

UYGULAMALI BİLİMLERDE GÜNCEL ÇALIŞMALAR-III

EDİTÖRLER

Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Fatih DEMİREL
Doç. Dr. Osman YILMAZ



UYGULAMALI BİLİMLERDE GÜNCEL ÇALIŞMALAR-III

EDİTÖRLER

Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Fatih DEMİREL

Doç. Dr. Osman YILMAZ

YAZARLAR

Prof. Dr. Bahattin ÇAK

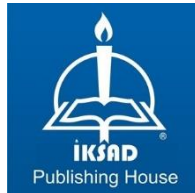
Doç. Dr. Osman YILMAZ

Doç. Dr. Sedat ÇETİN

Dr. Öğr. Üyesi Canan YENİTÜRK BAYDAR

Dr. Öğr. Üyesi Levent GÖNÜLTAŞ

Dr. Öğr. Üyesi Ömer GEZGİNÇ



Copyright © 2025 by iksad publishing house
All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, distributed
or transmitted in any form or by
any means, including photocopying, recording or other electronic or
mechanical methods, without the prior written permission of the publisher,
except in the case of
brief quotations embodied in critical reviews and certain other noncommercial
uses permitted by copyright law. Institution of Economic Development and
Social
Researches Publications®
(The Licence Number of Publicator: 2014/31220)
TÜRKİYE TR: +90 342 606 06 75
USA: +1 631 685 0 853
E mail: iksadyayinevi@gmail.com
www.iksadyayinevi.com

It is responsibility of the author to abide by the publishing ethics rules.
Iksad Publications – 2025©

ISBN: 978-625-378-496-6
Cover Design: İbrahim KAYA
December / 2025
Ankara / Türkiye
Size: 16x24cm

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	1
-------------------	----------

CHAPTER 1

CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS (CNNs) IN VETERINARY ANATOMY

Assoc. Prof. Dr. Osman YILMAZ.....	3
------------------------------------	---

BÖLÜM 2

ÇİFTLİK HAYVANLARINDA SÜRÜ SAĞLIĞI YÖNETİMİNE AKADEMİK BAKIŞ

Prof. Dr. Bahattin ÇAK.....	23
-----------------------------	----

BÖLÜM 3

İYONLAŞTIRICI RADYASYONUN HÜCRE ÜZERİNE BİYOKİMYASAL ETKİLERİ

Dr. Öğr. Üyesi Levent GÖNÜLTAŞ	
Doç. Dr. Sedat ÇETİN.....	49

BÖLÜM 4

VETERİNER HEKİMLİKTE ANTİMİKROBİYAL DİRENÇLE MÜCADELEDE EKONOMİK YAKLAŞIMLAR VE TEK SAĞLIK PERSPEKTİFİ

Dr. Öğr. Üyesi Ömer GEZGİNÇ.....	69
----------------------------------	----

BÖLÜM 5

HAYVANLARDA DOLAŞIM SİSTEMİ

Dr. Öğr. Üyesi Canan YENİTÜRK BAYDAR.....	97
---	----

ÖNSÖZ

Uygulamalı bilimler, günümüzde hızla değişen teknolojik olanaklar ve artan araştırma çeşitliliği sayesinde önemli bir gelişim ivmesi kazanmıştır. Bu alanlardaki ilerlemeler, hem teorik bilgiyi derinleştirmekte hem de pratik uygulamalara yön vererek toplumsal ve bilimsel ihtiyaçlara yönelik çözüm üretme kapasitesini artırmaktadır. **“Uygulamalı Bilimlerde Güncel Çalışmalar-III”** isimli bu eser, söz konusu gelişim sürecine katkı sunmak amacıyla titizlikle hazırlanmıştır.

Bu kitap, farklı uzmanlık alanlarında çalışan araştırmacıların bir araya gelmesiyle oluşturulmuş geniş bir bilimsel perspektif sunmaktadır. Uygulamalı bilimlerin çok yönlü yapısı dikkate alınarak derlenen çalışmalar, hem akademik dünyaya yeni bilgiler kazandırmayı hem de genç araştırmacılara ilham verecek nitelikte içerikler sunmayı amaçlamaktadır. Bu sayede disiplinler arasında etkileşim güçlenmekte ve ortak çalışma kültürü desteklenmektedir.

Eserde yer alan bölüm ve araştırmalar, güncel bilimsel sorunlara çözüm üretme potansiyeli taşıyan özgün yaklaşımlar içermektedir. Her bir çalışma, alanına katkı sunmayı hedefleyen özenli bir bilimsel çabanın ürünüdür. Böylece bu kitap, hem akademisyenler hem de uygulayıcılar için değerli bir kaynak niteliği taşımaktadır.

Bu eserin hazırlanmasında emeği geçen tüm araştırmacılara ve katkılarıyla kitabın bilimsel niteliğini güçlendiren herkese içtenlikle teşekkür ederiz. Ayrıca, yayın sürecindeki destekleri için İKSAD Yayınevi'ne şükranlarımızı sunarız.

Okuyucularımıza, **“Uygulamalı Bilimlerde Güncel Çalışmalar-III”** adlı bu çalışmanın yeni araştırmalara kapı aralayan, bilimsel merakı besleyen ve alanın gelişimine katkı sağlayan bir kaynak olmasını temenni ederiz.

Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Fatih DEMİREL

Doç. Dr. Osman YILMAZ

CHAPTER 1

CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS (CNNs) IN VETERINARY ANATOMY

Assoc. Prof. Dr. Osman YILMAZ¹

DOI: <https://www.doi.org/10.5281/zenodo.18085185>

¹ Van Yüzüncü Yıl University, Faculty of Veterinary Medicine, Department of Anatomy, Van, Türkiye. osmanyilmaz@yyu.edu.tr, ORCID ID: 0000-0003-2013-9213 (Corresponding Author).

INTRODUCTION

Artificial intelligence (AI), and particularly deep learning (DL) methods, have achieved groundbreaking advancements in medicine and veterinary sciences in recent years, just as they have in many fields of science and engineering. At the center of these developments, Convolutional Neural Networks (CNNs) stand out as a deep learning architecture specifically designed for biomedical image analysis. Thanks to their ability to extract meaningful features directly, hierarchically, and automatically from images, CNNs have made it possible to attain results at or above human performance in tasks such as classification, detection, segmentation, and reconstruction of complex visual data (LeCun, Bengio & Hinton, 2015; Çakmakcı et al., 2023). This technological leap has been accelerated by the availability of large datasets, advanced graphics processing units (GPUs), and algorithmic innovations (Patra et al., 2023).

Veterinary anatomy is a fundamental discipline that examines the structure, organs, tissues, and cells of the animal body at both macroscopic and microscopic levels. Traditional anatomical education and research rely on dissections, manual measurements, and visual observations; however, these methods can be time-consuming, labor-intensive, and sometimes subjective. The integration of CNNs into this field offers unique opportunities to overcome these limitations and introduce new dimensions to anatomical studies. CNN-based systems can perform morphometric measurements rapidly and accurately, conduct detailed analyses of 3D structures, and provide innovative pedagogical tools such as interactive virtual dissections or automatic labeling in educational processes. In this context, CNNs are positioned not only as pivotal technologies for veterinary anatomy research but also as critical tools for the future of veterinary medical education and clinical diagnostic procedures. This section aims to examine in detail the fundamental principles, applications, advantages, limitations, and future perspectives of CNNs in veterinary anatomy (Yılmaz, 2024).

1. FUNDAMENTAL PRINCIPLES OF CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS (CNNs)

Convolutional Neural Networks are deep learning architectures specifically designed to process visual data (Yamashita et al., 2018). A CNN essentially consists of the following main layer types:

1.1. Convolutional Layers

Convolutional layers form the core of a CNN. These layers detect local features of the input image using small matrices known as “filters” or “kernels,” which slide across the image. Each filter specializes in learning a particular feature of the image (e.g., horizontal edges, vertical edges, corners, specific texture patterns). As a filter moves across the image with a defined step size (stride), it performs a mathematical operation (dot product) with the pixels in that region. As a result of this operation, “feature maps” or “activation maps” are produced, indicating the regions of the image where the filter is active. By using multiple filters, different and more complex features of the image can be extracted simultaneously. Through this hierarchical structure, the first layers typically learn simple, low-level features (edges, color transitions), while deeper layers learn more complex and abstract features formed by combinations of these simple patterns (Goodfellow et al., 2016).

1.2. Activation Functions

After each convolution operation, an activation function is applied to introduce a nonlinear transformation to the extracted features. These functions enable the network to learn complex relationships. The most commonly used activation function is the Rectified Linear Unit (ReLU). ReLU converts negative input values to zero while leaving positive values unchanged ($f(x) = \max(0, x)$). This helps the network learn more efficiently and reduces issues of overfitting (Goodfellow et al., 2016).

1.3. Pooling Layers

Pooling layers are used to reduce the size and complexity of the feature maps generated by convolutional layers, a process known as “downsampling.” These layers decrease the computational load of the model and enhance its

generalization ability by increasing the invariance of features to spatial location. The most common pooling methods are:

Max Pooling: Selects the highest value within a defined window. This preserves the most prominent features while filtering out unnecessary information.

Average Pooling: Computes the average of all values within a defined window.

Pooling layers allow the model to be more robust to small variations in the image (e.g., slight shifts or rotations of an object) (Goodfellow et al., 2016).

1.4. Fully Connected Layers

At the final stage of a CNN architecture, there are typically one or more fully connected layers. All high-level features extracted by convolutional and pooling layers are “flattened” into a one-dimensional vector before being fed into these layers. Fully connected layers operate similarly to traditional artificial neural networks; each neuron is connected to every neuron in the previous layer. These layers learn complex relationships among the extracted features and perform the final classification (e.g., determining the sex of an animal) or regression (e.g., predicting the length of a bone) tasks. The final layer usually contains a classification function (such as Softmax) or a suitable activation function for a regression output (such as linear activation) (Goodfellow et al., 2016).

One of the greatest advantages of CNNs is that they do not require manual feature selection. Unlike traditional image processing methods, CNNs automatically learn the most suitable features from the training data. This “end-to-end learning” capability is highly valuable in fields such as veterinary anatomy, which involve complex and variable structures (Yılmaz, 2024).

2. IMAGING RESOURCES USED IN VETERINARY ANATOMY

In veterinary anatomy research, the primary data source for artificial intelligence applications consists of various imaging techniques that enable visualization of the internal structures of the animal body. The high-resolution and detailed images obtained from these methods are critical for training, validating, and testing CNN models. Each imaging technique provides unique

information about different tissue types and pathological conditions (Yılmaz, 2024; Elasan & Yılmaz, 2025; Xiao et al., 2025):

2.1. Radiography (X-ray)

Radiography is a traditional imaging method that uses ionizing radiation to obtain two-dimensional (2D) images of internal structures, particularly bones and dense tissues. In veterinary medicine, it is widely used to diagnose bone fractures, joint degenerations, foreign bodies, and the general morphology of thoracic and abdominal organs. CNNs can automatically analyze radiographic images for bone density, bone morphology, joint space widths, or pathological changes. They can also be used for tasks such as automatic positioning and image quality assessment (Özdemir, 2015; Thrall, 2017).

2.2. Computed Tomography (CT)

Computed Tomography is an advanced imaging technique that uses X-rays to capture cross-sectional images of the body and reconstructs them into a three-dimensional (3D) structure. CT is considered the “gold standard” for the detailed analysis of bone tissue, joints, vertebrae, skull bones, paranasal sinuses, and organs in the thoracic/abdominal cavity. CNNs can perform tasks such as 3D organ segmentation, tumor detection, analysis of bone deformities (e.g., for pre-dissection evaluation or surgical planning), and volumetric measurements from CT images. This provides significant advantages when examining complex anatomical regions (Ohlerth & Scharf, 2007; Yılmaz, 2024; Vickram et al., 2025).

2.3. Magnetic Resonance Imaging (MRI)

Magnetic Resonance Imaging is a technique that uses strong magnetic fields and radio waves to obtain high-resolution, detailed images, particularly of soft tissue anatomy. It is indispensable for diagnosing pathologies in structures such as the central nervous system, muscles, tendons, connective tissues, and internal organs. MRI provides excellent contrast between tissues, offering superior information for detecting tumors, inflammations, edema, or degenerative lesions. CNNs can be used to segment and classify soft tissue lesions from MRI data, reconstruct neuroanatomical structures in 3D, and analyze functional MRI (fMRI) data. This is critically important in the

diagnosis and research of neurological diseases (Wisner & Zwingenberger, 2015; Thrall, 2017; Yitbarek & Dagnaw, 2022).

2.4. Ultrasonography

Ultrasonography is a safe, minimally invasive imaging method that uses high-frequency sound waves to obtain real-time, dynamic images. It is commonly used to examine moving or fluid-filled structures such as abdominal organs, the heart, tendons, muscles, and superficial structures (thyroid gland, lymph nodes). CNNs can automatically measure organ dimensions, blood flow, lesion shapes, and dynamic movements from ultrasound images, as well as detect abnormalities. This is particularly useful in situations requiring rapid diagnosis and intervention (Penninck & d'Anjou, 2015; Brunel et al., 2025).

2.5. Macroscopic and Histological Images

- **Macroscopic Images:** These refer to photographic or digital images of anatomical structures obtained during dissection or autopsy and visible to the naked eye. Such images reveal the general positioning, relationships, and dimensions of anatomical structures. CNNs can automatically label anatomical structures, perform morphometric analyses, or classify pathological changes using macroscopic images (Yılmaz, 2024).
- **Histological Images:** These are high-resolution digital images of thin tissue sections prepared with special stains from biopsies or autopsy samples and examined under a microscope. They show tissue- and cell-level details, cellular morphology, tissue architecture, and pathological changes. CNNs can segment specific cell types, tissue patterns, or tumor cells from histological images, count them, and classify or grade pathological alterations automatically. This increases diagnostic speed and objectivity in pathology (Komura et al., 2024).

Large, well-annotated datasets obtained from these various imaging methods form the foundation for training CNN models and directly support the advancement of artificial intelligence applications in veterinary anatomy. The unique information provided by each modality can be integrated with CNN models to address different anatomical and pathological questions (Yılmaz, 2024).

3. APPLICATIONS OF CNNs IN VETERINARY ANATOMY

Convolutional Neural Networks (CNNs) encompass a wide range of applications in veterinary anatomy, extending from education to research and clinical practice. Their integration into these domains not only modernizes traditional approaches but also creates opportunities for new discoveries and more efficient workflows.

3.1. In Education

Veterinary anatomy education is a challenging process that requires students to understand complex 3D structures, their interrelationships, and interspecies variations. CNNs offer innovative pedagogical solutions to facilitate and enhance this learning experience:

- **Automatic Labeling and Digital Atlases:** CNN-based systems can automatically label anatomical images (radiographs, CT, MRI, or macroscopic dissection images). This enables the development of interactive digital atlases that help students easily identify specific bones, organs, muscles, or vessels. By clicking on a region within the digital atlas, students can instantly view the name, description, and even the clinical relevance of the corresponding anatomical structure (Shen et al., 2017; Yılmaz, 2024).
- **Virtual Dissection Applications:** Using high-resolution 3D CT or MRI data, CNN models can generate virtual dissection environments. These applications allow students to cut, rotate, render transparent, and examine anatomical structures from different angles on a computer screen or within virtual reality (VR) or augmented reality (AR) environments. Even when access to real dissection material is limited, students gain repeatable and risk-free practical experience. Additionally, virtual environments offer the opportunity to explore anatomical manifestations of pathological cases (Park et al., 2021; Yılmaz, 2024).
- **Student Assessment and Feedback Systems:** CNNs can be used to create interactive exams or quizzes that automatically evaluate students' ability to identify and mark anatomical structures. The system can instantly check the accuracy of student responses and provide

personalized feedback, helping address learning gaps. This also allows instructors to monitor student performance more objectively and efficiently (Brenton et al., 2007).

3.2. In Research

In the field of research, CNNs enable veterinary anatomists to perform faster, more objective, and quantitative analyses, accelerating scientific discovery (Cihan et al., 2017; Shen et al., 2017; Zilverschoon et al., 2019; Ali, 2023; Blázquez-Llorca et al., 2023; Hooper et al., 2023; Patra et al., 2023; Choudhary et al., 2024).

- **Automation of Morphometric Measurements:** Morphometric measurements such as bone lengths, angles, organ volumes, lesion sizes, or muscle mass are traditionally manual and time-consuming. CNN models can automatically extract these measurements from radiographic, CT, or MRI images. This automation enables large datasets to be analyzed rapidly, allowing researchers to process data from thousands of animals in population-level or longitudinal studies.
- **Species, Breed, and Sex Comparisons:** CNNs can identify anatomical differences quantitatively across species, breeds, or sexes. For example, they can detect subtle variations in cranial bone morphology among dog breeds, analyze the relationship of these differences to genetic or environmental factors, or examine evolutionary changes in vertebral morphology across species. These analyses provide valuable data for classification, evolutionary biology, and genetic research.
- **Biomedical Image Segmentation:** Particularly with architectures such as U-Net, CNN-based models excel at segmenting specific structures (organs, tumors, vessels, cells) in biomedical images (CT, MRI, histology). Such segmentation allows researchers to isolate regions of interest, measure volumes, analyze densities, and perform more detailed quantitative evaluations (Ronneberger et al., 2015).
- **Disease Models and Developmental Biology:** CNNs can monitor anatomical changes in experimental animal models (e.g., organ size changes during disease progression, bone loss) and analyze morphological changes during developmental processes (e.g., organ formation during embryonic development). This provides a foundation

for understanding disease pathogenesis and developing new therapeutic strategies.

3.3. In Clinical Applications

In clinical practice, CNNs support veterinarians in diagnosis, treatment planning, and prognostic assessment, enhancing the overall quality of animal healthcare (Zilverschoon et al., 2019; Wilson et al., 2022; Ali, 2023; Blázquez-Llorca et al., 2023; Hooper et al., 2023; Patra et al., 2023 Albadrani et al., 2024; Burti et al., 2024; Lazarus et al., 2024):

- **Organ Segmentation and Volume Measurements:** CNNs can automatically and accurately segment organs such as the liver, kidneys, heart, and spleen from CT or MRI images. Precise organ volume measurements play a crucial role in evaluating organ enlargement, atrophic changes, or the size of cystic structures, all of which are important for diagnosing and monitoring disease.
- **Anomaly and Lesion Detection:** CNN models can learn the subtle differences between normal anatomical structures and pathological changes such as tumors, cysts, abscesses, hernias, or congenital anomalies, enabling automatic lesion detection. This supports early diagnosis of small or ambiguous lesions that may be overlooked by clinicians, allowing for earlier intervention and improved prognosis.
- **Surgical Planning:** Prior to complex surgical procedures, CNN-based 3D reconstruction and segmentation allow surgeons to plan operations in detail within a virtual environment. The precise identification of critical anatomical landmarks—such as major vessels, nerves, and organs—helps select the most appropriate surgical approach, reduces operative time, and minimizes complication risks.
- **Pathological Assessments:** CNNs can classify structural changes observed in radiological images, contributing to the evaluation of specific pathological conditions. These systems accelerate diagnostic processes, provide an objective perspective, and offer quantitative data to monitor disease progression (Litjens et al., 2017).

4. CNN-BASED BONE AND MORPHOMETRIC ANALYSES

Osteology—one of the most fundamental and detailed areas of veterinary anatomy—benefits profoundly from the automation and precision offered by Convolutional Neural Networks (CNNs). The complex three-dimensional structures of bones and their species-specific morphological variations make them an ideal target for automated analysis.

4.1. Long Bone Measurements and Deformity Analysis

CNN models can automatically measure the length, diameter, thickness, and joint angles (e.g., elbow or hip angles) of long bones such as the femur, tibia, humerus, radius, and ulna using radiographic or computed tomography (CT) images. These measurements are critically important for monitoring growth in young and developing animals, diagnosing orthopedic disorders, and planning treatments. By quantitatively identifying angular or linear deformities in bones, CNNs enhance the precision of surgical interventions (Park et al., 2021).

4.2. Cranial Morphometry and Regional Analysis

Analyses of the shape, size, and asymmetry of cranial bones play a central role in species and breed identification, the detection of genetic disorders, evolutionary research, and forensic veterinary investigations. CNNs can perform detailed morphometric evaluations of cranial structures—particularly clinically relevant regions such as the sella turcica, nasal passages, or dental arches—directly from CT images (Yılmaz and Demircioğlu, 2021).

4.3. 3D Reconstruction and Volumetric Measurements

Cross-sectional images obtained from CT or MRI scans can be converted into high-resolution 3D bone models using CNNs. These 3D models allow automated quantitative measurements including bone volume, surface area, density, and internal architecture. Such capabilities are valuable for monitoring the volume of bone tumors, assessing the progression of metabolic bone diseases, and quantitatively tracking bone healing processes. Moreover, 3D models provide an essential basis for surgical simulations (Suzuki, 2017).

4.4. Sex Determination and Detection of Breed Differences

The morphological characteristics of certain bones—particularly the pelvis, cranial bones, and long bones—provide important clues for sex determination in animals. CNNs can analyze these features with high accuracy to perform automated sex prediction. Similarly, by identifying structural differences among animal breeds, CNNs can assist in breed classification. These capacities add a new dimension to forensic veterinary cases and archaeozoological studies (Yılmaz, 2024).

4.5. Classification and Diagnosis of Bone Lesions

CNNs can automatically detect and classify bone lesions—such as fractures, infections, tumors, cysts, and osteoarthritic changes—on radiographic or CT images, thereby accelerating the diagnostic process and supporting clinical decision-making. The models are capable of identifying subtle lesions or early-stage changes that may not be immediately visible to the human eye, enabling earlier diagnosis and more effective treatment planning (Bakıcı et al., 2019; Ergün et al., 2021).

5. THE RELATIONSHIP BETWEEN CNNs AND VETERINARY PATHOLOGY

Veterinary anatomy and pathology are two closely interconnected disciplines that form the foundation of animal health and complement each other. While anatomy examines normal structures, pathology investigates the structural and functional changes caused by diseases. At this intersection, Convolutional Neural Networks (CNNs) have emerged as a powerful tool—particularly in the analysis of histopathological images, nuclear segmentation and morphological assessment, tumor classification and grading, automated identification of pathological alterations, and quantitative evaluation of tissue-level changes (Campanella et al., 2019; Komura et al., 2024; Yılmaz, 2024).

6. ADVANTAGES, LIMITATIONS, AND CHALLENGES

Although the applications of Convolutional Neural Networks (CNNs) in veterinary anatomy offer great potential, understanding both the advantages they provide and the limitations and challenges encountered is critical for the

effective and responsible use of this powerful technology (Yılmaz, 2024; Elasan and Yılmaz, 2025).

6.1. Advantages (Yılmaz, 2024; Elasan and Yılmaz, 2025):

- **High Accuracy Rate:** Well-trained CNN models can achieve accuracy rates comparable to or even higher than those of human experts, especially in repetitive and pattern-based tasks such as image recognition, classification, and segmentation. This reduces error rates in diagnostic and analytical processes and increases reliability.
- **Rapid Analysis and Automation:** Manual measurement and analysis procedures are highly time-consuming and labor-intensive, particularly with large datasets. CNNs significantly accelerate and automate these processes, allowing veterinarians and researchers to devote more time to complex thinking and decision-making tasks. Thousands of images can be analyzed within seconds.
- **Objectivity and Repeatability:** By eliminating subjective differences and the fatigue factor associated with human observers, CNNs provide a high level of objectivity and repeatability in analytical results. A CNN model will always produce the same output for the same input, increasing consistency in clinical diagnoses and scientific research.
- **Automatic Feature Extraction:** Unlike traditional image processing methods, CNNs do not require manual feature engineering. The models learn the most relevant and distinctive features directly and automatically from the training data. This simplifies the development process and enables the discovery of subtle details that human experts may overlook.
- **Potential for New Discoveries:** By revealing subtle or complex patterns and relationships that the human eye or manual methods cannot detect, CNNs can lead to new scientific discoveries. This offers potential in areas such as early disease diagnosis, the identification of new biomarkers, or a better understanding of anatomical variations.
- **Innovation in Education:** Through virtual dissections, interactive digital atlases, and personalized learning environments, CNNs make veterinary anatomy education more engaging, accessible, and effective.

6.2. Limitations and Challenges (Yılmaz, 2024; Elasan and Yılmaz, 2025):

- **Dependence on Datasets:** CNNs require large, diverse, and well-annotated datasets to be trained effectively. In veterinary anatomy, it is difficult to find or create sufficiently large and high-quality labeled datasets for different species, breeds, ages, and sexes. Data may be particularly limited for rare diseases, exotic species, or specific anatomical variations.
- **Annotation Cost and Expertise:** Creating high-quality labeled datasets requires a long and costly process carried out by expert veterinary anatomists, radiologists, or pathologists. Incorrect or incomplete labeling can significantly degrade model performance.
- **Model Generalizability:** A model trained on one species may not perform well on another species or on data obtained from a different imaging device (e.g., different CT scanner brands), a problem known as domain shift. This limits the applicability of the model across different veterinary clinics or research settings.
- **Computational Resources:** Training CNN models—especially deep and complex architectures—requires high-performance graphics processing units (GPUs) and substantial memory. This implies additional hardware investment and energy costs.
- **“Black Box” Problem (Explainability):** The decision-making processes of deep learning models are generally not transparent (“black box” issue). Understanding why a model produces a specific decision or considers a certain feature important can be difficult. This may reduce veterinarians’ trust, especially in critical clinical decisions or situations that involve legal responsibility. Although Explainable Artificial Intelligence (XAI) aims to address this issue, it is not yet fully widespread.
- **Integration of Different Imaging Modalities:** Integrating and jointly analyzing heterogeneous data obtained from different imaging modalities such as radiography, CT, MRI, and histopathology is a complex process. Differences in data formats, resolutions, and the information they provide make it difficult to build a unified model.

- **Ethical and Legal Issues:** Ethical and legal concerns—such as the legal responsibility of AI-assisted diagnoses, data privacy and security (particularly regarding animal owners’ information), and how AI will affect the role of veterinarians—have not yet been fully established.

7. FUTURE PERSPECTIVES

Convolutional Neural Networks (CNNs) and artificial intelligence, in general, are increasingly expanding their role in veterinary anatomy and are poised to introduce groundbreaking innovations in the field. The anticipated developments in the coming years are expected to profoundly impact both basic research and clinical applications, shaping the future of veterinary medicine (Yılmaz, 2024).

First, the evolution of digital anatomical atlases and interactive learning environments will accelerate. CNN-based systems will integrate more closely with augmented reality (AR) and virtual reality (VR) technologies, providing students and clinicians with immersive and interactive experiences. Virtual dissection laboratories, 3D holographic projections of anatomical structures, and automated labeling will make veterinary education more accessible, engaging, and effective. Students will be able to explore the anatomy of different animal species in virtual environments, practice complex surgical procedures, and simulate the anatomical manifestations of pathological cases. This approach allows for personalized learning and enables students to achieve a deeper understanding of anatomical concepts (Osorio-Echeverri et al., 2019; DeBose, 2020).

Second, multimodal image integration and analysis will become more widespread. Currently, different imaging modalities (CT, MRI, Ultrasound, Radiography, histopathology) are often evaluated separately. In the future, CNN-based multi-modal learning models will combine these heterogeneous data types, offering a more comprehensive and holistic diagnostic and analytical capability (Jiangtao et al., 2025).

Third, personalized veterinary diagnostic and treatment systems will advance. CNN models will provide individualized diagnostic and therapeutic recommendations by considering each animal’s unique anatomical and physiological characteristics, genetic predispositions, and environmental factors. They can predict disease risk or response to a specific treatment based

on the animal's breed, age, sex, and individual responses. This approach will replace the "one-size-fits-all" model, enabling the delivery of the most suitable and effective healthcare for each animal. Early disease detection, personalized prognostic assessments, and targeted treatment strategies will significantly improve animal quality of life (Yılmaz, 2024).

Fourth, explainable artificial intelligence (XAI) techniques will mitigate the "black box" nature of CNN models, increasing the reliability of clinical decision support systems. Veterinarians will be able to understand why an AI system made a specific diagnosis or how it conducted a particular analysis. This transparency will enhance trust in AI recommendations, clarify legal and ethical responsibilities, and allow AI to be used more effectively as a collaborative tool. XAI will also assist in detecting model biases or errors (Aqib et al., 2023; Cetintav and Yalcin, 2025).

Finally, real-time image analysis, surgical guidance, and automated reporting systems will become more deeply integrated into clinical practice. Real-time CNN analysis of ultrasound or endoscopic images obtained during surgery can provide precise guidance for locating anatomical structures, identifying tumor margins, or predicting complications, making surgical procedures safer and more effective. Additionally, AI-assisted systems can automatically summarize analysis results, generating standardized and comprehensive clinical reports, thereby reducing administrative workloads and allowing veterinarians to focus more on patient care. These advancements will enable more efficient, accurate, and personalized services across all areas of veterinary medicine (Yılmaz, 2024).

CONCLUSION

Convolutional Neural Networks (CNNs) have brought significant contributions to veterinary anatomy in terms of education, research, and clinical applications, triggering a paradigm shift in this field. While eliminating the time- and labor-intensive aspects of traditional anatomical studies, CNNs also minimize the subjective nature of manual methods, providing faster, more accurate, and objective measurements. With their ability to automatically extract meaningful features from complex image data, CNN-based systems demonstrate superior performance in critical tasks such as precise segmentation of anatomical structures, automation of morphometric measurements, and

detection and classification of pathological lesions. These advancements make veterinary anatomy education more interactive and immersive, offer researchers powerful tools for new discoveries, and enable clinicians to make more accurate decisions by accelerating diagnostic processes.

However, certain limitations and challenges must be addressed for CNN technology to reach its full potential. Key issues include the lack of large, diverse, and high-quality labeled datasets, constraints on model generalizability, high computational costs, and the “black box” problem. Overcoming these challenges requires the creation of comprehensive databases covering various animal species, breeds, and age groups; the development of techniques such as transfer learning and few-shot learning; and the adoption of explainable artificial intelligence (XAI) approaches that make AI decision-making transparent. These efforts will increase veterinarians’ trust in AI systems and facilitate their effective integration into clinical workflows.

In the future, CNN-based systems are expected to drive even more comprehensive innovations in veterinary anatomy. Interactive digital anatomy atlases supported by augmented and virtual reality, systems that integrate multimodal imaging data for more holistic analysis, and personalized diagnostic and therapeutic platforms that consider each animal’s unique characteristics are among the main anticipated developments. Additionally, real-time surgical guidance systems, automated reporting tools, and AI models integrated with genomic data will make veterinary practice safer, more efficient, and more individualized. These technological advancements will not only improve animal welfare but also expand the horizons of veterinary science and practice.

In conclusion, CNNs have firmly established their role in veterinary anatomy, extending the discipline beyond its traditional limits. The contributions of this powerful tool—from scientific research to clinical diagnostics and education—signal the potential for significant future advances in animal health and welfare. To fully harness the capabilities offered by artificial intelligence, multidisciplinary collaboration, continuous innovation, and ethical considerations will remain fundamental principles. Veterinary anatomy will continue to evolve and grow, embracing the opportunities provided by CNNs and deep learning in the digital age.

REFERENCES

- Albadrani, B. A., Abdel-Raheem, M. A., & Al-Farwachi, M. I. (2024). Artificial Intelligence in Veterinary Care: A Review of Applications for Animal Health. *Egyptian Journal of Veterinary Sciences*, 55(6), 1725-1736.
- Ali, A. A. (2023). Artificial intelligence and its application in the prediction and diagnosis of animal diseases: A review. *Indian Journal of Animal Research*, 57(10), 1265-1271.
- Aqib, A. I., Fatima, M., Muneer, A., Atta, K., Arslan, M., Zaheer, C. N. F., Muneer S & Murtaza, M. (2023). Explainable Artificial Intelligence (XAI) in the Veterinary and Animal Sciences Field. *Explainable Artificial Intelligence for Biomedical Applications*, 33-56.
- Bakıcı, C., Akgün, R. O., & Oto, Ç. (2019). The applicability and efficiency of 3 dimensional printing models of hyoid bone in comparative veterinary anatomy education. *Veteriner Hekimler Derneği Dergisi*, 90(2), 71-75.
- Blázquez-Llorca, L., Morales de Paz, L., Martín-Orti, R., Santos-Álvarez, I., Fernández-Valle, M. E., Castejón, D., García-Real, M. I., Salguero-Fernández, R., Pérez-Lloret, P., Moreno, N., Jiménez, S., Herrero-Fernández, M. J., & González-Soriano, J. (2023). The application of 3D anatomy for teaching veterinary clinical neurology. *Animals*, 13(10), 1601.
- Brenton, H., Hernandez, J., Bello, F., Strutton, P., Purkayastha, S., Firth, T., & Darzi, A. (2007). Using multimedia and Web3D to enhance anatomy teaching. *Computers & Education*, 49(1), 32-53.
- Brunel, M., Schäfer, V. S., & Recker, F. (2025). Bringing anatomy to life: the role of clinical ultrasound in undergraduate medical education—a systematic review. *The Ultrasound Journal*, 17(1), 39.
- Burti, S., Banzato, T., Coghlan, S., Wodziniski, M., Bendazzoli, M., & Zotti, A. (2024). Artificial intelligence in veterinary diagnostic imaging: Perspectives and limitations. *Research in Veterinary Science*, 105317.
- Campanella, G., Hanna, M. G., Geneslaw, L., Mirafior, A., Werneck Krauss Silva, V., Busam, K. J., Brogi, E., Reuter, V. E., Klimstra, D. S., & Fuchs, T. J. (2019). Clinical-grade computational pathology using weakly supervised deep learning on whole slide images. *Nature*

- medicine*, 25(8), 1301–1309. <https://doi.org/10.1038/s41591-019-0508-1>
- Cetintav, B., & Yalcin, A. (2025). From Prediction to Precision: Explainable AI-Driven Insights for Targeted Treatment in Equine Colic. *Animals : an open access journal from MDPI*, 15(2), 126. <https://doi.org/10.3390/ani15020126>
- Choudhary, O. P., Infant, S. S., As, V., Chopra, H., & Manuta, N. (2024). Exploring the potential and limitations of artificial intelligence in animal anatomy. *Annals of anatomy*, 258, 152366. (Online ahead of print). <https://doi.org/10.1016/j.aanat.2024.152366>
- Cihan, P., Gökçe, E., & Kalıpsız, O. (2017). A review of machine learning applications in veterinary field. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 23 (4), 673-680.
- Çakmakçı, C., Turan, M., Çakmakçı, Y., Assis Ferraz, P., Akay, M., Bülbüller, F., ... Demirel A. F. (2023). *Morphological Phenotyping for Cattle Breed Identification from UAVs Images Using Deep Convolutional Neural Networks (DCNNs)* . 6. International Food, Agriculture and Veterinary Sciences Congress (pp.196-197). Ganca, Azerbaijan.
- DeBose, K. (2020). Virtual Anatomy: expanding veterinary student learning. *Journal of the Medical Library Association: JMLA*, 108(4), 647.
- Elasan, S., & Yilmaz, O. (2025). Comprehensive Global Analysis of Future Trends in Artificial Intelligence-Assisted Veterinary Medicine. *Veterinary medicine and science*, 11(3), e70258.
- Ergün, G. B., Güney, S., & Ergün, T. G. (2021). Köpeklerdeki Uzun Kemiklerin Evrişimsel Sinir Ağları Kullanılarak Sınıflandırılması. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 33(1), 125-132.
- Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep Learning*. MIT press: Cambridge, MA, USA, 2016.
- Hooper, S. E., Hecker, K. G., & Artemiou, E. (2023). Using machine learning in veterinary medical education: an introduction for veterinary medicine educators. *Veterinary Sciences*, 10(9), 537.
- Jiangtao, W., Ruhaiyem, N. I. R., & Panpan, F. (2025). A Comprehensive Review of U-Net and Its Variants: Advances and Applications in Medical Image Segmentation. *IET Image Processing*, 19(1), e70019.

- Komura, D., Ochi, M., & Ishikawa, S. (2024). Machine learning methods for histopathological image analysis: Updates in 2024. *Computational and structural biotechnology journal*, 27, 383–400. <https://doi.org/10.1016/j.csbj.2024.12.033>
- Lazarus, M. D., Truong, M., Douglas, P., & Selwyn, N. (2024). Artificial intelligence and clinical anatomical education: Promises and perils. *Anatomical sciences education*, 17(2), 249–262.
- LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. *Nature*, 521(7553), 436–444.
- Litjens, G., Kooi, T., Bejnordi, B. E., Setio, A. A. A., Ciompi, F., Ghafoorian, M., van der Laak, J. A. W. M., van Ginneken, B., & Sánchez, C. I. (2017). A survey on deep learning in medical image analysis. *Medical image analysis*, 42, 60–88. <https://doi.org/10.1016/j.media.2017.07.005>
- Ohlerth, S., & Scharf, G. (2007). Computed tomography in small animals--basic principles and state of the art applications. *Veterinary journal (London, England : 1997)*, 173(2), 254–271.
- Osorio-Echeverri, J. S., Orrego-Metaute, D. A., Murillo-Escobar, J. P., & Tamayo-Arango, L. (2019). Three-dimensional cat virtual anatomy: development of an interactive virtual anatomical software. *Journal of Morphological Sciences*, 36(02), 105–114.
- Özdemir İ (2015). Temel Tıbbi (Radyolojik) Görüntüleme Tekniği: Tıbbi Görüntüleme Ana Prensipleri. Hiperlink, 29-32, İstanbul.
- Park, J., Choi, B., Ko, J., Chun, J., Park, I., Lee, J., Kim, J., Kim, J., Eom, K., & Kim, J. S. (2021). Deep-Learning-Based Automatic Segmentation of Head and Neck Organs for Radiation Therapy in Dogs. *Frontiers in veterinary science*, 8, 721612. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.721612>
- Patra, A., Pushpa, N. B., & Ravi, K. S. (2023). Visualization in anatomy education. In *Biomedical Visualisation: Volume 15–Visualisation in Teaching of Biomedical and Clinical Subjects: Anatomy, Advanced Microscopy and Radiology* (pp. 171–186). Cham: Springer International Publishing.
- Penninck, D., & d’Anjou, M.-A. (2015). *Atlas of Small Animal Ultrasonography*, 2nd ed. Ames, IA, USA: John Wiley & Sons Inc., 2015.

- Ronneberger, O., Fischer, P., & Brox, T. (2015). U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation. In Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention–MICCAI 2015 (pp. 234-241). Springer, Cham.
- Shen, D., Wu, G., & Suk, H. I. (2017). Deep learning in medical image analysis. Annual review of biomedical engineering, 19(1), 221-248.
- Suzuki K. (2017). Overview of deep learning in medical imaging. Radiological physics and technology, 10(3), 257–273. <https://doi.org/10.1007/s12194-017-0406-5>
- Thrall, D. E. (2017). Textbook of Veterinary Diagnostic Radiology. Saunders Elsevier, St. Louis, MO.
- Vickram, A. S., Infant, S. S., & Chopra, H. (2025). AI-powered techniques in anatomical imaging: impacts on veterinary diagnostics and surgery. Annals of Anatomy-Anatomischer Anzeiger, 258, 152355.
- Wilson, D. U., Bailey, M. Q., & Craig, J. (2022). The role of artificial intelligence in clinical imaging and workflows. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 63, 897-902.
- Wisner ER, Zwingenberger AL (2015). Atlas of Small Animal CT and MRI. 1st Edition. Willey-Blackwell Publishing, USA.
- Xiao, S., Dhand, N. K., Wang, Z., Hu, K., Thomson, P. C., House, J. K., & Khatkar, M. S. (2025). Review of applications of deep learning in veterinary diagnostics and animal health. Frontiers in Veterinary Science, 12, 1511522.
- Yamashita, R., Nishio, M., Do, R. K. G., & Togashi, K. (2018). Convolutional neural networks: an overview and application in radiology. *Insights into imaging*, 9, 611-629.
- Yılmaz O (2024). Artificial Intelligence-Assisted Veterinary Anatomy: The Role of Digital Transformation in Education and Clinical Practice. Demirel AF, Yılmaz O (Ed). Uygulamalı Bilimlerde Güncel Çalışmalar-II (s. 3-30). 1. Baskı. IKSAD Publishing, Ankara.
- Yılmaz, O., & Demircioğlu, İ. (2021). Examination of the morphometric features and three-dimensional modelling of the skull in Van cats by using computed tomographic images. Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 68(3), 213-222.

- Yitbarek D, Dagnaw GG (2022). Application of advanced imaging modalities in veterinary medicine: a review. *Vet Med Res Rep*, 13, 117-130.
- Zilverschoon, M., Kotte, E. M., van Esch, B., Ten Cate, O., Custers, E. J., & Bleys, R. L. (2019). Comparing the critical features of e-applications for three-dimensional anatomy education. *Annals of Anatomy-Anatomischer Anzeiger*, 222, 28-39.

BÖLÜM 2

ÇİFTLİK HAYVANLARINDA SÜRÜ SAĞLIĞI YÖNETİMİNE AKADEMİK BAKIŞ

Prof. Dr. Bahattin ÇAK¹

DOI: <https://www.doi.org/10.5281/zenodo.18085207>

¹ Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Zootekni Anabilim Dalı, Van, Türkiye.
bahattincak@yyu.edu.tr, Orcid ID: 0000-0002-4855-1130 (Sorumlu Yazar).

GİRİŞ

Hayvancılık, tarımsal üretim sistemlerinin temel bileşenlerinden biri olup kârlılığın artırılması sektörün başlıca hedefleri arasında yer almaktadır. Hayvancılık faaliyetlerinin başarısı büyük ölçüde besleme, barınma, sağlık ve bunlarla ilişkili yönetim uygulamalarının etkinliğine bağlıdır. Ekonomik performans ise doğrudan hayvanların üretim ve üreme verimliliğine dayanmaktadır. Bu bağlamda sürü sağlığı yönetimi, çiftlik düzeyinde süt sığırlarında hastalıkların önlenmesi veya kontrol altına alınması, hayvan sağlığı ve refahının iyileştirilmesi ile üretkenliğin artırılmasını amaçlayan bütüncül bir yaklaşımdır. Sürü sağlığı yönetimi, süt üreticileriyle düzenli iletişimi, sistematik veri toplanmasını ve analizini kapsar; böylece hayvan yönetimi, hastalıklar ve üretimle ilgili sorunların düzenli olarak değerlendirilmesi mümkün hale gelir. Süt sığırcılığının gelişmesi ve teknolojik yeniliklerin artmasıyla birlikte ilgi odağı bireysel hayvan tedavisinden, sürü düzeyinde hastalıkların kontrolüne doğru kaymıştır. (Ramakant ve ark., 2023).

Süt sığırcılığı işletmelerinde başarının temel göstergesi, kaliteli süt üretimidir. İşletme kârlılığının artırılabilmesi için sağlıklı bir sürünün oluşturulması, dengeli rasyon hazırlanması ve uygun barınak koşullarının sağlanması yoluyla kaliteli süt üretimine odaklanmak gerekmektedir (Noordhuizen ve da Silva, 2009). Sektörde her yıl önemli ekonomik kayıplar; hastalıklar, yetersiz besleme uygulamaları ve üreme bozukluklarından kaynaklanmaktadır (Mahnani ve ark., 2015). Sürü sağlığı yönetimi (SHM), işletmedeki süt sığırlarının sağlık, refah ve üretim durumlarının düzenli izleme ve veri analizi yoluyla değerlendirilmesi ve iyileştirilmesini içermektedir (Green, 2012). Bu yaklaşım özellikle endüstriyel süt üretiminin yoğun olduğu bölgelerde önemli avantajlar sağlamaktadır (Alawneh ve ark., 2018). Süt sığırcılığı işletmelerinde sağlık ve refah sorunlarının düzenli olarak belirlenebilmesi için sürü yönetimi süreci; periyodik ziyaretleri, sistematik kayıt tutmayı ve veri analizini kapsar (More, 2008). Sürü sağlığı yönetim programları, tüm hayvancılık işletmelerine uygulanabilir nitelikte olup her süt sığırcılığı işletmesinin koşullarına göre uyarlanabilmektedir. (Ramakant ve ark., 2023).

Sürü yönetimi, modern hayvancılığın en kritik bileşenlerinden biri olarak, hayvanların beslenme, sağlık, üreme, refah ve verimlilik gibi temel gereksinimlerinin planlı bir şekilde karşılanmasını ifade eder. Bu kavram yalnızca hayvanların bireysel ihtiyaçlarını değil, aynı zamanda işletme

ekonomisini, çevresel sürdürülebilirliği ve toplumsal beklentileri de içine alan çok boyutlu bir yaklaşımı temsil etmektedir (Fraser ve Broom, 2015).

Tarihsel olarak sürü yönetimi, geleneksel çobanlık sistemlerinden başlayarak günümüzde teknoloji destekli dijital çiftlik yönetimi modellerine kadar evrilmiştir. Özellikle 21. yüzyılda artan küresel nüfus ve hayvansal ürün talebi, üretimde verimlilik ve sürdürülebilirliği bir zorunluluk haline getirmiştir (FAO, 2020). Bu bağlamda sürü yönetimi, yalnızca üretim çıktısını değil, aynı zamanda hayvan refahı ve çevresel etkiyi dikkate alan bir disiplinlerarası alan haline gelmiştir (Broom, 2021).

Günümüzde sürü yönetimi, klasik yöntemlerin ötesine geçerek sensörler, büyük veri analizleri, yapay zekâ, biyoinformatik ve nesnelerin interneti (IoT) gibi teknolojilerle desteklenmektedir (Caja ve ark., 2020). Bu teknolojiler sayesinde ırkların tanımlanması (Çakmakçı ve ark., 2023), yem tüketimi, süt verimi, üreme döngüleri, sağlık parametreleri ve davranış örüntüleri gerçek zamanlı olarak izlenebilmekte, böylece erken uyarı sistemleri ile verimlilik artırılmakta ve kayıplar en aza indirilmektedir (Rutten ve ark., 2018).

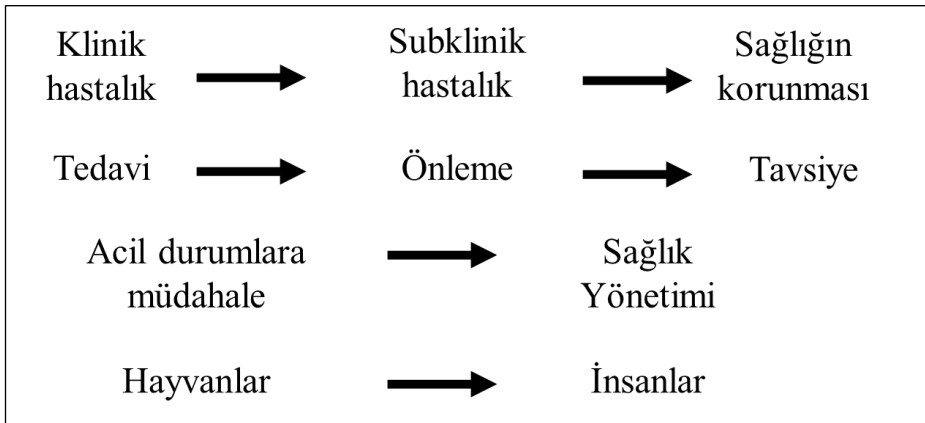
Ayrıca, sürdürülebilir tarım politikaları kapsamında sera gazı emisyonlarının azaltılması ve ekolojik ayak izinin küçültülmesi de sürü yönetiminin önemli hedefleri arasına girmiştir (Knapp ve ark., 2014). Bu nedenle sürü yönetimi, yalnızca veteriner hekimlik ve zootekni değil, aynı zamanda çevre bilimi, biyoinformatik ve mühendislik gibi disiplinlerle etkileşim içinde gelişen bir alan olarak karşımıza çıkmaktadır.

1. VETERİNER HEKİMLİĞİN KAVRAMSAL DEĞİŞİMİ

Süt sığırlarında görülen neredeyse tüm önemli hastalıkların çok faktörlü bir yapıya sahip olduğunun anlaşılması, alandaki temel ilerlemelerden biri olmuştur. Bu doğrultuda epidemiyoloji, hastalığa yol açan birbiriyle ilişkili risk faktörlerinin tanımlanması ve ölçülmesi için kritik bir bilimsel araç ve etki alanı olarak öne çıkmıştır. Sağlık yönetimi ya da üretim hekimliği ise hastalıkların önlenmesi ve üretim performansının iyileştirilmesine yönelik entegre, bütüncül, proaktif, veri temelli ve ekonomik bir çerçeve sunan bir yaklaşım olarak tanımlanmıştır. Bu yaklaşım; hayvan refahı, gıda güvenliği, halk sağlığı ve çevresel sürdürülebilirlik gibi unsurları da dikkate alarak hayvan sağlığının korunması, üretkenliğin artırılması ve hastalıkların önlenmesini

hedeflemektedir. Dolayısıyla geniş anlamıyla hastalık önleme, yalnızca veteriner hekimlerin sorumluluk alanı olmaktan çıkmış durumdadır.

Bu çerçevede veteriner hekimlerin, etkili bir sağlık yönetimi ve hastalık önleme stratejisi geliştirebilmek için beslenme, barınak yönetimi ve tüm çiftlik yönetim bileşenlerini en iyi uygulama önerileriyle bütünleştirilmesi gerekmektedir. Bu durum, veteriner hekimlerin rolünde bir dönüşüme yol açmakta; görev odaklı tedavi sağlayıcılarından danışmanlık ve yönlendirme odaklı profesyonellere doğru evrilmelerine neden olmaktadır (Şekil 1) (LeBlanc ve ark., 2006).



Şekil 1. Son 25 yılda süt sığırcılığı veteriner hekimliğindeki paradigmaların ve uygulamaların evriminin şematik bir gösterimi (LeBlanc ve ark., 2006).

Radostits ve ark. (1994), önleyici veteriner hekimliğin tarihsel gelişimini dört aşamada tanımlamaktadır. 19. yüzyılın sonları ile 20. yüzyılın başlarında, veteriner hekimliğinin kurumsallaşmaya başladığı dönemde mesleğin temel odağı, klinik ve bulaşıcı hastalıkların eradikasyonuna yönelikti. Bu bağlamda tüberküloz ve bruselloz gibi hem hayvancılık sektörü için yıkıcı etkilere yol açan hem de gıda arzını tehdit eden ve halk sağlığı açısından büyük önem taşıyan hastalıkların ortadan kaldırılması önemli örnekler arasında yer almaktadır (LeBlanc ve ark., (2006).

1940’larda başlayan ikinci aşamada, tarımsal üretimde atların ulaşım ve işgücü kaynağı olarak önemini yitirmesiyle veteriner hekimliğinin odağı giderek gıda amaçlı yetiştirilen hayvanlara kaymıştır. Bu dönemde antibiyotiklerin kullanılmaya başlanması, yaygın enfeksiyonların tedavisinde

çığır açıcı bir gelişme olmuş; veteriner hekimlerin sezaryen gibi cerrahi müdahaleleri rutin olarak uygulayabilmesine olanak sağlamıştır. Bu süreçte veterinerlik hizmetleri yine büyük ölçüde hasta hayvanların tedavisine yönelmişti. Aynı zamanda gelişmiş ülkelerde hızlı ekonomik büyümenin yaşanması, artan gıda talebi ve çiftlik hayvanlarının ekonomik değerindeki yükselme, bireysel hayvan tedavilerini kârlı hale getirmiş ve veterinerlik hizmetlerine olan talebi artırmıştır. Hastalık kontrolü çabaları ciddi salgınların eradikasyonuna odaklanmaya devam etmekle birlikte, bu dönemde aşılama stratejileri de yaygınlık kazanmıştır; nitekim brusellozun kontrolünde aşılama önemli bir rol oynamıştır.

Üçüncü aşama, 1960'lı yılların ortalarında reaktif müdahalelerden proaktif yaklaşımlara geçişin başladığı dönem olarak tanımlanmaktadır. Bu aşamanın en dikkat çekici gelişmesi, subklinik hastalıkların varlığının ve öneminin anlaşılmasıdır. Süt sığırlarında hastalık önleme alanındaki bu paradigmatik değişim, LeBlanc ve ark. (2006) tarafından da vurgulandığı üzere, modern sürü sağlığı yönetimi yaklaşımlarının temelini oluşturmuştur.

Radostits ve ark. (1994)'nın tanımladığı dördüncü aşama, 1980'li yılların sonlarında başlamıştır. Bu dönemde sürü sağlığı programları büyük ölçüde olgunlaşmış ve veteriner hekimler, üretimi kısıtlayan sorunları erken dönemde belirleyebilmek amacıyla giderek daha fazla nicel veri toplamaya ve kayıtları sistematik olarak analiz etmeye yönelmiştir. Üreme yönetimi temel bir görev olmaya devam etmiş, ancak bireysel ineklerde ortaya çıkan sorunlara odaklanmak yerine, rahim hastalıklarının önlenmesini ve gebe olmayan ineklerin etkin şekilde tohumlanmasını hedefleyen sistematik programlara doğru bir dönüşüm gerçekleşmiştir. Veteriner hekimler, süt sığırcılığı yönetiminde karar verme süreçlerine ekonomi temelli yaklaşımları entegre etmek de dâhil olmak üzere yeni analitik yetkinlikler geliştirme gereksinimi duymuştur. Bu dönemde hastalıkların ve hayvan performansındaki düşüşün farklı bileşenlerinin birbirleriyle yakından ilişkili olduğu anlayışı giderek daha geniş kabul görmüştür.

Günümüz süt çiftlikleri, geçmiş dönemlerle karşılaştırıldığında belirgin yapısal ve işlevsel dönüşümler geçirmiştir. Modern süt işletmelerinin öne çıkan özellikleri arasında işletme ölçeklerindeki artış ve inek başına süt veriminde kaydedilen belirgin yükseliş bulunmaktadır. Mekanizasyon düzeyinin yükselmesi, birçok işletmede ücretli iş gücünün istihdam edilmesi ve çiftlik

organizasyonlarının daha karmaşık bir yapıya bürünmesi bu değişimin temel bileşenleridir. Bu koşullar altında hayvanların düzenli gözlemlenmesi kritik bir yönetim ögesi haline gelmiş; hastalık ve rahatsızlık belirtilerinin çoğu zaman geç fark edilmesi önemli bir sorun olarak ortaya çıkmıştır. Üretim maliyetlerinin kontrolü giderek zorlaşırken, klinik belirti göstermeyen (subklinik) hastalıklara yönelik farkındalık ve izleme ihtiyacı artmıştır. Hayvan sağlığı ile ilgili sorunlar, günümüzde işletme kârlılığını sınırlandıran temel faktörlerden biri olarak değerlendirilmektedir.

Sürdürülebilir bir çiftlik ekonomisi için, hayvan sağlığını tehlikeye atmadan en düşük maliyetli rasyonların optimize edilmesi büyük önem taşımaktadır. Yem maliyetlerinin üretimdeki en yüksek değişken maliyet kalemini oluşturması, rasyon yönetimini stratejik bir öncelik haline getirmiştir. Bu nedenle modern süt çiftçiliğinde yalnızca geleneksel çiftçilik becerileri değil, aynı zamanda hayvan yönetimi, teknolojik ekipmanların etkin şekilde kullanılması ve işletme koşullarının bütüncül bir yaklaşımla yönetilmesi kritik rol oynamaktadır.

Ayrıca günümüz süt çiftçilerinin giderek daha belirgin girişimci özellikler sergilediği görülmektedir. Bu çiftçiler, işletmelerinin verimliliğini artırmak için bilgiye yatırım yapmakta; mevcutsa kendi uygulayıcılarından, yoksa dış uzmanlardan danışmanlık alma eğilimindedir. Dış çevre tarafından risk alıcı olarak değerlendirilseler de, bu riskler çiftçilerin kendi değerlendirmeleri ve olumlu beklentileri doğrultusunda şekillenmektedir. Karar alma süreçlerinde çoklu bilgi kaynaklarından faydalanmakta ve üretim faaliyetlerini daha ticari, pazar odaklı bir perspektifle yönetmektedirler (da Silva ve ark., 2006).

2. SÜRÜ YÖNETİMİ

Sürü yönetimi, hayvancılık işletmelerinde bulunan tüm hayvanların besleme, sağlık, üreme, barınma, refah ve üretim verimliliği gibi ihtiyaçlarının planlı bir şekilde karşılanmasını ifade eder. Bu kavram, yalnızca bireysel hayvan bakımını değil, aynı zamanda sürü bütünüünün izlenmesi ve yönetilmesini kapsar. Başka bir deyişle, sürü yönetimi hem mikro düzeyde (tek hayvanın refahı ve performansı) hem de makro düzeyde (işletme ve sürü geneli) uygulanır (Fraser ve Broom, 2015).

Geleneksel tanımda sürü yönetimi daha çok hayvanların günlük bakım ve kontrol faaliyetlerini içerirken, modern tanımda buna ek olarak veri temelli karar alma süreçleri ve teknoloji entegrasyonu da yer almaktadır (Caja ve ark., 2020). Örneğin, kızgınlık tespiti artık yalnızca gözlemlerle değil, aktivite sensörleri ve makine öğrenmesi algoritmaları aracılığıyla yapılabilmektedir (Rutten ve ark., 2018).

Sürü yönetimi aynı zamanda bir yönetim bilimi olarak da değerlendirilmektedir. Çünkü hayvan refahı, ekonomik verimlilik ve çevresel sürdürülebilirlik arasındaki dengeyi gözetmeyi zorunlu kılar. Bu nedenle sürü yönetiminin kapsamı;

1. Biyolojik boyut (hayvanların sağlık ve refahı),
2. Ekonomik boyut (üretim maliyetleri ve kârlılık),
3. Çevresel boyut (sera gazı emisyonları, gübre yönetimi),
4. Teknolojik boyut (sensörler, IoT, yapay zekâ),

olarak dört ana başlıkta toplanabilir (Broom, 2021; Knapp ve ark., 2014).

Ayrıca sürü yönetiminin tanımı, ülkelerin tarım politikaları ve toplumun hayvan refahına yönelik beklentileri doğrultusunda da farklılık gösterebilir. Avrupa Birliği, sürü yönetimini yalnızca ekonomik bir kavram değil, aynı zamanda etik bir zorunluluk olarak tanımlamakta ve üretimde refah standartlarını temel kriterlerden biri haline getirmektedir (EFSA, 2022).

Sürü yönetimi, geçmişte yalnızca hayvanların bakımını ifade eden dar bir kavram iken, günümüzde biyoloji, teknoloji, ekonomi, etik ve çevre bileşenlerini içeren çok disiplinli bir yaklaşım haline gelmiştir.

3. SÜRDÜRÜLEBİLİR SÜRÜ YÖNETİMİ

Hayvansal gıda üretene işletmelerin, sürü sağlığı ve yönetimi açısından ana hedefi; hayvan sağlığının sürdürülebilir biçimde korunmasını, üretimin devamlılığını ve rekabet gücünü destekleyecek düzeyde ekonomik getiri elde edilmesini sağlamaktır. Bu süreçte temel amaç, mevcut yüksek verimliliğin modern tekniklerle sürdürülebilir kılınmasıyla birlikte, kontrol edilebilir ve yönetilebilir bir sağlık ve üretim sisteminin oluşturulmasıdır. Sağlık ve üretim yönetimi kapsamında yürütülen uygulamaların başarılı olarak değerlendirilebilmesi için, söz konusu uygulamaların güçlü ekonomik temellere dayandığının ortaya konulması gerekmektedir (Oğan, 2011).

Sürü sağlığı, günümüzde çiftlik hayvanları yetiştiriciliğinde verimliliği belirleyen en kritik unsurlardan biri hâline gelmiştir. Modern yetiştiricilik anlayışı, sürü performansının sürdürülebilirliği için proaktif sağlık ve üretim yönetimi uygulamalarını zorunlu kılmaktadır.

Küresel ölçekte hastalıklarla mücadele programlarının temel bileşenlerinden birini ekonomik boyut oluşturmaktadır (Morris, 1999).

Günümüz koşullarında modern hayvancılık işletmelerinde üretim maliyetlerinin denetim altında tutulması hayati bir önem taşımaktadır. Bu kapsamda, hastalıklardan korunmaya yönelik programların maliyetleri ile tedavi giderlerinin düzeyi hem işletme ölçeğinde hem de ulusal düzeyde değerlendirilmesi gereken önemli bir unsur olarak öne çıkmaktadır.

Sürü sağlığı ekonomisi, en uygun hastalık kontrol programının uygulanabilmesi amacıyla, sürü sağlığını geliştirmeye yönelik farklı uygulamaların sağlayacağı yararların ekonomik açıdan değerlendirilmesini gerekli kılmaktadır. Sürü sağlığı programları, hayvan sağlığını merkeze alan yaklaşımlar olup, hastalıkların sürü verimliliği üzerinde oluşturabileceği olası kayıpların, tedavi maliyetlerine kıyasla daha düşük maliyetli olan koruyucu hekimlik uygulamalarıyla önlenmesini kapsamaktadır (Oğan, 2011).

Güvenilir gıda üretimi bağlamında, hayvanların bitkisel ürünleri hayvansal ürünlere dönüştürme etkinliğinin düşük olduğu ve bu nedenle insan beslenmesinde hayvansal ürünlerin daha sınırlı yer alması gerektiği yönündeki görüşler sıklıkla dile getirilmektedir. Ancak bu yaklaşımda iki temel husus çoğunlukla göz ardı edilmektedir. Bunlardan ilki, ruminantlar tarafından tüketilen bitkisel materyalin büyük kısmının doğrudan insan tüketimine uygun olmamasıdır. İkincisi ise bazı temel amino asitler, mineraller ve B-kompleks vitaminler gibi önemli besin öğelerinin bitkisel kaynaklarda ya hiç bulunmaması ya da hayvansal gıdalara kıyasla çok düşük düzeylerde yer almasıdır.

Sürü sağlığının temel amaçlarından biri de güvenilir gıda üretiminin sağlanmasıdır. Çünkü gıda kaynaklı hastalıklar, dünya genelinde ciddi halk sağlığı sorunları arasında yer almaktadır. Hayvansal gıdalar ancak sağlıklı hayvanlardan ve uygun koşullar altında elde edildiklerinde güvenilir ve insan sağlığı açısından yararlı nitelik taşımaktadır.

Sürü sağlığı programlarının etkin biçimde yürütülebilmesinde teknisyenler kritik bir role sahiptir. Çiftlik hayvanları yetiştiriciliğinde

teknisyenlerin; boynuz köreltme, kastrasyon ve tırnak kesimi gibi rutin uygulamaları yapabilecek düzeyde bilgi ve uygulama becerisine sahip olmaları zorunludur. Her ne kadar bu işlemler genel yetiştiricilik faaliyetleri kapsamında değerlendiriliyor olsa da sürü sağlığı uygulamalarının vazgeçilmez bileşenleri arasında yer almaktadır. Özellikle sığır yetiştiriciliğinde, damızlık değeri yüksek ve ekonomik değeri fazla olan hayvanlar için yoğun tedavi süreçleri söz konusu olabilmektedir. Bu süreçlerde teknisyenlerin damar içi ilaç uygulamaları ve sıvı tedavileri gibi ileri düzey uygulamaları yapabilecek teknik yeterliliğe sahip olmaları büyük önem taşımaktadır (Oğan, 2011).

Sürü sağlığı uygulamalarının vazgeçilmez unsurlarından olan, yapılan testlerin ve aşlamaların etkinliğinde teknisyenlerin payı tartışılmaz. Teknisyenler, genel olarak veteriner hekimler ile işletme sahipleri ya da yetiştiriciler arasında en önemli iletişim ve uygulama köprüsünü oluşturmaktadır.

Sağlık ve üretim unsurları ise birbiriyle son derece yakın ilişki içerisinde. Çünkü hayvansal üretimin en üst düzeye çıkarılabilmesi, doğrudan hayvan sağlığının sürdürülebilirliğine bağlıdır. Bunun yanında sağlık; “beslenme, genetik yapı, bakım ve çevresel koşullar” gibi birçok faktörle de yakından etkileşim hâlinindedir (Watt, 1983). Sürü sağlığı programlarının temelinde ise hastalıkların kontrol altına alınması ve önlenmesi amacıyla uygun mücadele yöntemlerinin doğru zamanda ve etkin biçimde uygulanması yer almaktadır.

Bir hayvancılık işletmesi, çok sayıda bileşeni bünyesinde barındıran karmaşık bir yapıya sahiptir ve hedeflenen üretim düzeyine ulaşılabilmesi, bu yapı içerisindeki tüm unsurların uyum içinde işlemesine bağlıdır. İşletme yöneticisi; hayvan sağlığı, personel organizasyonu, finansal yönetim ve tedarik süreçleri gibi birçok alanda her gün çeşitli kararlar almak durumundadır. Alınan bu kararların büyük bir bölümü, doğrudan ya da dolaylı olarak üretim düzeyi ve kârlılık üzerinde belirleyici etkiye sahiptir. Bunun yanında, hava koşulları gibi kontrol edilemeyen çevresel faktörler de işletmenin üretim performansını ve ekonomik sonucunu doğrudan etkileyebilen önemli unsurlar arasında yer almaktadır. Örneğin, mevsimsel şartlar yem amaçlı ekilen bitkisel ürünlerin besin maddesi içeriklerini değiştirebilir. Bu olumsuzluklar, hayvanların istendiği gibi beslenebilmesini güçleştirerek, hayvanlarda sindirim sorunlara bağlı olarak pek çok hastalıkların şekillenmesine, dolayısıyla da verimlerde

(döl verimi, et, süt vb..) düşmeye, sürüden çıkarma oranlarında artışa neden olabilir.

İşletme dışından temin edilen hayvanlar, çoğu zaman çeşitli hastalık risklerini de beraberinde işletmeye taşıyabilmektedir. Bu durum, biyogüvenlik planlarının titizlikle hazırlanmasını ve eksiksiz bir şekilde uygulanmasını zorunlu kılmaktadır (Oğan, 2011).

Her ne kadar birçok sorunun kaynağı veteriner hekimler tarafından bilinse de bu sorunlar her zaman açık ve kolayca fark edilebilir nitelikte olmayabilmektedir. Örneğin, kuru dönem bakım ve idaresi ile barınaklarının işletmenin inşası ve genişletilmesi sırasında genellikle ihmal edilmesi. Doğumu müteakip laktasyona giren hayvanlarda karşılaşılan mastitis olguları, kuru dönem de hayvanların uygun bakım, besleme ve barındırma şartlarında yetiştirilmediklerinin açık bir göstergesidir. Nitekim çevresel etmenlere bağlı olarak gelişen mastitis vakaları çoğu zaman doğum sonrasında klinik belirtilerle ortaya çıkmaktadır. Bu durum, karşılaşılan birçok problemin aslında önceki dönemlerde yaşanan olumsuz koşulların bir sonucu olduğunu göstermektedir. Tüm bunlar sürü sağlığına ilişkin yönetim anlayışının proaktif olmasını gerektirir.

Sağlık ve üretim unsurları birbiriyle doğrudan ve güçlü bir ilişki içerisinde. Zira sağlıklı bir sürü, hayvansal üretimin en üst düzeye çıkarılabilmesi için temel bir gerekliliktir (Watt, 1983). Bunun yanı sıra sağlık; beslenme durumu, genetik yapı, bakım koşulları ve işletme yönetimiyle de yakın etkileşim hâlinindedir. Koyun ve keçi işletmelerinde sürü sağlığı uygulamaları, hastalıkların kontrol edilmesi ve önlenmesi temeline dayanmaktadır ve bu çerçevede gerçekleştirilecek müdahalelerde zamanlama belirleyici bir öneme sahiptir. Örneğin antiparaziter ilaçlamaların etkinliği, parazitin biyolojik yaşam döngüsünde en hassas olduğu dönemde uygulanmasına bağlıdır (Craig, 1998). Bununla birlikte geleneksel koyun-keçi yetiştiriciliğinde, sürü sağlığı ve yönetimi konularında veteriner hekimlere danışma eğiliminin, büyükbaş hayvan yetiştiriciliğine kıyasla daha düşük düzeyde olduğu görülmektedir.

Koyun ve keçi yetiştiriciliğinde ekonomik kayıplara yol açan başlıca etkenler aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

Üreme performansındaki yetersizlikler: Gebelik ve doğum oranlarının düşük olması, yavru veriminin (bir doğumdaki yavru sayısı, ikiz doğum oranı) ideal seviyelerin altında kalması.

Yavru ölümlerinin yüksekliği: Doğan kuzu ve oğlakların süttten kesim dönemine kadar olan süreçte ölüm oranlarının yüksek seyretmesi; ölümlerin özellikle doğumu izleyen ilk iki gün içerisinde yoğunlaşması.

Kritik dönemlerde yetersiz besleme: Koyun ve keçilerin üreme döngüsünün farklı evrelerinde beslenmenin yetersiz kalması; özellikle sıfat dönemi, gebeliğin son altı haftası ve laktasyonun ilk üç haftasının en hassas dönemler olması.

Hastalıklar ve büyüme geriliği: İç ve dış parazitler, gebelik toksemisi, mastitis, vajina prolapsusu, klostridial enfeksiyonlar, ayak hastalıkları ve maedi-visna gibi sağlık sorunları ile süttten kesilen hayvanlarda görülen büyüme yetersizlikleri.

Bakım ve yönetim uygulamalarındaki eksiklikler: Performansın artırılmasına yönelik bakım ve yönetim programlarının yeterli ciddiyet ve süreklilikle uygulanmaması.

4. SÜRÜ YÖNETİMİ İLE SÜRÜ SAĞLIĞI İLİŞKİSİ

Entansif sığır besiciliği, sığırların yetiştirilmesi, beslenmesi ve pazarlanması vasıtasıyla sonuçta elde edilen ürünlerin tüketiciye sunulmasını kapsar. Gözlenen bu süreçte hayvan materyali yanında sistem, biyoloji ve çok sayıda insan kaynağı kullanılır. Ancak zamanın doğru kullanımı da son derece önemlidir. Alternatif üretim yöntemlerine bağlı olarak tüketiciye sunulacak perakende et ürününün yaklaşık olarak 2-3 yıllık bir yetiştirme dönemine ihtiyaç duyulur. Sektörün genel olarak üç ana bileşenden oluştuğu söylenebilir. Bunlar; Üreten- İşleyen- Tüken İnsan Kaynakları, Hayvan Materyali ve Pazar Koşullarıdır. (Anonim, 2025).

Sığır eti endüstrisinin ilgili paydaşlarının, ekonomik açıdan karlı ve sürdürülebilir işletmecilik modeli tercihinin yanında, çevre dostu, etik ilkelere bağlı, hayvan refahı ve hakları konusunda bilinçli ve bilim tabanlı sistemsel yönetim anlayışlarını kapsayan bütüncül bir yaklaşımda olmaları beklenir.

Hayvancılık sektöründe rekabet gücünün sürdürülebilir kılınması ve geliştirilmesi, hayvan başına elde edilen üretim miktarı ile verimlilik düzeyinin yükseltilmesine bağlıdır (Aksoy, 2003).

Hayvanlardan mümkün olan en yüksek canlı ağırlık artışının, en düşük maliyetle sağlanmasını hedefleyen besicilik ise hayvancılığın temel üretim dallarından biri olarak değerlendirilmektedir (Uğur, 2014).

Son yirmi yıl içerisinde entansif sığır besiciliği önemli bir büyüme ve dönüşüm sürecine girmiştir. İşletme sayısındaki artış ve büyük ölçekli işletmelerin üretime dâhil olmasıyla birlikte üretim yapısında kayda değer değişimler yaşanmış, buna bağlı olarak yeni gereksinimler ortaya çıkmıştır. Karlı ve sürdürülebilir üretim yaklaşımı günümüzde ana hedef hâline gelmiş, bu doğrultuda pek çok teknolojik yenilik hayata geçirilmiştir. Özellikle genetik teknolojiler, yemleme ve yem otomasyon sistemleri ile görüntü işleme tabanlı sürü yönetim yazılımları, son yıllarda en hızlı gelişme gösteren alanlar arasında öne çıkmaktadır. Bununla birlikte, Türkiye’de söz konusu teknolojilerin uygulamaya aktarılması ve etkin kullanımı konusunda hâlen çeşitli sorunlar yaşanmaktadır. Oysa teknolojik altyapı ve otomasyon sistemleri kullanılmadan, istenilen verim düzeylerine ulaşmak ve üretimde sürekliliği sağlamak ekonomik ölçekte mümkün görünmemektedir. Türkiye’de sığır besiciliğinin gelişerek kırmızı et üretim ihtiyacına beklenen katkıyı sunabilmesi için, üretimin tüm aşamalarında kayıt tutma ve sürü takibinin sağlanması temel bir gerekliliktir. Hayvancılık işletmelerinde izleme, kontrol ve ölçülebilirliğin zorluğu açık olmakla birlikte, günümüzde gelişen teknolojiler bu güçlüklerin büyük bir bölümünü pratik şekilde aşma imkânı sunmaktadır (Göncü ve Gökçe, 2017).

Kırmızı et üretimine önemli katkı sağlayan sığır besicilerinin karşılaştıkları sorunların çözümünde, birden fazla etkenin birlikte ele alınması gerekmektedir. Türkiye’de pazara arz edilen veya kesime sevk edilen hayvanların kayıt altına alınması ve kayıt dışı kesimlerin önüne geçilmesi ile birlikte, işletmelerin besi materyali sayılarını altı aylık periyotlar hâlinde Bakanlığa bildirmeleri, özellikle fiyatların düştüğü dönemlerde üreticiyi korumak amacıyla Et ve Süt Kurumunun kesim yoğunluğunu artırarak arz fazlasını depolaması, küçük aile işletmelerinin sürdürülebilirliğini destekleyen özel teşviklerin uygulanması ve büyükbaşta olduğu gibi küçükbaş hayvanlara da destek sağlanması, çözüm önerileri kapsamında öne çıkan başlıca düzenlemeler arasında yer almaktadır. Bunun yanı sıra, sektörde faaliyet gösteren borsalar, birlikler ve Et ve Süt Kurumunun koordinasyon içerisinde çalışmasının gerekliliği vurgulanmakta; özellikle et fiyatlarının

belirlenmesinde tüm paydaşların katılımıyla politikaların, yol haritalarının, stratejilerin ve maliyet unsurlarının birlikte değerlendirildiği toplantıların yapılması sektörde sıkça dile getirilen çözüm yaklaşımlarından biri olarak görülmektedir. Kırmızı et fiyatları, üretimden tüketime kadar olan süreçte uzun vadeli planlamayı doğrudan etkileyen temel unsurlardan biridir ve piyasadaki güven ortamı ile istikrar, üreticilerin kararlarını büyük ölçüde etkilemektedir. Bu sorunlar çerçevesinde değerlendirildiğinde, gelişen teknoloji ile birlikte bireysel hayvanlara ait kapsamlı verilerin toplanmasına, sürü yönetiminde etkin kararlar alınmasına ve araştırma-geliştirme temelli yeniliklerin uygulanmasına olanak sağlayan çözümler, yetiştiricilere önemli kolaylıklar sunmaktadır (Göncü ve ark., 2008; Göncü ve ark., 2015). Bu sistemler sayesinde bilgi yönetimi, pazarlama, sağlık ve besleme programlarının planlanması ile bireysel hayvan takibi gibi alanlarda yetiştiricilere geniş kapsamlı araçlar ve çözümler sağlanabilmektedir. Sığırcılık teknolojilerinde 1980’den itibaren bireysel olarak hayvanların tanımlama ve izlenebilirlik uygulamalarında önemli ilerlemeler kaydedilmiş ve bu alanda ciddi avantajlar elde edilmiştir (Göncü ve ark., 2016; Göncü ve Yeşil, 2017).

Hayvan yetiştiriciliğinde kârlı ve sürdürülebilir bir üretim yapısının oluşturulması, bilhassa büyük ölçekli sürülerde her bir hayvana ait ayrıntılı bilginin düzenli olarak toplanmasını ve etkin bir şekilde yönetilmesini zorunlu kılmaktadır. Bu sürecin etkin biçimde yürütülebilmesi ise otomatik veri akışının sağlanması ve akıllı yazılım sistemlerinin sürü yönetiminde bütüncül bir yaklaşımla kullanılmasıyla mümkün olabilmektedir (Göncü ve ark., 2008; Yeşil, 2017).

Çiftlik yönetimi uygulamaları, verimliliğin artırılması, kârlılığın sağlanması ve tüketici beklentilerinin karşılanması açısından önemli bir stratejik araç olarak görülmektedir. Ayrıca veri toplama ve analiz süreçleri aracılığıyla yönetim etkinliğinin artırılmasını sağlamakta ve gelişmiş karar verme mekanizmalarını destekleyen güçlü bir potansiyel sunmaktadır (Bewley ve ark., 2015).

Son yıllarda süt üretiminde verimliliği ve kârlılığı en üst düzeye çıkarmak amacıyla veri yönetimine dayalı teknolojilerin kullanımı küresel ölçekte yaygınlık kazanmıştır. Çiftliklerde elde edilen veriler, işletme kaynaklarının ne düzeyde etkin kullanıldığının belirlenmesi ve karar mekanizmalarının girdileri çıktılara dönüştürmedeki başarısının

değerlendirilmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Bu verilerin etkin biçimde analiz edilebilmesi için üretim düzeyi, besleme uygulamaları ve gebelik oranları gibi gerçek zamanlı bilgileri bütünleşik yapıda sunan; aynı zamanda hayvanların genel sağlık durumunun sürekli izlenmesine imkân tanıyan sürü yönetim sistemleri öne çıkmaktadır (Ar ve Şahinli, 2022).

Sürü yönetim sistemleri; ineklerin beslenme durumu, sağlık göstergeleri, kızgınlık takibi, ilaç ve tohumlama uygulamaları, genel kondisyonları ve sağım süreçlerine ilişkin gerçek zamanlı veriler sunarak olası anormalliklerin erken tespit edilmesine olanak sağlamaktadır. Bu sayede söz konusu sistemler, işletmelerde hem verimliliğin hem de kârlılığın artırılmasına önemli katkı sunmaktadır (Ar ve Şahinli, 2022).

Süt sığırcılığında hassas sürü yönetimi uygulamalarının temel amacı ise elektronik hayvan tanımlama, algılama, ölçüm ve bilgi işlem teknolojilerinden etkin biçimde yararlanarak üretim sürecini sürekli izlemek ve denetim altında tutmaktır. Bu yaklaşımla birlikte kârlılık, hayvan sağlığı, ürün kalitesi ve güvenliği, hayvan refahı ile çevrenin korunması gibi alanlarda en uygun sonuçlara ulaşılması hedeflenmektedir (Uzmay ve Tömek, 2010).

Koyun ve keçilerde sürü sağlığı programı, uzun süredir veteriner hekimler tarafından önerilen ve temel olarak Bruselloz, footrot ile iç parazit enfeksiyonlarının ortadan kaldırılması veya baskı altına alınmasını amaçlayan uygulamaları kapsamaktadır. Bu tür programlarda veteriner hekimler genellikle işletmelere düzenli aralıklarla değil; sıfat sezonu öncesi, doğum dönemi gibi belirli zamanlarda ya da yalnızca çağrıldıklarında gitmektedir. Ayrıca bu programların yürütülmesinde kapsamlı kayıt tutma gereksinimi sınırlı düzeydedir.

Üretimi kısıtlayan hastalıklara yönelik tanı ve tedavi programları; düşük üreme başarısı, yetersiz ikizlik oranları, artan yavru ve anaç kayıpları ile iç parazit enfeksiyonları gibi üretimi doğrudan sekteye uğratan problemlere yönelik olarak planlanmakta ve uygulanmaktadır. Bu tür problemlerin çözümü sistematik ve uzun soluklu bir planlama gerektirmekte, tek bir işletme ziyareti ile ortadan kaldırılamamaktadır. Dolayısıyla bu programların uygulanması daha fazla zaman, bilgi birikimi ve deneyim gerektirir. Programın başarıya ulaşmasında işletmelere yapılan ziyaretlerin düzenli olması ve ayrıntılı kayıtların tutulması büyük önem taşımaktadır.

Gerçek sürü sağlığı programları, önceki iki programın bütünleştirilmesiyle oluşturulan ve genellikle büyük ölçekli damızlık işletmelerinde uygulanan kapsamlı yaklaşımlardır. Bu programlar, diğerlerine kıyasla daha yüksek bir bütçe gerektirmektedir. Uygulama sürecinde tutulması gereken ayrıntılı kayıtların değerlendirilmesine yönelik olarak çeşitli bilgisayar tabanlı yazılımlar geliştirilmiştir. Sürü performansının tüm yönleriyle izlenebilmesi ve yorumlanabilmesi için veteriner hekimlerin bu programları etkin biçimde kullanabilmeleri büyük önem taşımaktadır.

Sürü sağlığı bakımından genetik seleksiyon, enfeksiyöz hastalıklarla mücadelenin güçlüğü nedeniyle giderek daha fazla ön plana çıkmaktadır. Bu zorluklar, hastalıklara karşı doğal direnci artırmaya yönelik seçkin yetiştirme programlarının geliştirilmesini zorunlu kılmış ve bu alana olan ilgiyi artırmıştır. Hastalıklara doğal direnç kavramı, hayvanların aşı veya ilaç gibi koruyucu uygulamalara ihtiyaç duymaksızın, kalıtsal özellikleri sayesinde hastalıklara karşı direnç gösterebilmesini ifade etmektedir. Bu alandaki çalışmaların temel amacı, hastalıklara karşı genetik olarak dirençli bireylerin belirlenmesidir. Bu kapsamda üzerinde en yoğun çalışılan hastalıkların başında Bruselloz ve Paratüberküloz gelmektedir. Söz konusu hastalıkların aşıyla mücadelesinin dahi oldukça sınırlı olması, genetik yaklaşımların önemini artırmaktadır. Sürü sağlığı açısından üzerinde çalışılan bir diğer önemli hastalık ise mastitis olup, bu hastalığa dirençli bireylerin belirlenmesine yönelik çalışmalar henüz sınırlı düzeydedir. Her ne kadar hastalıklara karşı direncin kalıtım derecesi düşük olarak bildiriliyor olsa da, genetik varyasyonun yüksek olması, uygun yetiştirme yöntemleri kullanılarak bu alanda ilerleme kaydedilebileceğini göstermektedir. Bu yönüyle genetik seleksiyon, sürü sağlığı programlarında etkin biçimde kullanılabilecek önemli bir araç olarak değerlendirilmektedir (Oğan, 2011).

5. SÜRÜ YÖNETİMİNDE DEVAMLILIK

Sürüden çıkarma ya da diğer bir ifade ile ayıklama, sürüde istenmeyen hayvanların yetiştirmeden çıkarılmasıdır. Sürüden çıkarma denildiğinde genellikle düşük verimli hayvanların yetiştirme dışı bırakılması akla gelir. Ancak, ayıklamanın bir diğer önemi de işletme de sürü sağlığı programları gereğince alınan tedbirler kapsamında yapılmasıdır. Nitekim bu amaç doğrultusunda sürüden uzaklaştırılan hayvanlar her zaman düşük verimli

bireyler olmayıp, bazı durumlarda işletmede en yüksek verim düzeyine sahip hayvanlar da sürüden çıkarılabilmektedir. Özellikle yüksek verimli hayvanların sürü sağlığı nedeniyle sürüden çıkarılmasının gerektiği durumlarda genellikle küçük işletmeler bu konuda pek istekli olmamaktadırlar. Bu hayvanların sürüde tutulması; işletmelerin karlılığının düşmesinden, salgın hastalık riski ile karşı karşıya kalmasına kadar değişen düzeylerde risk altına girmesi demektir. Çünkü bazı hastalıkların (abomasum deplasmanı, enfekte olmamış bazı ayak sorunları vb.) enfektif ya da bulaşıcı bir özelliği olmasa bile tedavi sürelerinin uzun sürmesi ve tedavi sonrası hayvanların tekrar toparlanıncaya kadar ki verim kayıpları hatta tedavi sırasında ya da sonrasında ölüm ihtimalinin olması bu hayvanların sürüden çıkarılmasını gerektirmektedir. Bu tür hayvanlar genellikle düşük verimli olduklarından sürüden çıkarılmaları ciddi sorun yaratmaz. Ancak bazı bulaşıcı hastalıklar verimlerde dışarıdan anlaşılabilecek düzeyde bir düşüş oluşturmazlar. Bu konuda karar Veteriner Hekimlerce verilmelidir. Ancak yüksek verimli hayvanların sürü sağlığı açısından taşıdıkları risk nedeniyle sürüden uzaklaştırılması gerektiği konusunda yetiştiricilerin ikna edilmesi de oldukça zordur. Özellikle küçük işletme sahipleri, hastalıkların zararları ortaya çıkıncaya kadar bazı tedbirlerin uygulanması için pek istekli değildirler ki o zaman da çok geç olabilir. Sürü dışı edilen hayvanların sürüden çıkarılma nedenlerine bakıldığında, işletmelerin sürü sağlığına ilişkin sorunları hakkında bilgi edinebilmek de mümkün olur.

Çeşitli hastalıkların verim üzerinde yol açtığı kayıplar, sürü sağlığı açısından en kritik değerlendirme alanlarından birini oluşturmaktadır. Hayvanların bireysel verimlerinde beslenme, metabolik ve fizyolojik temelli azalmaya neden olan hastalıklar, yalnızca bireysel düzeyi değil, tüm sürünün genel verimliliğini de olumsuz yönde etkilemektedir (Oğan, 2011).

Sürü sağlığı açısından hastalıkların yol açtığı kayıplar değerlendirilirken, yalnızca belirli verim parametrelerinin dikkate alınması yeterli değildir. Örneğin bir hastalık üreme performansını olumsuz etkiliyorsa, ortaya çıkan zarar yalnızca hayvan başına yaşam boyu elde edilecek yavru sayısındaki azalma ile sınırlı değildir. Benzer şekilde mastitis kaynaklı kayıplar da yalnızca elde edilen ya da ilaç kullanımı nedeniyle imha edilmek zorunda kalan süt miktarının ekonomik karşılığı ile açıklanamaz. Hastalıkların neden olduğu

ekonomik kayıplar, mali boyutları değişmesine rağmen başlıca şunlardan oluşur:

- Ölümler
- Tedavide kullanılan ilaçlar
- Sürüden çıkarma
- Veteriner Hekim ücreti
- Ölü doğum
- Canlı ağırlık kaybı
- Süt verimi kaybı
- İşçilik
- Karkas ağırlığında düşme
- Atılan süt

6. SÜRÜ YÖNETİMİNDE SAĞLIK VE HAYVAN REFAHI İLİŞKİSİ

Hayvan refahı, 20. yüzyılın sonlarına doğru giderek daha popüler bir konu haline gelmiştir. Yıllardır, çiftlik hayvanları yetiştiriciliğinde temel hedef, toplam üretimin genetik ve çevresel faktörlerden yararlanarak artırılmasıydı. Ancak hayvanların et, süt ya da yapağı verimleri yönünden aşırı zorlanmaları bazı insanların endişelenmesine neden olmaktadır (Swanson, 1995). Hayvan refahı sadece hayvanın bulunduğu fiziksel koşulları değil aynı zamanda duygularını da kapsamaktadır (Demirel ve Çak, 2016). Hayvan refahına ilişkin yapılan yasal düzenlemeler, Avrupa Birliğinin öncülüğünde özellikle gelişmiş ülkelerde olmak üzere giderek tüm dünya da yaygınlaşmaktadır.

Geleneksel olarak, çiftlik hayvanı refahı üzerine yapılan araştırmalar, yoğun sistemlerde yaygın olduğu düşünülen refah sorunlarına odaklanırken, yoğun sistemlerde tutulan hayvanların refahı çok daha az ilgi görmüştür. Bu durum, yoğun sistemlerin hayvan refahı açısından avantajlı olduğu yönündeki genel inanıştan kaynaklanıyor olabilir. Yoğun sistemlerin hayvan refahı açısından birçok faydası olduğu inkâr edilemez olsa da refah sorunlarından hiçbir şekilde muaf değildirler (Temple ve Manteca, 2020).

Çiftlik hayvanlarının refahı konusundaki toplumsal endişeler son zamanlarda artmış ve birçok ülkede giderek artan sayıda vatandaş, çiftlik hayvanlarının mümkün olduğunca insancıl bir şekilde yetiştirilmesini, taşınmasını ve kesilmesini talep etmektedir.

Hayvan refahı, modern hayvan üretiminin temel bir unsurudur. Hayvan refahı, her şeyden önce, hayvanların duyarlı varlıklar, yani acı çekeabilen ve duygu yaşayabilen varlıklar olması gerçeğinden kaynaklanan etik kaygılara dayanır (Le Neindre ve ark., 2017). Ayrıca, refah düzeyinde meydana gelen olumsuzluklar, özellikle süt verimi gibi üretkenlik parametreleri üzerinde ciddi düşüşlere de yol açabilmektedir (Turan ve ark., 2025)

Hayvan refahı kavramına farklı bakış açılarından yaklaşılabilir ve bunlar üç kategoriye ayrılmıştır: Biyolojik İşleyiş, Duygusal Durum ve “Doğallık” (Fraser ve ark., 1997). Bu yaklaşımların her birinin kendine özgü avantajları vardır, ancak hiçbir hayvan refahının farklı yönlerini tek başına ele almaz. Bu nedenle, hayvan refahı değerlendirmesinin bu üç yaklaşımı da içermesi gerektiği öne sürülmüştür. Hayvan refahının yalnızca hayvanların fiziksel sağlığını (yani hastalık ve yaralanmaların olmaması) değil, aynı zamanda davranışlarını ve duygularını da kapsadığı yaygın olarak kabul edilmektedir (Duncan ve Fraser, 1997; Mendl, 2001).

7. SÜRÜ SAĞLIĞI VE YÖNETİMİ PROGRAMI

Sürü sağlığı ve yönetimi programı, son çeyrek yüzyıldır dünya genelinde yükselen bir ivmeyle benimsenmekte ve sürekli olarak geliştirilmektedir. Sürü sağlığının evrensel ölçekte kabul gören temel amacı, hayvanlara en uygun bakım ve refah koşullarını sağlayarak hastalıklar ile yönetimden kaynaklanan kayıpları en aza indirmektir. Bu amaca ulaşılmasında en büyük sorumluluk veteriner hekimlere, işletme sahiplerine (ya da yöneticilerine) ve işletme çalışanlarına düşmektedir. Nitekim veteriner hekimler ve işletme yöneticileri tarafından planlanan ve uygulanması hedeflenen sürü sağlığı programlarının beklenen başarıya ulaşabilmesi, konunun önemini kavramış, yeterli bilgi ve deneyime sahip personelin varlığına doğrudan bağlıdır. Bu durum, sürü sağlığı açısından işletmelerde personel yönetiminin kritik önemini açıkça ortaya koymaktadır.

İşletmeye uygun personel seçimi yalnızca daha önce bu alanda çalışmış bireylerin istihdam edilmesiyle sınırlı değildir; aynı zamanda çalışanların belirli bir iş disiplini, sorumluluk bilinci ve meslek içi eğitime açıklık düzeyine sahip olmaları da programın başarısı açısından zorunludur. Nitekim gelişmiş ülkelerde sürü sağlığına yönelik uygulamalar 25 yılı aşkın süredir devlet destekleriyle yürütülmesine rağmen, Amerika Birleşik Devletleri’nde

hayvanlara uygulanan antibiyotiklerin tamamına ait kayıtları düzenli olarak tutan işletmelerin oranının yalnızca %71 düzeyinde olduğu bildirilmektedir (NAHMS, 1996).

Sağlık ve üretim performansının denetlenmesi, temelde verilerin düzenli biçimde kaydedilmesini, bu verilere kolay erişilebilmesini ve analiz edilebilmesini sağlayan kayıt tutma sistemlerine dayanmaktadır. Bu sistemler, sürüde meydana gelen değişimlerin izlenmesine ve performansın objektif olarak değerlendirilmesine olanak tanımaktadır. Ölçülmemiş, kaydedilmemiş ya da ulaşılamayan veriler sürünün performansının değerlendirilmesi için hiçbir anlam taşımazlar. Kayıt sistemleri, hayvanlara ait verileri tarih sırasına göre kaydetmelidir. Bu veriler, doğum tarihi, doğum ağırlığı, geçirilen hastalıklar, yapılan tedaviler ve uygulanan ilaçlar, üreme göstergeleri (ilk tohumlama yaşları, gebelik başına tohumlama sayısı vb..) uygulanan aşılar, yapılan diğer uygulamalar (boynuz köreltme, kuyruk kesme vb..) ve hayvanların karakteristik özelliklerinden oluşur. Böylece hayvanların yaşam boyu tutulmuş kayıtlarına ulaşmak ve yorumlamak daha kolay ve anlamlı olur.

Kayıt sistemleri temel olarak üç ana grupta sınıflandırılabilir: yazılı (manuel) kayıt sistemleri, bilgisayarlı kayıt sistemleri ve merkezi kayıt sistemleridir. Merkezi kayıt sistemleri daha çok gelişmiş ülkelerde uygulanmakta olup genellikle devlet tarafından yürütülen ulusal ölçekli sistemlerdir. Örneğin Amerika Birleşik Devletleri'nde, süt sığırcılığına yönelik ulusal bir kayıt sistemi olan DHI (Dairy Herd Improvement) sisteminin 50 yılı aşkın bir geçmişe sahip olduğu bilinmektedir.

Türkiye'de ise daha kısa bir uygulama geçmişine sahip olan ve yetiştirici birlikleri aracılığıyla Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından yürütülen merkezi kayıt sistemi hem küçükbaş hem de büyükbaş hayvancılık işletmelerini kapsamaktadır. Bu sistemin temel amacı; ulusal ıslah programlarının oluşturulması, güvenilir, denetlenebilir ve kolay erişilebilir bir kayıt altyapısının kurulmasıdır.

SONUÇ

Sonuç olarak, yürütülen tüm sürü sağlığı programlarının her zaman istenilen düzeyde başarılı olduğunu söylemek mümkün değildir. Sürü sağlığı programlarının hedeflenen şekilde sürdürülebilmesi; işletme sahiplerinin, veteriner hekimlerin ve diğer çalışanların programa olan inançlarının ve konuya

yönelik ilgilerinin devamlılığına bağlıdır. Sürü sağlığı programlarının başarısızlık nedenleri ise çeşitli başlıklar altında değerlendirilebilmektedir.

- Veteriner hekimlerin bilgi birikimi ve motivasyon düzeyinin üreticilerin (ya da işletme yöneticilerinin) beklentilerini karşılayamaması ya da bunun tersi bir durumun ortaya çıkması, programın başarısını doğrudan olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Bir sürü sağlığı programı, veteriner hekimlerin veya üreticilerin beklentilerinin karşılanmadığı durumlarda sürdürülebilirliğini yitirmekte ve başarıya ulaşamamaktadır. Bu gibi durumlarda taraflar, mevcut iş birliğinden bekledikleri sonucu elde edemedikleri için beklentilerini karşılayabilecek yeni arayışlara yönelme eğilimi göstermektedir.

- Veteriner Hekimlerin acil durumlar dışında, düzenli yapılması gereken kontrol ve değerlendirme amaçlı çiftlik ziyaretlerini gerçekleştirmemeleri. Bu durum, Veteriner Hekimlerin danışmanlık hizmetlerine göre, acil ya da anlık çağrılar daha öncelikli görmeleri ve düzenli yapılması gereken çiftlik ziyaretlerini bu uğurda ertelemelerinden kaynaklanabilir.

- Sürü sağlığı ve yönetimi konusunda en sık yapılan hata, aşılama gibi tek bir unsur üzerinde durulmasıdır. Unutulmamalıdır ki aşılama programı tek başına bir sürü sağlığı programı değildir.

- Veteriner hekimler ile üreticiler arasında sağlıklı ve sürekli bir iletişimin kurulamaması.

- Üreticilere gereğinden fazla öneride bulunularak uygulama sürecinin zorlaştırılması ve motivasyonlarının azaltılması.

- Sunulan öneri ve uygulamaların çiftlik personeli tarafından yeterince hayata geçirilmemesi.

- Sonuçların analizinin ve yapılan uygulamaların değerlendirilmesindeki hatalar. Bu genellikle, verilerin kaydedilmesine verilen önemin azalmasına ya da performans değerlendirilme özelliğinin yetersizliğine bağlı olarak ortaya çıkar.

- Veteriner Hekimlik ücretlerinin yüksek bulunması. Nitekim Veteriner Hekimlerin danışmanlık amaçlı olarak işletmede geçirdikleri zaman yeterli olmadıkça, salt bireysel hastalıklara müdahale ederek üreticilerin, kendi ücretlerini makul gösterir kazanç elde etmelerini sağlayamazlar (Oğan, 2011).

Sürü yönetimi, bütüncül olarak ve multidisipliner bir yaklaşımla ele alınmalıdır.

- Besleme, barınak, sağlık, üreme ve hayvan refahın klasik ilkeleri,
- Dijital izleme ve sürdürülebilirlik boyutları ile yürütülecek başarılı bir sürü yönetimi sayesinde insanların kaliteli ve güvenilir gıdaya erişiminin yanında hem hayvan refahına olumlu katkı sağlar hem de işletmenin ekonomisini güçlendirir.

KAYNAKÇA

- Aksoy, A.R. (2003). Hayvan Islahı Ders Notları. Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi, Kars.
- Alawneh, J. I., Parke, C. R., Lapuz, E. J., David, J. E., Basinang, V. G., Baluyut, A. S., ... & Blackall, P. J. (2018). Prevalence and risk factors associated with gross pulmonary lesions in slaughtered pigs in smallholder and commercial farms in two provinces in the Philippines. *Frontiers in Veterinary Science*, 5, 7.
- Anonim, (2025). An overview of the U.S. Beef industry, chapter 1. Erişim tarihi: 18.09.2025 Erişim adresi: https://www.pearson.com/en-au/media/52nezh0g/9780134602691.pdf?srsId=AfmBOooj7GVAL6UEu4Oe2l_uDXmLTFUjVmeybrlXqJgamiTCKrLKUWNg.
- Ar, H., & Şahinli, M. A. (2022). Süt Sığırcılığı İşletmelerinde Yapay Sinir Ağlarının Kullanılabilirliği Üzerine Bir İnceleme. Tarsus Üniversitesi Uygulamalı Bilimler Fakültesi Dergisi, 2(1), 1-11.
- Bewley, J. M., R. A. Russell, K. A. Dolecheck, and M. R. Borchers. (2015). Precision Dairy Monitoring: What Have We Learned? Livestock Farming Applications. Wageningen Academic Publishers. 13–24.
- Broom, D. M. (2021). Sustainable animal welfare: Concepts, approaches and strategies. CABI.
- Caja, G., Castro-Costa, A., & Knight, C. H. (2020). Smart animal agriculture: Application of real-time sensors to improve animal welfare and production. *Annual Review of Animal Biosciences*, 8(1), 467–491.
- Craig T.M. (1998). Epidemiology of internal parasites: effects of climate and host reproductive cycle on parasite survival, Proc Western Vet Conf 29-36.
- Çakmakçı, C., Turan, M., Çakmakçı, Y., Assis Ferraz, P., Akay, M., Bülbüller, F., Dalga, S., Demirel, A. F., & Gonçalves Titto, C. (2023). Morphological Phenotyping for Cattle Breed Identification from UAVs Images Using Deep Convolutional Neural Networks (DCNNs). International Food, Agriculture and Veterinary Sciences Congress, September 22-23, 2023, Ganja / Azerbaijan
- da Silva, J. C., Noordhuizen, J. P. T. M., Vagneur, M., Bexiga, R., Gelfert, C. C., & Baumgartner, W. (2006). Veterinary dairy herd health

- management in Europe Constraints and perspectives. *Veterinary Quarterly*, 28(1), 23–32.
- Demirel, A. F., & Çak, B. (2016). The importance of animal welfare applications in food safety in terms of the relevant legislation in Turkey and the European Union. *Van Veterinary Journal*, 27 (2) 111-116.
- Duncan, I. J. H., & Fraser, D. (1997). “Understanding animal welfare,” in *Anim. Welfare*, eds. M. C. Appleby and B. O. Hughes (Wallingford: CAB International), 19–31.
- EFSA (European Food Safety Authority). (2022). Welfare of farmed animals: overview on current practices and future challenges. *EFSA Journal*, 20(3), e07289.
- FAO (2020). The state of food and agriculture 2020: Overcoming water challenges in agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Fraser, A. F., & Broom, D. M. (2015). *Farm animal behaviour and welfare* (5th ed.). CABI.
- Fraser, D., Weary, D. M., Pajor, E. A., and Milligan, B. N. (1997). A scientific conception of animal welfare that reflects ethical concerns. *Anim. Welfare* 6, 187–205.
- Göncü Karakök, S., Darcan, N., Görgülü, M., Özgürsoy, S., 2008. The Necessities of New Technologies Usage at Turkish dairy Farms to Increase Competitive Skills at Global Market. 4th International Conference on Information and Communication Technologies in Bio and Earth Sciences (HAICTA 2008), September 18-20, 2008, Athens, Greece.
- Göncü, S., & Gökçe, G. (2017). Türkiye’de sığır besiciliği işletmelerinde karlı ve sürdürülebilir üretim için teknolojik uygulamalar. *Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 32(1), 29-34.
- Göncü, S., Koluman, N., Görgülü, M., 2016. The New Technology Usage at Turkish Dairy Farms to Better Milk Quality. 9th International Scientific Conference on Applied Sciences and Engineering. 6-6- 2016. Nippon Hotel, İstanbul-Turkey.
- Göncü, S., Koluman, N., Mevliyaoğulları, E., 2015. Entansif Süt Sığırcılığında İşletmelerinde Kullanılan Sürü Yönetim Yazılımları Karşılaştırması. 9. Ulusal Zootekni Bilim Kongresi, 3-5 Eylül 2015, Konya.

- Göncü, S., Yeşil, M. İ., 2017. The New Technology Usage at Turkish Dairy Farms to Better Reproductive Performances. International Conference on Agriculture, Forest, Food Sciences and Technologies (ICAFOF 2017). Cappadocia, Nevsehir, Turkey, May 15 - 17, 2017.
- Green, M. J. 2012. Opinions and practices of veterinarians and dairy farmers towards herd health management. In: Dairy Herd Health, CABI International, Wallingford, UK. Vet. Rec., 170: 441.
- Knapp, J. R., Laur, G. L., Vadas, P. A., Weiss, W. P., & Tricarico, J. M. (2014). Invited review: Enteric methane in dairy cattle production: Quantifying the opportunities and impact of reducing emissions. *Journal of Dairy Science*, 97(6), 3231–3261.
- Le Neindre, P., Bernard, E., Boissy, A., Boivin, X., Calandreau, L., Delon, N., et al. (2017). Animal consciousness. EFSA supporting publication 2017: EN-1196 14:1196E.
- LeBlanc, S. J., Lissemore, K. D., Kelton, D. F., Duffield, T. F., & Leslie, K. E. (2006). Major advances in disease prevention in dairy cattle. *Journal of dairy science*, 89(4), 1267-1279.
- Mahnani, A., Sadeghi-Sefidmazgi, A., & Cabrera, V. E. (2015). Consequences and economics of metritis in Iranian Holstein dairy farms. *Journal of dairy science*, 98(9), 6048-6057.
- Mendl, M. (2001). Animal husbandry: assessing the welfare state. *Nature* 410, 31–32.
- More, S. J. 2008. Herd health prompts concern over international competitiveness. *Ir. Vet. J.*, 61: 92-100.
- Morris R.S. (1999). The application of economics in animal health programmes: a practical guide, *Rev Sci Tech* 18:305-314.
- NAHMS (1996). National Health Monitoring System. Part I: Reference of 1996 dairy management practices, U.S. Department of Agriculture, Ft Collins, CO, 1996.
- Noordhuizen, J. P., & da Silva, J. C. (2009). Animal hygiene and animal health in dairy cattle operations. *The open veterinary science journal*, 3(1), 17-21.
- Oğan M. (2011). Temel Sürü Sağlığı Yönetimi. Editör, T.C. Anadolu Ün. Yayını No: 2333 Açık Öğretim Fakültesi Yayını No: 1330.

- Radostits, O. M., K. E. Leslie, and J. Fetrow. 1994. Herd Health – Food Animal Production Medicine. 2nd ed, W. B. Saunders Co., Philadelphia, PA.
- Ramakant, Sarkar, T.K., Verma, A.K., Thakur, V., Maurya, P.K., Gautam, S., Varun, V.K. & Singh, A. (2023). Herd Health Management and Animal Welfare: A Review. *J. Anim. Res.*, 13(05): 643- 651.
- Rutten, C. J., Velthuis, A. G. J., Steeneveld, W., & Hogeveen, H. (2018). Invited review: Sensors to support health management on dairy farms. *Journal of Dairy Science*, 101(5), 3865–3884.
- Swanson J.C. (1995). Farm animal well-being and intensive production systems, *J Anim Sci*, 73: 2744-2751.
- Temple, D., & Manteca, X. (2020). Animal welfare in extensive production systems is still an area of concern. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4, 545902.
- Turan, M., Demirel, A. F., Tatar A. M., Tuncer, S. S. & Çelikyürek, H. (2025). Büyükbaşlarda Hayvan Refahının Görsel Skorlamalara Bağlı Olarak Değerlendirilmesi. In book: Verimli Yarınlara: Tarımda Bilim ve Uygulama. Publisher: Serüven Yayınevi.
- Uğur, F. (2014) Sığır Yetiştirme. Ders Kitabı, Birinci baskı. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Yayınları.
- Uzmay, C., Kaya, İ., & Tömek, B. (2010). Süt sığırcılığında hassas sürü yönetim uygulamaları. *Hayvansal Üretim*, 51(2).
- Watt B.R. (1983). Flock health programs: Victoria. In postgraduate committee in veterinary science, refresher course for veterinarians No:67, sheep production and preventive medicine, Üniversiteye of Sydney, Sydney.

BÖLÜM 3

İYONLAŞTIRICI RADYASYONUN HÜCRE ÜZERİNE BİYOKİMYASAL ETKİLERİ

Dr. Öğr. Üyesi Levent GÖNÜLTAŞ¹

Doç. Dr. Sedat ÇETİN²

DOI: <https://www.doi.org/10.5281/zenodo.18085224>

¹ Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Tıbbi Hizmetler ve Teknikleri Bölümü, Tıbbi Görüntüleme Teknikleri Programı, Ankara, Türkiye. leventgonultas@aybu.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-7090-1459 (Sorumlu Yazar).

² Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Veterinerlik Bölümü, Laborant ve Veteriner Sağlık Programı, Ankara, Türkiye. sedatcetin@aybu.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-6102-8571.

GİRİŞ

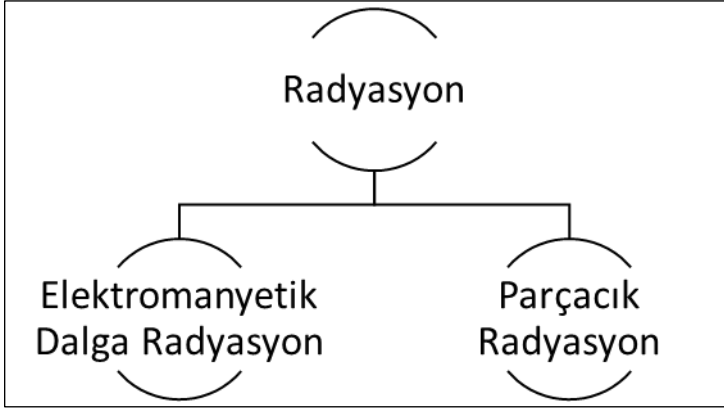
İyonlaştırıcı radyasyon; organ, doku ve hücrelerde bulunan atom ve moleküllerden elektron kopararak değişiklik meydana getiren, yüksek frekanslı ve yüksek enerjili olan X ışınları ve gama ışınları olarak tanımlanmaktadır (Handee and Edwards, 1998). İyonlaştırıcı radyasyonun direkt ve indirekt etki mekanizması sonucunda, hücrede su molekülleri parçalanır ve serbest oksijen radikalleri oluşur. Bunun sonucunda, organizma oksidatif strese maruz kalır, hücresel metabolizma işleyişi bozulur, hücresel yaşlanma, inflamatuvar hasarlar, oluşan moleküler yıkım ile birçoğu yaşamsal öneme sahip organlarda doku ve hücre hasarı meydana gelir (Ofloğlu, 2007). İyonlaştırıcı radyasyon biyolojik sistemler (canlı organizma) ile karşılaştığında madde yapısındaki molekül ve atomlarla etkileşerek sisteme enerji transfer eder. Farklı radyasyon tipleri canlılar üzerinde farklı etkiye sahiptir. Bu etki; total radyasyon dozu, doz hızı, radyasyon tipi, sistemin yaşı, pek çok çevresel ve diğer faktörler ile ilişkilidir

Oksidatif stres, oksidanlar ve antioksidanlar arasındaki dengenin oksidanlar lehine kayması ve hücre hasarına yol açmasıdır (Ertaş ve ark., 2024). Antioksidanlar serbest oksijen radikallerini inaktif edebilme özelliğine sahiptir ve böylelikle oksidatif stres, DNA hasarına ve programlı hücre ölümü olarak da bilinen apoptozise karşı koruma sağlarlar (Halliwell ve ark.1992).

Hücrenin yapı ve işlevleri DNA tarafından kontrol edilir. İyonlaştırıcı radyasyon bir canlı da biyolojik bir hasar yaratabilmesi için radyasyon enerjisinin hücre tarafından soğurulması gerekir. Bu soğurma sonucu hedef moleküllerde iyonlaşma ve uyarılmalar meydana gelir. Daha sonra ortaya çıkabilecek biyolojik hasarların başlatıcı olayları olan bu iyonlaşmalar, hücrenin genetik bilgilerini taşıyan DNA zincirlerinde kırılmalara ve hücre içerisinde kimyasal toksinlerin üremesine neden olabilir. Kırılmaların hemen ardından bir onarım faaliyeti başlar. Hasar çok büyük değilse DNA’da meydana gelen zararlar onarılabilir. Ancak bu onarımlar esnasında da hatalar oluşabilir ve yanlış şifre bilgileri içeren kromozomlar meydana gelebilir.

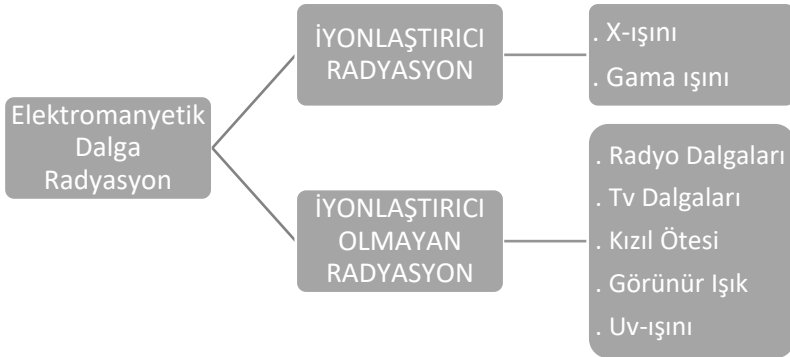
1. RADYASYON VE ÇEŞİTLERİ

Radyasyon, elektromanyetik dalga veya parçacık şeklinde aktarılan enerjidir. Radyasyon türüne göre elektromanyetik ve parçacık radyasyon olarak 2’ ye ayrılmaktadır. (Şekil 1.) (Gibbons, 2014).



Şekil 1. Radyasyonun türüne göre sınıflandırılması.

Elektromanyetik dalga radyasyonlar sinüs dalgasına benzer şekilde ortamda yayılan, kütlesi ve yükü olmayan radyasyonlardır. Bu tür radyasyonlar foton adı ile anılırlar. Foton, elektromanyetik dalga radyasyonu oluşturan enerji paketçikleridir. Elektromanyetik dalga radyasyonlar enerjilerine göre iyonlaştırıcı ve iyonlaştırıcı olmayan formları vardır. İyonlaştırıcı olmayan radyasyonlar; Radyo dalgaları, TV dalgaları, kızıl ötesi, görünür ışık ve UV ışını etkileştikleri atomdan elektron sökemecekleri için tıbbi görüntüleme ya da tedavide yerleri yoktur. Etkileştiği atomdan elektron sökebilecek kadar yüksek enerjiye sahip; iyonlaştırıcı elektromanyetik dalga radyasyonlar ise Gama ve X-ışınları olarak bilinirler. (Şekil 2)



Şekil 2. Elektromanyetik Radyasyon Sınıflandırılması.

Parçacık radyasyonlar ise nötron hariç yükü ve kütlesi olan düz bir çizgi boyunca hareket eden radyasyonlardır. Parçacık tipi; alfa, elektron, pozitron, proton ve nötron radyasyonların tamamı iyonlaştırıcı etkiye sahip yüksek enerjili radyasyonlardır.

Burada bahsi geçen iyonlaşma olayı, gelen radyasyonun etkileştiği atomdan elektron sökerek onu pozitif ve negatif yüklü iyonlarına ayırmasıdır. Gelen radyasyonun etkileştiği atomdan elektron sökebilmesi için, elektron bağlanma enerjisinden daha yüksek enerjiye sahip olması gerekir. (Gönültaş, 2022). Eğer gelen radyasyonun enerjisi ilgili atomun elektron bağlanma enerjisinden daha yüksek enerjiye sahip değilse ona enerjisini aktararak enerji seviyesini yükseltir. Bu olay da Uyarılma olarak bilinir.

2. HÜCRE BİYOLOJİSİ

Bilindiği gibi, tüm canlılar organlardan, organlar dokulardan ve dokularda biyolojik sistemin temel yapı taşı olan " hücre" lerden meydana gelir. Hücre kabaca, bir çekirdek, bu çekirdeği çevreleyen jelsi yapıdaki sitoplazma ve en dışta bunları saran bir zardan oluşur. Çekirdeğin içinde hücre davranışları ile ilgili şifre bilgileri içeren ve bunları bir sonraki nesillere değiştirmeden taşıyan "kromozom" lar bulunur. Kromozomlar ise histon denilen proteinler ile DNA zincirlerinden oluşur (Coşkun,2011).

3. RADYASYONUN HÜCRE ÜZERİNE ETKİLERİ

İyonlaştırıcı radyasyo'nun oluşturacağı hücresel hasar 3'e ayrılır: Subletal hasar, Letal hasar, Potansiyel letal hasar. Subletal hasar düşük LET'li (Lineer Enerji Transferi) iyonlaştırıcı radyasyon'ların dolaylı etkisiyle oluşur. Absorbe edilen iyonlaştırıcı radyasyon hücrelerde hasar oluşturur ancak hücre tamir mekanizmalarının devreye girmesiyle hücre onarılabilir. Eğer hücreye iyonlaştırıcı radyasyon uygulamaya devam edilirse hasar kümülatif olarak birikir ve hücre ölümü gerçekleşebilir. Letal hasar yüksek LET'li iyonlaştırıcı radyasyon'ların doğrudan etkisiyle oluşur. İyonlaştırıcı radyasyosyon dozunun yüksek olduğu ve hücresel onarım mekanizmalarının yetersiz kaldığı durumlarda ortaya çıkan, geri dönüşümsüz ve hücre ölümüyle sonuçlanan hasarlardır. Potansiyel letal hasar uygulanan iyonlaştırıcı radyasyon hücrede hasar oluşturur. Hücre ölümü çevresel etkenlere bağlı olarak hücresel ortamda meydana gelen değişikliklerle ortaya çıkar. Eğer hücre bölünmesi kısa sürede

gerçekleşirse hasar ölümcüldür. Ancak bölünme gecikirse hücre hasarı onarılabilmektedir (Yılmaz ark, 2021).

4. RADYASYONUN HÜCRE ÜZERİNE BİYOKİMYASAL ETKİLERİ

İyonlaştırıcı radyasyon direkt etki göstererek hücrenin atomik yapısını bozup kimyasal veya biyolojik değişiklikler oluşturur. İndirekt etki göstererek suyun hidrolizi sonucu oluşan reaktif oksijen türleri ile protein, nükleik asitler ve lipidlerin yapısının bozulması ile hücreye zarar verir (Manisalıgil ve Yurt, 2018). Direkt etkide; İyonlaştırıcı radyasyon atom ya da molekülden elektron koparır. Radyasyonun çarptığı noktada molekül iyonlaşmasına bağlı olarak DNA'nın yapısında reaktif iki komşu parça oluşur. Ayrılan bu parçalar aynı molekülü oluşturmak için birleşirse hasar oluşmaz. Direkt etki sonucunda DNA molekülündeki pürin bağları açılabilir, fosfodiester bağları kopabilir ve DNA sarmalı üzerinde tek ya da çift zincir kırıkları gözlemlenebilir. İndirekt etki; Radyasyonun vücutta bulunan molekülleri etkileyerek iyonlaştırıcı etmesi ve serbest radikaller oluşturmalarıdır. Oluşan bu serbest radikallerin DNA'yı etkilemesi indirekt etkidir. Serbest radikalde bulunan ortaklanmamış tek elektron canlı için büyük tehlike oluşturabilir. İyonizan partiküller DNA ile tepkimeye girerler. Kimyasal bağları kırıp yapısal parçalanmalar oluştururlar. İyonlaştırıcı radyasyonun direkt etkisine kıyasla indirekt etkisinde DNA hasarı daha fazladır (Yeyin, 2015). Radyasyon etkisi ile oluşan serbest radikallerin bazıları modifiye etmesi ve DNA tek zincir kırıkları oluşumu ile DNA hasarı meydana gelir. Hücre için radyasyonun sebep olacağı en tehlikeli hasar DNA'da çift zincir kırıkları oluşmasıdır. DNA tek zincir kırıklarının ve baz modifikasyonu ile oluşan hasarların büyük bir kısmı baz kesip çıkarma tamir yoluyla üzerinden tamir edilir. DNA'da görülen tek zincir kırığı çift zincir kırığına göre daha fazla olmasına rağmen çift zincir kırıklarının onarımı çok zordur.

Kimyasal yapıların DNA ile etkileşime geçmesi sonucu oluşan bu hasara cevap olarak hücre kendini onarabilir yaşayabilir, onaramayıp ölebilir ya da mutasyon gerçekleşebilir (Coşkun, 2011).

Radyasyona tamamıyla dirençli hiçbir hücre yoktur. Hücreyi oluşturan yapılardan çekirdek özellikle de bölünme halindeki kromozomlar, radyasyona hücre stoplazmasına göre çok daha duyarlıdır. Radyasyonun hücre yüzeyindeki

en belirgin etkilerinden biri hücre büyümesini baskılamasıdır. Özellikle hücre büyümesi sırasında da (mitoz) radyasyona maruz kalan hücrelerde büyüme kesintiye uğrar (Calini ve ark., 2003).

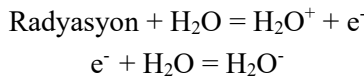
İyonlaştırıcı radyasyon, kromozomların kırılmasına, birbirine yapışmasına, kenetlenmesine ve kıvrılmasına yol açabilir. Kromozom kırıkları yeniden organize olabilir, aynı kalabilir veya bir başka kromozomla birleşebilir. Tüm bu olaylar, mutasyonla sonuçlanabilir veya daha da ileri giderek hücrenin ölümüne yol açabilir (Jackson ve Bartek 2009).

5. RADYASYONUN CANLI ÜZERİNDEKİ ETKİ MEKANİZMALARINI VE SERBEST RADİKALLER

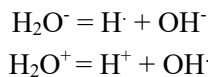
İyonlaştırıcı radyasyonun canlıda biyolojik etkiye yol açabilmesi için radyasyon enerjisinin direk ya da indirek yol ile hücre ya da doku tarafından soğurulması gerekir. Bu durumda radyasyonun canlı üzerinde yaratacağı etkileri anlamak için canlı madde ile nasıl etkileştiğinin ya da ona enerjisini nasıl aktardığının anlamak önem arz etmektedir.

Radyasyonun canlı üzerindeki etkisi radyasyon enerjisinin soğurulması ve radyasyonun biyolojik etkisinin ortaya çıkması arasındaki sürede ortaya çıkan 4 etki kademesinde ortaya çıkar. (Beyzadeoğlu ve ark. 2025)

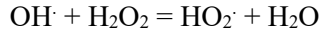
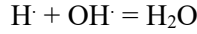
Birinci kademe **Fiziksel Kademe**'dir. Fiziksel kademede radyasyon canlı ile etkileşerek enerjisine göre iyonlaşma ve uyarılma olaylarına sebep olur. İnsan vücudunun büyük bir bölümü su olduğu için radyasyonun birincil etkileşimi aşağıdaki reaksiyonda olduğu gibi su ile olur.



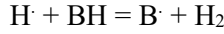
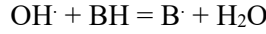
Birincil kademede oluşan ürünler ikincil reaksiyonlara sebep olarak serbest radikalleri oluştururlar. Bu radyasyonun canlı üzerindeki 2. etkileşim mekanizması olup **Fiziko-Kimyasal Kademe**'dir.



Hidrojen ve hidroksil radikallerinin hem birbirleri ile hem de diğer moleküller ile etkileşime girmeye devam ederler. Bu radyasyonun canlı üzerindeki 3. etkileşim mekanizması olup Kimyasal Kademe'dir. Bu reaksiyonlar sonucunda hidrojen ve hidroksil radikallerinden daha çok zarar veren hidroperoksit radikalleri oluşur.



Ayrıca 3. Kademedeki bu serbest radikaller biyomolekül (Biyomolekül, canlılarda yer alan moleküllere verilen isimdir. Bu moleküllerin arasında iri yapıları protein, polisakkarit ve nükleik asitler gibi canlı yaşamı için birinci dereceden önemli olan moleküller yer almaktadır.) ile etkileşime girerek biyolojik serbest radikalleri oluşturur.

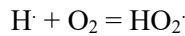
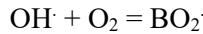


3. kademedeki oluşan bu biyolojik serbest radikaller ise DNA ile etkileşirler. Bu radyasyonun canlı üzerindeki 4. etkileşim mekanizması olup **Biyolojik Kademe**'dir. Böylece radyasyonun canlı üzerindeki etkileri ortaya çıkmaya başlar. Nötronlar ve fotonlar gibi yüksüz radyasyonlar indirek iyonizasyona sebep olurlar. Alfa, proton gibi yüklü radyasyonlar direk iyonizasyona sebep olurlar (Martin, 2006).

6. SERBEST RADİKALLERİN ÖZELLİKLERİ

Serbest radikaller 10^{-5} s gibi bir ömürleri vardır. Bu süre iyonizasyon sonucu oluşan iyon çiftlerinin ömründen (10^{-10} s) çok uzundur.

Serbest radikallerin vücutta oksijen varlığı sebebiyle de önemi artar. Çünkü serbest radikaller, Oksijen ile etkileştiğinde daha tahripkâr hidroperoksit; $HO_2\cdot$ ve biyolojik peroksit; $BO_2\cdot$ serbest radikalleri oluşur. Bu sebepten oksijen dokuyu radyasyona daha duyarlı hale getirir.



OER: Oxygen enhancement ratio: oksijen duyarlaştırıcı etkisi

OER=Hipoksik hücrelerin ölümü için gerekli doz/oksik hücrelerin ölümü için gerekli doz

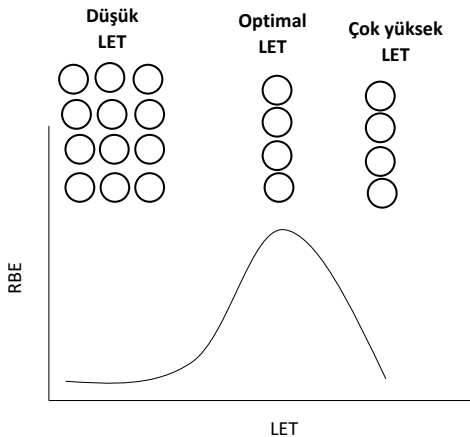
OER değeri düştükçe tedavi kazancı (törapatik index) artar. Yani TCP (Tumor control probability) ile NTCP (Normak Tissue Complication Probability) arasındaki mesafe artar. Yani; tümör hücreleri Hipoksik, normal doku hücreleri oksik olduğu için OER değeri düşük olan radyasyonlarda, OER değeri yüksek olan radyasyonlara kıyasla düşük dozlarda tümör kontrol altına alınırken normal doku daha iyi korunur.

RBE VE LET

RBE: Radyasyonun Rölatif Biyolojik Etkinliği anlamına gelmektedir. 250 keV X-ışını ile aynı etkiyi yaratan radyasyon dozunun birbirine oranıdır.

$$RBE = \frac{D_{250\ keV}}{D_r}$$

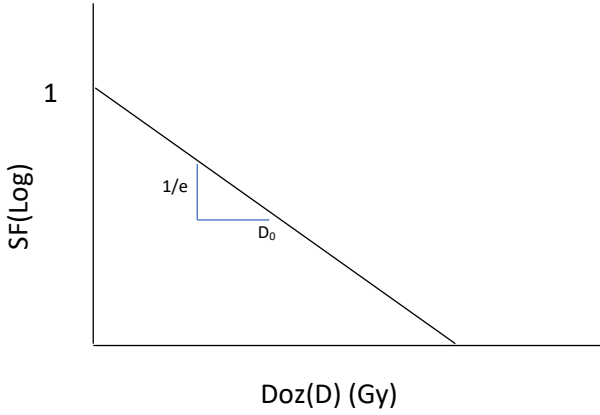
LET: Lineer Enerji transferi anlamına gelmektedir. Mikro metre başına bırakılan enerji miktarıdır. Alfa, proton ve nötronlar yüksek LET değerine sahiptir. X-ışını gama ve elektronlar düşük LET değerine sahip radyasyonlardır. Bu yüzden alfa nötron proton radyasyonları diğerlerine göre daha tahripkarlardır. LET arttıkça RBE şekilde görüldüğü gibi Optimal LET değerine kadar artar. Bu değerden sonra artık canlıda ölecek hücre çok azaldığı için overkill etkisi görülür ve artan LET değeri ile RBE azalır (Beyzadeoğlu ve ark. 2022).



7. SAĞ KALIM FRAKSİYON EĞRİLERİ

Hedef teoriye göre radyasyonla tümör DNA hücrelerin vurulması rastlantısaldır. Doğrudan soğurulan doz ile bir ilişkisi yoktur. Eğer hedef vurulmuşsa hücre ölür, vurulmamışsa hücre ölmez. Bu teoriye göre, tek hedef tek vuruş (bakteri, virüs), çok hedef tek vuruş (memeli) fikirleri geçerlidir.

Eğer hücre ölümü için tek hedef varsa ve tek vuruş ile öldürülmüşse tek hedef tek vuruş fikri geçerlidir. Tek hedef tek vuruşta aşağıdaki sağ kalım eğrisi geçerlidir.



Bu sağ kalım eğrisi omuzsuz (exponansiyel) sağ kalım eğrisi olarak bilinir. Omuzsuz sağ kalım eğrisinde eğriyi tanımlayan tek parametre eğrinin eğimidir. Eğrinin eğimi $1/D_0$ ile verilir.

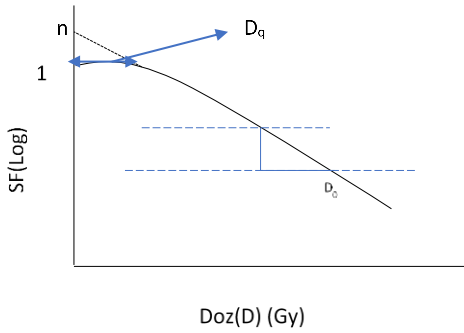
D_0 arttıkça $1/D_0$ azalır yani hücre radyasyona dirençlidir.

D_0 azaldıkça ise $1/D_0$ artar yani hücre radyasyona duyarlıdır.

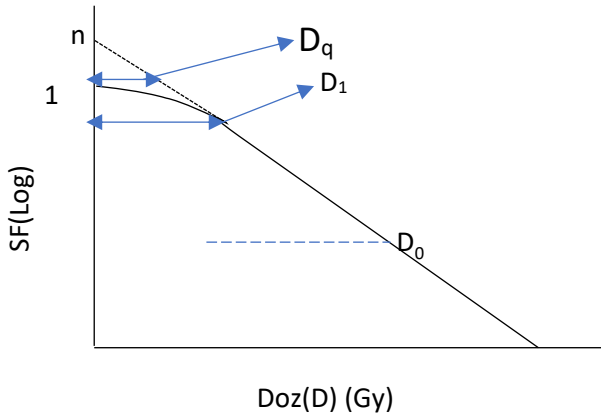
D_0 ise SF %37 ye düşüren dozdur.

Bu tip sağ kalım eğrileri tek hedef tek vuruş teorisine uyan bakteri ve virüs hücreleri ve alfa gibi yüksek LET değerine sahip direk etki mekanizmasına sahip radyasyonlarda görülür.

Eğer hücre ölümü için çok hedef varsa ve tek vuruş ile öldürülmüşse çok hedef tek vuruş fikri geçerlidir. Bu tür hücrelerde aşağıdaki gibi omuzlu sağ kalım eğrileri geçerlidir.



Bu sağ kalım eğrisi başlangıç eğimi sıfır olan omuzlu sağ kalım eğrisi olarak bilinir. Bu sağ kalım eğrisinde eğriyi tanımlamak için eğimin yanı sıra D_q olarak adlandırılan bir parametre daha kullanılır. Ancak ilk yapılan çalışmalarda bu eğimin sıfır olduğu yani düşük dozların hücre sağ kalımı üzerinde bir etkisi olmadığı düşünülmüştür. Daha sonra yapılan çalışmalarda ise düşük dozlarda bile hücre ölümünün gerçekleştiği yani eğimin sıfır olmadığı anlaşılmıştır. Böylece çok hedef tek vuruş fikrinin geçerli olduğu memeli hücrelerinde başlangıç eğimi sıfır olmayan aşağıda verilen omuzlu sağ kalım eğrilerinin geçerli olduğu anlaşılmıştır.



Burada D_q omuz kısmını tanımlar. Omuz kısmı ne kadar genişse n ekstrapolasyon sayısı o kadar büyüktür. Ekstrapolasyon sağ kalım eğrisinin lineer kısmının SF(Log) eksenini kestiği noktadır. n değeri ne kadar büyükse omuz o kadar geniştir. n değeri arttıkça radyasyona dirençlilik artar.

D_1 ise omuz kısmının eğimini tanımlayan dozdur. Eğim $1/D_1$ ile verilir. D_1 ne kadar artarsa eğim o kadar azalır ve radyasyona dirençlilik artar.

D_0 ise eğrinin lineer kısmının eğimini tanımlamamıza yardımcı olur. D_0 ne kadar artarsa eğim; $1/D_0$ o kadar azalır ve radyasyona dirençlilik artar.

Bu tür eğriler memeli hücrelerinde geçerli olan çok hedef tek vuruş eğrilerinde ve foton gibi düşük LET değerine sahip molekül ile indirekt olarak etkileşen radyasyonlarda geçerlidir (Beyzadeoğlu ve ark. 2022).

8. SAĞ KALIM (DOZ İN AKTİVASYON) FRAKSİYONUNU DEĞİŞTİREN FAKTÖRLER

Radyasyonun RBE arttıkça sağ kalım fraksiyonu azalır. Dolayısıyla SF RBE ile paralel değişir.

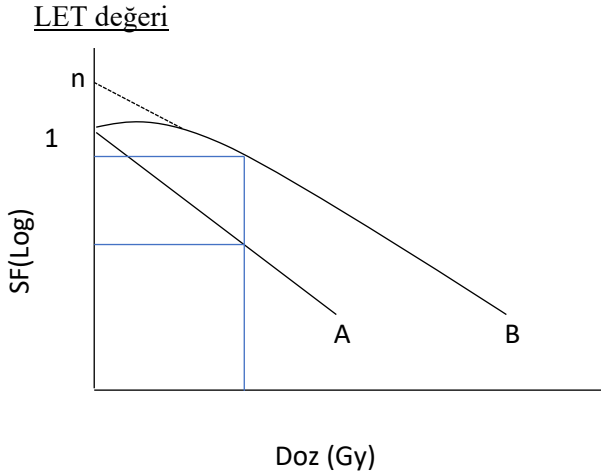
SF ya da RBE yi değiştiren faktörler 3 ana kısım altında değerlendirebiliriz.

a. Fiziksel Faktörler

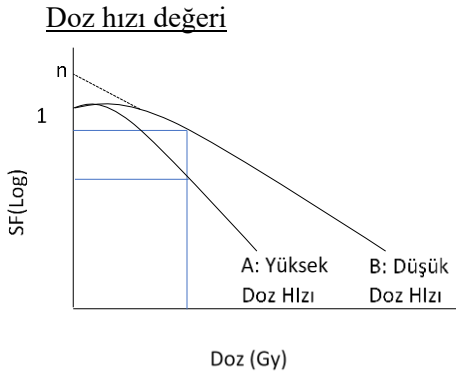
i. LET değeri

ii. Doz Hızı

iii. Fraksiyonasyon ve Subletal hasarın tamiri

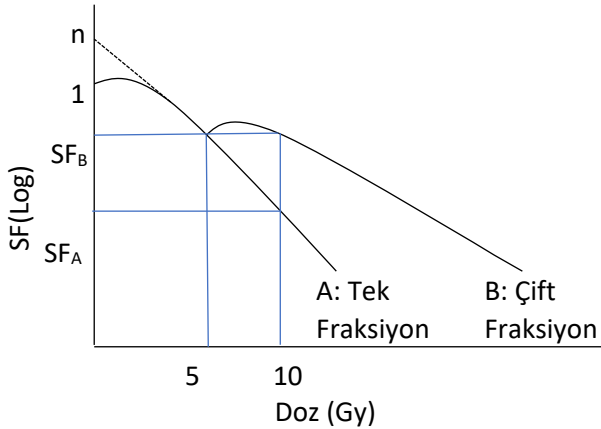


A: yüksek LET değerli alfa, B: düşük LET değerli foton ve elektron radyasyonlarına ait SF eğrilerini göstermektedir. Görüldüğü üzere artan LET değeri ile RBE artacağından aynı doz değerinde yüksek LET li radyasyona ait A eğrisinde SF daha düşüktür. Yani yüksek LET li radyasyonlar daha tahripkarlardır.



A: yüksek doz hızı değerli radyasyon, B: düşük doz hızı değerli radyasyona ait SF eğrilerini göstermektedir. Görüldüğü üzere artan doz hızı değeri ile RBE artacağından aynı doz değerinde yüksek doz hızına sahip radyasyona ait A eğrisinde SF daha düşüktür. Yani yüksek doz hızı ile hasta tedavi edilirse kısa sürede yüksek dozlar verildiği için dokunun kendini onarması mümkün olmayacaktır. Bu sebepten yüksek doz hızına sahip radyasyonlar daha tahripkarlardır.

Fraksiyonasyon:



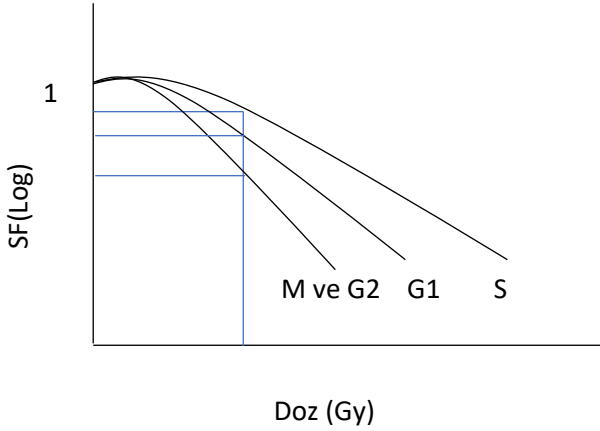
A: Tek fraksiyonda radyasyon verilmesi, B: 2 fraksiyonda ve fraksiyonlar arasında belirli bir zaman geçmesi koşulu ile radyasyon verildiğinde oluşan SF eğrilerini göstermektedir. Görüldüğü üzere 10 Gy in tek fraksiyonda verildiğinde oluşan SF_A küçük tür SF_B den. Bunun için yani çift

fraksiyonda radyasyon verildiğinde iki fraksiyon arası geçen zamanda subletal hasarlar onarıldığı için sağ kalan hücre sayısı artmıştır.

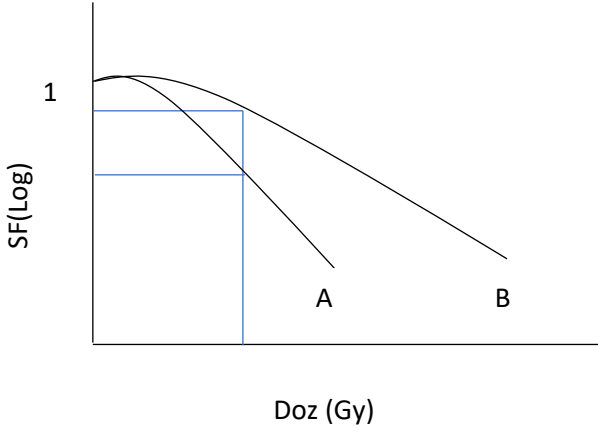
b. Biyolojik Faktörler

- i. Hücre siklusu (Döngüsü) ve DNA sayısı
- ii. Cinsiyet, yaş, hormon dengesi
- iii. Dokuların farklı yapısı

Hücre Siklusu (Döngüsü) ve ploidi sayısı (DNA) :



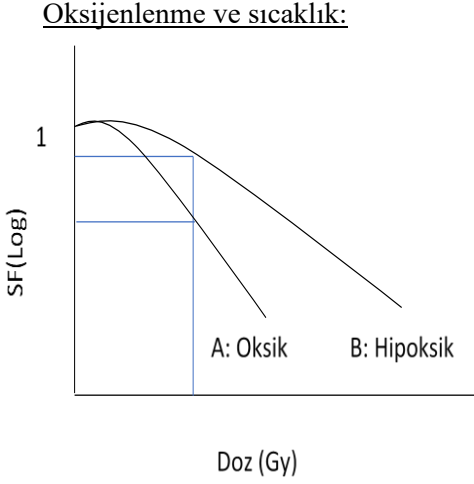
Hücre siklusu mitoz ve interfaz fazlarından oluşur. Hücreler mitoz fazında bölünürler. İnterfaz fazı G2, G1 ve S fazlarından oluşur. Bu otoradyografi denen bir yöntem ile oluşturulmuştur. İki mitoz bölünme arasında hücre siklusu oluşur. Bu fazlarda DNA sayısı ve sülfidril oranı farklılık gösterir bu sebepten radyasyon duyarlılıkları da farklılık gösterir. Bu sebepten SF eğrisinde de görüldüğü üzere DNA sayısı fazla olan M ve G2 fazları radyasyona en duyarlı iken G1 daha az duyarlı yapısında sülfidril bulunan S fazı en dirençli fazdır. Başka bir deyişle DNA sayısı arttıkça radyasyona duyarlılık artarken sülfidril oranı arttıkça dirençlilik artar.

Dokuların farklı yapısı:

Dokuların radyasyona duyarlılıkları yapılarına göre farklılık gösterir. Bu durum dokunun mitotik aktivitesi yüksek yani bölünme yeteneğine sahip hücre ve farklılaşmamış hücre olması ile alakalıdır. A: Mitotik aktivitesi yüksek ve farklılaşmamış hücrelere sahip dokular (mide over barsak testis) radyasyona duyarlı iken B. mitoz fazında bulunamayan yani bölünemeyen hücrelere sahip dokular (kemik, böbrek karaciğer) radyasyona dirençlidirler.

c. Kimyasal Faktörler

- i. Radyoduyarlaştırıcılar (oksijen, primidin):
- ii. Radyokoruyucular (Sülfidril)
- iii. Sıcaklık



A Radyoduyarlaştırıcılar oksijenlenmeyi arttırdığı için hücreyi radyasyona daha duyarlı hale getirirler. (Oksijen, primidin)

B Hipoksik hücreler yani oksijenlenmesi az olan hücreler radyasyona dirençlidirler. Sülfidril iyi bir radyasyon koruyucudur.

Ayrıca sıcaklıkta radyasyona karşı duyarlılığı arttıran diğer bir biyolojik faktördür. (Beyzadeoğlu ve ark., 2022).

SONUÇ

Günümüzde iyonlaştırıcı radyasyon, *in vivo* ve *in vitro* etkileri, korunma yolları, canlıdaki meydana getirdiği organ, doku ve hücre düzeyindeki hasar ve etkileri oldukça yaygın bir şekilde çalışılmaktadır (Yılmaz ve Soygüder, 2017; Dede ve ark., 2019, Yılmaz ve ark., 2017; Yılmaz ve ark., 2020; Yılmaz ve ark., 2021, Çibuk ve ark. 2025). İyonlaştırıcı ışımlar, canlılarda moleküler ve hücresel düzeylerde biyolojik, fiziksel ve kimyasal birçok farklılıklara yol açar. Bu oluşan farklılıklar uygulanan İyonlaştırıcı radyasyonun miktarına, süresine ve cinsine göre geçici veya kalıcı olabilir. İyonlaştırıcı radyasyon ışımları olarak bilinen X ve gamma ışımlarıyla birlikte alfa ve beta parçacıkları da geçtikleri ortamda iyonizasyona yol açarlar (Hendee ve Edwards, 1998). İyonlaştırıcı radyasyon serbest radikal oluşumuna sebep olmaktadır.

Serbest radikallerin oluşumu ve uzaklaştırılması vücutta düzenli şekilde gerçekleşmektedir. Canlı da oluşan moleküllerin oluşum hızı ile uzaklaştırılması arasındaki denge sabit kaldığı ya da bozulmadığı süre boyunca canlı bundan etkilenmemektedir. Bu denge bozulduğunda, serbest radikallerin

artması veya antioksidanların etkisiz kalması canlıda oksidatif strese sebep olur. Bu durum karşısında, hücrelerde hasar, işleyiş bozukluğu, yaşlanma ve yaşamsal öneme sahip görevlerini yerine getirememe gibi durumlar oluşur.

KAYNAKÇA

- Beyzadeoğlu M, Ozyiğit G, Ebruli C. 2022. Basic radiation oncology. Springer Nature. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-87308-0>
- Beyzadeoğlu, M, Ozyiğit G, Selek U. 2025. Radiobiology. In: Radiation Oncology: A MCQ and Case Study-Based Review. Cham: Springer Nature Switzerland. p. 75-140.
- Calini V, Urani C, Camatini M. (2003). Overexpression of HSP70 is induced by ionizing radiation in C3H 10T1/2 cells and protects from DNA damage. *Toxicol In Vitro* 17(5-6):561-566.
- Coşkun Ö 2011. Biological Effects of Ionizing Radiation. *Journal of Technical Sciences*. 1 (2) 13-17.
- Çibuk S, Mert H, Mert N, Tuncer O, Altındağ F, Karaman K, Özdek U, Meydan İ 2023. Effects of X-ray application on infertility in newborn rats. *Radiat Eff Defects Solids*, 178 (5-6): 607-619.
- Çibuk S, Aras A 2025.Effect of X-Ray Exposure on Oxidative Stress in Liver and Kidney in Rats in Early Life: An Experimental Study. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 31(2) :155-161.
- Dede S, Yüksel V, Yılmaz O, Çetin S, Usta A, Güney M. 2019. In Vitro Evaluation of The Effect of Vitamin C on Necrosis and Autophagy Caused by Ionizing Radiation. *Eurasian Journal of Health Sciences*. 2(4(suppl)), 169-172.
- Ertuş O., F., Babaoğlu, A. R., Türkan, F., Oğuz, E., Demirel, A. F., & Paçal, N., (2024). Investigation of Interleukins and Oxidative Stress Parameters in Cows Naturally Infected with Bovine Viral Diarrhea Virus. *Pakistan Veterinary Journal*, vol.44, no.3, 924-930.
- Gönültaş L. 2022. Tıbbi Radyasyon Fiziği. Akademisyen Kitabevi.
- Gibbons John P 2014. Khan's the physics of radiation therapy. Lippincott Williams & Wilkins.
- Handee WR, Edwards FM. Health effects of exposure to low-level ionizing radiation. *Acta Radiol*. 1998;39(4):453-454.

- Jackson S, Bartek J. The DNA damage response in human biology and disease. *Nature*. 2009;461(7267):1071-1078.
- Martin James E. *Physics for radiation protection: A handbook*. John Wiley & Sons, 2006.
- Manisalıgil Y, Yurt A 2018. İyonlaştırıcı Radyasyonun Hücresel ve Moleküler Düzeydeki Etkileri. *Düzce Tıp Fakültesi Dergisi*.20 (2):50-53.
- Halliwell B, Gutteridge JM, Cross CE 1992. Free Radicals, antioxidants and human disease: Where are we now? *J Lab Clin Med*.;119 (6):598–620.
- Ofluoğlu, F E. 2007.Ratlarda Beyin L-Arjinin Metabolizması Üzerine Kafeinin Etkileri. PhD Thesis. Ankara University Institute of Health Sciences.Ankara.
- Yeyin N. 2015. Biological Effects of Radiation. *Nük Tıp Sem* 3:139-43 DOI: 10.4274/nts.0022.
- Yılmaz, O., & Soygüder, Z. (2017). Neurotransmitter substances and anatomical localizations. *Van Veterinary Journal*, 28(3), 177-182.
- Yılmaz, O., Soygüder, Z., Keleş, Ö. F., Yaman, T., Yener, Z., Uyar, A., & Çakır, T. (2020). An immunohistochemical study on the presence of nitric oxide synthase isoforms (nNOS, iNOS, eNOS) in the spinal cord and nodose ganglion of rats receiving ionising gamma radiation to their liver. *Journal of Veterinary Research*, 64(3), 445-453.
- Yılmaz, O., Yüksek, V., Çetin, S., Dede, S., & Tuğrul, T. (2021). The effects of thymoquinone on DNA damage, apoptosis and oxidative stress in an osteoblast cell line exposed to ionizing radiation. *Radiation Effects and Defects in Solids*, 176(5-6), 575-589.

BÖLÜM 4

VETERİNER HEKİMLİKTE ANTİMİKROBİYAL DİRENÇLE MÜCADELEDE EKONOMİK YAKLAŞIMLAR VE TEK SAĞLIK PERSPEKTİFİ

Dr. Öğr. Üyesi Ömer GEZGİNÇ¹

DOI: <https://www.doi.org/10.5281/zenodo.18085236>

¹ Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Hayvan Sağlığı Ekonomisi ve İşletmeciliği Ana Bilim Dalı, Van, Türkiye. omergezginc@yyu.edu.tr, Orcid ID: 0000-0003-1056-1090 (Sorumlu Yazar)

GİRİŞ

Antimikrobiyal direnç (AMD), günümüzde hem insan hem de hayvan sağlığı açısından en büyük tehditlerden biri olarak öne çıkıyor. 2019 verilerine göre, antimikrobiyal direnç ile ilişkili ölümlerin sayısının yaklaşık 5 milyon olduğu, bunun yaklaşık 1,3 milyonunun doğrudan bakteriyel antimikrobiyal dirençten kaynaklandığı tahmin edilmektedir (FAO, 2021; WHO, 2023). Mevcut eğilimler devam ederse, AMD'nin önümüzdeki yıllarda küresel halk sağlığı ve ekonomi üzerinde ciddi bir tehdit oluşturması kaçınılmaz olacaktır. Bu durum, yalnızca tıbbi bir kriz değil, aynı zamanda ekonomik, çevresel ve sosyal boyutları olan karmaşık bir sorun olarak değerlendirilmektedir (Çayar ve Ocaktan, 2025).

Bu bağlamda, Birleşik Krallık tarafından hazırlanan “The Review on Antimicrobial Resistance” (2016) raporunda, herhangi bir önlem alınmadığı takdirde 2050 yılına kadar antimikrobiyal direnç nedeniyle her yıl yaklaşık 10 milyon kişinin hayatını kaybedebileceği ve bunun küresel ekonomik üretim üzerinde kümülatif olarak 100 trilyon ABD doları düzeyinde bir kayba yol açabileceği öngörülmüştür (O'Neill, 2016).

Veteriner hekimlik uygulamalarında antimikrobiyaller, uzun yıllar boyunca hayvan hastalıklarının tedavisinde ve önlenmesinde vazgeçilmez araçlar olmuş, aynı zamanda üretim verimliliğinin artırılmasında da önemli rol oynamıştır. Ancak antibiyotiklerin kontrolsüz veya bilinçsiz kullanımı, dirençli bakteri türlerinin yayılmasına neden olmuş ve bu durum hem hayvansal üretimin sürdürülebilirliğini hem de buna bağlı olarak ekonomik ve toplumsal sağlık göstergelerini olumsuz etkilemiştir (Alhassan ve ark., 2025; Ryan, 2019; WOA, 2025a).

“Tek Sağlık (One Health)” yaklaşımı, antimikrobiyal direncin bu karmaşık yapısını çözümlemek için geliştirilen disiplinler arası bir çerçevedir. Bu yaklaşım, insan, hayvan ve çevre sağlığını birbirinden bağımsız değil, karşılıklı etkileşim içinde ele alır. Bu kapsamda, veteriner hekimlikte antimikrobiyal dirençle mücadelenin yalnızca klinik veya mikrobiyolojik bir süreç olmadığı, aynı zamanda ekonomik bir yönetim sorunu olduğu kabul edilmektedir (Alhassan ve ark., 2025; Kurum ve ark., 2025; OECD, 2023; WOA, 2025b).

Direncin yayılması, hayvansal üretimde artan maliyetlerden düşük verimliliğe, daha yüksek tedavi masraflarına ve uluslararası ticaret

kısıtlamalarına kadar ekonomik kayıplara neden olabilir. "Korku faktörünün" de hayvansal üretimdeki düşüşe katkıda bulunacağı açıktır. Dünya Bankası ekonomik simülasyonlarından elde edilen verilere göre, antimikrobiyal direncin üstesinden gelinmezse, 2050 yılına kadar küresel gayri safi yurtiçi hasılanın (GSYİH) %3,8 oranında azalacağı ve 2030 yılına kadar yıllık tahmini ekonomik kaybın 3,4 trilyon ABD doları olacağı öne sürülmektedir (Dünya Bankası, 2017). Bu bağlamda, AMD sadece bir sağlık sorunu olarak değil, aynı zamanda makroekonomik bir tehdit olarak da görülmelidir.

Veteriner hekimlikte ekonomik analizlerin, antimikrobiyal dirençle mücadele stratejilerinin planlanmasında kilit öneme sahip olduğu açıktır. Bu analizler, hem politika düzeyinde maliyet-fayda dengesini değerlendirmeyi hem de koruyucu sağlık hizmetlerinin uzun vadeli etkilerini ölçmeyi mümkün kılar. Bu bölümde, antimikrobiyal direncin ekonomik yönleri Tek Sağlık çerçevesinde ele alınarak, veteriner hekimlikte rasyonel kaynak kullanımına dayalı çözüm önerilerinin temelleri tartışılacaktır.

1. ANTİMİKROBİYAL DİRENCİN KAVRAMSAL VE EKONOMİK ÇERÇEVESİ

1.1. Antimikrobiyal Direnç Kavramı ve Önemi

Antimikrobiyal direnç, mikroorganizmaların (özellikle bakterilerin) antimikrobiyal ilaçların etkisinden kaçınma yeteneği kazanması olarak tanımlanır. Bu durum, enfeksiyonların tedavisinde kullanılan antibiyotiklerin etkisiz hale gelmesine yol açar (FAO, 2021; WHO, 2023). Direnç, doğal seçim, gen transferi veya aşırı antibiyotik kullanımına bağlı adaptasyon süreçleriyle gelişir. Veteriner uygulamalarda, antibiyotiklerin tedavi dışı amaçlarla (örneğin büyüme destekleyici olarak) kullanılması, bu süreci hızlandıran temel faktörlerden biridir (Grace, 2015; WOA, 2025a).

Küresel ölçekte olduğu gibi, Türkiye'de de klinik, tarımsal ve hayvansal üretimde antimikrobiyal direncin ortaya çıkışı artmaktadır. Özellikle hayvancılık sektöründe antibiyotik kullanımının yaygın ve bazen denetimsiz bir şekilde kullanılması, direnç oluşma riskini önemli ölçüde artırmaktadır (Abate ve Birhanu, 2025). Hayvanlarda geniş spektrumlu antibiyotiklerin yaygın olarak kullanılması, direnç mekanizmalarının hızlı bir şekilde aktive olması için uygun bir ortam sağladığı düşünülmektedir (Trinchera ve ark., 2025). Bu durum, hayvansal üretimde verimliliğin azalmasına, hastalık-tedavi

maliyetlerinde artışa, ihracat kısıtlamaları ve halk sağlığı açısından alternatif tedavi seçeneklerinin azalmasına yol açacak bazı ekonomik sonuçlar doğurmaktadır (Dünya Bankası, 2017).

1.2. Ekonomik Etki Alanları

AMD'nin, ekonomik etkileri çok boyutludur ve genellikle mikro, mezo ve makro olmak üzere üç düzeyde ele alınmaktadır. Bu sınıflandırma, etkilerin işletme, sektör ve ulusal ekonomi düzeylerinde nasıl ortaya çıktığını açıklamak açısından önemlidir.

Mikroekonomik düzeyde, hayvancılık işletmelerinde ortaya çıkan doğrudan maliyetler (tedavi masrafları, üretim kayıpları ve artan ölüm oranları gibi) öne çıkmaktadır. Dirençli enfeksiyonların, tedavisi zor ve maliyetli olup; tedavi süreçlerinin uzamasına, ek iş gücü kaybına ve daha yüksek ilaç maliyetlerine yol açarak işletme düzeyinde ekonomik baskı oluşturur. Ayrıca, hayvan kayıpları, azalan verimlilik ve düşen ürün kalitesi işletme gelirlerini olumsuz etkiler. Bu durum özellikle süt, et ve yumurta gibi hayvansal ürünlerin birim maliyetini artırır ve küçük ölçekli işletmelerin rekabet gücünü zayıflatmaktadır (Queenan ve ark., 2016; Rushton ve ark., 2014; Ryan, 2019).

Mezoekonomi, mikroekonomi ile makroekonomi arasında yer alan bir analiz düzeyidir ve piyasa kurumları ile bireysel ekonomik davranışlar arasındaki etkileşimleri inceleyen bir yaklaşımı temsil eder. Bu düzeyde analiz, yalnızca bireysel işletmelerin veya tüm ekonominin değil, belirli sektörlerin, bölgelerin veya değer zincirlerinin iç dinamiklerini ve kolektif eylemlerini dikkate alır (Raboisson ve ark., 2020).

Antimikrobiyal direnç bağlamında, mezoekonomik yaklaşım, hayvansal üretim sektöründeki aktörler (üreticiler, veteriner hekimler, sanayi, tüketiciler) arasındaki etkileşimleri ve bu etkileşimlerin özel ve kamuya yönelik sonuçlarını değerlendirmeyi amaçlar. Bu yaklaşım, ekonomik modele dışsallık (externality), küresellik (globality) ve geleceklilik (futuraity) gibi kavramları dâhil ederek mikroekonomik analizlerin sınırlamalarının ötesine geçer. Bu yaklaşım, AMD kontrolünde sürdürülebilir üretim standartlarının geliştirilmesini kolaylaştırırken rekabetle de uyumlu kalır ve kamu ile özel sektör uygulamaları arasında denge kuran pratik çözümler sunar (Raboisson ve ark., 2020).

Mezoeconomik düzeyde, antimikrobiyal direnç; tarım, hayvancılık ve gıda sektörlerinde verim düşüşleri, ihracat kısıtlamaları ve iş gücü kayıpları gibi dolaylı etkilerle kendini gösterir. İlaçlara dirençli patojenlerin, hayvancılık sektöründe üretim kayıplarına, daha yüksek ölüm oranlarına ve artan tedavi maliyetlerine yol açarak hem gıda güvenliğini hem de ticareti olumsuz etkilediği bildirilmiştir (Raboisson ve ark., 2020).

Makroekonomik düzeyde, ulusal sağlık harcamalarındaki artış, kamu bütçesi üzerinde baskı oluşturur ve gayri safi yurt içi hasılda (GSYİH) azalmaya neden olur. Antimikrobiyal direnç, üretkenliği azaltarak, kamu sağlık sisteminde tedavi ve gözetim maliyetlerini artırarak ve hayvansal üretim zincirinde gelir kayıplarına yol açarak makro düzeyde hissedilen bir baskı oluşturabilir. Uzun vadede, dirençli enfeksiyonlardaki artış ulusal ekonomilerde GSYİH’de %1-3 oranında kayıplara yol açabileceği öngörülmektedir (Dünya Bankası, 2017; Ryan, 2019). Ayrıca, ihracat pazarlarında kalite standartlarının karşılanamaması; tarım, hayvancılık ve gıda sektörlerinin küresel rekabetçiliğini azaltarak dış ticaret dengesini olumsuz etkileyeceği düşünülmektedir (Dünya Bankası, 2017; Queenan ve ark., 2016).

1.3. Antimikrobiyal Yönetimi (Stewardship) Kavramı

Antimikrobiyal yönetimi (Antimicrobial Stewardship; AMS), antimikrobiyal ilaçların uygun seçimi, dozunun belirlenmesi, uygulanma yolu ve tedavi süresinin optimize edilmesi yoluyla klinik etkinliğin korunmasını, direnç gelişiminin azaltılmasını ve istenmeyen sonuçların en aza indirilmesini amaçlayan stratejik bir yaklaşımdır (Dellit ve ark., 2007; Alhassan ve ark., 2025). Bu yaklaşım, yanlış veya gereksiz antimikrobiyal kullanımını sınırlamanın yanı sıra kapsamlı enfeksiyon kontrolü ve biyogüvenlik önlemlerinin uygulanmasını da içerir. Antimikrobiyal yönetim programları, klinik sonuçları iyileştirmeye ve sağlık hizmeti maliyetlerini azaltmaya katkıda bulunur. Bu nedenle, AMS, hem veteriner hem de insan tıbbında tedavi etkinliğini artırmak, direnç baskısını azaltmak, biyogüvenlik uygulamalarını güçlendirmek ve ekonomik sürdürülebilirliği sağlamak için kritik bir bileşendir (Dellit ve ark., 2007; Lloyd ve Page, 2018).

OECD’nin 2023 raporuna göre, *One Health* yaklaşımını içeren müdahale paketlerinde yatırımın getirisi yaklaşık 5 kat olarak hesaplanmıştır (OECD, 2023). Bu nedenle, veteriner hekimlikte stewardship programlarının yalnızca

etik veya klinik gerekçelerle değil, aynı zamanda ekonomik sürdürülebilirlik açısından da desteklenmesi gerekmektedir.

1.4. Ekonomik Değerlendirme Yaklaşımları

Sağlık ekonomisi ve hayvan sağlığı müdahalelerinde yaygın olarak kullanılan maliyet-fayda (CBA), maliyet-etkinlik (CEA) ve maliyet-yararlanım (CUA) analizleri, antimikrobiyal dirençle mücadele kapsamında yürütülen programların ekonomik etkilerini değerlendirmek için de uygun yöntemler sunmaktadır (Babo Martins ve Rushton, 2014; Parkin, 2017; Ryan, 2019).

Maliyet-fayda analizi (CBA), hayvan sağlığı müdahalelerini değerlendirmenin en köklü ve yaygın kullanılan yöntemlerinden biridir. Bu yöntem, bir müdahaleye yapılan yatırımın ekonomik getirisini belirleyerek toplam faydanın maliyetlere oranını bulmak için kullanılır. Bu yaklaşım, hastalık kontrolü, üretim kayıplarının azaltılması ve antimikrobiyal kullanım stratejilerinin ekonomik etkilerinin belirlenmesi gibi alanlarda önemli bir karar destek aracı olarak işlev görmektedir (Akin, 2023; Babo Martins ve Rushton, 2014; Ryan, 2019). Dolayısıyla, antibiyotik kullanımını azaltarak elde edilebilecek verimlilik artışı veya kayıpların azaltılması gibi çıktılar, program maliyetleriyle karşılaştırılarak ekonomik olarak değerlendirilebilir.

Maliyet-etkinlik analizi CEA, belirli bir sağlık çıktısına (örneğin antimikrobiyal direnç oranındaki azalma, hastalık insidansındaki düşüş veya tedavi başarısındaki artış) ulaşmak için yapılan harcamanın ne derece etkin olduğunu ölçen temel bir sağlık ekonomisi yöntemidir. Veteriner hekimlikte CEA; enfeksiyon kontrol programları, sürü sağlığı yönetimi, aşılanmanın ekonomik etkinliği ve biyogüvenlik uygulamalarının değerlendirilmesi gibi pek çok müdahalede yaygın biçimde kullanılmaktadır (Auplish ve ark., 2024; Babo Martins ve Rushton, 2014; Wubishet et al., 2022).

Maliyet-Yararlanım Analizi (CUA), sağlık çıktılarının yalnızca ekonomik yönünü değil, aynı zamanda yaşam kalitesi üzerindeki etkilerini de dikkate alan bir yaklaşımdır. CUA, "kazanılan kaliteli yaşam yılı (QALY)" veya "engelliliğe göre ayarlanmış yaşam yılı (DALY)" gibi ortak ölçütler aracılığıyla farklı müdahaleleri karşılaştırarak alternatif sağlık stratejilerinin toplam yararını değerlendirme fırsatı sunar (Auplish ve ark., 2024; Özdemir Karaca ve Atılgan, 2020). Veteriner hekimlikte CUA'nın uygulanması, hayvanlar için tam olarak geliştirilmiş yaşam kalitesi ölçütlerinin eksikliği,

uzun vadeli sağlık ve üretim verilerinin sınırlılığı ve etik tartışmalar gibi metodolojik zorlukları içerir (Budolfson ve ark., 2024). Buna rağmen, çok paydaşlı ve çok sektörlü müdahaleler gerektiren alanlarda, özellikle antimikrobiyal dirençte, CUA, farklı stratejilerin göreceli faydalarının ortak bir sağlık kazancı ölçütü aracılığıyla karşılaştırılmasına olanak tanıyarak politika geliştirme ve kaynak tahsis süreçlerine önemli katkılar sağlayabilmektedir.

Veteriner hekimlikte maliyet-etkinlik analizi (CEA), maliyet-fayda analizi (CBA) ve maliyet-yararlanım analizi (CUA); ulusal hayvan sağlığı politikası, kaynak planlaması ve antimikrobiyal yönetim programları için ticari ve ekonomik gerekçenin oluşturulması için kanıta dayalı karar verme çerçeveleridir. Kanıt tabanı, antimikrobiyal direnç tedavilerinin etkinliğini değerlendirme bağlamında daha da önemlidir; çünkü bu tür analizler, politika yapıcılarının sağlık ve ekonomik faydaları bütünüyle sunmaları için sağlam bir temel oluşturmaktadır. Gerçekten de, OECD (2023) raporu, iyi tasarlanmış antimikrobiyal direnç kontrol politikalarının uzun vadede çok yüksek ekonomik getiriler sağladığını da göstermektedir; WHO (2019) raporu ise, bu tür yaklaşımların ertelenmesiyle ilişkili olumsuz ekonomik maliyetleri vurgulamaktadır.

1.5. AMD'nin Ekonomik Yükünün GBADs Yaklaşımıyla Değerlendirilmesi

Hayvan Hastalıklarının Küresel Yüğü (GBADs – Global Burden of Animal Diseases) programı, 2018 yılında başlatılmış olup, hayvan hastalıklarının ekonomik sonuçlarını kapsamlı bir şekilde tahmin etmeye yönelik en büyük ve en kapsamlı çabalardan biridir. GBADs'ın hedefleri arasında dünya çapındaki hayvan varlıklarına yapılan ekonomik yatırımı, hastalıkların üretim ve verimlilik üzerindeki etkisini araştırmak ve hayvan sağlığı kayıplarının toplum genelindeki yansımalarını kapsamlı bir model bağlamında incelemek yer almaktadır (Rushton ve ark., 2021). Hayvan Sağlığı Kayıp Zarfı (AHLE – Animal Health Loss Envelope), programın önemli bir parçası olup, hayvan hastalıklarının neden olduğu toplam ekonomik kaybı genel ölçüm yaklaşımının bir parçası olarak tanımlar. AHLE, ideal bir hastalıksız üretim senaryosunda elde edilmesi gereken potansiyel çıktılar ile mevcut durum arasındaki farkı hesaplayarak üretim kaybı, tedavi harcamaları,

işletme düzeyindeki ek maliyetler, verimlilik düşüşleri ve ticari kayıpları kapsayan geniş bir ekonomik zarf oluşturur (Babo Martins, 2024).

GBADs yaklaşımı, antimikrobiyal direnç gibi küresel sağlık sorunlarının sadece veteriner sağlık alanında değil, aynı zamanda gıda güvenliği, uluslararası ticaret, çevresel sürdürülebilirlik ve halk sağlığında da çok yönlü ekonomik etkileri olduğunu göstermektedir. AMD, tedavi süresinin uzaması, tedavi başarısızlıkları, ikincil enfeksiyon riskleri, artan ölüm oranları ve hastalıkların işletme bazında yönetilmesindeki zorluklar gibi mekanizmalar aracılığıyla AHLE'nin genişlemesine katkıda bulunur. Buna bağlı olarak, doğrudan sağlık harcamaları ile birlikte verimlilik kayıpları, gelir kayıpları, iş gücü kaybı ve toplumsal maliyetler artmaktadır (GBD 2021 AMR Collaboratos, 2024).

WOAH (World Organisation for Animal Health-Dünya Hayvan Sağlığı Örgütü), FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations-Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü), akademik kurumların katkısıyla geliştirilen GBADs metodolojisi; hem hayvan hastalıklarının hem de AMD'nin ekonomik yükünü *Tek Sağlık* perspektifi altında ölçebilen güncel, güçlü ve standartlaştırılmış bir analiz çerçevesi sunmaktadır. Bu yönüyle GBADs, AMD'nin çok sektörlü ekonomik boyutunun değerlendirilmesine bilimsel bir temel sağlamak ve politika yapıcılar için karar destek mekanizması oluşturmaktadır (Raymond ve ark., 2023).

1.6. Tek Sağlık Perspektifi ve Antimikrobiyal Direnç Ekonomisi

Antimikrobiyal direnç, sadece insanlarda değil, aynı zamanda hayvanlarda, gıda üretim sistemlerinde ve çevresel ekosistemlerde meydana gelen etkileşimlerle tetiklenen karmaşık bir sağlık tehdididir (Queenan ve ark., 2016; WOA, 2025a). Bu nedenle, *Tek Sağlık (One Health)* yaklaşımı, AMD'nin ekonomik yükünü yorumlamak ve müdahale stratejilerini değerlendirmek için temel bir dayanak sunmaktadır. Tek Sağlık; insan, hayvan ve çevre sağlığı arasındaki bağlantıları dikkate alan bütüncül bir politika ve değerlendirme modelidir (Çevrimli ve Mat, 2024; WHO, 2025).

Çok sektörlü sağlık tehditlerinin ekonomik analizini yaparken, müdahalelerin gerçek sonuçlarını ve toplumsal etkilerini anlamak için insan, hayvan ve çevre sağlığı arasındaki etkileşimleri dikkate almak önemlidir. Bu

durum, AMD'nin sadece klinik bir sorun olmadığını, çok boyutlu bir problem olduğunu ve ekonomik etkilerinin geniş kapsamlı olduğunu göstermektedir. Bu etkiler arasında hayvan kayıpları ve hayvancılık işletmelerinde tedavi başarısızlıkları nedeniyle verimlilik düşüşleri, tarımsal üretim kayıpları, artan tedavi maliyetleri, azalan iş gücü verimliliği, gıda sistemlerinin bozulması ve çevresel kontaminasyon bulunmaktadır (Acosta ve ark., 2025; Auplish ve ark., 2024). Bu bağlamda, hayvan sağlığı kayıplarının ekonomik etkilerini sürekli ve karşılaştırmalı olarak değerlendiren GBADs Programı, *Tek Sağlık* yaklaşımına dayalı olarak hayvancılık sektöründe AMD yükünün ölçülmesi için uygun bir referanstır (Babo Martins, 2024; Rushton ve ark., 2021).

OECD'nin (2023) "AMD ile Mücadelede Tek Sağlık Çerçevesini Benimsemek (Embracing a One Health Framework to Fight AMR)" başlıklı raporu, tek sağlık stratejisi ile AMD kontrol paketlerinin sermaye maliyetlerinin çok ötesinde faydalar sağladığını vurgulamaktadır. Rapora göre, beşeri ve hayvan sağlığındaki antibiyotiklerin eşzamanlı kullanımının azaltılması, hijyen-biyogüvenlik uygulamalarının güçlendirilmesi ve izleme sistemlerinin entegrasyonu gibi girişimler, fayda-maliyet oranlarının 5:1'e kadar çıkmasını sağlamaktadır. Benzer şekilde, WHO'nun (2019) raporu, AMD ile mücadelede *Tek Sağlık* temelli müdahalelerin ekonomik gerekçesini vurgulamakta ve hareketsizliğin küresel ekonomiye trilyonlarca dolara mal olacağı konusunda uyarılmaktadır.

AMD'nin ekonomik değerlendirilmesinde *Tek Sağlık* çerçevesi, sadece maliyet-fayda analizi yapmak için daha gerçekçi bir fırsat sunmakla kalmaz, aynı zamanda ekonomik yöntemlerin, CBA, CEA ve CUA'nın çok sektörlü bir veri yapısına uyarlanması da içerir. Bu bağlamda Shaw et al. (2017), insan ve hayvan sağlığına ilişkin kayıpların farklı ölçü birimleriyle ifade edilmesinin — insanlarda DALY (Disability-Adjusted Life Year; Engelliliğe Uyarlanmış Yaşam Yılı), hayvanlarda ise üretim kaybı veya parasal kayıplar— önemli metodolojik güçlükler oluşturduğunu belirtmektedir. Yine de, Tek Sağlık yaklaşımı çerçevesinde geliştirilen ortak metrikler, özellikle hayvan hastalıklarına ilişkin parasal kayıpların ALE (Animal Loss Equivalent; Hayvan Kaybı Eşdeğeri) birimine dönüştürülerek insanlardaki DALY ile birleştirildiği zDALY (zoonotic DALY) yaklaşımı, bu sektörler arası uyumsuzluğun giderilmesine yönelik uygulanabilir çözümler sunmaktadır (Torgerson ve ark., 2017).

Ayrıca, Auplish ve ark., (2024) yaptığı sistematik inceleme, Tek Sağlık modeli ile tasarlanan ve yürütülen AMD ve zoonotik hastalık kontrol programlarının yaklaşık %80'inin olumlu ekonomik sonuçlarla ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır; dolayısıyla Tek Sağlık modeli, özellikle kamu yatırım kararları için önemli bir politika perspektifidir. Buna karşılık, Budolfson ve ark., (2024), AMR'nin hayvan refahı, üretim ekonomisi ve sağlık sonuçları üzerindeki etkilerinin ekonomik değerlendirmelerde sıklıkla yeterince temsil edilmediğini hatırlatmakta ve Tek Sağlık temelli modellerin, görünmez maliyetlerin analize dahil edilmesiyle kaynakların daha iyi tahsis edilmesine yardımcı olduğunu belirtmektedir.

Bu bağlamda Tek Sağlık perspektifi, AMD'nin ekonomik analizinin sadece tek bir sektör üzerinden yürütülmesini yetersiz kılmakta; bunun yerine insan, hayvan ve çevre sektörlerinin karşılıklı bağımlılığını esas alan entegre ekonomik modelleri zorunlu hâle getirmektedir. Böylece CBA, CEA ve CUA gibi yöntemlerle yapılan değerlendirmeler, AMD müdahalelerinin toplam toplumsal değerini daha doğru biçimde yansıtmakta ve veteriner hekimliğin antimikrobiyal yönetim (stewardship) stratejilerinin uygulanabilirliğini güçlendirmektedir.

2.VETERİNER HEKİMLİKTE STEWARDSHIP (YÖNETİŞİM/YÖNETİM) UYGULAMALARI

AMD ile mücadelede veteriner hekimlerin rolü, sadece hastalık tedavisinde değil, aynı zamanda akılcı ilaç kullanımı, koruyucu sağlık tedbirleri, ilaç kullanım kılavuzlarına uyum ve ilaç kullanım kayıtlarının tutulması gibi önleyici ve yönetsel sorumlulukları da kapsar. *Antimicrobial Stewardship (Antimikrobiyal Yönetim)*; insan ve hayvan sağlığında antimikrobiyal ilaçların etkinliğinin korunması, direncin azaltılması ve kullanım/tedavi maliyetlerinin en aza indirilmesi amacıyla çok disiplinli bir işbirliği rolü olarak tanımlanır (Ferreira ve ark., 2022; WHO, 2023; WOA, 2024).

2.1. Uygulama İlkeleri

Antimikrobiyal Stewardship, antimikrobiyal ilaçların etkinliğini korumayı, direnç gelişimini azaltmayı ve hem insan hem de hayvan sağlığı alanlarında tedavi süreçlerini rasyonelleştirmeyi amaçlayan çok disiplinli bir

yaklaşım olarak tanımlanmaktadır (Ferreira ve ark., 2022; WHO, 2023; WOA, 2024). Mevcut literatür, veteriner hekimlikte uygulanan stewardship programlarının sağlık üzerindeki olumlu etkilerini ve ayrıca hayvancılık sektöründe antibiyotik kullanımına yönelik gereksiz maliyetleri azaltarak, hastalıktan kaynaklı oluşan hayvancılık üretimindeki kayıpları önleyerek ve operasyonel verimliliği sürdürerek potansiyel ekonomik faydalar sağladığını göstermektedir (Acosta ve ark., 2025; Alhassan ve ark., 2025; WOA, 2024). Dolayısıyla, stewardship, hem AMD ile mücadelede hem de sürdürülebilir hayvancılık sistemlerinin ekonomik yönetişiminde giderek daha stratejik bir bileşen haline gelmektedir. Bu bağlamda, veteriner hekimlikte stewardship uygulamaları aşağıdaki prensiplere dayalı olarak şekillenmektedir:

1. Tanıya Dayalı Tedavi: Antibiyotik kullanımı gerektiğinde klinik bulgular ve laboratuvar testlerine (kültür, antibiyogram) dayandırılmalıdır ve gereksiz ampirik tedavilerden kaçınılmalıdır. Mikrobiyolojik doğrulama, özellikle ikinci basamak tedavi için WOA standartlarında temel bir gereklilik olarak tanımlanmaktadır (Ferreira ve ark., 2022). Tanıya dayalı ve hedefe yönelik tedavi yaklaşımları, yanlış veya gereksiz antibiyotik kullanımını azaltarak tedavi başarısızlıklarıyla ilişkili üretim kayıplarını önlemeye ve ilaç maliyetlerini düşürmeye katkıda bulunan maliyet etkin uygulamalardır (Dünya Bankası, 2017; Ryan, 2019).

2. Doğru Antibiyotik, Doğru Doz, Doğru Süre: WOA tarafından tanımlanan antimikrobiyal yönetim prensiplerine göre, tedavide kullanılan en uygun tedavi yaklaşımının “*doğru antimikrobiyal (right antimicrobial), doğru hayvan veya hayvan grubu (right subject), doğru zaman (right time), doğru doz (right dose) ve doğru süre (right duration)*” ilkelerine dayandığı belirlenmiştir. Bu anlamda, antibiyotiklerin seçimi ve uygulanması klinik gereksinimlere uygun olmalıdır. Dozaj farmakokinetik ve farmakodinamik özelliklere göre ayarlanmalı ve tedavi süresi gereksiz uzatılmamalıdır (WOA, 2024). Ayrıca bu yaklaşım, gereksiz antibiyotik kullanımını azaltarak ilaç maliyetlerini düşürmeye, yetersiz ya da aşırı dozların neden olduğu tedavi başarısızlıklarını önlemeye ve buna bağlı üretim kayıplarını azaltmaya yardımcı olan maliyet-etkin bir uygulama olarak değerlendirilmektedir (Dünya Bankası, 2017; OECD, 2019).

3. Koruyucu Veterinerlik Hizmetleri: Aşılama, hijyen, karantina ve biyogüvenlik uygulamaları ile sürü sağlığı yönetimi enfeksiyon riskini

azaltarak antibiyotik ihtiyacını kaynağında düşürmektedir (FAO, 2021; WOA, 2024). Güncel araştırmalar, biyogüvenlik düzeyi yüksek çiftliklerde antimikrobiyal kullanımın anlamlı şekilde daha düşük olduğunu göstermektedir (Dhaka ve ark., 2023). Koruyucu uygulamalar, enfeksiyonların önlenmesine yardımcı olarak antibiyotik ihtiyacını azaltmakta; bu sayede direnç riskini düşürmekte ve tedavi maliyetlerini sınırlamaktadır.

4. Eğitim ve Farkındalık: Üreticiler, veteriner hekimler ve saha çalışanları arasında doğru antibiyotik kullanımı, kalıntı arınma süreleri, direnç mekanizmaları ve alternatif tedavi yöntemleri konusunda farkındalık artırılması stewardship uygulamalarının sürdürülebilirliği için önemlidir. Birçok ülkede yapılan çeşitli çalışmalar, yetiştiricilerin ve veteriner hekimlerin antibiyotik kullanımı ve AMD konusundaki bilgi ve tutumlarında önemli eksiklikler olduğunu ortaya koymaktadır. Bu nedenle, düzenli eğitim ve farkındalık programlarının, irrasyonel kullanımı başarıyla minimize ettiği belirlenmiştir (Nogueira ve ark., 2025; Öztürk ve ark., 2019; Shahi ve Jeamsripong, 2024; Subedi ve ark., 2023; Sumi ve ark., 2025). Bu tür eğitim süreçleri, yanlış antibiyotik kullanımıyla ilişkili gereksiz masrafların azalmasına, hayvancılık işletmelerinde verimliliğin korunmasına yardımcı olmaktadır.

5. Veri İzleme, Raporlama ve Geri Bildirim: Antimikrobiyal kullanım ve AMD verilerinin düzenli olarak toplanması, analiz edilmesi ve politika yapıcılarla paylaşılması, veteriner hekimlikte stewardship yaklaşımının temel bileşenlerinden biridir. Bu yaklaşım, hem tedavi kararlarının rasyonelleştirilmesi hem de risk değerlendirmesi ve maliyet-etkin ulusal müdahalelerin planlanması için önemlidir. WOA'nın ANIMUSE (ANimal antiMicrobial USE-Hayvanlarda Antimikrobiyal Kullanımına İlişkin Küresel Veri Tabanı) programı, ülkelerin antimikrobiyal kullanım verilerini standart bir formatta raporlamasına olanak sağlayarak uluslararası izleme kapasitesini güçlendirmekte; harmonize veri akışı sayesinde sektörler arası karşılaştırılabilirliği artırmaktadır (Ferreira ve ark., 2022; WOA, 2024). Bu tür izleme sistemleri, gereksiz antibiyotik kullanımından kaynaklanan ekonomik kayıpların belirlenmesi ve bilimsel temellere dayalı politika tasarımı ve sürdürülmesi için de önemli sonuçlara sahiptir.

2.2. Avrupa Birliği (AB) ve OECD Ülkelerinde Stewardship Modelleri

Avrupa Birliği ve OECD ülkeleri, veteriner hekimlikte antimikrobiyal yönetimi (stewardship) uzun yıllardır politika, mevzuat, sürveyans ve ekonomik teşviklerle desteklenen bütüncül sistemler halinde uygulamaktadır. AB'nin 2011 tarihli EU AMR Action Plan ile birlikte antibiyotik kullanımı sıkı biçimde düzenlenmiş; birçok ülkede ulusal eylem planları, reçete kontrol mekanizmaları, kullanım izleme sistemleri ve çiftlik düzeyinde müdahaleler hayata geçirilmiştir (European Commission, 2011).

OECD ülkelerinde veteriner antimikrobiyal yönetimi; genellikle AB'ye paralel bir çerçevede şekillenmekte ve satış verilerinin izlenmesi, reçete uygulamalarının düzenlenmesi, yüksek riskli kullanım modellerinin azaltılması ve gözetim kapasitesinin güçlendirilmesi gibi ortak politika başlıkları arasında yer almaktadır. OECD'nin 2019 ve 2023 değerlendirmeleri, 2011'den bu yana veteriner antibiyotik satışlarının çoğu üye ülkede önemli ölçüde azaldığını ve bu azalmanın özellikle domuz ve kümes hayvanı üretiminde yoğunlaştığını göstermektedir. Raporlar ayrıca antibiyotik kullanımındaki azalmanın çiftlik düzeyinde teknik performansı olumsuz etkilemediğini ve aşılama, biyogüvenlik ve yetiştirme koşullarına yapılan yatırımlarla maliyetlerin büyük ölçüde dengelenebildiğini, bu nedenle azaltma programlarının ekonomik olarak da uygulanabilir olduğunu ortaya koymaktadır. Genel olarak, OECD ülkeleri, direnç izleme, çiftlik yönetim uygulamaları ve ekonomik teşviklerle kullanım azaltımını destekleyen çok bileşenli stewardship modellerine doğru evrilmektedir (OECD, 2023; Ryan, 2019).

Hollanda, hayvansal üretimde antibiyotik kullanımını azaltmada en başarılı ülkelerden biridir. SDA (Stichting Diergeneesmiddelen Autoriteit-Hollanda Veteriner İlaç Otoritesi Vakfı) raporlarına göre, Hollanda'da veteriner antibiyotik kullanımında 2009 referans yılına kıyasla 2020 itibarıyla yaklaşık %70'lik bir azalma (SDA, 2020) ve 2023 yılı için ise %76'ya kadar bir azalma gözlemlenmiştir (SDA, 2023). Bu dramatik azalma, tek bir zorunlu uygulama nedeniyle değil, aynı anda birden fazla ilgili politika aracı sayesinde mümkün olmuştur. Bu bağlamda, Hollanda ulusal azaltma hedeflerini belirlemiş, yemlere antibiyotik karıştırılmasını (Avrupa Birliği mevzuatına uygun olarak büyümeyi teşvik edici amaçlarla) yasaklamış, profilaktik ve grup bazlı antibiyotik kullanımını ciddi şekilde kısıtlamış, çiftlik düzeyinde düzenli

antibiyotik kullanım izleme sistemleri oluşturmuş ve üreticiler için eğitim-farkındalık programları uygulamıştır. Ayrıca, veteriner hekimlerin ilaç reçete etmedeki rolünün katılığı ve veteriner hekim ile çiftçi arasındaki ilişkinin profesyonel bir çerçeve oluşturacak şekilde ne ölçüde resmileştirildiği, antibiyotiklerin daha rasyonel kullanılmasına katkı sağlamıştır. Tüm bu bileşenlerin birleşik etkisi, antibiyotik kullanımındaki azaltımın hayvan sağlığı, teknik performans veya işletme karlılığı açısından olumsuz sonuçlara yol açmadan sürdürülebilmesine olanak tanımıştır (Ryan, 2019).

Danimarka'nın veteriner antibiyotik kullanımını azaltma hedefinin birincil unsuru, 1995 yılından bu yana insan-hayvan-gıda sistemlerinden düzenli olarak veri toplayan DANMAP (The Danish Integrated Antimicrobial Resistance Monitoring and Research Programme-Danimarka Entegre Antimikrobiyal Direnç İzleme ve Araştırma Programı) izleme programıdır. Bu yapı, antibiyotik kullanımının ve direnç eğilimlerinin yakından izlenmesine ve bilimsel kanıtlara dayanan politikaların yönlendirilmesine olanak tanımaktadır (DANMAP, 2024). Bu program kapsamında, 2010 yılında başlatılan Yellow Card uygulaması ile özellikle domuz yetiştiriciliğinde (sütten kesilmiş yavru domuzlar [weaner], damızlık dişiler [sow], besi domuzları [finisher]) hayvan başına antibiyotik kullanımını sınırlamayı amaçlayan bir kontrol mekanizması geliştirilmiştir. Eşik miktarlarını aşan işletmelere, antibiyotik kullanımı azaltma, yönetim değişiklikleri, zorunlu danışmanlık ve sıkı denetimler gibi birkaç aşamalı yükümlülükler uygulanmıştır. Bunun neticesinde, antibiyotik kullanımı özellikle başlangıçta yüksek tüketim seviyelerine sahip işletmelerde önemli ölçüde azaldığı ve 2011 yılı itibarıyla birçok weaner süründe kullanım eğrisinin negatif yönde ilerlemeye başladığı bildirilmiştir (Lopes Antunes ve Jensen, 2020). Bu uzun vadeli eğilim, 2015-2022 yılları arasında toplam veteriner antibiyotik kullanımında bir azalma ve domuz sektöründe (ulusal tüketimin yaklaşık %84'ünü oluşturmakta) daha fazla bir düşüşün olduğunu gösteren DANMAP 2024 verileriyle de desteklenmektedir (DANMAP, 2024). Ekonomik cephede, OECD'nin değerlendirmesi ışığında, Danimarka'daki bu strateji, hayvancılık işletmelerinde yüksek biyogüvenlik, uygun barınma ve aşılama ve hastalık yönetimi gibi uygulamaların güçlendirilmesi yoluyla üretim verimliliği korunurken antibiyotik ihtiyacının azaltılmasını sağlayabilir. Bu sayede, antibiyotik azaltımı, işletme gelirlerinde ciddi bir kayba yol açmadan gerçekleştirilebileceği anlamına gelir (Ryan, 2019). Bu durum, antibiyotik

kullanımını azaltan önlemlerin sadece sağlık açısından değil, aynı zamanda ekonomik açıdan da sürdürülebilir olduğunu ve Danimarka stratejisinin *Tek Sağlık* yaklaşımına uygun entegre bir antibiyotik yönetimi örneği sunduğunu göstermektedir.

İsveç, hayvansal üretimde antibiyotik kullanımının sınırlandırılması konusunda Avrupa'da en erken ve en kapsamlı politika paketini uygulayan ülkelerinden biridir. İsveç 1986 yılında, büyümeyi teşvik edici amaçlarla antibiyotik kullanımını tamamen yasaklayan ilk ülke olmuştur ve bu erken düzenleyici yaklaşım, Avrupa politika tartışmalarında önemli bir emsal teşkil etmiştir. SWEDRES–SVARM (Swedish Antibiotic Sales and Resistance in Human Medicine & Swedish Veterinary Antibiotic Resistance Monitoring) 2017 verilerine dayanan OECD analizine göre, veteriner antibiyotik satışlarının 1980'lerin ortalarından 2016'ya kadar %70 oranında düştüğü; 2007 ile 2016 yılları arasında toplam satışlarda %40, bireysel tedavi için kullanılan preparatlarda %50 ve grup tedavisi için kullanılan antibiyotiklerde %97 oranında belirgin azalmaların olduğu belirtilmiştir (Ryan, 2019). SWEDRES–SVARM 2024 raporu, bu düşüş eğiliminin sürdüğünü ve son yıllarda hayvanlarda antibiyotik satışlarının düşük ve istikrarlı kaldığını belirtmektedir. Yine bu rapora göre, direnç oranları birçok hayvan türünde düşük veya orta seviyede görünmekte ve bazı patojenlerde ise gerileme eğilimi gözlemlenmektedir (PHAS ve SVA, 2025). İsveç'te uzun süredir uygulanan katı biyogüvenlik önlemleri, büyümeyi teşvik edici antibiyotiklerin yasaklanması, reçete kullanımının sıkı kontrolü ve tüm endüstriyel sektörlerdeki yüksek farkındalık seviyeleri bu sonucun elde edilmesinde kritik öneme sahiptir. Ayrıca, İsveç'in izleme altyapısı, SWEDRES–SVARM ve çiftlik hayvanı patojenlerini izleyen SvarmPat (Swedish Veterinary Antibiotic Resistance Monitoring-Pathogens; İsveç Veteriner Antimikrobiyal Direnç İzleme-Patojen Modülü) aracılığıyla insan, hayvan ve gıda bazlı verilerini izleyen entegre bir gözetim omurgası sağlamaktadır; bu sistem, yıllık raporlama ile desteklenmekte ve ulusal AMD stratejisinin güncellenmesine doğrudan veri sağlamaktadır.

Fransa, özellikle sığır, domuz, kümes hayvanları ve küçük ruminant üretiminde direnç izleme konusunda geniş kapsamlı bir çalışma yürütmektedir. Bu çalışma, 1982'den beri Avrupa'da veteriner antimikrobiyal direncinin izlenmesi için en eski ve en sağlam sistemlerden biri olan RESAPATH

(Hayvan Patojenlerinde Antimikrobiyal Direnç İçin Fransız İzleme Ağı) ağı kullanılarak yapılmaktadır. 2024 yılında RESAPATH'tan gelen rapor, ülkedeki hayvan türlerinin büyük çoğunluğunda çoklu ilaç direnci oranlarının düşük veya sabit olduğunu ve üçüncü-dördüncü nesil sefalosporinler ve florokinolonlara karşı direncin uzun vadede azalan bir eğilim gösterdiğini doğrulamaktadır (ANSES, 2024). Bu izleme verilerinin istikrarı, Fransa'da yıllardır uygulanan EcoAntibio programlarının üreticilerin davranışlarını değiştirdiğini ve antibiyotik kullanımındaki tedricen azalmanın ise hayvancılık işletmelerinde hastalık baskısının daha iyi yönetimi ve tedavi başarısızlıklarından kaynaklanan ekonomik kayıpların azalması ile ilişkili olduğunu göstermektedir (ANSES, 2024). Bu anlamda, Fransa'nın sistemi direnç davranışındaki eğilimleri kaydetmenin yanı sıra, üreticilerin yüksek maliyetli hastalık kümelerini erken tespit etmelerine yardımcı olarak ekonomik bir karar destek işlevi de görmektedir.

Almanya, veteriner antibiyotik kullanımı ve antimikrobiyal dirençle mücadelede izleme faaliyetlerini tamamen DART (Almanya'nın antimikrobiyal direnç stratejisi) 2030 ulusal stratejisi çerçevesinde gerçekleştirmektedir. DART 2030 ve 2024–2026 Eylem Planı, hayvansal üretim sektörlerinde antibiyotik kullanımının düzenli izlenmesini, satış verilerinin detaylı değerlendirilmesini ve direnç profillerinin gıda zinciri boyunca bütüncül analizini zorunlu bir ulusal hedef olarak tanımlamaktadır. Bu plan kapsamında, özellikle sığır, domuz ve kümes hayvanı işletmelerinde biyogüvenlik, aşılama ve barınak yönetimi gibi önleyici uygulamaların güçlendirilmesi, antibiyotik kullanımını azaltarak ve uzun vadede tedavi maliyetlerini düşürerek işletme ekonomisine doğrudan katkıda bulunan temel araçlar olarak kabul edilmektedir. Almanya'nın bu yeni yapısı, direnç eğilimlerini sadece teknik bir gösterge olarak değil, aynı zamanda üretim maliyetlerinin öngörülebilirliği ve sürdürülebilir hayvancılık politikalarının uygulanabilirliği açısından stratejik bir unsur olarak değerlendirmektedir (DART 2030 Action Plan, 2023; 1st DART 2030 Action Plan 2024–2026, 2024).

Fransa'daki RESAPATH ve Almanya'daki DART 2030 çerçevesi, sadece direnç izleme verisi üreten sistemler değil; aynı zamanda antibiyotik kullanımındaki azalmayı, hastalık yükünün kontrolünü ve uzun vadeli işletme maliyetlerini doğrudan etkileyen ekonomik karar mekanizmaları olarak

çalışmaktadır. Bu yönleriyle her iki ülke de AB'de veteriner sektörüne ilişkin en gelişmiş stewardship modelleri arasında yer almaktadır.

ABD (Amerika Birleşik Devletleri), bu alanda Avrupa Birliği dışında önemli örneklerden biridir. ABD'de, Ulusal Antimikrobiyal Direnç İzleme Sistemi (NARMS), veteriner antimikrobiyal direnç izleme altyapısının temelini oluşturur ve 1996 yılında FDA (Food and Drug Administration; Gıda ve İlaç İdaresi), CDC (Centers for Disease Control and Prevention; Hastalık Kontrol ve Önleme Merkezleri) ve USDA (United States Department of Agriculture; Amerika Birleşik Devletleri Tarım Bakanlığı) işbirliğiyle oluşturulmuştur. NARMS, insan, hayvan ve perakende gıda kaynaklı enterik bakterilerde antimikrobiyal direnç insidansını izlemek için ulusal bir Tek Sağlık surveyans programıdır. Veriler, herhangi bir direnç değişikliğini izlemek ve FDA'nın düzenleyici eylemlerinin etkinliğini değerlendirmek amacıyla kullanılmaktadır (FDA, 2025). FDA'nın 2017'deki Guidance for Industry #213 ve Veterinary Feed Directive (VFD) düzenlemeleri ile büyüme teşviki için tıbbi açıdan önemli antibiyotiklerin kullanımının sona erdirilmesi ve tüm kullanımın zorunlu veteriner hekim kontrolüne bağlanması, bu surveyans sistemini önemli ölçüde iyileştirmiştir (FDA, 2024a). Bu düzenlemeleri takiben gıda hayvanlarında kullanılan tıbbi açıdan önemli antimikrobiyallerin uzun vadeli satışları, VFD'nin ardından yayınlanan FDA'nın yıllık satış raporlarının gösterdiği gibi, istikrarlı bir şekilde azalmaktadır (FDA, 2024a). FDA'nın 10 Ekim 2024'te yayınladığı 2023 özet raporu, gıda üreten hayvanlarda kullanımı için satılan veya dağıtılan antimikrobiyallerin satışlarının 2022'den 2023'e %2 azaldığını veya 2015'teki zirveye göre kümülatif olarak %37 düştüğünü ortaya koymaktadır (FDA, 2024b). Bu eğilim, büyüme amaçlı antibiyotik kullanımının kaldırılması ve veteriner reçetelerinin zorunlu hale getirilmesiyle antibiyotik kullanımının genel olarak azaldığı anlamına gelmektedir. NARMS'ın sunduğu surveyans verileri merceğinden ölçüldüğünde, analizler ABD'nin *Tek Sağlık* yaklaşımıyla uyumlu bir yönetim modeli, bir çerçeve oluşturduğunu göstermektedir.

Sözü edilen bu altı ülkenin kapsanmasının gerekçesi, AB ve OECD içinde veteriner antimikrobiyal yönetim uygulamalarının en kapsamlı, uzun vadeli ve iyi belgelenmiş örneklerini sunmalarıdır. Bu bağlamda, Hollanda'nın hedefe dayalı azaltma modeli, Danimarka'nın DANMAP ve Yellow Card sistemi, İsveç'in erken düzenleyici müdahaleleri, Fransa'nın RESAPATH ağı

ve Almanya'nın DART 2030 çerçevesi, antibiyotik tüketimi ve direnç eğilimlerinin uzun vadeli kontrolüne önemli ölçüde katkıda bulunan bütüncül çözümler sunmuştur. Bu yaklaşımlar sadece antibiyotik reçetelendirmesini azaltmakla kalmamış, aynı zamanda biyogüvenlik ve hastalık yönetimi, operasyonel maliyet öngörülebilirliği, üretim verimliliği ve diğer faktörler (iş gücü verimliliğinde artış, ürün kalitesinde iyileşme gibi) açısından somut ve istikrarlı ekonomik getiriler sağlamada da başarılı olmuştur. Bu nedenle, veteriner hekimlikte antimikrobiyal dirençle mücadelede başarılı kabul edilen yönetim uygulamalarının nasıl tasarlandığı ve hangi politika bileşenleri tarafından desteklendiği, bu ülkeler aracılığıyla en net şekilde anlaşılabilir.

2.3. Türkiye’de Durum ve Uygulama Alanları

Türkiye’de veteriner hekimlikte antimikrobiyal dirençle mücadele, son zamanlarda ulusal strateji geliştirme projeleri aracılığıyla güncel bir politika alanı olarak ortaya çıkmıştır. Sağlık Bakanlığı tarafından yayımlanan “Antimikrobiyal Dirençle Mücadele Ulusal Eylem Planı Çalıştayı”na (Sağlık Bakanlığı, 2025) göre, hem insan hem de hayvan sağlığını ele alan kapsamlı bir yönetişimin gerekli olduğu; reçeteleme süreçlerinin dijitalleştirilmesi, direnç üzerine sürekli veri toplanması ve paydaşlar arasında iyileştirilmiş koordinasyonun önemli öncelikler olarak vurgulanmaktadır. Türkiye’de büyüme destekleyici amaçla kullanılan antibiyotikler 2006 yılında tamamen yasaklanarak, hayvancılık sektöründe antimikrobiyal kullanımında düzenleyici bir adım atılmıştır (Tuncer, 2007). Veteriner tıbbi ürün kullanımının kayıt altına alınması, 2018 yılında ülke genelinde zorunlu hâle getirilen veteriner hekim e-reçete uygulaması ile desteklenmiş; veteriner ilaçlarının üretimden son kullanıcıya kadar izlenebilmesi ise İlaç Takip Sistemi (İTS) üzerinden yürütülmeye başlanmıştır (TOB, 2018). Hayvan hareketleri ve işletmelerine ilişkin veriler, izlenebilirlik altyapısını geliştirmek amacıyla TÜRKVET (Hayvan Kayıt Sistemi) veri tabanı aracılığıyla takip edilmektedir. Ancak, uluslararası kuruluşların değerlendirmeleri, antimikrobiyal dirençle mücadele eden birçok ülkede izleme sistemlerinin etkinliği, paydaşlar arası koordinasyon, davranışsal uyum ve ekonomik kısıtlamalar gibi ortak bir dizi zorluk olduğunu da göstermektedir (OECD, 2023; WOA, 2025a). Dolayısıyla, Türkiye’nin veteriner hekimlikte AMD ile etkili bir şekilde ilerleyebilmesi için mevcut dijital izleme sistemlerinin kullanımını iyileştirmesi, ekonomik ve davranışsal

teşvik mekanizmalarını güçlendirmesi ve çiftçiler ile veteriner hekimler arasında işbirliğine dayalı sürdürülebilir yönetim modellerini benimsemesine bağlı olarak gerçekleştirilebileceği düşünülmektedir.

SONUÇ

Antimikrobiyal direnç, modern veteriner hekimliğin ve küresel sağlık sistemlerinin karşı karşıya olduğu en kritik tehditlerden biridir. Direncin biyolojik kökeni mikrobiyal adaptasyon olmakla birlikte, sorunun etkileri sağlık, ekonomi, gıda güvenliği ve çevre boyutlarını aynı anda etkileyen karmaşık bir yapı arz etmektedir. Bu nedenle antimikrobiyal dirençle mücadele, yalnızca klinik uygulamaların değil; ekonomik analizlerin, davranışsal yaklaşımların ve yönetim modellerinin birlikte ele alınmasını gerektiren çok bileşenli bir süreçtir.

Tek Sağlık yaklaşımı, insan, hayvan ve çevre sağlığını ortak bir çerçevede ele alarak AMD ile mücadelede bilimsel temeli güçlendirmektedir. Uluslararası deneyimler, antimikrobiyal yönetim (stewardship) programları düzgün bir şekilde uygulandığında, sadece direnç oranlarını azaltmakla kalmayıp, aynı zamanda üretim verimliliğini artırdığını, hastalık yükünü azalttığını ve uzun vadeli ekonomik kazançlar sağladığını göstermektedir. Bu bağlamda, maliyet-fayda (CBA), maliyet-etkinlik (CEA) ve maliyet-yararlanım (CUA) analizleri, politika yapıcıların müdahalelerin gerçek ekonomik değerini değerlendirmelerine olanak tanıyan güçlü araçlardır. OECD değerlendirmelerinde vurgulanan yüksek yatırım getirisi, AMD ile mücadelenin aynı zamanda rasyonel bir ekonomik tercih olduğunu doğrulamaktadır.

Veteriner hekimlikte sürdürülebilir bir antimikrobiyal yönetimi, yalnızca antibiyotik kullanımını azaltmaya odaklanan sınırlı bir yaklaşım olmaktan çıkarak; biyogüvenlik, aşılama, enfeksiyon kontrolü, kayıt sistemleri, izleme altyapısı, eğitim-farkındalık çalışmaları ve davranışsal teşvikleri bir araya getiren stratejik bir çerçeveye dönüşmektedir. Bu bütüncül yapı, hem hayvan sağlığını korumakta hem de gıda üretim sistemlerinin dayanıklılığını artırmaktadır.

Sonuç olarak antimikrobiyal dirençle mücadelede başarı, bilimsel kanıtlar, ekonomik değerlendirme araçları ve sektörler arası iş birliği üzerine inşa edilen çok katmanlı bir yaklaşım gerektirir. *Tek Sağlık* perspektifine dayalı entegre stewardship modelleri, küresel ölçekte AMD'nin yükünü azaltmak için

en güçlü yol haritasını sunmakta; gelecekte dirençle mücadelenin temel stratejik çerçevesini oluşturmaktadır. Bu çerçeve aynı zamanda, hayvancılık sektöründe maliyetlerin azalması, üretim kayıplarının önlenmesi ve kaynak kullanımının optimize edilmesi yoluyla güçlü bir ekonomik getiri sağlamaktadır.

KAYNAKÇA

- 1st DART 2030 action plan: 2024–2026. (2024). Federal Ministry of Health.
- Abate, T.A., & Birhanu, A.G. (2025). Antibiotic use in livestock and environmental antibiotic resistance: a narrative review. *Environ Health Insights*, 19:1-12.
- Acosta, A., Roland-Holst, D., Nicolli, F., Tirkaso, W., Rocha, J. S., & Song, J. (2025). A One Health framework to assess the economic returns on investment in livestock antimicrobial stewardship. *One Health*, 21, 101188.
- Akın, A. C. (2023). Hayvan hastalıklarından kaynaklanan ekonomik kayıplar. Günlü, A. (Ed.), *Hayvan sağlığı ekonomisi* (ss. 65–99). Akademisyen Kitabevi.
- Alhassan, M. Y., Kabara, K. M., 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(25).
- ANSES. (2025). Resapath – French surveillance network for antimicrobial resistance in bacteria from diseased animals: 2024 annual report. Lyon & Ploufragan–Plouzané–Niort, France.
- Auplish, A., Raj, E., Booijink, Y., de Balogh, K., Peyre, M., Taylor, K., Sumption, K., & Häsler, B. (2024). Current evidence of the economic value of One Health initiatives: A systematic literature review. *One Health*, 18, 100755.
- Babo Martins, S., & Rushton, J. (2014). Cost-effectiveness analysis: Adding value to assessment of animal health, welfare and production. *Revue Scientifique et Technique*, 33(3), 1–18.
- Babo Martins, S., Sucena Afonso, J., Fastl, C., Huntington, B., & Rushton, J. (2024). The burden of antimicrobial resistance in livestock: A framework to estimate its impact within the Global Burden of Animal Diseases programme. *One Health*, 19, 100917.
- Budolfson, M., Espinosa, R., Fischer, B., & Treich, N. (2024). Monetizing animal welfare impacts for benefit–cost analysis. *Journal of Benefit-Cost Analysis*, 15(S1), 206–223.

- Çayar, S., & Ocaktan, M. E. (2025). Antimikrobiyal Direnç Tehdidi: Önlenmesi, Kontrolü ve Yönetimi. *Sağlık ve Toplum Dergisi*, 35(2), 15-25.
- Çevrimli MB, & Mat B. (2024). Tek sağlık yaklaşımı ile zoonotik hastalık risklerinin azaltılmasının ekonomik değerlendirilmesi. Aslım, G. (Ed.), *Tek sağlık teorikten pratiğe* (ss. 301–329). Nobel Tıp Kitabevleri.
- DANMAP. (2024). DANMAP 2024: Use of antimicrobial agents and occurrence of antimicrobial resistance in bacteria from food animals, food and humans in Denmark. National Food Institute, Technical University of Denmark; Statens Serum Institut.
- DART 2030: German antimicrobial resistance strategy. (2023). Federal Ministry of Health.
- Dellit, T.H., Owens, R.C., McGowan, J.E. Jr., Gerding, D.N., Weinstein, R.A., Burke, J.P., ... & Hooton, T.M. (2007). Infectious Diseases Society of America and the Society for Healthcare Epidemiology of America Guidelines for Developing an Institutional Program to Enhance Antimicrobial Stewardship. *CID*, 44:159-177.
- Dhaka, P., Chantziaras, I., Vijay, D., Bedi, J. S., Makovska, I., Biebaut, E., & Dewulf, J. (2023). Can improved farm biosecurity reduce the need for antimicrobials in food animals? A scoping review. *Antibiotics*, 12(5), 893.
- Dünya Bankası. (2017). Drug-resistant infections: A threat to our economic future (Final report, March 2017). Washington, DC: World Bank.
- European Commission. (2011). Action plan against the rising threats from antimicrobial resistance (COM(2011) 748 final). Directorate-General for Health & Consumers.
- FAO. (2021). The FAO Action Plan on Antimicrobial Resistance 2021–2025: Supporting innovation and resilience in food and agriculture sectors. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. ISBN 978-92-5-134673-0.
- FDA (U.S. Food and Drug Administration). (2024a). Fact Sheet: Veterinary Feed Directive-Final Rule and Next Steps. Erişim Tarihi: 01.12.2025, Erişim Adresi: <https://www.fda.gov/animal-veterinary/development-approval-process/fact-sheet-veterinary-feed-directive-final-rule-and-next-steps>

- FDA (U.S. Food and Drug Administration). (2024b). 2023 Summary Report on Antimicrobials Sold or Distributed for Use in Food-Producing Animals. Erişim Tarihi: 01.12.2025, Erişim Adresi: <https://www.fda.gov/animal-veterinary/antimicrobial-resistance/2023-summary-report-antimicrobials-sold-or-distributed-use-food-producing-animals>
- FDA (U.S. Food and Drug Administration). (2025). National Antimicrobial Resistance Monitoring System (NARMS). Erişim Tarihi: 30.11.2025, Erişim Adresi: <https://www.fda.gov/animal-veterinary/antimicrobial-resistance/national-antimicrobial-resistance-monitoring-system>
- Ferreira, J. P., Gochez, D., Jeannin, M., Magongo, M. W., Loi, C., Bucher, K., Moulin, G., & Erlacher-Vindel, E. (2022). From OIE standards to responsible and prudent use of antimicrobials: Supporting stewardship for the use of antimicrobial agents in animals. *JAC–Antimicrobial Resistance*, 4(2), dlac017.
- GBD 2021 Antimicrobial Resistance Collaborators. (2024). Global burden of bacterial antimicrobial resistance 1990–2021: A systematic analysis with forecasts to 2050. *The Lancet*, 404(10551), 1199–1226.
- Grace, D. (2015). Review of evidence on antimicrobial resistance and animal agriculture in developing countries. International Livestock Research Institute (ILRI) for Evidence on Demand. UK Department for International Development (DFID).
- Kurum, S., Balcı, A. İ., Çuhadar, A. H., Aydemir, E., Erkal, E., Bulut, M., Ünal, E., & Gökler, M. E. (2025). Overview of antimicrobial resistance and epidemiology of Türkiye with a One Health approach. *Turkish Medical Journal*, 10(2), 65–75.
- Lloyd, D.H., & Page, S.W. (2018). Antimicrobial stewardship in veterinary medicine. *Microbiol Spectrum*, 6(3):ARBA-0023-2017.
- Lopes Antunes, A. C., & Jensen, V. F. (2020). Close to a decade of decrease in antimicrobial usage in Danish pig production: Evaluating the effect of the Yellow Card scheme. *Frontiers in Veterinary Science*, 7, 109.
- 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.

- O'Neill, J. (Chair). (2016). Tackling drug-resistant infections globally: Final report and recommendations. The Review on Antimicrobial Resistance. Government of the United Kingdom & Wellcome Trust.
- OECD. (2023). Embracing a One Health Framework to Fight Antimicrobial Resistance. OECD Health Policy Studies. OECD Publishing, Paris.
- Ozturk, Y., Celik, S., Sahin, E., Acik, M. N., & Cetinkaya, B. (2019). Assessment of farmers' knowledge, attitudes and practices on antibiotics and antimicrobial resistance. *Animals*, 9, 653.
- Özdemir Karaca, P., & Atılğan, E. (2020). Sağlık ekonomisinde ekonomik değerlendirme teknikleri. *Ejovoc*, 28-40.
- Parkin, D. (2017). Techniques of economic appraisal (including cost-effectiveness analysis and modelling, cost-utility analysis, option appraisal and cost-benefit analysis, the measurement of health benefits in terms of QALYs and related measures e.g. DALYs). In Health Economics. Health Knowledge. Erişim Adresi: <https://www.healthknowledge.org.uk/public-health-textbook/medical-sociology-policy-economics/4d-health-economics/economic-appraisal>
- PHAS & SVA (Public Health Agency of Sweden & Swedish Veterinary Agency). (2025). Swedres–Svarm 2024: Sales of antibiotics and occurrence of antibiotic resistance in Sweden. Solna & Uppsala.
- Queenan, K., Häsler, B., & Rushton, J. (2016). A One Health approach to antimicrobial resistance surveillance: Is there a business case for it? *International Journal of Antimicrobial Agents*, 48, 422–427.
- Raboisson, D., Ferchiou, A., Sans, P., Lhermie, G., & Dervillé, M. (2020). The economics of antimicrobial resistance in veterinary medicine: Optimizing societal benefits through mesoeconomic approaches from public and private perspectives. *One Health*, 10, 100145.
- Raymond, K., BenSassi, N., Patterson, G. T., Huntington, B., Rushton, J., Stacey, D. A., & Bernardo, T. M. (2023). Informatics progress of the Global Burden of Animal Diseases programme towards data for One Health. *Scientific and Technical Review*, 42, 218–229.
- Rushton, J., Huntington, B., Gilbert, W., Herrero, M., Torgerson, P. R., Shaw, A. P. M., Bruce, M., ... & Mesenhowski, S. M. (2021). Roll-out of the Global Burden of Animal Diseases programme. *The Lancet*.

- Rushton, J., Pinto Ferreira, J., & Stärk, K. (2014). Antimicrobial resistance: The use of antimicrobials in the livestock sector. OECD Food, Agriculture and Fisheries Papers, No. 68. OECD Publishing.
- Ryan, M. (2019). Evaluating the economic benefits and costs of antimicrobial use in food-producing animals. OECD Food, Agriculture and Fisheries Papers, No. 132. OECD Publishing, Paris.
- Sağlık Bakanlığı. (2025). Antimikrobiyal Direnç ile Mücadele Ulusal Eylem Planı Çalıştay–Sonuç Raporu. Sağlığın Geliştirilmesi Genel Müdürlüğü.
- SDa. (2020). Usage of antibiotics in agricultural livestock in the Netherlands in 2020. Netherlands Veterinary Medicines Authority.
- SDa. (2024). Usage of antibiotics in agricultural livestock in the Netherlands in 2023. Netherlands Veterinary Medicines Authority.
- Shahi, M. K., & Jeamsripong, S. (2024). Knowledge, attitudes, and practices on antimicrobial use and antimicrobial resistance among poultry practitioner veterinarians. *Front. Vet. Sci.*, 11, 1349088.
- Shaw, A. P. M., Rushton, J., Roth, F., & Torgerson, P. R. (2017). DALYs, dollars and dogs: How best to analyse the economics of controlling zoonoses. *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz.*, 36(1), 147–161.
- Subedi, D., Jyoti, S., Thapa, B., Paudel, S., Shrestha, P., Sapkota, D., ... & Al-Mustapha, A. I. (2023). Knowledge, attitude, and practice of antibiotic use and resistance among poultry farmers in Nepal. *Antibiotics*, 12(9), 1369.
- Sumi, F. S., Rafiq, K., Rahman, A. K. M. A., Hossain, M. T., Islam, P., Hasan, M. R., Iqbal, S. M., & Zaman, A. B. (2025). Large-animal farmers' knowledge, attitudes, and practices regarding antibiotic usage in dairy and beef fattening farms in Bangladesh's milk pocket areas. *Research Square*.
- TOB (Tarım ve Orman Bakanlığı). (2018). Veteriner hekimlikte e-Reçete uygulaması duyurusu. Erişim Tarihi: 30 Kasım 2025, Erişim Adresi: <https://www.tarimorman.gov.tr/GKGM/Haber/175/Veteriner-Hekimlikte-E-Recete-Uygulamasina-Gecildi>
- Torgerson, P. R., Rüegg, S., Devleeschauwer, B., Abela-Ridder, B., Havelaar, A. H., Shaw, A. P. M., Rushton, J., & Speybroeck, N. (2018). zDALY: An adjusted indicator to estimate the burden of zoonotic diseases. *One Health*, 5, 40–45.

- Trinchera, M., De Gaetano, S., Sole, E., Midiri, A., Silvestro, S., Mancuso, G., Catalano, T., & Biondo, C. (2025). Antimicrobials in Livestock Farming and Resistance: Public Health Implications. *Antibiotic*, 14(6):606.
- Tuncer, H.İ. (2007). Karma yemlerde kullanımı yasaklanan hormon, antibiyotik, antikoksidiyal ve ilaçlar. *Lalahan Hay. Araşt. Enst. Derg.*, 47(1) 29-37.
- WHO (World Health Organization). (2019). No time to wait: Securing the future from drug-resistant infections. Report to the Secretary-General of the United Nations. World Health Organization.
- WHO (World Health Organization). (2025). One health. Erişim Tarihi: 20.11.2025, Erişim adresi: https://www.who.int/health-topics/one-health#tab=tab_1
- WOAH (World Organisation for Animal Health). (2024). *Towards a healthier future for all: Progress in animal health to contain antimicrobial resistance* (32 pp.).
- WOAH (World Organisation for Animal Health). (2025a). Antimicrobial resistance. Erişim tarihi: 28 Ekim 2025, Erişim Adresi: <https://woah.org/en/what-we-do/global-initiatives/antimicrobial-resistance/>
- WOAH (World Organisation for Animal Health). (2025b). One Health. Erişim tarihi: 28 Ekim 2025, Erişim Adresi: <https://www.woah.org/en/what-we-do/global-initiatives/one-health/>
- World Health Organization (WHO). (2023). Antimicrobial resistance: Key facts. Erişim Adresi: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/antimicrobial-resistance>
- Wubishet, B. L., Merlo, G., Ghahreman-Falconer, N., Hall, L., & Comans, T. (2022). Economic evaluation of antimicrobial stewardship in primary care: A systematic review and quality assessment. *J Antimicrob Chemother*, 77(9), 2373–2388.

BÖLÜM 5

HAYVANLARDA DOLAŞIM SİSTEMİ

Dr. Öğr. Üyesi Canan YENİTÜRK BAYDAR¹

DOI: <https://www.doi.org/10.5281/zenodo.18085252>

¹ Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Ağız ve Diş Sağlığı Programı, Van, Türkiye. cananbaydar@yyu.edu.tr ORCID ID: 0000-0002-1211-2267 (Sorumlu Yazar).

GİRİŞ

Dolaşım sistemi, tüm canlıların hayati önem arz eden sistemidir. Gerekli maddelerin hücrelere taşınması, atık ürünlerin vücuttan uzaklaştırılması görevlerini yerine getiren sistemdir. Bu görevlerini yerine getirmesinde dolaşım sisteminin sıvısı olan kanın sirkülasyonu gerekir. Kan, kalbin pompalama fonksiyonu ile dolaşım sisteminin merkezi organı olan kalple birliktelik halindedir.

Hayvanlarda dolaşım sistemi (systema vasorum), kalp, bütün damarlar ve dolaşımın ana sıvısı olan kandan oluşmaktadır. Emme basma bir tulumba şeklinde çalışma düzeneğine sahip olan kalp işleyişi sayesinde kan, bütün damarlar içerisinde hareket eder. Kanın hareketi ile besin maddelerinin, hücre yaşamında gerekli olan oksijenin ve hormonların tüm dolaşıma aktarılması sağlanır. Vücutta bulunmaması gereken karbondioksit ve üre gibi zararlı maddeler kan dolaşımı sayesinde ilgili organlar ile atılır (Bahr, 2018).

1. KALP (COR)

Kalp; istemsiz çalışan, koyu kırmızı renkte, içi boş, kassel bir organdır. Dolaşım sisteminin merkezi olan kalp, şekli ile tabanı (basis cordis) yukarıda, tepesi (apex cordis) aşağıda olan koniyi anımsatır (Yıldırım, 2004).4

3.1. Kalbin Yeri ve Şekli

Kalp iki akciğer arasında, göğüs boşluğu yerleşkesinde, mediastinum'un iki yaprağı arasında, pericardium (kalp zarı) ile sarılı olarak bulunur. Median hatta (orta düzlem) göre kalbin büyük bir bölümü solda, geri kalan bölümü ise sağda yer alır. Kalp şekliyle carnivorlarda yuvarlak koni, sus ve ruminantda sivri koni, equidede ise dolgun koni görünümündedir (Çalışlar, Kahvecioğlu ve Mutus, 1996).

Hayvanın yaşı, cinsi ve çalışma şekline bağlı olarak kalbin konumu değişir. Ayrıca hayvan türlerine göre de kalp konumsal olarak değişiklik gösterir. Tüm evcil memelilerin kalp tabanı, birinci kaburganın median hattından geçen düzlem üzerine yerleşmiştir. Kalbin dik ya da caudale (kuyruk) eğiklik derecesinin saptanabilmesi için tüm hayvanlarda kaburga sayılarının bilinmesi gerekmektedir. Kalp, sus ve ruminantlarda 3.-5. kaburgalar arasında dik pozisyonda, equidede 3.-6. kaburgalar arasında ortalama dik pozisyonda,

carnivorlarda ise 3.-7. kaburgalar arasında hemen hemen eğik bir pozisyonda yer alır. Bir kalp, yaklaşık vücut ağırlığının %0,75'ini oluşturur (Dursun, 2008).

3.2. Kalbin Duvar Yapısı

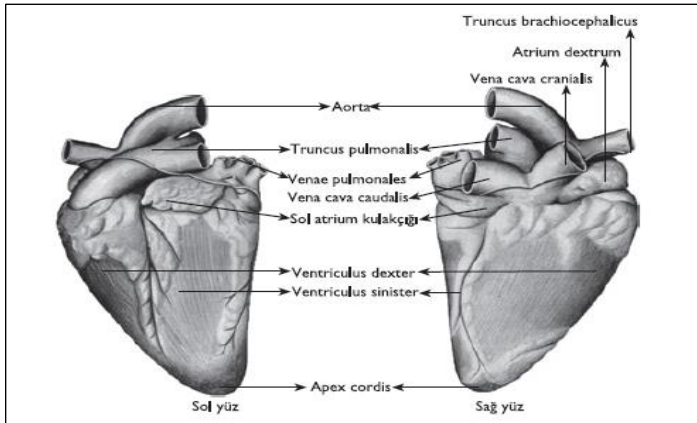
Parlak ve kaygan dış yüzeyi olan kalp, yan taraflardan biraz basık görünümündedir. Sağ ve sol taraflarda iki kenar ve iki yüze sahiptir.

Uzun ve az miktarda dışbükey görünüme sahip olan kenara kalbin başa yakın kenarı margo ventricularis dexter (margo cranialis) denir. Kısa ve az miktarda içbükey görünüme sahip olan kenara ise kalbin arkaya yakın kenarı margo ventricularis sinister (margo caudalis) denir.

Hayvanların göğüs bölümünün yan kenarlardan basık olması sebebiyle; kalpte sağ yüz (facies atrialis) ve sol yüz (facies auricularis) bulunur.

Kalbin dış yüzünde üç oluk bulunur. Bu oluklardan ilki atrium'lar ile ventriculus'ları birbirinden ayıran sulcus coronarius' dur. İkincisi kalbin sağ yüzü üzerinde yer alan sulcus interventricularis subsinuosus (sulcus longitudinalis dexter)' dur. Sonuncusu ise kalbin sol yüzü üzerinde yer alan sulcus interventricularis paraconalis (sulcus longitudinalis sinister)' dir.

Bahsi geçen bu üç oluk dışında sadece sığırdan bazen de köpekte yer alan sulcus intermedius vardır (Dyce, Sack ve Wensing, 2010).



Şekil 1. Sığır kalbinin sağ ve sol yüzeyden görünümü (Haziroğlu ve arkadaşları, 2019).

Pericardium

Pericardium, kalbi dıştan saran, kalbin şekline uyan kesedir. Fibröz ve seröz iki yapraktan oluşmuştur. Fibröz bağ dokudan oluşan pericardium fibrosum, kalbi tümüyle sardıktan sonra apex cordis seviyesinde kalbi sternum veya diaphragma'ya bağlar. Seröz bağ dokudan oluşan pericardium serosum ise lamina parietalis ve lamina visceralis diye adlandırılan iki katmandan oluşur.

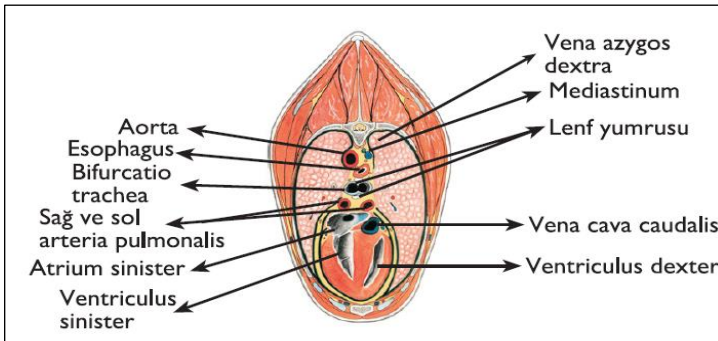
Lamina parietalis, pericardium fibrosum'un içte kalan kısmını örter iken lamina visceralis ise, kalbin dış yüzünü örter.

Kalbin duvar yapısını dıştan içe doğru üst üste sıralanan epicardium, myocardium ve endocardium oluşturur (Hazıroğlu ve Çakır, 2017).

Epicardium: Kalpte en dışta görülen tabakadır. Epicardium, pericardium serosum'un lamina visceralis'inden oluşur.

Myocardium: Kalp duvarını oluşturan kas tabakasıdır. Atrium duvarını oluşturan kas tabakası ile ventriculus duvarını oluşturan kas tabakası birbirinden anulus fibrosus'lar ile ayrılmıştır. Anulus fibrosus'lar sayesinde atrium'lar ile ventriculus'lar birbirinden ayrı çalışabilmektedir.

Endocardium: Myocardium'dan sonra gelen, kalbin iç yüzünü örten parlak görünümlü, düz bir zardır. Kalınlığı değişkendir. Kalınlığı, kalp duvarlarında kanın sürtünmesinin fazla olduğu yerlerde fazlalaşır iken sürtünmenin az olduğu yerlerde ise azalır (Iaizzo, 2009).



Şekil 2. At göğüs kafesinin enine kesiti (caudal'den görünüm) (Popesco, 1979).

3.3. Kalbin İç Yüzü

İçten dik bir bölme aracılığı ile iki bölüme ayrılan kalp, dıştan bakıldığı zaman tüm bir organ olarak görünür. Bölümlerden biri ön ve sağ kısımda, sağ atrium (atrium dexter) ve sağ ventriculus (ventriculus dexter)'u kapsar. Diğeri ise arka ve sol kısımda yer alan sol atrium (atrium sinistrum) ve sol ventriculus (ventriculus sinister)'u kapsar.

Kalbi içten iki bölüme ayıran dikey (vertikal) bölmenin atriumlar arasındaki kısmına septum interatriale, ventriculuslar arasındaki kısmına septum interventriculare denir (Dursun, 1996, Hazıroğlu ve arkadaşları, 2019).

Atrium Dextrum (Sağ Kulakçık)

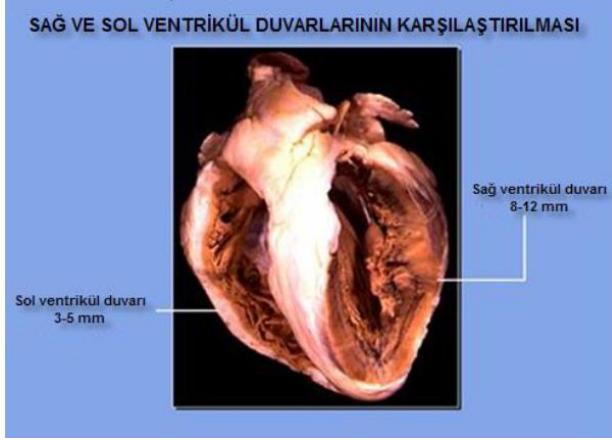
Kalbin sağ ve ön kısmında ventriculus dexter'in üzerinde yer alır. Atrium dextrum, yeterli olgunluğa ulaşmış bir kalpte asıl atrium boşluğu ve sinüs venorum cavarum'dan oluşur. Bu iki bölüm, crista terminalis kabartısıyla birbirinden ayrılır. Atrium dextrum'un basisinde kanın ventriculus dexter'e geçişini sağlayan ostium atrioventriculare dextrum diye bilinen delik yer alır. Bu deliğin üst kısmında valva atrioventricularis dextra (valva tricuspidalis-üçüz kapak) diye bilinen kapak yer alır. Valva tricuspidalis üç adet kuspisden oluşur. Kuspisler bulundukları yere göre cuspis anterior, cuspis posterior ve cuspis septalis'den oluşur. Valva tricuspidalis açılarak atrium dextrum' daki venöz (kirli) kanın ventriculus dexter'e geçişini gerçekleştirir. Aynı zamanda venöz kanın atrium dexter'e geri kaçmasını engeller (Küçüker, 1993).

Ventriculus Dexter (Sağ Karıncık)

Kalbin sağ ve ön kısmında atrium dextrum'un altında yer alır. Ventriculus dexter içindeki venöz kanı yakınında yer alan akciğerlere pompaladığı için aşırı bir kuvvet uygulamaz. Bu yüzden duvar kalınlığı sol ventriculus'dan daha incedir. Ruminantlarda 1,5 cm kalınlığında iken equidede 2 cm kalınlığındadır.

Ventriculus dexter, ostium atrioventriculare dextrum ile atrium dextrum arasındaki bağlantısını gerçekleştirirken ostium trunci pulmonalis ile de akciğerler arasındaki bağlantısını gerçekleştirir. Ostium trunci pulmonalis, truncus pulmonalis'in giriş deliğidir. Deliğin ağız kısmında üç kapakçıklı valva trunci pulmonalis kapağı yer alır. Kapakçıklar valvula semilunaris anterior, valvula semilunaris dextra ve valvula semilunaris sinistra' dır.

Ventriculus dexter sistolde iken bu kapakçıklar truncus pulmonalis'in duvarlarına itilerek deliğin açık kalmasını sağlar ve venöz kanın temizlenmek üzere ventriculus dexter'den truncus pulmonalis'e geçişini gerçekleştirir (Konig ve Liebich, 2014).



Şekil 3. Sağ ve sol karıncıkların duvar kalınlıklarının karşılaştırması (MEB, 2015).

Atrium Sinistrum (Sol Kulakçık)

Kalbin sol ve arka kısmında ventriculus sinister'in üstünde yer alır. Atrium sinistrum'un apexine akciğerlerden kalbe arteriyal (temiz) kan taşıyan vena pulmonalis'ler açılır. Atrium sinistrum ile ventriculus sinister arasında bağlantıyı sağlayan ostium atrioventriculare sinistrum isminde bir delik yer alır. Bu delikte iki kuspisli bir kapak bulunur. Bu kapağa ise valva atrioventricularis sinistra (valva bicuspidalis- valva mitralis) denir. Valva bicuspidalis, cuspis septalis (cuspis anterior) ve cuspis parietalis (cuspis posterior)'den oluşur (Dursun, 2008).

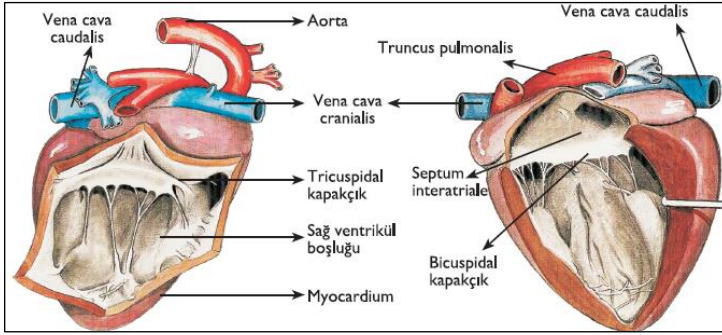
Ventriculus Sinister (Sol Karıncık)

Kalbin sol ve arka kısmında atrium sinistrum'un altında yer alır. Ventriculus sinister, ventriculus dexter'e göre daha uzundur. Sol karıncık boşluğu dardır ve apex cordis'e kadar uzanır. Bundan dolayı apex cordis yalnızca sol karıncık duvarları ile oluşur. Sol karıncığın duvarını oluşturan kas kalınlığı sağ karıncığın duvar kalınlığının iki katıdır. Sol karıncık vücudun her tarafına kanı daha büyük bir basınçla pompaladığından dolayı duvarı daha kalındır. Bu kalınlık sıgırda 4 cm. iken atta 4,5 cm. olarak ölçülür.

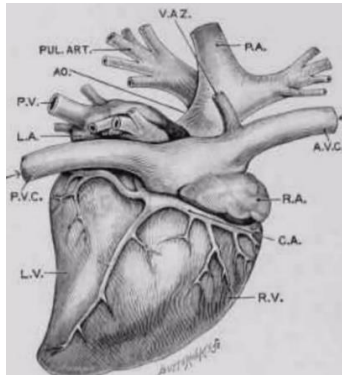
Sol karıncık duvarının iç yüzünde iki adet musculus papillaris yer alır. Papillaris kaslardan sayıları 6-10 arasında değişkenlik gösteren chorda tendinea (kiriş iplik) çıkar ve chorda tendinae'lar atrioventriküler delikte yer alan kuspislere dayanır.

Ventriculus sinister ile atrium sinistrum arasındaki bağlantıyı sağlayan deliğin adı ostium atrioventriculare sinistrum'dur. Ostium atrioventriculare sinistrum'da valva atrioventricularis sinistra (valva bicuspidalis- valva mitralis) kapağı yer alır.

Sol karıncık aorta'nın başlangıcında yer alan ostium aortae (aortanın başlangıç deliği)'yı kapsar. Ostium aortae'nın ağız kısmında valva aortae kapağı bulunur. Bu kapak, aortae'ya gönderilen arteriyel kanın ventriculus sinister'e geri dönmesini önler. Ostium aortae üç semilunar kapakçıktan oluşur. Bunlar; valvula semilunaris septalis, valvula semilunaris dextra ve valvula semilunaris sinistra'dır (Özdil, 2023).



Şekil 4. Sağ ve sol ventriculusların iç boşluk görünümü (Popesco, 1979).



Şekil 5. Sol atrium ve ventriculus, sağ atrium ve ventriculus (Nur, 2014).

2. KALBİN UYARI VE İLETİM SİSTEMİ

Kalbin ritmik olarak kasılıp genişlemesi otonom sinirler tarafından gerçekleştirilir. Kalp, herhangi bir sebepten dolayı otonom sinirlerin etkisinden uzak kalsa bile kendine özgü uyarı merkezleri ile uyarıların kas tabakasına iletilmesini gerçekleştirir. Kalbin sahip olduğu uyarı merkezleri; nodus sinuatrialis (SA düğüm) ve nodus atrioventricularis (AV düğüm)' tir. SA düğüm vena cava superior (üst ana toplar damar) 'un atrium dexter'e açıldığı yerde bulunur. AV düğüm ise ostium aortae'deki valvula semilunaris septalis'e yakın yerde bulunur. SA düğümde oluşan uyarı AV düğümüne ulaşır. AV düğümüne ulaşan uyarılar his demetleri adı verilen lifler aracılığı ile kalp kasına iletilir. His demetleri AV düğümünden başlangıç aldıktan sonra septum interventriculare'nin kas kitlesi içinde sağ ve sol olmak üzere iki dala ayrılır. His demetlerinin en son kısmında yer alan iplikleri purkinje iplikleri olarak adlandırılır ve burada son bulur (Hazıroğlu ve arkadaşları, 2019).

3. VAS SANGUINUS (KAN DAMARLARI)

Kan damarları (vas sanguinus) atardamarlar (arteriae) ve toplardamarlar (venae) olmak üzere ikiye ayrılır. Atar ve toplar damarlar daha küçük çaptaki kılcal damarları oluştururlar (Root ve Bahr, 2002).

3.1. Arteriae (Atardamarlar)

Kalpten organlara arteriyel (oksijenlenmiş) kanı taşıyan kanallardır. Kalbin diastolünde rahatlamış halde görülen arterler, kalbin sistolünde aşırı bir gerginlik gösterirler.

Atardamarlar, dıştan içe doğru tunica externa, tunica media ve tunica intima tabakalarından oluşur. Arterler kemiklerin yakınında, eklemlerin bükülme yüzlerinde, çoklukla derinlerde yer alır.

Vücudun en kalın atardamarı aorta'dır. Ventriculus sinister'in tabanından başlangıç alır. Orta düzlemin biraz solundan başlayarak öncelikle öne ve yukarı, ardından dışbükeyliği öne ve yukarı dönük genişçe bir kemer şeklinde arka tarafa doğru seyrederek. Bu seyre göre aorta aorta ascendes, arcus aorta ve aorta descendes'ten oluşur (Nomina Anatomica, 2012).

3.1.1. Aorta Ascendes

Aorta ascendes, aortanın başlangıç kısmıdır ve büyük bir bölümü pericardium içinde yer alır. Aorta ascendes'ten kalbi besleyen koroner arterler; arteria coronaria dextra ve arteria coronaria sinistra çıkar.

3.1.2. Arcus Aortae

Aorta ascendes ile aorta descendes arasında yer alan dışbükey görünüme sahip köprüdür. Arcus aortae'dan baş, boyun, ön extremiteler ile göğüs bölümünün ön yarısını besleyen damarlar köken alır.

Arcus aortae'dan köken alan damarlar hayvan türlerine göre değişir. Arcus aortae'dan equide ve ruminantlarda bir tane kalın damar, truncus brachiocephalicus çıkarken sus ve carnivorlar'da iki damar, truncus brachiocephalicus ve a. subclavia sinistra çıkar.

Truncus brachiocephalicus baş, boyun ve ön bacakları besleyen damardır. Equide ve ruminantlarda A. subclavia dextra ve a. subclavia sinistra olmak üzere iki kola ayrılır. Sonrasında ise truncus bicaroticus dalı ile devam eder ve hiçbir yan dal vermez.

Carnivorlarda arcus aortae'den, truncus brachiocephalicus'tan önce a. carotis communis sinistra çıkar. Damar, a. carotis communis dextra ve a. subclavia dextra olarak iki dala ayrılır.

Suslarda ise truncus brachiocephalicus truncus bicaroticus ve a. subclavia dextra olarak devam eder.

Arteria carotis communis (şah damarı), baş ve boyunda yer alan tüm oluşumlara arteriel kan taşır. A. carotis communis dextra ve a. carotis communis sinistra olmak üzere iki tanedir. Atlas'ın processus transversus bölümünde a. carotis externa ve a. carotis interna olarak iki dala ayrılır. Bu bölge büyük evcil memeli hayvanlarda hem kan alınan hem de damar içi enjeksiyon yapılan alan olması sebebiyle pratik önemi olan bir yerdir (Holdrege, 2002; Dalga ve ark., 2019).

3.1.3. Aorta Descendes

Arcus aortae, aorta descendes olarak devam eder. Aorta descendes'in göğüs boşluğunda olan bölümüne aorta thoracica, karın boşluğunda olan bölümüne ise aorta abdominalis denir. Aorta thoracica yer aldığı bölgedeki organlara dallarını vererek kanlanmalarını sağlar. Sonra diaphragmadaki

deliğinden geçerek karın boşluğunda devam eder. Yer aldığı bölgede aorta abdominalis adını alır. A. abdominalis'ten ayrılan kollar karın boşluğundaki organlara ve kaslara dallarını verir. A. abdominalis'in son kolları pelvis ve bacak bölümünü besleyen a. iliaca interna ve a. iliaca externa'dır (Kırbaş Doğan ve ark., 2019; Kırbaş Doğan ve ark., 2021; Öznil, 2023).

3.2. Venae (Toplardamarlar)

Organlardan kalbe venöz (kirlenmiş) kanı taşıyan kanallardır. Atardamarlara oranla sayısal ve boy yönünden daha fazla olmaları sebebiyle, atardamarların iki katı kadar daha fazla kan barındırırlar. Atardamarların tabakaları gibi toplardamarlarda dıştan içe doğru tunica externa, tunica media ve tunica intima tabakalarından oluşur. Venae, yüzeysel ve derin toplardamar olmak üzere ikiye ayrılır. Derin toplardamarlar, genellikle bir arter ile seyreder.

Dolaşımda iki ven sistemi vardır. Bir tanesi pulmoner ven sistemi diğeri ise genel ven sistemidir. Pulmoner ven sistemi, ventriculus dexter'den truncus pulmonalis ile akciğerlerde temizlenmek üzere götürülen venöz kanın temizlendikten sonra kalbe geri dönüşünü sağlayan sistemdir. Pulmoner ven sisteminin başlıca damarı v. pulmonales'lerdir. Vena pulmonales (akciğer toplardamarı) akciğerlerde oksijenlenmiş olan kanı kalbin atrium sinistrum'una getiren damarlardır.

Genel ven sistemi ise aorta aracılığıyla tüm vücuda dağıtılan temiz kanın kirlenmiş halini kalbin atrium dextrum'una geri taşıyan sistemdir. Bu sistemin başlıca toplardamarları venae cordis, vena cava cranialis, vena cava caudalis'tir (Dursun, 1996).

Venae cordis, kalbin başlıca toplardamarı olan v. cordis magna ve v. cordis media'dan oluşur. Kalbin aurikular yüzü ile atrial yüzünün venöz kanını toplarlar (Dursun, 2008; Akbulut ve ark., 2022)..

Vena cava cranialis, baş, boyun, ön ekstremiteler ile göğüs boşluğu duvarının büyük bir bölümünün venöz kanını kalbe taşır (Dursun, 2008).

Vena cava caudalis, karın ve pelvis boşluğu organlarının, arka alt ekstremitelerin venöz kanını kalbe taşır (Dursun, 2008).

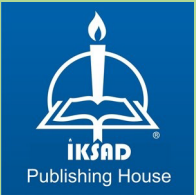
3.3. Kapiller (Kılcal Kan Damarları)

En küçük damar sistemine sahip kapiller, arterler ile venler arasındaki birlikteliği gerçekleştiren damar çeşididir. Hücreler ile kan arasındaki alışverişi sağlayan damarlardır (Aksoy ve Karadağ, 2002).

KAYNAKLAR

- Akbulut, Y., Kırbaş Doğan, G., Takcı, I., Dalga, S., Erkılıç, E. E., & Uzlu, E. (2022). Venous drainage of the heart of the red fox (*Vulpes vulpes*). *Folia morphologica*, 81(2), 343–349.
- Aksoy, G. ve Karadağ, H. (2002). Evcil Kedi ve Beyaz Yeni Zelanda Tavşanlarında Kalp ve Kalp Arteria'ları Üzerinde Anatomik Bir Araştırma. *Veteriner Bilimleri Dergisi. Eurasian Journal of Veterinary Sciences*, 18(1-2), 33-40.
- Bahr, R.J. (2018). Canine and Feline Cardiovascular System. In: Thrall DE, ed. *Textbook of Veterinary*.
- Çalışlar, T., Kahvecioglu, O., Mutus, R. (1996). *Veteriner Topografik Anatomi*. Ankara: 1. Baskı, Medisan Yayınevi.
- Dalga, S., Kırbaş Doğan, G., Aslan, K., Akbulut, Y. (2019). Kızıl Tilkilerde (*Vulpes vulpes*) Arteria Carotis Externa ve Dalları Üzerine Makroanatomik Bir Araştırma. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 5(1), 161-166.
- Dursun, N. (1996). Yeni Zelanda Tavşanında (*Oryctolagus Cuniculus* L.) Septum Interventriculare'nin Arteriel Vaskularizasyonu. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 43(04).
- Dursun, N. (2008). *Veteriner Anatomi II*. Ankara: Medisan Yayın Serisi:12.
- Dyce K.M., Sack W.O., Wensing C.J.G. (2010). *Textbook of Veterinary Anatomy*, 4th. Edn., Saunders Elsevier.
- Hazıroğlu, R.M., Çakır, A. (2017). *Veteriner Anatomi*. Ankara: Elsevier, Güneş Tıp Kitabevi.
- Hazıroğlu, R.M., Çakır, A., Yıldız, B., Yıldız, H., Oto, Ç., Orhan, İ.Ö., Ekim, O. (2019). *Temel Veteriner Anatomi*. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Basımevi.
- Holdrege, C. (2002). *The Dynamic Heart and Circulation, The Association of Waldorf Schools of North America*, Fair Oaks.
- Iaizzo, P. (2009). *Handbook of cardiac anatomy, physiology and devices*, 2nd Ed., Springe.
- Kırbaş Doğan G., Dalga, S., Akbulut, Y., Aslan, K. (2019). Kızıl Tilkilerde (*Vulpes vulpes*) Arteria Celiaca ve Dalları Üzerinde Bir Çalışma. *Harran University Journal of the Faculty of Veterinary Medicine*, 8(2), 168-172.

- Kırbaş, Doğan G., Dalga, S., Akbulut, Y., Aslan, K., Asker, H., Karadağ, Sarı E. (2021). Arterial vascularization and the macroanatomic and histological structures of the testis, penis, and prostate gland in Red foxes (*Vulpes vulpes*). *Kocatepe Vet J*, 14(3):293-302
- König, H.E., Liebich, H.G. (2014). Organs of the Cardiovascular System (systema cardiovasculare). In:König, H.E., Ruberte, J., Liebich, H.G., (6.th ed). *Veterinary Anatomy of Domestic Mammals: Textbook and Colour Atlas*. Munich (Germany): Schattauer.
- Küçüker, N. (1993). *Hayvan Anatomisi ve Fizyolojisi*. Adana: Çukurova Üniversitesi Yayınlar.
- Millî Eğitim Bakanlığı. (2015). *Hayvan Yetiştiriciliği ve Sağlığı*. Ankara: Millî Eğitim Bakanlığı.
- Nomina Anatomica Veterinaria Fifth Edition (Revised Version). (2012).
- Nur, İ.H. Kalp, Genel Dolaşım ve Lenf. (2014). [PowerPoint slaytı]. 7 Mart 2024 tarihinde <https://www.slideshare.net/HakkiNUR/kalp-ve-dolaimson-durum> adresinden erişildi.
- Özdiş, B. (2023). Kedi ve Köpeklerde Farklı Kalp Problemlerine Bağlı Kalp Büyümesinin Tespitinde Vertebral Kalp Skorunun ve Eko Endekslerinin Tanısal Doğruluğunun Araştırılması. (Doktora Tezi) Selçuk Üniversitesi, Konya.
- Popesco P. (1979). *Atlas der Topographischen Anatomie Der Haustiere*. Stuttgart: Ferdinand Enke Verlag.
- Published by the Editorial Committee Hannover (Germany), Columbia, Mo (U.S.A.), Ghent (Belgium), Sapporo (Japan), 73.
- Root, C.R., Bahr, R.J. (2002). The Heart and Great Vessels. In: Thrall, D.E. editor. *Textbook of Diagnostic Veterinary Radiology*. 4th ed. W. B. Saunders Company, Philadelphia, PA.
- Yıldırım, M. (2004). *İnsan Anatomisi*. İstanbul: Nobel Tıp Kitapevleri Ltd. Şti.



ISBN: 978-625-378-496-6