

# Tarım, Orman ve Su Bilimlerinde Güncel Tartışmalar ve Disiplinlerarası Yaklaşımlar

Editör: Doç. Dr. Senem GÜNEŞ ŞEN



DUJAA

**TARIM, ORMAN VE  
SU BİLİMLERİNDE  
GÜNCEL TARTIŞMALAR VE  
DİSİPLİNLERARASI  
YAKLAŞIMLAR**

**Editör**

**Doç. Dr. Senem GÜNEŞ ŞEN**



***Tarım, Orman ve Su Bilimlerinde Güncel Tartışmalar ve  
Disiplinlerarası Yaklaşımlar***

***Editör***

***Doç. Dr. Senem GÜNEŞ ŞEN***

**Genel Yayın Yönetmeni:** Berkan Balpetek

**Kapak ve Sayfa Tasarımı:** Duvar DESIGN

**Basım Tarihi:** Mayıs 2026

**Yayıncı Sertifika No:** 49837

**E-ISBN:** 9978-625-8756-68-5

© Duvar Yayınları

853 Sokak No:13 P.10 Kemeraltı-Konak/İzmir

Tel: 0 232 484 88 68

[www.duvar yayinlari.com](http://www.duvar yayinlari.com)

[duvarkitabevi@gmail.com](mailto:duvarkitabevi@gmail.com)

*"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. Yayınevi ve editörler sorumlu tutulamaz.*

# İÇİNDEKİLER

<b>1.Bölüm</b> .....	<b>1</b>
Dünyada ve Ülkemizde Organik Bağcılık Arif ATAK	
<b>2.Bölüm</b> .....	<b>25</b>
Bağcılıkta Akıllı Tarım Uygulamaları Arif ATAK	
<b>3. Bölüm</b> .....	<b>43</b>
Toprakların Mikrobiyal Çeşitliliğini Etkileyen Faktörler Çiğdem KÜÇÜK	
<b>4. Bölüm</b> .....	<b>56</b>
Hassas Hayvancılıkta Dijitalleşme, Sürdürülebilirlik ve Hayvan Refahı Mehmet SARAÇOĞLU	
<b>5. Bölüm</b> .....	<b>68</b>
Türkiye Kıyılarında Balon Balıkları ve İstiladan Kurtulma Arayışları Okan AKYOL	
<b>6. Bölüm</b> .....	<b>82</b>
Pestisitlerin Sucul Organizmalar Üzerindeki Genel Etkileri Pınar YILDIRIM, Menekşe TAŞ DİVRİK	
<b>7. Bölüm</b> .....	<b>99</b>
Ormancılıkta Sürütme Yollarının Yapım Sürecinin İncelenmesi Gürkan ÇOLAK, Yılmaz TÜRK	

# 1. Bölüm

## Dünyada ve Ülkemizde Organik Bağcılık

Arif ATAK<sup>1</sup>

### GİRİŞ

Üretimde kimyasal girdi kullanmadan (yönetmelikler çerçevesinde) üretimden tüketimine kadar her aşaması kontrollü ve sertifikalı bir tarımsal üretim yöntemine “Organik Tarım” denmektedir. “Organik Bağcılık” ise geleneksel ilaç/gübre yoğun uygulamalar sonucu bozulan ekolojik dengeyi düzeltmek için sürdürülebilir tarım teknikleri ve doğal kaynaklı girdiler kullanılarak canlı ve sürdürülebilir bağ ekosistemi oluşturmaktır. Bir diğer ifade ile “Organik Bağcılık” bağlardaki asmaları korumak ve beslemek için yalnızca doğada bulunan veya doğadan basit işlemlerle elde edilen maddeleri kullanmak demektir. Organik tarımın ilk olarak 1974’te Oregon(ABD) ve 1979’da Kaliforniya’da ortaya çıktığı bildirilmektedir. Hemen ardından Avrupa’ya ulaştığı ve Fransızlar tarafından kullanıldığı bildirilmektedir. Bu ülkeler organik tarımı yasalaştıran ilk ülkelerdir. Tarım federasyonları veya hükümetler tarafından uluslararası düzeydeki organik uygulamalarının tanımı konusunda hala bir ortak tanım bulunmamaktadır (Heckman, 2006).

Organik bağcılık, konvansiyonel üretimin alternatifi olarak değil; ülkemiz coğrafyası ve iklim özellikleri dikkate alındığında çok önemli bir fırsat olarak değerlendirilmelidir. Tarımsal üretimde organik tarımın payı dünyada giderek artıyor (Akkurt ve ark., 2018). Organik tarımın dünyada tüm zamanların en yüksek seviyesine ulaştığı bildiriliyor. Türkiye’de organik ürünlerin fiyatlarının yüksek olması tüketici tercihlerini etkilese de yapılan yatırımlar bu alanın gelecekte ivme kazanacağını gösteriyor. Dünyada 1999’da 11 milyon hektar olan toplam organik tarım arazisininin 2024 yılında 99 milyon hektara ulaştığı bildiriliyor. Bu verilere göre organik tarım arazileri toplam tarımsal üretimin % 1,6’sını oluşturuyor (TAGEM, 2026). Dünyada 183 farklı ülkede yüz milyon hektara yakın alanda 4.8 milyon organik tarım üreticisi varken organik ürün işleyen sayısı ise 140 bin’dir (FIBL, 2026; Şekil 1). 2019 yılında dünyada toplam 63 ülkede Organik Bağcılık yapıldığı ve alan bazında üretimin 467.000 hektar civarında olduğu bildirilmektedir (Şekil 2). 2023 den beri ‘Organik Üretici Sayısında’ %12.4 lük bir artış gerçekleşmiştir. Bu durum

<sup>1</sup> Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, 16059, Bursa, Türkiye  
ORCID ID: 0000-0001-7251-2417 E-mail: arifatak@uludag.edu.tr

organik üretime olan ilginin tüketici talepleri ile bağlantılı olarak hızla arttığını göstermektedir. Organik tarım son 10 yıl içinde globalde 6 kat, Türkiye’de ise 15 kat büyüdü. Küresel olarak günümüzde yaklaşık 145 milyar dolar büyüklüğe ulaşan bu pazarın 2030 yılında ise en az 2 kat artacağı öngörülmektedir (TAGEM, 2026). Üzüm, ülkemizde yetiştirilen 197 organik ürün içerisinde en önemlilerinden biridir. 1985 yılından itibaren organik kuru üzüm üreten ve ihraç eden Türkiye, organik kuru üzüm üretiminde dünya lideri konumundadır. FIBL 2019 verilerine göre Türkiye’nin toplam üzüm üretim alanının %3.5’ini organik üzüm üretimi oluşturmaktadır. Üretimi yapılan organik üzüm büyük oranda kurutulmuş olup, yurtdışı pazarının talepleri bu konuda çok önemlidir ve tamamına yakını yurtdışına ihraç edilmektedir. Organik üretimde kullanılacak girdilerin fiyatının pahalı olması, organik üretim yapan sektörlerin yaşadığı alt yapı eksikliği, sertifikasyon ve denetim hizmetlerinin yerel üretici için yüksek maliyetli olması ülkemizde organik üretimin gelişmesindeki en büyük engellerdir (Bahşi ve ark., 2021).

GÖSTERGE	DÜNYA	EN İYİ ÜLKELER
Organik üretim yapan ülkeler	2024: 183 ülke	
Organik tarım alanı	2024: 98.9 milyon hektar (2000: 15 milyon hektar)	Australya (53.0 milyon hektar) Hindistan (4.0 milyon hektar) Arjantin (3.9 milyon hektar)
Toplam tarım alanında organik alanların payı	2024: 2.1 %	Liechtenstein (% 43.5) Avusturya (% 27.2) Uruguay (% 23.1)
2023/2024 arasında organik alanların gelişimi	-176'000 hektar (ha); -0.2 %	US: +1'153'391 ha (+56.0 %), Guatemala: + 241'744 ha (+193.0 %) Çin: + 169'350 ha (+5.0 %)
Doğal ortamdaki toplam ve diğer tarım dışı alanlar	2024: 25.5 milyon hektar (2000: 5.6 milyon hektar)	Finland (6.9 milyon hektar) Çin (3.3 milyon hektar) Zambia (2.5 milyon hektar)
Üreticiler	2024: 4.8 milyon üretici (2000: 252'000 üretici)	Hindistan (2'363'607) Uganda (404'246) Ethiopia (203'258)
Organik tarım satışları	2024: 145.0 milyar euro (2000: 15.2 milyar euro)	US (60.4 milyar euro) Almanya (17.0 milyar euro) China (15.5 milyar euro)
Kişi başına tüketim	2024: 17.7 euro	İsviçre (481 euro) Danimarka (373 euro) Avusturya (292 euro)
IFOAM e bağlı kuruluş sayısı	2025: 593 kuruluş	Almanya: 73 kuruluş Hindistan: 39 kuruluş USA: 36 kuruluş İtalya: 24 kuruluş İsviçre: 22 kuruluş

Şekil 1. Dünya organik tarım verileri (FIBL, 2026).

Organik Bağcılık günümüzde çok yaygın ve bilinen bir yöntemdir, ancak geçmişte durum çok farklıydı. 20. yüzyılın sonlarında, ‘‘Organik’’ terimi bağcılık dünyasına ilk kez girdiğinde, günümüzde tüketiciler alışkanlıklarının, toplumsal sorunların ve evre korumacılığının bir parçası olan bir gerçeklik değilde sanki geçici bir eğilim veya moda olduğu düşünülmüştü. Ancak günümüzde önemi giderek artan bilimsel bir üretim modeli olduğu görülmektedir. Ülkemizde 2026 yılı itibariyle 45 farklı sertifikasyon kuruluşu organik tarım sertifikası vermektedir (Tarım Orman, 2026).



**şekil 2.** 2004-2019 yılları arasında organik sertifikalı Bağ alanları (1000 ha)  
(Kaynak: FIBL-IFOAM).

Organik bağlarda biyolojik çeşitlilik teşvik edilirken aynı zamanda asmalar doğal yaşam alanlarında zengin bir toprakta yetişir. Bazı hastalık ve zararlılara karşı mücadelede en basit bileşimlerinde sadece kükürt ve bakır içeren ilaçlar kullanılır. Zararlı böceklere karşı sadece doğal bitkisel ürünler veya bakteriler kullanılır. Organik bağlar ile konvansiyonel bağlar arasındaki yakınlığın olumsuz etkilerinden korunmak içinde bazı önlemler alınır. Bütün bunlar sürdürülebilir bir gelecek için daha fazla tabiata bağlılık anlamına gelir ve onun tüm ritimlerine uyum sağlamayı gerektirir. Organik bağcılık sadece sofralık, şaraplık veya kurutmalık olarak üretilen üzümlerin değil aynı zamanda bunların farklı ürünlerinin de lezzet ve içerik bakımından daha zengin ve yüksek kaliteli olmalarını sağlar (Maykish ve ark., 2021).

## **Organik Bağcılık Tarihęesi**

Organik bağcılığın tarihęesi ile ilgili çok kesin bilgiler bulunmamakla birlikte İtalya'da Cavallotto ailesinin çalışmalarının ilk başlangıç olarak kabul edildiği bildirilmektedir. Cavallotto ailesi 1960'lı yılların sonlarına doğru mildiyö hastalığına karşı bakır oksitler ve hidroksitlerin yerine bakır sülfat bazlı "Bordeaux Karışımı"nın 6-8 kat daha etkili olduğunu bulmuştur. Cavallotto ailesi konvansiyonel uygulamalardan uzaklaşan ilk kişiler arasındadır. Bۆylece daha az bakır kullanarak bağda ilaç kalıntılarının daha yavaş biriktiğini gۆrdüler. 1974 yılında Cavallotto ailesi bir zamanlar çok yaygın olan, genellikle toprak işleme ve herbisit kombinasyonuyla yapılan ot mۆcadelesi yerine alternatif bir yۆntem denediler. Asmalar arasındaki bitki ۆrtüsünün tamamen temizlenmesi uygulaması yerine, bazı yerli ۆrtü bitkileri ile denemelere başlamıştır. Yerel ۆrtü bitkilerinden elde edilen sonuçlar bۆyүk ۆlüde faydalı oldu ve ertesini yıl uygulama ailenin tüm bağ işletmelerine yayıldı. Bۆylece bağda hem herbisit kullanımını hem de traktörle toprak işlemeden vazgeçilerek ۆnemli sonuçlar elde edildi. ۆncelikle kimyasallar ile toprağın kirlenmesi ۆnlenirken aynı zamanda toprağın aşırı sıkışması da ۆnlenmiřtir. Toprağın üst katmanları korunarak yağış ve su akışından kaynaklanan erozyon yavaşlatılmıştır. Gelişen otları her yıl dۆzenli olarak 2-4 kez biçmişlerdir. Biilen otlar çürüyerek toprağa organik humus katkısı sağladı, buda yeraltında bakteriyel mikrofloranın bۆyүmesini teşvik eden daha hafif, daha havadar bir toprak tabakası elde edilmesini sağlamıştır. 1976'da Cavallotto'lar radikal bir fikirle bazı deneyler yapmıştır. Kimyasal pestisitlerin tamamen terk edilmesini sağlayacak bir tarımsal uygulamayı denediler. Bۆyүk zararlar oluşturan kırmızı ۆrümcek akarlarını kontrol etmek için predatör akarları denediler. Predatör akarlar, Kuzey İtalya'daki terk edilmiş üzüm bağlarında daha ۆnce hiç kimyasal madde uygulanmamış popölasyonlardan bulundu ve çoğaltıldı. Predatör akarların kullanımı ile birlikte bağlarında herhangi bir sentetik bۆcek ilacı kullanılmadan sağlıklı ve kaliteli üzümler yetiştirdiler. Külleme ve mildiyö kontrolü için yalnızca bakır hidroksit ve taş ocağından elde edilen doğal kükürt kullanarak bağlarında doğaya dost üretimler yaptılar. Ayrıca Aile bitki ۆzü içeren fungusitleri hastalıklarla mۆcadelede kullandı. Küllemeye karşı hardal tozu ve doğal kükürt ile birlikte arılar tarafından üretilen doğal bir antibiyotik olan propolisi de kullandılar (Cavallotto, 2026).

Yukarıda açıklanan yenilikçi organik tekniklere ek olarak Cavallotto ailesi, üzüm kalitesini daha da artıran tarımsal uygulamaları benimsemiştir:

- Yүksek yoğunluklu dikim,
- Asma başına sınırlı gۆz
- Yeşil hasat tekniği

2010 yılında bağda daha kalıcı ve sürdürülebilir bir organik yetiştiricilik için bakır kullanımını sonlandırmak için bazı denemeler yapmışlardır. Adaçayı, sarmaşık, aloe vera, yucca, beşparmakotu ve bazı alg türleri gibi bitki ve şifalı otların uçucu yağları mildiyö hastalığı ile mücadelede kullanmışlardır. Bu yağlar, hastalığa karşı doğal bir koruma sağlamak amacıyla su bazlı bir çözelti içinde hazırlandı ve üzüm bağlarına püskürtüldü. Bugün Cavallotto'lar tarafından üretilen üzümler yeterince organik özelliklere sahip olsa da aile, bağda, şaraphanede ve tesislerinde sürekli iyileştirme hedefleri doğrultusunda ağır makine ve traktör kullanımını en aza indiren doğal ürünleri ve tarımsal uygulamaları test etmeye devam etmektedir.

### **Organik Ürünler Neden Daha Pahalı?**

Organik ürünlerin konvansiyonel ürünlerden daha pahalı olmasının birçok sebebi bulunuyor. Öncelikli sebepleri arasında organik tarımın üretiminde konvansiyonel üretime kıyasla her aşamasında çok fazla emek gerektirmektedir. Eğer organik bir ürün ortaya çıkarmak istiyorsak toprak alanından başlayarak tohumuna, büyürken kullanılan doğal bitkisel bazlı ilacına hatta tedarikine kadar tüm süreçleri özel sertifikasyon ve analiz süreçleriyle kontrol altında tutmanız gerekiyor (Smoluk-Sikorska, 2024). Örneğin; Bir tarlanın organik olabilmesi için 5 yıl boyunca kimyasaldan uzak kalması gerekiyor. Aynı zamanda çiftçilerin zararlı sera gazlarından uzak bir şekilde tarlada/bahçede/bağda tamamen elle toplama yöntemi kullanması önerilmektedir. Tabi tüm bu kontrol mekanizmaları üretici için ekstra maliyet oluşturuyor. Ancak akıllı tarım teknolojilerin organik tarımda kabul edilme durumlarına bağlı olarak maliyetler düşürülebilir. Konvansiyonel üretime kıyasla organik ürünler daha az bir alanda üretilip, daha geniş bir kitleye hitap ettiği için de daha pahalı olabilir.

### **Organik Tarımda Kontrol ve Sertifikasyon**

Bir ürünün Organik olarak yetiştirilmesi veya projelendirilmesi düşünüldüğünde;

- Organik yetiştiricilik için uygun ekoloji ve toprak koşulları taşıyan yerler seçilmelidir.
- Organik tarım faaliyetine bireysel olarak yapabildiği gibi proje dahilinde de başvurabilir
- Uygun bulunan üretici veya proje başvurduğu bakanlıkça yetkilendirilmiş sertifikasyon kuruluşu ile sözleşme yapar.
- Anlaşma sonrası başlayacak kontrollerin zamanı saptanır. Kontrol yılda en az bir kez yapılmalıdır.

- Çiftçi, ürün ve arazi bilgilerinden oluşan dokümanlar doldurulur ve şartlar uygun olması halinde karşılıklı anlaşma yapılır.
- Sözleşmesi yapılan üreticinin bağı Organik tarım geçiş sürecine alınmış olur.
- Geçiş süreci, konvansiyonel üretiminden Organik ürüne dönüşüm periyodudur. Diğer bir ifadeyle, Organik üretime başlanmasından ürünün Organik olarak kabul edilmesine kadar geçen süredir. Bağda, geçiş süresi 3 yıldır. Kontrol ve sertifikasyon kuruluşu geçiş süresini uzatabilir veya kısaltabilir.
- “Organik Tarım Geçiş” sürecindeki ürünler geçiş ürünü olarak değerlendirilir. “Organik Tarım Geçiş” etiketi ile pazarlanma imkânı vardır.
- Ürünün işleme aşamasında işletme kontrolleri muhasebe kayıtları ile birlikte yapılır.
- Üründen alınan numuneler akredite bir laboratuvarda analiz yapılır.
- Uygun bulunan ürünlere organik sertifikası verilir.

## **ORGANİK BAĞCILIKTA YER, ÇEŞİT VE ANAÇ SEÇİMİ**

### **1. İklim Faktörleri**

**Sıcaklık:** Özellikle sofralık olarak yapılacak organik bağcılıkta yıllık sıcaklık toplamı, aylık sıcaklık ortalamaları, maksimum ve minimum sıcaklıkların belirlenmesi gerekir. Eğer istenen değerlerden uzak ise yetiştiricilik sezonunda farklı stres faktörleri etkili olabilmekte ve organik bağcılık yapılmasını olumsuz biçimde etkileyebilmektedir. Düşük sıcaklıklar kaliteyi olumsuz yönde etkilerken, yüksek sıcaklıklar ise güneş yanıklığı ile birlikte ve sulama maliyetlerinde de artışa neden olabilmektedir. Özellikle yüksek sıcaklıklardan korunmak için örtü sistemlerine ihtiyaç duyulmakta bu durumda da maliyet ciddi oranda artmaktadır. Gece ve gündüz sıcaklık farkı 10 °C den fazla olan yerlerde renkli üzümelerde yoğun antosiyanin sentezi ile güzel bir renklenme oluşmaktadır (Wang ve ark., 2025).

**Nem:** Bağcılıkta orta derecedeki nem değerleri çok sorun teşkil etmezken özellikle yaz aylarında seyreden yüksek nem değerleri maalesef ciddi hastalık riskine neden olmaktadır. Bu nedenle nemli iklimlerde organik amaçlı yetiştiricilik yaparken çok dikkatli olmalı ve mümkün olduğunca uygun yer ve çeşit seçimine dikkat etmelidir (Carrol ve Wilcox, 2003). Aksi halde organik olarak bağcılık yapmak ciddi oranda zorlaşacak ve çok sık olarak kükürt, bakır ve diğer organik kökenli ilaçlar kullanarak ilaçlama yapmak gerekecektir. Buda üretim maliyetlerini önemli oranda arttıracaktır.

**Rüzgar:** Bağcılıkta rüzgar genellikle istenen bir hava olayıdır. Ancak çok şiddetli rüzgarlar destek sistemi ve taze sürgünler ile salkımlara zarar verebilmektedir. Özellikle yağışlardan sonra artan hava nemini hızla düşürmek için saatte 3-15 km hızla esen rüzgarlar her zaman arzu edilmektedir (Pienaar ve ark., 2004). Ayrıca tozlanma ve döllenmeye yardımcı olmaktadır. Özellikle meyilli alanlara kurulan bağlarda daha fazla rüzgar ve hava hareketi olmaktadır. Düz, taban alanlar ile önü kapalı alanlar ise organik bağcılık için çok istenmeyen alanlardır. Rüzgar aynı zamanda enerji kaynağı olarakta kullanılarak elektrik enerjisi üretmek içinde kullanılabilir.

**Güneşlenme:** Organik bağcılıkta rüzgâr gibi güneşlenmede aşırı olmamak kaydı ile istenmektedir. Sofralık, şaraplık ve kurutmalık üzümlerin istenen kaliteye ulaşmasında güneşlenmenin ayrı bir önemi vardır. Yetersiz güneş alan bölgelerdeki üzümlerde birçok aroma maddesi yeterli oranda oluşmamaktadır. Ayrıca güneşlenme özellikle fungal kökenli hastalıkların oluşumunu önemli oranda azaltmakta ve sonuç olarak ta ilaçlama ihtiyacını düşürmektedir. Aşırı güneş alan yerlerde ise salkımları korumak gerekir. Özellikle ben düşmeden önce direk güneş ışığı alan salkımlarda güneş yanıkları görülebilir (Scutaraşu ve ark., 2026).

## 2. Toprağın Yapısı

**Toprağın fiziksel yapısı:** Toprağın fiziksel yapısı birçok bitki türü için oldukça önemlidir. Kum ve kil oranı dengeli olan tınlı topraklar genellikle bağcılık için en uygun toprak tipleridir. Kumlu yapıdaki topraklarda çok sık sulama gerekmekte ve kalite çoğu zaman istenen oranda olmamaktadır. Ağır yapıdaki killi topraklarda ise kök çürüklükleri ile birlikte aynı zamanda uzun süre suyu bünyelerinde tutmaları sebebiyle gövde hastalıklarına ortam hazırlamaktadırlar. Tüm bunlarda organik bağcılığın yapılmasını önemli oranda zorlaştırmaktadır. Ayrıca toprağın tınlı yapıda olması hem ot mücadelesini kolaylaştırmakta hemde traktör ve ilgili ekipmanlar ile daha erken sürede sıkışmasına engel olabilmektedir (Döring ve ark., 2022).

**Toprağın kimyasal yapısı:** Kimyasal yapı özellikle pH değeri, organik madde içeriği, kireç durumu ile makro ve mikro besin elementleri içeriği anlaşılır. Yüksek ve düşük pH değerlerinde besin maddesi alımı zorlaşır. Organik madde içeriği zengin topraklarda asma bitkileri çok daha sağlıklı gelişir. Organik madde toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini olumlu yönde etkilemektedir. Yüksek kireç içeriğide çoğu zaman besin maddesi özellikle demir alımını olumsuz etkiler. Organik bağcılık yapılacak bir toprağın kapsamlı bir analiz yapılması ve gerekiyorsa bağ kurmadan önce fiziksel ve kimyasal

yapının organik kökenli gübreler ile düzeltilmesi gerekebilir (Visconti ve ark., 2024).

### **3. Yöney ve Meyil Durumu**

Organik bağcılık için mutlaka iklimin olumsuz etkilerinden korunacak ve olumlu etkilerinden yararlanacak biçimde yer, yöney ve meyil seçilmelidir. Özellikle serin yerlerde güneye bakan yamaçlar öncelikle seçilmesi gerekirken çok sıcak olan yerlerde ise kuzeye bakan yamaçlar sıcaktan korunmak için kullanılabilir. Ayrıca bağlar genellikle daha fazla güneş ve rüzgar alması için meyilli alanlara kurulur. Burada ana amaç hastalıkların önüne geçerek daha az ilaç ile sezonu tamamlamaktır.

Genellikle sofralık, şaraplık veya kurutmalık olarak yapılan organik yetiştiricilikte güneşlenmenin olumlu etkilerinden yararlanmak için güneye bakan meyilli alanlar sıklıkla tercih edilirler. Ancak özellikle küresel iklim değişikliği ve artan sıcaklıklar ile birlikte bazen tam tersine güneşin olumsuz etkilerinde korunacak şekilde daha az güneş alan kuzeye bakan meyilli alanlarda tercih edilebilmektedir. Burada önemli olan yerin özellikleri ve yetiştiriciliğin türüdür (Strub ve ark., 2021).

**Çeşit Seçimi:** Organik bağcılıkta çeşit seçimini etkileyen en önemli faktörler arasında yetiştiriciliğin türü gelmektedir. Sofralık, şaraplık veya kurutmalık olarak yapılan organik yetiştiricilikte hangi çeşidin seçileceği genellikle çeşidin hastalıklara dayanıklılık ve bölgeye uygunlukları ile direkt ilgilidir. Sofralık olarak yetiştirilecek standart çeşitler büyük oranda hastalıklara hassas olmaları nedeniyle mutlaka yeni geliştirilen hastalıklara tolerant veya dayanıklı türler arası melez çeşitler öncelikle tercih edilmelidir. Bu yeni çeşitler hastalıklara daha tolerant veya dayanıklı yapıda olup ilaç istekleri çok daha azdır (Parlevliet ve McCoy, 2001). Bunun dışında lokal olarak yetiştirilen bazı kalın kabuklu çeşitlerde organik yetiştiricilikte tercih edilebilir. Ancak burada pazar durumu ve üreticilerin beklentileri de önemlidir. İslah çalışmaları sonucunda geliştirilen Türler arası melez çeşitler son yıllarda özellikle organik sofralık ve şaraplık üzüm yetiştiriciliğinde giderek daha fazla oranda tercih edilmeye başlanmıştır. Ancak bu çeşitlerin birçoğu ıslahçı haklarına sahip olmaları nedeniyle yetiştirmek için bazı özel şartlar gereklidir.

Organik bağcılıkta özellikle çeşit seçimi kadar fidan seçimi de çok önemlidir. Mutlaka her türlü hastalık ve zararlıdan arı fidan ile bahçe tesis etmek çok önemlidir. Özellikle virüs ve benzeri hastalıkları taşıyan fidanlar ile organik bağcılık yapmak pek mümkün değildir. Bu hastalıklar ile mücadele oldukça zor olup çeşitlerin sağlıklı biçimde ve istenen kalitede üzüm vermelerine engel olacaktır. Ayrıca çeşitlerin eğer aşılı fidan ile dikimleri yapılacak ise uygun

anaçlar üzerine aşılı olması sağlıklı gelişimleri bakımından büyük önem arz etmektedir (Piccoli & Viganò, 2025).

**Anaç Seçimi:** Hem filoksera zararlısına karşı hemde farklı toprak tiplerine uyum özelliklerinden dolayı Amerikan asma anaçları ve bunların farklı melezleri bağcılıkta yaygın olarak kullanılmaktadır. Organik bağcılıkta ana hedef asmalarımızı mümkün olduğunca farklı stres koşullarından uzak tutarak istenilen verim ve kaliteye ulaşmak ve gereksiz ilaç ile gübreleme masrafından kaçınmaktır. Uygun anaç seçimi sayesinde yetiştiriciler kuraklık veya hastalık gibi çevresel olumsuzluklara karşı üzüm çeşitlerini daha iyi koruyabilmektedirler. Böylece asmalarda verimliliğinin korunmasına veya artırılmasına imkan sağlanır (Zang ve ark., 2025). Ayrıca anaç seçimi, toprağın farklı fiziksel ve kimyasal özellikleri ile ilgili sorunların üstesinden gelinmesine yardımcı olabilir. Anaç normalde toprak altı performansı ile kuraklık, hastalık ve benzeri birçok soruna karşı dayanıklılık sağladığı için seçilirken, çeşitler genellikle farklı verim ve kalite özellikleri ile ilgili olarak seçilirler. Sofralık üzümlerde farklı toprak tiplerinde anaç kullanımı oldukça önemlidir. Ayrıca yetiştiriciliğin türü ve hasadın zamanına bağlı olarak ta uygun anaç seçimi yapmak gerekmektedir. Ülkemizde genellikle Sultani çekirdeksiz yetiştiriciliği yaygın olarak yapılan Manisa, Denizli ve İzmir illeri dışında birçok yerde anaç kullanımı oldukça yaygındır. Kalite ile ilişkili bazı aroma ve renk bileşenleri stres koşullarında daha belirgin biçimde ortaya çıktıkları bilinmektedir. Yani bazı çeşitler kendi kökleri üzerinde kireçli topraklarda stres koşullarında yaşayabilmekte ve hatta daha fazla aroma bileşeni sentezleyebilmektedir. Değişen iklim, özellikle de aşırı hava olayları nedeniyle uygun anaç ve çeşit seçimi giderek daha önemli hale gelmektedir.

### **Organik Bağcılıkta Bağ Tesis**

Organik ve Konvansiyonel olarak yapılacak bağ tesislerinde aslında ana ilkeler aynı olmakla birlikte burada özellikle organik bağcılıkta dikkat edilecek ana nokta yüksek verimden ziyade pazarlanabilir kalitede yeterli verim değerine ulaşmak olmalıdır. Bu nedenle destek sistemini ve bağ tesisini seçerken buna çok dikkat etmek gerekir.

Organik bağcılıkta hava hareketi, rüzgar ve güneşlemeye izin veren sistemler tercih edilmelidir. Özellikle sofralık olarak yapılan organik bağcılıkta hastalık riski yüksek olduğu için doğru sistem seçmek çok önemlidir. Yandaki iki sistemden alttaki daha fazla hava hareketi ve güneşlenme sağladığı için organik bağcılıkta tercih edilebilir. Özellikle külleme, mildiyö ve *Botrytis* gibi fungal kökenli hastalıklar organik bağcılığın en önemli sorunları arasında yer alır. Bu hastalıklarla mücadele ihtiyacını azaltmak için organik bağcılıkta örtü sistemleri

kullanılabilmektedir. Böylelikle nemden uzak kalan salkımlar bu hastalıklardan daha az etkilenmekte ve ilaçlama ihtiyacı da aynı oranda azalmaktadır. Ancak bu sistemler maliyet artışına sebep olmakta ve üretilen üzümlerin bu maliyet artışına karşılayacak fiyatlardan satılması gerekmektedir (Reta ve ark., 2025).

Organik şaraplık üzümlerde duvar sistemleri fazla verime ihtiyaç olmadığı için tercih edilirken organik olarak sofralık veya kurutmalık yetiştirilen üzümler için ise daha çok Çift T, T veya Y sistemleri kullanılabilmektedir. Fazla verim almak için çok yükleme yapmamalı, hava ve güneşi kesmemeli ayrıca hastalık riskine karşı dikkatli olmalıdır. Yaz budamaları da sık sık uygulanarak bağımızın yeterli güneş ve rüzgar almasına yardımcı olunmalıdır.

### **Organik Bağcılıkta Sulama**

Genellikle bağlar daha kıraç arazileri değerlendirmek ve susuz tarım yapmak için düşünülse de son yıllarda özellikle artan küresel ısınma ile birlikte sulamanın önemi daha da artmıştır. Sulama ihtiyacı özellikle sofralık ve kurutmalık üzümlerde şaraplık üzümlere göre daha fazladır. Çünkü verim ve kalite artışında oldukça etkilidir. Sulama verimi %30-40 oranında artırabilmektedir. Ancak özellikle organik sofralık üzüm yetiştiriciliğinde sulama türü, sıklığı ve miktarını seçerken mutlaka birçok faktörü dikkate alarak sulama yapmak gerekir. Asmanın, 1 gr kuru madde oluşumu için; yaprakların 1 litre su harcaması gerekir. Yapraklardan normal koşullarda; her  $cm^2$ 'den saatte 20-60 ml su buharlaşmaktadır ( $20-60 ml/cm^2/h$ ). Ayrıca vejetasyon içinde  $450 mm/m^2$  suya gerek duymaktadır. Bunun  $250-300 mm$ 'si yıl içinde buharlaştığından, asmada normal bir gelişme ve meyve verimi için vejetasyon devresi içinde yaklaşık olarak;  $700-750 mm/m^2$  yağış alması gerekir. Eğer bu miktar topraktan sağlanamazsa özellikle kurak ve yarı kurak iklim koşullarında sulama ile bunun karşılanması gerekir (IVES, 2021).

Organik tarımın doğası gereği kullanılması tavsiye edilen sulama yöntemleri basınçlı sulama yöntemleridir. Bunların başında damla ve toprak altı sulama yöntemleri gelmektedir. Özellikle toprak altı sulama sistemleri öncelikle tercih edilmelidir (Şahin, 2023). Organik bitkisel üretimde sulama uygulamalarında göz önüne alınacak esaslar, Organik Tarımın Esasları ve Uygulamasına İlişkin Yönetmeliğin 12. maddesinde belirlenmiştir. Sanayi ve şehir atık suları ile drenaj sisteminden elde edilen sular organik tarımda kullanılamaz, gerekli hallerde suyun uygunluğuna yetkilendirilmiş kuruluş tarafından yapılacak kontroller ile karar verilir (Bermúdez ve ark., 2024).

- Sulama suyu çevre kirliliğine yol açmamalıdır. Sulama suyu standartlarına uygun olan sular tercih edilmelidir.
- Sulama toprak yapısında bozulmaya ve erozyona yol açmamalıdır.

- Organik tarım yöntemiyle bitkisel üretim yapılan tarım alanlarında salma sulama teknikleri kullanılmamalıdır.
- Bitkinin vejetasyon süresince tüketeceği su miktarına göre su planı hazırlanmalıdır.
- Sulama suyu ölçülü olarak doğrudan kök bölgesine verilmelidir.
- Drenajı bozuk, geçirgenlik hızı düşük, ağır killi ve tınlı topraklarda drenaj sistemi kurulmalıdır. Drenaj sisteminden elde edilen drenaj suyu ile sulama yapılmamalıdır.
- Bağcılık sulamalarında öncelikle toprak altı damla sulama yöntemleri öncelikle tercih edilmelidir. Mümkün olmazsa toprak üstü damla sulama sistemleri de kullanılabilir.

### **Organik Bağcılıkta Bitki Besleme(Gübreleme)**

Organik bağcılıkta bitki beslemedeki ana amaç toprağın canlılığının sürdürülmesi ve verimliliğinin korunmasıdır. Bu amaçla ekim nöbeti, örtü bitkisi, malç uygulaması ve organik bağcılığa uygun toprak işleme gibi birçok uygulama yanında besin maddelerinin yeterli olmadığı durumlarda bazı gübre ve toprak düzenleyicilerinin kullanımına izin verilmektedir (Topa ve ark., 2025). Organik bağın uygulamalarında, organik tarım kanunu ve ilgili yönetmelikler dikkate alınmalı, kullanılacak gübrelere organik tarıma ilişkin yönetmeliğe uygun sertifikasının olup olmadığı mutlaka kontrol edilmeli ve sertifikalı ürünler tercih edilmelidir. Organik Bağcılık yapılacak alanlarda, Organik Tarımın Esasları ve Uygulamasındaki önlemlere uygun olarak yeterli toprak verimliliği ve biyolojik aktivitenin sağlanabilmesi amacıyla, ilgili yönetmelikte yer alan organik tarımda kullanılacak gübreler, toprak iyileştiriciler ve besin maddeleri kullanılabilir (Gamage ve ark., 2023).

Organik tarımın esasları dikkate alındığında gübre ve toprak düzenleyici olarak kullanılacak ürünler;

- Çiftlik Gübresi
- Yeşil Gübreler
- Kompostlar
- Sıvı organik gübreler
- Doğal Kökenli Mineral Gübreler
- Mikrobiyolojik gübreler
- Bitki büyümesini teşvik edici kök mantarları (Mikoriza)
- Hayvansal kaynaklı ürün veya yan ürünler
- Deniz yosunu ve deniz yosunu ürünleri
- Diğer ürünler

## **Organik Bağcılıkta Toprak İşleme**

Farklı toprak işleme sistemleri (yani geleneksel, sıfır toprak işleme ve derin toprak işleme) ile toprak fiziksel özellikleri arasında, toprak erozyonunu doğrudan etkileyen bir bağlantı bulunmuştur. Yabancı ot kontrolünün yanı sıra, toprak işleme, yapraklar, budama odunu ve diğer organik maddelerle öğütme ve toprak karıştırma dahil olmak üzere toprak verimliliğiyle ilgili çeşitli avantajlara sahiptir; ayrıca, toprak işleme su infiltrasyonunu ve toprak organik maddesinin mineralizasyonunu olumlu yönde etkilerken, bitkiler için kullanılabilir formlarda besin salınımını ve kök girişini ve toprak derinliği boyunca su hareketliliğini engelleyen toprak sıkışmış katmanlarının parçalanmasını da etkiler. Ayrıca geleneksel toprak işleme, toprak organik maddesinin artan ayrışma oranları nedeniyle organik C içeriğinin azalması, sıkışmış toprak katmanlarının görünümünün artması ve yapı kaybı (yani, agregat oluşumunun, parçalanmanın ve stabilitenin azalması) dahil olmak üzere çeşitli dezavantajlara yol açmaktadır (Gidoın ve ark., 2025; Chatzistathis ve ark., 2025).

### **Organik Bağcılıkta toprak işleme nasıl olmalıdır?**

- Su ve toprak erozyonunu önlemeli
- Mikroorganizmalar için uygun ortam sağlamalı
- Besin kayıplarını önlemeli
- Bitkinin kök gelişmesine yardımcı olmalıdır

Geleneksel toprak işlemede ürün artıklarının %85'i toprağa gömülmede, ve toprak yüzeyinde %15'den daha az ürün artığı kalmaktadır. Bu tip toprak işlemede birinci sınıf toprak işleme aletlerinden kulaklı pullukla toprağın devrilmesi ve yoğun bir toprak işleme söz konusudur. Tarla yüzeyindeki otları ve sapları keser, toprağa homojen bir şekilde karıştırır.

**Koruyucu Toprak İşleme:** Bağ sıra aralarında yetişen bitkilerin artıklarının bağ yüzeyine veya yüzeye yakın katmanlara serilmesi işlemidir. Böylece hem erozyon ve kaymak tabakası oluşumu önlenmiş olur, hem de toprak işleme sayısı azaltılarak toprak sıkışması önlenmiş olur.

**Otlı Sistem:** Bu sistemde bağlarda çıkan otların çok fazla büyümesine izin verilmeden düzenli olarak biçildiği bir sistemdir. Özellikle nemli bölgelerde sık sık yağan yağmurlar bağlarda çalıştırmayı zorlaştırmaktadır. Bu sistem ile bağlara girmek ve çalışmak daha kolay olmaktadır.

### **Organik Bağcılıkta Yabancı Ot Yönetimi**

Organik bağcılıkta yabancı ot yönetimi, sentetik herbisitler yerine ekosistem odaklı, mekanik ve fiziksel yöntemlerin bir arada kullanıldığı bütüncül bir yaklaşım gerektirir. Bu stratejiler hem yabancı ot baskısını azaltmayı hem de

toprak sağlığını ve asma verimliliğini korumayı hedefler. Kaliteli ve yüksek verim almak için dikkat edilmesi gereken en önemli parametrelerden biri olan yabancı otların gelişimini baskı altına almaktır (UC IPM, 2026).

Bu amaçla farklı yöntemler kullanılır;

**Kültürel önlemler:** Öncelikle mücadelede esas olan yabancı otların bağımıza bulaşmasını engellemektir. Organik bağ alanlarına yabancı otlar daha çok çiftlik gübresi ve toprak işleme aletleri ile bulaşmaktadır. Yabancı otların bağ alanlarına yayılma yollarından biri de sulama suyudur. Ancak organik bağcılıkta damla sulama yönteminin kullanılması ile birlikte, bu risk giderek azalmıştır. Organik bağ alanlarında yabancı otları kontrol etmek için uygulanabilecek diğer bir kültürel işlem örtücü bitki ekimidir (Reiff ve ark., 2021). Ülkemizde, bağ alanlarında kışlık olarak fiğ türleri (*Vicia spp.*), yazlık olarak ise karabuğday (*Fagopyrum esculentum* Moench) örtücü bitki olarak başarıyla kullanılabilir.

**Mekanik Mücadele:** Mekanik mücadelede esas olan yabancı otların toprak işleme aletlerinden yararlanarak farklı derinliklerde işlenerek yabancı otların yok edilmesi yada toprağa karıştırılmasıdır

**Fiziksel Mücadele:** Fiziksel mücadele ile yabancı otların kontrolünde ısı, ışık ve elektromanyetik dalgalar gibi fiziksel parametrelerin yabancı otlara maruz bırakılması ya da engellenmesi esasına dayanan yöntemler kullanılır. Bağ alanlarında yabancı ot mücadelesi amacıyla uygulanabilecek fiziksel yöntemler ağırlıklı olarak malçlama ve alevlemedir. Alevleme özel bir aletle yabancı ot bitkisinin etrafındaki sıcaklığı yükseltip proteinlerinin bozulmasına sebep olarak öldürmek. Bu yöntem kesinlikle yakmakla karıştırılmamalı. Alev verildiği zaman bitkinin yapısı bozuluyor ve kuruyor.

Malçlama en basit tabir ile toprağın üstünü farklı materyallere kapatma işlemine denir. Başka bir deyişle ise toprak yüzeyinde kültür bitkilerinin yetişmesini engelleyen yabancı otlar ile mücadele etmek veya daha kaliteli ve verimli ürünler alabilmek ve toprak yüzeyi farklı malzemeler ile kapatılmaktadır. Toprak yüzeyine ışık geçirmeyen malçlama malzemesi olarak hem organik hem inorganik materyaller kullanılarak yabancı otların çıkması engellenmektedir. Günümüzde görmekteyiz ki organik malçlama yerini daha çok inorganik malzemeler ile malçlamaya bırakmaktadır. Çünkü saman, sap veya talaş gibi malzemeleri ülkemiz çiftçisi farklı alanlarda değerlendirmeyi seçmektedir. Malç kullanımının ana nedenleri; toprak neminin muhafazası, Toprak sıcaklığının korunması, toprak ve su erozyonunun azaltılması ve yabancı ot gelişmesinin engellenmesidir. Malçlama malzemeleri aynı zamanda doğal gübrelerdir ve toprağın ana yapısına dönmesine ayrıca daha verimli haline gelmesine yardımcı olmaktadır (El-Beltagi ve ark., 2022).

Bu yüzden organik malçlama yöntemlerinin organik bağıcılıkta öncelikle tercih edilmesi önerilir. Organik malç malzemeleri şunlardır;

- Tahıl hasadı veya herhangi bir biçilmiş ot saman ve bitki sapları,
- Her türlü ağacın yaprak ve yaprak çürükleri,
- Ormanlarda dökülen çam yaprakları ve çam ağacı gövde kabukları,
- Kerestecilerden çıkan yonga ve talaş artıkları,
- Bazı yer örücü bitkiler örneğin yonca, fiğ, tırfıl, bakla vb.

Malçlama yöntemlerini organik malçlama malzemesi dışında inorganik malç malzemeleri de bulunmaktadır.

- İnorganik malç malzemeleri şunlardır;
- Pomza
- İşlenmiş taşlar,
- Dokuma bezler (PP)
- Malçlama kâğıdı
- Siyah ve şeffaf polietilen (PE) naylon
- Plastik örtüler (PVC)

**Biyolojik Mücadele:** Bilindiği üzere biyolojik mücadele, en kısa tanımıyla bir canlının diğer bir canlıyla kontrol altına alınmasıdır. Yabancı otların popülasyonunu negatif yönde etkileyen canlılar kullanılarak, bu yabancı otların yoğunluğunu ekonomik zarar eşliğinin altına düşürmek için yapılan uygulamaların tamamına biyolojik yabancı ot mücadelesi adı verilmektedir Müller-Schärer ve ark., 2000 . Yarı Kurak alanlarda sıra üzerlerinde farklı bitkilerin gelişmesine izin verilerek asma bitkisinin meyvelerinden kalite kaybı yaşanmadan su buharlaşmasında kısmı azalmalar sağlanabilmekte ayrıca sürgün gelişmesi de sınırlandırılabilir.

**Organik Herbisitlerle Mücadele:** Organik tarımda kültürel, mekaniksel, fiziksel, biyolojik yabancı ot mücadelesi yanında organik herbisitlerde kullanılmaktadır (Seçer ve ark., 2025). Bunlar organik içerik olarak yağ, asit ve sabun gibi doğal bileşiklerdir ve EPA(ABD Çevre Koruma Ajansı) tarafından minimum riskli pestisitler içerisinde sınıflandırılmaktadır.

- Ülkemizde sertifika almış organik herbisit bulunmamaktadır.
- Doğal dengeyi koruması,
- İnsanlar tarafından emniyetle kullanılmalrı,
- Hedef yabancı ot üzerinde etkili olması,
- Doğada çabuk parçalanır olmaları biyopestisitlerin önemli avantajlarıdır

Ancak kısa sürelerde tekrar uygulama gerektirmeleri, kontakt etkili olmaları ve yabancı otların erken gelişme dönemlerinde uygulanmaları en önemli dezavantajlarıdır.

### **Organik Bağcılıkta Hastalıklarla Mücadele Yöntemleri**

- Hastalıklara dayanıklı veya tolerant olan çeşitleri seçilmeli
- Hastalık/zararlılardan arı(temiz) olan asma fidanları ile bağ kurulmalı
- İyi rüzgar alan ve iyi drenajı olan bir yer seçilmeli
- Asma kanopi yoğunluğunu azaltacak budamalar yapılmalı
- Nemi azaltmak ve güneş ışığından daha iyi yararlanmak için yapraklar çıkarılmalı (özellikle *Botrytis* hastalığı için)
- Hastalıklı bitki parçaları budayıp çıkarılmalı
- Bitkide stres en aza indirilmeli
- Gereksiz ve aşırı sulamadan uzak durmalı

Üzümlerdeki hastalık sorunlarına yönelik en basit ve en pratik yaklaşım hastalığa dayanıklı çeşitlerin dikilmesidir. Çünkü bu çeşitler hastalığa hassas olan çeşitlere göre çok daha az ilaç ihtiyacı ile organik bağcılığa en uygun olan çeşitlerdir. Ayrıca bir diğer önemli noktada dikilecek fidanların mutlaka her türlü hastalık(özellikle virüs ve bakteri) yönünden arı olması gerekir. Hastalıklar ile bulaşık olan fidanlarla kesinlikle organik bağcılık yapılmamalıdır. Organik bağcılık için öncelikle hastalık riskinin daha düşük olduğu iyi güneş ve rüzgar alan meyilli alanlar öncelikle düşünülmelidir. Organik bağcılıkta asma bitkimizin kanopi yoğunluğunu azaltacak budamalar yapılmalıdır. Aksi halde sıkışık bir kanopi içinde hastalık riski daha fazla olacaktır. Organik bağcılıkta nemi azaltmak ve güneş ışığından daha iyi yararlanmak için ben düşmeyi takiben salkım etrafındaki yaprakların çıkarılması özellikle *Botrytis* hastalığını önlemede etkilidir (Ateş, 2007; Ateş ve ark., 2017).

Organik bağcılıkta hem yaz hemde kış döneminde öncelikli olarak hastalıklı bitki parçalarını budayıp çıkarmak gerekir. Aksi halde bu hastalıklı dallar enfeksiyon kaynağı olarak diğer sağlam bitki ve organlara hastalık bulaştırabilir. Organik bağcılıkta gereksiz ve aşırı sulamadan uzak durulmalıdır. Çünkü her sulama ile birlikte ortam nemi yükselmekte ve potansiyel bir hastalık riskine neden olabilmektedir. Sulamada sadece bitki kök bölgesini sulamalı gereksiz sulamadan kaçınılmalıdır. Özellikle vejetatif aksamı ıslatmamaya dikkat etmelidir.

Organik bağcılıkta bitkide strese sebep olabilecek faktörleri mümkün olduğunca minimuma indirmelidir. Zamanında ve yeterli sulama, uygun gübreleme, uygun toprak, doğru çeşit, gerektiğinde ilaçlama ve yabancı ot mücadelesi bu stres koşullarının oluşumuna önemli oranda engel olacaktır.

Organik bağcılıkta yabancı otlarında hastalık ve zararlılara yataklık etmemesi için baskı altında tutulması önemlidir. Ayrıca sıra üzerlerinde mümkün olduğunca hastalık riskini arttırmayacak malç uygulamalarının yapılması önerilmektedir.

Bağ hastalıklarından özellikle en fazla sorun oluşturan fungal kökenli olan külleme, mildiyö, ölükol ve *Botrytis* ile mücadelede kimyasal ilaçlar kullanılmadığı için farklı önlemler almak gerekir. Külleme ile mücadelede ağırlıklı olarak Mücadelede Kükürt, Mineral yağlar, Knotweed özü ve diğer organik ruhsatlı ürünler kullanılır. Bağ mildiyösü ile mücadelede ise bakır, Neem yağı, *Bacillus* preparatları ve diğer organik ruhsatlı ürünler kullanılabilir. Ölükol ile mücadelede ise Mücadelede bakır, *Streptomyces griseoviridis* preparatları ve diğer organik ruhsatlı ürünler kullanılabilir. Mücadelede *Bacillus* preparatları, *Pseudomonas fluorescens*, *Trichoderma harzianum* ve diğer organik ruhsatlı ürünler kullanılabilir. Virüs ve bakteri kaynaklı hastalıklar için ise koruyucu önlemler dışında etkili olabilecek uygulamalar pek mevcut değildir (Alimzhanova ve ark., 2025).

Hastalıklarla mücadelede yoğun kimyasal ilaç kullanımına birde kimyasal gübreler eklenince toprağın üstü ve altındaki genetik canlılık ve çeşitlilik ciddi oranda azalmaktadır. Maalesef bu durum geriye dönüşü çok zor olan sonuçlar doğurmaktadır.

### **Organik Bağcılıkta kullanılabilir bazı (fungusit etkili) uygulamalar ve etkili oldukları hastalıklar;**

1. Bakır, kükürt, kireç+kükürt (**Mildiyö, Ölükol, Külleme**)
2. Mineral yağ (**Külleme**)
3. Potasyum bikarbonat tuzları (Armicarb, Kaligreen, Milstop)
4. GantecGold (neem yağı) (**Mildiyö için**)
5. Sporan (kekik yağı, biberiye yağı, karanfil yağı)
6. OxiDate (hidrojen peroksit)
7. *Streptomyces griseoviridis* (Mycostop) (**Ölükol**)
8. Serenade (*Bacillus subtilis*) (**Botrytis, Mildiyö**)
9. *Bacillus pumilis* (**Mildiyö**)
10. Regalia (knotweek özü) (**Külleme**)
11. *Pseudomonas fluorescens* (**Botrytis**)
12. *Trichoderma harzianum* (**Botrytis**)

Bunların hepsi kontak etkili ve koruyucu uygulamalardır

### **Organik Bağcılıkta Zararlılarla Mücadele Yöntemleri**

Üzümün yetiştiği her yerde zararlılar doğal olarak bulunacaktır. Bununla birlikte, her hastalık ve zararlı için doğal kontrol yöntemleri mevcuttur.

Yetiştiriciler bu doğal kontrollerden yararlanmalı ve teşvik etmeli, aynı zamanda toprağı besleyen ve bitki sağılığını destekleyen bir bağıcılık ekosistemi geliştirmelidir. Yararlı organizmalar için yaşam alanı sağılamak, zararlı böceklerle mücadelede sürdürülebilir bir yaklaşım olup, ancak bu yaklaşımda zararın belirli bir sınır değerin üzerine çıkıldığında mücadele yöntemlerini aktif olarak kullanmakla birleştirilmelidir (Ateş, 2007; Ateş ve ark., 2017).

1. Koruyucu Uygulamalar
2. Biyolojik Uygulamalar
3. Organik İnektesit Uygulamaları

**1.Koruyucu Uygulamalar:** Zararlıların gelişip çoğalmasını için uygun ortam oluşmamasına dikkat edilmelidir. Hastalık ve zararlılara yataklık edecek her tür uygulamadan (yabancı otlar ve bakımsız tarım aletleri gibi) uzak durmalıdır.

Asma bitkilerimizin tüm bakım uygulamaları zamanında yapılılarak bitkilerin dayanıklılıkları artırılmalıdır. Doğal dengeyi bozacak tüm uygulamalardan uzak durmalıdır

**2. Biyolojik Uygulamalar:** Zararlıların gelişip çoğalmasını engelleyecek biyolojik kökenli uygulamaları içerir. Zararlıların doğal düşmanlarından yararlanmak, tuzaklar ile popülasyon yoğunluğunu düşürmek, eğeyssel cezbediciler kullanmak bunlar arasında en fazla kullanılanlar arasında yer alır. Zararlılar, ancak belli bir yoğunluğa eriştiğinde ürün kaybına neden olurlar. Bu nedenle, zararlının yoğunluğu ürün kaybını oluşturmaya başladığında ve yapılan mücadele masraflarını mücadele ile sağılanacak ürün artışını karşılayacak ise, organik tarımda kullanılmasına müsaade edilen organik ilaçlar ile kimyasal savaş yapılmalıdır. Tahmin ve erken uyarı sistemi olan hastalık ve zararlılara karşı uyarı verildiğinde ilaçlama yapılmalıdır. Bağda mildiyö ve bağ salkım güvesine karşı tahmin uyarı sistemi birçok il ve ilçemizde mevcut olup, İlgili Tarım Müdürlükleri'nce takip edilmekte ve il, ile ve köylerde uyarı yapılmaktadır. Organik tarımda kullanılmasına izin verilen pestisitlerden bağda bulunan doğal düşmanlara en az yan etkisi olanlar seçilerek kullanılmalıdır. Bu pestisitler etkili oldukları dozda kullanılmalıdır. Bağda birden fazla zararlı varsa ve zararlıların hepsine veya birkaçına etkili olan ortak kullanılabilecek bir organik pestisit varsa öncelikle bu pestisitler tercih edilmelidir. Pestisitlerin çoğu kontak (temas) etkili olduğundan hedeflerine ulaşması yani zararlılara değmesi gerekir. Zararlıların çoğu yaprak altında bulunduğu için yaprak altının iyi ilaçlanması gerekir. İlacı hedefine ulaştırabilecek en uygun ilaçlama aleti kullanılmalıdır. Bazı zararlı böcek ve akarlar yetiştirme alanının bir bölgesinde görülür. Bu durumda sadece o bölge ilaçlanmalıdır. Böylece hem zararlı bulunduğu yerde öldürülmüş olur, hem de diğer bölgelerde bulunan doğal düşmanlar korunmuş olur. Bunun

sonucunda etkili savaş yaparken daha az ilaç kullanılarak daha az masraf yapılmakta ve ilacın çevreye az da olsa olumsuz etkisi azaltılmaktadır (Merot ve ark., 2020).

Gelişmiş ülkelerde organik klorlu ve organik fosforlu insektisitlerin keşfinden önce 1930-40 yıllarında, tarımsal zararlılarla mücadelede bitkisel kökenli insektisitler önemli oranlarda kullanılmıştır. Bitkisel kökenli insektisitler zamanla yerlerini daha etkili, etki süreleri daha uzun sentetik insektisitlere bırakmıştır. Ayrıca gelişmiş ülkelerde sentetik insektisitler teknoloji sayesinde daha ucuz elde edilebilmelerine karşılık organik tarımda kullanılamazlar. Günümüzde bitkisel kökenli insektisitler dünya pazarının %1'ini oluşturmakta ve organik tarıma yönelim nedeniyle yıllık satışlar her sene %10-15 oranında artış göstermektedir.

Sentetik insektisitlerin bilinçsizce kullanımı sonucu zararlılarda dayanıklılık oluşmuş, insan ve çevre sağlığı olumsuz etkilenmiştir. Bu yüzden bitkisel kökenli insektisitlere olan ilgi yeniden önem kazanmış ve son yıllarda organik tarımla birlikte bu konudaki çalışmalar da yoğunluk kazanmıştır. Doğal insektisitlerin ruhsat alabilmesi için toksikolojik ve ekotoksikolojik 100'den fazla özelleşmiş testten geçmesi gerekir ki bu testler 10 yıl sürmekte ve büyük paralar harcanmaktadır. Bu nedenle günümüzde ruhsat almış organik insektisitlerin sayısı sentetiklere göre çok daha azdır. Avrupa'da 30 senedir uygulanan organik tarım çalışmaları ülkemizde küçük çapta uygulanmaktadır. Üreticilerimize organik tarımın önemi anlatılarak bitkisel kökenli insektisitleri kullanmaya teşvik edilmelidir.

## **BITKİSEL KÖKENLİ DOĞAL İNSEKTİSİTLER**

Bitkilerden çeşitli yöntemlerle elde edilen ve insektisit özelliği gösteren bileşiklerdir. Bu maddeler işlenmemiş bitkisel materyaller, bitki ekstraktları ve bitkilerden izole edilen saf bileşikler gibi formlarda olabilir (Souta ve ark., 2021; Alimzhanova ve ark., 2025). İki binden fazla bitkinin insektisit etkisinin var olduğu bilinmesine karşın pratikte yararlanılanların sayısı çok azdır. Bunun nedenleri doğal kaynakların kısıtlı olması, standardizasyon ve ruhsat almadaki zorluklardır.

Bitkisel Kökenli Doğal İsektisitlerin Sentetik İsektisitlere Göre Avantajları

- Bitkisel kökenli doğal insektisitler, güneş ışığında, nemde ve rüzgarlı hava koşullarında çok hızlı bir şekilde parçalandıklarından hasattan kısa bir süre önce kullanılabilme özelliğine sahiptirler.
- Zararlıları hızlıca öldürmeseler de beslenmelerini çok hızlı bir şekilde durdururlar dolayısıyla zararı önleme bakımından hızlı etki gösterirler.

- Bitkisel kökenli doğal insektisitlerin çoğu memelilere ve çevreye çok toksik değildirler.
- Bitkisel kökenli doğal insektisitlerin çoğu fitotoksik değildir. Ayrıca çimlenme, büyüme ve ürünün kalitesine olumsuz etkileri yoktur.
- Doğal formlarda kullanıldığında dayanıklılık oluşturma riskleri pratikte yok denecek kadar azdır.

### Bitkisel Kökenli Doğal İsektisitlerin Sentetik İsektisitlere Göre Dezavantajları

- Doğada hızlı parçalandıklarından ilaçlama zamanının çok iyi ayarlanması gerekmekte ve daha sık uygulama gerektirmektedirler.
- Etkili maddenin bitkiden elde edilmesi sırasında her zaman aynı oranı yakalamak güçtür. Bu nedenle standart etki beklenemez. Bu yüzden ruhsat almış bitkisel kökenli preparatların sayısı çok azdır.
- Bitkisel kökenli doğal insektisitlerin özellikle bitki eksraktlarının depolanması hemen hemen mümkün değildir. Hazırlandıktan sonra hemen kullanılmaları gereklidir.
- Bitkisel kökenli doğal insektisitlerin genellikle daha az toksik olduğu düşünülse de akut toksisitesi yüksek olan nikotin gibi bazılarının uygulanması sırasında gerekli özen gösterilmelidir.
- Ruhsatlı preparatlar olmadığından bazı bitkisel kökenli doğal insektisitlerin kronik toksisite ve gıdalardaki tolerans değerleri hakkında bilgiler yeterli değildir.

Organik bağcılıkta en fazla sorun oluşturan zararlılar arasında salkım güvesi, bağ uyuzu, tripsler, kırmızı örümcekler, maymuncuk, Haziran böcekleri, nematodlar, filoksera, kuşlar ve arılardır.

Toprak üstü zararlıları ile mücadelede öne çıkan organik uygulamalar;

- Salkım Güvesi (Biyolojik Mücadele)
- Bağ uyuzu ( Toz ve ıslanabilir kükürt)
- Tripsler (Muhtelif yağlar ve kükürt+kireç bulamacı)
- Kırmızı örümcekler (Muhtelif yağlar ve kükürt+kireç bulamacı)
- Maymuncuk (Muhtelif yağlar ve kükürt+kireç bulamacı)
- Haziran böcekleri (Muhtelif yağlar ve kükürt+kireç bulamacı)
- Kuşlar (File, gürültü çıkaran aparatlar ve doğal düşman ses taklidi)

Toprak altı zararlıları ile mücadelede öne çıkan organik uygulamalar;

- Filoksera (Uygun anaç kullanmak)
- Nematodlar (Uygun anaç kullanmak)

**Salkım Güvesi (*Lobesia botrana*):** Biyolojik kontrol için bir yumurta paraziti olan *Trichogramma minutum* ve *Bacillus thuringiensis* içeren preparatlar kullanılabilir. Feromon tuzaklarda mücadelede sıklıkla kullanılmaktadır. Hem zararlı takibi hemde mücadele amaçlı olarak farklı tuzaklar kullanılabilir. Erkeklerin dişileri bulması zorlaştırılarak çoğalmaları engellenebilir.

### **Organik Bağcılıkta Zararlılarla Mücadele Kullanılan Bazı Doğal Uygulamalar**

**Potasyum sabunu (Arap Sabunu):** Yaprak bitlerine karşı kullanılan bu sıvı sabunun başarısı populasyon yoğunluğuna göre değişmektedir. Etki süresi çok kısadır.

**Parafin yağları:** Ekolojik tarımda insektisit ve akarisit olarak zararlıların kış yumurtalarına karşı kullanılmaktadır.

**Kaya unu:** Zararlı böceklerin solunum sistemini kapayıcı toz olarak kullanılmaktadır.

### **Mineral yağlar (Petrol esaslı yağlar)**

#### ***Bacillus thuringiensis* preparatları**

**Metaldehit:** Sümüklüböceklerin savaşında tuzaklarda repellent olarak kullanılmaktadır.

**Diamonyumfosfat:** Cezbedici olarak sadece böcek tuzaklarında kullanılmaktadır.

**Kireç-Kükürt bulamacı:** İnsektisit, akarisit ve fungusit etkisi bulunmaktadır. Kabuklu bitleri baskı altına alabilmektedir

**Hidrolize protein, diamonyum fosfat:** Cezbedici olarak.

**Demir ortofosfat:** Yumuşakçalar için önerilir.

**Caffein:** Düşük konsantrasyonlarda böcek repellentidir. Bazı böcekler caffeinin yüksek dozlarında hayatta kalabilmiş, ancak üreme faaliyeti gösterememiştir.

## KAYNAKLAR

- Akkurt, M., Şenses, İ.M., & Erdoğan, Ü. (2018). Organic Viticulture Recent Status in Turkey and Development Opportunities. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 6(11), 1511–1516. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v5i13.%p.1620>
- Alimzhanova, M., Meirbekov, N., Syrgabek, Y., López-Serna, R., & Yegemova, S. (2025). Plant- and Microbial-Based Organic Disease Management for Grapevines: A Review. *Agriculture*, 15(9), 963. <https://doi.org/10.3390/agriculture15090963>
- Ateş F (2007). Organik üzüm yetiştiriciliği. TAYEK. Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü. Yayın No: 129: 263-274. Menemen.
- Ateş, F. & Kuşutun, F. (2022). Organic Grape Growing, (Chapter 6), İksad Publishing House, 121-162. Erişim Linki: <https://aperta.ulakbim.gov.tr/records/263508/files/6.%20CHAPTERS-ON-VITICULTURE.pdf#page=128>
- Ateş, F., Ünal, A., Takma, Ç., & Altındışli, A. (2016). Effects of Different Level of Leaf Removal Applications on Mineral Substance of Raisins in Organic Sultani Çekirdeksiz Grape Growing. *BIO Web of Conferences*. 7, 01003. 39th World Congress of Vine and Wine. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20160701003>
- Bahşi N., Altuntaş Eseryel D. & Bostan Budak, D. (2021). Certification Process of Organic Agricultural Products and Problems Experienced in the Implementation in Turkey. *Tarım Ekonomisi Dergisi* 27(1), 25-30.
- Bermúdez, L.A., Mendoza, V.D., Díaz, J.C.L., Pascual, J.M., Martínez, M.M.M., Capilla, J.M.P. (2024). Investigation of the agricultural reuse potential of urban wastewater and other resources derived by using membrane bioreactor technology within the circular economy framework. *Science of The Total Environment*, 955, 177011. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.177011>
- Carrol, J.E. & Wilcox, W.F. (2003). Effects of Humidity on the Development of Grapevine Powdery Mildew. *Phytopathology*, 93, 9. <https://doi.org/10.1094/PHYTO.2003.93.9.1137>
- Cavallotto F. (2026). Cavallotto. Erişim linki: <https://www.cavallotto.com/en/the-vineyards/organic-viticulture/>
- Chatzistathis, T., Sarropoulou, V., Fragkos, A., Katsalirou, E., Daskalakis, I., Biniari, K., Danalatos, G., & Bountla, A. (2025). The Kind of Fertilization and Type of Soil Tillage Affect Soil Fertility and Foliar Nutrient Concentrations in an Experimental Vineyard of Kefalonia. *Environments*, 12(5), 160. <https://doi.org/10.3390/environments12050160>

- Döring, J., Friedel, M., Hendgen, M., Stoll, M., Kauer, R. (2022). Soil Management in Sustainable Viticultural Systems. In *Improving Sustainable Viticulture and Winemaking Practices*; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 2022; pp. 85–103. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85150-3.00016-5>
- El-Beltagi, H. S., Basit, A., Mohamed, H. I., Ali, I., Ullah, S., Kamel, E. A. R., Shalaby, T. A., Ramadan, K. M. A., Alkhateeb, A. A., & Ghazzawy, H. S. (2022). Mulching as a Sustainable Water and Soil Saving Practice in Agriculture: A Review. *Agronomy*, 12(8), 1881. <https://doi.org/10.3390/agronomy12081881>
- FIBL, (2026). The World Of Organic Agriculture Statistics & Emerging Trends 2026. Erişim linki: <https://www.fibl.org/fileadmin/documents/shop/1861-organic-world-2026.pdf>
- Gamage, A., Gangahagedara, R., Gamage, J., Jayasinghe, N., Kodikara, N., Suraweera, P., Merah, O. (2023). Role of organic farming for achieving sustainability in agriculture. *Farming Syst.* 1, 100005. <https://doi.org/10.1016/j.farsys.2023.100005>
- Gidoin, J. (2025). Mechanical Tillage in Organic Viticulture and Its Effect on Soil Life. In: Labussière, O., Meulemans, G., Granjou, C., Baysse-Lainé, A., Garcia, PO. (eds) *Back to the Ground*. Palgrave Macmillan, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-88888-5\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-031-88888-5_13)
- Heckman J. (2006). A history of organic farming: Transitions from Sir Albert Howard’s War in the Soil to USDA National Organic Program. *Renewable Agriculture and Food Systems.* 21(3):143-150. <https://doi.org/10.1079/RAF2005126>
- IVES, (2021). IVES Technical review. Erişim Linki: <https://doi.org/10.20870/IVES-TR.2021.4842>
- Maykish, A., Rex, R., & Sikalidis, A. K. (2021). Organic Winemaking and Its Subsets; Biodynamic, Natural, and Clean Wine in California. *Foods*, 10(1), 127. <https://doi.org/10.3390/foods10010127>
- Merot, A., Fermaud, M., Gosme, M., & Smits, N. (2020). Effect of Conversion to Organic Farming on Pest and Disease Control in French Vineyards. *Agronomy*, 10(7), 1047. <https://doi.org/10.3390/agronomy10071047>
- Müller-Schärer Scheepens, and Greaves, (2000), Biological control of weeds in European crops: recent achievements and future work. *Weed Research*, 40: 83-98. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3180.2000.00170.x>
- Parlevliet, G. & McCoy, S. (2001). *Organic grapes and wine: a guide to production*. Department of Primary Industries and Regional Development,

- Western Australia, Perth. Bulletin 4516.  
<https://library.dpird.wa.gov.au/bulletins/142>
- Piccoli, A., & Viganò, F. (2025). Unveiling the Motivations Behind Cultivating Fungus-Resistant Wine Varieties: Insights from Wine Growers in South Tyrol, Italy. *Sustainability*, 17(6), 2615.  
<https://doi.org/10.3390/su17062615>
- Pienaar, J.W., Carey, W.A., Archer, E. (2004). The relationship between wind exposure and viticultural performance of *Vitis vinifera* L. cv. Merlot in a coastal vineyard (South Africa). IVES Conference Series, Terroir 2004.
- Reiff, J. M., Kolb, S., Entling, M. H., Herndl, T., Möth, S., Walzer, A., Kropf, M., Hoffmann, C., & Winter, S. (2021). Organic Farming and Cover-Crop Management Reduce Pest Predation in Austrian Vineyards. *Insects*, 12(3), 220. <https://doi.org/10.3390/insects12030220>
- Reta, K., Netzer, Y., Lazarovitch, N., Fait, A. (2025). Canopy management practices in warm environment vineyards to improve grape yield and quality in a changing climate. A review A vademecum to vine canopy management under the challenge of global warming. *Sci. Hortic.* 2025, 341, 113998. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2025.113998>
- Şahin, M. (2023). Potential Use of Subsurface Drip Irrigation Systems in Landscape Irrigation under Full and Limited Irrigation Conditions. *Sustainability*, 15(20), 15053. <https://doi.org/10.3390/su152015053>
- Scutaraşu, A., Colibaba, L. C., Scutaraşu, E. C., Luchian, C. E., Rotaru, L., Filimon, R. V., Filimon, R. M., & Cotea, V. V. (2026). Assessing Viticultural Parameters and Wine Quality in Relation to Climate Conditions. *Horticulturae*, 12(3), 377.  
<https://doi.org/10.3390/horticulturae12030377>
- Seçer, A., Temel, N., Torun, H. et al. (2025). Sustainable Weed Control in Vineyards: Comparative Analysis of Herbicide Alternatives for Profitable and Ecofriendly Grapevine Production. *Applied Fruit Science* 67, 440.  
<https://doi.org/10.1007/s10341-025-01686-z>
- Smoluk-Sikorska, J. (2024). Differences Between Prices of Organic and Conventional Food in Poland. *Agriculture*, 14(12), 2308.  
<https://doi.org/10.3390/agriculture14122308>
- Souto, A. L., Sylvestre, M., Tölke, E. D., Tavares, J. F., Barbosa-Filho, J. M., & Cebrián-Torrejón, G. (2021). Plant-Derived Pesticides as an Alternative to Pest Management and Sustainable Agricultural Production: Prospects, Applications and Challenges. *Molecules*, 26(16), 4835.  
<https://doi.org/10.3390/molecules26164835>

- Strub, L., & Mueller Loose, S. (2021). The cost disadvantage of steep slope viticulture and strategies for its preservation. *OENO One*, 55(1), 49–68. <https://doi.org/10.20870/oenone.2021.55.1.4494>
- TAGEM, (2026). Organik Tarım Sektör Politika Belgesi 2021-2025. Erişim linki: [https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM/Belgeler/yayin/ORGAN%C4%B0K%20TARIM%20SPB\\_2021-2025.pdf](https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM/Belgeler/yayin/ORGAN%C4%B0K%20TARIM%20SPB_2021-2025.pdf)
- Tarım Orman, 2026. Organik Tarım Yetkili Kuruluşlar (KSK). Erişim linki: <https://www.tarimorman.gov.tr/Konular/Bitkisel-Uretim/Organik-Tarim/Yetkili-Kuruluslar-KSK>
- Țopa, D.-C., Căpșună, S., Calistru, A.-E., & Ailincăi, C. (2025). Sustainable Practices for Enhancing Soil Health and Crop Quality in Modern Agriculture: A Review. *Agriculture*, 15(9), 998. <https://doi.org/10.3390/agriculture15090998>
- UC IPM, (2026). Agriculture: Grape Pest Management Guidelines, Weed Management in Organic Vineyards. Erişim linki: <https://ipm.ucanr.edu/agriculture/grape/weed-management-in-organic-vineyards/#gsc.tab=0>
- Visconti, F., López, R., & Olego, M. Á. (2024). The Health of Vineyard Soils: Towards a Sustainable Viticulture. *Horticulturae*, 10(2), 154. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10020154>
- Wang, H.Q., Yao, X.N., Liu, M.L., Xu, X.B., Wang, Y.J., Kong, J.H., Chen, W.P., Xu, Z.H., Kuang, Y.F., Fan, P.G., et al. (2025). Climate, soil, and viticultural factors differentially affect the sub-regional variations in biochemical compositions of grape berries. *Sci. Hortic.* 2025, 339, 113858. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2024.113858>
- Zang, Y., Lv, S., Li, B., Zhang, L., Xie, K., Yang, J., Xi, Z. (2025). Different Rootstock Effects on the Drought Resistance of *Vitis vinifera* L. Wine Grape Marselan. *Physiol Plant.* 2025 Nov-Dec;177(6): e70587. <https://doi.org/10.1111/ppl.70587>

## 2. Bölüm

### Bağıcılıkta Akıllı Tarım Uygulamaları

Arif ATAK<sup>1</sup>

#### GİRİŞ

Dünya nüfusunun 2050 yılında 9,7 milyara ulaşacağı öngörülüyor (Habib ve ark., 2025). Peki, bu süre boyunca insanlık, artan nüfusu besleyebilecek yeterlilikte kaynağa sahip olabilecek mi? Tam da tehlike çanları yoğun biçimde çalmaya başlamışken, Endüstri 4.0 bu konuda kurtarıcı olabilir mi? Geçmişte tarımda verimin artmasını sağlayan makineler bu sefer, akıllanmış halleriyle daha fazlasını başaracak gibi görünüyor. Akıllı Tarım veya Tarım 2.0 diye de adlandırılan bu teknoloji aslında endüstri 4.0'ın ortaya çıkardığı bir Yeşil Devrim. Çünkü artık akıllı tarım yöntemi ile çiftçiler, tarlalarını tablet ya da telefondan kolay bir şekilde kontrol edebilecek ve ilaçlama, sulama, dondan koruma gibi birçok işlemi uzaktan yapabilecek (Bulut ve Arslan, 2024). Akıllı tarım teknikleri sağladıkları birçok önemli avantajdan dolayı artık birçok bağ üreticisi tarafından da tercih edilmeye ve kullanılmaya başlandı. Özellikle şaraplık üzüm üreticilerinin bu teknikleri sıklıkla tercih etmeye başladığını görmekteyiz (Sarri ve ark., 2020). Dijitalleşme çabasının ardındaki temel amaçlar arasında verimlilik, şeffaflık, üretkenlik, yeni iş modelleri/değer önerileri ve sürdürülebilirliktir. Asma ve şarap sektörü bir bütün olarak teknolojiye gelişmelerden faydalanabilir, ancak bunlar zaman, para ve yeni yeteneklere önemli yatırımlar gerektirir. Bu genellikle yavaş benimsenmesinin arkasındaki ana nedendir (Bastard ve Chaillet, 2023).

#### Verimlilik

Artan verimliliğin, kıt kaynakları daha verimli bir şekilde yönetme/kullanma, çevreye zarar veren ürünlerin kullanımını azaltma ve daha hızlı iletişim kurma, toplanmalar düzenleme veya belgeleri kolayca paylaşma/indirme becerisini geliştirme gibi önemli faydaları vardır. Manuel süreçlerin dijitalleştirilmesi, organizasyonların gelişimi ve hayatta kalması için önemli bir konu haline gelmiştir.

Asma ve şarap sektöründe bu, üzümlerin durumu ve kalitesi hakkında bağda veri elde etme, üretim kapasitesini artırma veya akıllı depolama gibi teknolojiler

<sup>1</sup> Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, 16059, Bursa, Türkiye  
ORCID ID: 0000-0001-7251-2417 E-mail: arifatak@uludag.edu.tr

aracılığıyla manuel dağıtım s¼reçlerini iyileştirme gibi değer zincirinin farklı aşamalarında bir iyileşme olarak yansımıştır.

### **¼retkenlik**

Aynı kaynaklarla yıllık ¼retimi artırmak, herhangi bir sektör¼n temel hedeflerinden biridir ve g¼n¼m¼zde dijitalleşmeyle g¼çlü bir şekilde bağlantılıdır. Dijitalleşme yoluyla ¼retkenlik arttırılabilmekte ve farklı ¼lkelerdeki kuruluşlar arasında çalışma yeteneği ve ithalat/ihracat konularında zamandan tasarruf sağlanabilmektedir. Dijital iyileştirmeler yardımıyla daha fazla değerlendirme için veri toplama kapasitesinin y¼ksek olmakta ve bu sayede bağcılık sektör¼n¼n maliyetleri azaltılarak ¼retkenliđi artırılmaktadır. Ayrıca bağdaki veri toplama sayesinde bir sonraki ¼z¼m satış ve işleme s¼reci için ¼z¼mleri ne zaman hasat edileceğine karar verirken daha iyi kararlar almasına olanak tanıyan gelişmiş karar alma s¼recine yardım etmektedir.

### **şeffaflık**

şeffaflık t¼m h¼k¼metler, kuruluşlar ve t¼keticiler için b¼y¼k bir endişe kaynağı olmasına karşılık dijitalleşme ile birlikte bilgileri daha geniş bir kitle için daha erişilebilir hale getirilmektedir. Bu durumda ¼r¼n iyileştirmede ¼nemli rol oynayan teknolojiler aracılığıyla başarıya b¼y¼k katkıda bulunmaktadır.

Son t¼keticiler farklı kuruluşlarla doğrudan etkileşim kurabilir ve ¼retim aşamaları hakkında doğrudan bilgi alabilir (örneğin blok zinciri aracılığıyla), bu da son t¼keticiler için açık bir avantajdır.

¼z¼m ve şarap sektör¼nde t¼keticiler için artan şeffaflığın bir ¼rneđi, QR kodu sayesinde geleneksel etiketlerin izin verdiğinden daha fazla bilgi eklenmesine ve bilgiye ulaşılmasına izin veren e-etiket sistemidir.

### **Değer ¼nerisi ve yeni iş modelleri**

Dijital d¼n¼ř¼m tarımın da içinde olduğu birçok sektör için yeni fırsatlar sağladı. Her g¼n yeni ¼r¼nler ve kullanımlar ortaya çıkıyor ayrıca teknoloji gelişmeleri eski iş modellerinin hızla eskimesini neden olurken aynı zamanda bu modeller hızla değiştirilme şansına da sahiptirler.

Operasyonel m¼kemmellik ile m¼řterilere uygun fiyatlarla, doğru zamanda, hızlı ve uygun maliyetli tedarik zincirleri kullanarak ¼r¼nler sunulabilmektedir.

Satış kanallarının evrimii olarak dijitalleştirilmesi sayesinde t¼keticiler artık ¼r¼nleri daha kolay satın alabiliyor. ¼z¼m ve ¼z¼m ¼r¼nleri artık m¼řterinin bir lojistik merkezine veya satış noktasına gitmesine gerek kalmadan doğrudan evlerine teslim edilebiliyor.

Bir diğerk önemli faktör de hizmetlerin iyileştirilmesidir. Dijitalleşmenin hayata geçirilmesiyle birlikte kuruluşlar üyelerine daha iyi hizmet sunabilecek, onları daha iyi bilgilendirebilecek ve daha doğrudan ve etkili bir şekilde etkileşime girebilmelerine olanak tanıyacak.

### **Sürdürülebilirlik**

Sürdürülebilirlik dijitalleşmenin ve akıllı tarımın en önemli sonuçları arasında yer alır. İklim değişikliğinin azaltılmasına katkıda bulunurken toprak kalitesini iyileştirmeye yardımcı olan rejeneratif tarım veya yeni su döngüleride (suyun toplanması, kullanılması ve yenilenmesi) sürdürülebilirliğe bu anlamda önemli katkı sağlar. Sınırlı kaynakları kullanırken, atık ve diğerk kirliliğe neden olan yöntemlerden kaçınmak, ürünleri ve malzemeleri mümkün olduğunca uzun süre ve mümkün olan en yüksek değerde kullanmak, doğal sistemleri yenilemek en önemli sürdürülebilirlik uygulamalarıdır.

### **Akıllı Tarım Nedir?**

Gelişmiş teknoloji ve modern yöntemlerin zirai alanda verimli ve etkin bir şekilde kullanılmasına Akıllı Tarım denir. Akıllı Tarım, tarımsal süreçleri iyileştirmek için bir dizi teknolojiyi, cihazı, protokolü ve hesaplamalı paradigmayı entegre eder. Büyük veri, yapay zeka, bulut ve uç bilgi işlem, bileşenler tarafından oluşturulan devasa verileri saklamaya, depolamaya ve analiz etmeye yönelik yetenekler ve çözümler sağlar (Sapna ve ark., 2026). Akıllı Tarım ile amaçlanan ana unsur; Tarımsal üretimde uygulanan girdilerin; ihtiyaç duyulduğu yerde, zamanda ve miktarda kullanılmasıdır.

Akıllı tarım, bir tarım işletmesinde ekim/dikim yapılmadan önce yada sonra birçok farklı alanda ve şekilde bize yardımcı olabilmektedir.

Akıllı tarımın hedefleri arasında gübre ve ilaç gibi kimyasal giderlerinin azaltılması; bu kullanımların azaltılarak çevrenin korunması; verim ve kalite artışı sağlanması; işletme ve yetiştiricilik kararları için daha etkin bir bilgi akışının sağlanması ve tarımda kayıt düzeninin oluşturulması yer almaktadır (Kumar ve ark., 2024a).

Nesnelerin İnterneti (IoT) Teknolojisi tarım, tarım teknolojisi ve tarımdaki birçok uygulamayı kapsar.

- Sensörlerin kullanımı,
- veri toplama,
- kablosuz ağlar,
- bulut platformları/veri analizi

tarımsal üretimde devrim niteliğindedir.

### **Akıllı Tarımın Ana Faydaları;**

- Gerçek zamanlı ve akıllı maliyet yönetimi
- Arttırılmış (daha fazla) üretim
- Daha düşük üretim maliyetleri
- Operasyonel verimlilikler

### **Bağ İklim İstasyonları**

Bağ iklim istasyonları, üzüm bağlarındaki sıcaklık, nem, yağış, rüzgâr ve toprak nemi gibi birçok mikroiklim verilerini anlık olarak ölçen, ayrıca hastalık tahmini, sulama zamanlaması ve don riski yönetimi sağlayan akıllı tarım sistemleridir (Fonseca ve ark., 2024). Bu istasyonlar sayesinde, gereksiz ilaçlama ve işçilik maliyetlerini düşürürken aynı zamanda verimliliği artırmak için üreticilere kritik veriler sağlamaktadır (Resim 1).

#### **Bağ İklim İstasyonlarının Özellikleri**

**Erken Uyarı:** Özellikle külleme ve mildiyö gibi önemli bağ hastalıkları için uygun koşulları önceden tespit ederek ilaçlama zamanını belirler.

**Mikroklimaya Ait Ölçümler:** Bağın sahip olduğu özel koşullara göre (toprak tuzluluğu, toprak nemi, yaprak ıslaklığı gibi) hassas veriler toplar.

**Anlık Veri Sağlama ve Uzaktan Takip:** Farklı firmalar tarafından geliştirilen sistemler, verileri istenilen zaman aralığında kaydederek bulut tabanlı uygulamalar üzerinden (telefon/PC) gerçek zamanlı veriler sunar.

**Ani İklim Olayları Uyarısı:** Özellikle don, dolu, aşırı yağış ve fırtına ihtimali gibi ani iklim olayları konusunda bağ üreticilerine SMS veya farklı bildirimlerle uyarı göndererek önlem almaları konusunda bilgi sağlayabilirler

**Modüler Yapı:** İklim istasyonları ihtiyaca göre üzerlerine ilave edilebilen modüllere sahiptir. Özellikle yetiştiriciliğin türüne ve bölgeye göre öncelik arz eden üniteler ve sensörler yerleştirilebilir. Güneşlenme, rüzgâr hızı, hastalık ve zararlı uyarı sistemleri gibi üniteler ihtiyaca göre eklenerek özelleştirilebilir.

### **Hassas Tarım ve Ürün Yönetimi**

Geleneksel tarımda tarihsel verilere, deneyime ve ön görümlere dayalı genel kararlar vererek arazi ve ürün yönetimine odaklanılmaktadır. Bu geleneksel kararlar ile gübre miktarı, sulama zamanı, tarımsal ilaçlama ve hasat zamanı belirlenmektedir. Nesnelerin İnterneti (IoT) nin ortaya çıkmasıyla birlikte; Akıllı Tarım (veya Hassas Tarım) yardımıyla faaliyet ve yatırımları için maksimum getiri için kullanabileceğiniz doğru, gerçek zamanlı bilgiler sensörler, GPS, haritalama ve veri analitiği yardımı ile kullanılarak tüm uygulamalar çok daha amaca uygun biçimde yapılabilmektedir. Akıllı yazılımlar önerilerde bulunabilir, alarmları tetikleyebilir ve verileri görselleştirmenize imkan sağlar. Raporlara ve iç görümlere bir

web tarayıcısı, mobil veya tablet cihaz kullanarak erişmek mümkündür (Kumar ve ark., 2024b).



**Resim 1.** Hava ve topraktan verileri almak üzere bir bağa kurulu iklim istasyonu

Hassas veya Akıllı Tarım, bağ veya bahçenizle ilgili olarak sahip olduğunuz görünürlüğü ve kontrolü artırır (Resim 2). Bu faktörler daha iyi zaman yönetimi, daha iyi karar verme ve kaynakların (örneğin gübre ve sulama) daha pratik uygulanmasını sağlar daha sağlıklı mahsuller, daha yüksek verimler üretir ve kaynakları korumanıza olanak tanır (Resim 3). Tüm bu faktörler daha az iş, daha yüksek gelir ve daha düşük maliyet anlamına gelir.

Akıllı tarım uygulamaları olarak sensörler, uzaktan algılama, drone ve uydu teknolojileri, yapay zeka, robot teknolojileri ile görüntü işleme teknolojileri sıralanabilir (Köse ve Yaman, 2026).

Sensörler yardımıyla toprağın ve havanın ısını ölçerek sulama ve ilaçlama gibi işler daha bilinçli ve doğru zamanda yapılabilir (Aarif ve ark., 2025). Kendi üretim alanlarındaki lokal meteoroloji istasyonları ile bölgesel tahminlere ulaşabilir ve böylece üreticiler kendi bölgelerindeki hava şartlarına daha hakim biçimde kararlar alabilirler (Collins ve ark., 2024). Akıllı sulama sistemleri de yine hayati kolaylaştıran ve su tasarrufu sağlayan teknolojilerden birisidir. Artık cep telefonundan bile kontrol edilebilen sistemler mevcuttur. Tarla yada bahçeye gitme zahmetine ve masrafına katlanmadan çiftçiler buldukları yerden tarla/bağ/bahçelerini sulama şansına sahiptirler (Ali ve ark., 2025). Uydu veya Dron görüntü işleme sistemleri yardımıyla arazilerin verimliliğini ve bu verimliliği etkileyen faktörleri araziye gitmeden tespit edebilmemiz mümkündür (Ogungbuyi ve ark., 2024). Görüntü işleme teknolojileri ile hastalık ve zararlıları da çok kolayca tespit edebiliriz (Ngugi ve ark., 2021).

### **Akıllı Tarım Uygulamaları Nasıl Kullanılır?**

Ayrıca akıllı tarım uygulamalarıyla bağın hangi bölgesine, ne ölçüde ve ne tür gübreler atılması gerektiği, nasıl bir ilaçlama yapılacağı, asmaların sulama zamanı, toprağın durumu, tahmini hasat zamanı, detaylı ve gerçek zamanlı bir şekilde görülebilmektedir (Tardaguilla ve ark., 2021).

Akıllı tarım ile toprak nem seviyeleri sürekli olarak izleyerek gereksiz sulama ve aşırı sulama önemli ölçüde azaltılabilmektedir. Toprak neminin hassas bir şekilde izlenmesi bu parametreleri optimize ederek yüksek kaliteli ve bol verimli bir üretim yapmamıza imkan verebilmektedir (Et-Taibi ve ark., 2024).

Bunlar akıllı tarım teknolojileri ile neyin mümkün olduğuna dair sadece basit bir örnek. Spesifik uygulamalar ve fırsatlar ürüne göre değişiklik göstermektedir.

Nesnelerin İnterneti Akıllı Tarım Teknolojilerinin bazı uygulamaları:

- **Toprak nemi izleme**
- **Sulama kontrolü.** Toprak nemi belirli bir seviyenin altına düştüğünde sulama vanaları etkinleştirilir.
- **Toprak besin analizi.** Topraktaki NPK seviyelerini izleyebilen sensörler kullanılır
- **Güneş radyasyonu.** Bitki büyümesini, sağlığını ve hastalık riskini öngören dijital modellerde kullanılacak güneş radyasyonu düzeyleri izlenir.
- **Hava istasyonları.** Rüzgar, yağmur, sıcaklık ve nem izleme kalite ve verim açısından izlenmesi gereken çok önemli faktörlerdir.
- **Hayvancılık takibi.** GPS özellikli varlık takibi, bir tasma takılarak çiftçinin hayvanlarının yerini belirlemesine olanak tanır.
- **Otonom çiftlik araçları.** Araç kullanma ve çalıştırma ile ilgili insan emeğini azaltır.

- **Tarımsal insansız hava araçları.** Üreticilerin tarla, bahçe ve bağlarını kolaylıkla incelemesine olanak tanır; hastalıkları, zararlıları veya büyümeyle ilgili diğer sorunları tanımak için görüntüleme teknolojisi kullanılır.

Bu uygulamalar gelirleri arttırıp maliyetleri düşürürken aynı zamanda da çevresel etkiyi de azaltma potansiyeline sahiptirler.

Günümüzde akıllı telefonlar artık sadece gençleri değil; bağ sahiplerini de akıllı telefon kullanıcıları haline getiriyor. Bugünlerde telefonun tarayıcısıyla yalnızca olağan e-postalara ve web sitelerine erişmekle kalmıyor, aynı zamanda akıllı telefonlar için tasarlanmış özel bağcılık araçlarına da ulaşabiliyor (Gogiali ve ark., 2023). Bu araçlardan ulaşabilen veriler arasında;

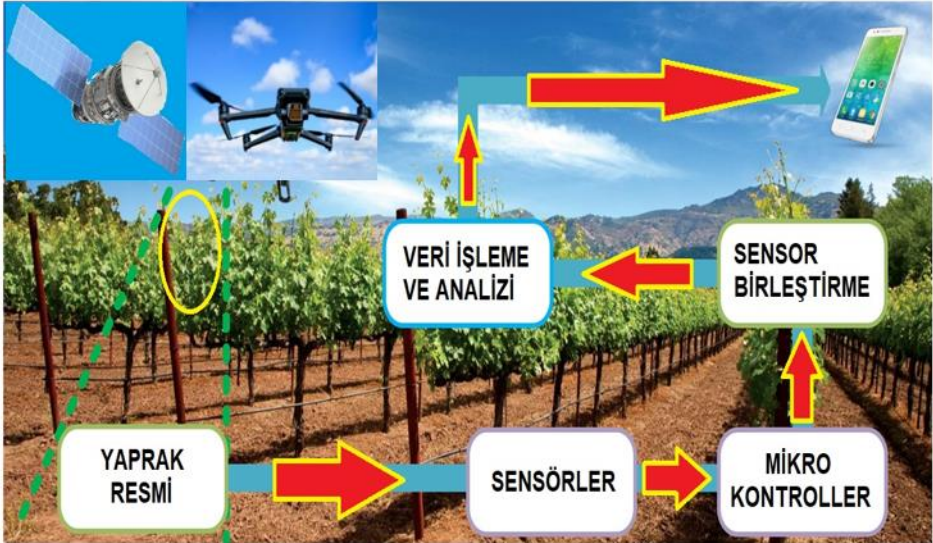
- Coğrafi verilerin toplanması ve bunlara erişilmesi
- Hava durumunu izleme
- Sulama verilerinin toplanması
- Paylaşmak için not alma ve fotoğraf çekme
- İşgücü verilerinin toplanması
- Veriminin tahmin edilmesi

Uzaktan uygulamalar yardımıyla donmaya karşı asma bitkilerini ve taze sürgünleri korumak için kullanılan yağmurlama sistemlerini başlatabiliyor. Sulama vanalarını açmak ve diğer benzer eylemleri başlatmak için uzaktan uygulamaların kullanımı giderek artıyor (St Fort ve ark., 2025). Özellikle üzüm bağlarına yönelik yazılımların taşınabilir bilgisayarlara yüklenen bağımsız ürünlerden internet tabanlı hizmetlere geçmesiyle birlikte genişledi. Sonuç olarak bağa gitme ihtiyacı da büyük ölçüde azaldı (Kovačević ve ark., 2025).

Günümüzde neredeyse tüm bağ sahiplerinin akıllı cep telefonu var; çünkü artık günümüzde pekçok günlük olay cep telefonu üzerinden kontrol edilebilir hale geldi. Akıllı telefonu olan herkesinde bildiği gibi ‘Wi-Fi veya hücresel veri ağını’ kullanarak (veri sinyalinin olduğu her yerden) internet üzerinden verilere erişebilmekte. Ancak bu programların akıllı telefonlar için optimize edilmesine ihtiyaç vardır. Ekranın küçük olması bazı sorunlar neden olmaktadır. İpad ve benzeri tablet cihazlar bu durum için daha büyük format seçeneklerini sunmaktadır. Birçok yazılım şirketi ve geliştiricileri, akıllı telefon boyutundaki ekranlar için biçimlendirilmiş özel sayfalar oluşturarak bu sorunu çözmeye başlamışlardır.



Resim 2. Akıllı Bağcılığın farklı kullanım alanlarına ait resimler



Resim 3. Akıllı Bağcılıkta veri akışı, veri işleme ve veri analizinin şematik gösterimi

Akıllı sulama sistemleri, Bağ ve Meyve Bahçelerinde hem gerektiği zaman ve miktarda sulama için kullanıldığı gibi aynı zamanda don hasarını azaltmak için çok etkili çözümler sunabilmektedir. zm tamamen otomatiktir ve standart yöntemlere göre çok daha az işgücü ve enerjiye ihtiyaç duyar. Sıcaklıklar 2,5°C'nin altına düşmeye başladığında (bu değer ayarlanabilir) donma koruma sistemi devreye alınmaktadır. Sıcaklık sensörleri radyasyon don zararı ihtimalini algıladığında, sürekli olarak asmaların kanopinilerinin üzerine su püskürtülür ve bu su buza dönüşür. Dondurma işlemi, mikro iklim yaratan ve üzüm veya meyve ağaçların yakınındaki havayı ısıtan gizli ısıyı açığa çıkarır. Her 1 gram su için 80 kalori enerji açığa çıkar.

Ayrıca bitki hücrelerinin içindeki suyun donmaması ve bitkiyi çevreleyen havanın donma noktasının çok altına düşmemesi için yaprakların üzerinde sürekli olarak oluşan ve eriyen ince bir buz tabakası oluşturulur. Sistem kendisini yalnızca don olayından sonraki sabah, yapraklar ve ağaçlardaki tüm buzun eridiği zaman kapatır. Yağmurlama sistemi kullanarak donmaya karşı koruma, sıcaklıklar güvenli seviyelere dönene kadar sistemin tüm donma olayı boyunca mahsul üzerine tutarlı bir su tabakası uygulamasını gerektirir. Uygun maliyetli koruma elde etmek için sprinklerlerin suyu omcaların sıraları arasına değil yalnızca omcaların bulunduğu yerlere uygulayacak şekilde yerleştirilmelidir (Bhavsar ve ark., 2023; Ahmed ve ark., 2023).

Örneğin, bir bağda omcalar toplam yüzeyin yalnızca yüzde 50'sini kapsıyorsa ve yağmurlama sistemleri suyu çıplak zemine değil yalnızca omcaların üzerine uygularsa (iyi bir koruma için 5 mm/saatlik bir uygulama oranı gerekli) sistem ana hattının yalnızca 2,5 mm/saat dağıtım yapması gerekecektir. Bu, tam kapsamlı sprinkler sistemine kıyasla sistem maliyetini %30-40 oranında azaltabilmektedir.

Bağcılıkta kullanılan akıllı yazılım uygulamalarının sayısı her yıl artmaktadır (Tardaguila ve ark., 2021; Ferro ve Catania, 2023). Bu uygulamalardan biriside Premiere Bağcılık uygulamasıdır. Premiere Bağcılık (Vineinfo.com), kullanıcıların budamadan şarap üretimine kadar tüm kritik bağ bilgilerini verimli bir şekilde yönetmesine ve izlemesine imkân sağlayan gerçek zamanlı İnternet tabanlı bir hizmet sunmaktadır.

şirket bu yazılımında  modül sunmaktadır.

### **PremiereData, PremiereDecision ve PremiereVision**

**PremiereData** elektronik bir "dosyalama sistemi" sağlar. Bir bilgisayar (veya akıllı telefon) ve İnternet erişimi ile birçok bilgiye gerçek zamanlı ulaşmak mümkündür.

Klonlar, anaçlar, destek sistemleri, aralıklar, hava durumu verileri, yaprak ve toprak örnekleri, gübreler, besin uygulamaları, basınç okumaları, pestisitler, olgunluk takibi ve hasat sonuçları gibi unsurları takip eder.

**Premiere Decision**, yetiştiricilerin, kullanıcıların topladığı bilgilere dayanarak bağıcılık ile ilgili kararları almasına yardımcı olur. Sulama yönetimi ve planlaması, ilaçlama uygulama emirleri, gübre, örtü bitkisi, toprak iyileştirme iş emirleri ve kapsamlı raporlama gibi farklı işlere yönelik araçların yanı sıra size ihtiyacınız olan bilgiyi verecek verim tahminini de içerir. Kararlar alındığında iş emri elektronik olarak oluşturulur ve saklanır.

**Premiere Vision** bir dizi entegre planlama aracı sağlar. Bu araçlar, bir yetiştiricinin bağındaki her bir blok için çiftlik planlarını, bütçelerini ve faaliyet programlarını içerir. Premiere Decision'ın programları, raporları ve iş emirleri Excel'e indirilebilir veya PDF olarak kaydedilebilir ve yazdırılabilir veya herhangi bir zamanda, herhangi bir yerde herkese e-postayla gönderilebilir.

### **Akıllı Gübreleme Sistemleri**

Farklı firmalar tarafından geliştirilen sistem ve yazılımlar sayesinde asma bitkisinde akıllı gübreleme sistemleri geniş alanlarda etkin biçimde kullanılmaktadır. Bu sistemler farklı gübre dağıtım çözümleri sunabilir. Böylelikle hem üzüm bağları hemde meyve bahçelerinin tamamı hassas ve eşit biçimde gübrelenebilir. Bu sistemler sensörler yardımıyla eksik olan besin elementlerini belirleyerek sisteme aktarılmasına da imkan verebilmektedirler (Papadopoulos ve ark., 2024).

Bir başka akıllı bağı uygulaması Kaliforniya'daki Napa vadisinde bulunan Bettinelli bağlarında uygulanmaktadır. Buradaki üzüm bağlarındaki hava koşullarını izlemek için akıllı telefonu kullanılıyor ve tüm veriler iklim istasyonundan alınıyor. Bu bağlarda en büyük endişelerinden birise elbette sıcaklık artışları ve don olayları. Üzüm bağlarındaki hava istasyonlarından alınan diğer verilerin yanı sıra sıcaklık, bağıl nem, rüzgar hızı ve yönü, toprak sıcaklığı ve nemi izleniyor. Bu hava istasyonları güneş enerjisiyle çalışıyor ve konuma bağılı olarak kendi uydu veya hücre bağlantılarını içermektedir. Bağı sahibi bağı evden veya sahadan izliyor ve sıcaklık düştüğünde veya çok yükseldiğinde sistemin onu araması için parametreleri ayarlayabilmektedir. Ayrıca su basıncını da kontrol edebilir.

Donmaya karşı yağmurlama sistemini çalıştırırken aynı zamanda tıkanma, suyun bitmesi veya pompa arızası nedeniyle basınç düşerse sistem bağı sahibini bilgilendiriyor. Ayrıca yakın zamanda yağmurlama vanalarını uzaktan açabilen akıllı bir sistemin de yeni kurulduğu bildiriliyor. Teknoloji dona karşı koruma için rüzgar makinelerini de çalıştıracak teknolojiye sahip olmasına karşılık su daha düşük sıcaklıklara karşı koruma sağladığından bu teknoloji kullanılıyor.

Bağ sahibi yeni akıllı sistemin daha erken kararlar almalarına imkan sağladığını söylüyor. Ayrıca geçmişte, fiskiyelele sık sık emin olmak için gerekenden daha erken açmak zorunda kaldığını ve çok fazla sayıda olduğu için hepsini aynı anda yapamadığını söylüyor. Ayrıca sistemin çok daha fazla su ve yakıt tasarrufu sağladığı bildiriliyor (Northchutt, 2013).

Bir başka akıllı bağcılık uygulaması da gene California'daki bulunan Lamborn Family Vineyards'da yürütölmektedir.

Bağ sahibi bağının özelliklerini belirlemek için profesyonel bir iPad tabanlı GIS veri toplama ve veri kullanım platformu olan GISroam'u (A Geographic Information System) kullanıyor. Ayrıca hava durumunu kontrol etmek için akıllı telefonunu kullanıyor. Hava koşullarında hayatta kalmanın en önemli anahtarı bilgidir ve buna ulaşmak gerekir diyor. Ölçülebilen her şeyi değerlendirmek için akıllı teknolojileri kullandığını bildiriyor. Toprak, sıcaklık, rüzgar, nem gibi birçok veriyi kullanarak bunları üzüm bağları için mümkün olduğunca en uygun hale getirecek şekilde ayarlayarak bunları otomatikleştirmeye yardımcı olmak için kullanmaktadır (Casadó-Tortosa ve ark., 2025).

Ayrıca çeşitli yerlerdeki tomurcukların uyanmasını kaydetmek için asmanın büyüme aşamalarının fotoğraflarını çekiyor ve Evernote'u kullanarak notlar alıyor. Yeni projelerinden biri de blokları kolay tanımlama için QR kodlarıyla işaretlemek.

Bağ sahibi kendisi, Premiere Bağcılık tarafından sunulanlar gibi kapsamlı ürönlere ihtiyaç duymayan kişiler için daha basit bir veri tabanı olan iPhone uygulaması hazırlıyor. Bloklarla ilgili yönetim verilerini ve hasat verilerini içermekte ve internet üzerinden satışa sunulmakta.

Bağ yöneticilerine yönelik akıllı telefon uygulamalarının yanı sıra şaraphane uygulamalarına yönelik de pek çok uygulama geliştiriliyor. CELLARHAND ve EZYPRO bunlardan ikisi. Şaraphane için bazı bağcılık uygulamalarını birleştirmektedirler. Asma yoğunluğu hesaplayıcısı, verim tahmincisi ve hatta biyodinamik hesaplayıcı gibi özellikler içerebiliyor

Birçok bağcılık yazılımı tedarikçisiyle yapılan görüşmelerde, akıllı telefonlarda sahada kullanılmak üzere başka uygulamaların geliştirildiği veya değiştirildiği açıkça görülüyor (Parr ve ark., 2026). Bağ ilerlemesini haritalarken şeker, asit ve pH değerini okumak için üzüm suyunu bir akıllı telefon aksesuarına sıkarak mahsulünüzü izleyebilmeniz ne kadar zaman alacağını kim bilebilir?

Belkide kim bilir çıktı ve kullanılıyor...

### **Agrivoltaik/Vitovoltaik Sistemler**

Agrivoltaik sistemler yükseltilmiş güneş panelleriyle elektrik üretilirken altında da tarım yapılmasına olanak sağlıyor. Özellikle kurak bölgelerde panellerin

gölgesiyle bir mikro iklim yaratırken elektrik ihtiyacı da karşılanabiliyor. Bağlarda kullanılan bu sistemlere vitivoltaik'te denmektedir.

İklim değişikliğinin bitkilerdeki stresi artırması ve dengeli bir olgunluk indisi oluşumunu engellemesi güneş panellerinin bağlarda kullanımını özellikle serin iklimde şaraplık bağ üretimi yapan üreticilere önemli bir şans sunuyor.

Panellerin altında sıcaklık üç ila dört derece daha düşük ve daha az radyasyon var, bu da daha yavaş olgunlaşmaya yol açıyor. Asmalar daha az güneş yanığı oluyor, daha düşük şeker içeriğine ve daha yüksek asiditeye sahip oluyorlar. Paneller kuraklık sırasında buharlaşmayı da azaltmaya yardımcı oluyor ve altlarındaki toprak daha uzun süre nemli kalıp daha az sulama ihtiyacı oluşturuyor (Magarelli ve ark., 2025; Hanrieder ve ark., 2026).

Alman SUNfarming firmasının ürettiği, fotovoltaik paneller ile tarımı birleştiren tarımsal voltaik sistemler, enerji üretiyor, bitki ve hayvanlar için barınak ve alan sağlıyor, yağmur suyunun daha verimli kullanılmasını sağlıyor (Sunfarming, 2026).

### **Yapay zeka daha sürdürülebilir ve organik bağcılık yapılmasına yardımcı olabilir mi?**

Evet, Şu anda bağlarda kullanılan teknolojiler üreticilerin daha akıllı yaklaşımları benimseyerek gübre ve hastalık ve zararlılar için ilaç kullanımını azaltmalarına yardımcı oluyor. Sulama da aynı şekilde gerektiği kadar gereken alana verildiği için israf önlenirken, hastalık, yabancı ot riski azalıyor böylelikle daha sürdürülebilir bağcılık yapılabilir. Bunların hepsi kesin verilerin toplanmasına ve bağlarda olup bitenlerin anında analizine ve geliştirilmesine imkan veriyor (Maar, 2025). Yapay zeka ve makine öğreniminin sürdürülebilir şarap yapımının geleceğini şekillendirmede önemli bir rol oynadığına dair bir örnek verecek olursak;

2023 yılı için dünyada bir milyar şişe şarap üretilmiş ve bununda %3.5 in organik olarak üretilmiştir. Organik şarap yapımı, pazarın hala küçük bir kısmını oluştursa da, asma yetiştirme uygulamaları üzerinde önemli bir etki oluşturdu. Pek çok şarap imalathanesi, gübre ve hastalık/böcek ilaçlarını aşamalı olarak kaldırdıkları bildirdi. Hatta İspanya'nın kuzeyinde bir bölgede her şeyiyle tam organik şarap üretimine geçildi. İşte bu organik üretimde kalite ve verimden ödün vermeden bir üretim yapabilmek için akıllı tarım uygulamalarının ayrı bir önemi vardır (Agraso-Otero ve ark., 2025).

Böylece gerektiği kadar organik kökenli ilaç ve gübre kullanımının belirlenmesinde önemli rol oynayabilmektedirler. Genel olarak bakıldığında, kimyasal ayak izlerini azaltmanın yanı sıra kaynaklarının yönetimini iyileştirmek isteyen üretici sayısı giderek artıyor. Sürdürülebilirlik bunun genel adıdır. Yapay zeka, üzüm ve üzüm ürünleri üreticilerinin gübrelere, pestisitlere ve herbisitlere yaklaşımlarında daha seçici olmak için kullandıkları araçlardan biridir. Yapay zeka

sistemleri uydulardan, dronlardan ve yer sensörlerinden toplanan verilerle kimyasallara olan ihtiyacı ve bunların nerelerde kullanılacağını tam olarak değerlendirebiliyor.

**Normalleştirilmiş Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI)**, asmaların sağlığı hakkında bilgi sağlar. Bu analiz sayesinde çiftçiler hangi bitkilerde besin eksikliği olduğunu görebilir ve buna göre gübreleme yapabilir. Benzer şekilde bir zararlı salgınının erken evrelerde tespit edilmesi pestisitlerin yanlış kullanımını önleyebilir. Yapay zeka ve akıllı bağcılığın avantajları arasında "su, enerji, fungusit, insektisit ve herbisit kullanımının azaltılması ve sonuçta daha çevre bilincine sahip ve maliyet açısından daha verimli bir üretim yapılabilmesi yer almaktadır (Vera-Esmeraldas ve ark., 2025).

Günümüzde küresel iklim değişikliği ve bunun en olumsuz sonuçları arasında yer alan aşırı ısınma maalesef tarımın her dalında olduğu gibi bağcılığı da etkileyen en önemli sorunlar arasında yer alıyor. Güneş yanığı, küresel ısınmanın bağlar üzerindeki en önemli ve zararlı etkilerinden birisidir. Asmaların aldığı güneş ışığı miktarını kontrol edebilmek için bazı çözüm yolları aranmakta. Elbette asmaların gelişmesi için hala güneş ışığına ihtiyacı var, bu nedenle dengeyi sağlamak bazen oldukça zor olabilir.

Bu duruma karşı akıllı tarım teknolojileri bize ciddi yardımlar sağlayabiliyor. Agrivoltaik sistemler akıllı bağcılıkta son yıllarda bu amaçla öne çıkan uygulamalardan bir tanesidir. Güneş enerjisinden yararlanırken aynı zamanda gölgeleme yapmaya imkan veren bir akıllı bağcılık uygulamasıdır.

Hareketli güneş panellerine sahip, yapay zeka destekli dinamik agrivoltaik sistem günümüzde hem küresel ısınma hemde artan enerji maliyetleri nedeniyle giderek artan bir oranda kullanılmaya başlanmıştır. Güneş panelleri bağ için gölge sağlamakta aynı zamanda güneş ışığından maksimum oranda yararlanabilmek için farklı eğim derecelerine göre hareket edebilmektedir. Böylece yapay zeka algoritmaları, toprağın nemi ve ısı okumalarına dayanarak gerekli gölge miktarına ve panellerin eğimine ve yönlerine karar verebilmektedir (Coluccia ve ark., 2025). Sistem sıcak hava dalgalarının yanı sıra üzüm bağlarını dolu veya don gibi diğer istenmeyen hava olaylarına karşıda koruyabilir. Tabii ki işin güzel tarafı çiftçilerin kendi kullanımları için güneş enerjisi üretebilmesi ve bunu isterlerse ana şebekeye de aktarabilmesidir. Küresel ısınmadan kaynaklanan bir diğer sorun ise artan sulama ihtiyacıdır. Kaliteli üzüm elde etmek için bağın nem ihtiyacını tam olarak anlamak ve bitkileri buna göre sulayabilmek önemlidir. Elbette akıllı sulama aynı zamanda daha az su israfı anlamına da geliyor üstelik çevre dostu ve daha uygun maliyetli (Florea ve ark., 2025).

Şu anda yaygın kullanılan sulama sistemleri bağlardaki tüm asmalara aynı miktarda su sağlıyor. Ancak asmaların yaşı, alınan güneş ışığı miktarı veya toprağın

türü gibi faktörler nem gereksinimlerinin farklı olduğu anlamına gelir. Yapay zeka analiziyle birleştirilmiş granüler bir sulama sistemi, her bitki için gereken suyu ne fazla ne de az sağlayabilir. Gerekli pestisit ve gübreleri benzer bir yaklaşım ile ne kadar uygulanacağını IoT ve robotikler aracılığıyla yapılabilmektedir (Bayrak ve Olu, 2025).

## KAYNAKLAR

- Aarif K. O., Afroj, M.A. & Hotak, Y. (2025). Smart Sensor Technologies Shaping the Future of Precision Agriculture: Recent Advances and Future Outlooks, *Journal of Sensors*, 2460098, 26 pages. <https://doi.org/10.1155/js/2460098>
- Agraso-Otero, A., Cancela, J. J., Vilanova, M., Ugarte Andrevia, J., Rebolledo-Leiva, R., & González-García, S. (2025). Assessing the Environmental Sustainability of Organic Wine Grape Production with Qualified Designation of Origin in La Rioja, Spain. *Agriculture*, 15(5), 536. <https://doi.org/10.3390/agriculture15050536>
- Ahmed, Z., Gui, D., Murtaza, G., Yunfei, L., & Ali, S. (2023). An Overview of Smart Irrigation Management for Improving Water Productivity under Climate Change in Drylands. *Agronomy*, 13(8), 2113. <https://doi.org/10.3390/agronomy13082113>
- Ali, A., Hussain, T., & Zahid, A. (2025). Smart Irrigation Technologies and Prospects for Enhancing Water Use Efficiency for Sustainable Agriculture. *AgriEngineering*, 7(4), 106. <https://doi.org/10.3390/agriengineering7040106>
- Bastard, A. & Chaillet A. (2023). Digitalization from vine to wine: successes and remaining challenges—A review. *BIO Web Conf.* 68, 01034. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20236801034>
- Bayrak, T., & Olu, M. (2025). Applications of artificial intelligence in smart agriculture: Plant health, drone technology, and digital communication. *Journal of Agricultural Production*, 6(3), 157-166. <https://doi.org/10.56430/japro.1767174>
- Bhavsar, D., Limbasia, B., Mori, Y., Aglodiya, M.I. & Shah, M. (2023). A comprehensive and systematic study in smart drip and sprinkler irrigation systems. *Smart Agric. Technol.* 5, 100303. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2023.100303>
- Bulut, S. & Arslan M. (2024). Smart Agriculture (Agriculture 4.0) Applications in Organic Farming. ISARC International Science and Art Research Center. Available: <https://www.researchgate.net/publication/382743305>
- Casadó-Tortosa, A., de Herralde, F., Savé, R., Peris, M., Lordan, J., Sánchez-Ortiz, A., Sánchez-Costa, E., Barbeta, A., & Funes, I. (2025). GIS-Based Approach for Modeling Vineyard and Apple Orchard Suitability in Mountainous Regions. *Land*, 14(11), 2135. <https://doi.org/10.3390/land14112135>
- Collins, B., Lai, Y., Grewer, U., Attard, S., Sexton, J., Pembleton, K.G. (2024) Evaluating the impact of weather forecasts on productivity and environmental footprint of irrigated maize production systems. *Sci. Total Environ.* 954, 176368. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.176368>

- Coluccia, S., Ruocco, M., Porta, D.D. & Langella, G. (2025). Agrivoltaic systems: State of the art and potential field applications. *Energy Reports*, 145, 1606-1633. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2025.07.038>
- Et-taibi, B., Abid, M.R., Boufounas, E.-M., Morchid, A., Bourhnane, S., Abu Hamed, T. & Benhaddou, D. (2024). Enhancing water management in smart agriculture: A cloud and IoT-Based smart irrigation system. *Results Eng.* 22, 102283. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.102283>
- Ferro, M. V., & Catania, P. (2023). Technologies and Innovative Methods for Precision Viticulture: A Comprehensive Review. *Horticulturae*, 9(3), 399. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9030399>
- Florea, A. C., Sumedrea, D. I., Rodino, S., Ion, M., Dragomir, V., Dumitru, A.-M., Pîrcalabu, L., & Dinu, D. G. (2025). The Impact of Climate Change on Eastern European Viticulture: A Review of Smart Irrigation and Water Management Strategies. *Horticulturae*, 11(11), 1282. <https://doi.org/10.3390/horticulturae11111282>
- Fonseca, A., Cruz, J., Fraga, H., Andrade, C., Valente, J., Alves, F., Neto, A. C., Flores, R., & Santos, J. A. (2024). Vineyard Microclimatic Zoning as a Tool to Promote Sustainable Viticulture under Climate Change. *Sustainability*, 16(8), 3477. <https://doi.org/10.3390/su16083477>
- Gogiali, G., Nevi, Bissoni, M. & Dezi, L. (2023). Challenging In Tourism: From Boosterism As Usual To A More Responsible Tourism. Leveraging Technology to Enhance Customer Experience in Wineries: a comparative case study in Italy. *Turistica*, 32, 2. <https://doi.org/10.70732/tijt.v32i2.31>
- Habib, M., Singh, S., Jan, S., Jan, K., & Bashir, K. (2025). The future of the future foods: understandings from the past towards SDG-2. *NPJ Sci Food*. 12, 9(1), 138. <https://doi.org/10.1038/s41538-025-00484-x>
- Hanrieder, N., Wilbert, S., Solas, A.F., Kujawa, A., Weil, R., et al. (2026). Advanced Energy and Sustainability Research, 7, e70185. <https://doi.org/10.1002/aesr.70185>
- Köse M. A. & Yaman M. (2026). Digital Agriculture in Fruit Production. *ETHABD*, 9, 16-30. <https://doi.org/10.55257/ethabd.1867683>
- Kovačević, I., Aleksi, I., Keser, T., & Matić, T. (2025). Winnie: A Sensor-Based System for Real-Time Monitoring and Quality Tracking in Wine Fermentation. *Applied Sciences*, 15(21), 11317. <https://doi.org/10.3390/app152111317>
- Kumar, A., Tiwari, H., Raushan, R., Surya, A. & Awasthi P. (2024a). Reviewing IOT technologies for enhancing sustainability in agriculture: a comprehensive perspective *Educ. Admin. Theory Pract.*, 30(4), 10301-10310. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2024.100487>

- Kumar, M., Bhattacharya, B.K., Pandya, M.R. & Handique, B.K. (2024b). Machine learning based plot level rice lodging assessment using multi-spectral UAV remote sensing. *Comput. Electron. Agric.* 2024, 219, 108754. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2024.100487>
- Maar, B. (2025). Uncorking the Role of Artificial Intelligence in the Wine Industry. Retrieved from <https://bmwineguide.co.uk/uncorking-the-role-of-artificial-intelligence-in-the-wine-industry/>
- Magarelli, A., Mazzeo, A. & Ferrara, G. (2025). Exploring the Grape Agrivoltaic System: Climate Modulation and Vine Benefits in the Puglia Region, Southeastern Italy. *Horticulturae*, 11(2), 160. <https://doi.org/10.3390/horticulturae11020160>
- Ngugi, L.C., Abelwahab, M. & Abo-Zahhad, M. (2021). Recent advances in image processing techniques for automated leaf pest and disease recognition—A review. *Inf. Process. Agric.* 8, 27–51. <https://doi.org/10.1016/j.inpa.2020.04.004>
- Northcutt, G. (2013). Napa Valley grower's high-tech management just the start. Western farm Press. <https://fruitionsciences.com/download/press/napa-valley-growers-high-tech-management-just-the-start.pdf>
- Ogungbuyi, M. G., Mohammed, C., Fischer, A. M., Turner, D., Whitehead, J., & Harrison, M. T. (2024). Integration of Drone and Satellite Imagery Improves Agricultural Management Agility. *Remote Sensing*, 16(24), 4688. <https://doi.org/10.3390/rs16244688>
- Papadopoulos, G., Arduini, S., Uyar, H., Psiroukis, V., Kasimati, A., Fountas, S. (2024). Economic and Environmental Benefits of Digital Agricultural Technologies in Crop Production: A review. *Smart Agric. Technol.*, 8, 100441. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2024.100441>
- Parr, B., Legg, M. & Alam, F. (2023). Grape yield estimation with a smartphone's colour and depth cameras using machine learning and computer vision techniques. *Comput. Electron. Agric.*, 213, 108174. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2023.108174>
- Sapna, G.H. Chauhan, V., Pattanaik, K.K., Trivedi, A. & Ghosh. H. (2026). A comprehensive review of edge computing-empowered smart agriculture: trends, opportunities and future directions. *Comput. Electron. Agric.*, 241, Article 111252, <https://doi.org/10.1016/j.compag.2025.111252>
- Sarri, D., Lombardo, S., Pagliai, A., Perna, C., Lisci, R., De Pascale, V., Rimediotti, M., Cencini, G., & Vieri, M. (2020). Smart Farming Introduction in Wine Farms: A Systematic Review and a New Proposal. *Sustainability*, 12(17), 7191. <https://doi.org/10.3390/su12177191>

- St Fort J., V., Dukes, M., Agehara, S., Kadyampakeni, D. & Chase C.A. (2025). Micro-irrigation systems for water conservation during establishment and freeze protection in Florida strawberry production. *Scientia Horticulturae*, 350, 114368. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2025.114368>
- Sunfarming, 2026. <https://sunfarming.de/en/business-areas/agri-and-eco-solar-plants/sunfarming-agri-photovoltaics>
- Tardaguila, J., Stoll, M., Gutiérrez, S., Proffitt, T. & Diago, M.P. (2021) Smart Applications and Digital Technologies in Viticulture: A Review. *Smart Agric. Technol.*, 2021, 1, 100005. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2021.100005>
- Vera-Esmeraldas, A., Pizarro-Oteiza, S., Labbé, M., Rojo, F., & Salazar, F. (2025). UAV-Based Spectral and Thermal Indices in Precision Viticulture: A Review of NDVI, NDRE, SAVI, GNDVI, and CWSI. *Agronomy*, 15(11), 2569. <https://doi.org/10.3390/agronomy15112569>

## 3. Bölüm

# Toprakların Mikrobiyal Çeşitliliğini Etkileyen Faktörler

Çiğdem KÜÇÜK<sup>1</sup>

### 1. Giriş

Toprak mikroorganizmaları bitki-toprak sisteminde çeşitli işlevsel rollere sahiptirler. Bir gram toprakta; bakteri, fungi, virüs, arkea, alg ve protozoa gibi zengin ve çeşitli mikrobiyal popülasyon bulunmaktadır (Sokol ve ark., 2022). Bunlar arasında bakteri, mantar ve arkea toprak mikroorganizmalarının önemli bileşenlerini oluşturmaktadır (Bayranvand ve ark., 2021). Toprakta, toplam biyokütleinin %70-90'ını oluşturan bakterilerin en yaygın mikroorganizmaları oluşturduğu; fungusların bolluk bakımından bakterilerden sonra ikinci sırada yer aldığı tespit edilmiş, her ikisinin de toprak ve bitkileri etkileyen tüm ekolojik süreçlerde yer aldığı açıklanmıştır (Bayranvand ve ark., 2021). Ekstrem koşullarda yaşayan arkealar da toprak mikroorganizmalarının önemli bir bölümünü oluşturmaktadır (Ibanez de Aldecoa ve ark., 2017). Bakteriler, fungi ve arkeaların aksine, alg ve protozoaların sayısının daha az olduğu, toprak ve bitkiler üzerinde de etkilerinin düşük olduğu bildirilmiştir (Devi ve Soni, 2019). Topraktaki mikroorganizmalar gaz alışverişi ve organik asit üretimi yoluyla toprak yapısını etkileyebilmekte, toprak agregatlarının oluşumunda etkili olduğu açıklanmıştır (Ahmed ve ark., 2021). Dolayısıyla, mikroorganizmalar bitkileri ve toprağı etkileyen ekolojik süreçlerde rol oynayarak bitki-toprak ekosisteminin istikrarını korumaktadırlar (Huet ve ark., 2023). Toprak mikroorganizmaları, toprak organik maddesinin ayrışmasına katılmakla birlikte, karbonun depolanması ve besin döngüsünü düzenlemekte, bitkilerin topraktan bitki besin alımını teşvik etmektedir. Toprak mikroorganizmaları, ekosistemlerin işlevini ve yapısını dolayısıyla toprak verimliliğini doğrudan etkilemektedir. Toprakların mikrobiyal çeşitliliği; genetik ve tür çeşitlilikleri ile doğadaki toprak mikroorganizmalarının çeşitliliğini açıklamakta olup, tür çeşitliliği ise bir popülasyondaki mikrobiyal popülasyonların sayısı ve türü olarak tanımlanmıştır (Chen, ve ark., 2024).

Toprak mikroorganizmalarının tür çeşitliliği, fonksiyonel çeşitliliğe yol açmaktadır. Toprak mikroorganizmaları, bitki yetiştirme sürecinde oldukça önemli

<sup>1</sup> Prof. Dr., Harran Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Şanlıurfa  
ORCID: 0000-0001-5688-5440

rol oynamaktadır; örneğin, bitkiler ve toprak arasında su emilimini ve besin dönüşümünü teşvik etmekte, toprak verimliliğinin artırmakta, toprağa metabolizmaları sırasında bileşiklerin salgılanması ile bitki gelişimini teşvik ederek, patojen mikroorganizmaların gelişimini inhibe ederek, topraktaki bitkisel atıkları ayrıştırarak bitkilerin büyümesinde önemli bir rol oynamıştır (Attarzadeh ve ark., 2019). Baklagil kök nodüllerinde *Rhizobium* bakterileri ve bazı baklagil olmayan kök nodüllerindeki aktinomisetler tarafından azot fiksasyonu (Thilakarathna ve ark., 2021), bazı yüksek bitkilerin kök sistemleri ile simbiyotik birliktelik oluşturan mikorizal mantarlar (Choreno-Parra ve Tresede, 2024) ile toprak mikroorganizmaları topraktaki madde ve enerji akışının dönüşümünde yer alarak toprak oluşumuna katkıda bulunmaktadır (Inagaki ve ark., 2023). Toprak mikroorganizmalarının fonksiyonel çeşitliliği, toprak minerallerinin çözünmesinde de önemlidir. Araştırmalar, fosfor çözücü bakterilerin çözünmeyen fosforun kullanılabilir fosfat formuna dönüştürebildiğini, böylece toprak verimliliğini artırabildiğini ve tarımsal üretimi teşvik edebildiğini bildirmişlerdir (Tan ve ark., 2024). Mikrobiyal çeşitliliğin ekosistem işlevi üzerindeki etkisinin çevresel faktörlere, belirli baskın türlerin varlığına bağlı olarak değişebileceği incelenmiştir (Yang ve ark., 2021). Birden fazla mikrobiyal tür, benzer ekolojik roller üstlenebilmekte, bir veya birkaç türün kaybının genel ekosistem işlevini önemli ölçüde etkilemediği saptanmıştır (Louca ve ark., 2018). Bunun tersi olarak, çeşitlilikteki küçük azalmaların ekosistem performansında önemli düşümlere yol açabileceği de yapılan araştırmada belirlenmiştir (Chen ve ark., 2024). Toprakların mikrobiyal çeşitliliği, organik madde mineralizasyonu destekleyerek ekosistemin çok işlevliliğinin korunmasında da kritik rol oynamaktadır. Arazi kullanım değişikliği, iklim değişikliği gibi çevresel değişikliklerden kaynaklanan mikrobiyal çeşitlilik kaybı, mikroorganizmaların yer üstü ve yer altı ekosistem işlevlerini sürdürme yeteneğini etkilemiştir (Che ve Jin, 2024). Toprak mikrobiyal çeşitliliği, hem toprak üstü hem de toprak altı bitki mikrobiyomları üzerinde önemli etkilere sahip olup, bitki sağlığını, patojenlere karşı direnci ve genel verimliliği etkilemektedir. Toprak mikrobiyal topluluklarının, sistemik bitki savunmalarını düzenleyerek, uçucu organik bileşiklerin salınımını değiştirerek, toprak üstü bitki mikrobiyomunu etkilemiştir (Chen ve ark., 2024). Toprak mikroorganizmaları, indüklenen sistemik direnç yoluyla bitkilerin kimyasal profilini değiştirerek bitkileri zararlılara karşı daha az çekici veya daha dirençli hale getirebilir (Handakumbura ve ark., 2021). Rizosferdeki faydalı mikroorganizmalar, bitkilerde zararlıları caydırıcı olarak işlev gören sekonder metabolitlerin üretimini tetikleyebilir. Bu etkileşimler, toprak mikrobiyal çeşitliliğinin bitki sağlığı ve ekosistem istikrarı üzerindeki geniş kapsamlı etkisini de göstermektedir. Bu bölümde hem toprak hem de bitki sağlığı açısından oldukça önemli olan

toprakların mikrobiyal çeşitliliği ve mikrobiyal çeşitliliği etkileyen faktörler ile ilgili son yıllarda yapılan çalışmalar özetlenmiştir.

## **2. Toprakların Mikrobiyal Çeşitliliğini Etkileyen Faktörler**

### **2.1. Toprak Nemi**

Nem, canlı organizmaların hayatta kalması için önemlidir, toprak mikroorganizmalarının hayatta kalması için de önemli bir koşuldur ve topraktaki nem içeriğinin miktarı, mikroorganizmaların büyüme ortamını ve dolayısıyla aktivitelerini doğrudan etkilemiştir (Chen ve ark., 2024). Küresel iklim değişikliğine bağlı olarak, aşırı yağış veya kuraklık vb. olaylar, toprakların nem durumunu değiştirmekte, toprakların mikrobiyal çeşitliliğini etkilemektedir (Zhou ve ark., 2016). Farklı toprak mikroorganizmalarının kuraklık ve strese karşı farklı toleransları olduğundan, nem değişikliklerine verdikleri tepkiler de farklılık göstermiştir (Chen ve ark., 2024).

### **2.2. Toprak Sıcaklığı**

Toprakların ısınması, mikrobiyal topluluğu doğrudan etkileyebildiği gibi; toprak nemi, besin maddelerinin bulunabilirliği, bitki örtüsü gibi faktörler üzerinde etkili olduğundan dolayı olarak mikrobiyal topluluğu etkileyebilmektedir. Bununla birlikte, mikroorganizmaların toprak sıcaklığına verdiği tepki oldukça farklılık göstermiştir (Zhao ve ark., 2024). Toprak sıcaklığının artmasıyla, Acidobacteria, Proteobacteria, Bacteroidetes, Planctomycetes ve Verrucomicrobia'nın nispi bolluğu sırasıyla %19, %11, %19, %8 ve %6 oranında azalmış, Firmicutes'in nispi bolluğu ise %34 oranında artmıştır (Zhao ve ark., 2024). Toprakların ısınmasının mikrobiyal topluluk yapısında değişikliklere neden olarak ekolojik etkileşimlerin ve ekosistem fonksiyonlarının bozulduğu yapılan çalışmada belirlenmiştir (Fu ve ark., 2016).

### **2.3. Toprak pH'ı**

Kimyasal gübrelerin aşırı kullanımı ve asit gazlarının (kükürt dioksit ve azot oksit) yoğun salınımı, özellikle tarım ekosistemlerinde toprakların asitleşmesine neden olmakta, bu durum toprağın  $H^+$  ve  $Al^{+3}$  konsantrasyonlarını artırarak bitki ve toprak altı topluluklarını baskılamıştır (Xiong ve ark., 2024). Toprak pH'ını artırmak için yüksek pH'lı maddelerin (örneğin kireçleme) uygulanması da toprakların mikrobiyal topluluklarını etkilemiştir (Xiong ve ark., 2024). Toprak pH değeri arttığında, topraktaki tuz içeriği artmış ve bakteri topluluklarının bolluğunu azalmıştır. Toprağın tuzlanması; özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde, arazi kullanımının yoğunluğu, artan insan faaliyetleri ve iklim değişikliği ile artmıştır (Xiong ve ark., 2024). Toprak tuzlanması, toprakta aşırı

çözünür tuzların birikmesiyle karakterize edilen ve hem bitki büyümesini hem de mikrobiyal toplulukları olumsuz etkileyen bir arazi bozulma sürecini ifade etmektedir (Xiong ve ark., 2024). Toprak pH'sının mikrobiyal çeşitliliği ve bileşimini şekillendirmede hayati öneme sahip olduğu açıklanmıştır (Xiong ve ark., 2024).

#### **2.4. Bitki Örtüsü Tipi**

Bitki örtüsü tipinin toprakta mikroorganizma popülasyonunu etkilediği belirlenmiştir (Wu ve ark., 2019). Toprak mikroorganizmaları, bitki örtüsü tarafından sağlanan madde ve enerjiyi kullanabildiğinden, bitki çeşitliliği toprakta mikrobiyal enzim aktivitesini etkilemiştir. Toprak üstünde yetişen bitki ne kadar fazlaysa, enzim aktivitesinin de o kadar güçlü olduğu tespit edilmiştir (Xia ve ark., 2020). Toprak ve bitki örtüsü arasındaki enerji alışverişi, madde transferi ve su taşınımı kök sistemi aracılığıyla gerçekleştirildiğinden, organik ve inorganik madde gibi besinler kök sistemi yoluyla toprak mikroorganizmalarına ulaştırılmaktadır. Toprak mikroorganizmalarının hayatta kalması, bitki örtüsü dağılımından ve örtü tipinden etkilenmiştir (Xia ve ark., 2020). Çin'in güneyinde yapılan bir araştırmada toprakların mikrobiyal dağılımının bitki türüne göre değiştiği belirlenmiştir (Hu ve ark., 2020). Araştırmacılar, çam, çim ve çalı bitkisinin rizosferindeki mikrobiyal topluluk yapısını araştırmışlar; bitkilerin rizosfer topraklarındaki bakteri topluluklarından en bol bulunan filumun Proteobacteria olduğu, Alphaproteobacteria sınıfının ise Proteobacteria filumunun büyük çoğunluğunu oluşturduğu saptanmıştır (Hu ve ark., 2020).

Bitki kökleri, kök salgıları olarak bilinen çok çeşitli organik bileşikleri rizosfere salgılamaktadır (Chen ve Liu, 2024). Bu salgılar arasında şekerler, amino asitler, organik asitler, vitaminler, enzimler ve sekonder metabolitler bulunmakta, toprak mikroorganizmaları için besin kaynakları ve sinyal molekülleri olarak rol oynamaktadır (Hansakumbura ve ark., 2021). Kök salgılarının bileşimi ve miktarının bitki türüne, gelişim evresine ve çevresel koşullara bağlı olduğu, rizosferdeki mikrobiyal topluluk yapısının şekillenmesinde de önemli katkı sağladığı açıklanmıştır (Hansakumbura ve ark., 2021). Kök salgıları, faydalı mikroorganizmaları kök bölgesine çekerek bitkinin gelişimine katkı sağlamış ve toprak yapısını iyileştirmiştir (Qu ve ark., 2024). Kök salgıları toprak pH'ını değiştirebildiğinden, besin maddelerinin kullanılabilirliğini ve toprak mikroorganizmalarının aktivitesini etkilemiştir (Song ve ark., 2021). Örneğin, bitki kökleri tarafından salınan organik asitler, rizosferdeki pH'ı düşürerek, bitkiler için kullanılmayan fosfor ve diğer mikro besinleri çözünür hale getirmiştir (Wang ve ark., 2022). Böylece artan besin kullanılabilirliği, hem bitki büyümesini hem de faydalı toprak mikroorganizmalarının aktivitesini destekleyerek, toprak yapısını ve

verimliliğini güçlendirmiş, kök salgılarının rizosfer mikroorganizmaları tarafından EPS üretimini teşvik ederek toprak agregasyonunda da önemli bir rol oynadığı açıklanmıştır (Wang ve ark., 2022). Bu mikrobiyal ürünler, köklerin etrafındaki toprak parçacıklarını bağlamaya yardımcı olarak, kökleri fiziksel stresten koruyarak, toprağın havalanmasını ve su tutma kapasitesini artıran kararlı agregatlar oluşturmaktadır (Wang ve ark., 2022) . Kök salgılarının, zararlı organizmalarla rekabet eden veya onları engelleyen faydalı mikroorganizmaları teşvik ederek, toprak kaynaklı patojenleri inhibe ettiği bildirilmiştir (Wang ve ark., 2022). Yapılan çalışmada, bazı baklagil türlerinin simbiyotik azot fikse eden bakterileri çekmek için belirli flavonoid kombinasyonlarını salgılayabildiğini ortaya koymuştur (Hassan ve Mathesius, 2012). Turunçgil kök salgılarının faydalı rizobakterilerden *Pseudomonas putida* ve *Novosphingobium* sp.'in gelişimini artırdığı, bitkiler abiyotik stres koşullarına maruz kaldığında rizosferde bu bakterilerin hızla çoğaldığı bildirilmiştir (Vives-Peris ve ark., 2018). Kök salgılarının bazı fungi türlerine inhibitör etkisi olduğu bildirilmiştir; örneğin, *Triticum aestivum* (buğday) bitkileriyle birlikte yetiştirilen *Citrullus lanatus* (karpuz) bitkilerinde kök salgılarının patojenik fungus *Fusarium oxysporum*'un enfeksiyonunu azalttığı ve karpuz bitkilerinin buğday bitkilerinin varlığında daha az hasar gördüğü tespit edilmiştir (Vives-Peris ve ark., 2020). Araştırmacılar çalışmada ayrıca kök salgılarının faydalı fungi üzerinde olumlu bir etkisi olduğu, mikorizal mantarların gelişimini teşvik ettiği ve flavonoidler ile strigolaktonların bu karşılıklı ilişkide önemli bir rol oynadığı bildirilmiştir (Vives-Peris ve ark., 2020). Bitkilerin toprak mikrobiyomunun bileşimini değiştirmek, faydalı mikroorganizmaları çekmek veya patojenik mikroorganizmaların büyümesini engellemek için kök salgılarının bileşiminin değiştiği tespit edilmiştir (Vives-Peris ve ark., 2020).

## **2.5. Toprak Tipi ve Tarım uygulamaları**

Farklı toprak tipleri, toprak mikrobiyal çeşitliliğinin topluluk bileşimi ve yapısı üzerinde etkili olabildiği gibi toprak parçacıklarının boyutu da mikrobiyal çeşitliliğini etkilemiştir (Miliute ve ark., 2015). Ürün rotasyonunun tarımsal üretimde toprak verimliliğini iyileştirdiği açıklanmıştır. Rotasyonun toprak ve su geçirgenliğini iyileştirebildiği, bakteri, fungi, arkea ve diğer mikroorganizmaların gelişimini teşvik edebildiği belirlenmiştir (Chauhan ve ark., 2023). Toprak mikroorganizmalarının bolluk ve çeşitlilik gibi göstergelerinin, buğday, hıyar ve soya fasulyesi rotasyonlarında önemli ölçüde değiştiği, bitkilerin rizosferinde mikroorganizma popülasyonunun arttığı belirlenmiştir, bu durum ürün rotasyonlarının toprağın mikroekolojik ortamını iyileştirdiğini göstermiştir (Chauhan ve ark., 2023).

Mikroorganizmalar, toprak parçacıklarını birbirine bağlayan doğal yapıştırıcı görevi gören polisakkaritler, proteinler ve lipitler gibi hücre dışı polimerik maddeler (EPS'ler) üreterek toprak yapısının korunmasında öneme sahip olup, toprak agregasyonunda önemli bir rol oynamaktadır. Araştırmalar, *Bacillus sp.* gibi bakterilerin ve *Aspergillus spp.* gibi mantarların, toprak agregasyonunu teşvik eden EPS'ler üretmede özellikle etkili olduğunu göstermiştir (chen ve ark., 2020). Toprak agregasyonuna ve stabilitesine önemli ölçüde katkıda bulunan temel bir bileşen, özellikle *Glomus spp.* olmak üzere arbusküler mikorizal mantarlar (AMF) tarafından üretilen bir glikoprotein olan glomalindir. Glomalın, toprak parçacıklarını agregatlara bağlamada, toprak yapısını iyileştirmede ve su tutma kapasitesini artırmada çok önemli bir rol oynar (Anthony ve ark., 2022). Glomalinin varlığı genellikle toprak sağlığının iyileşmesi ve karbon tutulumunun artmasıyla ilişkilendirilmiş; ekosistem fonksiyonlarını ve direncini desteklemiştir (Anthony ve ark., 2022). Mikorizal mantarlar, köklerin etrafında mikorizosfer olarak bilinen koruyucu bir tabakanın oluşumuna katkıda bulunmaktadır. Bu bölge, mikrobiyal aktivite ve organik madde bakımından zengindir ve bu da toprak yapısını ve besin maddesi bulunabilirliğini daha da artırmıştır (Qiu ve ark., 2024). Mikorizosfer, toprak kaynaklı patojenlere ve toksik maddelere karşı bir tampon görevi görerek bitki köklerini korur ve sağlıklı kök gelişimini destekler (Qiu, ve ark., 2024). AMF'ler ve birçok odunsu bitkinin kökleriyle ilişki kuran ektomikorizal mantarlar (EMF'ler) da toprak yapısında önemli bir rol oynamaktadır. EMF'ler, bitki köklerinin etrafında manto olarak bilinen yoğun bir kılıf oluşturarak toprak agregatlarını stabilize etmeye ve toprak yapısını iyileştirmeye yardımcı olmuştur (Policelli ve ark., 2019). EMF'lerin geniş hif ağları ayrıca orman ekosistemlerinde organik madde ve besin maddelerinin döngüsüne katkıda bulunarak ağaçların ve diğer bitki örtüsünün büyümesini desteklemiştir (Anthony ve ark., 2022). Bu mikrobiyal ürünler toprak agregatlarının stabilitesini artırarak toprak erozyonunun olasılığını azaltmış ve su tutma kapasitesini iyileştirmiştir (Chen ve ark., 2024). Toprak parçacıklarının mikrobiyal kolonizasyonu ve ardından biyofilm oluşumu, toprak agregatlarını daha da güçlendirdiğinden, bu biyofilmler, toprak yapısını fiziksel bozulmadan koruyan ve agregatlar içinde organik maddenin tutulmasını destekleyen bir mikro ortam oluşturmuştur (Velmourougane ve ark., 2017). Bu organik madde, agregatlar parçalandıkça yavaşça salınan ve bitkiler için sürekli bir besin kaynağı sağlayan bir besin deposu görevi görmektedir. Ayrıca toprak agregasyonunun karbon tutulumuna katkıda bulunduğu açıklanmıştır (Lu ve ark., 2021). Kararlı toprak agregatları, organik karbonu mikrobiyal ayrışmadan koruyarak toprak matrisi içinde hapsedmektedir. Bu sürecin, toprak verimliliğini korumak ve atmosfere

salınan karbondioksit miktarını azaltarak iklim değişikliğini hafifletmede etkili olduğu bildirilmiştir (Chen ve ark., 2024).

Toprakta, biyofilmlerin kök yüzeylerinde, toprak parçacıklarında ve toprak gözeneklerinde olduğu, toprak yapısına ve stabilitesine katkı sağladığı bildirilmiştir (Deng ve ark., 2024). Çeşitli mikrobiyal topluluklar tarafından biyofilm oluşumu, toprak mikroorganizmalarını çevresel streslerden korurken, bitki kökleriyle etkileşimlerini de artırmıştır (Kavirasi ve ark., 2026). Özellikle çeşitli bakteri ve fungi tarafından oluşturulan biyofilmlerin, toprak agregasyonunda ve toprak organik maddesinin tutulmasında önemli bir rol oynadığı belirlenmiştir (Wu ve ark., 2019). Biyofilmlerin ayrıca rizosferde faydalı mikrobiyal toplulukların oluşturulmasını kolaylaştırarak bitki sağlığını ve büyümesini destekleyebildiği açıklanmıştır (Wu ve ark., 2019). Biyofilm üreten bitki gelişimini artıran mikroorganizmaların bitkilerin yüksek sıcaklık, tuz ve kuraklığa karşı direncini artırdığı için iklim dostu tarım için de çok umut verici olduğu açıklanmış; ozmolit birikimini, su tutmayı ve antioksidan aktiviteyi değiştirerek bitkinin abiyotik strese karşı toleransını artırmıştır (Dos Santos ve ark., 2024). Biyofilmlerin karbon kullanım verimliliğini artırarak, toprak agregasyonunu güçlendirerek ve azot oksit (N<sub>2</sub>O) yayan mikroorganizmaların etkisini azaltarak iklim değişikliği sürecini yavaşlatmaya yardımcı olduğu, böylece tarım sistemlerinde sera gazı salınımını azaltmak için oldukça etkili ajanlar haline geldiği bildirilmiştir (Kim ve Cho, 2022).

Bakteriyel topluluk bileşiminin toprak organik karbonu ve toplam azot ile yakından ilişkili olduğu, mantarların ise toprak organik karbonu, kil ve silt içeriğiyle yakından ilişkili olduğu yapılan bir araştırmada tespit edilmiştir (Huang ve ark., 2025). Toprağın organik karbon içeriğinin, toprak mikroorganizmaları için birincil enerji ve besin kaynağı olmasından dolayı mikroorganizmaların toprak organik karbonunu kullanmada farklılık gösterdiği, bu nedenle organik karbondaki değişikliğin toprakların mikrobiyal topluluk bileşimini önemli ölçüde etkileyebildiği saptanmıştır (Sokol ve ark., 2022). Araştırmacılar bitki örtüsü restorasyonu sürecinde bakteri topluluk bileşiminin belirli bir ölçüde topraktaki besin içeriği tarafından etkilendiğini, mantar topluluk yapısının ise toprak yapısı tarafından etkilendiğini bildirmişlerdir (Xia ve ark., 2020). Kimyasal girdiler ve yoğun yapılan tarım uygulamaları mikrobiyal popülasyonu ve biyokütleyi büyük ölçüde azaltabilirken; organik iyileştiricilerin, mikrobiyal biyokütleyi güçlendirdiği, toprak sağlığına olumlu katkı sağladıkları açıklanmıştır (Mishra ve ark., 2025).

## 2.6. Gübre Uygulaması

Topraklara gübre ilavesi, toprağın belirli kimyasal özelliklerinde değişikliklere neden olduğundan, toprak mikroorganizmalarının faaliyetlerini etkilenmiş ve topluluk yapısında değişikliklere yol açmıştır (Zhang ve ark., 2012). Gübre ilavesinin, toprağın fiziksel özelliklerini etkileyerek ve bitki büyümesi için toprak ortamını değiştirerek toprakların mikrobiyal topluluk yapısı üzerinde dolaylı bir etkiye de sahip olduğu açıklanmıştır (Li ve ark., 2023). Uzun süre yapılan gübreleme, toprakta birçok toksik maddenin birikmesine yol açarak topraktaki bazı mikroorganizmaların bu toksik maddeleri parçalayamadığı ve bunun sonucunda topraktaki azot dönüşüm oranının düştüğü, toprak mikroorganizmalarının çeşitliliğini engellediği belirlenmiştir (Wang ve ark., 2022). Uzun süreli gübreleme koşulları altında toprak mikroorganizmalarının karbon kaynaklarını kullanma yeteneğinin değiştiği, gübre uygulamasının topraktaki mikrobiyal çeşitliliği ve popülasyonunu değiştirerek mikrobiyal bolluk ve baskınlık indekslerini artırdığı yapılan araştırmalarda belirlenmiştir (Yang ve ark., 2022)

## Sonuç

Toprakların mikrobiyal çeşitliliği toprak pH'sı, sıcaklık, nem, organik madde içeriği, bitki örtüsü gibi faktörler tarafından etkilenmektedir. Mikroorganizmalar bu değişimlere farklı tepkiler vermekte olup; spor oluşturarak, enzim aktivitelerinde değişiklikler meydana gelerek, farklı mikrobiyal bileşikler oluşturarak topluluk yapısını ortama adapte etmektedir. Topraklarda mikrobiyal çeşitliliğinin korunması; toprak sağlığının korunması, sürdürülebilir tarım ve ekosistemin devamlılığı için oldukça önemlidir.

## Kaynakça

1. Ahmed, B., Smart, L.B., Hijri, M. (2021). Microbiome of field grown hemp reveals potential microbial interactions with root and rhizosphere soil. *Frontier Microbiology*, 12:741597.
2. Anthony, M.A., Crowther, T.W., van der Linde, S., Suz, L.M., Bidartondo, M.I., Cox, F., Schaub, M., Rautio, P., Ferretti, M., Vesterdal, L. (2022). Forest tree growth is linked to mycorrhizal fungal composition and function across Europe. *Multidisciplinary Journal of Microbial Ecology* 16, 1327–1336
3. Attarzadeh, M., Balouchi, H., Rajaie, M., Dehnavi, M.M., Salehi, A. (2019). Growth and nutrient content of *Echinacea purpurea* as affected by the combination of phosphorus with arbuscular mycorrhizal fungus and *Pseudomonas florescent* bacterium under different irrigation regimes. *Journal of Environmental Management*, 231, 182–188.
4. Bayranvand M., Akbarinia M., Salehi Jouzani G., Gharechahi J., Kooch Y., Baldrian P. (2021). Composition of soil bacterial and fungal communities in relation to vegetation composition and soil characteristics along an altitudinal gradient. *FEMS Microbiology Ecology*, 97, 1-16.
5. Chauhan, P., Sharma, N., Tapwal, A., Kumar, A., Verma, G. S., Meena, M., Seth, C.S., Swapnil, P. (2023). Soil Microbiome: Diversity, Benefits and Interactions with Plants. *Sustainability*, 15(19), 14643.
6. Che, Y., Jin, G.Z. (2024). Plant-soil microbial diversity and structural attributes jointly dominate the multifunctionality of the temperate forest. *Ecological Indicators*, 166, 112282.
7. Chen, Q., Song, Y., An, Y., Lu, Y., Zhong, G. (2024). Soil Microorganisms: their role in enhancing crop nutrition and health. *Diversity*, 16(12), 734.
8. Chen, L., Liu, Y. (2024). The function of root exudates in the root colonization by beneficial soil rhizobacteria. *Biology*, 13, 95.
9. Chorenó-Parra, E.M., Treseder, K.K. (2024). Mycorrhizal fungi modify decomposition: A meta-analysis. *New Phytologist*, 242, 2763–2774.
10. Deng, W., Wang, Y., Wang, Z., Liu, J., Wang, J., Liu, W. (2024). Effects of photoaging on structure and characteristics of biofilms on microplastic in soil: Biomass and microbial community. *Journal of Hazardous Materials*, 467, 133726
11. Devi S., Soni R. (2019). Soil Health Restoration and Management (Singapore: Springer Singapore ), p.161–202.
12. Dos Santos, A.J., Shen, H., Lanza, M.R.V., Li, Q., Garcia-Segura, S. (2024). Electrochemical oxidation of surfactants as an essential step to enable greywater reuse. *Environmental Technology & Innovation*, 34,103563.

13. Fu, F., Li, J., Li, Y., Chen, W., Ding, H., Xiao, S. (2023). Simulating the effect of climate change on soil microbial community in an *Abies georgei* var. *smithii* forest. *Frontiers in Microbiology*, 14, 1189859
14. Handakumbura, P.P., Ubach, A.R., Battu, A.K. (2021). Visualizing the hidden half: Plant-Microbe Interactions in the rhizosphere. *Msystems*, 6, 10–1128
15. Hassan, S., Mathesius, U. (2012). The role of flavonoids in root-rhizosphere signalling: opportunities and challenges for improving plant-microbe interactions. *Journal of Experimental Botany*, 63,3429–3444.
16. Hu, Y., Duan, C., Fu, D., Wu, X., Yan, K., Fernando, E., Karunarathna, S. C., Promputtha, I., Mortimer, P. E., Xu, J. (2020). Structure of bacterial communities in phosphorus-enriched rhizosphere soils. *Applied Sciences*, 10(18), 6387.
17. Huang, P., Shi, H., Jiang, L., Zhu, D., Zhou, Z., Hou, Z., Ma, X. (2025). Soil microbial community and influencing factors of different vegetation restoration types in a typical agricultural pastoral ecotone. *Frontiers Microbiology*, 15,1514234.
18. Huet S., Romdhane S., Breuil M. C., Bru D., Mounier A., Spor A. (2023). Experimental community coalescence sheds light on microbial interactions in soil and restores impaired functions. *Microbiome*, 11, 2-17.
19. Ibanez de Aldecoa A. L., Zafra O., Gonzalez-Pastor J. E. (2017). Mechanisms and regulation of extracellular DNA release and its biological roles in microbial communities. *Frontiers Microbiology*, 8:1390.
20. Inagaki, T.M., Possinger, A.R., Schweizer, S.A., Mueller, C.W., Hoeschen, C., Zachman, M.J., Kourkoutis, L.F., Kogel-Knabner, I., Lehmann, J. (2023). Microscale spatial distribution and soil organic matter persistence in top and subsoil. *Soil Bioogy and Biochemistry*, 178, 108921
21. Kaviarasi, V., Parthasarathi, R., Akash, K., Senthil, K.M., Raja,K., Sherene, J.R.T., Vijayapriya, M., Anandha, K.S. (2026).Microbial biofilms and their role in sustainable agriculture and climate-smart farming. *Plant Science Today*.13, 1–11.
22. Kim, J.Y., Cho, K.S. (2022). Inoculation effect of *Pseudomonas* sp. TF716 on N<sub>2</sub>O emissions during rhizoremediation of diesel-contaminated soil. *Science Reports*, 12, 13018
23. Li, J., Jiang, X., Zhou, X., Yin, X., Niu, K. (2023). Grasses mixture-planting rather than fertilization depresses soil microbial diversity in an alpine artificial grassland. *Plant Soil*, 506, 525-539..
24. Lu, X., Hou, E., Guo, J., Gilliam, F.S., Li, J., Tang, S., Kuang, Y. (2021). Nitrogen addition stimulates soil aggregation and enhances carbon storage in

- terrestrial ecosystems of China: A meta-analysis. *Global Change Biology*, 27, 2780–2792.
25. Louca, S., Polz, M.F., Mazel, F., Albright, M.B.N., Huber, J.A., O'Connor, M.I., Ackermann, M., Hahn, A.S., Srivastava, D.S., Crowe, S.A. (2018). Function and functional redundancy in microbial systems. *Nature Ecology & Evolution*, 2, 936–943.
  26. Mishra, A.K., Yadav, P., Sharma, S., Maurya, P. (2025). Comparison of microbial diversity and community structure in soils managed with organic and chemical fertilization strategies using amplicon sequencing of 16 s and ITS regions. *Frontiers Microbiology*, 15, 1444903.
  27. Policelli, N., Bruns, T.D., Vilgalys, R., Nunez, M.A. (2019). Suiloid fungi as global drivers of pine invasions. *New Phytologist*, 222, 714–725
  28. Qiu, L.X., Guan, D.X., Liu, Y.W., Teng, H.H. Li, Z.B., Lux, A., Kuzyakov, Y., Ma, L.Q. (2024). Mechanisms of Arbuscular Mycorrhizal Fungi increasing silicon uptake by rice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 72, 16603–16613.
  29. Qu, P., Wang, B., Qi, M., Lin, R., Chen, H., Xie, C., Zhang, Z., Qiu, J., Du, H., Ge, Y. (2024). Medicinal plant root exudate metabolites shape the rhizosphere microbiota. *International Journal of Molecular Sciences*, 25, 7786.
  30. Sokol N. W., Slessarev E., Marschmann G. L., Nicolas A., Blazewicz S. J., Brodie E. L. (2022). Life and death in the soil microbiome: how ecological processes influence biogeochemistry. *Nature Reviews Microbiology*, 20, 415–430.
  31. Song, Y., Pieterse, C.M.J., Bakker, P.A.H.M., Berendsen, R.L. (2021). Collection of Sterile Root Exudates from Foliar Pathogen-Inoculated Plants. *Methods in Molecular Biology*, 2232, 305–317.
  32. Tan, W.F., Deng, Z.W., Lv, J.W., Tang, D.S., Li, J.X., Pang, C. (2024). The effect of bacteria on uranium sequestration stability by different forms of phosphorus. *Environmental Science & Technology*, 1, 1–9.
  33. Thilakarathna, M.S., Cope, K.R. (2021). Split-root assays for studying legume-rhizobia symbioses, rhizodeposition, and belowground nitrogen transfer in legumes. *Journal of Experimental Botany*, 72, 5285–5299
  34. Velmourougane, K., Prasanna, R., Saxena, A.K. (2017). Agriculturally important microbial biofilms: Present status and future prospects. *Journal of Basic Microbiology*, 57, 548–573.
  35. Vives-Peris, V., Molina, L., Segura, A., Gomez-Cadenas, A., Perez-Clemente, R.M. (2018). Root exudates from citrus plants subjected to abiotic stress

- conditions have a positive effect on rhizobacteria. *Journal of Plant Physiology* 228, 208–217.
36. Vives-Peris, V., de Ollas, C., Gómez-Cadenas, A. (2020). Root exudates: from plant to rhizosphere and beyond. *Plant Cell Reports*, 39, 3–17
  37. Wang, W., Jia, T., Qi, T., Li, S., Degen, A.A., Han, J., Bai, Y., Zhang, T., Qi, S., Huang, M. (2022). Root exudates enhanced rhizobacteria complexity and microbial carbon metabolism of toxic plants. *Isience*, 25, 105243.
  38. Wang, L., Ning, T., Huang, H., Chen, Q. (2022). Effects of different fertilization methods on soil community diversity in mangrove wetland. *Fresenius Environmental Bulletin*, 31, 10793–10800.
  39. Wu, H., Xiang, W., Ouyang, S., Forrester, D.I., Zhou, B., Chen, L., Ge, T., Lei, P., Chen, L., Zeng, Y. (2019). Linkage between tree species richness and soil microbial diversity improves phosphorus bioavailability. *Functional Ecology*, 33, 1549–1560.
  40. Wu, Y., Cai, P., Jing, X., Niu, X., Ji, D., Ashry, N.M., Gao, C., Huang, Q. (2019). Soil biofilm formation enhances microbial community diversity and metabolic activity. *Environment International*, 132, 105116.
  41. Xia, Q., Rufty, T., Shi, W. (2020). Soil microbial diversity and composition: links to soil texture and associated properties. *Soil Biology and Biochemistry*, 149, 107953.
  42. Xiong, R., Gao, N., Qiu, Z., Hou, Y., Shen, W. (2024). Soil pH amendment alters the abundance, diversity, and composition of microbial communities in two contrasting agricultural soils. *Microbiology Spectrum*, 6;12(8):e0416523
  43. Yang, F., Chen, Q., Zhang, Q., Long, C.Y., Jia, W., Cheng, X.L. (2021). Keystone species affect the relationship between soil microbial diversity and ecosystem function under land use change in subtropical China. *Functional Ecology*, 35, 1159–1170.
  44. Yang, Y., Chen, X., Liu, L., Li, T., Dou, Y., Qiao, J., Wang, Y., An, S., Chang, S.X. (2022). Nitrogen fertilization weakens the linkage between soil carbon and microbial diversity: A global meta-analysis. *Global Change Biology*, 28, 6446–6461
  45. Zhang, Q., Shamsil, C., Xu, H.D., Wang, G.H., Lin, X.Y., Jilani, G. (2012). Chemical fertilizer and organic manure inputs in soil exhibit a vice versa pattern of microbial community structure. *Applied Soil Ecology*, 571–8. 10.1016/j.apsoil.2012.02.012

46. Zhao, J., Xie, X., Jiang, Y., Lia, Y., Fu, Q., Qiu, Y., Fu, X., Yao, Z., Dai, Z., Qiu, Y., Chen, H. (2024). Effects of simulated warming on soil microbial community diversity and composition across diverse ecosystems. *Science of The Total Environment*, 911, 1-14
47. Zhou, J.Z., Deng, Y., Shen, L.N., Wen, C.Q., Yan, Q.Y., Ning, D.L., Qin, Y.J., Xue, K., Wu, L.Y., He, Z.L. (2016). Temperature mediates continental-scale diversity of microbes in forest soils. *Nature Communications*, 7, 12083

## 4. Bölüm

### Hassas Hayvancılıkta Dijitalleşme, Sürdürülebilirlik ve Hayvan Refahı

Mehmet SARAÇOĞLU<sup>1</sup>

Küresel ölçekte artan gıda güvenliği sorunları ve hayvansal proteine yönelik yükselen talep, modern hayvancılık sistemleri üzerinde giderek artan bir baskı oluşturmaktadır. Hayvansal protein, insan beslenmesinin temel bileşenlerinden biri olup küresel diyet protein arzının yaklaşık %40'ını karşılamakta; nüfus artışı ve değişen tüketim alışkanlıklarına bağlı olarak bu talebin daha da artacağı öngörülmektedir [Smith ve ark., 2024]. Gelişmekte olan ülkelerde kentleşme ve ekonomik kalkınmaya paralel olarak hayvansal ürün tüketiminde gözlenen artış, bu talep dinamiğini daha da güçlendirmektedir [Henchion ve ark., 2017]. Buna ek olarak, temel amino asitler, vitaminler ve mineraller açısından zengin olan hayvansal proteinlerin tüketiciler tarafından giderek daha fazla tercih edilmesi, söz konusu küresel eğilimi desteklemektedir [Jaisli ve Brunori, 2024].

Bu genel talep artışı, özellikle Asya, Hindistan ve Güney Amerika gibi bölgelerde kişi başına düşen gelirin yükselmesiyle birlikte hayvansal protein kaynaklarına finansal erişimin kolaylaşmasıyla birleşmekte ve 2050 yılına kadar küresel hayvansal ürün (et, süt ve yumurta) talebinde yaklaşık %70'lik bir artış öngörülmektedir. Bu durum, hayvancılık sektöründe yalnızca üretim hacmini değil, aynı zamanda üretim sistemlerinin organizasyonunu da dönüştürmektedir. İşletme başına düşen hayvan sayısının artması ve üretici sayısının azalması, sürü yönetimini daha karmaşık hale getirerek bireysel hayvan takibini geleneksel yöntemlerle sürdürülemez kılmıştır. Bu yapısal dönüşüm, aynı zamanda hayvan sağlığı ve refahının iyileştirilmesi, çevresel etkilerin azaltılması ve üretim verimliliğinin artırılması gibi çok boyutlu gereklilikleri daha belirgin hale getirmiştir.

Bu bağlamda dijital hayvancılık sistemleri ve Hassas Hayvancılık (Precision Livestock Farming - PLF) yaklaşımları, sektörde ortaya çıkan bu karmaşık yapısal sorunlara yanıt olarak gelişmektedir. Büyük veri analitiği, Nesnelerin İnterneti (IoT), yapay zekâ ve sensör tabanlı izleme teknolojilerinin entegrasyonu sayesinde dijital hayvancılık, hayvanların sağlık, davranış ve üretim parametrelerinin sürekli ve gerçek zamanlı olarak izlenmesini mümkün

<sup>1</sup> Dr.; ORCID: 0000-0002-5845-2099

kılmaktadır. Bu sayede yalnızca bireysel hayvan düzeyinde değil, sürü düzeyinde de veri temelli ve proaktif yönetim kararları alınabilmektedir.

PLF bu çerçevede, üretim süreçlerinde meydana gelen anomalilerin erken aşamada tespit edilmesini sağlayarak hem ekonomik kayıpları azaltmakta hem de hayvan refahını artırmaktadır.

Dolayısıyla dijital hayvancılık, artan üretim baskısı karşısında yalnızca bir teknolojik yenilik değil, aynı zamanda sürdürülebilir üretim, gıda güvenliği ve hayvan refahının eş zamanlı olarak optimize edilmesini sağlayan stratejik bir dönüşüm aracı olarak değerlendirilmektedir.

### **HASSAS HAYVANCILIK (PLF) ve DİJİTALLEŞME**

Dijital dönüşüm, küresel ekonomik büyümenin temel belirleyicilerinden biri olarak kabul edilmekte olup (Okorie ve ark., 2023), 2022 yılında 51 ülkede dijital ekonominin 41,4 trilyon ABD dolarına ulaşarak küresel GSYİH'nin %46,1'ini oluşturduğu rapor edilmiştir. Bu dönüşüm, dijital teknolojilerin ekonomik ve toplumsal yapılara sistematik biçimde entegre edilmesiyle karakterize edilmekte; dijital altyapı ve bilgi araçlarının sürekli gelişimi sayesinde sektörler arası etkileşim ve entegrasyon. Özellikle yapay zekâ, bulut bilişim ve Nesnelerin İnterneti (IoT) gibi ileri teknolojiler, iklim değişikliği ile mücadele kapsamında enerji verimliliğini artırma ve karbon emisyonlarını azaltma potansiyeliyle öne çıkmakta; aynı zamanda tarımsal üretimde doğruluk, kontrol edilebilirlik ve sürdürülebilirliği güçlendirmektedir (He ve ark., 2025).

Bu geniş dijitalleşme süreci içinde hayvancılık sektörü, gıda güvenliği, istihdam ve sürdürülebilir kalkınma açısından stratejik bir konuma sahiptir. Sektörde beslenme yönetimi ve hastalık kontrolü, hayvan refahı ile üretim verimliliğinin sağlanmasında kritik rol oynamakta; teknolojik gelişmeler ise bu süreçlerin daha hassas ve etkin biçimde yönetilmesini mümkün kılmaktadır (Kioumarsı ve ark., 2025). Ancak bitkisel üretimde hassas ekim, ilaçlama ve hasat gibi alanlarda yüksek düzeyde teknolojik entegrasyon görülürken, hayvancılıkta dijitalleşme daha çok çevresel kontrol, izleme ve tespit sistemleriyle sınırlı kalmıştır (Wang ve ark., 2023; Banhazi ve ark., 2012).

Bu bağlamda Hassas Hayvancılık (Precision Livestock Farming - PLF), hayvancılık üretim sistemlerinde dijitalleşmenin somut bir yansıması olarak ortaya çıkmış ve veri temelli karar verme mekanizmalarına dayalı modern bir yönetim yaklaşımı geliştirmiştir. PLF'nin temel amacı, hayvan sağlığı, refahı, üretim ve üreme performansı ile çevresel etkilerin sürekli ve gerçek zamanlı olarak izlenmesi yoluyla bireysel hayvan yönetimini mümkün kılmaktır. Bu "sürekli izleme" yaklaşımı, 7/24 kesintisiz veri toplama ve analiz kapasitesine dayanmaktadır. Kamera tabanlı görüntü işleme, mikrofonla ses analizi ve hayvan

üzerine yerleştirilen sensörler aracılığıyla elde edilen veriler, olası anomalileri anlık olarak tespit ederek çiftçiye gerçek zamanlı uyarılar sunmaktadır (Berckmans, 2017).

Bu yönüyle PLF, geleneksel ve geçmişe dayalı hayvan refahı değerlendirme yaklaşımlarından ayrılmakta; reaktif değil proaktif bir yönetim anlayışı sunmaktadır. Geleneksel sistemlerde hayvan refahı çoğunlukla kesim sonrası veya ileri evrelerde değerlendirildiğinden, müdahale zamanlaması açısından önemli sınırlılıklar ortaya çıkmaktadır. Buna karşılık PLF sistemleri, üretim sürecinde oluşan anomalileri erken aşamada tespit ederek zamanında müdahaleye olanak tanımakta ve karar destek sistemi işlevi görmektedir. Ancak bu sistemlerin etkinliği, saha koşullarına entegrasyon, ticari uygulamalarda test edilme ve metodolojik olarak sağlam tasarım gerekliliklerine bağlıdır (Berckmans, 2017).

PLF, süreç mühendisliği prensipleriyle hayvan üretimini izleme, modelleme ve otonom biçimde yönetme kapasitesine sahiptir (Tullo ve ark., 2019). Sensör tabanlı izleme sistemleri sayesinde hayvan davranışı, sağlık durumu ve büyüme performansı sürekli takip edilmekte; böylece erken teşhis imkânı sağlanarak hem üretim verimliliği hem de hayvan sağlığı iyileştirilmektedir. Ayrıca bu sistemler, yönetim süreçlerinin optimize edilmesi yoluyla çevresel etkilerin azaltılmasına da katkı sunmaktadır (Schillings ve ark., 2021; Bigliardi ve ark., 2023). Bununla birlikte PLF teknolojilerinin önemli bir kısmı henüz yaygın ticarileşme aşamasına ulaşmamış olup, özellikle hayvan refahı odaklı uygulamalar sınırlı düzeyde benimsenmiştir (Tuytens ve ark., 2022).

PLF ile ilişkili olarak dijital hayvancılık sistemleri, daha geniş bir teknoloji ekosistemi oluşturarak bu yapıyı desteklemektedir. Büyük veri analitiği, bilgi ve iletişim teknolojileri (BİT), IoT, kablosuz sensörler, mobil teknolojiler, yapay zekâ, otonom sistemler ve dronlar gibi bileşenlerin entegrasyonu sayesinde hayvancılık üretimi daha bağlantılı, veri odaklı ve akıllı bir yapıya dönüşmektedir (Wolfert ve ark., 2017; da Rosa Righi ve ark., 2020; Tuytens ve ark., 2022). Bu teknolojik altyapı, üreticilere daha doğru, hızlı ve karar destekleyici bilgi sunma açısından kritik öneme sahiptir.

Genel olarak değerlendirildiğinde PLF ve dijital hayvancılık sistemleri, yalnızca üretim verimliliğini artırmakla kalmamakta; aynı zamanda hayvan refahı, izlenebilirlik ve çevresel sürdürülebilirlik gibi çok boyutlu hedeflere de katkı sağlamaktadır. Ancak bu teknolojilerin yaygınlaşması ve etkinliğinin artırılması için daha fazla saha temelli ve uygulamalı araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu dönüşümün daha geniş çerçevesi dijitalleşme süreciyle açıklanmaktadır. Dijital dönüşüm, ekonomik sistemlerin yeniden yapılanmasını sağlayan temel bir motor olarak görülmekte (Okorie ve ark., 2023) ve dijital teknolojilerin toplumsal

ve ekonomik yapılara entegrasyonunu ifade etmektedir (He ve ark., 2025). Bu kapsamda yapay zekâ, bulut bilişim ve IoT gibi teknolojiler hem üretim süreçlerini optimize etmekte hem de iklim değişikliğiyle mücadelede önemli katkılar sunmaktadır.

Hayvancılık sektörü özelinde ise beslenme yönetimi ve hastalık kontrolü, üretim sistemlerinin en kritik bileşenleri olarak öne çıkmaktadır. Hassas besleme sistemleri, bireysel hayvan ihtiyaçlarına göre yem optimizasyonu sağlayarak hem sağlık hem de çevresel sürdürülebilirlik açısından avantajlar sunmaktadır. Benzer şekilde yapay zekâ destekli otomatik yemleme, biyosensörler ve giyilebilir teknolojiler, hastalıkların erken tespiti ve sürü sağlığı yönetimini mümkün kılmaktadır. Bu süreçler, büyük veri analitiği ile desteklenerek hastalık risk tahmini ve yönetim stratejilerinin optimizasyonunu sağlamaktadır (Kioumarsı ve ark., 2025).

Dijitalleşmenin yaygınlaşmasıyla birlikte hayvancılık sektörü, dijital, hassas ve akıllı sistemlere doğru evrilmiş; bu sistemler üretim verimliliğini artırma, maliyetleri düşürme ve gıda güvenliğini güçlendirme hedefleri doğrultusunda entegre bir yapı oluşturmuştur (Rogachev ve ark., 2022; Jiang ve ark., 2023; Azlan ve ark., 2024). Bu dönüşüm aynı zamanda otomasyon teknolojilerinin gelişimiyle desteklenmiş ve tarımsal robotik sistemlerin sektördeki rolünü artırmıştır (Mallinger ve Baeza-Yates, 2024).

Tarımsal robotlar; veri algılama, özellik çıkarımı ve karar verme, veri etkileşimi ile görev planlama ve uygulama gibi temel bileşenlerden oluşmaktadır (Ren ve ark., 2020). Sensörler aracılığıyla toplanan çevresel ve biyolojik veriler, yapay zekâ destekli sistemler tarafından işlenerek karar destek mekanizmalarına dönüştürülmekte; bu süreçte bilgi ve iletişim teknolojileri (ICT) ve IoT altyapıları veri yönetimi ve analizini mümkün kılmaktadır (Gokmi, 2020; Kasera ve ark., 2024). Nihai hedef, bu alt sistemlerin tamamen entegre, otonom ve akıllı tarımsal üretim sistemlerine dönüşmesidir.

## **YAPAY ZEKÂ VE HAYVANCILIKTA UYGULAMALARI**

Yapay zekâ (YZ) teknolojilerinin hızlı gelişimi, hayvancılık sektörü bağlamında değerlendirildiğinde geleceğe yönelik iki temel yaklaşımı beraberinde getirmektedir: teknolojiye ilişkin risk ve belirsizliklere odaklanan eleştirel yaklaşım ile YZ'nin hayvansal üretimde verimlilik, refah ve sürdürülebilirliği artıracığına yönelik iyimser yaklaşım. Eleştirel perspektif, özellikle veri güvenliği, algoritmik önyargı, sistemlerin yanlış teşhis üretme olasılığı ve çiftlik düzeyinde teknolojik bağımlılığın artması gibi risk alanlarına odaklanmaktadır. Buna karşılık iyimser yaklaşım, YZ'nin erken hastalık tespiti, üretim performansının optimizasyonu, sürü yönetiminin iyileştirilmesi ve hayvan

refahının nesnel göstergelerle izlenmesi gibi alanlarda karar destek kapasitesini güçlendirdiğini vurgulamaktadır. Bu farklı bakış açılarına rağmen, yapay zekâ tabanlı sistemlerin hayvancılık üretim yapısını ve yönetim pratiklerini köklü biçimde dönüştüreceği konusunda genel bir uzlaşa bulunmaktadır.

Bu dönüşüm, yalnızca teknolojik bir modernizasyon olarak değil, aynı zamanda hayvancılık üretim zincirinin tüm aşamalarında veri temelli karar alma süreçlerinin yaygınlaşmasını içeren kapsamlı bir sosyo-teknik yeniden yapılanma olarak değerlendirilmektedir. Geleneksel hayvancılık sistemlerinde gözleme ve deneyime dayalı yönetim anlayışı hâkimken, YZ destekli sistemlerle birlikte bu yapı giderek sensör tabanlı ölçümleme, gerçek zamanlı analiz ve otomatik karar destek mekanizmalarına doğru evrilmektedir. Böylece yemleme, sağlık kontrolü, üreme yönetimi ve çevresel kontrol gibi kritik süreçler daha hassas, izlenebilir ve optimize edilebilir hale gelmektedir.

Sanayi Devrimi'nden bu yana süregelen mekanizasyon, otomasyon ve dijitalleşme süreçlerinin devamı niteliğinde olmakla birlikte, güncel YZ uygulamaları hayvancılıkta niteliksel bir kırılma noktası oluşturmaktadır. Çünkü bu yeni evre, yalnızca üretim süreçlerinin otomasyonunu değil, aynı zamanda hayvan davranışlarının, fizyolojik değişimlerin ve çevresel parametrelerin eş zamanlı analiz edilmesini mümkün kılmaktadır. Bu bağlamda yapay zekâ, hayvancılık sistemlerinde insan karar vericiyi tamamen ortadan kaldırmaktan ziyade, onu destekleyen ve karmaşık veri setlerini anlamlandırmasına yardımcı olan bir karar destek altyapısı olarak konumlanmaktadır.

Bu çerçevede yapay zekâ, algılama, öğrenme, problem çözme ve karar verme gibi insan benzeri bilişsel işlevleri yerine getirebilen bilgisayar sistemleri olarak tanımlanmaktadır (Russell, 2010). YZ'nin temel alt alanları arasında makine öğrenimi, bilgisayarla görme ve üretken yapay zekâ yer almaktadır. Makine öğrenimi, veri içerisindeki örüntüleri tanıyarak tahmin yapabilen sistemleri ifade ederken; bilgisayarla görme görüntü verilerinden nesne tanıma ve yorumlama gerçekleştiren sistemleri kapsamaktadır. Üretken yapay zekâ ise metin, görüntü ve benzeri yeni içerik üretebilen modelleri içermektedir (Young ve ark., 2026).

Bu genel yapay zekâ çerçevesi, hayvancılık sektöründe özellikle fenotipik veri analizi ve bireysel hayvan izleme süreçlerinde önemli bir dönüşüm yaratmaktadır. Hayvanların dışsal ve fizyolojik özelliklerinin ölçülmesi, yetiştiricilik çalışmalarının temelini oluşturmaktadır (Brito ve ark., 2020). Yapay zekâ teknolojileri, fenotipik verilerin toplanması, işlenmesi ve analiz edilmesinde yüksek potansiyel sunarak, hayvanların sağlık durumu, büyüme performansı ve ekonomik özelliklerinin daha hızlı ve hassas biçimde değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır (Zhang ve Wei, 2020; Wang ve ark., 2022).

Bu bağlamda görüntü işleme, sensör teknolojileri ve biyoinformatik araçlar hayvan davranışı ve fizyolojik durumunun izlenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Örneğin PointNet++ mimarisi, 3B nokta bulutu verileri üzerinden hayvan morfolojisinin yüksek doğrulukla analiz edilmesini mümkün kılmakta ve vücut şekli ile postür değişimlerinin tespitini kolaylaştırmaktadır (Qi ve ark., 2017). Derin öğrenme tabanlı modeller bu süreci daha da ileri taşımış; evrimsel sinir ağları (CNN) sayesinde özellikle kümes hayvanlarının davranışlarının gerçek zamanlı izlenmesi mümkün hâle gelmiştir (Wu ve ark., 2023; Lee ve ark., 2024). Benzer şekilde ORP-Byte ve EMA-YOLOv8 gibi modeller hareket analizi ve dinamik davranış takibini geliştirmektedir (Lu ve ark., 2024; Wei ve ark., 2023).

Bu teknolojiler, derinlik kameraları ve 3B modelleme sistemleri ile entegre edildiğinde, hayvanların hem fiziksel yapısının hem de çevresel etkileşimlerinin bütüncül biçimde yeniden yapılandırılmasına imkân tanımaktadır. Fizyolojik izleme açısından ise çift kanallı mikrofon dizileri ve kızılötesi termografi sensörleri, akustik ve termal verilerin hassas şekilde elde edilmesini sağlayarak davranış analizinin doğruluğunu artırmaktadır. Çok modlu veri kaynaklarının (örneğin görsel veriler, ısı yayılımı ve hareket sinyalleri) entegrasyonu, hayvan sağlığı ve davranışının daha kapsamlı analizini mümkün kılmaktadır. Ayrıca solunum paterni analizi gibi fizyolojik göstergeler, erken hastalık tespiti ve sağlık yönetimi stratejilerinin geliştirilmesinde önemli bir araç olarak öne çıkmaktadır (Kim ve Hidaka, 2021). Bu sistemler, farklı hayvan türlerine uyarlanabilir yapıları sayesinde hassas hayvancılık uygulamalarına güçlü bir teknik altyapı sunmaktadır.

YZ'nin hayvancılıkta kullanımı yalnızca görüntü ve davranış analizi ile sınırlı değildir; aynı zamanda genetik ve üretimsel karar süreçlerinde de önemli bir rol üstlenmektedir. Makine öğrenimi modelleri, büyük ve gürültülü veri setlerinde örüntüleri tespit etme kapasitesi sayesinde hayvancılıkta yaygın biçimde kullanılmaktadır (Jeste ve ark., 2020). Derin öğrenme ve makine öğrenimi yaklaşımları, karmaşık genetik verilerin ve çevresel faktörlerin yorumlanmasında üstün performans göstermekte; böylece genetik lokusların belirlenmesi ve genomik tahmin modellerinin geliştirilmesi süreçlerini desteklemektedir (Fuentes ve ark., 2022; Rafi ve ark., 2024; Hua ve ark., 2023).

Sonuç olarak yapay zekâ teknolojileri, yalnızca veri analizi düzeyinde değil, aynı zamanda hayvancılıkta karar verme, genetik iyileştirme ve üretim optimizasyonu süreçlerinde de dönüştürücü bir rol üstlenmekte; özellikle büyük ölçekli modellerin gelişimi ile tarım ve hayvancılık alanında yeni nesil akıllı sistemlerin temelini oluşturmaktadır.

## SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK VE REFAH

Hayvan refahı, modern hayvancılık sistemlerinin temel bileşenlerinden biri olarak giderek artan bir önem kazanmaktadır. Bu artan önem, yalnızca etik ve toplumsal beklentilerden değil, aynı zamanda üretim verimliliği, ürün kalitesi ve sürdürülebilirlik hedeflerinden de kaynaklanmaktadır. Son çalışmalar, yapay zekâ (YZ) teknolojilerinin hayvan refahı alanındaki uygulamalarının oldukça geniş bir yelpazeye yayıldığını göstermektedir. Bu uygulamalar; hayvan davranışlarının ve duygusal durumlarının belirlenmesi, bireysel ve sürü düzeyinde yönetim süreçlerinin iyileştirilmesi ve hastalıkların erken evrede tespit edilmesi gibi kritik alanları kapsamaktadır (Zhang ve ark., 2023; De Vries ve ark., 2023).

Bu bağlamda yapay zekâ destekli sistemler, yalnızca bireysel hayvan refahının izlenmesini sağlamakla kalmayıp, aynı zamanda sürü yönetiminde karar verme süreçlerinin daha objektif, hızlı ve veri temelli şekilde yürütülmesine olanak tanımaktadır. Özellikle davranış analizi, fizyolojik izleme ve sağlık takibi gibi alanlarda kullanılan sistemler, sürekli ve yüksek çözünürlüklü veri üretimi sayesinde geleneksel gözleme dayalı değerlendirme yöntemlerinin sınırlılıklarını önemli ölçüde azaltmaktadır. Bu durum, refah değerlendirmelerinde sübjektiflik düzeyini düşürerek daha standardize ve ölçülebilir bir yapı oluşturulmasına katkı sağlamaktadır.

Hayvan refahının sürdürülebilir üretim sistemleriyle bütünleşmesi, yalnızca izleme teknolojilerinin geliştirilmesiyle değil, aynı zamanda entegre yönetim stratejilerinin uygulanmasıyla mümkündür. Bu kapsamda beslenme yönetimi, hastalık kontrolü, biyogüvenlik uygulamaları ve stres faktörlerinin azaltılmasına yönelik müdahaleler bütüncül bir sistem yaklaşımı içerisinde ele alınmaktadır. Ayrıca dijital kayıt tutma ve veri yönetim sistemleri, üretim süreçlerinin şeffaflığını artırarak izlenebilirliği güçlendirmekte ve kanıta dayalı karar verme mekanizmalarını desteklemektedir. Bu durum hem ulusal hem de uluslararası refah standartlarına uyumun sağlanmasında kritik bir rol oynamaktadır.

Sürdürülebilir hayvancılık sistemlerinde çevresel boyut da giderek daha belirleyici bir unsur hâline gelmektedir. Bu çerçevede rotasyonlu otlatma sistemleri, hassas mera yönetimi ve dijital izleme teknolojileri, hem yem kaynaklarının verimli kullanımını sağlamakta hem de ekosistem bütünlüğünün korunmasına katkıda bulunmaktadır. Bunun yanında, doğal bileşenlerle zenginleştirilmiş süt ve et ürünleri gibi yenilikçi üretim yaklaşımları hem ürün kalitesini artırmakta hem de üretim süreçlerinin çevresel ayak izini azaltarak sürdürülebilirlik hedeflerini desteklemektedir. Bu tür yaklaşımlar, üretim sistemlerinin yalnızca ekonomik değil, aynı zamanda ekolojik performansını da optimize etmeyi amaçlamaktadır.

Bununla birlikte, hayvancılıkta sürdürülebilirlik kavramı yalnızca işletme ölçeği ile sınırlı olmayıp, doğrudan tarımsal iklim eylemi ile ilişkili çok daha geniş bir çerçeveyi kapsamaktadır. Sektör, özellikle enterik fermantasyon kaynaklı metan emisyonları ve gübre yönetim süreçlerinden kaynaklanan azot oksit salımları nedeniyle önemli bir sera gazı kaynağı olarak değerlendirilmektedir. Bu nedenle emisyon azaltım stratejilerinin geliştirilmesi, gelişmiş izleme teknolojilerinin kullanımı ve uygun politika çerçevelerinin oluşturulması, net sıfır emisyon hedeflerine ulaşmada temel bileşenler arasında yer almaktadır. Ayrıca bu süreç, yalnızca teknik çözümleri değil, aynı zamanda davranışsal ve yönetsel dönüşümleri de gerektirmektedir.

Bu dönüşüm sürecinde Hassas Hayvancılık (Precision Livestock Farming - PLF) teknolojilerinin uygulanabilirliği giderek daha güçlü biçimde ortaya konulmaktadır. Avrupa'da gerçekleştirilen büyük ölçekli AB-PLF projesi, bu teknolojilerin ticari çiftlik koşullarında uygulanabilir olduğunu ve pratikte değer üretebildiğini göstermiştir. Geçmişte uygulanabilirliği sınırlı ve uzun vadeli bir hedef olarak görülen PLF sistemleri, günümüzde çiftlik düzeyinde operasyonel olarak kullanılabilir hâle gelmiş ve otomatik izleme, erken uyarı ve karar destek süreçlerine önemli katkılar sunmuştur (Zhu ve ark., 2025).

PLF teknolojileri, çiftçiyi karar süreçlerinden dışlayan bir yapıdan ziyade, karar verici rolünü destekleyen ve güçlendiren bir araç seti olarak konumlanmaktadır. Bu sistemler, biyolojik süreçlerin doğası gereği taşıdığı karmaşıklık nedeniyle insan karar mekanizmasının yerini almak yerine onu tamamlayıcı bir işlev üstlenmektedir. Böylece hem üretim verimliliğinin artırılması hem de iş gücü yükünün azaltılması mümkün hâle gelmekte; aynı zamanda hayvanların genetik potansiyeline daha etkin ve sürdürülebilir biçimde ulaşılması sağlanmaktadır.

Bununla birlikte, bu teknolojilerin etkin şekilde geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması, çok disiplinli bir yaklaşımı zorunlu kılmaktadır. Veterinerlik bilimleri, ziraat mühendisliği, veri bilimi, yapay zekâ ve mühendislik alanları arasında kurulacak güçlü bir entegrasyon, sistemlerin başarısı açısından belirleyici bir faktördür. Ancak mevcut durumda disiplinler arası iş birliğinin yeterince gelişmemesi, ayrıca araştırma odaklı rekabetin uygulamaya dönük geliştirme süreçlerinin önüne geçmesi, bu alandaki en önemli yapısal kısıtlar arasında yer almaktadır. Bu nedenle sürdürülebilir ilerleme, yalnızca teknolojik gelişmelere değil, aynı zamanda kurumsal ve akademik iş birliği mekanizmalarının güçlendirilmesine de bağlıdır.

## KAYNAKÇA

- Azlan, Z. H. Z., Junaini, S. N., Bolhassan, N. A., Wahi, R., & Arip, M. A. (2024). Harvesting a sustainable future: An overview of smart agriculture's role in social, economic, and environmental sustainability. *Journal of Cleaner Production*, *434*, 140338.
- Banhazi, T. M., Babinszky, L., Halas, V., & Tscharke, M. (2012). Precision Livestock Farming: Precision feeding technologies and sustainable livestock production. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, *5*(4), 54-61.
- Berckmans, D. (2017). General introduction to precision livestock farming. *Animal Frontiers*, *7*(1), 6–11.
- Bigliardi, B., Bottani, E., Casella, G., Filippelli, S., Petroni, A., Pini, B., et al. (2023). Industry 4.0 in the agrifood supply chain: A review. *Procedia Computer Science*, *217*, 1755–1764.
- Brito, L. F., Oliveira, H. R., McConn, B. R., Schinckel, A. P., Arrazola, A., Marchant-Forde, J. N., & Johnson, J. S. (2020). Large-scale phenotyping of livestock welfare in commercial production systems: A new frontier in animal breeding. *Frontiers in Genetics*, *11*, 793.
- De Vries, A., Bliznyuk, N., & Pinedo, P. (2023). Invited review: Examples and opportunities for artificial intelligence (AI) in dairy farms. *Applied Animal Science*, *39*, 14–22.
- Fuentes, S., Viejo, C. G., Tongson, E., & Dunshea, F. R. (2022). The livestock farming digital transformation: Implementation of new and emerging technologies using artificial intelligence. *Animal Health Research Reviews*, *23*(1), 59–71.
- Gokmi, K. (2020). A Study on the Analysis of Agricultural and Livestock Operations Using ICT-Based Equipment. *International journal of advanced smart convergence*, *9*(1), 215-221.
- He, D., Deng, X., Gao, Y., & Wang, X. (2025). How does digitalization affect carbon emissions in animal husbandry? A new evidence from China. *Resources, Conservation and Recycling*, *214*, 108040.
- Henchion, M., Hayes, M., Mullen, A. M., Fenelon, M., & Tiwari, B. (2017). Future protein supply and demand: Strategies and factors influencing a sustainable equilibrium. *Foods*, *6*(7), 53.
- Hua, H., Zou, S., Ma, Z., Guo, W., Fong, C. Y., & Khoo, B. L. (2023). A deformability-based biochip for precise label-free stratification of metastatic subtypes using deep learning. *Microsystems & Nanoengineering*, *9*(1), 120.

- Jaisli, I., & Brunori, G. (2024). Is there a future for livestock in a sustainable food system? Efficiency, sufficiency, and consistency strategies in the food-resource nexus. *Journal of Agriculture and Food Research*, *18*, 101496.
- Jeste, D. V., Graham, S. A., Nguyen, T. T., Depp, C. A., Lee, E. E., & Kim, H. C. (2020). Beyond artificial intelligence: Exploring artificial wisdom. *International Psychogeriatrics*, *32*(8), 993–1001.
- Jiang, W., Quan, L., Wei, G., Chang, C., & Geng, T. (2023). A conceptual evaluation of a weed control method with post-damage application of herbicides: A composite intelligent intra-row weeding robot. *Soil and Tillage Research*, *234*, 105837.
- Kasera, R. K., Gour, S., & Acharjee, T. (2024). A comprehensive survey on IoT and AI based applications in different pre-harvest, during-harvest and post-harvest activities of smart agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, *216*, 108522.
- Kioumars, H., Davani, S. M., & Karimov, S. (2025). Technological advancements in animal husbandry. *Research Communities by Springer Nature*. <https://communities.springernature.com/posts/technological-advancements-in-animal-husbandry>
- Kim, S., & Hidaka, Y. (2021). Breathing pattern analysis in cattle using infrared thermography and computer vision. *Animals*, *11*(1), 207.
- Lee, J. G., Lee, S. S., Alam, M., Lee, S. M., Seong, H. S., Park, M. N., et al. (2024). Utilizing 3D point cloud technology with deep learning for automated measurement and analysis of dairy cows. *Sensors*, *24*(3), 987.
- Lu, J., Chen, Z., Li, X., Fu, Y., Xiong, X., Liu, X., & Wang, H. (2024). ORP-Byte: A multi-object tracking method of pigs that combines Oriented RepPoints and improved Byte. *Computers and Electronics in Agriculture*, *219*, 108782.
- Mallinger, K., & Baeza-Yates, R. (2024). Responsible AI in farming: a multi-criteria framework for sustainable technology design. *Applied Sciences*, *14*(1), 437.
- Okorie, O., et al. (2023). Digital transformation and the circular economy: Creating a competitive advantage from the transition towards net zero manufacturing. *Resources, Conservation and Recycling*.
- Qi, C. R., Su, H., Mo, K., & Guibas, L. J. (2017). PointNet: Deep learning on point sets for 3D classification and segmentation. In *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition* (pp. 652–660).
- Rafi, A. M., Nogina, D., Penzar, D., Lee, D., Lee, D., Kim, N., ... & Random Promoter DREAM Challenge Consortium. (2024). Evaluation and

optimization of sequence-based gene regulatory deep learning models. *bioRxiv*, 2023-04.

- Ren, C., Kim, D. K., & Jeong, D. (2020). A survey of deep learning in agriculture: techniques and their applications. *Journal of Information Processing Systems*, 16(5), 1015-1033.
- Rogachev, A. F., Skiter, N. N., Ketko, N. V., Simonov, A. B., & Makarevich, I. V. (2022, August). Digital twins as a tool for systemic integration of innovative digital technologies in agriculture. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 1069, No. 1, p. 012042). IOP Publishing.
- Russell, S. J. (2010). *Artificial intelligence: A modern approach*. Pearson Education.
- Schillings, J., Bennett, R., & Rose, D. (2021). Exploring the potential of precision livestock farming technologies to help address farm animal welfare. *Frontiers in Veterinary Science*, 8, 639678.
- Smith, K., Watson, A. W., Lonnie, M., Peeters, W. M., Ooninx, D., Tsoutsoura, N., et al. (2024). Meeting the global protein supply requirements of a growing and ageing population. *European Journal of Nutrition*, 63(5), 1425–1433.
- Tullo, E., Finzi, A., & Guarino, M. (2019). Review: Environmental impact of livestock farming and precision livestock farming as a mitigation strategy. *Science of the Total Environment*, 650, 2751–2760.
- Tuytens, F. A., Molento, C. F., & Benaissa, S. (2022). Twelve threats of precision livestock farming (PLF) for animal welfare. *Frontiers in Veterinary Science*, 9, 889623.
- Wang, R., Gao, R., Li, Q., & Dong, J. (2023). Pig face recognition based on metric learning by combining a residual network and attention mechanism. *Agriculture*, 13(1), 144.
- Wang, S., Jiang, H., Qiao, Y., Jiang, S., Lin, H., & Sun, Q. (2022). The research progress of vision-based artificial intelligence in smart pig farming. *Sensors*, 22(17), 6541.
- Wei, J., Tang, X., Liu, J., & Zhang, Z. (2023). Detection of pig movement and aggression using deep learning approaches. *Animals*, 13(19), 3074.
- Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C., & Bogaardt, M. J. (2017). Big data in smart farming – A review. *Agricultural Systems*, 153, 69–80.
- Wu, Z., Zhang, T., Fang, C., Yang, J., Ma, C., Zheng, H., & Zhao, H. (2023). Super-resolution fusion optimization for poultry detection: A multi-object chicken detection method. *Journal of Animal Science*, 101, skad249.

- Young, P. L., Hyde, R., Douglas, J., & Freeman, S. L. (2026). Priorities and recommendations for using artificial intelligence (AI) to improve equid health and welfare. *Animals*, 16(7), 1082.
- Zhang, D., & Wei, B. (2020). Smart sensors and devices in artificial intelligence. *Sensors*, 20(20), 5945.
- Zhang, L., Guo, W., Lv, C., Guo, M., Yang, M., Fu, Q., Liu, X. (2023). Advancements in artificial intelligence technology for improving animal welfare: Current applications and research progress. *Animal Research One Health*, 2, 93–109.
- Zhu, L., Yang, X., Xian, Y., Jiang, W., Pu, X., Wang, S., et al. (2025). Empowering precision livestock farming: Artificial intelligence applications in animal genomic breeding and multi-dimensional phenotypic measurement. *Smart Agricultural Technology*, 101655.

## 5. Bölüm

# Türkiye Kıyılarında Balon Balıkları ve İstiladan Kurtulma Arayışları

Okan AKYOL<sup>1</sup>

### Özet

Akdeniz’de tanımlanan on tetraodontid türünden yedisi; *Lagocephalus lagocephalus*, *L. sceleratus*, *L. suezensis*, *L. guentheri*, *Sphoeroides pachygaster*, *Torquigener flavimaculosus* ve *Tylerius spinosissimus* Türkiye kıyıları boyunca kaydedilmiştir. Bu bölümde, özellikle Türkiye sularında mevcut balon balığı tür çeşitliliğinin belirlenmesi ve bunlar arasında en büyük boya ulaşabilen ve ekosistemde yarattığı tehditlerin yanı sıra balıkçılık aktivitelerinde mevcut tahribatıyla da gündemde olan *Lagocephalus sceleratus* türü odağında, bu türlerin deniz ekosisteminden azaltılmasına yönelik arayışlar tartışılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Balon balığı, istila, mücadele, teşvik, TTX

---

<sup>1</sup> Prof.Dr., Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Urla, İzmir, E-mail: [okan.akyol@ege.edu.tr](mailto:okan.akyol@ege.edu.tr);  
ORCID: 0000-0001-7738-2156

## **Pufferfishes along the Turkish Coasts and the Search for Ways to Overcome the Invasion**

### **Abstract**

Seven of the ten tetraodontid species identified in the Mediterranean Sea; *Lagocephalus lagocephalus*, *L. sceleratus*, *L. suezensis*, *L. guentheri*, *Sphoeroides pachygaster*, *Torquigener flavimaculosus*, and *Tylerius spinosissimus* have been recorded along the Turkish coast. In this chapter is discussed the diversity of pufferfish species existing in Turkish waters, focusing particularly on *Lagocephalus sceleratus*, the species that can reach the largest size and is under scrutiny for the threats it poses to the ecosystem and the damage it causes through fishing activities, as well as exploring efforts to reduce the populations of these species in marine ecosystem.

**Keywords:** Pufferfish, invasion, struggle, incentive, TTX

## 1. Giriş

Balon balıkları, Atlantik, Hint ve Pasifik Okyanuslarının tropikal ve subtropikal bölgelerinde dağılım gösteren deniz balığı türleridir. Tetraodontidae familyasına ait balon balıkları, dünya denizlerinde 28 cins ve 206 geçerli türle temsil edilmektedir (Froese & Pauly, 2026). Süveyş Kanalı'nın 1869'da açılmasından sonra kanal genişletme ve derinleştirme çalışmalarından dolayı tuz bariyerlerinin kalkması sebebiyle Kızıldeniz türleri Akdeniz'e giriş yapmış (Lesepsiyen göç) ve Kızıldeniz'den gelen türlerin yıllar içerisinde Akdeniz'de kolonileşmesine imkân vermiştir. Bu türlerden balon balıkları popülasyonu da benzer şekilde artmıştır (WWF, 2018). Balon balıkları, artık Akdeniz havzalarında önemli göçmen türler arasında yer almaktadır. Zehirli olmaları ve oldukça bol miktarda bulunmaları nedeniyle bölgedeki balıkçılık faaliyetleri üzerinde bazı olumsuz etkilere neden olmaktadır (Farrag vd., 2016).

Daha önceki raporlarda Akdeniz'de Tetraodontidae familyasından göçmen ve yerli olarak altı tür listelenmiştir: *Ehippion guttifer* (Bennett, 1831), *Lagocephalus guentheri* [daha önce *Lagocephalus spadiceus* (Richardson 1845) olarak yanlış tanımlanmıştı (bkz. Matsuura vd. 2011)], *Lagocephalus lagocephalus* (Linnaeus, 1758), *Lagocephalus suezensis* Clark & Gohar, 1953, *Sphoeroides pachygaster* (Müller & Troschel, 1848) ve *Torquigener flavimaculosus* (Hardy & Randall, 1983). Sonrasında *Lagocephalus sceleratus* (Gmelin, 1789), *Sphoeroides marmoratus* (Lowe, 1838), *Sphoeroides spengleri* (Bloch, 1785) ve *Tylerius spinosissimus* (Regan, 1908) türlerinin eklenmesiyle tür sayısı ona çıkmıştır (Farrag vd. 2016).

Akdeniz'de tanımlanan on tetraodontid türünden yedisi (*Lagocephalus lagocephalus*, *L. sceleratus*, *L. suezensis*, *L. guentheri*, *Sphoeroides pachygaster*, *Torquigener flavimaculosus* ve *Tylerius spinosissimus*) Türkiye kıyıları boyunca kaydedilmiştir (Şekil 1) (Bilecenoğlu, 2024).

Akdeniz bölgesinde, balıkçılık sektörü Süveyş Kanalı üzerinden sucul organizmaların göçünün etkilerinden mustarip durumdadır. Hem balıkçılık hem de yaşam alanları için en yıkıcı türlerden biri de agresif yırtıcı balon balığı *Lagocephalus sceleratus*'tur (Nader vd., 2012).

Bu bölümde, özellikle Türkiye sularında mevcut balon balığı tür çeşitliliğinin belirlenmesi ve bunlar arasında en büyük boya ulaşabilen ve ekosistemde yarattığı tehditlerin yanı sıra balıkçılık aktivitelerinde mevcut tahribatıyla da gündemde olan *Lagocephalus sceleratus* türü odağında bu türlerin deniz ekosisteminden azaltılmasına yönelik arayışlar tartışılmıştır.



**Şekil 1.** Türkiye denizlerinde bulunan balon balıkları: (A) *Lagocephalus lagocephalus*, (B) *Lagocephalus suezensis*, (C) *Lagocephalus guentheri*, (D) *Lagocephalus sceleratus*, (E) *Torquigener flavimaculosus*, (G) *Tylerius spinosissimus* (A, B, E ve G FishBase'den alınmıştır).

## 2. Türkiye sularında balon balığı türlerinin ortaya ilk çıkışları

Türkiye sularında mavi balon balığı *Lagocephalus lagocephalus*'dan (Şekil 1A) ilk bahis Akşiray (1954) tarafından yapılmıştır. Son onaylanmış kayıt ise Ocak 2018'de Gazipaşa'dan (Antalya Körfezi) bir dip paragatıyla yakalanmış 50 cm standart boyda bir bireydir (Gökoğlu vd., 2018).

*Lagocephalus suezensis* (Şekil 1B) ilk kez Avşar ve Çiçek (1999) tarafından Mart 1998'de yanlışlıkla *Sphoeroides cutaneus* olarak İskenderun Körfezi'nden tanımlanmış olup, sonrasında Bilecenoğlu vd. (2002) tarafından hem Gökova Körfezi hem de İskenderun Körfezi'nden kaydedilmiştir.

*Lagocephalus guentheri* (Şekil 1C) *L. spadecius* olarak ilk kez Koswig (1950) tarafından kaydedilmiş olsa da, güncellenmiş adıyla ilk kez Akyol ve Aydın (2016) tarafından Ege Denizi'nden bildirilmiştir.

*Lagocephalus sceleratus* (Şekil 1D) türü gerçekte geniş Indo-Pasifik dağılımı olmasına rağmen, Suveyş Kanalı yoluyla Kızıldeniz'den Akdeniz'e giriş yapmış ve ilk kez 2003 yılında Gökova Körfezi'nden tespit edilmiştir (Akyol vd., 2005).

*Torquigener flavimaculosus* (Şekil 1E) Türkiye kıyılarından ilk kez Bilecenoğlu (2003, 2005) tarafından kayıt altına alınmıştır.

*Spherooides pachygaster*'den (Şekil 1F) ilk bahis Mater ve Bilecenoğlu (1999) tarafından yapılmış olup, Ege Denizi'nden Eryılmaz vd. (2003) tarafından konfirme edilmiştir.

*Tylerius spinosissimus* (Şekil 1G) ise Türkiye kıyılarından ilk kez Kasım 2010'da İskenderun Körfezi'nden kayıt altına alınmıştır (Turan & Yaglıoğlu, 2011).

### 3. Balon balıklarının tehlikesi

Balon balıkları, kas felci, solunum ve dolaşım yetmezliğine bağlı ölüme sebebiyet verebilen tetrodotoksin (TTX) içermektedir (Field, 1998). Ünlü kâşif James Cook, 1774'te Avustralya'da bu balıktan bir miktar yemiş ve hastalanarak ölümden kıl payı kurtulmuştu (Smith, 1965).

Bir nörotoksin olan TTX'in siyanürden bin kat daha zehirli olduğu bilinmektedir (Uysal & Boz, 2018). TTX genellikle balıkların karaciğer, gonadlar, bağırsaklar ve ayrıca yenilebilir kısımlarında (kas ve deri) birikir (Saoudi vd., 2008). TTX'in 50 kg'lık sağlıklı bir insanda minimum öldürücü ve minimum akut dozu sırasıyla 2 mg ve 0,2 mg civarında hesaplanmıştır. Toksinin alınma miktarına bağlı olarak semptomlar bazı durumlarda 3-6 saat kadar uzun olmakla beraber genellikle 10-45 dakika içerisinde görülmeye başlar. Ölüm 6-24 saat içerisinde görülebilir. Ağız çevresinde başlayan dizestesiassendan paralizisi (aşağıdan yukarıya doğru felç) devam edip solunum kaslarının felci ile sonuçlanabilir. Diğer erken belirtiler, tat bozukluğu, baş dönmesi, baş ağrısı ve papiller daralmadır. Bunlara salya akması, mide bulantısı, kusma, aşırı istemsiz hareket, ishal ve karın ağrısı gibi gastroentestinal belirtiler eşlik edebilir (Katikou vd. 2009).

Bu türlerin Akdeniz'deki yeni yaşam alanlarına iyi bir şekilde yerleşmiş oldukları ve Kızıldeniz'e benzer şekilde Doğu Akdeniz'de de birçok TTX zehirlenmesi vakasının bildirildiği görülmektedir. Bu konuda yapılmış ilk kapsamlı çalışma, Doğu Akdeniz'in İsrail kıyılarında *L. sceleratus* tüketiminden sonra klinik TTX zehirlenmelerinin olay serisini inceleyen Bentur vd. (2008)'ne aittir. Çalışmada, 2005–2008 yılları arasında belirlenen 13 hastanın özellikleri ve bunların maruz kaldığı durumlar Tablo 1'de verilmiştir.

Hızlı bir istilacı tür olan *L. sceleratus* Akdeniz'de 2003 yılında Gökova Körfezi'nden (Ege Denizi) ilk kez bulunmasından (Akyol vd., 2005) tam 11 yıl sonra İbiza Boğazı'na (İspanya) ulaşmıştır (Akyol & Ünal, 2017).

**Tablo 1.** *Lagocephalus sceleratus* yedikten sonra zehirlenen hastaların özellikleri (Bentur vd., 2008)

Hasta sayısı	13
Tarih	Kasım 2005, Şubat 2007, Mart 2007, Kasım 2007, Mart 2008, Mayıs 2008
Balığın yakalandığı yer	Haifa Körfezi (9 hasta), Caesarea kıyısı (2 hasta), Ashkelon kıyısı (2 hasta)
Yaş aralığı	26-70
Cinsiyet	4 kadın / 9 erkek
Balığın tüketilen kısmı (Izgara veya kızartılmış)	Karaciğer (12 hasta) Gonadlar (2 hasta) Kaslar (1 hasta)
Tüketim miktarı	Karaciğer: çok küçük bir parça Kas: bir porsiyon
Toksistenin başlama zamanı	10-60 dk.

Zehirli balon balıklarının avlanması ve satılması Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından yasaklanmasına rağmen, tuttıkları bu balığı zaman zaman yiyen balıkçılar, balığın oldukça lezzetli olduğunu ve kendilerine bir şey olmadığını iddia etmekte ve bazen yasadışı olarak balığın satıldığından bahsetmektedirler (Kişisel görüşmeler). Bu durum, bu balıkların tüketimiyle birlikte zehirlenme vakalarının gittikçe artacağı anlamına gelmektedir.

Nitekim Ulman vd. (2024), 2004-2023 yılları arasında Doğu Akdeniz'de *L. sceleratus* ve *Torquigener hypselogeneion* türlerinin neden olduğu saldırı, zehirlenme ve ölüm vakalarına ilişkin kayıtları toplamışlar ve genel olarak, insan sağlığını etkileyen 198 olayı (28 fiziksel saldırı kaydı, en az 143 ölümcül olmayan zehirlenme vakası ve tüketim sonucu 27 insan ölümü) belgelemişlerdir. Balıkçıların bir diğer iddiası da bu balıkların güçlü çeneleriyle kıyasal alanda av araçlarına verdikleri zarar (ağların, oltaların parçalanması) yanında, plajlarda insanlara bile saldırabilecekleri ihtimalidir ki, 2004-2023 yılları arasında Doğu Akdeniz'de genellikle ısırılma şeklinde 28 fiziksel saldırı kayıtlara geçmiştir (Ulman vd., 2024).

#### **4. Balon balıklarının balıkçılığa olan negatif etkileri**

Güçlü diş yapısı ve istilacı karakteri nedeniyle balıkçıların en büyük sorunlarından biri haline gelen balon balıklarının balıkçılara olan negatif etkileri, özellikle küçük ölçekli balıkçıların uzatma ağları, olta ve paragatlarına yakalanmış balıkları ısırarak suretiyle av kaybı, ağ hasarı, yem ve iğne kaybına yol açmak şeklinde görülmektedir. Ayrıca trol ve gırgır dahil tüm av araçlarında hedef-dışı av olarak yakalandığında (Öndes vd., 2018), ekonomik türleri ısırarak/yemek suretiyle avın kalitesini düşürmekte ve miktarını azaltarak

ekonomik zarar vermektedir. Diğer taraftan parçalanmış ağların onarılması balıkçılar için hem zaman kaybı hem de ek bir maliyet oluştururken, biyoçeşitliliğe zarar vermesi, yerli balık popülasyonları üzerinde yoğun baskı oluşturarak balıkçının hedeflediği türleri ortamdaki kayması ve/veya onlar üzerinden beslenerek stokları azaltılması şeklinde de bir etkisi söz konusudur.

Ünal vd. (2015) 2011 yılında *L. sceleratus* türü balon balığından kaynaklanan sorunları ve ortaya çıkan ekonomik kayıpları belirlemek amacıyla Orta Ege bölgesindeki İzmir'den Doğu Akdeniz bölgesindeki Hatay'a kadar toplam 261 balıkçıyla yüz yüze görüşmeler gerçekleştirmiştir. Çalışma sonucunda, balıkçıların ekserisi (%91) balon balıklarının büyük bir sorun olduğu konusunda hemfikirken, %82'si balon balığının biyoçeşitliliği olumsuz etkilediğine, %89'u ise av verimini düşürdüğüne inanmaktadır. Hesaplanan maddi kayıplar ise balıkçı başına yılda 442 €; görüşülen balıkçılar (261) için toplamda yılda 89.521 €'dur. Toplam 204 balıkçı bu türle ilgili ekonomik kayıplar yaşadığını belirtmiş; bu da çalışma alanındaki tüm balıkçıların (6051) %78'ini oluşturan 4719 balıkçı için toplamda yılda 2.051.416 € kayba neden olduğu saptanmıştır (Ünal vd., 2015).

Ünal ve Göncüoğlu Bodur (2017) yine 2013 – 2014 yılları arasında, Orta Ege'de İzmir-Çeşme'den Suriye sınırında Hatay-Samandağ arasındaki yedi kıyı kentinde 215 balıkçı ile yüz yüze görüşmeler yapmışlar; aynı bölgelerde gerçekleştirilmiş önceki çalışma (Ünal vd., 2015) ile karşılaştırdıklarında balıkçıların tamamına yakını (%97) balon balıklarının av araçlarına ve ağlara takılan balıklara verdiğini ve kayıplarının 2011-2012 dönemine oranla iki kattan daha fazla artmış olduğunu belirlemişlerdir.

Öndes vd. (2018)'nin yaptığı benzer bir çalışmada, balon balığının neden olduğu maddi kayıpların yıllar içerisinde giderek arttığı vurgulanmış ve tahmin edilen yıllık parasal kaybın 2016 yılı için yaklaşık 4.507.644 € olarak hesaplanmışlardır.

Yunan balıkçılar ise, balon balığının ağlarına verdiği zararın her birine yılda 5.000 €'dan fazla maliyete yol açtığını iddia etmişlerdir (EC., 2023).

## **5. Balon balıklarıyla mücadele girişimleri ve olası çözümler**

Ünal ve Göncüoğlu Bodur (2017), balon balıklarına yönelik olası çözüm yollarını da aramışlar ve balıkçıların %92'si bir para ödülü ödenmesinin türün kontrolünde faydalı olacağını belirtmişlerdir. Balıkçılar, böyle bir uygulamanın başlaması durumunda, balıkçı başına yılda en az 50, en fazla 5.000 balon balığı yakalayabileceklerini iddia etmişlerdir. Balıkçılara göre balon balığı sorununu çözenin bir diğer yolu da, onu ekosistemden ortadan kaldırmak için en uygun balıkçılık ekipmanını geliştirmektir. Balıkçıların öncelik sıralamasına göre, balon balığını en fazla miktarda/en iyi şekilde yakalayan balıkçılık ekipmanı el oltası

(%30), paragat (%26) ve ağ (%20)'dir. Ayrıca, balon balıklarının yoğun sürüleri oluşturduğu dönemlerde bu balıkları ağla avlamanın en etkili balıkçılık ekipmanı olduğu belirtilmiştir (Ünal & Göncüoğlu Bodur, 2017).

Balon balığının av araçlarına ve ekosisteme verdiği zararı azaltmak amacıyla Tarım ve Orman Bakanlığı, bu türün avcılığına yönelik ilk resmi karar, 2 Aralık 2020 tarihinde Resmi Gazete'de yayımlanan "Balon Balığı Avcılığının Desteklenmesine İlişkin Tebliğ" (No: 2020/35) olmuştur. İlk etapta toplam bir milyon adet *L. sceleratus* türünün kuyruğu ile sınırlı tutulmuştur. Uygulamada balıkların bütün olarak karaya çıkarılması yasaklanmış, sadece kuyruklarının teslim alınması ve geri kalan kısımların denizde bertaraf edilmesi şart koşulmuştur. Kuyruk başına ise 5 TL ödeme yapılmıştır.

Daha sonra 2021 yılında kapsam genişletilerek toplam altı farklı balon balığı türü için 27/06/2021 tarih ve 31524 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren ikinci tebliğ ile teşvikler devam etmiştir. Desteklemelerde *L. sceleratus* türü için 500.000 adede kadar adet başına 5 TL destekleme ödemesi yapılırken, diğer balon balığı türleri için 5.000.000 adede kadar adet başına 50 Kuruş destekleme ödemesi yapılmıştır.

Bu uygulamalar başarılı bulununca, 2021-2023 dönemini kapsayacak şekilde uzatılmış, sonrasında yapılan düzenlemelerle 2024-2026 yıllarını da kapsayacak şekilde güncel destekleme tutarlarıyla devam ettirilmesine karar verilmiştir. En son 16/05/2025 tarih, 32902 Sayılı Resmi Gazete'de destekleme miktarları arttırılarak *L. sceleratus* için 100 bin adede kadar 35 TL, diğer altı tür için 200 bin adede kadar 10 TL destekleme verilmeye başlanmıştır.

Bu teşviklerin işe yaradığı anlaşılmaktadır. Gzt.com'un 23/04/2026 tarihli haberine göre, Akdeniz ve Ege'de hızla yayılan istilacı balon balığına karşı yürütülen teşvikli avcılık kapsamında son 6 yılda 665 binden fazla balığın yakalandığı ve bu uygulamayla yaklaşık 50 milyon yeni balon balığının ekosisteme girişinin engellendiği bildirilmiştir (gzt.com).

Öte yandan balon balıklarının yalnızca imha edilmesi yoluyla değil, ekonomiye kazandırılması yoluyla da kontrol altına alınması düşünülmektedir. Uygun işleme süreçleriyle bu türün ilaç, deri ve tekstil gibi sanayi alanlarında değerlendirilmesi için çalışmalar sürdürülmektedir.

Balon balığında bulunan bir nörotoksin olan TTX, vücuttaki sodyum kanallarını bloke ederek ağrı sinyallerinin iletimini durdurma yeteneğine sahip olduğundan, tıp alanında özellikle şiddetli ağrıların önlenmesi üzerine yürütülen bilimsel araştırmaların konusu olmaktadır. Örneğin, Alabama Üniversitesi'nde yürütülen bir araştırmanın ekibinden Dr. C. Zhao, mevcut lokal anestezipler ve opioidlerle karşılaştırıldığında, TTX'in avantajları olduğunu ve daha güçlü bir ağrı kontrol ilacı olmasının beklendiğini ifade etmiştir (UA News Center, 2022).

TTX geleneksel morfin gibi opioid bazlı ağrı kesicilere bir alternatif olup olamayacağı hâlihazırda klinik çalışmalarla incelenmektedir.

AB tarafından finanse edilen LagoMeal projesi, daha önce ticari değeri olmayan bu istilacı tür için ticari bir balıkçılık alanı yaratmayı başarmıştır. LagoMeal, çeşitli ulusal kurumlardan ve özel sektörden uzmanlardan oluşan bir ekibi bir araya getirerek, TTX'i etkisiz hale getirmek ve ölümcül balon balığını yüksek kaliteli balık ununa dönüştürmek için Avrupa Denizcilik ve Balıkçılık Fonu'nu (EMFF) kullanmışlardır. Projenin bilimsel sorumlusu Dr. I. Negas istenmeyen bir sucul popülasyonun kaçınılmaz istilasını kontrol etmenin en iyi yolunun ona değer katmaktan, onu ekosistemden çekme hususunda teşvik ve çabalardan geçtiğini ifade etmiştir. Bu projeye balıktaki toksini gidermek için balon balığı ısıtılardan geçirildikten sonra, bu istilacı tür için karlı bir pazar yaratabilecek ve yerel balıkçılar için yeni bir hedef türü ortaya çıkaracak, su ürünleri yetiştiricileri için daha düşük yem fiyatlarından faydalanmış olacak ve ortamdaki *Lagocephalus* sayısı azalacaktır. Deneyler, balon balığının 160°C'de pişirilmesinin zehri insan tüketimi için güvenli seviyelere indirdiğini, 200°C'de ise tamamen ortadan kaldırdığını göstermiştir. Besleme deneyleri levreklerin diyetlerinde geleneksel balık ununun %30'una kadar balon balığı unu eklendiğinde, balıkların daha iyi büyüdüğünü ortaya koymuştur. Projenin iş planı, yılda 1500 ton balon balığı işleyerek 250 ton balık unu ve 100 ton balık yağı üretecek küçük bir tesisi ele almıştır. AB fonu, bu yenilikçi projenin balık unu üretimi için alternatif protein kaynakları bulma sürecini başlatmasına ve temel süreci laboratuvar ve pilot ölçekte kanıtlamasına olanak sağlamıştır. Proje ayrıca, Yunan Deniz Araştırma Merkezi (HCMR) ve ortaklarının kıyı balıkçılarıyla bağlantı kurmasına, gelecekteki işbirlikleri ve araştırma programları için güven kazanmasına da yardımcı olmuştur (EC., 2023).

Bir diğer umut vadeden pazar sektörü ise modadır. Egzotik balık derisi yıllar önce tasarım endüstrisine girmiş olup, bir zamanlar birçok geleneksel toplulukta kullanılan balık derisi ince ama şaşırtıcı derecede güçlüdür ve günümüzde birçok lüks marka tarafından yeniden keşfedilmektedir. Genellikle çevresel veya hayvan hakları endişeleri nedeniyle gözetim altına alınan timsah veya yılan derisinin yerini atık balık derisi almaya başlamıştır. Bu amaçla genellikle levrek veya somon kullanılmakla birlikte, son zamanlarda Kuzey Amerika'da aslan balığı da derisi için avlanmaktadır. Pullarının olmaması ve güzel deseni sayesinde balon balığı da bu sektör için son derecede uygundur. Birkaç yıldır Türk girişimciler de balon balığı derisi üzerine çalışmalar yapmaktadır. 2023 yılında A. Ulman, Marmara Üniversitesi'nde tekstil uzmanı M. Uzun ile iş birliği yaparak, moda endüstrisi için balon balığı derisini araştırmak amacıyla 'Olta Azul'u kurdu. En iyi tabaklama sürecini bulmak için aylar süren araştırmalar yaptılar ve Uşak

şehrinde 45 yıllık deneyime sahip bir tabakhane ustasıyla birlikte, balık derisinin orijinal desenini koruyan ve renkli boyaların kullanımına olanak sağlayan bir proses geliştirdiler. Ürünün dayanıklılığı kuzu derisine eşdeğer bulunmuştur. Ayrıca bu derilerden bazılarını keserek ve dana derisiyle güçlendirerek cüzdan, kartlık veya el çantası elde etmişlerdir. Bu ürünler, seri üretim ürünü olmayıp, daha ziyade çevre bilincine sahip ve şık bir tasarım sergilemeye istekli bir müşteri kitlesini hedeflemektedir. Bu kavram genellikle “eco-couture” olarak bilinmektedir (earthjournalism.net).

Yine Antalya'nın Alanya ilçesinde iki girişimci, balıkçıların kâbusu olan balon balığının derisinin ekonomiye kazandırılması için “Alanya Balon Balığı Araştırma ve Geliştirme Projesi” (ABAP) hazırladılar. Girişimciler, projeye balon balığı derisinin ayakkabı, cüzdan, çanta gibi aksesuar ve süs eşyalarında kullanılacağını belirtmişlerdir (turkulak.com).

## 6. Sonuç

İster ayakkabı, ister diğer aksesuarlar, ağır kesiciler veya yem rasyonu olsun, balon balığı avcılığı bu istilacı türün olumsuz etkilerinden kaçınmak için kısa vadede önemli bir yaklaşım olabilir. Balon balığının av araçlarına ve ekosisteme verdiği zararı mütemediyen azaltmak ise Tarım ve Orman Bakanlığı'nın bu türün avcılığına uyguladığı uzun vadeli teşviklerle mümkün görünmektedir. Bunun kesintiye uğraması, stoğun kendini toparlamasına olanak sağlayabilir. Bu nedenle, bu balıkların teşviklerle sistemden çekilirken, endüstriye kazandırılması da ilave bir kontrol sağlayacaktır. Özellikle tıp ve eczacılık alanındaki araştırmaların bir an önce tamamlanmasıyla, belki de ekosistemin en kötü istilacılarından biri olarak bu balıkların gelecekte insanlığın sağlıkta yeni bir umudu haline gelmesi de söz konusu olabilir.

## Kaynaklar

- Akşıray, F. (1954). Türkiye Deniz Balıkları Tayin Anahtarı. İstanbul Üniv. Fen Fakültesi Hidrobiyoloji Araş. Enst. Yayın Sayı. 1. İstanbul, 277 s.
- Akyol, O., Ünal, V., Ceyhan, T., & Bilecenoglu, M. (2005). First confirmed record of *Lagocephalus sceleratus* (Gmelin, 1789) in the Mediterranean. *Journal of Fish Biology*, 66, 1183–1186.  
<http://dx.doi.org/10.1111/j.0022-1112.2005.00667.x>
- Akyol, O., & Aydın, İ. (2016). A new record of *Lagocephalus guentheri* (Tetraodontiformes: Tetraodontidae). from the north-eastern Aegean Sea. *Zoology in the Middle East*, 62(3), 271-273.  
<http://dx.doi.org/10.1080/09397140.2016.1226244>
- Akyol, O. & Ünal, V. (2017). Long journey of *Lagocephalus sceleratus* (Gmelin, 1789) throughout the Mediterranean Sea. *Natural and Engineering Sciences*, Supplement, 2(3), 41-47.
- Avşar, D., & Çiçek, E. (1999). A new species record for the central and eastern Mediterranean; *Sphoeroides cutaneus* (Günther, 1870). (Pisces: Tetraodontidae). *Oebalia*, 25, 17-21.
- Bentur, Y., Ashkar, J., Lurie, Y., Levy, Y., Azzam, Z.S., Litmanovich, M., Golik, M., Gurevych, B., Golani, D., & Eisenman, A. (2008). Lessepsian migration and tetrodotoxin poisoning due to *Lagocephalus sceleratus* in the eastern Mediterranean. *Toxicon*, 52, 964–968.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.toxicon.2008.10.001>
- Bilecenoglu, M., Taskavak, E., & Kunt, K.B. (2002). Range extension of three Lessepsian migrant fish (*Fistularia commersoni*, *Sphyræna flavicauda*, *Lagocephalus suezensis*) in the Mediterranean Sea. *Journal of Marine Biology Association of the UK*, 82, 525-526.
- Bilecenoglu, M. (2003). Kizildeniz göçmeni balon balığı (*Torquigener flavimaculosus* Hardy and Randall, 1983), Türkiye kıyılarından ilk gözlemler. *Sualti Dünyası Dergisi*, 74, 38-39.
- Bilecenoglu, M. (2005). Observation on the burrowing behaviour of the Dwarf Blaasop, *Torquigener flavimaculosus* (Osteichthyes: Tetraodontidae) along the coast of Fethiye, Turkey. *Zoology in the Middle East*, 35, 29-34.  
<http://dx.doi.org/10.1080/09397140.2005.10638100>
- Bilecenoglu, M. (2024). Diversity of fishes along the coasts of Türkiye. *Turkish Journal of Zoology*, 48, 589-616. <https://doi.org/10.55730/1300-0179.3197>
- EC. (2023). European Commission. News: Turning the toxic pufferfish invader into aquaculture feed. [78](https://oceans-</a></p></div><div data-bbox=)

andfisheries.ec.europa.eu/news/turning-toxic-pufferfish-invader-aquaculture-feed-2023-12-22\_en(giriş: 05/05/2026).

- Eryılmaz, L., Özuluğ, M., & Meriç, N. (2003). The smooth pufferfish, *Sphoeroides pachygaster* (Müller and Troschel, 1848). (Teleostei: Tetraodontidae), new to the northern Aegean Sea. *Zoology in the Middle East*, 28(1), 125-126.
- Field, J. (1998). Puffer fish poisoning. *Journal of Accidentand Emergency Medicine*, 15, 334-336.
- Froese, R., & Pauly, D. (2026). FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (02/2026).
- Gökoğlu, M., Teker, S., & Korun, J. (2018). Antalya Körfezi'nde nadir bir balon balığı türü; Mavi balon balığı *Lagocephalus lagocephalus* (Linnaeus, 1758). *Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 14(3), 215-219.
- Farrag, M., El-Haweet, A.A., El-Sayed Akel, kh A., & Moustafa, M.A. (2016). Occurrence of puffer fishes (Tetraodontidae) in the eastern Mediterranean, Egyptian coast-filling in the gap. *BioInvasions Record*, 5(1), 47-54.  
<http://dx.doi.org/10.3391/bir.2016.5.1.09>
- Katikou, P., Georgantelis, D., Sinouris, N., Petsi, A. & Fotoras, T. (2009). First report on toxicity assessment of the Lessepsian migrant pufferfish *Lagocephalus sceleratus* (Gmelin, 1789) from European waters (Aegean Sea, Greece). *Toxicon*, 54, 50-55.
- Kosswig, C. (1950). Erythraische fische im Mittelmeer und an der grenze der Agais. *Syllegomena Biologica, Festschrift Kleinschmidt*, 203-212.
- Mater, S., & Bilecenoglu, M. (1999). Türkiye Deniz Balıkları. In: Demirsoy, A. (Ed.), Genel Zoocoğrafya ve Türkiye Zoocoğrafyası, Meteksan Matbaası, Ankara, pp. 790-80.
- Matsuura, K., Golani D., & Bogorodsky S.V. (2011). The first record of *Lagocephalus guentheri* Miranda Ribeiro, 1915 from the Red Sea with notes on previous records of *L. lunaris* (Actinopterygii, Tetraodontiformes, Tetraodontidae). *Bulletin of the National Museum of Nature and Science. Series A, Zoology*, 37(3), 163-169.
- Nader M., Indary S., & Boustany L. (2012). FAO EastMed The Puffer Fish *Lagocephalus sceleratus* (Gmelin, 1789) in the Eastern Mediterranean. GCP/INT/041/EC – GRE – ITA/TD-10. Athens, 39 pp.
- Öndes F., Ünal V., Özbilgin Y., Deval C. & Turan, C. (2018). By-catch and monetary loss of pufferfish in Turkey, the Eastern Mediterranean. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 35(4),361-372.  
<https://doi.org/10.12714/egejfas.2018.35.4.01>

- Saoudi, M., Abdelmouleh, A., Kommoun, W., Ellouze, F., Jamoussi, K., & El Feki, A. (2008). Toxicity assessment of the puffer fish *Lagocephalus lagocephalus* from the Tunisian coast. *C.R. Biologies*, 331, 611-616.
- Smith, J.L.B. (1965). *The Sea Fishes of Southern Africa*, 5th edn. Cape Town: Central News Agency Ltd.
- Turan, C., & Yaghioglu, D. (2011). First record of the Spiny blaasop *Tylerius spinosissimus* (Regan, 1908) (Tetraodontidae) from the Turkish coasts. *Mediterranean Marine Science*, 12(1), 247–256.  
<https://doi.org/10.12681/mms.63>
- UA News Center, (2022). [https://news.ua.edu/2022/08/ua-leading-investigation-into-alternative-pain-treatment/#:~:text=August%2026%2C%202022%20Written%20by,control%20drug%2C%E2%80%9D%20said%20Dr.\(giriş:05/05/2026\)](https://news.ua.edu/2022/08/ua-leading-investigation-into-alternative-pain-treatment/#:~:text=August%2026%2C%202022%20Written%20by,control%20drug%2C%E2%80%9D%20said%20Dr.(giriş:05/05/2026)).
- Ulman, A., Abd Rabou, A.F.N., Al Mabruk, S., Bariche, M., Bilecenoğlu, M., Demirel, N., Galil, B.S., Hüseyinoğlu, M.F., Jimenez, C., Hadjioannou, L., Kosker, A.R., Peristeraki, P., Saad, A., Samaha, Z., Stoumboudi, M.Th., Temraz, T.A., & Karachle, P.K. (2024). Assessment of Human Health Impacts from Invasive Pufferfish (Attacks, Poisonings and Fatalities) across the Eastern Mediterranean. *Biology*, 13, 208.  
<https://doi.org/10.3390/biology13040208>
- URL:<https://earthjournalism.net/stories/invasive-toxic-fish-a-new-marine-top-predator> (giriş: 05/05/2026).
- URL:<https://www.gzt.com/gundem/balon-baligi-avlayana-para-verilecek-6-yilda-665-bin-avlandi-50-milyon-uremenin-onune-gecildi-ozgun-haberleri-4217444/4> (giriş: 04/05/2026).
- URL:<https://turkulak.com.tr/balon-baligi-derisi-ayakkabi-cuzdan-canta-olacak/> (giriş: 05/05/2026).
- Uysal, İ. & Boz, B. (2018). Türkiye'deki en tehlikeli istilacı yabancı türler ve Türkiye'deki zehirli denizel yabancı türler raporu. 2. Basım. Ekim 2018. Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü, 68 s.
- Ünal, V., Göncüoğlu, H., Durgun, D., Tosunoğlu, Z., Deval, M.C., & Turan, C. (2015). Silver-cheeked toadfish, *Lagocephalus sceleratus* (Actinopterygii: Tetraodontiformes: Tetraodontidae), causes a substantial economic losses in the Turkish Mediterranean coast: A call for decision makers. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, 45(3), 231–237.  
<https://doi.org/10.3750/AIP2015.45.3.02>

Ünal, V. & Göncüoğlu Bodur, H. (2017). The socio-economic impacts of the silver-cheeked toadfish on small-scale fishers: A comparative study from the Turkish coast. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 34(2), 119-127.

<https://doi.org/10.12714/egejfas.2017.34.2.01>

WWF (2018). <https://www.wwf.org.tr/?7420/balonbaliklari> (giriş: 05/05/2026).

## 6. Bölüm

# Pestisitlerin Sucul Organizmalar Üzerindeki Genel Etkileri

Pınar YILDIRIM<sup>1</sup>, Menekşe TAŞ DİVRİK<sup>2</sup>

### 1.Giriş:

Tarımsal faaliyet alanlarında bitki büyüme sürecinde zararlı organizmaları ortadan kaldırmak ya da etkilerini azaltmak amacıyla kullanılan pestisitler, kimyasal bileşiklerin kontrolsüz ve yoğun kullanımı nedeniyle hedef dışı sucul ortamlara taşınma riski oluşturmaktadır (Selvi ve Çölgeçen, 2023). Bu durum; su, sediment ve biyota üzerinde çeşitli ekotoksikolojik etkilerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır (Aktar ve ark., 2009; Carvalho, 2017). Tarımsal alanlardan farklı yollarla sucul sistemlere ulaşan pestisitlerin çevresel dağılımı, fizikokimyasal ve biyolojik süreçlerin etkileşimi ile şekillenmektedir (Gavrilescu, 2005). Çevresel faktörlerle olan bu etkileşimler; pestisitlerin taşınması, birikimi ve toksisiteleri üzerinde belirleyici bir rol oynamaktadır.

Sucul ortamlardaki hidrodinamik yapı, pestisitlerin davranışını doğrudan etkileyebilmektedir. Durgun sular pestisitlerin belirli bölgelerde birikmesine ve lokal toksisite düzeylerinin artmasına neden olurken, hızlı akan sular pestisitlerin daha geniş alanlara yayılmasına yol açabilmektedir (Sparling ve ark., 2010). Bununla birlikte su sıcaklığı, pestisitlerin kimyasal parçalanma hızını ve biyolojik aktivitesini artırırken aynı zamanda sucul organizmaların metabolizma hızlarını etkileyerek pestisitlere karşı duyarlılıklarını değiştirebilmektedir (Relyea ve Hoverman, 2006). Su pH'ı ise pestisitlerin çözünürlüğünü ve iyonizasyon durumunu etkileyen önemli bir faktördür. Bazı organik pestisitler asidik ortamlarda daha çözünür hale gelirken, bazı metallerin biyoyararlanabilirliği pH değişimine bağlı olarak artabilmekte veya azalabilmektedir (Boone ve Bridges, 2003). Ayrıca güneş ışığı bazı pestisitlerin fotokimyasal parçalanmasını tetikleyerek toksisiteyi azaltabilmekte, ancak oluşan parçalanma ürünleri de toksik özellik gösterebilmektedir (Rohr ve McCoy, 2010).

<sup>1</sup> Dr. Öğr. Üyesi Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Balıkçılık Teknolojisi Bölümü, e.mail:[pinaryildirim@comu.edu.tr](mailto:pinaryildirim@comu.edu.tr), ORCID:0000-0002-7182-4862

<sup>2</sup> Doç. Dr. Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Şarkışla Aşık Veysel Meslek Yüksekokulu, Şarkışla, Sivas, e-mail:[menekse.tas@cumhuriyet.edu.tr](mailto:menekse.tas@cumhuriyet.edu.tr) ORCID:0000-0002-4828-2575

Sediment yapısı ve organik madde miktarı da pestisitlerin taşınımı, birikimi ve kalıcılığı üzerinde önemli etkilere sahiptir. Organik madde bakımından zengin sedimanlarda pestisit birikimi artmakta ve bu durum sucul organizmalar için uzun süreli bir maruziyet kaynağı oluşturmaktadır (Vink ve ark., 2007). Bentik organizmalar sedimanda biriken pestisitleri bünyelerine alarak bu bileşiklerin besin zinciri boyunca üst trofik seviyelerdeki balıklar ve kuşlara aktarılmasına neden olabilmektedir (Hayes ve ark., 2010). Bu çevresel süreçler, pestisitlerin sucul organizmalar üzerindeki toksik etkilerinin şiddetini ve süresini doğrudan etkileyebilmektedir.

Pestisitlerin sucul organizmalar üzerindeki toksik etkileri genellikle akut ve kronik toksisite olmak üzere iki ana başlık altında incelenmektedir (Newman, 2015). Akut toksisite, organizmaların kısa süre içerisinde yüksek konsantrasyonlu pestisitlere maruz kalması sonucu ortaya çıkan ve çoğunlukla hızlı mortalite ile sonuçlanan etkileri ifade etmektedir. Bu tür etkiler genellikle ortalama öldürücü konsantrasyon (LC50) ve ortalama etkili konsantrasyon (EC50) gibi toksisite parametreleri kullanılarak değerlendirilmektedir (Rand ve Petrocelli, 1985). Kronik toksisite ise organizmaların uzun süre boyunca düşük konsantrasyonlarda pestisitlere maruz kalması sonucunda ortaya çıkan subletal etkileri kapsamaktadır. Büyüme geriliği, üreme başarısında azalma, davranışsal değişiklikler ve bağışıklık sistemi baskılanması kronik etkiler arasında yer almaktadır (Relyea, 2005; SánchezBayo, 2011). Lipofilik özellik gösteren pestisitler, organizmaların dokularında birikerek besin zinciri boyunca üst trofik seviyelere taşınabilmekte ve bu durum hem ekosistem sağlığı hem de insan sağlığı açısından önemli riskler oluşturmaktadır (Van Der Oost ve ark., 2003). FAO ve WHO gibi uluslararası kuruluşlar pestisit kullanımının kontrol altına alınması ve çevresel etkilerinin azaltılması amacıyla çeşitli düzenlemeler geliştirmiş olsa da özellikle tarımsal üretimin yoğun olduğu bölgelerde pestisit kaynaklı su kirliliği önemli bir çevresel problem olmaya devam etmektedir (Stehle ve Schulz, 2015; FAO, 2019; WHO, 2020). Bu nedenle, sucul sistemlerde pestisit risk değerlendirmesi yapılırken çevresel koşulların ve ekosistem dinamiklerinin birlikte değerlendirilmesi büyük önem taşımaktadır.

Bu bölümde pestisitlerin sucul ortamlara giriş yolları, çevresel davranışları ve sucul organizmalar üzerindeki toksik etkileri ayrıntılı olarak ele alınmıştır. Bunun yanında pestisit kaynaklı biyobirikim süreçleri ile bu kirliliğin azaltılmasına yönelik güncel çözüm yaklaşımları da değerlendirilmiştir.

## **2. Pestisitlerin Sucul Ortamlara Ulaşım Yolları ve Çevresel Riskleri**

Toprağa bilinçsiz ve kontrolsüz biçimde uygulanan pestisitler yalnızca toprak kalitesini olumsuz etkilemekle kalmamakta, aynı zamanda çeşitli taşınım mekanizmalarıyla sucul ortamlara ulaşarak önemli çevresel riskler oluşturmaktadır. Yağış, sulama ve yüzey akışı gibi süreçler pestisitlerin nehir, göl ve dere sistemlerine taşınmasına neden olurken, infiltrasyon yoluyla yeraltı sularına da geçiş gerçekleşebilmektedir (Anonim, 1979). Bunun yanında pestisitler, gıda zinciri ve içme suyu aracılığıyla insanlara ulaşarak halk sağlığı açısından da ciddi tehditler oluşturabilmektedir (NemethKonda ve ark., 2002).

### **2.1. Yüzey Sularına Taşınım ve Etkileri**

Yüzey suları, pestisit kirliliğinden en hızlı etkilenen sucul sistemler arasında yer almaktadır. Tarımsal alanlarda kullanılan pestisitler, özellikle yağış ve sulama sonrası oluşan yüzey akışıyla su kaynaklarına taşınmaktadır. Yüzey sularındaki kirlenme bazı durumlarda yeraltı sularına kıyasla daha kısa süreli olabilmektedir. Bunun temel nedenlerinden biri, çoğu yüzey suyunun sürekli yenilenme döngüsüne sahip olmasıdır. Ayrıca çözülmüş oksijen miktarının yüksek olması, pestisitlerin mikroorganizmalar tarafından parçalanmasını hızlandırabilmektedir. Bununla birlikte yüksek toksisiteye sahip pestisitler düşük konsantrasyonlarda dahi balıklar ve diğer sucul organizmalar üzerinde ciddi etkiler oluşturabilmektedir. Sucul bitkiler, planktonlar, bentik makroomurgasızlar ve balıklar gibi birçok organizma grubu pestisit maruziyetinden olumsuz etkilenmektedir. Özellikle yarılanma ömrü uzun olan pestisitlerin erozyon yoluyla taşınma potansiyeli daha yüksek olduğundan, çevresel etkileri daha geniş alanlara yayılabilmektedir (Balkaya, 2000).

### **2.2. Yeraltı Sularına Geçiş ve Kirlilik Riski**

Yeraltı sularındaki pestisit kirliliği, uzun süreli etkileri nedeniyle önemli çevresel sorunlardan biri olarak kabul edilmektedir. Pestisitler toprak katmanlarından süzülerek akiferlere ulaşabilmekte ve bu sistemlerde uzun süre kalıcılığını sürdürebilmektedir. Bir akiferin tamamen yenilenmesi yıllar hatta on yıllar alabildiğinden, kirlenmiş yeraltı sularının eski haline dönmesi oldukça güçtür. Ayrıca yeraltı ortamlarının genellikle düşük oksijenli olması, pestisitlerin mikrobiyal parçalanmasını sınırlandırarak çevrede daha uzun süre kalmalarına neden olmaktadır. Yeraltı sularındaki pestisitlerin en önemli risklerinden biri, bu kaynakların içme suyu amacıyla kullanılmasıdır. Bu durum insan ve hayvan sağlığı açısından toksik etkilerin ortaya çıkmasına yol açabilmektedir (Aydınalp ve Porca, 2004).

Bir pestisitinin yeraltı sularına ulaşma potansiyelini belirleyen temel özellikler kalıcılık ve hareketliliktir. Kalıcılık, pestisitinin kimyasal ve biyolojik bozunmaya karşı direncini ifade ederken; hareketlilik, pestisitinin toprak içerisindeki taşınabilirliğini ifade etmektedir. Bu özellikler toprağın organik madde miktarı, su içeriği, yağış miktarı ve pestisitinin adsorpsiyon kapasitesi gibi çeşitli çevresel faktörlerden etkilenmektedir (Pierzynski ve ark., 1994). Özellikle yoğun yağış dönemlerinde pestisitlerin su kütlelerine taşınma riski artmaktadır (Gama ve ark., 2017).

### **2.3. Pestisitlerin Sucul Ortamdan Uzaklaşma Süreçleri**

Pestisitler sucul ortamlardan çeşitli fiziksel, kimyasal ve biyolojik süreçler aracılığıyla uzaklaştırılabilmektedir. Bu süreçler pestisitlerin çevrede kalıcılığı ve toksisite düzeyi üzerinde belirleyici rol oynamaktadır. Sucul sistemlerde pestisitlerin uzaklaşmasını sağlayan başlıca mekanizmalar arasında buharlaşma, kimyasal ve biyolojik parçalanma, sediment partiküllerine bağlanma ve su akışıyla farklı ortamlara taşınma yer almaktadır.

Bazı pestisitler sediment içerisinde alt tabakalara taşınarak su kolonundan uzaklaşabilmekte, bazıları ise mikroorganizmalar tarafından parçalanabilmektedir. Bunun yanında pestisit içeren organizmaların besin zinciri boyunca tüketilmesi, kirleticilerin farklı trofik seviyelere aktarılmasına neden olabilmektedir (ÇelikÇakıroğulları ve Seçer, 2009). Bu nedenle pestisitlerin sucul sistemlerdeki davranışlarının anlaşılması, çevresel risklerin değerlendirilmesi açısından büyük önem taşımaktadır.

### **3. Pestisitlerin Biyoakümülyasyon ve Biyomagnifikasyon Süreçleri**

Pestisitler tarımsal faaliyetlerde yaygın olarak kullanılmakta ve yağış, yüzey akışı ile drenaj suları aracılığıyla göl, nehir ve deniz gibi sucul ekosistemlere taşınmaktadır. Çevreye ulaşan bu bileşiklerin bir kısmı kimyasal yapıları nedeniyle uzun süre parçalanmadan kalabilmekte ve sucul organizmaların dokularında birikim gösterebilmektedir. Organizmalarda zamanla meydana gelen bu birikim süreci “biyoakümülyasyon” olarak tanımlanmaktadır. Özellikle lipofilik özellik gösteren pestisitler, balıklar, kabuklular ve diğer sucul canlıların yağ dokularında depolanarak yüksek konsantrasyonlara ulaşabilmektedir (Carpenter ve ark., 2011; Walker ve ark., 2012).

Sucul ortamlardaki toksik maddeler yalnızca tek bir organizmada birikmekle kalmamakta, aynı zamanda besin zinciri boyunca taşınarak üst trofik seviyelerde daha yüksek konsantrasyonlara ulaşabilmektedir. “Biyomagnifikasyon” olarak adlandırılan bu süreçte pestisitler ilk olarak fitoplankton ve algler tarafından sudan alınmakta, ardından bu organizmalarla beslenen zooplanktonlarda daha

yüksek düzeylerde birikmektedir. Zooplanktonlarla beslenen küçük balıklar ve daha sonra predatör özellik gösteren büyük balıklar ise daha yüksek konsantrasyonlarda toksik madde içerebilmektedir. Kalıcı organik kirleticiler arasında yer alan diklorodifeniltrikloroetan (DDT), biyomagnifikasyona ilişkin en bilinen örneklerden biri olup birçok sucul ekosistemde ciddi çevresel problemlere neden olmuştur (Connell ve Miller, 1984; Walker ve ark., 2012).

Besin zinciri boyunca taşınan pestisitler ve diğer toksik maddeler, sonunda insanlara kadar ulaşabilmektedir. İnsanlar bu kirleticilere çoğunlukla kontamine balık ve deniz ürünlerinin tüketimi yoluyla maruz kalmaktadır. Uzun süreli pestisit maruziyetinin sinir sistemi hasarı, bağışıklık sistemi baskılanması, hormonal dengenin bozulması ve kanser riskinde artış gibi çeşitli sağlık sorunlarıyla ilişkili olduğu bildirilmektedir. Ayrıca bazı pestisitlerin endokrin bozucu özellik göstererek hormon sistemini etkilediği; üreme sağlığı, gelişim süreçleri ve metabolik faaliyetler üzerinde olumsuz etkiler oluşturabildiği belirtilmektedir (WHO, 2020; UNEP, 2019).

#### **4. Pestisitlerin Sucul Organizmalar Üzerindeki Etkileri**

Pestisitler sucul ekosistemlerde yaşayan organizmalar üzerinde doğrudan ve dolaylı birçok toksik etki oluşturabilmektedir. Bu etkiler organizmanın türüne, yaşam evresine, maruziyet süresine ve pestisit kimyasal özelliklerine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Sucul canlılar pestisitlere çoğunlukla su, sediment ve besin zinciri aracılığıyla maruz kalmaktadır. Özellikle uzun süre çevrede kalabilen pestisitler, biyobirikim ve biyomagnifikasyon süreçleri sonucunda farklı trofik seviyelerdeki organizmalar üzerinde ciddi ekolojik baskılar oluşturabilmektedir. Pestisit maruziyeti; fizyolojik bozukluklar, davranış değişiklikleri, üreme başarısında azalma, gelişimsel anomaliler ve popülasyon kayıpları gibi çok çeşitli etkilerle sonuçlanabilmektedir.

##### **4.1. Balıklar Üzerindeki Etkiler**

Balıklar, pestisitlere doğrudan su ortamı aracılığıyla maruz kaldıkları için bu kirleticilere karşı oldukça hassas organizmalar arasında yer almaktadır. Özellikle solungaç dokusunun geniş yüzey alanına ve ince epitel yapısına sahip olması, pestisitlerin hızlı şekilde organizmaya alınmasına neden olmaktadır. Pestisit maruziyeti balıklarda metabolik bozukluklar, hematolojik değişimler, oksidatif stres ve organ hasarları gibi çeşitli fizyolojik etkilerin ortaya çıkmasına neden olabilmektedir (Fulton ve Key, 2001; Velisek ve ark., 2009; Burch ve ark., 2025). Ayrıca pestisitlerin enzim aktivitelerinde değişimlere ve özellikle karaciğer, böbrek ile solungaç dokularında histopatolojik hasarlara yol açtığı bildirilmektedir. Balıkların fizyolojik durumlarının değerlendirilmesinde kırmızı

kan hücreleri (RBC), beyaz kan hücreleri ve hemoglobin (Hb) gibi hematolojik parametreler yaygın olarak kullanılmaktadır. Pestisitlere maruz kalan balıklarda eritrosit, lökosit ve lenfosit sayılarında değişimler ile hemoglobin düzeylerinde azalma gözlemlendiği belirtilmektedir. Bunun yanında pestisitlerin bağışıklık sistemini baskılayarak oksidatif stresi artırabildiği ve fizyolojik savunma mekanizmalarını olumsuz etkileyebildiği ifade edilmektedir (Velisek ve ark., 2009; Burch ve ark., 2025).

Pestisitler balıklarda yalnızca fizyolojik değil, aynı zamanda davranışsal değişimlere de neden olabilmektedir. Yüzme davranışında düzensizlik, yönelim kaybı, yem alma davranışında azalma ve avcılardan kaçma reflekslerinde zayıflama gibi etkiler balıkların hayatta kalma başarısını olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Bunun yanında bazı pestisitlerin endokrin sistemi bozarak gonad gelişimi, yumurta üretimi ve döllenme oranlarında azalmaya yol açtığı bildirilmektedir (Scholz ve Mayer, 2008). Bu etkiler uzun vadede balık popülasyonlarının sürdürülebilirliği üzerinde önemli baskılar oluşturabilmektedir.

#### **4.2. Bentik Makroomurgasızlar Üzerindeki Etkiler**

Bentik makroomurgasızlar, tatlı su ekosistemlerinde sediment yüzeyinde veya sediment içerisinde yaşayan omurgasız organizmalardır. Ephemeroptera (mayıs sinekleri), Plecoptera (taş sinekleri), Trichoptera (kılıkuyruk sinekleri), Diptera larvaları, oligoketler ve çeşitli kabuklular bu gruplar arasında yer almaktadır. Su kalitesine karşı yüksek duyarlılık göstermeleri nedeniyle biyolojik izleme çalışmalarında yaygın biçimde biyoindikatör olarak kullanılmaktadırlar. Bu özellikleri sayesinde pestisit kirliliğinin sucul ekosistemler üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesinde önemli rol oynamaktadırlar. Pestisitler bentik makroomurgasızlar üzerinde hem akut hem de kronik toksik etkiler oluşturabilmektedir. Özellikle insektisitlerin asetilkolinesteraz inhibisyonuna neden olarak akut ölümlere yol açtığı bilinmektedir. Beketov ve ark. (2013), Avrupa ve Avustralya'da gerçekleştirdikleri çalışmada pestisit kirliliğinin akarsulardaki omurgasız takson zenginliğini %42'ye kadar azalttığını bildirmiştir. Benzer şekilde, yasal eşik değerlere ulaşan pestisit konsantrasyonlarının dahi makroomurgasız familya zenginliğini yaklaşık %30 oranında düşürdüğü belirtilmektedir (Stehle ve Schulz, 2015).

Mayıs sinekleri (Ephemeroptera), taş sinekleri (Plecoptera) ve kılıkuyruk sineklerinden (Trichoptera) oluşan EPT grupları, pestisitlere karşı en hassas taksonlar arasında yer almaktadır. Bu organizmaların uzun gelişim süreleri, düşük göç kapasiteleri ve yaşam döngülerinin pestisit uygulama dönemleriyle çakışması maruziyet riskini artırmaktadır. Pestisit baskısının artmasıyla birlikte hassas

türlerin azaldığı ve yerlerini daha dayanıklı türlerin aldığı bildirilmektedir (Liess ve Von Der Ohe, 2005).

Pestisit maruziyeti bentik topluluk yapısında önemli değişimlere neden olabilmektedir. Hassas türlerin azalması besin ağı dinamiklerini bozarken, organik madde parçalanması ve yaprak çürümesi gibi temel ekosistem süreçleri de olumsuz etkilenmektedir (Relyea ve Hoverman, 2006). Ayrıca fipronil ve pestisit karışımlarına maruz kalan sistemlerde avcı taksonların azaldığı, buna karşın bazı tolerant işlevsel grupların baskın hale geldiği bildirilmektedir (Cotta ve ark., 2026).

Bentik organizmaların sediment ile doğrudan temas halinde yaşaması, sedimanda biriken lipofilik pestisitlerin kronik maruziyet açısından önemli risk oluşturmasına neden olmaktadır. Özellikle organoklorlu pestisitlerin uzun yıllar boyunca sedimentte kalabildiği ve bentik topluluklar üzerindeki etkilerinin uygulamaların sona ermesinden yıllar sonra dahi devam ettiği bildirilmektedir (Sugden ve ark., 2025).

#### **4.3. Planktonlar Üzerindeki Etkiler**

Planktonlar su ekosistemlerinin temel üreticilerini ve besin zincirinin ilk basamaklarını oluşturan organizmalardır. Pestisitlerin su ortamına ulaşması fitoplankton ve zooplankton topluluklarının yapısını, çeşitliliğini ve yoğunluğunu önemli ölçüde değiştirebilmektedir. Özellikle insektisit ve herbisitlerin planktonlar üzerinde toksik etkiler oluşturduğu ve hassas türlerde hızlı popülasyon azalmasına neden olduğu bildirilmektedir (Relyea ve Hoverman, 2006).

Bazı insektisitlerin Daphnia gibi zooplankton türleri üzerinde yüksek toksisite gösterdiği bilinmektedir. Besin ağının alt basamaklarında yer alan bu organizmalardaki azalma, üst trofik seviyelerde bulunan balıklar ve diğer sucul canlılar üzerinde dolaylı etkiler oluşturabilmektedir. Bu nedenle plankton topluluklarında meydana gelen değişimler, su ekosistemlerinin genel işleyişi ve enerji akışı açısından önemli sonuçlar doğurabilmektedir.

#### **4.4. Su Bitkileri Üzerindeki Etkiler**

Su bitkileri, pestisitlere doğrudan maruz kalan önemli sucul organizmalar arasında yer almaktadır. Özellikle tarımsal alanlardan sucul sistemlere taşınan pestisitler, bitkilerin fizyolojik süreçlerini etkileyerek büyüme ve gelişim üzerinde olumsuz sonuçlar oluşturabilmektedir. Pestisit maruziyeti; fotosentez aktivitesinde azalma, pigment kaybı, büyüme geriliği ve yaprak deformasyonları gibi çeşitli etkilerle sonuçlanabilmektedir. Uzun süreli maruziyet ise bitki topluluklarının yapısında değişimlere neden olarak sucul ekosistemlerde oksijen

üretimi, habitat yapısı ve besin zinciri dinamikleri üzerinde önemli etkiler oluşturabilmektedir. Ayrıca bazı çalışmalarda düşük doz pestisit maruziyetinin bitki ve alglerde hormetik etkilere neden olabileceği belirtilmektedir (Cedergreen ve ark., 2007).

Bazı sucul bitkiler, çevresel kirleticileri bünyelerinde biriktirme kapasitesine sahip olmaları nedeniyle ekosistemlerde önemli bir rol oynamaktadır. *Phragmites australis* ve *Typha australis* gibi türlerin çeşitli iz elementleri ve kirleticileri kök dokularında yüksek oranlarda biriktirebildiği bildirilmektedir. Bu özellik, bazı sucul bitkilerin kirleticilerin ortamdaki uzaklaştırılmasına yönelik biyolojik arıtım uygulamalarında kullanılabilmesini göstermektedir (Hosseini Alhashemi ve ark., 2011)

#### 4.5. Amfibiler Üzerindeki Etkiler

Amfibiler hem karasal hem de sucul ortamlarda yaşamaları nedeniyle çevresel kirleticilere karşı oldukça hassas organizmalar olarak kabul edilmektedir. Özellikle geçirgen deri yapıları ve yaşam döngülerinin önemli bir kısmını su ortamında geçirmeleri, pestisitlere maruz kalma riskini artırmaktadır. Araştırmalar pestisitlerin amfibi embriyoları ve larvalarında gelişimsel anomaliler, büyüme geriliği ve morfolojik deformasyonlara neden olabildiğini göstermektedir (Hayes ve ark., 2006; Medkova ve ark., 2023).

Özellikle bazı herbisitlerin amfibiler üzerinde endokrin bozucu etkiler oluşturduğu bildirilmektedir. Bu kapsamda en fazla dikkat çeken pestisitlerden biri atrazindir. Hayes ve ark. (2010), atrazinin yüzey, yeraltı ve içme sularında yaygın olarak tespit edilen pestisitlerden biri olduğunu ve düşük konsantrasyonlarda dahi güçlü bir endokrin bozucu etki oluşturduğunu bildirmiştir. Atrazine maruz bırakılan erkek amfibilerde testosteron düzeylerinde azalma, gonad gelişiminde bozulma ve spermatogenezde gerileme gözlemlenmiştir. Ayrıca bazı bireylerde tamamen dişileşme meydana geldiği ve fonksiyonel dişi özellikleri gösterdikleri belirtilmiştir. Bu bulgular, atrazin gibi endokrin bozucu pestisitlerin küresel amfibi popülasyonlarındaki azalmalarda önemli rol oynayabileceğini göstermektedir (Hayes ve ark., 2010).

Amfibiler ekosistemlerde hem av hem de avcı olarak önemli ekolojik işlevlere sahiptir. Bu nedenle amfibi popülasyonlarında meydana gelen azalmalar besin ağı yapısını ve ekosistem dengesini etkileyebilmektedir. Pestisit kaynaklı popülasyon düşüşlerinin özellikle sucul böcek topluluklarında artışa neden olabildiği bildirilmektedir. Bu özellikleri nedeniyle amfibiler sucul ekosistem sağlığının değerlendirilmesinde önemli biyolojik göstergeler arasında kabul edilmektedir (Mann ve ark., 2009).

#### **4.6. Su Kuşları Üzerindeki Etkiler**

Pestisitler yalnızca sucul organizmaları değil, aynı zamanda bu organizmalarla beslenen su kuşlarını da etkileyebilmektedir. Biyobirikim ve biyomagnifikasyon süreçleri sonucunda üst trofik seviyelerde bulunan kuşlarda yüksek pestisit konsantrasyonları oluşabilmektedir. Özellikle organoklorlu pestisitlerin su kuşlarının yağ dokularında birikerek uzun süre kalıcılık gösterebildiği bildirilmektedir (Fry, 1995).

Su kuşlarında pestisit birikiminin bağışıklık sistemi baskılanması, davranış değişiklikleri ve üreme başarısında azalma gibi çeşitli etkiler oluşturduğu belirtilmektedir. Ayrıca bazı pestisitlerin yumurta kabuğunda incelmeye neden olarak embriyo gelişimini olumsuz etkilediği ve kuluçka başarısını azalttığı bildirilmektedir. Bu durum kuş popülasyonlarında azalmaya ve ekosistem dengelerinde bozulmalara yol açabilmektedir (Mineau ve Whiteside, 2013).

#### **5. Pestisitlerin Genotoksik ve İmmünolojik Etkileri**

Pestisitler yalnızca sucul organizmaların fizyolojik işlevlerini değil, aynı zamanda genetik yapılarını da etkileyebilen önemli çevresel kirleticiler arasında yer almaktadır. Bazı pestisitler hücre içerisinde DNA ile etkileşime girerek mutasyon olarak tanımlanan kalıcı genetik değişimlerin oluşmasına neden olabilmektedir. Bu değişimler DNA zincirinde kırılmalar, baz değişimleri ve kromozomal bozukluklar şeklinde ortaya çıkabilmektedir. Uzun süreli pestisit maruziyeti, sucul organizmalarda genetik hasarın artmasına ve popülasyon içerisindeki genetik çeşitliliğin azalmasına yol açabilmektedir. Genetik çeşitlilikte meydana gelen bu azalma, türlerin çevresel değişimlere uyum sağlama kapasitesini zayıflatarak ekosistemlerin sürdürülebilirliği üzerinde olumsuz etkiler oluşturabilmektedir (Walker ve ark., 2012; Newman, 2015).

Pestisitler, sucul organizmaların bağışıklık sistemi üzerinde de önemli olumsuz etkiler oluşturabilmektedir. Kronik veya yüksek dozda pestisit maruziyeti, bağışıklık hücrelerinin işlevlerini baskılayarak organizmaların hastalıklara karşı direncini azaltabilmektedir. Bu durum enfeksiyonlara yatkınlığın artmasına ve popülasyon düzeyinde mortalite oranlarının yükselmesine neden olabilmektedir. Ayrıca bağışıklık sisteminin zayıflaması, organizmaların sıcaklık değişimleri, oksijen azalması ve diğer kimyasal kirleticiler gibi çevresel stres faktörlerine karşı dayanıklılığını da azaltmaktadır. Bu nedenle pestisit kirliliği yalnızca doğrudan toksik etkiler oluşturmakla kalmamakta, aynı zamanda organizmaların çevresel streslere karşı adaptasyon kapasitesini de zayıflatarak ekosistem sağlığını tehdit etmektedir (Fingerman ve Nagabhushanam, 2005; Newman, 2015).

## 6. Pestisit Kirliliğinin Azaltılmasına Yönelik Yönetim Stratejileri

Pestisitlerin sucul ekosistemler üzerindeki olumsuz etkilerinin azaltılması amacıyla biyolojik, kimyasal ve yönetimsel yaklaşımları içeren çeşitli stratejiler geliştirilmiştir. Bu stratejiler, pestisit kullanımını azaltmayı, çevresel taşınımı sınırlandırmayı ve sucul ekosistemlerin korunmasını hedeflemektedir. Özellikle sürdürülebilir tarım uygulamalarının yaygınlaştırılması, çevresel risklerin azaltılmasında önemli bir rol oynamaktadır.

Biyolojik mücadele yöntemleri, zararlı organizmaların doğal düşmanlar veya mikroorganizmalar aracılığıyla kontrol altına alınmasını temel almaktadır. Bu yaklaşım, kimyasal pestisit kullanımını azaltarak ekosistem sağlığının korunmasına katkı sağlamaktadır (Kreutzweiser ve ark., 2008). Kimyasal mücadelede ise çevrede hızlı parçalanabilen ve hedef dışı organizmalar üzerinde daha düşük toksik etki oluşturan pestisitlerin tercih edilmesi önerilmektedir. Bu yaklaşım, hem biyobirikim riskinin azaltılmasına hem de sucul organizmaların korunmasına katkı sunmaktadır (Carvalho, 2017).

Pestisit kaynaklı kirliliğin önlenmesinde yönetimsel uygulamalar da büyük önem taşımaktadır. Pestisitlerin uygulanma zamanı, doz optimizasyonu ve alan yönetimi stratejileri çevresel taşınımın azaltılmasında etkili olmaktadır. Özellikle yağış öncesinde veya yoğun sulama dönemlerinde gerçekleştirilen uygulamalar, pestisitlerin yüzey akışıyla sucul sistemlere taşınma riskini artırmaktadır. Bu nedenle uygulamaların uygun meteorolojik koşullarda ve kontrollü dozlarda gerçekleştirilmesi önerilmektedir (URL1, 2023).

Sucul ekosistemlerin korunmasına yönelik en yaygın uygulamalardan biri tampon şeritlerdir. Tarım alanları ile su yolları arasında oluşturulan vejetatif tampon bölgeler, yüzey akışıyla taşınan pestisitleri fiziksel ve biyokimyasal süreçlerle tutarak sucul ortamlara ulaşmalarını sınırlandırmaktadır. Kontur tampon şeritlerinin bu uygulamalar arasında en etkili yöntemlerden biri olduğu bildirilmektedir (Klein ve ark., 2023). Benzer şekilde akarsu kenarı vejetatif tampon bölgeleri de sediment tutulmasına katkı sağlamakta ve su sıcaklığını düzenleyerek sucul ekosistemlerin korunmasına destek olmaktadır (URL1, 2023).

Entegre zararlı yönetimi (IPM) uygulamaları, pestisit kullanımını kaynağında azaltmayı hedefleyen sürdürülebilir yaklaşımlar arasında yer almaktadır. Bu sistemde kimyasal mücadele yalnızca ekonomik zarar eşliğinin aşıldığı durumlarda uygulanmakta; biyolojik kontrol yöntemleri, uygun ürün seçimi ve kültürel uygulamalarla kimyasal bağımlılık azaltılmaktadır (Pretty ve Bharucha, 2015). Organik tarım uygulamaları da benzer şekilde çevresel pestisit yükünün azaltılmasına katkı sağlamaktadır.

Toprak ve su yönetimine yönelik uygulamalar da pestisit taşınımının azaltılmasında etkili yöntemler arasında yer almaktadır. Minimum toprak işleme, erozyon kontrolü ve uygun sulama yönetimi uygulamaları, pestisitlerin sedimentlere bağlanarak su kütlelerine taşınmasını sınırlandırmaktadır. Özellikle aşırı sulamanın önlenmesi, yüzey akışı ve yeraltı sularına sızıntı yoluyla gerçekleşen pestisit taşınımını azaltabilmektedir (Tilman ve ark., 2002).

Vejetatif arıtma sistemleri üzerine gerçekleştirilen çalışmalar, sediman tuzakları, çim kaplı kanallar ve aktif karbon gibi bileşenleri içeren entegre uygulamaların pestisit yükünü önemli ölçüde azaltabildiğini göstermektedir. Bazı çalışmalarda bu sistemlerin belirli pestisitlerin konsantrasyonlarını %97'ye varan oranlarda azaltabildiği bildirilmektedir (Phillips ve ark., 2021).

Sucul sistemlerin korunmasında düzenleyici ve izleme mekanizmaları da kritik öneme sahiptir. Periyodik su ve sediment izleme programları, risk altındaki bölgelerin belirlenmesini ve gerekli müdahalelerin zamanında gerçekleştirilmesini mümkün kılmaktadır (KöckSchulmeyer ve ark., 2013). Bunun yanında uluslararası kuruluşlar tarafından geliştirilen düzenlemeler ve ulusal mevzuatın etkin biçimde uygulanması, pestisit kaynaklı çevresel risklerin azaltılmasında önemli rol oynamaktadır (FAO, 2019).

Pestisit kullanımı ile sucul ekosistemlerin korunması arasında sürdürülebilir bir denge kurulması, hem tarımsal üretimin devamlılığı hem de biyolojik çeşitliliğin korunması açısından büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle çevresel koşullar dikkate alınarak hazırlanacak bütüncül yönetim planları ve bilinçli pestisit uygulamaları, sucul ekosistemler üzerindeki baskının azaltılmasına önemli katkılar sağlayacaktır.

## **7. Sonuç**

Pestisitler, tarımsal üretimde zararlı organizmaların kontrol altına alınmasında önemli bir rol üstlenmekle birlikte, bilinçsiz ve yoğun kullanımları sonucunda sucul ekosistemler üzerinde ciddi çevresel riskler oluşturmaktadır. Yağış, yüzey akışı, drenaj ve infiltrasyon gibi süreçlerle sucul ortamlara taşınan pestisitler; yüzey ve yeraltı sularında kirliliğe neden olmakta, ayrıca sediment ve biyota içerisinde birikerek uzun süreli ekolojik etkiler meydana getirebilmektedir.

Sucul organizmalar üzerindeki pestisit etkileri akut ve kronik toksisite şeklinde ortaya çıkabilmekte; balıklar, planktonlar, bentik makroomurgasızlar, amfibiler, su bitkileri ve su kuşları gibi birçok organizma grubu bu kirleticilerden farklı düzeylerde etkilenebilmektedir. Pestisit maruziyetinin fizyolojik bozukluklar, davranış değişiklikleri, üreme başarısında azalma, genetik hasar ve bağışıklık sistemi baskılanması gibi çeşitli olumsuz sonuçlara yol açtığı bildirilmektedir. Bunun yanında biyobirikim ve biyomagnifikasyon süreçleri,

pestisitlerin besin zinciri boyunca taşınmasına ve üst trofik seviyelerde daha yüksek konsantrasyonlara ulaşmasına neden olmaktadır. Bu durum yalnızca ekosistem sağlığı açısından değil, insan sağlığı açısından da önemli riskler oluşturmaktadır.

Pestisit kaynaklı çevresel risklerin azaltılabilmesi için sürdürülebilir tarım uygulamalarının yaygınlaştırılması büyük önem taşımaktadır. Entegre zararlı yönetimi, biyolojik mücadele yöntemleri, tampon bölgeler, kontrollü pestisit uygulamaları ve etkili izleme programları, sucul ekosistemlerin korunmasına katkı sağlayan temel yaklaşımlar arasında yer almaktadır. Ayrıca çevresel koşullar dikkate alınarak gerçekleştirilecek bilinçli pestisit kullanımı ve etkin yasal düzenlemeler, pestisitlerin çevresel etkilerinin azaltılmasında önemli rol oynayacaktır.

Sonuç olarak, pestisitlerin sucul ekosistemler üzerindeki etkilerinin anlaşılması, biyolojik çeşitliliğin korunması ve sürdürülebilir çevre yönetimi açısından büyük önem taşımaktadır. Gelecekte gerçekleştirilecek çalışmaların, pestisitlerin uzun dönemli ekolojik etkilerine odaklanması büyük önem taşımaktadır. Ayrıca çevresel risklerin azaltılmasına yönelik yenilikçi yönetim stratejilerinin geliştirilmesi, sucul ekosistemlerin korunmasına önemli katkılar sağlayacaktır.

## Kaynakça

- Aktar, M. W., Sengupta, D., Chowdhury, A. (2009). Impact of pesticides use in agriculture: their benefits and hazards. *Interdisciplinary Toxicology*, 2(1), 1–12.
- Anonim, (1979). DDT and its Derivatives. Environmental Health Criteria 9. 193 p. United Nations Environment Programme and The World Health Organization, GENEVA.
- Aydınalp, C., Porca, M.M. (2004). The effects of pesticides in water resources. *Journal Central European Agriculture*, 5(1):512.
- Balkaya, N. (2000). Pestisitlerin Canlılar Üzerindeki Toksik Etkileri. GAP Çevre Kongresi, 16- 18 Ekim, Şanlıurfa, I, 529-538.
- Beketov, M. A., Kefford, B. J., Schäfer, R. B., Liess, M. (2013). Pesticides reduce regional biodiversity of stream invertebrates. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(27), 11039–11043. <https://doi.org/10.1073/pnas.1305618110>
- Boone, M. D., Bridges, C. M. (2003). Effects of multiple environmental stressors on amphibian populations. *Ecotoxicology*, 12(1–4), 1–16.
- Burch, E., Hussein, M. A., Zaki, M., Kamal, L. T., Zaki, G., Shoeib, T., Dawood, M., Sewilam, H., Abdelnaser, A. (2025). Assessing the effects of pesticides on aquacultured fish and ecosystems: A comprehensive environmental health review. *Fishes*, 10, 223. <https://doi.org/10.3390/fishes10050223>
- Carpenter, S. R., Stanley, E. H., & Vander Zanden, M. J. (2011). State of the world's freshwater ecosystems: physical, chemical, and biological changes. *Annual review of Environment and Resources*, 36(1), 75-99.
- Carvalho, F. P. (2017). Pesticides, environment, and food safety. *Food and Energy Security*, 6(2), 48–60. <https://doi.org/10.1002/fes3.108>Digital Object Identifier (DOI)
- Cedergreen, N., Streibig, J. C., Kudsk, P., Mathiassen, S. K., Duke, S. O. (2007). The occurrence of hormesis in plants and algae. *DoseResponse*, 5(2), 150–162.
- Connell, D. W., & Miller, G. J. (1984). *Chemistry and ecotoxicology of pollution* (Vol. 65). John Wiley & Sons.
- Cotta, C. P., da Silva Pinto, T. J., Gomes, D. F., Ogura, A. P., da Silva, L. C. M., do Carmo, J. B., ... & Moreira, R. A. (2026). Impacts of pesticides and vinasse on the composition and functional diversity of aquatic macroinvertebrates exposed in a mesocosm system. *Aquatic Toxicology*, 107724.

- ÇelikÇakıroğulları, G., Seçer, S.(2009) Organik klorlu insektisit DDT'nin sucul sistemlere etkisi ve Türkiye'de Yapılan çalışmalar, Ziraat mühendisliği dergisi, TemmuzAralık, 353, 3439.
- FAO (Food and Agriculture Organization). (2019). International Code of Conduct on Pesticide Management. Rome: FAO.
- Fingerman, M., Nagabhushanam, R. (2005). Toxicology of aquatic pollution. CRC Press.
- Fry, D. M. (1995). Reproductive effects in birds exposed to pesticides and industrial chemicals. *Environmental Health Perspectives*, 103, 165–171.
- Fulton, M. H., Key, P. B. (2001). Acetylcholinesterase inhibition in estuarine fish and invertebrates as an indicator of organophosphate and carbamate exposure. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 20(1), 37–45. <https://doi.org/10.1002/etc.5620200104>
- Gama A.F., Cavalcante, R.M., Duavi, W.C., Silva, V.P.A., Nascimento, R.F., (2017). Occurrence, distribution, and fate of pesticides in an intensive farming region in the Brazilian semiarid tropics (Jaguaribe River, Ceará). *Journal of Soils and Sediments*, 17, 1160–1169.
- Gavrilescu, M. (2005). Fate of pesticides in the environment and its bioremediation. *Engineering in Life Sciences*, 5(6), 497–526. <https://doi.org/10.1002/elsc.200520098>
- Hayes, T. B., Case, P., Chui, S., Chung, D., Haeffele, C., Haston, K., ... & Tsui, M. (2006). Pesticide mixtures, endocrine disruption, and amphibian declines: are we underestimating the impact?. *Environmental health perspectives*, 114(Suppl 1), 40.
- Hayes, T. B., Houry, V., Narayan, A., Nazir, M., Park, A., Brown, T., ... & Gallipeau, S. (2010). Atrazine induces complete feminization and chemical castration in male African clawed frogs (*Xenopus laevis*). *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(10), 4612-4617.
- Hosseini Alhashemi, A. S., Karbassi, A. R., Hassanzadeh Kiabi, B., Monavari, S. M., Nabavi, S. M. B., Sekhavatjou, M. S. (2011). Bioaccumulation of trace elements in trophic levels of wetland plants and waterfowl birds. *Biological Trace Element Research*, 142, 500–516.
- Klein, M., Klein, J., Flade, J., Großmann, D., Türkowsky, D., O'Connor, I., Spycher, S., Reichenberger, S., Sittig, S., Multsch, S., Thomas, K. (2023). Risk mitigation measures for pesticide runoff: How effective are they? *Pest Management Science*, 79(12), 4897–4905. <https://doi.org/10.1002/ps.7691>

- KöckSchulmeyer, M., Ginebreda, A., Postigo, C., Garrido, T., Fraile, J., López de Alda, M., Barceló, D. (2013). Fouryear advanced monitoring program of polar pesticides in groundwater of Catalonia (NESpain). *Science of the Total Environment*, 470–471, 1087–1098.
- Kreutzweiser, D. P., Good, K., Scarr, T. (2008). Biological pest control and pesticide reduction in aquatic ecosystems. *Aquatic Toxicology*, 88(4), 219–230.
- Liess, M., Von Der Ohe, P. C. (2005). Analyzing effects of pesticides on invertebrate communities in streams. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 24(4), 954–965.
- Mann, R. M., Hyne, R. V., Choung, C. B., Wilson, S. P. (2009). Amphibians and agricultural chemicals: Review of the risks in a complex environment. *Environmental Pollution*, 157, 2903–2927.
- Medkova, D., Hollerova, A., Riesova, B., Blahova, J., Hodkovicova, N., Marsalek, P., ... & Lakdawala, P. (2023). Pesticides and parabens contaminating aquatic environment: acute and sub-chronic toxicity towards early-life stages of freshwater fish and Amphibians. *Toxics*, 11(4), 333. <https://doi.org/10.3390/toxics11040333>
- Mineau, P., Whiteside, M. (2013). Pesticide acute toxicity is a better correlate of US grassland bird declines than agricultural intensification. *PLOS ONE*, 8(2), e57457.
- NemethKonda L., Füleky G., Morovjan G., Csokan, P. (2002). Sorption Behaviour of Acetochlor, Atrazine, Carbendazim, Diazinon, Imidacloprid and Isoproturan on Hungarian Agricultural Soil. *Chemosphere*, 48, 545-552.
- Newman, M. C. (2015). *Fundamentals of ecotoxicology: The science of pollution* (4th ed.). CRC Press.
- Phillips, B. M., Cahn, M., Voorhees, J. P., McCalla, L., Siegler, K., Chambers, D. L., ... & Tjeerdema, R. S. (2021). An integrated vegetated treatment system for mitigating imidacloprid and permethrin in agricultural irrigation runoff. *Toxics*, 9(1), 7.
- Pierzynski, G.M., Sims J.T., Vance, G.F. 1994. *Soils And Environmental Quality*. Lewis Publishers, Boca Raton, FL.
- Pretty, J., Bharucha, Z. P. (2015). Integrated pest management for sustainable intensification. *Biological Agriculture & Horticulture*, 31(1), 1–16.
- Rand, G. M., Petrocelli, S. R. (1985). *Fundamentals of aquatic toxicology: Methods and applications*. Hemisphere Publishing Corporation.

- Relyea, R. A. (2005). The impact of insecticides and herbicides on the biodiversity and productivity of aquatic communities. *Ecological Applications*, 15(2), 618–627.
- Relyea, R. A., Hoverman, J. T. (2006). Assessing the ecology in ecotoxicology: A review and synthesis in freshwater systems. *Ecology Letters*, 9, 1157–1171.
- Rohr, J. R., McCoy, K. A. (2010). A qualitative metaanalysis reveals consistent effects of atrazine on freshwater fish and amphibians. *Environmental Health Perspectives*, 118(1), 20–32.
- SánchezBayo, F. (2011). Insecticides mode of action in relation to their toxicity to nontarget organisms. *Journal of Environmental & Analytical Toxicology*, S4, 1–14.
- Selvi, K., Çölgeçen, Z. (2023). Pesticides: Aquatic ecosystem safety and health risks, 5. International Food, Agriculture And Veterinary Sciences Congress, September 2223, Ganja, Azerbaijan
- Scholz, S., Mayer, I. (2008). Molecular biomarkers of endocrine disruption in small model fish. *Molecular and Cellular Endocrinology*, 293, 57–70.
- Sparling, D. W., Linder, G., Bishop, C. A. (2010). *Ecotoxicology of amphibians and reptiles* (2nd ed.). CRC Press.
- Stehle, S., Schulz, R. (2015). Agricultural insecticides threaten surface waters at the global scale. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(18), 5750–5755.
- Sugden, S., White, A. B., Lento, J., Kurek, J., Dimitrov, I., Emry, S., ... & Edge, C. B. (2025). Legacy effects of four decades of insecticide applications on contemporary riverine benthic macroinvertebrates. *Environmental Pollution*, 376, 126397.
- Tilman, D., Cassman, K. G., Matson, P. A., Naylor, R., Polasky, S. (2002). Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*, 418(6898), 671–677.
- UNEP (United Nations Environment Programme). (2019). Global Chemicals Outlook II.
- URL1, (2023) Pesticide Environmental Stewardship. <https://pesticidestewardship.org/> (Erişim tarihi: 22.04.2026)
- Van Der Oost, R., Beyer, J., Vermeulen, N. P. E. (2003). Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment: a review. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 13(2), 57–149.

- Velisek, J., Svobodova, Z., Piackova, V. (2009). Effects of acute exposure to bifenthrin on some haematological, biochemical and histopathological parameters of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Veterinárni medicína*, 54(3), 131-137.
- Vink, S., Ford, P. W., Bormans, M., Kelly, C., Turley, C. (2007). Contrasting nutrient exports from a forested and an agricultural catchment in south-eastern Australia. *Biogeochemistry*, 84(3), 247-264.
- Walker, C. H., Sibly, R. M., Hopkin, S. P., Peakall, D. B. (2012). *Principles of ecotoxicology*. CRC Press.
- WHO (World Health Organization). (2020). Chemical hazards in food. Geneva: WHO.

## 7. Bölüm

# Ormancılıkta Sürütme Yollarının Yapım Sürecinin İncelenmesi<sup>1</sup>

Gürkan ÇOLAK<sup>2</sup>, Yılmaz TÜRK<sup>3\*</sup>

### 1. GİRİŞ

Ormancılık; toplumun ihtiyaç duyduğu çeşitli ürün ve hizmetlerin sağlanmasına yönelik biyolojik, teknik, ekonomik ve sosyal faaliyetlerin bütününe kapsayan bir yönetim süreci olarak değerlendirilmektedir. Temel amacı, orman kaynaklarından sürdürülebilir şekilde yararlanılmasını sağlayarak topluma ekonomik, ekolojik ve sosyal faydalar sunmaktır. Bu yönüyle ormancılık, insan gereksinimlerinin karşılanmasına katkı sağlayan önemli ekonomik faaliyet alanlarından biri olarak kabul edilmektedir. Ormancılık çalışmaları kapsamında; ormanların korunması, bakımı, geliştirilmesi ve yetiştirilmesinin yanı sıra orman ürünlerinin üretimi, değerlendirilmesi ve iş gücü organizasyonu gibi çok yönlü uygulamalar yer almaktadır (Özdönmez ark., 1996).

Literatürde ormancılık; ormanların kuruluşundan korunmasına, geliştirilmesinden amenajmanına kadar uzanan geniş bir uygulama alanına sahip olup, silvikültür, orman amenajmanı, orman ekonomisi, orman mühendisliği ve orman koruma gibi alt disiplinlerle birlikte değerlendirilmektedir. Günümüzde ormancılık anlayışı, iklim değişikliği, biyolojik çeşitlilik kaybı ve sürdürülebilir kalkınma hedefleri doğrultusunda ekosistem temelli yönetim yaklaşımına dayanmaktadır (Asan, 2013; Boydak ve Çalışkan, 2015; FAO, 2020).

Ormancılık faaliyetleri genel olarak; altyapı çalışmalarının gerçekleştirilmesi, yetiştirme uygulamalarının yürütülmesi, koruma önlemlerinin alınması, üretim faaliyetlerinin gerçekleştirilmesi ve elde edilen ürünlerin taşınarak değerlendirilmesi şeklinde aşamalı bir süreç içerisinde ele alınmaktadır. Bu kapsamda yol, fidanlık, bina ve çeşitli tesislerin oluşturulması altyapı

<sup>1</sup> Bu çalışma Yılmaz TÜRK danışmanlığında yürütülen Gürkan ÇOLAK'ın "Dağlık Arazide Sürütme Yollarının Planlanması ve Yapım Süreçlerinin İncelenmesi" başlıklı Yüksek Lisans tezinden türetilmiştir.

<sup>2</sup> Orm. Müh. Düzce Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü,  
0009-0002-8321-732X, gurkancolak@outlook.com

<sup>3</sup> Prof. Dr. Düzce Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü,  
0000-0001-7644-7886, yilmazturk@duzce.edu.tr

\* Sorumlu yazar

çalışmalarını; ekim, dikim ve bakım işlemleri yetiştirme çalışmalarını oluşturmaktadır. Bunun yanında koruma faaliyetleri, kesim ve bölmeden çıkarma işlemleri ile taşıma, depolama ve ürünlerin değerlendirilmesine yönelik uygulamalar ormancılık çalışmalarının temel aşamaları arasında yer almaktadır (Erdaş, 1997).

Türkiye’de endüstriyel odun hammaddesi ihtiyacının önemli bir bölümü Orman Genel Müdürlüğü (OGM) tarafından karşılanmaktadır. Orman işletmelerinin gelirlerinin büyük kısmı da odun hammaddesi üretim faaliyetlerinden elde edilmektedir. Yapılan değerlendirmelere göre OGM üretiminin önemli bölümünü endüstriyel odun üretimi oluşturmakta, tomruk üretimi ise bu üretim içerisindeki başlıca ürün grupları arasında yer almaktadır. Ayrıca yıllık üretimin büyük bir kısmı endüstriyel amaçlarla kullanılırken, belirli miktardaki üretim yakacak odun ihtiyacının karşılanmasında değerlendirilmektedir (DPT, 2007).

Orman ürünlerinin pazara ulaştırılmasında orman yol ağları en önemli alt yapı tesisleridir (Kaplan, 2007; Acar ve ark., 2008). Orman yol ağları; orman alanlarının korunması, işletilmesi, üretime açılması, bakım faaliyetlerinin yürütülmesi ve orman ürünlerinin taşınmasının sağlanması amacıyla planlanan ve inşa edilen ulaşım altyapı sistemleri olarak tanımlanmaktadır. Bu yollar, ormancılık faaliyetlerinin etkin ve ekonomik biçimde gerçekleştirilebilmesi için gerekli olan temel mühendislik yapılarından biridir (Acar, 2016; Erdaş, 1997; FAO, 1998).

Endüstriyel odun hammaddesi üretiminde bölmeden çıkarma çalışmalarında farklı teknik ve mekanizasyon yöntemleri kullanılmakta olup, ülkemizde en yaygın yöntem traktörlerle sürütme yolları üzerinde yapılan sürütme uygulamalarıdır (Eroğlu ve Özmen, 2010).

Odun hammaddesinin bölmeden çıkarılması sürecinde kullanılan sürütme yolları, üretim verimliliği açısından önemli olmakla birlikte yanlış planlandığında çevresel zararlara neden olabilmektedir (Bayoğlu, 1987; FAO, 1998; Eroğlu ve ark., 2007).

Sürütme yolu, kesilen odun hammaddesinin insan, hayvan veya makine gücüyle sürütülerek taşındığı geçici ya da yarı kalıcı güzergâhlardır. Bu yollar genellikle bölmeden çıkarma çalışmaları sırasında kullanılmakta ve çoğu zaman üretim tamamlandıktan sonra doğal sürece bırakılmaktadır (Erdaş, 1997; Acar ve Ünver, 2004; FAO, 1996).

Literatürde sürütme yolları; odun hammaddesi üretim süreçlerinin vazgeçilmez unsurlarından biri olarak değerlendirilmekte olup, üretim maliyetlerinin azaltılması ve sürütme mesafelerinin optimize edilmesi açısından kritik öneme sahiptir. Özellikle eğimli arazilerde sürütme operasyonlarının etkin

şekilde yürütülebilmesi için uygun sürütme yolu ağlarının planlanmasının gerekli olduğu belirtilmektedir. Ülkemizde sürütme yolları üzerine gerçekleştirilen çalışmalarda yol yoğunluğu ve ekolojik etkiler ön plana çıkmaktadır. Bunun yanında sürütme yollarının tasarım desenleri üzerine de çalışmalar bulunmaktadır (Erdaş, 1997; Acar ve Ünver, 2004; Eroğlu ve Öztürk, 2016).

Genel olarak değerlendirildiğinde, sürütme yolları ormancılık üretim faaliyetlerinin teknik açıdan vazgeçilmez bir unsuru olmakla birlikte; plansız uygulamalar sonucunda önemli çevresel etkiler oluşturabilmektedir. Bu nedenle güncel literatürde, optimum sürütme yolu yoğunluğunun belirlenmesi, çevresel etkilerin azaltılması ve sürdürülebilir üretim planlamasının geliştirilmesi temel araştırma konuları arasında yer almaktadır (Eroğlu ve Öztürk, 2016; Acar ve Ünver, 2004; FAO, 2020).

Bu çalışmada, 292 Sayılı Tebliğe (Orman Yollarının Planlanması, Yapımı ve Bakımı) eklenen sürütme yollarının yapım süreci incelenmiştir.

## **2. SÜRÜTME YOLLARININ KULLANIM AMACI VE GEREKLİLİĞİ**

Sürütme yolları; vadi, yamaç veya sırt yollarından ayrılarak meşçere içerisine giren araziye uygun sürütme araçları tarafından kullanılan ve düşük masraflarla yapılan meşçere içi işletmeye açma tesisleridir (Şekil 1). Orman yollarına karşın boyuna profilde belirgin eğim değişiklikleri ve ters (aksi) eğimler görülebilir. Güzergâhlarının belirlenmesi sırasında meşçerelerin zarar görmemesine ve doğaya uygun halde kalmasına özellikle dikkat edilmelidir. Sürütme şeritlerinde (izlerinde) % 40 üzerinde taşıma yapılamadığı için 100-150 m aralıklarla sürütme yolları inşa edilerek bu yollar üzerinde hareket eden ve kablo çekimi ile bölmeden çıkarma yapan makinelerden yararlanır (Erdaş ve ark, 2014).

Eğimli arazilerde iş güvenliğinin sağlanabilmesi için yol kesitinin mümkün olduğunca tamamen kazı içerisinde oluşturulması gerekmektedir. Arazi yapısının engebeli olduğu bölgelerde ise kazı ve dolgu uygulamalarının birlikte kullanıldığı karma kesit tipleri tercih edilmelidir. Bu alanlarda yapılacak kazının genişliği, çalışmada kullanılacak makinenin boyutlarına bağlı olarak belirlenmelidir. Bu nedenle sürütme yollarının genişliği minimum 2,5 metre olmalı, ancak kullanım kolaylığı ve güvenlik açısından 3 metre genişlik daha uygun görülmektedir. Daha büyük veya özel ekipmanların kullanıldığı durumlarda ise bu ölçü 3,5 metreye kadar artırılabilir. Sürütme yollarında enine eğimin yaklaşık %3–4 oranında vadi yönüne verilmesi, yüzey sularının tahliyesini kolaylaştırmaktadır. Bununla birlikte, bu eğim tomrukların sürütülmesi sırasında kayma riskini artırarak çeşitli güvenlik sorunlarının ortaya çıkmasına neden olabilmektedir (Erdaş ve ark, 2014).



**Şekil 1.** Yeni yapımı tamamlanmış sürütme yolu

Sürütme yollarının yapımı sırasında yolların mümkün olduğunca dar planlanmasına özen gösterilmelidir. Ayrıca güzergâhların, kar birikimi ve rüzgârın olumsuz etkilerini azaltmak amacıyla bu etkenlere dik değil, paralel doğrultuda açılması tercih edilmelidir. Kazı kısmında kesilen ağaçların kütüklerinin bir miktar yüksek bırakılması yararlı olmaktadır. Bu uygulama, yukarı kesimlerden gelebilecek ani gövde hareketlerine karşı koruyucu bir engel görevi görebilmektedir. Sürütme yolları genellikle üstyapı unsuru içermeyen, meşçere içerisinde doğal toprak yol özelliği taşıyan tesisler olarak bırakılmaktadır (Erdaş ve ark, 2014).

Dağlık arazide yamaç eğiminden dolayı sürütme şeritleri planlanamamaktadır. Bu nedenle bu gibi eğimli arazilerde kazı yapılarak oluşturulan tesisler sürütme yollarının planlanması ile gerçekleştirilmektedir. Sürütme yolları için üretim sahasının tamamını işletmeye açacak şekilde bir planlamanın hangi esaslara göre yapılacağı ve inşaat sürecinin ne şekilde olacağı yönünde, mevzuata ilişkin bir düzenleme bulunmamaktadır. Bu konulara ilişkin çalışmalar sınırlı sayıdadır. Bu nedenle sürütme yollarının planlanması ve inşaatı zamansal ve ekonomik açılardan kayıplar oluşabilmekte, üretim alanında olumsuz çevresel etkiler de meydana gelmektedir. Ayrıca sürütme yollarının, orman yolları gibi 292 sayılı Tebliğe entegre edilmesiyle ve inşaat sürecinin orman yolları gibi yapılması yaklaşık maliyetin ve hakediş değerlerinin hesaplanmasında problemlerin doğacağı düşünülmektedir.

### 3. 292 SAYILI TEBLİĞE GÖRE SÜRÜTME YOLLARININ YAPIM ESASLARI

Sürütme yolları, orman ürünlerinin sürütülmesine hizmet ettiğinden, sürütme yollarının yapım giderleri ne kadar yüksek, faydalanılan orman ürünü miktarı ne kadar az ise, sürütme yollarının ekonomikliğı de o kadar sorun olmaktadır.

Sürütme yolları, aşağıdaki hususlar göz önünde bulundurularak planlanmalı ve uygulanmalıdır (OGM, 2008):

- Yapım bakımından arazinin basit olması,
- Arazi parçalarının ıslak ve bataklık olmaması,
- Traktörün girebildiğı ve bölmeden çıkarma yapabileceğı arazilerde tutucu şerit olarak uygulanabilmesi.

Sürütme yolları, mevcut yol ağı planı ile uyumlu olmalıdır. Sürütme yolları, üretime girilecek meşcerelerde, maktada (hasat alanında) biriken orman ürünlerinin en yakın standart yol veya rampaya kadar taşınması için yapılıır. Sürütme yolu teklif edilmeden önce orman yol ağı planlaması ilkeleri yönünden çözüm şekli aranır, çözüm bulunamadığı takdirde sürütme yolu yapımı teklif edilir. Sürütme yollarının yerleri ve güzergâhları; üretimi yapılacak ürünlerin taşınmasında sorunları çözecek nitelikte olmalıdır. Sürütme yolları, ilgili işletme şefi, işletme pazarlama şube müdürlüğünden bir teknik eleman ve makine ikmal şube müdürlüğünden bir teknik elamanla birlikte tespit edilmektedir. Daha sonra bir konum planı ve gerekçe raporu düzenlenerek, işletme şefliğinin teklifi, işletme müdürlüğünün uygun görüşleri ve bölge müdürlüğünün onayı ile uygulanır.

#### 3.1. Tebliğ'e Göre Sürütme Yollarının Teknik Özellikleri

*Eğim:* Yukarıdan aşağı doğru taşımada maksimum eğim %16, çözüm bulunamayan ender hallerde erozyona dayanıklı, iskeletli ve geçirgen zeminlerde %25, aşağıdan yukarı taşımada ise %12 olmalıdır. Yapım giderlerini düşürecekse eğim kırıklıkları ve ters eğime de müsaade edilebilir. Ters eğim %12'den fazla olmamalıdır.

*Genişlik:* Sürütme yolu genişliğı 3,0 m'yi geçmemelidir.

*Yol Yüzeyi:* Enine eğim (dever) oranı %2-3, erozyon tehlikesine karşı üretimden sonra her 30 metrede bir doğal açık kasis yapılmalı ve hiçbir şekilde sanat yapısı yapılmamalıdır.

*Yapımı:* Sürütme yolu inşasında, topografik yapıya ve bitki örtüsüne zarar vereceğinden dolayı paletli buldozer ve 12 tonu aşan iş makineleri kesinlikle kullanılmamalıdır. Düşük tonajlı paletli iş makineleri ile lastik tekerlekli kazıcı yükleyiciler kullanıla bilinmektedir (Şekil 2).

*Uzunluk:* Uzunluk en fazla 300 m, orman yolu yapım giderlerinin orta ve yine orta derecede orman yol yoğunluğu olan yerlerde 500 m ye kadar çıkarıla bilinir.

*Aralık (mesafe):* Sürütme yolları arasındaki mesafe olarak bölmeden çıkarmada eğim, zemin yapısı gibi arazi özellikleri, sürütmeye ait çözümler dikkate alınarak 150-250 m mesafe aralığında yapılabilir.

*Kurp ve Lase:* Sürütme yollarında en az kurp ve lase yarıçapı 8 m olmalıdır.



**Şekil 2.** Sürütme yolu yapımında kullanılan mini ekskavatör

### **3.2. Arazi İncelemesi**

- a) Etüt karnesi ve yaklaşık maliyete esas metraj cetveli
- b) Gereke rapor
- c) Proje ve yaklaşık maliyet hesabı

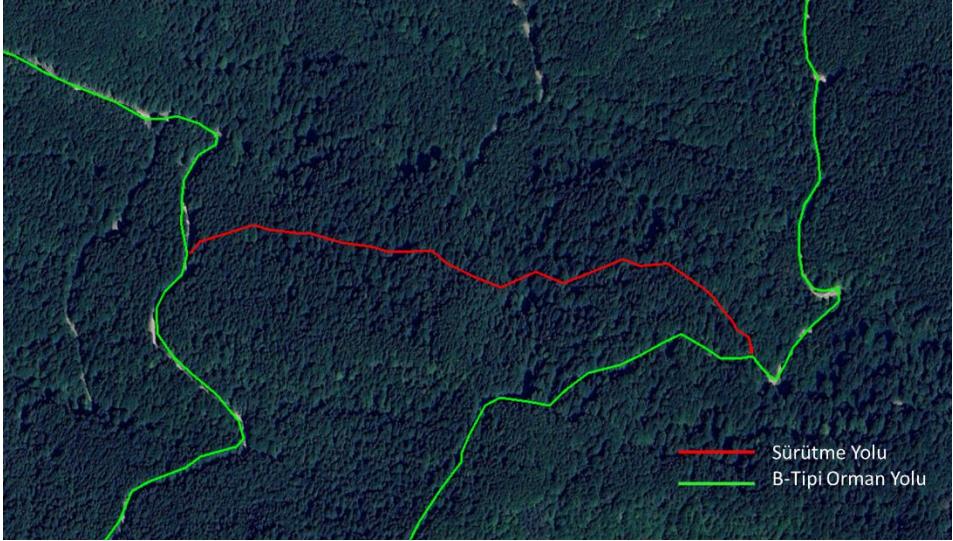
ç) Kroki: 1/25000 ölçekli haritada sürütme yolunun geçtiği güzergâh ve çözdüğü bölmeler gösterilmektedir. Kodlandırma; Mevcut bölme numarası kullanılarak yapılmaktadır. Bölme numarası 654 olan bir bölmede yapılacak olan sürütme yolunun kodu 654/1 olarak ifade edilecektir. Güzergâhın üzerinde ortalama eğimler gösterilmelidir. Hazırlanan krokide güzergâh, kırmızı renkli kesintisiz tek çizgi kullanılarak gösterilmelidir. Ayrıca sürütme yoluna ait kod numarası güzergâhın üst kısmına, eğim değeri ise alt kısmına yazılmalıdır.

### **3.3. Sürütme Yolunun Programa Alınması ve Yapılması**

Bölge müdürlüklerince uygulama yılına ait bütçe ve iş programı teklifi; işletme giderleri bölümünün ilgili faslından bir yıl öncesinde yapılmalı, bütçenin kabulünden sonra bölge müdürlüğünce yapılmalıdır. Sürütme yolu inşaatına

ödeneği geldikten sonra başlanılmalıdır. İşletme müdürlüğü tarafından sürütme yolu yaklaşık maliyeti hazırlanacak veya hizmet alımı yolu ile hazırlattırılacaktır. Sürütme yolunun yapım işi işletme müdürlüğü tarafından ihale yolu ile veya kendi iş makineleri ile yaptırılacak olup, ödeneği üretim ödenekleri faslından karşılanacaktır.

Sürütme yollarının planlanması ve yapımında orman yollarına her iki uçtan bağlanması istenen bir uygulamadır (Şekil 3). Ancak her iki uçtan bağlanamayan sürütme yollarında boşta kalan uçta uygun bir yere iyi bir dönüş yeri düşünölmelidir. Sürütme yolları yollara bağlanırken daha çok, yolların alçaldığı yönde yükselen sürütme yolları şeklinde düşünölmelidir. Bu işletmeye açma alanı itibarıyla birden fazla, çift taraflı işletmeye açma problemini de ortadan kaldırmış olacaktır.



**Şekil 3.** Çalışma alanında sürütme yolunun her iki ucunun orman yoluna bağlantısı

Sürütme yolları esas itibarıyla yayvan veya engebeli yamaçlarda paralel; dik yamaçlarda diyagonal (çapraz) şekilde inşa edilirler. Bunlardan hangisinin uygun olduğu;

- Orman yol ağı planına,
- Arazinin akarsularla parçalanıp parçalanmadığına,
- İşletmeye açılan alanın şekline bağlıdır.

-Ayrıca sürütme yolu yapımında silvikültür mevzuatında bulunan bakım patikaları da dikkate alınmalıdır.

Ormanlıktaki bazı işlerde olduğu gibi sürütme yollarının yapımı da ihale ile yaptırılmaktadır. 4734 sayılı Kamu İhale Kanunu, 04.01.2002 tarihinde kabul edilmiş ve 22.01.2002 tarihli Resmî Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Bu kanun, kamu kurum ve kuruluşlarının gerçekleştireceği mal, hizmet ve yapım işi ihalelerinde uygulanacak temel ilke ve yöntemleri belirlemek amacıyla hazırlanmıştır. Kanunda “yüklenici”, ihale sonucunda işi üstlenen ve idare ile sözleşme imzalayan gerçek ya da tüzel kişi olarak ifade edilmektedir. “Açık ihale usulü”, tüm isteklilerin teklif verebildiği ihale yöntemi olarak tanımlanırken; “doğrudan temin”, belirli durumlarda ihtiyaçların idare tarafından davet edilen kişilerle görüşülerek karşılanmasını sağlayan yöntem şeklinde açıklanmaktadır. “Sözleşme” kavramı ise mal veya hizmet alımları ile yapım işlerinde taraflar arasında yapılan yazılı anlaşmayı ifade etmektedir. Yaklaşık maliyet, ihale sürecinden önce idare tarafından yapılan piyasa araştırmaları sonucunda belirlenen tahmini maliyet bedelidir. Bu hesaplamalar katma değer vergisi hariç hazırlanmakta ve ilgili belgelerle kayıt altına alınmaktadır. Ayrıca yaklaşık maliyet bilgileri ihale ilanlarında paylaşılmamakta ve ihale süreci dışında üçüncü kişilere açıklanmamaktadır.

Hizmet alımları ve yapım işlerinde farklı ihale yöntemleri uygulanabilmektedir. Sürütme yolu yapım çalışmaları da hizmet alımı kapsamında değerlendirildiğinden; açık ihale usulü, belli istekliler arasında ihale usulü ve pazarlık usulü gibi yöntemlerden yararlanılabilmektedir. İhale sürecinde isteklilerden belirli oranlarda geçici teminat alınmakta, ihale sonuçlandıktan sonra ise yüklenici tarafından kesin teminat verilerek sözleşme imzalanmaktadır. İhale komisyonu, teklifleri yaklaşık maliyet ve diğer teklifler doğrultusunda incelemekte; olağan dışı düşük bulunan teklifler için isteklilerden ek açıklama talep edebilmektedir. Kanunda ayrıca, yapım sözleşmeleri sırasında ortaya çıkabilecek zorunlu iş artışlarına ilişkin hükümler de yer almaktadır. Özellikle birim fiyat esasına dayalı yapım işlerinde, belirli sınırlar içerisinde ek iş yapılabilmesine olanak tanınmakta ve bu süreçlerin mevcut sözleşme hükümleri doğrultusunda yürütülmesi öngörülmektedir.

## **4. MATERYAL VE YÖNTEM**

### **4.1. Çalışma Alanı**

Bu çalışma, Sakarya Orman Bölge Müdürlüğü’ne bağlı Hendek Orman İşletme Müdürlüğü (OİM) sınırları içerisinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 4). Çalışma alanında Marmara ve Batı Karadeniz iklimleri arasında bir geçiş iklimi hakimdir. Yıllık sıcaklık ortalaması 14,5 °C derecedir. İşletme Müdürlüğü ormanları genel olarak Karaçam (*Pinus nigra*), Kayın (*Fagus orientalis*), Gürgen (*Carpinus betulus*), Kestane (*Castanea sativa*), Sapsız Meşe (*Quercus petraea*),





klasında, en kazı ise 824,589 m<sup>3</sup> ile yumuşak kaya klasında belirlenmiştir ve bu şefikte sert kaya zemin klasında kazı bulunmamaktadır (Tablo 2 ve Şekil 6).

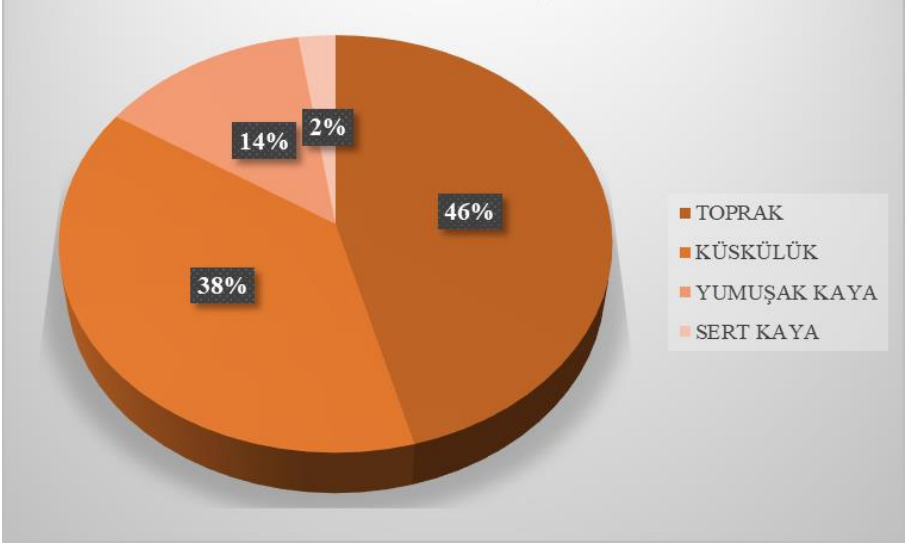
Erbaş (2010) Doğu Karadeniz Bölgesi'nde, Türk ve Gümüş (2017) Batı Karadeniz Bölgesi'nde yapmış oldukları çalışmalarda en fazla kazı miktarını toprak zemin klasında bularak bu çalışma ile benzer sonuçlar elde edilmiştir. Ancak Karabacak (2010) Göller Bölgesi'nde yapmış olduğu başka bir çalışmada en fazla kazı miktarını sert kaya zemin klasında bulmuştur. Bu fark Göller Bölgesi ile Karadeniz Bölgesi'nin jeolojik yapısından kaynaklanmaktadır. Bundan kaynaklı Göller Bölgesi'nde yol yapım maliyetleri de daha yüksek olmaktadır.

**Tablo 1.** Sürütme yolları yaklaşık maliyet verileri

İŞLETME MÜDÜRLÜĞÜ	İŞLETME ŞEFLİĞİ	YOL KOD NO	YOLUN UZUNLUĞU (km)	TOPLAM m <sup>3</sup>	KEŞİF BEDELİ (TL)	
HENDEK	AKSU	47/1, 47/2, 47/3	1+500	2.536,877	65.040,87	
		68/1, 68/2	1+000	1.752,112	53.206,43	
		85/1	0+500	702,503	23.605,65	
		100/1, 100/2, 100/3	1+500	1.976,918	56.313,34	
		124/1, 124/2	1+000	1.752,112	52.752,24	
		126/1, 126,2, 126/3	1+500	1.941,901	55.570,65	
	ÇAMDAĞI 1917	21/1	0+500	1.766,490	72.269,33	
		23/1, 23/2	1+000	3.761,850	148.147,18	
		29/1	0+500	1.766,490	55.753,41	
		42/1	0+500	1.766,490	69.159,48	
		43/1	0+200	883,736	24.545,35	
		43/2	0+500	1.766,490	70.403,82	
		91/1, 91/2	0+500	1.551,216	72.689,18	
		100/1, 100/2	1+000	3.793,735	180.153,89	
		KARADERE	28/1	0+500	1.631,793	64.777,48
			47/1	0+500	1.631,793	66.468,60
	47/2		0+500	1.631,793	66.915,61	
	48/1		0+500	1.631,793	66.172,70	
	48/2		0+500	1.631,793	68.099,19	
	49/1		0+500	1.631,793	64.823,50	
	50/1		0+500	1.631,793	65.190,70	
	<b>TOPLAM</b>		<b>32</b>	<b>15+200</b>	<b>39.141,471</b>	<b>1.462.058,60</b>

**Tablo 2.** Sürütme yollarının zemin klaslarına göre miktarları

İŞLETME MÜDÜRLÜĞÜ	İŞLETME ŞEFLİĞİ	YOL KOD NO	TOPRAK (m <sup>3</sup> )	KÜSKÜLÜK (m <sup>3</sup> )	YUMUŞAK KAYA (m <sup>3</sup> )	SERT KAYA (m <sup>2</sup> )	
HENDEK	AKSU	47/1, 47/2, 47/3	1.056,023	852,452	512,195	116,206	
		68/1, 68/2	640,891	532,201	400,390	178,631	
		85/1	308,889	238,460	141,795	13,359	
		100/1, 100/2, 100/3	814,826	595,217	427,790	139,085	
		124/1, 124/2	654,522	532,201	400,390	165,000	
		126/1, 126/2, 126/3	800,341	575,283	438,922	127,355	
	ÇAMDAĞI 1917	21/1	803,709	805,490	157,291	-	
		23/1, 23/2	1.990,539	1.391,937	379,373	-	
		29/1	802,779	732,582	231,130	-	
		42/1	872,676	805,490	88,325	-	
		43/1	521,404	318,145	44,187	-	
		43/2	847,896	805,490	113,105	-	
		91/1, 91/2	661,436	680,178	209,602	-	
	100/1, 100/2	1.679,240	1.034,898	889,910	189,687		
	KARADERE	28/1	804,685	739,142	87,967	-	
		47/1	780,633	721,969	129,191	-	
		47/2	767,810	726,388	137,596	-	
		48/1	787,010	721,969	122,814	-	
		48/2	742,302	726,388	163,104	-	
		49/1	801,120	742,707	87,967	-	
		50/1	793,387	742,456	95,950	116,206	
	<b>TOPLAM</b>		<b>32</b>	<b>17.932,118</b>	<b>15.021,043</b>	<b>5.258,994</b>	<b>929,323</b>



**Şekil 6.** Toplam kazı miktarının zemin klaslarına dağılımı

## 6. SONUÇLAR

Hendek Orman İşletme Müdürlüğü'nde 2023 ve 2024 yıllarında yapılan 32 adet sürütme yolunun yapım süreci incelenmiştir. İhale dosyaları incelendiğinde, yolların 2 adedi doğrudan temin yöntemi ile 30 adedi ise makine parkı kullanımı yöntemiyle yaptırılmıştır. Yolların hepsi 2,5-5 ton ağırlığındaki mini ekskavatörle inşa edilmiştir. Çalışma alanında planlaması yapılan en kısa sürütme yolu 0+200 km uzunluğunda olup, en uzun sürütme yolları ise 292 sayılı tebliğde belirtildiği üzere orman yolu yapım giderlerinin orta ve yine orta derecede orman yol yoğunluğu olan yerlerde 0+500 km uzunluğunda planlanmıştır. Sürütme yollarının yaklaşık maliyet verilerine göre toplam 39.141,471 m<sup>3</sup> kazı ve bundan kaynaklı 1.462.058,60 TL harcama belirlenmiştir. 32 adet sürütme yolunda yapılan etüt işlemleri sonucu ortaya çıkan metraj verilerine göre sürütme yollarında en çok 17.932,118 m<sup>3</sup>'lük kazı miktarı ile toprak zemin sınıfı, en az ise 929,323 m<sup>3</sup>'lük kazı miktarı ile sert kaya zemin sınıfı tespit edilmiştir.

## KAYNAKLAR

- Acar, H. H. & Ünver, S. (2004). Orman Transport Tekniği. Karadeniz Teknik Üniversitesi Yayınları.
- Acar, H. H., Eroğlu, H., & Öztürk, T. (2008). Forest road network planning and transportation structures in forestry operations. *Journal of Environmental Biology*, 29(3), 455–462.
- Acar, H. H. (2016). Acar, H.H., 2016. Environmental sensitive road planning and transportation techniques in forest engineering. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University* 66(2): 710-726. DOI: 10.17099/jffiu.79204.
- Asan, Ü. (2013). Orman Amenajmanı. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları.
- Bayoğlu, E. (1987). Orman yolları. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları.
- Boydak, M. & Çalışkan, S. (2015). Silvikültürün Temel Esasları. OGEM-VAK Yayınları.
- DPT, 2007. Devlet Planlama Teşkilatı, Dokuzuncu kalkınma planı ormancılık özel ihtisas komisyonu raporu. DPT Yayınları.
- Erbas, F. D. 2010. The Investigation of Approximate Cost and Progress Payment for Forest Roads to be Built on Mountainous Terrain. MSc thesis, Karadeniz Technical University, Institute of Natural Sciences.
- Erdaş, O., 1997. “Orman Yolları – Cilt I”, KTÜ Orman Fakültesi Yayınları, 187, 25, Trabzon, 390 s.
- Erdaş, O., Acar, H. H., Eroğlu, H., & Çalışkan, E. (2014). Orman transportu. Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları.
- Eroğlu, H., Öztürk, T., & Sönmez, T. (2007). Effects of skid trail compactness on forest soil properties. *International Journal of Natural and Engineering Sciences*, 1(2), 41–43.
- Eroğlu, H., & Özmen, A. (2010). Odun hammaddesi üretiminde bölmeden çıkarma çalışmaları ve verim analizi. *Orman Transportu ve Mekanizasyonu Çalışmaları*.
- Eroğlu, H. & Öztürk, T. (2016). Orman yolları ve bölmeden çıkarma çalışmalarının çevresel etkileri üzerine değerlendirmeler. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 17(2), 145-154.
- FAO, 1996. Food and Agriculture Organization. Forest Harvesting Case Study. Rome.
- FAO, 1998. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Model code of forest harvesting practice. FAO.
- FAO, 2020. Food and Agriculture Organization. Global Forest Resources Assessment 2020. Rome.

- Kaplan, E. (2007). Orman yollarının planlanması ve transport faaliyetleri üzerine araştırmalar. Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları.
- Karabacak, M. 2010. The Investigation of Approximate Cost and Progress Payment for Forest Roads to be Built in Lakes Region of Turkey. MSc thesis, Karadeniz Technical University, Institute of Natural Sciences.
- OGM, 2008. 292 Sayılı Tebliğ, Orman Yollarının Planlanması, Yapımı ve Bakımı, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, İnşaat ve İkmal Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- Özdönmez, M., İstanbullu, T., Akesen, A. ve Ekizoğlu, A., 1996. Ormancılık Politikası, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul, 3968, 435.
- Turk, Y., Gumus, S., 2017. Evaluation of the tender results of forest road constructions: A case study in Bolu Regional Directorate. Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University 67 (2): 194-202.