkisinin araştırılmasını gündeme getirmiştir. (Ayık vd., 2006). Türkiye’de son zamanlarda su ürünleri yetiştiriciliğinin çeşitli olumsuz etkileri olduğu ve bu nedenle sınırlandırılması gerektiği ülkemizde de tartışılmaya başlanmıştır. Bu konuda daha çok kafes yetiştiriciliğinin çevresel etkileri ile ilgili çalışmalar yapılmasına karşın, karasal alanlarda yapılan havuzlarda balık yetiştiriciliğinin çevresel etkileri üzerine araştırmalar az sayıda olup son yıllarda artış göstermiştir (Yıldırım ve Korkut, 2004; Ayık, 2006; Bulut vd., 2012a; Verep vd., 2017; Bulut ve Men, 2015; Koca ve Alp 2020; Ergün vd., 2022).

Suyun sürdürülebilirliği ve kullanımını etkileyen en önemli etmen su kalitesi olup, günümüzde fizikokimyasal değişkenlerle birlikte biyolojik veriler kullanılarak belirlenmekte ve her iki veri tabanının birlikte kullanılmasına dayanan yöntemlerin daha güvenilir sonuçlar verdiği bildirilmektedir (Kalyoncu ve ark., 2008; Çiçek ve Ertan 2015; Yaman ve Kırkağaç, 2020). Biyolojik su kalite parametrelerinden birisi alglerdir. Özellikle akarsu su kalitesini belirlemede bentik algler kullanılmaktadır (Anonim 2019). Epilitik algler, genellikle müsilağlı koloniler ya da ipliksi formlar şeklinde su içerisindeki taşların üzerinde yaşayan canlı türleridir. Bu floranın önemli bir kısmını Diyatomeler oluşturmaktadır (Altuner ve Gürbüz, 1991, Sıvacı ve Dere, 2007). Sözü edilen bitkiler çevre değişkenleri ve su kalitesinin belirlenmesi için gösterge olarak kullanılabilmektedirler (Prygiel vd., 2002; Sıvacı ve Dere, 2007; Solak vd., 2007; Kalyoncu vd., 2009; Çelekli vd., 2021).

Balık çiftliklerinin doğrudan nehir ya da göllere bıraktıkları dışkı ve yem artıklarının oluşturduğu etkinin belirlenmesi doğal kaynakların korunması ve sürekliliğinin sağlanması açısından oldukça önemlidir. Bu bağlamda Aksu Çayı (Isparta/Aksu) üzerinde kurulu Alabalık çiftliklerinin (7) akarsuya ve çevreye etkisini belirlemek amacıyla,

fizikokimyasal ve biyolojik veriler arasındaki ilişki belirlenmiş, elde edilen veriler ışığında akarsuda uzun vadede ortaya çıkabilecek olumsuz değişimler ve alınması gereken önlemler saptanmıştır.

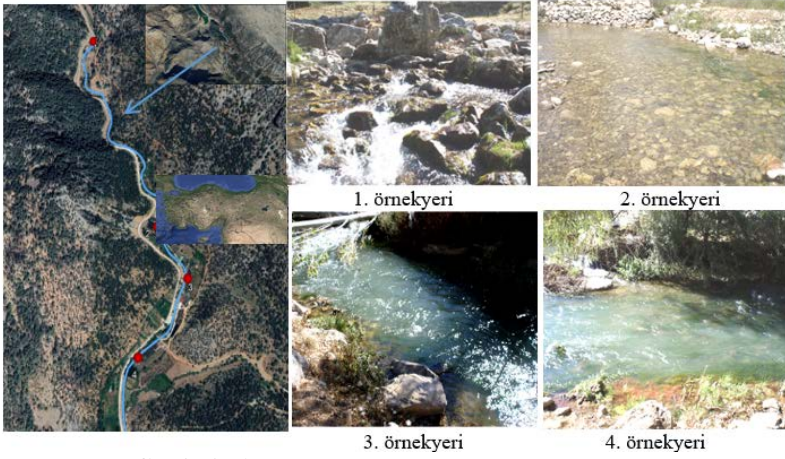
2. ARAŞTIRMA ALANI GENEL ÖZELLİKLERİ

2.1. Aksu Çayı

Aksu Çayı, Akdeniz Bölgesi Isparta-Antalya il sınırları içerisinde yer almakta ve toplam uzunluğu 156 km'dir. Isparta ili Aksu ilçe sınırları içerisinde Anamas Dağlarının batı yüzeyinden Başpınar Kaynağı'ndan doğar ve çok sayıda yan kolla birleşerek Antalya Körfezi'ne dökülür. Kaynak suyunun çıktığı Başpınar bölgesinin yüksekliği yaklaşık 1200 m'dir. (Morkoyunlu, 1995; Koca ve Ölmez, 2010). Araştırma alanının yapısı üzerinde otokton ve allohton etkilerin bulunmaktadır (Savaş, 1991).

2.2. Araştırma Alanı Fizikokimyasal ve Biyolojik Veriler

Akarsu üzerinde 5 km'lik bir mesafeyle kurulu yedi adet alabalık çiftliği bulunmaktadır. Alabalık çiftliklerinden 6 tanesi 25 ton, 1 tanesi ise 45 ton kapasite ile çalışmaktadır. Araştırma süresince toplam 4 örnekleme noktasından fizikokimyasal ve bentik alg verileri bir yıl süre ile (Şubat 2007-Ocak 2008) toplanarak değerlendirilmiştir. Başpınar kaynağı (1. örnekyeri) referans olarak seçilmiş alabalık çiftlikleri çıkış sularının karıştığı alanlar ise diğer örnekleme noktaları olmuştur. İlk alabalık çiftliğinin hemen altındaki bölge (2. örnekyeri), 4. alabalık çiftliğinden sonraki bölge (3. örnekyeri), Zindan Mağarası'nın üstünde 7'inci alabalık çiftliğinden sonraki bölgede (4. Örnekyeri) örnekleme yapıldığı alanlardır (Şekil 1).



Şekil 1. Aksu çayı ve örnekleme noktaları

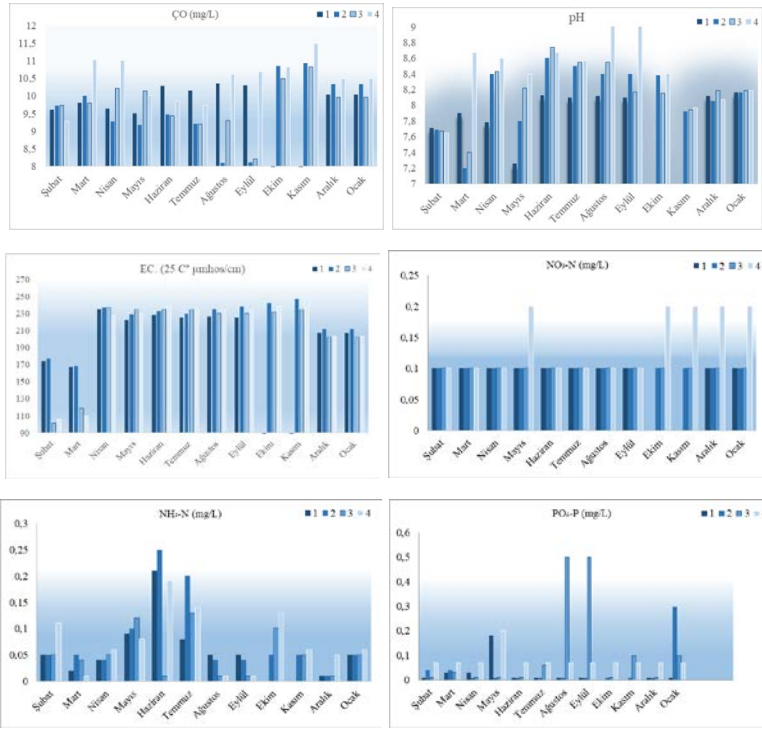
Çözünmüş oksijen, pH, sıcaklık, elektriksel iletkenlik, $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{PO}_4\text{-}^3\text{-P}$ değerleri tespit edilmiştir. Biyolojik veriler için bentik alg (epilitik) örnekleri taşların üzeri kazınarak içerisinde %4'lük formaldehit bulunan kaplara alınarak toplanmış, laboratuvara getirilen örneklerde diyatomlar daimi preparatlar ve diğer algler geçici preparatlar ile Nikon marka mikroskopta incelenmiştir. (Round, 1973; Sladeckova, 1962). Alglerin teşhisi ilgili kaynaklar ile gerçekleştirilmiştir (Pestalozzi, 1982; Prescott, 1973; Krammer ve Lange-Bertaloth, 1986; 1988; 1991a, b).

Alabalık çiftliklerinin akarsu ekosistem sağlığına etkisinin biyolojik olarak belirlenmesinde bentik alg çeşitliliği Margalef, Shannon-Weiner indeksleri, Saprobi indeks (SI) Zelinka ve Marvan (1991) ve Trophi Index (TI) Schmedtje et al., (1998), Trofi Diyatom İndeksi (TDI) Buwal (2002) (Vogel, 2004) diyatom indeksleri kullanılmıştır. Aynı zamanda taksonların baskınlık ve sıklık değerleri saptanmıştır (Kocataş, 1994). Teşhis edilen alglerin geçerliliği AlgaeBase veri tabanında kontrol edilmiştir (Guiry & Guiry, 2025). Fizikokimyasal veriler ile su kalitesinin değerlendirilmesi ise su kirliliği kontrolü yönetmeliği (Anonim, 2022)'ne göre yapılmıştır. Aylık olarak

saptanan fizikokimyasal değişkenlerin örneklerine göre değişimi Tablo 1, Şekil 2’de tablo ve grafik halinde gösterilmiştir.

Tablo 1. Aksu Çayı fizikokimyasal parametrelerinin ortalama, maksimum ve minimum değerleri

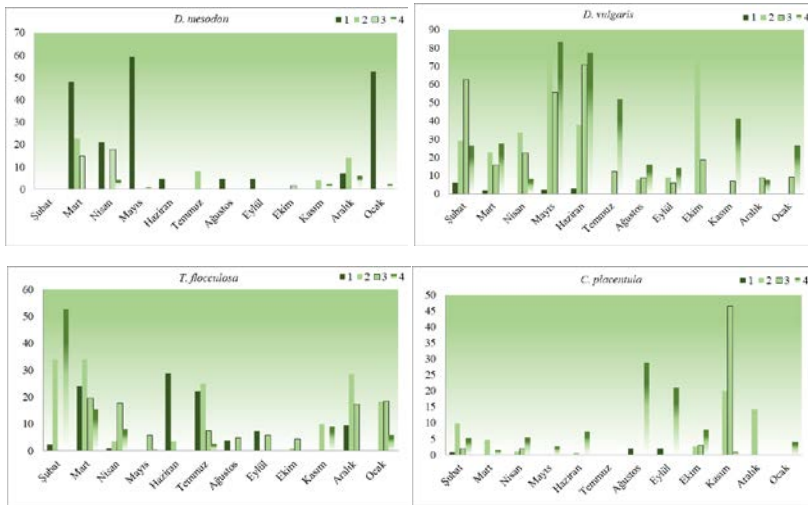
Örnekler 1 2 3 4				
Parametreler	Ort.±SE Min.-Max	Ort.±SE Min.-Max	Ort.±SE Min.-Max	Ort.±SE Min.-Max
Sıcaklık °C	7,8±0,346 7-8	10,1±0,900 7,2-16	10,4±0,772 6,4-14,1	10,5±0,997 6,4-16,7
ÇO (mg O₂/l)	9,9±0,090 9,6-10,3	9,6±0,268 8,1-10,9	9,7±0,198 8,2-10,8	10,4±0,182 9,3-11,5
pH	7,9±0,083 7,2-8,1	7,9±0,118 7,2-8,6	8,2±0,11 7,4-8,7	8,4±0,134 7,6-9,2
E.C. (25 C° µmhos/cm)	207,4±7,271 167-228	220,1±7,000 168-242	207,4±13,648 101-237	208,8±14,123 106,1-247
NH₄-N (mg/l)	0,07±0,016 0,01-0,09	0,08±0,021 0,01-0,2	0,05±0,012 0,01-0,13	0,07±0,016 0,01-0,2
NO₂-N (mg/l)	0,01±0,001 0,01-0,02	0,01±0,001 0,01-0,02	0,01±0 0,01-0,01	0,01±0 0,01-0,01
NO₃-N (mg/l)	0,011±0,003 0,1-0,1	0,08±0 0,1-0,1	0,1±0 0,1-0,1	0,2±0,014 0,1-0,5
PO₄-P (mg/l)	0,03±0,022 0,01-0,03	0,1±0,046 0,01-0,03	0,2±0,062 0,01-0,5	0,1±0,021 0,07-0,2



Şekil 2. Bazı parametrelerin örnek yerlerindeki yıllık değişimleri

Araştırma alanında Heterokontophyta (40), Chlorophyta (9), Cyanophyta (12), Euglenophyta (1) ve Rhodophyta (1) bölümlerine ait toplam 64 takson saptanmış, diyatom türlerini içeren Heterokontophyta en fazla türle temsil edilmiştir. *Cyclotella* sp., *Cocconeis placentula* Ehrenberg, *Cocconeis placentula* var. *euglypta* (Ehrenberg) Grunow, *Cymbella affinis* Kützing, *Cymbella helvetica* Kützing,, *Encyonema minutum* (Hilse in Rabenhorst) D.G. Mann, *Diatoma mesodon* (Ehrenberg), *Diatoma vulgaris* Bory., *Fragilaria biceps* (Kützing) Lange-Bertalot, *Gomphonema clavatum* Ehrenberg, *Gomphonema minutum* (C. Agardh) C. Agardh, *Gomphonema parvulum* Kützing, *Navicula cryptocephala* Kützing , *Navicula radiosa* Kützing , *Tabellaria flocculosa* (Roth) Kützing dört örneklerinde de belirlenen Heterokontophyta grubuna ait türlerdir. Cyanophyta'dan *Phormidium formosum* (Bory de

Saint-Vincent) Anagnostidis & Komárek, *Phormidium limosum* (Dillwyn) P.C. Silva türlerine dört örneğinde, Chlorophyta'dan *Cladophora glomerata* (Linnaeus) Kützing türü birinci örneği dışındaki tüm örneğinde gözlemlenmiştir. Sözü edilen taksonlardan *M. circolare*, *C. placentula*, *C. placentula* var. *euglypta*, *C. affinis*, *D. vulgare*, *F. biceps*, *G. parvulum*, *N. radiosa*, *T. flocculosa* genellikle ve sürekli gözlemlenmiştir (Tablo 2). Baskın taksonlar örneklerine ve aylara göre değişim göstermiş, *D. mesodon*, *D. vulgaris*, *T. flocculosa* genellikle tüm örneklerinde baskın taksonlar olmuştur (Şekil 3).



Şekil 3. Bazı baskın taksonların aylara ve örneklerine göre dağılımı

Tablo 2. Aksu Çayı'nda tespit edilen algler ve sıklıkları

	Örnekler			
	1	2	3	4
CYANOPHYTA				
<i>Merismopedia glauca</i> NAG			8,33	
<i>Merismopedia tenuissima</i> Lemm.		8,33	8,33	8,33
<i>Microcystis</i> sp.		8,33		16,67
<i>Nostoc</i> sp.				8,33

<i>Planktothrix agardhii</i> (Gomont) Anagnostidis & Komárek	25	16,67		
<i>Microcoleus amoenus</i> (Gomont) Strunecky)	16,67	16,67	8,33	
<i>Anagnostidinema amphibium</i> (Gomont) Strunecký		8,33	8,33	
<i>Kamptonema formosum</i> (Bory ex Gomont) Strunecký	41,67	16,67	16,67	25
<i>Phormidium granulatum</i> (Gardner) Anagnostidis	8,33			
<i>Phormidium tergestinum</i> (Rabenhorst ex Gomont) Anagnostidis & Komárek	25			
<i>Oscillatoria limosa</i> C.Agardh ex Gomont	41,67	41,67	25	33,33
<i>Oscillatoria</i> sp.	8,33	41,66	8,33	
EUGLENOPHYTA				
<i>Euglena</i> sp.		8,33	8,33	16,67
<i>Phacus</i> sp.		16,67		8,33
CHLOROPHYTA				
<i>Cladophora glomerata</i> (Linnaeus) Kützing		50	58,33	50
<i>Tetrademus obliquus</i> (Turpin) M.J.Wynne				8,33
<i>Zygnema</i> sp.		8,33	8,33	
<i>Spirogyra</i> sp.		8,33		
<i>Stigeoclonium lubricum</i> (Dillwyn) Kützing				8,33
<i>Ulothrix tenuissima</i> Kützing	8,33		16,67	8,33
<i>Closterium tumidum</i> L.N.Johnson			8,33	8,33
<i>Closterium</i> sp.		8,33		8,33
<i>Cosmarium</i> sp.			8,33	
RHODOPHYTA				
<i>Batrachospermum turfosum</i> Bory			8,33	
HETEROKONTOPHYTA				
<i>Cyclotella</i> sp.	8,33	41,67	25	16,67
<i>Pantocsekiella ocellata</i> (Pantocsek) K.T.Kiss & Ács			8,33	8,33
<i>Melosira varians</i> C. Agardh	33,33	8,33	25	33,33
<i>Meridion circulare</i> (Greville) C. Agardh	83,33	41,67	50	25
<i>Amphora ovalis</i> (Kützing) Kützing		8,33		8,33
<i>Cocconeis pediculus</i> Ehrenberg		25	33,33	16,67
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg	25	58,33	33,33	83,33
<i>Cocconeis euglypta</i> Ehrenberg	58,33	66,67	58,33	58,33
<i>Cymatopleura solea</i> (Brébisson) W. Smith				8,33
<i>Cymbella affinis</i> Kützing	41,67	83,33	91,67	8,33
<i>Cymbella gracilis</i> (Ehrenberg) Kützing				8,33
<i>Cymbella helvetica</i> Kützing	8,33	8,33	25	16,67
<i>Encyonema minutum</i> (Hilse in Rabenhorst) D.G. Mann	41,67	25	33,33	66,67
<i>Encyonema leibleinii</i> (C.Agardh) W.J.Silva			8,33	
<i>Encyonema silesiacum</i> (Bleisch) D.G. Mann in Round	8,33	8,33	8,33	
<i>Diatoma ehrenbergii</i> Kützing		16,67	16,67	25
<i>Odontidium mesodon</i> (Ehrenberg) Kützing	66,67	33,33	25	50
<i>Diatoma vulgare</i> Bory.	33,33	66,67	100	91,67
<i>Eunotia fallax</i> A. Cleve				8,33
<i>Fragilaria biceps</i> (Kützing) Lange-Bertalot	25	58,33	58,33	66,67
<i>Staurosirella pinnata</i> (Ehrenberg) D.M.Williams & Round			8,33	8,33
<i>Gomphonema affine</i> Kützing		16,67		8,33

<i>Gomphonema angustum</i> C.Agardh	25			8,33
<i>Gomphonella olivacea</i> (Hornemann) Rabenhorst	41,67	16,67	16,67	8,33
<i>Gomphonema minutum</i> (C. Agardh) C. Agardh	25	33	8,33	16,67
<i>Gomphonella olivacea</i> (Hornemann) Rabenhorst	8,33	25	8,33	8,33
<i>Gomphonema parvulum</i> Kützing	75	33,33	41,67	33,33
<i>Gyrosigma acuminatum</i> (Kützing) Robenhorst		8,33	16,67	
<i>Mayamaea excelsa</i> (Krasske) Lange-Bertalot	8,33			
<i>Navicula cincta</i> (Ehrenberg) Ralfs	8,33			
<i>Navicula cryptocephala</i> Kützing	58,33	50	66,67	66,67
<i>Navicula radiosa</i> Kützing	16,67	75	66,67	91,67
<i>Navicula lanceolata</i> (Agardh) Ehrenberg			8,33	8,33
<i>Navicula subrhynchocephala</i> Hustedt			8,33	
<i>Navicula cari</i> Ehrenberg			8,33	8,33
<i>Tryblionella hungarica</i> (Grunow) Frenguelli	8,33			
<i>Rhaphalodia</i> sp.	8,33			
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (C. Agardh) Lange-Bertalot	8,33	25		
<i>Surirella minuta</i> Brebissonin in Kützing				8,33
<i>Tabellaria flocculosa</i> (Roth) Kützing	66,67	75	75	58,33

2.3. Epilitik Alg Çeşitliliği ve Su Kalitesi Sınıfları

Çeşitlilik değerleri örnek alma noktalarında çok büyük dalgalanma göstermemekle birlikte ortalama en yüksek çeşitlilik 2. ve 3. örnek yerlerinde ve en düşük çeşitlilik değeri 1. ve 4. örnek yerlerinde saptanmıştır. Aylara ve örnek yerlerine göre indeks değerlerinin değişimi Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 3. Aksu Çayı çeşitlilik indeks değerlerinin dağılımı (H'=Shannon–Weiner Çeşitlilik indeksi, d=Margalef Çeşitlilik indeksi)

Aylar	1. örnek yeri		2. Örnek yeri		3. Örnek yeri		4. Örnek yeri	
	H'	d	H'	d	H'	d	H'	d
Şubat	0,88	1,81	1,69	1,72	1,55	2,97	1,52	1,32
Mart	1,58	2,15	1,57	1,12	2,03	1,75	2,12	3,35
Nisan	1,89	2,92	2,34	6	2,03	2,20	1,66	2,11
Mayıs	1,35	1,57	0,84	1,04	1,43	1,99	0,74	2,36
Haziran	1,97	2,58	2,03	3,30	1,03	2,09	0,93	1,59
Temmuz	1,92	1,69	2,30	2,61	2,01	2,58	1,74	2,47
Ağustos	2,09	2,78	2,16	2,76	2,07	1,94	1,89	1,65
Eylül	2,12	2,56	2,13	2,12	2,15	1,90	2,05	1,61
Ekim	**	**	1,07	3,01	2,55	3,37	1,81	1,73
Kasım	**	**	2,05	1,95	1,94	3,28	2,14	3,53
Aralık	1,79	1,71	1,95	1,42	1,79	1,47	2,06	2,25
Ocak	1,39	1,79	1,84	1,28	1,67	1,30	2,25	2,53
Ortalama ±SH	1,70±0,237	2,16±0,302	1,83±0,135	2,36±0,396	1,85±0,113	2,24±0,019	1,74±0,138	2,21±0,201

* Kuru

SKKY (2022)'ye göre fizikimyasal parametreler ele alınarak yapılan su kalitesi sınıflandırmasında tüm örneklerinin I. su kalitesi sınıfında olduğu tespit edilmiştir. Epilitik algler kullanılarak Saprobi İndeksi (SI)'ne göre tüm örnekleri I-II, Trofi Diyatom İndeksi (TDI)'ne ve Trophi İndeksi (TI)'ne göre yapılan sınıflandırmada ise 1. örneği az kirlenmiş (I-II), 2., 3., ve 4., örneklerinin vasat kirlenmiş (II) olduğu saptanmıştır (Tablo 3).

Tablo 3. Fizikokimyasal çözümlemelere ve Epilitik alglere göre kalite sınıfları

Su Kalitesi Değerlendirmeleri	Örnekleri							
	1		2		3		4	
	Kalite sınıfı	Değer	Kalite sınıfı	Değer	Kalite sınıfı	Değer	Kalite sınıfı	Değer
SKKY	I		I		I		I	
Saprobi İndeksi (SI)	I-II	1,46	I-II	1,42	I-II	1,5	I-II	1,5
Trofi Diyatom İndeksi (TDI)	I-II	1,90	II	2,31	II	2,37	II	2,41
Trophi İndeksi (TI)	I-II	1,67	II	1,92	II	2,01	II	1,87

3. SONUÇ

Aksu Çayı'nda yapılan fizikokimyasal ölçümler sonucunda elde edilen sıcaklık değerleri 7,8 ile 10,5 °C arasında değişim göstermiştir. En düşük su sıcaklık değeri mart ayında 3. ve 4. örneklerinde (6,4°C), en yüksek 4. örneklerinde (16,7 °C) olduğu gözlemlenmiştir. Mart ayında havaların soğuk olması, yağmur sularının dağlardaki karı eritmesiyle oluşan soğuk suların akarsuya karışması sonucunda su sıcaklığı düşmüştür. Ağustos ayında havaların ısınması su sıcaklığında artışa neden olmuştur. Sıcaklık değerleri akarsuların bölgelere ayrılmasında ve akarsu sınıflandırmasında öneme sahip olup kaynak uzantılarında sıcaklık genellikle düşük seviyededir (Schmitz, 1954). En düşük çözünmüş oksijen değeri 2. örneklerinde eylül ayında (8,1 mg/l), en yüksek değeri 4. örneklerinde ağustos

ayında (11,5 mg/l) tespit edilmiştir. Çözünmüş oksijen değerinin eylül ayında en düşük değerde çıkmasını bu aydaki sıcaklık değerinin yüksek olmasına ve su miktarındaki azalmaya bağlayabiliriz. Son örneklerinde ağustos ayında yüksek çıkmasında akarsuya yan kollardan katılan kaynak sularının ile birlikte akış hızının artış göstermesinin etkili olduğunu söyleyebiliriz. pH 7,9-8,4 arasında değişim göstermiştir. En düşük pH değeri (7,2) 1. Ve 2. örneklerinde, en yüksek değeri 4. örneklerinde (9,2) bulunmuştur. Bu değerler göz önüne alındığında Aksu Çayı'nın alkali özellikte olduğu söylenebilir. Elektriksel iletkenlik değerleri 207,4 ile 220,1 arasında değişim göstermiştir. En düşük 3. örneklerinde şubat ayında (101µmhos/cm), en yüksek 4. örneklerinde kasım ayında (247 µmhos/cm) tespit edilmiştir. Yıl boyunca elektriksel iletkenlik değerleri dalgalanma göstermiştir. Bu durumun yan kollardan katılan kaynak sularından, akarsuya katılan alabalık çiftlikleri çıkış sularından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ değerleri tüm örneklerinde eser miktarda tespit edilmiştir. Bir yıl boyunca alınan su örneklerinde fizikokimyasal parametreler aylık olarak ve örneklerine göre değişim göstermiştir. Bu değişimlerin daha çok mevsimsel ve örneklerinin bulunduğu bölgedeki çevresel etmenlerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Kestel Deresi'ndeki alabalık çiftliklerinin akarsu üzerine etkisinin belirlendiği çalışmada mevsimsel olarak sıcaklık ve su akış hızında değişimler olduğu ancak yetiştiricilik kaynaklı bir kirliliğin olmadığı belirtilmiştir (Bulut vd., 2010). Göksu Çayı (Çandır)'nda ise akarsu üzerine kurulu alabalık tesislerinin etkisinin sınırlı olmasına rağmen atıksu yönetiminin yapılarak akarsuya verilmemesi gerektiği bildirilmiştir (Bulut vd., 2012b).

Aksu Çayı'nda Heterokontophyta üyeleri daha çok takson sayısı ile temsil edilmiştir. Ertan ve Morkoyunlu (1998) Aksu Çayı'nın alg florasında Heterokontophyta'nın baskın grup

olduğunu bildirilmiştir (Ertan ve Morkoyunlu, 1998). Köprüçay Irmağı'nın Eğirdir Gölüne Dökülen kolunda fiziko-kimyasal değerlere göre yapılan araştırmada akarsuyun içilebilir nitelikte olduğu ve akarsuda kaynaktan Eğirdir Gölü'ne değin herhangi bir kirlenme olmadığı vurgulanmıştır (Savaş, 1992). Kalyoncu (2004) Ağlasun Deresi'nde yaptığı çalışmada, akarsuyun sukalitesini fizikokimyasal parametrelere ve epilitik alglere ortaya koymuştur ve her iki indekse göre iki farklı su niteliği basamağı tespit etmiştir. Epilitik alglerle yapılan saprobi indeks sonuçlarının fizikokimyasal verilere göre iyi yönde yarım su kalitesi basamağı sapma gösterdiğini bildirmiştir. Aksu Çayı'nda ve Isparta Çayı'nda fizikokimyasal yöntem ve epilitik alglere göre su niteliği belirlenmiş, alglerin kirliliği daha duyarlı bir şekilde gösterdiği sonucuna varılmıştır (Kalyoncu, 2006; Kalyoncu vd., 2009). Ayık ve ark.'ları (2206) Sapaca Deresi üzerine kurulu alabalık çiftliklerinin su niteliği üzerine etkisini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada akarsuyun kirlenme riskinden uzak olduğunu ancak, balık üretim çiftliklerinin sayısının arttıkça kirlenmeye karşı duyarlı olunması gerektiğini vurgulamışlardır.

Aksu Çayı çeşitlilik değerleri 1. örnekyeri olan kaynak suyunda ve son örnekleme noktası olan 4. örnekyerinde daha düşük bulunmuştur. İlk örnekyerinin kaynak noktası olması ve son örnekyerinin ise akarsu boyunca artan çevresel etmenlerin etkisi altında kalması nedeniyle (toplam yedi alabalık çiftliğinden gelen ve çevredeki tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan atıklar) çeşitlilik değerlerinin daha düşük belirlendiği düşünülmektedir. Baskın taksonlar örnekyerlerine ve aylara göre değişim göstermiş Heterokontophyta baskın taksonları içeren bölüm olmuştur. Baskın taksonlardan olan *D. vulgaris* soğuk su karakteristiğinde olup, temiz ve organik maddece orta seviyede kirli sularda artış göstermektedir (Palmer, 1977). Bu takson kaynak noktası dışında tüm

örnekyerlerinde dönemsel olarak baskınlık göstermiştir. 1. ve 2. örnekyerinde baskın olan *M. circulare* düşük forfora sahip sularda iyi gelişmekte olup temiz suların göstergesidir (Palmer, 1977; Kelly, 2000). En yüksek baskınlık değeri kaynak noktasında (1. örnekyeri) bulunmuştur. *D. mesodon* sadece 1. Örnekyerinde baskın olmuştur. Soğuk su kaynaklarında, Soğuk su kaynaklarında bulunan bu takson özellikle düşük nütrient ve elektriksel iletkenliğe sahip, insan etkisinin az olduğu sularda yoğun biray sayısına ulaşmaktadır (Popatova, 2009; Anonim, 2021).

Su kaynaklarının kirlenmesinde yetiştiricilik faaliyetlerinin etkisinin belirlenebilmesi için çevresel etmenlerle birlikte biyolojik verilerin de kullanımı kısa ve uzun vadedeki değişimleri ortaya koymaktadır. Bir su kaynağındaki kalite değişimine, üretim çiftliklerinin etkisini belirlemede bölgedeki diğer faaliyetlerin de (Tarımsal faaliyet, hayvancılık, endüstriyel kaynaklar gibi) etkisinin araştırılıp karşılaştırmanın yapılması çok daha güvenilir sonuçlar elde edilmesini sağlayacaktır. Son yıllarda kullanılabilir su miktarının azalması ve kuraklığa bağlı su kaynaklarının kuruması suların sürdürülebilir kullanımı için gerekli tedbirlerin alınmasına yönelik izleme çalışmaları yapılmasını zorunlu kılmaktadır (Yavuzcan vd., 2010).

Bu çalışmada Aksu Çayı'ndaki alabalık çiftliklerinin su kalitesine etkileri, fizikokimyasal verilere ve algler kullanılarak yapılan Saprobi İndeks, Trophi Diatom İndeks ve Trophi İndeks sonuçlarına göre değerlendirilmiştir. Epilitik alglere göre; 1. örnekyerini az kirlenmiş (I-II) ve 2., 3., 4., örnekyerlerinin orta düzeyde kirlenmiş (II), fizikokimyasal verilere göre ise tüm örnekyerlerinin temiz (I) olduğu tespit edilmiştir. Balık çiftliklerinin sayısı (dolaylı olarak üretimi) arttıkça su niteliğinin olumsuz yönde etkilendiği belirlenmiştir. Ayrıca su niteliğinin olumsuz yönde değişmesine mevsimsel olarak su çokluğundaki

azalma ve çevredeki insan etkilerinin de yol açabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Altuner, Z., Gürbüz, H. 1991. Karasu (Fırat) Nehri Epipelik Alg Florası Üzerinde Bir Araştırma. Doğa TU Botnik D 15, 3, 253-267.
- Anonim, 2018. Türkiye Ziraat Odaları Birliği. Zirai ve İktisadi Rapor 2015-2018, 408p.
- Anonim, 2019. Tarım ve Orman Bakanlığı Biyolojik İzleme Tebliği. Resmi Gazete. Sayı 30808, 40s.
- Anonim, 2021. Diatoms.org: supporting taxonomists, connecting communities. Diatom Research 36(4): 291-304. . Erişim: 1 Haziran 2025.
- Anonim, 2022. Resmi Gazete. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı.
- Anonim, 2024a. Tarım Reformu Genel Müdürlüğü Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü TRGM/TEPGE. Su Ürünleri Ürün Raporu 30p.
- Anonim, 2024b. Türkiye istatistik kurumu, Su Ürünleri İstatistikleri (Erişim tarihi 12.05.2025).
- Ayık, Ö., Atamanalp, M., Kocaman, M., Kocaman, B. 2006. Sapaca Deresi (Erzurum, Uzundere) Üzerinde Kurulan Alabalık Üretim Çiftliklerinin Dere Suyu ve Çevreye Etkileri Üzerine Bir Araştırma. 1. Ulusal Balıklandırma Rezrvuar Yönetimi Sempozyumu, Bildiriler Kitabı. 5001-507, Antalya.
- Bergheim, A. and Brinker, A. 2003. Effluent treatment for flow through systems and European Environmental Regulations. Aquacult. Eng., 27: 61-77.

- Boyd, C.E. 2003. Guidelines for aquaculture effluent management at farm-level. *Aquaculture*, 226, 101-112.
- Buhan, E., Koçer, T.M.A., Polat, F., Doğan, M.H., Dirim, S., Neary, E.T. 2010. Almus Baraj Gölü Su Kalitesinin Alabalık Yetistirciliği Açısından Değerlendirilmesi ve Tasıma Kapasitesinin Tahmini. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 27(1), 57-65.
- Bulut, C., Akçimen U., Uysal, K., Çınar, Ş., Küçükkara, R., Savaşer, S. 2012b. Isparta Çandır Gökusu Kaynağı Üzerindeki Alabalık İşletmelerinin Dere Suyuna Olan Etkileri. *Journal of Fisheries Sciences.com*, 6(4), 331-340. doi: 10.3153/jfsc.com.akdeniz007.
- Bulut, C., Akçimen, U. 2015. Burdur Karamusa Deresi'nde Gökkuşuğu Alabalığı İşletmesinin Dere Üzerine Fizikokimyasal ve Mikrobiyolojik Etkisi. *Yunus Araştırma Bülteni* 1, 45-58.
- Bulut, C., Akçimen, U., Küçükkara, R., Savaşer, S., Uysal, K., Köse, E., Tokatlı, C. 2012a. Alabalık Üretimi Yapılan Akpınar Deresi (Denizli) Su Kalitesinin Değerlendirilmesi. *Anadolu Üniversitesi Bilim Ve Teknoloji Dergisi-C, Yaşam Bilimleri ve Biyoteknoloji*. 2(2), 61-68
- Bulut, C., Akçimen, U., Uysal, K., Küçükkara R., Savaşer S. (2010). Karanfilliçay Deresi Suyunun Fizikokimyasal ve Mikrobiyolojik Parametrelerinin Mevsimsel Değişimi ve Akvakültür Açısından Değerlendirilmesi. *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, (21), 1-7.
- BUWAL, 2002. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft. Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer: Kieselalgen Stufe F (flächendeckend). Bern.

- Çelekli, A., Lekesiz, Ö., Yavuzatmaca, M. 2021. Bioassessment of water quality of surface waters using diatom metrics. Turkish Journal of Botany. 45, 379-396 doi:10.3906/bot-2101-16
- Ergün, M., Bulut, C., Koçer, G. 2022. Göksu Çayı (Isparta) Üzerindeki Gökkuşığı Alabalık Tesisleri Su Kalitesi Etkilerinin Çok Değişkenli İstatistik Analizi ve Tahmini Azot-Fosfor Yükleri. Journal of Limnology and Freshwater Fisheries Research 8(2), 176-191.
- Ertan, Ö. O., Morkoyunlu, A. 1998. The Algae Flora of Aksu Stream (Isparta/Turkey). Tr. J. of Botany 22, 239-255.
- Guiry, M.D. & Guiry, G.M. 2025. AlgaeBase. World-wide electronic publication, University of Galway. <https://www.algaebase.org>; searched on 20 Mayıs 2025
- Kalyoncu, H. 2006. Isparta Deresi Su Kalitesinin Fizikokimyasal Parametrelere ve Epilitik Diyatomelelere Göre Belirlenmesi. SDÜ Fen Edebiyat Fakültesi Fen Dergisi (E-Dergi). 1(1-2), 14-25.
- Kalyoncu, H., Barlas M., Ertan, Ö. O., Gülboy, H. 2004. Ağlasun Deresi'nin Su Kalitesinin Fizikokimyasal Parametrelere ve Epilitik Alglere Göre Belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi. 2(10), 7-14
- Kalyoncu, H., Barlas, M., Ertan, Ö. O. 2009. Aksu Çayı'nın Su Kalitesinin Biotik İndekslere (Diyatomlara ve Omurgasızlara Göre) ve Fizikokimyasal Parametrelere Göre İncelenmesi, Organizmaların Su Kaliteleri ile İlişkileri. Tübvav Bilim Dergisi. 2(1),46-57.
- Kalyoncu, H., Çiçek, N. L., Akköz, C., Özçelik, R. 2009., Epilithic Diatoms from the Darıören Stream (Isparta/Turkey): Biotic indices and multivariate

analysis. Fresineus Environmental Bulletin, 18 (7b), 1236-1242.

Kalyoncu, H., Yorulmaz, B., Barlas, M., Yıldırım, M. Z., Zeybek, M. 2008. Aksu Çayı'nın Su Kalitesi ve Fizikokimyasal Parametrelerinin Makroomurgasız Çeşitliliği Üzerine Etkisi. Fırat Üniv. Fen ve Müh. Bil. Dergisi 20 (1), 23-33.

Kelly, M. 2000. Identification of common benthic diatoms in rivers. Field Studies, 9(4), 583–700.

Koca, H. M., Alp, T. A. 2020. Karapınar Deresi (Erdemli, Mersin) Üzerinde Bulunan Alabalık Tesislerinin Su Kalitesine Etkileri. Acta Aquatica Turcica 16(4), 516-524

Koctaş, A. 1994. Ekoloji Çevre Biyolojisi, Ege Üniv. Su Ürünleri Fak. Yayınları No:51, 597s.

Krammer, K., Lange-Bertaloth, H. 1986. Bacillariophyceae. 1. Teil: Naviculaceae. In: Ettl H., Gerloff J., Heynig H. & Mollenha Uer d. (Eds.) Süßwasser flora von Mitteleuropa, Gustav Fischer Verlag, Band 2/1. Stuttgart.

Krammer, K., Lange-Bertaloth, H. 1988. Bacillariophyceae. 2. Teil: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. In: : Ettl H., Gerloff J., Heynig H. & Mollenha Uer d. (Eds.) Süßwasserflora von Mitteleuropa, Gustav Fischer Verlag, Band 2/2. VEB Jena, Stuttgart.

Krammer, K., Lange-Bertaloth, H. 1991a. Bacillariophyceae. 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. In: : Ettl H., Gerloff J., Heynig H. & Mollenha Uer d. (Eds.) Süßwasserflora von Mitteleuropa, Gustav Fischer Verlag, Band 2/3. Jena, Stuttgart.

Krammer, K., Lange-Bertaloth, H. 1991b. Bacillariophyceae. 4. Teil: Achnanthaceae, Kritische Ergänzungen zu Navicula

- (Lineolatae) und Gomphonema, Gesamtliteraturverzeichnis Teil1- 4. In: Ettl H., Gerloff J., Heynig H. & Mollenha Uerd. (Eds.) Süßwasserflora von Mitteleuropa, Gustav Fischer Verlag, Band 2/4. Jena, Stuttgart.
- Morkoyunlu, A. 1995. Köprüçayı Alglerinin Sistematiik ve Ekolojik Yönden İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Eğırdır.
- Palmer, C., M. 1977. Algae and Water Pollution. Municipal Environmental Research Laboratory Office Of Research And Development U.S. Environmental Protection Agency Cincinnati, 133p.
- Pestalozzi, H., G. 1982. Das Phytoplankton des Süßwasser Teil: 8 E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nagele U. Obermiller) p. 1-539, Stuttgart.
- Popatova M. 2009. Odontidium mesodon. In Diatoms of North America.
https://diatoms.org/species/44433/odontidium_mesodon
Erişim: 1 Haziran 2025
- Prescott, G., W. 1973. Algae of Western Great Lake Area. Fifth printing. WMC. Brown Comp. Pub. p. 1-977, Dubaque, Iowa.
- Prygeiel, PJ, Carpentier, S., Almeida, M., Coste, JC., Druart, L., Ector, D., Guillard, MA., Honore, R., Iserentant, P., Ledeganck, C., Lalanne-Cassou, C., Lesniak, I., Mercier, P., Moncaunt, M., Nazart, N., Nouchet, F., Peres V., Peeters, F., Rimet, A., Rumeau, S., Sabater, F., Straub, M., Torrisi, M., Tudesque, B., Van de Vijver, H., Vidal, J., Vizinet, N. 2002. Determination of the biological

- diatom index (IBD NF T 90-354) results of an intercomparison exercise. J. Appl. Phycol. 14, 27-39.
- Pulatsu, S., Rad, F., Köksal, G., Aydın, F., Çağlayan, A., Benli, K., Topçu, A. 2004. The Impact of Rainbow Trout Farm Effluents on Water Quality of Karasu Stream, Turkey. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 4, 09-15
- Savaş, S. 1992. Köprüçay Irmağı'nın Eğirdir Gölüne Dökülen Kolunda Su Kalitesi değişimi Üzerine Bir Araştırma, Yüksek Lisans Tezi, Su Ürünleri Mühendisliği Anabilim Dalı, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Schmedtje, U., A. Gutowski, G., Hofmann, P. Leukart, A. Melzer, D. Mollenhauer, S. Schneider, H. Tremp 1998. *Trophiekartierung von aufwuchs- und makrophytendominierten, Fließgewässern.*— Infomationsberichte des Bayerischen LA für Wasserwirtschaft, 4(98), 1–501.
- Schmitz, W. 1954. Grundlagen der Untersuchung der Temperaturverhältnisse in den Fließgewässern.- Ber. Limnol. Flusstn. Freudenthal 6, 51-52 p.
- Sıvacı, E. R., Dere, Ş. 2007. Melendiz Çayı'nın (Aksaray-Ihlara) Epilithic Diatom Florasının Mevsimsel Değişimi ve Su Akışının Toplam Organizmaya Etkisi, Ekoloji 16(64), 29-36.
- Solak, C.N., Fehér, G., Barlas, M., Pabuçcu, K. 2007. Use of Epilithic Diatoms to Evaluate Water Quality of Akçay Stream (Büyük Menderes River) in Mugla/Turkey. Archiv Für Hydrobiologie Suppl., 161 (3-4), Large Rivers, 17 (3-4), 327-338.
- Tekinay A., A., Güroy, D., Çevik, N., 2006. Balık Üretiminden Kaynaklanan Kirlilik ve Çözüm Yolları. E. Ü. Su

Ürünleri Dergisi, Cilt/Volume 23, Ek/Suppl. 1(1), 295:298, ISSN 1300-1590.

- Verep, B., Hasanoğlu, H., Mutlu, T. 2017. Alabalık Çiftlikleri Atık Sularının Bırakıldığı Akarsuyun Fizikokimyasal Su Kalitesine Etkileri Üzerine Bir Durum Çalışması. Journal of Anatolian Environmental&Animal Sciences. 2(2),38-42
- Vogel, A., 2004. Diatomeenaufwuchs Auf Historischen Herbarbelegen Als Indikator Der Ehemaligen Wasserqualität Von Fließgewässern. Doktors Der Naturwissenschaften, 200s. Germany
- Wehr, J., D., Descy J-P. 1998. Use of Phytoplankton in Large River Management. J. Phycol. 34, 741-749.
- Yaman, H., Kırkağaç, M. (202). Değirmen Deresinin (Kastamonu) Üzerindeki Alabalık İşletmelerinin Bentik Makroorganizmalara Etkisi. Menba Kastamonu Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Dergisi. 6(2),74-85.
- Yavuzcan, H., Pulatsü, S., Demir, N., Kırkağaç, M., Bekcan, S., Topçu, A., Doğankaya, L., Başçınar, N. 2010. Türkiye’de sürdürülebilir su ürünleri yetiştiriciliği. TMMOB Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi, Bildiriler Kitabı-2, 767-789.
- Yıldırım, Ö., Korkut A., Y., 2004. Su Ürünleri Yemlerinin Çevreye Etkisi. E. Ü. Su Ürünleri Dergisi, Cilt/Volume 21, Sayı/Issue (1-2): 167-172. ISSN 1300-1590.
- Zelinka, M., Marwan, P. 1961. Zur Prazisierung der biologischen Klassifikation der Reinheit fließender Gewässer-Arch. Hydrobiol. 57, 389-407

AKADEMİK PERSPEKTİFTEN
ZİRAAT, ORMAN VE SU ÜRÜNLERİ

yaz
yayınları

YAZ Yayınları
M.İhtisas OSB Mah. 4A Cad. No:3/3
İscehisar / AFYONKARAHİSAR
Tel : (0 531) 880 92 99
yazyayinlari@gmail.com • www.yazyayinlari.com