

VETERİNER FARMAKOLOJİ VE TOKSİKOLOJİSİ ALANINDA AKADEMİK TARTIŞMALAR

Editör: Dr. Öğr.Üyesi İpek ERDEM

yaz
yayınları

Veteriner Farmakoloji ve Toksikolojisi Alanında Akademik Tartışmalar

Editör

Dr. Öğr. Üyesi İpek ERDEM

yaz
yayınları

2026

**Veteriner Farmakoloji ve Toksikolojisi
Alanında Akademik Tartışmalar**

Editör: Dr. Öğr. Üyesi İpek ERDEM

© YAZ Yayınları

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

E_ISBN 978-625-8926-02-6

Haziran 2026 – Afyonkarahisar

Dizgi/Mizanpaj: YAZ Yayınları

Kapak Tasarım: YAZ Yayınları

YAZ Yayınları. Yayıncı Sertifika No: 73086

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

www.yazyayinlari.com

yazyayinlari@gmail.com

İÇİNDEKİLER

**Veteriner Hekimlikte Akılcı Antibiyotik Kullanımı ve
Antimikrobiyal Direnç: Tek Sağlık Perspektifi.....1**

Ertan DOĞAN

**Şüpheli Hayvan Zehirlenmelerinde Veteriner Adli
Toksikoloji: Tanısal Yaklaşım, Analitik
Değerlendirme ve Delil Zinciri19**

Yasin SARIKAYA, Ertan DOĞAN

"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."

VETERİNER HEKİMLİKTE AKILCI ANTİBİYOTİK KULLANIMI VE ANTİMİKROBİYAL DİRENÇ: TEK SAĞLIK PERSPEKTİFİ

Ertan DOĞAN¹

1. GİRİŞ

Antimikrobiyal direnç (AMR), günümüzde küresel sağlık güvenliğini tehdit eden en önemli halk sağlığı sorunlarından biri olarak kabul edilmektedir. Tedavi başarısızlıkları, mortalite oranlarında artış ve sağlık harcamalarının yükselmesi, AMR'nin yalnızca klinik bir problem olmadığını; sağlık sistemleri, ekonomi, gıda güvenliği ve sürdürülebilir üretim açısından da çok yönlü etkiler oluşturduğunu göstermektedir. Dünya Sağlık Örgütü'nün AMR'ye ilişkin Küresel Eylem Planı, ülkelerin kendi ulusal stratejilerini geliştirmeleri için temel bir çerçeve sunarken, Türkiye de Akılcı İlaç Kullanımı Ulusal Eylem Planı (2026–2030) gibi girişimlerle bu alanda çeşitli adımlar atmıştır. Bununla birlikte, Türkiye'de antimikrobiyal tüketim düzeylerinin ve direnç oranlarının uluslararası standartlara kıyasla hâlen yüksek seyretmesi; sürveyans, farkındalık, eğitim ve antimikrobiyal yönetim uygulamalarının güçlendirilmesini gerekli kılmaktadır (T.C. Sağlık Bakanlığı Sağlığın Geliştirilmesi Genel Müdürlüğü, 2026).

AMR'nin etkileri, insan sağlığı göstergelerinin ötesine geçerek hayvansal üretim, çevresel güvenlik ve gıda sistemlerini

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Ardahan Üniversitesi, Nihat Delibalta Göle Meslek Yüksekokulu, Laborant ve Veteriner Sağlık Bölümü, ORCID: 0000-0003-0751-0559.

de kapsamaktadır. Antimikrobiyal direnç, 2019 yılında 1,27 milyon ölümlle ilişkilendirilmiş; bu yükün özellikle düşük ve orta gelirli ülkeleri daha ağır biçimde etkilediği bildirilmiştir. İnsan sağlığı hizmetlerinde, hayvansal üretimde ve tarımsal uygulamalarda antibiyotiklerin aşırı veya uygunsuz kullanımı AMR'nin gelişiminde temel belirleyiciler arasında yer almaktadır. Buna ek olarak atık sular, hayvansal gübreler, tarımsal yüzey akışları ve farmasötik endüstri kaynaklı deşarjlar, dirençli mikroorganizmaların ve direnç genlerinin çevresel dolaşımını desteklemektedir. Bu nedenle AMR ile mücadele, insan, hayvan ve çevre sağlığı bileşenlerini bütüncül biçimde değerlendiren Tek Sağlık yaklaşımı çerçevesinde ele alınmalıdır (Al-Khalaifah ve ark., 2025).

2. ANTİMİKROBİYAL DİRENCİN KAVRAMSAL VE BİYOLOJİK TEMELLERİ

Antimikrobiyal direnç, bakterilerin antimikrobiyal ajanların etkisinden kaçınabilme, bu ajanlara karşı tolerans geliştirebilme veya tedaviye rağmen çoğalmayı sürdürebilme yeteneği olarak değerlendirilebilir. Direnç gelişimi, yalnızca antibiyotik kullanımının doğrudan sonucu olan basit bir seçim süreci değildir; genetik, ekolojik, farmakolojik, çevresel ve yönetsel faktörlerin birlikte etkilediği dinamik bir süreçtir. Direnç mekanizmaları arasında antibiyotiklerin enzimatik yıkımı, antibiyotik hedef bölgelerinin değişime uğraması, hücre içinden antibiyotik atılımını sağlayan eflüks pompaları ve yatay gen aktarımı önemli yer tutmaktadır. Plazmidler, integronlar ve transpozonlar gibi mobil genetik elementler, direnç genlerinin bakteriler arasında aktarılmasını kolaylaştırarak direnç yayılımını hızlandırmaktadır (Bava ve ark., 2024; Enshaie ve ark., 2025).

Direnç, kromozomal mutasyonlar yoluyla dikey biçimde aktarılabildiği gibi, yatay gen aktarımı aracılığıyla farklı bakteri türleri arasında da yayılabilmektedir. Bu durum, çiftlik hayvanları, insanlar ve çevresel kompartımanlar arasında direnç genlerinin dolaşımını mümkün kılmakta ve AMR'yi klasik enfeksiyon hastalıkları sınırlarının ötesine taşıyan ekolojik bir sorun hâline getirmektedir. Hayvancılık işletmeleri, antibiyotiğe dirençli bakteriler ve antibiyotik direnç genleri için önemli kaynaklar arasında yer almakta; bu unsurlar doğrudan temas, gıda zinciri, çevresel maruziyet, gübre yönetimi ve su-toprak kontaminasyonu gibi yollarla insan ve çevre sağlığını etkileyebilmektedir (Al-Khalaifah ve ark., 2025; Enshaie ve ark., 2025; Pandey ve ark., 2024).

3. VETERİNER HEKİMLİKTE ANTİBİYOTİK KULLANIMI VE DİRENÇ GELİŞİMİ

Veteriner hekimlikte antibiyotikler, bakteriyel enfeksiyonların tedavisi, hayvan refahının korunması, üretim kayıplarının azaltılması ve sürü sağlığı yönetiminin desteklenmesi açısından temel farmakolojik araçlardır. Bununla birlikte, antibiyotiklerin gereksiz, uygunsuz, düşük dozda, uzun süreli veya tanısal doğrulamadan uzak biçimde kullanılması direnç gelişimini artırabilmektedir. Hayvancılıkta antibiyotikler tarihsel olarak tedavi, hastalıkların önlenmesi, metaflaktik uygulamalar ve bazı sistemlerde büyümenin desteklenmesi amacıyla kullanılmıştır. Ancak bu uygulamaların özellikle yoğun üretim koşullarında dirençli bakteriyel suşların gelişimine zemin hazırladığı bilinmektedir (Enshaie ve ark., 2025).

Hayvansal üretimde antibiyotik kullanımının azaltılması, tek başına yeterli bir çözüm olarak görülmemelidir. Antibiyotiklerin büyüme faktörü olarak kullanımının yasaklanması, AMR'nin azaltılmasına katkı sağlayabilmekle

birlikte, bu yaklaşımın sürdürülebilir olabilmesi için çiftlik yönetimi, hijyen, biyogüvenlik, aşılama, besleme ve hastalık önleme uygulamalarının eş zamanlı olarak güçlendirilmesi gerekmektedir. Aksi hâlde antibiyotik kullanımındaki azalma, hayvan sağlığı ve refahında sorunlara, üretim kayıplarına veya başka ilaç kullanımına yol açabilir. Bu nedenle akılcı antibiyotik kullanımı, reçeteleme kararının ötesinde, bütüncül sürü sağlığı yönetimini de kapsamalıdır (Bava ve ark., 2024).

4. TEK SAĞLIK PERSPEKTİFİNDE ANTİMİKROBİYAL DİRENÇ

Tek Sağlık yaklaşımı, insan, hayvan, bitki ve çevre sağlığını birbirinden bağımsız alanlar olarak değil, karşılıklı etkileşim içinde bulunan bütünlüklü bir sistem olarak ele almaktadır. AMR, bu yaklaşımın en karakteristik uygulama alanlarından biridir; çünkü dirençli bakteriler, direnç genleri ve antimikrobiyal kalıntılar insan, hayvan ve çevre arasında çok yönlü biçimde taşınabilmektedir. Bu bağlamda AMR'nin kontrolü, yalnızca klinik reçeteleme uygulamalarına indirgenemez; gıda üretimi, çevre yönetimi, atık su arıtımı, hayvansal gübre kullanımı, veteriner hizmetler, halk sağlığı politikaları ve eğitim sistemleriyle birlikte değerlendirilmelidir (Al-Khalaifah ve ark., 2025).

AMR'nin insan, hayvan, bitki ve çevre sağlığı üzerindeki etkileri, toplum sağlığı, gıda güvenliği ve ekonomik sürdürülebilirlik açısından geniş sonuçlar doğurmaktadır. Gerekli önlemler alınmadığında, AMR'nin 2050 yılına kadar küresel gayrisafi yurt içi hasılda önemli bir azalmaya yol açabileceği öngörülmektedir. Bu nedenle antimikrobiyallerin yaşam döngüsünün tamamını kapsayan, inovasyondan erişime, uygun kullanımdan bertarafa kadar uzanan kapsamlı bir Tek Sağlık temelli yönetim çerçevesine ihtiyaç vardır. Bu çerçevenin

önleme, inovasyon, erişim ve uygun kullanım/bertaraf sütunları üzerine kurulması; küresel, ulusal ve kurumsal düzeylerde eşgüdümlü politikalarla desteklenmesi gerekmektedir (Altevogt ve ark., 2025).

Tek Sağlık alanındaki literatür, büyük ölçüde insan, hayvan ve çevre arasındaki patojen geçişlerine, zoonotik hastalıklara ve antimikrobiyal direnç sorununa odaklanmaktadır. Bununla birlikte, Tek Sağlık yaklaşımının çoğu zaman insan merkezli bir perspektifle uygulandığı; veteriner ve çevresel boyutların ise ağırlıklı olarak insan sağlığı üzerindeki etkileri üzerinden değerlendirildiği görülmektedir. Bu durum, yaklaşımın bütüncül potansiyelini sınırlandırabilir. Dolayısıyla sürdürülebilir Tek Sağlık girişimleri için veteriner hekimliği, tıp, çevre bilimleri, sosyal bilimler ve politika alanlarının daha dengeli biçimde temsil edildiği kapsayıcı araştırma ve uygulama ağlarına ihtiyaç vardır (Brown ve ark., 2024).

5. GIDA HAYVANI ÜRETİMİNDE ANTİMİKROBİYAL DİRENÇ VE ÇEVRESEL YAYILIM

Gıda hayvanı üretimi, AMR'nin gelişimi ve yayılımı açısından kritik bir ara yüz oluşturmaktadır. Hayvancılıkta antimikrobiyal kullanım, dirençli bakterilerin ve direnç genlerinin gelişmesine katkıda bulunmakta; özellikle tetrasiklin, sülfonamid ve β -laktam direnç genleri farklı üretim sektörlerinde yaygın biçimde bildirilmektedir. Hayvansal gübreler, altlık materyalleri, işletme atıkları, deşarj suları ve sedimentler, antibiyotik kalıntıları, dirençli bakteriler ve direnç genleri için uzun süreli rezervuarlar olarak işlev görebilmektedir. Bu rezervuarlar, söz konusu bileşenlerin toprak, su ve hava ortamlarına taşınmasına aracılık ederek

AMR'nin çiftlik sınırlarını aşmasına neden olmaktadır (Al-Khalaifah ve ark., 2025).

Direnç unsurlarının çevreye taşınmasında yüzey akışı, sızma, biyoaerosoller ve biyolojik vektörler önemli yayılım yolları olarak değerlendirilmektedir. Bu süreçler, hayvancılık işletmelerini çevresel ekosistemler ve insan popülasyonlarıyla ilişkilendirmekte; dolayısıyla AMR'nin kontrolünü yalnızca işletme içi antibiyotik kullanımına indirgemeyi yetersiz kılmaktadır. Antibiyotik kullanımının sınırlandırılmasının yanı sıra aşılama, biyogüvenlik, optimize edilmiş atık yönetimi, gübre işleme yöntemleri, entegre çevresel sürveyans ve uyumlaştırılmış antimikrobiyal yönetim politikaları, gıda hayvanı üretiminde AMR'nin azaltılması için temel stratejiler arasında yer almaktadır (Wojnarowski ve ark., 2025).

Gıda üretim ortamlarında AMR'nin değerlendirilmesi, dirençli bakterilerin ve direnç genlerinin üretim zincirindeki farklı aşamalarda nasıl ortaya çıktığını ve yayıldığını anlamayı gerektirir. Düşük antibiyotik seçim baskısı altındaki inek-buzağı işletmelerinde AMR'nin temel düzeyde belirlenmesi, hayvanların besi zincirine girmeden önceki direnç profilini ortaya koyarak sonraki üretim aşamalarındaki risk değerlendirmeleri için referans oluşturabilir. Ayrıca gıda değeri olan hayvanlarda antimikrobiyal kullanımın standart yöntemlerle ölçülmesi, AMR'yi azaltmaya yönelik müdahalelerin etkinliğini nesnel biçimde değerlendirmek açısından kritik öneme sahiptir (Agga ve Amenu, 2024).

Hayvansal gübre depolama sistemleri ve sinekler gibi biyolojik vektörler, dirençli bakterilerin ve direnç genlerinin çevresel yayılımında rol oynayabilmektedir. Buna ek olarak probiyotiklerin antibiyotiğe dirençli bakteri veya direnç genleri taşıyabilme potansiyeli bulunması, antibiyotik dışı alternatiflerin güvenilirlik ve direnç aktarımı açısından dikkatle

değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir. Bu nedenle hayvan sağlığı sektöründe AMR'yi azaltmaya yönelik müdahalelerin yalnızca teorik etkinlikleriyle değil, saha uygulanabilirliği, ekonomik boyutu, izlenebilirliği ve direnç ekolojisi üzerindeki olası etkileriyle birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir (Agga ve Amenu, 2024).

6. SIĞIR MASTİTİSİ: ANTİMİKROBİYAL KULLANIM VE DİRENÇ AÇISINDAN ÖRNEK BİR MODEL

Siğir mastitisi, süt sığırcılığında önemli ekonomik kayıplara neden olan ve antimikrobiyal kullanımın yoğunlaştığı başlıca hastalıklardan biridir. Mastitisin tedavi ve kontrolünde antibiyotikler yaygın biçimde kullanılmakta; ancak bu durum mastitis patojenlerinde AMR gelişimi ve yayılımı açısından önemli bir risk oluşturmaktadır. Özellikle etkenin doğru tanımlanmadığı, duyarlılık testlerinin sınırlı kullanıldığı veya tedavi protokollerinin ampirik biçimde değiştirildiği durumlarda, antimikrobiyal kullanımın direnç seçilimi üzerindeki baskısı artabilmektedir. Siğir mastitisinde dirençli patojenlerin, direnç genlerinin ve antimikrobiyal kalıntıların hayvan, insan ve çevre sağlığı alanları arasında yayılabilmesi, hastalığın yalnızca klinik tedavi başarısı açısından değil, gıda güvenliği ve halk sağlığı açısından da değerlendirilmesini gerektirmektedir (Souza ve ark., 2024; Dhital ve ark., 2026).

Siğir mastitisinde AMR'nin azaltılması için güçlü sürveyans sistemleri, patojene özgü tanı yöntemleri, hedefe yönelik antimikrobiyal tedavi, dirençli suşların yayılımının sınırlandırılması ve sorumlu antibiyotik kullanımını esas alan veteriner-yetiştirici iş birliği gereklidir. Sağım hijyeni, barınak koşullarının iyileştirilmesi, biyogüvenlik uygulamaları, kayıt sistemlerinin yaygınlaştırılması ve gübre-atık yönetiminde

kompostlama veya anaerobik sindirim gibi yöntemlerin uygulanması, mastitis kaynaklı AMR yükünü azaltmada bütüncül stratejiler olarak öne çıkmaktadır. Ayrıca bitkisel kaynaklı ürünler, probiyotikler ve diğer antimikrobiyal dışı yaklaşımlar, antibiyotik kullanımını azaltabilecek destekleyici seçenekler olarak araştırılmaktadır (Dhital ve ark., 2026).

Süt üretim ortamında mastitis kontrolü için hayvan-çevre-patojen üçlüsünün iyi anlaşılması gerekmektedir. Çevresel ve bulaşıcı patojen yayılım modellerinin birbirinden ayrılması, uygun mastitis kontrol protokollerinin belirlenmesi açısından kritik öneme sahiptir. Klinik mastitis olgularında tedavi protokolü, hastalığın şiddeti, etken mikroorganizma ve terapötik iyileşme olasılığı temel alınarak oluşturulmalıdır. Daha önce uygulanan protokolle iyileşmeyen olgularda ampirik tedavi değişikliklerinin iyileşme oranlarını artırdığına dair yeterli kanıt bulunmaması, mastitis tedavisinde kanıta dayalı olmayan ampirik antibiyotik değişikliklerinden kaçınılması gerektiğini göstermektedir (Souza ve ark., 2024).

7. EVCİL HAYVANLARDA ANTİMİKROBİYAL DİRENÇ VE HALK SAĞLIĞI BOYUTU

AMR tartışmaları uzun süre ağırlıklı olarak gıda değeri olan hayvanlara odaklanmış olsa da kedi ve köpek gibi evcil hayvanların dirençli patojenlerin yayılımındaki rolü giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Bu hayvanlar, dirençli bakteriler için rezervuar ve vektör görevi görebilmekte; insanlarla yakın temas hâlinde yaşamaları nedeniyle dirençli bakterilerin veya direnç genlerinin türler arasında aktarılma riskini artırmaktadır. Ayrıca bu hayvanlarda insan hekimliğinde kullanılan antibiyotik sınıflarının birçoğunun kullanılması, küçük hayvan hekimliğinde akılcı antibiyotik kullanımını Tek

Sağlık yaklaşımının önemli bir bileşeni hâline getirmektedir (Jin ve ark., 2023; Monteiro ve ark., 2025).

Avrupa’da evcil hayvanlarda bildirilen direnç oranlarının bazı ülkelerde kaygı verici düzeylere ulaştığı; kedilerde Danimarka’da, köpeklerde ise Fransa’da yüksek direnç oranlarının rapor edildiği belirtilmektedir. Metisiline dirençli *Staphylococcus pseudintermedius* ve karbapenem dirençli Enterobacteriaceae gibi çok ilaca dirençli suşların küçük hayvanlarda giderek daha sık tanımlanması, evcil hayvanların AMR epidemiyolojisindeki önemini artırmaktadır. Buna karşın Avrupa genelinde zorunlu ve uyumlaştırılmış bir sürveyans sisteminin bulunmaması, veri bütünlüğü ve karşılaştırılabilirlik açısından önemli boşluklara yol açmakta; bu durum etkili izleme ve kontrol stratejilerinin geliştirilmesini güçleştirmektedir (Monteiro ve ark., 2025).

8. VETERİNER REÇETELEME DAVRANIŞLARI VE SAHA UYGULAMALARINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Akılcı antibiyotik kullanımı, yalnızca klinik bilgi veya farmakolojik ilkelerle açıklanamayacak kadar karmaşık bir karar sürecidir. Veteriner hekimlerin antibiyotik reçeteleme uygulamaları; klinik tanı, hasta veya sürü durumu, laboratuvar erişimi, yetiştirici beklentileri, ekonomik koşullar, mevzuat, mesleki özgüven ve sahadaki tanısal ve lojistik olanaklar gibi çok sayıda faktörün etkisi altında şekillenmektedir. Portekiz’de çiftlik hayvanlarıyla çalışan veteriner hekimler üzerinde yapılan değerlendirmelerde, hekimlerin AMR konusunda farkındalık sahibi oldukları ve antibiyotiklerin akılcı kullanımının önemini kabul ettikleri; ancak yetiştirici uyumsuzluğu, kaynak yetersizliği, sınırlı laboratuvar erişimi, lojistik güçlükler ve ekonomik kısıtlılıklar nedeniyle uygulamada sorunlarla

karşılaştıkları bildirilmiştir (Nogueira ve ark., 2025; Sousa ve ark., 2025).

Tanısal testler antibiyotik seçimini yönlendirmede önemli olmakla birlikte, maliyet, zaman ve ulaşılabilirlik gibi nedenlerle sahada sınırlı kullanılabilir. Elektronik reçeteleme sistemleri ve dijital araçlar veteriner antibiyotik yönetimini destekleyebilecek potansiyele sahip olsa da bu araçların saha gerçekleriyle uyumlu, kullanıcı dostu ve verimli biçimde tasarlanması gerekmektedir. Ayrıca biyogüvenlik ve aşılama gibi hastalık önleme stratejileri antibiyotik kullanımını azaltabilecek temel yaklaşımlar olmasına rağmen, yetiştiricilerin maliyet kaygıları ve bilgi eksiklikleri bu uygulamaların benimsenmesini sınırlayabilmektedir. Bu nedenle etkili veteriner-yetiştirici iletişimi, sürekli mesleki eğitim, politika düzenlemeleri ve tanısal kapasitenin güçlendirilmesi AMR ile mücadelede belirleyici unsurlar arasında yer almaktadır (Nogueira ve ark., 2025).

Sistematik derleme bulguları, veteriner hekimlerin antibiyotik reçeteleme kararlarının klinik dışı çok sayıda faktörden etkilendiğini göstermektedir. İçsel faktörler arasında veteriner hekimin özgüveni, tedavi başarısızlığına ilişkin kaygıları, hasta sahibi veya yetiştirici beklentilerini karşılama isteği ve reçeteleme ile AMR konusundaki bilgi eksiklikleri yer almaktadır. Dışsal faktörler ise yüksek antibiyotik talebi, biyogüvenlik önlemlerinin yetersizliği, AMR farkındalığının düşük olması, uygun politika veya klinik rehberlerin eksikliği, antibiyotiklerin maliyeti ve erişilebilirliği, arınma süreleri ve hayvana özgü bazı faktörleri kapsamaktadır. Bu nedenle veteriner antibiyotik yönetimi stratejileri, yalnızca bilgi aktarımına değil; davranışsal, ekonomik, iletişimsel ve düzenleyici müdahalelere de dayalı olarak tasarlanmalıdır (Sousa ve ark., 2025).

9. ANTİMİKROBİYAL YÖNETİM VE EĞİTİM YAKLAŞIMLARI

Veteriner antimikrobiyal yönetimi, çiftlik hayvanları ve evcil hayvanlarda antimikrobiyallerin sorumlu, kontrollü ve bilimsel ilkelere dayalı kullanımını teşvik ederek AMR'nin azaltılmasında temel bir rol oynamaktadır. Bu yaklaşım, doğru endikasyon, uygun antibiyotik seçimi, doğru doz, uygun süre, kültür ve duyarlılık testlerinden yararlanma, kayıt tutma, kritik antibiyotiklerin korunması ve gereksiz kullanımdan kaçınma ilkeleri üzerine kuruludur. Danimarka'nın "Yellow Card" sistemi ve Hollanda'daki hedefe yönelik antibiyotik azaltım programları gibi başarılı uygulamalar, sıkı düzenlemeler, gelişmiş tanısal yaklaşımlar ve alternatif tedavi stratejilerinin antibiyotik tüketimini anlamlı düzeyde azaltabileceğini göstermektedir (Alhassan ve ark., 2025).

Antimikrobiyal yönetim uygulamalarının güçlendirilmesi için veteriner hekimlere, yetiştiricilere ve hayvan sahiplerine yönelik sürekli eğitim programları büyük önem taşımaktadır. Çiftlik hayvanları ve evcil hayvanlarına yönelik çevrim içi eğitim kaynakları, veteriner hekimlikte AMS'nin temel konularını; AMR mekanizmaları, akılcı antimikrobiyal kullanım stratejileri, reçeteleme ilkeleri ve sektör odaklı uygulamalar üzerinden ele almaktadır. British Society for Antimicrobial Chemotherapy, RCVS Knowledge, Ontario Veterinary Medical Association, Fleming Fund, Open University ve AMR Vet Collective gibi kurumların sunduğu kaynaklar; kapsam, hedef tür, içerik derinliği ve erişilebilirlik bakımından farklılık göstermektedir. Bununla birlikte, bu eğitim kaynaklarının veteriner hekimlerin gerçek reçeteleme davranışları üzerindeki etkisinin ölçülmesi için daha fazla araştırmaya ihtiyaç bulunmaktadır (Allerton and Russell, 2023).

10. ANTİBİYOTİK DIŞI ALTERNATİFLER VE ÖNLEYİCİ STRATEJİLER

AMR ile mücadelede antibiyotiklerin tamamen yerine geçirilmesinden ziyade, antibiyotik ihtiyacını azaltacak önleyici ve destekleyici yaklaşımların geliştirilmesi daha gerçekçi ve sürdürülebilir bir stratejidir. Aşılama, biyogüvenlik, hijyen, barınak koşullarının iyileştirilmesi, sürü sağlığı yönetimi ve hastalıkların erken tanısı, antibiyotik kullanımını azaltabilecek temel uygulamalar arasında yer almaktadır. Bunun yanında probiyotikler, bakteriyofajlar, bakteriyosinler gibi antibiyotik dışı seçenekler umut verici yaklaşımlar olarak araştırılmaktadır. Ancak bu alternatiflerin birçoğu henüz yaygın ticari kullanıma veya standart klinik uygulama düzeyine tam olarak ulaşmamıştır (Bava ve ark., 2024).

Alternatif yaklaşımlar değerlendirilirken etkinlik kadar güvenlik, direnç ekolojisi, saha uygulanabilirliği, maliyet ve izlenebilirlik de dikkate alınmalıdır. Probiyotiklerin dahi antibiyotiğe dirençli bakteri veya direnç genleri taşıyabilme potansiyelinin bulunması, antibiyotik dışı stratejilerin eleştirel ve bilimsel bir çerçevede değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Bu nedenle alternatif yaklaşımlar, antibiyotiklerin kontrolsüz kullanımının yerine geçecek tek başına yeterli çözümler olarak değil, biyogüvenlik, aşılama, tanısal doğrulama, çevresel yönetim ve antimikrobiyal yönetim uygulamalarıyla birlikte ele alınması gereken bütüncül araçlar olarak değerlendirilmelidir (Agga and Amenu, 2024).

11. TEK SAĞLIK MİKROBİYOMU, KÜRESELLEŞME VE ANTİMİKROBİYAL DİRENÇ DİNAMİKLERİ

İnsan, hayvan ve çevre mikrobiyomlarının birbiriyle bağlantılı yapısını ifade eden Tek Sağlık Mikrobiyomu kavramı,

AMR'nin daha geniş bir ekolojik bağlamda anlaşılmasına katkı sağlamaktadır. Mikrobiyomlar, yayılım ve ekolojik filtreleme gibi mekanizmalar aracılığıyla aynı alan içinde veya farklı sağlık alanları arasında paylaşılabilir. Bu paylaşım, stres faktörlerine karşı tamponlayıcı etki gibi olumlu sonuçlar doğurabileceği gibi, patojenlerin ve direnç unsurlarının yayılması gibi olumsuz sonuçlara da yol açabilmektedir. Özellikle disbiyotik mikrobiyomların direnç genlerinin yayılımına daha yatkın olması, mikrobiyom sağlığının AMR kontrolünde dikkate alınması gereken yeni bir boyut olduğunu göstermektedir (Muhummed ve ark., 2025).

İklim değişikliği ve küreselleşme, mikrobiyomların yapısını ve işlevlerini etkileyerek AMR dinamikleri üzerinde dolaylı sonuçlar doğurabilmektedir. İnsan, hayvan ve çevre mikrobiyomları arasındaki karşılıklı geçişlerin anlaşılması, dirençli bakterilerin ve direnç genlerinin dolaşımını daha iyi açıklayabilir. Bu nedenle gelecekteki araştırmaların suş düzeyinde mikrobiyal yayılımı, mikrobiyom mühendisliği yaklaşımlarını ve mikrobiyomların iklim değişikliğiyle mücadeledeki olası katkılarını incelemesi önem taşımaktadır. AMR'nin yönetiminde mikrobiyom temelli yaklaşımlar, klasik sürveyans ve antimikrobiyal yönetim stratejilerini tamamlayabilecek yeni bir araştırma alanı olarak değerlendirilebilir (Muhummed ve ark., 2025).

12. SONUÇ

Veteriner hekimlikte akılcı antibiyotik kullanımı, yalnızca bakteriyel enfeksiyonların başarılı şekilde tedavi edilmesine yönelik klinik bir uygulama değildir; aynı zamanda hayvan sağlığının korunması, gıda güvenliğinin sağlanması, halk sağlığı risklerinin azaltılması ve çevresel sürdürülebilirliğin desteklenmesi açısından stratejik öneme sahip bir Tek Sağlık

bileşenidir. Antimikrobiyal direnç, insan, hayvan ve çevre sağlığı arasındaki geçişken sınırlar üzerinde şekillenen çok boyutlu bir sorun olduğundan, bu sorunla mücadelede yalnızca antibiyotik tüketiminin azaltılması yeterli değildir. Doğru tanı, uygun ilaç seçimi, doğru doz ve süre, kayıtlı kullanım, arınma sürelerine uyum, biyogüvenlik, aşılama, hijyen, atık yönetimi ve sürekli eğitim gibi birbirini tamamlayan yaklaşımlar birlikte uygulanmalıdır.

Gelecekte etkili bir antimikrobiyal direnç kontrolü için veteriner antimikrobiyal yönetim ilkelerinin klinik uygulamalarla sınırlı kalmaması; eğitim programlarına, ulusal politikalara, dijital reçeteleme ve izleme sistemlerine, sürü sağlığı yönetimine, gıda üretim zincirine ve çevresel koruma stratejilerine entegre edilmesi gerekmektedir. Veteriner hekimler bu süreçte yalnızca ilaç reçeteleyen sağlık profesyonelleri olarak değil, akılcı antibiyotik kullanımını yönlendiren, yetiştirici ve hayvan sahiplerini bilinçlendiren, direnç gelişimini izleyen, gıda güvenliğine katkı sağlayan ve Tek Sağlık yaklaşımını sahaya aktaran temel aktörler olarak değerlendirilmelidir.

Sürdürülebilir başarı, veteriner hekimler, beşerî hekimler, mikrobiyologlar, çevre bilimciler, gıda güvenliği uzmanları, yetiştiriciler, karar vericiler ve toplum arasında kurulacak güçlü iş birliğine bağlıdır. Bu nedenle antimikrobiyal dirençle mücadelede disiplinler arası koordinasyonun güçlendirilmesi, surveyans verilerinin etkin kullanılması, tanısal kapasitenin artırılması, antibiyotik dışı koruyucu stratejilerin bilimsel temelde geliştirilmesi ve saha koşullarına uygun uygulanabilir politikaların oluşturulması öncelikli hedefler arasında yer almalıdır. Veteriner hekimlikte akılcı antibiyotik kullanımı, Tek Sağlık perspektifinde hem bugünün klinik gerekliliği hem de geleceğin halk sağlığı sorumluluğu olarak ele alınmalıdır.

KAYNAKÇA

- Agga, G. E., & Amenu, K. (2024). Antimicrobial resistance in food-producing environments: a One Health approach. *Frontiers in Antibiotics*, 3, 1436987. <https://doi.org/10.3389/frabi.2024.1436987>
- Al-Khalaifah, H., Rahman, M. H., Al-Surrayai, T., Al-Dhumair, A., & Al-Hasan, M. (2025). A One-Health Perspective of Antimicrobial Resistance (AMR): Human, Animals and Environmental Health. *Life*, 15(10), 1598. <https://doi.org/10.3390/life15101598>
- Alhassan, M. Y., Kabara, M. K., Ahmad, A. A., Abdulsalam, J., & Habib, H. I. (2025). Revisiting antibiotic stewardship: veterinary contributions to combating antimicrobial resistance globally. *Bulletin of the National Research Centre*, 49 (1), 25. <https://doi.org/10.1186/s42269-025-01317-3>
- Allerton, F., & Russell, J. (2023). Antimicrobial stewardship in veterinary medicine: a review of online resources. *JAC-Antimicrobial Resistance*, 5(3), dlad058. <https://doi.org/10.1093/jacamr/dlad058>
- Altevogt, B. M., Taylor, P., Akwar, H. T., Graham, D. W., Ogilvie, L. A., Duffy, E., & Essack, S. Y. (2025). A One Health framework for global and local stewardship across the antimicrobial lifecycle. *Communications Medicine*, 5(1), 414. <https://doi.org/10.1038/s43856-025-01090-4>
- Bava, R., Castagna, F., Lupia, C., Poerio, G., Liguori, G., Lombardi, R., Naturale, M. D., Mercuri, C., Bulotta, R. M., Britti, D., & Palma, E. (2024). Antimicrobial Resistance in Livestock: A Serious Threat to Public Health. *Antibiotics*, 13(6), 551.

<https://doi.org/10.3390/antibiotics13060551>

- Brown, H. L., Pursley, I. G., Horton, D. L., & La Ragione, R. M. (2024). One health: a structured review and commentary on trends and themes. *One Health Outlook*, 6(1), 17. <https://doi.org/10.1186/s42522-024-00111-x>
- Dhital, B., Pudasaini, R., Hsieh, J.-C., Pudasaini, R., Chen, Y.-T., Chao, D.-Y., & Chiang, H.-I. (2026). One Health Perspective on Antimicrobial Resistance in Bovine Mastitis Pathogens—A Narrative Review. *Antibiotics*, 15(1), 84. <https://doi.org/10.3390/antibiotics15010084>
- Enshaie, E., Nigam, S., Patel, S., & Rai, V. (2025). Livestock Antibiotics Use and Antimicrobial Resistance. *Antibiotics*, 14(6), 621. <https://doi.org/10.3390/antibiotics14060621>
- Jin, M., Osman, M., Green, B. A., Yang, Y., Ahuja, A., Lu, Z., & Cazer, C. L. (2023). Evidence for the transmission of antimicrobial resistant bacteria between humans and companion animals: A scoping review. *One Health*, 17, 100593. <https://doi.org/10.1016/j.onehlt.2023.100593>
- Monteiro, H. I. G., Silva, V., de Sousa, T., Calouro, R., Saraiva, S., Igrejas, G., & Poeta, P. (2025). Antimicrobial Resistance in European Companion Animals Practice: A One Health Approach. *Animals*, 15(12), 1708. <https://doi.org/10.3390/ani15121708>
- Muhummed, A. M., Lanker, K. C., Yersin, S., Zinsstag, J., & Vonaesch, P. (2025). One Health, One Microbiome. *Microbiome*, 13(1), 216. <https://doi.org/10.1186/s40168-025-02231-6>
- Nogueira, R., Pinho, J. O., Plácido, A. I., Coelho, A. C., Oliveira, P. A., Figueiras, A., Roque, F., & Herdeiro, M. T. (2025). Exploring the knowledge, attitudes, and

- practices of livestock veterinarians on antibiotic prescription and use: insights from focus group discussions. *Animal*, 19, 101648. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2025.101648>
- Pandey, S., Doo, H., Keum, G. B., Kim, E. S., Kwak, J., Ryu, S., Choi, Y., Kang, J., Kim, S., Lee, N. R., Oh, K. K., Lee, J. H., & Kim, H. B. (2024). Antibiotic resistance in livestock, environment and humans: One Health perspective. *Journal of Animal Science and Technology*, 62(2), 266–278. <https://doi.org/10.5187/JAST.2023.E129>
- Sousa, A., de Rago, L., Pinho, J. O., Estrela, M., Coelho, A. C., Oliveira, P. A., Figueiras, A., Roque, F., & Herdeiro, M. T. (2025). Understanding how veterinarians' knowledge, attitudes, and practices influence antibiotic prescription: a systematic review of survey studies. *BMC Veterinary Research*, 21(1), 543. <https://doi.org/10.1186/s12917-025-05001-6>
- Souza, M. M. S., Dubenczuk, F. C., Melo, D. A., Holmström, T. C. N., Mendes, M. B., Reinoso, E. B., Coelho, S. M. O., & Coelho, I. S. (2024). Antimicrobial therapy approaches in the mastitis control driven by one health insights. *Brazilian Journal of Veterinary Medicine*, 46, e002624. <https://doi.org/10.29374/2527-2179.bjvm002624>
- T.C. Sağlık Bakanlığı Sağlık Geliştirilmesi Genel Müdürlüğü. (2026). *Antimikrobiyal direnç ile mücadele ulusal eylem planı 2026-2030*. Ankara, Türkiye. Erişim adresi: <https://sggm.saglik.gov.tr/TR-115921/antimikrobiyal-direnc-ile-mucadele-ulusal-eylem-planı-2026-2030.html>
- Wojnarowski, K., Cholewińska, P., Zhao, D., Pacoń, J., & Bodkowski, R. (2025). Antibiotic Resistance Genes in Food Animal Production: Environmental Implications

and One Health Challenges. *Environments*, 12(11), 427.
<https://doi.org/10.3390/environments12110427>

ŞÜPHELİ HAYVAN ZEHİRLENMELERİNDE VETERİNER ADLİ TOKSİKOLOJİ: TANISAL YAKLAŞIM, ANALİTİK DEĞERLENDİRME VE DELİL ZİNCİRİ

Yasin SARIKAYA¹

Ertan DOĞAN²

1. GİRİŞ

Veteriner adli toksikoloji, hayvan zehirlenmesi olgularında toksikolojik bilginin hukuki amaçlarla kullanıldığı, veteriner farmakoloji-toksikoloji ile veteriner adli tıp bilimlerinin kesişimin de yer alan disiplinler arası bir alandır. Bu alan, özellikle şüpheli, kasıtlı, kazara veya çevresel kaynaklı zehirlenmelerin aydınlatılmasında önemli rol oynamaktadır (Gwaltney-Brant, 2016). Hayvan zehirlenmelerinin adli boyutu yalnızca toksik maddenin laboratuvarda saptanmasıyla sınırlı değildir; olay öyküsü, klinik belirtiler, nekropsi ve histopatoloji bulguları, çevresel kanıtlar, numune yönetimi ve delil zinciri birlikte değerlendirilmelidir (Gwaltney-Brant, 2016; Touroo ve Fitch, 2016). Bu nedenle veteriner adli toksikoloji, klinik tanıdan laboratuvar analizine, postmortem değerlendirmeden hukuki raporlamaya kadar uzanan çok aşamalı bir değerlendirme sürecini gerektirir.

Kasıtlı hayvan zehirlenmeleri bazı bölgelerde düşük bildirim veya düşük laboratuvar doğrulama oranları nedeniyle

¹ Doktor Öğretim Üyesi, Ardahan Üniversitesi, Nihat Delibalta Göle Meslek Yüksek Okulu, Laborant ve Veteriner Sağlık Bölümü, ORCID: 0000-0002-1952-0423.

² Doktor Öğretim Üyesi, Ardahan Üniversitesi, Nihat Delibalta Göle Meslek Yüksek Okulu, Laborant ve Veteriner Sağlık Bölümü, ORCID: 0000-0003-0751-0559.

olduğundan az görünse de özellikle çiftlik hayvanları, sokak hayvanları ve yaban hayatını ilgilendiren olgularda ciddi ekonomik, toplumsal, ekolojik ve hukuki sonuçlar doğurabilmektedir (Gwaltney-Brant, 2016). Bunun yanında hayvanlara yönelik suçların toplumda giderek daha fazla görünür hale gelmesi, şüpheli kötü muamele ve zehirlenme olgularına ilişkin ihbarların ve kolluk soruşturmalarının artmasına neden olmaktadır (Araújo ve ark., 2024). Bu bağlamda veteriner adli patoloğun, toksikoloğun ve klinisyenin ortak değerlendirmesi; yalnızca ölüm nedeninin belirlenmesi için değil, aynı zamanda delillerin mahkemede kabul edilebilir nitelikte korunması için de kritik öneme sahiptir (Brownlie ve Munro, 2016; Touroo ve Fitch, 2016).

İnsan adli toksikolojisi postmortem toksikoloji, performans toksikolojisi ve madde/ilaç testi gibi daha belirgin alt alanlara ayrılırken, (Açıkkol, 2023) veteriner adli toksikoloji daha az tanımlanmış bir yapıya sahiptir. İnsanlarda şüpheli ölümler çoğunlukla yetkili kurumlar tarafından otomatik olarak araştırılırken, veteriner hekimlikte şüpheli zehirlenmelerin bildirilmesine yönelik zorunluluk çoğu zaman bulunmamakta ve adli inceleme maliyetleri genellikle hayvan sahibine ait olmaktadır (Gwaltney-Brant, 2016). Bu durum, şüpheli hayvan zehirlenmelerinin laboratuvar düzeyinde doğrulanmasını sınırlayabilmekte; buna karşılık klinisyen-laboratuvar iletişiminin, uygun numune seçiminin ve delil zincirinin korunmasının önemini artırmaktadır (Dinis-Oliveira ve ark., 2016; Gunn-Christie, 2024).

Veteriner adli toksikolojinin önemi, bireysel hayvan zehirlenmelerinin ötesinde çevresel kontaminasyonların belirlenmesi, yaban hayatında sekonder zehirlenmelerin ortaya konulması ve Tek Sağlık yaklaşımı içinde insan, hayvan ve çevre sağlığı arasındaki ilişkinin değerlendirilmesi açısından da artmaktadır. Evcil hayvanlar ve yaban hayatında karbamat

pestisitler, antikoagülan rodentisitler, mollusisitler, metal fosfitler, piretroitler, kötüye kullanılan ilaçlar, ağır metaller ve veteriner farmasötikleri gibi çok sayıda toksik madde grubu adli toksikolojik olgularda karşımıza çıkabilmektedir (Mannocchi ve ark., 2026). Bölgesel çalışmalar da bu toksik madde dağılımının coğrafi koşullar, hayvan türleri, kullanım alışkanlıkları ve maruziyet biçimlerine göre değişebileceğini göstermektedir (Chirizzi, 2020; Lahmar ve ark., 2019; Tokur ve ark., 2021).

2. ŞÜPHELİ ZEHİRLENMELERDE TANISAL ÇERÇEVE VE ADLİ YAKLAŞIM

Şüpheli hayvan zehirlenmelerinde tanı, tek başına klinik belirtiye, nekropsi bulgusuna ya da pozitif bir toksikoloji sonucuna indirgenmemeli; maruziyet öyküsü, olay yeri bulguları, klinik seyir, patolojik değişiklikler ve analitik sonuçlar birlikte yorumlanmalıdır (Mülling ve Rothschild, 2005). Veteriner toksikolojide birçok madde için türlere özgü referans aralıklarının, toksik eşik değerlerin ve yorumlamayı kolaylaştıran nomogramların sınırlı olması, analiz sonuçlarının değerlendirilmesini insan adli toksikolojisine göre daha güç hale getirmektedir (Gwaltney-Brant, 2016). Bu nedenle toksikolojik bulgular, klinik belirtiler, nekropsi bulguları, maruziyet öyküsü, olay yeri verileri ve çevresel kanıtlarla birlikte yorumlanmalıdır (Gwaltney-Brant, 2016; Lahmar ve ark., 2019). Özellikle zehirlenme olgularında nekropsi bulgularının her zaman spesifik olmaması, epidemiyolojik ve klinik verilerle desteklenen sistematik bir değerlendirmeyi gerekli kılmaktadır (Lahmar ve ark., 2019).

Adli veteriner hekimlikte klinik belirtilerin, histopatolojik lezyonların ve toksikolojik analizlerin birlikte değerlendirilmesi, sorumlu toksik ajanın belirlenmesi açısından temel yaklaşımdır. Orta Brezilya'daki hayvan zehirlenmesi olgularında karbamatlar,

organofosfatlar, piretroitler, kumarinler, striknin, parakuat ve ağır metaller başlıca toksik maddeler arasında bildirilmiş; bu maddelerin etki mekanizmaları, klinik belirtileri ve nekropsi bulgularının adli değerlendirme açısından önem taşıdığı vurgulanmıştır (Araújo ve ark., 2024). Benzer şekilde Tunus'ta pestisit zehirlenmeleri üzerine yapılan retrospektif değerlendirmede, pozitif olguların önemli bir kısmının karbamat insektisitlerle ilişkili olması, pestisitlerin veteriner adli toksikolojide öncelikli toksik madde gruplarından biri olduğunu göstermektedir (Lahmar ve ark., 2019).

Olay yeri incelemesi, şüpheli zehirlenme olgularında nekropsi bulgularının doğru yorumlanabilmesi için vazgeçilmezdir. Hayvan bedeni olayın yalnızca bir parçasını oluşturur; yemler, şüpheli tuzaklar, ilaçlar, takviyeler, cerrahi malzemeler, hayvana özgü ekipmanlar, yabancı kıllar, lifler ve diğer iz delilleri olayın bütüncül olarak değerlendirilmesini sağlar (Mülling ve Rothschild, 2005). Bu nedenle veteriner adli patoloğun olay yeri inceleme sürecini anlaması, delilleri tanınması, uygun biçimde toplaması ve koruması gerekir (Touroo ve Fitch, 2016). Adli nekropsi de ise patolojik bulguların tarafsız, nesnel ve bilimsel şekilde belgelenmesi, ölüm nedeni, ölüm mekanizması ve ölüm şeklinin değerlendirilmesi açısından temel öneme sahiptir (Brownlie ve Munro, 2016).

3. BAŞLICA TOKSİK MADDE GRUPLARI VE ADLİ ÖNEMİ

Şüpheli hayvan zehirlenmelerinde karşılaşılan toksik maddeler geniş bir yelpazeye sahiptir. Karbofuran ve aldikarb gibi karbamat pestisitler asetilkolinesteraz enzimini inhibe ederek kolinerjik toksisiteye yol açabilirken, brodifakum, bromadiolon ve varfarin gibi antikoagülan rodentisitler özellikle yırtıcı ve leşçil türlerde önemli zehirlenme riski oluşturabilmektedir.

Metaldehit gibi mollusisitler köpek ve kedilerde ciddi zehirlenmelere neden olabilirken, çinko fosfit ve alüminyum fosfit gibi metal fosfitler hücrel solunumu bozarak toksik etki göstermektedir. Piretroitlerin nörotoksisite oluşturabileceği, kurşun gibi ağır metallerin leşçil yaban hayvanlarında kalıcı bir sorun olduğu, nonsteroidal antiinflatuvar ilaçlar ve antibiyotikler gibi veteriner farmasötiklerinin de bazı kuş türlerinde tespit edilebildiği bildirilmektedir (Mannocchi ve ark., 2026).

Antikoagülan rodentisitler, evcil hayvanlar ve yaban hayatında sık karşılaşılan zehirlenme nedenleri arasında yer almakta; maruziyet rodentisit yemlerinin doğrudan tüketilmesi, yem kontaminasyonu veya zehirlenmiş av ya da leşlerin alınmasıyla gerçekleşebilmektedir. Birinci kuşak antikoagülanlar genellikle tekrarlayan alımlarla toksik etki oluştururken, ikinci kuşak antikoagülanlar daha potent yapıları nedeniyle tek bir alım sonrasında dahi ölümcül sonuçlara yol açabilir (Tauer, 2025). Köpeklerde yapılan geniş kapsamlı retrospektif bir çalışmada da etkeni belirlenen olguların %92'sinin ikinci kuşak antikoagülan rodentisitlerle ilişkili olduğu ve en sık saptanan toksinin bromadiolon olduğu bildirilmiştir (Paulin ve ark., 2024). Bu bileşiklerin K vitamini döngüsünü inhibe ederek pıhtılaşma faktörlerinin sentezini bozması, klinik olarak letarji, halsizlik, dispne, dış kanama, solunum güçlüğü ve bazı olgularda ani ölüm gibi bulgularla sonuçlanabilmektedir (Tauer, 2025; Paulin ve ark., 2024).

Antikoagülan rodentisitlerin adli önemi, yalnızca evcil hayvan zehirlenmeleriyle sınırlı değildir. Bu maddelerin yaygın kullanımı hedef dışı hayvanlarda, özellikle yırtıcı kuşlarda, sekonder zehirlenmelere neden olabilmektedir. İncelenen 4.891 hedef dışı hayvanın %55'inden fazlasında karaciğerde antikoagülan rodentisit kalıntılarının saptanması ve brodifakum, bromadiolon ile difenakumun en sık belirlenen bileşikler arasında

yer alması, bu maddelerin ekolojik ve adli önemini göstermektedir. Yırtıcı kuşlarda tespit oranının %56'nın üzerinde bildirilmesi, bu grubun yüksek risk altında olduğunu ortaya koymaktadır (Nakayama ve ark., 2019). Bu durum, antikoagülan rodentisitlerin klinik toksikoloji, yaban hayatı toksikolojisi ve adli veteriner hekimlik açısından birlikte değerlendirilmesi gerektiğini desteklemektedir (Gwaltney-Brant, 2016; Mannocchi ve ark., 2026).

Yırtıcı kuşlarda beslenme alışkanlıkları, antikoagülan rodentisit maruziyetinin kaynağını ve düzeyini etkileyebilmektedir. Yırtıcı ve leşçil türlerde rodentisit maruziyeti, hedef kemirgenlerin, kontamine kuşların, omurgasızların veya leşlerin tüketilmesiyle gelişebilir. Bu nedenle antikoagülan rodentisit olguları, yalnızca bireysel zehirlenme değil, aynı zamanda besin zinciri ve ekosistem sağlığı açısından da değerlendirilmelidir (Nakayama ve ark., 2019).

4. PESTİSİT ZEHİRLENMELERİ VE METOMİL OLGULARININ ADLİ DEĞERLENDİRİLMESİ

Pestisitler hem kazara hem de kasıtlı hayvan zehirlenmelerinde sık görülen önemli bir toksik madde grubudur. Tunus'ta 2014–2017 yılları arasında yapılan retrospektif değerlendirmede, zehirlenme şüphesi bulunan 71 olgunun 21'inde (%29,6) pestisitler yönünden pozitif sonuç elde edilmiş ve pozitif olguların %52,4'ünde karbamat insektisitler sorumlu bulunmuştur. Aynı çalışmada doğrulanmış zehirlenmelerin 11 köpek, 4 kedi, 3 kanatlı, 2 ruminant ve 1 arı olgusundan oluştuğu; olguların %71'inin pet hayvanlarında, %29'unun ise çiftlik hayvanlarında görüldüğü bildirilmiştir. Zehirlenme koşulları açısından olguların %38'inin kriminal veya kasıtlı zehirlenme kapsamında değerlendirilmesi, pestisitlerin adli veteriner hekimlik açısından taşıdığı önemi açıkça göstermektedir (Lahmar

ve ark., 2019). Karbamat pestisitlerin veteriner adli toksikolojide önemli toksik madde grupları arasında yer alması ve asetilkolinesteraz inhibisyonu yoluyla toksisite oluşturmaları da bu bulgularla uyumludur (Mannocchi ve ark., 2026).

Metomil, karbamat pestisitler içinde veteriner adli toksikoloji açısından dikkat çeken bileşiklerden biridir. Japonya’da ölü bulunan evcil ve yabani hayvanlara ait 44 mide içeriği örneğinin sıvı kromatografi kuadropol uçuş zamanlı kütle spektrometrisi (LC-Q-TOF/MS) ve sıvı kromatografi tandem kütle spektrometrisi (LC-MS/MS) yöntemleriyle incelendiği çalışmada, metomilin 44 olgunun 29’unda, yani %65,9’unda saptanması dikkat çekici bulunmuştur. Aynı çalışmada hedef dışı tarama ile çok sayıda pestisit sınıfı belirlenmiş; karbamatlar ve herbisitler en sık saptanan gruplar arasında yer almıştır (Yohannes ve ark., 2025). Bromasil, siyanazin, simetrin, aldikarb, metomil, metolkarb, karpropamid, metkonazol, tridemorf, flumetrin, monokrotofos, piriproksifen, asetamiprid, kumatetralil, difasinon ve varfarin gibi çok sayıda bileşiğin aynı çalışma kapsamında tespit edilmesi, hedef dışı tarama yaklaşımlarının adli toksikolojideki değerini göstermektedir (Mannocchi ve ark., 2026; Yohannes ve ark., 2025).

Türkiye’den bildirilen akut metomil zehirlenmesi olgusu, kasıtlı hayvan zehirlenmelerinin adli boyutunu göstermesi açısından önemlidir. Konya ilindeki bir sanayi bölgesinde verilen yiyecekleri tüketen 30 sokak köpeği 1–2 gün içinde ölü bulunmuş ve bunlardan 5’ine nekropsi uygulanmıştır. Nekropside tüm köpeklerin midelerinde hafif insektisit kokusu taşıyan sindirilmemiş tavuk eti parçalarının bulunması, olayın toksikolojik ve adli yönünü güçlendiren önemli bir bulgu olmuştur. Aynı olguda karaciğerlerin soluk sarı ve şişkin olduğu, kalpte sol ventrikülde yarı pıhtılaşmış kan ve endokardiyal kanamalar bulunduğu, akciğerlerde ödem ve böbreklerde solgunluk gözleendiği bildirilmiştir (Özdemir ve ark., 2019). Bu

makroskobik bulgular, pestisit zehirlenmelerinde nekropsi bulgularının tanısal süreci yönlendirebileceğini bildiren çalışmalarla birlikte değerlendirildiğinde, adli nekropsinin toksikolojik tanıya katkısını ortaya koymaktadır (Brownlie ve Munro, 2016; Lahmar ve ark., 2019).

Metomil olgularında histopatoloji ve toksikolojik analizlerin birlikte değerlendirilmesi, tanısal güvenilirliği artırmaktadır. Konya'daki olguda histopatolojik olarak karaciğerde şiddetli ve yaygın vakuoler hepatosit dejenerasyonu ile konjesyon, böbreklerde hiperemi ve tubuler dejenerasyon, beyinde hiperemi, ödem ve perivasküler kanama, midede epitel nekrozu, akciğerlerde ise konjesyon ve alveoler ödem saptanmıştır. GC-MS yöntemiyle yapılan toksikolojik analizlerde mide içeriklerinde 15,7–17,8 ppm, bağırsaklarda 4,5 ppm, karaciğerde 2,25–2,90 ppm ve böbreklerde 1,2–1,5 ppm düzeylerinde metomil tespit edilmiştir (Özdemir ve ark., 2019). Japonya'daki çalışmada ise metomil düzeylerinin kedilerde 157 mg/kg'a, bir misk kedisinde 75 mg/kg'a ve bir köpekte 30 mg/kg'a kadar ulaşması, bu bileşiğin akut zehirlenmelerde yüksek konsantrasyonlara çıkabildiğini göstermektedir (Yohannes ve ark., 2025). Bu veriler, karbamat pestisitlerin veteriner adli toksikolojide hem hedefli hem de hedef dışı analitik yaklaşımlarla değerlendirilmesi gereken önemli toksik madde olduğunu desteklemektedir (Mannocchi ve ark., 2026).

5. ADLİ NEKROPSİ, POSTMORTEM BULGULAR VE HİSTOPATOLOJİK DEĞERLENDİRME

Veteriner adli patoloji, şüpheli hayvan yaralanmaları ve ölümlerinin hukuki süreçler kapsamında bilimsel olarak değerlendirilmesini sağlayan temel alanlardan biridir. Postmortem muayene, hayvanın istismara uğrayıp uğramadığını,

ölüm nedenini, ölüm zamanını ve lezyonların ölümden önce mi yoksa sonra mı oluştuğunu belirlemeye yardımcı olur (Gilbert ve ark., 2026). Adli nekropsiler ihmal, kaza dışı yaralanmalar, hukuka aykırı öldürme ve hayvan istismarı gibi çok çeşitli olgularda uygulanabilmektedir. Bu yönüyle veteriner adli patoloğun temel görevi patolojik bulguları tarafsız, nesnel ve bilimsel bir yaklaşımla belgelemek, yorumlamak ve açıklamaktır (Brownlie ve Munro, 2016). Zehirlenme olgularında bu yaklaşım, toksikolojik analiz sonuçlarının makroskobik ve mikroskobik bulgularla ilişkilendirilmesini sağlar (Araújo ve ark., 2024; Özdemir ve ark., 2019).

Ölüm sonrası değişikliklerin değerlendirilmesi, veteriner adli patolojinin önemli bileşenlerinden biridir. Algor mortis, rigor mortis ve livor mortis ölüm sonrası geçen süre hakkında bilgi verirken; otoliz, putrefaksiyon, desikasyon, mumifikasyon ve adiposir oluşumu çevresel koşullarla birlikte postmortem zamanın tahmin edilmesine katkı sağlamaktadır (Gilbert ve ark., 2026). Bununla birlikte zehirlenme olgularında nekropsi bulgularının her zaman spesifik olmadığı unutulmamalıdır. Örneğin Tunus'taki pestisit zehirlenmesi olgularında %80 oranında konjesyonla birlikte hemorajik gastroenteritis, %60 oranında karaciğer dejenerasyonu, %40 oranında pulmoner ödem ve %80 oranında karkasta konjesyon bildirilmiştir (Lahmar ve ark., 2019). Bu bulgular tek başına kesin tanı koydurucu olmamakla birlikte, klinik ve epidemiyolojik verilerle birlikte değerlendirildiğinde toksikoloji laboratuvarının olası toksik maddeleri daraltmasına yardımcı olabilir (Gwaltney-Brant, 2016; Lahmar ve ark., 2019).

Antemortem ve postmortem lezyon ayrımı, adli değerlendirmede kritik önemdedir. Antemortem yaralanmalarda inflamatuvar yanıt, bağışıklık hücresi infiltrasyonu, yara iyileşmesi ve granülasyon dokusu gibi canlılık reaksiyonları beklenirken, postmortem yaralanmalarda bu bulguların

bulunmaması ayırıcı tanı açısından önemlidir. Zehirlenme şüphesi bulunan olgularda antemortem/postmortem ayrımı özellikle kusma-aspirasyon, terminal solunum bulguları, travma eşlik eden olgular ve ölüm sonrası kontaminasyon olasılığı bakımından belirgindir (Gilbert ve ark., 2026). Zehirlenme şüphesi bulunan olgularda ise bu değerlendirme, özellikle toksikolojik analiz sonuçlarının ölüm nedeni ve ölüm mekanizmasıyla ilişkilendirilmesi yönüyle dikkate alınmalıdır (Dinis-Oliveira ve ark., 2016; Gwaltney-Brant, 2016).

6. NUMUNE YÖNETİMİ: ÖRNEKLEME, SAKLAMA VE LABORATUVARA GÖNDERİM

Şüpheli hayvan zehirlenmelerinde doğru numune seçimi, analizlerin güvenilirliği ve adli geçerliliği açısından belirleyicidir. Veteriner tanı laboratuvarlarına numune gönderiminde klinisyen ile laboratuvar arasındaki etkili iletişim, doğru testin seçilmesi, uygun numunenin alınması ve sonuçların doğru yorumlanması açısından temel öneme sahiptir. Özellikle yeni bir laboratuvarla çalışıldığında veya rutin dışı analizler istendiğinde bu iletişimin önemi daha da artmaktadır. Toksikolojik analiz isteminde belirsiz bir “her şeyi tara” yaklaşımı yerine, anamnez, klinik bulgu, nekropsi bulgusu ve olay yeri verilerine göre olası toksin ya da toksin grupları belirtilmeli; geniş spektrumlu veya hedef dışı tarama gerekiyorsa laboratuvarla ön görüşme yapılmalıdır (Gunn-Christie, 2024). Sistemik toksikolojik analiz yaklaşımı da bölgesel olarak sık görülen toksik maddelere göre tanısal protokollerin geliştirilmesini desteklemektedir (Tokur ve ark., 2021).

Numunelerin uygun primer kaplar içinde, suya dayanıklı kalemle açık şekilde etiketlenmesi ve üç katmanlı bariyer sistemi ile laboratuvara gönderilmesi önerilmektedir (Zengin ve ark., 2023). Bu sistemde numune önce sızdırmaz primer kaba

yerleştirilir, ardından emici materyal içeren sekonder kaba konur ve son olarak koruyucu dış taşıma kabı içine paketlenir. Gönderim formunda olguya ait klinik bilgiler, hayvanın türü, yaşı, cinsiyeti, klinik bulguları, önceki tedavileri, ilgili tanısal test sonuçları ve talep edilen spesifik analizler bulunmalıdır (Gunn-Christie, 2024). Bu belgelerin doğru hazırlanması, delil zincirinin sürdürülebilirliği ve analiz sonuçlarının adli bağlamda değerlendirilebilirliği açısından önemlidir (Dinis-Oliveira et al., 2016; Touroo ve Fitch, 2016).

Klinik ve adli toksikolojik analizlerde in vivo ve postmortem numunelerin seçimi olgunun niteliğine göre yapılmalıdır. Veteriner toksikolojide canlı hayvandan alınabilecek temel örnekler arasında tam kan, serum/plazma, idrar, kusmuk veya gastrik lavaj içeriği, dışkı, kıl/deri örnekleri ve maruziyet şüphesine göre yem, su veya çevresel materyaller yer alır. Postmortem olgularda mide/rumen içeriği, karaciğer, böbrek, kan, idrar, safra, vitreus humor ve şüpheli yem/tuzak materyali öncelikli örneklerdir; beyin, yağ dokusu, kemik iliği, larva veya entomolojik materyal ise olguya göre eklenebilir. Numunelerin analitlerde bozulmayı en aza indirmek amacıyla uygun sıcaklıklarda saklanması gerekmektedir; kısa süreli muhafaza için 4°C, uzun süreli saklama için ise -20°C veya -80°C koşulları tercih edilebilmektedir (Dinis-Oliveira ve ark., 2016). Histolojik değerlendirme için doku örneklerinin 5–7 mm kalınlığında hazırlanması, formalin içinde fikse edilmesi ve lezyonlu alanla birlikte normal dokuyu da içermesi gerektiği bildirilmiştir. Mikrobiyolojik analizlerde ise numunelerin aseptik koşullarda ve fikse edilmeden alınması, PCR analizlerinde transport besiyeri kullanımına dikkat edilmesi ve çapraz kontaminasyondan kaçınılması gerekmektedir (Gunn-Christie, 2024).

Postmortem kan örneklerinde femoral venöz ve/veya arteriyel kanın tercih edilmesi, toksikolojik yorumlamanın güvenilirliği açısından önemlidir. Femoral kan, göğüs ve karın

boşluğundaki iç organlardan nispeten izole olduğu için postmortem redistribüsyondan daha az etkilenmektedir. Kan alınmadan önce inguinal ligament yakınında damarın proksimalden bağlanması veya klemplenmesi, büyük merkezi damarlardan kanın aşağı doğru sifonlanmasını önlemeye yardımcı olur. Postmortem kanın sodyum florür veya potasyum florür gibi koruyucu içeren plastik kaplara, son konsantrasyon %1–5 olacak şekilde alınması önerilmektedir. Kardiyak kan her zaman toplanabilen önemli bir örnek olmakla birlikte, ksenobiyotik konsantrasyonlarının postmortem redistribüsyon, kardiyomiyosit otolizi veya travmaya bağlı olarak artabilmesi nedeniyle kantitatif analizlerde sınırlılık taşıdığı belirtilmektedir. Bu nedenle nicel yorumlamalarda femoral kan daha güvenilir kabul edilmeli ve kardiyak kanın kullanımı olgu bazında değerlendirilmelidir (Dinis-Oliveira ve ark., 2016).

7. DELİL ZİNCİRİ VE ADLİ KANIT YÖNETİMİ

Delil zinciri, şüpheli hayvan zehirlenmelerinde toksikolojik analiz sonuçlarının hukuki geçerliliğini belirleyen temel unsurlardan biridir. Uygun numunenin alınması, etiketlenmesi, taşınması, saklanması ve analiz sürecine kadar kim tarafından, ne zaman ve hangi koşullarda teslim alındığının belgelenmesi, adli güvenilirlik açısından zorunludur (Dinis-Oliveira ve ark., 2016; Gwaltney-Brant, 2016). Adli veteriner nekropsilerin de kadavra teslim tutanağı, benzersiz olgu tanımlayıcıları ve muayene sırasında yapılan tüm işlemleri içeren “önemli olay” kayıtlarının bulunduğu güvenli bir olgu dosyasının oluşturulması önerilmektedir (Brownlie ve Munro, 2016). Bu kayıt sistemi, toksikolojik numunelerden fotoğraflara kadar tüm adli materyallerin kimlik sürekliliğini ve mahkemede izlenebilirliğini sağlar (Brownlie ve Munro, 2016; Touroo ve Fitch, 2016).

Kadavra ve nekropsi sırasında ayrılan tüm doku veya vücut parçaları, kimlik sürekliliğini sağlayacak biçimde her aşamada etiketlenmelidir. Saklanan materyaller etiketli torbalar içinde güvenli buzdolabı veya derin dondurucularda muhafaza edilmeli ve tüm materyal hareketleri kayıt altına alınmalıdır. Adli kadavraların açık erişimli depolama alanlarında tutulmaması, inceleme sırasında kalıntıların gözetimsiz bırakılmaması ve çekilen tüm fotoğrafların olgu kimlik bilgisiyle etiketlenmesi gerekir (Brownlie ve Munro, 2016). Olay yerinde biyolojik, toksikolojik, entomolojik, iz ve ateşli silah delilleri gibi farklı delil türlerinin tanınması, uygun biçimde belgelenmesi ve paketlenmesi, kanıtların mahkemede kabul edilebilirliği açısından önemlidir (Touroo ve Fitch, 2016).

Veteriner adli patoloğun olay yerindeki rolü, yalnızca hayvan bedeninin değerlendirilmesiyle sınırlı değildir. İlaçlar, takviyeler, cerrahi malzemeler, hayvan dövüşlerinde kullanılan ekipmanlar ve kolluk görevlileri tarafından gözden kaçırılacak hayvana özgü materyallerin fark edilmesine katkı sağlayabilir (Mülling ve Rothschild, 2005). Ayrıca anabolik steroidler gibi olay yerinde bulunan bazı maddelerin delil değeri hakkında görüş bildirilmesi ve uygun adli testlerin yapılmasının sağlanması da bu kapsamda değerlendirilmektedir (Touroo ve Fitch, 2016). Ölü hayvanların delil kaybı veya kontaminasyon oluşmadan uygun şekilde paketlenmesi ve vücuda gevşek şekilde tutunmuş yabancı kıllar, lifler veya benzeri iz delillerinin nakil sırasında kaybolmadan toplanması, adli sürecin güvenilirliği açısından önem taşımaktadır (Brownlie ve Munro, 2016; Touroo ve Fitch, 2016).

8. ANALİTİK TOKSİKOLOJİ: TARAMA, DOĞRULAMA VE YÖNTEM VALİDASYONU

Veteriner adli toksikolojide analitik yöntemlerin seçimi, şüphelenilen toksik maddeye, numune türüne, beklenen konsantrasyon aralığına ve adli gerekliliklere göre yapılmalıdır. Geniş bir ksenobiyotik yelpazesinin hedefli ve hedefsiz olarak saptanabilmesi için GC-MS/MS, LC-MS/MS ve yüksek çözünürlüklü kütle spektrometrisi gibi ileri analitik tekniklerin kullanımı önem taşımaktadır (Mannocchi ve ark., 2026). Bununla birlikte ince tabaka kromatografisi (TLC), gaz kromatografisi (GC) ve yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC) gibi yöntemler de toksik ajanların tanımlanmasında kullanılabilmektedir. Ancak bu tür analizler, olgu öyküsü, sistematik nekropsi muayenesi, histopatolojik değerlendirme ile desteklenmelidir. GC ve GC-MS özellikle uçucu veya yarı uçucu organik bileşiklerin, bazı pestisitlerin ve uygun türevlendirme gerektiren analitlerin değerlendirilmesinde yararlıdır (Araújo ve ark., 2024).

HPLC, sıvı hareketli faz ve sabit faz kullanarak bileşenleri ayırmakta; kütle spektrometrisi veya ultraviyole dedektörlerle birlikte kullanıldığında geniş bir toksik madde grubunun tanımlanmasına ve kantitatif analizine olanak sağlamaktadır (Araújo ve ark., 2024). LC-Q-TOF/MS ve LC-MS/MS gibi yöntemler ise hedef dışı veya çok hedefli tarama yaklaşımlarında önemli avantajlar sunmaktadır. Japonya’da 44 mide içeriği örneğinin LC-Q-TOF/MS ve LC-MS/MS ile incelendiği çalışmada farklı pestisit sınıflarına ait çok sayıda bileşiğin belirlenmesi, bu yöntemlerin geniş spektrumlu adli toksikolojik değerlendirmelerdeki değerini ortaya koymaktadır (Yohannes ve ark., 2025). Benzer şekilde rodentisit analizlerinde LC-MS/MS temelli çok hedefli tarama stratejileri, birden fazla toksik maddenin aynı analiz kapsamında değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır (Arens ve ark., 2022).

LC-MS/MS temelli rodentisit tarama çalışmasında α -kloraloz, brodifakum, bromadiolon, kumatetralil, difenakum ve varfarine yer verilerek yaklaşık 250 farklı maddeyi kapsayan geniş bir tarama yöntemine dahil edilmiştir. Numune hazırlamada sıvı-sıvı ekstraksiyon veya katı faz ekstraksiyon gibi daha karmaşık yöntemler yerine basit protein çöktürme yöntemi kullanılmış; analitlerin ayrılması için Luna C18 analitik kolon tercih edilmiştir. Sinyal tespiti negatif elektrosprey iyonizasyon altında zamanlanmış çoklu reaksiyon izleme modu (Scheduled Multiple Reaction Monitoring- sMRM) ile gerçekleştirilmiştir. Yöntem validasyonunda seçicilik, doğrusallık, tespit limiti, kantifikasyon limiti, kesinlik, doğruluk, matriks etkileri ve işlenmiş numune stabilitesi değerlendirilmiştir (Arens ve ark., 2022). Bu tür validasyon parametreleri, adli toksikolojik kanıtların güvenilirliği açısından yöntemsel standardizasyon gerekliliğiyle doğrudan ilişkilidir (Mannocchi ve ark., 2026).

Analitik yöntemlerin güçlü yönleri yanında sınırlılıkları da adli yorumlamada dikkate alınmalıdır. LC-MS/MS temelli çok hedefli rodentisit tarama yöntemi, bromadiolon dışında araştırılan rodentisitleri düşük konsantrasyon aralıklarında etkili biçimde tanımlayabilmiş; ancak bazı analitlerde matriks etkileri ve işlenmiş numune stabilitesi sorunları nedeniyle kantitatif değerlendirme sınırlı kalmıştır (Arens ve ark., 2022). Veteriner adli toksikolojide postmortem değişiklikler, türlere özgü referans verilerin sınırlı olması ve standart eşik değerlerin bulunmaması da toksikolojik bulguların yorumlanmasını güçleştiren başlıca sorunlardır (Mannocchi ve ark., 2026). Bu nedenle analitik sonuçlar, numune türü, saklama koşulları, postmortem değişiklikler, klinik bulgular, nekropsi bulguları ve olay yeri verileriyle birlikte değerlendirilmelidir (Dinis-Oliveira ve ark., 2016; Gwaltney-Brant, 2016).

9. BÖLGESEL ZEHİRLENME ÖRÜNTÜLERİ VE SİSTEMATİK TOKSİKOLOJİK ANALİZ

Bölgesel zehirlenme örüntülerinin belirlenmesi, toksikoloji laboratuvarlarının analiz panellerini ve tanısal önceliklerini geliştirmesi açısından önemlidir. Samsun ilinde 40 veteriner hekimle yapılan anket temelli çalışmada, son beş yılda en sık bildirilen zehirlenme nedenlerinin sırasıyla pestisitler, bitkisel toksinler ve ilaçlar olduğu belirtilmiştir. Zehirlenme şüphesi bulunan olguların türlere göre dağılımında köpekler 131 olgu ile ilk sırada yer alırken, bunu sığırlar 109, koyunlar 76, kediler 22, kanatlılar 22 ve atlar 2 olgu ile izlemiştir (Tokur ve ark., 2021). Güneydoğu İtalya'da 2009–2019 yılları arasında Puglia ve Basilicata bölgelerinde değerlendirilen 2.193 numunenin %28,8'inde, yani 632 örnekte, çeşitli toksik maddeler yönünden pozitif sonuç elde edilmesi, bölgesel izlem çalışmalarının tanısal planlama açısından değerini göstermektedir (Chirizzi, 2020).

Farklı bölgelerde öne çıkan toksik madde grupları değişkenlik gösterebilmektedir. Samsun bölgesinde pestisitler, bitkisel toksinler ve ilaçlar ön planda bildirilirken (Tokur ve ark., 2021), Güneydoğu İtalya'da pozitif örneklerde en sık saptanan toksik madde sınıfları mollusisitler (%44,8), pestisitler (%28,8) ve rodentisitler (%25,3) olmuştur (Chirizzi, 2020). İtalya'daki çalışmada metaldehit, zehirlenme şüphesi bulunan hayvan örneklerinde %42,4, şüpheli yem/tuzak örneklerinde ise %49,1 oranında saptanmış ve başlıca mollusisit olarak öne çıkmıştır (Chirizzi, 2020). Tunus verilerinde ise pozitif olgular içinde karbamat insektisitlerin %52,4 oranında yer alması, pestisitlerin farklı bölgelerde farklı bileşikler üzerinden önem kazandığını göstermektedir (Lahmar ve ark., 2019). Bu nedenle STA protokollerinin bölgesel toksik madde dağılımına göre şekillendirilmesi gerekmektedir (Tokur ve ark., 2021).

Saha ile laboratuvar arasındaki ilişkinin güçlendirilmesi, zehirlenme olgularında tanı oranını artırabilecek temel unsurlardan biridir. Samsun çalışmasında araştırmaya katılan veteriner hekimlerin %65'inin, yani 26 hekimin, son beş yıl içinde zehirlenme şüphesi taşıyan herhangi bir numuneyi laboratuvara göndermemiş olması dikkat çekicidir. Ayrıca klinik tanılar ile laboratuvar bulguları arasında sıklıkla uyumsuzluk bulunması, yalnızca klinik belirtilere dayalı değerlendirmenin sınırlı olduğunu göstermektedir (Tokur ve ark., 2021). Bu durum, laboratuvarla erken iletişim kurulması, doğru testin seçilmesi, uygun numunenin alınması ve spesifik analiz talebinde bulunulması gerektiğini vurgulayan numune gönderim ilkeleriyle doğrudan örtüşmektedir (Gunn-Christie, 2024). Dolayısıyla veteriner hekimlere yönelik eğitim ve bilgilendirme faaliyetleri, toksikoloji laboratuvarlarının daha etkin kullanılmasını sağlayabilir (Tokur ve ark., 2021).

10. ADLİ-TOKSİKOLOJİK YORUMLAMA: BULGULARIN KORELASYONU VE KANIT DEĞERİ

Şüpheli hayvan zehirlenmelerinde toksikolojik analiz sonucunda bir maddenin saptanması, tek başına ölüm nedeni veya ölüm mekanizması hakkında kesin hüküm vermek için yeterli olmayabilir. Pozitif toksikoloji sonucu, ancak konsantrasyon, numune matriksi, örnekleme zamanı, saklama koşulları, postmortem redistribüsyon olasılığı, klinik-patolojik bulgular ve olay yeri verileriyle uyum gösterdiğinde adli açıdan güçlü kanıt niteliği kazanır (Dinis-Oliveira ve ark., 2016; Gwaltney-Brant, 2016). Özellikle kardiyak kan gibi postmortem redistribüsyondan etkilenebilecek örneklerde kantitatif yorumlamanın sınırlı olabileceği, femoral kanın ise daha güvenilir kabul edildiği bildirilmektedir (Dinis-Oliveira ve ark., 2016). Bu durum,

veteriner adli toksikolojide uygun numune türünün seçilmesinin yalnızca analitik değil, aynı zamanda adli yorumlama açısından da kritik olduğunu göstermektedir (Dinis-Oliveira ve ark., 2016; Gunn-Christie, 2024).

Yorumlama sürecinde klinik, patolojik ve analitik bulgular arasında bütünlük aranmalıdır. Örneğin antikoagülan rodentisitlerde K vitamini döngüsünün inhibisyonu ile ilişkili koagülopati, protrombin zamanı (PT) ve parsiyel tromboplastin zamanı (PTT) gibi koagülasyon testleri, kanama bulguları ve gerektiğinde toksikolojik analizlerle birlikte değerlendirilmelidir (Tauer, 2025; Paulin ve ark., 2024). Pestisit zehirlenmelerinde ise nekropsi bulgularının spesifik olmaması, epidemiyolojik veriler ve klinik belirtilerle birlikte toksikoloji laboratuvarının olası toksik maddeleri daraltmasını gerekli kılmaktadır (Lahmar ve ark., 2019). Metomil olgularında GC-MS ile saptanan doku ve mide içeriği düzeylerinin makroskobik ve histopatolojik bulgularla birlikte değerlendirilmesi, akut zehirlenme tanısının güçlendirilmesine örnek oluşturmaktadır (Özdemir ve ark., 2019). Benzer şekilde LC-Q-TOF/MS ve LC-MS/MS gibi tekniklerle yüksek metomil düzeylerinin saptanması, hedef dışı tarama yaklaşımlarının adli yorumlamaya katkısını göstermektedir (Yohannes ve ark., 2025).

Veteriner adli toksikolojide güvenilir yorumlama, disiplinler arası iş birliğiyle mümkündür. Klinisyen, patolog, toksikolog, laboratuvar uzmanı ve adli makamlar arasında etkili iletişim kurulması, doğru analiz stratejisinin seçilmesini ve bulguların uygun bağlamda değerlendirilmesini sağlar (Gunn-Christie, 2024; Gwaltney-Brant, 2016). Delil zincirinin korunması, olay yerindeki delillerin uygun şekilde toplanması, nekropsi bulgularının tarafsız belgelenmesi ve numunelerin uygun koşullarda saklanması, toksikolojik kanıtların hukuki süreçte geçerliliğini destekler (Brownlie ve Munro, 2016; Touroo ve Fitch, 2016). Bu nedenle şüpheli hayvan zehirlenmelerinde

tanıdan delil zincirine uzanan süreç, bilimsel tarafsızlık, analitik güvenilirlik ve adli sorumluluk ilkeleri temelinde yürütülmelidir.

11. SONUÇ

Şüpheli hayvan zehirlenmeleri, veteriner farmakoloji-toksikoloji ile veteriner adli tıp bilimlerinin birlikte ele alınmasını gerektiren çok boyutlu olgulardır. Bu olgularda toksik maddenin yalnızca laboratuvar analizleriyle saptanması yeterli değildir; maruziyet öyküsü, klinik tablo, nekropsi ve histopatoloji bulguları, numune türü, postmortem değişiklikler, çevresel kanıtlar ve olay yeri verileri birlikte değerlendirilmelidir. Bu bütüncül yaklaşım, hem ölüm nedeninin bilimsel olarak ortaya konulmasını hem de elde edilen bulguların adli süreçlerde güvenilir biçimde kullanılmasını sağlar.

Bölgesel zehirlenme örüntülerinin bilinmesi, toksikoloji laboratuvarlarının analiz panellerini geliştirmesine, öncelikli toksik madde gruplarını belirlemesine ve daha hedefli tanısal yaklaşımlar oluşturmaya katkı sağlar. Bununla birlikte klinisyen, patolog, toksikolog, laboratuvar uzmanı ve adli makamlar arasında etkili iletişim kurulması, şüpheli zehirlenme olgularında doğru numune seçimi, uygun analiz istemi, bulguların doğru yorumlanması ve delil zincirinin korunması açısından temel öneme sahiptir.

Sonuç olarak, şüpheli hayvan zehirlenmelerinde güvenilir adli-toksikolojik değerlendirme; doğru örnekleme, validasyonu yapılmış analitik yöntemler, klinik-patolojik korelasyon, olay yeri verileri ve kesintisiz delil zincirinin birlikte sağlanmasına bağlıdır. Bu nedenle veteriner adli toksikoloji, yalnızca laboratuvar sonucu üreten değil, tanıdan raporlamaya kadar kanıtın bilimsel ve hukuki değerini yöneten disiplinler arası bir alandır.

KAYNAKÇA

- Açikkol, M. (2023). Adli toksikolojinin tanımı ve tarihsel gelişimi. S. Mercan & Z. Türkmen (Ed), *Adli toksikoloji: temel kavramlar ve prensipler* içinde (ss. 1-7). İstanbul: İÜC Yayınevi. E-ISBN: 978-605-7880-23-9. <https://doi.org/10.5152/6401>
- Araújo, D. S., Santos, A. da S., Tostes, R. A., Miguel, M. P., & Menezes, L. B. (2024). Application of legal veterinary medicine: Main toxic agents versus real cases of intentional intoxication in domestic animals analyzed in criminal expertize in central Brazil. *Forensic Science International: Animals and Environments*, 5, 100087. <https://doi.org/10.1016/j.fsiae.2024.100087>
- Arens, A., Teske, J., Klintschar, M., Mischke, R., & Dziadosz, M. (2022). Antemortem and postmortem rodenticide analysis in forensic toxicology as a part of an LC-MS/MS-based multi-target screening strategy. *Drug Testing and Analysis*, 14(6), 1149–1154. <https://doi.org/10.1002/dta.3222>
- Brownlie, H. W. B., & Munro, R. (2016). The Veterinary Forensic Necropsy: A Review of Procedures and Protocols. *Veterinary Pathology*, 53(5), 919–928. <https://doi.org/10.1177/0300985816655851>
- Chirizzi, D. (2020). Suspected veterinary poisoning cases: A retrospective toxicoepidemiology study (2009-2019) in south-eastern Italy. *Trends in Medicine*, 20, 1-6. <https://doi.org/10.15761/tim.1000254>
- Dinis-Oliveira, R. J., Vieira, D. N., & Magalhães, T. (2016). Guidelines for collection of biological samples for clinical and forensic toxicological analysis. *Forensic Sciences Research*, 1(1), 42–51.

<https://doi.org/10.1080/20961790.2016.1271098>

- Gilbert, J. F., Aysu, J. E., Tóth, I., Szilasi, A., & Mándoki, M. (2026). Veterinary Forensic Pathology in the Investigation of Animal Cruelty: Post-Mortem Insights, Forensic Tools, Case Studies, and Legal Perspectives. *Animals*, 16(5), 785. <https://doi.org/10.3390/ani16050785>
- Gunn-Christie, R. G. (2024). Collection and submission of laboratory samples from animals. In *MSD Veterinary Manual*. Merck & Co., Inc.
- Gwaltney-Brant, S. M. (2016). Veterinary Forensic Toxicology. *Veterinary Pathology*, 53(5), 1067–1077. <https://doi.org/10.1177/0300985816641994>
- Lahmar, R., Berny, P., Mahjoub, T., & Ben Youssef, S. (2019). Animal Pesticide Poisoning in Tunisia. *Frontiers in Veterinary Science*, 6, 369. <https://doi.org/10.3389/fvets.2019.00369>
- Mannocchi, G., Busardò, F. R., Marsella, L. T., & Tittarelli, R. (2026). Advances in Forensic Toxicology in Veterinary Medicine: Current Perspectives, Analytical Progress, and Future Challenges. *Veterinary Sciences*, 13(5), 444. <https://doi.org/10.3390/vetsci13050444>
- Mülling C.K.W.& Rothschild M.A. (2005). Forensische Veterinarmedizin. *Rechtsmedizin*, 15, 381-388. DOI 10.1007/s00194-005-0347-x
- Nakayama, S. M. M., Morita, A., Ikenaka, Y., Mizukawa, H., & Ishizuka, M. (2019). A review: Poisoning by anticoagulant rodenticides in non-target animals globally. *Journal of Veterinary Medical Science*, 81(2), 298–313. <https://doi.org/10.1292/jvms.17-0717>
- Özdemir, Ö., Ateş, M. B., Ortatatli, M., Terzi, F., Avci, T., Hatipoğlu, F., & Çiftçi, M. K. (2019). Dog massacre with

- pesticide for theft: Methomyl poisoning. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 25(5), 717–720.
<https://doi.org/10.9775/kvfd.2018.21606>
- Paulin, M. V., Bray, S., Laudhittirut, T., Paulin, J., Blakley, B., & Snead, E. (2024). Anticoagulant rodenticide toxicity in dogs: A retrospective study of 349 confirmed cases in Saskatchewan. *The Canadian Veterinary Journal*, 65(5), 496-503.
- Tauer, D. (2025). Anticoagulant rodenticide poisoning in animals. In *MSD Veterinary Manual*. Merck & Co., Inc.
- Tokur, O., Marangoz, Ö., Nuhoglu, Z., Mushtaq, S., Pehlivan, A., & Yavuz, O. (2021). Samsun ve çevresinde evcil hayvanlarda görülen zehirlenme vakalarının sistematik toksikolojik analiz prensipleri çerçevesinde değerlendirilmesi. *Veteriner Hekimler Derneği Dergisi*, 92(2), 111–120.
<https://doi.org/10.33188/vetheder.874904>
- Touroo, R., & Fitch, A. (2016). Identification, Collection, and Preservation of Veterinary Forensic Evidence: On Scene and During the Postmortem Examination. *Veterinary Pathology*, 53(5), 880–887.
<https://doi.org/10.1177/0300985816641175>
- Yohannes, Y. B., Tanaka, A., Kihara, Y., Tajima, T., Nakayama, S., Nimako, C., Ikenaka, Y., & Ishizuka, M. (2025). Forensic detection and quantification of methomyl in animal stomach contents using liquid chromatography quadrupole time-of-flight mass spectrometry (LC-Q-TOF/MS) and liquid Chromatography tandem mass spectrometry (LC-MS/MS) in Japan. *Journal of Veterinary Medical Science*, 87(12), 1494–1498.
<https://doi.org/10.1292/jvms.25-0287>

Zengin, S. & Kuloglu G., M. & Türkmen, Z. & Mercan, S. (2023). Adli Toksikolojide Kullanılan Deliller ve Numune Hazırlama Yöntemleri. S. Mercan & Z. Türkmen (Ed), *Adli toksikoloji: temel kavramlar ve prensipler içinde* (ss. 59-73). İstanbul: İÜC Yayınevi. E-ISBN: 978-605-7880-23-9. <https://doi.org/10.5152/6405>

VETERİNER FARMAKOLOJİ VE TOKSİKOLOJİSİ
ALANINDA AKADEMİK TARTIŞMALAR

yaz
yayınları

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