



Sürdürülebilir Hayvancılıkta Yenilikçi Teknolojilerin Kullanımı

Murat Kahraman^{1*}, Hasan Yılmaz²

¹İç Denetçi, Uşak Üniversitesi, Uşak, Türkiye

²Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Isparta, Türkiye

*Sorumlu yazar: murat.kahraman@usak.edu.tr

MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi: 29/12/2023

Kabul tarihi: 04/06/2024

Anahtar Kelimeler: Yenilikçi teknoloji,
Hayvancılık, Sürdürülebilirlik

DOI: 10.55979/tjse.1411387

ÖZET

Dünya nüfusunun ve gıda ihtiyacının günden güne artmasına karşılık, gıda üretiminin üzerinde ciddi baskılar bulunmaktadır. Bu baskıların hafifletilip üretimin istikrarlı bir şekilde devam edebilmesi için, çağın getirdiği yenilikçi teknolojilerden azami ölçüde yararlanılması gerekmektedir. Toplumun sağlıklı beslenmesinde önemli bir protein kaynağı olarak değere ve öneme sahip olan hayvancılığın, sürdürülebilir bir yapıya kavuşması bu noktada hayattır. Bu çalışmada, sürdürülebilir hayvancılığa katkı sağlama kapasitesi olan yenilikçi teknolojiler hakkında yapılan araştırmalar incelenmiştir. Yapılan literatür incelemesinden elde edilen bulgulara göre; yenilikçi teknoloji kullanımının sürdürülebilir hayvancılığa farklı yönlerden katkı sağladığı, hâlâ önemli derecede gelişime açık olduğu için birçok fırsatı barındırdığı, ancak sermaye birikimi kısıtlı olan küçük aile işletmelerinin bu katkı ve fırsatları yakalama konusunda kritik engellerle karşı karşıya kaldıkları anlaşılmaktadır. Bu nedenle hükümetlerin hayvansal üretimde yenilikçi teknolojilerin kullanımı için spesifik olarak tasarlanmış teşvik ve destekleme politikalarını hayata geçirmesi önem arz etmektedir. Ayrıca çiftçilerin yenilikçi teknolojilerin kullanımı konusunda eğitilmesi ve yenilikçi teknolojilerin kullanımının yaygınlaşması amacıyla teknoloji okur yazarlığının geliştirilmesi için çiftçi eğitim ve yayım programlarının uygulanması gerekmektedir.

Use of Innovative Technologies in Sustainable Livestock Production

ARTICLE INFO

Received: 29/12/2023

Accepted: 04/06/2024

Keywords: Innovative technology,
Livestock farming, Sustainability

DOI: 10.55979/tjse.1411387

ABSTRACT

Despite the increase in the world population and food needs day by day, there are serious pressures on food production. In order for these pressures to be alleviated and production to continue in a stable manner, it is necessary to make maximum use of the innovative technologies brought by the age. At this point, it is vital that animal husbandry, which has a value and importance as an important protein source in the healthy nutrition of the society, has a sustainable structure. In this study, previous studies on innovative technologies that have the capacity to contribute to sustainable livestock have been examined. According to the findings obtained from the literature review; it is understood that the use of innovative technology contributes to sustainable animal husbandry in different ways; it still has many opportunities as it is significantly open to improvement, but small family businesses with limited capital accumulation face critical obstacles in catching these contributions and opportunities. Therefore, it is important for governments to implement incentive and support policies specifically designed for the use of innovative technologies in livestock production. In addition, farmer training and extension programs need to be implemented to educate farmers on the use of innovative technologies and to improve technology literacy in order to expand the use of innovative technologies.

1. Giriş

Küresel boyutta hayvancılık sektörü oldukça canlı ve dinamiktir. Özellikle gelişmekte olan ülkelerdeki hayvansal ürünlere talep gittikçe artmaktadır. Gelişmiş ülkelerde bu talep, üretim sistemlerindeki etkililiğin ve çevresel sürdürülebilirliğin artmasına rağmen, gelişmekte olan ülkelere kıyasla daha istikrarlı ve durağan bir haldedir. Hayvansal ürünlere talepteki tarihi değişimler büyük oranda; insan nüfusu ve gelir düzeyinin artışı, kentleşme, bilimsel ve teknolojik uygulamalarla hayvan sayısının artması ile yakından ilişkilidir. Et tedarik sektöründe kilit zorluklardan birisi, hayvan başına emisyonu azaltırken artan küresel talebe karşılık vermektir. Ürünlerin dağıtımını ve sürdürülebilir gıdanın

temininin, her ülkenin bağımsızlığı ve gelişimi için kilit bir rolü olduğu tartışılmaz bir gerçektir (Stoyanov vd., 2021).

Gelecekte hayvansal üretimin, doğal kaynaklar, özellikle de arazi ve su kullanımı rekabetini nedeniyle önemli derecede baskı altında kalacağı düşünülmektedir. Damızlık, besleme ve hayvan sağlığı alanındaki gelişmeler, potansiyel olarak üretime, verimliliğe ve genetik kazanca katkı sağlamaya devam edecektir. Ancak hayvansal üretimin, karbon kısıtlamaları, çevre ve hayvan sağlığına dair yasal düzenlemelerden daha fazla etkilenmesi beklenmektedir (Thornton, 2010).

İnsan sağlığı hakkındaki endişeler ve değişen kültürel değerler gibi sosyo-ekonomik etmenler nedeniyle, ilerleyen yıllarda hayvansal ürünlere talep azalabilir. Ancak bu etmenlerin dünyanın değişik bölgelerinde nasıl ortaya çıkacağı konusunda önemli belirsizlikler vardır. Hayvancılık faaliyetleri dünya karasal alanının yaklaşık % 30'unu kaplamaktadır (Steinfeld vd., 2006) ve insanlığın protein tüketiminin % 33'ünü, kalori temininin % 17'sini sağlamaktadır (FAO, 2018). Ancak bu noktada zengin ve fakir ülkeler arasında ciddi farklılıklar vardır (Rosegrant vd., 2002).

Hayvancılık sektörü, gelişmekte olan ülkelerde yaklaşık bir milyar küçük işletmeyi temsil etmekte ve tarımsal gayri safi üretimin % 40'ına katkı sağlayıp, hane halkı gelirinde % 2'den % 33'e kadar pay almaktadır (Alders vd., 2021). Söz konusu küçük işletmeler, ağırlıklı olarak aile işletmesi şeklindedir ve gelir düzeyi nispeten düşük olan kırsal toplumun geçimi, gıda güvenliği ve istihdamında önemli bir yere sahiptir. Hayvancılık bu işletmeler için hane halkına gıda temininin yanı sıra gelir elde etme ve iklimsel olumsuzluklar, hastalık ve fiyatların artmasına karşı hızlı bir para akışı sağlayabilme olanağına sahiptir. Bu nedenlerle hayvancılığın sürdürülebilir bir yapıya kavuşması, toplumsal riski azaltma, besin tedarikini sağlama ve küçük işletmelerde üretimin devamı açısından önemlidir.

Günümüzde hayvancılık gelişmekte olan ülkelerdeki en hızlı büyüyen tarımsal alt sektörlerden birisidir ve tarımsal gayri safi hasılda aldığı pay hızlı bir şekilde artmaktadır (Thornton, 2010). Bu büyümeyi nüfus artışı, kentleşme ve gelişmekte olan ülkelerdeki gelir artışı tetiklemektedir (Delgado, 2005). Örneğin gelişmekte olan ülkelerdeki toplam et tüketimi 1980-2002 yılları arasında 45 milyon tondan 134 milyon tona ulaşarak üç kate yakın artış göstermiştir (World Bank, 2009). Bu artışın çoğu, özellikle Uzak Doğu Asya ülkelerinin hızlı ekonomik büyümeleri neticesinde ortaya çıkmıştır. Diğer yandan, gelişmiş ülkelerde hayvansal ürünlerin üretimi ve tüketimindeki artışın yavaşladığı hatta durmaya başladığı görülmektedir. Ki öyle bile olsa hayvansal üretim ve ticaret değerleri, sanayileşmiş ülkelerdeki tarımsal gayri safi hasılının % 53'ünü oluşturmaktadır (World Bank, 2009).

Talep konusunda gelişmekte olan ülkelerde artış, gelişmiş ülkelerde ise durgunluk olması, gelişmekte olan ülkelerdeki hayvancılık işletmeleri açısından önemli fırsatlar yakalama anlamına gelebilir. Buna rağmen, gelişmekte olan birçok ülkede yoksulluğun azaltılmasında hayvancılık gözden kaçan bir sektör olmuştur ve bu sektördeki dönüşüm arzu edilen seviyeye ulaşamamıştır (Alary vd., 2011).

2. Hayvansal Üretimdeki Eğilimler ve Değişimler

Dünya nüfusunun 2050'de 7.96-10.46 milyar aralığında, yaklaşık olarak ise 9.15 milyar olacağı tahmin edilmektedir (UNPD, 2008). Nüfustaki artışın çoğunluğunu, gelişmekte olan ülkelerin oluşturacağı öngörülmektedir. Örneğin Nijerya'da 200 milyon olan nüfusun 2050 yılına kadar ikiye katlanıp 400 milyona

ulaşması tahmin edilmektedir. Ayrıca Sahra altı Afrika nüfusu ise yıllık % 1.2 oranında artacaktır (FAO, 2019). 2040'ların sonuna kadar ise Doğu Asya'daki nüfusun eksi yönde değişim göstermesi beklenmektedir (FAO, 2010). Dünya nüfusunun genel artış hızında bir yavaşlama olduğu halde, hızlı nüfus artışı bazı ülkelerin gıda güvenliğinde ciddi engellere neden olabilir.

Gıda talebinin belirlenmesinde ortaya çıkan bir diğer önemli etmen de kentleşmedir. 2008 yılının sonundan itibaren kent nüfusu kırsal nüfusu geçmiştir (UNFPA, 2007). Kentleşme oranı Güney Asya'da % 30'dan az olmasına rağmen gelişmiş ülkeler ve Latin Amerika'da % 80'e yaklaşmıştır (Thornton, 2010). Önümüzdeki yıllarda özellikle Afrika ve Asya'da eşi görülmedik bir hızda kent nüfusu artışının ortaya çıkması oldukça muhtemeldir (Gwaka, 2017). Kentleşme genel anlamda gıda tüketim alışkanlıkları ve talebi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Kentleşme sonucunda soğuk zincir dâhil altyapıda iyileşmeler hızlanır ve bu dayanıksız tüketim mallarının daha geniş bir oranda ticaretinin yapılmasını sağlar (Delgado, 2005).

Hayvansal ürünlere talebin artmasına neden olan bir diğer etmen, gelir artışıdır. 1950-2000 yılları arasında, dünya genelinde kişi başına yıllık geliri artışı % 2.1 idi (Maddison, 2003). Gelir arttıkça, doğru orantılı olarak hayvansal ürünlere olan talep de artmıştır (Steinfeld vd., 2006). Ekonomik büyümenin gelecekte de yıllık % 1.0-3.1 oranında artması beklenmektedir (Van Vuuren vd., 2009). Gelişmiş ülkelerdeki büyüme hızının, gelişmekte olan ülkelerin büyüme hızından daha yavaş olacağı düşünülmektedir (Rosegrant vd., 2009).

Gelişmekte olan ve gelişmiş ülkelerin et ve süt tüketimi, 2050 tahminlerini de içerecek şekilde Çizelge 1'de gösterilmiştir.

Çizelge 1. Gelişmekte olan ve gelişmiş ülkelerin geçmiş yıllar ve beklenen et ve süt tüketim eğilimleri
Table 1. Past and expected meat and milk consumption trends of developing and developed countries

Ülke	Yıl	Kişi başına tüketim		Toplam tüketim	
		Et (kg)	Süt (kg)	Et (milyon ton)	Süt (milyon ton)
Gelişmekte olan	1980	14	34	47	114
	1990	18	38	73	152
	2002	28	44	137	222
	2015	32	55	184	323
	2030	38	67	252	452
	2050	44	78	326	585
Gelişmiş	1980	73	195	86	228
	1990	80	200	100	251
	2002	78	202	102	265
	2015	83	203	112	273
	2030	89	209	121	284
	2050	94	216	126	295

(Steinfeld vd., 2006; FAO, 2006)

Hayvansal ürünlerin tüketimindeki farklılıklar, toplam gıda ulaşılabilirliğinden daha fazladır ve bu farklılık özellikle bölgeler arasında kendini göstermektedir. Sahra altı Afrika ve Güney Asya'da, 2000 yılında günlük yaklaşık 200 kcal olan hayvansal ürünlere talep, 2050 yılında 400 kcal olacaktır (Thornton, 2010). Öte yandan, çoğu OECD ülkesinde hayvansal ürünlerin tüketimi ile günlük alınan kalori miktarı oldukça yüksek olup (kişi başına 1000 kcal ve üstü), Güney Amerika ve eski Sovyetler Birliği ülkeleri hariç tüketim seviyesi neredeyse hiç değişmeyecektir (Van Vuuren vd., 2009). Süpermarketler sayesinde perakende satış Çin, Hindistan ve Vietnam gibi ülkelerde yıllık % 20 oranında büyümektedir ve şehirde yaşayan tüketicilerin sayısı nedeniyle özellikle işlenmiş gıdaya olan talep önümüzdeki yıllarda daha da artacaktır (Rosegrant vd., 2009).

Gıda talebindeki önemli artışların karşılanması gerekliliği, hayvansal üretim sistemleri üzerinde köklü etkilere neden olacaktır. Gelişmiş ülkelerde hayvan sayısındaki artış hızının yavaşlaması ve hatta bazı bölgelerde daralması beklendiğinden, karkas ağırlıklarında artış hayvancılık üretimindeki artışın başlıca kaynağı olacaktır. Küresel ölçekte 2000 ve 2050 yılları arasında sığır sayısı 1.5 milyardan 2.6 milyara, keçi ve koyun sayısı 1.7 milyardan 2.7 milyara yükselmesi beklenmektedir (Rosegrant vd., 2009). Gittikçe şiddetlenen su ve toprak kıtlığı, gıda güvenliği ve insan refahı hedefleri üzerinde olumsuz etkilerden kaçınmak için, hayvancılık üretiminde, kaynak kullanımında verimliliği gerektirmektedir. Yüksek tarımsal fiyatlar, çiftçilere fayda sağlayabilir ancak pazar için net fazla üretmeyen çiftçiler de dâhil olmak üzere çok sayıda yoksul tüketicinin gıdaya erişimini azaltabilir (Rosegrant vd., 2009). Önümüzdeki yıllarda hayvancılığın evrimi, kaçınılmaz olarak gıda güvenliği, yoksulluk, eşitlik, çevresel sürdürülebilirlik ve ekonomik kalkınma arasındaki dengeleri gözetmek zorunda kalacaktır.

3. Hayvancılık Sistemlerindeki Teknolojik Değişimler

Hayvan varlığı, 2018 yılına gelindiğinde, 2012 yılına kıyasla küresel ölçekte %46 civarında artmıştır. Bu artış kümes hayvanlarında beş kat, domuzlarda üç kat, küçükbaş ve büyükbaş hayvanlarda ise iki kat olmuştur (FAO, 2018). Hayvan sayısındaki artış, çiftliklerin yönetiminde, özellikle de çiftçi sayısının azaldığı ülkelerde bazı güçlükleri beraberinde getirmiştir. Hayvancılık sektöründe teknolojik uygulamaların artması, günlük yapılan işleri oldukça kolaylaştırmıştır. Teknolojik gelişmeler sayesinde, çiftçilerin hayvan hastalıklarını erken dönemlerde fark edip önlem alma fırsatları ortaya çıkmıştır (Schillings vd., 2021). Örneğin, Taneja vd. (2020), geliştirilen bir sistem sayesinde, çiftçilerin gözlemlerle farkına varabileceği bir topallığın % 87 oranında 3 gün önceden tespit edilebildiğini bildirmiştir. Benzer bir çalışma domuzlar üzerinde yürütülmüş ve kullanılan teknolojik cihazların, solunum problemlerini çiftçilerin ve veterinerlerin rutin gözlemleri ile kıyaslandığında 2 hafta öncesinden tespit edilebildiği tespit edilmiştir (Berckmans vd., 2015). Hastalıkların erken evrelerde teşhis edilmesi, dünya çapında önemli bir sorun olan ve hem hayvanlar hem insanlar üzerinde

antibiyotiklerin aşırı kullanılması nedeniyle ortaya çıkan antimikrobiyal direncin azaltılmasına da yardım edebilir (Trevisi vd., 2014; McEwen ve Collignon 2018). Ancak yeniliklerin kabulü ve uygulanması bir süreç gerektirmektedir. Örneğin, elle sağımdan makinelik sağıma geçilmesi neredeyse 150 yıl almıştır (Groher vd., 2020). Bu alanda daha fazla gelişme, 1980'lerde çiftçiler için emek verimliliği ve hayvanlarla ilgili çeşitli parametrelerin otomatik olarak kaydedilmesi gibi yeni avantajlar getiren sağım robotlarının tanıtılmasının yolunu açmıştır (Ordolff, 2001).

Robotik teknolojilerin hayvancılıkta kullanılması, işgücü ihtiyacını azaltmakta ve girdilerin daha etkili kullanımını sağlamaktadır (White, 2018). Çiftlik başına artan hayvan sayısı ve buna bağlı olarak azalan kaynak kullanımı, hayvan ve çevre dostu üretim sistemlerinin farkındalığı, tüm hayvancılık sisteminde kullanılan dijital teknolojiler vasıtasıyla yeni çözümleri gerektirmektedir (Berckmans, 2006).

Bu bağlamda akıllı tarım ve teknolojik uygulamaların önemi giderek artmıştır. Örneğin 67 farklı tedarikçiden sağlanan 129 ticari uygulama, süt işletmelerinde kullanılmaktadır (Stygar vd., 2021). Akıllı tarım, tarımsal üretimi arttırmak için ürün ve toprak yönetimi ile ürün verimini arttırmak ve bu süreçte kaynakları optimum düzeyde kullanarak çevreye verilen zararı en aza indiren tekniktir (Çakır ve İşlek, 2021). Büyükbaş hayvan adım ve lokasyon takibi, süt ölçüm ve süt sağım sistemleri takip çözümleri, akıllı ahır/mera ve sürü yönetim sistemleri, kümes takip sistemi, kovan takip sistemi gibi uygulamalar hayvancılıkta görülen akıllı tarım örnekleri olarak verilebilir.

Hayvanların takibinin sağlanması amacı ile yararlanılan ve uygun düşük frekanslı RFID (Radio Frequency Identification) cihazlarda bulunan barkod ve küpeler, belirtilen takibin en verimli ve etkili şekilde yapılmasını sağlar. RFID antenler, okuyucu modüller ve etiket teknolojileri kullanılarak hayvanlar hızlı ve güvenli bir şekilde tanımlanır. Ayrıca bu sayede veri toplama işi otomatik olarak yürütülür. RFID kulak küpesine kaydedilen doğum tarihi, kan ilişkisi, aşılar ve üreme özellikleri gibi bilgiler, bilgisayar ortamında hayvanın takibini ve raporlamasını sağlamaktadır. Veri tabanına işletmede bulunan bütün hayvanlara ilişkin veriler aktarıldığı için, istatistik bilgilerin elde edilebilme ve kolaylıkla raporlanabilmektedir. Deri altına enjekte edilen ve hayvan vücudunun bir parçası haline gelen mini tüp etiketler, boyuna asılan veya kulağa iliştilen etiketlerle etiketleme yapılır. Bahsedilen elektronik etiketler sayesinde çiftlik yönetimi tamamen elektronik olarak ağırlık ölçümü, beslenme, üreme ve hastalık yönetimi gibi işlemleri takip edilmektedir. Ayrıca elde edilen veriler arşivlenebilmekte ve rapora dökülebilmektedir (BTİK, 2020).

RFID etiketler işlevleri gözönüne alındığında; aktif, pasif ve yarı aktif olarak üç gruba ayrılır (Doğan vd., 2016). Aktif etiketler içlerinde bulunan pil aracılığı ile iletişim sağlar. Okuma aralığı bakımından başarılıdır fakat maliyeti yüksektir. Bu yüzden pahalı öğelerin

tanımlanması ve izlenmesinde kullanılmaktadır (Domdouzis vd., 2007). Pasif etiketlerin içerisinde enerji kaynağı yoktur. Bu yüzden gerekli olan enerjiyi okuyuculardan sağlamaktadırlar. Okuyucu antene radyo sinyali gönderir. Etiket bu sinyali antenler yardımı ile alır. Böylece çipi çalıştırmak için gerekli olan gücü temin eder. Bir diğer ifade ile etiket, sinyalden alınan enerjiyi kullanarak işlevi yerine getirir. İletişim mesafesi nispeten düşüktür. Uygun maliyetli olması nedeniyle birçok sistemde kullanılabilir (Roberts, 2006). Yarı aktif etiketler ise kendilerine ait güç kaynakları olsa da bu kaynak sadece çipe enerji vermek için kullanılır. Pasif etiketler gibi okuyucudan yayılan elektromanyetik alanları üzerinden okuma işlemi gerçekleştirilebilir ancak aktif etiketler gibi yayın yapamazlar (Karaca, 2010). Sadece hayvan tanımlama ya da izleme amaçlarıysa, pasif etiketler yeterlidir. Ancak sensörlü uygulamalardan faydalanılmak istenirse, mutlaka aktif ya da yarı aktif etiketler kullanılmalıdır (Chandrud vd., 2008). RFID etiketleri vücuda enjekte edilebilir. Rumen tipi etiketler dış etkenlere daha hassastır ama göreceli daha kompleks bir yapıları vardır (Hong, 2012). Enjekte edilen etiketlerin, hayvanların kesiminden sonra bu hayvandan elde edilen ürünlerin arasına karışma ihtimali vardır. Bu riski önlemek için alternatif elektronik etiketler tasarlanmıştır (Doğan vd., 2016). Rumen bolus etiket olarak adlandırılan bu etiketler seramik veya çelik materyalden yapılabilir (Fallon, 2001). Rossing (1999), Hong (2012) ve Varese vd. (2008) tarafından gerçekleştirilen birçok çalışmada, rumen bolusların diğer etiketlerden daha üstün olan özellikleri gösterilmiştir. Almanya, Fransa, İtalya, İrlanda, Hollanda, İspanya ve Portekiz'in katıldığı IDEA projesinde, yaklaşık 1 milyon RFID etiketinin % 72'sinin bolus tipi olduğu belirlenmiştir (Rossing, 1999; Wismans, 1999). Enjekte edilebilir etiketler özellikle küçük hayvanların izlenmesinde, kan basıncı ve vücut sıcaklığı gibi hayvana ait çeşitli verilerle entegre olan sensörler nedeniyle tercih edilmektedir (Volk ve Jansen, 2012; Catarinucci vd., 2012).

Elektronik bolus tipi etiketlerin, kaybolma ve yerinden oynamaya karşı en güvenilir etiket oldukları ispatlanmıştır (Volk ve Jansen, 2012). Bolus etiketler, hayvanların mide yapısı dikkate alınarak aside dayanıklı materyal ile paketlenir (Finkenzeller, 2003). Bolus tipi etiketler, hayvanlar ağız yoluyla verilir. Rumeninde kalıcı olarak yerleşmesi için farklı teknikler kullanılır. Bu tekniklerin önde gelenlerinden birisi, bolusun rumene yerleştikten sonra açılan kanat yapısıyla tutunmasıdır (Kılıç, 2011). Rumen bolusların ana kullanım amaçları arasında dış etkenlere karşı korunan bir kimliklendirme sağlamları ve rumenden elde edilen çeşitli veriler sayesinde hastalıkların izlenmesine imkan tanınmalarıdır (Doğan vd., 2016).

Öte yandan RFID sistemlerin mekanik zarar, toz ve aşırı sıcak veya soğuk kaynaklı çevresel zarar, zaman içinde etiketlerin okunmasında karşılaşılan zorluklar, ortamda bulunan diğer elektronik cihazların etkisiyle ortaya çıkan sorunlar gibi bazı handikapları da bulunmaktadır (Mennecke ve Townsend, 2005).

Hayvansal üretimde elektronik etiketleme sistemlerinin uygulanması ile ağırlık, suni tohumlama veri takibi ve hamilelik testi gibi birçok farklı işlemin takibi ve yönetilmesi, kontrol altında tutulması ve muhtemel olumsuz durumların önceden tespiti mümkün hale gelmektedir. Yukarıda anılanlara ilaveten büyükbaş hayvan adım ve lokasyon takibi ile hayvanların adım, lokasyon, ürün verimi ve kalitesi, yem takibi de yapılabilmektedir. Örnek vermek gerekirse, hastalığa yakalanan bir hayvanın adım sayısının azaldığının tespiti halinde, hayvandan elde edilen süt miktarının da azalması veya sütün kalite ve kıvamında değişiklik olduğunun gözlenmesi neticesinde kısa süre içerisinde gerekli müdahaleler yapılabilir. Bunun yanında nabız değerleri ve vücut ısısı gibi biyomedikal verilerin izlenmesi ile beraber süt ölçüm analizi yapıp sütün iletkenlik değeri dikkate alınıp içerdiği tuz oranında değişiklik ortaya çıkması ile iletkenlikte görülen artışın, hayvanda hastalık olma ihtimalini meydana çıkarması gibi veriler sayesinde hastalığa yönelik takip çözümleri sunulabilir. Sütün kalite ve miktarı, içerdiği besin değerlerinin yakından izlenmesi, üretim artışını etkilemektedir. Hastalıklara karşı erken müdahaleden hayvan doğum saatlerinin önceden bilinmesine kadar sayılabilecek avantajları sayesinde kayıpların asgari düzeye indirilmesi amaçlanmaktadır.

Bu veriler pedometreler (adımsayar) ile toplanmaktadır. Pedometre hayvanın ayaklarına bağlanmaktadır ve sürü yönetim yazılımında bulunan özel algoritmalar sayesinde değerlendirilip, hayvana ait sağlık durumları ve kırgınlık hakkında yüksek doğrulukta bilgiler iletir.

Biyoteknoloji kullanımına ek olarak modern hayvancılık sistemlerine ve besleme tekniklerine küresel çapta uyum sağlanması, et ve süt üretiminin etkinliğini maksimize etmek için gereklilik haline gelmiştir (Neumeier ve Mitloehner, 2013). Bu durum, karbon ayak izindeki azalma eğilimi için de önemlidir. Örneğin, Amerika Birleşik Devletleri'nde 2007 yılında, 1977 yılında aynı miktarda et üretmek için kullanılan besi sığırının % 69.9'u, suyun % 87.9'u ve arazinin ise % 67'si kullanılmıştır (Capper, 2011). Bu dönem boyunca besi sığırları başına karbon ayak izi üretimi % 16.3 oranında azalmıştır (Neumeier ve Mitloehner, 2013). Bu azalışta, bitkisel üretimde, hayvancılık yönetim sistemleri, genetik ve besleme alanındaki teknolojik gelişmeler ile biyoteknoloji kullanımının önemli payı vardır. Söz konusu gelişmeler, aynı miktarda et elde etmek için gerekli olan besi sığırları sayısının azalmasını sağlamıştır. Bu nedenle de et üretimi için sığır başına, kaynak kullanımı ve gaz emisyonu da azalmıştır. Özellikle besi sığırılığında, kesime gelme için gerekli sürenin kısaltılması, çevresel kazançlara da katkıda bulunmaktadır. Capper ve Hayes (2012), biyoteknolojik uygulamaların besi sığırılığında kullanılmaması halinde, mevcut üretimi sağlamak için sürü büyüklüğünde % 11.8'e, işçi sayısında % 10.6'ya, arazi kullanımında % 10'a, su kullanımında % 4.2'ye, azot salınımında % 9.8'e ve fosfor salınımında % 10.6'ya kadar artış olacağını belirtmiştir (Capper, 2011).

Çevresel kazanımlar, hayvan gübresi yönetimine dair teknolojik uygulamalar ile de elde edilmektedir. Küresel ölçekte hayvan gübresi yönetimi, toplam tarımsal metan salınımının % 12-41'inden ve tarımsal azot oksit salınımının ise % 30-50'sinden sorumludur (Chadwick vd., 2011). Ayrıca, hayvancılık sektörü, dünyadaki ekilebilir arazinin üçte birini ve ulaşılabilir tatlı suyun % 8'ini kullanma, ormansızlaştırma ve biyoçeşitlilik kaybından sorumlu tutulmakta, küresel karbondioksit salınımının %15'ine neden olduğu iddia edilmektedir (Deloitte, 2017).

Hayvancılık faaliyetlerinin doğal kaynaklar üzerine etkisi, tüketiciler tarafından daha sık dile getirilmekte ve tüketicilerin yüksek kaliteli ürün alırken ürün hakkında ulaşılabilir bilgi talepleri de artmaktadır. Besi sığırcılığı 2015 yılında, toplam et tüketiminin sadece % 20'sini oluşturmasına rağmen, hayvansal et üretiminden kaynaklı gaz salınımının % 60'dan fazlasına sebep olmuştur. Bu durum, et tüketimi için besi sığırından farklı alternatiflere daha fazla yönelmek gerektiği ifade eden eleştirileri beraberinde getirmiştir. Gaz salınımının; en iyi yetiştiricilik pratikleri ile % 25, hassas besleme uygulamaları ile % 13, akıllı hayvan sağlığı ve refahı uygulamaları ile % 2.5, besi sığırına alternatif et kaynaklarının tüketimi ile % 28 oranında azaltılabileceği ifade edilmektedir (Deloitte, 2017). Küresel et tedarik zincirinde dijitalleşmenin, hayvan başına gaz salınımını azaltmanın yanında farklı faydaları da muhtemeldir. Bunlar arasında; kaynakların daha iyi dağılımı sayesinde atıkların azalması, tedarik zincirindeki aktörler için etkinliğin artırılması ve işletmelerdeki veri analizi gibi alanlar sayesinde istihdamın artırılması sayılabilir.

Gelişmiş dijital teknolojilerin çiftliklerde kullanılması hayvan başına ekonomik katkının optimize edilmesine, tekrarlanan angarya işlerin azaltılmasına ve daha etkili çözümlerin harekete geçirilmesine katkı sağlar. Bu eğilim, üreticiler, tüketiciler ve çiftlik hayvanları için karşılıklı fayda sağlayacak şekilde, yeni biyometrik sensörlerin kullanımı, büyük veri ve blok zinciri teknolojisi gibi konular üzerinde daha fazla araştırma yapılmasını desteklemektedir.

Biyometrik sensörler, vücut içine yerleştirilebildiği gibi vücudun üzerinde de bulunabilir. Bu sensörler her bir hayvanın gerçek zamanlı olarak sağlıkları, ahır içindeki hareketleri, yem tüketimleri ve davranışlarını takip edip çiftçilerin tüm popülasyonu buradan elde ettiği verilerle izlemesine imkân tanır. Biyometrik sensörlerden elde edilen gerçek zamanlı veriler işlenir ve büyük veri istatistiksel algoritmalara dayalı analitik sistemler kullanılarak entegre edilir (Neethirajan ve Kemp, 2021). Bu sayede çiftçiler, karmaşık veri setlerini, karar alma süreçlerini yönlendiren faydalı ve basit aletlere çevirir. Sensörler, blok zinciri teknolojisinin yardımıyla hayvansal ürünlerin tarladan sofraya gizli ve güvenli izlenebilirliğini sağlar. Bu durum, hayvan hastalıklarının patlak vermesinin izlenmesi ile ekonomik kayıpların ve gıda kaynaklı pandemilerin önlenmesinde kilit role sahiptir. Bunların yanında, şeffaf bir sürecin sağlanıp tüketicilerin güvenli gıda konusundaki taleplerini de tatmin etmesi bir diğer önemli noktadır. Potansiyel önemli

faydalarına rağmen, blok zinciri teknolojisi hayvancılık üzerindeki etkilerine dair sadece birkaç çalışma ile gıda endüstrisinde yaygın uygulama için hala gelişiminin erken aşamalarındadır (Picchi vd., 2019).

TIR şeklinde kısaltılan Thermal Infrared Imaging (termal kızılötesi görüntüleme) sayesinde, hayvanların vücutları içerisine yerleştirilmiş termometreler ile vücut sıcaklıkları izlenebilir. TIR, göz bölgesindeki ve tüm vücuttaki deri sıcaklığını sürekli bir şekilde izleyerek geleneksel yöntemlerden 4-6 gün önce hastalıkları tespit edebilir (Koltos vd., 2018). Bu sayede ise hem tedavi masrafları düşer hem hastalıkların tüm sürede yayılması önlenir (Martinez vd., 2021). Hayvan sağlığını izlemek için vücut üzerinde kullanılan sensörlerin en yaygınları; termometreler, adımsayarlar, radyo frekansı ile tanımlama etiketleri, mikrofonlar ve kameralardır. Bu sayılan uygulamalar, hayvanların vücut ısısı, hareket seviyeleri, öksürük ve horlama gibi ses farklılıkları, öfke ve kızgınlık gibi özel davranışlarını izlemeye olanak tanır (Benjamin ve Yik, 2019). Sensörlerin en önemli özelliklerinden birisi de hayvan hastalıklarının etkisinin ve yayılma hızının azaltılmasıdır. Hayvanların vücut sıcaklığı, davranışları, sesleri, pH dereceleri, metabolik faaliyetleri, vücutlarındaki patojen düzeyleri, toksin ve antibiyotik miktarları, sensörler aracılığıyla kolayca izlenebilmektedir. Günümüzde hayvancılık faaliyetlerinde aşırı antibiyotik kullanımı, insan sağlığı için büyük endişeleri de beraberinde getirmektedir (Mungroo ve Neethirajan, 2014). Bu şekilde biyosensör kullanımı, çiftçilere büyük ekonomik zararlar verebilen kuş gribi ve coronavirus gibi sorunlu patojenleri, paratüberküloz gibi zararlı bakterileri tespit etmekte kullanılabilir (Mungroo ve Neethirajan, 2014; Ahmed vd., 2017; Weng ve Neethirajan, 2018; Chand vd., 2018).

Süt üretimi yapılan işletmelerde, vücuda yerleştirilen sensörler sayesinde, çiftçilerin kendilerinin tespit etmesi mümkün olmayan sütteki yağ ve protein oranı, somatik hücre sayısı, projesteron ve antibiyotik miktarı kolayca öğrenilebilir (White, 2018). Biyometrik sensörler, hastalıkların yayılma durumunu izlerken iltihapları tespit eden biyogöstergeleri de tespit edebilir (Tuteja ve Neethirajan, 2018). Örneğin, TIR, hastalıklı ayakların tespiti için ayak görüntüleri almakta kullanılmaktadır (Jorquera-Chavez vd., 2019). Biyometrik sensörlerin, sığırlarda su tüketiminin izlenmesindeki faydası da kanıtlanmıştır. Radyo frekansı ile tanımlama etiketleri ve adımsayarlar kullanılarak yapılan bir çalışmada, hayvan davranış şekillerinin % 95 doğruluk oranı ile doğru sınıflandırıldığı gözlenmiştir (Williams vd., 2020).

Biyometrik sensörlerin ve biyosensörlerin hayvan sağlığı ve refahını izlemede kullanılması, hayvanların yönetimine anlamlı bakış açısı sağlamak için işlenmesi ve analiz edilmesi gereken büyük miktarda verilerin ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Bu durum, elde edilen büyük verinin ve karmaşık veri setlerinin hassas analizini gerektirir (Wolfert vd., 2017). Büyük veri; verilerin görsel olarak incelenmesini imkansız hale getiren birçok değişkenin, geleneksel istatistik teknikleri için uygun olmayan dağılık verilerin yer aldığı, çok sayıda satır ve sütun içeren veri kümeleri olarak tanımlanır (Morora vd.,

2018). Büyük veri ve yapay zeka uygulamaları, mümkün olan en iyi gözetim ile çiftçilere hayvancılık işletmelerini etkili bir şekilde yönetme olanağı sağlamaktadır (White, 2018). Büyük veri modelleri, sensörlerden bilgi alır, işler ve sonra verilerde hayvanlar üzerinde etkili olabilecek anormallik tespit etmek için kullanır. Büyük veri, dört anahtar özelliği ile karakterize edilir (Wolfert vd., 2017; Koltjes vd., 2019);

- I. Hacim: verinin kalitesi.
- II. Hız: verinin elde edilme veya kullanılma hızı.
- III. Çeşitlilik: verinin farklı formları ve
- IV. Doğruluk: verinin artırılması ve düzenlenmesi.

İfade edilen avantajlarına rağmen hayvancılığa yönelik teknolojilerin gelişmesi ve özellikle de uygulanması konusunda bazı çekinceler de vardır. Bu çekincelere; altyapı yetersizliği, mevcut teknolojilerin kısıtlı ülkelerde geliştiriliyor olması nedeniyle birçok ülkenin ithalatçı konumunda olmasının maliyet açısından çiftçileri zorlaması, çiftçilerin bilişim okuryazarlığının yetersiz olması, mevcut tarım makineleri parklarının ve envanterlerinin eski olması örnek verilebilir.

4. Sonuçlar ve Öneriler

Küresel olarak hayvancılık sistemlerinin geleceği nedir? Çeşitli değerlendirmeler, büyük ölçüde insan nüfusu tarafından yönlendirilen talepteki artışların büyümesinin, gelir artışı ve kentleşmenin de katkısıyla en azından önümüzdeki otuz yıl boyunca devam edeceğini belirtmektedir. Gelecekte de hayvansal üretimin artması muhtemeldir. Ancak gelişmiş ülkelerdeki talep artışı, insan sağlığıyla ilgili endişeler ve değişen sosyo – kültürel değerler nedeniyle oldukça durgun bir seyir izleyebilir. İlerleyen yıllarda hayvancılık sektöründe gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler arasındaki karakteristik farklılıkların artması muhtemeldir. Fakat dünyanın farklı bölgelerinde hangi itici güçlerin meydana geleceği oldukça belirsizdir. Bu noktada, teknolojik gelişmeleri benimseyen ve uygulayan ülkelerin, daha avantajlı olacağı düşünülmektedir.

Bahsedilen avantajlardan daha fazla ülkenin ve üreticinin faydalanabilmesi için özellikle yüksek yatırım maliyeti konusunda çiftçilerin çekinceleri ortadan kaldırılmalıdır. Devlet desteklemeleri ile teknolojik uygulamalara yönelmek isteyen çiftçilerin desteklenmesi gerekmektedir. Dünyada 5G teknolojilerinin her geçen gün daha aktif halde kullanılması sayesinde; çiftçilere teknik altyapı ve eğitimin sağlanması, e-tarım uygulamalarında standart belirleyici mevzuatların hayata geçirilmesi, altyapı yatırımlarının mobil operatörler ile yaygınlaştırılması, 5G kullanımına yönelik üretilecek hayvansal alet, ekipman ve yazılımların teşviklerle desteklenmesi halinde söz konusu çekinceler ortadan kaldırılabilir.

En umut verici hayvancılık teknolojisi gelişmelerinden bazıları, biyometrik ve biyolojik sensörleri, büyük verileri ve blok zinciri teknolojilerini içermektedir. Sensörler, çiftçilerin hayvan sağlığı ve refahı hakkında gerçek zamanlı veriler toplamasına olanak tanıyarak, sürdürülebilir ve güvenli bir gıda tedarikini devam

ettirmek için proaktif yönetim stratejilerini uygulamalarına yardımcı olur. Büyük veri analitiği, sensör verilerini çiftçiler için anlamlı ve eyleme geçirilebilir çıktılara dönüştürür. Blok zinciri teknolojisi, hayvancılık faaliyetlerini daha şeffaf ve izlenebilir hale getirerek tüketici güvenini artırır ve stratejik öneme sahip olan gıda güvenliğini güçlendirir. Tabii ki, hayvancılıkta hiçbir büyük ilerleme potansiyel dezavantajlar olmadan gelmez. Bu dezavantajların tanımlanması ve dikkatlice ele alınması gerekir. Dünya çapında bakıldığında, hayvancılık teknolojileri hala çiftliklerde uygulamanın ilk aşamalarında ve bu teknolojilerin çiftçiler ve tüketiciler tarafından geniş çapta kabul edilebilmesi için bir takım sorunların düzeltilmesi gerekecektir.

Bir sonuç olarak, hayvansal üretimde yenilikçi teknolojilerin kullanımı bir yandan hayvan sağlığı ve refahına katkı sağlarken, diğer yandan daha verimli ve kaliteli hayvansal ürünler elde edilmesi sonucu uzun vadede maliyet azaltıcı etkisi ile hayvansal üretimin ekonomik sürdürülebilirliğine önemli katkılar sağlayacaktır.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

5. Kaynaklar

- Ahmed, S. R., Nagy, E., & Neethirajan, S. (2017). Self – assembled star – shaped chiroplasmonic gold nanoparticles for an ultrasensitive chiro – immunosensor for viruses. *RSC Advances*, 7(65), 40849-40857. 10.1039/C7RA07175B.
- Alary, V., Corniaux, C., & Gautier, D. (2011). Livestock's contribution to poverty alleviation: how to measure it? *World Development*, 39(9), 1638-1648.
- Alders, R. B., Campbell, A., Costa, R., Guèye, E. F., Hoque, E. A., Perezgrovas-Garza, R., Rota, A., & Wingett, K. (2021). Livestock across the world: diverse animal species with complex roles in human societies and ecosystem services. *Animal Frontiers*, 11(5), 20-29.
- Benjamin, M., & Yik, S. (2019). Precision livestock farming in swine welfare: a review for swine practitioners. *Animals*, 9(4), 1-21. <https://doi.org/10.3390/ani9040133>.
- Berckmans, D. (2006). Automatic online monitoring of animals by precision livestock farming. *Livestock Production and Society*, 287, 27-30.
- Berckmans, D., Hemeryck, M., & Berckmans, D. (2015). Animal sound talks! In *real-time sound analysis for health monitoring in livestock*. (pp. 1-8)
- BTİK (2020). Akıllı Tarım. Sektörel Araştırma ve Strateji Geliştirme Daire Başkanlığı.
- Capper, J. L. (2011). The environmental impact of beef production in the United States: 1977 compared with 2007. *Journal of Animal Sciences*, 89, 4249-4261.
- Capper, J., & Hayes, D. (2012). The Environmental and economic impact of removing growth – enhancing technologies from United States beef production. *Journal of Animal Sciences*, 90, 3527-3537.
- Catarinucci, L., Colella, R., Mainetti, L., Mighali, V., Patrono, L., Sergi, I., & Tarricone, L. (2012). An innovative animals tracking system based on passive UHF RFID technology. In *SoftCOM 2012, 20th International Conference on Software, Telecommunications and Computer Networks*. (pp. 1-7)
- Chadwick, D., Sommer, S., Thorman, R., Fanguero, D., Cardenas, L., Amon, B., & Misselbrook, T. (2011). Manure management:

- implications for greenhouse gas emissions. *Animal Feed Science Technology*, 166, 514-531.
- Chand, R., Wang, Y. L., Kelton, D., & Neethirajan, S. (2018). Isothermal DNA amplification with functionalized graphene and nanoparticle assisted electroanalysis for rapid detection of johnhe's disease. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 261, 31-37, <https://doi.org/10.1016/j.snb.2018.01.140>.
- Chandrud, W., Wisanmongkol, J., & Ketprom U. (2008). RFID for Poultry Traceability System at Animal Checkpoint. In *Proceedings of ECTI-CON*. (pp. 753-756)
- Çakır, A., & İşlek, F. (2021). Türkiye'de Organik Tarım ve Agro – Ekolojik Gelişmeler. In *Türkiye'nin Akıllı Tarım (Tarım 4.0) Potansiyeli*. (pp. 155-174)
- Delgado, C. (2005). Rising demand for meat and milk in developing countries: implications for grasslands based livestock production. In *grassland: global resource*. (pp. 29-39).
- Deloitte (2017). Smart livestock farming, potential of digitalization for global meat supply. No. 11, Discussion Paper, Deloitte.
- Doğan, H., Çağlar, M. F., Yavuz, M., & Gözel, M. A. (2016). Use of Radio Frequency Identification Systems on Animal Monitoring. *Suleyman Demirel University International Journal of Technological Science*, 8, 38-53. <https://doi.org/10.1002/mmcce.21674>
- Domdouzis, K., Kumar, B., & Anumba, C. (2007) Radio Frequency Identification (RFID) Applications: A Brief Introduction. *Advanced Engineering Informatics*, 21, 350-355.
- Fallon, R. J. (2001) The development and use of electronic ruminal boluses as a vehicle for bovine identification. *Revue Scientifique et Technique Office International*, 20(2), 480-490.
- FAO (2006). World agriculture: towards 2030/2050. interim report, global perspective studies unit.
- FAO (2010). Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistical Databases.
- FAO (2018). World livestock: transforming the livestock sector through the sustainable development goals. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO (2019). The future of livestock in Nigeria. in: opportunities and challenges in the face of uncertainty: Guidelines. FAO, Rome.
- Finkenzeller, K. (2003). *RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identification*. John Wiley & Sons, Inc. New York, USA.
- Groher, T., Heitkampfer, K., & Umstätter, C. (2020). Digital technology adoption in livestock production with a special focus on ruminant farming. *Animal*, 14(11), 2404-2413. <https://doi.org/10.1017/S1751731120001391>
- Gwaka, L.T. (2017). Digital technologies and sustainable livestock systems in rural communities. *The Electronic Journal of Information Systems in Developing Countries*, 81(6), 1-24.
- Hong-Da, W. (2012). Application of radio frequency identification (RFID) in diary information management. *Journal of Northeast Agricultural University*, 19, 78-81.
- Jorquera-Chavez, M., Fuentes, S., Dunshea, F. R., Jongman, E. C., & Warner, R. D. (2019). Computer vision and remote sensing to assess physiological responses of cattle to pre – slaughter stress, and its impact on beef quality: a review. *Meat Science*, 156, 11-22. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.05.007>.
- Karaca, S. (2010). *Personal Tracking System with RFID*. (Master's Thesis, Maltepe University Graduate School of Natural and Applied Science)
- Kılıç, U. (2011). Use of Wireless Rumen Sensors in Ruminant Nutrition Research. *Asian Journal of Animal Sciences*, 5(1), 46-55.
- Koltes, J. E., Koltes, D. A., Mote, B. E., Tucker, J., & Hubbell, III D. S. (2018). Automated collection of heat stress data in livestock: new Technologies and opportunities. *Translational Animal Science*, 2(3), 319-323. <https://doi.org/10.1093/tas/txy061>.
- Koltes, J. E., Cole, J. B., Clemmens, R., Dilger, R. N., Kramer, L. M., Lunney, J. K., McCue, M. E., McKay, S. D., Mateescu, R. G., Murdoch, B. M., & Reuter, R. (2019). A Vision for Development and Utilization of High Throughput Phenotyping and Big Data Analytics in Livestock. *Frontiers in Genetics*, 10, 1197.
- Maddison, A. (2003). *The world economy: historical statistics*. OECD publishing.
- Martinez, B., Reaser, J. K., Dehgan, A., Zamft, B., Baisch, D., McCormick, C., Giordano, A. J., Aicher, R., & Selbe, S. (2020). Technology innovation: advancing capacities for the early detection of and rapid response to invasive species. *Biol Invasions*, 22(1), 75-100. <https://doi.org/10.1007/s10530-019-02146-y>.
- McEwen, S. A., & Collignon, P. J. (2018). Antimicrobial resistance: a one health perspective. *Microbiology Spectrum, Clinical Microbiology*, 6(2), 1-26.
- Mennecke, B., & Townsend, A. (2005). Radio Frequency Identification Tagging as a Mechanism of Creating a Viable Producer's Brand in the Cattle Industry. MATRIC Research Paper 05-MRP 8.
- Morota, G., Ventura, R. V., Silva, F. F., Koyama, M., & Fernando, S. C. (2018). Big data analytics and precision animal agriculture symposium: machine learning and data mining advance predictive big data analysis in precision animal agriculture. *Journal of Animal Science*, 96(4), 1540-1550. <https://doi.org/10.1093/jas/sky014>.
- Mungroo, N. A., & Neethirajan, S. (2014). Biosensors for the detection of antibiotics in poultry industry-a review. *Biosensors*, 4(4), 472-493. <https://doi.org/10.3390/bios4040472>.
- Neethirajan, S., & Kemp, B. (2021). Digital livestock farming. *Sensing and Bio – Sensing Research*, 32, 100408, 1-12.
- Neumeier, C. J., & Mitloehner, F. M. (2013). Cattle biotechnologies reduce environmental impact and help feed a growing planet. *Animal Frontiers*, 3(3), 36-41.
- Ordoloff, D. (2001). Introduction of electronics into milking technology. *Computers and Electronics in Agriculture*, 30, 125-149.
- Picchi, V. V., Castro, E. F., Marino, F. C., & Ribeiro, S. L. (2019). Increasing the confidence of the Brazilian livestock production chain using blockchain. In *Proceedings of the 2019 2nd International Conference on Blockchain Technology and Application*. (pp. 93-98)
- Roberts, C. M. (2006). Radio frequency identification (RFID). *Computer & Security*, 25, 18-26.
- Rosegrant, M. W., Cai, X., & Cline, S. A. (2002). Global water outlook to 2025, averting an impending crisis. a 2020 vision for food, agriculture, and the environment initiative. Washington, DC: IFPRI and IWMI. International Water Management Institute.
- Rosegrant, M. W., McIntyre, B. D., Herren, H. R., Wakhungu, J., & Watson, R. T. (2009). Looking into the future for agriculture and AKST (agricultural knowledge science and technology). In *agriculture at a crossroads*. (pp. 307-376).
- Rossing, W. (1999). Animal Identification: Introduction and History. *Computers and Electronics in Agriculture*, 24, 1-4.
- Schillings, J., Bennett, R., & Rose, D. C. (2021). Exploring the potential of precision livestock farming technologies to help address farm animal welfare. *Frontiers in Animal Science*, 2, 639678.
- Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M., & de Haan, C. (2006). Livestock's long shadow: environmental issues and options. Food & Agriculture Org.
- Stoyanov, K., Zhelyazkov, G., & Nikolay, P. (2021). Digitalization of processes in livestock farming: software solutions in the case of Bulgaria. *SHS Web of Conferences*, 120, 1-6. <https://doi.org/10.1051/shsconf/202112002010>
- Stygar, A. H., Gómez, Y., Bertesell, G. V., Costa, E. D., Canall, E., Niemi, J. K., Llonch, P., & Pastell, M. A. (2021). Systematic review on commercially available and validated sensor technologies for welfare assessment for dairy cattle. *Frontiers in Veterinary Science*, 8, 634338, 1-15.
- Taneja, M., Byabazaire, J., Jalodia, N., Davy, A., Olariu, C., & Amalone, P. (2020). Machine learning based fog computing assisted data – driven approach for early lameness detection in dairy cattle. *Computers and Electronics in Agriculture*, 171, 105286.
- Thornton, P. K. (2010). Livestock production: recent trends, future prospects. *Philosophy Transactions of the Royal Society*, 365, 2853-2867
- Trevisi, E., Zecconi, A., Cogrossi, S., Razzuoli, E., Grossi, P., & Amadori, M. (2014). Strategies for reduced antibiotic usage in dairy cattle farms. *Research in Veterinary Science*, 96, 229-233. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2014.01.001>
- Tuteja, S. K., & Neethirajan, S. (2018). Exploration of two – dimensional bio – functionalized phosphorene nanosheets (black phosphorous) for label free haptoglobin electro – immunosensing applications, *Nanotechnology*, 29(13), 135101. <https://doi.org/10.1088/1361-6528/aaab15>.
- UNFPA (2008). United Nations Population Fund. The state of world population 2007: unleashing the potential of urban growth. 2008. United Nations Population Fund.
- UNPD (2008). United Nations Population Division. The 2006 Revision and world urbanization prospects: the 2005 revision. Population Division of the Department of Economic and Social Affairs of the United Nations Secretariat, World Population Prospects.

- Van Vuuren, D. P., McIntyre, B. D., Herren, H. R., Wakhungu, J., & Watson, R. T. (2009) Outlook on agricultural change and its drivers. In *agriculture at a crossroads*. (pp. 255-305)
- Varese, E., Buffagni S., & Percivale F. (2008). Application of RFID technology to the agro industrial sector: analysis of some case studies. *Journal Commodity Science and Technological Quality*, 47, 171-179.
- Volk, T., & Jansen, D. (2012). Implantable RFID sensor platform to monitor vital functions of small animals controlled by network based software. In *Smart SysTech 2012; European Conference on Smart Objects, Systems and Technologies*. (pp. 1-6)
- White, M. (2018). Emerging agricultural technologies: consumer perceptions around emerging agtech. ISBN 978-1-76053-013-6 ISSN 1440-6845 Publication No. 18/048 Project No. PRJ-011141, 97 P, Sydney.
- Weng, X., & Neethirajan, S. (2018). Immunosensor based on antibody – functionalized MoS 2 for rapid detection of avian coronavirus on cotton thread. *IEEE Sensors Journal*, 18(11), 4358-4363. <https://doi.org/10.1109/JSEN.2018.2829084>.
- Williams, L. R., Moore, S. T., Bishop-Hurley, G. J., & Swain, D. L. (2020). A sensor – based solution to monitor grazing cattle drinking behaviour and water intake. *Computers and Electronics in Agriculture*, 168, 105141, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.105141>.
- Wismans, W. M. (1999). Identification and Registration of Animal in the European Union. *Computers and Electronics in Agriculture*, 24, 99-108.
- Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C., & Bogaardt, M. J. (2017). Big data in smart farming – a review. *Agricultural Systems*, 153, 69-80, <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.01.023>.
- World Bank (2009) Minding the stock: bringing public policy to bear on livestock sector development. Report no. 44010-GLB. Washington, DC.