

T.C.

MİLLÎ SAVUNMA ÜNİVERSİTESİ
ALPASLAN SAVUNMA BİLİMLERİ VE MİLLÎ GÜVENLİK
ENSTİTÜSÜ
KBRN- P SAVUNMA ANABİLİM DALI
KBRN SAVUNMA PROGRAMI

AB ÜLKELERİ İLE ABD'DE KULLANILAN
KBRN DEKONTAMİNASYON YÖNTEM VE
SİSTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILARAK
TÜRKİYE ÖRNEĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ŞEYMA ÜLKER KURTULUŞ
2181303

TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. ALPASLAN ATMANLI

ANKARA
TEMMUZ 2024

**T.C.
MİLLÎ SAVUNMA ÜNİVERSİTESİ
ALPASLAN SAVUNMA BİLİMLERİ VE MİLLÎ GÜVENLİK
ENSTİTÜSÜ
KBRN- P SAVUNMA ANABİLİM DALI
KBRN SAVUNMA PROGRAMI**

**AB ÜLKELERİ İLE ABD'DE KULLANILAN
KBRN DEKONTAMİNASYON YÖNTEM VE
SİSTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILARAK
TÜRKİYE ÖRNEĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ŞEYMA ÜLKER KURTULUŞ
2181303**

TEZ DANIŞMANI: Prof. Dr. ALPASLAN ATMANLI

**ANKARA
TEMMUZ 2024**

T.C.
MİLLÎ SAVUNMA ÜNİVERSİTESİ
ALPASLAN SAVUNMA BİLİMLERİ VE MİLLÎ GÜVENLİK
ENSTİTÜSÜ
KBRN- P SAVUNMA ANABİLİM DALI
KBRN SAVUNMA PROGRAMI

AB ÜLKELERİ İLE ABD'DE KULLANILAN
KBRN DEKONTAMİNASYON YÖNTEM VE
SİSTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILARAK
TÜRKİYE ÖRNEĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ŞEYMA ÜLKER KURTULUŞ
2181303

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: Temmuz 2024
Tezin Savunulduğu Tarih: 7 Haziran 2024

Tez Oy birliği / Oy çokluğu ile başarılı bulunmuştur.

	Unvan Ad Soyad	İmza
Tez Danışmanı:	Prof. Dr. Alpaslan ATMANLI	
Jüri Üyeleri:	Prof. Dr. Filiz DEREKAYA	
	Dr. Öğr. Üyesi Öğ. Alb. Özgür ANIL	

ANKARA
TEMMUZ 2024

ÖZGÜNLÜK RAPORU

Tez çalışmamın a) Kapak sayfası, b) Giriş, c) Ana bölümler ve ç) Sonuç kısımlarından oluşan toplam 219 sayfalık kısmına ilişkin, **22/05/2024** tarihinde şahsım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan özgünlük raporuna göre, tezimin benzerlik oranı %1'dir.

Uygulanan filtrelemeler:

1- Kaynakça hariç

2- Alıntılar hariç

3- 5 kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç Millî Savunma Üniversitesi Alpaslan Savunma Bilimleri ve Milli Güvenlik Enstitüsü Lisansüstü Tez Çalışması Özgünlük Raporu Alınması ve Kullanılması Uygulama Usul ve Esaslarını inceledim ve bu Uygulama Esaslarında belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Şeyma Ülker Kurtuluş

ETİK BEYAN

Millî Savunma Üniversitesi Enstitüleri Lisansüstü Tez Hazırlama Kılavuzu'nda yer alan kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında; tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, bildirir; aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Bu tezdeki düşünce, görüş, varsayım, sav veya tezler bana aittir; Millî Savunma Bakanlığı, Millî Savunma Üniversitesi ve Alpaslan Savunma Bilimleri ve Milli Güvenlik Enstitüsü sorumlu tutulamaz.

Şeyma Ülker Kurtuluş

İTHAF



Ay Yıldızlı bayrağı altında yaşamaktan onur duyduğum güzel Ülkem
TÜRKİYE...

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Kimyasal, biyolojik, radyolojik ve nükleer maddelerin ve ajanların kazara veya kasıtlı olarak serbest bırakılmaları ve yayılmaları topluma potansiyel olarak ciddi anlamda zarar verebilmektedir. Günümüzde bu ajanların birçoğu tıp, tarım ve sanayi alanlarında yenilikçi uygulamalara konu olsa da teknolojinin gelişmesi ve küreselleşme, savaşan aktörlerin ve yöntemlerin de değişmesine neden olmuş ve savaşlar artık yerini daha az maliyetli ve istenen sonuca daha az sürede ulaşmayı amaçlayan, bulanık, hibrit savaş ortamına bırakmıştır. Hibrit savaş ortamında devlet dışı aktörler uluslararası hukukun dışında, askerî olmayan ancak askerî etkilere eşdeğer ve etkisi yüksek kimyasal, biyolojik, radyolojik ve nükleer maddeler ile siber saldırıları, zehirli gazları, finansal araçları asimetrik vasıtalar olarak kullanabilmektedir. Bu nedenle ülkemizin savunma ve güvenliği kapsamında KBRN harp maddelerinin dekontaminasyon ile ilgili kullanılan yöntem ve sistemleri oldukça önemlidir.

Bu tez çalışmasında Avrupa Birliği ülkeleri ile Amerika Birleşik Devletleri'nin sahip olduğu dekontaminasyon yöntem ve sistemleri bütüncül olarak değerlendirilerek Türkiye örneği incelenmiş ve buna ilişkin bir değerlendirme yapılmıştır.

Bu tez çalışmasının planlanmasında ve gerçekleşmesinde, değerli bilgilerini benimle paylaşan tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Alpaslan Atmanlı ve her türlü desteğini esirgemeyen anabilim dalı başkanımız ve aynı zamanda eş danışmanım Dr. Hüseyin Alper İrtem'e çok teşekkür ederim.

Heyecanı ve çabalarıyla her zaman yanımda olan MSB KBRN Daire Başkanımız Sayın Dr. Burçak Çabuk'a en derin şükranlarımı sunarım. Son olarak benden desteğini hiçbir zaman esirgemeyen sevgili eşim Tolga Kurtuluş'a, yorgunluklarımı gülüşüyle azaltan kızım Gülceme, beni bu günlere getiren sevgili aileme ve değerli bilgisiyle beni destekleyen büyüğüm Cemil Gökmen'e sonsuz teşekkür ediyorum.

Şeyma Ülker Kurtuluş

Ankara, Temmuz, 2024

İÇİNDEKİLER

ÖZGÜNLÜK RAPORU	iv
ETİK BEYAN	v
İTHAF	vi
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER	viii
TABLO LİSTESİ	xiii
ŞEKİL LİSTESİ	xiv
SEMBOL LİSTESİ	xx
KISALTMALAR	xxi
ÖZ	xxii
ABSTRACT	xxiii
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Önemi	2
1.2. Çalışmanın Amacı	3
2. YÖNTEM	4
2.1. Kuramsal Çerçeve	4
2.2. Metot	4
3. KBRN KAVRAMININ OLUŞUMU VE KBRN HARP MADDELERİ TARİHİ .	8
3.1. KBRN Kavramının Oluşumu	9
3.2. KBRN Harp Maddeleri Tarihi	10
3.2.1. Kimyasal Harp Maddesi Tarihi	11
3.2.2. Biyolojik Harp Maddesi Tarihi	16
3.2.3. Radyolojik ve Nükleer Harp Maddesi Tarihi	24
4. KBRN HARP MADDELERİ	34
4.1. Kimyasal Harp Maddeleri	34
4.1.1. Sinir Ajanları	37
4.1.2. Vezikantlar (Yakıcı Ajanlar)	40
4.1.3. Kan Ajanları (Siyanojenik Ajanlar)	41
4.1.4. Boğucu Ajanlar (Pulmoner Ajanlar)	42
4.1.5. Kargaşa Kontrol Ajanları	44
4.1.6. Kapasite Düşürücü Ajanlar (Psikomimetik Ajanlar)	45
4.1.7. Toksinler	46
4.2. Biyolojik Harp Maddeleri	48
4.2.1. Bakteriler	50
4.2.2. Riketsiya	55
4.2.3. Virüsler	56
4.2.4. Toksinler	58
4.3. Radyolojik ve Nükleer Harp Maddeleri	59
4.3.2. Nükleer Silahlar	63
5. DEKONTAMİNASYON	67
5.1. Tanım	67

5.2. Dekontaminasyonun Önemi ve Amacı	69
5.3. Dekontaminasyon Yöntemleri	69
5.4. Kimyasal Harp Maddelerinin Dekontaminasyonu.....	75
5.4.1. Mekanik Dekontaminasyon	76
5.4.2. Fiziksel Dekontaminasyon	76
5.4.3. Kimyasal Dekontaminasyon	78
5.5. Biyolojik Harp Maddelerinin Dekontaminasyonu	79
5.5.1. Mekanik Dekontaminasyon	80
5.5.2. Fiziksel Dekontaminasyon	80
5.5.3. Kimyasal Dekontaminasyon	80
5.6. Radyolojik ve Nükleer Harp Maddelerinin Dekontaminasyonu.....	81
5.6.1. Dış Dekontaminasyon	81
5.6.2. İç Dekontaminasyon	83
5.7. Dekontaminasyonda Gelişen Teknolojiler	86
5.8. Dekontaminasyon Türleri.....	87
5.8.1. Acil durum dekontaminasyonu	87
5.8.2. Kitlesele dekontaminasyon	88
5.8.3. Malzeme, Ekipman ve Araç Dekontaminasyonu.....	89
5.8.4. Tıbbi/ Hastane Dekontaminasyonu	92
5.8.5. Tesis Dekontaminasyonu	93
6. DEKONTAMİNASYON YÖNTEM VE SİSTEMLERİ	94
6.1. AB’de Kullanılan Dekontaminasyon Yöntem ve Sistemleri	99
6.1.1. Sıfır Değerlikli Demir Nanopartikülleri.....	99
6.1.2. HGSC 1400 Sıcak Gaz/Sıcak Buhar Dekontaminasyon Sistemi.....	99
6.1.3. MPDS 2 Sıcak Su Basıncılı Dekontaminasyon Sistemi	100
6.1.4. İnsan Tarafından Taşınabilir KBRN Dekontaminasyon Sistemleri- PSDS10 MIL, PRNDS12 MIL ve PSDS 1,5 MIL	100
6.1.5. German C8	101
6.1.6. NOSOCID PAA	101
6.1.7. RDS 2000.....	102
6.1.8. GDS 2000.....	103
6.1.9. DS 5 ve DS 10.....	105
6.1.10. 3. Nesil DF 200	105
6.1.11. GD-6.....	106
6.1.12. SANIJET C. 921	106
6.1.13. SX 34 BX 40 BX 29 BX 24.....	107
6.1.14. LDV X.....	107
6.1.15. MPD 100	108
6.1.16. Çok Amaçlı Dekontaminasyon Sistemi – DEDAS.....	109
6.1.17. SURF-EX Dekontaminasyon Ünitesi	109
6.1.18. Hızlı Tepkili Mobil Dekontaminasyon Sistemi- SMGD RACCOON. 110	
6.1.19. FOGBOOSTER	111
6.1.20. Yaralı Decon AldecontMED.....	111
6.1.21. COBRA İlk Müdahale Dekontaminasyon Kiti	112
6.1.22. Polivalans dekontaminasyon karışımı OR-3.....	113
6.1.23. ODS-5	113
6.1.24. Kişisel Dekontaminasyon Kiti PDK	114
6.1.25. Büyük Ölçekli İnsan Dekontaminasyonu	114
6.1.26. HD 5/11 Cage DJ	115

6.1.27. VDM 265 Vakum Dekontaminasyon	115
6.1.28. Aerosol jeneratörü SN 50.....	116
6.1.29. Sprey Ekstraksiyon Modülü SXM 30 C	117
6.1.30. Cage Sistemi	117
6.1.31. Konteyner Tabanlı DSVP 10C Dekontaminasyon Sistemi.....	118
6.1.32. Decocontain 3000	118
6.1.33. TEP 90.....	119
6.1.34. İlk Müdahale Dekontaminasyon Kiti (BMK)	120
6.1.35. Kişisel Dekontaminasyon Ekipmanları SZMF	120
6.1.36. Personel Dekontaminasyon Konteyneri SZMK.....	121
6.1.37. Tabur düzeyinde dekontaminasyon sistemi ZMB	122
6.1.38. Yaralı Dekontaminasyon Ekipmanı SMR.....	122
6.1.39. Mediclean 2000 SE	123
6.1.40. Alan Duş ve Showerjet 15	124
6.1.41. COUNTERFOG.....	124
6.2. ABD’de Kullanılan Dekontaminasyon Yöntem ve Sistemleri	128
6.2.1. Radyasyon İle Dekontaminasyon.....	128
6.2.2. CWA'ların Dekontaminasyonu için Aktifleştirilmiş Buhar İşlemi	129
6.2.3. Detoksifiye edici ajanlar olarak β -siklodekstrin türevleri.....	130
6.2.4. Detoksifiye Edici Süngerler	130
6.2.5. Biyolojik ve kimyasal silah giderme maddelerini nötralize etmek için temizleme bileşimi	130
6.2.6. Aktifleştirilmiş Alüminyum Oksit Bazlı Dekontaminant	131
6.2.7. Mikroemülsiyon Bazlı Sistem.....	131
6.2.8. Plazma Bazlı Dekontaminasyon	131
6.2.9. Ozon İçeren Sıvı Sistemi.....	134
6.2.10. Diligen II (DII).....	134
6.2.11. Aktifleştirilmiş Hipoklorit Çözeltisi (ASH).....	134
6.2.12. M291	135
6.2.13. Süper Tropikal Ağartıcı [Super Tropical Bleach (STB)].....	135
6.2.14. DS2.....	135
6.2.15. Decon Green	136
6.2.16. Tropikal Cilt Koruyucular [Topical skin protectants (TSP)]	136
6.2.17. Reaktif Cilt Dekontaminasyon Losyonu [Reactive Skin Decontamination Lotion (RSDL)].....	137
6.2.18. Easy Decon DF-200 [Sandia Köpük (Sandia Foam)]	138
6.2.19. L- Gel	140
6.2.20. Nanoteknoloji (NanoStat™)	141
6.2.21. Merdiven Boru Dekontaminasyon Sistemi LDS	143
6.2.22. Decon Özel Koridor Sistemi	143
6.2.23. M12A1 Dekontaminasyon Aparatı (PDDA).....	144
6.2.24. M333 Kimyasal ve Biyolojik Dekontaminasyon Kiti.....	144
6.2.25. M26 Decon.....	145
6.2.26. Dekontaminasyon Atık Su Arıtma Sistemi [Decontamination Effluent Treatment System (DETS)]	146
6.2.27. Yüksek Basınç Sistemi CO ₂ Kar Jeti	147
6.2.28. Dekontaminant Dispersiyon Bastırıcı Köpük (DDSF™)- Dispersiyon Bastırıcı Köpük (DSF™)- Yüzey Dekontaminant Köpüğü (SDF™)	148
6.2.29. Havalı Köpük Dolly Sistemi (AFDS)	148

6.2.30. Hava Arabası Sistemi ve Sırt Çantası Havalı Köpük Sistemi.....	149
6.2.31. Decon 911 Sırt Çantası Havalı Köpük Sistemi.....	150
6.2.32. Decon 911 Müdahale Üç Tekerlekli Bisikleti.....	150
6.2.33. Paletli Muhafaza Sistemi	151
6.2.34. GL1800	152
6.2.35. Dekontaminasyon Barınağı ve Hijyen Duş Setleri	152
6.2.36. İzolasyon Barınağı	153
6.2.37. J Serisi Taktik Yumuşak Barınak (TSS), M Serisi Barınak Sistemi, XB Serisi Barınak Sistemi,	154
6.2.38. İlk Müdahale Sistemi	154
6.2.39. Teknik Decon Duş	155
6.2.40. MASCAS Decon Duş Sistemi	155
6.2.41. Saha Duş Sistemleri	156
6.2.42. Tip 1000 ve Tip 2000 Kişisel Dekontaminasyon Duş Ünitesi.....	157
6.2.43. Tip 3000 Hafif Kitlesel Decon Duş Sistemi ve Tip 5500-D Mass Decon Duş Sistemi	157
6.2.44. HDS 6012 Dekon Havuz.....	158
6.2.45. Vur ve Kaç Kiti 2	158
6.2.46. Defoamer.....	159
6.2.47. GenV Elektrostatik Dekontaminasyon Sistemi (EDS)	159
6.2.48. FAST-ACT™.....	160
6.2.49. Model 924	161
6.2.50. Exterm.....	162
6.2.51. K-9 Decon Kit.....	162
6.2.52. Acil Durum Rad Temizleme Kiti.....	163
6.2.53. İyodowash Quick Decon™.....	163
6.2.54. Decon Now (Tam Vücut Yıkama Havlusu).....	164
6.2.55. EFT Crystal Clean (Metamfetamin Dekontaminant).....	164
6.2.56. M100 SDS Sorbent Dekontaminasyon Sistemi	165
6.2.57. Kimyasal Koruyucu Bariyer	166
6.2.58. Koruyucu Battaniye	166
6.2.59. Yüksek Hareketli Dekontaminasyon Sistemi [High Mobility Decontamination System]	167
6.2.60. SENTINEL 30 / 60 / 120	167
6.3. Türkiye’ de Kullanılan Dekontaminasyon Yöntem ve Sistemleri	168
6.3.1. T-1 Temizleme Tozu.....	168
6.3.2. ACTINI Sıvı Atık Dekontaminasyon Cihazı	169
6.3.3. AQUA Premium Sıvı Atık Dekontaminasyon Cihazı	169
6.3.4. Elbise ve Teçhizat Çadırı	170
6.3.5. KBRN Dekontaminasyon Sistemi	171
6.3.6. Portatif Dekontaminasyon Cihazı	171
6.3.7. Mobil KBRN Dekontaminasyon Merkezleri- ST 3000 DC.....	172
6.3.8. KBRN Müdahale Araçları	173
6.3.9. RDT 1000 Römorklu dekontaminasyon sistem.....	174
6.3.10. ST 2000 DH ve DT 2000 Römorklu Dekontaminasyon Sistemi.....	174
6.3.11. Personel Dekontaminasyon Ünitesi	175
6.3.12. Personel Duş Dozajlama Sistemi	175
6.3.13. Personel Dekontaminasyon Çadırı.....	176
6.3.14. Elbise ve Teçhizat Dekontaminasyon Ünitesi	177

6.3.15. Elbise Ve Teçhizat Dekontaminasyon Çadırı	177
6.3.16. Araç ve Arazi Dekontaminasyon Ünitesi.....	178
6.3.17. Taşınabilir Dekontaminasyon (KBRN) Ünitesi	178
6.3.18. Havuzlu, Portatif Dekontaminasyon Ünitesi	179
6.3.19. Kompakt Duvar Tipi Dekontaminasyon Sistemi	179
6.3.20. Endüstriyel Tip Dekontaminasyon Ünitesi	180
6.3.21. Taşınabilir, Tünel Tipi, Atık Su Toplama Hazneli Dekontaminasyon Ünitesi	181
6.3.22. ISTEK Tip DEKO-MED	181
6.3.23. Hexagon Taşınabilir Dekontaminasyon Ünitesi	182
6.3.24. Dekontaminasyon Atık Su Havuzu.....	183
6.3.25. ISTEK DM10 Litre Portatif Dekontaminasyon Sistemi	183
6.4. Türkiye Örneğinin Değerlendirilmesi	184
SONUÇ	187
EK-1 AB’de Kullanılan Sistemler	191
EK-2 ABD’de Kullanılan Sistemler	193
EK-3 Türkiye’de Kullanılan Sistemler	195
ÖZGEÇMİŞ	196
KAYNAKÇA	197

TABLO LİSTESİ

Tablo 2-1:1915'ten Bu Yana Kimyasal Silah Kullanımına İlişkin Bilgiler	14
Tablo 2-2. 1945'ten 2023'e Tahmini nükleer savaş başlığı stokları	29
Tablo 3-1: Sinir Ajanlarının Kimyasal, Fiziksel ve Çevresel Özellikleri.	39
Tablo 3-2: Biyoterörizm Ajanları/Hastalıklar	49
Tablo 3-3: Kirli Düzine	50
Tablo 4-1: KBRN Acil Durumlarında Dekontaminasyon Metotları.....	86
Tablo 5-1: Standart Dekontaminantlar	96
Tablo 5-2: Standart Olmayan Dekontaminantlar	97
Tablo 5-3: Doğal Dekontaminantlar	98
Tablo 5-4: AB, ABD ve Türkiye’de kullanılan sistemler	186

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1: Nitel Araştırma Süreci	5
Şekil 3.1. Toksik maddelerin kimyasal harp maddesi olarak uygulanmasına ilişkin bazı önemli örneklerin zaman çizelgesi.....	16
Şekil 3.2. Biyolojik maddelerin biyolojik ajanlar olarak uygulanmasına ilişkin bazı önemli örneklerin zaman çizelgesi.....	24
Şekil 3.3. Nükleer Silahlar, 1972-2019.....	28
Şekil 6.1: HGSC 1400 Dekontaminasyon Sistemi.....	99
Şekil 6.2: MPDS 2 Basıncılı Sistem	100
Şekil 6.3: PRNDS/12 MIL Dekontaminasyon Sistemi	101
Şekil 6.4: Perasetik Asit Bazlı Yüksek Seviyeli Dezenfektan	102
Şekil 6.5: RDS 2000 Reaktif Dekontaminasyon Maddesi	103
Şekil 6.6: GDS 2000 Dekontaminasyon Solüsyonu	103
Şekil 6.7: AMGDS 2000- AMGDS 1000 Dağıtım Sistemi	104
Şekil 6.8: DS 10 S Püskürtücü	105
Şekil 6.9: HD 5/11 Kafes DJ / DS 5 ve DS 10 Püskürtücü Sistemler	105
Şekil 6.10: Sanijet C.921 Dekontaminasyon Sistemi	106
Şekil 6.11: LDV-X Dekontaminasyon Sistemi.....	108
Şekil 6.12: MPD 100 Dekontaminasyon Sistemi.....	108
Şekil 6.13: DEDAS Çok Amaçlı Dekontaminasyon Sistemi.....	109
Şekil 6.14: SURF-EX Dekontaminasyon ünitesi	110
Şekil 6.15: SMGD RACCOON Hızlı Tepkili Mobil Sistem	111
Şekil 6.16: FOGBOOSTER Sisleme Cihazı	111

Şekil 6.17: Yaralı Decon AlldcontMED İlk Yardım Kiti	112
Şekil 6.18: COBRA İlk Müdahale Dekontaminasyon Kiti.....	113
Şekil 6.19: OR-3 Dekontaminasyon Karışımı	113
Şekil 6.20: ODS-5 Dekontaminasyon Karışımı	114
Şekil 6.21: Kişisel Dekontaminasyon Kiti PDK	114
Şekil 6.22: Büyük Ölçekli İnsan Dekontaminasyon Sistemleri	115
Şekil 6.23: HD 5/11 Cage DJ Basınçlı Makine	115
Şekil 6.24: VDM 265 Vakum Odası	116
Şekil 6.25: SN 50 Aerosol Jenaratörü	116
Şekil 6.26: SXM 30 C Sprey Ekstraksiyon Modülü	117
Şekil 6.27: Cage Sistemi Taşıma Sistemi	117
Şekil 6.28: DSVP 10C Dekontaminasyon Sistemi	118
Şekil 6.29: Decocontain 3000 Dekontaminasyon Sistemi	119
Şekil 6.30: TEP 90 Dekontaminasyon Sistemi	120
Şekil 6.31: BMK İlk Müdahale Dekontaminasyon Kiti	120
Şekil 6.32: SZMF Kişiler Dekontaminasyon Ekipmanı	121
Şekil 6.33: SZMK Personel Dekontaminasyon Konteyner Sistemi.....	121
Şekil 6.34: ZMB Tabur Dekontaminasyon Sistemi	122
Şekil 6.35: SMR / SMR-U Yaralı DEkontaminasyon Ekipmanı	123
Şekil 6.36: 2000 SE Dekontaminasyon Sistemi.....	123
Şekil 6.37: Alan Duş Sistemi ve Showerjet 15 Duş Sistemi.....	124
Şekil 6.38: Counterfog Hava Dekontaminasyon Sistemi.....	125
Şekil 6.39: Personel Sis Duşu	126
Şekil 6.40: AID 6.1.41.2. Otomatik Entegre Dezenfeksiyon Sistemi.....	126
Şekil 6.41: SDR Dekontaminasyon Sistemi	127

Şekil 6.42: Clear Dekontaminasyon Sistemi.....	127
Şekil 6.43: BIAFTS Dekontaminasyon Sistemi	128
Şekil 6.44: VHP® M1000 Biyodekontaminasyon Sistemi ve VHP® M100 Biyodekontaminasyon Sistemi.....	129
Şekil 6.45: Atmosfer Plazma Dekontaminasyon Sistemi	132
Şekil 6.46: F-MAP BIT İyonizasyon Ünitesi.....	132
Şekil 6.47: BIT Püskürtme Tabanlı Sistem	133
Şekil 6.48: Mobil Sprey Sistemi	134
Şekil 6.49: M 291 Dekontaminant	135
Şekil 6.50: DERMO-STYX Cilt Koruyucu	137
Şekil 6.51: RSDL Dekontaminasyon Losyonu	138
Şekil 6.52: EasyDECON® DF 200.....	139
Şekil 6.53: DF200; Kişisel Olay Müdahale Sistemi (PIDST™); Beş Galonluk Kova Kiti, 100 Galonluk Varil Kiti; 500 Galon Çanta Seti	139
Şekil 6.54: Fortifier GO/NO-GO Test Kiti	140
Şekil 6.55: LDS Merdiven Boru Dekontaminasyon Sistemi	143
Şekil 6.56: Decon Özel Koridoru.....	144
Şekil 6.57: M12A1 Dekontaminasyon Aparatı	144
Şekil 6.58: M333 Kit.....	145
Şekil 6.59: M26 Dekontaminasyon Sitemi	146
Şekil 6.60: DETS Atık Su Arındırma Sistemi	147
Şekil 6.61: CO ₂ Yüksek Basınç Kar Jeti.....	147
Şekil 6.62: SDF Dekontaminant	148
Şekil 6.63: AFDS Havalı Köpük Sistemi.....	149
Şekil 6.64: Hava Arabası Sistemi ve Sırt Çantası Havalı Köpük Sistemi	149
Şekil 6.65: Decon 911 Sırt Çantası	150

Şekil 6.66: Decon 911 Dekontaminasyon Sistemi	151
Şekil 6.67: Paletli Muhafa Sistemi.....	151
Şekil 6.68: GL 1800 Dekontaminasyon Sistemi	152
Şekil 6.69: Dekontaminasyon Barınağı ve Hijyen Duş Setleri	153
Şekil 6.70: İzolasyon Barınağı	153
Şekil 6.71: J Serisi Taktik Yumuşak Barınak (TSS), M Serisi Barınak, XB Serisi Barınak sistemleri.....	154
Şekil 6.72: 1,2 ve 3 Şeritli Müdahale Sistemleri.....	155
Şekil 6.73: Teknik Dekon Duş	155
Şekil 6.74: MASCAS Dekon Duş Sistemi	156
Şekil 6.75: Saha Duş Sistemi	156
Şekil 6.76: Tip 1000 ve Tip 2000 Duş Üniteleri.....	157
Şekil 6.77: T3000 ve T5500-D Duş Sistemleri.....	157
Şekil 6.78: HDS 6012 Decon Havuz	158
Şekil 6.79: Vur ve Kaç Kiti.....	159
Şekil 6.80: Köpük Giderici Sistem- Defoamer	159
Şekil 6.81: Gen V EDS Sistemi	160
Şekil 6.82: FAST-ACT Dekontaminasyon Ekipmanı.....	161
Şekil 6.83: Model 924 Dekontaminasyon Sistemi	161
Şekil 6.84: Exterm Dezenfektan	162
Şekil 6.85: K- 9 Decon Kit.....	162
Şekil 6.86: RAD Temizleme Kiti.....	163
Şekil 6.87: İyodowash Quick Decon™	163
Şekil 6.88: Decon Now Havlu	164
Şekil 6.89: EFT Kristal Temizleyici	165
Şekil 6.90: M 100 Sorbent	165

Şekil 6.91: Kimyasal Koruyucu Bariyer	166
Şekil 6.92: Koruyucu Battaniye	166
Şekil 6.93: Yüksek Hareketli Dekontaminasyon Sistemi	167
Şekil 6.95: SENTINEL 30-60-120.....	168
Şekil 6.96: T-1 Temizleme Tozu	168
Şekil 6.97: ACTINI Sıvı Atık Dekontaminasyon Cihazı.....	169
Şekil 6.98: Aqua Premium Dekontaminasyon Cihazı	170
Şekil 6.99: Dekontaminasyon Çadırı	170
Şekil 6.100: Dekontaminasyon Sistemi	171
Şekil 6.101: Portatif Dekontaminasyon Cihazı.....	172
Şekil 6.102: Mobil KBRN Dekontaminasyon Merkezi	173
Şekil 6.103: KBRN Müdahale Aracı	173
Şekil 6.104: RDT 1000 Römork	174
Şekil 6.105: ST 2000 DH ve DT 2000 Römorklu Sistemler	175
Şekil 6.106: Personel Decontaminasyon Ünitesi	175
Şekil 6.107: Duş Dozajlama Sistemi.....	176
Şekil 6.108: Personel Dekontaminasyon Çadırı.....	176
Şekil 6.109: Elbise ve Teçhizat Dekontaminasyon Ünitesi	177
Şekil 6.110: Elbise ve Teçhizat Dekontaminasyon Çadırı.....	177
Şekil 6.111: Arazi ve Araç Dekontaminasyon Ünitesi	178
Şekil 6.112: Taşınabilir KBRN Ünitesi	179
Şekil 6.113: Portatif Havuzlu Dekontaminasyon Ünitesi	179
Şekil 6.114: Kompakt Duvar Tipi Dekontaminasyon Ünitesi	180
Şekil 6.115: Endüstriyel Tip Dekontaminasyon Ünitesi.....	180
Şekil 6.116: Taşınabilir, Tünel Tipi, Atık Su Toplama Hazneli Dekontaminasyon Ünitesi	181

Şekil 6.117: ISTEÇ Tip DECO-MED.....	182
Şekil 6.118: Hexagon Dekontaminasyon Ünitesi	182
Şekil 6.119: Atık Su Havuzu.....	183
Şekil 6.120: ISTEÇ DM10.....	183



SEMBOL LİSTESİ

α : Alfa Parçacık

β : Beta Parçacık

γ : Gama Işını

n: Nötron



KISALTMALAR

AB :	Avrupa Birliği
ABD:	Amerika Birleşik Devletleri
AFAD:	Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
GTD:	Küresel Terörizm Veritabanı
KBRN:	Kimyasal Biyolojik Radyolojik Nükleer
HAZMAT:	Tehlikeli maddeler ve ürünler
CWA:	Kimyasal Savaş Ajanı
CWC:	Kimyasal Silah Anlaşması
BWC:	Biyolojik Silah Anlaşması
BWA:	Biyolojik Savaş Ajanı
IAEA:	Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı
WHO:	Dünya Sağlık Örgütü
GA:	Tabun
GB:	Sarin
GD:	Soman
GF:	Siklosarin
H:	Sülfür Mustard
HD:	Damıtılmış Hardal
HN:	Nitrojen Hardal
L:	Lewisit
CX:	Fosgen Oksim
HT:	Kükürt Hardalı
HL:	Hardal Lewisit
CK:	Siyonejen Klorür
HCN:	Hidrojen Siyanür
SA:	Arsin
CG:	Fosgen
OP:	Organofosfat
TPNW:	Nükleer Silahların Yasaklanması Anlaşması
PTBT:	Kısmi Test Yasağı
CTBT:	Kapsamlı Nükleer Test Yasağı Anlaşması
NFWZ:	Nükleer Silahlardan Arındırılmış Bölge
ITDB:	Kaza ve Kaçakçılık Veri Tabanı
TIC:	Zehirli Endüstriyel Kimyasal
CB:	Kimyasal ve Biyolojik Kirletici
TIM:	Toksik Endüstriyel Malzemeler

ÖZ

AB Ülkeleri ile ABD’de Kullanılan KBRN Dekontaminasyon Yöntem ve Sistemlerinin Karşılaştırılarak Türkiye Örneğinin Değerlendirilmesi

Şeyma Ülker Kurtuluş

Millî Savunma Üniversitesi, Alparslan Savunma Bilimleri Enstitüsü

Ankara, Temmuz 2024

Bu tez çalışmasında KBRN harp maddelerinin kazara yayılması ya da devlet dışı aktörler tarafından yıkıcı teknolojiler yoluyla kullanılmasının yaratacağı tahribatı öngörebilmek için KBRN kavramının oluşumu, KBRN harp maddeleri ve tarihçeleri detaylıca incelendi. Dekontaminasyonun önemi ve amacına ilişkin genel çerçeve oluşturuldu. Kimyasal, Biyolojik, Radyolojik ve Nükleer harp maddelerinin dekontaminasyon yöntemleri ayrı ayrı incelenerek dekontaminasyon kapsamında gelişen teknolojilere yer verildi. KBRN dekontaminasyon süreçleri olarak fiziksel, kimyasal ve termal süreçler; dekontaminasyon ekipmanları olarak ticari dekontaminantlar, dağıtım sistemleri, dekontaminasyon barınakları, dekontaminasyon aksesuarları, destek ekipmanları ve mobil dekontaminasyon sistemleri incelendi.

Elde edilen sonuçta AB ülkeleri ve ABD’de kullanılan nitelikli uygulamalar, yöntemler ve teknolojiler tespit edilerek ulusal güvenlik için meydana gelebilecek bir KBRN olayında etkin ve doğru dekontaminasyon uygulamaları kapsamında etkin yöntemler ve teknolojilerin analiz edildiği bir rehber oluşturulmuştur.

Anahtar Kelimeler: KBRN, Terörizm, Dekontaminasyon, Dekontaminasyon Yöntemleri, Dekontaminasyon Sistemleri

ABSTRACT

Evaluating the Comparison of CBRN Decontamination Methods and Systems Used
in EU Countries and the USA with the Example of Turkey

Şeyma Ülker Kurtuluş

Millî Savunma Üniversitesi, Alparslan Savunma Bilimleri Enstitüsü

Ankara, Temmuz 2024

In this thesis, the formation of the CBRN concept, CBRN warfare agents, and their histories were thoroughly examined to anticipate the potential damage caused by the accidental spread of CBRN warfare agents or their use by non-state actors through destructive technologies. An overall framework was established regarding the importance and purpose of decontamination. The decontamination methods for Chemical, Biological, Radiological, and Nuclear warfare agents were individually examined, and emphasis was placed on the evolving technologies in the field of decontamination. The CBRN decontamination processes were analyzed as physical, chemical, and thermal processes, while the decontamination equipment encompassed commercial decontaminants, distribution systems, decontamination shelters, decontamination accessories, support equipment, and mobile decontamination systems.

As a result, qualified practices, methods, and technologies utilized in EU countries and the US were identified to create a guide for effective and accurate decontamination practices in the event of a CBRN incident, ensuring national security. Effective methods and technologies were analyzed within the scope of implementing efficient and accurate decontamination practices.

Keywords: CBRN, Terrorism, Decontamination, Decontamination Methods, Decontamination System

1. GİRİŞ

Kimyasal, Biyolojik, Radyolojik ve Nükleer kelime grubunun kısaltması olarak ifade edilen KBRN; Kimyasal, Biyolojik, Radyolojik ve Nükleer maddelerin kasten veya kazaen yayılmasıyla oluşan, insan ve çevre için zararlı ve tehlikeli durumları ifade etmektedir (AFAD, 2021, s. 13) . KBRN tehdit ve tehlikeler KBRN maddelerinden elde edilen silahların kasten terör ve sabotaj eylemlerinde kullanılması ile veya KBRN maddelerin sanayii ve sağlık alanları ya da laboratuvarlarda ve bilimsel araştırmalarda kullanımı sırasında kaza ile çevreye dağılması ile oluşmaktadır (Ütük, 2018).

Günümüzde ise nükleer, biyolojik ve kimyasal terörizm ciddi bir sorun haline gelmiş teröristlerin veya devlet dışı aktörlerin nükleer, biyolojik ve kimyasal silahları edinerek kullanma tehdidi, daha önceki dönemlerden çok daha tehlikeli bir terörizm çağının başlamasına neden olmuştur. Bu, henüz nasıl başa çıkılacağı bilinmeyen terörizm çağında (Simon, 1999) Kimyasal, Biyolojik, Radyolojik ve Nükleer ajanların terörist gruplar tarafından sivil halka zarar vermek amacıyla silah olarak kullanılması, ülkeler için en büyük tehditlerden birini oluşturmakta ve savunmada birinci derecede önem kazanmaktadır (Bennett, 2007).

Teknolojik felaketlerin sıklığı ve bu olaylardan etkilenen insan sayısı son yüzyılda giderek artmış ve terörist saldırılar binlerce insanın ölümüne neden olarak dünya çapında büyük bir etki yaratmıştır. Bir KBRN acil durumu oluştuğunda bunun sonuçları genellikle ortaya çıktıktan sonraki ilk saatlerde belirlenmekte ve KBRN acil durumlarının ölüm, hastalık ve sosyal sonuçları konusunda tıbbi müdahale ekiplerinin bilgi ve uzmanlığı, diğer felaketlerde olduğu gibi, çok önemli bir fark yaratmaktadır (Djalali, ve diğerleri, 2017) .

Genel olarak tehlikeli ajanların insanlar, ekipman veya yüzeyler üzerinden uzaklaştırılması veya nötralize edilmesi olarak tanımlayabileceğimiz dekontaminasyon ise hem mağdurları ve ilk müdahale ekiplerini hem de kontamine olmuş ekipmanların sonraki süreçte tekrar kullanılması için oldukça önemlidir (Koenig ve diğ., 2008).

Kimyasal, biyolojik, radyolojik ve nükleer ajanlar kullanılarak yapılan saldırıların uzun süredir devam etmesine ve modern zamanlarda kabul edilemez olmasına rağmen önüne geçilememiştir. Bu nedenle toplumların bu tür olaylara uygun bir şekilde yanıt verebilme yeteneği büyük önem kazanmış ve bu yanıtın bir parçası olarak, mağdurları ve acil müdahale ekiplerini güvende tutmak için en iyi dekontaminasyon yöntemlerinin uygulanması oldukça önemli hale gelmiştir (Titus ve diğ., 2019).

1.1. Çalışmanın  nemi

İçinde bulunduğumuz yüzyıl içerisinde mevcut bilimsel gelişmeler birçok konuda olduğu gibi özellikle güvenlik konusunda önemli bir ivme kazanmıştır.

Silahların yayılmasını  nleme ve silahsızlanma operasyonları, devlet dışı aktörlerin veya yetkisiz kişilerin kimyasallara, biyolojik ve nükleer ikili kullanım malzemelerine erişimini engelleyerek veya azaltarak terörle mücadeleye önemli bir katkı sağlayacaktır ancak bu önlemler yeterli olmayabilir. Kimyasal silahların, toksinlerin ve biyolojik ajanların yasa dışı yayılması, el altından üretilmesi, kirli bombalar ve fisil madde kaçakçılığı, KBRN ajanlarının terörist amaçlarla kullanılmasına sadece bira örnektir.

Bu amaçla ulusal anlamda teknolojik ve finansal kaynakların entegrasyonunun iyileştirilmesi ve güçlendirilmesi ile KBRN malzemelerinin kullanılma riskini azaltmak için ilgili kurumlar arasında ulusal düzeyde yüksek koordinasyon sağlanması gerekmektedir.

Bu tez alışması, KBRN savunma yetenekleri kapsamında, kimyasal, biyolojik veya radyolojik ajanları insanlar ve evre için tehlikeli olmayacak şekilde ortadan kaldırmayı veya en azından azaltmayı sağlayacak dekontaminasyon faaliyetlerinin düzenlenebilmesi için ülkemizde kullanılabilecek en iyi yöntem ve sistemlerin tespit edilebilmesi noktasında AB  lkeleri ile ABD’de kullanılan dekontaminasyon yöntem ve sistemlerinin incelenerek değerlendirilmesini ve mevcut sistemlerin geliştirilmesi hususunda KBRN savunması kapsamında ulusal güvenlik için bir rehber niteliği taşımaktadır.

1.2. Çalışmanın Amacı

Bu tez çalışmasında KBRN harp maddeleri ve tarihçeleri ile Avrupa Birliği, Amerika Birleşik Devletleri'nde ve Türkiye'de kullanılan KBRN dekontaminasyon yöntem ve sistemleri incelenmiştir.

Bu çalışmanın amacı genel ve yenilikçi dekontaminasyon yöntem ve sistemlerinin incelenerek kaza, terör saldırısı veya sabotaj gibi durumlarda KBRN ajanlarına maruz kalınması halinde, ülkemizde en etkin yöntem ve sistemlerin kullanılabilmesi için AB ülkeleri ve ABD'de kullanılan yöntem ve sistemlerin incelenerek değerlendirilmesi tüm bu yöntem ve sistemlerin olumlu ve olumsuz yönleri karşılaştırılarak ülkemiz için en uygun olan yöntem ve sistemlerin tespit edilmesi amaçlanmıştır.



2. YÖNTEM

2.1. Kuramsal Çerçeve

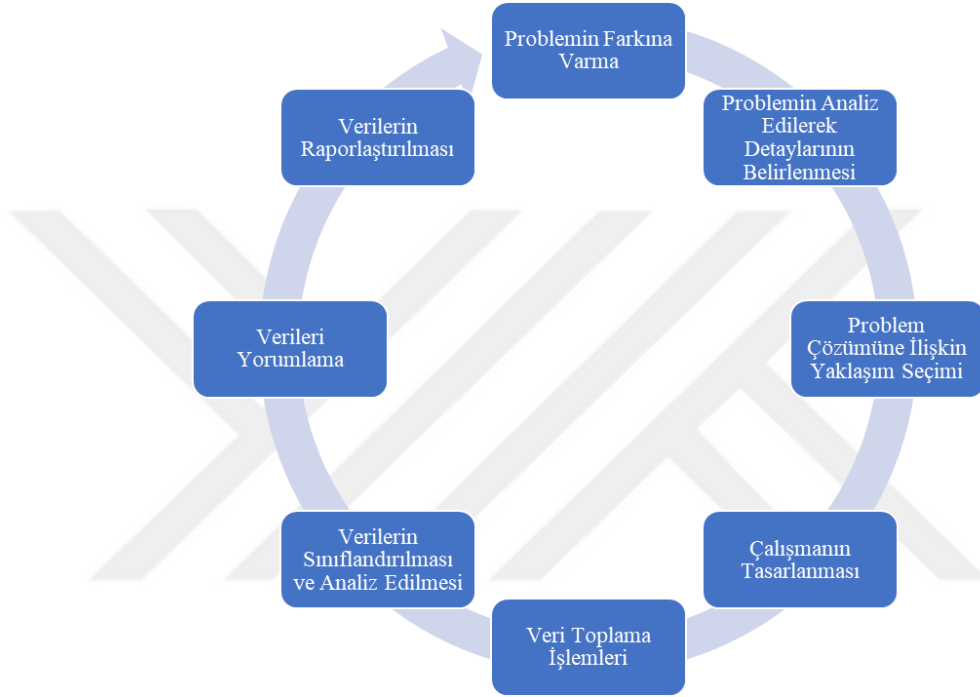
Avrupa Birliği, Amerika Birleşik Devletleri'nde ve Türkiye'de kullanılan KBRN dekontaminasyon yöntem ve sistemlerinin incelenerek Türkiye örneği kapsamında en uygun olan yöntem ve sistemlerin tespit edilmesi bu çalışmanın kuramsal çerçevesini oluşturmaktadır.

Dekontaminasyon süreci KBRN olay yeri yönetiminin en önemli basamaklarından biridir. Kaza ya da sabotaj ile meydana gelebilecek herhangi bir KBRN olayında dekontaminasyonun gerçekleştirilmesine yönelik mevcut yöntemlerin geliştirilmesi ve AB, ABD' de kullanılan diğer yöntemlerin değerlendirilerek ülkemiz için bir rehber oluşturulması oldukça önemlidir. Tespit edilen bu yöntemlerin teknolojik ürüne dönüştürülerek geliştirilecek sistemler ile etkin bir dekontaminasyon süreci planlanabilecektir. Ayrıca bu çalışma ile sahip olduğumuz teknolojik ürünlerin kapasiteleri ve çeşitlerinin de tespit edilerek detaylandırılması ve genişletilmesi için referans olması bakımından oldukça önemlidir.

2.2. Metot

KBRN savunması kapsamında AB, ABD'deki yöntem ve sistemlerin incelenerek Türkiye için bir değerlendirme niteliğinde olan bu çalışma için nitel araştırma yaklaşımı kullanılmıştır. Tarihsel olarak nitel araştırma doğal olguları belirleme uğraşından hareketle “doğal araştırma”, probleme ilişkin araştırmacının öznel görüşlerini barındırması sebebiyle “yorumlayıcı araştırma” ve bir konuyu belirli bir sosyal ortam içinde derinlemesine incelemesinden dolayı “alan araştırması” gibi farklı isimler de verilmiştir (Baltacı, 2017). Nitel yöntemle desenlenmiş araştırmalarda incelenen olay veya olgu hakkında derinlemesine bir algıya ulaşma gayreti söz konusudur (Morgan, 1996). Nitel araştırmalarda genellikle gözlem, görüşme, doküman ve söylev analizi gibi nitel veri toplama tekniklerinin kullanılmaktadır (Merriam ve Grenier, 2019).

Bu çalışmada doküman analizi tekniği kullanılmıştır. Araştırmada incelenen olgu veya olaylarla ilintili bilgiler içeren yazılı belgelerin ayrıntılı olarak taranması ve bu bilgilerden yeni bir bütünlük oluşturulması, doküman veya metin analizi olarak adlandırılmaktadır (Creswell, 2002). Bu analiz yöntemi araştırmacı için zaman ve diğer kaynaklarda tasarruf sağlarken, incelenen olgu ve olayların da önem sırasının oluşturulmasını, veri kaynaklarının tasnif edilmesini ve yeni veri setleri oluşturulmasını da kolaylaştırır (Baxter ve Jack, 2008).



Şekil 2.1: Nitel Araştırma Süreci

Creswell, J. W. (2002). Educational research: Planning, conducting, and evaluating quantitative. Prentice Hall Upper Saddle River, NJ'dan uyarlanmıştır.

Altheide (1996)'ya göre doküman analizi süreci şöyledir:

- 1- Dokümanlarda dâhil edilecek kriterleri belirleme,
- 2- Doküman ve veri toplama,
- 3- Temel analiz alanlarını belirleme,
- 4- Dokümanı kodlama;
- 5- Doğrulama,
- 6- Analiz etme

Bir diğerk araştırmacılar Corbin ve Strauss (2008)'e göre ise:

- 1- Analizi gözden geçirme (yüzeysel inceleme),
- 2- Okuma (ayrıntılı inceleme)
- 3- Yorumlama olarak belirtilmiştir.

Bu çalışmada doküman analizi çalışması kapsamında DergiPark, YÖK Tez Merkezi, ResearchGate, Google Academic, EBSCOHOST, Directory of Open Access Journals (DOAJ), Britannica Academic Edition, OECD iLibrary gibi birçok arama motoru üzerinden konu ile ilgili detaylı araştırmalar yapılmıştır. Bu araştırmalar neticesinde “KAYNAKÇA” kısmında yer alan toplam 444 farklı kaynağa (423 adet İngilizce ve 21 adet Türkçe) ulaşılmıştır.

Araştırmanın geçerlik ve güvenilirliğini artırmak amacıyla nitel araştırma geleneğine ve doküman inceleme yöntemine uygun olarak KBRN dekontaminasyon yöntem ve sistemleri alanında öne çıkan ulusal ve uluslararası kuruluşlara ait kılavuzlar başta olmak üzere çok sayıda doküman dijital ortamda depolanmıştır. Betimsel analizlerin sonuçları Microsoft tarafından Microsoft Windows işletim sistemleri tabanında çalışmak üzere yazılan bir tablolama programı olan Microsoft Excel ile tablolatırılmıştır. Depolanan makaleler ve betimsel analiz sonuçlarının olduğu tablolar eğitim bilimleri ve KBRN alanında çalışmalar yapan iki farklı araştırmacıya gönderilerek kontrol ettirilmiştir.

Toplanan ve güvenilirliği kontrol edilen dokümanların aşağıdaki başlıklara göre tasnifi sağılanmıştır:

- KBRN Kavramının Oluşumu
- KBRN Harp Maddeleri
- KBRN Harp Maddeleri Tarihi
- Dekontaminasyonun Tanımı
- Dekontaminasyonun Önemi ve Amacı
- Genel ve Askeri Dekontaminasyon Yöntemleri
- Kimyasal Harp Maddelerinin Dekontaminasyonu
- Biyolojik Harp Maddeleri Dekontaminasyonu
- Radyolojik ve Nükleer Harp Maddeleri Dekontaminasyonu
- Dekontaminasyon Türleri
- Dekontaminasyon Sistemleri

Bu başlıklar çerçevesinde KBRN Harp Maddeleri tarihçesi, KBRN Harp Maddeleri fiziksel ve kimyasal özellikleri, Dekontaminasyon yöntem ve sistemleri anlatılarak çalışmanın “1- Giriş”, “3- KBRN Kavramının Oluşumu ve KBRN Harp Maddeleri Tarihi”, “4- KBRN Harp Maddeleri”, “5- Dekontaminasyon”, “6- Dekontaminasyon Yöntem ve Sistemleri” için teorik zemin oluşturulmuştur.

Dekontaminasyon Yöntem ve Sistemleri başlığı altında ise AB ve ABD ve Türkiye de kullanılan yöntem ve sistemler detaylıca analiz edilerek Türkiye de kullanılan yöntem ve sistemler için rehber niteliğinde bir değerlendirme yapılmıştır.



3. KBRN KAVRAMININ OLUŞUMU VE KBRN HARP MADDELERİ TARİHİ

KBRN kavramı insanlara, hayvanlara, bitkilere, ekipmanlara, ülke ekonomisine ve siyasi istikrara zarar verebilecek geleneksel olmayan kimyasal, biyolojik, radyolojik ve nükleer tehlikeli ajanları ve materyalleri ifade etmektedir. KBRN olayları, onları oluşturan nedenin doğasına göre;

- Kasıtlı kötü niyetli amaçlar nedeniyle meydana gelen kasıtlı olaylar; savaşta geleneksel olmayan tehlikeli maddelerin kullanılması, gerilla, terörizm, sabotaj vb. olaylar,
- Teknolojik faaliyetlerde meydana gelen kasıtsız hatalar veya başarısızlıklar; tehlikeli maddelerin üretildiği, taşındığı, işlendiği veya bertaraf edildiği endüstriyel alanlarda meydana gelen olaylar,
- Doğa olayları ya da doğal bir felaket sırasında veya sonrasında tehlikeli ajanların çevreye yayılması; volkanik emisyonlar, salgın hastalıklar, büyük orman yangınları olmak üzere üç ana sınıfa ayrılabilir (Benolli ve diğ., 2021).

Kimyasal silah kavramı, toksik özellikleri nedeniyle kasıtlı ölüme veya zarara neden olmak için kullanılan bir kimyasalı ifade etmektedir. Zehirli kimyasalları silah haline getirmek için özel olarak tasarlanmış mühimmat, cihaz ve diğer ekipmanlar da kimyasal silah tanımına girmektedir (OPCW, 2024a).

Kimyasal savaş (CW) ise savaşta ve ilgili askeri operasyonlarda bir düşmanı öldürmek, yaralamak veya etkisiz hale getirmek için kimyasal maddelerin toksik özelliklerinin kullanılmasıdır. Askeri operasyonlarda kullanılması amaçlanan kimyasal madde, kimyasal savaş ajanı (CWA) olarak tanımlanır (Chauhan ve diğ., 2008).

Biyolojik silahlar kavramı, virüs, bakteri veya mantar gibi mikroorganizmalar veya canlı organizmalar tarafından üretilen ve insanlarda, hayvanlarda veya bitkilerde hastalık ve ölüme neden olmak üzere kasıtlı olarak üretilip salınan toksik maddelerdir (WHO, n.d.).

Biyolojik savaş (BW) biyolojik silahların kullanımına atıfta bulunmak için geleneksel olarak kullanılan bir terimdir. Bu terim, devletlerin biyolojik silahları kullandığı bir dönemde ortaya çıkmıştır. Ancak üç farklı türde aktör biyolojik silahlar kullanmıştır: devletler, terörist gruplar ve suçlular. Devletler başka ülkelere karşı veya isyanlarda biyolojik silahları kullandığında biyolojik savaş veya biyosavaş yapmaktadır. Buna karşılık, biyolojik terörizm veya biyoterörizm ise teröristlerin her türlü rakibe karşı biyolojik silahları kullanmasıdır. Biyolojik suçlar veya biyosuçlar, suçluların maddi kazanç, intikam veya patolojik nedenlerle biyolojik silahları kullanmasıdır (Carus, 2017)

Radyolojik terörizm ya da radyoterörizm, radyolojik silahların kasıtlı olarak kullanılmasıdır. Bu silahlar iyonlaştırıcı radyasyonu dağıtmak ve yaymak için radyoaktif malzemeler kullanır (Kuna ve diğ., 2009).

Nükleer silah, patlama yaratmak yani nükleer fisyon, nükleer füzyon veya bu iki sürecin birleşimi sonucunda enerjiyi patlayıcı bir şekilde serbest bırakmak için nükleer reaksiyonu kullanan bir cihazdır. Bu patlama, geleneksel patlayıcılardan (TNT gibi) çok daha güçlüdür. Bir nükleer silah patladığında dört tür enerji yayar: patlama dalgası, yoğun ışık, ısı ve radyasyon. Nükleer silahlar bomba veya füze şeklinde olabilir (CDC, 2019a).

3.1. KBRN Kavramının Oluşumu

Birinci Dünya Savaşı sırasında Alman ordusu hem biyolojik hem de kimyasal kitle imha silahlarını kullanmış; İkinci Dünya Savaşı sırasında ise Japonların, Çin'e saldırıları sırasında patojen ve toksin silahların kullanımı ile KBRN ajanlarının kullanımı daha da artmıştır (Carus, 2017; Paxman ve Harris 2002.)

Kimyasal silahların Birinci Dünya Savaşı'nda yaygın olarak kullanılması; 1936'da İtalya Habeşistan savaşı ve 1932'de Mançurya Savaşı'nda da kullanılmasının yanında İkinci Dünya Savaşı sırasında Almanya'da sinir gazlarının geliştirilmesi tamamen yeni bir tehlike ve tehdit oluşturmuştur. Bu bağlamda ilk kategorik sınıflandırma İkinci Dünya Savaşı'nın sonundan itibaren Soğuk Savaş'ın başlangıcında hem toksik hem de aşırı fiziksel travmaya neden olan Nükleer, Biyolojik ve Kimyasal ajanların NBC olarak gruplandırılmasıyla başlamıştır. 1970'lerde hem askeri hem de sivil oluşumlar

tarafından NBC sınıflandırması, bir nükleer patlamadan ayrı olarak radyoaktif maddeleri de içerecek şekilde değiştirilmiş ve günümüzde hala kullanılan KBRN terimi geçerli hale gelmiştir (Baker, 2016).

Kimyasal, biyolojik, radyolojik veya nükleer (KBRN) silahlar antik çağlardan bugüne kullanımlarına örnek olarak savaş; İran-Irak savaşı, etnik çatışma; Irak ve Suriye'de kimyasal silah kullanımı, terörizm; Tokyo yeraltında sarin salınımı, Amerika Birleşik Devletleri (ABD) şarbon mektupları ve suikast; risin, polonyum-210 verilebilir. Buna ek olarak KBRN olayları, barış zamanı operasyonları sırasında kazara salınımları da kapsamaktadır ve KBRN olaylarına müdahale ilkelerinin çoğu, diğer tehlikeli madde (HAZMAT) olaylarına da uygulanabilmektedir (Bland, 2014).

Bu bağlamda KBRN'nin çok yönlü doğası, birçok organizasyonun, disiplinin ve becerinin iş birliğini gerektirmektedir. Geçmişten bugüne KBRN ile ilgili endüstriyel kazalardan, doğal olaylardan, simetrik ve asimetrik savaşlardan suç faaliyetlerinden hatırı sayılır deneyimler elde edilmiştir. Dünya istatistiklerine göre tek başına tehlikeli maddelerin yılda 651.279 ölüme neden olduğu tahmin edilmektedir (www.ilo.org, 2023). Bu veriler ise Kimyasal Biyolojik ve Radyolojik kazalar ile savaşların neden olduğu zararın KBRN terörizmine karşı savunma kabiliyeti için gereken bedelin çok üzerinde olduğunu göstermektedir (Healy ve diğ., 2009).

3.2. KBRN Harp Maddeleri Tarihi

Terörizmin tarihçesi çok eskilere kadar uzanmaktadır. Değişen dünya ve şartlar terörizmin metodolojisi ve yöntemleri de değişmiştir. “Küresel Asimetrik Tehdit” olarak karşımıza çıkan küresel terör, yapılan saldırıların kim tarafından, ne zaman, nerede, nasıl ve kimi hedef alacağı belirsiz bir hale getirmiştir. İletişimin ve bilgiye erişimin sınırsız olduğu günümüzde teröristlerin işleri hem üretim hem de korunma açısından kolaylaşmıştır (Öztürk ve diğ., 2020).

Patlayıcı ve standart silahlar ile gerçekleştirilen konvansiyonel terörizm, yetkililerin bu öğelere erişimi zorlaştırması ile yerini teröristlerin daha yüksek tehdit olarak değerlendirdikleri kimyasal ve biyolojik ajanların kullanıldığı silahlara bırakmıştır (Venkatesh ve Memish, 2003).

Kimyasal bileşenlerin kimyasal savaş ajanları (CWA) olarak kullanılması, Çinlilerin arsenik dumanı kullandığı en az milattan önce (MÖ) 1000 yılına kadar (Richardt ve diğ., 2012) canlı mikroorganizmaların veya toksinlerinin biyolojik savaş ajanları (BWA) olarak kullanılması ise tarih öncesi (prehistorik) zamanda Melanezyalı kabile üyelerinin tetanozla kontamine edilmiş ok uçları kullanmasına dayanmaktadır (Carus, 2017).

İnsanlık 20.yy. da ise savaş alanı taktiklerinde yeni bir çağın yükselişine ve ayrıntılı bilimsel bilginin kötüye kullanılmasına tanık olmuş kimyasal ve biyolojik ajanların silah olarak savaşlarda kullanıldığına veya önerildiğine dair sayısız örnek ile karşı karşıya kalmıştır (Richardt ve diğ., 2012).

Nükleer silah teknolojisi 1940'larda geliştirilmiş ve ilk nükleer silahlar Ağustos 1945'te Hiroşima ve Nagazaki üzerinde patlatılmıştır (Roser ve diğ., 2013).

Nükleer bombaların kullanılmasıyla önemli bir sınır aşılmış, KBRN ajanları düzenli ordular için olduğu kadar teröristler içinde çekici hale gelmiştir (Richardt ve diğ., 2012).

Bu nedenle mevcut ve gelecekteki tehditlere uygun cevaplar bulmak için KBRN tarihimizi anlamamız gerekir. Bu nedenle bu bölümde KBRN ajanlarının kullanılmaya başlanmasından KBRN terörizminin ortaya çıkışına kadar olan sürece değinilecektir.

3.2.1. Kimyasal Harp Maddesi Tarihi

İnsanlık yazılı tarih öncesi dönemin başlangıcı olan Paleolitik çağda (Harmankaya, 2002) popülasyonlar toksik maddeleri kesinlikle tanıyabilmiş ve özellikle avcı toplayıcılar avcılıkta zehirli maddeleri kullanarak hayvanın uzağa kaçmasını engelleyerek avın daha kolay yakalamasını sağlamışlardır (d'Errico ve diğ., 2012).

Zehirli oklar, mızraklar, suyun zehirlenmesi veya zehirli yanma ürünleriyle hayvanların tütsülenmesi gibi yöntemler geleneksel avlanma yöntemleriyle ilişkilidir.

Savaşta da ortaya çıkan ve daha sonra özellikle eski savaşlar için geliştirilen zehirli maddelerle yapılan bu avlanma biçimlerinin tümü günümüze kadar varlığını sürdürmüştür.

Orta Çağda ise yalnızca yeni silah sistemlerinin geliştirilmesini değil, aynı zamanda zehirli maddelerin savaş koşullarına taşınması için yeni yöntemleri de mümkün kılan barutun keşfiyle askeri teknolojiler de zenginleşmiştir (Mayor, 2003).

Yunan ateşi olarak adlandırılan silah Bizans kaynaklarında, 674-678 yıllarında Konstantinopolis'in Arap ablukasına ile bağlantılı deniz savaşlarının anlatımlarında açıkça tasdik edilmiş görünmektedir (Haldon, 2006).

Bu adım adım gelişmeler endüstriyel çağın başlangıcında ortaya çıkan gelişmiş tipte kimyasal mühimmatlara kadar devam etmiştir. Örneğin, Kırım Savaşı sırasında, kükürdün yanmasıyla elde edilen zehirli kükürt dioksit yardımıyla Sivastopol'ün alınmasına ek olarak, kakodil siyanür ile doldurulmuş topçu mermileri için bir tasarım da söz konusu olmuştur (Pitschmann, 2014).

Amerikan İç Savaşı'nda (1861-1865), klor, hidrojen siyanür, arsenik bileşikler veya zehirli bitki materyali olarak örneğin, Capsicum, Veratrum ile doldurulmuş topçu mermilerinin kullanılması önerilmiştir (Hasegawa, 2008).

Kimyasal silahlar ilk kez I. Dünya Savaşı sırasında büyük ölçekte kullanılmıştır (Harigal, 2001).

I. Dünya Savaşı, kimyasal silahların sahneye çıkışına ve tam anlamıyla kullanımına damgasını vurmuştur. Birinci Dünya Savaşı'ndan önceki ve sonraki hiçbir savaşta bu kadar çok miktarda kimyasal madde kullanılmamış ve kullanımları nedeniyle bu kadar çok kurban verilmemiştir (Kostadinov ve diğ., 2010)

2 Nisan 1915'te, Alman Ordusundaki özel bir biriminin üyeleri, Belçika'nın Ypres kentinde savunma çevresi boyunca siperler halinde dizilmiş 6.000'den fazla çelik silindirin vanalarını açmış, 10 dakika içerisinde 160 ton klor gazı karşıt Fransız siperlerine ulaşmıştır. Birkaç dakika içinde, bu yavaş hareket eden gaz duvarı 1000'den fazla Fransız ve Cezayir askerini öldürürken, yaklaşık 4.000 askeri de yaralamıştır (Fitzgerald, 2008). Toplamda ise 5.000 Fransız askerinin ölümüne ve 15.000'inin yaralanmasına neden olmuş, I. Dünya Savaşı'nın sonunda 124.000 tondan fazla gaz üretilmiştir (Harigal, 2001).

11 Kasım 1918'deki ateşkes sırasında, klor, fosgen ve hardal gazı gibi kimyasal silahların kullanımı 1,3 milyondan fazla yaralanmaya ve yaklaşık 90.000 ölüme neden olmuştur (Fitzgerald, 2008).

Yoğun kullanımına rağmen, kimyasal gazlar I. Dünya Savaşında askeri bir başarısızlık olarak değerlendirilmiş, 1922 yılında Amerika Birleşik Devletleri, Japonya, Fransa, İtalya ve İngiltere tarafından imzalanan Washington Antlaşması yapılmıştır. 1925'te boğucu zehirli veya diğer gazların ve bakteriyolojik savaş yöntemlerinin savaşta kullanılmasının yasaklanmasına ilişkin Cenevre Protokolü imzalanmıştır (Vilches ve diğ., 2016).

Kimyasal silahların savaş alanında kullanımını yasaklayan Cenevre Protokolü'nün 1925 yılında müzakere edilmesine rağmen, bu silahların geliştirilmesi savaşlar arası dönemde de devam etmiştir. Örneğin, Rus İç Savaşı'nda İngiliz kuvvetleri (1919), Fas'ta İspanyol kuvvetleri (1923-26), Libya'da İtalyan kuvvetleri (1930), Sincan'da Sovyet birlikleri (1934) ve Etiyopya'da İtalyan kuvvetleri (1935-40) tarafından kimyasal silahlar kullanılmıştır. Çin-Japon Savaşı sırasında (1937-45) Japon kuvvetleri Çin hedeflerine karşı kargaşa kontrol ajanları, fosgen, hidrojen siyanür, lewisit ve hardal ajanları kullanmış, İkinci Dünya Savaşı'nda savaşan taraflar arasında Japonların kullandığından başka kimyasal savaş kaydı bulunmamıştır (Kostadinov ve diğ., 2010).

Tablo 3-1:1915'ten Bu Yana Kimyasal Silah Kullanımına İlişkin Bilgiler

Savaş	Zaman Aralığı	Kimyasal Ajan	Bölge	Tahmini yaralı/ölü sayısı
1. Dünya Savaşı	1915-1918	Klorin Fosgen Hidrojen siyanür Kükürt hardalı	Avrupa-Orta Doğu	>1,3 milyon insan etkilendi >100.000 ölü
Rusya İç Savaşı	1919-1921	Adamsit Difenilkloroarsin Kükürt hardalı	Rusya	Bilinmiyor
2. Fas Savaşı (İspanya)	1923-1926	Bromoetil keton Kloropikrin Kükürt hardalı	Fas	Bilinmiyor
2. İtalya-Habeşistan Savaşı	1936-1940	Klorin 2-Kloroasetofenon Difenilkloroarsin Kükürt hardalı Fenilkloroarsin Fosgen	Habeşistan	50.000 – 150.000
Çin-Japonya Savaşı (Dünya Savaşı II)	1937-1945	2-Kloroasetofenon Difenilkloroarsin Hidrojen siyanür Lewisit Kükürt hardalı Fosgen	Mançurya	>80.000 kişi etkilendi >10.000 ölü
Yemen İç Savaşı	1963-1967	2-Kloroasetofenon Kükürt hardalı Fosgen	Yemen	>14.000 kişi etkilendi
Vietnam Savaşı	1965-1975	2-Klorobenzalmalonitril	Vietnam	Bilinmiyor
İran-Irak Savaşı	1980-1988	2-Klorobenzalmalonitril Kükürt hardalı Sarin Tabun	İran Kuzey Irak	>100.000 kişi etkilendi >30.000 ölü >70.000 hala tedavi almakta
Aum Shinrikyo	1994-1995	Sarin VX	Japonya	>1.000 kişi etkilendi 13 ölü
Suriye Savaşı	2013-2015	Sarin Kükürt hardalı Klorin	Suriye	Bilinmiyor

OPWC. (2016). Practical Guide for Medical Management of Chemical Warfare Casualties'dan uyarlanmıştır.

Kimyasal silahlar gelişmekte olan ülkeler arasında da yayılmış ve Yemen İç Savaşı (1963-67) ile İran-Irak Savaşı'nda (1980-88) savaş alanında kullanılmıştır. 1988'de Halepçe'ye hardal gazı ve sinir gazı içeren bombalar atarak tahminen 5.000 sivil öldürmüştür (Tucker, 2009).

Suriye iç savaşında, 21 Ağustos 2013'te Şam'ın Guta bölgesinde Suriyeli yetkililer tarafından gerçekleştirilen ve 1.400'den fazla kişinin ölümüne yol açan korkunç sarin kimyasal silah saldırısının ardından Suriye Kimyasal Silahlar Sözleşmesi'ne (CWC) katılmıştır ancak Suriye'nin Sözleşme'yi defalarca ihlal etmesi ve gerekli tedbirleri almaması nedeniyle 2021 yılında Taraf Devletler tarafından askıya alınan CWC kapsamındaki hak ve ayrıcalıkları yeniden kazanabilmesi için bir bir açıklamada yapılmıştır (U.S. Embassy and Consulate in the Netherlands, 2023).

1990'ların ortalarında Aum Shinrikyo tarikatı Japon parlamentosu ve hükümet bakanlıklarına yönelik saldırılar için 70 ton sarin sinir gazı üretmeye çalışmış, 1994'te ilki Matsumoto kasabasına, ikincisi ise Tokyo metrosuna sarin gazı ile saldırı gerçekleştirilmiştir. En son kullanım ise Irak'ta 2007 yılında Irak'taki El Kaide grubu tarafından yapılmıştır (Tucker, 2009).

Kimyasal silahların geliştirilmesinin, üretiminin, stoklanmasının ve kullanımının yasaklanması ve bunların imhası ile ilgili sözleşme karmaşık müzakerelerin ardından 13 Ocak 1993 tarihinde Paris'te imzaya sunulmuş ve 1997 yılında yürürlüğe girmiştir. 130 ülke üç günlük Paris imza konferansı sırasında sözleşmeyi imzalamıştır (Chemical Weapons Convention, 1993).

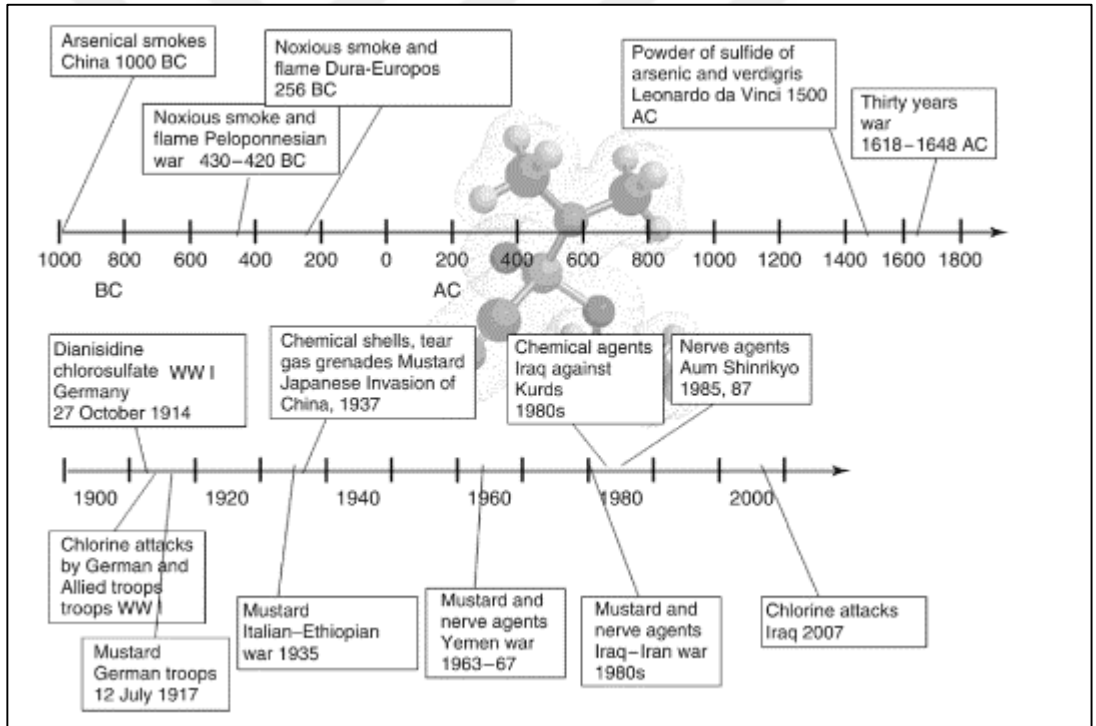
Kimyasal Silahların Yasaklanması Örgütü [Organisation for the Prohibition of Chemical Weapons (OPCW)] (2017) 13 Şubat 2017'de Kuala Lumpur Uluslararası Havaalanı 2'de Kim Jong Nam'a yapılan saldırı ile meydana gelen ölümcül olayda VX'in kullanıldığını açıklamıştır. Mart 2018'de, bir zamanlar Rus istihbarat subayı olarak çalışan İngiliz vatandaşı Sergei Skripal ve kızı Yulia, eski Sovyetler Birliği tarafından geliştirilen askeri sınıf bir sinir gazı olan Novıçok ile temasa geçtikten sonra neredeyse ölümle sonuçlanan bir saldırı gerçekleştirilmiştir (U.S. EMBASSY, 2018). 30 Haziran 2018'de Amesbury'de ikiside İngiliz vatandaşı 45 yaşında bir erkek ve 44 yaşında bir kadına gerçekleştirilen kimyasal saldırıda da Novıçok kullanıldığı OPCW tarafından doğrulanmıştır (OPCW, 2018a). 2020 yılında rus muhalif lider Alexei Navalny'nin de kimyasal saldırıya maruz kalmış yapılan incelemeler sonucunda saldırıda Novıçok kullanıldığı kesinleşmiştir (OPCW, 2023a).

1 Ocak-31 Aralık 2022 tarihleri arasını kapsayan 2023 Kimyasal Silahlar Sözleşmesine (CWC) Uyum Yıllık Raporuna göre 4 Şubat 2018 saat 21:22 civarında,

Kaplan Kuvvetlerinin kontrolündeki Suriye Arap Hava Kuvvetlerine ait bir askeri helikopterin, Suriye'nin doğusundaki Serakib'e en az bir silindir klor atıldığı ve 12 kişinin yaralandığı ifade edilmiştir (U.S. Department of State, 2023).

Kimyasal silah anlaşmasının 1997'de yürürlüğe girmesinden bu yana OPCW, dünyanın dört bir yanındaki ülkeler tarafından beyan edilen 72.304,34 metrik ton stoklanmış kimyasal silahın imha edildiğini doğrulamıştır. OPCW, imha sürecinden kaynaklanan atıkların bertaraf edilmesi de dahil olmak üzere, ABD'deki Pueblo ve Blue Grass'taki son iki imha tesisinin kapanışını takip ettiğini beyan etmiş (OPCW, 2023b) ABD ordusu ise envanterindeki son kimyasal silahları da imha ettiğini duyurmuştur (İndependent Türkçe, 2023).

KBRN ajanlarının terör faaliyetleri için 200'den fazla gerçek kullanımı olmuş ve en yaygın olarak kullanılan ise kimyasal ajanlar olmuştur (Binder ve diğ., 2023).



Şekil 3.1. Toksik maddelerin kimyasal harp maddesi olarak uygulanmasına ilişkin bazı önemli örneklerin zaman çizelgesi.

(Richardt ve diğ., 2012)

3.2.2. Biyolojik Harp Maddesi Tarihi

Biyolojik savaş tarih öncesinde ortaya çıkmıştır. Kaşifler ve araştırmacıların temasları sırasında ve sonrasında yerli toplumların dikkatli bir şekilde incelenmesi sonucunda,

tarikh öncesi savaşlarda toksinlerin ve hatta patojenlerin kullanıldığđ ortaya çıkmıştır (Carus, 2015).

Bitki temelli zehirlerin potansiyelinden ilk insanların faydalandđđını göstermesi açısından Güney Afrika da Border Mağarasında bulunan ve yaklaşık 24.000 yıl öncesine dayanan 32 cm uzunluğundaki bir zehir aplikatöründe gaz kromatografisi analizi ile zehirli hint fasulyelerinden elde edilen risinoleik asit içeren kalıntılar bulunmuştur (d'Errico ve diğ., 2012).

Vanuatu'daki Melanezyalı kabilelerin oklarını *Clostridium tetani* yani tetanoza neden olan organizma ile İskitlerin ise bazı patojenler içeren bir ok zehiri üretmek için ayrıntılı bir teknik kullandıkları bilinmektedir (Carus, 2017).

Biyolojik silah kullanma niyetiyle ilgili en eski belgelenmiş olay MÖ 1320'de Hititler ile Arzavalılar arasındaki savaşta tularemi bulaştırılmış koçlar gönderilerek hastalığın yayılması ve karşı tarafın zayıflaması sağlanmıştır (Trevisanato, 2007).

MÖ 6. yüzyılda İskit okçuları, oklarını *Clostridium perfringens* ve *Clostridium tetani* içeren çürüyen kadavralara ve insan kanına batırarak enfekte etmişlerdir (Grmek, 1979).

MÖ 3. yüzyılda, Hannibal ise Bergamon Kralı II. Eumenes'e ait düşman filosunun üstüne zehirli yılanlarla dolu kapları attırarak onları yenmeye çalışmıştır (Eneh, 2012).

MS 12. yüzyılda Tortona savaşı sırasında Roma İmparatoru Frederick Barbarossa su kuyularını zehirlmek için ölü askerlerin cesetlerini kullanmıştır ancak yıkıma neden olacak biyolojik ajanlar ilk kasıtlı hastalık yayma eylemi, 1346'da Kaffa kuşatmasında meydana gelmiştir. Kaffa'nın Tartarlar tarafından kuşatılması sırasında Tatar ordusu vebalı ölülerini kuşatma altındaki şehrin duvarlarının üzerinden atarak bir biyolojik saldırı ile kuşatmayı kazanmışlardır (Wheelis, 2002).

100 Yıl Savaşları sırasında 1340'taki Thyne Levesque kuşatmasında hayvan ölülerinin mühimmat olarak kullanıldığđndan bahsedilmektedir (Kane, 1986). 1422'de Bohemya'daki Karlstein Kalesi'nin kuşatmasında da uygulandığı bildirilmektedir. Enfekte kadavraları fırlatma tekniğinin kullanımına ilişkin benzer örnekler, 1422'de Bohemya'daki Carolstein şehrinin Litvanya birlikleri tarafından kuşatılmasında ve

1710'da Reval'de Rus birlikleri tarafından İsveç ordusunun kuşatılmasına kadar olan modern dönem boyunca bulunabilmektedir (Frischknecht, 2003).

1754-1763 Fransız ve Hint Savaşı sırasında, Kuzey Amerika'daki İngiliz kuvvetleri, hastalığı bağışıklıklarının ilk kez karşılaştığı Amerikan yerlilerine çiçek hastalığına neden olan Smallpox virüsü bulaştırılmış battaniyeler vermiş ve bir konfederasyon cerrahı sivil savaş sırasında Amerika Birleşik Devletleri'nin kuzey bölgelerine sarı humma bulaşmış giysiler ithal etmeye çalışmakla suçlanarak tutuklanmıştır (Hunsicker, 2006).

Mikrobiyolojinin temellerinin 19. yüzyılın sonlarında Louis Pasteur, Robert Koch ve onların takipçileri tarafından atılmasıyla, gerçek anlamda modern biyolojik savaş çağı başlamıştır. İnsan ve hayvan hastalıklarının birçok etkenini rasyonel bir şekilde tanımlayarak ve kontrol ederek, bilim insanlarına büyük ölçekte özgül patojenleri sistematik bir şekilde izole etme, üretme olanağı sağlamışlar ve çoğu durumda en azından teorik olarak patojenlerin yayılmasının kontrolünü sağlama olanağı vermişlerdir (Barras ve Greub, 2014).

Louis Pasteur ve Robert Koch'un araştırmaları, mikroorganizmaların insanlarda ve hayvanlarda hastalığa neden olabileceğini kanıtlamış, tanımlanan ilk insan patojeni ise Koch'un 1876 tarihli bir makalesinde anlattığı bir dizi deneyde hastalığa neden olabileceğini gösterdiği şarbona neden olan organizma olan *Bacillus anthracis* olmuştur. Bu araştırma ise biyolojik ajanların kullanımı için bilimsel temel sağlamıştır (De Kruif, 1996).

18. yüzyıl itibariyle biyolojik silahların kullanımının yaygınlaşması ve öldürücülüğünün artması ile uluslararası hukuk alanında birtakım sözleşmeler imzalanmış ve biyolojik silahların kullanımının önünün alınması hedeflenmiştir. Bu doğrultuda öncelikle 1899 ve 1907 yıllarında Lahey Sözleşmeleri imzalanmış, ancak söz konusu sözleşme kapsamlı bir sonuç getirmemiştir (Varlık ve Çifçi, 2021).

I. Dünya Savaşı'nda özellikle Almanya olmak üzere, daha sınırlı bir ölçekte Fransa'nın da dahil olduğu ulusların gizli biyolojik savaş programları geliştirdiğine dair kanıtlar sunulmuştur. Bu programlar kapsamında düşmanı enfekte etmek amacıyla *Bacillus anthracis* veya *Burkholderia mallei* gibi etkenleri hayvan yemine bulaştırma gibi yöntemler kullanıldığı tespit edilmiştir (Robertson ve Robertson, 1995)

Bu programların etkinliği ne olursa olsun biyolojik silah tehdidi savaş alanında kimyasal silahların kullanılmasının korkusu ile birleşerek tarih boyunca ilk kez uluslararası düzeyde önemli bir siyasi endişe haline gelmiştir. I. Dünya Savaşı sırasında kimyasal savaşın dehşeti karşısında uluslararası diplomatik çabalar, kitle imha silahlarının yayılmasını ve kullanımını sınırlamaya yöneliktir. Biyolojik savaşı sınırlama konusundaki ilk diplomatik girişim, 1925 Cenevre Protokolü'dür. Bu protokol, boğucu, zehirli veya diğer gazların savaşta kullanılmasının ve savaş yöntemi olarak bakteriyoloji yöntemlerinin yasaklanması için 1925 yılında onaylanmış ve biyolojik silahların kullanımını yasaklamış, ancak araştırma ve üretimini yasaklamamıştır (Protocol for the Prohibition of the Use of Asphyxiating, Poisonous or Other Gases, and of Bacteriological Methods of Warfare Geneva, 1925). Protokol temel araştırmayı, üretimi veya biyolojik silahlara sahip olunmasını yasaklamadığı için birçok ÷lke protokolü onaylamış ancak protokolü onaylamayan veya uyum sağlamayan devletlere karşı biyolojik veya kimyasal silahları kullanma hakkını saklı tutmuştur.

Birinci Dünya Savaşı'nın ardından biyolojik silah geliştirmek için temel araştırma programlarına başlayan Cenevre Protokolü'ne taraf devletler arasında Belçika, Kanada, Fransa, İngiltere, İtalya, Hollanda, Polonya ve Sovyetler Birliği yer almaktadır. ABD ise Cenevre Protokolü'nü 1975 yılına kadar onaylamamıştır (Lederberg, 1999).

Bu hukuki yasaklar, kimyasal ve biyolojik silahların daha fazla kullanımını engellemekte başarısız olmuştur. Protokole taraf olan İtalyanlar, 1935 yılında Etiyopya'yı istila ederken kimyasal ajanları yaygın olarak kullanmışlar, protokole henüz katılmamış olan Japonlar ise İkinci Dünya Savaşı sırasında Çin'de kimyasal ve biyolojik ajanları yaygın olarak kullanmışlardır (Grunden, 2017).

Japonya biyolojik silah programı Mançurya'da Birim 731 adıyla Tokyo ordusunun tıp faköltesinde ilk biyolojik silah araştırma tesisinin kurulmasıyla başlamış, salgın önleme ve su arıtma departmanı olarak da bilinen bu program 150'den fazla araştırma merkezinden oluşmuştur (King ve Guillemin, 2019).

Japonya'nın Çin ve diğer işgal altındaki ÷lkelerdeki bilinen 26 laboratuvarında yaklaşık 10.000 kişinin öldüğü bildirilmiş, 731. Birim ve diğer mikrop ve kimyasal

savaş laboratuvarlarının Çin'de gerçekleştirdiği saha testlerinin 250.000 kişinin ölümüne neden olduğu tahmin edilmektedir (Working, 2001).

1942'de Amerika Birleşik Devletleri Savaş Araştırma Servisi'ni kurmuş, başlangıçta silah olarak kullanılmak üzere şarbon ve botulinum toksini incelenmiştir. Haziran 1944'e kadar Alman kuvvetlerinin biyolojik ajanları kullanması ihtimaline karşı sınırsız misilleme yapma imkânı sağlaması için Botulinum toksini ve şarbonun stoklanması. İngilizler ise 1942 ve 1943 yıllarında İskoçya'nın kuzeybatı sahilinde yer alan Gruinard Adası'nda şarbon bombalarını test etmiş yine misilleme amacıyla şarbonlu inek yemi stoklanmıştır (Richardt ve diğ., 2012).

1947 yılında Amerika Birleşik Devletleri Başkanı Harry Truman, Senato onayıyla ABD'yi Cenevre Protokolü'nden çekmiş ve Virginia Sahili yakınlarındaki gemileri ile San Francisco Körfezi'nde *Bacillus globigii* (Antraks similatörü) ve *Serratia marcescens* gibi patojen olmayan bakterilerle açık hava saha testleri gerçekleştirmiştir. Ayrıca, otobüs istasyonları ve hava alanlarında bakteriyel aerosollerin yayılması denemeleri yapılmış, programın en yoğun döneminde yaklaşık 3400 kişi ile birkaç araştırma ve üretim tesisi yer almıştır. Bakterilerden *Bacillus anthracis*, *Brucella suis*, *Coxiella burnetii*, *Francisella tularensis*, toksinlerden botulinum ve stafilokokal enterotoksin B ve virüslerden Venezuela at ensefaliti ve sarı humma virüsü de dahil olmak üzere 30'dan fazla ajan üzerinde incelemeler gerçekleştirilmiştir.

Amerika Birleşik Devletleri biyolojik silah programı 1969'da Başkan Richard Nixon tarafından resmen kaldırılmış ve ilgili tüm tesisler yalnızca savunma amaçlı tesislere dönüştürülmüştür (Roffey ve diğ., 2002).

Sovyetler Birliği, biyolojik silah ile ilgili araştırma yapmak için ilk laboratuvarını 1925'te açmış sonraki on yıl boyunca programını desteklemek için önemli bir altyapı oluşturmuştur. 35 enstitü ile başlangıçta Leningrad ve Moskova çevresinde yoğunlaşan birkaç özel biyolojik silah araştırma merkezi kurmuş bu merkezlerde *Bacillus anthracis*, *Clostridium botulinum*, *Francisella tularensis* ve *Yersinia pestis* dahil olmak üzere biyolojik silah ajanları olarak kullanılmak üzere çok sayıda patojeni araştırmıştır (Carus, 2017).

Bu nedenle uluslararası anlamda biyolojik ve toksinli silah geliştirmesi, üretilmesi, dağıtılması ve depolanmasının yasaklanması 1972 yılında imzalanan ve 1975 yılında

yürürlüğe giren Biyolojik Silahlar Sözleşmesi [The Biological and Toxin Weapons Convention, (BWC)] ile büyük oranda gerçekleşmiştir (The Biological and Toxin Weapons Convention, 1972).

1972'de varılan anlaşmaya rağmen, Biyolojik Silahlar Sözleşmesini imzalayan ülkelerin birçoğu, sözleşme tarafından yasaklanan faaliyetlere katılmıştır (Eitzen ve diğ., 1997).

Carus (2017)'e göre 20 civarında ülke, 1945 ile 2015 arasında tarihi tam olarak bilinmeyen bir zamanda biyolojik silah için patojenleri, toksinleri veya her ikisini birden kullanan silahlar geliştirmek için programlar düzenlemeye çalışmıştır. Bu ülkelerden Kanada, Fransa, Irak, Güney Afrika, Birleşik Krallık ve Amerika Birleşik Devletleri dahil altı ülke hükümetleri, geçmişte biyolojik ve toksin silahlarıyla ilgili faaliyetlerde bulunduklarını kabul etmişlerdir. Mısır, İsrail, Kuzey Kore, Rodezya, eski Sovyetler Birliği ve Suriye ise biyolojik ve toksin silahlarına yönelik aktif olarak çalışıldığına dair birçok ipucu bulunmuştur. Diğer taraftan Cezayir, Arjantin, Brezilya, Bulgaristan, Burma, Şili, Küba, Gürcistan, Hindistan, Laos, Pakistan, Suudi Arabistan, Güney Kore, Sudan, Tayvan ve Vietnam gibi ülkelerin ise biyolojik silahları izleme konusunda ilgi olduğuna dair kanıtlar bulunmaktadır.

ABD Başkanı Richard Nixon, 1969 yılında ABD'nin biyolojik silah saldırı programından tek taraflı olarak vazgeçmiş ancak Biyolojik Silahlar Sözleşmesi yürürlüğe girmesiyle Sovyetler Birliği bu alandaki faaliyetlerini yoğunlaştırmıştır.

Sivil bir proje gibi kamuflajlanan ve ülke genelinde yayılan 'Biopreparat' projesi, kısa sürede askeri amaçlar için büyük miktarda çiçek virüsü ve antraks bakterisi üretme kapasitesi oluşturmuş ve açık havada yayılma deneyleri Aral Denizi'ndeki bir adada gerçekleştirilmiştir. Sovyetler Birliği'nin 1991'de çökmesinin ardından ise Rusya Federasyonu, Biyolojik Silahlar Sözleşmesinin ihlal edildiğini kabul etmiştir (Reiners and Thränert, 2023).

1995 tarihli bir rapor, Rusya'nın biyolojik silah programının 1979 olayından sonra varlığını sürdürdüğünü 1995'te programın hala yürürlükte olduğunu göstermiş ve 25.000 ila 30.000 kişinin istihdam edildiği belirtilmiştir. Program, Sverdlovsk'taki şarbon olayından sonra Kazakistan'ın uzak bölgesindeki Stepnogorsk kentinde askeri bir tesiste devam etmiş ve daha da öldürücü bir şarbon türü üretilmiştir. 1980'de eski

Sovyetler Birliği biyolojik silah araştırma programını daha da genişletmiş ve çiçek hastalığını silah haline getirmeyi başarmıştır (Eitzen ve diğ., 1997).

1990 yılında Irak'ın Kuveyt'i işgal etmesinden sonra 1991 Basra Körfezi Savaşı sırasında ABD ve müttefik ölkeler koalisyonu biyolojik ve kimyasal savaş tehdidi ile karşılaştılar. Birleşmiş Milletler Irak Özel Komisyonu, Saddam Hüseyin'in de silahlara biyolojik ajanlar yüklendiğini doğrulamıştır (Sidell ve Wilde, 1998).

Genel olarak, biyolojik ajanlar farklı yollarla yayılabilmektedir. Bunlar arasında doğal mevsimsel salgınlar, doğal rezervuarlardan sıçrama, kazara laboratuvarlardan salınma veya kasıtlı eylemler olarak biyoterörizm yer almaktadır (Jacobs ve diğ., 2021).

Rusya'nın Sverdlovsk bölgesinde Nisan 1979'da Sovyet askeri mikrobiyoloji tesisinin yakınında yaşayan ve çalışan insanlar arasında bir şarbon salgını meydana gelmiş aynı bölgede 50 km mesafeye kadar çok sayıda çiftlik hayvanı şarbondan ölmüştür (Meselson ve diğ., 1994). şubat 1980'in başlarında, Alman gazetesi Bild Zeitung, Sovyet askeri yerleşiminde bir kaza sonucunda şarbon bulutunun oluştuğuna dair haber yayınlamıştır (Caudle, 1997).

Diğer taraftan tekrarlayan bulaşıcı hastalıklardan kaynaklanan salgınlar hatta pandemiler, yaygın sivil panik ve biyoterörizm olayına benzer koşullara neden olabilmektedir. Örneğin İşpanyol Gribi olarak bilinen H1N1 influenza pandemisi 1918-1920 yılları arasında Birinci Dünya Savaşı'ndan çok daha fazla ölüme yol açmış ve insanlık tarihindeki en ölümcöl salgınlardan biri olmuştur. 21.yy. başında, şiddetli Akut Solunum Yolu Sendromu yani SARS 2002-2003 yıllarında 26 ölkeyi etkilemiş ve dünya genelinde 8.000'den fazla vaka ve 774 ölümlle sonuçlanmıştır.

Bununla birlikte, 2019'da Orta Çin'deki Hubei bölgesinden yayılan ve 2020'nin ilk aylarında dünyanın tüm kıtalarını hızla etkileyen yeni COVID-19 yani Koronavirüs pandemisi çok sayıda onaylanmış vaka ve ölümlle sonuçlanmış birçok ölkenin sağlık sisteminde dikkate değer sorunlara neden olmuştur. Birçok ölkede önemli sosyo-ekonomik aksaklığa neden olan bu durum, bir önlemin, yani bir aşının hızla bulunmadığı yeni patojenlerle karşılaşıldığında toplumlarımızın ne kadar kırılgan olabileceğini açıkça göstermiştir (Jacobs ve diğ., 2021).

Günümüzde temel endişeler ise biyolojik silahların biyoterörizm bağlamında kullanılması, yani biyolojik silahların devlet destekli olmayan kişi veya gruplar tarafından kullanılması olasılığı olmuştur (Kortepeter, 2001).

1984 yılında ABD Oregon'da dini bir tarikat olan Rajneesh tarikatı çeşitli restoranlardaki salata barlarına kasıtlı olarak *Salmonella typhimurium* bulaştırmış, 751 kişi etkilenmiştir (Barras ve Greub, 2014).

1989'da Georgi Markov adlı bir Bulgar, İngiltere'nin Londra kentinde saldırıya uğrayarak öldürülmüştür. Bu suikast daha sonra şemsiye görünümlü silah kullanıldığı için 'şemsiye öldürme' olarak anılmıştır (Kortepeter, 2001).

9 Eylül 2001 yılında Dünya Ticaret Merkezi saldırısının ardından New York'ta yaşanan 'anthrax mektupları' vakası, biyoterörizmin en son örneklerinden birini temsil etmektedir. Bu saldırıların etkisi, gerçekleşen enfeksiyon sayısına kıyasla psikolojik ve siyasi düzeyde çok daha büyük olmuştur. Hükümet yetkililerine veya gazetecilere çeşitli mektuplar gönderilerek toplamda, 22 kişi antraks enfeksiyonu geçirmiştir. 5 kişinin ölümüyle sonuçlanan bu kullanılan özel suş, ABD ordusunun Fort Detrick laboratuvarına kadar izlenmiş ancak saldırıların failleri hala bulunamamıştır. Bu örnek ise biyolojik silahların ciddiye alınması ve hem bireysel hem de siyasi düzeyde yanıtlanması gereken bir halka açık tehdit olduğunu göstermektedir (Jaton ve Greub, 2014).

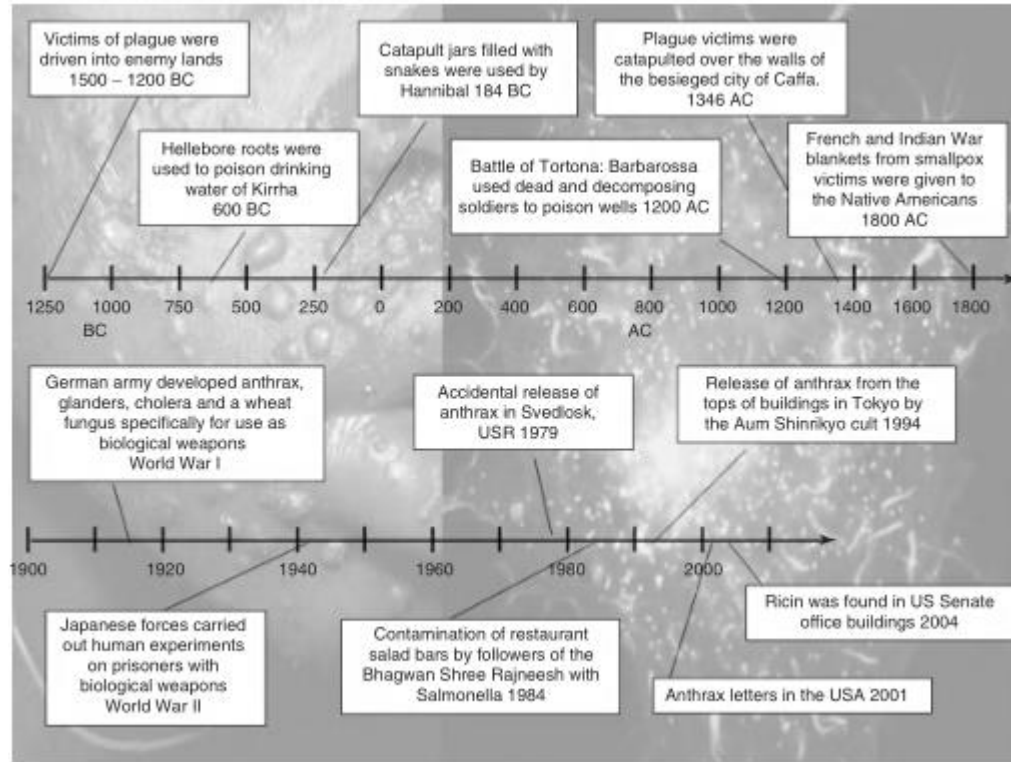
2001'den sonra, El Kaide'nin 1998'in başından bu yana bir biyolojik silah programı yürüttüğü öğrenilmiş, 2003 yılında ise Amerika Birleşik Devletleri'nde risin toksiniyle dolu ilk mektup vakası yaşanmıştır. Büyük Britanya, İspanya, İtalya, Türkiye, İsveç ve Almanya'daki El Kaide terör hücreleri de 2003 yılında risin toksiniyle saldırılar planlamışlar Büyük Britanya, İspanya, İtalya ve Fransa'da şüpheliler tutuklanmıştır. 2004 yılında risin toksini kirliliği Washington DC'deki bir binada tespit edilmiştir. 2013'te Amerikalı politikacılara risin mektupları gönderilmiş, 2020'de ise yine risin tozu dolu mektuplar ele geçirilmiştir (Juling, 2023).

ABD Ulusal Terörizm ve Terörizme Tepki Çalışmaları Konsorsiyumu tarafından 1990-2011 yılları arasında biyolojik ajanların dahil olduğu 74 devlet dışı aktör olayını inceleyen bir araştırma, bir ajan kullanmanın, silahsız bir ajan bulundurmanın ve

edinme girişiminin en yaygın vakalar olduğu sonucuna varmıştır (Pinson ve diğ., 2013)

Günümüzde hala devam eden COVID-19 salgını biyolojik silahlar alanında da bir dönüm noktası olmuştur. 2020'den bu yana, COVID-19 ile terörizm arasındaki bağlantıyı inceleyen çok sayıda farklı bilimsel makale yayınlanmıştır ve Koronavirüs'ün biyolojik bir silah olarak tasarlandığına dair komplo teorisi anlatıları da ortaya çıkmıştır (Salman ve Gill, 2020).

Nihai olarak, biyolojik savaş ve biyoterörizmin tarihi, en etkili önlemin, böyle silahların geliştirilmesini ve kullanılmasını yasaklayan güçlü kültürel normların bireysel, sosyal ve siyasi düzeylerde oluşturulması ve korunmasına dayandığını göstermektedir (Barras ve Greub, 2014).



Şekil 3.2. Biyolojik maddelerin biyolojik ajanlar olarak uygulanmasına ilişkin bazı önemli örneklerin zaman çizelgesi

(Richardt ve diğ., 2012)

3.2.3. Radyolojik ve Nükleer Harp Maddesi Tarihi

Uranyum ilk olarak 1789 yılında Alman kimyager Martin Klaproth tarafından tanımlanmış (Goldschmidt, 1990), 1895 yılında ise W. Conrad Röntgen X ışınlarını

keşfetmiştir (Röntgen, 1895). 1896'da ise Becquerel uranyumun iyonlaştırıcı radyasyon yaydığını keşfetmiştir.

Yirminci yüzyılın ilk yıllarında Pierre ve Marie Curie'nin uranyumdan daha radyoaktif radyum bulmuştur. 1930'larda ise nötronun ve yapay radyoaktivitenin keşfi, bir dizi araştırmayı teşvik etmiş ve bu araştırmalar 1939'da Otto Frisch'in fisyon olayını göstermesiyle sonuçlanmıştır (Goldschmidt, 1990).

1919 yılında ise Rutherford yapay radyoaktiviteyi bulması ile gerek fizik gerekse tıp dünyasında büyük devrim meydana gelmiş ve bugünkü atom çağına temelini atmıştır (Kuter, 2011).

Nükleer silahların tarihi, temel fiziksel mekanizmaları olan nükleer fisyon ve nükleer füzyonun keşfiyle başlamıştır. Yirminci yüzyılın ilk otuz yılında radyoaktivite de dahil olmak üzere atomların doğasına ilişkin anlayışımızdaki temel gelişmeler fizikte devrim yaratmıştır.

Füzyon üzerine yapılan araştırmaların ilk küçük adımı, 1929 yılında atılmıştır. Ernest Rutherford tarafından gerçekleştirilen nükleer transmutasyon deneylerine dayanarak, hidrojen izotoplarının laboratuvar ortamında füzyonu ilk kez Mark Oliphant tarafından 1932 yılında başarılmıştır (Das ve diğ., 2016)

Ernest Thomas Sinton Walton ve John Cockcroft ise 1932 yılında Lityum atomunu protonlarla bombardımana tutarak atom çekirdeklerinin yapay çözülmesi ve dönüşümü konusundaki çığır açan deneyleri nedeniyle 1951 Nobel fizik ödülünü ile paylaşmıştır (McCartney ve Whitaker, 2003).

Enrico Fermi (1934) uranyumun nötronlarla bombardımanının sonuçlarını açıklamıştır. 1938-1939'da nükleer fisyonun keşfi coğrafya, politika ve bilimsel disipline göre ayrılmış dört kişiyi temsil etmiştir. Otto Hahn ve Fritz Strassmann, Berlin'de 1938 yılının aralık ayında ışınlanmış uranyum örneğinde baryum atomunu keşfetmişler, Meitner ve Frisch kısa süre sonra Hahn ve Strassmann'ın verilerini, ağır bir çekirdeğin yaklaşık olarak ikiye bölündüğü ve buna "nükleer fisyon" adını verdikleri yeni bir nükleer bozunma biçimini önererek açıklamışlardır (Yruma, 2008).

Joliot, Halban ve Kowarski nötron çoğaltma yoluyla zincir reaksiyonunun mümkün olduğunu gösterdiklerinde, nükleer fizik tam da İkinci Dünya Savaşı'nın başladığı an

askeri bir bilim haline gelmiştir. Bu gelişmeler daha sonra, nükleer enerji uygulamalarına yol açmış ve nötronların büyük ölçekli nötron tesislerinde önemli bir bilimsel araştırma konusu olarak kullanımını sağlamıştır (Nesvizhevsky ve Villian, 2017).

1939 ila 1940 yıllarında Enrico Fermi ve Leo Szilard Columbia Üniversitesi'nde iş birliği yaparak nükleer bir zincir reaksiyonunun uygulanabilirliğini belirlemek için ilk nükleer reaktörün inşası için çalışma yürütmüşlerdir (Byers, 2002).

Bilim insanları bir yandan zincir fisyon reaksiyonları için nükleer yakıt olarak görev yapan zenginleştirilmiş uranyum-235'in gerekli olduğunu keşfetmişler ve uranyum yakıtlı bir reaktörde uranyum-238'den yeterli çekirdeksel plütonyum üretmenin ve onu kimyasal olarak ayırt etmenin, uranyum-235 zenginleştirilmesi için bir izotop ayırma tesisi inşa etmekten daha az maliyetli ve çaba gerektirebileceğini önermişlerdir.

ABD, uranyum-235 zenginleştirmesinde başarılı olmuş ve plütonyum-239 üretimini gerçekleştirmiştir. Plütonyum-239 üretimi için yeterli sayıda nötron üretmek için bir nükleer reaktör inşa etmek, en öncelikli görevlerden biri olmuştur (Gu, 2018)

Bu önemli çalışma için Enrico Fermi ve meslektaşları öncülük etmiş, 1942'de, dünyanın ilk nükleer reaktörü olan Chicago Pile-1 adını taşıyan, doğal uranyum ve birbirine üst üste konmuş grafitten oluşan reaktörün inşası tamamlanmıştır (Fermi, 1946).

1942 yılında, Pearl Harbor'a yapılan Japon saldırısının ABD'yi İkinci Dünya Savaşı'na sokmasının ardından, atom bombası yapımına yönelik tam ölçekli bir programın başlatılmasına karar verilmiş, Manhattan Mühendis Bölgesi kurulmuştur.

1944 baharına kadar iki bomba modeli geliştirilmiş, Plütonyum patlama prototipine Fat Man, Uranyum silahının prototipine ise Little Boy adı verilmiştir. Silahlar kullanılmadan önce Oppenheimer'ın Trinity adını verdiği deneme atışı gerçekleştirilmiş ve deneme atışı o tarihe kadar en şiddetli insan yapımı patlama olmuştur (Fehner ve Gosling., 2012).

Trinity testinden üç hafta sonra, 6 Ağustos 1945'te, uranyum bombası Little Boy Japonya'nın Hiroşima kentine atılmıştır. Plütonyum silahı Fat Man ise 9 Ağustos'ta Nagasaki'ye atılmış ve Japonya 14 Ağustos'ta teslim olmuştur (Gosling, 1999).

Schwartz (1998) yaptığı çalışmaya göre Amerika Birleşik Devletleri her bir atom bombası için 5 milyar dolar harcamış, 1945 yılına kadar olan süreçte 1996 yılına ait dolar kuru baz alınarak yapılan hesaplama göre toplam 20 milyar dolar harcanmıştır.

Trinity testinin ve Hiroşima ile Nagazaki'nin bombalanmasının ardından yetkililer, özellikle deniz hedefleri üzerindeki silah etkileri ile ilgili 1946 yılında Koramiral W.H.P. Blandy, Crossroads operasyonu ile Marshall Adaları'ndaki Bikini Mercanadasına plütonyum bombası olan Shot Able'nin atışını gerçekleştirdiler. Suyun 90 feet altında patlatılan bombanın etkisi ile 74 gemilik boş gemi filosu yerle bir olmuş ve testte 21.000 ton TNT'ye eşdeğer patlamalar ortaya çıktığından havaya binlerce ton su yükselmiştir. Fakat bu test ile büyük bir radyasyon sorunu ortaya çıkmış hedef filoda tahmin edilenden çok daha fazla miktarda aktif ürün bırakan radyoaktif bir sis meydana gelmiştir. Patlama sonra birkaç haftalık bir süre içinde personelin radyasyona maruz kalma seviyeleri tırmanmış ve planlanan bir diğer atış iptal edilmiştir (Fehner ve Gosling., 2012).

ABD Başkanı Eisenhower (1953) Birleşmiş Milletler Genel Kuruluna yaptığı 'Barış için Atomlar' konuşmasında 16 Temmuz 1945'te Amerika Birleşik Devletleri'nin dünyanın en büyük atom patlamasını gerçekleştirdiğini ve o tarihten 1953 yılına kadar 42 patlama denemesi gerçekleştirildiğini ifade etmiş, Amerika Birleşik Devletleri'nin insanın mucizevi yaratıcılığının insanlığın ölümüne değil yaşamına adanması için bir çağrıda bulunmuştur.

ABD Başkanı Eisenhower'ın yaptığı barış çağrısından hemen sonra nükleer teknolojinin keşifleri ve çeşitli kullanımlarının yarattığı derin korkulara ve beklentilere karşılık 1956 yılında 81 ülkenin katılımı ile tüzüğü belirlenerek 1957 yılında Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı [International Atomic Energy Agency, (IAEA)] kurulmuştur (IAEA, n.d).

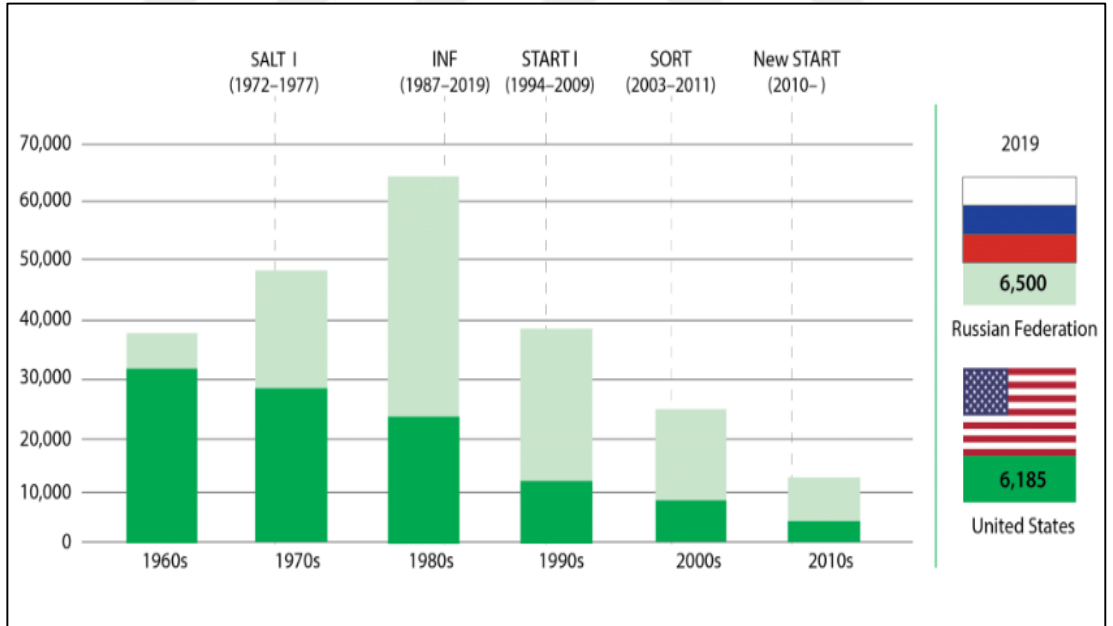
1970 yılında ise Nükleer Silahların Yayılmasını Önleme Anlaşması [Treaty on the Non-Proliferation of Nuclear Weapons, (NPT)] imzalanarak yürürlüğe girmiş ve ardından 1995 Gözden Geçirme ve Uzatma Konferansında taraflar antlaşmayı süresiz olarak uzatmışlar ve her beş yılda bir Gözden Geçirme Konferansı düzenleme uygulamasını resmileştirmişlerdir (Nuclear Non-Proliferation Treaty, n.d). Onuncu

NPT İnceleme Konferansı ise 2022 yılında New York da gerçekleştirilmiştir (Tazaki, 2023).

20 Eylül 2017 yılında Birleşmiş Milletler Nükleer Silahların Yasaklanması Anlaşmasını [Treaty on the Prohibition of Nuclear Weapons, (TPNW)] imzaya sunmuş 93 ülkenin imzası ile 22 Ocak 2021 yılında ise anlaşma yürürlüğe girmiştir.

1963 yılında Kısmi Test Yasağı [Partial Test Ban Treaty (PTBT)] Anlaşması ile Atmosferde, Uzayda ve Su Altında Nükleer Silah Testlerini Yasaklayan Antlaşma imzalanmış, 1996 yılında ise Kapsamlı Nükleer Testlerin Yasaklanması Anlaşması [Comprehensive Nuclear Test Ban Treaty (CTBT)] imzaya açılmış ancak henüz yürürlüğe girmemiştir (United Nation Office for Disarmament Affairs Nuclear Weapons, n.d.).

1998 yılında ise Hindistan, 24 yıl aradan sonra ilk kez yer altında üç nükleer deneme gerçekleştirmiştir. Pakistan, Hindistan'ın testlerine yanıt olarak altı nükleer silahı test etmiş 2006 yılında ise Kuzey Kore hükümeti nükleer denemeyi başarıyla gerçekleştirdiğini duyurmuştur (The road to a world free of nuclear weapons, n.d.).



Şekil 3.3. Nükleer Silahlar, 1972-2019

(United Nation Office for Disarmament Affairs, n.d.)

Nükleer silahlardan arınmış bir alan yaratmaya yönelik ilk çabalar ise 1950'lerin sonlarında Orta ve Doğu Avrupa'da böyle bir bölgenin kurulmasına yönelik çeşitli

önerilerle başlamıştır. 1970 yılında yürürlüğe giren Nükleer Silahların Yayılmasını Önleme Anlaşması'nın VII. Maddesi ile ülkelerin nükleer silahlardan arınmış belirli bölgeler kurma hakkını teyit etmektedir. Nükleer silahlardan arındırılmış bölge [Nuclear Weapon Free Zones (NWFZ)], ülkelerin nükleer silah üretmemeyi, edinmemeyi, test etmemeyi veya bulundurmamayı taahhüt ettiği belirli bir bölgeyi kapsamakta ve ülkelerin bu bölgelerde nükleer enerjiyi barışçıl amaçlarla kullanabilmesini amaçlamaktadır (Nuclear Weapon Free Zones, n.d.).

Ancak bazı ülkeler aktif nükleer silah programlarına sahip olmayı sürdürmektedir ve terör örgütlerinin nükleer silahlara sahip olduğu veya elde edebileceği ile ilgili ciddi bir endişe mevcuttur (Coleman ve diğ., 2009).

Tablo 3-2. 1945'ten 2023'e Tahmini nükleer savaş başlığı stokları

Ülke veya Bölge	1945	2023	Mutlak Değişim	Göreceli Değişim
Çin	0	410	+410	
Fransa	0	290	+290	
Hindistan	0	164	+164	
İsrail	0	90	+90	
Kuzey Kore	0	30	+30	
Pakistan	0	170	+170	
Rusya	0	4,489	+4,489	
Güney Africa	0	0	+0	
Birleşik Krallık	0	225	+225	
ABD	2	3,708	+3,706	+185,300%
Dünya	6	12,512	+12,506	+208,433%

Our World İn Data. (n.d.). Estimated nuclear warhead stockpiles'dan uyarlandı.

Nükleer kazalar ve radyasyon kazaları nükleer tesislerde gerçekleştirilen operasyonlar, radyoaktif maddelerin taşınması ile radyasyon kaynaklarının endüstriyel ve tıbbi kullanımları sırasında ortaya çıkabilmektedir (Günel, 2017).

28 Mart 1979'da Middletown, Pennsylvania yakınlarındaki Three Mile Island nükleer santralinde Ünite 2 reaktörünün kısmen erimesi ile ABD'de bulunan ticari nükleer enerji santrallerinin tarihindeki en ciddi kaza meydana gelmiştir (Nuclear Regulatory Commission, 1979).

TMI nükleer santral kazası, çevreye küçük miktarlarda ksenon ve iyot radyoizotoplarının salınmasına neden olmuştur. TMI tesisi yakınında yaşayan sakinlerin ölüm oranlarını inceleyen ve takip süresi yaklaşık 20 yılı kapsayan (1979-

1998) bir mortalite çalışması bölgedeki ölüm oranlarının yerel bir nüfus ile karşılaştırıldığında erkekler ve kadınlar için toplam ölüm oranı anlamlı bir şekilde yüksek bulunmuştur (Talbott, 2003).

Çernobil nükleer kazası, 26 Nisan 1986'da Çernobil Nükleer Güç Santralinin 4. Ünitesinde yapılan teknik test sırasında meydana gelmiştir. Reaktörün düşük güç seviyesinde uygun olmayan şekilde çalıştırılması, reaktörün "ksenon zehirlenmesine" yol açmış, bu durum reaktör personeli tarafından fark edilememiş ve reaktörün kontrol çubuklarının hatalı çalışmasına neden olmuştur (Grishanin, 2010). Bu çalışma hatası, reaktörün ani bir güç kesintisi nedeniyle termal olarak tahrip olmasına yol açmış ve patlamasına ve grafit moderatörlerin tutuşmasına neden olmuştur (Michel, 2006). Çernobil Nükleer Santrali kazası, büyük çaplı bir yangın ve ardından gelen patlamalarla, santral operatörleri ve acil durum servisi çalışanlarının bazılarının hemen bir kısmının ise daha sonra ölümlerine ve önemli bir alanının ise radyoaktif kirlenmesine neden olan ilk büyük nükleer santral kazasıdır. Radyoaktif maddenin 10 günlük bir süre zarfında salınması, milyonlarca Sovyet ve diğer Avrupalıların ölçülebilir seviyelerde radyoaktif serpintiye maruz kalmasına neden olmuştur (Ginzburg ve Reis, 1991).

1990 yılında, Çernobil kazasından dört yıl sonra, kazadan kaynaklanan serpintilere maruz kalan çocuklarda tiroid kanseri vakalarında artış tespit edilmiştir (IAEA, 1991). Radyasyona maruz kalma nedeniyle etkilenen Belarus, Rusya Federasyonu ve Ukrayna'da nüfusun sağlığı risk altına girmiş, 2006 yılına gelindiğinde, maruziyet sırasında çocuk olan kişilerde 5000'den fazla tiroid kanseri vakası teşhis edilmiştir (WHO, 2016). Cardis ve diğ. (2006)'nin yaptığı çalışmaya göre Avrupa'da 2065 yılına kadar tahmin edilen tiroid kanseri vaka sayısını 3.400 ila 72.000 arasında olacağı tahmin edilmiştir.

2011 yılında meydana gelen yıkıcı deprem ve tsunaminin sonucu olarak Fukushima Daiichi nükleer santralinde meydana gelen kaza hem yıkıcı bir felaket hem de Japonya ve küresel enerji güvenliği açısından ciddi bir olay olmuştur (Hayashi ve Hugles, 2013).

11 Mart 2011'de saat 14:46'da deprem Fukushima Dai-ichi santraline vurduğunda, çalışan üç reaktör hemen kapanmıştır. Deprem, santrale giden elektrik iletim hatlarına

zarar vermiş ve istasyon reaktörleri soğutma yeteneğini hızla kaybetmiştir. Reaktör binalarında hidrojen patlamaları meydana gelerek dış üst yapıların büyük bir kısmı tahrip olmuştur. Buna bağlı olarak tesisten büyük miktarlarda radyoaktivite yayılmış ve bu durum tesisin etrafındaki yüzlerce kilometrekarelik alanın kirlenmesine neden olmuştur (Lebel ve diğ., 2016).

Dünya Sağlık Örgütü [World Health Organisation (WHO)] Fukushima nükleer santralinin yakınında yaşayanlarda tiroid kanserine yakalanma riskinin %70, bebekken maruz kalan kadınlarda ise meme kanserine yakalanma riskinin %6 arttığı sonucuna varmıştır (Health Risks assessment from the nuclear accident after the 2011 Great East Japan Earthquake and Tsunami, 2013).

1987 yılının Eylül ayında Brezilya Goiânia'da, 50,9 TBq ^{137}Cs (Sezyum 137) kaynağının yanlışlıkla bir terapi ünitesinden çıkarılıp hurdacılar tarafından parçalanmasıyla çok ciddi bir radyolojik kaza meydana gelmiş, insanlarda yapılan kontaminasyon taramasında 249 kişinin kontamine olduğu, 21'inin akut radyasyon sendromu veya radyodermatit gösterdiğini ve 10'unun durumunun ciddi olduğunu ortaya çıkmıştır. Bu 10 kişiden ise 4'ü yaşamını yitirmiştir. Kazanın doğrudan veya dolaylı olarak şehrin tüm sakinleri ve Goiás Eyaleti'nin tamamı için sosyal, duygusal, psikolojik ve ekonomik nitelikte sonuçları olmuştur. Goiânia sakinlerine ve tüm Goiás Eyaletinin ürünlerine sosyal ve ekonomik etkileri olan güçlü bir direnç oluşması sebebiyle gayri safi yurt içi hasılası %15 düşmüştür. Temizleme çalışmaları sırasında yedi evin yıkılması ve büyük miktarda toprağın kaldırılması gerekmiştir. Kirlenmiş alanlardan uzaklaştırılan atıkların toplam hacmi ise 3500 m³ tür (Vinhas, 2003).

Temmuz 1997'de IAEA, Kosta Rika Hükümeti'nden San José, Kosta Rika'daki radyoterapi hastalarının aşırı maruziyetinin değerlendirilmesine yardımcı olması için bir talep almıştır. Kaza, 22 Ağustos 1996 tarihinde San José'deki San Juan de Dios Hastanesi'nde ^{60}Co (Kobalt 60) radyasyon terapisi kaynağının değiştirilmesi sırasında meydana gelmiştir. Yeni kaynak kalibre edilirken doz hızının hesaplanmasında bir hata yapılmış ve bu yanlış hesaplama hastalara öngörülenden çok daha yüksek radyasyon dozları verilmesine yol açmıştır. Bu büyük bir radyasyon kazasında radyoterapi ile neoplazm tedavisi gören 115 hastanın etkilendiği ortaya çıkmıştır. Hesaplama hatası ise 27 Eylül 1996 tarihinde fark edilerek tüm tedaviler durdurulmuş, resmi olarak radyoterapi makinesi 3 Ekim 1996 tarihinde kapatılmıştır. 7 Temmuz

1997 tarihi itibarıyla, yani kazadan sonraki 9 ay içerisinde hastaların 42'si hayatını kaybetmiştir (Accidental overexposure of radiotherapy patients in San Jose, Costa Rica, 1998).

Ağır bir radyolojik kaza da Aralık 1998 ve Ocak 1999 yılında İstanbul'da meydana gelmiştir. ^{60}Co teleterapi kaynaklarını taşımak için kullanılan iki paket hurdacıya satılmış, paketi satın alan kişiler onları kırarak açmış ve böylece toplamda 7'si çocuk olmak üzere toplam 18 kişi ^{60}Co kaynağından gelen radyasyona maruz kalmıştır (The radiological accident in Istanbul, 2000).

Radyoaktif malzemeleri içeren terörist eylem veya tehditler, genellikle radyolojik olaylar ve nükleer silahları içeren nükleer olaylar olmak üzere geniş bir şekilde sınıflandırılmaktadır (Barnett ve diğ., 2006).

2016 yılında Barack Obama, katıldığı Nükleer Güvenlik Zirvesinde nükleer güvenlik ve nükleer maddelerin güvenliği konusunu, özellikle de uluslararası terörizm çerçevesinde, teröristler ve nükleer maddelerin bir araya gelmesini bir senaryo eşliğinde önemle vurgulamıştır (A terrorist dirty bomb? US summit asks world leaders to plot response, 2016).

IAEA, Nükleer ve Diğer Radyoaktif Maddelerin Yasadışı Kaçakçılığına İlişkin açıkladığı yıllık verilere göre 2022 yılında nükleer ve diğer radyoaktif maddeleri içeren toplam 146 yasadışı faaliyetin rapor edildiğini açıklamıştır. IAEA'nın yasa dışı ticaret vakalarına ve diğer izinsiz faaliyetlere ve düzenleyici kontrolün dışında nükleer ve diğer radyoaktif materyalleri içeren olaylara ilişkin bilgi sistemi olan ve 1993'ten bu yana vaka kaydedilen Kaza ve Kaçakçılık Veri Tabanı [Incident and Trafficking Database (ITDB)] (2023)'de toplam 1993 yılından 2022 yılına kadar toplam 4075 vaka kaydedilmiştir. Bu vakaların ise 344'ü kaçakçılık veya kötü niyetli kullanımla ilgili olmuştur (IAEA Releases Annual Data on Illicit Trafficking of Nuclear and other Radioactive Material, 2023).

2006 yılında Alexander Litvinenko Polonyum-210 ile uğradığı suikast ile saldırıdan yaklaşık 22 gün sonra hayatını kaybetmiştir (The Guardian, 2013). Ayrıca Kasım 2004'te hayatını kaybeden Yaser Arafat'ın 2011 yılında son hastane ziyareti sırasında giydiği ve biyolojik sıvılarla boyanmış bazı eşyalarında anormal düzeyde polonyum-210'a rastlanmıştır. Bu bulgular, 2012 yılında Arafat'ın mezarının açılarak

kalıntılarının çıkarılmasına yol açmıştır. Adli tıp uzman raporundan toplanan tüm delilleri birleştiren istatistiksel analizler, Arafat'ın ^{210}Po (Polonyum 210) ile zehirlendiği iddiasını orta derecede desteklemektedir (Froidevaux ve diğ., 2016).

Terörizm, her zaman olduğu gibi bir tehdit olmaya devam etmekte ve yeni formlara evrilmektedir. Nükleer terörizm, bir bütün nükleer silahı veya el yapımı nükleer cihaz patlatmayı başarır, potansiyel ölümcüllük oranı diğer terörizm formlarıyla karşılaştırılmaz olabilecektir. Benzer şekilde, bir nükleer tesise sabotaj veya kirli bir bombayı patlatma, büyük bir yıkıma neden olmasa da sabotajın veya kirli bombanın psikolojik etkileri hedef kitle üzerinde diğer terörizm formlarından çok daha etkili olacaktır. Bu nedenle, devletler nükleer terörizmle amaçlarına ulaşmalarını engellemek için nükleer güvenlik çabalarını artırmalıdır. Bu noktada, nükleer terörizm tehdidine karşı mevcut uluslararası tepkiler ve nükleer güvenlik kültürü gelişme aşamasındadır ancak küresel güvenliğe yönelik küresel bir tehdit olarak, nükleer terörizm tehdidi küresel bir çözüm gerektirmektedir (Alkış, 2022).

4. KBRN HARP MADDELERİ

Kimyasal, Biyolojik, Radyolojik ve Nükleer (KBRN) malzeme terimi; nüfusa, bölgeye ve askerî kuvvetlere zarar verebilecek herhangi bir fiziksel durum ve biçimdeki kimyasal, biyolojik ve radyolojik ajanlar için bir şemsiye terim olarak kullanılmaktadır. KBRN silahlarının veya KBRN cihazlarının geliştirilmesi veya kullanılması için kullanılabilecek ekipman veya bileşenleri de ifade etmektedir (NATO, 2022a). Dekontaminasyon genel olarak tehlikeli maddelerin istenmeyen alanlardan uzaklaştırılması olarak tanımlanmaktadır (Kumar ve diğ., 2010). Her durumda ve her türlü kontaminasyona uygulanabilecek tek bir teknoloji ve yöntem yoktur çünkü kontaminasyonun doğası ve kapsamı kimyasal, biyolojik, radyolojik ve nükleer harp maddelerinin kapsamına göre farklılık gösterecektir. Bu nedenle araştırmanın bu bölümünde öncelikle kimyasal, biyolojik, radyolojik ve nükleer harp maddeleri tanıtılacaktır.

4.1. Kimyasal Harp Maddeleri

Kimyasal maddeler veya kimyasal harp maddeleri, toksik özellikleri nedeniyle kasıtlı ölüme veya zarara neden olmak için kullanılan kimyasallardır. Zehirli kimyasalları silah haline getirmek için özel olarak tasarlanmış mühimmat, cihaz ve diğer ekipmanlar da kimyasal silah tanımına girmektedir (OPCW, n.d.).

Toksik endüstriyel kimyasallar (TIC) ise bir tesiste 30 tonun üzerinde üretilen ve toksisitesi (LC₅₀ solunum) 100.000 mg/dak/dm³'ten az olan ve belirgin buhar basıncına sahip malzemeler olarak tanımlanmaktadır (The Medical NBC Battlebook, 2000).

Toksik endüstriyel kimyasal maddeler, kimyasal savaş ajanları dışında insanlar üzerinde zararlı etkileri olan kimyasallardır. Toksik endüstriyel malzemeler, üretim tesisleri, bakım alanları ve genel depolama alanları gibi çeşitli ortamlarda kullanılmaktadır. Bu kimyasalların bazılarının maruz kalmak, yaşam ve sağlık

açısından hemen tehlikeli olmazken, bu bileşiklere uzun süreli ve düşük seviyeli maruziyetlerden sonra bireyin sağlığı üzerinde son derece ciddi etkilere sahip olabilmektedir. Toksik endüstriyel kimyasallar dolaylı olarak terörist gruplar tarafından hedef alınabilmektedirler ancak kimyasal harp maddeleri doğrudan savaş veya terörist faaliyetlerde kullanılmaktadır (Fatah ve diğ., 2007a).

Kimyasal savaş ajanları düşük seviyelerde bile hızlı etkili ve bazen öldürücü olan düşük moleküler ağırlıklı sentetik bileşiklerdir (Gupta, 2015) ve belirgin fizikokimyasal, fizyolojik ve kimyasal özelliklere sahip çeşitli bileşik sınıflarına aitlerdir.

Uçuculuklarına göre kalıcı ve kalıcı olmayan ajanlar olarak sınıflandırılmaktadırlar. Bir madde ne kadar uçucu ise o kadar hızlı buharlaşarak dağılmaktadır. Kimyasal yapılarına göre organofosfor (OP), organosülfür ve organoflor bileşikleri ve arsenikler olarak sınıflandırılabilirler. Buna göre savaşta kullanılan kimyasal ajanları şu şekilde sınıflandırılmaktadır:

- Sinir ajanları (Tabun/ GA, Sarin/GB, Samon/GD, Siklosarin/GF, VX)
- Vezikantlar [Kabarcık yapıcı/Yakıcı ajanlar- Sülfür Mustard/HD, Nitrojen Mustard/HN, Levisit/L, Fosgen Oksim/CX]
- Kan ajanları [Siyanojenik ajanlar- Hidrojen Siyanür/AC, Siyanojen Klorür/CK, Arsin/SA]
- Boğucu ajanlar [(Pulmoner ajanlar- Fosgen/CG, Klor/CL, Kloropikrin/PS, Difosgen/DP)]
- Kargaşa kontrol ajanları [(Göz yaşartıcı gazlar- Göz yaşartıcı gaz/ CN, CS, CR, DM, Biber gazı/OC)]
- Kapasite Düşürücü Ajanlar [(Psikomimetik ajanlar-Narkotik bileşikler/ LSD, BZ)]
- Toksinler (Sentetik toksinler/ Risin, Saksitoksin) (Ganesan ve diğ., 2010; OPCW,2024a).

Kimyasal Harp Maddeleri; moleküler ağırlık, erime noktası, kaynama noktası (buhar basıncı), buhar yoğunluğu, havada dayanıklılık, öldürücü konsantrasyon, etkisiz hale getirici konsantrasyon, koku, suda çözünürlük, suda stabilite, cilt üzerindeki etki ve

panzehir beklentileri gibi fiziksel ve toksikolojik özellikleri yönünden farklılık göstermektedir.

Özellikle fosgen ve sülfür mustard gibi birkaç saat sonra toksisite gösteren yavaş etkili ajanlar dışında kimyasal savaş ajanları hızlı etki etmektedir. Ölümcül zehirli organofosfat (OP) sinir gazları ve toksik kabarcık ajanları, CWC'de planlanmış bileşikler olarak kayıtlıdır.

Kimyasal savaş ajanları cilt teması ve alımı yoluyla toksisite gösterse de CWA buharına karşı inhalasyon toksisitesi esas olarak kimyasal savaş ya da terör vakaları ve kimyasal silah imhası açısından ele alınmakta ve CWA'nın buhar fazında tespiti amacıyla analitik teknolojilerin geliştirilmesi yürütülmektedir. CWA toksisitesinin tanımında kullanılan parametre öldürücü doz değeridir (LC_{t50} , mgmin/m³); bu değer, insanlarda 1 dakikalık soluma ile %50 ölüm vakasına yol açan buhar konsantrasyonunu göstermektedir (Seto,2020).

Wiener ve Hoffman (2004) kimyasal savaş ajanı olarak kullanılabilecek maddelerin özelliklerinin aşağıdaki gibi olduğu belirtmektedir;

- Üretim ve hazırlık sırasında “çok” toksik olmamalıdır.
- Uzun süreli saklama için dayanıklı olmalıdır.
- Dağıtma/yayma sırasında oksijen, nem ve ısıya dayanıklı olmalıdır.

1988'de İran parlamentosu başkanı Haşimi Rafsancani, kimyasal ve biyolojik silahları 'fakir adamın atom bombası' olarak tanımlamış ve bazı özelliklere dikkat çekmiştir;

- Kimyasal savaş ajanlarının bir kilometrekarede oluşturulabilecekleri kitlesel kaybın maliyeti konvansiyonel silahlara göre daha az olması nedeniyle düşük maliyetlidir.
- Üretimi için daha düşük teknolojiye ihtiyaç duyulmaktadır.
- Yüksek etkinliktir ve toksisitesi oldukça yüksektir
- Çok yüksek kayıp kapasitesi bulunmaktadır
- Korkutucu imaja sahiptir
- Tespiti ve teşhisi zordur (Lyell, 1996).

4.1.1. Sinir Ajanları

Sinir ajanları, asetilkolinesterazın geri döndürülemez inhibisyonu yoluyla etkilerini gösteren, kolinerjik iletimin aşırı uyarılması ve ardından kapanmasıyla sonuçlanan organofosforlu kimyasal savaş ajanlarıdır (Cantazi ve diğ., 2018).

Sinir ajanları hızlı etkileri nedeniyle oldukça toksiktirler. Esas olarak deriden ve akciğerlerden emilerek etki ederler. Sinir ajanları iki ana gruba ayrılır: G serisi ajanlar ve askeri tanımlarına göre adlandırılan V serisi ajanlar.

Bazı G ajanları, özellikle tabun ve sarin, çevrede yalnızca kısa süreler boyunca varlığını sürdürebilirler. Soman ve siklosarin gibi diğer ajanlar daha uzun süre kalıcıdır ve cilt için daha büyük bir tehdit oluşturmaktadır. V ajanları ise son derece güçlüdür, ölüme neden olmak için yalnızca miligram yeterlidir ve çevrede uzun süre kalabilmektedirler (OPCW, 2018b).

G serisi sinir ajanlarını Alman bilim adamları ilk kez 1936'da GA'dan başlayarak sentezlemişlerdir. Organofosfat sinir ajanları tabun (GA), sarin (GB), soman (GD) ve siklosarin (GF), bilinen en toksik kimyasal savaş ajanları arasındadır (Huebner ve Arnold, 2010) ve ortam sıcaklıklarında uçucu olan berrak, renksiz sıvılardır (ATSDR, 2017).

VX, sinir ajanları arasında en toksik olanlardan biridir. Tüm sinir ajanları gibi VX de kasların kasılmasını durduran bir enzimin çalışmasına müdahale eder. Bu enzim düzgün çalışmadığında kaslar sürekli olarak uyarılır. Kasların sürekli kasılmasıyla maruz kalan kişiler yorulabilir ve artık nefes alamayabilirler. VX kehribar renginde yağlı algılanabilir bir kokusu olmayan, tatsız bir sıvıdır. Buharlaşması ve buhar (gaz) haline gelmesi çok yavaştır bir motor yağı kadar yavaş buharlaşmaktadır. VX şartlara bağlı olarak ortamda günlerce veya aylarca kalabilmektedir (CDC, 2023a).

Sinir ajanları, sinir sisteminde Asetilkolinesteraz (AChE) adı verilen bir enzimi bloke ederek sinir hücreleri arasında veya sinapslar arasında bir nörotransmitterin birikmesine neden olmaktadır. Bu birikme ise kasların, bezlerin ve diğer sinirlerin aşırı uyarılmasına yol açmaktadır. Kolinerjik Toksidrom olarak da bilinen bu durumda, göz bebeklerinin belirginleşmesi, göz ağrısı, terleme, salya akması, bradikardi, kusma ve nöbet gibi semptomlara neden olmaktadır (HHS, 2020).

Bunun yanı sıra sinir gazlarından zehirlenen bireylerde nefes almada zorluk, kramplar ve mesane/bağırsak kontrolünün kaybı, seğirme, sendeleme, baş ağrısı, kafa karışıklığı, uyuşukluk, kasılma ve komaya neden olmaktadır.

Semptomların sayısı ve şiddeti, sinir gazının vücuda giriş miktarına ve yoluna bağlı olarak değişmektedir. Ajan solunduğunda, belirgin belirti gözde gözbebeklerinin küçülmesi ve ışığın azalması nedeniyle görüşte kararmadır. Göz yoluyla maruziyet çok hızlı semptom başlangıcına neden olur (genellikle 2-3 dakikadan az). Göz yoluyla sıvı formda maruziyet neredeyse solunum yoluyla maruz kalma kadar hızlı bir şekilde öldürebilmektedir. Solunum yoluyla maruz kalma genellikle 2-5 dakika içinde semptomların başlamasıyla sonuçlanır; öldürücü dozlar 15 dakikadan kısa sürede ölüme neden olmaktadır. Semptomlar cilt emiliminden çok daha yavaş ortaya çıkmaktadır ve ölüme neden olacak kadar büyük cilt emilimi 1-2 saat içinde gerçekleşebilir (Hoenig, 2007).

Tablo 4-1: Sinir Ajanlarının Kimyasal, Fiziksel ve Çevresel Özellikleri.

Özellikler	Tabun (GA)	Sarin (GB)	Soman (GD)	VX
Kimyasal ve Fiziksel				
Kaynama Noktası	230 °C	158 °C	198 °C	298 °C
Buhar Basıncı	0,037mm Hg at 20°C	2,1 mm Hg at 20 °C	0.40 mm Hg at 20°C	0,0007 mm Hg at 20 °C
Yoğunluk				
Buhar (compared to hava, hava=1)	5,6	4,86	6,3	9,2
Sıvı	1,08g/mL at 25 °C	1,10g/mL at20 °C	1,02g/mL at 25 °C	1,008 g/mL at 20 °C
Uçuculuk	610 mg/m ³ at 25 °C	22,000 mg /m ³ at 25 °C	3,900 mg/m ³ at 25 °C	10,5 mg/m ³ at 25 °C
Görünüm	Renksiz ila kahverengi sıvı	Renksiz Sıvı	Renksiz Sıvı	Renksiz ila saman renginde sıvı
Koku	Meyvemsi	Kokusuz	Meyveli; kafur yağı	Kokusuz
Çözünürlük				
Suda	9,8g/100g at25 °C	Çözünür	2,1 g/100 g at 20 °C	Çözünür <9,4 °C
Diğer çözücüler	Çoğu organik çözücüde çözünür	Tüm organik çözücüde çözünür	Bazı Çözücülerde çözünür	Tüm çözücülerde çözünür
Çevresel ve Biyolojik Tespit Edilebilirlik				
Buhar	M8A1, M256A1, CAM, ICAD	M8A1, M256A1,CAM, ICAD	M8A1, M256A1, CAM, ICAD	M8A1, M256A1,CAM, ICAD
Sıvı	M8, M9 kağıt	M8, M9 kağıt	M8, M9 kağıt	M8, M9 kağıt
Kalıcılık				
Toprak	Yarı ömür 1-1,5 gün	2-24 saat 5- 25 °C	Nispeten kalıcı	2-6 gün
Malzeme üzerinde	Bilinmiyor	Bilinmiyor	Bilinmiyor	Kalıcı
Cilt Dekontaminsayonu	M258A1, seyreltilmiş hipoklorit, sabun ve su, M291 kit	M258A1, seyreltilmiş hipoklorit, sabun ve su, M291 kit	M258A1, seyreltilmiş hipoklorit, sabun ve su, M291 kit	M258A1, seyreltilmiş hipoklorit, sabun ve su, M291 kit

Sidell, F. R., Newmark, J., & McDonough, J. H. (2008). Nerve agents. In Medical aspects of chemical warfare (pp. 155-220). Borden Institute, Walter Reed Army Medical Centre, Office of the Surgeon General, Department of the Army, USA'den uyarlanmıştır.

CAM: Chemical agent monitör

ICAD: individual chemical agent detector

LCt: vapor or aerosol exposure necessary to cause death in 50% of the population exposed

LD₅₀: dose necessary to cause death in 50% of the population with skin exposure

M8A1: chemical alarm system

M236A1: detection card

M258A1: self-decontamination kit

M291: decontamination kit

M8 and M9: chemical detection papers

4.1.2. Vezikantlar (Yakıcı Ajanlar)

Yakıcı veya kabarcık yapıcı vezikan ajanların hem yaralanmaya neden olmak hem de karşıt birlikleri tam koruyucu ekipman kullanmaya zorlamak için kullanılması muhtemeldir. Böylelikle öldürmek yerine savaşıma yeteneğinin düşürülmesi sağlanacaktır ancak çok şiddetli vezikan maruziyeti ölümcül olabilmektedir. Bunun yanında yakıcı ajanların kullanılması ile oluşan zehirlenme, yüksek miktarda kaynağın tükenmesine yol açacak ve böylece yanık üniteleri gibi sağlık sisteminin uzman branşlarının çökmesine neden olacaktır. Vezikan ajanlar, kalıcılığı artırmak ve arazi, gemiler, uçaklar, araçlar veya ekipmanları kirletmek için yoğunlaştırılabilmektedir.

Vezikan ajanlar arasında, sülfür mustard (H), damıtılmış hardal (HD), nitrojen hardalı (HN) ve H ile bir karışım halinde rahatlıkla kullanılabilen Lewisit (L) gibi arsenikli vezikanlar ve fosgen oksim (CX) gibi halojenleşmiş oksimlerde bulunmaktadır (OPCW, 2018b).

Hardal ajanları, savaşta zayıt vermek, savaş alanındaki alanlara erişimi engellemek ve birlikleri tam koruyucu ekipman giymeye zorlayarak düşman hareketini yavaşlatmak için kullanılan vezikantlardır. Hardal maddeleri gözlere, cilde ve solunum yollarına zarar veren alkilleyici bileşiklerdir. Kükürt hardalı (H, HD, HT), nitrojen hardalları (Hn-1, Hn-2, Hn-3) ve hardal-lewisit (HL) dahil olmak üzere farklı hardal maddesi türleri bulunmaktadır. Kükürt hardalı kimyasal silah olarak kullanılırken nitrojen hardalı kemoterapötik ajan olarak kullanılabilir (Dire, 2003).

Saf olduklarında renksizdirler ancak genellikle sarıdan kahverengi yağlı bir madde olup hafif sarımsak veya hardal kokusuna sahiptirler.

H, yaklaşık olarak %20 ila %30 oranında kirlilik içerir ki çoğunlukla bu sülfürdür. Damıtılmış hardal HD olarak bilinir ve neredeyse saftır. HT, %60 HD ve %40 T ajanı karışımıdır. Sülfür mustardlar yavaşça buharlaşırlar. Suda çok az çözünürler ancak yağlarda, katı yağlarda ve organik çözücülerde çözünebilmektedirler. Oda sıcaklığında kararlı yani sıvı haldedir ancak 149 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda ayrışmaktadırlar (ATSDR, 2011).

Sülfür mustard, yeterince yüksek dozlarda öldürücü olabilen cilt kabarcıkları, göz ve solunum yollarına zarar veren ajandır. Hücresel bir zehir ve mutajen olup, tanınmış bir

insan kanserojenidir. Sülfür mustard savaş alanında ya buharlarla ya da sıvı damlacıklar ve aerosollerle temas eden dokularda kimyasal yanıklar oluşturarak rakibin savaşma yeteneğini azaltmaktadır. Maruz kalan deri yüzeyleri, gözler ile birlikte hem solunum hem de gastrointestinal sistemlerin iç yüzeyleri risk altındadır ve riskler sıcak, nemli koşullarda dramatik bir şekilde artmaktadır (Pechura ve Rall, 1993).

Lewisit arsenik bazlı, lipofilik, renksiz ve kokusuz; giysi ve kauçuktan geçebilen bir ajandır. Lewisit, bir lipotropik ajan olması nedeniyle deri yüzeyinden kolayca adsorbe olabilmektedir ve sistemik Emilimi ölümcüldür. Lewisite'nin başlıca hedef organları cilt, gözler ve solunum yollarıdır. Ciltte yanma hissi, ağrılı eritematöz iltihap ve kabarcıklara neden olmaktadır. Lewisit maruziyetinin klinik özellikleri diğer vezikan ajanlara benzerdir ve Lewisit kemik iliği baskılamamaktadır. Lewisite, arsenik bazlı bir ajan olduğundan, arsenik toksisitesinin bazı belirtileri ve semptomları ortaya çıkabilecektir (CDC, 2011a).

Halojenlenmiş bir oksim olan Fosgen Oksim, diğer vezikanlardan önemli ölçüde farklı kimyasal özellikleri ve toksisitesi olan bir ürtiker veya ısırgan otu maddesidir. Bileşiğin kendisi renksiz bir katıdır, ancak saf olmayan numuneler sıvı halde genellikle sarımsı kahverengidir. Güçlü, nahoş bir kokusu ve son derece tahriş edici bir buharı vardır. Hem sıvı hem de buhar formundaki CX, göz, cilt ve mukoza ile temasında şiddetli ağrıya ve lokal doku tahribatına neden olmaktadır. Maruziyete bağlı olarak yaralanma lokal veya sistemik olabilir. Zehirlenmenin etkileri hemen ortaya çıkmaktadır. Fosgen oksim zehirlenmesinin panzehiri bilinmemekte ve genel olarak destekleyici tedavi uygulanmaktadır (Patočka ve Kuča,2011).

4.1.3. Kan Ajanları (Siyanojenik Ajanlar)

Asfiksiyanlar dokularda hipoksiye neden olan maddelerdir. Bunlar, basit veya kimyasal olarak sınıflandırılmaktadırlar. Basit asfiksiyanlara örnek olarak metan ve azot verilebilmektedir. Bu ajanlar havasındaki oksijen ile fiziksel olarak yer değiştirerek oksijen eksikliğine ve dolayısıyla hipoksemi yani solunum yetmezliğine neden olarak hipoksiye yol açmaktadırlar. Siyanür gibi kimyasal asfiksiyanlar, dokuların hipoksisine, anaerobik metabolizmaya ve laktik asidoza neden olarak hücresel düzeyde oksijen taşınmasına müdahale etmektedirler. CWA'lar olarak

kullanılan önemli kimyasal asfiksiyanlar arasında siyanojen klorür (CK), hidrojen siyanür (HCN), arsin (SA) bulunmaktadır (Chauhan ve diğ., 2008).

Siyanojen klorür, vücudun oksijen kullanma kabiliyetine müdahale eden oldukça uçucu ve toksik bir kimyasal boğucu maddedir. Siyanojen klorüre maruz kalmak hızla ölümcül olabilmektedir. Özellikle düşük oksijen seviyelerine en duyarlı organ sistemlerini etkilemenin yanında merkezi sinir sistemi (beyin), kardiyovasküler sistem (kalp ve kan damarları) ve pulmoner sistem (akciğerler) gibi sistemik etkileri de mevcuttur. CK güçlü tahriş edici ve boğucudur. Buharları son derece tahriş edici ve aşındırıcıdır. Renksiz, 12,8 °C altında sıvı halde, 12,8 °C üzerinde gaz halinde bulunmaktadır (CDC, 2011b).

Hidrojen siyanür badem kokan çok uçucu bir gazdır; siyanür tuzları ise kokusuz katılardır. Hidrojen siyanürün gazlı yapısı üretim ve depolamayı zorlaştırmaktadır. Hücresel oksijen kullanımını bozarak solunum veya sindirim yoluyla etki etmektedir özellikle merkezi sinir sistemi bu etkiye duyarlıdır. Kan ajanına maruz kalmanın semptomları, ajanın konsantrasyonuna ve maruz kalma süresine bağlı olarak değişmektedir. Yüksek konsantrasyon veya uzun süreli maruz kalma, kasılmalara ve komaya neden olabilir. Çok yüksek konsantrasyonlar birkaç dakika içinde güçlü nefes darlığına, şiddetli kasılmalara ve kalp yetmezliğine yol açabilmektedir (Shea, 2013). Hidrojen siyanür 25,6 °C'nin altında renksiz veya soluk mavi sıvı halde; 25,6 °C'nin üzerinde renksiz ve gaz halinde bulunmaktadır (CDC, 2011c).

Arseniğin en toksik formu olan arsin; renksiz, kokusuz, tahriş edici olmayan bir gazdır ve havadan 2,5 kat daha yoğundur. Arsin, arseniğin en akut toksik formudur ve maruziyetin hemen ardından hızlı ve şiddetli hemolize neden olmaktadır. Arsin zehirlenmesinin tedavisi için özel bir panzehir yoktur (Srivastava ve Flora, 2020).

4.1.4. Boğucu Ajanlar (Pulmoner Ajanlar)

Kimyasal pulmoner ajanlar gaz, buhar veya aerosol haline getirilmiş sıvılardan veya katılardan oluşabilir (Greenfield ve diğ., 2002).

Fosgen (CG) için inhalasyon en önemli maruz kalma yoludur. Fosgenin hedef organ olan akciğerleri etkilemesinden önce bir latent dönem meydana gelmektedir. Koku

eşiği 0,5 ila 1,5 ppm arasındadır ve kokunun yeni biçilmiş samana benzer olarak tanımlanmaktadır. Eşiğin altındaki konsantrasyonlarda toksik etkiler rapor edilmiştir.

En yaygın olarak ölüm nedeni ise ilerleyici pulmoner ödem ve anoksi nedeniyle maruziyetten sonraki 48 saat içinde meydana gelmektedir. Çok yüksek konsantrasyonlarda, akciğer ödemi başlamadan önce akut kalp yetmezliğinden ölüm meydana gelebilmektedir (Bast ve Glass-Mattie, 2015).

Klor, havadan yaklaşık 2,5 kat daha yoğun, soluk yeşil renkli ve ananas ve biber karışımı olarak tanımlanan bir kokuya sahip iki atomlu bir gazdır. Akciğerlerde su ile reaksiyona girerek hidroklorik asit oluşturabilir, bu da dokuları tahrip ederek hızlı bir şekilde ölüme ya da en azından kalıcı akciğer dokusu hasarına yol açabilir. Daha düşük konsantrasyonlarda, akciğerlere ulaşmazsa, öksürük, kusma ve göz tahrişine neden olabilir (Patton, 2024).

Kloropikrin (PS) renksizden soluk sarıya yağlı bir sıvıdır. Göz yaşartıcı gaz özelliklerine sahip yoğun tahriş edici bir kokuya sahiptir. Solunum, sindirim ve cilt yoluyla sistemik olarak emilebilir. Akciğerleri, gözleri ve cildi ciddi şekilde tahriş eder (CDC, 2011d). Oda sıcaklığında ve standart basınçta uçucu bir sıvıdır ve yüksek sıcaklıklarda ayrışarak fosgen, nitrojen oksitler ve nitrosilklorür gibi zehirli gazlar oluşturur (Pesonen ve diğ., 2010).

Difosgen (DP), ilk olarak fosgenin ilk kullanımından birkaç ay sonra kimyasal savaş için geliştirilmiş ve I. Dünya Savaşı sırasında topçu mermilerinde zehirli gaz olarak kullanılmıştır. Difosgen, ısıtıldığında veya odun kömürü ile katalize edildiğinde fosgene dönüşür ve sentezde değerli bir reaktiftir. Organik bileşiklerden oluşur. Difosgen fosgen ile akrabadır ancak sıvı olması nedeniyle kullanımı daha uygundur. Difosgen sıvı halde depolanır ve taşınır. Yaklaşık 300 °C'de fosgene ayrışır. Difosgen, fosgene benzer kokuya sahip sarı, koyu kahverengi veya siyah bir sıvıdır. Maruz kalma öncelikle soluma yoluyla meydana gelir ve gözlerde, ciltte ve boğazda tahrişe neden olur. Düşük konsantrasyona maruz kalma göğüste rahatsızlık ve dispneye neden olur. Yüksek konsantrasyona maruz kalma, hızlı bir şekilde öksürük, nefes darlığı ve köpüklü balgamla birlikte akut akciğer hasarına ve ardından solunum yetmezliği, şok ve ölüme neden olur. Difosgen, sıvı formdaki stabilitesi nedeniyle fosgenden biraz

daha kalıcıdır; 4-16 °C çevre sıcaklıklarında yaklaşık 1-4 saat ve 21-32 °C çevre sıcaklıklarında yaklaşık 30 dakika ila 3 saat kalıcıdır (Greaves ve Hunt, 2010).

4.1.5. Kargaşa Kontrol Ajanları

Kargaşa kontrol ajanlarının kullanım amacı, göz, solunum yolları ve sindirim sisteminin cilt ve mukozal zarlarını tahriş ederek geçici olarak etkisiz hale getirmektir. Kısa süreli toksisitelerinin bir sonucu olarak, askeri ve kolluk kuvvetleri personeli tarafından kalabalıkları dağıtmak, binaları boşaltmak ve isyanları bastırmak için kullanılan etkili ajanlardır. Günümüzde, kolluk kuvvetleri ve askeri personel bu ajanları protestocuları bastırmak, kalabalıkları kontrol etmek, savaşıları bastırmak, binaları temizlemek ve kimyasal savaş eğitimi için kullanmaktadır. Bireyler, bir saldırıya karşı kendilerini korumak için elde taşınan cihazlar ile de bu ajanları kullanabilmektedir. Aerosol veya sprey olarak dağılan ajanların toksisite belirtileri ve semptomları tipik olarak 30-60 dakika içinde azalmaktadır (Hilmas ve diğ., 2009).

Oleoresin capsicum (OC), *Capsicum* cinsi biber bitkilerinin yağlı bir ekstraktıdır. OC spreyi veya "biber gazı"nda ana aktif bileşen olarak kullanılır. OC spreyine verilen solunum tepkileri arasında boğazda yanma, hırıltı, kuru öksürük, nefes darlığı, öğürme, nefes nefese kalma, nefes alamama veya konuşamama ve nadiren siyanoz, apne ve solunum durması yer almaktadır. Kimyasal göz yaşartıcı gaz maddeleri olan kloroasetofenon (CN) ve o-klorobenziliden malononitril (CS), öncelikle tahriş edici etkiler yaratır, ancak OC'ye maruz kalmak hem tahrişe hem de nörojenik iltihaplanmaya neden olmaktadır (Smith ve Stopford, 1999).

Çeşitli ajanlar arasında etkiler biraz farklı olabilir ancak tüm göz yaşartıcı gazlar göz tahrişi oluşturarak lacrimasyon yani gözyaşı ve blefarospazm oluşturarak gözleri geçici olarak kapatma eğilimindedir. Bu kurbanları geçici olarak kör eder ve görme yeteneklerini dramatik bir şekilde azaltarak direnme yeteneklerini büyük ölçüde düşürmektedir.

Dibenzoksazepin/ CR, Adamsit/ DM, CN, CS ve OC ayrıca öksürme, nefes darlığı ve kusma ile sonuçlanan solunum yollarında tahrişe neden olurlar. Etkili dozlarda DM, önemli bir kusmaya yol açarak zihinsel depresyon ve halsizlikle sonuçlanabilir.

Bu ajanlar, periferik sinir uçları, özellikle mukoz membranlar ve cilt gibi dokulardaki sinir uçlarının tahrişi yoluyla (PS, CN, CS, CR) veya aniden bradikininin veya Fosfor (P) gibi nörotransmitterlerin salınmasına neden olarak yoğun ağrı hissinin sinyalini vererek (özellikle OC) bir dereceye kadar ağrı hissi oluşturmaktadırlar (Salem ve diğ., 2008).

4.1.6. Kapasite Düşürücü Ajanlar (Psikomimetik Ajanlar)

Otonom sinir sisteminde herhangi bir büyük rahatsızlığa veya diğer ciddi sakatlığa neden olmadan devamlılıkla düşünce, algı ve ruh halinde değişiklikler üreten kimyasal ajanlar, psikomimetik ajanlar olarak sınıflandırılmaktadır (Gordon, 2013). Bu madde grubu genellikle düşük dozlarda (10 mg) uygulandığında psikotik bozukluklara benzer durumlara veya merkezi sinir sisteminden kaynaklanan duygu kaybı, felç, halüsinasyonlar vb. gibi diğer semptomlara neden olan maddeleri içermektedir (Ganesan ve diğ., 2010).

Liserjik asit dietilamid (LSD), bilinen en güçlü psikoaktif ajanlardan biridir ve submiligram altı (≥ 20 μ g) yani 20 mikrogramdan büyük olan, ancak bir miligramdan az miktarlarda alınan oral dozlar sonrasında bilinçte dramatik değişikliklere neden olmaktadır (Nichols, 2018). LSD'nin akut psikolojik etkileri uygulanan doza bağlı olarak 6 ila 10 saat arasında sürmektedir. LSD'den sonra psikomotor işlevler (koordinasyon ve reaksiyon süresi) sıklıkla bozulmaktadır. Orta dozda LSD'nin (100-200 μ g) etkisi altında tipik duyuşsal ve psikolojik etkiler; duyuşsal değişiklikler (görsel, işitsel, tat, koku, kinestetik), illüzyon, sahte halüsinasyon, renk algısının yoğunlaşması, yüzlerde metamorfoz benzeri değişim, yoğun görsel imgeler, hoşnutluk, duygulanım değişiklikleri, duygusal deneyimin yoğunlaşması: öfori, disfori, anksiyete, ruh hali salınımı, düşünce değişiklikleri, daha az soyut ve daha fazla yaratıcı düşünce, dikkat süresinin kısalması, beden algılarında değişiklikler, hafıza değişiklikleri, önemli biyografik anıların yeniden deneyimlenmesi, Hipermnezi, Yaş regresyonu ve mistik deneyimler olarak görülmüştür (Passie ve diğ., 2008).

BZ ajanı, antikolinerjik halüsinojenler ailesine ait psikotomimetik bir kimyasal savaş ajanı olan 3-kinüklidinil benzilatın kodudur. Etkili bir doza maruz kaldıktan sonra 1 saat içinde hafif periferik etkiler ortaya çıkar ve merkezi etkiler yaklaşık 4 saat sonra

ortaya çıkmaktadır. Merkezi etkiler 8 ila 10 saatte zirve yapmaktadır ve 24 ila 48 saatte sonlanmaktadır.

Düşük dozlarda ağız kuruluğu, mide hareketliliğinde azalma, terlemenin engellenmesi, kalp atış hızında artış, midriyazis ve akomodasyon kaybı, hafif sedasyon ve zihinsel yavaşlama gibi etkiler görülmektedir. Bu etkiler daha yüksek dozlarda yoğunlaşmakta. Motor koordinasyonun değişmesi ve düşünce ve öğrenme sürecinin dikkat ve kontrolünde azalma dahil olmak üzere karışıklık, huzursuzluk, algılama, yorumlamada bozulma, hafıza bozuklukları görülmektedir (Fusek, 2020).

4.1.7. Toksinler

Toksinler canlı organizmalar tarafından üretilen toksik kimyasallardır. Savaş amacıyla toksinlerin geliştirilmesi, üretilmesi ve depolanması hem Kimyasal Silahlar Sözleşmesi hem de Biyolojik Silahlar Sözleşmesi kapsamında yasaklanmıştır. Sentetik toksinler için doğada onları üreten organizmaları toplamadan birçok toksin türünü laboratuvarlarda sentezlemek mümkündür (OPCW, 2024b).

Kimyasal özellikleri tanımlayan olası kategoriler arasında organik veya inorganik, uçucu veya uçucu olmayan, reaktif veya reaktif olmayan, biyolojik köken (toksin) ve sentetik köken (toksik madde) yer alır. Sentetik toksik kimyasallar (toksikantlar) ve biyolojik zehirler (toksinler), geçen yüzyılda kimyasal savaş ajanları olarak geliştirilmiştir (Schwenk, 2018).

Üstelik bazı toksinler aynı zamanda sentetik çift kullanımlı yani barışçıl sivil ve ticari amaçlarla kullanılabilecek, aynı zamanda silah yapımında veya silah olarak da kullanılabilen kimyasallar veya ekipmanlardır. Bu da bu toksinlerin CWC kapsamında meşru faaliyetler için gerekli miktarlarda üretilebilecekleri anlamına gelir. OPCW'ye göre bu kategoride açıkça listelenen iki toksin vardır;

- 1- Risin; doğada hintyağı bitkisinin tohumlarında üretilmektedir.
- 2- Saksitoksin; doğada siyanobakteriler tarafından üretilmektedir (OPCW, 2024c).

Risin ve Saksitoksin (STX), silah haline getirilmiş ve CWC'nin 1. ek listesinde (OPCW Annex on Chemicals Schedule 1, 2024) yer alan oldukça zehirli doğal

ürünlerdir. Her iki toksin de doğal kaynaklardan elde edilebilir ve terörist amaçlarla ev yapımı kimyasal silah olarak kullanılabilirler.

Risin'in daha kolay bulunabilmektedir çünkü *Ricinus communis* çalısı dünya çapında yaygındır ve Ricinus yani hint fasulyesi tohumlarına erişim kolaydır. Yasadışı kullanımlar için saf olmayan bir formda risin izolasyonu geçmiş yıllarda birkaç kez meydana gelmiştir. Risinin aksine, saksitoksinin doğal kaynaklardan izole edilmesi veya kimyasal sentez yoluyla hazırlanması zordur, bu nedenle de terör eylemlerinde kullanılması pek olası değildir (Sierra ve Martínez-Álvarez, 2020).

Yağ ekstraktına karışmayan, suda çözünebilen bir glikoprotein olan risin toksini, A ve B etiketli iki zincirden oluşan, ribozomu etkisiz hale getiren bir toksindir. Toksisitenin şiddeti, toksine maruz kalma yoluna bağlı olarak değişir. İnhalasyon en toksik yoldur, bunu oral alım takip eder. Ağızdan alınan risin karaciğer ve dalakta birikir ancak diğer hücreler de etkilenir. Ağız yoluyla alınması karın ağrısı, kusma, ishal ve çeşitli gastrointestinal kanamalara yol açarak vücudun ani bir şekilde kan ve suya bağlı olarak hipovolemik şok ve böbrek yetmezliğine neden olur. Toksinin solunması kardiyojenik olmayan pulmoner ödem, yaygın nekrotizan pnömoni, interstisyel ve alveolar inflamasyon ve ödem ile kendini gösterir. Lokal enjeksiyonu ise enjeksiyon bölgesinde endüryasyonlara, bölgesel lenf düğümlerinde şişmeye, hipotansiyona ve ölüme neden olur (Moshiri ve diğ., 2016).

Saksitoksin, tipik olarak paralitik kabuklu deniz ürünleri toksinleri (PST) olarak adlandırılan bir bileşik sınıfının ana molekülüdür. Saksitoksin ve türevleri, paralitik deniz kabukluları toksinleri olarak adlandırılan, sinir sistemini etkileyen nörotoksinler arasında benzersizdir çünkü bu toksinler prokaryotik siyanobakteriler ile hem tatlı su sistemlerinde, ökaryotik dinoflagellatlar ile de deniz sularında üretilmektedir.

Çift kabuklular ve balıklar tarafından suda asılı duran plankton veya besinleri filtreleyerek beslenmeleri sonucunda biyoakümülyasyon yani suda bulunan bir kimyasalın canlı organizmaya geçerek birikmesi ve ardından besin ağı yoluyla insana transfer olması ile sinir impulslarının geçişini engelleyerek solunum felci yoluyla ölüme neden olmaktadır (Cusick ve Sayler, 2013).

Saksitoksin'in şiddetli zehirlenme vakalarında solunum felci ve ölüme neden olurken daha hafif vakalarda semptomlar arasında, önce dudak ve ağız çevresinde, ardından

yüz ve boyunda parestezi ve uyuşukluk, kas zayıflığı, hafiflik ve dalgalanma hissi, ataksi, motor koordinasyon bozukluğu, uyuşukluk ve ventilatör etkinliğinin giderek azalması yer almaktadır (Deeds ve diğ., 2008).

4.2. Biyolojik Harp Maddeleri

Kimyasallar, toksinler ve biyolojik ajanlar uzun yıllardır savaş silahı ve terör silahı olarak kullanılmaktadır (Price ve Price, 2009).

Biyolojik Savaş Ajanı (BWA), bakteri, virüs, riketsiya ve mantar gibi hastalık yapıcı biyolojik ajanların veya bunların toksinlerinin savaş veya terör eylemi olarak insanları, hayvanları veya bitkileri öldürmek veya etkisiz hale getirmek için kasıtlı olarak kullanılması olarak tanımlanmaktadır.

Biyolojik savaş ajanlarının aşağıdaki özellikleri onları tahribat ve terörist eylemler için tercih edilen silahlar haline getirmektedir:

- 1- Kuluçka süreleri
- 2- Kimyasal savaş ajanlarına göre daha az etkili miktar kullanılabilmesi,
- 3- Kokusuz ve renksiz olmaları
- 4- Özel ekipman gerektirmeyecek şekilde üretilibilmeleri ve doğal olarak elde edilebilmeleri

BWA'lar aerosol spreyler, patlayıcı cihazlar, yiyecek veya suya konularak, ciltten emilme veya enjekte edilme gibi şekillerde yayılabilmektedir (Etemad ve diğ., 2023).

Bu tür biyolojik ajanların hedef nüfus ya da bitkiler üzerinde öldürücü ya da etkisiz hale getirici etkilere neden olmak için kullanılmasına biyolojik savaş denir. Bu biyolojik savaş ajanları genel olarak bakteriler, virüsler, mantarlar ve toksinler olmak üzere dört grupta sınıflandırılırken (Kamboj ve diğ., 2006), bulaşma kolaylıklarına, hastalık ve ölüm oranlarının ciddiyetine ve seri üretilme yeteneklerine bağlı olmak üzere Hastalık Kontrol ve Önleme Merkezi CDC tarafından üç kategoride (A, B ve C) sınıflandırılmıştır (Khardori ve Kanchanapoom, 2005).

Kategori A ajanları, biyolojik silah olarak kullanıldığında sağlık ve insan güvenliğine tehdit oluşturabilecek biyolojik patojenlerdir (Beale ve diğ., 2021).

Yüksek öncelikli ajanlar, ulusal güvenlik için risk oluşturan organizmaları içerir çünkü bunlar:

- Kolayca yayılabilir veya kişiden kişiye bulaşabilir;
- Yüksek ölüm oranlarına yol açabilir ve halk sağlığı üzerinde büyük etki yaratma potansiyeline sahiptir;
- Halk arasında paniğe ve sosyal bozulmaya neden olabilir; ve
- Halk sağlığı için hazırlıklı olmak adına özel çaba gerektirir (CDC, 2018a).

Tablo 4-2: Biyoterörizm Ajanları/Hastalıklar

Category A
Anthrax (<i>Bacillus anthracis</i>)
Botulism (<i>Clostridium botulinum</i> toxin)
Plague (<i>Yersinia pestis</i>)
Smallpox (<i>Variola maior</i>)
Tularemia (<i>Francisella tularensis</i>)
Viral hemorrhagic fevers (filoviruses [e.g., Ebola, Marburg] and arenaviruses [e.g., Lassa, Machupo])
Category B
Brucellosis (<i>Brucella species</i>)
Epsilon toxin of <i>Clostridium perfringens</i>
Food safety threats (e.g., <i>Salmonella species</i> , <i>Escherichia coli</i> 0157:H7, <i>Shigella</i>)
Glanders (<i>Burkholderia mallei</i>)
Melioidosis (<i>Burkholderia pseudomallei</i>)
Psittacosis (<i>Chlamydia psittaci</i>)
Q fever (<i>Coxiella burnetii</i>)
Ricin toxin from <i>Ricinus communis</i> (castor beans)
Staphylococcal enterotoxin B
Typhus fever (<i>Rickettsia prowazekii</i>)
Viral encephalitis (alphaviruses [e.g., Venezuelan equine encephalitis, eastern equine encephalitis, western equine encephalitis])
Water safety threats (e.g., <i>Vibrio cholerae</i> , <i>Cryptosporidium parvum</i>)
Category C
Emerging infectious diseases such as Nipah virüs and hantavirus

CDC. (2018a). Emergency Preparedness and Response Bioterrorism Agents/Diseases'den uyarlanmıştır.

Bir patojenin bu listede yer alması, bu patojenlerin potansiyel bir biyosilah olarak uygunluğunu ve bununla birlikte büyük ölçekli toplumsal olarak yıkıcı sonuçlara neden olabildiğini ifade eder. Belirli zorluklarla birlikte bu patojenlerle gerçekleştirilecek potansiyel bir saldırının geliştirilmesi ve uygulanması sürecinde

ciddi bir halk sağlığı problemi ortaya çıkabilecektir. Potansiyel biyoterörizm silahlarının B kategorisi açık ara en geniş olanıdır çünkü çok çeşitli bakteri, virüs, protozoa ve toksinleri içermektedir (Pappas ve diğ., 2006).

Kitle imha silahlarında (KİS) salınmaya veya dağılmaya en uygun özelliklere sahip, terör eylemleri için biyolojik ajan olarak uygun olduğu tespit edilen toksin, bakteri ve virüsler ise Szinicz (2005) tarafından Dirty Dozen (kirli düzine) olarak listelenmiştir.

Tablo 4-3: Kirli Düzine

Etken Ajan	Hastalık
Bakteri	
<i>Bacillus anthracis</i>	Şarbon
<i>Yersinia pestis</i>	Veba
<i>Francisella tularensis</i>	Tularemi
<i>Brucella</i> spp.	Bruselloz
<i>Burkholderia pseudomallei</i> (<i>Malleomyces pseudomallei</i>)	Melioidoz
Riketsiya	
<i>Coxiella burnetii</i>	Q ateşı
Virüs	
Variola virus	Çiçek Hastalığı
VEE virus	Venezuela At Ensefaliti
Marburg virus, Ebola virus	Hemarojik Ateş
Toksin	
Botulinal toxins	Botulizm
Ricin	Risin zehirlenmesi
Staphylococcal enterotoxin B (SEB)	SEB zehirlenmesi

Szinicz, L. (2005). History of chemical and biological warfare agents. Toxicology, 214(3), 167-181' den uyarlanmıştır.

4.2.1. Bakteriler

Bakteriler küçük tek hücreli organizmalardır. Bakteriler dünyanın hemen hemen her yerinde bulunur ve gezegenin ekosistemleri için hayati öneme sahiptir. Bazı türler aşırı sıcaklık ve basınç koşullarında yaşayabilmektedirler. Bakteriler küre, çubuk veya spiral şeklinde olabilirler. Patojenik dediğimiz bakteriler ise hastalıklara neden olmaktadır (NIH, 2024a).

Aerobik bakteriler hayatta kalmak için oksijene ihtiyaç duyarlar. Organik karbon kaynakları içeren havalandırılmış nemli toprakta bulunurlar. İki ana aerobik bakteri türü vardır:

1. Enerji elde etmek, büyümek, üremek ve hücre solunum için zorunlu olarak oksijene ihtiyaç duyan zorunlu aeroblar. Bu organizmalar oksijen yokluğunda veya su baskınında hayatta kalamazlar.

2. Fakültatif ve Mikroaerofil aeroblar: Fakültatif bakteriler, mevcut koşullara göre hem aerobik hem de anaerobik olarak davranırlar. İndirgenmiş ortamlarda anaerobik yollarla enerji elde ederken, oksidatif ortamlarda aerobik yollar geliştirirler. Mikroaerofilik bakteriler çok düşük konsantrasyonlarda oksijene ihtiyaç duyarlar (Sigg ve diğ., 2014).

Anaerobik bakteriler insan derisinin ve mukozal membranların normal florasının bir parçasıdır. Oksijen anaeroblar için toksiktir (Noor ve Khetarpal, 2018).

Bakteri hücresi zarfı, bu organizmaları öngörülemeyen ve çoğu zaman düşmanca ortamlardan korumaya yarayan karmaşık, çok katmanlı bir yapıdır. Çoğu bakterinin hücre zarfları iki ana gruptan birine girer. Gram-negatif bakteriler ince bir peptidoglikan hücre duvarı ile çevrilidir ve bu hücrenin kendisi de lipopolisakkarit içeren bir dış zarla çevrelenmiştir. Gram-pozitif bakterilerin dış zarı yoktur ancak Gram-negatiflerde bulunandan çok daha kalın peptidoglikan katmanlarıyla çevrelenmiştir (Silhavy ve diğ., 2010).

4.2.1.1. *Bacillus anthracis*

Şarbon hastalığının etkeni olan *Bacillus anthracis*, bacillus cinsinin insanlarda ve diğer memelilerde salgın hastalıklara neden olabilen tek üyesidir (Thorne, 1993). Gram pozitif bir bakteri olan şarbon, genellikle üç formla ilişkilidir; kutanöz, gastrointestinal ve inhalasyon enfeksiyonu. Son yıllarda şiddetli yumuşak doku enfeksiyonu ile karakterize edilen ve enjeksiyonlu uyuşturucu kullanıcıları arasında yaygın olan dördüncü bir hastalık formu yani enjeksiyonlu şarbon rapor edilmiştir. Deri şarbonu hastalığın en yaygın şeklidir ancak inhalasyon şarbonu hastalığın en öldürücü türüdür (Ziari ve diğ., 2013).

Spor oluşturan bir bakteri olan bacillus 19. yüzyıldan bu yana iyi bir şekilde çalışılmış olmasına rağmen, 2001 sonbaharında ABD'de biyoterörist ajan olarak kullanılması nedeniyle son on yılda yeniden ilgi görmeye başlamıştır. Patojene maruz kaldığından şüphelenilen insanların bakım noktası ortamlarının yanı sıra çevresel örneklerde de *B. anthracis*'i hızlı bir şekilde tespit etmeyi amaçlayan bir dizi teknik artık mevcuttur. Bu teknolojiler kültüre dayalı yöntemlerden taşınabilir DNA amplifikasyon cihazlarına kadar çeşitlilik göstermektedir (Irenge ve Gala, 2012).

Biyolojik bir silah olarak organizma, ticari olarak mevcut teknoloji kullanılarak üretilmesi kolay, ısıya dayanıklı sporlar oluşturabilmekte ve aerosol yoluyla insanlara bulaşabilmektedir. Körfez Savaşı sırasında Irak'ın büyük miktarlarda şarbon sporu ürettiği ve silah haline getirdiği rapor edilmiştir (Zilinskas, 1997).

Spor formunda bakteri, ısı, kuruma, UV ve γ ışınımı ve oksidasyon dahil olmak üzere çeşitli fiziksel aşırılıklara karşı dirençlidir ve bu hücre tipi ile hızla bölünen bitkisel form arasında geçiş yapma yeteneği, basillere oldukça yüksek düzeyde dayanıklılık sağlamaktadır (Bergman ve diğ., 2006).

1942 yılında Gruinard Adası'nda yapılan deneylerde *Bacillus anthracis* sporlarını içeren küçük bombalar patlatılması adanın yüzeyinde yaygın bir kirlenmeye neden olmuştur (Manchee ve diğ., 1983). Gruinard adası öldürücü bir mikroorganizmanın kalıcı sporlarıyla yoğun şekilde kirlenmiştir. Toprak numuneleri 1948'den 1968'e kadar her yıl ve 1972'de Savunma Bakanlığı personeli tarafından tekrar test edilmiş ve canlı *B. anthracis* sporları içerdiği tespit edilmiştir (Manchee ve diğ., 1981). 1979 yılına gelindiğinde bile adanın 3 hektarlık bir alanında sporlar hâlâ tespit edilebilmiştir. 1980'lerde bitki örtüsü yakılarak ve deniz suyuna %5 formaldehit püskürtülerek bölge arındırılmıştır (Thwaite ve Atkins, 2012).

Bu yükselen profilin bir sonucu olarak, 21. yüzyılın standartlarını karşılayacak yeni tedavilerin geliştirilmesine önemli miktarda çaba sarf edilmiştir. Aşılama, kitlesel korunmanın en uygun maliyetli şeklidir. İlk şarbon hayvan aşısı 1881 yılında Pasteur tarafından geliştirilmiştir. Halihazırda mevcut olan aşılar etkili koruma sağlamaktadır ancak standardizasyon sorunu mevcuttur, üretimi nispeten pahalıdır. Tekrarlanan dozlar gerektirmekte ve geçici yan etkilerle ilişkilendirilmektedir (Bailliae, 2001).

4.2.1.2. *Yersinia pestis*

Gram negatif çubuk şeklinde, hareketsiz, spor yapmayan bir bakteri olan *Yersinia pestis*'in neden olduğu veba, tarihsel öneme sahiptir. Veba, kemirgenler örneğin, sıçanlar, fareler, yer sincapları aracılığıyla insanlara bulaşan zoonotik bir hastalıktır. Kemirgenlerin üzerinde yaşayan pireler, bakterileri insanlara bulaştırması ile insanlar da vebanın hıyarcıklı formuna yakalanmaktadır. Hıyarcıklı form sepsisemik ve pnömonik formlara ilerleyebilir. Pnömonik veba, aerosol yayılımının kolaylığı nedeniyle BW olarak kullanılma potansiyeline sahip baskın form olacaktır (Pal ve diğ., 2017). Memeli konakçıların ve onlara eşlik eden pirelerin çok çeşitli olması nedeniyle hastalığın ortadan kaybolması pek mümkün değildir (Perry ve Fetherston, 1997).

Tarih boyunca 'Kara Ölüm' olarak adlandırılan ve pireler aracılığıyla bulaşan veba ise bubonik çeşidini temsil etmektedir. Şimdi ise, insan salgınlarının bir nedeni olarak çok daha bulaşıcı olan pnömonik çeşidinin evrimi görülmektedir. Daha önce bildirildiği gibi, insanların aerosolize edilmiş veba basiline doğrudan maruz kalması, insanlarda hastalık ve ölüme yol açmanın en etkili yoluydu. ABD ve eski Sovyetler Birliği'nin biyolojik silah programları, veba için aerosol iletim yeteneklerini takip etmiştir (First, 2002).

14. yüzyılda 'Kara Ölüm' olarak bilinen bu hastalık, Avrupa'da 50 milyondan fazla kişinin ölümüne neden olmuştur ancak günümüzde veba, antibiyotiklerle ve enfeksiyona yakalanmayı önlemek için standart önlemlerin alınmasıyla kolayca tedavi edilmektedir. Günümüzde en endemik üç ülke Demokratik Kongo Cumhuriyeti, Madagaskar ve Peru'dur. (WHO, 2022).

4.2.1.3. *Francisella tularensis*

Tularemi, fakültatif hücre içi bakteri *Francisella tularensis* ile enfeksiyonun neden olduğu bir insan zoonozudur. *F. tularensis*'e olan ilgi, biyoterörizm ajanı olarak potansiyel kullanımı nedeniyle son birkaç yılda belirgin bir şekilde artmıştır. Bu organizmanın beş alt türü kuzey yarımkürede bulunur, ancak sadece *F. tularensis* altcinleri *tularensis* ve *holarctica* insanlarda hastalığa neden olmaktadır (McLendon ve diğ., 2006). İnsanlara çeşitli yollarla virüs bulaşabilmektedir. Bunlar:

- Kene ve geyik sineği ısırıkları

- Enfekte hayvanlarla cilt teması
- Kirlenmiş su içmek
- Kirlenmiş aerosollerin veya tarım ve peyzaj tozlarının solunması
- Laboratuvar maruziyeti
- Biyoterörizm (CDC, 2018b).

WHO (2000) Kosova'da ilk vakaların tarihi Ağustos 1999'a kadar eriştiği ve laboratuvar testleri ile doğruladığı bir tularemi salgını olduğunu doğrulamıştır. Halk Sağlığı Enstitüsü çoğu batı bölgesinde olmak üzere bölgenin neredeyse %90'ına yayılmış 250 şüpheli vaka tespit etmiştir.

4.2.1.4. *Brucella* spp.

Brucella cinsi bakterilerin neden olduğu bruselloz, evcil hayvanlarda üreme hastalığına, insanlarda ise kronik zayıflatıcı hastalığa neden olan önemli bir zoonotik enfeksiyondur (Byndloss ve Tsolis, 2016).

Brucella hem insanlarda hem de hayvanlarda fakültatif hücre içi bakteriyel patojen olan Gram-negatif kokkobasillerdir. Bakteriler nazal, oral veya faringeal boşlukların mukozasına nüfuz eder ve hayatta kalma ve çoğalmanın gerçekleştiği konakçı makrofajlar tarafından fagosit edilir. Bruselloz, ağır ekonomik kayıplara ve insanların acı çekmesine neden olan, tedavi edilmezse semptomları birkaç ay süren kronik bir enfeksiyona dönüşebilen dalgalı ateşle karakterize, teşhis edilmesi ve tedavi edilmesi zor zoonotik bir hastalıktır (Cardoso ve diğ., 2006).

Brucella cinsi içinde altı tür tanınmaktadır: *B. abortus*, *B. melitensis*, *B. suis*, *B. ovis*, *B. canis* ve *B. neotomae*. Bu sınıflandırma temel olarak patojenite ve konakçı tercihindeki farklılığa dayanmaktadır (Corbel ve Brinley-Morgan, 1984).

Dünya çapındaki ana patojen türler sığır brusellozuna neden olan *B. Abortus*, özellikle Akdeniz ülkelerinde koyun ve keçilerde yavru atmalara neden olan ve büyük ekonomik kayıplara yol açan bir hastalık olan koyun ve keçi brusellozunun ana etiyolojik ajanı olan *B. melitensis* ve domuz brusellozuna neden olan *B. suis*'tir. *B. abortus* enfeksiyonu, insanlara enfekte hayvanlarla temas ve pastörize edilmemiş süt ürünlerinin tüketimi yoluyla bulaşır. *B. ovis* ve *B. canis* sırasıyla koç epididimiti ve köpek brusellozundan sorumludur (Nielsen, 2018).

Brucella'nın biyolojik bir silah olarak önemi, enfekte hayvanların kürtaşı sırasında insan kontaminasyonu veya laboratuvarlarda bakteriyel spreyleme sırasında rapor edildiği gibi, sprey yoluyla bulaşmanın mümkün olması gerçeğinde yatmaktadır. Bakteri oldukça bulaşıcıdır. İnsanlar için kirletici bir sprey üretmek için 10 ila 100 bakterinin yeterli olacağı öne sürülmektedir. 1954'te *B. suis*, Amerika Birleşik Devletleri'nde biyolojik silah olarak kullanılan ilk bulaşıcı ajandır. Diğer birçok ülkenin bu ajanı biyolojik bir silah olarak araştırdığından şüphelenilmektedir ancak bugüne kadar Brucella'nın biyoterörist bir saldırıda kullanıldığı bildirilmemiştir (Guihot ve diğ., 2004).

4.2.1.5. *Burkholderia pseudomallei*

Burkholderia pseudomallei gram-negatif bir çevresel bakteridir ve dünya çapında yılda yaklaşık 89.000 ölüme neden olduğu tahmin edilen, hayatı tehdit eden bir enfeksiyon olan melioidozun etiyolojik ajanıdır. Melioidosis tropikal bölgelerde, özellikle güneydoğu Asya ve kuzey Avustralya'da endemiktir (Wiersinga ve diğ., 2018). İnsanlarda ve hayvanlarda doğal olarak edinilen enfeksiyonlar, çatlak deri yoluyla maruz kalma, *B. pseudomallei*'nin solunması veya yutulması sonucu oluşur (Limmathurotsakul ve diğ., 2013). Melioidosis için kuluçka süresi açıkça tanımlanmamıştır. Bir günden birkaç yıla kadar değişebilir, ancak genellikle belirtiler maruziyetten iki ila dört hafta sonra ortaya çıkar. Melioidosis enfeksiyonu tanısı konulduğunda uygun ilaç kullanımıyla hastalık tedavi edilebilir. Melioidosis, özellikle yaygın olduğu Güneydoğu Asya ve Kuzey Avustralya'da, ağırlıklı olarak tropikal iklimlerin bir hastalığıdır ancak *B. psuedomallei*, 2022 yılında Amerika Birleşik Devletleri'ndeki Mississippi Körfez Kıyısı'ndaki ortamda da bulunmuştur (CDC, 2023b).

4.2.2. Riketsiya

Riketsiya, dünya çapında akut ateşli hastalıklara neden olan, vektör kaynaklı bir grup organizmadır (Snowden ve diğ., 2017).

Rickettsial enfeksiyonlara Rickettsia cinsindeki çeşitli zorunlu hücre içi bakteriler neden olmaktadır ve bu bakteriler benekli ateş grubu, tifüs grubu, ata grubu ve geçiş grubu olmak üzere dört kategoride gruplandırılırlar (Dehhaghi ve diğ., 2019).

4.2.2.1. *Coxiella burnetii*

Coxiella burnetii Q ateşinin etken maddesidir (Dehhaghi ve diğ., 2019). Bu zorunlu hücre içi Gram-negatif bakteri, oda sıcaklığında kene dışkısında örneğin 586 gün gibi uzun süreler boyunca hayatta kalabilen sporlar oluşturarak kendisini düşman ortamlarda korumaktadır (Philip, 1948).

Bu bakteri doğal olarak keçi, koyun ve sığır gibi bazı hayvanları enfekte eder. *C. burnetii* bakterileri enfekte hayvanların doğum ürünlerinde yani plasenta, amniyotik sıvı; idrarda, dışkıda ve sütte bulunur. İnsanlar, enfekte hayvan dışkısı, idrar, süt ve doğum ürünleri ile kontamine olmuş tozu soluyarak enfekte olabilirler. Bazı insanlar da hastalık gelişmezken bazı kişilerde genellikle ateş, titreme, yorgunluk ve kas ağrısı gibi grip benzeri semptomlar gelişmektedir (CDC, 2019c).

4.2.3. Virüsler

Virüs, bir protein kaplamayla çevrelenmiş bir nükleik asit bölümü DNA veya RNA'dan oluşan bulaşıcı bir organizmadır. Bir virüs tek başına çoğalamaz; bunun için hücreleri enfekte ederek kendisinin kopyalarını oluşturmak için konakçı hücrenin bileşenlerini kullanmaktadır. Çoğu zaman, bir virüs bu süreçte konakçı hücreyi öldürmekte ve konakçı organizmaya zarar vermektedir. İnsan hastalıklarına neden olan virüslerin iyi bilinen örnekleri arasında AIDS, COVID-19, kızamık ve çiçek hastalığı yer almaktadır (NIH, 2024b).

4.2.3.1. Variola virus

Orthopoxvirus cinsine ait variola virüsü (VARV) çiçek hastalığının etkenidir (Babkin ve Babkina, 2015). Çiçek hastalığı hem oldukça öldürücü hem de oldukça bulaşıcı olan variola virüsünün neden olduğu ciddi bir insan hastalığıydı ancak Dünya Sağlık Örgütü, 1980 yılında çiçek hastalığının ortadan kaldırıldığını ilan etmiştir (Moore ve diğ., 2006). Bu viral patojen, yüzyıllar boyunca insan popülasyonunda dolaşmıştır ve çok sayıda hem iyileşen hem de ölen kurbanlarla tekrarlanan büyük ölçekli salgınlara neden olmuştur. 1960'larda başlatılan küresel yok etme programında, 1977'ye kadar doğal olarak oluşan çiçek hastalığı enfeksiyonunu başarıyla ortadan kaldıran bir "halka" aşılama stratejisi kullanılmıştır (Fenner ve diğ., 1987). Rutin aşılama kısa bir

süre sonra durdurulmuştur ancak giderek artan sayıda insanın çiçeğe karşı bağışıklığı çok az veya hiç yoktur (Henderson ve diğ., 1999).

Dünya Sağlık Örgütü 1996 yılında, 49. Dünya Sağlık Asamblesi'nde Üye Devletler, tüm stokun Haziran 1999'da imha edilmesine ve yalnızca küçük örneklerin, biri Amerika Birleşik Devletleri'nde ve diğeri Rusya'da olmak üzere belirlenmiş iki güvenli laboratuvarda araştırma amacıyla tutulmasına izin verilmesine karar verdiler. Dünya Sağlık Örgütü aynı zamanda aşı ve antiviraller gibi karşı önlemlerin geliştirilmesi için canlı çiçek hastalığı virüsüyle izin verilen araştırmaların denetlenmesi ve de beklenmedik bir şekilde hastalığın yeniden ortaya çıkması durumunda çiçek hastalığı aşısı acil stok yönetiminde yapmaktadır (WHO, 2024b).

4.2.3.2. Venezuela At Ensefaliti Virüsü

Venezuela At Ensefaliti Virüsü (VEEV), Venezüella At Ensefalitinin (VEE) etken viral patojenidir. Salgınlar sıklıkla hem atları (atlar, eşekler, katırlar, zebralar dahil) hem de insanları kapsar. Salgınlar geniş bir coğrafi alana yayılabilir ve birkaç aydan yıla kadar sürebilir. Sporadik salgınlar en sık Orta ve Güney Amerika'da görülmektedir. VEEV hem doğal bir patojen hem de laboratuvarda geliştirilmiş bir biyolojik silah olarak mevcuttur. Salgınlar Venezuela, Kolombiya, Peru, Ekvador, Kosta Rika, Nikaragua, Honduras, El Salvador, Guatemala, Panama, Meksika ve Amerika Birleşik Devletleri dahil olmak üzere birçok Güney ve Orta Amerika ülkesinde rapor edilmiştir. Epizootik türlerin önceki salgınları, tek bir salgın sırasında 75.000'e kadar insanı etkilemiştir (Crosby ve Crespo, 2020).

4.2.3.3. Marburg virus, Ebola virüs

Marburg virüsü hastalığı, %88'e varan ölüm oranıyla, kanamalı ateşe neden olan oldukça öldürücü bir hastalıktır. Ebola virüsü hastalığına neden olan virüsle aynı ailedendir. Almanya'da Marburg ve Frankfurt'ta ve 1967'de Sırbistan'ın Belgrad kentinde eş zamanlı olarak meydana gelen iki büyük salgın, hastalığın ilk kez tanınmasına yol açmıştır. Salgın, Uganda'dan ithal edilen Afrika yeşil maymunlarının (*Cercopithecus aethiops*) kullanıldığı laboratuvar çalışmasıyla ilişkilendirilmiştir. Daha sonra Angola, Demokratik Kongo Cumhuriyeti, Kenya, Güney Afrika (yakın zamanda Zimbabve'ye seyahat geçmişi olan bir kişide) ve Uganda'da salgınlar ve ara

sıra vakalar rapor edilmiştir. 2008 yılında Uganda'da Rousettus'un yarasa kolonilerinin yaşadığı bir mağarayı ziyaret eden gezginlerde iki bağımsız vaka rapor edilmiştir.

Marburg virüsü hastalığının insanlara bulaşması, başlangıçta Rousettus yarasa kolonilerinin yaşadığı madenlere veya mağaralara uzun süre maruz kalınması sonucu ortaya çıkmıştır. Bir kişi Marburg virüsü ile enfekte olduğunda, enfekte kişilerin kanları, salgıları, organları veya diğer vücut sıvıları ile doğrudan temas (kırık deri veya mukoza zarları yoluyla) ve bu sıvılarla kirlenmiş yüzeyler ya da malzemelerle (örneğin yatak takımları, giysiler) insandan insana bulaş yoluyla yayılabilmektedir (WHO, 2024a).

4.2.4. Toksinler

Biyolojik toksinler, canlı organizmalar tarafından üretilen ve örneğin soluma, yutma, enjeksiyon veya emilim yoluyla alındığında diğer organizmalarda zararlı etkilere neden olan moleküllerdir. Toksinler birçok farklı mikroorganizma, bitki ve hayvan tarafından, örneğin yüksek molekül ağırlıklı protein toksinleri veya düşük molekül ağırlıklı maddeler olarak üretilirler. Özelliklerine göre biyolojik toksinler klasik biyolojik ve kimyasal ajanlar arasında yer almaktadır. Canlı organizmalar tarafından üretilirler, ancak çoğalamazlar, bu nedenle bulaşıcı olmayan hastalıklara neden olurlar. Bu açıdan, klasik kimyasal ajanların özelliklerini paylaşmaktadırlar (Dorner ve diğ., 2016).

4.2.4.1. Botulinum Toksinleri

Bilinen en zehirli biyolojik maddelerden biri olan botulinum toksini, *Clostridium botulinum* bakterisi tarafından üretilen bir nörotoksindir. *C. botulinum*, antijenik olarak ayırt edilebilir sekiz ekzotoksin (A, B, C1, C2, D, E, F ve G) geliştirmektedir. Tüm serotipler, nöromüsküler kavşaktaki ana nörotransmitter olan asetilkolinin salınımını bloke ederek kas felcine neden olarak sinir iletimini engellemektedir (Nigam ve Nigam, 2010).

Bu toksini üreten bakteriler birçok yerde doğal olarak bulunur ancak insanları hasta etmeleri nadirdir. Ancak toksinin biyolojik bir saldırıda kullanılabileceği belirtilmektedir. Biyolojik silah programına sahip bazı ülkeler botulizme neden olan

toksini üretmiştir. Bazı gruplar, toksini kasıtlı olarak insanlara zarar vermek için kullanmayı denemiş ancak başarısız olmuştur (CDC, 2019b).

4.2.4.2. Risin

Risin bilinen en toksik biyolojik ajanlardan biridir; Kategori B biyoterörizm ajanı ve kimyasal savaş ajanıdır. Risin toksini hintyağı fasulyesinden ekstrakte edilebilir, saflaştırılabilir. Bir topak, beyaz bir toz oluşturacak şekilde işlenebilir veya su ya da zayıf asit içinde çözülerek bir sıvı formunda salınabilir. Risin ortam koşulları altında stabildir. Solunum yoluyla maruz kalmayı karakterize eden hayvan çalışmalarında 10 µm'lik risin parçacıkları kullanılmıştır. Risin parçacıkları birkaç saat boyunca rahatsız edilmeyen havada asılı kalabilir. Bozulmuş yüzeylerden çöken risinin yeniden süspansiyonu da meydana gelebilir. Risin ciltten cilde temas yoluyla (her ne kadar risin zehirlenmesi bulaşıcı olmasa da) ve toz veya sis formunda salınması veya risinin yüzeylerden havaya yeniden süspanse edilmesi ile hava yoluyla bulaşabilmektedir. Risin terörizm ajanı olarak kullanılıyorsa, yayılma alanındaki kişiler risin aerosolünü serbest bırakabilir. Hint fasulyesi veya risinle kirlenmiş yiyecek veya suyu tüketen kişiler risk altındadır (CDC, 2018c).

4.2.4.3. Staphylococcal enterotoxin B (SEB)

Stafilokokal enterotoksin B (SEB), bir biyoterörizm tehdit ajanı olarak askeri ve sivil halk için endişe vericidir. *Staphylococcus aureus* tarafından üretilen oldukça güçlü bir toksindir. Depolama ve aerosol haline getirme koşullarında stabildir; çok düşük inhale dozlarda uzun süreli yüksek düzeyde iş göremezlik yaratan hastalıklara ve yüksek dozlarda ölüme neden olabilmektedir. SEB ile ilgili endişeler, etkilenen popülasyonların toplu tedavisi için etkili tıbbi önlemlerin bulunmaması nedeniyle daha da artmaktadır (Lindsay ve Griffiths, 2013).

4.3. Radyolojik ve Nükleer Harp Maddeleri

Radyolojik ajanlar, serbest bırakıldıklarında sağlık üzerinde olumsuz etkilere neden olabilecek radyoaktif maddelerdir. Tipik olarak radyolojik ajanlar, halkı radyasyona maruz bırakarak zarar verme veya paniğe neden olma amacı taşıyan enerjik emisyonlar (güçlü, nüfuz eden radyasyon) için seçilmiştir. Radyolojik malzemenin kasıtlı olarak

salınmasının yanı sıra, kasıtsız olarak da salınması da mümkündür. Radyolojik olaylara yönelik acil durum hazırlık faaliyetlerinin çoğu, Hastalık Kontrol Merkezleri tarafından tanımlandığı gibi altı tür olay etrafında yoğunlaşmaktadır:

Nükleer Acil Durumlar: Bir nükleer silahın veya el yapımı nükleer cihazın patlamasını içeren nükleer bir acil durumdur.

Kirli Bomba veya Radyolojik Dağıtma Cihazı: Kirli bomba, atomik bir patlama oluşturmamayan, radyolojik dağıtma cihazı (RDD) olarak da bilinen patlayıcıların radyoaktif toz veya toprak ile karışımıdır.

Radyolojik Maruz Kalma Cihazı: Gizli kapalı kaynak radyoaktif malzeme içermektedir ve insanları bilgisi olmadan radyasyona maruz bırakmak için görülemeyecek şekilde gizlenmektedir.

Nükleer Santral Kazası: Bir nükleer santralde radyasyon yayan bir kazayı ifade etmektedir.

Taşıma Kazaları: Radyoaktif malzemeler kamyon, demiryolu ve diğer nakliye yöntemleriyle taşınır, ancak radyoaktif malzemelerin taşınmasını içeren kazaların taşıma güvenliği kontrolleri nedeniyle radyasyona bağlı yaralanmalara neden olması pek olası değildir.

İş Kazaları: Radyasyon kaynaklarını içeren sağlık tesisleri, araştırma kurumları ve üretim operasyonları gibi çok çeşitli ortamlarda meydana gelebilmektedir. Güvenlik kontrollerinin başarısız olması durumunda kazalar meydana gelebilecektir (EPA, 2024).

4.3.1.1. Radyoaktif Maddeler

Radyasyon enerjidir. Radyoaktif bozunmaya uğrayan kararsız atomlardan gelebileceği gibi makineler tarafından da üretilir. Radyasyon kaynağından enerji dalgaları veya enerji yüklü parçacıklar şeklinde yayılmaktadır. Radyasyonun farklı formları, farklı özellikleri ve etkileri bulunmaktadır (EPA, 2023).

Radyonüklidler veya radyoaktif malzemeler, atom çekirdeğinin kararsız olduğu bir kimyasal sınıftır. Kararlılığı çekirdekteki değişiklikler (kendiliğinden fisyon, alfa parçacıklarının emisyonu veya nötronların protonlara dönüşümü veya tersi) yoluyla sağlamaktadırlar. Bu sürece radyoaktif bozunma veya dönüşüm denir ve bunu

genellikle iyonlaştırıcı radyasyonun (beta parçacıkları, nötronlar veya gama ışınları) salınması izlemektedir (ATSDR, 2008). Radyoaktif maddeler doğal olarak bozunan atomlardır. Alfa parçacıkları, beta parçacıkları ve gama radyasyonu yayabilir. X-ışını kaynaklarından farklı olarak kapatılamazlar, dolayısıyla kontrolleri daha zordur (Blunt ve Balchin, 2002).

İki tür radyasyon çeşit vardır:

- 1- İyonlaştırıcı olmayan radyasyon
- 2- İyonlaştırıcı radyasyon.

İyonlaştırıcı olmayan radyasyon, bir moleküldeki atomları hareket ettirmek veya titreştirmek için yeterli enerjiye sahiptir, ancak elektronları atomlardan uzaklaştırmak için yeterli değildir. Bu tür radyasyonun örnekleri radyo dalgaları, görünür ışık ve mikrodalgalar. İyonlaştırıcı radyasyon o kadar çok enerjiye sahiptir ki, iyonlaşma olarak bilinen bir süreç olan elektronları atomlardan çıkarabilir. İyonlaştırıcı radyasyon canlılardaki atomları etkileyebildiği için dokulara ve genlerdeki DNA'ya zarar vererek sağlık açısından risk oluşturmaktadır. İyonlaştırıcı radyasyon, x-ışını makinelerinden, uzaydan gelen kozmik parçacıklardan ve radyoaktif elementlerden gelir. Radyoaktif elementler, atomları radyoaktif bozunmaya uğradıkça iyonlaştırıcı radyasyon yayarlar. Bunlar Alfa Parçacıkları, Beta Parçacıkları, Gama Işını ve X Işınıdır (EPA, 2023a).

Radyasyonun fiziksel formları için ise madde iki temel fiziksel formda enerji (radyasyon) yaymaktadır. Radyasyonun bir biçimi ağırlığı olmayan saf enerjidir. Elektromanyetik radyasyon olarak bilinen bu radyasyon biçimi, titreşen elektrik, titreşen ışınlar veya manyetik enerji 'dalgalarına' benzer. Bilinen elektromanyetik radyasyon türleri arasında güneş ışığı (kozmik radyasyon), x-ışınları, radar ve radyo dalgaları bulunur. Parçacık radyasyonu olarak bilinen diğer radyasyon türü hem enerjiye hem de kütleye (ağırlığa) sahip, hızlı hareket eden küçük parçacıklardır. Bu daha az bilinen radyasyon biçimi, aşağıda açıklandığı gibi alfa parçacıklarını, beta parçacıklarını ve nötronları içerir (USNRC, 2020).

Alfa Parçacıkları (α): Havada yalnızca birkaç santimetrelilik kısa bir mesafe kat edebilen, nispeten ağır parçacıklar olarak sınıflandırılan, daha spesifik olarak elektronsuz helyum atomlarından kaynaklanmaktadır. Tipik alfa yayıcılar arasında

radyum-226, radon-222, uranyum-238, plütonyum-236, toryum-232 ve polonyum-210 bulunur. Genel olarak radyasyon, kayda değer nüfuz gücüne sahip ve hemen hemen her şeyin içinden engellenmeden geçebilme yeteneğine sahip olarak algılansa da alfa radyasyonu bir kâğıt parçasıyla kolayca durdurulabilir ve kesinlikle elbiselerimizden veya cildimizden geçecek enerjiye sahip değildir (Collum, 2016).

Beta Parçacıkları (β): Alfa parçacıklarından daha küçük ve daha nüfuz edici olan ve havada birkaç metre yol alabilen, nispeten hafif parçacıklar olarak sınıflandırılırlar. Beta parçacıkları aslında elektronlar veya pozitronlardan kaynaklanmaktadır. Tipik beta yayıcılar arasında stronsiyum 90, teknetyum 99, sezyum-137, karbon-14, kükürt-35 ve trityum bulunur. Beta, alfa radyasyonundan daha fazla nüfuz etme gücüne sahiptirler ancak yine de kıyafetlerimizin içinden geçmekte zorlanırlar. Cildimize girecek yeterli enerjiye sahiptir ancak içinden geçebilecek kadar enerjiye sahip değildirler. Yani alfanın aksine, beta parçacıkları bir kâğıt yaprağına nüfuz edebilmektedirler (Collum, 2016). Negatif yüklü bir beta parçacığı elektronla aynıyken, pozitif yüklü bir beta parçacığına pozitron adı verilir. Büyük miktarlarda beta radyasyonu cilt yanıklarına neden olabilir ve beta yayıcılar vücuda girmeleri halinde zararlıdır. Beta parçacıkları ince metal veya plastik tabakalarla durdurulabilmektedir (USNRC, 2021).

Gama (γ) Işını: Elektromanyetik dalga spektrumunun kısa dalga kenarındaki katı bir elektromanyetik radyasyondur. Geleneksel olarak, gama radyasyonu çekirdeklerden kaynaklanan radyasyonu ifade etmektedir ve X-ışını radyasyonu atomların elektron kabuklarında ortaya çıkmaktadır (Obodovskiy, 2019). Foton adı verilen ağırlıksız enerji paketleridir. Hem enerjisi hem de kütlesi olan alfa ve beta parçacıklarının aksine, gama ışınları saf enerjidir. Gama ışınları görünür ışığa benzer ancak çok daha yüksek enerjiye sahiptir. Gama ışınları genellikle radyoaktif bozunma sırasında alfa veya beta parçacıklarıyla birlikte yayılmaktadır. Gama ışınları tüm vücut için radyasyon tehlikesi oluşturur. Deri ve giysi gibi alfa ve beta parçacıklarını durdurabilen bariyerleri kolaylıkla delebilirler. Gama ışınları o kadar çok nüfuz etme gücüne sahiptir ki, durdurmak için kurşun gibi birkaç inçlik yoğun bir malzeme, hatta birkaç metrelik beton gerekebilir. Gama ışınları insan vücudunun tamamından geçebilir; geçerken dokuya ve DNA'ya zarar veren iyonizasyonlara neden olabilirler (EPA, 2023a).

X Işınları: Tıpta kullanımları nedeniyle röntgen ışınlarını yaygın olarak bilinmektedir. X-ışınları, saf enerji fotonları olmaları bakımından gama ışınlarına benzemektedirler. X ışınları ve gama ışınları aynı temel özelliklere sahiptir ancak atomun farklı kısımlarından gelmektedirler. X ışınları çekirdeğin dışındaki işlemler esnasında yayılırlar, ancak gama ışınları çekirdeğin içinden kaynaklanır. Genellikle enerjileri daha düşüktür ve bu nedenle gama ışınlarından daha az nüfuz ederler. X-ışınları doğal olarak veya elektrik kullanan makineler tarafından üretilebilmektedirler (EPA, 2023a).

Vücut da dahil olmak üzere çoğu nesneden geçebilen yüksek enerjili bir elektromanyetik radyasyon şeklidir. X-ışınları vücuttan geçerek hastanın diğer tarafındaki bir röntgen dedektörüne (radyografik film veya dijital röntgen dedektörü gibi) çarparak vücudun içindeki nesnelerin gölgelerini temsil eden bir görüntü oluştururlar (NIH, n.d.).

Nötron (n) Radyasyonu: Nötronlar diğer malzemelere nüfuz etme konusunda olağanüstü bir yeteneğe sahip olan yüksek hızlı nükleer parçacıklardır. Burada tartışılan beş iyonlaştırıcı radyasyon türünden, nesneleri radyoaktif hale getirebilen tek şey nötronlardır. Nötron aktivasyonu adı verilen bu süreç, tıbbi, akademik ve endüstriyel uygulamalarda (petrol aramaları dahil) kullanılan radyoaktif kaynakların çoğunu üretirler. Diğer malzemelere nüfuz etme konusundaki olağanüstü yetenekleri nedeniyle, nötronlar havada büyük mesafeler kat edebilir ve onları engellemek için çok kalın hidrojen içeren malzemelere (beton veya su gibi) ihtiyaç duyulmaktadır (USNRC, 2020).

4.3.2. Nükleer Silahlar

Nükleer bombalar, kontrolsüz nükleer reaksiyon sonucu ortaya çıkan tüm enerjinin çok kısa bir zaman diliminde salınmasıyla çok büyük tahribat vermeye yönelik olarak tasarlanmış cihazlardır. Bunun sağlanması için çok yüksek zenginlikte (%90 ve üzeri ki bu oran elektrik üreten nükleer reaktörlerde %3-5 civarındadır) nükleer malzeme özel geometrilerde kritik kütleyi oluşturacak şekilde bir araya getirilir. Nükleer reaktörler ise nükleer enerjinin yavaş ve kontrollü şekilde elde edilmesine yönelik olarak tasarlanmışlardır. Özel geometrileri ve kullanılan malzemelerin niteliği nükleer reaktörlerde bir nükleer patlamanın gerçekleşmesini olanaksız kılar (TENMAK, 2022).

Dünyanın nükleer güçleri 12.000'den fazla nükleer savaş başlığına sahiptir. Bu silahlar milyonlarca kişiyi doğrudan öldürebilir ve tarım üzerindeki etkileri nedeniyle milyarlarca kişiyi öldürme potansiyeline sahiptir. Nükleer silahlar, Amerika Birleşik Devletleri tarafından Ağustos 1945'te Japon şehirleri Hiroşima ve Nagazaki'ye karşı kullanıldığında 110.000 ila 210.000 kişinin ölümüne yol açmıştır. Nükleer silahlar o tarihten bu yana bir düzineden fazla kez tekrar kullanılma noktasına gelmiştir (Herre ve diğ., 2024).

Tek bir nükleer silahın patlamasının yarattığı şok dalgası ve ısı, milyonlarca insanın hayatına anında son verebilmektedir. Ancak nükleer bir savaşın ardından gelecek yıkım daha da büyüktür. Bunun ilk nedeni nükleer serpintidir. Patlayan bombalardan çıkan radyoaktif tozlar atmosfere yükselerek düştüğü yerden dünyanın geniş bölgelerine yayılarak ölümcül düzeyde radyasyona neden olmaktadır. İkinci az bilinen neden ise 'nükleer kış' ve bunu takip eden dünya çapındaki kıtlıktır. Nükleer kışın artık nükleer savaşın en ciddi sonucu olduğuna inanılmaktadır (Roser, 2023).

Nükleer silah etkileri:

- Serpinti,
- Radyasyon (Ani ve Atık),
- Termal Radyasyon ve Elektromanyetik Darbe,
- Artık Radyasyon ve Şok Dalgası (Hava Şok Dalgası ve Yer Şok Dalgası) olarak sıralanmaktadır (Gibson, 2024).

4.3.2.1. Serpinti

Büyük miktarlarda enkazın ateş topunun içine çekildiği yüzeye yakın bir yerde meydana gelen bir nükleer patlamayla yükselen nispeten büyük radyoaktif parçacıkların erken birikmesidir. Nükleer silahlar için yerel serpintiden kaynaklanan birincil erken tehlike gama radyasyonundan kaynaklanmaktadır. Radyoaktivitenin büyük bir kısmı bir saatten çok daha uzun bir süre havada asılı kalır, böylece yere ulaşmadan önce önemli miktarda bozunmanın meydana gelmesine olanak sağlar. Ayrıca, radyoaktivitenin birikme şekli düzensizdir; en ağır serpinti, son derece yüksek radyasyon seviyelerinin meydana geldiği patlama noktasına yakındır (Solomon ve Marston, 1986).

Taze fisyon ürünleri oldukça radyoaktiftir ve çoğu, elektronların ve gama ışınlarının eşzamanlı emisyonuyla bozunur. Bir silah patlamasını takip eden ilk 6 ay için temel kural, gama radyasyonunun zaman içindeki tüm faktörler için büyüklük sırasına göre zamanla azalması olacaktır (Glasstone ve Dolan, 1977).

Fisyon ürünleri yüksek atmosferik katmanlara yükseldikten sonra soğuduğundan, serpinti genellikle bir nükleer bomba patlamasından sonra yere düşer. Bu yağmur kentsel kalıntılardan kaynaklanan toz ve is karışımıdır. Bir fisyon reaksiyonundan 300'den fazla fisyon ürünü üretilebilir ve birden fazla fisyon ürünü radyoaktiftir. Yarı ömürleri bir saniyeden aylara veya yıllara kadar büyük farklılıklar göstermektedir (Xu ve Dodt, 2023).

4.3.2.2. Radyasyon

Atom bombalarının patlamasından kaynaklanan iyonlaştırıcı radyasyon, başlangıç ve artık radyasyondan oluşur. İlk radyasyon doğrudan nükleer fisyon ve ateş toplarının fisyon ürünlerinden kaynaklanabilir ve yer üzerindeki γ ışınlarına ve nötronlara maruz kalmaya neden olabilir. Artık radyasyon, çevredeki nötron kaynaklı radyoaktif materyallerin yanı sıra serpintideki fisyon ürünlerinden de kaynaklanır (Gibson, 2024).

4.3.2.3. Termal Radyasyon (Isı Etkisi)

Ani körlüğe, cilt ve göz yanıklarına ve yangınlara neden olabilecek yoğun bir ısı ve ışık patlamasıdır (Gibson, 2024). Termal radyasyon veya ısı, patlamadan sonraki ilk birkaç saniyede yayılır ve anında 'ani yanıklar' olarak bilinen yoğun yaralanmalara neden olabilir. Isı etkileri aynı zamanda yangınları da tetikleyebilir; bu yangınlar genellikle daha sonra gaz hatlarının yırtılması, devrilen sobalar ve patlamanın yarattığı diğer yapısal hasarların neden olduğu ikincil yangınlarla birleşir. Bir hava patlamasında açığa çıkan toplam enerjinin yaklaşık %30'u ısı olarak yayılır. Hiroşima ve Nagazaki'de hayatta kalan yaralıların yaklaşık %65 ila 85'i yanıklara maruz kalmıştır (DOE, n.d.).

4.3.2.4. Elektromanyetik Darbe (EMP)

EMP Elektromanyetik Darbe, geniş bantlı, yüksek yoğunluklu elektromanyetik radyasyonun ani patlamasıdır. Yıkıcı ve elektromanyetik girişim etkileri vardır. Bir fisyon veya füzyon bombasının (nükleer bomba) neden olduğu yüksek enerjili gama

ışınları, patlamanın merkezinden radyal olarak dışarıya doğru yayılır. Patlamalar yüksek irtifada meydana gelmişse, ışınlar atmosferle reaksiyona girerek atmosferik gazdaki elektronların (Compton elektronları) mobilizasyonuna neden olur ve böylece pozitif ve negatif yüklerin oluşmasına olanak sağlar. Bu ayrılma sonucu oluşan yükler, dünyanın manyetik alanının etkisiyle hızla harekete geçerek dünyaya doğru EMP oluştururlar (Akses, 2024). Bu darbe ile insanlar için doğrudan fiziksel bir tehlike olmasa da EMP'ler birkaç kilometre içindeki bazı elektronik ekipmanları bozabilir veya bunlara zarar verebilir. Alçak irtifa patlamaları için EMP, patlamadan birkaç kilometre sonraki elektrik hatlarında yıkıcı güç dalgalanmalarına neden olabilir ve patlama alanından kilometrelerce uzakta kademeli kesintiler meydana gelebilir (FEMA, 2023a).

4.3.2.5. Şok Dalgası

Hava, su veya katı madde (toprak gibi) içerisinde ses hızından daha hızlı ilerleyen bir sıkıştırıcı basınç dalgasıdır. Hava şok dalgası (hava patlaması olarak da bilinir): Sıfır noktasından (patlama alanı) dışarıya doğru yayılan ve hava basıncında binalar, arabalar ve ağaçlar gibi nesneleri ezebilecek, devirebilecek ve fırlatabilecek ani değişiklikler üreten, havadaki bir şok dalgasıdır.

Yer şok dalgası ise yerde ilerleyen şok dalgasıdır. Yer şok dalgasının geçişinden kaynaklanan zemindeki bozukluklar sismik dalgalar üretir. Şok dalgalarından farklı olarak sismik dalgalar zeminde kalıcı hasara neden olmaz (Gibson, 2024).

5. DEKONTAMİNASYON

5.1. Tanım

Kimyasal ve biyolojik (KB) savaşa, insanlık uzun süredir maruz kalmasına ve modern zamanlarda da kabul edilemez olmasına rağmen bu tür savaşların gerçekleşmesi engellenememiştir. Bu nedenle toplumların bu tür olaylara uygun bir şekilde yanıt verebilme yeteneği önemlidir. Yanıtın bir parçası olarak, mağdurları ve acil müdahale ekiplerini güvende tutmak için uygulanacak en iyi yöntemlerde biri dekontaminasyondur (Titus ve diğ., 2019).

Dekontaminasyon teknolojisi, kir, yağ veya korozyon ürünlerinin temizlenmesiyle benzerlik göstermekle birlikte (Mahato ve diğ.,2009) tanım olarak kimyasal, biyolojik ve radyasyon ajanlarının artık tehlike oluşturmayacak şekilde etkisiz hale getirilmesi veya uzaklaştırılması işlemidir (Issa ve Alhussaini, 2024). Yine diğer bir tanımla mikroorganizmaların tıbbi cihazlardan, yüzeylerden ve çevreden, enfeksiyona neden olabilecek hassas bölgelere ulaşamayacak şekilde azaltılması veya ortadan kaldırılmasıdır (Killeen ve McCourt, 2012).

Dekontaminasyonun ana hedefleri, tehlikeli maddenin zarar vermesinin önlenmesi ile personele ve sağlık tesisine yayılmasının durdurulmasıdır. Dekontaminasyon süreci, bulaşıcı maddenin kişinin kendisinden, kazazedelerden ve kazazede olmayan diğer kişilerden uzaklaştırılmasını içerir (Issa ve Alhussaini, 2024).

Dekontaminasyon biçimleri ise sterilizasyon, dezenfeksiyon ve antisepsi olmak üzere 3 kategoride incelenebilir.

Sterilizasyon prosedürleri tüm mikroorganizmaları öldürmektedir. Sterilizasyon prosedürlerinde kullanılan yöntemler arasında ısı, etilen oksit gazı, hidrojen peroksit gazı, plazma, ozon ve radyasyon yer alır.

Dezenfeksiyon; çoğu patojeni ortadan kaldırır ancak tüm mikrop türlerini ortadan kaldırması beklenmez. Dezenfeksiyon mikrobiyal kontaminasyon seviyesini azaltır.

Kimyasal dezenfeksiyon, kimyasal sterilizasyondan farklı olarak sporları öldürmez. En yaygın kullanılan laboratuvar dezenfektanları arasında yeni hazırlanmış %10 çamaşır suyu ve %70 etanol bulunur.

Antisepsi ise mikroorganizmaları engellemek veya yok etmek için sıvı bir antimikrobiyal kimyasalın cilde veya canlı dokuya uygulanmasıdır. Bir kişi veya hayvan üzerinde enjeksiyon bölgesinin silinmesini ve antiseptik solüsyonlarla ellerin yıkanmasını içerir (Sterilization, Disinfection, and Decontamination, n.d.).

Nötralizasyon ise bir nötrleştirme reaksiyonudur. Bir asit ve bir bazın reaksiyona girerek su ve bir tuz oluşturması ve H^+ iyonları ile OH^- iyonlarının birleşiminin su oluşturmasını içermesidir. Güçlü bir asit ve güçlü bazın nötrleştirilmesi pH'ı 7'ye eşittir. Bir nötrleşme reaksiyonunun eşdeğerlik noktası, reaksiyondaki hem asit hem de bazın tamamen tükendiği ve hiçbirinin fazla olmadığı durumdur. Kişisel koruyucu donanım dekontaminasyon hattında nötralizasyon önemlidir çünkü dekontaminasyon sürecini iyileştirerek personelin maruz kalma riskini önemli ölçüde azaltma potansiyeline sahiptir (Oudejans ve diğ., 2016). CWA'ların nötralizasyonu ve kimyasal dekontaminasyonunda çeşitli malzemelerin mükemmel performans gösterdiği bildirilmiştir (Kim ve Jung, 2023).

Nötralizasyon özellikle kimyasal savaş ajanları için en yaygın kullanılan dekontaminasyon yöntemidir. Nötralizasyon, kirletici maddenin diğer kimyasallarla reaksiyona girerek maddeyi daha az toksik veya toksik olmayan hale getirmesidir. Reaktif bir dekontaminantla karıştırıldığında madde başka maddelere yani reaksiyon ürünlerine dönüştürülür. Reaktif dekontaminant yaygın olarak bulunabilen bir malzeme örneğin ev tipi çamaşır suyu veya özel olarak tasarlanmış bir dekontaminasyon maddesi olabilmektedir (Lilie ve diğ., 2006).

Detoksifikasyon, zararlı veya toksik kimyasalların uzaklaştırılması işlemidir (Cambridge Dictionary, 2024). Kimyasal dekontaminasyon, toksik kimyasalların bozunması veya detoksifikasyonu yoluyla zararsız ürünlere dönüştürülmesi sağlanabilmektedir (Kumar ve diğ., 2010).

5.2. Dekontaminasyonun Önemi ve Amacı

Dekontaminasyon personel ve ekipman üzerinde biriken kirletici maddelerin uzaklaştırılması veya etkisiz hale getirilmesi ile tehlikeli atık sahalarında sağlık ve güvenlik açısından kritik öneme sahiptir. Dekontaminasyon:

- Çalışanları, sahada kullanılan koruyucu giysileri, solunum ekipmanlarını, aletleri, araçları ve diğer ekipmanları kirletebilecek, bunlara nüfuz edebilecek tehlikeli maddelerden korur;
- Zararlı maddelerin temiz alanlara transferini en aza indirerek tüm saha personeli korur;
- Farklı kimyasalların karışmasını önlemeye yardımcı olur ve kirleticilerin sahadan kontrolsüz bir şekilde taşınmasını önleyerek toplumu korur (EPA, 1985).

Dekontaminasyon sürecinin temel amacı, tehlikenin uzaklaştırılması sağlanarak daha fazla zararın önlenmesi ve maruziyet sonrası kişilerin tam klinik iyileşmesinin sağlanması veya tehlikeli maddeye maruz kalan nesneler için restorasyon şansının optimize edilmesidir (Rosen, 1999).

KBRN tıbbi olay yönetiminin ilkeleri güvenlik, kordonlar, kontrol, iletişim, değerlendirme (olay yeri/kayıplar), triyaj, tedavi, ulaşım, adli tıp ve iyileşme olarak değerlendirilmiştir. Tüm yaralıların hastaneye gelmeden önce dekontamine edilmesi hastane öncesi bir gerekliliktir. Klinik öncelik aynı zamanda dekontaminasyon için de bir öncelik olduğundan, triyaj yapılacak ilk klinik değerlendirmedir. Triage, dekontaminasyon tesislerinden geliş ve ayrılış dahil olmak üzere yaralı tahliye zinciri boyunca da gerçekleştirilebilir. Dekontaminasyon, belirli tehlikelerin (kimyasallar, toksinler) daha fazla emilmesini azaltarak hayat kurtarıcı bir rol oynar (Calder ve Bland, 2018).

5.3. Dekontaminasyon Yöntemleri

Dekontaminasyon süreçleri, kimyasal veya fiziksel olup olmadıklarına veya ıslak ve kuru olup olmadıklarına göre sınıflandırılabilir (Titus ve diğ., 2019).

Dekontaminasyonun uygulanma prosedürü kirletici maddeye bağılı olarak değışmektedir. Örneğe göre dekontaminasyon kuru ya da ıslak olabilmektedir. Kuru yöntemler genellikle mekanik yöntemlerdir örneğın vakumlama veya kuruyana kadar silme. Islak yöntemler, karışımların, çözeltilerin, köpüklerin, su buharının, silmenin ve püskürtme yöntemlerinin kullanılmasıdır.

Islak dekontaminasyon genellikle özel birimler tarafından gerçekleştirilmektedir. Ayrıca dekontaminasyonun fiziksel veya kimyasal prosedürlerinin yanı sıra doğal yolları da bulunmaktadır. Örneğın radyonüklitlerin nükleer bozunması sırasındaki yarı ömür süresi ki bundan sonra aktivite yarıya düşer; sıvıların buharlaştırılması ve ardından atmosferde güvenli bir konsantrasyona kadar seyreilmesi; tehlikeli madde molekölünün bozulmasına neden olabilecek ultraviyole ışıklar; ürünü tehlikeli madde olmayan hidroliz (su ile reaksiyon) ve de zararlı etkileri azaltabilecek şekilde su ile seyreltme (Simeonova, 2015).

Bir diğerk yaklaşıma göre ise dekontaminasyonun fiziksel ve kimyasal yollarının 4 ana kategorisi bulunmaktadır: 1- Isı (ıslak/ Kuru), 2- Sıvı dezenfeksiyonu; 3- Buharlar ve Gazlar; 4- Radyasyon

- 1- Isı: ıslak ısı en güvenilir sterilizasyon yöntemidir. Bazen buhar sterilizasyonu olarak da adlandırılan otoklavlama, her türlü mikrobiyal yaşamın hızla yok edilmesini sağlayan en uygun yöntemdir. Otoklavlar, önceden belirlenmiş bir süre boyunca (genellikle 30-60 dakika) en az 121 °C oda sıcaklığına ulaşmak için inç kare başına yaklaşık 1 atm basınç altında doymuş buhar kullanır. Kuru ısı, ıslak ısıya göre daha az verimlidir ve sterilizasyona ulaşmak için daha uzun süreler ve/veya daha yüksek sıcaklıklar gerektirir. Cam gibi geçirimsiz organik olmayan yüzeylerde canlı organizmaların yok edilmesi için uygundur, ancak yalıtım görevi görebilecek sığ organik veya inorganik malzeme katmanlarının varlığında güvenilir değildir (Biosafety: Decontamination Methods for Laboratory Use, 2022).
- 2- Sıvı Dezenfeksiyon: Sıvı dezanfektanlar alkoller, klor ve klor bileşikleri, formaldehit, glutaraldehit, orto-ftalaldehit, hidrojen peroksit, iyodoforlar, perasetik asit, fenolikler ve dördüncül amonyum bileşikleridir. Sıvı dezenfektanın etkinliği organizmaya, konsantrasyona, temas süresine ve diğerk kullanım koşullarına göre değışmektedir (CDC, 2008).

- 3- Buharlar ve Gazlar: Gazlı form, gaz fazının doğrudan uygulanması olarak kabul edilmektedir. Buhar formu, sıvı bir başlangıç materyalinden buharlaştırılmış bir kimyasalın uygulanması olarak kabul edilir. 1950'lerden beri etilen oksit, propilen oksit, formaldehit ve β -propiolakton gibi kimyasal gazlar, ısı veya radyasyonla sterilizasyonla uyumlu olmayan tıbbi ürünleri ve biyolojik preparatları sterilize etmek için kullanılmaktadır (Linton ve diğ., 2005).
- 4- Radyasyon: İyonlaştırıcı radyasyon, önceden paketlenmiş tıbbi cihazların sterilizasyonu için rutin olarak tavsiye edilir ve 2.500 rad dozu genellikle sterilizasyon için etkilidir. Mikroorganizmalar, organizma içindeki su moleküllerine saldıran ve tam inaktivasyonla sonuçlanan ara hidroliz ürünleri oluşturan radyasyon tarafından etkisiz hale getirilir. Radyasyon dozu büyük bir güvenilirlikle hesaplanabildiği için süreç oldukça öngörülebilirdir (Houston ve Hendrickson, 2005).

Kimyasal dekontaminasyon, toksik kimyasalların bozunma veya detoksifikasyon yoluyla zararsız ürünlere dönüştürülmesini içeren temel bir yöntem olarak tanımlanabilir (Mahato ve diğ., 2009).

Fiziksel dekontaminasyon ise kaba kontaminasyonu çıkarma, durulama, silme ve buharlaştırmayı içeren fiziksel yöntemleri ifade etmektedir.

Dekontaminasyon prosedürlerinin seviyesi ve türleri, aşağıdakiler de dahil olmak üzere sahaya özgü çeşitli faktörlere bağlıdır:

- Atıkların kimyasal, fiziksel ve toksikolojik özellikleri.
- Bulaşıcı atıkların patojenitesi.
- Kirletic maddelerin miktarı, yeri ve muhafazası.
- Çalışanların görevlerine, faaliyetlerine ve işlevlerine bağlı olarak maruz kalma potansiyeli ve yeri.
- Atıkların kişisel koruyucu giysi ve ekipman, araçlar, aletler, binalar ve yapılar için kullanılan malzemelere nüfuz etme, bunları bozma veya bunlara nüfuz etme potansiyeli.
- Farklı atıkların yakınlığı.
- Personel ve/veya ekipmanın farklı bölgeler arasında hareketi.

- Acil Durumlar
- Dekontaminasyon sırasında çalışanları korumak için mevcut yöntemler.
- Dekontaminasyon sürecinin ve bileşiklerin işçi güvenliği ve sağlığı üzerindeki etkisi (OSHA, n.d).

Dekontaminasyon işleminde üç safha bulunmaktadır: Kaba dekontaminasyon, ikincil dekontaminasyon ve tam dekontaminasyon.

a) Kaba dekontaminasyon, kişiyi etkilendiği alandan uzaklaştırma, elbiselerini çıkarma ve kişiyi baştan aşağı bir dakika suyun altında tutmayı ifade eder.

b) İkincil dekontaminasyon, tüm vücudun bir dakika süreyle suyla yıkanmasını, hızlı bir şekilde %0,5'lik sodyum hipoklorit (evde kullanılan sıvı çamaşır suyunun 1/10'luk dilüsyonu) ile tüm vücudun yıkanmasını ve hemen ardından tüm vücudun tekrar su ile durulanmasını ifade eder.

c) Tam dekontaminasyon işlemi ise tüm vücudun temizleme solusyonu ile kişi temiz olana kadar yıkanmasını ve takiben suyla durulanmasını ifade etmektedir. Bu uygulama sonrasında dekontamine edilen kişi kurulanıp temiz giysilerini giyebilmektedir (Baysallar ve Kenar, 2006).

Herhangi bir olayda dekontaminasyonun önceliği, bütüncül kaba dekontaminasyon ile giysilerin ve her türlü ağır kirletici maddenin uzaklaştırılmasıdır. Bunun ardından kuru veya ıslak dekontaminasyon veya ikisinin kombinasyonu uygulanmalıdır. Koroziv olmayan ajanların acil dekontaminasyonu, klinik doku gibi emici malzemelerin kullanılmasıyla hızlı bir şekilde sağlanabilir. Islak dekontaminasyon, 35°C sıcaklıkta 90 saniye boyunca veya tüm büyük partikül maddeler çıkarılana kadar veya radyolojik kontaminasyon durumunda, arka plan radyasyonunun iki katından fazla olmayana kadar bir durulama olarak kullanılabilir (Calder ve Bland, 2018).

Dekontaminasyon prosedürleri personelin veya ekipmanın performansını düşürmemeli ve çevreye zarar vermemelidir. Askeri prosedürlerde dekontaminasyon seviyeleri 4 aşamada incelenebilmektedir: 1- Acil Dekontaminasyon 2- Operasyonel Dekontaminasyon 3- Kapsamlı Dekontaminasyon ve 4- Geçiş Dekontaminasyonudur (Lillie ve diğ., 2006).

1- Acil Dekontaminasyon: Yaralanmaları en aza indirir ve kontaminasyonun yayılmasını veya transferini sınırlar.

2- Operasyonel Dekontaminasyon: Temas tehlikesini azaltarak ve kontaminasyonun yayılmasını sınırlayarak görevin tamamlanmasını kolaylaştırmak için kullanılan, kimyasal maddelere karşı esnek bir koruma sağlayan MOPP (Mission-Oriented Protective Posture) ekipmanının kullanılma süresini ortadan kaldırarak operasyonları sürdürür.

3- Detaylı Dekontaminasyon, taktik düzeyde yetenekler kullanılarak kontaminasyonu en düşük algılanabilir seviyeye indirir. Detaylı dezenfeksiyonun amacı MOPP seviyesini azaltmak veya ortadan kaldırmaktır. Bu, operasyonlar ve kaynaklar izin verdiğinde birlikler tarafından (harici destek olup olmamasına bağlı olarak) gerçekleştirilir.

4- Geçiş Dekontaminasyonu, dekontaminasyon işleminden sonra yapılan kontrol amaçlı tespit faaliyetleri neticesinde KBRN kirliliklerinden tamamen arındırıldığı ya da mevzuatta yer alan limitlerin altında kontaminasyon barındırdığı anlaşılan malzeme, ekipman veya taşıtın herhangi bir kısıtlamaya tabi tutulmaksızın nakledilmesine, bakım ve onarımının yapılmasına, tekrar görevde kullanılmasına ya da bertaraf edilmesine ilgililer tarafından izin verilmesidir (O'donohue, 2020).

ABD askeri prensiplerine göre KBRN ajanlarını dekontaminasyon için kullanılan üç dekontaminasyon işlemi fiziksel, kimyasal ve termal süreçlerdir.

Fiziksel işlemler KBRN kirleticilerini yüzeylerden uzaklaştırır ancak kirletici maddeyi detoksifiye etmezler. Bu işlemler: Basit inert sorbentler, solvent yıkamalar, yüksek basınçlı sistemler yüzeydeki kirletici maddelerin giderilmesine yönelik fiziksel proseslerin örnekleridir (Fatah ve diğ., 2007b).

Basit inert sorbentler, sıvıları absorpsiyon veya adsorpsiyon mekanizması ya da her ikisi yoluyla geri kazanmak için kullanılan çözünmeyen malzemeler veya malzeme karışımlarıdır Doğal inorganik sorbentler kil, perlit, vermikülit, cam yünü, kum veya volkanik külden oluşur (EPA, 2016) bir diğer örnek ise Fuller Toprağı (Prasad ve diğ., 2012) ve M 100 sorbent verilebilir. Fuller toprağı tarafından emilen sıvı hala zehirli olduğundan Fuller'ın Toprağı kirli kalır ve detoksifikasyona tabi tutulması gerekir (Lillie ve diğ., 2006).

Solvent yıkama, KBRN kirleticilerini uzaklaştırmak için reaktif olmayan bir solvent kullanan fiziksel bir işlemdir. Solventle temizleme, temizlenen malzemeyi fiziksel veya kimyasal olarak değiştirmeden organik bir solventle bir yüzeyden kiri çıkarma işlemidir. Bu, buharla yağ giderme, püskürtme, daldırma ve mekanik veya ultrasonik fırçalama gibi yöntemlerden oluşabilir. Solvent temizliği, kimyasal arıtma işleminde bir ön adım olabilir (Ebnesajjad, 2014).

Kirlenmiş alanı en aza indirmek için solvent dekontaminasyonundan kaynaklanan akıntı toplanmalıdır. Ek olarak, bir dekontaminasyon döngüsünden sonra kapalı bir sistemdeki solventler, atılmadan ve detoksifikasyondan önce ek döngülerde yeniden kullanılmak üzere sıklıkla geri dönüştürülebilir (Fatah ve diğ., 2007b).

Su ve karbon dioksit gibi dekontaminantlar ise yüksek basınçla püskürtüldüğünde CA'ları ve BA'ları yüzeylerden fiziksel olarak uzaklaştırmak için etkili bir şekilde kullanılır. Dekontaminasyon için düşük basınçlı dağıtım sistemleri de kullanılabilir. Duş veya diğer düşük basınçlı dağıtım sistemlerini kullanan personelin üzerine püskürtülen su, cildin dekontamine edilmesi için kullanılabilir.

Kimyasal bir işlem, KBRN kirleticilerini nötralize etmek için reaktif kimyasalların kullanımını içerir. Reaktif kimyasallar hem kimyasal sürecin hem de fiziksel sürecin güçlü yönlerini tek bir sistemde kullanılmak üzere için sıklıkla fiziksel uzaklaştırma teknikleriyle birleştirilir. Kimyasal proseslerin örnekleri ise reaktif sorbent ve katalitik sorbenttir. Katalitik sorbentler, CA kirleticileriyle reaksiyona giren ve onları zehirden arandıran reaktif bölgeler içerir. Bununla birlikte, katalitik sorbentlerde reaktif bölge, maddenin detoksifikasyonu sırasında yenilenirken, reaktan sorbentlerde reaktif grup, maddeyle reaksiyona girdikten sonra etkisiz hale getirilir. Bu bileşikler, emici bir polimerik matrise ve polimer zincirine kovalent olarak bağlanan reaktif bölgeleri içeren polimerik malzemelere emilir (Brown ve diğ., 2005; Bodurtha ve Dickson, 2016).

Nanomalzemelere dayanan reaktif sorbent sistemleri, kimyasal savaş (CW) ajanlarının dekontaminasyonu için umut verici malzemeler olarak kabul edilmektedir. İlgi çekici reaktif ve adsorptif özellikleri nedeniyle; bu adsorbanlar CW ajanlarının gerçek zamanlı dekontaminasyonu için malzeme olarak kullanılmıştır. MgO, CaO ve Al₂O₃ gibi inorganik oksit nanopartiküllerinden oluşan benzer reaktif sorbent sistemlerinin,

kimyasal savaş ajanlarının dekontaminasyonu için potansiyel malzemeler olduğu bulunmuştur (Prasad ve diğ., 2007). Reaktif bir sorbent, KBRN kirleticisini adsorbe eder ve ardından onu kimyasal olarak detoksifiye eder.

Termal dekontaminasyon, ısı varlığında sıvı fazından gaz fazına dönüşen kimyasal kirleticileri buharlaştırmak için ısı kullanılmasıdır. Su bazlı kimyasallar da alkol bazlı kimyasallar da bu özelliğe sahiptir. Su ısıtıldığında buhara dönüşür ve bu da kaygan veya yağlı kirletici maddeleri arındırmanın etkili bir yoludur. Nemli buhar ısısı aynı zamanda biyokirleticilerin otoklav sterilizasyonunda da kullanılır. Sıcak hava dekontaminasyonu, CA'ların bütünlüklerini etkilemeden malzemelerden uzaklaştırılmasını hızlandıran, sıcaklıkların yükseltilmesini içeren bir işlemdir. Nesneleri uzun bir süre (5 saat) boyunca yüksek sıcaklıklara (130 °C) maruz bırakarak toksik maddeler nötralize edilebilir (Bodurtha ve Dickson, 2016; Fatah ve diğ., 2007b; Nawala ve diğ., 2019).

5.4. Kimyasal Harp Maddelerinin Dekontaminasyonu

Doğası ve kirlenme mekanizması bakımından farklılık gösteren çok çeşitli kirleticiler nedeniyle, tüm kimyasal kirlenme durumlarında uygulanabilecek tek bir teknoloji yoktur. Dekontaminasyon için belirli bir teknik seçerken aşağıdaki gereklilikler göz önünde bulundurulmalıdır:

- **Güvenlik:** Yöntemin uygulanması, soluma nedeniyle tehlikelerin daha fazla yayılma olasılığını artıran tozların veya aerosollerin oluşmasına neden olmamalıdır. Uygulanan teknoloji hem kazazedeler hem de müdahale ekipleri için güvenli olmalıdır. Ayrıca, çevre veya personel üzerinde zararlı etkisi olan reaksiyona giren ara veya son ürünler oluşturmamalıdır.
- **Verimlilik:** Yöntem, bir yüzeyden kimyasalları uzaklaştırma kapasitesine sahip olmalıdır ki bu da robot teknolojisi yerine elle çalışma olanağını mümkün kılacaktır. Ayrıca daha az bir atığı işleme ve bertaraf etmede verimli olmalıdır ki böylece sistemin etkinliği arttırılmalıdır.
- **Maliyet Etkinliği:** Mümkün olan durumlarda, ekipman dekontamine edilmeli ve yeniden kullanım için onarılmalıdır.

- Atık Minimizasyonu: Yöntem, arıtılması ve bertaraf edilmesi fazlaca iş gücü gerektirerek maliyetin artmasına neden olacak ve böylece ek maruziyetlere yol açacak büyük miktarlarda ikincil atığa yol açmamalıdır.
- Sanayileşme: İlgili kontamine malzemelerin fazla miktarları nedeniyle, yöntemler veya teknikler yoğun çalışma gerektirmemeli, işlemesi ve kullanıma uygun hale getirilmesi zor olmamalıdır.
- Geniş Kapsam: Dekontaminasyon sistemleri, geniş bir yelpazedeki toksik askeri ve endüstriyel kimyasallarla başa çıkmalıdır. Sistem, farklı iklim koşullarında geniş bir kimyasal yelpazede uygulanabilir olmalı ve kolaylıkla kullanılabilir olmalıdır (Khan ve diğ., 2013).

Dekontaminasyon, esasen zehirli kimyasalların bozularak zararsız ürünlere dönüştürülmesini içeren bir yöntem olarak tanımlanabilir. Metodolojik açıdan bakıldığında üç temel dekontaminasyon yöntemi vardır:

1. Mekanik Dekontaminasyon
2. Fiziksel Dekontaminasyon
3. Kimyasal dekontaminasyon (Singh ve diğ., 2010).

5.4.1. Mekanik Dekontaminasyon

Zemin dekontaminasyonu için en basit yöntem kirlenmiş yüzeyin kaldırılması veya örtülmesidir. Hem uzaklaştırma hem de örtme için savaş durumlarına yönelik çeşitli teknolojiler geliştirilmiştir. Tahta bir çubuk ile kazımak ajanı uzaklaştırabilir (Singh ve diğ., 2010).

5.4.2. Fiziksel Dekontaminasyon

Fiziksel dekontaminantlar, yüzeylerden kimyasal kirleticileri uzaklaştırmak için kullanılan maddelerdir. Bunlar: Su, Sıcak Hava, Fuller Toprağı, Doğal Aşınma ve Yüzey Aktif Maddelerdir (Guide, 2001).

5.4.2.1. Su

Su, kimyasal ve biyolojik (CB) kirleticileri yüzeylerden fiziksel olarak uzaklaştırmak için kullanılır. Deterjan ilaveli su, CB ajanı veya toksik endüstriyel malzemelerle (TIM) kirlenmiş yüzeylerin ve malzemelerin dekontaminasyonu için etkilidir. Sudaki

deterjanlar ve sabunlarla dekontaminasyon, ağırlıklı olarak maddenin fiziksel olarak uzaklaştırılması veya seyreltilmesiyle gerçekleşir. Kirletici maddelerin ciltten ve ekipmandan fiziksel olarak uzaklaştırılması için sabun ve suyun kullanılması, kirlenmenin yayılmasını sınırlayacaktır (Guide, 2001). Özellikle cilt dekontaminasyonu, maruz kalmanın ardından toksik kimyasalların ciltten derhal uzaklaştırılması için birincil müdahaledir. Pratik olarak en yaygın olarak uygulanan ıslak dekontaminasyon prosedürleri, sabun ve su veya sadece su ile yıkamadır (Forsberg ve diğ., 2020).

5.4.2.2. Sıcak Hava

Sıcak hava, CB kirleticilerini yüzeylerden fiziksel olarak uzaklaştırmak için kullanılır. Sıcak hava dekontaminasyonunun etkinliği, dekontaminasyona tabi tutulan CB maddesinin fiziksel özelliklerine göre değişmektedir (Guide, 2001).

5.4.2.3. Fuller Toprağı

Fuller Toprağı, sinir gazı ve diğer maruziyetlerden sonra cildi arındırmak için kullanılabilir. Doku ve form bakımından kile benzemekle birlikte aslında alüminyum silikatın süper emici bir formudur. Çoğunlukla silika, magnezyum, demir ve alüminyumdan oluşan bu madde yüzyıllardır kiri ve yağı emmek için kullanılmaktadır. Kimyasal savaş ajanlarının dermal emiliminin önlenmesi için fiziksel bir bariyer olarak kullanılır. Aynı zamanda çok sayıda toksine karşı oral dekontaminasyon olarak da kullanılmaktadır (CHEMM, 2017).

5.4.2.4. Doğal Aşınma

Hava koşullarına maruz kalma doğal ısı ve ultraviyole radyasyon (güneş ışığı), su (yağış) ve rüzgâr (buharlaşma ve seyreltme) kaynaklarının ekipman, yapılar ve arazi üzerindeki kirleticileri bozduğu bir dekontaminasyon yöntemidir. Bir dekontaminasyon süreci olarak ayrışmanın etkinliği, maddenin kalıcılığının yanı sıra meteorolojik ve yüzey koşullarına da bağlıdır. Ayrışma yoluyla dekontaminasyon için uygun olan bazı koşullar (şiddetli rüzgâr veya yüksek sıcaklık), kontamine partikülleri veya sıvıları havada yeniden süspanse ederek veya rüzgâr olmadan yüksek sıcaklıklarda ajanları buharlaştırarak (bir buhar tehlikesi üreterek) kontaminasyonu

yayabilir. Normalde, yoğunlaşmış maddeler ayrışma yoluyla etkili bir şekilde uzaklaştırılmamaktadır (Wartell ve diğ., 1999).

5.4.2.5. Yüzey Aktif Maddeler

Yüzey Aktif Madde terimi, bir miktar yüzey veya arayüz aktivitesi sergileyen bir maddeyi ifade eder. Yüzey aktif maddelerin en çok kabul gören ve bilimsel olarak sağlam sınıflandırması, sudaki ayrışmalarına dayanmaktadır. Anyonik, İyonik olmayan ve Katyonik yüzey aktif maddeler olarak 3 grupta incelenmektedir (Salager, 2002). Bir yüzey aktif maddenin amacı, CB ajanını veya TIM'leri detoksifiye etmek değil, onu detoksifiye edebilecek bir çözelti halinde çözündürmektir. Anyonik yüzey aktif maddeler genellikle CB kirleticilerini sulu bir çözelti içinde çözme açısından katyonik veya iyonik olmayan yüzey aktif maddelere göre daha güçlüdür (Guide, 2001).

5.4.3. Kimyasal Dekontaminasyon

Kimyasal dekontaminantlar, kimyasal kirleticileri nötralize etmek için kullanılan maddelerdir. Kimyasal ajanların detoksifikasyonunda kullanılan mevcut dekontaminantların çoğu reaktif kimyasallar olarak kabul edilebilir. Reaktif kimyasallar, karıştırma, ısıtma veya çalkalama gerektirmeden başka bir kimyasalla kolayca reaksiyona giren kimyasallardır.

Üç tür kimyasal dekontaminant bulunmaktadır: oksitleyici ajanlar, güçlü bazlar ve mikroemülsiyonlar. Sodyum hipoklorit (çamaşır suyu) ve sodyum hidroksit gibi kimyasalların, kimyasal ajanları hem uzaklaştırılmasında hem de nötralizasyonunda oldukça etkilidir (Guide, 2001).

5.4.3.1. Oksitleyici Ajanlar

Sodyum hipoklorit (NaOCl) ve kalsiyum hipoklorit ($\text{Ca}(\text{OCl})_2$) gibi güçlü oksitleyici maddeler, CB kirleticilerinin iyi bir verimlilikle detoksifikasyonu ve uzaklaştırılması için yaygın olarak kullanılır. NaOCl ve $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ suda çözündüğünde ortaya çıkan çözelti, CB kirleticilerinin çoğunu etkili bir şekilde arındırabilen hipoklorit iyonları içerir (Bhatti ve diğ., 2022).

Oksidatif dekontaminasyon yöntemleri özellikle hardal ve VX için faydalıdır. İlk oksidanlardan biri potasyum permanganat iken son zamanlarda okson (KHSO_5 , KHSO_4 ve K_2SO_4 karışımı) geliştirilmiştir (Yang ve diğ., 1992).

5.4.3.2. Güçlü Bazlar

Kalsiyum Oksit (CaO), Kalsiyum Hidroksit ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), sodyum hidroksit (NaOH) ve potasyum hidroksit (KOH) gibi güçlü bazlar, suyla karıştırıldığında yüksek konsantrasyonda hidroksit iyonları üretir. Çözelti formundaki bu güçlü bazlar, kimyasal maddeler için çok etkili hidrolize edici maddelerdir. Bunlardan NaOH en yüksek çözünürlüğü nedeniyle en yaygın kullanılan bazdır, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ve CaO ise en az çözünen bazdır (Bhatti ve diğ., 2022).

5.4.3.3. Mikroemülsiyonlar

Mikroemülsiyonlar, mikroskop altında homojen bir karışım olarak görünen, sudaki yardımcı yüzey aktif maddeler olan yağ yüzey aktif maddelerinin termodinamik olarak kararlı bir karışımıdır (Waysbort ve diğ., 2009).

Suda çözünebilen çeşitli kirleticiler mikroemülsiyonlar halinde çözülerek yüzeylerin dekontaminasyonu sağlanabilir (Moffett ve diğ., 2010).

Kimyasal ajanların üzerine mikroemülsiyon uygulandığında, mikroemülsiyon çözeltisinin organik fazı kimyasal ajanları kolaylıkla çözer. Dekontaminasyon hızı, mikroemülsiyon parçacıklarının boyutuyla orantılıdır; yani parçacıklar ne kadar küçük olursa, dekontaminasyon işleminin hızı da o kadar hızlı olur (Bhatti ve diğ., 2022).

5.5. Biyolojik Harp Maddelerinin Dekontaminasyonu

Biyolojik harp maddeleri patojenler veya toksinlerdir. Bazıları öldürürken bazıları etkisiz hale getirir; bazıları hızlı etki gösterirken bazıları birkaç hafta kuluçkaya yatar; bazıları bulaşıcı iken bazıları değildir. Bir ajanın nasıl yayılabileceğini bilmek, etkili bir müdahalenin şekillendirilmesi açısından önemlidir.

Mikroorganizmaların dekontaminasyonu mekanik, fiziksel ve kimyasal yöntemler ile yapılır. Bu yöntemlerin etkinliği büyük ölçüde mikroorganizmanın direncine bağlıdır.

Sporlu bakterilerin ve mantarların dayanıklılığı oldukça yüksektir (Lillie ve diğ., 2006).

5.5.1. Mekanik Dekontaminasyon

Enfeksiyon ajanını nötralize etmeksizin uzaklaştıran yöntemlerdir. Örneğin içme suyunun filtre edilerek veya klorlanarak temizlenmesi, ajanın yüzeyden kopartılabilmesi için fırçalamak gibi (Baysallar ve Kenar, 2006).

5.5.2. Fiziksel Dekontaminasyon

Isı, biyolojik ajanların dekontaminasyonu için kullanılan en yaygın fiziksel yöntemlerdir. Hem kuru hem de nemli ısı kullanılabilir. Buhar sterilizasyonu için biyolojik ajanların su ile teması esastır, yani buhar sterilize veya dezenfekte edilecek tüm yüzeylere veya malzemelere ulaşmalıdır. Nemli ısı, otoklavlamada kullanıldığında en etkilidir.

Buharlı ısı da olarak otoklav ve kaynatma; Kuru ısı da ise yakma ve sıcak hava fırını kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra dekontaminasyon işlemlerinin (temizlik, dezenfeksiyon veya sterilizasyon) etkinliğini düzenli olarak kontrol etmek veya izlemek için kullanılır kullanılan belirli bir sterilizasyon sürecine karşı standartlaştırılmış bir mikroorganizma popülasyonunun test sürecinde kimyasal ve fiziksel yöntemlerle birlikte iyonize radyasyon kullanılmaktadır (WHO, 2020).

5.5.3. Kimyasal Dekontaminasyon

Kimyasal dekontaminasyon için Gaz/Buhar dezenfeksiyonu olarak Formaldehit, Hidrojen peroksit, Klor dioksit; sıvı olarak ise kimyasal dezenfektan türleri olarak Fenoller, Peroksitler, Hipokloritler, Klor dioksit, Perasetik asit, Formaldehit, Glutaraldehit, Kuaterner amonyum bileşikler ve Alkoller kullanılmaktadır.

Biyoajanlar, hücre duvar iskeletinin varlığı veya yokluğuna, lipid membranlara, polisakkarit ve peptidoglikan katmanlarına bağlı olarak kimyasal ürünlere karşı farklı direnç veya duyarlılık gösterecektir. Genellikle, sporları etkisiz hale getirmek için yüksek konsantrasyonlarda çok etkili dezenfektanlar gereklidir çünkü bu, zarflı virüslerden daha yüksek dirence sahiptir. Tipik olarak, 1000 ppm serbest klor içeren sodyum hipoklorit (NaOCl) çözeltisi, genel yüzey dezenfeksiyonu için uygun

olacaktır, ancak yoğun kirlilik, organik madde varlığı veya dezenfektan direnci gösteren biyolojik ajanlarla uğraşılıyorsa 5000 ppm veya 10.000 ppm gibi daha güçlü çözümler gereklidir (WHO, 2020).

5.6. Radyolojik ve Nükleer Harp Maddelerinin Dekontaminasyonu

Radyoaktif maddenin yayılmadan uzaklaştırılması için hızlı müdahale çok önemlidir. Dış dekontaminasyon için genel temizleme teknikleri kullanılır, genellikle kimyasal teknikler gerektirmez. İç dekontaminasyon için, nedensel unsura göre spesifik ajanların kullanılması ve ayrıca eliminasyonu ve atılımı arttırmak için fizyolojik müdahalelerin kullanılması gerekir. Radyolojik dekontaminasyon yöntemleri genel olarak aşağıdaki kategorilere ayrılmaktadır:

- 1- Dış Dekontaminasyon (Kaba ve İkincil)
- 2- İç Dekontaminasyon (Seyreltme ve Şelatlama) (Domínguez-Gadea ve Cerezo, 2011).

5.6.1. Dış Dekontaminasyon

Süreç, kirlenmiş tüm giysilerin dikkatli bir şekilde çıkarılması, baştan ayağa çalışılması ve hastanın cildinden dışarı doğru yuvarlanması ve kirlenici maddenin içeride tutulmasıyla başlar. Radyoaktif maddelerin temas veya hava yoluyla bulaşma yoluyla yayılmasını önlemek için gerekirse giysiler yırtılmadan kesilmelidir. Bu, kirliliği %80-90'a kadar azaltabilir (Kumar ve diğ., 2010).

5.6.1.1. Kaba Dekontaminasyon

İşlem sabun ve su ile başlamalıdır, eğer bu başarısız olursa zayıf bir deterjan kullanılabilir. Saçın kirlenmesi halinde yıkamak için şampuan veya deterjan kullanılabilir. Radyoaktif maddeler genellikle derinin dış katmanını kaplayan ince bir yağ tabakası üzerinde bulunur. Buna göre dekontaminasyon işlemleri bu yağlı filmin uzaklaştırılması esasına dayanmaktadır. Cildi tahriş etmemeye dikkat edilmelidir. Eritematöz hale gelirse veya cilt bariyeri kaybolursa, bazı radyonüklidler doğrudan deriden emilebilir. Yıkama dekontaminasyon için yeterli değilse saçların kesilmesi gerekebilir; tıraş olmak emilimi artırabileceğinden tıraş edilmemelidir (Domínguez-Gadea ve Cerezo, 2011).

Kimyasal tekniklere nadiren ihtiyaç duyulur. Kimyasallar için kullanılan %0,5'lik hipoklorit çözeltisi aynı zamanda radyolojik kirleticileri de ortadan kaldıracaktır. Kalıcı dış kontaminasyon için aşındırıcı sabunlar veya EDTA gibi ağır metal şelatlayıcı maddeler dikkatle kullanılabilir. Genel olarak, sabun ve suyla 90 saniye boyunca nazikçe yıkamak, sağlam ciltte mevcut olan radyonüklid aktivitesinin %95-99'unu ortadan kaldıracaktır (Moore ve Mettler, 1980; Ruhman ve diğ., 2010).

5.6.1.2. İkincil Dekontaminasyon

İkincil dekontaminasyon, hastanın kalan radyoaktif alanlarının adım adım metodik olarak temizlenmesidir. Ancak vücudun belirli bölgeleri aşağıdaki gibi özel prosedürler gerektirir:

Ağız: Takma dişleri, gevşek diş yabancı cisimleri çıkarılır ve torbalanır. Ağız boşluğundan sürüntü örnekleri alınır. Hasta veya hekim dişlerini, diş etlerini ve dilini nazikçe fırçalamalı, diş etlerinin tahriş olmasına ve kanamaya neden olmamasına dikkat etmelidir. Daha sonra ağız bol miktarda durulanmalı ve durulama suyunun yutulmamasına dikkat edilmelidir.

Burun: Burun sürüntülerini alınır. Daha sonra hasta burnunu yavaşça sümkürmelidir. İrrigasyon solüsyonunun yutulmasını veya aspire edilmesini önlemeye dikkat ederek, hasta öne doğru eğilirken burun deliklerini sulanmalıdır.

Gözler: Herhangi bir kontrendikasyon yoksa, gözleri topikal bir ajanla anestezi altına alınır. Konjonktivayı nemli çubuklarla örneklenir ve bol miktarda salinle irrigasyon yapılır. Bu işlem göz irrigasyon cihazlarıyla kolaylaştırılabilir. Manuel olarak irrigasyon yapılıyorsa lakrimal kanalın kontaminasyonunu en aza indirmek için hastanın başı yana çevrilerek medialden laterale doğru irrigasyon yapılmalıdır.

Kulaklar: Nemlendirilmiş çubuklarla dış kanallardan örnekler alınır. Özellikle patlama olaylarından sonra timpanik membranları perforasyon açısından incelenir. Perforasyon bulunmazsa, kanalları vücut sıcaklığına kadar ısıtılmış salinle bolca sulanır.

Açık yaralar: Yara sürüntüleri alın. Herhangi bir partikül madde veya yabancı cisim varsa, bunlar çıkarılmalı ve saklanmalıdır. Bölgeyi bolca sulayın ve sağlam ciltte olduğu gibi yeniden muayene edilir. Diğer alanların sulanmasından kaynaklanan

akıntının yeniden kontaminasyonunu önlemek için yara su geçirmez pansumanla örtülür (Jarret, 1999).

5.6.2. İç Dekontaminasyon

Gastrointestinal emilimin azaltılması, hedef organda alımın bloke edilmesi, seyreltme ve şelasyon dahil olmak üzere çeşitli yöntemlerle sağlanabilir. İç kirlenme, radyoaktif madde bulunduğu, yutulduğunda, açık bir yaradan vücuda girdiğinde veya deri yoluyla emildiğinde meydana gelir; daha sonra pasif ve aktif difüzyon mekanizmaları yoluyla kılcal membranı geçer ve vücut hücrelerine, dokularına veya organlarına dahil edilebilir. Bu, tiroide veya radyumda, plütonyumda ve amerikyumda esas olarak kemikte iyot alımı söz konusu olabilir. Her organa dağılım hızı, organ metabolizması ve kimyasal taşınma kolaylığı ile ilgilidir (Koenig ve diğ., 2005).

5.6.2.1. Gastrointestinal emilimin azaltılması

Gastrik lavaj ve kusturucu ajanlar: Her ne kadar bu stratejiler, gastrik kontaminasyondan sonra erken başlatılırsa radyoizotopların emilimini azaltabilsede, aynı zamanda radyoizotopların aspirasyonu riskini de yaratarak solunum yolu kontaminasyonuna yol açar (Weingart, 2018).

Enteral bağlama yöntemleri: Bazı enteral bağlama yöntemlerinin belirli kontaminasyon ajanlarını etkili bir şekilde bağladığı gösterilmiştir:

Baryum sülfat: Radyografik kontrast çalışmaları için yaygın olarak kullanılan bu ilaç, eski askeri, endüstriyel ve tıbbi ekipmanlarda kullanılan stronsiyum ve radyum ile geri dönüşümsüz bağlar oluşturur. Bu ajanlar bağlandıktan sonra gastrointestinal sistemden emilmeden geçer. İç dekontaminasyon için 1 kerelik 200 ml %100 baryum sülfat dozu uygulanmalıdır.

Alüminyum ve magnezyum tuzları: Maalox ve Mylanta gibi ilaçlarda ticari olarak bulunan bu tuzlar, baryum sülfata benzer bir şekilde stronsiyum, radyum ve fosfora bağlanır ve emilimini azaltır. Bu ajanlardan herhangi birinden 100 ml'lik bir doz, maruziyetten sonra mümkün olan en kısa sürede ağız yoluyla veya nazogastrik tüple verilmelidir.

Prusya mavisi: Bu madde sezyum ve talyuma bağlanır ve bunların ortadan kaldırılmasını sağlar. Sezyum tıbbi radyoterapi cihazlarında bulunur ve Rusya'da

teröristler tarafından bir saldırı girişimi sırasında kullanılmıştır; talyum ise tıbbi görüntülemede kullanılır. Prusya mavisi rubidyumun emilimini engeller. Bu ajanlardan biriyle dahili kontaminasyon mevcutsa, 3 hafta boyunca ağızdan 1 g uygulanır. Bu ilaç yakın zamanda Radiogardase adı altında FDA onayı almıştır

Aktif kömür: Bilinç düzeyinde azalma olmayan hastalarda, bir doz aktif kömür uygulanması bazı radyoizotopları bağlayabilir ve ortadan kaldırılmasını hızlandırabilir. Bu ilacın yan etkileri nadir olduğundan, aktif kömürün maruziyetten kısa bir süre sonra uygulanması önerilir. 50-100 g'lık bir doz ağızdan veya gastrik tüple verilmelidir; hasta aspirasyon riski altındaysa bu ilaçtan kaçınılmalıdır (Mettler ve Voelz, 2002).

5.6.2.2. Hedef Organda Alımın Bloke Edilmesi

Potansiyel olarak radyoaktif iyota maruz kalan tüm hastalar, tiroid birikimini engellemek için aşırı doymuş potasyum ile tedavi edilmelidir. Potasyum iyodür, tiroidin radyoaktif iyot ve teknetyum alımını rekabetçi bir şekilde bloke eder. Alımdan hemen sonra veya en azından ilk 4-6 saat içinde uygulanmalıdır. Potasyum iyot özellikle çocuklar ve hamile kadınlar için tavsiye edilir. Yetişkin dozu 1-2 hafta boyunca ağız yoluyla günde 300 mg'dır; İyota alerjisi olduğu bilinen kişilerde kontrendikedir.

Kalsiyum glukonat veya kalsiyum klorür, stronsiyum veya radyoaktif kalsiyumun kemiğe karışmasını sınırlar. İntravenöz olarak uygulanan 1 g kalsiyum klorür veya 3 g kalsiyum glukonat dozu önerilir.

Oral veya intravenöz sodyum bikarbonat, idrarın alkalinizasyonunu sağlar ve uranyumu daha az nefrotoksik olan uranyum bikarbonata dönüştürür (Domínguez-Gadea ve Cerezo, 2011).

5.6.2.3. Seyreltici Ajanlar

Ağız sıvıları: Tritiyum nükleer silahlarda bulunur ve ordu tarafından ısıldayan silah nişangahları için kullanılır. Tritiyum ile dahili kontaminasyondan şüpheleniliyorsa, seyreltmeyi sağlamak ve trityumlu suyun renal atılımını arttırmak için bol miktarda oral veya intravenöz sıvı uygulanmalıdır. 1 hafta süreyle 5-10 L/gün miktarında

ağızdan sıvı verilmelidir. Hipotonik sıvılar kullanılıyorsa sodyumun izlenmesi gereklidir.

Fosfor: Tritiyumun seyreltilmesine benzer şekilde, fosfor tuzları ile oral yükleme, radyoaktif fosforun ortadan kaldırılmasını artırabilir. Bir paket Neutra Phos veya 2 tablet K Phos, 3 gün boyunca ağızdan 2 kez uygulanmalıdır (Weingart, 2018).

5.6.2.4. Şelatlayıcı Ajanlar

Şelatörler, belirli metallerle bağlanarak stabil bir kompleks oluşturan ve böbrekler yoluyla vücuttan daha hızlı bir şekilde atılabilen maddelerdir. Dietilentriaminpentasetat (DTPA), kalsiyum veya çinko tuzu olarak uzun yıllardır araştırma maddesi olarak bu şekilde kullanılmaktadır (Volf, 1978).

Kalsiyum veya çinko dietilentriamin-pentaasetik asit (DTPA) gibi şelatlama ajanları, nadir toprak elementleri ve kaliforniyum, plütonyum ve amerikyum gibi aktinitler gibi böbrekler tarafından zayıf bir şekilde atılan spesifik radyoizotoplarla bileşikler oluşturarak bunların daha kolay atılmasını sağlar ve eliminasyonu artırır. Her iki ajan için de doz 250 ml normal salin veya suda %5 dekstroza içinde 1 g'dır, intravenöz olarak 1 saat içinde uygulanır. Günde 1 dozdan fazla kullanılmamalı ve doz bölünmemelidir (Domínguez-Gadea ve Cerezo, 2011).

D-Penisillamin, bakırın aşırı yüklenmesine yol açan genetik bir kusur olan Wilson hastalığını şelasyon ve dahili olarak biriken bakırın hızlandırılmış atılımı yoluyla tedavi etmek için kullanılmıştır. Benzer bir etki, radyoaktif kobaltın neden olduğu kirlenme durumunda da elde edilir ve tedavi olmadan meydana gelebilecek toplam absorbe edilen radyasyon dozunun yaklaşık 1/3'üne düşer. Önerilen doz günde 4 kez ağız yoluyla 250-500 mg'dır (Levitskaia ve diğ., 2010).

Tablo 5-1: KBRN Acil Durumlarında Dekontaminasyon Metotları

Kimyasal Detoksifikasyon	Biyolojik Dezenfeksiyon/Sterilizasyon	Radyolojik/Nükleer Kontaminasyon Uzaklaştırma
Halojen asit temizleme Nötralizasyon Oksidasyon/redüksiyon Isıl bozulma	Kimyasal dezenfeksiyon Kuru ısı sterilizasyonu Gaz/buhar sterilizasyonu Radyasyon Buhar sterilizasyonu	Suyla durulama Süzme ve çıkarma Buharlaştırma/buharlaştırma Basınçlı hava jetleri Fırçalama/kazıma Buhar püskürtmeleri
Çıkarılması ve imha edilmesi		
Kirlenmiş yüzeyler Derinlemesine nüfuz etmiş malzemeler Koruyucu kaplamalar/kaplamalar		

Dragolici, C., & Dragolici, F. (2014). Introduction in means and methods used in chemical, biological, radiological and nuclear decontamination. Rom. Journ. Phys, 59(9-10), 920-929.'dan uyarlanmıştır.

5.7. Dekontaminasyonda Gelişen Teknolojiler

5.7.1.1. Atmosfer Basınçlı Plazma

Plazmalar kimyasal olarak aktif ortamlardır. Aktive edilme şekillerine ve çalışma güçlerine bağlı olarak, düşük veya çok yüksek "sıcaklıklar" üretebilirler ve buna göre soğuk veya termal plazmalar olarak adlandırılırlar. Bu geniş sıcaklık aralığı, plazma teknolojileri için yüzey kaplamaları, atık imhası, gaz işlemleri, kimyasal sentez, işleme gibi çeşitli uygulama alanları sağlamaktadır Plazma az ya da çok iyonlaşmış bir gazdır. Maddenin dördüncü halidir ve evrenin %99'undan fazlasını oluşturur. Temel ve uyarılmış hallerde bulunan elektronlar, iyonlar ve nötrallerden oluşur. Makroskopik açıdan bakıldığında plazma elektriksel olarak nötrdür. Bununla birlikte, serbest yük taşıyıcıları içerir ve elektriksel olarak iletkenidir (Tendero ve diğ., 2006).

Atmosferik Basınç Plazma teknolojisine dayanan Atmosferik Basınçlı Plazma Jeti [Atmospheric Pressure Plasma Jet (APPJ)], yüksek akışlı He/O/sub 2/ besleme gazı ile atmosfer basıncında çalışan, kapasitif olarak eşlenmiş Radyo Frekansı (RF), termal olmayan, homojen bir deşarj sistemidir. APPJ, yüksek reaktif atomik ve metastabil oksijen türlerini üreterek ve bunları kontamine yüzeye yüksek hızda yönlendirmektedir. Bu, geleneksel dekontaminasyon yöntemlerinden farklı olarak hassas ekipmana zarar vermeden kuru bir şekilde kimyasal, biyolojik ve radyolojik ajanların temizlenmesi için gereken bir yöntemdir APPJ'nin, Bacillus globigii

sporlarını (Antraks similatörü) 0.5 cm uzaklıkta 4.5 saniyede %10'luk canlılık azalma süresi (D değeri) ile inaktive edebilmektedir. Bu, aynı sıcaklıkta sıcak gazdan 10 kat daha hızlıdır ve aynı düzeyde inaktivasyon için %80 daha az enerji gerektirmektedir (Henmann ve diğ., 1999).

5.7.1.2. Elektrostatik Dekontaminasyon

Biyolojik dekontaminasyon için elektrostatik dekontaminasyon iki aşamalı bir işlemdir. İlk adım, kirlenmiş bir yüzeye ince bir biyolojik dekontaminasyon solüsyonu tabakası uygulanması ve ardından dekontaminantı aktive eden ultraviyole ışığa maruz bırakılmasıdır. Ajan DNA'sını saniyeler içinde yok edilmektedir. Çalışmalar sürecin diğer tehlikeli maddelerin yanı sıra şarbon, *E. coli* ve hardal gazını öldürdüğünü veya etkisiz hale getirdiğini göstermektedir. İşlemler sonunda iyi huylu bir kalıntı kalmaktadır (EPA, 2005).

5.8. Dekontaminasyon Türleri

5.8.1. Acil durum dekontaminasyonu

Bir kazazedenin ne ölçüde dekontaminasyona ihtiyaç duyacağı kirletickiye, kirleticinin özelliklerine ve salınımın gerçekleştiği koşullara bağlıdır. Bazı kazazedeler için acil dekontaminasyon hayat kurtaran ilk yardımın önemli bir parçası olabilir. Bir kazazedeyi dekontamine edip etmeme kararı, hastalığın veya yaralanmanın türüne ve ciddiyetine ve kirleticinin niteliğine bağlıdır. Dekontaminasyon temel tedaviyi engellemeyecekse mümkün olduğunca çabuk yapılmalıdır çünkü en önemli ve etkili kimyasal dekontaminasyon prosedürleri dakikalar içinde yapılanlardır. Dahası, dekontaminasyon kazazedenin aldığı dozu azaltır, bu nedenle hızlı dekontaminasyon maruziyetin kendisinden kaynaklanan zararı sınırlandırmak için gerekli olabilir (Guard, 2006).

Birincil Müdahale Olay Yeri Yönetimi [The Primary Response Incident Scene Management (PRISM)] serisi, bir kimyasal olay sırasında toplu hasta soyunma ve dekontaminasyon konusunda yetkili, kanıta dayalı rehberlik sağlamak için yazılmıştır. PRISM kılavuz belgelerinin temeli, Biyomedikal İleri Araştırma ve Geliştirme Otoritesi [Biomedical Advanced Research and Development Authority (BARDA)] tarafından desteklenen altı yıllık bir araştırma programından elde edilen bilimsel

kanıtlardan oluşmaktadır. Bunun amacı potansiyel olarak tehlikeli kimyasallara maruz kalan tüm hastaların gerekli önlemleri alması ile en erken ve en etkili tedavinin uygulanmasını sağlamaktır (BARDA, 2024).

- 1- Tahliye: Tehlikeli alanlardan rüzgâr yönünde derhal hareket
- 2- Soyunma: Kirlenmiş giysilerin güvenli bir şekilde çıkarılması (soyunmadan önce herhangi bir dekontaminasyon işlemi yapılmamalıdır; soyunmanın kendisi kirleticinin büyük kısmını ortadan kaldıracaktır)
- 3- Dekontaminasyon: Saç ve ciltteki (ve yaralardaki) kontaminasyonun üç formdan biri (veya hepsi) yoluyla giderilmesi:
 - Hem "kuru" emici (tercih edilen) hem de "ıslak" (kirletici kostik veya partikül olduğunda) mevcut herhangi bir yolla acil dekontaminasyon
 - Hastaların yüksek hacimli düşük basınçlı su sisi içinden geçirilmesi veya sisleme başlığı kullanılarak hortumlarla hastalara püskürtülmesi yoluyla kaba dekontaminasyon
 - Sahada veya bir hastanede uzman dekontaminasyon ünitelerinin kullanılmasını gerektiren teknik dekontaminasyon
- 4- Aktif kurutma: Kirletici maddelerin uzaklaştırılmasına yardımcı olmak için herhangi bir ıslak dekontaminasyon işleminden sonra cildin kurutulması (FEMA, 2023b).

5.8.2. Kitlesele dekontaminasyon

Hayat kurtarmak için dekontaminasyonun mümkün olan en kısa sürede yapılması gerekmektedir. Bu nedenle mümkün olan en kısa sürede dekontaminasyona başlamalıdır. Su bazlı dekontaminasyon için:

Su: Yıkama veya duş alma, kimyasal maddenin ciltten fiziksel olarak uzaklaştırılması için gerilim kuvveti ve seyreltme kullanır. Su tek başına mükemmel bir dekontaminasyon çözümüdür.

Sabun ve Su: Sabun eklenerek, kimyasal maddenin iyonik bozunması yoluyla sonuçlarda marjinal bir iyileşme elde edilebilir. Sabun, hardal veya kabarcık ajanı gibi yağlı maddelerin çözülmesine yardımcı olur. Sıvı sabunların kullanımı katı sabunlara göre daha hızlıdır ve mekanik fırçalama ihtiyacını azaltır; ancak, fırçalama sırasında potansiyel mağdurların cildi aşındırmaması gerekir.

Çamaşır suyu ve su: Ağartıcı (sodyum hipoklorit) ve su çözeltileri çoğu kimyasal maddeyi uzaklaştırır, hidrolize eder ve nötralize eder. Ancak bu yaklaşım, aşağıdaki nedenlerden dolayı hızın en önemli husus olduğu toplu dekontaminasyon durumunda önerilmez

- 1- Ciltle temas süresi fazladır. Laboratuvar çalışmaları, önemli bir reaksiyonun meydana gelmesi için kimyasal ajanların ve nispeten toksik olmayan, sulu dekontaminantların beklenen duş sürelerinden daha uzun süreler boyunca temas halinde olması gerekebileceğini göstermektedir.
- 2- Tıbbi olarak çamaşır suyu solüsyonlarının göz veya mukoza zarlarının yakınında veya karın, göğüs veya sinir yaraları olanlarda kullanılması önerilmez (Lake ve diğ., 2000).

5.8.3. Malzeme, Ekipman ve Araç Dekontaminasyonu

Malzemelerin dekontaminasyonu genel olarak iki işlemle, yani fiziksel uzaklaştırma ve kimyasal reaksiyonla gerçekleşir. Toksik bir kimyasalın yüzeyden fiziksel olarak uzaklaştırılması, buharlaştırmanın arttırılmasını (yüzeyin ısıtılmasını), fırçalamayı, silmeyi, su veya başka bir solvent ile durulamayı içerir. Alternatif olarak, toksik ürünü önemli ölçüde daha az toksik hale getiren bir kimyasal nötralizasyon reaksiyonu düşünülebilir. Nötrleştirme işleminden önce ve/veya sonra bir yüzeyden daha az veya toksik olmayan yan ürünleri uzaklaştırmak için fiziksel uzaklaştırma işlemleri seçilebilir. Nötrleştirmeden önce bir kimyasalın fiziksel olarak uzaklaştırılması, kimyasal reaksiyondaki stokiometrik yükün kaydırılması açısından faydalı olacaktır (Oudejans ve diğ., 2016).

Çevresel kontrol stratejilerinde olduğu gibi, ekipmanın dekontaminasyonu için mevcut stratejiler oldukça kimyasala özgü ve duruma bağlıdır. Etkili dekontaminasyon yöntemleri kimyasal türüne, kirlenme yoluna ve ekipman/yüzey türüne göre farklılık gösterir. Dekontaminasyon yaklaşımları;

- 1- Kirlenmiş yüzeylerdeki büyük ve artık kirlenmenin nispeten makul bir düzeye kadar fiziksel olarak uzaklaştırılması
- 2- Kirleticilerin kimyasal detoksifikasyon veya dezenfeksiyon/sterilizasyon yoluyla etkisizleştirilmesi

- 3- Hem fiziksel hem de kimyasal araçların birlikte kombinasyonu gibi maddeleri içerir (Guard, 2006).

Terör olayları acil durum araçlarının kirlenmesine neden olabilmektedir. Polis araçları, itfaiye araçları ve ambulanslar tam da onlara en çok ihtiyaç duyulan zamanda hizmet dışı bırakılabilir. Kirlenme sıvılardan veya katılardan kaynaklanabilir. Bununla birlikte, kontaminasyona neden olabilecek çeşitli madde türleri oldukça fazladır. Bu nedenle araçlardaki kirliliğin geometrisi ve dağılımı yararlı bir kavramdır. Dekontaminasyona klasik bir yaklaşım nötralizasyondur. Bu yaklaşım, bir araçtaki kimyasal veya biyolojik maddelerle reaksiyona girmek için genellikle suyla çözelti halindeki kimyasal maddeleri kullanır. Genel olarak, çeşitli nötralizasyon çözeltileri sıklıkla kullanımdan sonra, genellikle su ile durulanarak uzaklaştırılmayı gerektirir.

Diğer bir yaklaşım ise uzaklaştırmadır. Çıkarma yoluyla dekontaminasyon genellikle jenerik veya tescilli olabilen sabun veya deterjanlarla birlikte suyu içerir. Tanklar gibi büyük muharebe sistemlerinin tamamen arındırılması, araç başına yüzlerce galon su ve yoğun miktarda iş gücü gerektirebilir. Çıkarma yoluyla dekontaminasyona sabunlar, deterjanlar, yüzey aktif maddeler, kenetleme maddeleri ve benzeri diğer ürünler yardımcı olabilir. Uygulamada nötralizasyon ve uzaklaştırma teknikleri arasında önemli bir örtüşme vardır. Ilık sabunlu su aslında birçok türdeki tehdiye karşı hem uzaklaştırıcı hem de nötrleştirici bir maddedir. Birçok kimyasal savaş ajanı zamanla suyla reaksiyona girer. Ticari olarak temin edilebilen nötralizasyon kimyasallarının büyük bir kısmı, aslında, nötrleştirmenin yanı sıra uzaklaştırmaya da yardımcı olan deterjanlar ve yüzey aktif maddeler içeren karışımlardır (CBRN Decontamination of Vehicles, n.d.).

5.8.3.1. Uçak

Kirlenmiş uçak, inişten önce alternatif bir havaalanına yönlendirilmelidir. Uçak yüzeylerinden kirliliğin fiziksel olarak uzaklaştırılması, dekontaminasyonun en etkili yolu olmaya devam etmektedir (Army Techniques Publication, 2021).

Detaylı Uçak Dekontaminasyonu [Detailed Aircraft Decontamination (DAD)) temel olarak birincil durulama, dekontaminasyon sabununun uygulanması, uçağın fırçalanması, yukarıdan aşağıya ve önden arkaya ikinci bir durulama ve kimyasal madde dedektörü ile son kontrolden oluşan beş istasyonlu, beş aşamalı bir işlemdir.

Tam ölçekli bir DAD'de, uçak her istasyon arasında 50 metre hareket edecek ve süreç birkaç saat sürebilecektir. Eğer uçak tespit ekipmanı ile birlikte izleme aşamasını geçemezse başlangıca geri döndürülerek süreç yeniden başlatılacaktır (DVIDS, 2018).

Bir uçağın dekontaminasyonu uzun ve zor bir süreçtir. Radyolojik dekontaminasyon, kirletici maddenin nötralizasyonu veya sterilizasyonu ile gerçekleştirilebilecek kimyasal veya biyolojik dekontaminasyonun aksine, her zaman bertaraf edilmesi gereken kontamine su, KKD ve temizlik ekipmanı üretecektir. Dekontaminasyonun ıslak yapılması gerekmektedir. Fırçalama veya kuru silme, kirletici maddeleri yeniden askıya alabilir, kirlenmeyi yayabilir ve personeli inhalasyon dozu riskine maruz bırakabilir. Fukushima Daiichi müdahalesi sırasında, her bir uçağın dekontamine edilmesi için ortalama 536 personel-saat gerektirmiştir (Wilson, 2012). Herhangi bir dekontaminasyon için KKD ve temizlik ekipmanının yanı sıra büyük miktarda suya ihtiyaç duyulacaktır. Özellikle uçağın erişilemeyen alanlarına kontaminasyonun yayılmamasına dikkat edilmelidir. Kirlenmiş, kolayca değiştirilebilen parçalar (filtreler, lastikler vb.) çıkarılabilir ve temiz yedek parçalar takılabilir. Dekontaminasyon alanından ayrılan personel için bir dekontaminasyon hattının kurulması gerekecektir. KKD'nin yerel düzenlemelere uygun olarak arındırılması veya imha edilmesi gerekecektir. Yıkama suyunun toplanması ve bertaraf edilmesi gerekir ve bu suyu tutmak için yeterli tutma havuzlarının veya depolama keselerinin mevcut olması gerekir (Malchow, 2020).

5.8.3.2. Gemi

Gemideki kimyasal, biyolojik ve radyolojik ajan dekontaminasyonu iyi düşünülmüş bir plan ve organizasyon gerektirmektedir. Deterjanlarla dekontaminasyonda oksitleyicinin yokluğunda kirletici maddeler kimyasal olarak nötralize edilmez ve toksik kalır. Ajanla kirlenmiş suyun, kirliliğin gemide kalacağı şekilde akması ihtimali mevcuttur. Dekontaminasyon operasyonları, akıntıların çoğunun denize akmasının ve trafiğin yoğun olduğu alanlar ile hassas alanların yeniden kirlenmesini önleyecek şekilde planlanmalı ve yürütülmelidir. Kirlenmiş sıvının püskürtülmesini veya sıçramasını en aza indirmek için dikkatli olunmalıdır. Buharlama, dekontaminasyon solüsyonu kullanma, temizleme ve püskürtme gibi onaylı bir yöntem kullanarak standart dekontaminasyon prosedürleri kullanılmalıdır. Geminin dekontaminasyonuna

başlamadan önce bir öncelik listesi oluşturmalı ve hayati istasyonlara ve mürettebatın yaşam alanlarına odaklanmalıdır. Ajanın türüne ve konsantrasyonuna bağlı olarak son dekontaminasyon işlemi için endüstriyel tesisler gerekebilir. Dekontaminasyon tamamlandıktan ve gemi etkilenen bölgeden çıktıktan sonra en büyük enfeksiyon tehdidi maruz kalan kişilerle temastan kaynaklanacaktır. Enfekte olmuş kişiler belirlendikten sonra (birkaç gün sürebilecek bir süreç), mürettebatın geri kalanından izole edilmelidir (Lillie ve diğ., 2006).

5.8.4. Tıbbi/ Hastane Dekontaminasyonu

Olay yerindeki tehlikeli madde içeren olaylarda etkilenmiş veya etkilenmemiş insanlar, kendi olanaklarıyla olay yerinden uzaklaşıp hastanelerin acil servislerine başvurabilirler. Tıbbi dekontaminasyon, tıbbi tedavi tesislerinin girişinde gerçekleştirilen her türlü dekontaminasyon faaliyetlerini kapsar. Bu süreçte bazı kaynaklarda "hastane dekontaminasyonu" da denir. İdeal olan, tüm dekontaminasyon işlemlerinin olay yerinde yapılmasıdır; ancak gerçek olaylarda genellikle bu mümkün olmaz. Olaydan etkilenmiş gibi hisseden ancak gerçekte kontamine olmayan kişiler hastanelere başvurabilirken, etkileri gecikmeli olarak gözlemlenen ajanlarla gerçek anlamda kirlenmiş kişiler de kendi olanaklarıyla hastanelere ulaşabilirler (Ersoy, 2017).

Hastane Dekontaminasyon Bölgesi, tehlikeli maddelerin türü ve miktarının bilinmediği ve kontamine hastaların, ekipmanların veya atıkların bulunabileceği herhangi bir alandır. Bu bölge için:

- Toplumun tedaviye başvurabileceğini tahmin ettiği ayaktan ve ayaktan olmayan mağdur sayısına yardımcı olmaya yönelik planlar yapılmalı,
- Eğitimin, ekipman seçiminin, ekipman bakımının ve solunum korumasının tanımı
- Mağdurları dekontaminasyona uymaya teşvik eden barınaklar, ılık su, sabun, mahremiyet ve vücut örtüleri gibi prosedürler
- Çalışanların kontamine tıbbi atıklara ve atık suya maruz kalmasını sınırlamaya yönelik prosedürler belirlenmelidir (8-Hour Hospital-Based Decontamination Participant Guide, 2012).

5.8.5. Tesis Dekontaminasyonu

Bir tesisin kirlenmiş alanından çıkan tüm personel, giysiler, ekipman ve numuneler, üzerlerine yapışmış olabilecek zararlı kimyasalların veya bulaşıcı organizmaların uzaklaştırılması için dekontamine edilmelidir. Dekontaminasyon yöntemleri (1) kirletici maddeleri fiziksel olarak uzaklaştırır, (2) kirletici maddeleri kimyasal detoksifikasyon veya dezenfeksiyon/sterilizasyon yoluyla etkisiz hale getirir veya (3) kirletici maddeleri hem fiziksel hem de kimyasal yolların bir kombinasyonu ile giderir (OSHA, n.d.).

Tesisler için saha özelliklerine bağlı olarak çeşitli dekontaminasyon teknikleri kullanılabilir. Örneğin binalar binalar ilaçlanabilir, vakumlanabilir, çamaşır suyu çözeltisi püskürtülebilir, yıkanabilir, fırçalanabilir veya durulanabilir. Genel olarak ekipman peroksitle işlenecek, ultraviyole ışığa maruz bırakılacak veya otoklavlanacaktır (FEMA, 2023c).

6. DEKONTAMİNASYON YÖNTEM VE SİSTEMLERİ

KBRN dekontaminasyonuna genel bakışta dekontaminasyon süreci;

- Fiziksel süreç (basit inert sorbent, solvent yıkama, yüksek basınç sistemi)
- Kimyasal süreç (reaktif sorbent, katalitik sorbent)
- Termal süreç olarak 3 kategoride değerlendirilmektedir (Lillie ve diğ., 2006)

Dekontaminasyon ekipmanları ise;

- Ticari dekontaminantlar,
- Dağıtım sistemleri,
- Dekontaminasyon barınakları,
- Dekontaminasyon aksesuarları,
- Destek ekipmanları ve
- Mobil dekontaminasyon sistemleri olarak 6 başlıkta incelenmektedir.

Ticari dekontaminantlar köpükler, solüsyonlar, gazlı, susuz vb. olarak değerlendirilmiştir.

Dağıtım sistemleri, sıvı ve köpük dağıtım sistemleri ile reaktif gaz dağıtım sistemleri olarak 3'e ayrılmaktadır.

Dekontaminasyon barınakları, dekontaminasyon duşları ve duş donanımları; dekontaminasyon aksesuarları, dekontaminasyon kitleri, muhafaza sistemleri, destek ekipmanları; mobil dekontaminasyon sistemleri ise mobil dekontaminasyon ünitesi ve römorklar olarak detaylandırılmıştır.

Dekontaminasyon ekipmanları ise tipine ek olarak, acil durum ilk müdahale ekibinin olası kullanım şekline dayalı olarak üç işlevsel kapasiteye göre gruplandırılmaktadır. Bunlar personel dekontaminasyonu, ekipman dekontaminasyonu ve binalar, yollar, borular, vanalar ve tanklar gibi yapıları içerisine alan altyapı dekontaminasyonudur (Fatah ve diğ., 2007b).

Özellikle kimyasal harp maddelerinin dekontaminasyonu başta olmak üzere en temel dekontaminasyon metotları; Bozunma ve Yaşlandırma, Uzaklaştırma, Kuru Dekontaminasyon, Absorpsiyon ve Adsorpsiyon ve Nötralizasyondur. Nötralizasyon ile dekontaminasyonda genel olarak tehlikeli madde ile kontamine olmuş yüzeye bazı dekontaminasyon solüsyonları özellikle klor çözeltileri uygulanarak gerçekleştirilmektedir (Ersoy, 2017). Dekontaminantlar, çeşitli standart, standart dışı ve doğal dekontaminantlar olarak değerlendirilmektedir (Army Techniques Publication, 2021). Ayrıntılı bilgi aşağıda 5-1, 5-2, ve 5-3 numaralı tablolar ile verilmiştir.



Tablo 6-1: Standart Dekontaminantlar

Kalsiyum Hipoklorit Ca (ClO) ₂	
Etki Ettiği Harp Maddesi	Kimyasal: • G ajanları. • V ajanları. • Lewisit. • Hardallar. Biyolojik (bakteriyel sporlar dahil)
Kullanım	Hardal ve Lewisit ile hızlı bir reaksiyon için (5 dakika içinde) kullanılır • Biyolojik ajanlar için 15 dakikalık temas süresi tanıyın. • Kuru karışım veya bulamaç olarak kullanın. • Ciltte yüzde 0,05'lik, ekipmanda ise yüzde 5'lik solüsyon kullanılır
Sodyum Hipoklorit (NaOCl)	
Etki Ettiği Harp Maddesi	Kimyasal: • V ajanları. • G ajanları. • Kabarcık ajanları. • Biyolojik
Kullanım	• G ajanları için V veya H ajanlarına göre daha yavaş bir reaksiyon süresine sahiptir. • Kabarcık ve V-ajanlar ile hızlı reaksiyon (5 dakika içinde) için kullanılır. • Biyolojik ajanlar için 10 ila 15 dakikalık bir temas süresi gereklidir. • Süpürge, fırça veya çubukla seyreltmeden uygulanır. • Gemiler için tercih edilen dekontaminant olarak kullanın. • 5:1 konsantrasyonu önerilir.
Deterjan ve Sabun	
Etki Ettiği Harp Maddesi	Tüm ajanlar (yalnızca fiziksel olarak uzaklaştırma).
Kullanım	Kirlenmiş yüzeyi sıcak, sabunlu suyla fırçalanır veya silinir. Ögeyi çözeltiye batırılır.
Genel Amaçlı Dekontaminant (M333)	
Etki Ettiği Harp Maddesi	• Geleneksel (G, V ve H) ve geleneksel olmayan kimyasal ajanların yanı sıra biyolojik ajanları da nötralize eder.
Kullanım	• Taktik araçlar, mürettebat tarafından kullanılan ve bireysel silahlar gibi sertleştirilmiş askeri ekipmanlara yönelik kapsamlı dekontaminasyon maddesi. • Kirlenmiş yüzeye uygulayın ve yüzeyin M333 ile 30 dakika ıslak kalmasını sağlayın. • Sahaya uygun aplikatörler (paspaslar, odalar veya fırçalar) kullanılarak manuel olarak uygulanabilir veya M12A1 / M26 ile püskürtülebilir.

Army Techniques Publication. (2021). Chemical, Biological, Radiological, And Nuclear Platoons'dan uyarlanmıştır.

Tablo 6-2: Standart Olmayan Dekontaminantlar

2-Propanon (Aseton)	
Etki Ettiği Harp Maddesi	Kimyasal (yalnızca fiziksel uzaklaştırma)
Kullanım	• Maddeleri eritme ve temizlemede etkilidir. • Arktik bölgelerde kullanım için iyi bir dekontaminanttır. • Donma noktası -203 °F'dir (-130 °C); kaynama noktası 56 °C (133 °F)'dir hızla buharlaşır.
Asitler (Sülfürik Asit, Hidroklorik Asit ve Oksalik Asit)	
Etki Ettiği Harp Maddesi	Kimyasal (yalnızca fiziksel uzaklaştırma)
Kullanım	• Metal yüzeylerde radyoaktif madde tutan pas ve mineral birikintilerinde etkili solvent olarak kullanılır. • 1 saatlik temas süresi tanıyın. • Suyla yıkayın, su deterjanlı solüsyonla fırçalayın ve tekrar suyla yıkayın.
Amonyak veya Amonyum Hidroksit (Ev Amonyacı)	
Etki Ettiği Harp Maddesi	Kimyasal • G ajanları
Kullanım	• Ajanlar, sodyum hidroksit veya potasyum hidroksitten daha yavaş etki gösterir. • Amonyum hidroksit amonyanın sulu çözeltisidir.
Karbon Dioksit ve Etilen Oksit Karışımı (>yüzde 87 Etilen Oksit)	
Etki Ettiği Harp Maddesi	Biyolojik Ajanlar
Kullanım	• 12 saatlik bir temas süresi tanıyın
Kompleks Oluşturucu Maddeler (Versene, Sitrik Asit, Sequesteren, Sodyum Sitrat, Tartarik Asit, Sodyum Oksalat, Sodyum Tartrategoksalik Asit, Otofosforik Asit ve Benzeri Madde)	
Etki Ettiği Harp Maddesi	Radyolojik (yalnızca fiziksel çıkarma)
Kullanım	• 30 dakika temas süresi sağlanır ve ardından suyla yıkanır • Püskürtücü kullanarak yüzeye film olarak uygulanır.
Detroklorit	
Etki Ettiği Harp Maddesi	Biyolojik Ajanlar
Kullanım	• 30 dakika temas süresi tanıyın ve ardından suyla durulayın. • Güçle Çalışan Dekontaminasyon Ekipmanı [Power-Driven Decontaminating Equipment (PDDE)] ile uygulanır.
Diklorimin B ve Dikhoramin T	
Harp Maddesi	Kimyasal • Hardal
Kullanım	Yok
Dietil Eter	
Etki Ettiği Harp Maddesi	Kimyasal
Kullanım	• Arktik bölgelerde kullanım için iyi bir dekontaminanttır. • Donma noktası -241 °F'dir (-152 °C); kaynama noktası 34 °C (93 °F)

Army Techniques Publication. (2021). Chemical, Biological, Radiological, And Nuclear Platoons'dan uyarlanmıştır.

Tablo 6-3: Doğal Dekontaminantlar

Dekontaminant	Etki Ettiği Harp Maddesi	Kullanım
Su	Kimyasal, Biyolojik, Radyolojik (Yalnızca Fiziksel Uzaklaştırma)	• Yüzeylerdeki kirliliği temizlemek için kullanılabilir. Sıcak, sabunlu su ajanların uzaklaştırılmasında daha etkilidir. • 15 dakika kaynatma (yüksek rakımda 30 dakika) biyolojik ajanları yok eder
Deniz suyu	Yalnızca Fiziksel Uzaklaştırma	Yok
Buhar	Kimyasal, Biyolojik ve Radyolojik	Yok
Absorbanlar (toprak, talaş, kül)	Kimyasal, Biyolojik, Radyolojik (Yalnızca Fiziksel Uzaklaştırma)	• Yüzeylerdeki büyük kirliliği fiziksel olarak gidermek için kullanılabilir.
Sızdırmazlık malzemeleri (beton, asfalt, toprak, boya ve benzeri malzemeler)	Kimyasal, Biyolojik, Radyolojik (Yalnızca Fiziksel Kapama)	• Kirliliği fiziksel olarak kapatmak veya korumak için kullanılabilir. • Kimyasal: 4 inçlik toprak iyi bir koruma sağlar. • Biyolojik: Eşyaları gömmek, kirlenmeyi engellemenin etkili bir yoludur. • Radyolojik: 12 inçlik toprak, serpintiye karşı iyi bir koruma sağlar (3 inç, doz oranını yaklaşık yarı yarıya azaltır). • Radyolojik: 1 inç asfalt veya beton, alfa ve beta radyasyonunu tamamen emer. • Radyolojik: 1/4 inç harç alfa ve beta radyasyonundan korur. • Sızdırmazlık maddesinin yüzeyindeki bir kırılma kirlenmeyi ortaya çıkarır. Sızdırmazlık malzemeleriyle kaplı kirlenmiş alanlar uygun KBRN uyarı işaretleri ile işaretlenmelidir.
Hava Olayları / Zaman	Biyolojik, Kimyasal, Radyolojik	UV ışığı biyolojik ajanların çoğunu öldürür. Rüzgâr, yağmur ve buharlaşma noktalarının üzerindeki sıcaklıklar, kimyasal ajanların faz değişimlerini yayma, seyreltme ve hızlandırma eğilimindedir. Zaman radyolojik tehlikelerin azalmasına izin verir. Yağmur radyolojik partikülleri temizleyebilir ancak radyoaktiviteyi azaltmaz.
Yanma	Kimyasal ve Biyolojik Ajanlar	Yanma rüzgâr yönünde tehlikeler yaratır.

Army Techniques Publication. (2021). Chemical, Biological, Radiological, And Nuclear Platoons'dan uyarlanmıştır.

6.1. AB’de Kullanılan Dekontaminasyon Yöntem ve Sistemleri

6.1.1. Sıfır Değerlikli Demir Nanopartikülleri

CWA'ların bozunması için termal prosedürlerle nano ölçekli sıfır değerlikli demir (nZVI) partikülleri ve ferrat (VI) ve ferrat (III) karışımı içeren bir kompozit hazırlamıştır. GD ve VX'in Fe (VI) ile 10 dakika içinde tamamen bozunmasını sağlamışlardır. Ferrat (VI)/(III) kompoziti tarafından teşvik edilen oksidasyonun, CWA'ların giderilmesinde sıfır değerlikli demir ile indirgemededen daha etkili olduğu sonucuna varmışlardır (Zboril ve diğ., 2012).

6.1.2. HGSC 1400 Sıcak Gaz/Sıcak Buhar Dekontaminasyon Sistemi

Sıcak gaz dekontaminasyon işlemi, termal olarak dirençli giysi ve ekipmanlar gibi ısıya dayanıklı ekipman öğeleri üzerindeki kimyasal ve biyolojik kirleticileri ortadan kaldırmaktadır. 170 °C'ye varan sıcaklıklar ve termal enerji, buhar ve hava değişimi kombinasyonu ile bu dekontaminasyon işlemi, tamamen kimyasal dekontaminasyon maddeleri kullanılmadan gerçekleştirilir. Nükleer dekontaminasyon durumunda, yalnızca dekontamine olmuş giysi ve ekipmanların kurutulması için kullanılmaktadır. İşlem süresi yaklaşık 30 dakikadır.



Şekil 6.1: HGSC 1400 Dekontaminasyon Sistemi

(Kärcher Futuretech, 2024)

6.1.3. MPDS 2 Sıcak Su Basınçlı Dekontaminasyon Sistemi

Dizel motorlu MPDS 2 dekontaminasyon sistemi, malzemelerin ve araçların dekontaminasyonu için sınıfının çok amaçlı en küçük ve en verimli ünitesidir. Ön, ana ve son işlemlerin aynı anda gerçekleştirilmesine olanak sağlar. Yenilikçi, kolay kullanıcı arayüzü ile hızlı kullanıma olanak sağlayabilmektedir. Ekipman, personel ve altyapı dekontaminasyonu için kullanılır. İki bileşenli iki dozaj ünitesinin entegre edilmesiyle ünite, piyasada bulunan çok sayıda temizlik maddesiyle çalışabilir ve bu nedenle çok çeşitli farklı malzemeleri dekontamine edebilmektedir.



Şekil 6.2: MPDS 2 Basınçlı Sistem
(Kärcher Group, 2024.)

6.1.4. İnsan Tarafından Taşınabilir KBRN Dekontaminasyon Sistemleri- PSDS10 MIL, PRNDS12 MIL ve PSDS 1,5 MIL

PSDS 10 MIL dekontaminasyon sistemi, evrensel dekontaminant BX24 ile kullanılmaktadır ve araç dekontaminasyonu, personelin dekontaminasyonu, küçük ölçekli salım ve sanitasyon gibi çok çeşitli dekontaminasyon yapılabilir.

PRNDS 12 MIL, radyolojik partikül ve uçak gövdelerinin dekontaminasyonu için optimize edilmiş dekontaminant BX40'ın kullanımına için uygundur.

PSDS 1.5 MIL dekontaminasyon sistemi ayrıca tam korumalı personel, ekipman ve küçük ölçekli izole olaylarda evrensel dekontaminant olarak kabul edilen BX24'ün elde uygulanmasına olanak sağlamaktadır.



Şekil 6.3: PRNDS/12 MIL Dekontaminasyon Sistemi

(Cristanini, 2024a).

6.1.5. German C8

C8, Almanya'da Alfred Karcher tarafından çok amaçlı bir dekontaminant reaktif olarak formüle edilmiş bir mikroemülsiyondur. C8 emülsiyonu, ağırlık olarak, sürekli faz olarak görev yapan %15 tetrakloroetilen (C_2Cl_4), %76 su, %1 anyonik yüzey aktif madde ve %8 $Ca(OCl)_2$ 'den oluşur. C8, VX, G ajanları ve HD'nin dekontaminasyonunda etkilidir. C8, boyanın içine gömülmüş olabilecek kimyasal maddeleri çözmek ve bunlarla reaksiyona girmek için boyanın içine (boyaya zarar vermeden) nüfuz edebilmektedir. Püskürtüldüğünde, C8 yüzey üzerinde ince, sürekli bir film oluşturarak kimyasal maddelerin dekontaminasyonu/detoksifikasyonu için yeterli temas süresi sağlar (Khan ve diğ., 2013). Dekontaminasyondan sonra C8 su ile durulanabilir (Fatah ve diğ., 2007b).

6.1.6. NOSOCID PAA

Özellikle ısıya duyarlı aletlerin ve endoskopların soğuk sterilizasyonu için formüle edilmiş yüksek seviyeli bir dezenfektandır. Perasetik asit ve hidrojen peroksitin bileşenlerinde oluşmaktadır. Geniş bir antimikrobiyal aktivite, kısa temas süresi ve gelişmiş malzeme uyumluluğuna sahiptir. Her türlü endoskop (bronkoskop, gastroskop, duodenoskop, nazo-larino-faringoskop, laparoskop vb.), cerrahi aletler, anestezi ve ısıya duyarlı tıbbi cihazlar için tavsiye edilmektedir. NOSOCID PAA

proteinleri sabitlemez, biyofilmi ortadan kaldırır ve organik materyallerin varlığında da çok etkilidir.



Şekil 6.4: Perasetik Asit Bazlı Yüksek Seviyeli Dezenfektan
(Medalkan, n.d.)

6.1.7. RDS 2000

RDS 2000 radyoaktif dekontaminasyon maddesi, radyoaktif parçacıklarla kontamine olmuş yüzeyleri N dekontaminasyon maddesi ile temizlemek için kullanılan iki ayrı bileşenden oluşan konsantre bir dekontaminasyon maddesidir.

Madde yüzeye uygulanmadan önce iki bileşenin (RDS 2000 Bileşen 1 ve RDS 2000 Bileşen 2) karıştırılmasıyla konsantre dekontaminasyon maddesi üretilmektedir. Kullanıma hazır olan RDS 2000, köpük ünitesi (köpük nozulu vb.) yardımıyla sulu çözelti ve köpük haline getirildikten sonra dekontamine edilecek yüzeylere uygulanır. İlgili reaksiyon süresinden sonra, dekontaminasyon maddesi radyoaktif kirletici maddelerle birlikte yüksek basınçlı su jeti kullanılarak durulanır. Ekipman ve altyapı dekontaminasyonu için uygundur.



**Şekil 6.5: RDS 2000
Reaktif Dekontaminasyon
Maddesi**
(URL-1, n.d.)

6.1.8. GDS 2000

Endüstriyel olarak üretilmiş, kullanıma hazır, susuz dekon ajanı, bilinen tüm CA'lara ve savaş ajanı koyulaştırıcılarına karşı evrensel olarak uygundur. GDS 2000, orijinal ambalajında, açılmadan, belirtilen saklama koşullarına uygun olarak saklandığı takdirde 10 yıldan daha uzun süre saklanabilir. -30 °C ila +49 °C sıcaklık aralığında GDS 2000'in uygun cihazlarla uygulanması mümkündür. Ekipman ve altyapı dekontaminasyonu için uygundur.



**Şekil 6.6: GDS 2000 Dekontaminasyon
Solüsyonu**
(URL-2, n.d)

6.1.8.1. AMGDS 2000- 1000

AMGDS 2000, son derece etkili, susuz GDS 2000 dekontaminantı için yeni geliştirilmiş dağıtım sistemidir. Entegre çift pompa modülü, özellikle 2 çubuklu püskürtme modunda dekontaminasyonun tam otomatik olarak kolay uygulanmasını sağlamaktadır. AMGDS 1000, son derece etkili susuz GDS 2000 dekontaminantı için yeni geliştirilmiş bir dağıtım sistemi olan AMGDS 2000'in daha küçük versiyonudur. Elektrikle çalışan pompa modülü, dekontaminasyonun kolay ve rahat bir püskürtme modunda tam otomatik olarak kolay uygulanmasını sağlar. Altyapı ve ekipman dekontaminasyonu için uygundur.



Şekil 6.7: AMGDS 2000- AMGDS 1000 Dağıtım Sistemi

(Kärcher Group, 2024)

6.1.8.2. Dekon Püskürtücü DS 10 S

Kimyasallara dayanıklı malzemelerden yapılmış olduğundan solventlerin, asitlerin ve alkalın çözeltilerin uygulanmasında kullanılabilir. Sıvı dekontaminantların uygulanması için, özellikle yeni geliştirilen dekontaminasyon ürünü GDS 2000 için kullanılmaktadır. Personel ve ekipman dekontaminasyonu için kullanılır.



Şekil 6.8: DS 10 S Püskürtücü
(Kärcher Group, 2024)

6.1.9. DS 5 ve DS 10

Süspansiyonların ve sıvı temizlik maddelerinin, dezenfektanların ve dekontaminasyon maddelerinin püskürtülmesi için entegre karıştırıcı ünitesine sahip taşınabilir basınçlı püskürtme cihazlarıdır. Bu nedenle bu üniteler, koruyucu giysiler giyen personelin yanı sıra daha küçük yüzeyler ve nesnelerin dekontamine edilmesi için kullanılabilir. DS 10 ayrıca basınçlı hava bağlantısıyla da donatılabilir. Personel ve ekipman dekontaminasyonu için uygundur.



Şekil 6.9: HD 5/11 Kafes DJ / DS 5 ve DS 10 Püskürtücü Sistemler
(Kärcher Group, 2024.).

6.1.10. 3. Nesil DF 200

Orijinal Sandia National Labs DF 200 teknolojisini, DF 200'ün 3. nesil versiyonu olarak geliştirmiştir:

- Dekontaminant 3. nesil DF 200 kullanıma hazır, yüksek sıcaklığa dayanıklı ve yüksek köpüklüdür.
- Suyla (tatlı su, deniz) karıştırmak için toz formundadır.
- Çamaşır Deterjanı olarak; biber gazı ve göz yaşartıcı gaz kalıntılarını tek bir çamaşır yıkama işleminde nötralize eder (EPE, n.d.).

6.1.11. GD-6

Dekontaminasyon çözümü GD-6, kimyasal savaş ajanlarını dekontamine etmek için kullanılan, kullanıma hazır patentli bir dekontaminasyon çözümüdür. OWR firmasına ait düşük basınçlı uygulama teknolojisiyle kullanıldığında özellikle etkilidir ancak herhangi bir püskürtme ünitesi ve sisleme ünitesiyle birlikte kullanılabilir (OWR, 2024).

6.1.12. SANIJET C. 921

SANIJET C.921, -20 °C'den 50 °C'ye kadar zorlu hava koşullarında bile farklı türde yakıt ve dekontaminasyon ürünlerini (özel aksesuarlar kullanılarak hem sıvı hem de toz halinde) kullanabilen, tamamen otonom bir dekontaminasyon sistemidir. Sanijet C.921 sistemi, daha az titreşim, daha fazla stabilite, uzun ömür ve etkileyici bakım aralıkları sağlayan üç pistona sahiptir. Son derece sağlamdır ve kullanımı kolaydır. C.921, dekontaminasyon operasyonlarının tüm aşamalarını gerçekleştirebilir; başka hiçbir makineye gerek yoktur (Cristanini, 2024b).



Şekil 6.10: Sanijet C.921 Dekontaminasyon Sistemi

(Cristanini, 2024b).

6.1.13. SX 34 BX 40 BX 29 BX 24

Dedektörler ve uçak kokpitleri de dahil olmak üzere hassas ekipmanlara yönelik bir dekontaminant olan SX 34 gibi tamamlayıcı ürünler geliştirilmiştir. SX 34 kolay, kullanıma hazır bir uygulamaya sahiptir. Doğrudan hassas yüzeylere uygulandığında hemen büzüşerek kirleticiyi emer ve ardından katılaşarak vakum haznesine emilen beyaz bir toz oluşturur.

Uçakların ve helikopterlerin radyolojik olarak kirlenmiş dış yüzeylerinin dekontaminasyonu için BX 40 ayrıca personel dekontaminasyonu için BX 29 kullanılmaktadır.

BX 24 kimyasal, biyolojik ve radyolojik ajanları nötralize etmek için kullanılan Dekontaminasyon/Detoksifikasyon tozu. Sanijet C.921 ve Sanijetgun mızraklarında ve diğer sistemlerde kullanılmaktadır. Çalışma koşulları -20 to 50 °C arasındadır. CWA, BWA, Radyolojik Parçacıklar için etkindir (Cristanini, 2024c).

6.1.14. LDV X

Uçak içleri veya metro istasyonları gibi kritik altyapılara ve kapalı alanlara yönelik bir dekontaminasyon çözümüdür. LVD-X sistemi, kapalı ve kapalı alanların kimyasal ve biyolojik dekontaminasyonu ve detoksifikasyonu için mobil bir çözümdür. LVD-X sistemi, sivil ve askeri ortamlardaki çok çeşitli kapalı alanların havasını ve yüzeylerini kasıtlı, kazara veya ihmal gibi nedenlerden veya doğal nedenlerden arındırarak etkili bir müdahale sağlayarak ve geniş kirlenmiş alanların güvenliğini sağlayarak hareket etmektedir (Cristanini, 2024d).



Şekil 6.11: LDV-X Dekontaminasyon Sistemi
(Cristanini, 2024b).

6.1.15. MPD 100

Askeri görevler için geliştirilmiş çok amaçlı bir dekontaminasyon birimidir. Personelin, araçların, ekipmanların, arazinin ve altyapının dekontaminasyonu için gerekli tüm bileşenleri içermektedir. Dünya çapında birçok ülkede hem askeri hem de sivil versiyonda konuşlandırılmıştır. MPD 100 3 saatlik bir çalışma için gerekli tüm malzeme ve bileşenlere sahiptir. Yalnızca radyoaktif serpinti, kimyasal ve biyolojik savaş ajanlarına karşı çatışma bölgelerinde kullanıma uygun olmakla kalmaz, aynı zamanda sanayi tarafından tehlikeli bileşikler içeren olaylar, doğal afetler veya terör tehditleri için de kullanılabilir. Ayrıca hayvan hastalıklarıyla mücadelede veya acil durumlarda içme suyu dağıtılması gibi durumlarda da kullanılmaktadır.



Şekil 6.12: MPD 100 Dekontaminasyon Sistemi
(OWR, n.d.).

6.1.16. Çok Amaçlı Dekontaminasyon Sistemi – DEDAS

DEDAS, ticari olarak bilinen tüm dekontaminasyon çözümlerini karıştırmak üzere programlanabilen evrensel bir karıştırma ünitesidir. Patentli düşük basınç sistemi, emülsiyonların, köpüğün ve seyreltilmiş çözeltilerin dekontaminasyon amacıyla küçük veya büyük miktarlarda karıştırılmasını sağlamaktadır. 200l/dk'ya kadar kapasiteye sahiptir ve deniz suyu ile de kullanılabilir. DEDAS bağımsız bir ünite olarak kullanılabilir ancak ana kullanımı yeri OWR MPD 100 çok amaçlı dekontaminasyon sisteminin kalbi olarak kullanılmaktadır (OWR, 2024).



Şekil 6.13: DEDAS Çok Amaçlı Dekontaminasyon Sistemi
(OWR, 2024).

6.1.17. SURF-EX Dekontaminasyon Ünitesi

Patlayıcı maddelerin yüzeylerini temizlemek ve dekontamine etmek için endüstriyel vakumlama teknolojisini sprej ekstraksiyon sistemiyle birleştiren bir dekontaminasyon ünitesidir. SURF-Ex, kapsamlı filtreleme ve toz toplama sistemi sayesinde her türlü kuru tehlikeli tozu operatöre zarar vermeden süpürmek için kullanılabilir. Aynı zamanda sıvıları temizlemek için de kullanılabilir. Yüzeyleri tehlikeli kimyasallardan arındırmak ve temizlemek için bir sprej ekstraksiyon sistemine sahiptir. GD-6'nın sprej ekstraksiyon sistemiyle birlikte kullanılmasıyla hassas ekipmanların yüzeyleri risksiz bir şekilde dekontamine edilebilmektedir. Kapsamlı değiştirilebilir vakumlama ve püskürtme başlıklarının kullanılması, SURF-EX'in birden fazla dekontaminasyon görevi için kullanılabilmesini sağlar. SURF-EX,

Japonya'nın Fukushima kentinde araçları, ekipmanları ve dış yüzeyleri radyasyondan temizlemek için başarıyla kullanılmıştır.



Şekil 6.14: SURF-EX Dekontaminasyon ünitesi
(OWR, 2024).

6.1.18. Hızlı Tepkili Mobil Dekontaminasyon Sistemi- SMGD RACCOON

SMGD, hızlı yanıt veren mobil dekontaminasyon sistemi olarak tasarlanmıştır. Tamamen kendi jeneratörü, dizel ve dekontaminasyon solüsyon tankları ile kendi kendine yeten bu ünite, araçların, büyük ekipmanların, altyapının, yolların ve yüksek değerli ekipmanların dekontaminasyonu sırasında susuz dekontaminantların uygulanmasına yönelik kompakt bir dekontaminasyon ünitesidir. Sistem, düşük basınçlı bir püskürtme sistemine dayanmaktadır. Bir pikapla dekontaminasyon alanına nakledilmek üzere tasarlanan bu ürün, boşaltıldıktan sonra, hala çalışır durumdayken tek bir kişi tarafından kolayca taşınabilmektedir. Ünite 1 dakika içinde kullanıma hazır hale gelmektedir.



Şekil 6.15: SMGD RACCOON Hızlı Tepkili Mobil Sistem

(OWR, 2024).

6.1.19. FOGBOOSTER

Yeni nesil dekontaminasyon ve dezenfeksiyon sisleme cihazıdır. Herhangi bir elektrik veya benzinle çalışan motoru olmayan hafif bir soğuk sisleme makinesidir. Basınçlı havanın özel olarak tasarlanmış bir ağızlıkla bir araya getirilmesiyle, dekontaminasyon veya dezenfeksiyon sıvısı mikroskobik olarak atomize edilerek mikro ölçekte parçacıklar oluşturulur ve oldukça etkili bir kuru sis üretilebilmektedir.



Şekil 6.16: FOGBOOSTER Sisleme Cihazı

(FOGBOOSTER, n.d.).

6.1.20. Yaralı Decon AlaldecontMED

Yaralı Decon alaldecontMED, kimyasal savaş ajanlarından kaynaklanan kirlenme sonrasında cildin hızlı ve etkili detoksifikasyonu için kullanılır. 660 ml sıvı solüsyon içeren bir kit içerisinde ve el spreyi kullanılarak doğrudan cilde uygulanır.

AlldecontMED, kişisel NBC türünün bir parçası olarak, mobil tıbbi birimlerde veya dekontaminasyon istasyonlarında bir NBC ilk yardım kutusu olarak kullanılır. Güçlü dekontaminasyon özellikleri, ekstra güvenlik ve kontaminasyona karşı koruma sağlamak için giysileri çıkarılmadan önce kontaminasyondan arındırmak için de kullanılabilir.



Şekil 6.17: Yaralı Decon AlldecontMED İlk Yardım Kiti
(Casualty decon alldecontMED, n.d.)

6.1.21. COBRA İlk Müdahale Dekontaminasyon Kiti

OWR tarafından geliştirilen basınçlı sprey şişesi COBRA, COBRA FRDK'nın (İlk Müdahale Dekontaminasyon Kiti) en önemli parçasıdır. Paslanmaz çelikten imal edilen COBRA sprey şişesi bilinen tüm dekontaminasyon ve dezenfeksiyon maddelerine karşı dayanıklıdır. COBRA, püskürtme için basınç oluşturmak üzere bir el pompası kullanır, böylece basınçsız bir durumda taşınabilir. Cihaz dekontaminasyon ve dezenfeksiyon maddesi GD-6 ile doldurulduktan sonra, el pompası bir iç basınç oluşturmak için kullanılır. Püskürtme valfinin açılmasıyla GD-6 kirlenmiş alana püskürtülebilir. Çalışma ihtiyaçlarına bağlı olarak cihaz uzatma hortumu ile veya hortum olmadan kullanılabilir.



Şekil 6.18: COBRA İlk Müdahale Dekontaminasyon Kiti
(OWR, n.d.).

6.1.22. Polivalans dekontaminasyon karışımı OR-3

Polivalans dekontaminasyon karışımı OR-3, örneğin silahların ve araçların dekontaminasyonu için OS-3 dekontaminasyon kitinde doğrudan kullanıma yönelik geliştirilmiştir. Genellikle püskürtülerek uygulanır. Karışımın etkisiyle CWA toksik olmayan ürünlere ayrıştırılır. OR-3 monoetanolamin, sikloheksilamin ve potasyum etanolat içermektedir.



Şekil 6.19: OR-3 Dekontaminasyon Karışımı
(Oritest, 2024a).

6.1.23. ODS-5

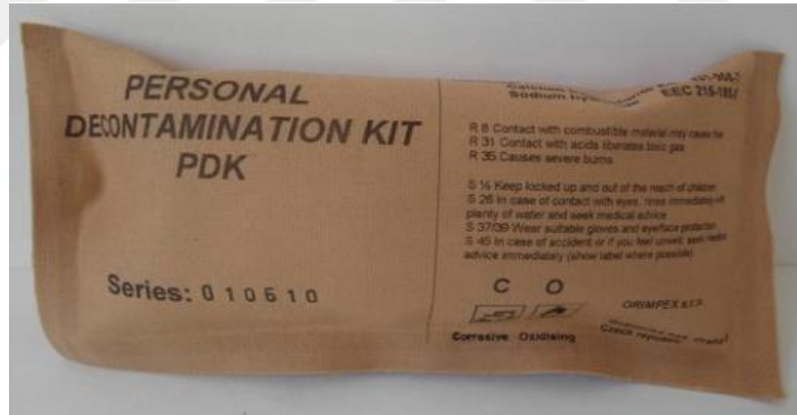
Dekontaminasyon ve deaktivasyon karışımı ODS-5, silahları ve silahlı savaş araçlarını ve sıvı emici olmayan yüzeyleri dekontamine etmek için tasarlanmış bir konsantredir. Genellikle püskürtülerek uygulanır. Manuel fırçalamaya da uygundur. ODS-5 agresif olmayan bileşenler içeren bir karışımdır.



Şekil 6.20: ODS-5 Dekontaminasyon Karışımı
(Oritest, 2024b).

6.1.24. Kişisel Dekontaminasyon Kiti PDK

PDK Kişisel Dekontaminasyon Kiti, kişisel silahların ve savaş tekniklerinin dekontaminasyonu ve dezenfeksiyonu için tasarlanmıştır. Oksidasyon-klorlama karışımına etki ederek kimyasallar toksik olmayan ürünlere ayrıştırılır. -25 °C – 50 °C uygun hava koşullarında çalışılabilmektedir. CWA kontaminasyonundan sonra kişisel ekipmanın dekontaminasyonu ve dezenfeksiyonu sağlamaktadır (Oritest, 2024c).



Şekil 6.21: Kişisel Dekontaminasyon Kiti PDK
(Oritest, 2024c).

6.1.25. Büyük Ölçekli İnsan Dekontaminasyonu

Hem ayakta hem de ayakta olmayan çok sayıda kişinin dekontamine edilmesi için uygundur. Dağıtım gereksinimlerine uyacak şekilde yapılandırılabilir. Örneğin, çok sayıda kontamine ayaktan olmayan kişinin tedavi için hızlı bir şekilde taşınması için iki duş hattı veya çok sayıda kontamine, ayaktan kişi için dört duş hattı bulundurabilmektedir.



Şekil 6.22: Büyük Ölçekli İnsan Dekontaminasyon Sistemleri
(Kärcher Group, 2024).

6.1.26. HD 5/11 Cage DJ

Mobil HD 5/11 Kafes DJ, yüzeyleri soğuk suyla temizleyen ve aynı zamanda tek veya iki bileşenli sulu dezenfektanlar veya temizlik maddeleriyle de çalışabilen son derece kompakt bir elektrikli basınçlı yıkama makinesidir. Saatte 500 litreye kadar soğuk su dağıtım kapasitesine sahiptir ve 110 bar'a kadar çalışma basıncı oluşturmaktadır.



Şekil 6.23: HD 5/11 Cage DJ Basınçlı Makine

(Kärcher Group, 2024).

6.1.27. VDM 265 Vakum Dekontaminasyon

Hassas ekipman, agresif sıvı dekontaminasyon maddeleri veya termal işlemlerle dekontamine edilememektedir. Üretilen VDM 265 vakum odası ile etkili ve nazik kimyasal ve biyolojik dekontaminasyon teknikleri kullanılarak hassas ve elektronik ekipmanlar dekontaminasyona tabi tutulabilmektedir. Bu teknoloji, sıcaklık ve vakum

döngülerinin optimum uyumuna dayanmaktadır. VDM 265, bağımsız bir ünite olarak bir ISO konteynerine veya treylere entegre edilebilir.



Şekil 6.24: VDM 265 Vakum Odası
(Kärcher Group, 2024).

6.1.28. Aerosol jeneratörü SN 50

Aerosol jeneratörleri, iç mekanların ve yüzeylerin dekontamine ve dezenfekte edilmesi için kullanılır. Dekontaminasyon maddesini ince aerosol damlacıklarına dönüştürerek asılı bir sis üretirler. Bu sis sayesinde iç mekandaki en küçük köşeler ve girintilerde dahil olmak üzere tüm yüzeyler dezenfekte edilebilmektedir.



Şekil 6.25: SN 50 Aerosol Jenaratörü
(Kärcher Group, 2024).

6.1.29. Sprey Ekstraksiyon Modülü SXM 30 C

Sprey ekstraksiyon modülleri iç ve dış mekanların dekontaminasyonu için kullanılabilir. Madde doğrudan kirlenmiş yüzeye uygulanır ve tekrar vakumlanır. Bu sayede kirlenici maddeler tek bir adımda ayrıştırılır, etkisiz hale getirilir. Dekontamine edilen yüzeyler kısa sürede kullanıma hazır hale gelmektedir.



Şekil 6.26: SXM 30 C Sprey Ekstraksiyon Modülü

(Kärcher Group, 2024).

6.1.30. Cage Sistemi

Cage sistemi farklı durumlara göre ayrı ayrı yapılandırılabilir. Otonom, kompakt ve tam uyumlu modüllerden oluşur. Kişilerin, hassas kişisel ekipmanların, iç mekanların, araçların ve yol bölümlerinin dekontaminasyonu için 10' veya 20'lik bir taşıyıcı platform üzerinde en fazla dokuz modül taşınabilmektedir.



Şekil 6.27: Cage Sistemi Taşıma Sistemi

(Kärcher Group, 2024).

6.1.31. Konteyner Tabanlı DSVP 10C Dekontaminasyon Sistemi

Çok çeşitli dekontaminasyon işleri için uygundur. Entegre bileşenler 10 ft'lik bir konteynerdedir ve yalnızca birkaç dakika içinde kurulup kullanıma hazır hale getirilebilmektedir. İki adet çekilebilir, yüksekliği ayarlanabilir raf bulunur. Çoğu ekipmana kolay ve ergonomik erişim sağlayabilmektedir.



Şekil 6.28: DSVP 10C Dekontaminasyon Sistemi

(Kärcher Group, 2024).

6.1.32. Decocontain 3000

30 dakikadan kısa sürede kullanıma hazır hale gelen mobil bir sistemdir. Eksiksiz bir dekontaminasyon merkezi için gereken tüm temel bileşenlere sahiptir. Bu bileşenler ideal olarak merkezi bir jeneratör tarafından elektrik sağlanan 20'lik bir konteynere entegre edilmiştir. Esnek ve mobil Decocontain 3000 hem taşıyıcı araçta hem de ayrı ayrı kullanılabilir.



Şekil 6.29: Decocontain 3000 Dekontaminasyon Sistemi
(Kärcher Group, 2024).

6.1.33. TEP 90

TEP 90, bu sınıfın en etkili dekontaminasyon sistemi olup, dünya çapında yüksek teknolojiye sahiptir. Konteyner tabanlı TEP 90 dekontaminasyon sistemi, modüler bir yapıya sahiptir ve bağımsız olarak kullanılabilen dört dekontaminasyon modülünden oluşmaktadır. Kirlenmiş askeri birliğin kapsamlı, göreve göre optimize edilmiş dekontaminasyon işleminin gerçekleştirilmesi için gerekli tüm bileşenleri içermektedir. TEP 90 aşağıdaki ana fonksiyonları sağlayabilmektedir:

- Kişilerin dekontaminasyonu
- Kişisel NBC koruyucu kıyafetlerinin ve kişisel ekipmanlarının dekontaminasyonu
- Hassas ekipmanların dekontaminasyonu
- Büyük araçların ve iç mekanların dekontaminasyonu
- Sarf malzemelerinin ve ambalaj kaplarının dekontaminasyonu
- Sınırlı yol bölümlerinin, tesislerin ve tesis altyapı dekontaminasyonu



Şekil 6.30: TEP 90 Dekontaminasyon Sistemi
(Kärcher Group, 2024).

6.1.34. İlk Müdahale Dekontaminasyon Kiti (BMK)

İlk müdahale ekibi dekontaminasyon kiti, ilk müdahale ekipleri tarafından KBRN ile kirlenmiş bir bölgede kendi kendine ve kişisel dekontaminasyon için kullanılabilir.



Şekil 6.31: BMK İlk Müdahale Dekontaminasyon Kiti
(Gamma, 2020)

6.1.35. Kişisel Dekontaminasyon Ekipmanları SZMF

Kişisel dekontaminasyon ekipmanı, KBRN ile kirlenmiş bir bölgede faaliyet gösteren veya oradan tahliye edilen kişilerin dekontaminasyonu için kullanılabilir.



Şekil 6.32: SZMF Kişiler Dekontaminasyon Ekipmanı
(Gamma, 2020)

6.1.36. Personel Dekontaminasyon Konteyneri SZMK

KBRN ile kirlenmiş bir bölgede faaliyet gösteren birliklerin ve personelin dekontaminasyonu sağlanır. Kapasitesi 240-300 kişi/saattir. Sistemin kabiliyeti, her birinde 2 adet personel dekontaminasyon hattı bulunan ve toplamda 3 adet duşun bulunduğu 2 adet (birbirinden sağlam bir duvar ile ayrılmış) dekontaminasyon bölümünden oluşmaktadır. 1. duş, ılık su ve personel dekontaminanttan oluşan bir karışım sağlar; 2. ve 3. duşlar durulama için temiz ılık su sağlamaktadır.



Şekil 6.33: SZMK Personel Dekontaminasyon Konteyner Sistemi
(Gamma, 2020)

6.1.37. Tabur düzeyinde dekontaminasyon sistemi ZMB

Sistemin işlevi, KBRN ile kirlenmiş bir bölgede görev yapan tabur düzeyindeki bir alt birimin dekontamine edilmesidir. Temel modüller, araçların dekontaminasyonunun üç aşamalı bir dekontaminasyon prosedürüyle gerçekleştirilmesine olanak tanımaktadır. Ek ekipmanlar, personel dekontaminasyonuna yönelik üniteleri ve tüm sistemi destekleyen üniteleri bulundurur. Nükleer parçacıklar, kimyasal savaş ajanları veya biyolojik savaş ajanları ile kirlenmiş bir bölgede faaliyet gösteren tabur düzeyindeki alt birimlerin teknik dekontaminasyonu ve ayrıca personelinin kısmi kişisel dekontaminasyonu için kullanılmaktadır.



Şekil 6.34: ZMB Tabur Dekontaminasyon Sistemi

(Gamma, 2020)

6.1.38. Yaralı Dekontaminasyon Ekipmanı SMR

Hasta dekontaminasyon ekipmanı, KBRN ile kontamine olmuş bir bölgeden tahliye edilen yaralı kişilerin dekontaminasyonu için kullanılabilir. Yani bir yandan bireysel korunmayı sağlarken diğer yandan kirliliğin tıbbi bakım sistemine yayılmasını önlemektedir.



Şekil 6.35: SMR / SMR-U Yaralı DEkontaminasyon Ekipmanı
(Gamma, 2020)

6.1.39. Mediclean 2000 SE

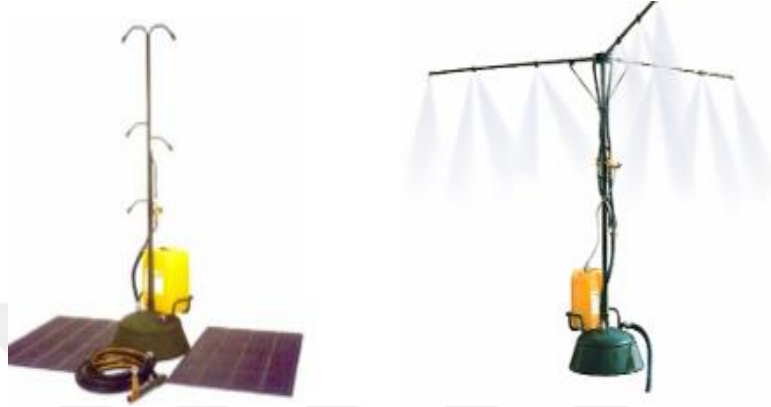
Cihaz doğrudan uygulama ve ekstraksiyon yöntemi prensibiyle çalışır. Doğrudan sahada güvenli dekontaminasyon sağlamaktadır. Dekontaminasyon solüsyonu hemen emilerek ve ayrı bir tankta toplanmaktadır. Buda kirletici maddelerin yayılma riskini en aza indirir. Gövde nozulu doğrudan uygulama ve ekstraksiyon yöntemine uyarlanmıştır ve çözeltinin damlamasını önler. Personel dekontaminasyonu için uygundur.



Şekil 6.36: 2000 SE Dekontaminasyon Sistemi
(Fatah ve diğ., 2007b)

6.1.40. Alan Duş ve Showerjet 15

Kişilerin dekontaminasyonunda kullanılan hızlı ve etkili duş sistemidir. Showerjet 15 Duş sistemi, temizlik maddeleri kullanılarak veya kullanılmadan maksimum 15 kişinin aynı anda duş almasına olanak sağlamaktadır. Kişisel dekontaminasyon amaçlı veya hijyen duş olarak kullanılabilir.



Şekil 6.37: Alan Duş Sistemi ve Showerjet 15 Duş Sistemi

(Fatah ve diğ., 2007b)

6.1.41. COUNTERFOG

Bu sistem havanın ve yüzeylerin büyük ölçekli dekontaminasyonu için geliştirilmiş yenilikçi bir teknolojidir (Del Álamo ve diğ., 2022).

İspanya, İngiltere, İsveç, Almanya, Çek Cumhuriyeti ve Bulgaristan'dan 10 kurumdan oluşan multidisipliner bir ekip, Counterfog adı verilen bu ajanlara hızla karşı koymak için sıfırdan teknoloji hazırlık seviyesi tanımı olarak TRL6 ile ifade edilen sistem prototipinin operasyonel ortamda gösterilmesi seviyesinde yeni, özünde çevre dostu ve elektrikle uyumlu bir teknoloji geliştirmiştir.

Counterfog, her türlü dağılmış ajanı (duman, sis, sporlar vb.), sonunda her türlü nötrleştirici bileşeni içerebilecek bir çözeltiden yapılmış bir sis kullanarak çöktürmeye yönelik yeni, hızlı bir tepki sistemidir. Tren istasyonları, havaalanları veya stadyumlar gibi büyük kamu binalarında kalıcı bir kurulum ile tasarlanmıştır. Bunun yanında dış mekanlarda kullanılmak üzere taşınabilir bir Counterfog da tasarlanmaya devam edilmektedir.

Counterfog ayrıca basit ve ekonomiktir. Temel olarak havayı arındırmak için özel olarak optimize edilmiş mikron boyutunda bir su sisi jeti kullanarak sporlar veya

radioaktif parçacıklar da dahil olmak üzere havadaki her türlü zararlı parçacığı ortadan kaldırmaktadır. Laboratuvardaki testler, 1 dakikalık sis önleyici uygulamasının 10 mikron altı parçacıkları iki kat azalttığını kanıtlamıştır (UE, 2018).

Sistem öncelikle bir terör saldırısı veya kazara salınma durumunda KBRN ajanlarını havadan uzaklaştırmak için geliştirilmiştir. Bununla birlikte, çok kirli şehirlerde solunum yolu hastalıklarından sorumlu kirletici partiküllerin ortadan kaldırılması için de uygulanabilir. Çapı 10 µm'den küçük olan havadaki ajanlar, solunum sistemimize nüfuz edebildiği ve hatta kan dolaşımımıza ulaşabildiği için özellikle tehlikelidir. Hayat kurtarmak için bu kirleticileri havadan uzaklaştırma ihtiyacı, kirleticilerin kaynağına bakılmaksızın hem iç hem de dış mekanlarda insanların ve canlıların güvenliğini garanti etmeyi amaçlanmıştır (Pérez-Díaz ve diğ., 2018).



Şekil 6.38: Counterfog Hava Dekontaminasyon Sistemi

(Universidad de Alcala, 2018)

6.1.41.1. Counterfog® Personel Sis Duşu

Personel sis duşu personelin cilt ve küçük kıvrımları ve cilt açıklıkları yanı sıra koruyucu giysilerin dezenfeksiyon kapasitesini en üst düzeye çıkararak geleneksel duşların nüfuz edemediği küçük boşluklara ulaşabilmektedir (Counterfog, n.d.).



Şekil 6.39: Personel Sis Duşu
(Counterfog, n.d.)

6.1.41.2. Otomatik Entegre Dezenfeksiyon Sistemi AID

Otomatik Entegre Dezenfeksiyon Sistemi AID teknolojisi, nozul sistemimiz sayesinde her odaya uyum sağlayabilmektedir. Minimum dezenfektan kullanımıyla her boyuttaki partikülleri yakalayabilir. Hidrojen peroksit veya sodyum hipoklorit solüsyonları gibi her türlü sıvı dezenfektan ile çalışabilmektedir (Counterfog, n.d.).



Şekil 6.40: AID 6.1.41.2. Otomatik Entegre Dezenfeksiyon Sistemi
(Counterfog, n.d.)

6.1.41.3. Counterfog® SDR

Geniş alanların hızla dezenfekte edilmesi için herhangi bir alandaki toz ve dumanı ortadan kaldırmaktadır. Ulaşım, okullar, hastaneler, oteller, endüstriyel ve kimya tesisleri, dış mekanların dezenfeksiyonu için idealdir (Counterfog, n.d.).



**Şekil 6.41: SDR
Dekontaminasyon Sistemi**
(Counterfog, n.d.).

6.1.41.4. Counterfog® Cleair

Counterfog® teknolojisinin daha küçük alanlarda uygulanması için geliştirilmiştir. Kliniklerin, ofislerin, konaklama yerlerinin, ev içi kullanımın, araçların, yüzey temizliğinin dezenfeksiyonu için idealdir (Counterfog, n.d.).



Şekil 6.42: Clear Dekontaminasyon Sistemi
(Counterfog, n.d.).

6.1.41.5. Counterfog® BIAFTS

2 dakikadan kısa sürede hava numunesi alma ve kontrol sistemidir. Ayrıca havayı arındırmaktadır (Counterfog, n.d.).



**Şekil 6.43: BIAFTS
Dekontaminasyon Sistemi**
(Counterfog, n.d.).

6.2. ABD’de Kullanılan Dekontaminasyon Yöntem ve Sistemleri

6.2.1. Radyasyon İle Dekontaminasyon

İyonlaştırıcı radyasyon, x ışınlarını, gama ışınlarını, yüksek yoğunluklu ultraviyole ışınlarını ve elektron ışınlarını içerebilir (Houston ve Hendrickson, 2005).

İyonlaştırıcı radyasyon mikroorganizmaları yok edecektir ancak laboratuvar kullanımı için pratik bir araç değildir. İyonize olmayan radyasyon ise ultraviyole (UV) radyasyonun UV-C bandı, hava, su ve yüzeylerdeki çoğu mikroorganizmayı etkili bir şekilde yok eden dalga boylarını (250-270 nm, 265 optimum) içerir. Organizmalar doğrudan UV ışığına maruz bırakılmalıdır; kir, toz ve gölgeler organizmaları koruyarak UV lambasının etkinliğini sınırlayabilir (Biosafety: Decontamination Methods for Laboratory Use, 2022).

6.2.2. CWA'ların Dekontaminasyonu için Aktifleştirilmiş Buhar İşlemi

Aktifleştirilmiş hidrojen peroksit buharları, seçici oksidasyon ve seçici perhidroliz sergileyen VX gibi kabartıcı ajanlara ve sinir ajanlarına karşı etkilidir. Buhar akışına amonyağın eklenmesiyle GD'nin hidroliz bazlı deaktivasyonu da gerçekleştirilir. Hidrojen peroksit ile amonyak gazı arasındaki oran 1:1 ve 1:0,000154 arasında tutulmalıdır (Khan ve diğ., 2013).

6.2.2.1. Buharlaştırılmış Hidrojen Peroksit [Vaporized Hydrogen Peroxide (VHP®)]

10 yılı aşkın bir süredir VHP®, çok çeşitli mikroorganizmalara karşı kanıtlanmış etkinliği ile ilaç endüstrisinde standart bir biyodekontaminasyon teknolojisi olmuştur ve VHP®, şarbonla kirlenmiş bir devlet binasını dekontamine etmek için başarıyla kullanılmıştır. VHP jeneratörleri ticari olarak mevcuttur ve ilaç endüstrisinde temiz odaları sterilize etmek için kullanılmaktadır. Çalışmalar uçakların ve diğer savaş araçlarının iç kısımlarının yanı sıra diğer askeri donanımların dekontaminasyonunda kullanıma yönelik VHP teknolojisini genişletmek için devam etmektedir. (Integrated Chemical and Biological Defense Research, Development and Acquisition Plan, 2003). Shaffstall ve Diğ., (2006)' nin yaptığı çalışmaya göre VHP teknolojisi bir uçak dekontaminantı olarak umut vaat etmektedir. Yöntemin kullanımına uygun olacak şekilde VHP® M1000 Biyodekontaminasyon Sistemi ve VHP® M100 Biyodekontaminasyon Sistemi [VHP® M1000 Biodecontamination System and VHP® M100 Biodecontamination System] geliştirilmiştir.



Şekil 6.44: VHP® M1000 Biyodekontaminasyon Sistemi ve VHP® M100 Biyodekontaminasyon Sistemi

6.2.3. Detoksifiye edici ajanlar olarak β -siklodekstrin türevleri

Kalakuntla ve diğ., (2013) süstitüe siklodekstrinlerin potansiyel detoksifikasyon ajanları olarak uygulanma olasılığını değerlendirmek için yeni siklodekstrin bazı temizleyiciler sentezlemiştir. Bu maddelerin sinir ajanlarını (siklosarin, soman, tabun ve VX) detoksifiye etme kabiliyeti yarı kantitatif bir biyolojik deneyle değerlendirilmiştir. Modifiye edilmiş tüm siklodekstrinler, kimyasal savaş G ajanlarının asetilkolinesteraz aktivitesi üzerindeki inhibitör etkisini önemli ölçüde azaltmıştır.

6.2.4. Detoksifiye Edici Süngerler

Organofosfor veya organosülfür bileşikleri gibi tehlikeli kimyasalların detoksifikasyonu için çok sayıda enzimin (organofosfat hidrolaz ve asetilkolinesteraz veya bütirilkolinesteraz) çapraz bağlı kompleksini içeren poliüretan gibi bir polimerden yapılmış yeniden kullanılabilir bir sünger geliştirilmiştir. Süngerler yüksek aktivite ve stabilite sergiler ve çok çeşitli dekontaminasyon görevleri için uygundur. OP'ler uzaklaştırıldıktan sonra enzim-sünger pedinde oksim reaktif edici enzim ile detoksifiye edilmektedir ve böylece ikincil kontaminasyon önlenmektedir (Gordon ve Doctor, 2003).

6.2.5. Biyolojik ve kimyasal silah giderme maddelerini nötralize etmek için temizleme bileşimi

Kimyasal veya biyolojik silah saldırısı sonrasında temizliğin ardından bir nesneden lekelerin çıkarılması ve kalıntıların giderilmesi için kullanılabilecek Kimyasal Silah Temizleme Ajanlarının nötralizasyonu için bileşim geliştirilmiştir. Bileşim, hacmen %35-45 etanol, hacmen %1,5-2,5 izopropil alkol, hacmen %0,05-0,5 etilen glikol n-heksileter, hacmen %3-4'er miristiltrimetilamonyum ve benzetonyum klorür, hacmen %0,2 etilendiamin tetraasetik asidin tetrasodyum tuzu ve %0,1-0,50 polivinil alkolden oluşmaktadır (Jenevein, 2006).

6.2.6. Aktifleştirilmiş Alüminyum Oksit Bazlı Dekontaminant

Kirlenmiş yüzeylere aktifleştirilmiş alüminyum oksit püskürtülerek kirlilik emilmekte ve daha sonra dekontamine edilmektedir. Aktifleştirilmiş alüminyum oksidin HD, GD ve VX simülantları için reaktivitesini doğrulamakta ve HD, GD ve VX'in benzer bir şekilde hidrolize etmektedir (Bartram ve Wagner, 1997).

6.2.7. Mikroemülsiyon Bazlı Sistem

Mikroemülsiyon içinde çözünmüş katı bir peroksikarboksilik asit kaynağına ve katı peroksikarboksilik asit ile kombinasyon halinde bir çimlendiriciye sahip bir mikroemülsiyon bileşimidir. Dekontaminasyon çözeltisi, kimyasal ve biyolojik savaş ajanlarının etkisiz hale getirilmesinde önemlidir. Mikroemülsiyon tercihen ağırlıkça %5 ila ağırlıkça %60 su, ağırlıkça %5 ila %60 hidrokarbon bileşiği ve ağırlıkça %5 ila ağırlıkça %60 yüzey aktif madde içermektedir (Brown ve diğ., 2006).

6.2.8. Plazma Bazlı Dekontaminasyon

Kimyasal ve biyolojik savaş ajanlarının dekontaminasyonunu incelemek üzere bir plazma dekon odası geliştirilmiştir. Kimyasal reaktivite, kapasitif olarak eşleşmiş bir plazmada üretilen atomik oksijen ve atomik hidrojen gibi reaktif radikallerin aşağı akışıyla sağlanır. Ek olarak dekon odası, vakum, ısı ve zorlu konveksiyon yoluyla kimyasal ajanların kirlenmiş yüzeylerden buharlaşmasını hızlandıran bir ortam sağlar. Buharlaştıktan sonra ajanlar ve ajan yan ürünleri doğrudan plazma yoluyla yeniden sirküle edilir ve burada daha fazla kimyasal bozulmaya uğramaktadırlar (Hammerstrom ve diğ., 2010).

6.2.8.1. Atmosfer Plazma Dekontaminasyon Sistemi

OAUGDP, atmosfer basıncında ve yaklaşık oda sıcaklığında havada (ve diğer gazlarda) çalışan klasik düşük basınçlı doğru yönlü [Direct Current (DC)] normal parlama deşarjının zamana bağlı özelliklerine sahip olmayan bir termal RF plazmadır. Düşük basınçlı doğru yönlü plazma deşarjı bir gazın içinde elektrik akımının uygulandığı ve bu akımın gazın atomlarını iyonlaştırarak bir ışık yayan deşarj türüdür. Bu tür deşarj, normal parlaklıktaki bir akım deşarjından farklı olarak düşük basınç ve genellikle daha yüksek voltaj kullanmaktadır (Gadri ve diğ., 2000).

Bu sistem OAUGDP® teknolojisine dayanan, atmosfer basıncında ve yaklaşık oda sıcaklığında havada ve diğer gazlarda çalışan klasik düşük basınçlı DC normal parlama deşarjının zamana bağlı özelliklerine sahip olmayan bir termal RF (Radyo Frekans) plazmadır. Ekipman dekontaminasyonu için uygundur.



Şekil 6.45: Atmosfer Plazma Dekontaminasyon Sistemi
(Fatah ve diğ., 2007b)

6.2.8.2. F-MAP BIT İyonizasyon Ünitesi

İyonize hidrojen peroksit kullanarak barınağın içini, odaları, aletleri ve ekipmanı ve diğer yüzeyleri dezenfekte etmek için soğuk plazma iyonizasyonlu taşınabilir hava temizleme sistemidir. Kimyasal ajanları nötralize etmektedir. Ekipman ve altyapı dekontaminasyonu için uygundur.



Şekil 6.46: F-MAP BIT İyonizasyon Ünitesi
(Fatah ve diğ., 2007b)

6.2.8.3. BIT (İkili İyonizasyon Teknolojisi), BIT™ Püskürtme Tabancası Dekontaminasyon Sistemi

BIT™ (İkili İyonizasyon Teknolojisi) sistemi, hidroksit serbest radikalının iyonize formunu oluşturmak için bir plazma aktivasyon sistemi kullanır. Saniyeler içinde *Basillus anthracis* gibi biyolojik tehditleri 7 log'luk bir oran ile (biyolojik ajanların veya mikroorganizmaların sayısının logaritmik ölçekte 7 kat azalması anlamına gelir. 10 milyon (10^7) mikroorganizmanın sadece bir tanesinin kalması gibi) öldürebilen son derece reaktif bir kimyasal türdür. Sistem, aktive edildikten sonra 30 saniye içinde su ve oksijene dönüşen basit bir hidrojen peroksit çözeltisi kullanmaktadır. Cihaz, hücre ve spor duvarını kırmada çok etkili olan ve çok hızlı bir şekilde yüksek öldürme oranlarına ulaşan hidroksil radikalleri üreten seyreltik hidrojen peroksit akışını iyonize etmek için bir plazma kullanır. Çözelti, kalıntı olarak yalnızca su ve gaz halindeki oksijeni bırakacak şekilde yeniden birleştiğinden temizlik gereksinimini minimize edilir. Ekipman, altyapı ve personel dekontaminasyonu için uygundur.



Şekil 6.47: BIT Püskürtme Tabancalı Sistem
(Fatah ve diğ., 2007b)

6.2.8.4. Mobil Püskürtme Sistemi

CB dekontaminasyonu için hızla yerleştirilip çalıştırılabilen mobil dekon sprej sistemidir. Plazmalar sıvıların bir alt kategorisi olarak düşünülebilir. Bu sistemler uygulamalı teknolojiler olarak personel, ekipman ve altyapının dekontaminasyonu için hidroksit serbest radikalının iyonize formunu dağıtmak için kullanılmaktadır.



Şekil 6.48: Mobil Sprey Sistemi

(Fatah ve diğ., 2007b)

6.2.9. Ozon İçeren Sıvı Sistemi

Ozon içeren bir çözelti kullanarak biyolojik ve kimyasal savaş ajanlarını nötralize etmeye yönelik bir yöntemdir. Bu yöntem ozon içeren gazın, organik bir çözücü olarak bir ozon taşıyıcı ile birleştirilmesiyle üretilir. Ozon içeren çözeltiyi depolamak ve biyolojik ve kimyasal savaş ajanları tarafından kirlenmiş bir ortama veya biyolojik ya da kimyasal saldırı potansiyeli olan bir sahanın yakınına taşınmasını kolaylaştırmak için bir depolama konteyneri kullanılmaktadır (Centanni ve diğ., 2007).

6.2.10. Diligen II (DII)

DII, yüksek derecede oksidatif gaz türlerinin çıktısını üretmek için 254 nm dalga boylarında çalışan ultraviyole (UV) lambalardan sağlanan enerjiyle şarj edilen ozon ve nemi kullanan bir sistemdir. Bu gaz karışımı gelişmiş bir oksidatif sistem görevi görmektedir. Yapılan testlerde, tek başına sıradan ozona göre %30 ila 50 oranında daha yüksek oranda mikroorganizmaları etkisizleştirme özelliği göstermiştir. Bu sistemde az sayıda hareketli parça bulunmaktadır (SBCCOM, 2001).

6.2.11. Aktifleştirilmiş Hipoklorit Çözeltisi (ASH)

Aktifleştirilmiş Hipoklorit Çözeltisi (ASH), Donanma Biyoloji Laboratuvarı tarafından geliştirilmiştir ve seyreltik bir sodyum veya kalsiyum hipoklorit çözeltisi içermektedir. Genel formül ağırlıkça yüzde 0,5 kalsiyum hipoklorit, 0,5 sodyum dihidrojen fosfat, 0,05 Triton X-100 ve 98,95 sudur. Sıvı formda mevcuttur ve bahçe püskürtücüsü kullanılarak uygulanmaktadır (SBCCOM, 2001).

6.2.12. M291

Temel dekontaminasyon yöntemlerinden fiziksel yöntem olarak kullanılan M291, bazı NATO ülkelerinde deri yoluyla alınabilecek kimyasal madde miktarını azaltmak amacıyla adsorban dekontaminantlar olarak kullanılmaktadır. Bireysel asker tarafından mevcut saha dekontaminasyon yöntemi, karbon içeren bir adsorban, polimerik polistiren ve iyon değişim reçinelerinin kullanılmasını içerir. Elde edilen siyah toz hem reaktiftir hem de adsorban özellik taşımaktadır. Kit, altı adet bireysel dekontaminasyon paketi içeren cüzdan gibi taşınabilir bir torbadan oluşmaktadır (Hurst, 1997).



Şekil 6.49: M 291 Dekontaminant
(URL-4, n.d.)

6.2.13. Süper Tropikal Ağartıcı [Super Tropical Bleach (STB)]

1950'lerde, süper tropikal çamaşır suyu (%93 kalsiyum hipoklorit ve %7 sodyum hidroksit karışımı), uzun süreli depolamada daha stabil olduğu ve ağartma tozundan daha kolay yayıldığı için dekontaminant olarak kullanılmak üzere standartlaştırılmıştır. Çamaşır suyu, sülfürün sülfoksit ve sülfona oksidasyonu ve $O_2S(CHCH_2)_2$ gibi toksik olmayan bileşikler oluşturmak için dehidroklorinasyon yoluyla hardal gazı ile reaksiyona girmektedir (Khan ve diğ., 2013).

6.2.14. DS2

DS2 solüsyonu, sıvı, kabarcık veya sinir ajanları ve biyolojik ajanlarla (bakteriyel sporlar hariç) kirlenmiş ekipmanın dekontamine edilmesi için kullanılır. Berrak, amber renkli bir solüsyondur ve portatif dekontaminasyon aparatlarında kullanılmaktadır.

DS2, GB ve HD ile reaksiyona girerek tehlikelerini 5 dakika içinde etkili bir şekilde azaltır. 30 dakikalık temas süresi içinde DS2, bilinen tüm toksik kimyasal ajanları nötralize edebilmektedir (Kumar ve diğ., 2010).

6.2.15. Decon Green

Decon Green; şarbon, VX, GD ve HD'ye karşı geniş spektrumlu bir dekontaminanttır. DS2'nin yerine geçmek üzere tasarlanmış, kimyasal ve biyolojik savaş maddelerinin geniş spektrumlu dekontaminasyonunu sağlayan hidrojen peroksit bazlı bir dekontaminanttır. Tamamen kozmetiklerde, deterjanlarda, çamaşır yıkama güçlendiricilerinde ve vitaminlerde yaygın olarak bulunan bileşenlerden oluşan Decon Green çevre dostudur ve hiçbir toksik kalıntı bırakmamaktadır (Wagner ve diğ., 2004).

6.2.16. Tropikal Cilt Koruyucular [Topical skin protectants (TSP)]

TSP'ler, bilinen tüm CWA'lara veya diğer temas tahriş edici maddelere karşı bir antipenetrant bariyer oluşturmak için cilde ince bir tabaka halinde uygulanabilen ve normal cilt fonksiyonlarına aşırı derecede müdahale etmeyecek inert bir malzemedir. Tercih edilen bir TSP, karşılaşılabilecekleri tüm formlardaki (sıvı, aerosol haline getirilmiş sıvı ve buhar) CWA'lara ve diğer toksik veya tahriş edici malzemelere karşı koruma sağlamaktadır (McCreery, 1997).

6.2.16.1. DERMO-STYX

TSP İsrail, Avrupa ve ABD'de kayıtlıdır. Preklinik ve faz I çalışmalarda güvenli olduğu gösterilen preparat İsrail sağlık bakanlığı tarafından DERMO-STYX koruyucu çözümü olarak tescil edilip onaylanmıştır ve şu anda bir ilaç şirketi tarafından ticari olarak üretilmektedir. Toksik ajanların, kükürt mustard ve VX gibi savaş ajanlarının deriden nüfuz etmesini önler ve böylece oluşturdıkları tehlikeye karşı oldukça etkili bir koruma sağlamaktadır. DERMO-STYX, kozmetik ve tıpta yaygın olarak kullanılan bileşenler olan magnezyum sülfat ve gliserin karışımına dayanmaktadır. Stratum korneum tarafından emilmekte ve dolaşıma daha fazla Emilmeden orada kalabilmektedir. Bariyer özellikleri uygulama anında ortaya çıkar ve en az 12 saat boyunca etkili kalır. Beklenen kullanımı, esas olarak hassas cilt bölgelerine (koltuk altı, kasık, bel, bilekler) gerektiğinde (maruz kalmadan önce) uygulama şeklindedir. Cilde kolaylıkla uygulanır ve su ile durulanarak çıkarılabilir. Yaygın dekontaminasyon

tekniki Fuller Earth ile uyumludur ve vücut yüzeyinin yaklaşık %20'sine tek uygulama için 10-15gr miktarı yeterli olmaktadır.



Şekil 6.50: DERMO-STYX Cilt Koruyucu
(IIBR. n.d.)

6.2.17. Reaktif Cilt Dekontaminasyon Losyonu [Reactive Skin Decontamination Lotion (RSDL)]

RSDL, kimyasal savaş ajanlarına (VX ve HD) ve T-2 toksinine maruziyetten kaynaklanan toksik etkileri azaltan topikal bir dekontaminasyon solüsyonudur. RSDL Dekon 139 ve az miktarda 2,3 bütadien monoksim (DAM) içerir. RSDL'nin pamuklu çubukla cilde uygulanması, VX gibi sinir ajanlarını ve kalınlaştırılmış VX ve kabarcıklı bir ajan olan kalınlaştırılmış hardal dahil olmak üzere bazı kalınlaştırılmış ajanları etkili bir şekilde dekontamine etmektedir. Bu reaksiyon hemen başlar ve nötralizasyon genellikle iki dakika içinde tamamlanır (Khan ve diğ., 2013).

RSDL losyonla ıslatılmış bir sünger içeren, açılması kolay bir pakettir. RSDL kiti ordu mensupları tarafından taşınır ve kimyasal savaş ajanlarını ve T-2 Toksini ciltten uzaklaştırmak ve/veya etkisiz hale getirmek için tasarlanmıştır (FDA, 2022).



Şekil 6.51: RSDL Dekontaminasyon Losyonu

(URL-5, n.d.)

6.2.18. Easy Decon DF-200 [Sandia Köpük (Sandia Foam)]

Sandia Ulusal Laboratuvarları (SNL), sivil hedefleri korumak amacıyla kimyasal ve biyolojik savaş (CBW) ajanlarının hızlı dekontaminasyonu ve azaltılması için toksik olmayan, aşındırıcı olmayan bir sulu formülasyon geliştirmiştir. Sandia Decon Formülasyonu köpük, sıvı sprey veya sis olarak uygulanabilir (EPA, 2023b).

Sandia'daki laboratuvar testlerinde köpük, en endişe verici kimyasal ajanların (VX, hardal ve soman) benzerlerini yok etti ve bilinen en sert biyolojik ajan olan şarbon benzeri bir türevi öldürmüştür. Şarbon simülatörüne karşı köpük, araştırmacıların 7-log öldürme olarak adlandırdıkları bir sonuç elde etmeyi başardı ve bir saat sonra 10 milyon şarbon sporundan sadece bir tanesi hayatta kalabilmiştir (SNL, 1999).



Şekil 6.52: EasyDECON® DF 200
(URL-6, n.d.)

EasyDECON™ 200 Dekontaminasyon Solüsyonu, saç kremi ve çamaşır deterjanı gibi sıradan ev maddelerini içeren hem kimyasal hem de biyolojik ajanları 30 dakikadan kısa sürede nötralize eden çevre dostu bir karışımdır. Ekipman dekontaminasyon için kullanılmaktadır. Uygulandıktan sonra çözelti kirliliği nötralize etmektedir. EasyDECON köpük, sıvı, sis veya sprey olarak kullanılabilir.



Şekil 6.53: DF200; Kişisel Olay Müdahale Sistemi (PIDST™); Beş Galonluk Kova Kiti, 100 Galonluk Varil Kiti; 500 Galon Çanta Seti
(Fatah ve diğ., 2007b)

6.2.18.1. Fortifier GO/NO-GO Test Kitleri

EasyDECON™ 200 Etkinlik Test Kiti, kullanıcıya EasyDECON™ 200 Dezenfeksiyon Çözeltisi'ndeki Fortifier kararlılığının hızlı bir göstergesini sağlamak amacıyla geliştirilmiştir. Etkililik test kiti kullanımı kolaydır ve saniyeler içinde doğru sonuçlar sağlayabilir. EasyDECON™ 200 Dezenfeksiyon Çözeltisi Fortifier'ı uygulamadan önce etkililik test kiti kullanarak test etmek, dezenfeksiyon çözeltisinin tüm bilinen kimyasal ve biyolojik kirlilik ajanlarını etkili bir şekilde etkisiz hale getirebileceğine olan güveni sağlamaktadır.



Şekil 6.54: Fortifier GO/NO-GO Test Kiti

(Fatah ve diğ., 2007b)

6.2.19. L- Gel

Lawrence Livermore Laboratuvarı, jelleşmiş bir dekontaminasyon malzemesinden oluşan L-Gel'i geliştirdi. Jel dikey yüzeylere ve yatay yüzeylerin alt kısımlarına yapışacak şekilde tasarlanmıştır. Biyolojik ajanlarla temas halinde, ajanın hücre zarı, organik lipid katmanlarının oksidasyonu yoluyla hasar görür ve bu da ajanı öldürmektedir.

Livermore'un L-Gel sistemi, oksitleyici okson bazlı (aktif bileşen olarak peroksimonosülfat içeren), füme amorf bir silika jeldir. L-Gel aşındırıcı değildir ve piyasada satılan bir boya püskürtme makinesi kullanılarak uygulanabilir. Duvarlara ve tavanlara tutunur, halılara veya boyalı yüzeylere zarar vermez. Geçtiğimiz iki yıldaki laboratuvar ve saha testleri, L-Gel'in sivil ortamda bulunan çeşitli malzemeler

üzerinde, tüm kimyasal savaş ajanları sınıflarına, kükürt hardalına, tüm biyolojik vekillere ve canlı aşı türlerine karşı etkili olduğunu göstermiştir (EPA, 2023c).

L-Gel'in tüm yüzeylerde ve tüm maddelerde yüzde 99'dan fazla etkili olduğu kanıtlandı. Hücreleri ve sporları öldürmede yüzde 99,9'dan fazla etkili olduğu kanıtlanan L-Gel kalsiyum hipokloritten daha etkili bir şekilde VX, GD ve kükürt hardalı için arındırıcı olduğunu göstermiştir. L-Gel 115 olarak adlandırılan bu form dışında ağır boya kaplamalı veya vernikli yüzeylere nüfuz etmeyi teşvik etmek için yüzde 10 t-bütanol yardımcı çözücü içeren L-Gel 200 adı verilen ikinci bir formülasyon geliştirilme aşamasındadır (Heller, 2002).

6.2.20. Nanoteknoloji (NanoStat™)

Nanotech, Michigan Üniversitesi tarafından geliştirilen antimikrobiyal bir nanoemülsiyondur. Nanoemülsiyonlar tahriş edici değildir, toksik değildir ve çevre dostudur. 2 yıllık raf ömrü ile uzun süreli bir etkiye sahiptirler. Donma ve kurumanın önlenmesi dışında özel bir depolama gerektirmezler. Emülsiyonlar, spor duvarını zayıflatan, tam bir büyüme olmaksızın çimlenmeyi başlatarak ilk önce şarbon sporlarını öldürür. Bunu spor bozulması ve parçalanması takip eder. Bu işlem yaklaşık 30 dakika içinde başlar ve 2 ila 3 saat içinde tamamlanmış öldürme sağlanır. Nonemülsiyonlar tahriş edici değildir, toksik değildir ve çevre dostudur (EPA, 2023d).

Uygulama teknolojisi olarak NanoStat™ bakteri, mantar ve virüsleri öldürmek için toksik olmayan bir yöntem sunar. NanoBio'nun NanoStat™ antimikrobiyal nanoemülsiyonları, nanometre (10⁻⁹ metre) aralığında eşit boyutlu damlacıklar kullanan su/yağ emülsiyonlarıdır. NanoStat™ mikropları toksisite veya zararlı kalıntı etkileri olmadan etkili bir şekilde yok etmektedir (BlueWillow Biologics, n.d.).

6.2.20.1. Nano Boyutlu Metal Oksitler (Nanosized Metal Oxides as decontaminant)

Prasad ve diğ., (2007) sülfür hardalının dekontaminasyonu için mangan oksit nanoyapılar geliştirmiştir. Kimyasal savaş ajanları VX, GD ve HD, nano boyutlu metal oksitlerle reaksiyona girerek toksik olmayan ürünler oluşturur ve böylece bunların dekontaminasyonunu sağlar (Wagner, 2010).

Kimyasal savaş ajanları VX, GB, GD ve HD, nano boyutlu MgO, CaO ve Al₂O₃ ile oda sıcaklığında reaksiyonlara girer. CaO üzerindeki HD için, %80'e kadar divinil sülfid (DVS) ve %20'ye kadar tiodiglikol (TG) veren oldukça hızlı bir otokatalitik dehidrohalojenasyon gözlemlenir (Wagner ve diğ., 2005).

6.2.20.2. Partikülsüz Kuru Nonwoven Ped (Nonparticulate Dry Nonwoven Pad)

Hem personelin hem de ekipmanın dekontaminasyonu için çok uygun olan aktif karbon kumaştan bir iç katman da dahil olmak üzere çoklu katmanlardan oluşan yeni ve partikülsüz bir kompozit kumaş oluşturmak için iğne delme dokunmamış kumaş işlemi kullanılarak geliştirilmiştir.

Kuru dokunmamış kumaş pedin etkinliği, özellikle kimyasal savaş kabarcık maddesi Sülfür mustard [bis- (2-kloroetil) sülfid] dekontaminasyonu için gösterilmiştir. Kompozit kumaşın, dokunmamış kuru kumaş pedine emilen hardal sıvısından kaynaklanan buhar tehlikesini önemli ölçüde azaltabildiğini göstermektedir (Ramkumar ve diğ., 2008).

6.2.20.3. Silika Nanopartiküller

Aerojel işlemi kullanılarak sentezlenen ve reaktif kimyasallarla emprenye edilen çapı 24-75 nm ve yüzey alanı 875 m²/g olan silika nanopartikülleri, toksik kimyasal savaş ajanlarının (HD ve GB) ve benzerlerinin çözeltilerden adsorptif olarak uzaklaştırılması için araştırılmıştır. Trikloroizosiyanürik asit emdirilmiş silika nanopartiküllerinin fizisorbsiyonu ve ardından toksik maddelerin kimyasal emilimi/degradasyonu, en iyi kinetik sonuçları göstermiş ve sinir ile kabarcık ajanları için evrensel anlamda uygun dekontaminant olarak tespit edilmiştir (Saxena ve diğ., 2012).

6.2.20.4. CuO Nanopartikül

Mahato ve diğ., (2011) kalıcı kimyasal savaş ajanı HD'nin Bakır II Oksit (CuO) nanopartikül yüzeyindeki dekontaminasyon reaksiyonlarını incelemiş ve HD'nin dekontaminasyon oranının CuO nanopartikülün kalsinasyon sıcaklığındaki artışla azaldığını bulmuştur. Kalsinasyon sıcaklığının artırılması eliminasyon ürünlerinin yüzdesinde artışa yol açarken, düşük kalsinasyon sıcaklıklarında hidroliz ürünü baskın olmuştur.

6.2.21. Merdiven Boru Dekontaminasyon Sistemi LDS

Yüksek hacimli, düşük basınçlı su spreyi içeren büyük kapasiteli bir duş sağlamak için önerilen yöntemlerden biri, Merdiven Borusu Dekontaminasyon Sistemi (LDS)'dir. Pompa boşaltıcılarına ve diğer yangın aparatlarına (yani itfaiye araçları veya kamyonlar) takılan merdiven boruları, vagon boruları, monitör nozulları ve 22 inçlik sis nozulları ile çok sayıda maruz kalan insanın içinden geçebileceği dekon koridorlar oluşturmak üzere stratejik olarak konumlandırılarak kullanılmaktadır. Temizleme koridoru oluşturulduktan sonra amaç, suyun mümkün olan her yönden püskürtülmesidir. Çoklu merdiven borulu dekontaminasyon sistemleri, son derece büyük mağdur insan gruplarını barındıracak şekilde dekon koridor uzunluğunu artırmak amacıyla birden fazla merdiven borusu kullanabilmektedir. Ayakta olan veya olmayan mağdurlar için birden fazla koridor oluşturulabilir ve mağdurlar için başlarının üzerinde olacak şekilde birden fazla spreyle dekontaminasyon sağlanabilmektedir.

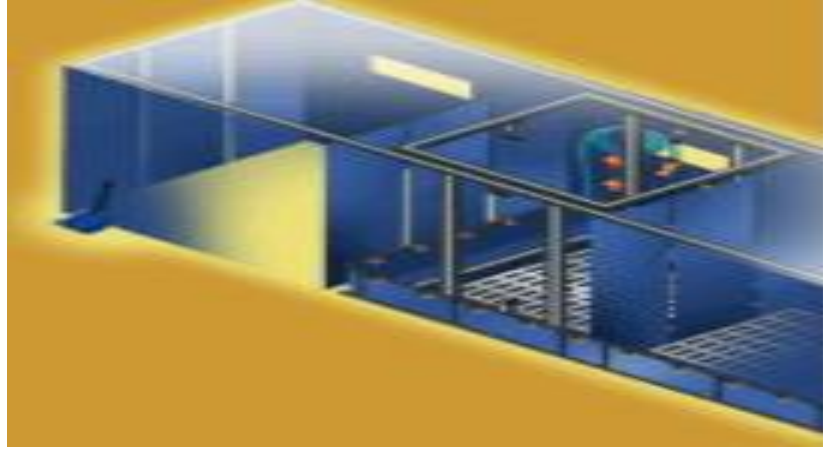


Şekil 6.55: LDS Merdiven Boru Dekontaminasyon Sistemi

(Lake ve diğ., 2000)

6.2.22. Decon Özel Koridor Sistemi

Özel olarak tasarlanmış sağlam bir kapsülün eklenmesi, dekontaminasyon sürecinin her aşaması için üç ayrı özel odadan oluşan bir sistem oluşturmaktadır. Personel dekontaminasyonu için kullanılmaktadır.



Şekil 6.56: Decon Özel Koridoru
(DOE, 2024)

6.2.23. M12A1 Dekontaminasyon Aparatı (PDDA)

M12A1 PDDA, dekontaminasyon maddesi bulamaçlarını ve solüsyonlarını karıştırmak ve püskürtmek ve dekontaminasyon sırasında sıcak, sabunlu suyla durulamak için kullanılmaktadır.



Şekil 6.57: M12A1 Dekontaminasyon Aparatı
(M12A1 Decon: It Does More than Just Decon, 2020).

6.2.24. M333 Kimyasal ve Biyolojik Dekontaminasyon Kiti

M333 kimyasal ve biyolojik (CB) dekontaminasyon kiti, geleneksel ve geleneksel olmayan CB kontaminasyonuna maruz kalan düşmanca ve düşmanca olmayan

ortamlarda operasyonel ve kapsamlı dekontaminasyon sağlamak üzere tasarlanmıştır. Kit, taktik araçlar, gemi yüzeyleri, mürettebatın kullandığı silahlar ve bireysel silahlar için kullanılabilir. Askeri Ekipmanlar için Ortak Genel Amaçlı Dekontaminant [Joint General Purpose Decontaminant for Hardened Military Equipment (JGPD-HME)] ile karıştırıldıktan sonra doğrudan kontamine yüzeylere uygulanır ve uygulamadan sonraki 30 dakika içinde CB kontaminasyonunu azaltma/nötrleştirme kapasitesine sahiptir. Decon PLUS Kiti ise M333'ün ticari eşdeğeri olarak üretilmiştir.



Şekil 6.58: M333 Kit

(M12A1 Decon: New Mixing Instructions for JGPD-HME, 2023).

6.2.25. M26 Decon

M26 decon, orta ila büyük mobil veya sabit ekipman ve uçakların kapsamlı bir şekilde dekontaminasyonunu destekleyen, taşınabilir, gelişmiş bir operasyonel bir üründür.



Şekil 6.59: M26 Dekontaminasyon Sistemi

(M26 Decon: PMCS Pointers, 2021)

6.2.26. Dekontaminasyon Atık Su Arıtma Sistemi [Decontamination Effluent Treatment System (DETS)]

ABD Ordunun sulu bazlı kimyasal, biyolojik, radyolojik ve nükleer (KBRN) dekontaminasyon operasyonlarından çıkan atık suları arıtma ve/veya geri dönüştürme kapasitesi olmadığından atık su problemini çözmek için geliştirilmiştir. DETS, düşük maliyetli bir arıtma sistemidir ve dekontaminasyon atıklarını arıtmak ve geri dönüştürmek için türünün ilk örneğidir. Araç dekontaminasyonunda ve toplu personel dekontaminasyonunda yıkama suyunun tutulabilmesinin en etkili bir yolu gösterilmiştir. Sistemin MPD'den gelen yıkama suyunun arıtılmasında son derece etkili olduğu kanıtlanmıştır (Medina ve diğ., 2019).



Şekil 6.60: DETS Atık Su Arındırma Sistemi

(URL-7, n.d.)

6.2.27. Yüksek Basınç Sistemi CO₂ Kar Jeti

Su ve karbon dioksit gibi dekontaminantlar yüksek basınçla püskürtüldüğünde CA'ları ve BA'ları yüzeylerden fiziksel olarak uzaklaştırmak için etkili bir şekilde kullanılır. CO₂ Kar Jeti sistemi, kirleticileri fiziksel olarak uzaklaştırmak için yüksek basınçlı CO₂ kullanır. Ekipman dekontaminasyonu için uygundur.



Şekil 6.61: CO₂ Yüksek Basınç Kar Jeti

(CO₂CLEAN, 2016)

6.2.28. Dekontaminant Dispersiyon Bastırıcı Köpük (DDSF™)- Dispersiyon Bastırıcı Köpük (DSF™)- Yüzey Dekontaminant Köpüğü (SDF™)

Kimyasal veya biyolojik bir cihazın patlaması durumunda patlamalarda kimyasal veya biyolojik maddelerin yayılmasını önlemek için tasarlanmış bir kapsayıcı kabin içinde kullanılmak üzere tasarlanmıştır. DDSF altyapı dekontaminasyonu için kullanılır. Kimyasal kirleticiyi nötralize etmektedir. DSF ise CBA'lara karşı hiçbir özelliği yoktur ancak radyolojik parçacıkların yakalanmasına ve uzaklaştırılmasına yardımcı olmak için kullanılabilir. DSF ekipman ve altyapı dekontaminasyonu için kullanılır. SDF bina ve araç dekontaminasyonu için kullanılmaktadır. Kimyasal kirleticileri nötralize ederek ortadan kaldırmaktadır.



Şekil 6.62: SDF Dekontaminant
(EPA, 2015.)

6.2.29. Havalı Köpük Dolly Sistemi (AFDS)

KBRN dekontaminasyonu için birincil işlevi olan benzersiz, taşınabilir, bağımsız bir ünitedir. Benzersiz bir dekontaminasyon köpüğü üretmek için basınçlı hava ve kimyasal karıştırma tankı kullanan sistemi tek bir kişi kurabilir ve çalıştırabilir. AFDS, donanım ve yapısal yüzeylerdeki CB ajanlarının acil dekontaminasyonunu gerçekleştirebilir. Oluşan yapışkan köpük duvarlara ve tavanlara iyi yapışarak hem biyolojik hem de kimyasal ajanları öldürecektir. Ekipman ve altyapı dekontaminasyonu için kullanılmaktadır.



Şekil 6.63: AFDS Havalı Köpük Sistemi
(Allen-Vanguard, n.d.)

6.2.30. Hava Arabası Sistemi ve Sırt Çantası Havalı Köpük Sistemi

Hava Arabası Sistemi ve Sırt Çantası Havalı Köpük Sistemi donanım veya yapısal yüzeylerde Kimyasal ve Biyolojik Ajanların acil durum nokta dekontaminasyonunu gerçekleştirmek için tasarlanmış, taşınabilir, bağımsız bir ünitelerdir. Sistemler, duvarlara ve tavanlara iyi yapışan, her iki CB ajanını da öldürecek kalın, yapışkan köpük üretmek için dekontaminant kimyasalları özellikle Canada menşeli CASCAD™ için özel olarak tasarlanmış bir nozülünden geçirmek için hava basıncını kullanmaktadır. Ekipman ve altyapı dekontaminasyonu için kullanılmaktadır.



Şekil 6.64: Hava Arabası Sistemi ve Sırt Çantası Havalı Köpük Sistemi
(URL-8, n.d.)

6.2.31. Decon 911 Sırt Çantası Havalı Köpük Sistemi

Sıvı ve Köpük Dağıtım Sistemi olan Yeni Decon 911 Sırt Çantası sistemi, CB ajanlarının donanım veya yapısal yüzeylerde acil durum nokta dekontaminasyonunu gerçekleştirmek için tasarlanmış, taşınabilir, bağımsız bir ünedir. Yeni çift tanklı Sırt Çantası, daha büyük sıvı hacimlerine yönelik bir tasarıma, gelişmiş malzeme uyumluluğuna ve diğer dekontaminat veya tehlikeli madde senaryolarına yönelik çapraz uygulamalara sahiptir. Kimyasalın mekanik tasarımı ve ambalajlanması, karıştırma ile uygulama arasında daha uzun kap ömrü veya süre sağlar. Oluşan yapışkan köpük duvarlara ve tavanlara iyi yapışacak ve hem biyolojik hem de kimyasal ajanları öldürecektir. Ekipman ve altyapı dekontaminasyonu için uygundur.



Şekil 6.65: Decon 911 Sırt Çantası
(Allen-Vanguard, n.d.)

6.2.32. Decon 911 Müdahale Üç Tekerlekli Bisikleti

Decon 911 Response Trike, binalarda, donanımlarda veya yapısal yüzeylerde CB ajanları için daha geniş yüzey alanının acil dekontaminasyonunu gerçekleştirmek üzere tasarlanmış, taşınabilir, bağımsız bir ünedir. Tek bir kişi, basınçlı havayı ve dekontaminantı püskürtmek için iki kimyasal karıştırma tankını kullanarak sistemi dağıtabilir ve çalıştırabilir. Oluşan yapışkan köpük duvarlara ve tavanlara iyi yapışacak ve her iki CB ajanını da öldürecektir. Ekipman ve altyapı dekontaminasyonu için uygundur.



**Şekil 6.66: Decon 911
Dekontaminasyon Sistemi**
(Allen-Vanguard, n.d.)

6.2.33. Paletli Muhafaza Sistemi

Paletli Muhafaza Sistemi, büyük ölçekli dekontaminasyon uygulamaları için tasarlanmış bağımsız bir ünedir. Bir mahfaza ile birlikte kullanıldığında ikincil bir işlev, patlamanın azaltılması ve muhafaza altına alınmasıdır. Paletli sistem, KBRN olayına treylerle veya düz kasalı kamyonla taşınabilir. Sistem, dekontaminasyon köpüğünü dağıtmak için her türlü su kaynağını kullanabilir. Hızlı köpük dağıtımı için aynı anda birden fazla hortum takılabilir. Ekipman ve altyapı dekontaminasyonu için kullanılmaktadır.



Şekil 6.67: Paletli Muhafa Sistemi
(URL-9, n.d.)

6.2.34. GL1800

Altyapı dekontaminasyonu için uygundur. KBRN kirleticilerinin büyük ölçekli öğelerden yani binalar, yollar vb. uzaklaştırılmasını sağlamaktadır. Bu sistem hem fiziksel (kirleticileri uzaklaştırır) dekontaminasyon işlemini hem de kimyasal (kirleticileri nötralize eder) dekontaminasyon süreçlerinin kullanılabildiği uçak yüzeylerini verimli bir şekilde temizleme, buz çözme ve dekontamine etme kapasitesine sahip güçlü bir mobil ünitedir.



Şekil 6.68: GL 1800 Dekontaminasyon Sistemi
(Global Ground Support, 2024)

6.2.35. Dekontaminasyon Barınağı ve Hijyen Duş Setleri

Sivil veya askeri Büyük Olay Müdahalesi [Major Incident Response (MIR)] durumlarında kullanılmak üzere tasarlanan dekontaminasyon barınak serisi, en gelişmiş, patentli katlanır çerçeve teknolojisine sahiptir. Patentli kilitleme göbekleri ve teleskopik bacaklar ile dayanıklılığı yüksektir. Kapılı hijyen duş seti, barınaklarda veya diğer çadırlarda kullanılmak üzere tasarlanmıştır. İki ayrı duş ünitesi tek duşa da dönüştürülebilmektedir.



Şekil 6.69: Dekontaminasyon Barınağı ve Hijyen Duş Setleri
(HDT, 2013)

6.2.36. İzolasyon Barınağı

Patentli Konuşlandırılabilir Hızlı Montaj Barınağı [Deployable Rapid Assembly Shelter (DRASH)] barınak teknolojisini 5 aşamalı HEPA filtreleme sistemiyle birleştirir. Pozitif/Negatif Basınç İzolasyon Barınağı, biyolojik salgın izolasyonuna yönelik taşınabilir, her türlü hava koşuluna uygun bir çözüm oluşturmak için kullanılmaktadır. İzolasyon Barınağı, biyolojik olarak güvenli bir personel bekleme odasıyla birlikte kullanılmaktadır.



Şekil 6.70: İzolasyon Barınağı
(HTD, 2024)

6.2.37. J Serisi Taktik Yumuşak Barınak (TSS), M Serisi Barınak Sistemi, XB Serisi Barınak Sistemi,

J Serisi Şelter Sistemi, birkaç dakika içinde hazır olan, römorka monteli, sağlam, güvenilir ve kullanıcı dostu bir şelterdir. XB ve M Serisi Şelter Sistemi, birkaç dakika içinde hazır olan hafif, taşınabilir, sağlam, güvenilir ve kullanıcı dostu bir barınaktır. Barınaklar -40 °C ila 51,7 °C arasındaki aşırı hava koşullarında çalıştırılabilir. XB Barınakların üç bölümü vardır: ekli kapak, zemin örtüsü ve zemin. Montaj gerektirmez ve gevşek parça yoktur. Özel bir alete gerek yoktur. XB'nin iki temel versiyonu mevcuttur. Bunlar 4 kapılı veya tam versiyon ve 2 kapılı veya kesik (T) versiyondur.



J Serisi (TSS)

M Serisi Barınak Sistemi

XB Serisi Barınak Sistemi

Şekil 6.71: J Serisi Taktik Yumuşak Barınak (TSS), M Serisi Barınak, XB Serisi Barınak sistemleri

(HTD, 2024)

6.2.38. İlk Müdahale Sistemi

Taktik Hastane ve Hastane Sistemleri olarak da kullanılan İlk Müdahale Sistemleri; erkek ve kadın ayaktan veya ayaktan olmayan hastaların etkili NBC dekontaminasyonu için hızla kurulabilen dekontaminasyon sistemidir. 1,5 m'lik şeritler, müdahale ekipleri ve hastalar için ideal çalışma alanı sağlamaktadır. Barınak, akıntının tamamen kontrol altına alınması için sert duvarlı banketin içinde yer alır. 2 şeritli müdahale sistemi ise bir ayaktan şeritli ve bir daha geniş gezici olmayan şeritten oluşan ofset iki şeritli bir sistem olarak idealdir. İkinci şerit bölme perdesinin eklenmesiyle kolayca üç şeritli sisteme dönüştürülür



Şekil 6.72: 1,2 ve 3 Şeritli Müdahale Sistemleri
(HTD, 2024)

6.2.39. Teknik Decon Duş

Teknik Dekon, tek duraklı dekontaminasyon çözümüdür. Mobil veya sabit olacak şekilde tasarlanan bu teknik dekontaminasyon ünitesi hızlı bir şekilde devreye alınabilir. KKD giyen personeli barındıracak kadar büyüktür. Hızlı ve aletsiz kurulum, entegre su tesisatı ve hızlı bağlantı parçaları bulunmaktadır. Teknik dekontaminasyon sistemi iki kompakt torbaya sığar (sert zemin hariç) ve herhangi bir aracın arka koltuğuna veya bagajına sığabilmektedir.



Şekil 6.73: Teknik Dekon Duş
(DLX, n.d.).

6.2.40. MASCAS Decon Duş Sistemi

MASCAS Duş, dört duş kabini ve iki el tipi püskürtücü kullanılarak aynı anda altı kişiye kadar dekontamine olacak şekilde hızla ve kolayca genişletilebilir. Bölücü

perdeler, mahremiyet sağlamak amacıyla ayrı kabinleri ayırır ve sistem, mevcut ekipmanlarla kusursuz entegrasyon sağlayacak şekilde tasarlanmıştır.



Şekil 6.74: MASCAS Dekon Duş Sistemi

(DOE, 2024)

6.2.41. Saha Duş Sistemleri

Sağlam program 80 PVC çerçeve, çok sayıda çok yönlü konfigürasyon için modüler tasarım, güçlendirilmiş 12 mil yarı saydam polietilen kapak, her iki ucunda da açıklık bulunan geçiş tasarımı ile geliştirilmiştir. Ekstra geniş duş tasarımı, tüm sıvıları toplamak için isteğe bağlı büyük boyutlu muhafaza karteri, banjo hızlı bağlantılarla kolay ve hızlı kurulum mümkün olabilmektedir.



Şekil 6.75: Saha Duş Sistemi

(HDT, 2024)

6.2.42. Tip 1000 ve Tip 2000 Kişisel Dekontaminasyon Duş Ünitesi

Duş olanaklarını sağlayan sistem Tip 1000 1 kişi tarafından basınçlı hava tüpü ile 40 sn'de kurulabilmektedir. Tip 2000 ise Elektrikli üfleyici sağlanarak 1 kişi tarafından 2 dakika kurulmaktadır.



Şekil 6.76: Tip 1000 ve Tip 2000 Duş Üniteleri

(URL-10, n.d.)

6.2.43. Tip 3000 Hafif Kitlesel Decon Duş Sistemi ve Tip 5500-D Mass Decon Duş Sistemi

Tip 3000 1 kişi tarafından basınçlı hava tüpü ile 40 sn kurulabilirken Tip 5500- D Basınçlı hava tüpü ile 2 kişi tarafından 1 dakika Elektrikli fan ile 2 kişi tarafından 2,5 dakikada kurulmaktadır. İki sistemde su bazlı duş sistemidir.



Şekil 6.77: T3000 ve T5500-D Duş Sistemleri

(URL-11, n.d.)

6.2.44. HDS 6012 Dekon Havuz

Dekontaminasyon duşundan gelen akıntıyı toplamak için taşınabilir, tek kullanımlık, hafif muhafaza havuzudur Çerçeveye önceden tutturulmuş, 12 mil takviyeli polietilen kimyasallara dayanıklı astar ile üretilmiştir.



Şekil 6.78: HDS 6012 Dekon Havuz

(RMC, 2016)

6.2.45. Vur ve Kaç Kiti 2

Vur ve Kaç Kiti [Hit and Run Kit™ (HRK™)] kimyasal, biyolojik, radyolojik veya nükleer saldırılara maruz kalan kişiler için anında bir dekontaminasyon yöntemi sağlamak üzere tasarlanmıştır. Bu kit 3,7 m x 15 m alana 20 dakikada kurulabilir. İlk müdahale ekipleri açık alanlarda, hastane, barınak gibi binaların giriş ve çıkışlarında, havalimanlarında uçuş hatları boyunca dekontaminasyon hattı kurabilir. Vur-kaç kiti 2'de beş adet 1,5 m x 1,5 m istasyon ve işleme hattının girişinde bir buğulanma duşu bulunur. Sistem, istasyonun her iki tarafındaki personeli işleyerek aynı anda 4 personelin işleyebilmesini sağlayabilmektedir.



Şekil 6.79: Vur ve Kaç Kiti
(Fatah ve diğ., 2007b)

6.2.46. Defoamer

Dekontaminasyon işleminden sonra kullanılan dekontaminasyon ekipmanının bir Köpük Giderici Sistem örneğidir. Köpük Giderici Sistem köpük bazlı dekontaminantlarla dekontaminasyon operasyonlarından sonra temizlik için köpüğün çıkarılmasını sağlamaktadır.



Şekil 6.80: Köpük Giderici Sistem- Defoamer
(Allen Vanguard, n.d.)

6.2.47. GenV Elektrostatik Dekontaminasyon Sistemi (EDS)

EDS GenV 2 üniteden oluşur: 1) Aktivasyon Ünitesi (Aktivasyon Paketi, UV ışık çubuğu ve göbek) ve 2) Dağıtım Ünitesi (teslimat paketi, elektrostatik püskürtme

ubuğu ve konektörler. Personel ve ekipmanın dekontaminasyonu için kullanılan bir gazlı dekontaminasyon dağıtım sistemidir. Bu sistem hassas ekipmanı, optikleri ve uygun personeli arındırır; kullanıcı özelliklerine göre ölçeklendirilebilir ve oluşturulabilir. CB ajanlarının hızlı yüzey dekontaminasyonu için hafıf, taşınabilir bir sistemdir. Biyolojik dekontaminasyon, yüzeye ince bir tabaka (~25  m) sıvı ışığa duyarlılaştırıcı (PS) solüsyonu Peridox'un püskürtülmesi ve ardından yoğun UV ışığının uygulanmasıyla gerçekleştirilir. Ekipman ve altyapı dekontaminasyonu için kullanılmaktadır.



şekil 6.81: Gen V EDS Sistemi

(Fatah ve diğ., 2007b)

6.2.48. FAST-ACT™

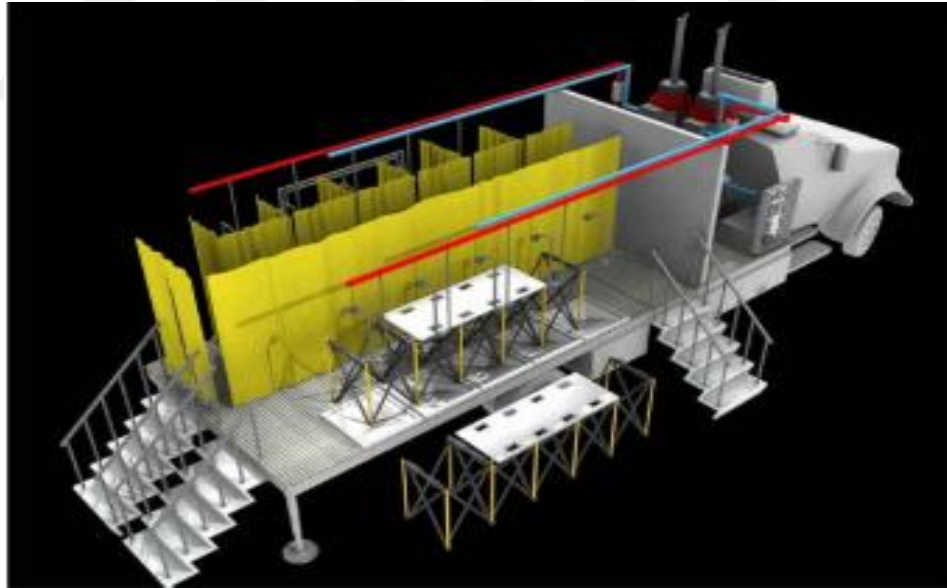
Reaktif emici maddeler kullanan dekontaminasyon ekipmanın bir örneğidir. Çeşitli kimyasal tehlikelere anında yanıt veren taşınabilir bir dekontaminasyon sistemidir. Ekipman ve altyapı dekontaminasyonu için kullanılmaktadır.



Şekil 6.82: FAST-ACT Dekontaminasyon Ekipmanı
(URL-12, n.d.)

6.2.49. Model 924

Kendi kendine yeten bir dekontaminasyon sistemi olan taşınabilir dekontaminasyon sisteminin bir örneğidir. 10 dakika içinde konuşlandırılabilir ve çalışır duruma gelebilir. Tahmini olarak 2400 yaralı/kişi kapasitesine sahiptir.



Şekil 6.83: Model 924 Dekontaminasyon Sistemi
(Fatah ve diğ., 2007b)

6.2.50. Exterm

Exterm, hızlı ve etkili bir şekilde çalışan, geniş spektrumlu bir dezenfektan ve sterilizasyon maddesidir. Kolay depolanmaktadır. Güçlü ve birçok organizmaya karşı etkilidir.



**Şekil 6.84: Exterm
Dezenfektan**

(URL-13, n.d.)

6.2.51. K-9 Decon Kit

Köpekleri olay yerinde temizleyerek kirlenmenin etkilerini azaltır. Bu taşınabilir kit, görev esnasında kirlenme olan köpekleri temizlemek ve çapraz kontaminasyondan korumak için ihtiyaç duyulan tüm bileşenleri içermektedir.



Şekil 6.85: K- 9 Decon Kit

(URL-14, n.d.)

6.2.52. Acil Durum Rad Temizleme Kiti

Radyoaktif halojenler, geçiş metalleri ve aktinidlerin dekontaminasyonu için iyon özel formülasyona sahiptir. Kolay seçim için renk kodludur. Klor veya flor içermez. Personel ve ekipman dekontaminasyonu için uygundur.



Şekil 6.86: RAD Temizleme Kiti
(Radiation Decontamination Solution, 2022)

6.2.53. İyodowash Quick Decon™

Quick Decon™ Ktle Etkisi Solüsyonu H (Halojenler) Iodowash, radyoaktif halojeni kolayca silinebilen küçük bir küreye (0,6 mm ila 1,2 mm) kimyasal olarak bağlayarak dekontamine eder. Tipik olarak tek bir kullanım kontaminasyonun %100'e kadarını giderir. Personel ve ekipman dekontaminasyonuna uygundur.



Şekil 6.87: İyodowash Quick Decon™
(Radiation Decontamination Solution, 2022)

6.2.54. Decon Now (Tam Vücut Yıkama Havlusu)

Decon Now (tam vücut yıkama havlusu), tepeden tırnağa kadar temizlemek için 30 cm x 76 cm boyutunda tam vücut boyutunda bir havludur. Nonwoven kumaştan üretilmiştir, %45 polyester, %55 selülozdan oluşmaktadır. Kullanılan solüsyon toksik olmayan, alkollü ve hipoalerjenik olan provon duş jelidir.



Şekil 6.88: Decon Now Havlu

(Fatah ve diğ., 2007b)

6.2.55. EFT Crystal Clean (Metamfetamin Dekontaminant)

Crystal Clean Metamfetamin Dekontaminant, saç kremi ve çamaşır deterjanında bulunanlar gibi sıradan ev maddelerini içeren, artık metamfetamin düzeylerini 30 dakikadan daha kısa sürede azaltan çevre dostu olan bir karışımdır. Uygulandıktan sonra çözelti, artık metamfetamini, tehlikenin kimyasal olarak değiştirildiği sıvıya çekerek kirlenmeyi nötralize eder. Ekipman ve altyapı dekontaminasyonu için uygundur.



Şekil 6.89: EFT Kristal Temizleyici

(URL-15, n.d.)

6.2.56. M100 SDS Sorbent Dekontaminasyon Sistemi

Her M100 SDS bir kutu, iki dekontaminasyon kiti ve iki kayıştan oluşur. Her dekontaminasyon kitinde bir aplikatör eldiveni ve emici tozla doldurulmuş bir paket bulunur. Her M100 SDS'de iki arındırma kiti bulunduğuundan, iki operatör aynı anda temizleme operasyonlarını gerçekleştirebilir, böylece görevin tamamlanması için gereken süre kısaltılabilir. Personel ve ekipman dekontaminasyonu için kullanılmaktadır.



Şekil 6.90: M 100 Sorbent

(URL-16, n.d.)

6.2.57. Kimyasal Koruyucu Bariyer

Chem Barrier, karbon kumaştan, bütül kaplı kumaştan ve desteklerden yapılmış, hava geçirgen bir çadırdan oluşur. Karbon kumaş, dayanıklılığını artırmak ve aynı zamanda içerideki personelin kolayca nefes alabilmesi için gereken geçirgenliği korumak üzere geliştirilmiştir. Chem Barrier giriş ve arka duvarları bütül kaplı kumaştan yapılmıştır. Giriş duvarı, karbon kumaş yan duvarları destekleyen "Chem-zipper" Fiberglas çubuklarla sabitlenen bir açıklık içerir. Kimyasal bariyer, kontamine olmuş personeli veya ekipmanı bir araca/uçağa yüklerken kontaminasyonu kontrol altına alacak bir ray bulunmaktadır. Kimyasal bariyer kayışlarla sabitlenmiştir. Kimyasal Bariyerin içindeki personel kayışları, hareket halindeyken personele ve ekipmana destek sağlayabilmektedir.



Şekil 6.91: Kimyasal Koruyucu Bariyer

(URL-17, n.d.)

6.2.58. Koruyucu Battaniye

Her Koruyucu Battaniye, düşük yoğunluklu polietilen destek ve dış velcro kayışlara lamine edilmiş karbon kumaş elyaf malzemeden oluşmaktadır.



Şekil 6.92: Koruyucu Battaniye

(URL-18, n.d.)

6.2.59. Yüksek Hareketli Dekontaminasyon Sistemi [High Mobility Decontamination System]

Yüksek hareket kabiliyetine sahip araç ve taktik römorka monteli sistem, 24 metre hortum makarası, öne ve arkaya monteli arazi dekontaminasyon yetenekleri ve ekipman ve altyapı dekontaminasyonu için tavana monteli uzaktan kumandalı bir monitör içerir. Sistem taslak yeteneğine sahiptir ve eski ve modern formülasyonları dağıtacak şekilde yapılandırılmıştır. Güverte tabancası ve standart hava kompresörüyle köpük projeksiyonu 24 metreye kadar akar ve dekontaminasyon köpüğü için dolum başına 37.854 Lt'ye kadar genişletilmiş köpük üretir. Ekipman ve altyapı dekontaminasyonu için uygundur.



Şekil 6.93: Yüksek Hareketli Dekontaminasyon Sistemi
(İnterlagard, n.d.)

6.2.60. SENTINEL 30 / 60 / 120

Sentinel 30 ve 120 kullanımı kolay, taşınması kolay, yüksek verimli, müstakil yangınla mücadele ve dekontaminasyon sistemidir. Sentinel 60 bilinen tüm CB ajanlarını, metalik olmayan patojenlerin çoğunu ve birçok toksik kimyasalı öldürmek veya nötralize etmek için DF 200 ile birlikte kullanılır. En olumsuz koşullarda kullanıma imkân verecek şekilde yapısal olarak tasarlanmış ve üretilmiştir. Ekipman ve altyapı dekontaminasyonu için uygundur.



Şekil 6.94: SENTINEL 30-60-120

(Fatah ve diğ., 2007b)

6.3. Türkiye’ de Kullanılan Dekontaminasyon Yöntem ve Sistemleri

6.3.1. T-1 Temizleme Tozu

Ülkemizde bulunabilen doğal bir kil mineralinin üzerinde aktifleştirme çalışmaları yapılarak mikro gözenekli ve adsorbif özelliklere sahip tozlar elde edilmiş, T-1 koduyla anılan bu tozlar, kimyasal gazları absorbe etme özelliğine sahip; kimyasal, fiziksel ve sağlık açısından test edilmiş ve olumlu sonuçlar alınmıştır. Kimyasal silaha maruz kalmış erat için, kütüklük içinde muhafaza edilecek boyutlarda değişik pedler de geliştirilmiştir. Bunun yanında herhangi bir mıntıka veya silah, mühimmat ile araç üzerine basınçlı olarak püskürtülecek şekilde basınçlı tüpler haline imal edilmiştir.



Şekil 6.95: T-1 Temizleme Tozu

(Tübitak MAM, n.d.)

6.3.2. ACTINI Sıvı Atık Dekontaminasyon Cihazı

BSL-1 ila BSL-4 arasında sınıflandırılan biyolojik ajanları işleyen endüstriler veya laboratuvarlar için sıvı atıkların dekontaminasyonunu sağlar. Atıkların dekontaminasyonunu sağlayarak verimlilik, sistemlerin kompaktlığı ve çevrenin korunması gibi güncel sorunlara da cevap verebilmektedirler.



Şekil 6.96: ACTINI Sıvı Atık Dekontaminasyon Cihazı

(Hakerman, 2021)

6.3.3. AQUA Premium Sıvı Atık Dekontaminasyon Cihazı

Aqua Premium, Tıbbi Sıvı Atık Dezenfeksiyon ve Nötralizasyon cihazı PH değişikliği yoluyla tam otomatik olarak kimyasal nötralizasyon yapmaktadır. Gerçek zamanlı PH ölçüm sistemi ve buna bağlı tamamen otomatik dozajlama sistemi ile kimyasal inaktivasyon sağlanmaktadır. Aqua Premium, biyolojik kontaminasyon riskinin olabileceği tüm alanlarda tehlikeli sıvı atıkların arıtılması için uygundur. Ayrıca Aqua Premium, dahili bir ozon jeneratörü ile donatılmıştır. Üretilen ozon HAKERMAN Tasarımlı özel Ventüri Enjektörler ile reaktör tank içindeki kontamine atık sıvıya enjekte edilmektedir. Ozonun dezenfekte etkisi muadil klor kullanımına göre 3000 kat daha yüksektir. Bu sayede Aqua Premium içindeki sıvı atıklar uluslararası standartlara göre dezenfekte edilebilmektedir.



Şekil 6.97: Aqua Premium Dekontaminasyon Cihazı

(Hakerman, 2021)

6.3.4. Elbise ve Teçhizat Çadırı

Personelin biyolojik ve kimyasal harp maddelerine maruz kalan teçhizatları ve maskeleri çadır içindeki metal sepete konulur. Elbiseler ise metal askılıkta askılara asılır ve çadıra 16 bar basınçta 200 °C derece kızgın buhar verilir. Bir müddet sonra çadır açılır ve dekontamine olmuş elbise ve teçhizatlar çıkartılır. Bu değerler kontrol panelinde gözlenebilecektir. Çadırın ölçüleri 2 x 2 metre olup ölçüler değişebilir. İsteğe göre şişme çadır olarak imal edilir. Kapasite: 1 saatte 450 personelin elbise ve teçhizatı dekontamine edilebilmektedir.



Şekil 6.98: Dekontaminasyon Çadırı

(Özmen, 2012)

6.3.5. KBRN Dekontaminasyon Sistemi

Sistem aynı anda tek bir pompa ve tek bir ünite ile aşağıdaki işlemleri yerine getirmektedir. 180 bar basınçta 90 °C derece sıcak su, 180 bar basınçta soğuk su ile aynı anda iki araç ön-kimyasal ve son yıkama yapılmakta, 200 derece kızgın buharla elbise ve teçhizat dekontaminasyonu, 45 °C derece sıcaklıkta, saatte 240 personelin dekontamine edildiği çadırdaki duşlara giden su, 50 metre yataydan ve 5 metre derinlikten su temini yapmaktadır. Tüm bu operasyonları aynı anda gerçekleştirebilmektedir



Şekil 6.99: Dekontaminasyon Sistemi
(Özmen, 2012)

6.3.6. Portatif Dekontaminasyon Cihazı

Kimyasal Karıştırma, Homajenleştirme Sistemidir. Basınçlı Hava Emniyet ve Tahliye Sistemi, tetikli tabanca ve paslanmaz tabanca lansı ve paslanmaz basınç nozulu ile sırtta taşıma için yumuşak sırt destek tabakası bulunur. 1 Lt. Kapasiteli, 100ml.'lik taksimatlı ölçü kabı bulunmaktadır.



Şekil 6.100: Portatif Dekontaminasyon Cihazı

(Özmen, 2012).

6.3.7. Mobil KBRN Dekontaminasyon Merkezleri- ST 3000 DC

AFAD Mobil KBRN Dekontaminasyon Merkezleri, kitleleri, çevreyi, araçları, kazazedeleri, müdahalede bulunan personeli ve ekipmanları kimyasal, biyolojik, radyolojik ve nükleer ajanlardan arındırmayı sağlar. Ajanlara maruz canlılar ve nesneler güvenli bölgelere alınırken herhangi bir noktaya kurulabilen hareketli merkezlerdir. Merkezlerin üzerinde, çalışma alanını aydınlatmak için 14.000 lümen kapasiteli ışık kulesi yer alır. 40 metrekarelik kazazede dekontaminasyon çadırı ile saatte 60 kazazedenin KBRN ajanlarından arındırılmasını sağlayabilir. 26 ton taşıma kapasitesi olan merkezlerde, mobil dijital kayıt cihazı DVR da yer alır. Merkezlerin içerisinde, römork veya konteyner, sabit su tankının yanı sıra personel, kıyafet, ekipman ve taşıt dekontaminasyon üniteleri, 30 kVA gücünde jeneratör, atık su ve emme pompası, temizleme maddesi tankı, hortum sarım makarası, yangına ilk müdahale sistemi, A, B, C ve D tipi koruyucu elbiseler ve araç altı arındırma aparatı bulunmaktadır.



Şekil 6.101: Mobil KBRN Dekontaminasyon Merkezi
(AFAD, 2024)

6.3.8. KBRN Müdahale Araçları

KBRN Müdahale Araçları, Kimyasal, Biyolojik, Radyolojik, Nükleer (KBRN) ajanlara ilk müdahalede görev almaktadır. Sivil savunma alanında Türkiye'nin elini güçlendiren araçlar, tam donanıma sahiptir.



Şekil 6.102: KBRN Müdahale Aracı
(AFAD, 2024).

6.3.9. RDT 1000 Römorklu dekontaminasyon sistem

RDT 1000 Römorklu dekontaminasyon sistemi, hastane, kamu kurum yerleşkeler, fabrikalarda oluşabilecek kirlenmelerde kullanılması için tasarlanmış acil durum sistemidir. Sistem ihtiyaç duyduğu elektrik enerjisini kendi jeneratöründen veya dış kaynaktan alabilmektedir. Sistem üzerinde su ve solüsyon tankı bulunmamakta, su herhangi bir harici kaynaktan su bağlantısı yapılarak temin edilmekte, temizleme maddesini ise solüsyon bidonlarından kendisi emebilmektedir. Sistem personel ve kazazede dekontaminasyonu için geliştirilmiştir. İstenildiği takdirde ünite eklenerek, araç ve arazi, dekontamine edebilme özelliği de eklenebilmektedir. Sistemin her tip araç ile çekilmesi mümkündür.



Şekil 6.103: RDT 1000 Römork

(Rotfire, 2015)

6.3.10. ST 2000 DH ve DT 2000 Römorklu Dekontaminasyon Sistemi

ST 2000 DH Römorklu dekontaminasyon sistemi, kendinden bağımsız motoru, su ve solüsyon tankları ile hiçbir güç kaynağına gereksinim duymadan personel, kazazede, araç, arazi, dekontamine edebilen bir sistemdir. Sisteme harici elektrik ve su hattıyla beslenebilir özellikte olup çok uzun süre müdahale imkânı tanımaktadır. Ayarlanabilir çek başlığıyla birçok farklı tip araç ile çekilmeye uygun olur, kendine ait fren ve sinyalizasyon sistemi mevcuttur. Sisteme ait ünite ve çadır donanımlarının özellikleri, kullanım amaç ve alanlarına göre belirlenerek artırılıp azaltılabilmektedir. Sistemde

kullanılan çadırlar ihtyaca göre karkas veya şişme tip üretilmektedir. DT 2000 diğerinde farklı olarak jeneratör sistemine sahiptir.



Şekil 6.104: ST 2000 DH ve DT 2000 Römorklu Sistemler

(Rotfire, 2015)

6.3.11. Personel Dekontaminasyon Ünitesi

30 °C ila 45 °C derece arasında ayarlanabilir su sıcaklığı ile en az 1500 litre/saat su verme kapasitesine sahiptir. Sıcaklık ve su emniyet valfleri bulunmaktadır.



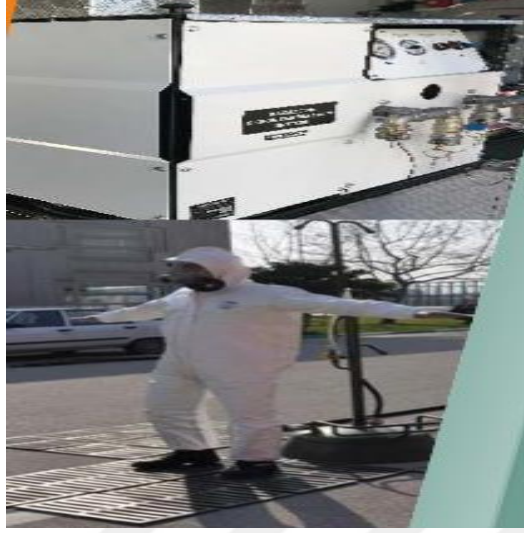
Şekil 6.105: Personel Decontaminasyon Ünitesi

(Rotfire, 2015)

6.3.12. Personel Duş Dozajlama Sistemi

Arındırma sisteminde dozajlama, su akış miktarına göre oransal ve otomatik olarak ayarlanabilmektedir. Ünite dekontaminasyon solüsyonu %1-%10 oranları aralığında

ayarlanabilir. Dozajlama sistemi doğrudan bidondan emiş yapabilmektedir (Rotfire, 2015).



Şekil 6.106: Duş Dozajlama Sistemi
(Rotfire, 2015)

6.3.13. Personel Dekontaminasyon Çadırı

Su iticilik özelliğine haiz çadır kumaş seçenekleriyle, şişme ve kaskas tip, istenilen ebatlarda üretilebilen, soyunma, duş ve giyinme olarak ayarlanabilir tasarım ile sabit ve manuel duş donanımlarına sahiptir. Sabit ve seyyar iç havuz seçenekleri, kolay kurulum, indirme pompaları, kolay taşıma ve sabitleme donanımlarıyla su geçirmez özelliklidir ve iç aydınlatmaya sahiptir.



Şekil 6.107: Personel Dekontaminasyon Çadırı
(Rotfire, 2015)

6.3.14. Elbise ve Teçhizat Dekontaminasyon Ünitesi

10- 16 bar basınç, 150- 200 °C ısıtma ile emniyet donanımlı, 20 metre buhar hortumu ve buhar aparatında oluşmaktadır.



Şekil 6.108: Elbise ve Teçhizat Dekontaminasyon Ünitesi
(Rotfire, 2015)

6.3.15. Elbise Ve Teçhizat Dekontaminasyon Çadırı

Su iticilik özellikli ve çadır kumaş seçenekli, şişme ve karkas tip istenilen ebatlarda üretilebilen, iç ve dış kaplama arası boşluklu, çift fermuarlı kapı sistemine sahiptir. Buhar aparatlı, kolay kuruluma ve taşımaya sahip sabitleme donanımlı, şişirme ve indirme pompalı elbise askılı ve elbise sepetli çadırıdır.



Şekil 6.109: Elbise ve Teçhizat Dekontaminasyon Çadırı
(Rotfire, 2015)

6.3.16. Araç ve Arazi Dekontaminasyon Ünitesi

10- 150 bar basınç seçenekleri ile 20- 60 Lt./ dk. su debisi, 80 °C dereceye kadar ayarlanabilir su sıcaklığı, %5 - %50, hassasiyetli ayarlanabilir dozajlama sistemi, hortum sarım makaraları, yüksek basınç tabancaları ve araç altı arındırma aparatından oluşmaktadır.



Şekil 6.110: Arazi ve Araç Dekontaminasyon Ünitesi

(Rotfire, 2015)

6.3.17. Taşınabilir Dekontaminasyon (KBRN) Ünitesi

DCU 151, 4,5 metre uzunluğunda ve mobildir. Duş alma kapasitesi sekiz kişiye kadar uygundur. Standart düzen üç aşamadan oluşur kirli, duru ve temiz alanlar ile sabit bir jeneratöre sahiptir. Aynı zamanda elektrikli ünite olarak teslim etme seçeneği ile şebeke bağlanabilir. Temiz su sağlamak için içine monteli bir su tankına sahiptir. Su ısıtması ya kazandan ya da elektrik ile kullanıma uygundur. Sistem aynı zamanda atık suyu arıtmak için bir filtreleme sistemine de sahiptir. Ayrıca opsiyonel olarak tuvalet seçeneğine ek olarak tasarım olanağına da sahiptir.



Şekil 6.111: Taşınabilir KBRN Ünitesi

(Doruk, 2024)

6.3.18. Havuzlu, Portatif Dekontaminasyon Ünitesi

Kimyasal, biyolojik ve nükleer etkilere maruz kalan kişilerin, tıbbi müdahale öncesi tüm vücutlarına su püskürterek arınmalarını sağlayan sistemlerdir.



Şekil 6.112: Portatif Havuzlu Dekontaminasyon Ünitesi

(İST, 2023)

6.3.19. Kompakt Duvar Tipi Dekontaminasyon Sistemi

Kimyasal ve biyolojik etkilere maruz kalan kişilerin, tüm vücutlarına deterjanlı su ve temiz su püskürterek korunmalarını sağlayan sistemlerdir. Duvara monte edilmeye uygundur.



Şekil 6.113: Kompakt Duvar Tipi Dekontaminasyon Ünitesi
(İST, 2023)

6.3.20. Endüstriyel Tip Dekontaminasyon Ünitesi

Kimyasal ve biyolojik etkilere maruz kalanların veya gerektiğinde yangın anında alev alan giysilerin üzerine ve kişilerin tüm vücutlarına yıkama sıvısını püskürterek korunmalarını sağlayan sistemlerdir. Platform üzerine çıkıldığında sistem otomatik olarak çalışmaktadır.



Şekil 6.114: Endüstriyel Tip Dekontaminasyon Ünitesi
(İST, 2023)

6.3.21. Taşınabilir, Tünel Tipi, Atık Su Toplama Hazneli Dekontaminasyon Ünitesi

Kimyasal ve biyolojik etkilere maruz kalanların veya gerektiğinde yangın anında alev alan giysilerin üzerine ve kişilerin tüm vücutlarına, yıkama sıvısını püskürterek korunmalarını sağlayan sistemlerdir.



Şekil 6.115: Taşınabilir, Tünel Tipi, Atık Su Toplama Hazneli Dekontaminasyon Ünitesi
(İST, 2023)

6.3.22. ISTEK Tip DECO-MED

Kimyasal, biyolojik, radyoaktif ve nükleer etkilere maruz kalanların veya yangın anında alev alan giysilerin üzerine ve kişilerin tüm vücutlarına, yıkama sıvısını püskürterek korunmalarını, arındırılmalarını ve gerektiğinde karantina altına alınmalarını sağlayan sistemlerdir.

Sabit dekontaminasyon sistemleri kimyasal kirleticiler ve savaş gazlarına maruz kalmış kişilerin temizlenmesi için su hattı alt yapısı bulunan ilk yardım kuruluşları nezdinde belirlenen yerlere kurulmaktadır.

Dekontaminasyon sistemi asgari dakikada 50 Lt akış debisi sağlayan ve temiz su ihtiva eden su hattına bağlanarak çalışmaktadır.



Şekil 6.116: ISTEK Tip DECO-MED
(İST, 2023)

6.3.23. Hexagon Taşınabilir Dekontaminasyon Ünitesi

Kimyasal, biyolojik ve nükleer etkilere maruz kalan kişilerin, tüm vücutlarına su püskürterek arınmalarını sağlayan sistemlerdir. Ünite, ılık ve sıcak bölgeler için tasarlanmıştır. Kapasitesi 1-10 personel için uygundur. Sistem, su veya dekontaminasyon sıvıları ile yüksek hızda etkili bir müdahale sağlamaktadır. 50 Lt, 75 Lt, 100 Lt alternatif kapasiteye sahiptir. İçten basınçlı ve arabalıdır.



Şekil 6.117: Hexagon Dekontaminasyon Ünitesi
(İST, 2023)

6.3.24. Dekontaminasyon Atık Su Havuzu

Dekontaminasyon işlemi sırasında kullanılan su ve kimyasalların dışarı sızmasını önlemek için özel olarak tasarlanmıştır. Kullanım açısından rahatlık ve kolaylık sağlamaktadır. Atık suyun dışarı tahliyesi için üniteye tahliye pompası kullanılmalıdır.



Şekil 6.118: Atık Su Havuzu
(İST, 2023)

6.3.25. ISTEK DM10 Litre Portatif Dekontaminasyon Sistemi

DM10 sırtta taşınabilir dekontaminasyon sistemi askeri, sivil savunma ve endüstriyel alanlarda kimyasal –biyolojik-radyolojik partikül kirlenmelerinde, canlı, teçhizat ve ortam dekontaminasyonunda kullanılır. 10 L sıvı kapasiteli 10 bar test basıncına dayanıklı paslanmaz çelik depodur. Manuel içten basınçlı pompa sistemine sahiptir. Kitleme mekanizmalı ve ayarlanabilir nozullu paslanmaz çelik lansı mevcuttur. Depo üzerinde basınç manometresi mevcuttur.



Şekil 6.119: ISTEK DM10
(İST, 2023)

Ülkemiz de ayrıca Savunma Sanayii Başkanlığı (SSB) tarafından KBRN alanında yürütülen proje ve çalışmaların paylaşılması ve tüm paydaşlarla etkin bir koordinasyon

sağlanması amacıyla 7 Kasım 2022 tarihinde gerçekleştirilen kimyasal ve biyolojik dekontaminasyon teknolojileri alanında yeni nesil dekontaminasyon malzemesi geliştirilmesine yönelik projelendirme faaliyetleri DEKON projesi kapsamında hala yürütülmektedir (Tübitak MAM, 2022).

Tübitak MAM Kimyasal Teknoloji Enstitüsü (KTE) KBRN Faaliyetleri kapsamında KBRN alanındaki çalışmalarda farklı disiplinlerden gelen (inorganik, organik, analitik kimya, polimer kimyası ve kimya mühendisi) bir ekip görev almaktadır. KTE bünyesinde KBRN konusundaki araştırma alanları şu şekildedir:

Reaktif Adsorban Esaslı Yeni Nesil KBRN Korunma Sistemleri

- Yeni nesil KBRN dekontaminasyon tozu (malzeme, teçhizat ve ekipmanlar için)
- KBRN personel dekontaminasyon pedi
- KBRN tehlikeli atık nötralizasyon ünitesi
- KBRN koruyucu katmanlı tekstil (nefes alabilir, uzun süre koruma sağlayan, tekrar kullanılabilir C sınıfı koruyucu tekstil)
- Reaktif adsorban esaslı KBRN koruyucu filtre ve maskeler (YÖK, 2020).

6.4. Türkiye Örneğinin Değerlendirilmesi

AB, ABD ve Türkiye’de kullanılan ve açık kaynaklardan erişilen yöntem ve sistemler ayrı ayrı incelenerek dağıtım sistemleri, dekontaminasyon sistemleri (araç, römork, ünite vb.), duş sistemleri, barınaklar, kitler, nanoteknolojik sistemler, ozon sistemleri plazma sistemleri, tspler, dekontaminantlar ve su artıma sistemleri olarak çeşitli başlıklara ayrılmıştır. Her ülke için açık kaynaklardan ulaşılabilen ürünler değerlendirildiğinde AB’de toplam 58 çeşit ürün, ABD’de toplam 69 çeşit ürün ve Türkiye’de toplam 22 çeşit ürüne ulaşılmıştır. Dağıtım sistemleri olarak kategorize edilen ürün çeşidinde AB’de 11, ABD de 8, ülkemizde ise 2 ürün çeşidine ulaşılmıştır. Dekontaminasyon sistemi olarak değerlendirilen olay yerinde birçok dekontaminasyon işlevinin gerçekleştirilmesini sağlayan araçlar, römork ve üniteler vb. araçları kapsayan sistemlerde AB 5, ABD 3, ülkemizde ise 7 çeşit ürüne ulaşılmıştır. Olay yerinde kullanılabilecek duş sistemleri için AB 6, ABD 9, ülkemiz ise 7 çeşit ürüne sahiptir. Bu ürünlerin kapasiteleri ve kullanım şekilleri birbirinden

farklıdır. Dekontaminasyon kitlerinde ise AB de 4, ABD de ise hayvan dekontaminasyonuna yönelik 1 çeşit ürün ile 9 çeşit kit örneğine sahiptir. Ülkemizde kit ile ilgili bir ürüne açık kaynaklardan erişilememiştir. Dekontaminant olarak AB de 8 çeşit solüsyon, 5 çeşit toz olarak toplam 13, ABD de 1 jel, 10 solüsyon formunda toplam 11 ürün çeşidine ulaşılmıştır.

Türkiye de ise 1 çeşit toz formunda dekontaminant ürüne ulaşılmıştır. Barınak başlığı altında AB de duş sistemleri ile iç içe geçmiş ürünlere ulaşılmıştır. ABD de barınak çeşidi olarak 6 ürüne, ülkemizde ise 2 ürüne ulaşılmıştır.

Su arıtma sistemlerinde AB de açık kaynaklardan herhangi bir ürüne ulaşamazken ABD de 1, Ülkemizde 2 ürüne ulaşılmıştır. Mikroemülsiyon ve nanoteknolojik ürünlerde AB 1 çeşit ürüne erişilebilmiştir. AB de plazma teknolojisinde ürüne erişilememiştir.

ABD mikoemülsiyon bazlı sistem kullanılmaktadır. ABD de nanoteknolojik ürün çeşidinde 5, plazma teknolojisinde 4, ozon teknolojisinde ise 2 ürüne ulaşılabilmiştir. Ülkemizde ise ozon teknolojisi su arıtma sistemine entegre edilebilir şekilde sterilizasyon için kullanılabilir bir ürüne ulaşılmıştır.

Taşınabilir sistemler olarak kategorize edilen ürünlerde ise AB 17 çeşit ürüne, ABD ise 10 ürün çeşidine sahiptir. Ayrıca tropikal cilt koruyucu olarak ABD 1 çeşit ürüne sahiptir. Diğer ülkelerde açık kaynaklarda tsp kategorisine uygun herhangi bir ürüne erişilememiştir.

İncelenen sistemlerin kategorik olarak detaylarına Tablo 5-4'te değinilmiştir. Ülkelerin detaylı olarak incelendiği açıklamaya ise Ek-1, Ek-2 ve Ek-3'te değinilmiştir.

Tablo 6-4: AB, ABD ve Türkiye’de kullanılan sistemler

ÜLKE	KATEGORİ	Ürün Çeşidi
AB	DAĞITIM SİSTEMİ	11
	DEKONTAMİNASYON SİSTEMİ	5
	DUŞ SİSTEMİ	6
	KİT	4
	MİKROEMÜLSİYON	1
	NANOTEKNOLOJİ	1
	SOLÜSYON (Dekontaminant)	8
	TAŞINABİLİR SİSTEMLER	17
	TOZ (Dekontaminant)	5
Toplam		58
ABD	BARINAK	6
	DAĞITIM SİSTEMİ	7
	DEKONTAMİNASYON SİSTEMİ	3
	DUŞ SİSTEMİ	9
	JEL (Dekontaminant)	1
	KİT	9
	NANOTEKNOLOJİ	5
	OZON	2
	PLAZMA	4
	SOLÜSYON (Dekontaminant)	10
	SU ARITMA SİSTEMİ	1
	TAŞINABİLİR SİSTEMLER	10
	TSP	1
	MİKROEMÜLSİYON	1
Toplam		69
TÜRKİYE	BARINAK	2
	DAĞITIM SİSTEMİ	2
	DEKONTAMİNASYON SİSTEMİ (4 römork, 1 konteyner)	7
	DUŞ SİSTEMİ	7
	SU ARITMA SİSTEMİ	2
	TOZ (Dekontaminant)	1
	OZON (Entegre Sistem)	1
Toplam		22
Genel Toplam		149

SONUÇ

Günümüzde, KBRN saldırıları düşük sıklıklı, yüksek etkili saldırı yöntemleri olarak kabul edilmektedir ve terör olaylarının artan oranı göz önüne alındığında ciddi bir endişe kaynağı haline gelmiştir. Bu anlamda küresel terörizm veritabanında 1970 ile 2020 yılları arasında 200.000 vakayı kaydedilmiştir (GTD, 2022).

Günümüze en yakın örneklerden sabotaj ve terörizm anlamında Aum Shinrikyo tarafından Tokyo metrosunda gerçekleştirilen sarin gazı saldırısı, Irak'ta 2007 yılında Irak'taki El Kaide grubunun kullandığı kimyasal silahlar ve 2018 yılında Suriye Arap Hava Kuvvetleri Suriye'nin doğusundaki Serakib'de kullandığı klor gazı verilebilir (U.S. Department of State, 2023).

Doğal olarak ortaya çıkan veya kazara oluşan biyolojik tehdit COVID-19 pandemisi, kaynağı ne olursa olsun biyolojik tehditlerin toplumumuzu etkileme ve müdahale kapasitemizi zorlama konusundaki olağanüstü kapasitesini göstermiştir. COVID-19 salgını ayrıca kişisel koruyucu ekipmanların, yüzeylerin, malzemelerin ve kapalı ortamların dekontaminasyonu için yeni teknolojilerin geliştirilmesini de teşvik etmiştir.

Salgın çerçevesinde yüz maskelerinin ve diğer koruyucu malzemelerin yaygın kullanımı yeni bir kitlesel atık oluşumuna yol açmıştır. Büyük miktarlarda kullanılmış KKD bileşenlerinin bertarafı, organizasyonel bir zorluk ve çevre için hafife alınamayacak bir tehlike oluşturmuştur.

Kişisel koruyucu ekipmanların tek kullanımlık olması ve kontamine olmuş hastaların taşınması ve küresel anlamda zorluklar dekontaminasyon yöntemleri ve sistemleri için büyük bir talep yaratmıştır. KKD'nin güvenli geri dönüşümü yoluyla pandemiyle mücadele ve çevrenin korunmasına önemli bir katkı sağlamak için kullanımı kolay ve sürdürülebilir bir dekontaminasyon yöntemine ihtiyaç artmıştır.

Ülkemizin de üyesi olduğu NATO'nun 2022 yılında deklare ettiği KBRN Savunma Politikasında [NATO's Chemical, Biological, Radiological and Nuclear (CBRN)

Defence Policy] KBRN materyallerinin veya KİS'in devletler ve devlet dışı aktörler tarafından potansiyel kullanımının müttefik güvenliği için merkezi ve gelişen bir tehdit olmaya devam ettiği bir dünyada askerî ve askerî olmayan araçları tutarlı ve sürekli bir şekilde kullanarak bu zorlukların üstesinden gelmeye devam etmektedir. Yine aynı politika gereği KBRN tehditlerine karşı caydırmak ve savunmak için yeteneklerimizi planlamak, konumlandırmak, tatbikat yoluyla eğitimlerle ülkemizi donatmamız gerekmektedir (NATO, 2022b).

Bu bağlamda NATO Müttefiki olarak ülkemiz ev sahipliğinde NATO'nun 2022 Kimyasal, Biyolojik, Radyolojik ve Nükleer (KBRN) Savunma Politikasında (NATO's Chemical, Biological, Radiological and Nuclear (CBRN) Defence Policy, 2022) deklare edildiği üzere 2016 ve 2021 yıllarında Hava Kuvvetleri Komutanlığı ile NATO Toxic Trip- 2021 KBRN Savunma Tatbikatını icra etmiştir.

Yine 2017 yılında NATO üyesi, ortağı ve partneri ülkelerin temsilcilerine Afet ve Acil Durum Eğitim Merkezi'nde (AFADEM), “Kimyasal, Biyolojik, Radyolojik ve Nükleer Madde” (KBRN) tehditlerine yönelik olarak eğitim verilmiştir.

Ülkemizin güvenlik ortamını özellikle gelişen yıkıcı teknolojilerle tehdit eden ülkeler ile coğrafi ortaklığımız dikkate alındığında; KBRN tehditlerine yönelik koruyucu önlemler almanın yanı sıra dekontaminasyon yöntem ve sistemlerini güçlendirmek ve pekiştirmek amaçlanan hedefler arasında yer almalıdır.

Bu tez çalışmasında yapılan değerlendirme ve incelemeler 27 Avrupa Birliği ülkesinin tek başlık halinde değerlendirilmesi ve incelenen yöntem ve sistemlerin detaylarının erişime açık kaynaklardan sınırlı olarak yapılabildiği düşünüldüğünde; ülkemizin dekontaminasyon yöntem ve sistemleri ile ilgili mesafe katettiği söylenebilir. NATO Müttefiki olan ülkemizin NATO ülkelerinin kullandığı dekontaminasyon yöntem ve sistemlerine erişiminin olduğu da varsayılmaktadır.

AB ve ABD'nin ARGE faaliyetlerinin sonucu olarak yöntem, araç gereç ve ürüne yönelik çalışmaları incelendiğinde faydalı ve nitelikli çok fazla ürün ve ekipmana sahip olduğu tespit edilmiştir. Türkiye örneği incelendiğinde ise ülkemizin jeopolitik ve jeostratejik konumu dikkate alındığında Ulusal KBRN savunması ve dekontaminasyon yöntem ve sistemleri kapsamında ülkemizin donanımının artırılması, hammadde ve teçhizat gereksinimleri için dışa bağımlılığının asgari

düzeye indirilmesi için yerli ve milli ürünlerin ülkemize kazandırılması gerekliliği görülmektedir.

Amerika Birleşik Devletlerinin sahip olduğu teknoloji ve yöntemlerin çeşitliliği de göz önünde bulundurularak ülkemizin de özellikle Almanya'nın adı ile tanınmış C8 ya da ABD'nin adıyla tanınmış DF 200 gibi ülkelerinin isimleriyle markalaşmış ürünler örneğinde olduğu gibi ürün ve teknoloji açısından daha geniş bir ürün yelpazesine sahip olmak için mevcut çalışmaların hızlandırılması özellikle ARGE faaliyetlerinin güçlendirilerek paydaşlarla yapılacak müzakereler neticesinde ve gelişen teknolojiler ışığında yeni yöntem ve sistemlerin değerlendirilerek dekontaminasyon yöntem ve sistemleri kapsamında yapılan çalışmaların ülkemiz adına nitelikli ürüne dönüştürülmesinin hızlandırılması gerektiği düşünülmektedir.

Çalışmada açık kaynaktan erişilebilen AB de toplam 58, ABD de toplam 69 ve Türkiye de toplam 22 ürün incelenmiştir. Özellikle ABD de kullanılan yenilikçi teknolojiler olarak değerlendirilebilecek nanoteknolojik sistemler, plazma sistemleri, ozon sistemleri ile dekontaminant çeşitliliği dikkat çekicidir.

AB ülkelerinde ise özellikle Almanya'nın çeşitli dağıtım sistemleri, taşınabilir mobil sistemlerde öne çıktığı görülmüştür. AB ülkelerinde de kullanılan dekontaminant çeşitliliği ve yeni teknolojilere eğilim oldukça fazladır.

AB ülkelerinden İspanya'nın geliştirdiği yenilikçi hızlı Counterfog® dekontaminasyon teknolojisi havadaki ve yüzeylerdeki tüm kirletici maddeleri hızlı bir şekilde ortadan kaldırabilmesi bakımından oldukça etkilidir. Counterfog® teknolojisi, dekontaminasyon yöntem ve sistemleri açısından değerlendirildiğinde bu anlamda ciddi bir aşama olarak göze çarpmaktadır.

AB ülkelerinin sayısı da değerlendirildiğinde ABD'nin KBRN kapsamında savunma ve güvenlik konusunda gösterdiği özen ve önem çalışmanın sonucuyla daha somut değerlendirilebilmektedir.

ABD ve AB de özellikle uçak, bina dekontaminasyonu konusunda da oldukça çeşitli sistemler kullandığı görülmüştür.

Bu çalışmayla özellikle Türkiye de dekontaminant çeşitliliği bakımından ARGE faaliyetlerinin artırılarak yeni ürün geliştirilmesi önerilmektedir.

Dekontaminasyon sistemleri anlamında ülkemizde römork tarzı taşıyıcı araç sayısı doyurucu niteliktedir ancak yenilikçi teknolojiler bakımından ülkemizde ARGE faaliyetlerinin artırılarak, paydaşlarla gerekli çalışmaların yapılması gerekmektedir.

Personel, ekipman ve altyapı dekontaminasyonunun yapıldığı dağıtım sistemlerinde ülkemizde ciddi bir ARGE çalışmasına ihtiyaç olduğu değerlendirilmektedir.

Barınaklar ve duş sistemleri teknolojisinde de AB ve ABD de yüksek bir teknolojinin olduğu belirlenmiştir. Özellikle ABD de toplu dekontaminasyon, ilk müdahale, tekli, ikili ve çoklu barınak ve duş sistemlerinin olduğu görülmüş, ülkemizin bu anlamda da desteklenmesinin gerektiği değerlendirilmiştir.

Mobil KBRN dekontaminasyon merkezleri olarak değerlendirilen dekontaminasyon sistemlerinde ise ABD'nin 2400 kazazede kapasiteli sistemleri, AB ülkelerinde ise tabur düzeyinde (300-1300) dekontaminasyon sistemlerinin varlığı dikkat çekicidir. Ülkemizde ise bu sistemler bazında dekontaminasyonu sağlanabilecek kazazede sayısı saatte 60 kişidir.

Çalışmanın genelinde geliştirilen yöntem ve sistemlerinin çoğunlukla kimyasal ajanlara yönelik olduğu görülmüş bunu biyolojik ajanlar ve radyolojik kirleticiler takip etmiştir.

Araştırmanın ABD ve AB ülkelerinin kullandığı en güncel yöntem ve sistemlerin detaylı analizinin yapılarak ülkemizin yerli ve milli imkân ve kabiliyetlerinin artırılmasının önemini vurgulayarak, KBRN dekontaminasyon imkân ve kabiliyetleri kapsamında yapılması planlanan çalışmalara rehberlik yapacağı ve bu alanda çalışma yapacak araştırmacılara katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

EK-1 AB’de Kullanılan Sistemler

KATEGORİ	MALZEME
DAĞITIM SİSTEMİ	AMGDS 1000
	AMGDS 2000
	DS 10
	DS 5
	DS 10 S
	FOGBOOSTER
	HD 5/11 CAGE DJ
	PRNDS 12 MIL
	PSDS 1,5 MIL
	PSDS 10 MIL
	SN 50
	CAGE
DEKONTAMİNASYON SİSTEMİ	DSVP 10C
	MPD 100
	TEP 90
	ZMB
DUŞ SİSTEMİ	ALAN DUŞ
	SHOWER 15 JET
	SİS DUŞU
	SMR
	SZMF
	SZMK
KİT	ALLDECONTMED
	BMK
	COBRA
	PDK
MİKROEMÜLSİYON	C8
NANOTEKNOLOJİ	DEMİR NANOPARTİKÜL

EK-1 AB’de Kullanılan Sistemler (Devam)

KATEGORİ	MALZEME
SOLÜSYON	BX 29
	BX 40
	GD 6
	NOSOCID PAA
	ODS 5
	OR 3
	RDS 2000
	SX 34
TAŞINABİLİR SİSTEMLER	AID
	BIAFTS
	DECOCONTAIN 3000
	DEDAS
	HGSC 1400
	HWM 100
	HWM 100B
	HWM 40
	LDV X
	MEDICLEON 2000SE
	MPDS2
	SANİJET C.921
	SDR
	SMGD RACCOON
	SURF EX
	SXM 30C
	VDM 265
TOZ	BX 24
	BX 25
	BX 26
	DF 200 3. NESİL
	GDS 2000

EK-2 ABD’de Kullanılan Sistemler

KATEGORİ	MALZEME
BARINAK	İLK MÜDAHALE 2 ŞERİTLİ
	İLK MÜDAHALE 3 ŞERİTLİ
	İZOLASYON BARINAĞI
	J- M SERİSİ
	KORUYUCU BARİYER
	XB 3 BÖLMELİ SERİ
DAĞITIM SİSTEMİ	AFDS
	CO2 KARJETİ
	DECON 911
	DECON 911 BİSİKLET
	DEFOAMER
	FAST ACT
	HAVA ARABASI SİSTEMİ
DEKONTAMİNASYON SİSTEMİ	LDS
	MODEL 924
	PALETLİ MUHAFAZA SİSTEMİ
DUŞ SİSTEMİ	DECON HAVUZ
	DECON KORİDOR
	MASCAS DECON
	SAHA DUŞ SİSTEMİ
	TEKNİK DECON DUŞ
	TİP 1000
	TİP 2000
	TİP 3000
	TİP 5500
JEL	L GEL
KİT	DECON NOW
	EXTERM
	K9 DECON
	M 100 SDS
	M 291
	M333
	RAD
	RSDL
	VUR KAÇ

EK-2 ABD’de Kullanılan Sistemler (Devam)

KATEGORİ	MALZEME
NANOTEKNOLOJİ	CuO NANOPARTİKÜL
	METAL OKSİTLER
	NANOSTAT
	NONWOVEN PED
	SİLİKA NANOPARTİKÜL
OZON	DİLİGEN II
	OZON SIVI
PLAZMA	ATMOSFER PLAZMA
	BIT
	F MAP BIT
	MOBİL PÜSKÜRTME SİSTEMİ
SOLÜSYON	ASH
	DDSF
	DECON GREEN
	DF 200
	DS2
	DSF
	EFT CRYSTAL CLEAN
	İYODOWASH QUICK DECON
	SDF
	STB
SU ARITMA SİSTEMİ	DETS
TAŞINABİLİR SİSTEMLER	EDS
	GL 1800
	M12A1 PDDA
	M26
	SENTİNEL 120
	SENTİNEL 30
	SENTİNEL 60
	VHP 1000
	VHP M100
	YÜKSEK HAREKETLİ DEKONTAMİNASYON SİSTEMİ
TSP	DERMO STYX
MİKROEMÜLSİYON	MİKROEMÜLSİYON BAZLI SİSTEM

EK-3 Türkiye’de Kullanılan Sistemler

KATEGORİ	MALZEME
BARINAK	DEKONTAMİNASYON ÇADIR
	ELBİSE VE TEÇHİZAT
DAĞITIM SİSTEMİ	ISTEC DM 10
	PORTATİF DECO SİSTEMİ
DEKONTAMİNASYON SİSTEMİ	DEKONTAMİNASYON SİSTEMİ (römork)
	DEKONTAMİNASYON ÜNİTESİ (konteyner)
	DT 2000 (römork)
	MÜDAHALE ARACI
	RDT 1000 (Römork)
	ST 2000 DH (römork)
	ST 3000 DC
DUŞSİSTEMİ	DECO MED
	DUŞ DOZAJLAMA
	ENDÜSTRİYEL TİP
	HAVUZLU PORTATİF ÜNİTE
	HEXAGON
	KOMPAKT DUVAR TİPİ
	TÜNEL TİPİ
SUARITMA SİSTEMİ	ACTINI
	AQUA PREMIUM
TOZ	T1
OZON	AQUA PREMIUM

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı: Ülker Kurtuluş, Şeyma

Uyruğu: Türkiye Cumhuriyeti

Doğum tarihi ve yeri:

Telefon:

e-mail:

Eğitim

Derece

Üniversite ve Bölüm

Mezuniyet tarihi

Lisans

Gazi Üniversitesi /Biyoloji Öğretmenliği

2012

Yüksek lisans (Tezli)

Gazi Eğitim Bilimleri Enstitüsü

2019

Meslekî Deneyim

Yıl

Yer

Görev

2012-2014

2015- devam

Yabancı Dil

İngilizce (iyi)

Yayınları

Arslan, P., DALGIÇ, M. A., SARIÇAKMAK, S., SARIGİL, N., ÜLKER, Ş., & MEMMİ, B. K. (2011). Çamaşır suyu ve bulaşık deterjanının *Lepistes* (*Poecillia reticulata* Peters, 1859) balıkları üzerindeki genotoksik etkilerinin mikronükleus testi kullanılarak araştırılması. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 2(2), 29-37.

Tezden Türetilen Yayınları/Sunumları

Mirici, S., & Ülker Kurtuluş, Ş. The Effect of Students' Participation in TUBITAK Research Projects on the Choice of Their Profession

KAYNAKÇA

- İndependent Türkçe. (07.07.2023). *ABD ordusu envanterindeki son kimyasal silahları da imha etti* Alındığı Yer: [https://www.indyturk.com/node/645781/d%C3%BCn%C3%BCn/abd-ordusu-envanterindeki-son-kimyasal-silahlar%C4%B1-da-imha-etti](https://www.indyturk.com/node/645781/d%C3%BCn%C3%BCn%C3%BCn/abd-ordusu-envanterindeki-son-kimyasal-silahlar%C4%B1-da-imha-etti)
- AFAD. (2024). Arama Kurtarma Ekip ve Ekipmanlarımız Alındığı Yer: <https://www.afad.gov.tr/arama-kurtarma-ekip-ve-araclarimiz> Erişim Tarihi: 29.04.2024
- AFAD. (2017). Nato Ülkelerinin Temsilcileri Afadem’De Kbrn Tatbikati Yaptı. Alındığı Yer: <https://www.afad.gov.tr/nato-ulkelerinin-temsilcileri-afademde-kbrn-tatbikati-yapti> Erişim Tarihi: 29.04.2024
- Akses, A. (2024). ElectroMagnetic Pulse (EMP) Alındığı Yer: <https://www.aysamakses.com/en/bilgi-bankasi/elektromanyetik-darbe-emp/> Erişim Tarihi: 01.05.2024
- Allen-Vanguard. (n.d.). CBRN Solutions Air Foam Dolly [Brochure] Alındığı Yer: <https://www.yumpu.com/en/document/read/4932026/air-foam-dolly-cbrn-solutions-epe> Erişim Tarihi: 24.04.2024
- Alkış, M. A. (2022). Threat of nuclear terrorism: The developing nuclear security regime. *International Journal of Nuclear Security*, 7(1), 17.
- Altheide, D. (1996). Process of document analysis. D. Altheide (Edt.) *Qualitative media analysis*. Thousand Oaks: Sage Pub
- Altın, C., Ulutaş, H., Orhan, E., Er, O., & Akdoğan, V. (2021). Internet of things technology based agricultural spraying drone design for remote farming applications. *Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi* <https://doi.org/10.18466/cbayarfbe.781368>
- Army Center For Health Promotion And Preventive Medicine Aberdeen Proving Ground Md. (2000). The Medical NBC Battlebook. Alındığı Yer: <https://apps.dtic.mil/sti/tr/pdf/ADA429006.pdf> Erişim Tarihi: 05.12.2023
- Army Techniques Publication. (2021). Chemical, Biological, Radiological, And Nuclear Platoons Alındığı Yer: file:///C:/Users/67662/Downloads/ARN32065-ATP_3-11.74-000-WEB-1.pdf Erişim Tarihi: 24.04.2024

- ATSDR. (2017). Medical Management Guidelines for Nerve Agents: Tabun (GA); Sarin (GB); Soman (GD); and VX. Alındığı Yer: [https://wwwn.cdc.gov/TSP/MMG/MMGDetails.aspx?mmgid=523&toxid=93#:~:text=G%2Dtype%20nerve%20agents%20\(GA,fatal%20systemic%20effects%20may%20occur](https://wwwn.cdc.gov/TSP/MMG/MMGDetails.aspx?mmgid=523&toxid=93#:~:text=G%2Dtype%20nerve%20agents%20(GA,fatal%20systemic%20effects%20may%20occur). Erişim Tarihi: 08.12.2023
- ATSDR. (2011). Medical Management Guidelines for Blister Agents: Sulfur Mustard Agent H or HD (C₄H₈Cl₂S) Sulfur Mustard Agent HT. 25.01.2011. Alındığı Yer: <https://wwwn.cdc.gov/TSP/MMG/MMGDetails.aspx?mmgid=924&toxid=191> Erişim Tarihi: 11.01.2024
- ATSDR. (2008). Radionuclides (radioactive materials) Alındığı Yer: [https://wwwn.cdc.gov/TSP/substances/ToxChemicalListing.aspx?toxid=27#:~:text=Radionuclides%20\(or%20radioactive%20materials\)%20are,to%20protons%20or%20the%20reverse](https://wwwn.cdc.gov/TSP/substances/ToxChemicalListing.aspx?toxid=27#:~:text=Radionuclides%20(or%20radioactive%20materials)%20are,to%20protons%20or%20the%20reverse)). Erişim Tarihi: 01.05.2024
- Aytuğ, H. K., & Pozan, İ. F. (2023). GELİŞEN HİBRİT SAVAŞ ORTAMINDA NATO-AB İŞ BİRLİĞİ. Karadeniz Araştırmaları, 20(77), 1-27.
- Babkin, I. V., & Babkina, I. N. (2015). The origin of the variola virus. Viruses, 7(3), 1100-1112.
- BARDA. (2024). PRISM: PRIMARY RESPONSE INCIDENT SCENE MANAGEMENT Guidance for the operational response to Chemical Incidents Alındığı Yer: <https://www.medicalcountermeasures.gov/barda/cbrn/prism/> Erişim Tarihi: 18.04.2024
- Barnett, D. J., Parker, C. L., Blodgett, D. W., Wierzba, R. K., & Links, J. M. (2006). Understanding radiologic and nuclear terrorism as public health threats: preparedness and response perspectives. Journal of Nuclear Medicine, 47(10), 1653-1661.
- Barten, D., Tin, D., De Cauwer, H., Ciottoni, R., & Ciottoni, G. (2022). A Counter-Terrorism Medicine Analysis of Drone Attacks. Prehospital and Disaster Medicine, 37(2), 192-196. doi:10.1017/S1049023X22000139
- Bartram, P. W., & Wagner, G. W. (1997). U.S. Patent No. 5,689,038. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- Barras, V., & Greub, G. (2014). History of biological warfare and bioterrorism. Clinical Microbiology and infection, 20(6), 497-502.
- Bayer, U., Moser, A., Kruegel, C. and Kirda, E. (2006) Dynamic Analysis of Malicious Code. Journal in Computer Virology, 2, 67-77. <http://dx.doi.org/10.1007/s11416-006-0012-2>
- Baker, D. J. (2016). Chemical, Biological, Radiological and Nuclear Hazards: An Overview and Comparison. Toxic Trauma: A Basic Clinical Guide, 209-230.

- Baltacı, A. (2017). Nitel veri analizinde Miles-Huberman modeli. *Ahi Evran Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 3(1), 1-15.
- Bast, C. B., & Glass-Mattie, D. F. (2015). Phosgene. In *Handbook of Toxicology of Chemical Warfare Agents* (pp. 327-335). Academic Press.
- Baylon, C., Brunt, R., & Livingstone, D. (2015). *Cyber Security at Civil Nuclear Facilities: Understanding the Risks: Chatham House Report*. Chatham House for the Royal Institute of International Affairs.
- Baysallar, M., & Kenar, L. (2006). Biyoterörizm ve Dekontaminasyon Yönetimi. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 63(1), 115-128.
- Baxter, P. and Jack, S. (2008). Qualitative case study methodology: Study design and implementation for novice researchers. *The qualitative report*, 13(4), 544-559
- Beale, S. L., Zolnikov, T. R., & Firebaugh, C. M. (2021). A scoping review on Category A agents as bioweapons. *Prehospital and disaster medicine*, 36(6), 767-773.
- Baillie, L. (2001). The development of new vaccines against *Bacillus anthracis*. *Journal of Applied Microbiology*, 91(4), 609-613.
- Bennett, D (2007). Terrorists and Unconventional Weapons: Is the Threat Real? *Low Intensity Conflict & Law Enforcement* 2007 Jan.; 12(1): 20-50
- Benolli, F., Guidotti, M., & Bisogni, F. (2021). The CBRN threat. Perspective of an interagency response. *International Security Management: New Solutions to Complexity*, 429-448
- Berg, A. C. (2021). *THE INTERNET'S RELATIONSHIP TO CBRN INCIDENTS BY LONE ACTORS: A STUDY ON THE EVOLVING THREAT* (Doctoral dissertation, Johns Hopkins University).
- Bergman, N. H., Anderson, E. C., Swenson, E. E., Niemeyer, M. M., Miyoshi, A. D., & Hanna, P. C. (2006). Transcriptional profiling of the *Bacillus anthracis* life cycle in vitro and an implied model for regulation of spore formation. *Journal of bacteriology*, 188(17), 6092-6100.
- Bhatti, S. A., Memon, F. H., Rehman, F., Bhatti, Z., Naqvi, T., & Thebo, K. H. (2022). Recent progress in decontamination system against chemical and biological materials: challenges and future perspectives. *Reviews in Inorganic Chemistry*, 42(3), 283-295.
- Binder, M. K., & Ackerman, G. A. (2023). CBRN Terrorism. In *Oxford Research Encyclopedia of International Studies*.

- Biological Weapons Convention (BWC). (1972) Alındığı Yer: <https://www.nti.org/education-center/treaties-and-regimes/convention-prohibition-development-production-and-stockpiling-bacteriological-biological-and-toxin-weapons-btwc/#:~:text=The%20treaty%20prohibits%20the%20development,dissemination%20such%20agents%20or%20toxins>. Erişim Tarihi: 21.07.2023
- Biosafety: Decontamination Methods for Laboratory Use. (2022). Alındığı Yer: <https://blink.ucsd.edu/safety/research-lab/biosafety/decontamination/index.html> Erişim Tarihi: 15.04.2024
- Bland, S. A. (2014). Chemical, Biological, Radiological and Nuclear (CBRN) Casualty Management Principles. *Conflict and Catastrophe Medicine: A Practical Guide*, 747-770.
- BlueWillow Biologics. (n.d.). About Our Intranasal Adjuvant Technology Alındığı Yer: <https://bluewillow.com/our-proprietary-technology-platform/> Erişim Tarihi: 07.03.2024
- Blunt, J., & Balchin, N. C. (2002). *Health and safety in welding and allied processes*. Elsevier.
- Bodurtha, P., & Dickson, E. F. G. (2016). *Decontamination science and Personal Protective Equipment (PPE) selection for Chemical-Biological-Radiological-Nuclear (CBRN) events*. Alberta: Defence Research and Development Canada.
- Bottini, A., Pacheco, D. R., Forti, F. L., & Bottini, N. (2023). Revisiting VH1 phosphatase at the time of monkeypox: back to the spotlight. *Biochemical Society Transactions*
- Brockmann, K. (2019). *Advances in 3D printing technology: Increasing biological weapon proliferation risks*. Stockholm International Peace Research Institute: Commentary/WritePeace blog.
- Brown, J. S., Hodge, R. C., McCabe, M. A., McGrady, K. A., & Schilling, A. S. (2006). U.S. Patent No. 7,064,241. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- Brown, R. S., Rossin, J. A., Kotary, J. E., Fitzgerald, G., Gerhart, K. G., Mearns, H. A., ... & Yates Jr, J. T. (2005). U.S. Patent No. 6,852,903. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- Byers, N. (2002). Fermi and szilard. *arXiv preprint physics/0207094*.
- Byndloss, M. X., & Tsolis, R. M. (2016). *Brucella spp. virulence factors and immunity*. *Annual review of animal biosciences*, 4, 111-127.
- Calder, A., & Bland, S. (2018). CBRN considerations in a major incident. *Surgery (Oxford)*, 36(8), 417-423.

- Cambridge Dictionary. (2024). Detoxification Alındığı Yer: <https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/detoxification> Erişim Tarihi: 18.04.2024
- Cardis, E., Krewski, D., Boniol, M., Drozdovitch, V., Darby, S. C., Gilbert, E. S., ... & Boyle, P. (2006). Estimates of the cancer burden in Europe from radioactive fallout from the Chernobyl accident. *International Journal of Cancer*, 119(6), 1224-1235.
- Cardoso, P. G., Macedo, G. C., Azevedo, V., & Oliveira, S. C. (2006). *Brucella* spp noncanonical LPS: structure, biosynthesis, and interaction with host immune system. *Microbial cell factories*, 5, 1-11.
- Carus W.S. Government Printing Office; 2017. *A Short History of Biological Warfare: From Pre-history to the 21st Century*.
- Carus, W. S. (2017). A century of biological-weapons programs (1915–2015): Reviewing the evidence. *The Nonproliferation Review*, 24(1-2), 129-153.
- Carus, W. S. (2015). The history of biological weapons use: what we know and what we don't. *Health security*, 13(4), 219-255.
- Casualty decon alldecontMED. (n.d.). Alındığı Yer: <https://www.defence-industries.com/products/owr-gmbh/casualty-decon-alldecontmed> Erişim Tarihi: 24.04.2024
- Caudle III, L. C. The Biological Warfare Threat, in *Textbook of Military Medicine: Medical Aspects of Chemical and Biological Warfare*, eds. Frederick R. Sidell, Ernest T. Takafuji, and David R. Franz (Washington DC: Office of the Surgeon General, US Army, 1997), 454.
- CBRN Decontamination of Vehicles. (n.d.). Alındığı Yer: <https://euro-sd.com/2020/02/articles/16043/cbrn-decontamination-of-vehicles/> Erişim Tarihi: 24.04.2024
- CDC. (2008). *Disinfection Guideline for Disinfection and Sterilization in Healthcare Facilities* Alındığı Yer: <https://www.cdc.gov/infectioncontrol/guidelines/disinfection/disinfection-methods/index.html> Erişim Tarihi: 15.04.2024
- CDC. (2011a). Lewisite (L): Blister Agent Alındığı Yer: https://www.cdc.gov/niosh/ershdb/emergencyresponsecard_29750006.html Erişim Tarihi: 12.01.2024
- CDC. (2011b). Cyanogen chloride (CK): Systemic Agent. Alındığı Yer: https://www.cdc.gov/niosh/ershdb/emergencyresponsecard_29750039.html Erişim Tarihi: 17.01.2024

- CDC. (2011c). Hydrogen Cyanide (AC): Systemic Agent Alındığı Yer: https://www.cdc.gov/niosh/ershdb/emergencyresponsecard_29750038.html Erişim Tarihi: 18.01.2024
- CDC. (2011d). Chloropicrin (PS): Lung Damaging Agent. Alındığı Yer: https://www.cdc.gov/niosh/ershdb/emergencyresponsecard_29750034.html Erişim Tarihi: 19.01.2024
- CDC. (2018a). Emergency Preparedness and Response, Bioterrorism Agents/Diseases. Alındığı Yer: <https://emergency.cdc.gov/agent/agentlist-category.asp#catdef> Erişim Tarihi: 01.02.2024
- CDC. (2018b). Tularemia Alındığı Yer: <https://www.cdc.gov/tularemia/index.html> Erişim Tarihi: 22.02.2024
- CDC. (2018c). Ricin: Epidemiological Overview for Clinicians Alındığı Yer: <https://emergency.cdc.gov/agent/ricin/clinicians/epidemiology.asp#:~:text=Ricin%20is%20one%20of%20the,be%20released%20as%20a%20liquid>. Erişim Tarihi: 01.05.2024
- CDC. (2019a). Nuclear Weapon. Alındığı Yer: https://www.cdc.gov/nceh/multimedia/infographics/nuclear_weapon.html Erişim Tarihi: 24.08.2023
- CDC. (2019b). Botulism: Bioterrorism. Alındığı Yer: <https://www.cdc.gov/botulism/bioterrorism/index.html#:~:text=Botulism%3A%20Bioterrorism,-Print&text=The%20toxin%20is%20called%20botulinum,used%20in%20a%20biological%20attack>. Erişim Tarihi: 01.05.2024
- CDC. (2019c). Q Fever Alındığı Yer: <https://www.cdc.gov/qfever/index.html> Erişim Tarihi: 23.02.2024
- CDC. (2023a). VX: Exposure, Decontamination, Treatment Alındığı Yer: https://www.cdc.gov/chemicalemergencies/factsheets/vx.html#anchor_23978 Erişim Tarihi: 08.12.2023
- CDC. (2023b). Melioidosis Alındığı Yer: <https://www.cdc.gov/melioidosis/index.html> Erişim Tarihi: 22.02.2024
- Centanni, M. A., Subach, D. J., & McVey, I. F. (2007). U.S. Patent No. 7,186,375. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- Chaudhary, M., & Bansal, D. (2022). Open source intelligence extraction for terrorism-related information: A review. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery*, 12(5), e1473.
- Chauhan, S., D'cruz, R., Faruqi, S., Singh, K. K., Varma, S., Singh, M., & Karthik, V. (2008). Chemical warfare agents. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 26(2), 113-122.

- CHEMM. (2017). Fuller's Earth Medical Countermeasures Database Alındığı Yer: https://chemm.hhs.gov/countermeasure_fullersearch.htm#:~:text=Fuller's%20Earth%20can%20be%20used,to%20absorb%20dirt%20and%20oil. Erişim Tarihi:16.04.2024
- Chemical Weapons Convention, (CWC). (1972) Alındığı Yer: <https://www.opcw.org/chemical-weapons-convention> Erişim Tarihi: 08.08.2023
- Coleman, C. N., Hrdina, C., Bader, J. L., Norwood, A., Hayhurst, R., Forsha, J., ... & Knebel, A. (2009). Medical response to a radiologic/nuclear event: integrated plan from the Office of the Assistant Secretary for Preparedness and Response, Department of Health and Human Services. *Annals of Emergency Medicine*, 53(2), 213-222.
- Collum, B. (2016). *Nuclear Facilities: A Designer's Guide*. Woodhead Publishing.
- Colussi, I. A. (2013). Synthetic biology between challenges and risks: Suggestions for a model of governance and a regulatory framework, based on fundamental rights. *Review of Law and the Human Genome*, 38, 185-216.
- Corbel, M. J., & Brinley-Morgan, W. J. (1984). Genus *Brucella* Meyer and Shaw 1920'173, p. 377-3BB In NR Krieg and JG Holt (ed.) *Bergey's manual of systematic bacteriology*, vo, 1.
- Corbin, J. & Strauss, A. (2008). *Basics of qualitative research: Techniques and procedures for developing grounded theory*. Thousand Oaks: Sage
- Costanzi, S., Machado, J. H., & Mitchell, M. (2018). Nerve agents: what they are, how they work, how to counter them. *ACS chemical neuroscience*, 9(5), 873-885.
- Counterfog® Nuestros Productos (n.d.). Alındığı Yer: <https://counterfog.com/productos/> Erişim Tarihi: 25.04.2024
- CO2CLEAN. (2016). Carbon Dioxide Snow Cleaning equipment Alındığı Yer: <https://www.co2clean.com/> Erişim Tarihi: 24.04.2024
- Cusick, K. D., & Sayler, G. S. (2013). An overview on the marine neurotoxin, saxitoxin: genetics, molecular targets, methods of detection and ecological functions. *Marine Drugs*, 11(4), 991-1018.
- Cravitz, L., & Miller, W. R. (1950). Immunologic studies with *Malleomyces mallei* and *Malleomyces pseudomallei*. I. Serological relationships between *M. mallei* and *M. pseudomallei*. *The Journal of Infectious Diseases*, 46-51.
- Creswell, J. W. (2002). *Educational research: Planning, conducting, and evaluating quantitative*. Prentice Hall Upper Saddle River, NJ.
- Cristanini. (2024a). PRNDS/12 MIL Alındığı Yer: <https://www.cristanini.it/en/product/prnds12-mil-2/> Erişim Tarihi: 24.04.2024

- Cristanini. (2024b). SANIJET C. 921 Alındığı Yer: <https://cbrnetechindex.com/p/4612/Cristanini-SpA/SANIJET-C-921> Erişim Tarihi: 24.04.2024
- Cristanini. (2024c). CBRN Decontamination Equipment. Alındığı Yer: <https://www.army-technology.com/contractors/civil-defence-security-and-law-enforcement/cristanini-spa/> Erişim Tarihi: 13.04.2024
- Cristanini. (2024d) LDV X Alındığı Yer: <https://www.cristanini.it/en/product/ldv-x-large-volume-decon-x/> Erişim Tarihi: 24.04.2024
- Crosby, B., & Crespo, M. E. (2020). Venezuelan equine encephalitis.
- Das, S., Chattaraj, S., Sengupta, A., & Mallick, K. (2016) Nuclear Fusion-A Colossal Energy Source. ” International Journal of Scientific and Technical Advancements, Volume 2, Issue 1, pp. 131-133
- De Kruif, P. (1926). Microbe hunters (No. 3). Blue ribbon books.
- Decontamination solution for foam formation ODS-5. (2024). Alındığı Yer: <https://www.oritest.cz/en/products/decontamination/ods-5-en/> Erişim Tarihi: 24.04.2024
- Deeds, J. R., Landsberg, J. H., Etheridge, S. M., Pitcher, G. C., & Longan, S. W. (2008). Non-traditional vectors for paralytic shellfish poisoning. *Marine drugs*, 6(2), 308-348.
- d’Errico, F., Backwell, L., Villa, P., Degano, I., Lucejko, J. J., Bamford, M. K., ... & Beaumont, P. B. (2012). Early evidence of San material culture represented by organic artifacts from Border Cave, South Africa. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(33), 13214-13219
- Del Álamo, C., Vázquez-Calvo, Á., Alcamí, A., Sánchez-García-Casarrubios, J., & Pérez-Díaz, J. L. (2022). Assessment of Surface Disinfection Effectiveness of Decontamination System COUNTERFOG® SDR-F05A+ Against Bacteriophage ϕ 29. *Food and Environmental Virology*, 14(3), 304-313.
- Dehhaghi, M., Kazemi Shariat Panahi, H., Holmes, E. C., Hudson, B. J., Schloeffel, R., & Guillemin, G. J. (2019). Human tick-borne diseases in Australia. *Frontiers in cellular and infection microbiology*, 3
- Dierstein, R. & Driks, A. (2006). The biological threat. *Science and Culture Series*, 432-6.
- Dire, D. J. (2003). CBRNE-Vesicants, Mustard-Hd, Hn1-3, H. eMedicine Knowledge Base.

- Djalali, A., Della Corte, F., Segond, F., Ingrassia, P., Metzger, M., Gabilly, L., . . . Griger, F. (2017). TIER competency-based training course for the first receivers of CBRN casualties: a European perspective. *European journal of emergency medicine*.
- Dorner, B. G., Zeleny, R., Harju, K., Hennekinne, J. A., Vanninen, P., Schimmel, H., & Rummel, A. (2016). Biological toxins of potential bioterrorism risk: Current status of detection and identification technology. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 85, 89-102.
- Doruk. (2024). Taşınabilir Dekontaminasyon (KBRN) Ünitesi Alındığı Yer: <https://www.doruksogutma.com/tasinabilir-dekontaminasyon-kbrn-unitesi> Erişim Tarihi: 29.04.2024
- Dragolici, C., & Dragolici, F. (2014). Introduction in means and methods used in chemical, biological, radiological and nuclear decontamination. *Rom. Journ. Phys*, 59(9-10), 920-929.
- DOE. (n.d.). THERMAL RADIATION Alındığı Yer: <https://www.osti.gov/opennet/manhattan-project-history/Processes/BombTesting/thermal-radiation.html> Erişim Tarihi: 01.05.2024
- DOE. (2024). MasCas® II Decontamination Shower System Alındığı Yer: <https://shop.dqeready.com/mascas-II-decon-shower-system/> Erişim Tarihi: 29.04.2024
- Domínguez-Gadea, L., & Cerezo, L. (2011). Decontamination of radioisotopes. *Reports of practical oncology and radiotherapy*, 16(4), 147-152.
- DVIDS. (2018). 3rd MAW increases CBRN readiness in aircraft decontamination. (2018). Alındığı Yer: <https://www.dvidshub.net/news/263763/3rd-maw-increases-cbrn-readiness-aircraft-decontamination> Erişim Tarihi: 25.04.2024
- EasyDECON® DF 200. (n.d.). Alındığı Yer: <https://intelagard.com/easydecon-df200/> Erişim Tarihi: 23.04.2024
- Ebnesajjad, S. (2014). Chapter 6-Material Surface Preparation Techniques. *Surface Treatment of Materials for Adhesive Bonding (Second Edition)*, William Andrew Publishing, Oxford, 95-138.
- Eisenhower, D. D. (1953, December). Atoms for Peace speech. In 470th Plenary Meeting of the United Nations General Assembly. Available online: <https://www.iaea.org/about/history/atoms-for-peace-speech> (accessed on 24 May 2017).
- Eneh, O. C. (2012). Biological weapons-agents for life and environmental destruction. *Research Journal of environmental toxicology*, 6(3), 65-87.

- Eitzen, E. M., Takafuji, E. T., Sidell, F., & Franz, D. (1997). Medical aspects of chemical and biological warfare. Historical Overview of Biological Warfare, 415-424.
- EPA. (1985). Field Standard Operating Procedures Manuals: FSOP #7 - Decontamination of Response Personnel Alındığı Yer: <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/9100UGQC.PDF?Dockkey=9100UGQC>. PDF Erişim Tarihi: 23.02.2024
- EPA. (2005). Workshop on Decontamination, Cleanup, and Associated Issues for Sites Contaminated With Chemical, Biological, or Radiological Materials. Alındığı Yer: https://tools.niehs.nih.gov/wetp/public/hasl_get_blob.cfm?ID=3511 Erişim Tarihi: 25.04.2024
- EPA. (2015). Surface Decontamination Methodologies for a WideArea Bacillus anthracis Incident Alındığı Yer: [file:///C:/Users/67662/Downloads/TECHNICAL%20BRIEF%20SURFACE%20DECONTAMINATION%20AUGUST17_FORMATTED2%20\(2\).PDF](file:///C:/Users/67662/Downloads/TECHNICAL%20BRIEF%20SURFACE%20DECONTAMINATION%20AUGUST17_FORMATTED2%20(2).PDF) Erişim Tarihi: 01.05.2024
- EPA. (2016). Sorbents Alındığı Yer: <https://archive.epa.gov/emergencies/content/learning/web/html/sorbents.html> Erişim Tarihi: 01.05.2024
- EPA. (2023a). Radiation Basics Alındığı Yer: <https://www.epa.gov/radiation/radiation-basics> Erişim Tarihi: 01.05.2024
- EPA. (2023b). Chemical/Biological and Decontamination Agent Information Alındığı Yer: <https://iwaste.epa.gov/guidance/chemical-biological/agent-info?agent=snl-aqueous-foam>
- EPA. (2023c). Chemical/Biological and Decontamination Agent Information Alındığı Yer: <https://iwaste.epa.gov/guidance/chemical-biological/agent-info?agent=l-gel>
- EPA. (2023d). Chemical/Biological and Decontamination Agent Information Alındığı Yer: <https://iwaste.epa.gov/guidance/chemical-biological/agent-info?agent=nanotech#f1>
- EPA. (2024). Radiological Agents Alındığı Yer: <https://www.epa.gov/emergency-response/radiological-agents> Erişim Tarihi: 01.05.2024
- EPE. (n.d.). DF200 3rd Gen Alındığı Yer: <https://www.epequip.com/catalogue/cbrne/decontamination/collective-decon/df200-3rd-gen/> Erişim Tarihi: 01.05.2024
- Etemad, L., Balali-Mood, M., & Moshiri, M. (2023). Bio warfare and terrorism: Toxins and other mid-spectrum agents.

- Fatah, A. A., Arcilesi, R., Peterson, J., Lattin, C. H., Wells, C. Y., & McClintock, J. A. (2007a). Guide for the Selection of Chemical Detection Equipment for Emergency First Responders Guide 100–06.
- Fatah, A. A., Arcilesi, R. D., Judd, A. K., O'Connor, L. E., Lattin, C. H., & Wells, C. Y. (2007b). Guide for the Selection of Chemical, Biological, Radiological, and Nuclear Decontamination Equipment for Emergency First Responders. Department of Homeland Security, Preparedness Directorate, Office of Grants and Training.
- FDA. (2022). Emergent Recalls Certain RSDL (Reactive Skin Decontamination Lotion) Kits Due to Leak Potential Alındığı Yer: <https://www.fda.gov/medical-devices/medical-device-recalls/emergent-recalls-certain-rsdl-reactive-skin-decontamination-lotion-kits-due-leak-potential> Erişim Tarihi: 07.03.2024
- Fehner, T. R., & Gosling, F. G. (2012). The manhattan project. US Department of Energy, <http://energy.gov/sites/prod/files/The%20Manhattan%20Project.pdf> (04.12. 2016).
- FEMA. (2023a). Planning Guidance for Response to a Nuclear Detonation Alındığı Yer: https://www.fema.gov/sites/default/files/documents/fema_nuclear-detonation-planning-guide.pdf Erişim Tarihi: 01.05.2024
- FEMA. (2023b). Human Decontamination Alındığı Yer: <https://www.fema.gov/cbrn-tools/key-planning-factors-chemical-incident/kpf4/3/3-2#footnotes> Erişim Tarihi: 18.04.2024
- FEMA. (2023c). Human, Animal, Equipment, and Site Decontamination Alındığı Yer: <https://www.fema.gov/cbrn-tools/key-planning-factors-bio/kpf-3/4> Erişim Tarihi: 01.05.2024
- Fenner, F., Henderson, D. A., Arita, I., Ježek, Z., & Ladnyi, I. D. (1988). Smallpox and its eradication continued. World Health Organization.
- Fermi, E. (1934). Radioactivity induced by neutron bombardment. *Nature*, 133(3368), 757-757.
- Fermi, E. (1946). The development of the first chain reacting pile. *Proceedings of the American Philosophical Society*, 90(1), 20-24.
- First, W.H. (2002) When every moment counts: what you need to know about bioterrorism from the Senate's only doctor: Lanham, Md., Rowman and Littlefield Publishers, Inc., 181 p
- Fitzgerald, G. J. (2008). Chemical warfare and medical response during World War I. *American journal of public health*, 98(4), 611-625.
- FOGBOOSTER. (n.d.). Alınışı Yer: <https://www.defence-industries.com/products/owr-gmbh/fogbooster> Erişim Tarihi: 24.04.2024

- Forsberg, E., Öberg, L., Artursson, E., Wigenstam, E., Bucht, A., & Thors, L. (2020). Decontamination efficacy of soapy water and water washing following exposure of toxic chemicals on human skin. *Cutaneous and ocular toxicology*, 39(2), 134-142.
- Frischknecht, F. (2003). The history of biological warfare: Human experimentation, modern nightmares and lone madmen in the twentieth century. *EMBO reports*, 4(S1), S47-S52.
- Friese, L. (2016). Emerging unmanned threats: the use of commercially-available UAVs by armed non-state actors. *Armament Research Services (ARES)*.
- Froidevaux, P., Bochud, F., Baechler, S., Castella, V., Augsburger, M., Bailat, C., ... & Mangin, P. (2016). 210Po poisoning as possible cause of death: forensic investigations and toxicological analysis of the remains of Yasser Arafat. *Forensic science international*, 259, 1-9.
- Fusek, J., Dlabkova, A., & Misik, J. (2020). Psychotomimetic agent BZ (3-quinuclidinyl benzilate). In *Handbook of toxicology of chemical warfare agents* (pp. 203-213). Academic Press.
- Gadri, R. B., Roth, J. R., Montie, T. C., Kelly-Wintenberg, K., Tsai, P. P. Y., Helfritsch, D. J., ... & Team, U. P. S. (2000). Sterilization and plasma processing of room temperature surfaces with a one atmosphere uniform glow discharge plasma (OAUGDP). *Surface and Coatings Technology*, 131(1-3), 528-541.
- Galatas, I. (2020). Prevention of CBRN Materials and Substances Getting into the Hands of Terrorists. The Hague, Netherlands: International Centre for Counter-Terrorism (ICCT).
- Gamma. (2020). Decontamination systems [Brochure] Alındığı Yer: https://www.gammatech.hu/downloads/cat/Gamma_decontamination_systems.pdf Erişim Tarihi: 24.04.2024
- Ganesan, K., Raza, S. K., & Vijayaraghavan, R. (2010). Chemical warfare agents. *Journal of pharmacy and bioallied sciences*, 2(3), 166.
- Gerasimov, V. (2016). The value of science is in the foresight: New challenges demand rethinking the forms and methods of carrying out combat operations. *Military Review*, 96(1), 23.
- Gibson, J. (2024). What affects effects? Multiple factors impact what happens as a result of a nuclear detonation: Los Alamos National Laboratory Alındığı Yer: <https://discover.lanl.gov/publications/national-security-science/2024-spring/what-affects-effects/> Erişim Tarihi: 01.05.2024
- Ginzburg, H. M., & Reis, E. (1991). Consequences of the nuclear power plant accident at Chernobyl. *Public Health Reports*, 106(1), 32.

- Glasstone, S., & Philips, D. J. (Eds.). (1977). The effects of nuclear weapons. Department of Defense.
- Global Terorism Database. (2023). National Consortium for the Study of Terrorism and Responses to Terrorism: <https://www.start.umd.edu/gtd/> adresinden alındı.
- Global Ground Support. (2024). Military Grade Deicers Alındığı Yer: <https://globalgroundsupport.com/global-military-grade-deicers/> Erişim Tarihi: 14.05.2024
- Gómez-Tatay, L., & Hernández-Andreu, J. M. (2019). Biosafety and biosecurity in synthetic biology: a review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 49(17), 1587-1621.
- Goldschmidt, B. (1990). Uranium's scientific history. In *Uranium and nuclear energy: 1989. Bicentenary of the discovery uranium*
- Gordon, M. (Ed.). (2013). *Psychopharmacological agents* (Vol. 4). Elsevier.
- Gordon, R. K., & Doctor, B. P. (2003). U.S. Patent No. 6,541,230. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- Gosling, F. G. (1999). *The Manhattan Project: making the atomic bomb*. Diane Publishing.
- Gormley, D. M. (2003). UAVs and cruise missiles as possible terrorist weapons. *New Challenges in Missile Proliferation, Missile Defense, and Space Security*, Monterey, Calif.: Monterey Institute of International Studies, Center for Nonproliferation Studies, Occasional Paper, 12, 3-9.
- Gormley, D. M. (2006). Globalization and WMD Proliferation Networks: The Case of Unmanned Air Vehicles as Terrorist Weapons. *Strategic Insights*, 5(6).
- Greaves, I., & Hunt, P. (2010). *Responding to Terrorism*. Elsevier. Alındığı Yer: <https://www.sciencedirect.com/book/9780080450438/responding-to-terrorism> ErişimTarihi: 19.01.2024
- Greenfield, R. A., Slater, L. N., Bronze, M. S., Brown, B. R., Jackson, R., Iandolo, J. J., & Hutchins, J. B. (2002). Microbiological, biological, and chemical weapons of warfare and terrorism. *The American journal of the medical sciences*, 323(6), 326-340.
- Grishanin, E. I. (2010). The role of chemical reactions in the Chernobyl accident. *Physics of Atomic Nuclei*, 73, 2296-2300.
- Grmek, M. D. (1979). Les ruses de guerre biologiques dans l'Antiquité. *Revue des études grecques*, 141-163.

- Grunden, W. E. (2017). No retaliation in kind: Japanese chemical warfare policy in world war II. In *One Hundred Years of Chemical Warfare: Research, Deployment, Consequences* (pp. 259-271). Springer International Publishing.
- GTD. (2022). Overview of the GTD Alındığı Yer: <https://www.start.umd.edu/gtd/about/> Erişim Tarihi: 03.06.2024
- Gu, Z. (2018). History review of nuclear reactor safety. *Annals of Nuclear Energy*, 120, 682-690.
- Guard, C. (2006). *Hazardous Materials Response Special Teams Capabilities and Contact Handbook*.
- Guide, N. I. J. (2001). *Guide for the Selection of Chemical and Biological Decontamination Equipment for Emergency First Responders*.
- Guihot, A., Bossi, P., & Bricaire, F. (2004). Bioterrorism with brucellosis. *Presse Medicale* (Paris, France: 1983), 33(2), 119-122.
- Gupta, R. C. (Ed.). (2015). *Handbook of toxicology of chemical warfare agents*. Academic Press.
- Güenalp, B. (2017). Dünyada ve ülkemizde nükleer ve radyolojik kazaların tarihçesi. *Nucl Med Semin*, 3(3), 184-188.
- Hakerman. (2021). ACTINI Sıvı Atık Dekontaminasyon Cihazları Alındığı Yer: <https://hakerman.com/urun/actini-sivi-atik-dekontaminasyon-cihazlari/> Erişim Tarihi: 29.04.2024
- Haldon, J., Lacey, A., & Hewes, C. (2006). 15 'Greek fire' revisited: recent and current research.
- Harigel, G. G. (2001). *Chemical and Biological Weapons: Use in Warfare, Impact on Society and Environment*. Carnegie Endowment for International Peace.
- Hammerstrom, D. J., Birmingham, J. G., & Millar, J. S. (2010). U.S. Patent No. 7,799,290. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- Harmankaya, S. (2002). Türkiye İlk Tunç Çağı araştırmaları üzerine bir değerlendirme. *TAY 4a/b, İlk Tunç Çağı*, 7-41.
- Hasegawa, G. R. (2008). Proposals for chemical weapons during the American Civil War. *Military medicine*, 173(5), 499-506.
- Hayashi, M., & Hughes, L. (2013). The Fukushima nuclear accident and its effect on global energy security. *Energy policy*, 59, 102-111.
- Häyry, M. (2017). Synthetic Biology and Ethics: Past, Present, and Future. *Camb Q. Healthc. Ethics* 26, 186–205. doi:10.1017/S0963180116000803

- Healy, M. J. F., Weston, K., Romilly, M., & Arbuthnot, K. (2009). A model to support CBRN defence. *Defense & Security Analysis*, 25(2), 119-135.
- Heller, A. (2002). L-gel decontaminates better than bleach. *Science and Technology Review* (March 2002), See: www.llnl.gov/str/March02/Raber.html.
- Henderson, D. A., Inglesby, T. V., Bartlett, J. G., Ascher, M. S., Eitzen, E., Jahrling, P. B., ... & Working Group on Civilian Biodefense. (1999). Smallpox as a biological weapon: medical and public health management. *Jama*, 281(22), 2127-2137.
- Henmann, H. W., Selwyn, G. S., Henins, J., & Park, J. (1999, June). Atmospheric pressure plasma for decontamination of chem/bio warfare agents. In *IEEE Conference Record-Abstracts. 1999 IEEE International Conference on Plasma Science. 26th IEEE International Conference* (Cat. No. 99CH36297) (p. 210). IEEE.
- Herre, B., Rosado, P., Roser, M., & Hasell, J. (2024). Nuclear weapons. *Our World in Data*.
- HDT. (2013). Decontamination Shelter Systems [Brochure] Alındığı Yer: https://www.hdtglobal.com/wp-content/uploads/2015/01/HDT_Decon_Shelter_System_10.pdf Erişim Tarihi: 24.04.2024
- HDT. (2024). PRODUCTS Alındığı Yer: <https://www.hdtglobal.com/product/> Erişim Tarihi: 25.04.2024
- Hilmas, C. J., Poole, M. J., Katos, A. M., & Williams, P. T. (2009). Riot control agents. In *Handbook of toxicology of chemical warfare agents* (pp. 153-175). Academic Press.
- Hoenig, S. L. (2007). *Compendium of chemical warfare agents* (p. 2). New York: Springer.
- Houston, M., & Hendrickson, R. G. (2005). Decontamination. *Critical care clinics*, 21(4), 653-672.
- Huebner, K. D., & Arnold, J. A. (2010). CBRNE-nerve agent, G-series-Tabun, Sarin, Soman.
- Hunsicker, A. (2006). *Understanding international counter terrorism: a professional's guide to the operational art*. Universal-Publishers.
- Hurst, C.G. (1997). Decontamination (From Medical Aspects of Chemical and Biological Warfare, P 351-360 Alındığı Yer: <https://medcoeckapwstorprd01.blob.core.usgovcloudapi.net/pfw-images/borden/chembio/Ch15.pdf> Erişim Tarihi: 04.03.2024

- IAEA. (1991). THE INTERNATIONAL CHERNOBYL PROJECT TECHNICAL REPORT Alındığı Yer: https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub885e_web.pdf Erişim Tarihi: 13.11.2023
- IAEA. (2000). The radiological accident in Istanbul Alındığı Yer: <https://inis.iaea.org/search/searchsinglerecord.aspx?recordsFor=SingleRecord&RN=31051098> Erişim Tarihi: 17.11.2023
- IAEA. (1998). Accidental overexposure of radiotherapy patients in San Jose, Costa Rica Alındığı Yer: https://inis.iaea.org/search/search.aspx?orig_q=RN:29049269 Erişim Tarihi: 17.11.2023
- IAEA. (n.d.). History, Alındığı Yer: <https://www.iaea.org/about/overview/history> Erişim Tarihi: 20.09.2023
- IAEA Releases Annual Data on Illicit Trafficking of Nuclear and other Radioactive Material. (2023). Alındığı Yer: <https://www.iaea.org/newscenter/pressreleases/iaea-releases-annual-data-on-illicit-trafficking-of-nuclear-and-other-radioactive-material> Erişim Tarihi: 12.10.2023
- ICAN. (n.d.). The road to a world free of nuclear weapons Alındığı Yer: https://www.icanw.org/nuclear_weapons_history Erişim Tarihi: 21.09.2023
- IIBR. (n.d.). Topical Skin Protectant (TSP) patent Alındığı Yer: https://iibr.gov.il/Research_Development/PatentsAndApplications/Pages/TSP_patent.aspx Erişim Tarihi: 10.05.2024
- Integrated Chemical and Biological Defense Research, Development and Acquisition Plan. (2003). Chemical & Biological Point Detection Decontamination Information Systems Alındığı Yer: <https://apps.dtic.mil/sti/tr/pdf/ADA423305.pdf> Erişim Tarihi: 07.03.2024
- Ireng, L. M., & Gala, J. L. (2012). Rapid detection methods for Bacillus anthracis in environmental samples: a review. Applied microbiology and biotechnology, 93, 1411-1422.
- Issa, F. S., & Alhussaini, Z. A. (2024). Decontamination: Chemical and Radiation. In Ciottoni's Disaster Medicine (pp. 545-550). Elsevier.
- ITDB. Incident and Trafficking Database (2023). Alındığı Yer: <https://www.iaea.org/sites/default/files/22/01/itdb-factsheet.pdf> Erişim Tarihi: 12.10.2023
- İnterlagard. (n.d.). Large CAFS Alındığı Yer: <https://intelagard.com/benefits-of-cafs-our-equipment/large-cafs/> Erişim Tarihi: 28.05.2024

- İST İşçi Sağlığı Teçhizatı. (2023). Dekontaminasyon Sistemleri Alındığı Yer: <https://www.ist.com.tr/k-13-dekontaminasyon-sistemleri--is.html> Erişim Tarihi: 29.04.2024
- Jarret, D., (1999). Medical Management Of Radiological Casualties Handbook. Bethesda, MD: Armed Forces Radiobiology Reaserch Institute
- Jacobs, G., Suojanen, I., Horton, K. E., & Bayerl, P. S. (2021). International Security Management. Cham, Switzerland: Springer International Publishing.
- Jaton, K., & Greub, G. (2014). Clinical microbiologists facing an anthrax alert. *Clinical Microbiology and Infection*, 20(6), 503-506.
- Jenevein, E. (2006). U.S. Patent No. 7,026,274. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- Juling, D. (2023). Future Bioterror and Biowarfare Threats for NATO's Armed Forces until 2030. *Journal of Advanced Military Studies (JAMS)*, 14(1).
- Kalakuntla, R. K., Wille, T., Le Provost, R., Letort, S., Reiter, G., Müller, S., ... & Estour, F. (2013). New modified β -cyclodextrin derivatives as detoxifying agents of chemical warfare agents (I). Synthesis and preliminary screening: Evaluation of the detoxification using a half-quantitative enzymatic assay. *Toxicology letters*, 216(2-3), 200-205.
- Kallenborn, Z., & Bleek, P. C. (2018). Swarming destruction: drone swarms and chemical, biological, radiological, and nuclear weapons. *The nonproliferation review*, 25(5-6), 523-543.
- Kamboj, D. V., Goel, A. K., & Singh, L. (2006). Biological warfare agents. *Defence Science Journal*, 56(4), 495.
- Kane, G. (1986). An Accident of History: Lord Berners's Translation of Froissart's "Chronicles". *The Chaucer Review*, 217-225.
- Kärcher Futuretech. (2024). Decontamination Of Large Equipment And Vehicles Alındığı Yer: <https://www.karcher-futuretech.com/de/geraete/mobile-cbrn-dekontamination/dekontaminationskomponenten/druckspruehgeraete/ds-10-mit-druckluftanschluss-20000320.html> Erişim Tarihi: 13.05.2024
- Karabulut, A. N. (2016). Eski savaş, yeni strateji: Rusya'nın yirmibirinci yüzyıldaki hibrit savaş doktrini ve Ukrayna krizi'ndeki uygulaması. *Uluslararası İlişkiler Dergisi*, 13(49), 25-42.
- Keiper, F., and Atanassova, A. (2020). Regulation of Synthetic Biology: Developments Under the Convention on Biological Diversity and its Protocols. *Front. Bioeng. Biotechnol.* 8, 1–20. doi:10.3389/fbioe.2020:0031010.3389/fbioe.2020.00310

- Khan A.W., Kotta S., Ansari S.H., Ali J., Kumar R. (2013). Recent advances in decontamination of chemical warfare agents. *Defence Science J.* 63:487–496.
- Khardori, N., & Kanchanapoom, T. (2005). Overview of biological terrorism: potential agents and preparedness. *Clinical Microbiology Newsletter*, 27(1), 1-8.
- Killeen, S., & McCourt, M. (2012). Decontamination and sterilization. *Surgery (Oxford)*, 30(12), 687-692.
- Kim, S. D., & Jung, H. (2023). Neutralization and Decontamination of Chemical Warfare Agents using Homogeneous Chemical Solutions. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 62(17), 6672-6686.
- King, W., & Guillemin, J. (2019). The price of alliance: Anglo-American intelligence cooperation and Imperial Japan's criminal biological warfare programme, 1944–1947. *Intelligence and national security*, 34(2), 263-277.
- Klaus Schwab, "The Fourth Industrial Revolution: What It Means and How to Respond," *Foreign Affairs*, December 12, 2015, <https://www.foreignaffairs.com/articles/2015-12-12/fourth-industrial-revolution> .
- Koblentz, G. D. (2020). Emerging technologies and the future of CBRN terrorism. *The Washington Quarterly*, 43(2), 177-196.
- Koblentz, G. D. (2020). A biotech firm made a smallpox-like virus on purpose. Nobody seems to care. *The Bulletin*.
- Koc, C. Design and Development of a Low-Cost UAV for Pesticide Applications. *Gaziosmanpaşa Üniv. Ziraat Fak. Derg.* 2017, 34, 94–103.
- Koenig, K. L., Boatright, C. J., Hancock, J. A., Denny, F. J., Teeter, D. S., Kahn, C. A., & Schultz, C. H. (2008). Health care facility-based decontamination of victims exposed to chemical, biological, and radiological materials. *The American journal of emergency medicine*, 26(1), 71-80.
- Koenig, K. L., Goans, R. E., Hatchett, R. J., Mettler Jr, F. A., Schumacher, T. A., Noji, E. K., & Jarrett, D. G. (2005). Medical treatment of radiological casualties: current concepts. *Annals of emergency medicine*, 45(6), 643-652.
- Kortepeter, M. (2001). *USAMRIID's medical management of biological casualties handbook*. Imp.
- Kostadinov, R., Kanev, K., & Dimov, D. (2010). Chemical terrorism, history and threat assessment. *Med. Manag. Chem. Biol. Casualties*, 8, 77-84.
- Kumar, V., Goel, R., Chawla, R., Silambarasan, M., & Sharma, R. (2010). Chemical, biological, radiological, and nuclear decontamination: Recent trends and future perspective. *Journal of Pharmacy And Bioallied Sciences*.

- Kuna, P., Hon, Z., & Patočka, J. (2009). How serious is threat of radiological terrorism. *Acta Medica (Hradec Kralove)*, 52(3), 85-9.
- Kuter, S. (2011). Türkiye’de Radyoloji biliminin kuruluş tarihi. *Türk Onkoloji Dergisi*, 26(1), 2-7.
- Lake, W. A., Fedele, P. D., & Marshall, S. M. (2000). Guidelines for mass casualty decontamination during a terrorist chemical agent incident. US Army Soldier and Biological Chemical Command.
- Lebel, L. S., Dickson, R. S., & Glowa, G. A. (2016). Radioiodine in the atmosphere after the Fukushima Dai-ichi nuclear accident. *Journal of environmental radioactivity*, 151, 82-93.
- Lederberg, J. (Ed.). (1999). *Biological weapons: limiting the threat*. MIT press.
- Levitskaia, T. G., Creim, J. A., Curry, T. L., Luders, T., Morris, J. E., Woodstock, A. D., ... & Thrall, K. D. (2010). Evaluation of Cuprimine® and Syprine® for decorporation of ⁶⁰Co and ²¹⁰Po. *Health physics*, 98(3), 471-479.
- Limmathurotsakul, D., Kanoksil, M., Wuthiekanun, V., Kitphati, R., deStavola, B., Day, N. P., & Peacock, S. J. (2013). Activities of daily living associated with acquisition of melioidosis in northeast Thailand: a matched case-control study. *PLoS neglected tropical diseases*, 7(2), e2072.
- Lindsay, C. D., & Griffiths, G. D. (2013). Addressing bioterrorism concerns: options for investigating the mechanism of action of *Staphylococcus aureus* enterotoxin B. *Human & experimental toxicology*, 32(6), 606-619.
- Linton, R. H., Han, Y., Selby, T. L., & Nelson, P. E. (2005). Gas-/vapor-phase sanitation (decontamination) treatments. *Microbiology of fruits and vegetables*, 417-452.
- Lillie, S. H., Mattis, J. N., Kelly, J. M., & Rayburn, B. B. (2006). CBRN decontamination: Multi-service tactics, techniques, and procedures for chemical, biological, radiological, and nuclear decontamination. US Army training and Doctrine Command, Fort Monroe, Virginia.
- Lyell, L. (1996). *Chemical and Biological Weapons: The Poor Man's Bomb*.
- Mahato, T. H., Prasad, G. K., Singh, B., Acharya, J., Srivastava, A. R., & Vijayaraghavan, R. (2009). Nanocrystalline zinc oxide for the decontamination of sarin. *Journal of hazardous materials*.
- Mahato, T. H., Singh, B., Srivastava, A. K., Prasad, G. K., Srivastava, A. R., Ganesan, K., & Vijayaraghavan, R. (2011). Effect of calcinations temperature of CuO nanoparticle on the kinetics of decontamination and decontamination products of sulphur mustard. *Journal of hazardous materials*, 192(3), 1890-1895.

- Malchow Jr, R. (2020). Radioactive Plume Avoidance and Aircraft Decontamination—Best Practices (No. DOE/NV/03624-0764). Nevada National Security Site/Mission Support and Test Services LLC (NNSS/MSTS), North Las Vegas, NV (United States).
- McCreery, M. J. (1997). U.S. Patent No. 5,607,979. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- McCartney, M., & Whitaker, A. (2003). Ernest Walton. In *Physicists of Ireland* (pp. 242-251). CRC Press.
- McLendon, M. K., Apicella, M. A., & Allen, L. A. H. (2006). *Francisella tularensis*: taxonomy, genetics, and Immunopathogenesis of a potential agent of biowarfare. *Annu. Rev. Microbiol.*, 60, 167-185.
- Manchee, R. J., Broster, M. G., Anderson, I. S., Henstridge, R. M., & Melling, J. (1983). Decontamination of *Bacillus anthracis* on Gruinard Island?. *Nature*, 303(5914), 239-240.
- Manchee, R. J., Broster, M. G., Melling, J., Henstridge, R. M., & Stagg, A. J. (1981). *Bacillus anthracis* on Gruinard island. *Nature*, 294(5838), 254-255.
- Mattox, J. M. (2016). Additive manufacturing and its implications for military ethics. In *Military Ethics and Emerging Technologies* (pp. 147-156). Routledge.
- Mayor, A. *Greek Fire, Poison Arrows, and Scorpion Bombs: Biological and Chemical Warfare in the Ancient World*; The Overlock Press: New York, NY, USA, 2003.
- Medalkan. (n.d.). NOSOCID PAA High level disinfectant based on peracetic acid
Alındığı Yer: https://www.medalkan.com/product/nosocid-paa/?gad_source=1&gclid=CjwKCAjwoPOwBhAeEiwAJuXRh7DGtAx6bwXGotkIKhIvMOosyeS3UInAWonZGcNdCAmX6qlRoEUzvxoC2McQAvD_BwE Erişim Tarihi: 15.04.2024
- Medina, V. F., Waisner, S. A., Mattei-Sosa, J., Martinez-Guerra, E., Griggs, C. S., Lalley, J. M., ... & Prager, B. H. (2019). Simulated field evaluation of the Decontamination Effluent Treatment System (DETS) for wash water from Mass Personnel Decontamination (MPD), road test, and evaluation treating Perfluorinated Alkyl Substances (PFAS).
- Merriam, S. B., and Grenier, R. S. (2019). *Qualitative research in practice: Examples for discussion and analysis*. San Francisco, CA: Jossey-Bass Publishers.
- Meselson, M., Guillemin, J., Hugh-Jones, M., Langmuir, A., Popova, I., Shelokov, A., & Yampolskaya, O. (1994). The Sverdlovsk anthrax outbreak of 1979. *Science*, 266(5188), 1202-1208.
- Mettler Jr, F. A., & Voelz, G. L. (2002). Major radiation exposure—what to expect and how to respond. *New England Journal of Medicine*, 346(20), 1554-1561.

- Michalski, A., Knap, J., Bielawska-Drózd, A., & Bartoszcze, M. (2022). Lessons learned from 2001–2021—from the bioterrorism to the pandemic era. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 29(1), 1.
- Michel, R. (2006). 20 Jahre nach Tschernobyl. *Nachrichten aus der Chemie*, 54(4), 390-397.
- Moffett, P. M., Baker, B. L., Kang, C. S., & Johnson, M. S. (2010). Evaluation of time required for water-only decontamination of an oil-based agent. *Military medicine*, 175(3), 185-187.
- Moore, Z. S., Seward, J. F., & Lane, J. M. (2006). Smallpox. *The Lancet*, 367(9508), 425-435.
- Moore, P. H., & Mettler, F. A. (1980). Skin decontamination of commonly used medical radionuclides. *Journal of Nuclear Medicine*, 21(5), 475-476.
- Morgan, D. L. (1996). *Focus groups as qualitative research* (Vol. 16). Sage publications.
- Moshiri, M., Hamid, F., & Etemad, L. (2016). Ricin toxicity: Clinical and molecular aspects. *Reports of biochemistry & molecular biology*, 4(2), 60.
- MSB. (2021). Nato Toxic Trip-2021 Tatbikatı Basın Duyurusu Alındığı Yer: <https://www.msb.gov.tr/Basin-ve-Yayin/Aciklamalar/nato-toxic-trip-2021-tatbikati-basin-duyurusu-3112021> Erişim Tarihi: 29.04.2024
- Mugavero, R., Abaimov, S., Benolli, F., & Sabato, V. (2018). Cyber security vulnerability management in CBRN industrial control systems (ICS). *International Journal of Information Systems for Crisis Response and Management (IJISCRAM)*, 10(2), 49-78.
- M12A1 Decon: New Mixing Instructions for JGPD-HME. (2023). Alındığı Yer: <https://www.psmagazine.army.mil/News/Article/3452686/m12a1-decon-new-mixing-instructions-for-jgpd-hme/> Erişim Tarihi: 25.04.2024
- M12A1 Decon: It Does More than Just Decon. (2020). Alındığı Yer: <https://www.psmagazine.army.mil/News/Article/2088416/m12a1-decon-it-does-more-than-just-decon/> Erişim Tarihi: 25.04.2024
- M26 Decon: PMCS. (2021). Alındığı Yer: <https://www.psmagazine.army.mil/News/Article/2506344/m26-decon-pmcs-pointers/> Erişim Tarihi: 25.04.2024
- NATO. (2022a). Combined Joint Chemical, Biological, Radiological and Nuclear (CBRN) Defence Task Force. 13 Apr. 2022. Alındığı Yer: https://www.nato.int/cps/en/natohq/topics_49156.htm Erişim Tarihi: 27.11.2023

- NATO. (2022b). NATO's Chemical, Biological, Radiological and Nuclear (CBRN) Defence Policy Alındığı Yer: https://www.nato.int/cps/en/natohq/official_texts_197768.htm Erişim Tarihi: 29.05.2024
- Nawała, J., Józwik, P., & Popiel, S. (2019). Thermal and catalytic methods used for destruction of chemical warfare agents. *International journal of environmental science and technology*, 16, 3899-3912.
- Nesvizhevsky, V., & Villain, J. (2017). The discovery of the neutron and its consequences (1930–1940). *Comptes Rendus Physique*, 18(9-10), 592-600.
- New system recycles water for DECON operations. (2017). Alındığı Yer: <https://www.erd.usace.army.mil/Media/News-Stories/Article/1265519/new-system-recycles-water-for-decon-operations/> Erişim Tarihi: 25.04.2024
- NIH. (2024a). BACTERIA Alındığı Yer: <https://www.genome.gov/genetics-glossary/Bacteria> Erişim Tarihi: 22.02.2024
- NIH. (2024b). VIRUS Alındığı Yer: <https://www.genome.gov/genetics-glossary/Virus> Erişim Tarihi: 23.02.2024
- NIH. (n.d). X-rays Alındığı Yer: <https://www.nibib.nih.gov/science-education/glossary> Erişim Tarihi: 01.05.2024
- Nichols, D. E. (2018). Dark classics in chemical neuroscience: lysergic acid diethylamide (LSD). *ACS chemical neuroscience*, 9(10), 2331-2343.
- Nielsen, K. (2018). *Animal brucellosis*. CRC press.
- Nigam, P. K., & Nigam, A. (2010). Botulinum toxin. *Indian journal of dermatology*, 55(1), 8-14.
- Noor, A., & Khetarpal, S. (2018). *Anaerobic infections*.
- Nuclear Regulatory Commission. (1979). Investigation into the March 28, 1979 Three Mile Island accident by Office of Inspection and Enforcement (Investigative Report No. 50-320/79-10) (No. NUREG--0600). Nuclear Regulatory Commission.
- Obodovski, I. (2019). Chapter 2-Nuclei and Nuclear Radiations. *Radiation*. Elsevier, 41-62.
- O'donohue J. D. (2020). Operations in Chemical, Biological, Radiological, and Nuclear Environments Alındığı Yer: https://www.jcs.mil/Portals/36/Documents/Doctrine/pubs/jp3_11.pdf Erişim Tarihi: 04.03.2024
- OPCW. (n.d.). What is a Chemical Weapon? Alındığı Yer: <https://www.opcw.org/our-work/what-chemical-weapon> Erişim Tarihi: 04.03.2024

- OPCW. (2017). OPCW Executive Council Condemns Chemical Weapons Use in Fatal Incident in Malaysia Alındığı Yer: <https://www.opcw.org/media-centre/news/2017/03/opcw-executive-council-condemns-chemical-weapons-use-fatal-incident> Erişim Tarihi: 29.05.2024
- OPCW. (2018a). OPCW Issues Report on Technical Assistance Requested by the United Kingdom Regarding Toxic Chemical Incident in Amesbury Alındığı Yer: <https://www.opcw.org/media-centre/news/2018/09/opcw-issues-report-technical-assistance-requested-united-kingdom> Erişim Tarihi: 30.05.2024
- OPCW. (2018b). A Visual Guide to Science& Technology Relevant to The Chemical Weapons Convention. Alındığı Yer: https://www.opcw.org/sites/default/files/documents/Science_Technology/Visual_Guide_to_OPCW_Science_and_Technology.pdf Erişim Tarihi: 05.12.2023
- OPCW. (2023a). Statement of the European Union by h.e. Ambassador Consuelo Femenia Permanent Representative Of Spain To The Opcw At The 103rd session of the executive council Alındığı Yer: <https://www.opcw.org/sites/default/files/documents/2023/07/EU%20statement%20EC-103%20-%20Ukraine%20and%20Navalny%20%2807072023%29%20FINAL%20with%20alignments.pdf> Erişim Tarihi: 30.05.2024
- OPCW confirms: All declared chemical weapons stockpiles verified as irreversibly destroyed. (2023b) Alınan Yer: <https://www.opcw.org/media-centre/news/2023/07/opcw-confirms-all-declared-chemical-weapons-stockpiles-verified> Erişim Tarihi: 10.08.2023
- OPCW. (2024a). Types of Chemical Agents. Alındığı Yer: <https://www.opcw.org/our-work/what-chemical-weapon> Erişim Tarihi: 25.08.2023
- OPCW. (2024b). Toxins. Alındığı Yer: <https://www.opcw.org/our-work/what-chemical-weapon> Erişim Tarihi: 29.01.2024
- OPCW. (2024c). Annex on Chemicals Schedule, A. Toxic Chemicals. Alındığı Yer: <https://www.opcw.org/chemical-weapons-convention/annexes/annex-chemicals/schedule-1> Erişim Tarihi: 31.01.2024
- Oritest. (2024a). Polyvalence decontamination mixture OR-3 Alındığı Yer: <https://www.oritest.cz/en/products/decontamination/or-3-en/> Erişim Tarihi: 13.05.2024
- Oritest. (2024b). Decontamination solution for foam formation ODS-5 Alındığı Yer: <https://www.oritest.cz/en/products/decontamination/ods-5-en/> Erişim Tarihi: 13.05.2024
- Oritest. (2024c). Alındığı Yer: <https://www.oritest.cz/en/products/decontamination/pdk-en/> Erişim Tarihi: 24.04.2024

- OSHA. (n.d.). Occupational Safety and Health Administration Decontamination Alındığı Yer: <https://www.osha.gov/hazardous-waste/decontamination#:~:text=Decontamination%20Methods,-All%20personnel%2C%20clothing&text=In%20many%20cases%2C%20gross%20contamination,spread%20contamination%20and%20cause%20burns.> Erişim Tarihi: 27.02.2024
- Oudejans, L., O’Kelly, J., Evans, A. S., Wyrzykowska-Ceradini, B., Touati, A., Tabor, D., & Snyder, E. G. (2016). Decontamination of personal protective equipment and related materials contaminated with toxic industrial chemicals and chemical warfare agent surrogates. *Journal of environmental chemical engineering*, 4(3), 2745-2753.
- Our World In Data. (n.d.). Estimated nuclear warhead stockpiles Alındığı Yer: <https://ourworldindata.org/grapher/nuclear-warhead-stockpiles-lines?tab=table> Erişim Tarihi: 02.01.2024
- OWR. (2024). Military Cbrne Decontamination Systems And Equipment Alındığı Yer: <https://www.militarysystems-tech.com/taxonomy/term/388> Erişim Tarihi: 15.05.2024
- OWR. (n.d.). Mobile Decontamination Systems Alındığı Yer: <https://www.defence-industries.com/products/owr-gmbh/mobile-decontamination-systems> Erişim Tarihi: 24.04.2024
- OWR. (n.d.). Portable Decontamination Systems Alındığı Yer: <https://www.defence-industries.com/products/owr-gmbh/portable-decontamination-systems> Erişim Tarihi: 24.04.2024
- Önemli, E. (2017). Kimyasal Terörizm Olaylarında Etkin Dekontaminasyon Yöntemleri (Uzmanlık Tezi). Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
- Özmen. (2012). Dekontaminasyon Sistemleri Alındığı Yer: <https://www.ozmenmakina.com.tr/urun-gruplarimiz/1012/dekontaminasyon-sistemleri.aspx> Erişim Tarihi: 29.04.2024
- Öztürk, İ., Guneren, E., Mayadagli, A., & Erdogan, O. (2020). Management of Chemical Weapons Victims in Terms of Disaster Medicine. *Afet ve Risk Dergisi*, 3(1), 20-30.
- Pal, M., Tsegaye, M., Girzaw, F., Bedada, H., Godishala, V., & Kandi, V. (2017). An overview on biological weapons and bioterrorism. *American Journal of Biomedical Research*, 5(2), 24-34.
- Pappas, G., Panagopoulou, P., Christou, L., & Akritidis, N. (2006). Category B potential bioterrorism agents: bacteria, viruses, toxins, and foodborne and waterborne pathogens. *Infectious Disease Clinics*, 20(2), 395-421.

- Passie, T., Halpern, J. H., Stichtenoth, D. O., Emrich, H. M., & Hintzen, A. (2008). The pharmacology of lysergic acid diethylamide: a review. *CNS neuroscience & therapeutics*, 14(4), 295-314.
- Patton, J. (2024). Medicine in the First World War Gas in The Great War. Alındığı Yer: <https://www.kumc.edu/school-of-medicine/academics/departments/history-and-philosophy-of-medicine/archives/wwi/essays/medicine/gas-in-the-great-war.html> Erişim Tarihi: 19.01.2024
- Patočka, J., & Kuča, K. (2011). PHOSGENE OXIME–FORGOTEN CHEMICAL WEAPON. *Military Medical Science Letters*, 80, 38-41.
- Paxman, J. Harris R. (2002). *A higher form of killing*. Arrow books. Random House Group, London
- Pechura, C. M., & Rall, D. P. (1993). History and analysis of mustard agent and lewisite research programs in the United States. In *Veterans at risk: the health effects of mustard gas and lewisite*. National Academies Press (US).
- Perry, R. D., & Fetherston, J. D. (1997). *Yersinia pestis*--etiologic agent of plague. *Clinical microbiology reviews*, 10(1), 35-66.
- Pesonen, M., Vähäkangas, K., Halme, M., Vanninen, P., Seulanto, H., Hemmilä, M., ... & Kuitunen, T. (2010). Capsaicinoids, chloropicrin and sulfur mustard: possibilities for exposure biomarkers. *Frontiers in pharmacology*, 1, 140.
- Pérez-Díaz, J. L., Qin, Y., Ivanov, O., Quiñones, J., Stengl, V., Nylander, K., ... & Manzanec, K. (2018). Fast response CBRN high-scale decontamination system: COUNTERFOG. In *Enhancing CBRNE Safety & Security: Proceedings of the SICCC 2017 Conference: Science as the first countermeasure for CBRNE and Cyber threats* (pp. 61-69). Springer International Publishing.
- Philip, C. B. (1948). Observations on experimental Q fever. *The Journal of parasitology*, 34(6), 457-464.
- Pinson, L., Johns, M., & Ackerman, G. (2013). *Ricin Letters Mailed to President and Senator*. National Consortium for the Study of Terrorism and Responses to Terrorism.
- Pitschmann, V. (2014). Overall view of chemical and biochemical weapons. *Toxins*, 6(6), 1761-1784.
- Polyvalence decontamination mixture OR-3. (2024). Alındığı Yer: <https://www.oritest.cz/en/products/decontamination/or-3-en/> Erişim Tarihi: 24.04.2024
- Powell, K. (2018). How Biologists Are Creating Life-like Cells from Scratch. *Nature* 563, 172–175. doi:10.1038/d41586-018-07289-x

- Prasad, G.K., Mahato, T.H., Singh, B., Pandey, P., Rao, A.N., Ganesan, K. & Vijayraghavan, R. Decontamination of sulfur mustard on manganese oxide nanostructures. *AIChE J.*, 2007, 53(6), 1562-567 Alındığı Yer: <https://aiche.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/aic.11182>
- Prasad, G. K., Mahato, T. H., Pandey, P., Singh, B., Suryanarayana, M. V. S., Saxena, A., & Shekhar, K. (2007). Reactive sorbent based on manganese oxide nanotubes and nanosheets for the decontamination of 2-chloro-ethyl ethyl sulphide. *Microporous and mesoporous materials*, 106(1-3), 256-261.
- Prasad, G. K., Ramacharyulu, P. V. R. K., Kumar, J. P., Ganesan, K., & Singh, B. (2012). Comparative evaluation of various sorbent decontaminants against sulphur mustard.
- Price, B., & Price, R. (2009). Terrorism and warfare (chemical, biological, and radioactive and nuclear). In *Information resources in toxicology* (pp. 485-496). Academic Press.
- Protocol for the Prohibition of the Use of Asphyxiating, Poisonous or Other Gases, and of Bacteriological Methods of Warfare. Geneva, 17 June 1925. (1925) Alındığı Yer: <https://ihl-databases.icrc.org/en/ihl-treaties/geneva-gas-prot-1925> Erişim Tarihi: 16.08.2023
- Rabajczyk, A., Zboina, J., Zielecka, M., & Fellner, R. (2020). Monitoring of selected CBRN threats in the air in industrial areas with the use of unmanned aerial vehicles. *Atmosphere*, 11(12), 1373.
- Radiation Decontamination Solution. (2022). Nuclear Radiation Decontamination Solutions for Emergency & First Responder Alındığı Yer: <https://raddecon.com/> Erişim Tarihi: 06.08.2023
- Ramkumar, S. S., Love, A. H., Sata, U. R., Koester, C. J., Smith, W. J., Keating, G. A., ... & Kendall, R. J. (2008). Next-generation nonparticulate dry nonwoven pad for chemical warfare agent decontamination. *Industrial & engineering chemistry research*, 47(24), 9889-9895.
- Reiners, S., & Thränert, O. (2023). The Biological Weapons Convention and Scientific Progress. *CSS Analyses in Security Policy*, (321).
- Richardt, A., Hülseweh, B., Niemeyer, B., & Sabath, F. (Eds.). (2012). *CBRN protection: managing the threat of chemical, biological, radioactive and nuclear weapons*. John Wiley & Sons.
- RMC. (2016). HDS 6012 Decontamination Shower Alındığı Yer: <http://www.rmcmmedical.com/field-operations-products/> Erişim Tarihi: 05.04.2024
- Robertson, A. G., & Robertson, L. J. (1995). From asps to allegations: biological warfare in history. *Military medicine*, 160(8), 369-373.

- Roffey, R., Tegnell, A., & Elgh, F. (2002). Biological warfare in a historical perspective. *Clinical microbiology and infection*, 8(8), 450-454.
- Rosen, P. (1999). Patient decontamination and mass triage. See Ref, 65, 97-109.
- Roser, M., Herre, B., & Hasell, J. (2013). Nuclear weapons. Our World in Data.
- Roser, M. (2023). Nuclear weapons: Why reducing the risk of nuclear war should be a key concern of our generation. Our World in Data.
- Rotfire. (2015). KBRN Dekontaminasyon Sistemleri Alındığı Yer: <http://www.rotfire.com/urunler/alt-kbrn-sistemleri-3.html> Erişim Tarihi: 29.04.2024
- Röntgen, W. C. (1895). Ueber eine neue Art von Strahlen (pp. 1-10). Phys.-med. Gesellschaft.
- Ruhman, N., Grantham, V., & Martin, C. (2010). The effectiveness of decontamination products in the nuclear medicine department. *Journal of nuclear medicine technology*, 38(4), 191-194.
- Salager, J. L. (2002). Surfactants types and uses. FIRP booklet, 300.
- Salem, H., Gutting, B. W., Kluchinsky, T., Boardman, C., Tuorinsky, S., & Hout, J. (2008). Riot control agents. Medical aspects of chemical warfare, 441-83.
- Salman, N., & Gill, P. (2020). Terrorism during the COVID-19 pandemic.
- Saxena, A., Srivastava, A. K., Singh, B., & Goyal, A. (2012). Removal of sulphur mustard, sarin and simulants on impregnated silica nanoparticles. *Journal of hazardous materials*, 211, 226-232.
- SBCCOM. (2001). U.s. Army soldier and biological chemical command a Comparison of Decontamination Technologies for Biological Agents on Selected Commercial Surface Materials Alındığı Yer: https://iwaste.epa.gov/rpts/decon_tech_bio_agent.pdf Erişim Tarihi: 18.04.2024
- Schwenk, M. (2018). Chemical warfare agents. Classes and targets. *Toxicology letters*, 293, 253-263.
- Schwartz, S. I. (2011). Atomic audit: the costs and consequences of US nuclear weapons since 1940. Brookings Institution Press
- Seto, Y. (2020). On-site detection of chemical warfare agents. In *Handbook of toxicology of chemical warfare agents* (pp. 983-1003). Academic Press.

- Shaffstall, R. M., Garner, R. P., Bishop, J., Cameron-Landis, L., Eddington, D. L., Hau, G., ... & Thomas, J. A. (2006). Vaporized hydrogen peroxide (VHP) decontamination of a section of a Boeing 747 cabin (No. DOT/FAA/AM-06/10). United States. Department of Transportation. Federal Aviation Administration. Office of Aviation. Civil Aerospace Medical Institute.
- Shea, D. A. (2013, September). Chemical weapons: a summary report of characteristics and effects. Congressional Research Service, the Library of Congress
- Shubert, Atika (2011), 'Cyberwarfare: A different way to attack Iran's reactors', CNN.com, 8 November. <http://edition.cnn.com/2011/11/08/tech/iran-stuxnet/>. Erişim Tarihi: 18.07.2023
- Simenova, L. (2015). Decontamination in The Event of CBRN Incident. The Science For Population Protection, 2, 1-6.
- Sidell, F. R., Newmark, J., & McDonough, J. H. (2008). Nerve agents. In Medical aspects of chemical warfare (pp. 155-220). Borden Institute, Walter Reed Army Medical Centre, Office of the Surgeon General, Department of the Army, USA, USA
- Sierra, M. A., & Martínez-Álvarez, R. (2020). Ricin and saxitoxin: two natural products that became chemical weapons. Journal of Chemical Education, 97(7), 1707-1714.
- Sigg, L., Yue, Y., Schug, H., Röhder, L., Piccapietra, F., Odzak, N., ... & Schirmer, K. (2014). Chemical aspects of nanoparticle ecotoxicology. Chimia, 68(11), 806-806
- Silhavy, T. J., Kahne, D., & Walker, S. (2010). The bacterial cell envelope. Cold Spring Harbor perspectives in biology, 2(5), a000414.
- Singh, B., Prasad, G. K., Pandey, K. S., Danikhel, R. K., & Vijayaraghavan, R. (2010). Decontamination of chemical warfare agents. Defence science journal, 60(4), 428.
- Simon, J. D. (1999). Nuclear, biological, and chemical terrorism: Understanding the threat and designing responses. International Journal of Emergency Mental Health.
- Smith, C. G., & Stopford, W. (1999). No Pepper Spray on Nonviolent Activists. North Carolina Medical Journal, 60, 268-74.
- SNL. (1999). Sandia decontamination foam may be tomorrow's best first response in a chem-bio attack Alındığı Yer: <https://www.sandia.gov/media/cbwfoam.htm> Erişim Tarihi: 07.03.2024
- Snowden, J., Ladd, M., & King, K. C. (2017). Rickettsial infection.

- Sokullu, E. C. (2019, 10 22). "Savaş Türleri". Güvenlik Portalı. Erişim Tarihi: 10.07.2023 https://trguvenlikportali.com/wp-content/uploads/2019/11/SavasTurleri_EbruCananSokullu_v.1.pdf
- Solomon, F., & Marston, R. Q. (1986). Radioactive Fallout. In *The Medical Implications of Nuclear War*. National Academies Press (US).
- Sönmez, E., & Seçkin Codal, K., (2022). Terrorism in Cyberspace : A Critical Review of Dark Web Studies under the Terrorism Landscape. *Sakarya University Journal of Computer and Information Sciences* , no.5, 1-21.
- Srivastava, S., & Flora, S. J. (2020). Arsenicals: toxicity, their use as chemical warfare agents, and possible remedial measures. In *Handbook of toxicology of chemical warfare agents* (pp. 303-319). Academic Press.
- Steward, H. (2016, 1 Nisan). A terrorist dirty bomb? US summit asks world leaders to plot response. *The Guardian*
- Sterilization, Disinfection, and Decontamination. (n.d.). Alındığı Yer: <https://researchsafety.gwu.edu/sterilization-disinfection-and-decontamination> Erişim Tarihi: 15.04.2024
- Szinicz, L. (2005). History of chemical and biological warfare agents. *Toxicology*, 214(3), 167-181.
- Talbott, E. O., Youk, A. O., McHugh-Pemu, K. P., & Zborowski, J. V. (2003). Long-term follow-up of the residents of the Three Mile Island accident area: 1979-1998. *Environmental Health Perspectives*, 111(3), 341-348.
- Tazaki, M. (2023). The tenth review conference of the parties to the treaty on the Non-Proliferation of Nuclear Weapons (NPT). Key issues and why the final document could not be adopted. *Nippon Genshiryoku Gakkai-Shi (Atomos)*, 65(3), 183-186.
- T.C. İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı. (2021). KBRN TERİMLERİ SÖZLÜĞÜ.
- Tendero, C., Tixier, C., Tristant, P., Desmaison, J., & Leprince, P. (2006). Atmospheric pressure plasmas: A review. *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy*, 61(1), 2-30.
- TENMAK. (2022). Nükleer Enerji Santralinden Nükleer Silah Yapımı Söz Konusu Olabilir mi? Alındığı Yer: <https://www.tenmak.gov.tr/haberler/136-egitim-arastirma/sss/nukleer-enerji-ve-nukleer-reaktorler-sss/850-nukleer-enerji-santralinden-nukleer-silah-yapimi-soz-konusu-olabilir-mi.html#:~:text=N%C3%BCkleer%20bombalar%2C%20kontrols%C3%BCz%20n%C3%BCkleer%20reaksiyon,vermeye%20y%C3%B6nelik%20olarak%20tasarlanm%C4%B1%C5%9F%20cihazlard%C4%B1r>. Erişim Tarihi: 30.05.2024

- The Sarin Gas Attack in Japan and the Related Forensic Investigation, OPCW 2001.
<https://www.opcw.org/media-centre/news/2001/06/sarin-gas-attack-japan-and-related-forensic-investigation> Erişim tarihi: 17.07.2023
- The Guardian Polonium-210: the hard-to-detect poison that killed Alexander Litvinenko. (2013). Alındığı Yer: <https://www.theguardian.com/world/2013/nov/06/polonium-210-poison-alexander-litvinenko> Erişim Tarihi: 30.05.2024
- The Need for Speed: 2013 Incident Response Survey, FireEye.
<http://www.inforisktoday.in/surveys/2013-incident-response-survey-s-18>
- Thorne, C. B. (1993). *Bacillus anthracis. Bacillus subtilis and Other Gram-Positive Bacteria: Biochemistry, Physiology, and Molecular Genetics*, 113-124.
- Thwaite, J. E., & Atkins, H. S. (2012). *Bacillus: Anthrax; food poisoning*. In *Medical Microbiology* (pp. 237-244). Churchill Livingstone.
- Tin, D., Granholm, F., Hart, A., & Ciottone, G. (2021). Terrorism-Related Chemical, Biological, Radiation, and Nuclear Attacks: A Historical Global Comparison Influencing the Emergence of Counter-Terrorism Medicine. *Prehospital and Disaster Medicine*, 36(4), 399-402. doi:10.1017/S1049023X21000625
- Titus, E., Lemmer, G., Slagley, J., & Eninger, R. (2019). A review of CBRN topics related to military and civilian patient exposure and decontamination. *Am J Disaster Med*, 14(2), 137-149.
- Trevisanato, S. I. (2007). The ‘Hittite plague’, an epidemic of tularemia and the first record of biological warfare. *Medical hypotheses*, 69(6), 1371-1374.
- Tucker, J. B. (2009). The future of chemical weapons. *The New Atlantis*, (26), 3-29.
- Tübitak MAM. (2022). KBRN Teknoloji Paylaşım Günü’nde KAFES ve DEKON Projelerinin Tanıtımını Yaptık. (07.12.2022). Alındığı Yer: <https://yasam.mam.tubitak.gov.tr/tr/haber/kbrn-teknoloji-paylasim-gununde-kafes-ve-dekon-projelerinin-tanitimini-yaptik> Erişim Tarihi: 05.03.2024
- Tübitak MAM. (n.d.). KİMYASAL GAZ ADSORPLAYICI TEMİZLEME VE DEKONTAMİNASYON TOZU. Alındığı Yer: <https://mam.tubitak.gov.tr/tr/icerik/kimyasal-gaz-adsorplayici-temizleme-ve-dekontaminasyon-tozu> Erişim Tarihi: 29.04.2024
- United Nation Office for Disarmament Affairs (n.d.). Nuclear Weapons Alındığı Yer: <https://disarmament.unoda.org/wmd/nuclear/> Erişim Tarihi: 21.09.2023
- United Nation Office for Disarmament Affairs (n.d.). Nuclear-Weapon-Free Zones Alındığı Yer: <https://disarmament.unoda.org/wmd/nuclear/nwzf/> Erişim Tarihi: 22.09.2023

Universidad de Alcalá. (2018). Demostración Del Sistema De Descontaminación Counterfog En La Ume Alındığı Yer: <https://masterfuego.com/noticias/post-351/#comments> Erişim Tarihi: 21.09.2023

URL-1 <https://www.cbrnetechindex.com/P/5820/Krcher-Futuretech-GmbH/RDS-2000>

URL-2 <https://www.cbrnetechindex.com/P/5819/Krcher-Futuretech-GmbH/GDS-2000>

URL-3 <https://www.cbrnetechindex.com/P/5986/Steris-Corporation/Vaprox-Hydrogen-Peroxide-VHP>

URL-4 <https://www.cbrnetechindex.com/P/6003/CCDC-CBC/M291-Skin-Decontamination-Kit>

URL-5 <https://www.cbrnetechindex.com/P/4744/Emergent-BioSolutions-Inc/RSDL-Decontaminant-Lotion>

URL-6 <https://www.cbrnetechindex.com/P/5802/Intelagard/EasyDECON-DF200>

URL-7 <https://www.erdcc.usace.army.mil/Media/News-Stories/Article/1265519/new-system-recycles-water-for-decon-operations/>

URL-8 <https://www.thebigredguide.com/allen-vanguard-td-bp-049-technical-details.html>

URL-9 <https://www.allenvanguard.com/>

URL-10 <https://ses-safety.com/ses/pilot-liferaft-4-6-man-liferaft-lightweight-multiple-occupancy-liferaft/>

URL-11 <https://pdf.nauticexpo.com/pdf/rfd-beaufort-25410.html>

URL-12 <https://fast-act.com/>

URL-13 <https://www.clordisys.com/brochures.php>

URL-14 <https://www.clordisys.com/lifesciences.php>

URL-15 <https://www.cbrnetechindex.com/P/7363/Intelagard/Crystal-Clean-Methamphetamine-Decontaminant>

URL-16 <https://www.cbrnetechindex.com/P/7599/Guild-Associates-Inc/M100-Decontamination-Kit>

URL-17 <https://www.guildassociates.com/chemical-and-biological-defense/decontamination-products/>

URL-18 <https://www.guildassociates.com/chemical-and-biological-defense/>

UE. (2018). Final Report Summary- COUNTERFOG (DEVICE FOR LARGE SCALE FOG DECONTAMINATION) Alındığı Yer: <https://cordis.europa.eu/project/id/312804/reporting/es> Erişim Tarihi: 23.02.2024

U.S. Department of State. (n.d). Nuclear Non-Proliferation Treaty, Alındığı Yer: <https://www.state.gov/nuclear-nonproliferation-treaty/> Erişim Tarihi: 21.09.2023

- U.S. Department of State. (2023). Condition (10)(C) Annual Report on Compliance with the Chemical Weapons Convention (CWC). (2023) Alındığı Yer: <https://www.state.gov/wp-content/uploads/2023/04/Report-Compliance-with-the-Convention-on-Chemical-Weapons-005123-FIXED.pdf> Erişim Tarihi: 10.08.2023
- U.S. EMBASSY. (2018). Putin's poisons: 2018 attack on Sergei Skripal Alındığı Yer: <https://it.usembassy.gov/putins-poisons-2018-attack-on-sergei-skripal/> Erişim Tarihi: 29.05.2024
- U.S. Embassy And Consulate Netherlands. (2023). The tenth anniversary of entry into force of the CWC for Syria and of its membership in the OPCW – joint statement Alındığı Yer: <https://nl.usembassy.gov/the-tenth-anniversary-of-entry-into-force-of-the-cwc-for-syria-and-of-its-membership-in-the-opcw-joint-statement/> Erişim Tarihi: 03.06.2024
- USNRC. (2021). Beta particle Alındığı Yer: <https://www.nrc.gov/reading-rm/basic-ref/glossary/beta-particle.html> Erişim Tarihi: 01.05.2024
- USNRC. (2020). Radiation Basics Alındığı Yer: <https://www.nrc.gov/about-nrc/radiation/health-effects/radiation-basics.html> Erişim Tarihi: 01.05.2024
- HHS. (2020). US Department of Health and Human Services. Organophosphorus Pesticides and Nerve Agents—Tabun (GA), Sarin (GB), Soman (GD) VX, and Fourth Generation Agents (FGAs)(Pesticide Syndrome, also called Cholinergic or Nerve Agent Toxidrome). CHEMM <https://chemm.nlm.nih.gov/nerveagents.htm> (accessed Dec 14, 2020). Google Scholar There is no corresponding record for this reference.
- Ütük, U. (2018). KBRN Tehdit ve Tehlikelerden Kaynaklı Zararlar Nedeniyle İdarenin Tehlike (Risk) İlkesine Dayalı Sorumluluğu. *Resilience*, 2(1), 39-56.
- Varlık, S., & Çifçi, O. (2021). Biyolojik Silahların Gelişimi ve Uluslararası Hukuktaki Yeri. *Turkish Journal of Forensic Sciences and Crime Studies (Adli Bilimler ve Suç Araştırmaları Dergisi)*, 3(1-2).
- Venkatesh, S. & Memish, Z. A. (2003) Bio-terrorism – a new challenge for public health. *International Journal of Antimicrobial Agents*, 21, 200–206.
- Vilches, D., Albuquerque, G., & Ramirez-Tagle, R. (2016). One hundred and one years after a milestone: Modern chemical weapons and World War I. *Educación química*, 27(3), 233-236.
- Vijayavenkataraman, S., Fuh, J. Y., & Lu, W. F. (2017). 3D printing and 3D bioprinting in pediatrics. *Bioengineering*, 4(3), 63.
- Vinhas, L. A. (2003). Overview of the radiological accident in Goiânia. *Security of Radioactive Sources*, 347.

- Volf, S. V. (1978), Treatment of Incorporated Transuranium Elements. Vienna, International Atomic Energy Technical Reports Series No. 184.
- Wagner, G. W., Procell, L. R., Henderson, V. D., Sorrick, D. C., Hess, Z. A., Gehring, D. G., ... & EDGEWOOD CHEMICAL BIOLOGICAL CENTER ABERDEEN PROVING GROUND MD. (2004). Decon Green (trademark).
- Wagner, G. W. (2010). Decontamination of chemical warfare agents with nanosize metal oxides. In Nanoscale Materials in Chemistry: Environmental Applications (pp. 125-136). American Chemical Society.
- Wagner, G. W., Procell, L. R., Koper, O. B., & Klabunde, K. J. (2005). Decontamination of chemical warfare agents with nanosize metal oxides.
- Wartell, M. A., Kleinman, M. T., Huey, B. M., & Duffy, L. M. (1999). Strategies to protect the health of deployed US forces: force protection and decontamination.
- Waysbort, D., McGarvey, D. J., Creasy, W. R., Morrissey, K. M., Hendrickson, D. M., & Durst, H. D. (2009). A decontamination system for chemical weapons agents using a liquid solution on a solid sorbent. Journal of hazardous materials, 161(2-3), 1114-1121.
- Weingart, S. D. (2018). CBRNE - Nuclear and Radiologic Decontamination Alınış Yeri: <https://emedicine.medscape.com/article/834126-overview#showall> Erişim tarihi: 06.03.2024
- Wiener, S. W., & Hoffman, R. S. (2004). Nerve agents: a comprehensive review. Journal of intensive care medicine, 19(1), 22-37.
- Wheelis, M. (2002). Biological warfare at the 1346 siege of Caffa. Emerging infectious diseases, 8(9), 971.
- World Statistic, International Labour Organization, Alınış Yeri: https://www.ilo.org/moscow/areas-of-work/occupational-safety-and-health/WCMS_249278/lang--en/index.htm erişim tarihi: 04.08.2023
- Working, R. (2001). The trial of Unit 731. The Japan Times June, 5, 2001.
- WHO. (n.d.). Biological weapons Alınış Yeri: https://www.who.int/health-topics/biological-weapons#tab=tab_1 Erişim Tarihi: 25.08.2023
- WHO. (2013). Health Risks assessment from the nuclear accident after the 2011 Great East Japan Earthquake and Tsunami Alınış Yeri: https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/78218/9789241505130_eng.pdf;jsessionid=071ADAD169F46EA3AE3F5A6319979EE1?sequence=1 Erişim Tarihi: 17.11.2023
- WHO. (2016). 1986-2016: CHERNOBYL at 30 Alınış Yeri: <https://www.who.int/publications/m/item/1986-2016-chernobyl-at-30> Erişim Tarihi: 13.11.2023

- WHO. (2000). Tularemia in Kosovo Alındığı Yer: https://www.who.int/emergencies/disease-outbreak-news/item/2000_04_21a-en Erişim Tarihi: 22.02.2024
- WHO. (2020). Laboratory Biosafety Manual Fourth Edition And Associated Monographs Decontamination And Waste Management Alındığı Yer: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/337958/9789240011359-eng.pdf> Erişim Tarihi: 05.03.2024
- WHO. (2022). Plague Alındığı Yer: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/plague> Erişim Tarihi: 22.02.2024
- WHO. (2024a). Marburg virus disease Alındığı Yer: https://www.who.int/health-topics/marburg-virus-disease#tab=tab_1 Erişim Tarihi: 01.05.2024
- WHO. (2024b). Smallpox WHO Response Alındığı Yer: https://www.who.int/health-topics/smallpox#tab=tab_3 Erişim Tarihi: 23.02.2024
- Wiersinga, W. J., Virk, H. S., Torres, A. G., Currie, B. J., Peacock, S. J., Dance, D. A., & Limmathurotsakul, D. (2018). Melioidosis. *Nature reviews Disease primers*, 4(1), 1-22.
- Wilson, R. K. (2012). Operation Tomodachi: A model for American disaster response efforts and the collective use of military forces abroad (Doctoral dissertation, Air University).
- Xu, S., & Dodt, A. (2023). Nuclear bomb and public health. *Journal of public health policy*, 44(3), 348-359.
- Yang, Y.C., Baker, J.A., and Ward, J.R. (1992). Decontamination of chemical warfare agents. *Chemical Reviews* 92: 1729–1743.
- YÖK. (2020). KBRN (KİMYASAL, BİYOLOJİK, RADYOLOJİK, NÜKLEER) ÇALIŞTAYI Alındığı Yer: <https://www.yok.gov.tr/Documents/Yayinlar/Yayinlarimiz/2021/2-kbrn-calistay-raporu.pdf> Erişim Tarihi: 05.03.2024
- Yrma, J. S. (2008). How experiments are remembered: The discovery of nuclear fission, 1938–1968. Princeton University.
- Zboril, R., Andrle, M., Oplustil, F., Machala, L., Tucek, J., Filip, J., ... & Sharma, V. K. (2012). Treatment of chemical warfare agents by zero-valent iron nanoparticles and ferrate (VI)/(III) composite. *Journal of hazardous materials*, 211, 126-130.
- Zorjana, M. (2022). CBRN-Nové hrozby (Master's thesis, České vysoké učení technické v Praze. Vypočetní a informační centrum.).
- Ziari, K., Alizadeh, K., & Rezvanfar, M. A. (2013). *Bacillus Anthracis* as a biological warfare agent. *EBNESINA*, 15(3), 50-58.

Zilinskas, R. A. (1997). Iraq's biological weapons: the past as future?. *Jama*, 278(5), 418-424.

8-Hour Hospital-Based Decontamination Participant Guide. (2012). Alındığı Yer: https://tools.niehs.nih.gov/wetp/public/Course_download2.cfm?tranid=9320
Erişim Tarihi: 01.05.2024

