

KBRN TEHDİTLERİNE BİLİMSEL YAKLAŞIM

Editörler

Doç. Dr. Sedat PER

Doç. Dr. Fatma KILIÇ DOKAN

Dr. Öğr. Üyesi Emrah GÖKKAYA



© 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	Yayın Koordinatörü
978-625-375-835-6	Yasin DİLMEN
Kitabın Adı	Sayfa ve Kapak Tasarımı
KBRN Tehditlerine Bilimsel Yaklaşım	Akademisyen Dizgi Ünitesi
Editörler	Yayıncı Sertifika No
Sedat PER	47518
ORCID iD: 0000-0002-6131-3321	Baskı ve Cilt
Fatma KILIÇ DOKAN	Vadi Matbaacılık
ORCID iD: 0000-0002-5355-2904	Bisac Code
Emrah GÖKKAYA	MED080000
ORCID iD: 0000-0002-1373-3188	DOI
	10.37609/akya.3964

Kütüphane Kimlik Kartı

KBRN Tehditlerine Bilimsel Yaklaşım / ed. Sedat Per, Fatma Kılıç Dokan, Emrah Gökkaya.
Ankara : Akademisyen Yayınevi Kitabevi, 2025.
220 s. : tablo, şekil. ; 160x235 mm.
Kaynakça var.
ISBN 9786253758356

GENEL DAĞITIM
Akademisyen Kitabevi A.Ş.

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

www.akademisyen.com

ÖNSÖZ

Kimyasal, Biyolojik, Radyolojik ve Nükleer (KBRN) tehditler, canlı yaşamı ve çevre için yüksek derecede tehlike oluşturan; savaş, terör, sanayi kazaları veya doğa kaynaklı afetlerle tetiklenebilen olaylar olarak tanımlanmaktadır. KBRN tehditleri, sadece doğrudan etkilenen bireylerin sağlığını değil, aynı zamanda çevresel, ekonomik ve toplumsal yapıyı da tehdit eden, çok boyutlu ve karmaşık riskler barındırmaktadır. Dünyada teknolojik gelişmelerin ve küresel etkileşimlerin artması, bu tür tehditlerin olasılığını ve potansiyel etkilerini artırmış, KBRN konularında bilgi ve hazırlık gereksinimini kritik bir noktaya taşımıştır.

Bu eser, KBRN tehditlerini kapsamlı, disiplinler arası ve bilimsel bir bakış açısıyla ele alarak; bu tür tehditlerin ve benzeri afetlerin yönetiminde bilgi birikimini geliştirmeyi, erken uyarı ve müdahale süreçlerinin etkinliğini artırmayı ve sahada görev yapan uzmanlar ile karar vericiler için güvenilir bir başvuru kaynağı oluşturmayı hedeflemektedir. Bu doğrultuda eser, KBRN alanının yanı sıra fizik, kimya, biyoloji, tıp, hemşirelik, acil yardım ve afet yönetimi, sivil savunma, itfaiyecilik ile ilk ve acil yardım gibi disiplinlerde eğitim gören ön lisans, lisans ve lisansüstü öğrenciler için; ayrıca arama-kurtarma ekipleri, halk sağlığı profesyonelleri ve afet yönetimi uygulayıcıları için yol gösterici bir kaynak niteliği taşımaktadır.

KBRN tehditlerinin çok katmanlı ve disiplinler arası doğası, afet yönetimi literatüründe ciddi bir bilgi boşluğu oluşturmaktadır. Bu nedenle, kıymetli yazarlarımızın her biri, kendi uzmanlık alanlarını ve bilimsel birikimlerini harmanlayarak, konuya bütüncül bir yaklaşım sunmuş, uygulamalı ve teorik bilgi eksikleri azaltmayı amaçlamıştır. Kitabımızın, KBRN alanına hem akademik hem de saha uygulamaları açısından önemli bir katkı sağlayacağına inanıyoruz.

Bu eserin ortaya çıkmasında emeği geçen tüm yazarlarımıza, gösterdikleri titizlik, özveri ve bilimsel katkılar için gönülden teşekkür ediyoruz. Hepimizin ortak amacı, KBRN ve afet yönetimi alanında çalışan ya da bu alana ilgi duyan okuyuculara faydalı, yol gösterici bir kaynak sunabilmektir. Bu doğrultuda hazırlanan çalışmanın, siz değerli okuyucularımıza katkı sağlamasını ve yeni fikirlerin doğmasına ilham vermesini diliyoruz. Saygılarımızla,

Doç. Dr. Sedat PER

Doç. Dr. Fatma KILIÇ DOKAN

Dr. Öğr. Üyesi Emrah GÖKKAYA

İÇİNDEKİLER

BÖLÜM 1	KBRN Terminolojisi	1
	<i>Emrah GÖKKAYA</i>	
BÖLÜM 2	Kimyasal Savaş Ajanları: Çevre ve İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri	19
	<i>Handan ÖZLÜ TORUN</i>	
BÖLÜM 3	Kimyasal Tehditlerin Tespiti, Korunma ve Dekontaminasyon Yöntemleri	29
	<i>Emine KILIÇKAYA SELVİ</i>	
BÖLÜM 4	Kimyasal Tehditlere Karşı Erken Uyarı Sistemleri.....	43
	<i>Elif KORKUSUZ</i>	
BÖLÜM 5	Biyolojik Savaş Ajanları ve Biyoterörizm.....	59
	<i>Hatice BEKÇİ</i>	
BÖLÜM 6	Biyolojik Tehditlerin Yayılım Dinamikleri ve Epidemiyolojisi.....	73
	<i>Abdulkadir TAŞDEMİR</i>	
BÖLÜM 7	Biyolojik Tehditlerin Tespiti, Korunma ve Müdahale Yöntemleri	91
	<i>Reyhan ZOROĞLU</i>	
BÖLÜM 8	Radyolojik Maddeler: İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri.....	111
	<i>Fatma KILIÇ DOKAN</i>	
BÖLÜM 9	Radyolojik Kirliliğin Çevresel ve Ekolojik Sonuçları.....	123
	<i>Sedat PER</i>	
BÖLÜM 10	Radyolojik Tehditlere Karşı Korunma Teknikleri.....	139
	<i>Ümit BAYRAM</i>	

BÖLÜM 11	Nükleer Kazalar ve Anlık Etkileri	157
	<i>Ercan KARAKÖSE</i>	
BÖLÜM 12	Nükleer Kazalar Sonrası Uzun Vadeli Etkiler ve Rehabilitasyon	183
	<i>Gökhan KOÇAK</i>	
BÖLÜM 13	Nükleer Tehditlere Karşı Erken Uyarı ve Korunma Sistemleri.....	193
	<i>Murat ŞİRİN</i>	

YAZARLAR

Öğr. Gör. Dr. Ümit BAYRAM

Abdullah Gül Üniversitesi, Merkezi
Araştırma Laboratuvarı (AGU-CRF)

Dr. Öğr. Üyesi Hatice BEKİ

Kayseri Üniversitesi, Develi Hüseyin
Şahin MYO, Bitkisel ve Hayvansal Üretim
Bölümü

Doç. Dr. Fatma KILIÇ DOKAN

Kayseri Üniversitesi, Mustafa
Çıkrıkçıoğlu MYO, Kimya ve Kimyasal
İşleme Teknolojileri Bölümü

Dr. Öğr. Üyesi Emrah GÖKKAYA

Kayseri Üniversitesi, Bünyan MYO,
Mülkiyet Koruma ve Güvenlik Bölümü

Prof. Dr. Ercan KARAKÖSE

Kayseri Üniversitesi, Mühendislik,
Mimarlık ve Tasarım Fakültesi,
Mühendislik Temel Bilimleri Bölümü

Prof. Dr. Elif KORKUSUZ

Kayseri Üniversitesi, Mustafa
Çıkrıkçıoğlu MYO, Kimya ve Kimyasal
İşleme Teknolojileri Bölümü

Prof. Dr. Gökhan KOÇAK

Erciyes Üniversitesi, Fen Fakültesi, Fizik
Bölümü

Doç. Dr. Sedat PER

Kayseri Üniversitesi, Mustafa
Çıkrıkçıoğlu MYO, Kimya ve Kimyasal
İşleme Teknolojileri Bölümü

Dr. Öğr. Üyesi Emine KILIÇKAYA SELVİ

Kayseri Üniversitesi, Mustafa
Çıkrıkçıoğlu MYO, Kimya ve Kimyasal
İşleme Teknolojileri Bölümü

Doç. Dr. Murat ŞİRİN

Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi,
Teknik Bilimler MYO, Çevre Koruma
Teknolojileri

Dr. Öğr. Üyesi Abdulkadir TAŞDEMİR

Erciyes Üniversitesi, Fen Fakültesi,
Biyoloji Bölümü

Doç. Dr. Handan ÖZLÜ TORUN

Kahramanmaraş İstiklal Üniversitesi,
Elbistan Mühendislik Fakültesi, Enerji
Sistemleri Mühendisliği

Dr. Reyhan ZOROĞLU

Erciyes Üniversitesi, Fen Fakültesi,
Biyoloji Bölümü

KBRN TERMİNOLOJİSİ

Emrah GÖKKAYA ¹

GİRİŞ

Kimyasal, Biyolojik, Radyolojik ve Nükleer (KBRN) tehditler, canlı yaşamı ve çevre için yüksek derecede tehlike oluşturan; savaş, terör, sanayi kazaları veya doğa kaynaklı afetlerle tetiklenebilen olaylardır (AFAD, 2025a). Bu tür olaylar, sadece fiziksel zararlarla sınırlı kalmayıp; sağlık sistemleri, sosyal bütünlük ve psikolojik direnç üzerinde kalıcı etkiler bırakmaktadır. KBRN tehditlerinin doğası gereği çok disiplinli bir yaklaşıma ihtiyaç duyulmakta, halk sağlığı, güvenlik ve çevresel yönetim alanlarının kesişiminde konumlanmaktadır. Dolayısıyla kavram, alt bileşenleri olan kimyasal, biyolojik, radyolojik ve nükleer unsurların her biri için ayrı müdahale protokolleri ve terminolojiler gerektirmektedir (Işık ve ark., 2024; Taşkın, 2025).

Yaşanan bazı KBRN olayları, KBRN tehditlerinin potansiyel etkilerini açıkça göstermektedir. 1995 yılında Tokyo metrosunda bir terör örgütünün gerçekleştirdiği sarin gazı saldırısında 12 kişi hayatını kaybetmiş, 5.000'den fazla kişi kimyasal gazdan yoğun şekilde etkilenmiştir (Cronin, 2004). 11 Eylül saldırıları sonrası terör örgütleri tarafından Amerika Birleşik Devletleri (ABD)'ye yönelik şarbon (*Bacillus anthracis*) mikrobunun mektup zarflarında toz halinde çeşitli adreslere gönderilmesi şeklinde biyoterör saldırıları düzenlenmiştir. Bu saldırılarda 5 kişinin öldüğü, 17 kişinin şarbon mikrobundan yoğun olarak etkilendiği belirtilmiştir (Kiremitçi, 2014). 2006 yılında eski bir Rus istihbaratçısı Londra'da Polonyum-210 içerikli madde ile zehirlenmiştir ve suikasta uğradığı bildirilmiştir-

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Kayseri Üniversitesi, Bünyan MYO, Sivil Savunma ve İtfaiyecilik, egokkaya@kayseri.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-1373-3188

te; büyük füzelerden bireysel olarak taşınabilecek kadar küçük formatlara kadar farklı şekillerde üretilmektedir (Alexander, 2016). Nükleer silahların kullanımı, büyük çaplı felaketlere yol açabilecek nitelikte olup, II. Dünya Savaşı'nda ABD tarafından Hiroşima ve Nagazaki'ye atılan atom bombaları, kısa sürede yaklaşık 110 bin kişinin ölümüne ve yıllar süren sağlık sorunlarına yol açmıştır (Barnaby, 1977; Kurnaz, 2022; AFAD, 2025f). Öte yandan, nükleer reaktörler kontrollü fisyon tepkimeleri yoluyla elektrik üretmek üzere tasarlanmış sistemlerdir; bu süreçte uranyum çekirdeklerinin parçalanmasıyla oluşan nötronlar zincirleme reaksiyon başlatarak sürekli enerji üretimini mümkün kılar (Türkiye Bilimler Akademisi, 2019). Ancak bu sistemlerde meydana gelebilecek kontrol dışı radyasyon salınımları, sadece kazanın yaşandığı alanı değil; çevre, insan sağlığı, tarım ve hayvancılığı da tehdit eden geniş kapsamlı etkiler oluşturabilmektedir. Bu durumun en çarpıcı örneği, 1986 yılında Çernobil'de yaşanan nükleer kazadır; bu kaza sadece yakın coğrafyayı değil, uzak bölgeleri de etkilemiş ve INES skalasına göre seviye 7 olarak sınıflandırılmıştır (Saraçoğlu, 2006; Dönmez, 2019; AFAD, 2025g).

Bu kitap bölümünde geliştirilen kavramsal ve terminolojik çerçevenin, kitabın diğer bölümleri ve diğer araştırmacılar için temel bir referans noktası oluşturması amaçlanmaktadır. KBRN tehditlerinin tanımı ve sınıflandırılması üzerine sunulan disiplinlerarası değerlendirmeler; olaylara müdahalede kavram birliği sağlanmasına, politika yapıcılara standart terminoloji önerilmesine ve akademik literatürdeki kavram karmaşasının önüne geçilmesine katkı sunmaktadır. Bu bağlamda, bu bölüm hem kavramsal bütünlük sağlamayı hem de pratik uygulamalar için temel bir referans kaynağı sunmayı hedeflemektedir.

KAYNAKLAR

- Acton, J.M., Rogers, B.M. ve Zimmerman, P.D. (2007). Beyond the Dirty Bomb: Re-thinking Radiological Terror. *Survival*, 49(3): 151-168.
- Acton, J.M., Rogers, M.B. ve Zimmerman, P.D. (2023). Beyond the dirty bomb: re-thinking radiological terror. In *Survival* 49.3 (pp. 151-168). Routledge.
- AFAD. (2025a). Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı. Açıklamalı Afet Yönetimi Terimleri Sözlüğü. 15 Mayıs 2025 tarihinde <https://www.afad.gov.tr/aciklamali-afet-yonetimi-terimleri-sozlugu> adresinden erişildi.
- AFAD (2025b). Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı. Biyolojik saldırılarda kullanılma potansiyeline sahip bakteriler ve neden oldukları hastalıklar. 20 Haziran 2025 tarihinde <https://www.afad.gov.tr/kbrn/biyolojik-ajanlarin-siniflandirilmasi> adresinden erişildi.
- AFAD. (2025c). Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı. Biyolojik saldırılarda kullanılma potansiyeline sahip virüslerin yol açtığı hastalıklar. 20 Haziran 2025 tarihinde <https://www.afad.gov.tr/kbrn/biyolojik-ajanlarin-siniflandirilmasi> adresinden erişildi.

- AFAD. (2025d). Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı. Biyolojik saldırılarda kullanılma potansiyeline sahip toksinler. 20 Haziran 2025 tarihinde <https://www.afad.gov.tr/kbrn/biyolojik-ajanlarin-siniflandirilmesi> adresinden erişildi.
- AFAD. (2025e). Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı. KBRN Sözlüğü. 25 Mayıs 2025 tarihinde <https://www.afad.gov.tr/kbrn-sozlugu> adresinden erişildi.
- AFAD. (2025f). Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı. Nükleer Savaş. 15 Haziran 2025 tarihinde <https://www.afad.gov.tr/kbrn/nukleer-savas> adresinden erişildi.
- AFAD. (2025g). Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı. Çernobil Nükleer Santral Kazası. 5 Mayıs 2025 tarihinde <https://www.afad.gov.tr/kbrn/chernobil-nukleer-santral-kazasi> adresinden erişildi.
- Ağar, A. (2021). Çalışma hayatında biyolojik risk faktörleri ve Covid-19. *Halk Sağlığı Hemşireliği Dergisi*, 3(2), 133-140.
- Alexander, G.A. (2016). Dirty Bomb (Radiological Dispersal Device). In G.R. Ciotto, with associate editors (Binder, P., Darling, R., Fares, S., Keim, M., Molloy, M., Suter, S.,) (Ed.), *Ciotto's Disaster Medicine* (2016 (2nd ed., Ch. 77, pp. 468-470). Philadelphia: Elsevier.
- Allison, G. (2006). *Nükleer Terörizm Önlenebilir Nihai Felaket*. (G. Ayas, Çev.) İstanbul: Salyangoz Yayınları.
- Altmann, H.J., Oelze, S. ve Niemeyer, B. (2013). Chemical agents–Small molecules with deadly properties. *CBRN Protection: Managing the Threat of Chemical, Biological, Radioactive and Nuclear Weapons*, 67-101.
- Barnaby, F. (1977). The continuing body count at Hiroshima and Nagasaki. *Bulletin of the Atomic Scientists*, 33(10), 48-53.
- Bennett, J.E., Blaser, M.J. ve Dolin, R. (2014). *Mandell, Douglas, and Bennett's Principles and Practice of Infectious Diseases*. Volume 2. Churchill Livingstone.
- Blair, J.D. (2014). Why the dirty bomb is still ticking. *Journal of Healthcare Protection Management: Publication of the International Association for Hospital Security*, 30(1), 109-115.
- Cebeci, H.İ. ve Odabaş, D. (2019). Kimyasal, biyolojik, radyolojik ve nükleer afetleri yönetmek için bir karar destek sistemi modeli önerisi. *Sakarya Üniversitesi İşletme Enstitüsü Dergisi*, 1(1), 41-50.
- Cihangir, I. ve Öztuna, Ş. (2024). *Adli Toksikoloji Klinik, Nöropsikiyatrik ve Postmortem Değerlendirme*. Akademisyen Kitabevi.
- Connell, L.W. (2017). *Dirty bomb risk and impact* (No. SAND2017-9121R). Sandia National Lab. (SNL-NM), Albuquerque, NM (United States).
- Cronin, A.K. (2004). Terrorist motivations for chemical and biological weapons use: Placing the threat in context. *Defense ve Security Analysis*, 20(4), 313-320.
- CWC (1997). *The Convention on the Prohibition of the Development, Production, Stockpiling and Use of Chemical Weapons and on their Destruction*. Organisation for the Prohibition of Chemical Weapons. 20 Mayıs 2025 tarihinde <https://www.opcw.org/chemical-weapons-convention> adresinden erişildi.
- de Guttry, A., Frulli, M., Casolari, F. ve Poli, L. (2022). *International Law and Chemical, Biological, Radio-Nuclear (CBRN) Events: Towards an All-Hazards Approach* (p. 692). Brill.
- Demiralp, N. (2023). Türkiye'de hemşirelerin kimyasal, biyolojik, radyasyon ve nükleer (kbrn) olaylara yönelik bilgi, tutum ve farkındalıkları: sistematik derleme. *Hastane Öncesi Dergisi*, 8(1), 137-158.
- Dökmeci, A.H. ve Akduman, Ö. (2022). Doğal olayların tetiklediği KBRN-p tehlikesi ve riski: Türkiye örneği. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 8(1), 165-177.
- Dönmez, M.A. (2019). *Acil Tıp Çalışanlarının (KBRN) Kimyasal, Biyolojik, Radyolojik, Nükleer Kazalara Karşı İlgi, Bilgi ve Tutum Durumu Araştırması*. Doktora tezi, Bezmialem Vakıf Üniversitesi, Afet Tıbbi Anabilim Dalı.

- Ekşi, A. (2016). Kbrn Terörizminde Risk Değerlendirmesi ve Yönetimi. *Journal of International Social Research*, 9(42).
- Ersoy, U. (2015). Kimyasal Savaş Ajanı ve Kimyasal Savaş Ajanı içerikli Olayların Yönetiminde AFAD'ın Rolü. *Tehlikeli Kimyasalların Yönetimi Sempozyumu*, 21-22.
- Feltes, J. (2021). CBRN Threats, Counter-Terrorism, and Collective Moral Responsibility.
- Fish, J.T., Stout, R.N. ve Wallace, E. (2010). *Practical crime scene investigations for hot zones*. CRC Press.
- Gençay, A. (2018). Siber Olaylara Müdahale Konusunda Amerika Birleşik Devletleri, Fransa ve Türkiye'nin İdari Yapılarının İncelenmesi-Nükleer Santral Örneği (Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi). Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü.
- Gören, İ.E., Dağlıoğlu, N., Efeoglu, P. ve Gülmen, M. K. (2014). Kimyasal savaş ajanları ve metabolitlerinin biyolojik örneklerde adli toksikolojik analizi. *Adli Tıp Dergisi*, 28(2), 154-163.
- Harris, E.D. (2016). Dual-Use Threats: The Case of Biological Technology. *Governance of Dual-Use Technologies: Theory and Practice*, 60-111.
- Işık, N.İ., Çamcı, M. ve Gökhan, Ş. (2024). KBRN Tehditlerinde Acil Müdahale ve Dekontaminasyon. *Türkiye Klinikleri CBRN-Special Topics*, 2(1), 50-56.
- Kaszeta, D.J. (2012). *CBRN and hazmat incidents at major public events: planning and response*. John Wiley ve Sons.
- Kiremitçi, İ. (2014). Küresel boyutta biyolojik terör tehdidi. *Savunma Bilimleri Dergisi*, 13(2), 27-58.
- Kurnaz, E. (2022). Kimyasal ve Radyolojik Olaylara Yönelik Olarak Büyükşehir Raylı Sistemlerinde Acil Durum Yönetiminin Modellenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Tıbbi KBRN Anabilim Dalı.
- Kurt, H. ve Ekici, G. (2013). Virüs Nedir? Biyoloji Öğretmen Adaylarının Virüs Konusundaki Bilişsel Yapıları. *International Online Journal of Educational Sciences*, 5(3).
- Luster, M.I. ve Rosenthal, G.J. (1993). Chemical agents and the immune response. *Environmental health perspectives*, 100, 219-226.
- Manley, M., Kim, Y.S., Christensen, K. ve Chen, A. (2015). Airport emergency evacuation planning: An agent-based simulation study of dirty bomb scenarios. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, 46(10), 1390-1403.
- Narayanan, N., Lacy, C.R., Cruz, J.E., Nahass, M., Karp, J., Barone, J.A. ve Hermes-DeSantis, E.R. (2018). Disaster preparedness: biological threats and treatment options. *Pharmacotherapy: The journal of human pharmacology and drug therapy*, 38(2), 217-234.
- Nükleer Düzenleme Kurumu, (2024a). Radyoaktif kaynakların sınıflandırmasına ilişkin kılavuz. 25 Haziran 2025 tarihinde <https://www.ndk.org.tr/kilavuzlar> adresinden erişildi.
- Nükleer Düzenleme Kurumu, (2024b). Radyasyon olay veya kazalarının sınıflandırılmasına ilişkin kılavuz. 25 Haziran 2025 tarihinde <https://www.ndk.org.tr/kilavuzlar> adresinden erişildi.
- OPCW (2020). *The Convention on the Prohibition of the Development, Production, Stockpiling and Use of Chemical Weapons and on their Destruction*. Organisation for the Prohibition of Chemical Weapons. 20 Mayıs 2025 tarihinde <https://www.opcw.org/chemical-weapons-convention> adresinden erişildi.
- Oztas Gulmus, E. ve Gormez, A. (2020). Identification and characterization of novel thermophilic bacteria from hot springs, Erzurum, Turkey. *Current Microbiology*, 77(6), 979-987.
- Richardt, A., Hülseweh, B., Niemeyer, B. ve Sabath, F. (Eds.). (2012). *CBRN protection: managing the threat of chemical, biological, radioactive and nuclear weapons*. John Wiley ve Sons.
- Runfola, J.K., House, J., Miller, L., Colton, L., Hite, D., Hawley, A.... ve Douglas Jr, J. M. (2015). Outbreak of human pneumonic plague with dog-to-human and possible human-to-human transmission—Colorado, June–July 2014. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, 64(16), 429.

- Saraçoğlu, G.V. (2006). Son 20 Yılda Çernobil Kazası Sonrası Dünya'da Yaşananlar. *Çernobil Nükleer Kazası Sonrası Türkiye'de Kanser* (s. 11-43). içinde Ankara: Türk Tabipler Birliği Yayınları.
- Steumpf, A.K., Armour S.J., Howells D.J., Boulet, C.A. (1996). Memorandum of Understanding Cooperative Program on Chemical and Biological Defense. Final Report Of International Task Force-25 Hazard From Toxic Industrial Chemicals,. 18 March 1996.
- Taşkın, M. (2025). KBRN Olaylarına Müdahale ve Yönetim Protokolleri. *Türkiye Klinikleri CBRN-Special Topics*, 3(1), 44-48.
- Türkiye Bilimler Akademisi. (2019). *TÜBA - Nükleer Enerji Raporu*.
- Ulucay, O., Gormez, A. ve Ozic, C. (2022). For biotechnological applications: Purification and characterization of recombinant and nanoconjugated xylanase enzyme from thermophilic *Bacillus subtilis*. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 44, 102478.
- Weapons Law Encyclopedia. (2020). 21 Mayıs 2025 tarihinde Riot Control Agents: <https://lawlibrary.blogs.pace.edu/2015/03/13/weapons-law-encyclopedia-online/> adresinden erişildi.
- Xue, Y., Yu, H. ve Qin, G. (2021). Towards good governance on dual-use biotechnology for global sustainable development. *Sustainability*, 13(24), 14056.
- Yüksel, O. ve Erdem, R. (2016). Biyoterörizm ve sağlık. *Hacettepe Sağlık İdaresi Dergisi*, 19(2).

KİMYASAL SAVAŞ AJANLARI: ÇEVRE VE İNSAN SAĞLIĞI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Handan ÖZLÜ TORUN¹

GİRİŞ

Tarih boyunca savaşların karakteri, teknolojik gelişmelerle birlikte dönüşüm geçirmiştir. Bu dönüşümün en yıkıcı çıktılarında biri de kimyasal savaş ajanları (KSA)'nın geliştirilmesidir. Kimyasal ajanlar, yalnızca askeri çatışmalarda değil; aynı zamanda terör saldırılarında, endüstriyel kazalarda ve kaza sonucu maruziyetlerde de ciddi sağlık ve çevre sorunlarına neden olabilmektedir. Savaşların niteliği, tarihsel süreçte teknolojik ve bilimsel gelişmelere paralel olarak değişime uğramıştır. Bu bağlamda, KSA modern çağın en yıkıcı silah türlerinden biri olarak öne çıkmaktadır. İnsanları öldürmek, yaralamak ya da geçici olarak etkisiz hale getirmek amacıyla geliştirilen bu toksik maddeler, yalnızca savaş meydanlarında değil, sivil yaşamda da ciddi ve kalıcı etkiler yaratmaktadır. İlk sistematik kullanımı I. Dünya Savaşı'na uzanan kimyasal silahlar, o dönemden itibaren çeşitli coğrafyalarda askeri ve terör amaçlı saldırılarda tekrar tekrar kullanılmış; toplu ölümlere, kalıcı sağlık sorunlarına ve çevresel felaketlere neden olmuştur (Schwenk, 2018).

Kimyasal ajanların etkileri yalnızca akut ölümlerle sınırlı kalmamış; ciddi nörolojik, solunumsal, dermatolojik ve psikolojik sorunlar da uzun vadede kalıcı olmuştur (Pacsial-Ong ve Aguilar, 2013). Özellikle sinir gazlarının merkezi sinir sistemini hedef alması, hardal gazının kansere neden olması ve boğucu gazların akut pulmoner ödem gibi etkileri, bu maddelerin ne denli tehlikeli olduğunu ortaya koymuştur (Özdemir ve ark., 2001). Bununla birlikte, savaş dışında da kim-

¹ Doç. Dr., Kahramanmaraş İstiklal Üniversitesi, Elbistan Mühendislik Fakültesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği, handan.ozlutorun@istiklal.edu.tr, ORCID iD: 0000-0002-9858-466X

için gerekli önlemlerin alınması hem sağlık sistemleri hem de çevresel sürdürülebilirlik açısından hayati önem taşımaktadır. Gelecekte, bu konuların daha fazla ele alınması ve derinlemesine araştırılması, insan sağlığı ve doğanın korunması açısından hayati bir gereklilik olarak öne çıkmaktadır. Kimyasal silahların tamamen ortadan kaldırılması ve tekrar kullanılmasının önlenmesi için uluslararası toplumun iş birliği büyük önem taşımaktadır. CWC gibi kapsamlı sözleşmeler ve etkin denetim mekanizmaları, bu hedefe ulaşmada anahtar rol oynamaktadır. Ancak, yeni teknolojik gelişmeler ve bölgesel çatışmalar nedeniyle sürekli tetikte olunması ve önleme stratejilerinin güncellenmesi gerekmektedir. Kimyasal savaş ajanları, sadece savaş alanlarında değil, çevresel sürdürülebilirlik ve halk sağlığı açısından da ciddi tehdit oluşturmaktadır. Bu ajanlarla mücadele yalnızca askeri değil, çevresel ve tıbbi bir meseledir.

Kimyasal savaş ajanlarının çevre ve insan sağlığı üzerindeki etkisine ilişkin önerileri şu şekilde sıralayabiliriz.

- Ulusal düzeyde acil müdahale planlarının oluşturulması,
- Sivil savunma eğitimlerinin artırılması,
- Çevresel izleme sistemlerinin kurulması,
- CWC'ye taraf olmayan ülkeler üzerinde diplomatik baskı kurulması.
- Gelecekte gelişen teknolojilerin kimyasal savaş ajanlarına yönelik araştırmalara nasıl katkıda bulunabileceği büyük bir merak konusu olarak öne çıkmaktadır. Yeni nesil analitik yöntemlerin ve teknolojik gelişmelerin bu alanda nasıl kullanılabileceği üzerinde düşünmek, gelecekte kimyasal ajanların etkilerini daha iyi anlama yolunda önemli bir adım olacaktır.

KAYNAKLAR

- Bordeleau, G., Martel, R., Ampleman, G. ve Thiboutot, S. (2008). Environmental impacts of training activities at an air weapons range. *Journal of environmental quality*, 37(2), 308-317.
- Brown, M.A. ve Brix, K.A. (1998). Review of health consequences from high, intermediate-and low-level exposure to organophosphorus nerve agents. *Journal of Applied Toxicology*, 18: 393-408.
- Capoun, T. ve Kryorkova, J. (2014). Comparison of selected methods for individual decontamination of chemical warfare agents. *Toxics*, 2(2), 307-326.
- Capoun, T. ve Kryorkova, J. (2019). Study of decomposition of chemical warfare agents using solid decontamination substances. *Toxics*, 7(4), 63.
- Chauhan, S., D'cruz, R., Faruqi, S., Singh, K. K., Varma, S., Singh, M. ve Karthik, V. (2008). Chemical warfare agents. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 26(2), 113-122.
- Clausen, J., Robb, J., Curry, D. ve Korte, N. (2004). A case study of contaminants on military ranges: Camp Edwards, Massachusetts, USA. *Environmental Pollution*, 129(1), 13-21.

- Costanzi, S. (2020). *Chemical Warfare Agents*. In Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, Washington.
- Eckert, W.G. (1991). Mass deaths by gas or chemical poisoning: a historical perspective. *The American Journal of Forensic Medicine and Pathology*, 12(2), 119-125.
- Emad, A. ve Rezaian, G. R. (1999). Characteristics of bronchoalveolar lavage fluid in patients with sulfur mustard gas-induced asthma or chronic bronchitis. *The American Journal of Medicine*, 106(6), 625-628.
- Ergün, F. ve Ergün, D. (2025). Savaş Kaynaklı Çevresel Tahribat: Farklı Silah Sistemlerinin Ekolojik Etkileri. *Ahi Evran Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 11(Özel Sayı), 150-162.
- Erkekoğlu, P. ve Koçer-Gümüşel, B. (2018). Kimyasal savaş ajanları: tarihçeleri, toksisiteleri, saptanmaları ve hazırlıklı olma. *Hacettepe University Journal of the Faculty of Pharmacy*, 38(1), 24-38.
- Gibson, N. ve Rovey, M. (2012). IHD Jane's EOD ve CBRNE defence equipment 2012–2013.
- Isono, O., Kituda, A., Fujii, M., Yoshinaka, T., Nakagawa, G. ve Suzuki, Y. (2018). Long-term neurological and neuropsychological complications of sulfur mustard and Lewisite mixture poisoning in Chinese victims exposed to chemical warfare agents abandoned at the end of WWII. *Toxicology letters*, 293, 9-15.
- Karakurt, S. ve Bilgiseven, İ.M. (2024). Kimyasal Savaş Ajanları: Özellikleri, Etkileri ve Dekontaminasyon Stratejileri. *Savunma Bilimleri Dergisi*, 20(2), 253-278.
- Kloske, M. ve Witkiewicz, Z. (2019). Novichoks–The A group of organophosphorus chemical warfare agents. *Chemosphere*, 221, 672-682
- Muzaffar, S., Khan, J., Srivastava, R., Gorbatyuk, M.S. ve Athar, M. (2023). Mechanistic understanding of the toxic effects of arsenic and warfare arsenicals on human health and environment. *Cell Biology and Toxicology*, 39(1), 85-110.
- Özdemir, Ç., Bozbıyık, A. ve Hancı, İ.H. (2001). Kimyasal silahlar: etkileri, korunma yolları. *Sürekli Tıp Eğitimi Dergisi* (STED), 10, 298-300.
- Pacsial-Ong, E.J. ve Aguilar, Z. P. (2013). Chemical warfare agent detection: a review of current trends and future perspective. *Frontiers Bioscience*, 5(2), 516-543.
- Schwenk, M. (2018). Chemical warfare agents. Classes and targets. *Toxicology letters*, 293, 253-263
- Shiver, H.E. (1929). Chemical warfare: I. History, limitations, and future possibilities. *Journal of Chemical Education*, 6(12), 2147.
- Singh, B., Prasad, G.K., Pandey, K.S., Danikhel, R.K. ve Vijayaraghavan, R. (2010). Decontamination of chemical warfare agents. *Defence Science Journal*, 60(4), 428-441
- Yağmuroğlu, O. (2020). Kimyasal Silahlara Yönelik Olarak Alınan Önlemlerin Kimyasal Silahlar Sözleşmesi Perspektifinde Değerlendirilmesi. *Afet ve Risk Dergisi*, 3(2), 125-142.

KİMYASAL TEHDİTLERİN TESPİTİ, KORUNMA VE DEKONTAMİNASYON YÖNTEMLERİ

Emine KILIÇKAYA SELVİ¹

GİRİŞ

Kimyasal, biyolojik, radyolojik ve nükleer (KBRN) tehditler, modern çağın en karmaşık ve yıkıcı güvenlik sorunları arasında yer almaktadır. Bu tehditler; sadece askeri alanlarda değil, aynı zamanda yaşamı doğrudan etkileyen çevresel, endüstriyel ve terör eylemleri bakımından da artan bir öneme sahiptir. Özellikle kimyasal ajanlar, kolay üretilibilmeleri, kısa sürede geniş alanlara yayılabilmeleri ve tespitlerinin zor olması gibi nedenlerle ulusal ve uluslararası güvenlik açısından öncelikli tehdit unsurları arasında yer almaktadır (Erkekoğlu ve Gümüşel, 2018). İnsan sağlığı üzerinde akut ya da kronik toksik etkilere yol açan sentetik ya da doğal kaynaklı olabilen maddeler kimyasal ajan olarak adlandırılmaktadır (Tamer İlbasmış, 2024). Solunum yolu, temas ya da sindirim ile vücuda giren bu maddeler hücresel düzeyde hasarlara neden olabilmektedir. En sık karşılaşılan kimyasal tehdit ürünleri sinir gazları, vezikan ajanlar, boğucu gazlar, kan ajanları ve tahriş edici kimyasallardır. Bu ajanların etkileri sadece insan sağlığını değil aynı zamanda; su kaynakları, tarım, gıda güvenliği, hayvancılık ve ekolojik sistem üzerinde de ciddi etkilere sebep olmaktadır (Erkekoğlu ve Gümüşel, 2018; Yakut, 2023).

Günümüzde kimyasal tehditlerle mücadele, sadece askeri alanla sınırlı olmayıp, sağlık altyapısı, halk eğitimi, kriz yönetimi, afet koordinasyonu ve uluslararası iş birliği gibi çok yönlü bir yaklaşımı zorunlu kılmaktadır (Yıldırım, 2024). Bu çerçevede, kimyasal tehditlerin tespiti, korunma ve dekontaminasyon yöntemleri; kimyasal tehditlerle mücadelede en kritik başlıklar arasında yer almak-

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Kayseri Üniversitesi, Mustafa Çıkrıkçıoğlu MYO, Kimya ve Kimyasal İşleme Teknolojileri Bölümü, emineselvi@kayseri.edu.tr, ORCID iD: 0000-0003-4809-4926

sel korunma yöntemleriyle ilişkilidir. Kamu kurumları, özel sektör ve sivil toplum kuruluşları arasında yürütülen işbirliği ve kaynak paylaşımı ise kurumsal düzeyde korunma yöntemleri başlığı altında incelenmektedir. Kimyasal olaylara müdahalede en kritik aşamalarından biri de dekontaminasyondur.

Sonuç olarak normal yaşamı sekteye uğratabilecek ve etkileri çok büyük olabilecek riskler barındıran afetler kimyasal tehditler olarak kabul edilmektedir. Bu nedenle kimyasal bir tehditle karşı karşıya kalınan bir durumda hazırlıksız yakalanmamak için:

1. **Ulusal düzeyde tek elden koordine edilen KBRN yönetim sistemi kurulması,**
2. **Kimyasal olay senaryoları yerel yönetimlerin afet planlarına entegre edilmesi,**
3. **Kamu kurumları ile özel sektör arasında bilgi paylaşım ağları kurulması,**
4. **Eğitim ve farkındalık kampanyaları artırılarak, toplumsal gönüllü ekip sayılarının artırılması önerilmektedir.**

Nihai hedef, en alttan en üstte kadar tüm seviyelerde doğru, hızlı ve sürdürülebilir bir kriz yönetim sistemi inşa etmektir.

***Teşekkür:** Kitabın bu bölümünün yazılmasında Yapay Zeka'dan yararlanılmıştır.*

KAYNAKLAR

- Altmann, H.-J., & Richardt, A. (2008). Decontamination of chemical warfare agents. In F. Frischknecht, A. Richardt, R. Dierstein, H. Russmann, A. Grabowski, B. Niederwöhrmeier, S. Wellert, & M.-M. Blum (Eds.), *Decontamination of warfare agents* (pp. 83–115). Weinheim: Wiley-Vch Verlag GmbH & Co. KGaA.
- Amitai, G., Murata, H., Andersen, J. D., Koepsel, R. R., & Russell, A. J. (2010). Decontamination of chemical and biological warfare agents with a single multi-functional material. *Biomaterials*, 31(17), 4417–4425. <https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2010.02.024>
- Aslan, S., & Kaplan, S. (2010). Filtrasyon tekstilleri: Kullanılan hammaddeler, üretim yöntemleri ve kullanım alanları. *Tekstil ve Mühendis*, 17(79), 24–37.
- Demiralp, N., Demiralp, K., Ütük, A., & Ütük, Ö. F. (2020). Kimyasal, biyolojik, radyasyon ve nükleer olaylarda psikososyal bakım. *Journal of Disaster and Risk*, 3(1), 80–88.
- Dinçer S., Akgün N., Akgün M., Akgerman A., (1998). An Overview of Supercritical Fluid Extraction. *Proc.World Conference and Exhibition on Oilseed and Edible Oils Processing: Emerging Technologies, Current Practices, Quality Control, Technology Transfer and Environmental Issues*, AOCS press, 235-242.
- Dökmeci, A. H., & Deniz, E. (2023). Kimyasal, biyolojik, radyolojik ve nükleer (KBRN) olaylarında sağlık okuryazarlığı. *Journal of Disaster and Risk*, 6(1), 273–293.
- Dönmez AM, 2019. Acil tıp çalışanlarının (KBRN) kimyasal, biyolojik, radyolojik, nükleer kazala-

- ra karşı ilgi, bilgi ve tutum durumu araştırması, BezmiAlem Vakıf Üniversitesi, Doktora Tezi. Erkekoğlu, P., & Koçer-Gümüşel, B. (2018). Kimyasal savaş ajanları: Tarihçeleri, toksisiteleri, sap-tanmaları ve hazırlıklı olma. Hacettepe University Journal of the Faculty of Pharmacy, 38(1), 23–38.
- Fatah, A., Barrett, J., Arcilesi, R., Ewing, K., Lattin, C., Helinski, M., & Baig, I. (2001). Guide for the selection of chemical and biological decontamination equipment for emergency first respon-ders. Washington, DC: National Institute of Justice, Office of Science and Technology.
- Fu, E., McCue, K., & Boesenberg, D. (2007). Chemical disinfection of hard surfaces – Household, industrial and institutional settings. In I. Johansson & P. Somasundaran (Eds.), Handbook for cleaning/decontamination of surfaces (Vol. 1, pp. 573–592). Oxford: Elsevier.
- Genç, E. E. (2025). 21. yüzyılda kimyasal biyolojik radyolojik nükleer (KBRN) olaylarına yaklaşım. Türkiye Acil Tıp Derneği. <https://tatd.org.tr/afet/afet-yazi-dizisi/21-yuzyilda-kimyasal-biyo-lojik-radyolojik-nukleer-kbrn-olaylarına-yaklasim/>
- Genç, R., & Pekey, H. (2014). Endüstriyel tesislerde ortaya çıkabilecek yangın risklerinin bir değ-erlendirmesi: Kocaeli örneği. Elektronik Mesleki Gelişim ve Araştırma Dergisi (EJOIR), 2(1), 55–67.
- Güler, G. (2020). Kimyasal harp maddesi tepit/teşhis sistemlerinin incelenmesi ve sistem seçimine yönelik yöntem geliştirilmesi. Milli Savunma Üniversitesi, Alparslan Savunma Bilimleri Ens-titüsü, Ankara.
- ISO45001, Düzenlenme tarihi (07.03.2025), İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sistemi, <https://www.tse.org.tr/ts-iso-45001-is-sagligi-ve-guvenligi-yonetim-sistemi/>
- Jack, C. (2000). Electrochemical sensors. Occupational Hazards, 62(9), 25–32.
- Jóźwik, K., Ceremuga, M., & Tchórzewski, A. (2018). Individual protection equipment. In CBRN. Security manager handbook. Łódź: Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego.
- Karaca, M. A. (2016). Dekontaminasyon. Ankara: Derman Tıbbi Yayıncılık.
- Kandal, S. C. (2016). Zehirli gaz saldırılarına karşı halkın bilinçlendirilmesi ve eğitimdeki yansı-ması: Gazdan korunma dersi (1931–1940). Turkish History Education Journal, 5(2), 549–573.
- Kayadibi, H., (2023). Analytical Techniques Used in Toxicological Analysis. Türk Klinik Biyokim-ya Dergisi, 21(1), 69–74.
- Khayan, K., Anwar, T., Wardoyo, S., & Lakshmi Puspita, W. (2019). Active carbon respiratory masks as the adsorbent of toxic gases in ambient air. Journal of Toxicology, 2019, Article ID 5283971. <https://doi.org/10.1155/2019/5283971>
- Kocabaş, H., (2020). Kimyasal, Biyolojik, Radyolojik ve Nükleer Savaş Ajanlarına Yönelik Dekon-taminasyon Yöntemleri ve Sistemleri. Milli Savunma Üniversitesi, Alparslan Savunma Bilim-leri Enstitüsü, Ankara.
- Küçük, F., (2024). Kbrn filtreleri için aktif karbon tabanlı polivinilklorür polimerlerin elektroegir-me yöntemi ile üretimi ve karakterizasyonu. Selçuk Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü.
- Larkin, P. (2011). Infrared and Raman spectroscopy: Principles and spectral interpretation. Else-vier.
- Mbughuni, M. M., Jannetto, P.J., Langman, L.J., (2016). Mass Spectrometry Applications for Toxi-cology. EJIFCC. 27(4):272-287.
- NRC (National Research Council, US) Commission on Engineering and Technical Systems. (1999). Decontamination. In M. Wartell, M. Kleinman, B. Huey, & L. Duffy (Eds.), Strategies to protect the health of deployed U.S. forces. Washington, DC: National Academies Press.
- Okan, O., Bauer, U., Levin-Zamir, D., Pinheiro, P., & Sørensen, K. (2019). International handbook of health literacy. Bristol: Policy Press.
- Pacsial Ong, E. J., & Aguilar, Z. P. (2013). Chemical warfare agent detection: A review of current trends and future perspective. Frontiers in Bioscience, 2, 516–543.
- Pottage, C., & Buckley, M. E. (2010). Sampling, detection and screening of chemicals related to

- the Chemical Weapons Convention. In Encyclopedia of Analytical Chemistry. <https://doi.org/10.1002/9780470027318.a9399>
- Prasad, G., Singh, B., & Vijayaraghavan, R. (2008). Respiratory protection against chemical and biological warfare agents. *Defence Science Journal*, 58(5), 678–683.
- Qi, L., Xiao, B., Kong, L., Xu, Y., Yang, J., & Zuo, G. (2023). Decontamination of mustard sulfur and VX by sodium percarbonate complexed with 1-acetylguanidine as a novel activator. *Water Science and Technology*, 87(1), 336–346. <https://doi.org/10.2166/wst.2022.502>
- Richardt, A., Hülseweh, B., Niemeyer, B., & Sabath, F. (2012). CBRN protection: Managing the threat of chemical, biological, radioactive and nuclear weapons. John Wiley & Sons.
- Sferopoulos, R. (2009). A review of chemical warfare agent (CWA) detector technologies and commercial-off-the-shelf items. Canberra: Australian Government Department of Defence.
- Shuvo, I. I., & Dolez, P. I. (2023). Design of a military protective suit against biological agents. In *Functional and technical textiles* (pp. 141–176). Elsevier.
- Sun, Y., & Kwok, O. (2019). Detection technologies for chemical warfare agents and toxic vapors. CRC Press.
- Talmage, S. S., Watson, A. P., Hauschild, V., Munro, N. B., & King, J. (2007). Chemical warfare agent degradation and decontamination. *Current Organic Chemistry*, 11(3), 285–298.
- Tamer İlbasmış S., & Erdogan Orhan İ., (2024). Kimyasal silahlara ve biyoteröre karşı tedavide kullanılan uygulamalar. *J. Fac. Pharm. Ankara*, 48(2), 672–695.
- Woo, Y.-A., Lim, H.-R., Kim, H.-J., & Chung, H. (2003). Determination of hydrogen peroxide concentration in antiseptic solutions using portable near-infrared system. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 33(5), 1049–1057.
- Yakut, Ş. (2023). KBRN Tehditlerinin Emniyet Mensupları Üzerine Yaratacağı Etki (OC Biber Gazı Örneği). İskenderun Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Hatay.
- Yıldırım, A. (2024). Afet yönetiminde kriz iletişimi: Afet ve Acil Durum Yönetim Başkanlığı (AFAD) tarafından 2023 Kahramanmaraş depremlerinde yayınlanan basın bültenlerinin analizi. *İstanbul Aydın Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 16(1).
- Yıldırım, M. F. (2024). KBRN alanında bireysel ve toplu korunma üzerine bir araştırma. *International CBRN Congress* (p. 168). https://cbrn2024.afad.gov.tr/upload/Node/36846/files/Kongre_Kitabi_Congress_Book.pdf
- Zainullin, R. F., & Berezkin, V. G. (1991). Flame photometric detectors in chromatography: A review. *Critical Reviews in Analytical Chemistry*, 22(3–4), 183–199.

KİMYASAL TEHDİTLERE KARŞI ERKEN UYARI SİSTEMLERİ

Elif KORKUSUZ¹

GİRİŞ

Kimyasal tehditler, modern toplumların güvenlik algılarını derinden etkileyen, çok boyutlu ve yüksek etkili riskler arasında yer almaktadır. Bu tehditler, yalnızca savaş alanlarında değil; barış zamanlarında da endüstriyel kazalar, terör saldırıları, kentsel yoğunlaşma, atık yönetim hataları ve iklim değişikliğine bağlı risklerle gündeme gelmektedir (Hıncal ve ark., 1991, Sidel ve ark., 1997, Boka ve ark., 1999; Kaypak ve Yılmaz, 2019). Kimyasal ajanlar, hava, su veya gıda yoluyla yayılabildiği gibi; solunum, deri teması veya sindirim sistemi üzerinden insan sağlığı üzerinde toksik etkiler gösterebilmektedir (Güler ve Can, 2017).

Kimyasal tehditler, yalnızca ani can kayıplarıyla değil, aynı zamanda uzun vadeli çevresel tahribat, ekonomik kayıplar ve toplumsal güvenlik zafiyetleriyle de toplumları etkileyen çok boyutlu riskleri içermektedir. Bu tehditlere karşı geliştirilen erken uyarı sistemleri hem halk sağlığının korunması hem de sürdürülebilir güvenlik politikalarının inşası açısından kritik öneme sahiptir. Özellikle sanayileşme, hızlı kentleşme ve iklim değişikliği süreçleri, kimyasal tehditlerin sıklığını ve etkilerini artırmakta; bu da erken uyarı sistemlerini sadece teknik bir önlem değil, aynı zamanda ulusal ve uluslararası güvenlik stratejilerinin vazgeçilmez bir parçası haline getirmektedir.

Kimyasal tehditlere karşı erken uyarı sistemlerinin önemi, yalnızca ani krizlerin önlenmesiyle sınırlı değildir. Bu sistemler aynı zamanda toplumsal dayanıklılığın güçlendirilmesi, çevresel sürdürülebilirliğin korunması ve ulusal güvenlik stratejilerinin sağlamaştırılması açısından da kritik bir işlev görmektedir. Erken

¹ Prof. Dr., Kayseri Üniversitesi, Mustafa Çıkrıkçıoğlu MYO, Laboratuvar Teknolojisi, elifkorkusuz@kayseri.edu.tr, ORCID iD: 0000-0001-6375-8140

Toplum boyutunda ise erken uyarı sistemlerinin başarısı, yalnızca teknolojik üstünlükle değil; aynı zamanda halkın güveni ve katılımı ile doğrudan ilişkilidir. Eğitim programları, tatbikatlar ve kriz iletişimi mekanizmaları, sistemlerin etkinliğini belirleyen en önemli unsurlardandır. Halkın bilinçli olması, yanlış alarmların etkilerini azaltır ve doğru zamanda doğru müdahale yapılmasını kolaylaştırır.

Sonuç olarak, kimyasal tehditlere karşı geliştirilen erken uyarı sistemleri çok disiplinli, bütüncül ve adaptif bir güvenlik ekosistemi olarak düşünülmelidir. Geleceğin sistemleri yalnızca tehlikeyi tespit eden yapılar olmayacak; aynı zamanda öğrenen, uyarlanan ve toplumla bütünleşen dinamik platformlar haline gelecektir. Bu süreçte teknoloji, politika ve toplum arasındaki köprülerin güçlendirilmesi; ulusal ve uluslararası düzeyde bilgi paylaşımı ve iş birliği mekanizmalarının artırılması; akademi, kamu ve özel sektör arasındaki ortak çalışmaların teşvik edilmesi büyük önem taşımaktadır. Kimyasal tehditlere karşı geliştirilecek her yeni adım, yalnızca belirli bir ülkenin değil, tüm insanlığın güvenliği ve sağlığı için kritik bir yatırım olacaktır.

KAYNAKLAR

- AFAD. (2025). İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, . Kimyasal Biyolojik Radyolojik Nükleer Tehditler (KBRN). 06.07.2025 tarihinde <https://www.afad.gov.tr/kbrn> adresinden erişildi.
- Baler, H. (2024). Terör Örgütlerinin Kitle İmha Silahlarına Erişim ve Kullanma Riski Üzerine Bir Değerlendirme. *Anadolu Strateji Dergisi*, 6(2), 15-40.
- Broughton E. (2005). The Bhopal disaster and its aftermath: a review. *Environmental Health: A Global Access Science Source*, 4(1), 6.
- Chavula, P., Kayusi, F., Lungu, G. ve Uwimbabazi, A. (2025). The Current Landscape of Early Warning Systems and Traditional Approaches to Disaster Detection. *LatIA*, 3, 77.
- Chen, H., Wang, F.Y. ve Zeng, D. (2004). Intelligence and security informatics for homeland security: information, communication, and transportation. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 5(4), 329-341.
- Çakar, M. (2024). Kimyasal Maddelerin Tehlikeleri ve İş Güvenliği Üzerindeki Etkileri, *Kuzey Ege Teknik Bilimleri ve Teknoloji Dergisi*, 1(1), sy. 1, ss. 46-56.
- Demirel, E.M. ve Peker Say, N. (2020). Tehlikeli Maddelerin Karayolu ile Taşınması Sürecinde Ortaya Çıkan Çevresel Risklerin Hata Ağacı Analizi (Haa) ile Değerlendirilmesi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 8(4), 973-984.
- Dräger, (2025). Dräger X-am' 8000. 10.08.2025 tarihinde, https://www.draeger.com/tr_tr/Products/X-am-8000 adresinden erişildi.
- El Khaled, Z. ve Mcheick, H. (2019). Case studies of communications systems during harsh environments: A review of approaches, weaknesses, and limitations to improve quality of service. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 15(2), 1550147719829960.
- Gawlik-Kobylińska, M., Gudzbeler, G., Szklarski, Ł., Kopp, N., Koch-Eschweiler, H. ve Urban, M. (2021). The EU-SENSE System for Chemical Hazards Detection, Identification, and Monito-

- ring. *Applied Sciences*, 11(21), 10308.
- Güler, Ü.A. ve Can, Ö.P. (2017). Kimyasal Kontaminantların Çevre Sağlığı ve Gıdalar Üzerine Etkileri. *Sinop Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 2(1), 170-195.
- Gürkan, E.H. (2018). Sürdürülebilir laboratuvar güvenliği kültürü. *Celal Bayar Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 5(4), 224-230.
- Hudda, S. ve Haribabu, K. A review on WSN based resource constrained smart IoT Systems. *Discover Internet Things*, 5, 56 (2025). <https://doi.org/10.1007/s43926-025-00152-2>
- Islam, M.M., Hasan, M., Mia, M.S., Al Masud, A. ve Islam, A.R. (2025). Early Warning Systems in Climate Risk Management: Roles and Implementations in Eradicating Barriers and Overcoming Challenges. *Natural Hazards Research*. 5(3): 523-538. <https://doi.org/10.1016/j.nhres.2025.01.007>
- İlter, M.S. (2025). Endüstriyel Atık Yönetiminde İş Sağlığı ve Güvenliği, *Kuzey Ege Teknik Bilimleri ve Teknoloji Dergisi*, c. 2, sy. 1, ss. 23-32,
- Kaypak, Ş. ve Yılmaz, V. (2019). Security Understanding of a New Dimension in the Globalization Process and Environmental Effects. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 21(3), 855-868.
- Hıncal, F., Çeliker, A., Özgüven, F., Kaya, E. (1991) *Kimyasal ve Biyolojik Savaş Ajanlarının Sağlık Üzerine Etkileri*. Ankara: Emekli Ofset.
- Kelman, I., Glantz, M.H. (2014). Early Warning Systems Defined. In: Singh, A., Zommers, Z. (eds) *Reducing Disaster: Early Warning Systems For Climate Change*. Springer, Dordrecht.
- Knuth, D., Kehl, D., Hulse, L., Spangenberg, L., Brähler, E. ve Schmidt, S. (2014). Risk perception and emergency experience: comparing a representative German sample with German emergency survivors. *Journal of Risk Research*, 18(5), 581-601.
- Kuligowski, E. ve Wakeman, K. (2017), *Outdoor Siren Systems: A review of technology, usage and public response during emergencies*, Technical Note (NIST TN), National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD, [online],
- Levent, K. ve Sezigen, S. (2017) *Kimyasal Savaş Yaralılarının Tıbbi Yönetimi İçin Pratik Rehber*. Ankara: Sağlık Bilimleri Üniversitesi; 2017.
- López-López, M.ve García-Ruiz, C., (2014). Infrared and Raman spectroscopy techniques applied to identification of explosives, *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 54: 36-44.
- Miller, T., Durlik, I., Kostecka, E., Kozłowska, P., Łobodzińska, A., Sokołowska, S. ve Nowy, A. (2025). Integrating Artificial Intelligence Agents with the Internet of Things for Enhanced Environmental Monitoring: Applications in Water Quality and Climate Data. *Electronics*, 14(4), 696.
- Orford, R., Crabbe, H., Hague, C., Schaper, A. ve Duarte-Davidson, R. (2014). EU alerting and reporting systems for potential chemical public health threats and hazards. *Environment International*, 72, 15-25.
- Paul, T., Choudhury, D.R., Ghosh, D. ve Saha, C. (2024). Advancements in optical sensors for explosive materials Identification: A comprehensive review, *Results in chemistry*, 8: 101602.
- Porsuk, Ö. ve Yorulmaz, F. (2011). Unutulmaması Gereken Bir Çevre Felaketi: Bhopal Kimyasal Kazası: Tarımda Daha Çok Verim İçin... mi?. *Ttb Mesleki Sağlık Ve Güvenlik Dergisi*, 11(39), 22-26.
- Relyea, H.C. ve Seifert, J.W. (2005). Information Sharing for Homeland Security: A Brief Overview. CRS Report for Congress USA.
- Riedel S. (2004). Biological warfare and bioterrorism: a historical review. *Proceedings (Baylor University. Medical Center)*, 17(4), 400-406. <https://doi.org/10.1080/08998280.2004.11928002>
- Sferopoulos, R. (2020) *A Review of Chemical Warfare Agent (CWA) Detector Technologies and Commercial-off-the-Shelf Items*.
- Sharma, M., Mahajan, P., Alsubaie, A. S., Khanna, V., Chahal, S., Thakur, A., Yadav, A., Arya, A.,

- Singh, A. ve Singh, G. (2025). Next-generation nanomaterials-based biosensors: Real-time biosensing devices for detecting emerging environmental pollutants. *Materials Today Sustainability*, 29, 101068.
- Sidel, F.R., Takafuji, E.T. ve Franz, D. (1997). Textbook of Military Medicine Part I. USA: Office of the Surgeon General; 1997.
- Song, Y., Wang, B., Wang, X., Zhang, Y., Zhang, J. ve Wang, Y. (2025). Hazardous Chemical Accident Evacuation Simulation and Analysis of Results. *Sustainability*, 17(14), 6415.
- Şahin, M. ve Dereli, C. (2022). Kimyasal Silahların Bertarafında Termal Yöntemler ve Plazma Teknolojisinin Bilgisayar Modellemesi. *Journal of Polytechnic*, 25(4).
- Şen, M. F., Kurada, B. ve Tanrıverdi, E. (2023). Ulusal Endüstriyel Kazalar Etki Alanı Modellemesi Yazılımı (AFAD-EKA). *Afet ve Risk Dergisi*, 6(3), 677-690.
- T.C. Kara Kuvvetleri Komutanlığı (2025). KBRN sınıfının görevleri. 09.07.2025 tarihinde <https://www.kkk.tsk.tr/kkksablonmaster/header/kurumsal/siniflar/kbrn.aspx> Adresinden erişildi.
- T.C. Sağlık Bakanlığı, (2025). 08.07.2025 tarihinde <https://ashgmafetacildb.saglik.gov.tr/TR-90025/saglik-bakanligi-kbrn-yonergesi.html> adresinden erişildi.
- Tiryaki, O., Canhilal, R. ve Horuz, S. (2010). Tarım ilaçları kullanımı ve riskleri. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi*, 26(2), 154-169.
- Tørnes, J.A. (2016). A novel headspace sampler for field detection of chemical warfare agents and simulants connected to a commercial ion mobility detector. *International Journal for Ion Mobility Spectrometry*. 19, 105–112.
- Tulchinsky, T.H. ve Varavikova, E.A. (2014). Environmental and Occupational Health. *The New Public Health*, 471–533.
- TÜBİTAK Savunma Sanayii Araştırma ve Geliştirme Enstitüsü (SAGE), 2025, <https://www.sage.tubitak.gov.tr/> adresinden erişildi.
- Türkiye Cumhuriyeti Sağlık Bakanlığı. (2025). KBRN Sağlık Yönergesi, <https://ashgmafetacildb.saglik.gov.tr/TR-90025/saglik-bakanligi-kbrn-yonergesi.html>.
- Tüylek, Z. (2017) Biyosensörler ve Nanoteknolojik Etkileşim. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, vol. 6, no. 2, pp. 71–80, doi: 10.17798/bitlisfen.299340.
- Tüylek, Z., (2021). Biyoteknolojide Biyosensör ve Biyoçip Uygulamaları. *International Journal of Life Sciences and Biotechnology*, 24(3): p. 468-490. DOI: 10.38001/ijlsb.876231
- Umoh, U.A., Eyoh, I.J., Murugesan, V.S. ve Nyoho, E.E. (2022). Fuzzy-machine learning models for the prediction of fire outbreaks: A comparative analysis. In *Artificial intelligence and machine learning for EDGE computing* (pp. 207-233). Academic Press.
- Vale A. (2005). What lessons can we learn from the Japanese sarin attacks? *Przegląd lekarski*, 62(6), 528–532
- World Health Organization (WHO). (2005) *International Health Regulations and chemical events*, <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/249532/9789241509589-eng.pdf>
- World Health Organization (WHO). (2008), *Global Assessment of National Health Sector Emergency Preparedness and Response*, <https://www.who.int/docs/default-source/documents/global-assessment-of-national-health-sector-emergency-preparedness-and-response.pdf>
- World Health Organization (WHO). (2025). *Medical evacuation in emergencies A guidance for medical teams and specialized care teams*, <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/381815/9789240112513-eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Zhong, S., Liu, Y., Wang, F. ve Huang, Q. (2013). Study on the Application of GIS in Comprehensive Risk Assessment of Hazardous Chemical Plants. In: Bian, F., Xie, Y., Cui, X. ve Zeng, Y. (eds) *Geo-Informatics in Resource Management and Sustainable Ecosystem*. GRMSE 2013. Communications in Computer and Information Science, vol 399. Springer, Berlin, Heidelberg.

BIYOLOJİK SAVAŞ AJANLARI VE BİYOTERÖRİZM

Hatice BEKÇİ¹

GİRİŞ

Biyolojik savaş ve biyoterörizm, 21. yüzyılın en ciddi güvenlik tehditleri arasında değerlendirilmektedir. Giderek artan küresel nüfus hareketliliği, kentleşme, iklim değişikliği ve biyoteknolojik ilerlemeler, bu tehditlerin etkisini artırmakta ve yeni risk alanları ortaya çıkarmaktadır. Biyolojik silahlar, küçük miktarlarda kullanılmalarına rağmen geniş çapta ölüm ve hastalığa neden olabilme kapasiteleri nedeniyle “yoksulların kitlesel imha silahı” olarak da adlandırılmaktadır (Wheelis ve ark., 2006). Bu silahlar hem devletlerin askeri stratejilerinde hem de terörist örgütlerin korku ve kaos yaratma girişimlerinde zaman zaman kullanılmış veya kullanılması tehdit olarak gündeme gelmiştir.

Tarihsel bağlamda bakıldığında, biyolojik savaş ajanlarının kullanımı antik dönemlere kadar uzanmaktadır. Örneğin, M.Ö. 4. yüzyılda Pers ordularının düşman kuyularını hayvan leşleriyle zehirlediği kayıtlara geçmiştir (Frischknecht, 2003). Orta Çağ'da ise, 1346 yılında Tatar ordusunun Kırım'daki Ceneviz kolonisinde veba salgını başlatmak amacıyla enfekte cesetleri kale surlarının arkasına fırlattığı belgelenmiştir (Wheelis, 2002). Bu olaylar, biyolojik savaşın yalnızca modern çağlara ait bir tehdit olmadığını; insanlık tarihinde sıkça başvurulan bir savaş aracı olduğunu göstermektedir.

Modern dönemde biyolojik silahların geliştirilmesi, özellikle II. Dünya Savaşı ve Soğuk Savaş döneminde sistematik hale gelmiştir. Japonya'nın 731. Birimi, Çin'de sivillere karşı veba, kolera ve şarbon gibi ajanlarla biyolojik saldırı

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Kayseri Üniversitesi, Develi Hüseyin Şahin MYO, Bahçe Tarımı, haticebekci@kayseri.edu.tr, ORCID iD: 0000-0003-3268-709X

Biyolojik savaş ve biyoterörizme karşı koymak, disiplinler arası yaklaşımı, devletler arası iş birliğini ve toplumun aktif katılımını gerektiren çok boyutlu bir süreçtir. Bu bağlamda, biyogüvenlik kültürünün yaygınlaştırılması, bilimsel araştırmaların şeffaflaştırılması, sağlık sistemlerinin güçlendirilmesi ve uluslararası iş birliğinin artırılması, gelecekte yaşanabilecek biyolojik tehditlere karşı en etkili savunma hattını oluşturacaktır.

KAYNAKLAR

- Akçalı A. (2005). Biyolojik Silah Olarak Virüsler. *Mikrobiyoloji Bülteni*, 39: 383-397.
- Aksoy, Ü.Ç. ve Özkan, A. T., (2006). Biyolojik silah olarak paraziter ajanlar. *Türk Hijyen ve Deneyisel Biyoloji Dergisi*, 63 (1): 79-84.
- Atlas, R.M. (1998). The medical threat of biological weapons. *Critical Reviews in Microbiology*, 24(3), 157-168.
- Atlas R.A. (2001). Bioterrorism before and after September 11. *Critical Reviews in Microbiology*, 4: 355-79.
- Bellamy, C. ve Freedman, L. (2001). *Biological warfare*. Cambridge University Press.
- Berger, T., Eisenkraft, A., Bar-Haim, E., Kassirer, M., Aran, A.A. ve Fogel, I. (2016). Toxins as biological weapons forterror—characteristics, challenge esandmedical countermeasures: a mini-review. *Disaster and Military Medicine*, 2(1): 1-7.
- Christopher, G.W., Chieslak, T.J., Pavlin, J.A. ve Eitzen, E.M. (1997). Biological warfare, a historical perspective. *JAMA*, 278: 4 1 2 - 7.
- Conlan W. (2004). Vaccines against Francisella tularensis—past, presentand future. *Expertreview of Vaccines*, 3(3), 307-314.
- Derbes V.J. (1996). De Mussis and the great plague of 1348: a forgotten episode of bacteriological war. *JAMA*, 196: 59 – 62.
- Durham B. (2002). The background and history of manmade disasters.*Advanced Emergency Nursing Journal*, 24: 1-14.
- Erkekoğlu, P. ve Gümüşel, B. (2018). Tarihte biyolojik savaş ve biyoterörizm: Geçmişten günümüze bir değerlendirme. *Uluslararası Sağlık Bilimleri Dergisi*, 7(2), 45-52.
- Esvelt, K.M. (2018). Inoculating Science against Potential Pandemics. *Health Security*, 16(6): 419-428.
- Franz, D.R., Jahrling, P.B., Friedlander, A.M., McClain, D.J., Hoover, D.L., Bryne, W.R. ve Huggins, J.W. (1997). Clinical recognition and management of patients exposed to biological warfare agents. *JAMA*, 278(5): 399-411.
- Frischknecht, F. (2003). The history of biological warfare: human experimentation, modern nightmares and lone madmen in the twentieth century. *EMBO Reports*, 4(S1), 47-52.
- Harris, S.H. (2002). *Factories of Death: Japanese Biological Warfare, 1932-45 and the American Cover-Up*. Routledge.
- Geissler, E. ve Haynes, R.H., (1991). *Prevention of a Biological and Toxin Arms Race and the Responsibility of Scientists*. Akademie-Verlag Berlin.
- Henderson, D.A., Inglesby, T.V., Barlett, J.G., Ascher, M.S., Eitzen, E., Jahrling, P.B., Hauer, J. ve ark. (1999). Smallpox as a biological weapon. *JAMA*, 281: 2127-37.
- Jernigan, D.B., Raghunathan, P.L., Bell, B.P., Brechner, R., Bresnitz, E.A. ve ark. (2002). Investigation of bioterrorism-related anthrax, United States, 2001: Epidemiologic findings. *Emerging Infectious Diseases*, 8(10): 1019-1028.

- Kılıç, S. (2006). Biyolojik silah olarak toksinler. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 63(1), 85-106.
- Koblentz, G.D. (2021). The Era of Synthetic Biology: Perspectives on the Threat of Engineered Biological Weapons. *Health Security*, 19(3), 275-284.
- Kortepeter, M.G., Martin, J.W., Rusnak, J.M., Cieslak, T.J., Warfield, K.L. ve Anderson, E.L. (1999). Managing potential laboratory exposures to agents of bioterrorism. *Clinical Infectious Diseases*, 38(4), 445-454.
- Leitenberg, M., Zilinskas, R.A. ve Kuhn, J.H. (2012). *The Soviet Biological Weapons Program: A History*. Harvard University Press.
- Oğuz, F. ve Taşkesen, H. (2021). Rajneeshee tarikatının Oregon'daki biyolojik saldırısı. *Halk Sağlığı Araştırmaları Dergisi*, 14(3), 150-158.
- Okumura T. ve ark., (1996). The Tokyo subway sarin attack: disaster management, Part 1. *Academic Emergency Medicine*, 3(6), 486-492.
- Pakdemirli, M. ve Dülger, H. (2021). Antik çağlarda biyolojik savaş uygulamaları. *Tarih ve Bilim Dergisi*, 9(1): 88-97.
- Rotz, L.D., Khan, A.S., Lillibridge, S.R. ve ark., (2002). Public health assessment of potential biological terrorism agents. *Emerging Infectious Diseases*, 8(2), 225-230.
- Sidell, F.R., Takafuji, E.T. ve Franz, D.R. (1997). *USAMRIID's Medical Aspects of Chemical and Biological Warfare*. ed. Borden Institute, Washington D.C. 415-66.
- Spencer, R.C. ve Wilcox, M.H. (1993). Agents of biological warfare. *Reviews in Medical Microbiology*. 4: 138-43.
- Stephenson J.(1997). Confronting a biological Armageddon: experts tackle prospect of bioterrorism. *JAMA*. 276: 349 – 51.
- Tercan, S. (2020). Antik dönemden modern çağa biyolojik silahların kullanımı. *Askeri Tarih Araştırmaları*, 11(2), 100-115.
- Török, T.J., Tauxe, R.V., Wise, R.P., Livengood, J.R., Sokolow, S., Mauvais, S., Birkness, K.A., Skeels, M.R., Horan, J.M. ve Foster, L.R. (1997). A large community outbreak of salmonellosis caused by intentional contamination of restaurant salad bars. *JAMA*, 278(5), 389-395.
- Verma, S. ve Varma, R.K. (2019). Recent emerging diseases likely to cause major epidemics. *Indian Journal of Drugs*, 7(2), 49-51.
- Von Lubitz, D.K.J.E. (2003). *Bioterrorism: Field Guide to Disease Identification and Initial Patient Management* (1st ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9780203491386>.
- United Nations. (1972). *Convention on the Prohibition of the Development, Production and Stockpiling of Bacteriological (Biological) and Toxin Weapons and on their Destruction*.
- Uyar, Y. ve Akçalı, A. (2006). Biyolojik Silah Olarak Viral Ajanlar. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 63(1), 67-78.
- Wein, L.M., Craft, D.L., Kaplan, E.H., (2003). Emergency response to an anthrax attack. *Proceeding of the National Academy Sciences*. 100: 4346 – 51 .
- Wheelis, M. (2002). Biological warfare before 1914. In *Biological and Toxin Weapons: Research, Development and Use from the Middle Ages to 1945*, ed. E. Geissler and J.E. van Courtland Moon.
- Wheelis, M., Rózsa, L. ve Dando, M. (2006). *Deadly Cultures: Biological Weapons since 1945*. Harvard University Press.
- World Health Organization (WHO). (1970). Report of WHO Group of Consultants. Health Aspects of Chemical and Biological Weapons. Geneva.
- World Health Organization (WHO). (2021). COVID-19 Strategic Preparedness and Response Plan: 2021 Update.

BİYOLOJİK TEHDİTLERİN YAYILIM DİNAMİKLERİ VE EPİDEMİYOLOJİSİ

Abdulkadir TAŞDEMİR¹

GİRİŞ

Pandemiler, insanlık tarihini şekillendirmede merkezi bir rol oynamış, sadece büyük ölümlere değil, aynı zamanda önemli sosyal, ekonomik ve siyasi çalkantılara da neden olmuştur. Atina Vebası ve Justinian Vebası gibi erken pandemiler nüfusları yok etmiş ve imparatorlukları zayıflatmıştır. Orta Çağ'daki Kara Ölüm ise Avrupa toplumunda derin demografik değişimlere ve dönüşümlere yol açmıştır. Sömürge döneminde çiçek hastalığı gibi hastalıkların ortaya çıkması, Amerikadaki yerli nüfuslarında felaket boyutunda düşüşlere yol açmıştır. Daha yakın yüzyıllarda, kolera salgınları, dünyada on milyonlarca ölüme neden olan 1918 grip pandemisi ve devam eden HIV/AIDS krizi gibi pandemiler, bulaşıcı hastalıkların sürekli tehdidini vurgulamıştır. Ayrıca, SARS, MERS ve COVID-19 gibi ortaya çıkan zoonotik hastalıklar, modern küresel sağlık altyapısındaki zayıflıkları ortaya çıkarmış ve dikkatli gözetim, uluslararası iş birliği ve karantina ile sanitasyon önlemleri gibi etkili halk sağlığı müdahaleleri ihtiyacını vurgulamıştır. Bu tarihsel perspektif, patojenlerin doğası evrilse de pandemi hazırlığı ve müdahalesinin temel zorluklarının zamanla tutarlı kaldığını vurgulamaktadır (Huremović, 2019).

Biyolojik savaşın tarihi antik çağlara kadar uzanır ve üç ana dönemde önemli gelişmelerle belirginleşir (Carus, 2017). *İlk dönem* erken tarihsel dönemleri kapsar ve biyolojik ajanların ilkel ve fırsatçı uygulamalarıyla karakterizedir. Önemli örnekler arasında, 14. yüzyılda Caffa kuşatması yer alır; burada Moğolların,

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Erciyes Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, tasdemira@erciyes.edu.tr,
ORCID iD: 0000-0003-1196-457X

ze edilen etkili liderlik, karmaşık krizlerin üstesinden gelmek ve kamu güvenliğini inşa etmek için çok önemlidir. Dayanıklılığı artırmak için, gelecekteki stratejiler kamu sağlığı sistemlerinin güçlendirilmesini, gözetimin iyileştirilmesini ve tıbbi önlemlerin yerel üretimine yatırım yapılmasını içermelidir. Bu deneyimlerden ders çıkarmak, kanıta dayalı politika yanıtları geliştirmek ve gelecekteki pandemilerin etkisini azaltmak için son derece önemlidir; çünkü «herkese uyan tek tip» bir yaklaşım, farklı bölgeler için yetersizdir.

KAYNAKLAR

- Ali, H.H., Ali, H.M., Ali, H.M., Ali, M.A., Zaky, A.F., Touk, A.A., Darwiche, A.H. ve Touk, A. A. (2025). The role and limitations of artificial intelligence in combating infectious disease outbreaks. *Cureus*, 17(1), e77070. <https://doi.org/10.7759/cureus.77070>
- Al-Tawfiq, J.A. ve Rodriguez-Morales, A.J. (2020). Super-spreading events and contribution to transmission of MERS, SARS, and SARS-CoV-2 (COVID-19). *Journal of Hospital Infection*, 105(2), 111–112. <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2020.04.002>
- Altizer, S., Ostfeld, R.S., Johnson, P.T., Kutz, S. ve Harvell, C.D. (2013). Climate change and infectious diseases: From evidence to a predictive framework. *Science*, 341(6145), 514–519.
- Badea, A.R. ve Feeney, O. (2024). Genome editing dilemma: Navigating dual-use potential and charting the path forward. *Bioethical Inquiry*, 22, 101–110. <https://doi.org/10.1007/s11673-024-10358-8>
- Balasubramanian, C. (2024). *Understanding the basic reproduction number (R0): The key to tracking disease spread*. GIDEON Informatics. Temmuz 2025 tarihinde <https://www.gideononline.com/blogs/understanding-the-basic-reproduction-number-r0-the-key-to-tracking-disease-spread/> adresinden erişildi.
- Carus, W.S. (2017). *A short history of biological warfare: From pre-history to the 21st century*. National Defense University Press. <https://digitalcommons.ndu.edu/wmd-occasional-papers/10>
- Crozier, I. (2024). Understanding and reporting the natural history of an infectious disease. In D. A. Henderson ve L. M. Gerber (Eds.), *Principles and practice of emergency research response* (pp. 501–529). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-48408-7_28
- Donovan, J. ve Frankel, S. (2003). *Epidemiology for the uninitiated*: Chapter 2. Quantifying disease in populations. BMJ. Temmuz 2025 tarihinde <https://www.bmj.com/about-bmj/resources-readers/publications/epidemiology-uninitiated/2-quantifying-disease-populations> adresinden erişildi.
- Gordis, L. (2014). *Epidemiology* (5th ed.). Saunders Elsevier.
- Homeland Security. (2004). *Biological attack fact sheet: A reference guide for first responders*. Temmuz 2025 tarihinde https://www.dhs.gov/xlibrary/assets/prep_biological_fact_sheet.pdf adresinden erişildi.
- Homeland Security. (2012). *Biological terrorism*. Temmuz 2025 tarihinde https://www.dhs.gov/sites/default/files/publications/Biological_Terrorism_Fact_Sheet.pdf adresinden erişildi.
- Huremović, D. (2019). Brief history of pandemics (pandemics throughout history). In D. Huremović (Ed.), *Psychiatry of pandemics* (pp. 7–35). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-15346-5_2
- Jonas, O.B., Irwin, A., Berthe, F.C.J., Le Gall, F.G. ve Marquez, P.V. (2017). *Drug-resistant infections: A threat to our economic future*. The World Bank Group. Temmuz 2025 tarihinde <https://www.worldbank.org/en/topic/health/publication/drug-resistant-infections-a-threat-to-our-economic-future>

- nomik-future adresinden erişildi.
- Lloyd, A. L. ve Valeika, S. (2007). *Network models in epidemiology: An overview*. In H. N. W. Hoppert (Ed.), *Complex population dynamics: Nonlinear modeling in ecology, epidemiology and genetics* (pp. 189–214). Princeton University Press. https://doi.org/10.1142/9789812771582_0008
- Murray, C.J.L., Ikuta, K.S., Sharata, F., Swetschinski, L. ve ark. (2022) Global burden of bacterial antimicrobial resistance in 2019: A systematic analysis. *The Lancet*, 399(10325), 629–655. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)02724-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)02724-0)
- Pitt, S.J. ve Gunn, A. (2024). The one health concept. *British Journal of Biomedical Science*, 81, 12366. <https://doi.org/10.3389/bjbs.2024.12366>
- Riedel, S. (2004). Biological warfare and bioterrorism: A historical review. *Baylor University Medical Center Proceedings*, 17(4), 400–406. <https://doi.org/10.1080/08998280.2004.11928002>
- Rotz, L.D., Khan, A.S., Lillibridge, S.R., Ostroff, S.M. ve Hughes, J.M. (2002). Public health assessment of potential biological terrorism agents. *Emerging Infectious Diseases*, 8(2), 225–230. <https://doi.org/10.3201/eid0802.010164>
- Saldaña, F. ve Velasco-Hernández, J.X. (2022). Modeling the COVID-19 pandemic: A primer and overview of mathematical epidemiology. *SeMA Journal*, 79, 225–251. <https://doi.org/10.1007/s40324-021-00260-3>
- Torok, M. (2003) *Focus on field epidemiology: Epidemic curves* (Vol. 1, Issue 5). North Carolina Center for Public Health Preparedness. Temmuz 2025 tarihinde https://nciph.sph.unc.edu/focus/vol1/issue5/1-5EpiCurves_issue.pdf adresinden erişildi.
- van Seventer, J. M. ve Hochberg, N. S. (2017). Principles of infectious diseases: Transmission, diagnosis, prevention, and control. In S. R. Quah (Ed.), *International encyclopedia of public health* (2nd ed., Vol. 6, pp. 22–39). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803678-5.00516-6>
- Wang, J.J. ve Attia, J. (2010). Study designs in epidemiology and levels of evidence. *American Journal of Ophthalmology*, 149(3), 367–370. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2009.08.001>
- Wang, S., Li, W., Wang, Z., Yang, W., Li, E., Xia, X., Yan, F. ve Chiu, S. (2024). Emerging and reemerging infectious diseases: Global trends and new strategies for their prevention and control. *Signal Transduction and Targeted Therapy*, 9(1), 223. <https://doi.org/10.1038/s41392-024-01917-x>
- White, P.J. (2017). Mathematical models in infectious disease epidemiology. In J. Cohen, W. G. Powderly, ve S. M. Opal (Eds.), *Infectious diseases* (4th ed., pp. 49–53.e1). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-7020-6285-8.00005-8>
- WHO (n.d.). Infectious diseases. Temmuz 2025 tarihinde <https://www.who.int/health-topics/infectious-diseases> adresinden erişildi.

BİYOLOJİK TEHDİTLERİN TESPİTİ, KORUNMA VE MÜDAHALE YÖNTEMLERİ

Reyhan ZOROĞLU¹

GİRİŞ

Biyolojik tehdit ajanlarının çok küçük miktarlarda etkili olması ve inkübasyon süresine bağlı olarak etkilerinin geç ortaya çıkması tespitini güçleştirmektedir. Biyolojik ajanın yayılımını sınırlamak üzere kişisel koruyucu ekipman, besin ve su kontaminasyonunun önlenmesi, enfekte bireylerin izolasyonu gibi koruyucu önlemlerin zamanında alınması gerekmektedir (Baysallar ve Kenar, 2006). Tespit, biyolojik savunmanın temel taşıdır. Bir tehdit tespit edilmeden, neyin dekontamine edileceği veya ne zaman tamamen dekontamine olduğu hakkında yeterli bilgi olmayacaktır. Tespit zamanında yapılmazsa, biyolojik ajana özgü tıbbi tedavi mümkün olmayacaktır (Primmerman, 2000). Biyolojik tehdit ajanları salınımının uzaktan tespiti ve uyarısı, biyolojik tehdidi ve nüfus için riski azaltmada ana hedef olmuştur. Analiz edilmesi gereken numunelere yakın mesafe gerektiren nokta tespit sistemlerinin aksine, uzaktan tespit sistemleri numunelerin uzak mesafeden analiz edilmesine olanak tanır ve böylece kontaminasyon kaynağının erken tanımlanması mümkün olur (Cenciarelli ve ark., 2014). Bazı biyolojik etkenlerin kolay yayılması ve öldürücü etkisi, biyolojik bir saldırının hemen tespit edilmesini ve tanımlanmasını zorlaştırmaktadır. Biyolojik etkenler, hastalığın başlangıcından saatler, günler hatta haftalar önce tespit edilemeyebilir. Herhangi bir yayılma belirtisi olmadan (şarbon içerikli mektuplarda olduğu gibi) ve sağlık yetkilileri tarafından klinik testlerle hastalık doğrulanmadan önce, biyolojik bir olay ancak izleme sistemleri tarafından tespit edilebilir. Tespit sistemleri hassas olmalı ve son derece sınırlı miktardaki biyolojik partikül tespit edebilmelidir.

¹ Dr., reyhanzoroglu@gmail.com, ORCID iD: 0009-0001-6522-7615

hale edilmesi ve oluşabilecek karışıklıkların önlenmesini sağlamaktadır. İlk müdahale ekiplerinin biyolojik ajan tespit işlemleri ile ilgili gerekli bilgilere sahip olması, tespitte kullanılacak ekipmanı tanınması, uluslararası standartlara uygun protokollere, ulusal kılavuzlara ve raporlara göre sürecin yönetilmesi gereklidir. Gelişmekte olan teknoloji ile algılama sistemlerinin iyileştirilerek biyolojik tehdit ajanları hızlı ve doğru bir biçimde tespit edilip önlem alınmalıdır.

KAYNAKLAR

- An, T., Liang, Z., Chen, Z. ve Li, G. (2024). Recent progress in online detection methods of bioaerosols. *Fundamental Research*, 4(3), 442–454. <https://doi.org/10.1016/j.fmre.2023.05.012>
- Ashcroft, J., Daniels, D.J. ve Hart, S.V. (2001). An introduction to biological agent detection equipment for emergency first responders. *National Institute of Justice*. (NIJ Publication No. 190747). U.S. Temmuz 2025 tarihinde <https://www.ojp.gov/pdffiles1/nij/190747.pdf> adresinden erişildi.
- Baysallar, M. ve Kenar, I. (2006). Biyoterörizm ve dekontaminasyon yönetimi. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 63(1), 115- 128.
- Cenciarelli, O., Pietropaoli, S., Gabbarini, V. ve ark. (2014). Use of non-pathogenic biological agents as biological warfare simulants for the development of a stand-off detection system. *Journal of Microbial ve Biochemical Technology*, 6(7), 375- 380. <https://doi.org/10.4172/1948-5948.1000172>
- Eyre, A.J., Hick, J.L. ve Thorne, C.D. (2016). Personal Protective Equipment. *Ciotton's Disaster Medicine*, 294–301. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-28665-7.00046-7>
- Gikiewicz, M. ve Bralewska, K. (2021). Personal protective equipment for rescuers involved in CBRN incidents. Case study for selected hazard scenarios. *Zeszyty Naukowe SGSP*, 2(80), 57-87. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0015.6470>
- Greenwood, D.P., Jeys, T.H., Johnson, B., Richardson, J.M. ve Shatz, M. P. (2009). Optical Techniques for Detecting and Identifying Biological-Warfare Agents. *Proceedings of the IEEE*, 97(6), 971-989. <https://doi.org/10.1109/JPROC.2009.2013564>
- Jeys, T.H., Herzog, W.D., Hybl, J.D. ve ark. (2007). Advanced trigger development. *Lincoln Laboratory Journal*, 17(1), 29-62.
- Kumar, V., Goel, R., Chawla, R., ve ark. (2010). Chemical, biological, radiological, and nuclear decontamination: Recent trends and future perspective. *Journal of Pharmacy ve Bioallied Sciences*, 2(3), 220-238. <https://doi.org/10.4103/0975-7406.68505>
- Lim, D.V., Simpson, J.M., Kearns, E.A. ve Kramer, M.F. (2005). Current and Developing Technologies for Monitoring Agents of Bioterrorism and Biowarfare. *Clinical Microbiology Reviews*, 18(4), 583- 607. <https://doi.org/10.1128/CMR.18.4.583-607.2005>
- Ludovici, G.M., Gabbarini, V., Cenciarelli, O., ve ark. (2015). A review of techniques for the detection of biological warfare agents. *Defence S and T Technical Bulletin*, 8(1), 17-26.
- Martinez, K.F., Rao, C.Y. ve Burton, N.C. (2004). Exposure assessment and analysis for biological agents. *Grana*, 43(4), 193-208. <https://doi.org/10.1080/00173130410000794>
- Mirski, T., Bartoszcze, M., Bielawska-Drózd, A. ve ark. (2014). Review of methods used for identification of biothreat agents in environmental protection and human health aspects. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine: AAEM*, 21(2), 224- 234. <https://doi.org/10.5604/1232-1966.1108581>

- O'Brien, C., Varty, K. ve Ignaszak, A. (2021). The electrochemical detection of bioterrorism agents: a review of the detection, diagnostics, and implementation of sensors in biosafety programs for Class A bioweapons. *Microsystems ve Nanoengineering*, 7(16). <https://doi.org/10.1038/s41378-021-00242-5>
- Peruski, A.H. ve Peruski, L.F. (2003). Immunological methods for detection and identification of infectious disease and biological warfare agents. *Clinical and Diagnostic Laboratory Immunology*, 10(4), 506- 513. <https://doi.org/10.1128/CDLI.10.4.506-513.2003>
- Primmerman, C. A. (2000). Detection of biological agents. *Lincoln Laboratory Journal*, 12(1), 3-32.
- Rastogi, M. ve Singh, S.K. (2019). Advances in molecular diagnostic approaches for biothreat agents. In: Singh S, Kuhn J. (eds.) *Defense Against Biological Attacks*. Volume II. Springer Cham p. 281–310. https://doi.org/10.1007/978-3-030-03071-1_13
- Rodriguez, L., Zhang, Z. ve Wang, D. (2023). Recent advances of Raman spectroscopy for the analysis of bacteria. *Analytical Science Advances*, 4, 81–95. <https://doi.org/10.1002/ansa.202200066>
- Romay, F.J., Roberts, D.L., Marple, V.A., Liu, B.Y.H. ve Olson, B.A. (2002). A high-performance aerosol concentrator for biological agent detection. *Aerosol Science and Technology*, 36(2), 217–226. <https://doi.org/10.1080/027868202753504074>
- Rowland, C.E., Brown, C.W., Delehanty, J.B. ve ark. (2016). Nanomaterial-based sensors for the detection of biological threat agents. *Materials Today*, 19(8), 464-477. <https://doi.org/10.1016/j.mattod.2016.02.018>
- Sapsforda, K.E., Bradburneb, C., Delehanty, J.B. ve ark. (2008). Sensors for detecting biological agents. *Materials Today*, 11(3), 38- 49. [https://doi.org/10.1016/S1369-7021\(08\)70018-X](https://doi.org/10.1016/S1369-7021(08)70018-X)
- Simeonova, L. (2015). Decontamination in the event of CBRN incident. *The Science for Population Protection*. 2, 1–6.
- Simeonova, L. ve Hylak, C. (2015). Personal Protective Equipment (PPE) in CBRN Incidents. *The Science for Population Protection*, 1, 1–10.
- Švábenská, E. (2012). Systems for detection and identification of biological aerosols. *Defence Science Journal*, 62(6), 404- 411. <https://doi.org/10.14429/dsj.62.1251>
- Szklarski, Ł. (2024). The threat of CBRN terrorism: an overview and improvised use of chemical, biological, radiological and nuclear materials. *Zeszyty Naukowe SGSP*, 2(91), 39-62. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0054.7565>
- Tekin, E. ve Aslan, Ş. (2016). Emergency and first aid in cases of the use of chemical, biological, radiation, and nuclear weapons. *Eurasian Journal of Emergency Medicine*, 15(2), 90- 93. <https://doi.org/10.5152/eajem.2016.24633>
- Titus, E., Lemmer, G., Slagley, J. ve ark. (2019). A review of CBRN topics related to military and civilian patient exposure and decontamination. *American Journal of Disaster Medicine*, 14(2), 137–149. <https://doi.org/10.5055/ajdm.2019.0324>
- Xu, Z., Wei, K., Wu, Y., Shen, F., Chen, Q., Li, M. ve Yao, M. (2013). Enhancing bioaerosol sampling by Andersen impactors using mineral-ol spread agar plate. *PloS One*, 8(2), e56896. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0056896>
- Yanofsky, N., Volchek, K., Blinov, V. ve ark. (2014). Science-based CBRN decontamination guidance. In *Proceedings of the 37th AMOP Technical Seminar on Environmental Contamination and Response* (pp. 137–144). Environment Canada.
- Yüksel, O. ve Erdem, R. (2016). Biyoterörizm ve sağlık. *Hacettepe Sağlık İdaresi Dergisi*, 19(2), 203-222. <https://doi.org/10.21020/husbfd.288502>

RADYOLOJİK MADDELER: İNSAN SAĞLIĞI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Fatma KILIÇ DOKAN¹

GİRİŞ

Radyolojik maddeler, çevrede doğal olarak bulunan ya da insan tarafından üretilmiş iyonlaştırıcı radyasyon kaynaklarıdır ve bu maddelerin yaydığı radyasyon, biyolojik dokular üzerinde önemli etkiler yaratabilmektedir. İyonlaştırıcı radyasyon, atom altı parçacıkları veya elektromanyetik dalgalar aracılığıyla maddeyle etkileşime girerek atomlardan elektron koparabilir; bu da hücresel düzeyde DNA hasarına, hücre ölümü ya da mutasyonlara yol açabilir. Bu maddeler hem çevresel hem de tıbbi, endüstriyel veya askeri uygulamalar aracılığıyla yaşamımızın birçok alanında karşımıza çıkmaktadır. Bu nedenle radyolojik maddelerin sağlık üzerindeki etkilerini anlamak, modern toplumlar için giderek daha büyük bir önem taşımaktadır (Valentin, 1994; Raabe, 2012; WHO, 2013)

Doğal radyolojik maddelere en bilinen örneklerden biri, radyoaktif bir asal gaz olan radondur. Radon, uranyum ve toryum gibi radyoaktif elementlerin yer kabuğunda zamanla bozunması sonucu ortaya çıkar ve özellikle kapalı, havalandırılmayan alanlarda birikerek ciddi solunum riski oluşturur. Dünya Sağlık Örgütü'ne (WHO) göre, radon gazına uzun süreli maruziyet, sigaradan sonra akciğer kanserinin en yaygın ikinci nedenidir. Bununla birlikte, kozmik ışınlar, radyoaktif mineraller içeren toprak ve bazı gıda maddeleri de doğal radyasyon kaynakları arasında yer alır (WHO, 2009).

İnsan yapımı radyolojik maddeler ise daha çok nükleer enerji üretimi, radyoterapi, röntgen ve bilgisayarlı tomografi gibi tıbbi görüntüleme yöntemleri,

¹ Doç. Dr., Kayseri Üniversitesi, Mustafa Çıkrıkcıoğlu MYO, Kimya Kimyasal İşleme Teknolojileri Bölümü, fatmakilic@kayseri.edu.tr, ORCID iD: 0000-0002-5355-2904

ihmaller ve güvenlik prosedürlerine tam uyulmaması hem çalışanlar hem de hastalar için radyasyon maruziyeti riskini artırmaktadır. Bu durum, tüm kurumlarda araştırma merkezleri, hastaneler ve endüstriyel tesisler güvenlik protokollerinin etkin bir şekilde uygulanması ve sürekli güncellenmesi gerekliliğini açıkça ortaya koymaktadır.

Sonuç olarak, radyolojik maddelerin insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerinin minimize edilmesi için disiplinler arası iş birliği, teknik altyapının güçlendirilmesi ve eğitim faaliyetlerinin sürekliliği büyük önem taşımaktadır. Ulusal ve uluslararası standartlara uygun koruma yöntemlerinin benimsenmesi hem mevcut hem de gelecek nesillerin sağlığının korunmasına önemli katkılar sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- AFAD, (2025). Kimyasal Biyolojik Radyolojik Nükleer Tehditler (KBRN). 4 Temmuz 2025 tarihinde <https://www.afad.gov.tr/kbrn/icsel-ve-dissal-radyasyondan-korunma> adresinden erişildi.
- American College of Radiology (ACR). (2020). *Appropriateness Criteria Guidelines for Imaging*.
- Bozbıyık, A., Özdemir, Ç.ve Hancı, H. (2002). Radyasyon yaralanmaları ve korunma yöntemleri. *Sürekli Tıp Eğitimi Dergisi*, 11(7):272-4.
- Cao, C., Feng, D., & Xiang, J. (2022). *CT scans and cancer risks: a systematic review and dose-response meta-analysis*. BMC Cancer, 22, Article 10310.
- Dönmez, S. (2017). Radyasyon tespiti ve ölçümü. *Nuclear Medicine Seminars*, 3:172-7.
- Gökharman, F.D., Aydın, S. ve Koşar, P.N. (2016). Radyasyon güvenliğinde mesleki olarak bilmemiz gerekenler. *SDÜ Sağlık Bilimleri Dergisi*, 7(2):35-40.
- Huang, B., Law, M.W.ve Khong, P.L. (2009). Whole-body PET/CT scanning: estimation of radiation dose and cancer risk. *Radiology*, 251:166-74.
- ICRP. (2007). *ICRP Publication 103: The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*.
- International Atomic Energy Agency (IAEA). (2018). *Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards*.
- International Commission on Radiological Protection (ICRP). (2007). *ICRP Publication 103: The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*.
- Raabe, O.G. (2012). Ionizing radiation carcinogenesis. *Current Topics in Ionizing Radiation Research*. Neno, M. (ed) InTech Rijeka, Croatia
- Schultz-Hector, S. ve Trott, K.R. (2007). Radiation-induced cardiovascular diseases: Current perspectives. *Radiation Research*, 167(1), 1-8.
- United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. (2016). Sources, effects, and risks of ionizing radiation. UNSCEAR 2016 Report.
- UNSCEAR. (2020). *Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation*. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation.
- Valentin, J. (1994). Radiation: levels and doses in everyday life. *Radioprotection*, 29(3, Suppl.): 45-58.
- Wall, B.F. (2009). Ionising radiation exposure of the population of the United States: NCRP report no. 160. *Radiation Protection Dosimetry*, 136:136-8.

- World Health Organization (2013) Health risk assessment from the nuclear accident after the 2011 Great East Japan Earthquake and Tsunami based on preliminary dose estimation. Switzerland.
- World Health Organization (WHO). (2009). *WHO Handbook on Indoor Radon: A Public Health Perspective*.
- Yamaguchi, I., Shimura, T., Terada, H., Svendsen, E. R., & Kunugita, N. (2018). *Lessons learned from radiation risk communication activities regarding the Fukushima nuclear accident*. Journal of the National Institute of Public Health, 67(1), 93-102.
- Yaren, H. ve Karayılanoğlu, T. (2005). Radyasyon ve insan sağlığı üzerine etkileri. *TSK Koruyucu Hekimlik Bülteni*, 4(4):199–208.

RADYOLOJİK KİRLİLİĞİN ÇEVRESEL VE EKOLOJİK SONUÇLARI

Sedat PER¹

GİRİŞ

Marie Curie ve kocası Pierre Curie polonyum ve radyumu keşfetmişler ve daha sonrası ürettikleri radyasyona da radyoaktivite adını vermişlerdir. Radyoaktivite, daha kararlı bir form elde etmek için kararsız atomların bozunması sonucu oluşur. Radyoaktivitenin keşfinden sonraki yıllarda, araştırmacılar radyasyonun özelliklerini araştırmışlardır (Reichelt-Brushett ve Oakes, 2023). Radyasyon, esas olarak uzay veya maddi ortamda dalgalar veya parçacıklar şeklinde enerjinin yayılması veya iletilmesi olarak tanımlanır. Radyasyon, yayılan parçacıkların enerjisine bağlı olarak genellikle iyonlaştırıcı veya iyonlaştırıcı olmayan olarak kabul edilir (Karmaker ve ark., 2021).

İyonlaştırıcı olmayan radyasyon, atomların ve moleküllerin titreşmesine neden olur, ancak elektronları onlardan uzaklaştırmak ve iyonlaşmaya neden olmak için yeterli enerjisi yoktur ve görünür ışık, mikrodalgalar ve radyo dalgaları örnek verilebilir. DNA'ya zarar verecek enerjisi yoktur. Ancak, hücreleri başka şekillerde etkileyebilir. İyonlaştırıcı radyasyon, elektronları uzaklaştırmak ve iyonlar oluşturmak için yeterli enerjiye sahiptir. Bu süreçte, radyoaktif elementler (kararsız çekirdeğe sahip elementler) proton, elektron veya nötron gibi enerji veya parçacıklar yayar. Bu tür radyasyon doğaldır, ancak bazı yapay işlemler de iyonlaştırıcı radyasyon üretimini tetikleyebilir. Yüksek frekansa sahiptir ve DNA'ya zarar verebilir ve sağlık sorunlarına neden olabilir (Duarte, 2013; Labant ve Silva, 2014).

¹ Doç. Dr., Kayseri Üniversitesi, Mustafa Çıkrıkcıoğlu MYO, Kimya Kimyasal İşleme Teknolojileri Bölümü, sedatper@kayseri.edu.tr, ORCID iD: 0000-0002-6131-3321

nükleer denemeler sonucunda radyoaktif maddeler atmosfere salınır ve daha sonra ıslak (yağmur, kar, çığ) ve kuru (partiküller) birikim yoluyla toprağa yerleşebilirler. Radyoaktif maddelerin toprağa karışması ile toprağın dokusu, pH'ı, organik madde içeriği ve nem seviyelerini olumsuz olarak etkilenir. Bitkiler, radyoaktif olarak kirli topraklara kök saldıkları için kökleri ve yaprakları aracılığıyla doğrudan radyoaktif kirliliği emdiklerinden dolayı genellikle radyasyona maruz kalan ilk organizmalar arasındadır. Radyoaktif kirlilik hayvanlarda, hastalıklara karşı daha fazla duyarlılık, üreme bozuklukları ile birlikte doğurganlığın azalması, genetik mutasyonlar, doğuştan gelen sakatlık oranlarının artması gibi çeşitli sağlık sorunlarına yol açabilmektedir. Özellikle sonraki nesillerde dahi ortaya çıkmayabilecek uzun vadeli genetik değişikliklere yol açabilmektedir.

Sonuç olarak, radyoaktif kirliliğin tüm bu zincirleme etkileri, ekosistem yapısını ve işleyişini bozarak türlerin yok olmasını dolayısıyla insanın hayatta kalmasını ve yaşam koşullarını doğrudan engellemektedir.

KAYNAKLAR

- Agapkina, G.I. ve Tikhomirov, F.A. (1994). Radionuclides in the liquid phase of the forest soils at the Chernobyl accident zone. *The Science of the Total Environment*, 157, 267-273.
- Ajlouni, A., Abdelsalam, M., Al-Rabai'ah, H., Ajlouni, A.M. (2009). Diffusion of Radioactive Materials in the Atmosphere. *American Journal of Environmental Sciences*, 5(1), 53-57. <https://doi.org/10.3844/ajessp.2009.53.57>
- Ajlouni, A.W., Abdelsalam, I.M., Abu Haija, O. ve Almasa'efah, Y.S. (2010). Radiation doses due to natural radioactivity in the Afra hot springs, Jordan. *International Journal Low Radiation*, 7(1), 48- 52.
- Aközcan, S. (2020). Toprak Örneklerinde Doğal Radyoaktivite (^{226}Ra , ^{232}Th ve ^{40}K) ve Radyasyon Tehlikelerinin Değerlendirilmesi. *Kırklareli University Journal of Engineering and Science*, 6(1), 12-20. <https://doi.org/10.34186/klujes.741933>
- Bachev, H. ve Ito, F. (2015). *March 2011 earthquake, tsunami, and Fukushima nuclear disaster - impacts on Japanese agriculture and food sector*, MPRA Paper 99865, University Library of Munich, Germany. LAP LAMBERT Academic Publishing.
- Bartnicki, J., Amundsen, I., Brown, J., Hosseini, A., Hov, Ø., Haakenstad, H., Klein, H., Lind, O.C., Salbu, B., Szacinski Wendel, C.C. ve Ytre-Eide, M.A. (2016). Atmospheric transport of radioactive debris to Norway in case of a hypothetical accident related to the recovery of the Russian submarine K-27. *Journal of Environmental Radioactivity*, 151, 404–416. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2015.02.025>.
- Bashir, I., Lone, F.A., Bhat, R.A., Mir, S.A., Dar, Z.A. ve Dar, S.A. (2020). Concerns and Threats of Contamination on Aquatic Ecosystems. *Bioremediation and Biotechnology*, 27:1–26. doi: 10.1007/978-3-030-35691-0_1.
- Camgöz, Y.I. ve Yaprak, G. (2009). Küçük Menderes Havzası Tarım Topraklarında Doğal Radyo-nüklit Seviyesinin Belirlenmesi. *Ekoloji*, 18, 70, 74-80.
- Chernysh, Y., Chubur, V., Ablicieva, I., Skvortsova, P., Yakhnenko, O., Skydanenko, M., Plyatsuk, L. ve Roubík, H. (2024). Soil Contamination by Heavy Metals and Radionuclides and Related

- Bioremediation Techniques: A Review. *Soil Systems*, 8(2): 36. <https://doi.org/10.3390/soilsystems8020036>
- Chibowski, S. ve Gladysz, A. (1999). Examination of Radioactive Contaminations in the Soil-Plants System and Their Transfer to Selected Animal Tissues. *Polish Journal of Environmental Studies*, 8(1), 19-23.
- Duarte, D.C.R. (2013). Radioactive studies in Porto Urban Area: Gamma radiation of the Paranhos Sector. Master dissertation in Geotechnical Engineering and Geoenvironment, ISEP - Instituto Superior de Engenharia do Porto.
- EPA. (2012). Radiation: Facts, Risks, and Realities”, US EPA. EPA-402-K-10-008. 08 Temmuz 2025 tarihinde <https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-05/documents/402-k-10-008.pdf> adresinden erişildi.
- Gudkov, D.I., Kuzmenko, M.I., Kireev, S.I., Nazarov, A.B., Shevtsova, N.L., Dzyubenko, E.V. ve Kaglyan, A.E. (2010). Radioecological problems of aquatic ecosystems of the chernobyl exclusion zone. *Biophysics*, 55, 332–339 (2010). <https://doi.org/10.1134/S0006350910020272>
- Gürsu, G. ve Taşaltın N. (2023). Using Mosses as Bioindicators in Environmental Radioactivity Studies. *Anatolian Bryology*, 9:1, 50-57.
- Jang, G.G., Wiechert, A.I., Kim, Y.H., Ladshaw, A.P, Spano, T., McFarlane, J., Myhre, K., Song, J.J., Yiacoumi, S. ve Tsouris, C. (2022). Charging of radioactive and environmental airborne particles, *Journal of Environmental Radioactivity*, 248. 106887, <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2022.106887>.
- Karmaker, N., Haque, M., Razzak, M., Khan, R. A., Maraz, K. M., Islam, F., Haque, M. M., Mollah, M. Z. I., ve Faruque, M. R. I. (2021). *Fundamental characteristics and application of radiation*, <https://doi.org/10.30574/gscarr.2021.7.1.0043>
- Keith, S., Doyle, J.R., Harper, C., Mumtaz, M., Tarrago, O., Wohlers, D.W., Diamond, G. L., Citra, M. ve Barber, L.E. (1999). Toxicological Profile for Radon. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (US).
- Labant, A. ve Silva, C. (2014). Radiation exposure and pregnancy. *MCN, The American Journal of Maternal/Child Nursing*, 39(6):345-350. doi: 10.1097/NMC.0000000000000084.
- Luo, J., Huang, Y., Lai, J., Liang, J., Luo, X., Li, C., Zhang, Y. ve Zhao, M. (2025). Effects of tritium pollution on photosynthesis, respiration and redox of microalgae under rising temperature, *Science of The Total Environment*, 958: 177766, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.177766>.
- Marzo, G.A. (2014). Atmospheric transport and deposition of radionuclides released after the Fukushima Daichi accident and resulting effective dose. *Atmospheric Environment*, 94, 709–722.
- Olagbaju, P.O., Wojuola, O.B. ve Tshivhase, V. (2021). Radionuclides contamination in soil: effects, sources and spatial distribution. *EPJ Web of Conferences*. 253, 09006. <https://doi.org/10.1051/epjconf/202125309006>
- Pöllänen, R., Pöllänen, R., Toivonen, H., Lahtinen, J. ve Ilander, T. (1995). *Transport of large particles released in a nuclear accident*. Finnish Centre for Radiation and Nuclear Safety. Pp 39.
- Real, A., Sundell-Bergman, S., Knowles, J.F, Woodhead, D.S. ve Zinger, I. (2004). Effects of ionising radiation exposure on plants, fish and mammals: relevant data for environmental radiation protection. *Journal Radiological Protection*, 2004 Dec;24(4A):A123-37. doi: 10.1088/0952-4746/24/4a/008.
- Reichelt-Brushett, A., Oakes, J.M. (2023). Radioactivity. In: Reichelt-Brushett, A. (eds) *Marine Pollution – Monitoring, Management and Mitigation* . Springer Textbooks in Earth Sciences, Geography and Environment, Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-10127-4_10
- Schoenberg, P., Tunved, P., Grahn, H., Wiedensohler, A., Krejci, R. ve Brännström, N. (2021). Aerosol dynamics and dispersion of radioactive particles, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 21, 5173–5193, <https://doi.org/10.5194/acp-21-5173-2021>, 2021.

- Smičiklas, I. ve Šljivić-Ivanović, M. (2016). Radioactive Contamination of the Soil: Assessments of Pollutants Mobility with Implication to Remediation Strategies. *InTech*. doi: 10.5772/64735
- Tanaka, S., Adati, T., Takahashi, T., Fujiwara, K. ve Takahashi, S. (2018) Concentrations and biological half-life of radioactive cesium in epigeic earthworms after the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident. *Journal Environmental Radioactivity*, 192: 227–32. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2018.06.020>
- Won, E.J., Dahms, H.U., Kumar, K.S., Shin, K.H. ve Lee, J.S. (2015) An integrated view of gamma radiation effects on marine fauna: from molecules to ecosystems. *Environmental Science Pollution Research* 22, 17443–17452. <https://doi.org/10.1007/s11356-014-3797-4>
- Yasmin, S., Barua, B.S., Khandaker, M.U., Kamal, M., Rashid, M.A., Sani, S.A., Ahmed, H., Nikou-ravan, B. ve Bradley, D.A. (2018). The presence of radioactive materials in soil, sand and sediment samples of Potenga sea beach area, Chittagong, Bangladesh: Geological characteristics and environmental implication, *Results in Physics*, 8: 1268–1274, <http://dx.doi.org/10.1016/j.rinp.2018.02.013>.
- Zhu, Y.G. ve Shaw, G. (2000). Soil Contamination With Radionuclides and Potential Remediation, *Chemosphere*, 41(1-2), 121-128. [https://doi.org/10.1016/S0045-6535\(99\)00398-7](https://doi.org/10.1016/S0045-6535(99)00398-7)

RADYOLOJİK TEHDİTLERE KARŞI KORUNMA TEKNİKLERİ

Ümit BAYRAM¹

GİRİŞ

Radyolojik tehditler, iyonize radyasyonun bilinçli ya da istem dışı yayılımı sonucu ortaya çıkan durumları kapsar ve günümüz modern toplumları açısından ciddi bir güvenlik ve sağlık sorunu olarak değerlendirilir. Nükleer teknolojinin yaygın kullanımı, olası radyolojik saldırılar ve radyoaktif maddelerin sağlık, sanayi ve enerji alanlarında kullanımından doğan riskler, etkili korunma yöntemlerinin tasarlanmasını ve uygulanmasını zorunlu kılmaktadır. Çernobil ve Fukushima gibi trajik olaylar ile “kirli bomba” olarak bilinen radyolojik silahların gündeme gelmesi ile bu alandaki farkındalığın ve önlem alma ihtiyacının arttığı görülmektedir.

Bu bölümde, radyolojik tehlikelere karşı alınabilecek önlemler konusuna farklı disiplinlerin bakış açısından yararlanılarak; kullanılan tekniklerin bilimsel dayanakları, uygulamadaki karşılıkları ve kriz yönetimi sistemleriyle nasıl entegre edilebileceği kapsamlı bir şekilde açıklanmakla birlikte hem temel kavramları hem de yeni gelişmeleri inceleyerek, radyolojik korumanın nükleer tesislerden sağlık ortamlarına, ulusal güvenlik operasyonlarından afet müdahale planlamasına kadar farklı bağlamlarda nasıl ele alındığına dair derin akademik bir anlayışa katkı sağlaması hedeflenmiştir. Bölümde öne çıkan başlıklar arasında; radyolojik tehditlerin tanımı, sınıflandırılması, radyasyondan korunma ilkeleri (maruziyet süresinin azaltılması, uzaklığın artırılması, uygun malzeme kullanımı), ölçüm ve tespit cihazları, koruyucu donanımlar, radyolojik tehdit senaryolarına bağlı olarak risk analizi ve dekontaminasyon süreçlerinin sağlıkla ilgili müdahale

¹ Öğr. Gör. Dr., Abdullah Gül Üniversitesi, Merkezi Araştırma Laboratuvarı (AGU-CRF),
umit.bayram@agu.edu.tr, ORCID iD: 0000-0001-8760-8024

standartlarına dayanan hem teknik hem de organizasyonel önlemlere bağlı olduğu görülmektedir.

Radyolojik risklere karşı korunma, yalnızca teknik uzmanlara ya da devlet otoritelerine değil, aynı zamanda sivil topluma da düşen ortak bir sorumluluk olarak ele alınmalıdır. Bu nedenle kapsamlı bir koruma çerçevesi, yalnızca radyasyonun fiziksel olarak tanımlanmasıyla sınırlı kalmamalı; aynı zamanda kapsayıcı politika üretimi, kültürel açıdan duyarlı iletişim stratejileri ve etkilenen topluluklara yönelik uzun vadeli destek uygulamalarını da içermelidir. Bu geniş bakış açısı, radyolojik güvenliğin sadece teknik bir hedef değil; adalet, insan onuru ve ortak çalışma ilkelerine dayanan bir insani yükümlülük olduğunu ifade etmektedir. Ancak bu şekilde, giderek karmaşıklaşan risk ortamında sürdürülebilir ve etik temelli bir radyolojik koruma sağlanabilir.

KAYNAKLAR

- Alkış, A. (2023). Nuclear Security for Nuclear Newcomers: Exploring Türkiye's Readiness. 14 Mayıs 2025 tarihinde <https://www.stimson.org/2023/nuclear-security-for-nuclear-newcomers-exploring-turkiyes-readiness> adresinden erişildi.
- Garcia-Sayan, E., Jain, R., Wessly, P., Mackensen, G.B., Johnson, B. ve Quader, B. (2024). Radiation Exposure to the Interventional Echocardiographers and Sonographers: A Call to Action. *Journal of the American Society of Echocardiography*, 37(7), 698–705.
- Gaurav, T., Anupam S., Srikanta R., Dipendu B. ve Mukund L. (2021). Radiation Shielding Concrete with alternate constituents: An approach to address multiple hazards. *Journal of Hazardous Materials*, 404, Part B, 124201.
- IAEA (2025). International Atomic Energy Agency. Communication with the Public in a Nuclear or Radiological Emergency. 10 Haziran 2025 tarihinde <https://www.iaea.org/services/education-and-training/training-courses/epr/communication-with-the-public-in-a-nuclear-or-radiological-emergency> adresinden erişildi.
- International Atomic Energy Agency (2025) (IAEA). Security During the Lifetime of a Nuclear Facility, Implementing Guide. 18 Mayıs 2025 tarihinde <https://www.iaea.org/publications/12363/security-during-the-lifetime-of-a-nuclear-facility> adresinden erişildi.
- Nathaniel, J. (2025). Senior Research Analyst. Shielding the Future: Top 7 Trends in Radiation Detection, Monitoring, and Safety Equipment Market. 25 Mayıs 2025 tarihinde <https://www.verifiedmarketreports.com/blog/top-7-trends-in-radiation-detection-monitoring-and-safety-equipment-market> adresinden erişildi.
- Physical Protection (2025). The U.S. Nuclear Regulatory Commission. 26 Mayıs 2025 tarihinde <https://www.nrc.gov/security/domestic/phys-protect.html> adresinden erişildi.
- Protective Action Guide (PAGs), US EPA (2025). 12 Mayıs 2025 tarihinde <https://www.epa.gov/radiation/protective-action-guides-pags> adresinden erişildi.
- Radiation Emergencies, Office of Emergency Management, Prince William, Virginia. 3 Haziran 2025 tarihinde <https://www.pwcva.gov/department/office-emergency-management/radiation-emergencies> adresinden erişildi.
- Radiation Emergency Preparedness and Response (2025). Overview, Occupational Safety and Health Administration. 17 Mayıs 2025 tarihinde <https://www.osha.gov/emergency-prepared->

- ness/radiation adresinden erişildi.
- Radiation Safety, Exposure Limits, Center for Nondestructive Evaluation, Iowa State University, United States. 10 Haziran 2025 tarihinde https://www.nde-ed.org/NDEEngineering/RadiationSafety/safe_use/exposure.xhtml adresinden erişildi.
- Radioactive Waste Management (2025), Penn State. 10 Haziran 2025 tarihinde <https://ehs.psu.edu/radioactive-waste-management/overview> adresinden erişildi.
- Radyasyon Acil Durumlarının Yönetimi Hakkında Yönetmelik (2023). 9 Nisan 2025 tarihinde <https://mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=40229veMevzuatTur=7veMevzuatTertip=5> adresinden erişildi.
- Saint Louis University (2025). Radioactive Waste Packaging Instructions for Laboratories, Missouri, p. 10. (<https://www.slu.edu/research/faculty-resources/research-integrity-safety/environmental-health-safety/-pdf/radioactive-waste-packaging-instructions-for-labs.pdf>)
- Toxigon (2025). Advances in Radiation Detection Technology: A Deep Dive. 22 Mayıs 2025 tarihinde <https://toxigon.com/advances-in-radiation-detection-technology> adresinden erişildi.
- Uffmann M. ve Schaefer-Prokop C. (2009). Digital Radiography: The Balance Between Image Quality and Required Radiation Dose. *European Journal of Radiology*, 72(2), 202–208.
- Vetter, K., Barnowski, R., Cates, J. W., Haefner, A., Joshi, T. H. Y., Pavlovsky, R. ve Quiter, B. J. (2019). Advances in Nuclear Radiation Sensing: Enabling 3-D Gamma-Ray Vision. *Sensors*, 19(11), 2541.
- Wieder J. (2018). Communication, Education and Public Information for Radiological Emergencies: What Is Next? *Health Physics*, 114(2), 204–205.

NÜKLEER KAZALAR VE ANLIK ETKİLERİ

Ercan KARAKÖSE¹

GİRİŞ

Nükleer enerji, günümüzde giderek artan enerji talebini karşılamak ve karbon emisyonlarını azaltmak amacıyla değerlendirilen en önemli enerji kaynaklarından biri olmayı sürdürmektedir. Yaklaşık 440 ticari nükleer reaktör, dünya elektrik üretiminin %9'unu sağlamaktadır. Bu katkının temelinde yüksek enerji yoğunluğu ve karbonsuz elektrik üretimi avantajları yatmaktadır (World Nuclear Association, 2025). Uranyum gibi nükleer yakıtların enerji üretim potansiyeli, geleneksel fosil yakıtlarla kıyaslandığında çok daha yüksektir; örneğin 1 kg uranyum-235'ten elde edilen enerji, 14 ton kömürden elde edilen enerjiye eşdeğerdir (European Nuclear Society, 2025). Bu verimlilik, özellikle iklim değişikliğiyle mücadelede nükleer enerjiyi çekici bir seçenek haline getirmiştir.

Bununla birlikte, nükleer enerji üretimi çok katmanlı ve karmaşık risk profilleri ile karakterize edilmektedir. Risk kavramı yalnızca teknolojik tehlikelerle sınırlı olmayıp, uzun vadeli çevresel etkiler, insan sağlığına yönelik tehditler ve toplumsal algı faktörlerini de kapsamaktadır (Tichý ve ark., 2025). Nükleer risklerin temel bileşenlerinden biri, kontrol dışı radyasyon yayılımıdır. Çernobil (1986) ve Fukushima (2011) felaketleri, bu tür yayılımların çevresel ve biyolojik sistemler üzerindeki kalıcı etkilerini gözler önüne sermiştir (Ajanaku ve ark., 2025; Mikami ve ark., 2019; Malá ve ark., 2013).

Örneğin, Çernobil sonrası orman ekosistemlerinde ¹³⁷Cs ve ⁹⁰Sr gibi uzun ömürlü izotoplar hâlâ biyojeokimyasal döngüler içinde aktif olarak taşınmakta-

¹ Prof. Dr., Kayseri Üniversitesi, Mühendislik, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Mühendislik Temel Bilimleri Bölümü, ekarakose@kayseri.edu.tr, ORCID iD: 0000-0001-5586-3258

KAYNAKLAR

- Ajanaku, O., Ilori, A.O. ve Ediagbonya, T.F. (2025). Dynamics of radionuclide movement in forests: A review of Chernobyl and Fukushima impact studies. *Journal of Environmental Radioactivity*, 287, 107723. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2025.107723>
- Bilgiç, E. ve Gündüz, O. (2021). Analysis of the impact of various vertical release patterns on the atmospheric dispersion and total deposition of ^{137}Cs from Chernobyl Nuclear Power Plant accident. *Environmental Science and Pollution Research*, <https://doi.org/10.1007/s11356-021-15211-8>
- Champlin, R.E. ve Chao, N. J. (2024). Mass radiation exposure: Lessons of Chernobyl, transplant center preparations and the Radiation Injury Treatment Network. *Transplantation and Cellular Therapy*, 30(10), 1037–1041. <https://doi.org/10.1016/j.jtct.2024.10.004>
- Djedidi, S., Yamagata, Y., Ban, T., Ookawa, T., Ohkama-Ohtsu, N. ve Yokoyama, T. (2025). Influence of black Aspergillus-based soil amendments on ^{137}Cs uptake by rice grown in Fukushima-contaminated soils. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 65, 103552. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2025.103552>
- European Nuclear Society. (2025). *Coal equivalent*. Euronuclear Glossary <https://www.euronuclear.org/glossary/coal-equivalent/>
- Evangelidou, N., Balkanski, Y., Cozic, A. ve Möller, A.P. (2013). Simulations of the transport and deposition of ^{137}Cs over Europe after the Chernobyl Nuclear Power Plant accident: Influence of varying emission-altitude and model horizontal and vertical resolution. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 13, 7183–7198. <https://doi.org/10.5194/acp-13-7183-2013>
- International Atomic Energy Agency (IAEA). (2018). *Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material (SSR-6)*. Vienna: IAEA.
- IAEA (International Atomic Energy Agency). (2004). Definitions and Terminology for Nuclear Safety. IAEA Safety Standards Series No. SF-1. Vienna: IAEA. <https://www.iaea.org/publications/7456/safety-glossary>
- Kashparov, V., Levchuk, S., Zhurba, M., Protsak, V. ve Beresford, N. A. (2020). Spatial radionuclide deposition data from the 60 km radial area around the Chernobyl Nuclear Power Plant: Results from a sampling survey in 1987. *Earth System Science Data*, 12, 1861–1875. <https://doi.org/10.5194/essd-12-1861-2020>
- Kobashi, Y., Takebayashi, Y., Tsubokura, M., Ohira, T., Sakai, A., Okazaki, K., Shimabukuro, M., Ohto, H. ve Yasumura, S. (2025). Longitudinal health checkup access pattern following a triple disaster using latent class growth analysis: The Fukushima Health Management Survey. *Public Health*, 244, 105755. <https://doi.org/10.1016/j.puhe.2025.105755>
- Li, H., Chen, D., Nie, B. ve Wang, D. (2025). Numerical modeling and parameters analysis of marine radionuclide dispersion under the Fukushima Daiichi nuclear accident. *Progress in Nuclear Energy*, 184, 105716. <https://doi.org/10.1016/j.pnucene.2025.105716>
- Lönartz, M.I., Pöml, P., Colle, J.Y., Manara, D. ve Burakov, B. E. (2023). Characterization of black and brown Chernobyl “lava” matrices: The formation process reviewed. *Progress in Nuclear Energy*, 163, 104796. <https://doi.org/10.1016/j.pnucene.2023.104796>
- Makarenko, E.S., Volkova, P.Y. ve Geras'kin, S. A. (2024). The pollen quality of woody and herbaceous plants from the Chernobyl exclusion zone. *Journal of Environmental Radioactivity*, 278, 107504. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2024.107504>
- Malá, H., Rulík, P., Bečková, V., Mihalík, J. ve Slezáková, M. (2013). Particle size distribution of radioactive aerosols after the Fukushima and the Chernobyl accidents. *Journal of Environmental Radioactivity*, 126, 92–98. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2013.07.016>
- Mietelski, J.W., Mróz, T., Brudecki, K., Janowski, P. ve Dziedzic, B. (2022). On a risk of inhalation exposure during visits in Chernobyl exclusion zone. *Journal of Environmental Radioactivity*,

- 251–252, 106972. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2022.106972>
- Mikami, S., Tansaka, H., Matsuda, H., Sato, S., Hoshide, Y., Okuda, N. ve ark. (2019). The deposition densities of radiocesium and the air dose rates in undisturbed fields around the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant; their temporal changes for five years after the accident. *Journal of Environmental Radioactivity*, 210, 105941. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2019.03.017>
- Manaka, T., Ohashi, S., Sakashita, W., Imamura, N. ve Inagaki, Y. (2025). Sorption experiments using stemflow: Reproduction and understanding of radiocesium dynamics on the forest floor during the early stage after the Fukushima nuclear accident. *Journal of Environmental Radioactivity*, 286, 107695. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2025.107695>
- Kumar, R., Ahmed, Z., Xu, R., Sharma, A. K., Yokoyama, R., Miwa, S., Suzuki, S. ve Okamoto, K. (2025). Investigation of aerosol particle dispersion and removal via non-reacting gas for Fukushima Daiichi plant decommissioning. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 13, 117246. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2025.117246>
- Ripon, R.I., Begum, Z.A., Takata, H. ve Rahman, I.M.M. (2025). Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant's radioactive water: A decade of treatment and the road ahead? *Radiation Physics and Chemistry*, 233, 112683. <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2025.112683>
- Sakuma, K., Kurikami, H., Wainwright, H., Tanimori, S., Nagao, F., Ochi, K., Sanada, Y. ve Saito, K. (2024). Integrated radiation air dose rate maps over the 80 km radius of the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant and the entire Fukushima Prefecture during 2011–2022. *Journal of Environmental Radioactivity*, 280, 107554. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2024.107554>
- Saito, K., Mikami, S., Andoh, M., Matsuda, N., Kinase, S., Tsuda, S., Yoshida, T., Sato, T., Seki, A., Yamamoto, H., Sanada, Y., Wainwright, H. M. ve Takemiya, H. (2019). Summary of temporal changes in air dose rates and radionuclide deposition densities in the 80 km zone over five years after the Fukushima Nuclear Power Plant accident. *Journal of Environmental Radioactivity*, 210, 105878. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2018.12.020>
- Sanada, Y., Urabe, Y., Sasaki, M., Ochi, K. ve Torii, T. (2018). Evaluation of ecological halflife of dose rate based on airborne radiation monitoring following the Fukushima Daiichi nuclear plant accident. *Journal of Environmental Radioactivity*, 192, 417–425. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2018.07.016>
- Tichý, O., Evangelidou, N., Selivanova, A. ve Šmídl, V. (2025). Inverse modeling of ¹³⁷Cs during Chernobyl 2020 wildfires without the first guess. *Atmospheric Pollution Research*, 16, 102419. <https://doi.org/10.1016/j.apr.2025.102419>
- Tsutsui, Y., Ujiie, T., Takaya, R., Uchida, H., Odagiri, Y., Tominaga, M. ve Takahara, M. (2024). 11-year trends of psychological impact on Fukushima mothers and children post-nuclear accident. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 95, 101727. <https://doi.org/10.1016/j.appdev.2024.101727>
- World Nuclear Association. (2025). *Nuclear power in the world today*. <https://world-nuclear.org/information-library/current-and-future-generation/nuclear-power-in-the-world-today.aspx>

NÜKLEER KAZALAR SONRASI UZUN VADELİ ETKİLER VE REHABİLİTASYON

Gökhan KOÇAK¹

GİRİŞ

Nükleer enerji, yüksek verimlilik ve düşük karbon salınımı gibi avantajları nedeniyle modern enerji politikalarında önemli bir yere sahiptir. Ancak bu potansiyelin yanında, nükleer teknolojinin yönetiminde yaşanabilecek hatalar veya doğal afetler sonucu meydana gelebilecek kazalar, çok boyutlu ve uzun vadeli etkiler doğurabilmektedir. Nükleer kazalar, yalnızca olayın gerçekleştiği anı değil, sonraki yılları ve hatta nesilleri etkileyebilecek fiziksel, çevresel, ekonomik ve toplumsal sonuçlar doğurmaktadır.

Bu bağlamda, nükleer kazaların ardından ortaya çıkan uzun vadeli etkilerin değerlendirilmesi, yalnızca geçmişte yaşanan olayların analizi açısından değil, gelecekte benzer durumlarla karşılaşılması halinde izlenecek yolların belirlenmesi açısından da büyük önem taşımaktadır. Çernobil (1986) ve Fukushima (2011) gibi nükleer kaza olayları, bu tür felaketlerin sınır tanımaksızın uluslararası ölçekte sonuçlar doğurabileceğini göstermiştir. Söz konusu kazalar, yalnızca teknik bir arıza ya da insan hatası değil, aynı zamanda risk iletişimi, kriz yönetimi ve toplumsal dayanıklılık açısından da zafiyetlerin varlığını gözler önüne sermiştir.

Nükleer kazaların uzun vadeli etkileri, klasik afet yönetimi modellerinin ötesinde, disiplinler arası bir yaklaşımla ele alınmalıdır. Bu etkiler, yıllar sonra dahi toprakta, su kaynaklarında ve insan sağlığında kendini gösterebilmektedir (Bhele ve ark., 2024). Bu nedenle hem fiziksel çevrenin hem de insan topluluklarının

¹ Prof. Dr., Erciyes Üniversitesi, Fen Fakültesi, Fizik Bölümü, gkocak@erciyes.edu.tr,
ORCID iD: 0000-0003-1784-7761

- Fitoremediasyon ve biyoteknolojik çözümlerin araştırılması ve yaygınlaştırılması teşvik edilmelidir.
- Radyoaktif atık yönetimi için geçici değil kalıcı çözümler geliştirilmelidir.

Uluslararası İş Birliği ve Bilgi Paylaşımı

- IAEA, WHO ve AB projeleri kapsamında ülkeler arası bilgi ve deneyim paylaşımı artırılmalıdır.
- Uluslararası mobil ekipler, hızlı müdahale ve eğitim amaçlı ortak protokollerle hazır bulundurulmalıdır.
- Nükleer enerji kullanan her ülke, sınır ötesi etkileri göz önünde bulundurarak uluslararası yükümlülöklere açık olmalıdır.

Eğitim ve Farkındalık

- Üniversitelerde nükleer riskler, rehabilitasyon teknikleri ve radyolojik sağlık etkileri konularında çok disiplinli programlar oluşturulmalıdır.
- İlk ve ortaöğretim düzeyinde, risk farkındalığına yönelik temel bilgiler müfredata dahil edilmelidir.
- Tatbikatlar, simölasyonlar ve halkla etkileşimli bilgilendirme kampanyaları yaygınlaştırılmalıdır.

Sonuç olarak, nükleer kazalar sonrası nükleer kazaların uzun vadeli etkilerini azaltmak için etkili müdahale ve rehabilitasyon süreçleri, sadece teknolojik önlemlerle değil; toplumsal katılım, şeffaf yönetim, bilim temelli politika üretimi ve uluslararası dayanışma ile mümkündür. Bu çerçevede hazırlanmış bütöncöl stratejiler, hem mevcut nükleer enerjinin daha güvenli kullanılmasını sağlayacak hem de gelecekte olası kazaların etkilerini asgariye indirgeyecektir.

KAYNAKLAR

- Bhele, V.D., Ghanekar, T., Bhosale, S.S. ve Jadhav, A.G. (2024). Nuclear Accidents: An In-Depth Analysis of Historical Events and Lessons for Future Safety (September 21, 2024). <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.5016274>
- Cassatt, D.R., Winters, T.A. ve PrabhuDas, M. (2023). Immune Dysfunction from Radiation Exposure. *Radiation Research*, 1; 200(4): 389-395. <https://doi.org/10.1667/RADE-22-00197.1>
- Christodouleas, J.P., Forrest, R.D., Ainsley, C.G., Tochner, Z., Hahn, S.M. ve Glatstein, E. (2011). Short-term and long-term health risks of nuclear-power-plant accident. *New England Journal of Medicine*, 364, 2334 – 2341.
- Christopher, R., Martinsson, J., Eriksson, M., Ewald, J., Javid, R.G., Hjellström, M., Isaksson, M., Rasmussen, J., Sterner, T. ve Finck, R. (2023). Restoring areas after a radioactive fallout: A multidisciplinary study on decontamination, *Journal of Environmental Radioactivity*, 270,

- 107268, ISSN 0265-931X, <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2023.107268>.
- Cwikel, J., Sergienko, R., Gutvirtz, G., Abramovitz, R., Slusky, D., Quastel, M. ve Sheiner, E. (2020). Reproductive Effects of Exposure to Low-Dose Ionizing Radiation: A Long-Term Follow-Up of Immigrant Women Exposed to the Chernobyl Accident. *Journal of Clinical Medicine*, 8; 9(6): 1786. doi: 10.3390/jcm9061786.
- Epifanova, N.V. ve Tertyshnik, E.G. (2012). Chemical stabilization of radioactive cesium and strontium in soils using ferrocyanide and clay minerals. *Radiochemistry*, 54(5), 469–474. <https://doi.org/10.1134/S1066362212050034>
- EURATOM (2020). *Basic Safety Standards Directive (2013/59/Euratom)*. Official Journal of the European Union, L13/1.
- Evrard, O., Laceby, J. P., Lepage, H., Onda, Y., Cerdan, O. ve Lefèvre, I. (2019). Radiocesium transfer from soils to rivers following the Fukushima Dai-ichi nuclear power plant accident: A review. *Journal of Environmental Radioactivity*, 198, 196–208. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2018.03.011>
- González, A.B., Bouville, A., Rajaraman, P. ve Schubauer-Berigan, M. (2017). ‘Ionizing Radiation’, in Michael Thun, and others (eds), *Cancer Epidemiology and Prevention*, 4th edn (New York, Oxford Academic). <https://doi.org/10.1093/oso/9780190238667.003.0013>
- Hasegawa, K. (2015). Facing nuclear risks: Lessons from the Fukushima nuclear disaster. *International Journal of Japanese Sociology*, 24(1), 121–132. <https://doi.org/10.1111/ijjs.12032>
- Hayashi, F., Ohira, T., Nakano, H., Nagao, M., Okazaki, K., Harigane, M., Yasumura, S., Maeda, M., Takahashi, A., Yabe, H., Suzuki, Y. ve Kamiya, K. (2021). Fukushima Health Management Survey Group. Association between post-traumatic stress disorder symptoms and bone fractures after the Great East Japan Earthquake in older adults: a prospective cohort study from the Fukushima Health Management Survey. *BMC Geriatrics*. 7; 21(1): 18. <https://doi.org/10.1186/s12877-020-01934-9>
- Higley, K.A. (2006). Environmental consequences of the Chernobyl accident and their remediation: Twenty years of experience. Report of the chernobyl forum expert group ‘environment’: STI/PUB/1239, International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria, 166pp. *Radiation Protection Dosimetry*, 121, 476–477. <https://doi.org/10.1093/rpd/ncl163>
- IAEA (2006). *Environmental consequences of the Chernobyl accident and their remediation: Twenty years of experience*. Report of the Chernobyl Forum Expert Group ‘Environment’. Vienna: International Atomic Energy Agency. https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1239_web.pdf
- IAEA (2021). *Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency: General Safety Requirements*. IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 7. Vienna: International Atomic Energy Agency. <https://www.iaea.org/publications/10905>
- ICRP. (2000). Pregnancy and medical radiation (ICRP Publication 84). *Ann. ICRP*, 30(1), 1–46.
- Kolominsky, Y., Igumnov, S. ve Drozdovitch, V. (1999). The psychological development of children from Belarus exposed in the prenatal period to radiation from the Chernobyl atomic power plant. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, and Allied Disciplines*, 40(2), 299–305.
- Kumar Sharma, A., Shaw, P., Kalonia, A., Yashavardhan, M.H., Chaudhary, P., Vibhuti, A. ve Kumar Shukla, S. (2021). Recent Perspectives in Radiation-Mediated DNA Damage and Repair: Role of NHEJ and Alternative Pathways. *IntechOpen*. doi: 10.5772/intechopen.96374
- Little, J. (1993). The Chernobyl accident, congenital anomalies and other reproductive outcomes. *Paediatric and Perinatal Epidemiology*, 1993 Apr;7(2):121-51. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3016.1993.tb00388.x>
- Little, M.P. ve Lipshultz, S.E (2015). Low dose radiation and circulatory diseases: a brief narrative review. *Cardiooncology*. 2015 Nov 26;1(1):4. <https://doi.org/10.1186/s40959-015-0007-6>
- Loganovsky, K.N. ve Vasilenko, Z.L. (2013). Depression and ionizing radiation. *Problemy Radiat-*

- siinoi Medytsyny ta Radiobiolohii, (18):200-19. (Ukraynaca)
- Longmuir, C. ve Agyapong, V.I.O. (2021). Social and Mental Health Impact of Nuclear Disaster in Survivors: A Narrative Review. *Behavioral Sciences (Basel)*, 23;11(8):113. <https://doi.org/10.3390/bs11080113>
- Malins, A., Kurihara, O., Saito, K. ve Yoshida, M. (2015). Evaluation of topsoil removal and soil mixing for radiocesium decontamination in Fukushima Prefecture. *Journal of Environmental Radioactivity*, 150, 122–130. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2015.08.016>
- Ojiambo, S.B., Lyons, W.B., Welch, K.A., Poreda, R.J. ve Johannesson, K.H. (2003). Strontium isotopes and rareearth elements as tracers of groundwater–lake water inter-actions, Lake Naivasha, Kenya. *Applied Geochemistry*, 18(11), 1789–1805.
- Petrillo, L., Rossi, F., Bianchi, M. ve Capra, L. (2025). Advances in chemical immobilization of radionuclides in contaminated agricultural soils. *Environmental Science and Pollution Research*, 32(4), 4890–4902. <https://doi.org/10.1007/s11356-024-25678-3>
- Rooney, M.K., Andring, L.M., Corrigan, K.L., Bernard, V., Williamson, T.D., Fuller C.D., Garden, A.S., Gunn, B., Lee A., Moreno, A.C., Morrison, W.H., Phan J., Rosenthal, D.I., Spiotto M. ve Frank, S.J. (2023) Hypothyroidism following Radiotherapy for Head and Neck Cancer: A Systematic Review of the Literature and Opportunities to Improve the Therapeutic Ratio. *Cancers (Basel)*. 29; 15(17): 4321. <https://doi.org/10.3390/cancers15174321>
- Schull, W.J., Otake, M., Neel, J.V. (1981). Genetic effects of the atomic bombs: a reap-praisal. *Science*, 213, 1220-1227.
- Singh, G., Bhadange, S., Bhawna, F., Shewale, P., Dahiya, R., Aggarwal, A. ve ark. (2023). Phytoremediation of radioactive elements, possibilities and challenges: special focus on agricultural aspects. *International Journal of Phytoremediation*, 25(1), 1-8.
- Thomas, G.A. ve Symonds, P. (2016). Radiation Exposure and Health Effects - is it Time to Reassess the Real Consequences? *Clinical Oncology (R Coll Radiol)*. 28 (4): 231-6. doi: 10.1016/j.clon.2016.01.007.
- UNSCEAR (2020). *Sources, effects and risks of ionizing radiation: UNSCEAR 2019 report, Volume I*. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. <https://doi.org/10.18356/9789210046722c007>
- Wdowiak, A., Skrzypek, M., Stec, M. ve Panasiuk, L. (2019). Effect of ionizing radiation on the male reproductive system. *Annals Agricultural Environmental Medicine*, 17; 26(2): 210-216. <https://doi.org/10.26444/aaem/106085>
- WHO (2013). *Health risk assessment from the nuclear accident after the 2011 Great East Japan Earthquake and Tsunami*. Geneva: World Health Organization. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/78218>
- Yablokov, A. V., Nesterenko, V. B. ve Nesterenko, A. V. (2009). *Chernobyl: Consequences of the catastrophe for people and the environment*. New York Academy of Sciences. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2009.04818.x>

NÜKLEER TEHDİTLERE KARŞI ERKEN UYARI VE KORUNMA SİSTEMLERİ

Murat ŞİRİN¹

GİRİŞ

Nükleer enerji teknolojisinin geliştirilmesiyle birlikte insanlık hem büyük faydalar hem de potansiyel olarak yıkıcı sonuçlar barındıran bir güce erişmiştir. Bu güç, yalnızca enerji üretiminde değil, askeri stratejilerde, tıbbi uygulamalarda ve hatta endüstriyel proseslerde önemli rol oynamaktadır. Ancak bu çok yönlü kullanım, aynı zamanda nükleer risklerin yönetimini, erken uyarı sistemlerini ve korunma stratejilerini de zorunlu kılmaktadır. Soğuk savaş dönemi boyunca şekillenen nükleer stratejiler, günümüzde terör tehditleri, teknolojik arızalar ve siyasi belirsizliklerle daha da karmaşık bir hale gelmiştir (Bruusgaard, 2021).

Nükleer enerjinin sunduğu fırsatlar ile beraberinde getirdiği riskler arasındaki hassas denge, ulusal güvenlikten çevresel sürdürülebilirliğe kadar pek çok disiplini ilgilendiren kapsamlı bir değerlendirmeyi gerekli kılmaktadır. Özellikle nükleer kazalar, sızıntılar veya kötü niyetli kullanımlar sonucunda ortaya çıkabilecek etkiler, yalnızca belirli bir coğrafyayı değil, küresel ölçekte insan sağlığını, ekosistemleri ve ekonomik dengeleri tehdit edebilmektedir. Bu nedenle, nükleer risklerin izlenmesi, değerlendirilmesi ve olası senaryolara karşı hazırlık düzeyinin artırılması; uluslararası iş birliği, teknolojik yenilik ve güçlü bir afet yönetimi perspektifini zorunlu hale getirmektedir (Caruso, 2018; Parlak ve ark., 2020).

Nükleer tehditlerin doğası, yalnızca teknolojik faktörlerle değil, aynı zamanda politik istikrarsızlık, uluslararası rekabet ve güvenlik politikalarıyla da yakından ilişkilidir. Bu durum, nükleer güvenliği salt teknik bir mesele olmaktan

¹ Doç. Dr., Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO, Çevre Koruma Teknolojileri, murat.sirin@erdogan.edu.tr, ORCID iD: 0000-0001-6864-752X

arası koordinasyonu güçlendirilmesi ve toplum temelli direnç programlarını yaygınlaştırılması önemlidir. Böylece hem nükleer güvenlik hem de ulusal afet yönetimi açısından sürdürülebilir, bütüncül ve insan odaklı bir savunma yapısı oluşturulabilir.

KAYNAKLAR

- Ayaz, O., İleri G., Çabuk, B., Konukbay, A. ve Koluman, A. (2020). Radyasyon ve Nükleer Savunmaya Yönelik Sığınaklar: Yeni Malzeme Yaklaşımları, 2nd International Disaster ve Resilience Congress (idRc), Eskişehir.
- Bruusgaard, K. V. (2021). Russian nuclear strategy and conventional inferiority. *Survival*, 62(6), 7–32. <https://doi.org/10.1080/00396338.2021.2005431>
- Caruso, G. (2018). IAEA's nuclear safety and nuclear security worldwide. In *International Cooperation for Enhancing Nuclear Safety, Security, Safeguards and Non-proliferation–60 Years of IAEA and EURATOM: Proceedings of the XX Edoardo Amaldi Conference, Accademia Nazionale dei Lincei, Rome, Italy, October 9-10, 2017* (pp. 7-13). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Dağdaş, R. (2020). Afetler Sırasında Hasta ve Yaralıların Müdahalede Sığınak Görevi Yapan Yer Altı Hastanelerine Genel Bir Bakış. *Resilience*, 4(1), 55–63.
- Ekinci, C.E. (2019). *Savunma ve sığınma yapılarında KBRN tehditlerine karşı betonların zırhllanması*. *Engineering Sciences*, 14(3), 119-153.
- Eren, T. ve Dost, A. (2024). Bir üniversite hastanesinde çalışan hemşirelerin kimyasal, biyolojik, radyolojik ve nükleer tehlikeler hakkındaki bilgi, tutum ve öz-yeterliliklerinin belirlenmesi: Tanımlayıcı Araştırma. *Türkiye Klinikleri Journal of Nursing Sciences*, 16(4), 1039-1047.
- Eskişehir Osmangazi Üniversitesi.(2022). *Kimyasal Biyolojik Radyoaktif ve Nükleer (KBRN) Olayları Bilgilendirme Rehberi* (Doküman No: KBR.RH.01; Revizyon No: 00). Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Eğitim, Uygulama ve Araştırma Hastanesi. <https://hastane.ogu.edu.tr/Storage/hastane/Uploads/KBR.RH.01-Kimyasal-Biyolojik-Radyoaktif-ve-N%C3%BCKleer-KBRN-Olaylar%C4%B1-Rehberi.pdf>
- Günaydın, G. (2016). Trabzon İlindeki Kamu Çalışanlarının Sığınaklar Konusundaki Farkındalığı. Yüksek Lisans Tezi. Gümüşhane Üniversitesi.
- IAEA Nuclear Security Series. (2022). *Preventive measures for nuclear and other radioactive material out of regulatory control* (Publication No. PUB1855). https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/PUB1855_web.pdf
- IAEA. (2023). *Emergency preparedness and response standards*. Vienna: International Atomic Energy Agency. <https://www.iaea.org>
- International Atomic Energy Agency. (2019). *The IAEA Nuclear Security Series: Scope and Structure*. IAEA.
- International Atomic Energy Agency. (2020). *Nuclear Security Series: Detection in a State's Interior of Nuclear and Other Radioactive Material out of Regulatory Control*. IAEA.
- International Atomic Energy Agency. (2023). *Nuclear Security Series: Updates on Standards and Integration*. IAEA.
- Nemeth, C., Sedehi, J., Rule, G., Di Pietrantonio, J., Laufersweiler, D., Keeney, N. ve Clark, R. (2024). Decision support for CBRN avoid and protect missions. *Cognition, Technology ve Work*, 26(3), 375-384.
- Parlak, Y., Uysal, B., Kırış, F. S., Kovan, B., Demir, M., Ayan, A. ve ark. (2020, August). Radyasyon güvenliği kılavuzu: genel tanımlar ve nükleer tıp uygulamalarında radyasyondan korunma

- kuralları. In *Nuclear Medicine Seminars*. Nuclear Medicine Seminars.
- Sağlık Bakanlığı. (2022). *Sağlık Bakanlığı KBRN Yönergesi*.
- Sarıaslan, H. (2024). Uçaklarda KBRN tehditleri algılama ve müdahale teknolojileri ve taşımacılıktaki yeni konseptler: Havayolu endüstrisinde risk analizi ve değerlendirmesi. *Journal of Aerospace Science and Management*, 2(2), 84–97.
- Şahin, F. ve Cengiz, S. (2021). Kbrn Olaylarında Müdahil Bazi Kurum Personellerinin Konu Hakkındaki Bilgi, Beceri, Deneyim ve Görüşlerinin Derinlemesine Mülakat Tekniği ile Ölçülmesi: Gümüşhane ve Erzurum İli Örneği. *Global Journal of Economics and Business Studies*, 10(20), 81-101.
- Tarapata, Z., Antkiewicz, R., Najgebauer, A. ve Pierzchała, D. (2021). Risk analysis and alert system for CBRN threats: features and functions. In *Proceedings of the 37th International Business Information Management Association Conference* (pp. 10998-11008).