

TARIMDA ENTEGRE TEKNOLOJİLER VE EKOSİSTEMSEL YAKLAŞIMLAR

Editör
Prof. Dr. Şefik TÜFENKÇİ



© Copyright 2025

Bu kitabın, basım, yayın ve satış hakları Akademisyen Kitabevi A.Ş.'ne aittir. Anılan kuruluşun izni alınmadan kitabın tümü ya da bölümleri mekanik, elektronik, fotokopi, manyetik kayıt ve/veya başka yöntemlerle çoğaltılamaz, basılamaz, dağıtılamaz. Tablo, şekil ve grafikler izin alınmadan, ticari amaçlı kullanılamaz. Bu kitap T.C. Kültür Bakanlığı bandrolü ile satılmaktadır.

ISBN 978-625-375-803-5	Sayfa ve Kapak Tasarımı Akademisyen Dizgi Ünitesi
Kitap Adı Tarımda Entegre Teknolojiler ve Ekosistemsel Yaklaşımlar	Yayıncı Sertifika No 47518
Editörler Şefik TÜFENKÇİ ORCID iD: 0000-0002-3350-1085	Baskı ve Cilt Vadi Matbaacılık
Yayın Koordinatörü Yasin DİLMEN	Bisac Code TEC003000
	DOI 10.37609/akya.3933

Kütüphane Kimlik Kartı

Tarımda Entegre Teknolojiler ve Ekosistemsel Yaklaşımlar / ed. Şefik Tüfenkci.
Ankara : Akademisyen Yayınevi Kitabevi, 2025.
156 s. : tablo, şekil. ; 160x235 mm.
Kaynakça var.
ISBN 9786253758035

GENEL DAĞITIM
Akademisyen Kitabevi A.Ş.

Halk Sokak 5 / A Yenışehir / Ankara
Tel: 0312 431 16 33
siparis@akademisyen.com

www.akademisyen.com

İÇİNDEKİLER

Bölüm 1	Yenilikçi Besleme ve İşletme Stratejileriyle Sürdürülebilir Biyogaz Reaktör Tasarımı	1
	<i>Koray TUNCAY</i> <i>Fatih Şevki ERKUŞ</i> <i>Şefik TUFENKÇİ</i>	
Bölüm 2	Yapay Zekânın Toprak Biliminde ve Sulama Programlamasında Entegrasyonu ve Kullanılabilirliğinin Araştırılması	19
	<i>Şefik TUFENKÇİ</i> <i>Halil TEMEL</i>	
Bölüm 3	Bağcılıkta Örtü Bitkilerinin Kullanımı: Ekosistem Hizmetleri, Üzüm Verim Kalitesi Ve Sürdürülebilir Yönetim Stratejileri	27
	<i>Cüneyt UYAK</i>	
Bölüm 4	Kuraklık, Kuraklık İndisleri ve Modellenmesi: Uygulama Örnekleri	45
	<i>Recep YANIK</i> <i>Ünal ŞİRİN</i> <i>Bahar KOCAMAN</i>	
Bölüm 5	Doğadan Kültüre Uzanan Bir Değer: Hakkari’de Kenger Bitkisinin Ekolojik, Ekonomik ve Sosyo-Kültürel Sürdürülebilirliği	65
	<i>Zehra EKİN</i> <i>Savaş DEMİR</i>	
Bölüm 6	Beton Teknolojisi, Bileşenleri ve Tarımsal Yapılardaki Uygulamaları	79
	<i>Ünal ŞİRİN</i> <i>Fatma OKYAY</i> <i>Recep YANIK</i> <i>Fatih Mehmet KIZILOĞLU</i> <i>Sedat KARAMAN</i>	

İçindekiler

Bölüm 7	Sığırcılık İşletmelerinde Kullanılan Robot Teknolojileri	93
	<i>Şeyma ÇİLO</i>	
	<i>Veysel Fatih ÖZDEMİR</i>	
Bölüm 8	Arıtma Çamurunun Tarımsal Kullanımında Fayda ve Risk Yönetimi	105
	<i>Mehmet ALTUN</i>	
	<i>Üstün ŞAHİN</i>	
Bölüm 9	Nanopartiküllerin Su Kalitesine Etkisi.....	125
	<i>Talip ÇAKMAKCI</i>	
Bölüm 10	Tarımsal Sulamada Nanopartikül Kullanımı	135
	<i>Talip ÇAKMAKCI</i>	
	<i>Caner YERLİ</i>	
	<i>Üstün ŞAHİN</i>	
Bölüm 11	Kuluçka ve Kanatlı Yetiştiriciliğinde İnkübatör Teknolojileri.....	145
	<i>Mustafa Furkan BEZGİN</i>	
	<i>Serkan YAZAREL</i>	
	<i>Sedat KARAMAN</i>	

YAZARLAR

Prof. Dr. Zehra EKİN

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat
Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü

Prof. Dr. Sedat KARAMAN

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi,
Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği
Bölümü

Prof. Dr. Fatih Mehmet KIZILOĞLU

Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi,
Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü

Prof. Dr. Bahar KOCAMAN

Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi,
Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü

Prof. Dr. Üstün ŞAHİN

Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi,
Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü

Prof. Dr. Şefik TUFENKCI

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat
Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği
Bölümü

Doç. Dr. Talip ÇAKMAKCI

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat
Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği
Bölümü

Doç. Dr. Cüneyt UYAK

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat
Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü

Doç. Dr. Caner YERLİ

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat
Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği
Bölümü

Dr. Öğr. Üyesi Ünal ŞİRİN

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat
Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği
Bölümü

Dr. Öğr. Üyesi Fatih Şevki ERKUŞ

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat
Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği
Bölümü

Dr. Öğr. Üyesi Veysel Fatih ÖZDEMİR

Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi,
Zootečni Bölümü

Dr. Öğr. Üyesi Recep YANIK

Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi,
Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü

Dr. Öğr. Üyesi Serkan YAZAREL

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi,
Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği
Bölümü

Arş. Gör. Dr. Mehmet ALTUN

Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi,
Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü

Yazarlar

Arş. Gör. Şeyma ÇİLO

Muş Alparslan Üniversitesi, Uygulamalı
Bilimler Fakültesi, Hayvansal Üretim ve
Teknolojileri Bölümü

Dr. Savaş DEMİR

Mustafa Furkan BEZGİN

Tokat Gaziozmanapaşa Üniversitesi,
Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyosistem
Mühendisliği Anabilim Dalı

Fatma OKYAY

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen
Bilimleri Enstitüsü, Biyosistem
Mühendisliği Anabilim Dalı

Halil TEMEL

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen
Bilimleri Enstitüsü, Biyosistem
Mühendisliği Anabilim Dalı

Koray TUNCAY

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen
Bilimleri Enstitüsü, Biyosistem
Mühendisliği Anabilim Dalı

BÖLÜM 1

YENİLİKÇİ BESLEME VE İŞLETME STRATEJİLERİYLE SÜRDÜRÜLEBİLİR BİYOGAZ REAKTÖR TASARIMI

Koray TUNCAY¹
Fatih Şevki ERKUŞ²
Şefik TÜFENKÇİ³

GİRİŞ

Biyogaz teknolojisi, atık akımlarının çevresel yükünü azaltırken aynı anda yenilenebilir enerji üretimi sağlamayı amaçlayan, dairesel ekonomi prensiplerinin uygulama alanlarında kritik bir yer tutan olgun bir biyoteknolojik sistemdir (1). Bu sistemde, biyolojik dönüşüm verimliliği ve süreç stabilitesi, biyoreaktör tasarımı- nın temelini oluşturan en belirleyici parametre olan substratın toplam katı madde içeriği (TKM, %kuru ağırlık bazında) oranına bağlıdır.

TKM oranı, yalnızca bir fizikokimyasal ölçüm değildir. Bu parametre, biyolojik hidroliz dinamikleri, mikrobiyal aktivite profili, kütle transfer verimliliği, operasyonel maliyet, su tüketimi, karbon ayak izi ve enerji verimliliği gibi çok boyutlu faktörler üzerinde doğrudan etkilidir (1,2).

Geleneksel olarak, düşük katı içeriğine (<%15 TKM) sahip “ıslak” (wet) sistemler, teknik basitliği ve uzun süren uygulama deneyimi nedeniyle endüstride hâkim konumda kalmıştır. Ancak artan katı atık üretimi, su kaynaklarının giderek kısıtlanması, taşıma ve işleme maliyetlerindeki artışlar ile sürdürülebilir kaynak yönetimi talepleri, orta (%15-20 TKM) ve yüksek (>%20 TKM) katı içeriğe sahip “yarı-kuru” (semi-dry) ve “kuru” (dry) sistemlerin teknik ve ekonomik avantajlarını öne çıkarmıştır (3-5).

¹ Zir. Yük. Müh., Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı, krytncy@gmail.com, ORCID iD: 0000-0002-5851-5985

² Dr. Öğr. Üyesi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, fatiherkus@yyu.edu.tr, ORCID iD: 0000-0001-8541-7048

³ Prof. Dr., Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, sefiktufenkci@yyu.edu.tr, ORCID iD: 0000-0002-3350-1085

KAYNAKLAR

1. Weiland P. Biogas production: current state and perspectives. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2010;85(4):849–860. doi:10.1007/s00253-009-2246-7
2. Mata-Alvarez J, Macé S, Labrés P. Anaerobic digestion of organic solid wastes: an overview of research achievements and perspectives. *Bioresource Technology*. 2000;74(1):3–16. doi:10.1016/S0960-8524(00)00023-7
3. Li Y, Park SY, Zhu J. Solid-state anaerobic digestion for methane production from organic waste. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2011;15(1):821–826. doi:10.1016/j.rser.2010.07.042
4. Chiumenti A, da Borso F, Limina S. Dry anaerobic digestion of cow manure and agricultural products in a full-scale plant: efficiency and comparison with wet fermentation. *Waste Management*. 2018;71:704–710. doi:10.1016/j.wasman.2017.03.046
5. Wang Z, Jiang Y, Wang S, et al. Impact of total solids content on anaerobic co-digestion of pig manure and food waste: insights into shifting of the methanogenic pathway. *Waste Management*. 2020;114:96–106. doi:10.1016/j.wasman.2020.06.048
6. Rapport J, Zhang R, Jenkins BM, Williams RB. Current anaerobic digestion technologies used for treatment of municipal organic solid waste. *California Integrated Waste Management Board Contract*. 2008;IWM-C2023.
7. Batstone DJ, Keller J, Angelidaki I, et al. The IWA Anaerobic Digestion Model No 1 (ADM1). *Water Science and Technology*. 2002;45(10):65–73. doi:10.2166/wst.2002.0292
8. Vavilin VA, Fernandez B, Palatsi J, Flotats X. Hydrolysis kinetics in anaerobic degradation of particulate organic material: an overview. *Waste Management*. 2008;28(6):939–951. doi:10.1016/j.wasman.2007.03.028
9. Abbassi-Guendouz A, Brockmann D, Trably E, et al. Total solids content drives high solid anaerobic digestion via mass transfer limitation. *Bioresource Technology*. 2012;111:55–61. doi:10.1016/j.biortech.2012.01.174
10. Duan N, Dong B, Wu B, Dai X. High-solid anaerobic digestion of sewage sludge under mesophilic conditions: feasibility study. *Bioresource Technology*. 2012;104:150–156. doi:10.1016/j.biortech.2011.10.090
11. Nges IA, Liu J. Effects of solid retention time on anaerobic digestion of dewatered-sewage sludge in mesophilic and thermophilic conditions. *Renewable Energy*. 2010;35(10):2200–2206. doi:10.1016/j.renene.2010.02.022
12. Jiang Y, Dennehy C, Lawlor PG, et al. Exploring roles of microbes in dry co-digestion of food waste and pig manure using high-throughput 16S rRNA gene sequencing. *Biotechnology for Biofuels*. 2019;12:5. doi:10.1186/s13068-018-1339-4
13. Ward AJ, Hobbs PJ, Holliman PJ, Jones DL. Optimisation of the anaerobic digestion of agricultural resources. *Bioresource Technology*. 2008;99(17):7928–7940. doi:10.1016/j.biortech.2008.02.044
14. Zhao W, Zhou CY, Zhang J, Wang DQ. High-solids anaerobic digestion of cassava pulp in semi-continuous bioreactors. *BioResources*. 2021;16(4):6723–6736. doi:10.15376/biores.16.4.6723-6736
15. Bollon J, Benbelkacem H, Gourdon R, Buffière P. Measurement of diffusion coefficients in dry anaerobic digestion media. *Chemical Engineering Science*. 2013;89:115–119. doi:10.1016/j.ces.2012.11.036
16. Forster-Carneiro T, Pérez M, Romero LI. Influence of total solid and inoculum contents on performance of anaerobic reactors treating food waste. *Bioresource Technology*. 2008;99(15):6994–7002. doi:10.1016/j.biortech.2008.01.018
17. Pan X, Wang Y, Xie H, et al. Performance of a novel rotating bioreactor for dry anaerobic digestion: efficiency and mechanism vs wet fermentation. *Energy*. 2022;254:124404. doi:10.1016/j.energy.2022.124404
18. Karthikeyan OP, Visvanathan C. Bio-energy recovery from high-solid organic substrates by dry anaerobic bio-conversion processes: a review. *Reviews in Environmental Science and Bio/Te-*

- chnology. 2013;12(3):257–284. doi:10.1007/s11157-012-9304-9
19. André L, Pauss A, Ribeiro T. Solid anaerobic digestion: state-of-art, scientific and technological hurdles. *Bioresource Technology*. 2018;247:1027–1037. doi:10.1016/j.biortech.2017.09.003
 20. Gómez D, Ramos-Suárez JL, Fernández B, et al. Modified plug-flow anaerobic digester for biogas production from animal manures. *Energies*. 2019;12(13):2628. doi:10.3390/en12132628
 21. Fagbohunge MO, Dodd IC, Herbert BMJ, et al. High solid anaerobic digestion: operational challenges and possibilities. *Environmental Technology & Innovation*. 2015;4:268–284. doi:10.1016/j.eti.2015.09.003
 22. Lindmark J, Eriksson P, Thorin E. Effects of different mixing intensities in anaerobic digestion of OFMSW. *Waste Management*. 2014;34(8):1391–1397. doi:10.1016/j.wasman.2014.02.018
 23. Angelidaki I, Ahring BK. Thermophilic anaerobic digestion of livestock waste: effect of ammonia. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 1993;38(4):560–564. doi:10.1007/BF00242955
 24. Arelli V, Begum S, Anupoju GR, et al. Dry anaerobic co-digestion of food waste and cattle manure. *Bioresource Technology*. 2018;253:273–280. doi:10.1016/j.biortech.2018.01.050
 25. Rasit N, Wan Ab Karim Ghanib WA, Che Haruna MH, et al. Feeding frequency efficacy on biogas yield in oily substrate digestion. *Water Science and Technology*. 2024;89(10):2796–2811. doi:10.2166/wst.2024.153
 26. Koch K, Lübken M, Gehring T, et al. Biogas from grass silage: measurements and modeling with ADM1. *Bioresource Technology*. 2010;101(21):8158–8165. doi:10.1016/j.biortech.2010.06.009
 27. Joseph OO, Lim JW, Chong S, et al. Feedstocks, production processes, and yields for biodiesel generations. *Environmental Engineering Research*. 2020;25(3):316–328. doi:10.4491/eer.2019.138
 28. Labatut RA, Angenent LT, Scott NR. Biochemical methane potential of complex organic substrates. *Bioresource Technology*. 2011;102(3):2255–2264. doi:10.1016/j.biortech.2010.10.035
 29. Cavaleiro AJ, Pereira MA, Alves MM. Methane production from long chain fatty acid effluents. *Bioresource Technology*. 2008;99(10):4086–4095. doi:10.1016/j.biortech.2007.10.005
 30. Ning Z, Zhang H, Li W, et al. Anaerobic digestion of lipid-rich swine slaughterhouse waste. *Bioresource Technology*. 2018;269:426–433. doi:10.1016/j.biortech.2018.08.070
 31. Zhang C, Su H, Baeyens J, Tan T. Reviewing food waste anaerobic digestion for biogas. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2014;38:383–392. doi:10.1016/j.rser.2014.05.038
 32. Molaey R, Bayrakdar A, Sürmeli RÖ, Çalli B. Selenium supplementation mitigating ammonia inhibition in chicken manure digestion. *Biomass and Bioenergy*. 2018;108:439–446. doi:10.1016/j.biombioe.2017.10.050
 33. Molaey R, Bayrakdar A, Sürmeli RÖ, Çalli B. Trace element supplementation in chicken manure digestion. *Journal of Cleaner Production*. 2018;181:794–800. doi:10.1016/j.jclepro.2018.01.264
 34. Zhang L, Lee YW, Jahng D. Anaerobic co-digestion of food waste and piggery wastewater: role of trace elements. *Bioresource Technology*. 2011;102(8):5048–5059. doi:10.1016/j.biortech.2011.01.082
 35. Guo X, Wang C, Sun F, et al. Microbial characteristics in thermophilic vs mesophilic digesters. *Bioresource Technology*. 2014;152:420–428. doi:10.1016/j.biortech.2013.11.012
 36. Silvey P, Blackall L, Pullammanappallil P. Microbial ecology of leach-bed anaerobic digestion. In: *Proceedings of the Second International Symposium on Anaerobic Digestion of Solid Wastes*; 1999. p.307–314.
 37. Lethomäki A. *Biogas Production from Energy Crops and Crop Residues*. University of Jyväskylä; 2006.
 38. Silva I, Lapa N, Ribeiro H, Duarte E. Bioreactor feeding strategies to improve biogas production. *Journal of Ecological Engineering*. 2024;25(9):252–259. doi:10.12911/22998993/190924
 39. Mulat DG, Jacobi HF, Feilberg A, et al. Changing feeding regimes for flexible biogas production. *Applied and Environmental Microbiology*. 2016;82(2):438–449. doi:10.1128/AEM.02320-15
 40. De Vrieze J, Verstraete W, Boon N. Pulse feeding induces functional stability in anaerobic digestion. *Microbial Biotechnology*. 2013;6(4):414–424. doi:10.1111/1751-7915.12025
 41. Szarka N, Scholwin F, Trommler M, et al. Flexible, demand-oriented biogas-based power supply.

- Energy. 2013;61:18–26. doi:10.1016/j.energy.2012.12.053
42. Hahn H, Krautkremer B, Hartmann K, Wachendorf M. Concepts for demand-driven bio-gas supply. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2014;29:383–393. doi:10.1016/j.rser.2013.08.085
 43. Sundberg C, Al-Soud WA, Larsson M, et al. Pyrosequencing analyses of microbial richness in 21 biogas digesters. *FEMS Microbiology Ecology*. 2013;85(3):612–626. doi:10.1111/1574-6941.12148
 44. Li D, Liu S, Mi L, et al. Co-digestion of rice straw and pig manure under different OLRs. *Biore-source Technology*. 2015;187:120–127. doi:10.1016/j.biortech.2015.03.040
 45. Lee E, Bittencourt P, Casimir L, et al. High-solids anaerobic co-digestion of food, yard waste and sludge. *Waste Management*. 2020;95:432–439. doi:10.1016/j.wasman.2019.06.031
 46. Agyeman FO, Tao W. Co-digestion of food waste and dairy manure: impacts of particle size. *Journal of Environmental Management*. 2014;133:268–274. doi:10.1016/j.jenvman.2013.12.016
 47. Li Y, Zhang R, Liu G, et al. Methane potential and kinetics of different organic substrates. *Biore-source Technology*. 2014;149:565–569. doi:10.1016/j.biortech.2013.09.063
 48. Vieitez E, Ghosh S. Biogasification of solid wastes by two-phase anaerobic fermentation. *Bio-mass and Bioenergy*. 1999;16(5):299–309. doi:10.1016/S0961-9534(99)00009-5
 49. De Baere L. Anaerobic digestion of solid waste: state-of-the-art. *Water Science and Technology*. 2000;41(3):283–290. doi:10.2166/wst.2000.0045
 50. Dong L, Zhenhong Y, Yongming S, et al. Hydrogen production from OFMSW by anaerobic mixed cultures. *International Journal of Hydrogen Energy*. 2010;34(2):812–820. doi:10.1016/j.ijhydene.2008.11.031
 51. Xu SY, Karthikeyan OP, Selvam A, Wong JWC. Microbial community and enzyme activities in le-ach bed reactors. *Bioresource Technology*. 2014;168:41–48. doi:10.1016/j.biortech.2014.05.009
 52. Karakashev D, Batstone DJ, Angelidaki I. Influence of environmental conditions on methanoge-nic composition. *Applied and Environmental Microbiology*. 2005;71(1):331–338. doi:10.1128/AEM.71.1.331-338.2005
 53. Li Y, Zhang R, Chen C, et al. Co-digestion of corn stover and chicken manure under wet, he-mi-solid and solid conditions. *Bioresource Technology*. 2013;149:406–412. doi:10.1016/j.bior-tech.2013.09.091
 54. Dennehy C, Lawlor PG, Jiang Y, et al. Greenhouse gas emissions from pig manure manage-ment: critical analysis. *Frontiers in Environmental Science and Engineering*. 2017;11(3):11. doi:10.1007/s11783-017-0942-6
 55. Amon T, Amon B, Kryvoruchko V, et al. Methane production through anaerobic digesti-on of energy crops. *Bioresource Technology*. 2007;98(17):3204–3212. doi:10.1016/j.biorte-ch.2006.07.007
 56. Möller K, Müller T. Effects of anaerobic digestion on digestate nutrient availability and crop growth. *Engineering in Life Sciences*. 2012;12(3):242–257. doi:10.1002/elsc.201100085

BÖLÜM 2

YAPAY ZEKÂNIN TOPRAK BİLİMİNDE VE SULAMA PROGRAMLAMASINDA ENTEGRASYONU VE KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

Şefik TÜFENKÇİ¹

Halil TEMEL²

GİRİŞ

Yirmibirinci Yüzyıl tarımı, artan gıda talebini karşılarken aynı zamanda iklim değişikliği, su kıtlığı ve toprak bozulumu gibi küresel sorunlarla mücadele etmek zorundadır (1-3). Geleneksel tarım uygulamaları, özellikle su ve toprak kaynakları olmak üzere kaynakların israfına neden olmakta ve çevresel sürdürülebilirliği tehdit etmektedir. Bu bağlamda, toprak ve su kaynaklarının optimizasyonu, tarımsal sürdürülebilirliğin en kritik bileşenleri haline gelmiştir.

Yapay Zeka (YZ), özellikle Makine Öğrenmesi (ML) ve Derin Öğrenme (DL), karmaşık, doğrusal olmayan agro-ekolojik sistemleri modelleme ve tahmin etme kapasitesi ile dijital tarımın omurgasını oluşturmaktadır. YZ, insan müdahalesi olmadan büyük veri kümelerinden (big data) örüntüleri öğrenir, bu da toprak özelliklerinin uzaktan algılama ile tahmininden, bitki bazlı hassas sulamaya kadar bir dizi uygulama için benzersiz fırsatlar sunar (4).

Bu bölüm, YZ'nin toprak bilimi ve sulama yönetimindeki rolünü kapsamlı bir şekilde incelemeyi amaçlamaktadır. Temel YZ tekniklerinin teorik temelleri, spesifik uygulama alanları, saha örnekleri, mevcut zorluklar ve gelecek yönelimleri detaylandırılacaktır. Bu bölüm sayesinde YZ'nin teorik ve uygulanabilir yönleri ortaya konulacak, bu konuda eleştirel bilgiler sunulacak; YZ'nin toprak bilimin-

¹ Prof. Dr., Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, sefiktufenkci@yyu.edu.tr, ORCID iD: 0000-0002-3350-1085

² Yük. Müh., Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı, haliltemel@yyu.edu.tr, ORCID iD: 0009-0008-8969-8228

dijital tarım devriminde önemli bir oyuncu olma fırsatını yakalamış durumdadır. Bu fırsatı değerlendirmek, ancak kamu, özel sektör, akademi ve çiftçinin aynı hedef doğrultusunda koordineli bir şekilde çalışmasıyla mümkün olacaktır.

KAYNAKLAR

1. Yerli C, Çakmakçı T, Sahin U, et al. Ağır metallerin toprak, bitki, su ve insan sağlığına etkileri. *Türk Doğa ve Fen Dergisi*. 2020;9(özel sayı): 103-114.
2. Tüfenkci Ş, Yerli C, Çakmakçı T. Toprakta CO₂ salınımına bir bakış. In: Atılğan A, Erdal I, Boyacı S (eds.) *Biyosistem Mühendisliği II*. Akademisyen Yayınevi; 2021. p. 117-128.
3. Yerli C, Sahin, U. An assessment of the urban water footprint and blue water scarcity: A case study for Van (Turkey). *Brazilian Journal of Biology*. 2021;82: e249745.
4. Liakos KG, Busato P, Moshou DP. et al. Machine learning in agriculture: A review. *Sensors*. 2018;18(8): 2674.
5. McBratney AB, Santos MM, Minasny B. On digital soil mapping. *Geoderma*. 2003;117(1-2): 3-52.
6. Hengl T, Mendes de Jesus J, Heuvelink GB. et al. SoilGrids250m: Global gridded soil information based on machine learning. *PLoS one*. 2017;12(2): e0169748.
7. Padarian J, Minasny B, McBratney AB. Machine learning and soil sciences: A review aided by machine learning tools. *Soil*. 2020;6(1): 35-52.
8. Gholizadeh A, Žižala D, Saberioon M. et al. Soil organic carbon and texture retrieving and mapping using proximal, airborne and Sentinel-2 spectral imaging. *Remote Sensing of Environment*. 2018;218: 89-103.
9. Rodell M, Barnoud A, Robertson FR. et al. An abrupt decline in global terrestrial water storage and its relationship with sea level change. *Surveys in Geophysics*. 2014;45(6): 1875-1902.
10. Farzamian M, Autovino D, Basile A. et al. Assessing the dynamics of soil salinity with time-lapse inversion of electromagnetic data guided by hydrological modelling. *Hydrology and Earth System Sciences*. 2021;25(3), 1509-1527.
11. Stefanidis S, Alexandridis V, Mallinis G.A. cloud-based mapping approach for assessing spatiotemporal changes in erosion dynamics due to biotic and abiotic disturbances in a Mediterranean Peri-Urban forest. *Catena*. 2022;218, 106564.
12. Ferreira LB. da Cunha FF. New approach to estimate daily reference evapotranspiration based on hourly temperature and relative humidity using machine learning and deep learning. *Agricultural Water Management*. 2020;234: 106113.
13. Saggi MK, Jain S. A Survey Towards Decision Support System on Smart Irrigation Scheduling Using Machine Learning approaches: KS Saggi, S. Jain. *Archives of Computational Methods In Engineering*. 2022;29(6), 4455-4478.
14. Mahmood MR, Matin MA, Goudos SK. et al. Machine learning for smart agriculture: a comprehensive survey. *IEEE Transactions on Artificial Intelligence*. 2023;5(6): 2568-2588.
15. Hengl T, Mendes de Jesus J, Heuvelink GB, et al. SoilGrids250m: Global gridded soil information based on machine learning. *PLoS one*. 2017;12(2): e0169748.
16. Sishodia RP, Ray RL, Singh SK. Applications of remote sensing in precision agriculture: A review. *Remote Sensing*. 2020;12(19), 3136.
17. Anderson MC, Cammalleri C, Hain CR. et al. Using a diagnostic soil-plant-atmosphere model for monitoring drought at field to continental scales. *Procedia Environmental Sciences*. 2013;19: 47-56.
18. Zeng Y, Verhoef A, Vereecken H. et al. Monitoring and modeling the soil-plant system toward understanding soil health. *Reviews of Geophysics*. 2025;63(1): e2024RG000836.
19. Mi Q, Huo Z, Li M. et al. Development of a drought monitoring system for winter wheat in the huang-huai-hai region, china, utilizing a machine learning-physical process hybrid model. *Agronomy*. 2025;15(3): 696.
20. TÜBİTAK. Hassas tarım teknolojileri ile sürdürülebilir su kullanımı pilot proje sonuç raporu Ankara: TÜBİTAK. 2022..

BÖLÜM 3

BAĞCILIKTA ÖRTÜ BİTKİLERİNİN KULLANIMI: EKOSİSTEM HİZMETLERİ, ÜZÜM VERİM KALİTESİ VE SÜRDÜRÜLEBİLİR YÖNETİM STRATEJİLERİ

Cüneyt UYAK¹

GİRİŞ

Bağcılıkta sürdürülebilir üretim sistemlerinin geliştirilmesi, son yıllarda hem akademik hem de uygulayıcı çevrelerde giderek daha fazla önem kazanmıştır. Özellikle toprak sağlığının korunması, su yönetiminin iyileştirilmesi, biyolojik çeşitliliğin artırılması ve kimyasal girdilerin azaltılması gibi hedefler doğrultusunda, örtü bitkilerinin bağ alanlarına entegrasyonu stratejik bir uygulama olarak değerlendirilmektedir (1, 2). Örtü bitkileri; bağda ana ürün dışında, sıra aralarına veya sıra üzerine ekilen ve toprakla etkileşime girerek fiziksel, kimyasal ve biyolojik süreçleri olumlu yönde etkileyen bitki türleridir. Bu türler, kısa vadeli (mevsimlik) veya uzun vadeli (çok yıllık) olarak kullanılabilen olup, bağcılık sistemlerinde çok yönlü işlevler üstlenmektedirler (3). Örtü bitkilerinin temel işlevleri arasında toprak erozyonunu önleme, organik madde miktarını artırma, azot bağlama, yabancı otları baskılama, faydalı böcek popülasyonlarını destekleme ve toprak mikrobiyotasını zenginleştirme yer almaktadır (4, 5).

Bu derleme çalışması, bağcılıkta örtü bitkilerinin kullanımına ilişkin bilimsel literatürü, ekosistem hizmetleri, üzüm verim ve kalite parametreleri ile sürdürülebilir yönetim stratejileri bağlamında bütüncül bir yaklaşımla ele almaktadır. Çalışmamız, ulusal ve uluslararası düzeyde yürütülmüş, özellikle de son on yılda yayımlanan ve iklim değişikliğinin bağcılığa etkileri gibi güncel konulara odaklanan bilimsel makalelerin sistematik bir analizine dayanmaktadır. Örtü bitkileri, bağ agroekosistemlerinin işlevselliğini artırarak çok yönlü ekosistem hizmetleri

¹ Doç. Dr., Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü cuneytuyak@yyu.edu.tr, ORCID iD:0000-0002-6101-6845

anlamlıdır. Değişik araştırmacılar tarafından yürütülen çalışmalar, örtü bitkilerinin şaraplık üzüm kalitesini artıran moleküler ve fizyolojik mekanizmalarını ortaya koymuştur (7, 10). Sürdürülebilir bağ yönetimi için örtü bitkilerinin entegrasyonu, yalnızca teknik uygulama değil; aynı zamanda karar destek sistemleri, bölgesel uyum, tür rotasyonu ve izleme stratejileriyle birlikte yürütülmelidir. Bu süreç, bağın uzun vadeli üretim kapasitesini korurken çevresel etkileri azaltmakta ve agroekosistemin dayanıklılığını artırmaktadır. Uygulayıcılar için bilimsel temelli öneriler Tablo 11’de sunulmuştur.

Tablo 11 Uygulayıcılar için bilimsel temelli öneriler	
Uygulama Alanı	Öneri
Tür Seçimi	Karar ağacı modelleriyle hedefe göre yönlendirme yapılmalı
Ekim Zamanlaması	Bölgesel iklim ve bağ yaşı dikkate alınarak planlanmalı
Sonlandırma Tekniği	Bitki fenolojisi ve bağ döngüsüyle uyumlu biçimde seçilmeli
Rotasyon Planı	İşlevsel tür grupları arasında yıllık döngü uygulanmalı
İzleme Stratejisi	Toprak, su, zararlı ve kalite parametreleri düzenli olarak izlenmeli

Gelecek Araştırma Alanları

- Yerli türlerin örtü bitkisi olarak potansiyelinin değerlendirilmesi
- Moleküler düzeyde üzüm–mikrobiyom–örtü bitkisi etkileşimlerinin analizi
- Karar destek sistemlerinin yapay zekâ ile entegrasyonu
- Kuraklık ve iklim değişikliği senaryolarında örtü bitkisi performansı
- Uzun vadeli izleme verileriyle örtü bitkisi uygulamalarının ekonomik analizi

Bu derleme, bağıcılıkta örtü bitkilerinin bilimsel temelli, stratejik ve sürdürülebilir biçimde kullanılmasına yönelik kapsamlı bir bilgi zemini sunmakta; hem uygulayıcılar hem araştırmacılar hem de politika yapımcılar için yol gösterici bir kaynak niteliği taşımaktadır.

KAYNAKLAR

1. Abad J, Celette F, Gary C. Cover crops in viticulture: A systematic review (1999–2018). *OENO One*. 2021a; 55(1): 45–60. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2021.55.1.3599>
2. Temel N, Torun, H. Bağ ve bahçelerde örtü bitkisi kullanımı: Ekosistem hizmetleri ve uygulama kriterleri. *Türkiye Herboloji Dergisi*. 2020; 23(2): 89–102. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/tjws/issue/58712/757936>
3. Korkutal I. Bağcılıkta toprak işleme sistemleri ve örtü bitkisi kullanımı. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 2010; 47(2): 123–130.
4. Gattullo C, Trani A, Gambacorta G. Cover crop for a sustainable viticulture: Effects on soil properties and table grape production. *Agronomy*. 2020; 10(9): 1334. <https://doi.org/10.3390/>

- agronomy10091334
5. Lopes C, Monteiro A, Ferreira H. Cover cropping in vineyards: Impacts on soil fertility and grape quality. *Spanish Journal of Agricultural Research*. 2010; 8(4), 1120–1130.
 6. Bahar E, Korkutal İ, Yaşasın A. Bağcılıkta örtülü toprak işleme ve örtü bitkileri. *ADÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*. 2010; 7(2): 3–13.
 7. Jáuregui I, Ancín M, García-Mina JM, et. al. Permanent crop cover as a strategy for drought-resistant viticulture: insights on how rhizosphere metagenomics influences leaf-level-omics for an enhanced overall plant response. *Frontiers in Plant Science*. 2025; 16: 1543171. <https://doi.org/10.3389/fpls.2025.1543171>
 8. Karl T, Öztürk A. Bağcılıkta örtü bitkisi uygulamalarının toprak koruma ve su yönetimi üzerindeki etkileri. *Türkiye Toprak Bilimi Dergisi*. 2016; 5(2): 89–97.
 9. Zhang Y, Li H, Wang X. Soil microbial responses to cover crop management in perennial cropping systems. *Soil Biology and Biochemistry*. 2022; 165: 108529. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2022.108529>
 10. Coletta A, Gambacorta G, Gattullo C. et. al. Influence of cover crops on grapevine performance and wine quality. *Acta Horticulturae*. 2013; 978: 45–52. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2013.978.5>
 11. Korucu T, Yılmaz M, Aktaş H. Karışık ekim sistemlerinin örtü bitkisi uygulamalarına uyarlanabilirliği. *On dokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 2001; 16(1): 55–62.
 12. Thomas F, Archambeaud A. Managing cover crops for pest control in vineyards. *Viticulture & Enology Extension Series*. 2013; 4(1): 15–22.
 13. Acar B, Kara S, Çelik A. Örtü bitkilerinin bağcılıkta kullanımı ve toprak özelliklerine etkisi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 2006; 37(1): 45–52.
 14. McGourty G. *Cover crops in vineyards: Benefits and management strategies*. University of California Agriculture and Natural Resources. 2004. (06.10.2025 tarihinde <https://ucanr.edu/sites/viticulture/files/covercrops.pdf> adresinden ulaşılmıştır).
 15. Giese S, Kersten M. *Cover crops and beneficial insects in vineyards: A practical guide*. Lodi Winegrape Commission. 2023. (06.10.2025 tarihinde <https://www.lodigrowers.com/cover-crops-guide> adresinden ulaşılmıştır).
 16. Gambacorta G, Trani A, Gattullo C. Effects of cover crops on wine aroma and phenolic composition. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2011; 59(9): 4694–4702. <https://doi.org/10.1021/jf104982z>
 17. Abad J, Celette F, Gary C. Decision support tools for cover crop selection in vineyards. *Sustainability*. 2021b; 13(4): 1782. <https://doi.org/10.3390/su13041782>
 18. Ricaud A, Celette F, Gary C. Functional classification of cover crops for Mediterranean vineyards. *Agricultural Systems*. 2021; 187, 102991. <https://doi.org/10.1016/j.agry.2020.102991>

BÖLÜM 4

KURAKLIK, KURAKLIK İNDİSLERİ VE MODELLENMESİ: UYGULAMA ÖRNEKLERİ

Recep YANIK¹

Ünal ŞİRİN²

Bahar KOCAMAN³

Kuraklık, dünya genelinde olduğu gibi Türkiye’de de tarım, su kaynakları, ekosistemler ve sosyo-ekonomik yaşam üzerinde belirgin etkiler oluşturan karmaşık bir doğal olaydır. Bu çalışmada; kuraklığın tanımı, sınıflandırılması, etkileri ve ölçümünde kullanılan kuraklık indeksleri bütüncül bir çerçevede ele alınmış olup ulusal ve uluslararası literatürlerle birlikte dünyada ve Türkiye’de yürütülen çalışmalar sunulmaktadır.

GİRİŞ

Kuraklık, başlangıç ve bitişi belirgin olmayan, yavaş gelişen ve etkileri çoğu zaman olay sona erdikten sonra bile devam eden doğal bir afettir. Özellikle tarım sektöründe ilk etkilerini gösteren bu süreç, atmosferik koşullar, fiziksel coğrafya, toprak özellikleri ve bitki örtüsü gibi çok sayıda değişkene bağlı olarak farklı şekillerde ortaya çıkmaktadır (1). Kuraklığın oluşum süreci, etkileri ve yönetimi bakımından izlenmesi gereken en temel parametre yağışlardır (2).

Dünya Meteoroloji Teşkilatı’nın yaptığı değerlendirmelerde, Türkiye dâhil 74 ülkenin kuraklıktan etkilendiği, 59’unda ise su kıtlığı yaşandığı bildirilmektedir. Bu durum kuraklığın sadece meteorolojik değil ekonomik, sosyal ve çevresel sonuçları olan çok boyutlu bir olay olduğunu göstermektedir (3).

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, recep.yanik@atauni.edu.tr, ORCID iD:0000-0002-0880-106X

² Dr. Öğr. Üyesi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, sirinunal@yyu.edu.tr, ORCID iD: 0000-0001-6232-0067

³ Prof. Dr., Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, bkocaman@atauni.edu.tr, ORCID iD: 0000-0002-7109-6666

Öney (48)'de PDSI, SPI ve SPEI karşılaştırılarak Gediz Havzası'nda hidrolojik kuraklık eğilimleri değerlendirilmiş; özellikle 2007–2008 döneminin hem meteorolojik hem hidrolojik olarak son 50 yılın en şiddetli kuraklığı olduğu belirtilmiştir.

Özçelik ve Akkuzu (49)'da SPI ve SPEI kullanılarak Türkiye'nin batı kesimlerinde sıcaklık artışının kuraklık şiddetini belirgin biçimde artırdığı bulunmuş, özellikle Ege ve Akdeniz'de SPEI değerlerinin SPI'ya göre daha güçlü bir kuraklık sinyali verdiği gösterilmiştir.

Erlat ve Güler (50)'de Türkiye genelinde 250'den fazla meteoroloji istasyonu için SPI zaman serileri analiz edilerek, özellikle Orta Anadolu, Güneydoğu Anadolu ve Akdeniz bölgelerinde uzun süreli kuraklık dönemlerinin sıklığı ve iklim değişikliğinin bu eğilimi güçlendirdiği sonucuna varılmıştır.

Durgun (51)'deki çalışmalarında SPEI kullanılarak 1960–2020 dönemi için Türkiye'nin kuraklık rejimi incelenmiş; sıcaklık artışının etkisiyle özellikle yaz aylarında kuraklık şiddetinin hızla arttığı, Doğu Anadolu ve İç Anadolu'da kuraklık süresinin belirgin biçimde uzadığı tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR

1. Yevjevich VM. An Objective Approach to Definitions and Investigations of Continental Hydrologic Droughts. Hydrology Papers, No. 23. Colorado State University, Fort Collins, CO; 1967. p. 18.
2. Akcapınar MC, Ekici M, Ekren S. Meteorolojik Kuraklığın Temelleri. Kuraklık ve Yem Bitkileri-I içinde, Ankara: İksad Yayınevi; 2024. s. 3–38. doi: 10.5281/zenodo.13758663.
3. Dinçer S, Özyer Y. Dünyayı Tehdit Eden Kuraklık Tehlikesi ve Su Krizinin Sağlık Üzerine Etkisi: Cape Town Örneği. İBAD Sosyal Bilimler Dergisi. 2020;(7):144–153. doi:10.21733/ibad.665217
4. Partigöç NS, Soğancı S. Küresel İklim Değişikliğinin Kaçınılmaz Sonucu: Kuraklık. Resilience. 2019;3(2):287–299. doi:10.32569/resilience.619219
5. Wilhite DA, Glantz MH. Understanding the drought phenomenon: The role of definitions. Water International. 1985;10(3):111–120. doi:10.1080/02508068508686328
6. Demirsoy F. Türkiye'de Meteorolojik Afetler ve Afet Yönetimi. Yüksek Lisans Tezi. Dokuz Eylül Üniversitesi; 2023.
7. Partigöç NS, Soğancı S. Küresel İklim Değişikliğinin Kaçınılmaz Sonucu: Kuraklık. Resilience. 2019;3(2):287–299. doi:10.32569/resilience.619219
8. Yetmen H. Türkiye'nin Kuraklık Analizi. Doktora Tezi. Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü; 2013.
9. Çakmak B, Gökalep Z. Kuraklık ve tarımsal su yönetimi. Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi. 2013;(4):1–11.
10. Kadioğlu S. Kuraklığın Sosyo-Ekonomik Etkileri ve Politikalar. Yavaş İ, Bilgin FD (Ed.) Kuraklık ve Yem Bitkileri-I içinde, Ankara: İksad Yayınevi; 2024. p. 115. doi:10.5281/zenodo.13759085
11. Davraz A. Yağış Tabanlı Farklı İndisler Kullanılarak Meteorolojik Kuraklık Analizi: Isparta Örneği. Yüksek Lisans Tezi. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü; 2021.
12. Türkeş M. Türkiye'deki 2013-2014 Kuraklığının Klimatolojik ve Meteorolojik Nedenlerinin Çözümlemesi. Hidropolitik Akademi İklim Değişikliği ve Kuraklık Çalışmaları içinde, 3 Mart 2014, Ankara, Türkiye, (pp.1-14).

13. Yu H, Zhang Q, Xu CY, Du J, Sun P, Hu P. Modified Palmer Drought Severity Index: model improvement and application. *Environment International*. 2019;130:104951. doi:10.1016/j.envint.2019.104951
14. Kamali B, Abbaspour KC, Wehrli B, Yang H. A quantitative analysis of socio-economic determinants influencing crop drought vulnerability in Sub-Saharan Africa. *Sustainability*. 2019;11(21):6135. doi:10.3390/su11216135
15. Garrido A, Gómez-Ramos A. Socio-economic aspects of droughts. In: *Drought and drought mitigation in Europe*. Dordrecht: Springer Netherlands; 2000. p.197–207.
16. Sarı G. Meteorolojik kuraklık analizindeki belirsizlik yaratan unsurların irdelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Balıkesir Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü; 2023.
17. Kuzucu A. Seyhan havzasında kuraklığın zamansal ve alansal değişiminin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü; 2016.
18. Yücel T. Meteorolojik kuraklık eğiliminin alansal ve zamansal yayılımının farklı yöntemlerle değerlendirilmesi: Şanlıurfa örneği. Doktora Tezi. Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü; 2024.
19. Thornthwaite CW. An approach toward a rational classification of climate. In: *Geographical Review*. 1948;38(1):55–94.
20. Tanoğlu A. Türkiye'nin kuraklık indisleri. *Türk Coğrafya Dergisi*. 1943;(1):36–41.
21. Uysal GA. Bursa bölgesinde zaman serileri, SPI ve SPEI kuraklık indisleri kullanılarak kuraklık analizi üzerine bir araştırma. Yüksek Lisans Tezi. Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü; 2022.
22. Gibbs WJ, Maher JV. Rainfall Deciles as Drought Indicators. *Bureau of Meteorology Bulletin No. 48*. Commonwealth of Australia, Melbourne; 1967.
23. Setoodenia S, Daneshnia M, Qezalbash A, Ahmadi Rad H. The effect of different income deciles on health indicator in Iran. *Quarterly Journal of The Macro and Strategic Policies*. 2016;4(13):137–167.
24. Alley WM. The Palmer drought severity index: limitations and assumptions. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*. 1984;23(7):1100–1109. doi:10.1175/1520-0450(1984)023<1100:T-PDSIL>2.0.CO;2
25. Türkeş M, Akgündüz S, Demirörs Z. Palmer Kuraklık İndisi'ne göre İç Anadolu Bölgesi'nin Konya Bölümü'ndeki kurak dönemler ve kuraklık şiddeti. *Coğrafi Bilimler Dergisi*. 2009;7(2):129–144.
26. Şen R. Doğu Karadeniz bölgesinde hidrolojik kuraklığın incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Gelişim Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü; 2023.
27. Cheval S. The Standardized Precipitation Index – an overview. *Romanian Journal of Meteorology*. 2015;12(1-2):17–64.
28. Erinç S. *Klimatoloji ve Metodları*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Yayınları No: 994, Coğrafya Enstitüsü Yayın No: 35; 1969.
29. Erinç S. Yağış müessiriyeti üzerine bir deneme ve yeni bir indis. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Yayınları, No: 41; 1965.
30. Topçuoğlu K. Türkiye'de kuraklık çözümlemesi. Yüksek Lisans Tezi. Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü; 2000. Denizli. p.126.
31. Bozkurt Ö. Aydeniz Metodu'nun Türkiye'ye Uyarlanması. Yüksek Lisans Tezi. Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü; 1996.
32. Çelik MA, Kopar İ, Bayram H. Doğu Anadolu Bölgesi'nin mevsimlik kuraklık analizi. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*. 2018;22(3):1741–1761.
33. Palmer WC. Keeping Track of Crop Moisture Conditions, Nationwide: The New Crop Moisture Index. *Weatherwise*. 1968;21(4):156–161. doi:10.1080/00431672.1968.9932814
34. Klugman MR. Drought in the Upper Midwest, 1931–1969. *Journal of Applied Meteorology*. 1978;17(10):1425–1431. doi:10.1175/1520-0450(1978)017<1425:DITUM>2.0.CO;2
35. Shafer BA, Dezman LE. Development of a Surface Water Supply Index (SWSI) to assess the severity of drought conditions in snowpack runoff areas. In: *Proceedings of the Western Snow*

- Conference, April 1982, Colorado State University, Fort Collins, CO, USA; 1982. (pp. 164–175).
36. Karl TR. Some spatial characteristics of drought duration in the United States. *Journal of Climate and Applied Meteorology*. 1983;22(8):1356–1366. doi:10.1175/1520-0450(1983)022<1356:S-SCODD>2.0.CO;2
 37. Guttman NB. A sensitivity analysis of the Palmer Hydrologic Drought Index. *Water Resources Bulletin*. 1991;27(5):797–807. doi:10.1111/j.1752-1688.1991.tb01478.x
 38. McKee TB, Doesken NJ, Kleist J. Drought monitoring with multiple time scales. In: *Proceedings of the 9th Conference on Applied Climatology*, Dallas, TX, USA, 15–20 January 1995; (pp. 233–236).
 39. du Pisani LG, Fouché HJ, Venter JC. Assessing rangeland drought in South Africa. *Agricultural Systems*. 1998;57(3):367–380. doi:10.1016/S0308-521X(98)00024-9
 40. Yamoah CF, Walters DT, Shapiro CA, Francis CA, Hayes MJ. Standardized Precipitation Index and nitrogen rate effects on crop yields and risk distribution in maize. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2000;80(1-2):113–120. doi:10.1016/S0167-8809(00)00140-7
 41. Hu Q, Willson GD. Effects of temperature anomalies on the Palmer Drought Severity Index in the central United States. *International Journal of Climatology*. 2000;20(15):1899–1911. doi:10.1002/1097-0088(200012)20:15<1899::AID-JOC588>3.0.CO;2-M
 42. Laughlin GP, Zuo H, Walcott J, Bugg AL. The Rainfall Reliability Wizard – A new tool to rapidly analyse spatial rainfall reliability with examples. *Environmental Modelling & Software*. 2003;18(1):49–57. doi:10.1016/S1364-8152(02)00037-3
 43. Vicente-Serrano SM, Beguería S, López-Moreno JI. A multiscalar drought index sensitive to global warming: The standardized precipitation evapotranspiration index. *Journal of Climate*. 2010;23(7):1696–1718. doi:10.1175/2009JCLI2909.1
 44. Dai A. Characteristics and trends in various forms of the Palmer Drought Severity Index during 1900–2008. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*. 2011;116(D12):D12115. doi:10.1029/2010JD015541
 45. AghaKouchak A, Farahmand A, Melton FS, et al. Remote sensing of drought: Progress, challenges and opportunities. *Reviews of Geophysics*. 2015;53(2):452–480. doi:10.1002/2014RG000456
 46. Spinoni J, Barbosa P, Bucchignani E, et al. Global exposure of population and land-use to meteorological droughts under different warming levels and SSPs: A CORDEX-based study. *International Journal of Climatology*. 2021;41(15):6825–6853. doi:10.1002/joc.730
 47. Günel N. Türkiye’de Klimatoloji Araştırmaları. *Türkiye Araştırmaları Literatür Dergisi*. 2020;18(35):99–142.
 48. Öney M. Standart yağış evapotranspirasyon indeksi (SPEI) ile Gediz Havzasında bölgesel kuraklık analizi. Yüksek Lisans Tezi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü; 2020.
 49. Özçelik Ş, Akkuzu E. Ege Bölgesinde Standart Yağış Evapotranspirasyon İndeksi (SPEI) ile kuraklık değerlendirmesi. *Journal of Agriculture Faculty of Ege University*. 2023;60(3):515–528. doi:10.20289/zfdergi.1286331
 50. Erhat E, Güler H. Türkiye’de Standardize Yağış Evapotranspirasyon İndisine (SPEI) Göre Kuraklıkların Zamansal Değişimi (1951–2022). *Ege Coğrafya Dergisi*. 2023;32(Cumhuriyet’in 100. Yılı Özel Sayısı):77–90. doi:10.51800/ecd.1332424
 51. Durgun EC. Atmosferik İndisler ile Akdeniz Bölgesi Kuraklıkları İlişkisinin Araştırılması. Doktora Tezi. Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü; 2025.

BÖLÜM 5

DOĞADAN KÜLTÜRE UZANAN BİR DEĞER: HAKKARI'DE KENGER BİTKİSİNİN EKOLOJİK, EKONOMİK VE SOSYO-KÜLTÜREL SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞİ

Zehra EKİN¹
Savaş DEMİR²

GİRİŞ

Yenilebilir yabani bitkilere ilişkin bilgi birikimi, insanlık tarihinin en erken dönemlerine uzanmaktadır. İnsan toplulukları tarih boyunca bu bitkileri beslenme, sağaltım ve diğer gündelik ihtiyaçları için toplamış; günümüzde ise yabani yenilebilir türler hem geleneksel gıda sistemlerinin hem de beslenme kültürünün önemli bir bileşeni hâline gelmiştir (1, 2). Modern tarımın gelişimi kimi alanlarda yabani türlerin kullanımını geriletse de, yüzyıllar boyunca yerel toplumların aktardığı bilgi birikimi, bu türlerin gıda, tıbbi kullanım ve el sanatları başta olmak üzere çeşitli amaçlarla değerlendirilmesine ilişkin zengin bir gelenek oluşturmuştur (3, 4).

Yabani yenilebilir bitkilerin erişilebilirliği ve uygun fiyatları nedeniyle, dünya çapında milyonlarca insana geçim kaynağı ve gıda sağlamaktadır. Özellikle gelişmekte olan ülkelerin kırsal bölgelerinde mevsimsel zorlukların aşılmasında kritik rol üstlenmekte; gıda güvenliği, çevresel sürdürülebilirlik, kültürel mirasın korunması ve yerel ekonomilerin çeşitlendirilmesine katkı sunmaktadırlar. Aynı zamanda yerel toplumlar ile yabani bitki türleri arasında güçlü ve karşılıklı bir etkileşim bulunduğu bilinmektedir (5, 6, 7).

¹ Prof. Dr. Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, zehraekin@yyu.edu.tr, ORCID iD: 0000-0001-9727-2317

² Dr., savas1723r@gmail.com, ORCID iD: 0000-0002-3795-8883

SONUÇ

Kenger, sahip olduğu biyolojik, ekolojik ve biyokimyasal çeşitliliğin sağladığı geniş kullanım yelpazesi nedeniyle hem geleneksel hem de modern uygulamalarda dikkate değer bir potansiyel barındırmaktadır. Bu yönüyle yenilebilir yabancı bitkiler arasında sosyal, kültürel, ekonomik ve ekolojik sürdürülebilirlik açısından öne çıkan; özel olarak ise Hakkâri'de ekolojik ve sosyo-kültürel boyutlarıyla çok yönlü bir değer oluşturan önemli bir türdür. Bölgenin sert iklim koşullarına uyum sağlayan yerel bir tür olarak kenger, ekosistem dengesinin korunmasına katkıda bulunmakta; erozyon kontrolü ve biyolojik çeşitliliğin sürdürülmesinde işlevsel bir rol üstlenmektedir.

Öte yandan, geniş kullanım alanları kengerin hem ekonomik hem de kültürel açıdan önemli bir kaynak hâline gelmesini sağlamaktadır. Hakkâri'de bitkinin toplanması, işlenmesi ve tüketilmesine ilişkin pratikler, yerel bilgi birikiminin kuşaktan kuşağa aktarıldığı güçlü bir kültürel gelenek niteliği taşımakta; özellikle kadın emeğiyle bütünleşen bu bilgi ve beceri alanı, toplumsal sürdürülebilirliğin önemli bileşenlerinden birini oluşturmaktadır. Bununla birlikte, erken hasat, aşırı toplama ve doğal yenilenme döngüsünün bozulması gibi faktörler kenger popülasyonları üzerinde baskı oluşturmaktadır. Bu nedenle, hem in situ hem ex situ koruma yöntemlerinin birlikte değerlendirilmesi, toplama dönem ve miktarlarının ekolojik temelli kriterlere göre düzenlenmesi ve kooperatif modeliyle desteklenen kontrollü ticaret mekanizmalarının geliştirilmesi gerekmektedir.

Sonuç olarak, yenilebilir yabancı bitkiler Hakkâri'nin kültürel, sosyal ve ekonomik yapısı açısından stratejik önem taşımaktadır. Bu bağlamda kenger, yalnızca doğal kaynak yönetimi, kültürel kimlik ve kırsal kalkınma potansiyeli açısından değil; kültürel sürekliliğin ve yerel bilgi sistemlerinin korunması bakımından da öncelikli olarak korunması gereken bir türdür. Kengerin sürdürülebilir kullanımı ve korunmasına yönelik bütüncül yaklaşımlar, hem bilimsel araştırmalara hem de bölgesel ekonomik kalkınma süreçlerine önemli katkılar sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

1. Gawali SP, Pawar KW. A review on: Exploration of wild edible plants. *International Journal of Scientific Research in Science and Technology*. 2025; 12 (1): 597-607 <https://doi.org/10.32628/IJSRST2512155>
2. Shirsat R, Koche D. Wild edible plants: A review on their importance, possible threats, and conservation. In *Contemporary research and perspectives in biological science* 2024; Vol. 2, pp. 97–115. <https://doi.org/10.9734/bpi/crpbs/v2/1897>
3. García-Barriuso M, Morales R, Tardío J. Wild food plants in the Iberian Peninsula: From traditional gathering to new cultivated crops. *Plants*, 2024; 13(1), 543-554.
4. Valdes B, Kozuharova E, Stoychev C. A review of edible wild plants recently introduced into cultivation in Spain and their health benefits. *International Journal of Plant Biology*, 2025; 16

- (1): 5. <https://doi.org/10.3390/ijpb16010005>
5. Alqethami A. Ethnobotanical assessment of the diversity of wild edible plants and potential contribution to enhance sustainable food security in Makkah, *The Kingdom of Saudi Arabia. Diversity*, 2025; 17:, 785. <https://doi.org/10.3390/d17110785>
 6. Tadesse D, Masresha G, Lulekal E, Wondafrash MA. Systematic review exploring the diversity and food security potential of wild edible plants in Ethiopia. *Sci Rep.* 2024; 14(1):17821. doi: 10.1038/s41598-024-67421-y. PMID: 39090093; PMCID: PMC11294628.
 7. Zhang S, He C, Su L et al. An ethnobotanical study on wild edible plants in Taishan County, Guangdong, China. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 2025; 9: 1606420. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2025.1606420>
 8. Borelli T, Güzelsoy NA, Hunter D et al. Assessment of the nutritional value of selected wild food plants in Türkiye and their promotion for improved nutrition. *Sustainability*, 2022; 14(17): 11015.
 9. Kaval İ. Geçitli (Hakkâri) ve Çevresinin Etnobotanik Özellikleri. (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı, Van, 2011.
 10. Anonim, 2025. Hakkari İklim ve Bitki Örtüsü (HİBÖ). <http://www.cografya.gen.tr/tr/hakkari/iklim.html> (Accessed: 27.11.2025).
 11. Buğrul H. Doğal Çevre Bağlantılı Kültürün Hakkâri Geleneksel Dokuma Ve Örgülerine Yansımaları. *Arış Dergisi*, 2021; (19): 44-67.
 12. Sadıkoğlu B. Hakkari İlinin Beşeri Ve Ekonomik Coğrafyası, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı, Doktora Tezi, İstanbul, 2021.
 13. Åhlberg MK. Wild edible plants: Ensuring sustainable food security in an era of climate change. *Foods*, 2025; 14: 1611. <https://doi.org/10.3390/foods14091611>
 14. Oduor F, Kaindi DM, Abong G, et al. Community-Based Conservation Strategies for Wild Edible Plants in Turkana County, Kenya. *Conservation*, 2025; 5(1): 1–20. <https://doi.org/10.3390/conservation5010001>
 15. Hani N, Abulaila K, Howes MJ. Et al. Gundelia tournefortii L. (Akkoub): A review of a valuable wild vegetable from Eastern Mediterranean. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 2024; 71(12): 3987–3995. <https://doi.org/10.1007/s10722-024-01927-2>
 16. Van Tassel D, Streit Krug A, Othman Y, et al. A new future for the ancient perennial Mediterranean vegetable ‘Akkoub (Gundelia spp. and Asteraceae). *Economic Botany Letters*, 2025; 16(1): 123-145. <https://doi.org/10.14237/eb1.16.1.2025.1883>
 17. Anbessa B, Lulekal E, Getachew P, Hymete A. Ethnobotanical study of wild edible plants in Dibatie district, Metekel zone, Benishangul Gumuz Regional State, western Ethiopia. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 2024; 20, 27. <https://doi.org/10.1186/s13002-024-00671-2>
 18. Gebre A, Gitima G, Berhanu Y. Ethnobotanical study of wild edible plants in Goba District Southwest Ethiopia. *Sci Rep* 2025; 15: 27689 <https://doi.org/10.1038/s41598-025-11862-6>
 19. Mouillac C, Besnard A, Papuga G. Are commercial wild-harvested plants just ordinary? Traits, harvesting patterns and conservation implications in France. *Biological Conservation*, 2025; 312: 111480. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2025.111480>
 20. Hind N. *Gundelia tournefortii* compositae. *Curtis's Bot Mag* 2013; 30(2):114–138
 21. Yuksel A, Celayir DN, Yenilmez Tunoglu EN, et al. Metabolite-induced apoptosis by *Gundelia tournefortii* in A549 lung cancer cells: A cytotoxic and gene expression study. *Nutrients*, 2025; 17: 374. <https://doi.org/10.3390/nu17030374>
 22. Fırat M. *Gundelia rosea* (Asteraceae), a new record for the Flora of Turkey with contributions to its systematics. *Acta Biologica Turcica*, 2017; 30(2): 31-35.
 23. Dalar A, Zengin G, Mukemre M, Bengu AS, İşler S. *Gundelia rosea* seed: Evaluation of biopharmaceutical potential and bioactive composition. *South African Journal of Botany*, 2019; 125: 505-510.
 24. Demir A. Sürdürülebilir gelişmede yükselen değer; biyolojik çeşitlilik açısından Türkiye değerlendirmesi. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 2013; 12(24): 67–74.
 25. Kızıl S, Tonçer Ö. Diyarbakır ve Çevresinden Doğadan Toplanarak Tüketilen Bitkiler. II. *Tıbbi*

- ve Aromatik Bitkiler Sempozyumu, 23-25 Eylül 2014. Yalova, Türkiye.
26. Özgökçe F. Ekonomik ve ekolojik değere sahip bitki: Kenger (*Gundelia L.*). 5. *International Anatolian Scientific Research Congress*, 21 - 23 Temmuz 2023. ss.7-9, Hakkari, Türkiye
 27. Baydoun S, Chalak L, Dalleh H, Arnold N. Ethnopharmacological survey of medicinal plants used in traditional medicine by the communities of Mount Hermon, Lebanon. *Journal of ethnopharmacology*, 2015; 173: 139-156.
 28. Çakılcioglu U, Türkoğlu G, Kurşat M. Ethnobotanical features of Harput (Elazığ) and its vicinity, *Fırat Univ Doğu Anadolu Böl Araş Der*, 2007; 5 (2): 22-28.
 29. Shah SHA, Shah GM, Rehman S. et al. Ethnobotanical study of wild edible plants traditionally used by the inhabitants of Lalku Valley, District Swat, Pakistan. *Ethnobotany Research and Applications*, 2025; 30(1): 1–22. <https://doi.org/10.32859/era.30.1.1-22>
 30. Ergun N, Ercişli S, Ergun M. A review of wild edible plants used as vegetables in Bingöl Province. *Journal of Biological and Environmental Sciences*, 2025; 19 (56): 24–34. <https://doi.org/10.5281/zenodo.16360728>
 31. Schippmann UWE, Leaman D, Cunningham AB. A comparison of cultivation and wild collection of medicinal and aromatic plants under sustainability aspects. *Frontiers*, 2006; 75-95.
 32. Larsen HO, Olsen CS. Unsustainable collection and unfair trade? Uncovering and assessing assumptions regarding Central Himalayan medicinal plant conservation. In *Plant conservation and biodiversity* (pp. 105-123). Dordrecht: Springer Netherlands. 2006.
 33. Baker DD, Chu M, Oza U, Rajgarhia V. The value of natural products to future pharmaceutical discovery. *Natural product reports*, 2007; 24(6): 1225-1244.
 34. Chen SL, Yu H, Luo HM, Wu Q, Li CF, Steinmetz A. Conservation and sustainable use of medicinal plants: problems, progress, and prospects. *Chinese medicine*, 2016; 11(1): 37.
 35. Cunningham AB. *Applied ethnobotany: people, wild plant use and conservation*. Routledge. 2014
 36. Schmidt IB, Mandle L, Ticktin T, Gaoue OG. What do matrix population models reveal about the sustainability of non-timber forest product harvest? *Journal of Applied Ecology*, 2011; 48(4): 815-826.
 37. Granich CI, Purata SE, Edouard F, Pardo FS, Tovar C. Overcoming barriers in collectively managed NTFPs in Mexico. In *Wild Product Governance* (pp. 205-227). Routledge. 2010.
 38. Papageorgiou D, Bebeli PJ, Panitsa M, Schunko C. Local knowledge about sustainable harvesting and availability of wild medicinal plant species in Lemnos island, Greece. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 2020; 16(1): 36.
 39. Berkes F, Colding J, Folke C. Rediscovery of traditional ecological knowledge as adaptive management. *Ecological applications*, 2020; 10 (5): 1251-1262.
 40. Ticktin T. The ecological implications of harvesting non-timber forest products. *Journal of Applied Ecology*, 2004; 41(1): 11-21.
 41. Boyapati T, Muthukumarappan K. Non-timber forest products and the bioeconomy: Linking livelihood security and biodiversity conservation (2015–2025 trends). *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 2025; 9: 1714576. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2025.1714576>
 42. Shackleton CM, Cocks ML, Maroyi A, Ntshanga N, Twine WC. The roles, significance and sustainability of wild plant and fungal non-timber forest product use in southern Africa: A systematic review. *South African Journal of Botany*, 2025; 184: 1386–1401. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2025.07.029>
 43. FAO. (2024). *Foraging wild plants in Europe and Central Asia*. FAO. <https://doi.org/10.4060/cd2773en>
 44. Aswani MA, Khyade M, Kasote DM, Jagtap SD. Wild edible plants from western peninsular and Deccan Plateau regions of India: Valued nutritional and functional foods. *Discover Plants*, 2024; 1(1). <https://doi.org/10.1007/s44372-024-00060-9>

BÖLÜM 6

BETON TEKNOLOJİSİ, BİLEŞENLERİ VE TARIMSAL YAPILARDAKİ UYGULAMALARI

Ünal ŞİRİN¹

Fatma OKYAY²

Recep YANIK³

Fatih Mehmet KIZILOĞLU⁴

Sedat KARAMAN⁵

Giriş

İnsanlık tarihinin en eski yapı malzemelerinden biri olan betonun dayanıklılığının en somut kanıtları, Antik Mısır'da inşa edilen ve kireç harcı sayesinde binlerce yıldır ayakta kalabilen piramitlerdir ve Roma döneminden kalan yapılardır. Romalılar, volkanik külleri (puzolan) kireçle karıştırarak su altında bile sertleşebilen harçlar üretmişlerdir. Ancak çağdaş beton teknolojisinin temelleri 19. yüzyılın başlarında atılmıştır. Louis Vicat'ın ilk yapay çimentoyu üretmesi ve akabinde Joseph Aspdin'in Portland çimentosunun patentini alması, beton teknolojisinde günümüzde kullanılan betonun öncülüğünü oluşturan önemli bir sıçrama noktası olmuştur (Tablo 1) (1).

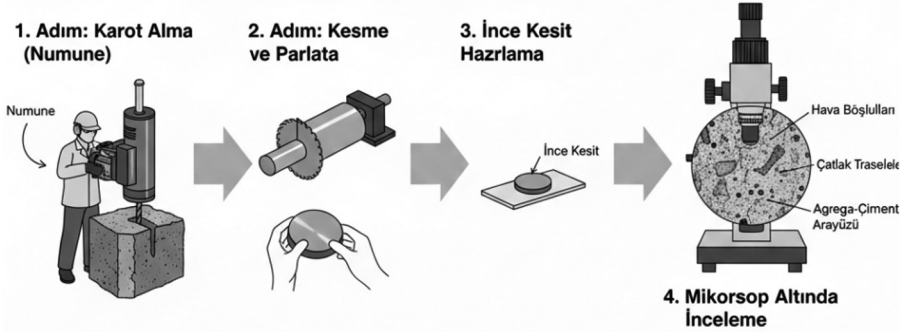
¹ Dr. Öğr. Üyesi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, sirinunal@yyu.edu.tr, ORCID iD: 0000-0001-6232-0067

² Ziraat Mühendisliği, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, fatosokyay4@gmail.com, ORCID iD: 0009-0000-7716-3674

³ Dr. Öğr. Üyesi, Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, recep.yanik@atauni.edu.tr, ORCID ID:0000-0002-0880-106X

⁴ Prof. Dr., Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, kiziloglu@atauni.edu.tr, ORCID iD: 0000-0001-8493-2419

⁵ Prof. Dr., Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, sedat.karaman@gop.edu.tr, ORCID iD: 0000-0003-3986-5944



Şekil 7. Betonun Petrografik Analiz Süreci

SONUÇ VE ÖNERİLER

Beton, tarihsel gelişiminden günümüzdeki ileri teknolojisine kadar inşaat ve tarım sektörünün vazgeçilmez bir parçası olmuştur. Normal dayanımlı betondan radyasyon kalkanı olan ağır betona kadar çeşitlenen bu malzeme, doğru karışım tasarımı ve çevresel faktörlere (nem, asit, sıcaklık) karşı alınan önlemlerle birleştiğinde uzun ömürlü, ekonomik ve güvenli yapılar ortaya koymaktadır. Özellikle tarımsal yapılarda betonun durabilitesini (kalıcılığını) sağlamak için fiziksel ve kimyasal aşınma süreçlerinin iyi anlaşılması ve uygun koruma yöntemlerinin (petrografik analizlerle denetim, yüzey kaplamaları vb.) uygulanması hayati önem taşımaktadır.

Yukarıda sunulan Tablo 5’de görüldüğü üzere, her tarımsal yapı kendine özgü bir beton tasarımı gerektirir. Sadece basınç dayanımın odaklanmak yerine, maruz kalınacak çevresel etki sınıfına uygun (sülfat direnci, donma-çözülme direnci vb.) beton tasarımı yapılması, yapının ekonomik ömrünü katlayarak artıracaktır. Bu bölümdeki bilgiler ışığında, doğru tasarlanmış bir betonarme yapı, en zorlu tarımsal koşullarda bile 50 yıldan fazla hizmet ömrü sunabilir.

KAYNAKLAR

1. Akakın T, Zengin H, Öztürk A. Hazır Beton Sektörü Ve Beton Kullanımındaki Gelişmeler. *Türkiye Hazır Beton Birliği*, s. 1-13, İstanbul. (06/09/2025 tarihinde <https://www.thbbakademi.org/wp-content/uploads/2020/12/1-13.pdf> adresinden erişilmiştir.)
2. Karakule F, Akakın T, Uçar S. (2004). Türkiye’de ve Dünyada Hazır Beton Sektörü. *Türkiye Hazır Beton Birliği*, 2004; s. 1-14, İstanbul. (06/09/2025 tarihinde <https://www.atilimkarot.com/makaleler/Turkiyede-ve-dunyada-hazir-beton-sektoru.pdf> adresinden erişilmiştir.)
3. Ekmekyapar T, Örüñ İ. *İnşaat Malzeme Bilgisi*. (5. Baskı). Erzurum: Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset Tesisi; 2014.
4. TS EN 197-1. Genel Çimentolar-Bileşim, Özellikler ve Uygunluk Kriterleri, *Çimento* içinde, Ankara. Türk Standartları Enstitüsü; 2012. s.29.

5. Özen S. Yüksek oranda su azaltıcı katkı özelliklerinin çimentolu sistemlerin davranışına etkisi. Doktora Tezi. Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü; 2019.
6. TS 706 EN 12620. *Beton agregaları*, Ankara. Türk Standartları Enstitüsü: 2009. s.50.
7. Tarhan Y. Dijital üretimli çimento esaslı kompozitlerin donma-çözülme direnci ve boşluk yapılarının incelenmesi. Doktora Tezi. Erzurum. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü; 2020.
8. Khalaf MA, Ban CC, Ramli M. The constituents, properties and application of heavyweight concrete: A review. *Construction and Building Materials*. 2019;215:73-89. doi: doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.04.146
9. Derdiman MK. Betonarme Sürekli Kirişlerde Optimal Kesit ve Donatı Oranlarının Parçacık Sürü Optimizasyon Algoritması ile Belirlenmesi. *Konya Journal of Engineering Sciences*, 2022;10(4):923-940. doi: https://doi.org/10.36306/konjes.1139694
10. DeRousseau MA, Kasprzyk JR, Srubar Iii, WV. Computational design optimization of concrete mixtures: A review. *Cement and Concrete Research*, 2018;109:42-53. doi: https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2018.04.007
11. Babalola OE, Awoyera PO, Le DH, Romero, LB. A review of residual strength properties of normal and high strength concrete exposed to elevated temperatures: Impact of materials modification on behaviour of concrete composite. *Construction and Building Materials*, 2021;296: 123448. doi: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.123448
12. Sidhu AS, Siddique R. Review on effect of curing methods on high strength concrete. *Construction and Building Materials*, 2024;438: 136858. doi: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.136858
13. LU, Jian-Xin. Recent advances in high strength lightweight concrete: From development strategies to practical applications. *Construction and Building Materials*, 2023;400: 132905. doi: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.132905
14. ALI, Suha Ismail Ahmed. Fire Resistance of Heavy-Weight Concrete Used for Nuclear Buildings. 2022. PhD Thesis. Budapest University of Technology and Economics, Hungary.
15. Ünal O, Kürklü G. Öngerilmeli Beton Teknolojisi. *Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 2007;3(2): 26-35.
16. Canbaz Mehmet, Çelikten Serhat. Demiryolu Altyapısı için Geçirimli Beton Boruların Tasarımı. *Demiryolu Mühendisliği*, 2021;13:43-52. doi: https://doi.org/10.47072/demiryolu.794128
17. Kara Ç, Akçay M, Canbaz Mehmet. Anahtar kelimeler: Beton yolların Türkiye'de Uygulanabilirliğinin Değerlendirilmesi. Altın M (ed.) *Mühendislik Alanında Uluslararası Araştırmalar II* içinde, 2022; 7.
18. Bolon B, Darmar A. Keban Beton Ağırlık Barajı Betonunu. *İnşaat Mühendisleri Odası Türkiye İnşaat Mühendisliği IV. Teknik Kongresi*, Konu No: 1, Rapor No: 25, Ankara; 1968.
19. TS EN 206. *Betonlar İçin Uygunluk Değerlendirme Prosedürü*, Ankara. Türk Standartları Enstitüsü: 2009. s.13.
20. İMO. *Yapı Malzemeleri ve Yapı Kısımlarının Birim Hacim Ağırlıkları*, 03/10/2025 tarihinde https://www.imo.org.tr/resimler/dosya_ekler/f7deb880ca6b4b7_ek.pdf adresinden erişilmiştir.
21. MRM. *Beton Türleri, Dayanımları & Kullanım Alanları*, 19/10/2025 tarihinde https://www.mrmconcreteplants.com/beton-turleri/ adresinden erişilmiştir.
22. Büyüktaş K, Uysal HM. Antalya İlinin Finike-Demre-Kaş İlçelerindeki Seraların Teknik ve Yapısal Yönden İncelenmesi. *Euroasia Journal of Mathematics, Engineering, Natural & Medical Sciences*, 2021;8.15:23-42. doi: https://doi.org/10.38065/euroasiaorg.534
23. Er H, Kuşlu Y. Planning and design of prefabricated beef cattle barns constructed by lightweight concrete for cold climate regions. *Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 2020;30(1):90-99. doi: https://doi.org/10.29133/yyutbd.645396
24. Ünal O, Yurtcu Ş. Betonarme Yapılarda Hazır Beton Kullanımı. *Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 2007;3.1:51-64.

25. Dorum A, Bolat H, Akkaya U. Sürdürülebilirlik Açısından Baraj Gövde Tipinin Seçimini Etkileyen Faktörler. *Engineering Sciences*, 2010;5(4):649-657.
26. Püsküllüoğlu A, Türkmen S. Ceyhan Hidroelektrik santrali Projesi (Cevdetiye-Osmaniye) Regülatör Yapılarındaki Geçirimsizleştirme Yöntemleri. *Ç.Ü Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 2012;27-4:91-100
27. Aldemir, A, Yılmaztürk SM, Yücel AR, et al. Beton barajların deprem davranışlarının incelenmesinde kullanılan analiz metotları. *Teknik Dergi*, 2015;26.1:6943-6968.
28. Turan Ö. Beton Aşınmasının İki Fazlı Malzeme Olarak İncelenmesi. Doktora Tezi. İstanbul. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü; 1984
29. Baradan B, Aydın S. Betonun Durabilitesi (Dayanıklılık, Kalıcılık). *Beton 2013 Hazır Beton Kongresi*, Kasım-Aralık, 265-288. İzmir, 2013.
30. De Belie N, Lenehan JJ, Braam CR, et al. Durability of building materials and components in the agricultural environment, Part III: Concrete structures. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 2000;76(1):3-16. Doi: <https://doi.org/10.1006/jaer.1999.0520>
31. Karaburç ŞN. Öğütülmüş kalsiyum karbonat içeren bazalt fiber takviyeli pomza hafif betonun değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. Karaman. KMÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü; 2021.

BÖLÜM 7

SIĞIRCILIK İŞLETMELERİNDE KULLANILAN ROBOT TEKNOLOJİLERİ

Şeyma ÇİLO¹

Veysel Fatih ÖZDEMİR²

GİRİŞ

Dünya nüfusunun dengeli ve sağlıklı beslenebilmesi açısından hayvancılık sektörü oldukça önemli rol oynamaktadır (1). Hayvancılık sektörü en düşük yatırım ile en yüksek katma değer ve istihdamın sağlandığı sektör olması açısından ülkelerin ekonomisi için yüksek önem arz etmektedir. Dünya nüfustaki artışa paralel olarak artan beslenme ve gıda güvenliği sorunları, hayvancılığın stratejik önemini giderek daha da artırmaktadır (2). Sektör ayrıca süt, et, deri, tekstil, ilaç ve kozmetik başta olmak üzere birçok sanayi koluna hammadde sağlamakta, milli gelire, istihdama ve ihracata katkıda bulunmaktadır (1). Son yıllarda her sektörde olduğu gibi hayvancılık sektöründe de önemli teknolojik gelişmeler meydana gelmiştir (3). Dijital teknolojilerin kullanımıyla birlikte, hayvanların izlenmesi, beslenmesi ve sağlıklarının takibi daha etkili hale gelmekte, verimlilik önemli oranda artmakta ve iş gücü azalmaktadır (4). Yeni geliştirilen teknolojiler işletmelerde iş gücünü en aza indirerek hayvancılığı daha kontrollü ve verimli ve daha zahmetsiz hale getirmektedir (5). Ülkemizde son zamanlarda kullanılmaya başlayan Avrupa'da ise daha uzun süredir uygulanan bu modern hayvancılık yöntem ve teknolojilerin hayvancılık işletmelerinde verimliliğin artırılması, yönetimin kolaylaştırılması gibi faydalarının yanı sıra bu sektörde yaşanan personel sıkıntısını da azaltmaktadır. Özellikle ülkemizde son yıllarda hayvancılık işletmelerinde çalıştırılacak eleman sıkıntısı hayvancılık sektörünü tehdit eden problemlerin başında gelmektedir (6).

¹ Arş. Gör., Muş Alparslan Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Hayvansal Üretim ve Teknolojileri Bölümü, s.cilo@alparslan.edu.tr, ORCID iD: 0009-0002-0743-6299

² Dr. Öğr. Üyesi, Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootehni Bölümü, veysel.ozdemir@atauni.edu.tr, ORCID iD: 0000-0003-3035-7695

SONUÇ

Hayvancılıkta kullanılan robot teknolojileri, iş yükü ihtiyacının azaltılması, iş ve zaman verimliliğinin artırılması, insan hatasının en aza indirilmesi ve hayvanların takibinin kolaylaşması gibi avantajları ile önem kazanır. Otomatik sağım sisteminde bulunan yemleme bölmesiyle hayvanın gelmesi teşvik edilir ve sakinleştirilir. Sağım sayısının artması ve hayvanın stres seviyesinin azalması ile süt verimi artar. Sağımın otomatik bir şekilde gerçekleşmesinden dolayı sütün hijyenik bir şekilde elde edilmesi, süt miktarı gibi süte ait verilerin kaydedilmesi ve çiftlik yönetimi optimize edilebilmesi gibi üstünlük sağlayan unsurları da mevcuttur.

Yem itme robotu, emek yoğunluğunu azaltır, yeme kolaylıkla erişimi sağlar, tutarlı ve düzenli bir şekilde yem dağılımı gerçekleştirir. Böylece işletmede rekabetçi bir ortam uzaklaştır ve hayvanların dengeli bir şekilde beslenerek süt veriminin artışına ve hayvan sağlığının desteklenmesine katkı da bulunmaktadır. Ayrıca yem israfının da önüne geçilmektedir.

Yem karma ve dağıtım robotu ile yemin homojen bir şekilde karışımının ve dağıtımının insan gücüne ihtiyaç kalmadan yerine getirilmektedir. Rasyonun yem bileşenlerinin istenilen boyutta, dengeli ve belirli bir orana sahip bir şekilde karışımını sağlamaktadır.

Gübre temizleme robotu ile zemin temizliği sağlanarak bakterilerin üremesini sınırlandırılması, üre ve amonyak gibi zararlı gazların birikmesinin önlenmesi, zeminin kuru ve temiz olması hayvanların tırnak sağlığını koruması açısından çok önemlidir. Hayvanların kayıp düşmesinin ve yaralanmasının önüne geçer. Ayrıca atık yönetiminde de kolaylık sağlar.

Ancak söz konusu olan bu robotik teknolojilerin, ilk yatırımın yüksek maliyetli olması, tüm hayvanların kolaylıkla uyum sağlayamaması, robotlara yönelik eğitilmiş işçinin az olması, veri güvenliğinin sağlanması gibi sınırlamalara da tabidir. İleriye dönük çalışmalarda ise bu robot teknolojilerin, hayvanlar üzerinde verimliliği ne kadar artırdığına ve başka ortamlarda çalışma, işlevsellik ve adaptasyon yeteneğine bakılabilir.

KAYNAKLAR

1. Ergün OF, Bayram B. Türkiye’de hayvancılık sektöründe yaşanan değişimler. *Bahri Dağdaş Hayvancılık Araştırma Dergisi*. 2021;10(2):158–175.
2. Akpınar R, Özsan ME, Taşçı K. Doğu Anadolu Bölgesi’nde hayvancılık sektörünün rekabet edebilirliğinin analizi. *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Elektronik Dergisi*. 2012;3(5):9.
3. Gezici M, Ünay E, Üstün K, Coşkun Mİ? Hayvancılık işletmelerinde teknoloji kullanımı ve ekonomik verimlilik. *Ziraat Mühendisliği*. 2023;(377):26–32.
4. Çakmakçı Y, Hurma H, Çakmakçı C. Dijital teknolojilerin hayvancılık sektöründe yükselen

- rolü: akademik çalışmaların ışığında geleceğe bakış. *Tarım Ekonomisi Araştırmaları Dergisi*. 2024;10(1):90–102.
5. Dilaver H, Dilaver KF. Robotics systems and artificial intelligence applications in livestock farming. *Journal of Animal Science and Economics*. 2024;3(2):63–72.
 6. Çankal G, Koyuncu A. Sığınmacı işgücünün hayvancılık sektöründeki istihdama etkilerinin yerel aktör perspektifinden değerlendirilmesi: Konya ili örneği. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*. 2024;27(Suppl 2):542–558.
 7. Hamadani H, Khan A. Automation in livestock farming—A technological revolution. *International Journal of Advanced Research*. 2015;3(5):1335–1344.
 8. Shvets Y, Morkovkin D, Basova M, Yashchenko A, Petrusevich T. Robotics in agriculture: advanced technologies in livestock farming and crop cultivation. In: *E3S Web of Conferences*. 2024;480:03024. EDP Sciences.
 9. Lavrijsen-Kromwijk L, Demba S, Müller U, Rose S. Impact of automation level of dairy farms in Northern and Central Germany on dairy cattle welfare. *Animals*. 2024;14(24):3699.
 10. Demir AÖ, Hakan S. Robotic livestock breeding: a historical and technological review. *Şırnak Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*. 2025;8:76–94.
 11. Alıç D, Metin Yener S. Süt sığırcılığı işletmelerinde robotlu sağım sistemi. *Journal of Agricultural Sciences*. 2006;12(4):369–380.
 12. Upton J, Bruckmaier RM, Mein GA, Reinemann DJ, Wieland M, Paulrud CO, Rasmussen MD, et al. Invited review: contribution of milk harvesting research to optimal interaction between biology and milking technology. *Journal of Dairy Science*. 2025;[Epub ahead of print].
 13. Kıyıcı JM. Türkiye’de süt sağım teknolojisi projeksiyonu. *Alinteri Journal of Agriculture Science*. 2018;33(1):7–11.
 14. Sandgren CH, Emanuelson U. Is there an ideal automatic milking system cow and how is she different from an ideal parlor milked cow? In: *Proceedings of the National Mastitis Council 56th Annual Meeting*; 2017 Jan; St. Pete Beach, Florida, USA. p. 61–68.
 15. Rodenburg J. The impact of robotic milking on milk quality, cow comfort and labor issues. In: *Proceedings of the National Mastitis Council 51st Annual Meeting*; 2012; St. Pete Beach, Florida. p. 125–137.
 16. Molfino J. Investigations into system and cow performance efficiency in pasture-based automatic milking systems [PhD thesis]. School of Life and Environmental Sciences, Faculty of Science; 2018.
 17. Williams D. Welfare implications for dairy cattle of modern technological advances: (I) robotic milking. *J Dairy Vet Sci*. 2019;9:1–4.
 18. Jiang H, Wang W, Li C, Wang W. Innovation, practical benefits and prospects for the future development of automatic milking systems. *Front Agric Sci Eng*. 2017;4(1):37–47.
 19. Tse C, Barkema HW, DeVries TJ, Rushen J, Pajor EA. Impact of automatic milking systems on dairy cattle producers’ reports of milking labour management, milk production and milk quality. *Animal*. 2018;12(12):2649–2656.
 20. Sitkowska B, Piwczyński D, Aerts J, Waśkowicz M. Changes in milking parameters with robotic milking. *Arch Anim Breed*. 2015;58(1):137–143.
 21. Meihak D. Impact of automated milking systems on dairy reproduction. 2025 [cited 2025 Oct 30]. Available from: Impact of automated milking systems on dairy reproduction.
 22. Özdemir VF, Çamcı Z. An overview of automatic milking systems and their impact on milk production, composition, and udder health. In: *International Conference on Food, Agriculture and Animal Sciences*; 2024 Dec 19–22; Erzurum, Türkiye.
 23. Brzozowski M, Piwczyński D, Sitkowska B, Kolenda M. The impact of installation of automatic milking system on production and reproduction traits of dairy cows. *Reprod Domest Anim*. 2018;53(5):1123–1129.
 24. Wiking L, Nielsen JH, Båvius AK, Edvardsson A, Svennersten-Sjaunja K. Impact of milking frequencies on the level of free fatty acids in milk, fat globule size, and fatty acid composition. *J Dairy Sci*. 2006;89(3):1004–1009.

25. Örs A, Oğuz C. Economic performance of robotic milking. *Manas J Agric Vet Life Sci.* 2018;8(2):35–51.
26. Zhang Q, Ren H, Hu J. Design and experiment of intelligent feed-pushing robot based on information fusion. *Trans Chin Soc Agric Mach.* 2023;54(6).
27. Havrdova N, Roztočil D, Petrášková E, Tejml P, Kernerová N, Poborská A, et al. The effect of the number of feed pushing-ups on animal behavior, dry matter intake and milk yield of dairy cows. *J Cent Eur Agric.* 2023;24(4):789–801.
28. Nabokov VI, Novopashin LA, Denyozhko LV, Sadov AA, Ziablitskaia NV, Volkova SA, Speshilova IV. Applications of feed pusher robots on cattle farmings and its economic efficiency. *Int Trans J Eng Manag Appl Sci Technol.* 2020;11(14):1–7.
29. Mattox J. The advantages of robotic feed pushing for cows. 2025. erişim: <https://rovibecagrisolutions.com/en/the-advantages-of-robotic-feed-pushing-for-cows> (28.10.2025)
30. Anonim. Lely Juno yemleme robotu. 2025a. Erişim: <https://www.lely.com/tr/cozumler/yemleme/juno/> (09.10.2025)
31. Siewert JM, Salfer JA, Endres MI. Factors associated with productivity on automatic milking system dairy farms in the Upper Midwest United States. *J Dairy Sci.* 2018;101(9):8327–8334.
32. Erzurumlu DY, Şen B. Operation and labour force analysis of feeding robot in livestock enterprise. 2020.
33. Kaya E, Örs A. Süt çiftliklerinde hassas tarım teknolojileri. In: 2. *Uluslararası Tarım, Gıda ve Gastronomi Kongresi*; 2015 Sep 2–5; Diyarbakır, Türkiye.
34. Siraskar GD, Pawade S, Biradar R, Javanjal VK, Tiwari H, Raut L. Development and implementation of an automated cattle feeding system using cost effective automation techniques. *J Electr Syst.* 2024;20(3):7871–7881.
35. Grothmann A, Nydegger F, Häußermann A, Hartung E. Automatic feeding system (AFS) – potential for optimisation in dairy farming. *Landtechnik.* 2010;65(2):129–131.
36. Anonim. Hassas beslemenin gücü. 2025b. Erişim : <https://www.lely.com/tr/cozumler/yemleme/vector/> (09.10.2025)
37. Can MD, Şeflek AY. Comparison of operational parameters of feed mixing and distribution machines with different structures. *Selcuk J Agric Food Sci.* 2021;35(2):176–179.
38. Kamau K, Thorpe B, Meier KE, Endres MI, Salfer IJ. Comparisons of feed bunk nutrient consistency, milk production and cow behavior between herds using automated milking systems with or without automated feeding robots. *Animals.* 2025;15(8):1103.
39. Heinold E, Rosen PH, Wischniewski S. A robot automating manure cleaning to maintain hygiene in livestock (ID11) (Project No. F 2526). Bilbao: *European Agency for Safety and Health at Work*; 2023.
40. Yu Z, Wang H, Qi R, Hu B, Pan X, Zeng Y, Liu Z. Research and application progress on intelligent cleaning robots in pigsties. *Trans Chin Soc Agric Eng.* 2025;41(2):1–11.
41. Gerrits B, Mes M, Schuur P, Andringa R. A simulation model for cooperative robotics in dairy farms. In: *2022 Winter Simulation Conference (WSC)*; 2022. p. 831–842. IEEE.

BÖLÜM 8

ARITMA ÇAMURUNUN TARIMSAL KULLANIMINDA FAYDA VE RİSK YÖNETİMİ

Mehmet ALTUN¹

Üstün ŞAHİN²

GİRİŞ

Arıtma çamuru, atık su arıtma tesislerinden, genellikle evsel, endüstriyel veya tarımsal faaliyetlerin sonucunda oluşan atıkların bir yan ürünü olarak ortaya çıkmaktadır. İçerdiği yüksek organik madde düzeyi ve zengin besin elementleri sayesinde arıtma çamuru, son yıllarda tarımsal üretim ve peyzaj uygulamalarında toprak kalitesini artırmaya yönelik alternatif bir iyileştirici materyal olarak değerlendirilir hale gelmiştir. Bununla birlikte, arıtma çamurunun toprak yapısına olan etkileri üzerine yapılan araştırmalar, hem olumlu hem de olumsuz sonuçlar ortaya koymaktadır. Çamurun toprak üzerinde yapısal, kimyasal ve biyolojik değişiklikler yaratabileceği bilinirken, aynı zamanda çamurun içerdiği potansiyel kirleticilerin toprak ve çevre sağlığına olan etkileri konusunda da endişeler bulunmaktadır.

Günümüzde hızla artan nüfus ve sanayileşme süreci, doğal kaynakların sürdürülebilir yönetimini her zamankinden daha önemli hale getirmiştir. Özellikle tarım topraklarının verimliliğinin korunması, gıda güvenliği, ekosistem sağlığı ve ekonomik kalkınma açısından kritik bir gereklilik olarak öne çıkmaktadır (1). Artan nüfusun gıda talebini karşılamak amacıyla tarım alanlarının daha yoğun biçimde kullanılması, toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik niteliklerinde çeşitli bozulmalara yol açarak, zaman içinde üretim kapasitesinin düşmesine ve sürdürülebilir verimliliğin olumsuz yönde etkilenmesine neden olmaktadır (2).

¹ Arş. Gör. Dr., Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, ussahin@atauni.edu.tr, ORCID iD: 0000-0001-7807-9810

² Prof. Dr., Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, ussahin@atauni.edu.tr, ORCID iD: 0000-0002-1924-1715

tejileri geliştirilmelidir. Arıtma çamurunun tarım alanlarına uygulanmasından sonra uzun vadeli izleme programları oluşturularak toprak ve su kalitesindeki değişimler düzenli olarak takip edilmelidir. Arıtma çamuru kullanımına yönelik ulusal standartlar güçlendirilerek, özellikle kirletici içerik sınırları daha sıkı bir şekilde düzenlenmelidir. Arıtma çamurunun çevre ve tarım üzerindeki etkilerini optimize etmek amacıyla yenilikçi teknolojilerin ve yöntemlerin geliştirilmesi teşvik edilmelidir.

KAYNAKLAR

1. Lal, R. Restoring soil quality to mitigate soil degradation. *Sustainability*, 2015,7(5), 5875-5895.
2. FAO. The State of the World's Land and Water Resources for Food and Agriculture – Systems at breaking point. Synthesis report 2021. Rome.
3. Smith, P. Soil carbon sequestration and biochar as negative emission technologies. *Global Change Biology*, 2016, 22(3), 1315–1324. <https://doi.org/10.1111/gcb.13178>
4. Kelessidis, A., and Stasinakis, A. S. Comparative study of the methods used for treatment and final disposal of sewage sludge in European countries. *Waste management*, 2012, 32(6), 1186-1195.
5. United Nations. Department of Economic and Social Affairs, Population Division. *World Population Prospects 2024: Summary of Results*. https://population.un.org/wpp/assets/Files/WPP2024_Summary-of-Results.pdf
6. Wakweya, R. B. Challenges and prospects of adopting climate-smart agricultural practices and technologies: Implications for food security. *Journal of Agriculture and Food Research*, 2023, 14, 100698.
7. TÜİK, 2023. Belediye Atıksu İstatistikleri. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK).
8. Mondal, S., Singh, R. D., Patra, A. K., and Dwivedi, B. S.. Changes in soil quality in response to short-term application of municipal sewage sludge in a typic haplustept under cowpea-wheat cropping system. *Environmental Nanotechnology, Monitoring and Management*, 4, 37–41. <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2015.12.001>.
9. Cakır, H. N., and Cimrin, K. M. Effects of Urban Wastewater Sludge Applications; II.Effects on Maize Plant, Soil Micro Nutrient Elements, and Heavy Metal Contents. *Kahramanmaraş Sutcu Imam University Journal of Agriculture and Nature*, 2018, 21(6), 891-901.
10. Poggere, G. C., Serrat, B. M., Mangrich, A. S., França, A. A., Corrêa, R. S. and Barbosa, J. Z. Clay mineralogy affects the efficiency of sewage sludge in reducing lead retention of soils. *Journal of Environmental Sciences*, 2019, 80, 45-57.
11. EPA. US Environmental Protection Agency. Environmental Regulations and Technology. Control of pathogens and vector attraction in sewage sludge (including Domestic Septage) under 40 CFR part 503, 2003.
12. Inglezakis, V. J., Zorpas, A. A., Karagiannidis, A., Samaras, P., Voukkali, I. and Sklari, S. European Union legislation on sewage sludge management. *Fresenius Environmental Bulletin*, 2014, 23(2A), 635-639.
13. Bianchini, A., Bonfiglioli, L., Pellegrini, M., and Saccani, C. Sewage sludge management in Europe: a critical analysis of data quality. *International Journal of Environment and Waste Management*, 2016, 18(3), 226-238.
14. Eurostat. Sewage sludge production and disposal. European Commission. Accessed 1 September 2025, <https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ten00030/default/table?lang=en>
15. Mateo-Sagasta, J., Raschid-Sally, L., and Thebo, A.. Global wastewater and sludge production, treatment and use. In *Wastewater*, 2015, 15-38. Springer, Dordrecht.
16. Bertanza, G., Baroni, P., and Canato, M. Ranking sewage sludge management strategies by means of Decision Support Systems: A case study. *Resources, Conservation and Recycling*, 2016,

110, 1-15.

17. Marchuk, S., Tait, S., Sinha, P., Harris, P., Antille, D. L., & McCabe, B. K. Biosolids-derived fertilisers: A review of challenges and opportunities. *Science of the Total Environment*, 2023, 875, 162555.
18. Buta, M., Hubeny, J., Zieliński, W., Harnisz, M., and Korzeniewska, E. Sewage sludge in agriculture—the effects of selected chemical pollutants and emerging genetic resistance determinants on the quality of soil and crops—a review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2021, 214, 112070.
19. Arvaniti, O. S., Fountoulakis, M. S., Gatidou, G., Kalantzi, O. I., Vakalis, S., and Stasinakis, A. S. Perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl substances in sewage sludge: challenges of biological and thermal treatment processes and potential threats to the environment from land disposal. *Environmental Sciences Europe*, 2024, 36(1), 207.
20. Rede, D., Teixeira, I., Delerue-Matos, C., and Fernandes, V. C. Assessing emerging and priority micropollutants in sewage sludge: environmental insights and analytical approaches. *Environmental Science and Pollution Research*, 2024, 31(2), 3152-3168.
21. Zuo, W., Gu, C., Zhang, W., Xu, K., Wang, Y., Bai, Y., and Dai, Q. Sewage sludge amendment improved soil properties and sweet sorghum yield and quality in a newly reclaimed mudflat land. *Science of The Total Environment*, 2019, 654, 541-549.
22. Ravi, S., Young, T., Macinnis-Ng, C., Nyugen, T. V., Duxbury, M., Alfaro, A. C. and Leuzinger, S. Untargeted metabolomics in halophytes: The role of different metabolites in New Zealand mangroves under multi-factorial abiotic stress conditions. *Environmental and Experimental Botany*, 2020, 173, 103993.
23. Ors, S., Sahin, U., and Khadra, R. Reclamation of saline sodic soils with the use of mixed fly ash and sewage sludge. *Arid Land Res. Manag.* 2015, 29, 41–54.
24. KPulkr, H., Gorazda, K., and Wzorek, Z. Sewage sludge: a review of its risks and circular raw material potential. *J. Water Process Eng* 63: 2024, 10, 55-22.
25. Liu, X., Liu, W., Wang, Q., Wu, L., Luo, Y., and Christie, P. Soil properties and microbial ecology of a paddy field after repeated applications of domestic and industrial sewage sludges. *Environmental Science and Pollution Research*, 2017, 24(9), 8619-8628.
26. Samara, E., Matsi, T., and Balidakis, A. Soil application of sewage sludge stabilized with steel-making slag and its effect on soil properties and wheat growth. *Waste Manag.* 2017, 68, 378-387.
27. Rehman, R. A., Rizwan, M., Qayyum, M. F., Ali, S., Zia-ur-Rehman, M., Zafar-ul-Hye, M., and Iqbal, M. F. Efficiency of various sewage sludges and their biochars in improving selected soil properties and growth of wheat (*Triticum aestivum*). *Journal of environmental management*, 2018, 223, 607-613.
28. Yang, H., Guo, Y., Fang, N., Dong, B., and Wu, X. Greenhouse gas emissions of sewage sludge land application in urban green space: A field experiment in a Bermuda grassland. *Science of The Total Environment*, 2024, 926, 172106.
29. Xu, F., and Chang, H. Soil greenhouse gas emissions and nitrogen change for wheat field application of composted sewage sludge. *Agronomy*, 2022, 12(8), 1946.
30. Kujawska, J., Wojtaś, E., and Charnas, B. Biochar Derived from Sewage Sludge: The Impact of Pyrolysis Temperature on Chemical Properties and Agronomic Potential. *Sustainability*, 2024, 16(18), 8225.
31. Yang, H., Guo, Y., Fang, N., and Dong, B. Life cycle assessment of sludge anaerobic digestion combined with land application treatment route: Greenhouse gas emission and reduction potential. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 2023, 11(6), 111255.
32. Kacprzak, M., Baran, J., and Fijalkowski, K. Emerging sewage sludge treatment technologies for land carbon sequestration: a comprehensive review. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 2025, 1-21.
33. Romanos, D., Nemer, N., Khairallah, Y., and Saab, M. T. A. Assessing the quality of sewage sludge as an agricultural soil amendment in Mediterranean habitats. *International Journal of*

- Recycling of Organic Waste in Agriculture, 2019, 8(1), 377-383.
34. Saha, S., Saha, B. N., Pati, S., Pal, B., and Hazra, G. C. Agricultural use of sewage sludge in India: benefits and potential risk of heavy metals contamination and possible remediation options—a review. *International Journal of Environmental Technology and Management*, 2017, 20(3-4), 183-199.
 35. Collivignarelli, M. C., Abbà, A., Frattarola, A., Carnevale Miino, M., Padovani, S., Katsoyiannis, I., and Torretta, V. Legislation for the Reuse of Biosolids on Agricultural Land in Europe: Overview. *Sustainability*, 2019, 11(21), 6015.
 36. Hudcová, H., Vymazal, J., and Rozkošný, M. Present restrictions of sewage sludge application in agriculture within the European Union. *Soil and Water Research*, 2019, 14(2), 104-120.
 37. Altun, M., and Sahin, U. Frequent irrigation of silage maize in soil containing sewage sludge reduces CO₂ emissions per unit yield by increasing productivity. *Water, Air, & Soil Pollution*, 2025, 236(4), 231.
 38. Lamastra, L., Suciu, N. A., and Trevisan, M. Sewage sludge for sustainable agriculture: contaminants' contents and potential use as fertilizer. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 2018, 5(1), 1-6.
 39. Singh, R. P. and Agrawal, M. Potential benefits and risks of land application of sewage sludge. *Waste management*, 2008, 28(2), 347-358.
 40. Seven, T., Can, B., Darende, B. N. ve Ocak, S. Hava ve toprakta ağır metal kirliliği. *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, 2018,1(2), 91-103.
 41. Mulchandani, A., and Westerhoff, P. Recovery opportunities for metals and energy from sewage sludges. *Bioresource Technology*, 2016, 215, 215-226.
 42. Yang, W., Song, W., Li, J., and Zhang, X. Bioleaching of heavy metals from wastewater sludge with the aim of land application. *Chemosphere*, 2020, 249, 126134.].
 43. Briffa, J., Sinagra, E., and Blundell, R. Heavy metal pollution in the environment and their toxicological effects on humans. *Heliyon*, 2020, 6(9).
 44. Mathaiyan, M., Natarajan, A., and Rajeshkumar, S. Assessment of Pb, Cd, As and Hg concentration in edible parts of broiler in major metropolitan cities of Tamil Nadu, India. *Toxicology Reports*, 2021, 8, 668-675.
 45. Li, Y., Zhang, J. Exposure to lead and cadmium of the Belgian consumers from ceramic food contact articles. *Toxicology Reports*, 2021, 8, 548-556.
 46. Michalska, J., Turek-Szytow, J., Dudło, A., and Surmacz-Górska, J. Characterization of humic substances recovered from the sewage sludge and validity of their removal from this waste, 2022.
 47. Gholipour, S., Ghalhari, M. R., Nikaeen, M., Rabbani, D., Pakzad, P., and Miranzadeh, M. B. Occurrence of viruses in sewage sludge: a systematic review. *Science of the Total Environment*, 2022, 824, 153886.
 48. López, A., Rodríguez-Chueca, J., Mosteo, R., Gómez, J., and Ormad, M. P. Microbiological quality of sewage sludge after digestion treatment: A pilot scale case of study. *Journal of Cleaner Production*, 2020, 254, 120101.
 49. Malcheva, B. Z., Petrov, P. G., and Stefanova, V. V. Microbiological control in decontamination of sludge from wastewater treatment plant. *Processes*, 2022, 10(2), 406.
 50. Al-Gheethi, A. A., Efaq, A. N., Bala, J. D., Norli, I., Abdel-Monem, M. O., and Ab. Kadir, M. O Removal of pathogenic bacteria from sewage-treated effluent and biosolids for agricultural purposes. *Applied Water Science*, . 2018, 8(2), 74.
 51. Elgarahy, A. M., Eloffy, M. G., Priya, A. K., Yogeshwaran, V., Yang, Z., Elwakeel, K. Z., and Lopez-Maldonado, E. A. Biosolids management and utilizations: A review. *Journal of Cleaner Production*, 2024, 451, 141974.
 52. Abdallah, A. H. M., and Sahin, U. Saline-sodic soil reclamation with stabilized sewage sludge and recycled wastewater. *Environmental Engineering & Management Journal (EEMJ)*, 2020, 19(12).
 53. Aranyos, J. T. Assessing the long-term effect of different organic amendments on the quality of

- acidic sandy soil. *Soil Science Society of America Journal*, 2025, 89(1), e20788.
54. Badaou, A. N., and Sahin, U. Effects of sewage sludge amendment and wetting–drying cycles of wastewater irrigation on structural improvement of clay soil. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 2021, 1-14.
 55. Lal, R. Organic matter, effects on soil physical properties and processes. In *Encyclopedia of agrophysics*, 2011, 528-534
 56. Gelardi, D. L., Ainuddin, I. H., Rippner, D. A., Patiño, J. E., Abou Najm, M., and Parikh, S. J. Biochar alters hydraulic conductivity and impacts nutrient leaching in two agricultural soils. *Soil*, 2021, 7(2), 811-825.
 57. Kok, D. J. D., Scherer, L., de Vries, W., and van Bodegom, P. M. Temporal variability in organic amendment impacts on hydro-physical properties of sandy agricultural soils. *Soil Science Society of America Journal*, 2023, 87(4), 963-984.
 58. Xuan, K., Li, X., Zhang, J., Jiang, Y., Ma, B., and Liu, J. Effects of organic amendments on soil pore structure under waterlogging stress. *Agronomy*, 2023, 13(2), 289.
 59. Pourakbar, S., Maneshmoaveni, A., Moazami, D., Moretti, L., Yousefi, A., and Cristelo, N. Stabilization of clay soil using alkali-activated sewage sludge. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, 2025, 17(5), 3213-3224.
 60. Shirani, H., HajAbbasi, M., Afyouni, M., and Dashti, H. Cumulative effects of sewage sludge on soil physical and chemical characteristics. *Water and Wastewater*, 2010, 3, 28-36.
 61. Fan Y., Ge T., Zheng Y., Li H., and Cheng F. 2016. Use of mixed solid waste as a soil amendment for saline-sodic soil remediation and oat seedling growth improvement. *Environ Sci Pollut Res Int*. 2016, Nov;23(21):21407-21415.
 62. Cherfouh, R., Lucas, Y., Derriidj, A., and Merdy, P. Long-term, low technicality sewage sludge amendment and irrigation with treated wastewater under Mediterranean climate: impact on agronomical soil quality. *Environmental Science and Pollution Research*, 2018, 25(35), 35571-35581.
 63. Norouzian, K., Abbasi, N., and Abedi Koupai, J. Use of sewage sludge ash and hydrated lime to improve the engineering properties of clayey soils. *Geotechnical and Geological Engineering*, 2018, 36, 1575-1586.
 64. Ramirez, P. B., Machado, S., Singh, S., Plunkett, R., and Calderón, F. J. Addressing the effects of soil organic carbon on water retention in US Pacific Northwest wheat–soil systems. *Frontiers in Soil Science*, 2023, 3, 1233886.
 65. Yerli, C., Sahin, U. and Kızıloğlu, F. Improving the Soil Physical and Hydraulic Properties by Irrigation with Wastewater under Different Soil Tillage Management. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University (JAFAG)*, 2024, 41(2), 72-85.
 66. Yerli, C., Sahin, U., Oztas, T. and Ors, S. Fertility and heavy metal pollution in silage maize soil irrigated with different levels of recycled wastewater under conventional and no-tillage practices. *Irrigation Science*, 2025, 43(2), 221-238.
 67. Yerli, C. The effects of biochar pyrolyzed at varying temperatures and different water types on the properties of lettuce and soil. *Water, Air, & Soil Pollution*, 2023, 234(8), 552.
 68. Yerli, C., Cakmakci, T. and Sahin, U. Soil CO₂ emission linearly increases with organic matter added using stabilized sewage sludge under recycled wastewater irrigation conditions. *Water, Air, & Soil Pollution*, 2023, 234(1), 56.
 69. Yerli, C. Influences of farmyard manure and its biochars prepared at different temperatures on soil properties and soil enzymes and CO₂ emission from soil under irrigation conditions with treated wastewater. *Water, Air, & Soil Pollution*, 2023, 234(1), 59.
 70. Tunc, T. and Sahin U. The changes in the physical and hydraulic properties of a loamy soil under irrigation with simpler-reclaimed wastewaters. *Agricultural Water Management*, 2015, 158, 213-224.
 71. Musazura, W., Odindo, A.O., Tesfamariam, E.H., Hughes, J.C. and Buckley C.A. Nitrogen and phosphorus fluxes in three soils fertigated with decentralised wastewater treatment effluent to field capacity. *J. of Water Reuse and Desalination*, 2019, 9 (2), 142-151.

72. Ding, Z., Kheir, A.M.S., Ali, M.G.M., Ali, O.A.M., Abdelaal, A.I.N., Lin, X., Zhou, Z., Wang, B., Liu, B., and He Z. The integrated effect of salinity, organic amendments, phosphorus fertilizers, and deficit irrigation on soil properties, phosphorus fractionation and wheat productivity. *Scientific Reports*, 2020, 10, 2736.
73. Abdelfattah, M.A. Pedogenesis, land management and soil classification in hyper-arid environments: results and implications from a case study in the United Arab Emirates. *Soil Use and Management*, 2013, 29 (2), 279-294.
74. Altun, M. Farklı Sulama Rejimleri Altında Aritma Çamuru Uygulamasının Silajlık Mısır Yetiştirilen Toprakta Üretkenlik Parametreleri ve Karbon Stok Değişimi Üzerine Etkileri. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Ana Bilim Dalı, 2025, Erzurum, Türkiye.
75. Aşık. Farklı kökenli arıtma çamurlarının tarımsal amaçlı kullanım olanaklarının araştırılması. Doktora Tezi, U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı, 2011, Bursa.
76. Firdous, F., Mishra, E., Outhman, A., and Chandel, S. Influence of Sewage Sludge Dose on Physicochemical Characteristics of Soil and Productivity of Radish (*Raphanus sativus* L.). *Wadi Alshatti University Journal of Pure and Applied Sciences*, 2024, 6-15.
77. Żukowska, G., Futa, B., & Myszyńska-Dymek, M. Biochemical Parameters of Fallow Light Soil Enriched with Sewage Sludge. *Agriculture*, 2024, 14(10), 1810.
79. Royano, S., Navarro, I., De la Torre, A., and Martínez, M. Á. Investigating the presence, distribution and risk of pharmaceutically active compounds (PhACs) in wastewater treatment plants, river sediments and fish. *Chemosphere*, 2024, 368, 143759.
80. Pulkrabová, J., Černý, J., Száková, J., Švarcová, A., Gramblička, T., Hajšlová, J., and Tlustoš, P. Is the long-term application of sewage sludge turning soil into a sink for organic pollutants?: evidence from field studies in the Czech Republic. *Journal of Soils and Sediments*, 2019, 19(5), 2445-2458.
81. Saliu, T. D., and Sauvé, S. A review of per- and polyfluoroalkyl substances in biosolids: geographical distribution and regulations. *Frontiers in Environmental Chemistry*, 2024, 5, 1383185.
82. Gomez-Rico, M. F., Hernandez, T., Garrido, M. A., and Font, R. Behavior of PCDD/Fs and PCBs from Wastewater Treatment Plants during Sewage Sludge Composting: Study of Semi-Anaerobic Conditions and Different Stages of the Process. *Water*, 2024, 16(11), 1545.
83. Vogel, C., Roesch, P., Wittwer, P., Piechotta, C., Lisec, J., Sommerfeld, T., and Simon, F. G. Levels of per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) in various wastewater-derived fertilizers—analytical investigations from different perspectives. *Environmental Science: Advances*, 2023, 2(10), 1436-1445.
84. Wang, X., Wang, Y., Zhang, Z., Tian, L., Zhu, T., Zhao, Y., and Liu, Y. Effect, fate and remediation of pharmaceuticals and personal care products (PPCPs) during anaerobic sludge treatment: A review. *Environmental Science & Technology*, 2024, 58(43), 19095-19114.
85. Ighalo, J. O., Kurniawan, S. B., Khongthaw, B., Buhari, J., Chauhan, P. K., Georgin, J., and Franco, D. S. P. Bisphenol A (BPA) toxicity assessment and insights into current remediation strategies. *RSC advances*, 2024, 14(47), 35128-35162.
86. Salazar-Remigio, L., Ponce-Velez, G., Olivares-Rubio, H. F., Amador-Munoz, O., Marquez-Garcia, A. Z., and Ontiveros-Cuadras, J. F. Bisphenol and phthalate levels, sources, and hazard estimation in sediments from a reef system: First study in the southern Gulf of Mexico. *Environmental Pollution*, 2025, 370, 125888.
87. Kulkarni, D., Jaspal, D., and Itankar, N. Surfactant removal from wastewater: a comparative review on adsorption versus other techniques. *Environmental Technology Reviews*, 2025, 14(1), 713-742.
88. Robledo-Mahón, T., Mercl, F., Chary, N. S., Száková, J., and Tlustoš, P. Extraction Methods of Emerging Pollutants in Sewage Sludge: A Comprehensive Review. *Toxics*, 2025, 13(8), 661.
89. Durham, B., Sewage Sludge Stinks of PFAS: Results of the EPA's Draft Risk Assessment. *SandBar*, 2025, 24, 14.

BÖLÜM 9

NANOPARTİKÜLLERİN SU KALİTESİNE ETKİSİ

Talip ÇAKMAKCI¹

NANOPARTİKÜLLERİN ÖNEMİ

Nanoteknolojinin hızla gelişmesi ve nanomalzeme temelli ürünlerin endüstriyel, tıbbi ve tarımsal alanlarda yaygın kullanımı ve nanopartiküllerin çevresel ortamlara salınımını önemli seviyede artırmıştır (1). Günümüzde nano partiküller (örneğin; nano-Ag, nano-TiO₂, nano-ZnO) biyomedikal uygulamalar, tarımsal üretim, su arıtımı ve teknolojileri, enerji üretimi, kozmetik ve savunma sanayisi gibi birçok alanda kullanılmaktadır (2-4). Bu kullanım çeşitliliği, nanopartiküllerin üretim, kullanım ve bertaraf süreçlerinde sucul ortamlara taşınmasını daha olası hâle getirmiştir (5). Dolayısıyla nanopartiküller artık yalnızca laboratuvar ölçekli malzemeler olmaktan çıkmış, çevresel kalite açısından değerlendirilmesi gereken yeni bir ürüne dönüşmüştür.

Su kaynaklarının kirlenmesi, özellikle tatlı su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi açısından günümüzde en kritik çevresel sorunlardan biridir. Nanopartiküller, geleneksel kirleticilerden farklı olarak kolloidal özellik gösterir, yüksek yüzey alanına sahiptir ve çevrede fiziksel-kimyasal transformasyonlara uğrayarak farklı toksisite profillerine sahip yeni türlere dönüşebilir (6). Bu durum nanopartiküllerin su kalitesine olan etkilerini hem öngörmeyi hem de yönetmeyi güçleştirmektedir. Ayrıca nanopartiküllerin ekosistemlerdeki kalıcılığı, biyoyumluluğu ve toksik potansiyeli hâlâ tam olarak açıklığa kavuşmuş değildir.

Su kalitesinin değerlendirilmesinde fiziksel (bulanıklık, sıcaklık, çözünmüş oksijen), kimyasal (pH, iyon konsantrasyonu, organik madde) ve biyolojik parametreler (alg yoğunluğu, mikrobiyal aktivite, toksisite göstergeleri) birlikte ele alınmaktadır (7). Nanopartiküller bu parametrelerin neredeyse tamamını etkile-

¹ Doç. Dr., Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, talipcakmakci@yyu.edu.tr, ORCID iD: 0000-0001-5815-1256

metal oksit nanopartiküllerinin çözünmesi sonucu ağır metal iyonları suya geçmekte; pH, iletkenlik ve TDS gibi parametrelerde değişimlere neden olabilmektedir. Bu tür değişimler hem sucul organizmalar hem de insan sağlığı üzerinde kısa ve uzun vadeli riskler oluşturabilir. Biyolojik su kalitesi üzerindeki etkiler daha da kritiktir. Nano-Ag, nano-CuO ve nano-TiO₂ gibi nanopartiküller alglerde fotosentezi baskılamakta, oksidatif stres oluşturmakta ve besin döngüsü süreçlerini olumsuz etkileyebilmektedir. Özellikle atıksu arıtma tesislerinde nitrifikasyon ve denitrifikasyon süreçlerinin nanopartiküllerden etkilenmesi, çıkış suyu kalitesinde istenmeyen değişimlere yol açmaktadır.

Sonuç olarak, nanopartiküllerin su kalitesi üzerindeki etkileri hem olumlu hem de potansiyel olarak zararlı olabilmektedir. Bu nedenle, nanopartiküllerin su ekosistemlerindeki davranışını tam olarak anlamak ve çevresel riskleri yönetmek için kapsamlı, çok disiplinli ve uzun vadeli araştırmalara ihtiyaç bulunmaktadır. Nanoteknoloji, doğru tasarım ve etkili yönetim stratejileriyle uygulandığında su kaynaklarının korunmasında önemli bir araç olabilir; ancak kontrolsüz kullanımı yeni nesil çevresel risklerin ortaya çıkmasına yol açabilir.

KAYNAKLAR

1. Lead JR, Batley GE, Alvarez PJ, et al. Nanomaterials in the environment: behavior, fate, bioavailability, and effects—an updated review. *Environmental toxicology and chemistry*, 2018;37(8), 2029-2063. <https://doi.org/10.1002/etc.4147>
2. Çakmakcı Ö, Çakmakcı T, Şensoy S. Effects of silver nanoparticles on growth parameters of radish (*Raphanus sativus* L. Var. *Radicula*). Grown under deficit irrigation. *Current Trends in Natural Sciences*, 2022;11(21), 37-44. <https://doi.org/10.47068/ctns.2022.v11i21.004>
3. Ürkmez H, Çakmakcı Ö. Effect of different doses of nano-silica applications on some growth parameters and nutrient uptake in arugula (*Eruca sativa* L.). *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 2025;29(3), 469-476. <https://doi.org/10.29050/harranziraat.1708633>
4. Çakmakcı Ö, Şensoy S. Nano-silica modulates salt stress response in lettuce by enhancing growth, antioxidant activity, and mineral uptake. *Plant, Soil and Environment*, 2025;71(8). <https://doi.org/10.17221/233/2025-pse>
5. El-Kalliny AS, Abdel-Wahed MS, El-Zahhar AA, et al. Nanomaterials: a review of emerging contaminants with potential health or environmental impact. *Discover Nano*, 2023;18(1), 68. <https://doi.org/10.1186/s11671-023-03787-8>
6. Islam AN, Ridwan A, Neon AK, et al. Engineered Nanoparticles (ENPs) in Aquatic Environments and Soil-Plant Ecosystems: Transformation, Toxicity, and Environmental Challenge. 2025. <https://doi.org/10.20944/preprints202501.1281.v1>
7. Baun A, Hartmann NB, Grieger KD, et al. Setting the limits for engineered nanoparticles in European surface waters—are current approaches appropriate?. *Journal of Environmental Monitoring*, 2009;11(10), 1774-1781. <https://doi.org/10.1039/B909730A>
8. Singh S, Prasad SM, Bashri G. Fate and toxicity of nanoparticles in aquatic systems. *Acta Geochimica*, 2023;42(1), 63-76. <https://doi.org/10.1007/s11631-022-00572-9>
9. Striffling D, Dalton J, Folvarska V. Nanotechnology in Drinking Water Treatment Systems: Risk and Regulatory Compliance. *Geo. Env't L. Rev.*, 2022;35, 359.
10. Salih HH, El Badawy AM, Tolaymat TM, et al. Removal of stabilized silver nanoparticles from surface water by conventional treatment processes. *Advances in nanoparticles*, 2019;8(2), 21

11. Nagar A, Pradeep T. Clean water through nanotechnology: needs, gaps, and fulfillment. *ACS nano*, 2020;14(6), 6420-6435. <https://doi.org/10.1021/acsnano.9b01730>
12. Dube E, Okuthe GE. Engineered nanoparticles in aquatic systems: Toxicity and mechanism of toxicity in fish. *Emerging Contaminants*, 2023;9(2), 100212. <https://doi.org/10.1016/j.em-con.2023.100212>
13. Sousa VS, Teixeira MR. Metal-based engineered nanoparticles in the drinking water treatment systems: A critical review. *Science of the Total Environment*, 2020;707, 136077. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136077>
14. Sousa VS, Corniciuc C, Teixeira MR. The effect of TiO₂ nanoparticles removal on drinking water quality produced by conventional treatment C/F/S. *Water research*, 2017;109, 1-12.
15. Taghipour S, Hosseini SM, Ataie-Ashtiani B. Engineering nanomaterials for water and wastewater treatment: review of classifications, properties and applications. *New Journal of Chemistry*, 2019;43(21), 7902-7927. DOI <https://doi.org/10.1039/C9NJ00157C>
16. Li J, Guo L, Cui H, et al. Research progress on uptake and transport of nanopesticides in plants. *Chinese Bulletin of Botany*, 2020;55(4), 513-528. <https://doi.org/10.11983/CBB20008>
17. Elhenawy S, Khraisheh M, AlMomani F, et al. Emerging nanomaterials for drinking water purification: A new era of water treatment technology. *Nanomaterials*, 2024;14(21), 1707. [10.3390/nano14211707](https://doi.org/10.3390/nano14211707)
18. Klaine SJ, Alvarez PJJ, Batley GE, et al. Nanomaterials in the environment: behavior, fate, bioavailability, and effects. *Environmental toxicology and chemistry*, 2008;27(9), 1825-1851. <https://doi.org/10.1897/08-090.1>
19. Lowry GV, Gregory KB, Apte SC, et al. Transformations of nanomaterials in the environment. 2012. <https://doi.org/10.1021/es300839e>
20. Maurer-Jones MA, Gunsolus IL, Murphy CJ, et al. Toxicity of engineered nanoparticles in the environment. *Analytical chemistry*, 2013;85(6), 3036-3049. <https://doi.org/10.1021/ac303636s>
21. Hotze EM, Phenrat T, Lowry GV. Nanoparticle aggregation: challenges to understanding transport and reactivity in the environment. *Journal of environmental quality*, 2010;39(6), 1909-1924. <https://doi.org/10.2134/jeq2009.0462>
22. Christian P, Von der Kammer F, Baalousha M, et al. Nanoparticles: structure, properties, preparation and behaviour in environmental media. *Ecotoxicology*, 2008;17(5), 326-343. <https://doi.org/10.1007/s10646-008-0213-1>
23. Fabrega J, Zhang R, Renshaw JC, et al. Impact of silver nanoparticles on natural marine biofilm bacteria. *Chemosphere*, 2011;85(6), 961-966. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2011.06.066>
24. Ilin SM, Ollivier P, Slomberg D, et al. Investigations into titanium dioxide nanoparticle and pesticide interactions in aqueous environments. *Environmental Science: Nano*, 2017;4(10), 2055-2065. <https://doi.org/10.1039/C7EN00445A>
25. Nowack B, Bucheli TD. Occurrence, behavior and effects of nanoparticles in the environment. *Environmental pollution*, 2007;150(1), 5-22. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2007.06.006>

BÖLÜM 10

TARIMSAL SULAMADA NANOPARTİKÜL KULLANIMI

Talip ÇAKMAKCI¹
Caner YERLİ²
Üstün ŞAHİN³

TARIMSAL SULAMANIN ÖNEMİ

Tarımsal sulama, küresel gıda güvenliğinin sağlanmasında ve tarımsal üretim verimliliğinin artırılmasında kritik bir rol oynamaktadır. Dünya tarım alanlarının yalnızca yaklaşık %20'si sulanmasına rağmen toplam bitkisel üretimin %40'ından fazlası bu alanlardan elde edilmektedir; bu durum sulamanın tarımsal üretim üzerindeki belirleyici etkisini açık biçimde ortaya koymaktadır (1). Ayrıca, iklim değişikliği ve yağış rejimlerindeki belirsizlikler, su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımının önemini artırmış ve modern sulama teknolojilerinin gerekliliğini ön plana çıkarmıştır (2).

Bitkilerin fizyolojik süreçleri suya doğrudan bağlı olup su yetersizliği fotosentez hızını azaltmakta, stomaların kapanmasına ve besin elementlerinin taşınımının zayıflamasına neden olmaktadır (3). Bu nedenle kontrollü ve düzenli sulama uygulamaları bitki gelişimi ve verim için vazgeçilmezdir (4,5). Modern sulama sistemleri özellikle sensör tabanlı akıllı sulama teknolojileri ve damla sulama su kullanım etkinliğini önemli ölçüde artırmakta ve geleneksel yöntemlere kıyasla hem ekonomik hem de çevresel sürdürülebilirlik sağlamaktadır. Artan nüfus, gıda talebindeki büyüme ve su kıtlığı riskinin giderek artması göz önüne alındığında, tarımsal sulamanın optimize edilmesi stratejik bir zorunluluk haline gelmiştir. Sürdürülebilir sulama uygulamaları yalnızca verim artışı sağlamakla kalmayıp

¹ Doç. Dr., Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, talipcakmakci@yyu.edu.tr, ORCID iD: 0000-0001-5815-1256

² Doç. Dr., Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, caneryerli@yyu.edu.tr, ORCID iD: 0000-0002-8601-8791

³ Prof. Dr., Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, ussahin@atauni.edu.tr, ORCID iD: 0000-0002-1924-1715

Nano-sensörler ve nano-biyosensörler; toprak nemi, besin konsantrasyonu, kök bölgesi oksijen durumu ve bitki fizyolojik stres parametrelerinin gerçek zamanlı izlenmesinde kullanılmaktadır. Bu sensörler, akıllı sulama sistemlerinde sulama zamanlaması ve sulama dozunun hassas şekilde ayarlanmasına imkân vererek su kullanım etkinliğini artırmaktadır.

Gümüş, bakır, çinko oksit vb. antimikrobiyal nanopartiküller, hem sulama suyuunda patojen yükünü azaltmak hem de sulama ekipmanlarında biyofilm oluşumunu kontrol etmek amacıyla deneysel sistemlerde test edilmektedir. Bu yaklaşım, özellikle seracılıkta kapalı sulama devrelerinde su kalitesini korumak için önerilmektedir; ancak çevresel toksisite ve regülasyon boyutları hâlen önemli araştırma konularıdır.

KAYNAKLAR

1. Arbat G, Masseroni D. The use and management of agricultural irrigation systems and technologies. *Agriculture*, 2024;14(2):236. <https://doi.org/10.3390/agriculture14020236>
2. Ingrao C., Strippoli R, Lagioia G, et al. Water scarcity in agriculture: An overview of causes, impacts and approaches for reducing the risks. *Heliyon*, 2023;9(8). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e18507>
3. Cakmakci O, Cakmakci T, Durak ED, et al. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi in melon (*Cucumis melo* L.) seedling under deficit irrigation. *Fresenius Environmental Bulletin*, 2017;26(12), 7513-7520.
4. Vallejo-Gomez D, Osorio M, Hincapie CA. Smart irrigation systems in agriculture: A systematic review. *Agronomy*, 2023;13(2), 342. <https://doi.org/10.3390/agronomy13020342>
5. Cakmakci Ö, Kipçak Bitik S, Ekinci alp A, et al. Changes in some seedling growth parameters, nutrient content and enzyme activity in different melon (*Cucumis melo* L.) genotypes under deficit irrigation conditions. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 2025;27(4), 775-790. 10.22034/JAST.27.4.775
6. Taguta C, Dirwai TL, Senzanje A, et al. Sustainable irrigation technologies: a water-energy-food (WEF) nexus perspective towards achieving more crop per drop per joule per hectare. *Environmental Research Letters*, 17(7), 073003.2022.
7. Yin W, Yang X, Liu W. Sustainable management and regulation of agricultural water resources in the context of global climate change. *Sustainability*, 2025;17(6), 2760. <https://doi.org/10.3390/su17062760>
8. Usman S. Soil and water management perspectives for tropical and dryland areas of Africa. *Soil Studies*, 2024;13(2), 103-117.
9. Musah AR, Asomah JK Innovative Water Policy Frameworks for Sustainable Agriculture: Integrating Smart Resource Management to Combat Climate Change. *International Journal of Agriculture and Earth Science (IJAES)* E-ISSN 2489-0081 P-ISSN 2695-1894. 2024.
10. Mathur S, Pareek S, Shrivastava D. Nanofertilizers for development of sustainable agriculture. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 2022;53(16), 1999-2016.
11. Xin X, Judy JD, Sumerlin BB, et al. Nano-enabled agriculture: from nanoparticles to smart nanodelivery systems. *Environmental Chemistry*, 2020;17(6), 413-425. <https://doi.org/10.1071/EN19254>
12. Gulaiya S, Manzoor U, Singh S, et al. The Intersection of Nanotechnology and Agriculture: Enhancing Soil Fertility and Nutritional Outcomes--A Comprehensive Review. *Journal of Pure & Applied Microbiology*, 2025;19(2). <https://doi.org/10.22207/JPAM.19.2.50>
13. Rana L, Kumar M, Rajput J, et al. Nexus between nanotechnology and agricultural production

- systems: challenges and future prospects. *Discover Applied Sciences*, 2024;6(11), 555.
14. Kumar Y, Tiwari KN, Singh T, et al. Nanofertilizers and their role in sustainable agriculture. *Annals of Plant and Soil Research*, 2021;23(3), 238-255.
 15. Ghosh N, Das S, Biswas G, et al. Review on some metal oxide nanoparticles as effective adsorbent in wastewater treatment. *Water Science and Technology*, 2022;85(12), 3370-3395. <https://doi.org/10.2166/wst.2022.153>
 16. Tripathy J, Mishra A, Pandey M, et al. Advances in nanoparticles and nanocomposites for water and wastewater treatment: A review. *Water*, 2024;16(11), 1481.
 17. Alshehri HS. Recent Advances in Nanomaterial-Based Wastewater Treatment: A Sustainable Approach. *Polish Journal of Environmental Studies*. 2025;1-20. <https://doi.org/10.15244/pjoes/205261>
 18. Sirohi R, Kumar Y, Madhavan A, et al. Engineered nanomaterials for water desalination: Trends and challenges. *Environmental Technology & Innovation*, 2023;30, 103108.
 19. Qu X, Alvarez PJ, Li Q. Applications of nanotechnology in water and wastewater treatment. *Water research*, 2013;47(12), 3931-3946.
 20. Saleh TA. Protocols for synthesis of nanomaterials, polymers, and green materials as adsorbents for water treatment technologies. *Environmental Technology & Innovation*, 2021;24, 101821.
 21. Taghipour S, Hosseini SM, Ataie-Ashtiani B. Engineering nanomaterials for water and wastewater treatment: review of classifications, properties and applications. *New Journal of Chemistry*, 2019;43(21), 7902-7927.
 22. Pandey S. Nanotechnology Applications in Water Management and Irrigation Systems. İçinde Nanotechnology for Sustainable Agriculture and Food Security (ss. 153-163). DvS Scientific Publication. 2024. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14489138>
 23. Keller AA, Wang H, Zhou D, et al. Stability and aggregation of metal oxide nanoparticles in natural aqueous matrices. *Environmental science & technology*, 2010;44(6), 1962-1967. <https://doi.org/10.1021/es902987d>
 24. Petosa AR, Jaisi DP, Quevedo IR, et al. Aggregation and deposition of engineered nanomaterials in aquatic environments: role of physicochemical interactions. *Environmental science & technology*, 2010;44(17), 6532-6549. <https://doi.org/10.1021/es100598h>
 25. Çakmakci T, Çakmakci O, Sahin U. The effect of biochar amendment on physiological and biochemical properties and nutrient content of lettuce in saline water irrigation conditions. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 2022;10(12), 2560-2570. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v10i12.2560-2570.5653>
 26. Çakmakci Ö, Çakmakci T, Şensoy S. Effects of silver nanoparticles on growth parameters of radish (*Raphanus sativus* L. Var. *Radicula*). Grown under deficit irrigation. *Current Trends in Natural Sciences*, 2022;11(21), 37-44.
 27. El-Ramady H, Prokisch J, Sári D, et al. Nanotechnology in the soil system: An ecological approach towards sustainable management. *Applied Soil Ecology*, 2024;204, 105669. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2024.105669>
 28. Ürkmez H, Çakmakci Ö. Effect of different doses of nano-silica applications on some growth parameters and nutrient uptake in arugula (*Eruca sativa* L.). *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 2025;29(3), 469-476. <https://doi.org/10.29050/harranziraat.1708633>
 29. Çakmakci Ö, Şensoy S. Nano-silica modulates salt stress response in lettuce by enhancing growth, antioxidant activity, and mineral uptake. *Plant, Soil and Environment*, 2025;71(8). 10.17221/233/2025-pse
 30. Demeke ED, Benti NE, Terefe MG, et al. A comprehensive review on nano-fertilizers: preparation, development, utilization, and prospects for sustainable agriculture in Ethiopia. *Nanoscale Advances*, 2025;7(8), 2131-2144. 10.1039/D4NA01068J
 31. Sidik DAB, Hairom NHH, Daniel MZ, et al. Stability Evaluation of Zinc Oxide Nanofluids Using *Mangifera Odorata* Extracted Peels and Leaves. *Journal of Science and Technology*, 2025;17(1), 121-129.

32. Umasankareswari T, Dharshana V, Saravanadevi K, et al. Soil moisture nanosensors. In *Nano-sensors for Smart Agriculture* (pp. 185-216). Elsevier. 2022. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-824554-5.00019-7>
33. Ali N, Itsaranuwat P. *Survival enhancement of probiotic bacteria by encapsulation with chitosan succinate nano-particles and evaluation of survival in simulated gastrointestinal conditions* (Doctoral dissertation, Mahasarakham University). 2023.
34. Batley GE, Kirby JK, McLaughlin MJ. Fate and risks of nanomaterials in aquatic and terrestrial environments. *Accounts of chemical research*, 46(3), 854-862. <https://doi.org/10.1021/ar2003368>

BÖLÜM 11

KULUÇKA VE KANATLI YETİŞTİRİCİLİĞİNDE İNKÜBATÖR TEKNOLOJİLERİ

Mustafa Furkan BEZGİN¹

Serkan YAZAREL²

Sedat KARAMAN³

Kuluçkacılık; M.Ö 3000 yıllarında mısır uygarlığında başlayıp günümüze kadar gelmiş, ana amacı döllenmiş kanatlı yumurtalarının ihtiyaç duydukları ısı ve nem dengesini doğal veya yapay yollarla sağlayarak embriyo gelişiminin tamamlanması ve civcivlerin yumurtadan çıkışını gerçekleştirmek amacıyla yapılan işlemlerdir.

GİRİŞ

Günümüzde kuluçka doğal veya yapay yollarla yapılabilir. Doğal kuluçkada yumurtaların çıkış için ihtiyaç duyduğu sıcaklık ve nemin sağlanabilmesi doğrudan dış kanatlıların performansına bağlı olup kanatlı doğal davranışları ile bu işlemi gerçekleştirmektedir. Dış ortam koşullarına (sıcaklık, nem, yırtıcılar, hastalıklar vb.) ve anne davranışlarına bağlı olan doğal kuluçkanın kapasitesi oldukça düşüktür. Ayrıca yukarıda belirtilen riskleri barındırmakta olup verimliliği düşüktür (1).

Doğal kuluçkanın barındırdığı riskler ve özellikle büyük ticari işletmelerde (broiler yetiştiriciliği, yumurta üretimi) hayvanların aynı günlük yaşta olması gerektiği için aynı anda yüksek verimliliğe ve çıkım oranına sahip ısı ve nemi istenilen seviyelerde tutabilen, yumurtaların bu çevre koşullarından eşit şekilde faydalanabilmesi için çevirme, döndürme gibi sistemleri de barındıran yapay kuluçka sistemlerine ihtiyaç duyulmuştur.

¹ Zir. Müh., Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı, mstfrknb@gmail.com, ORCID ID: 0009-0003-5823-5398

² Dr. Öğr. Üyesi, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar Bölümü, serkan.yazarel@gop.edu.tr, ORCID iD: 0000-0003-1432-8042

³ Prof. Dr., Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar Bölümü, sedat.karaman@gop.edu.tr, ORCID iD: 0000-0003-3986-5944

rasyonlarının düzenlenmesi vb.), uygunsuz barınma koşulları, hastalıklar ve yanlış ebeveyn oranları gibi yetiştirici kaynaklı sorunlar, dölleme oranını ve civciv canlılığını düşürürken; sıcaklık, nem ve havalandırma dengesizlikleri ise erken embriyo ölümleri, sakat civcivler, embriyonun kabuğa yapışması ve hastalıklar kuluçka makinesi kaynaklı problemlere yol açmaktadır. Bu problemlerin önlenmesi için sürü sağlıklı ve beslenmesi düzenli olmalı ve sürekli kontrol edilmelidir. Yumurtalar uygun ortamlarda saklanmalı ve kuluçka makinesinde nem, havalandırma ve sıcaklık ayarları dikkatle ayarlanmalı ve düzenli olarak takip edilmelidir. Sonuç olarak yüksek kuluçka randımanı ve kaliteli civciv çıkışı elde edilmesi için bütün bu süreçlerin hassasiyetle yönetilmesi, kuluçka öncesi veya sonrası hijyenin sağlanması ve problemlerin hızlı bir şekilde giderilmesi gerekli önlemlerin alınmasıyla mümkündür.

KAYNAKLAR

1. MEB. *Hayvan Yetiştiriciliği*. Ankara: MEB; 2014
2. Leão, A. P. A., de Souza, A. V., Barbosa, D. R., Gomes da Silva, C. F., Alvarenga, R. R., Sousa de Araújo, I. C., Zangeronimo, M. G. (2024). Thermal manipulation during the embryonic stage and the post-hatch characteristics of broiler chickens. *Animals*, 14(23), 3436. <https://doi.org/10.3390/ani14233436>
3. Mesquita, M. A., Araújo, I. C. S., Café, M. B., Arnhold, E., Mascarenhas, A. G., Carvalho, F. B., Stringhini, J. H., Leandro, N. S. M., & Gonzales, E. (2021). Results of hatching and rearing broiler chickens in different incubation systems. *Poultry Science*, 100(1), 94–102. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.09.028>
4. Kafalar MF. *Kuluçka Makinaları ve Kuluçkacılık*. Ankara: Tarım ve Orman Bakanlığı Ziraat İşleri Genel Müdürlüğü Mesleki Kitaplar Serisi; 1983
5. Asker GN. *Kuluçkalık Yumurtalarda Embriyonel Dönemde Düşük ve Yüksek Sıcaklık Uygulamalarının Kuluçka Sonuçları ve Civciv Cinsiyet Oranlarına Etkileri*. Yüksek Lisans Tezi: Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2022
6. Aydın, A. *Kanatlı Hayvan Yetiştiriciliği*. Basılmamış Ders Notları, (12/11/2025 tarihinde https://www.dicle.edu.tr/Contents/pages/Files/36a31efa-fea2-446e-937b-5c7e1d5b2db9/899353fa-797d47109e8abe704b013e7c_ORG230%20Kanatli%C4%B1%20Hayvan%20Yeti%C5%9Ftiricili%C4%B1%20Teorik%20Dersi.pdf adresinden ulaşılmıştır).
7. Boga, YE., Çimen, Ö., Kepezkaya, A. Kanatlılarda Kuluçka Randımanını Etkileyen Faktörler ve Yeni Uygulanan Metotlar. *MAS Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 9(3): 578-589. <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.13294051>
8. Ünbaş, E. *Tavuk ve Bildircimlerde Kuluçka Koşullarının ve Genetik Faktörlerin Kuluçka Özellikleri ve Cinsiyet Oranına Etkileri*. Doktora Tezi. Çanakkale Onsekizmart Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, 2025
9. MEB. *Hayvan Yetiştiriciliği ve Sağlığı*. Ankara: MEB; 2016
10. Ayyıldız Kuluçka Makineleri. *Kuluçka Sorunları Çıkım Hataları ve Bu Hatalar Nereden Kaynaklanır*. 2024. (12/11/2025 tarihinde https://www.ayyildizkulucka.com/kulucka-sorunlari-cikim-hatalari?srsltid=AfmBOornFDfX94lmKmyXiiQW3zGY4wKeYtA1NxFpq-bNj-zXafTN-m_z adresinden ulaşılmıştır).
11. Onbaşlar, EE. Aksoy FT. Kuluçkada Sorun Belirleme Yöntemleri ve Taze Yumurta Kırma Denemesi. *Tavukçuluk Araştırma Dergisi*, 2011: 3(1),17-19
12. Ünbaş E. Konyalı C. Savaş T. Kanatlı Hayvanlarda Embriyo Kayıpları. *Hayvansal Üretim Dergisi*, 2023: 64(1): 66-75. <https://doi.org/10.29185/ha.yuretim.1007906>
13. Elibol O. Kuluçkahanelerde Mevsimsel Değişimlerden Kaynaklanabilecek Sorunlar. *Tavukçuluk Araştırma Dergisi*, 2011: 2(1), 55-57