

## DERLEME / REVIEW

# Toksikolojik Afetler

## Toxicological Disasters

Muhammet Fevzi POLAT 

Yozgat Bozok Üniversitesi Tıp Fakültesi Tıbbi Biyokimya Anabilim Dalı, Yozgat, Türkiye

Geliş tarihi/Received: 19.03.2023

Kabul tarihi/Accepted: 19.06.2023

## Sorumlu Yazar/Corresponding Author:

Muhammet Fevzi POLAT, Prof. Dr.  
Yozgat Bozok Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Tıbbi  
Biyokimya Anabilim Dalı, Erdoğan AKDAĞ  
Kampüsü, Atatürk Yolu, 7. Km. 66900, Merkez-  
YOZGAT

E-posta: fevzi.polat@yobu.edu.tr

ORCID: 0000-0002-9818-8763

## Öz

Savaş veya terör amaçlı ya da ihmal sonucu gerçekleşen insan kaynaklı toksikolojik afetler canlı varlıklar açısından bireysel kayıplar yanında büyüklükleriyle orantılı olarak kitlesel veya çevresel kayıplara neden olmaktadır. Toksikolojik afetler ve teknolojik gelişmelere paralel olarak ortaya çıkan multi-toksikolojik afetler ölümler yanında ekonomik kayıplara, sosyal ve psikolojik yıkımlara neden olmaktadır. Son yıllarda etken maddesi tespit edilemeyen kimyasal maddelerin kullanıldığı ve etken maddesi bilinen bir takım toksik maddelerin ise farklı işlemlerle daha farklı bir kimyasal maddeye dönüştürülerek toksik etkisinin artırıldığı veya daha uzun bir süre sonra etkisini gösterecek bir maddeye dönüştürüldüğü belirlenmiştir. Bu çalışmada toksikolojik afetler tüm yönleriyle ele alarak değerlendirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Afet, toksikoloji, kimyasal ajanlar.

## Abstract

Human-made toxicological disasters that occur as a result of war or terrorism or negligence cause mass or environmental losses in proportion to their size as well as individual losses in terms of living beings. Toxicological disasters and multi-toxicological disasters that occur in parallel with technological developments cause economic losses, social and psychological destruction as well as deaths. In recent years, it has been determined that chemical substances whose active substance cannot be determined have been used and some toxic substances whose active substance is known are transformed into a different chemical substance with different processes, increasing their toxic effect or turning them into a substance that will show its effect after a longer period of time. In this study, toxicological disasters were evaluated in all aspects.

**Keywords:** Disaster, toxicology, chemical agents.

## 1. Giriş

Kelime anlamı ile toksikoloji, zehir bilimi demektir. Zehir (toksin) kavramı ise ağız, solunum veya deri yoluyla alındığında canlı organizmada zararlı etki gösteren madde olarak ifade edilebilir. Zehirlerin kaynakları, fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri ile canlı organizmada yaptığı etki mekanizmaları, toksik dozları (letal doz) ve hangi maddelere dönüşümleri yanında günümüzde başlıca modern toksikoloji ve klinik toksikoloji olmak üzere alt disiplinleri vasıtasıyla ve gelişen tanı yöntemleri vasıtasıyla kalitatif ve kantitatif olarak hızlı bir şekilde tespit edilebilmeleri (toksikolojik analiz laboratuvarları), zehirlenmelerin etkin ve hızlı bir şekilde tedavileri (acil servisler ve yoğun bakım üniteleri), spesifik antidotlarının belirlenmesi, tedavi amaçlı kullanılan farmasötik ajanların ise güvenli kullanım amacıyla toksik doz açısından risklerin belirlenmesi ve standardizasyonlarının konulması ve halka ve sağlık çalışanlarına hizmet ve destek verilmesi amacıyla oluşturulan Zehir Danışma Merkezleri (Poison Information Center) ile farklı bir boyuta gelmiştir (1-3). Yunanca ok zehiri anlamına gelen 'toxikon' ve 'toksikos' ile bilim anlamına gelen logos kelimelerinin birleştirilmesiyle oluşturulan toksikoloji, alınan kimyasallar ile canlı organizmadaki biyolojik sistemler arasındaki etkileşimleri zararlı yönden inceleyen diğer bir ifade ile kimyasal maddelerin zararsızlık

sınırlarını ortaya koyan bir bilim dalı olarak tanımlanabilir (4). Canlı organizmaların metabolik faaliyetleri için gerekli olmayan maddeler (ksenobiyotikler) yanında canlı organizma için gerekli eksojen kaynaklı maddelerin de (vitaminler, hormonlar, amino asitler gibi) yüksek dozları toksik etki gösterdiklerinden toksikolojinin araştırma alanına girmektedirler (2).

İsviçreli doktor ve kimyager Paracelsus tarafından söylenmiş ve bugün temel bir prensip olarak kabul edilen "Her madde zehirdir, zehir olmayan madde yoktur. İlaçla zehiri ayıran dozudur" ifadesi ile toksikolojiye derinlik katılmıştır. Tedavi amaçlı alınması gerekli olan miktardan fazla alınan farmasötik ve diğer maddelerin oluşturacağı toksisite ve ayrıca toksik olarak tanımlanan maddeye veya ilgili etkene maruz kalmayı (exposure) birden fazla değişikene bağlı olarak değerlendirmek toksikoloji açısından önemlidir. Maruziyet yolu, maruziyet sıklığı, maruziyet süresi ve organizmanın bu etken maddeyi absorbe etmesi, metabolize etme basamakları veya süresi de toksikolojik değerlendirilmede dikkate alınmalıdır (2).

Afet diğer bir isimle felaket (disaster); doğal, insan kökenli veya teknolojik kaynaklı olarak (yapay), insanların normal faaliyetlerini ve hayatın doğal akışını kesintiye uğratan veya durduran olaylar şeklinde tanımlanabilir (5). Afet, yol açtığı

kayıplar itibarıyla toplumun kendi çabaları ve imkânları ile üstesinden gelemeyeceği bir olaydır (6). Genellikle hızlı gelişir, büyük can ve mal kayıplarına neden olur, verdiği hasar ve sebep olduğu yıkımların onarılması için uzun bir süreç gerekir (7).

Afet, kişilerin ve toplumların alt ve üst yapılarını tahrip eden yani yıkan veya bozan ve değer yargılarını tehlike altına sokan menfi olaylar zinciridir (8).

Afet aniden ortaya çıkabilir ve hızlı yayılım göstererek etkilerini daha geniş bir alana yayarak çok sayıda canlıya ve çevreye zarar verebilirler. Oluşabilecek can ve mal kayıpları yanında ekonomik toplumsal kültürel ve psikolojik etkileri ile toplumu derinden sarsabilirler. Hayatta kalan insanların bir kısmında kalıcı sakatlıklar olabilir, afetzedelerin diğer bir ifadeyle mağdurların uzun süreli tedavi gerektirebilecek sağlık sorunları ortaya çıkabilir.

### 1.1. Afet Türleri

Afetler; başlangıç hızları (ani veya yavaş), nedenleri (doğal ya da insan), oluş şekilleri, bölgesel farklılıkları, büyüklükleri, kaynakları, kayıp kişilerin açısından, açık (olası mağdur sayısı ölenlerin sayısından fazla) ve kapalı (liste var, uçak kazası gibi) değerlendirilebilirler (9).

Doğal afetlerde yer küreyi meydana getiren kütlelerin (magma, yer kabuğu) değişen hareketleri ile sonucunda depremler, yanardağ patlaması, heyelan ve yer çökmesi ve keza dünya dışı tehlikeler olarak kabul edilen astrosit ve kuyruklu yıldız gibi cisimlerin çarpması vasıtasıyla oluşabilecek olaylar, meteor yağmurları ve henüz doğrudan canlı topluluk üzerinde etkileri görülmemiş uzay fırtınaları sayılabilir (9).

İnsan kaynaklı afetler doğrudan ve dolaylı yani yapay afetler olmak üzere iki kısımda değerlendirilmektedir. Doğrudan insan kaynaklı afetler savaşlar, terör ve göç hareketleri sayılabilir (9).

Yapay afetler, insanların bilinçsiz faaliyetleri ve ihmalleri ya da bilinçli olarak kitleleri ortadan kaldırmak veya zarar vermek amacıyla yaptıkları faaliyetlerdir (9). Endüstriyel ve nükleer tesisler, barajlar ve madensel faaliyetleri, kimyasal ve biyolojik tesisler, büyük iş yerleri, uçak, tren ve trafik kazaları, toplu ölümlere yol açan deniz ve atmosferik kirlilikler ve diğer çevre sorunları, kimyasal ve biyolojik silahların kullanıldığı savaşlar, insan ürünü olarak yapılan eylemler ve faaliyetler çerçevesinde olmak üzere oluşabilecek afetler teknolojik afetler olarak da tanımlanmaktadır.

İnsan eliyle istemli olarak gerçekleşen afetler arasında savaşlarda kullanılan toksik maddeler ve istemsiz olarak kimyasal maddelerin sızıntısı sonucu gerçekleşen afetler, nükleer afetler ve çevre kirliliği sonucu gerçekleşen afetler en önemli afetler olarak sayılmaktadır, çünkü bu faaliyetler neticesinde ani ve hızlı bir şekilde kitlesel ölüm olayları görülmüştür.

Doğal afetlerin arkasından toksikolojik afetler sekonder afet olarak da meydana gelebilir, salgın hastalıklar başlayabilir, büyük yangınlar çıkabilir; nükleer kazaların ve endüstriyel tesis kazalarının çevreye yaydığı toksik maddeler (çevre kirliliği) büyük miktarda can kayıplarına yol açabilir.

Doğal afetler sonucu örneğin deprem sonucu petrokimya tesisi veya doğal gaz sistemleri ya da toksikolojik girdiler kullanan bir fabrikanın bir bölümünün hasar görmesi sonucu toksik maddeler çevreye yayılabilir ve toksikolojik afete yol açabilir, bu tip olaylarda toksikolojik afetler arızalı afet kapsamında değerlendirilebilir ve gelişmekte olan ülkelerde kontrolsüz ve dağınık endüstrileşmenin yol açacağı olası bir tahribat dikkate alınarak koruyucu önlemlerin hızlı bir şekilde ele alınması ve yeniden endüstrileşmenin planlanması öne çıkmaktadır (9-11).

### 1.2. Afetlerin Sınıflandırılması

Gerçekleşmiş ve gerçekleşme ihtimali olan tüm afet çeşitleri dikkate alındığında kısa ve öz olarak toksikolojik afetler çevresel, endüstriyel ve mesleki olarak da sınıflandırılabilir.

### 1.3. Kimyasal Ajanlar

Kimyasal Biyolojik Radyolojik Nükleer Tehditler (KBRN) kapsamında toksikolojik afetlere neden olabilen kimyasal ajanlar/gazlar aşağıdaki gibi sınıflandırılmaktadır:

- Sinir ajanları (G-grubu, V-grubu ve A-grubu),
- Yakıcı ajanlar- Vezikan Ajanlar-Blister Ajanlar (Hardal gazı, Kükürtlü hardal, Levisit, Fosgen, Oksim)
- Kan zehirleyici ajanlar (Siyanür, Siyanojen klorür)
- Boğucu ajanlar-Asfiksanlar-Akciğer İrritanları (Fosgen, Difosgen, Klor, Kloropikrin)
- Kapasite bozucu ajanlar- Halüsinojenler-Fantastika-Psikodelik Ajanlar
- Kargaşa kontrol ajanları,

#### 1.3.1. Sinir Ajanları

Organofosfatlı bileşikler sınıfında kabul edilen sinir ajanları, solunum ve deri yolu (yağda çözüldükleri için) ile etki göstermektedir. Nörotransmitter asetilkolini parçalayan asetilkolinesteraz enzimini inhibe ederek sinaptik aralıkta asetilkolin birikimine neden olmakta ve sinirlerden kaslara uyarı gitmesi engellenerek kısa süre de ölüm olayı gerçekleşmektedir. Parasempatik egemenlik altında olan sirküler kasların kasılması sonucu gözde miyozis denilen göz bebeğinin küçülmesi olayı önemli bir belirtidir. Sinir ajanları, G ve V Ajanları olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır (12).

1936 yılında Almanya'da 2000'den fazla sentetik organo fosfat bileşiği sentez eden Gerhard Schröder ve Almanya (German) adına ithafen bu ajan grubuna G (I. Nesil sinir gazları) denildi ve 1951 yılında İngiltere'de ve daha sonraki yıllarda o zamanki adıyla Sovyet Sosyalist Cumhuriyetler Birliği (SSCB) olan Rusya'da ve Amerika'da daha toksik ürünler elde edildi ve V (Venom:zehir) olarak (II:Nesil sinir gazları) sınıflandırıldı. 1950'li yıllarda etkileri artırılmak amacıyla toksik gazlar ikili kombinasyonlar haline getirildi ve III. Nesil sinir gazları adı verildi. 1970-1990 yılları arasında Rusya'da yeni nesil daha toksik ve aynı zamanda ikili kombinasyonları da içeren Novichok (Rusça: "Yeni gelen" anlamında) adlı ve A grubu olarak IV. nesil sinir gazları üretildi. Sinir ajanları; G Ajanları: Tabun (GA), Sarin (GB), Soman (GD), Siklosarin (GF), V Ajanları: VX ve A ajanları: A-232, A-234, A-242, ve A-262 olarak özetlenebilir (13-16).

### 1.3.2. Yakıcı Ajanlar

Gözlerde, solunum yollarında tahrişlere ve deride yanıklara ve kabarcıklara neden olan sıvı buhar halindeki gazlardır. Yakıcı ajanların en yaygın olanları Sülfür Hardal (H, HD), Nitrojen Hardal (HN), Levizit (L) ve Fosgen Oksim (CX) sayılabilir (14, 17).

### 1.3.3. Kan Zehirleyici Ajanlar

Bu ajanlar kanda hemoglobin molekülü ile etkileşerek ve mitokondrielerde sitokrom oksidaz enzimini bloke ederek canlının oksijeni kullanma kabiliyetini engeller. En çok beyin, kalp, karaciğer gibi yüksek miktarda oksijen tüketen organlar etkilenir. Sonuçta felç, solunum yetmezliği ve kalp durması gerçekleşir.

En yaygın kan zehirleyici ajanlar Hidrojen Siyanür (AC), Siyanojen Klorür (CK), Potasyum Siyanür (KCN), Sodyum Siyanür (NaCN), Arsin (SA) ve Karbon Monoksit (CO) (14,18).

### 1.3.4. Boğucu Ajanlar

Solunum sistemi dokularında fiziksel hasar oluşturan irrite edici maddelerdir. Mikrobiyal enfeksiyonlara duyarlılığı artmakta ve meydana gelen ödem ile de durum daha da kötüleşmektedir. En yaygın boğucu ajanlar Klor (Cl), Fosgen (PG), Difosgen (DP) ve Klorpikrin (PS)'dir (19).

### 1.3.5. Kapasite Bozucu Ajanlar

Merkezi sinir sistemini etkileyerek stimülasyon veya depresyon yoluyla davranış bozukluğuna neden olurlar. En yaygın kapasite bozucu ajanlar 3-Quinüklidinil Benzilat (BZ), Liserjik Asid Dietilamid (LSD), Fentaniller ve diğer opiatlar (13-14,20).

### 1.3.6. Kargaşa Kontrol Ajanları

Adından anlaşılacağı üzere kargaşa esnasında olayların genişleyip büyümesini önlemek için kullanılan ajanlardır. Hızlı bir biçimde fakat geçici kapasite kaybına neden olan ajanlardır. Bu grupta göz yaşartıcılar (CS, CR, CA, CN)" ve kusturucu ajanlar (DM, Clark I, Clark II) yer almaktadır (13-14).

### 1.4. Toksikolojik Afetlere Örnekler

Tarihte çok sayıda toksikolojik afetler gerçekleşmiş ve binlerce insan ölmüştür. 6 ve 9 Ağustos 1945'te sırasıyla Japonya'nın Hiroşima ve Nagazaki kentlerine atom bombası atılması sonucu en az 200 bin insan öldü ve binlerce insan kimyasal ajanların verdiği tahribat sonucu sakat bir şekilde hayatlarını yaşadılar. 1952 yılında Londra'da büyük sis olayından kaynaklı hava kirliliği sonucu 4.000 kişi hayatını kaybetmiştir. Bhopal (Hindistan) felaketi, 3 Aralık 1984 böcek ilacı üreten ABD kökenli fabrikadan 40 ton izosiyanat gazı salınmasıyla 22.000'den fazla ölü ve 150.000'den fazla insanın zehirlenmesi rapor edilmiştir. Toulouse (Fransa) kentinde azotlu gübre üreten fabrikada yaşanan patlama sonucu 29 ölüm ve 2.500 civarında yaralı tespit edilmiştir. 8 Kasım 2018'de başlayan orman yangınında (İsveç) 83 kişi hayatını kaybetmiş ve 600 kişi ise kayıp olarak belirtilmiştir (9, 14).

## 2. Sonuç ve Öneriler

Geçmişte yapılan savaşlar ve terör amaçlı saldırılarda kullanılan kimyasal maddeler yüzünden binlerce insan ölmüş ve geride kalanların büyük bir kısmı sakatlıklarla

veya psikolojik problemlerle baş başa kalmıştır. Ne yazık ki günümüzde hızlı silahlanma yarışı muhtemelen çok yakın bir gelecekte büyük savaşların yaklaşmakta olduğunu bir işareti olarak algılanmaktadır. Çıkacak savaşlar toksikolojik afetler açısından geniş bir alanı kapsaması ve binlerce canlının yok olması demektir. Toksikolojik afetlerin yaşanmaması için uluslararası düzeyde denetleme ve kontrol mekanizmaları ile caydırıcılık esaslı tedbirlerin etkin ve hızlı bir şekilde alınması ve ivedilikle uygulamaya konulması gereklidir. Coğrafi bölgenin özellikleri, sanayileşmenin yer aldığı bölgeler ardışık afet zinciri açısından gerçekleştirilecek toksikolojik afetler açısından yeniden ele alınmalı ve yapılacak düzenlemelere ilave olarak bölgeye ulaşım imkanları gözden geçirilmelidir. Gerçekleşmesi haline ayrıca her türlü toksikolojik afetlerde, koruyucu önlemler yanında gerektiğinde verilecek sağlık hizmetlerinin hızlı bir şekilde uygulanması, teknoloji ve personel açısından tedarik noktasında aşamaları için tedbirler alınmalıdır.

### 3. Alana Katkı

Bu derlemede toksikolojik afetler ele alınmış ve toksikolojik ajanlar tüm yönleriyle incelenmiştir. Gelecekte yaşanabilecek toksikolojik afetlere maruz kalacak bireylerin ve çevrenin bu etkilere maruz kalmaması hususunda tedbirler alınması ve maruziyet durumunda ise neler yapılabileceği vurgulanmıştır.

#### Çıkar Çatışması

Bu makalede herhangi bir nakdi/aynı yardım alınmamıştır. Herhangi bir kişi ve/veya kurum ile ilgili çıkar çatışması yoktur.

#### Yazarlık Katkısı

**Fikir/Kavram:** MFP; **Tasarım:** MFP; **Denetleme:** MFP; **Kaynak ve Fon Sağlama:** Yok; **Malzemeler:** Yok; **Veri Toplama ve/veya İşleme:** MFP; **Analiz/Yorum:** MFP; **Literatür Taraması:** MFP; **Makale Yazımı:** MFP; **Eleştirel İnceleme:** MFP.

#### Kaynaklar

1. Saygı Ş. Deneysel Toksikolojide Toksikite Testleri ve Test Sonuçlarının Önemi. *Gulhane Med J.* 2003; 45 (3): 291-8.
2. Vural N. Toksikoloji. Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Yayınları: Ankara Üniversitesi Basımevi; 2005. 1-42 p.
3. Havenaar JM ve Brink W VD. Psychological Factors Affecting Health After Toxicological Disasters. *Clin Psychol Rev.* 1997; 17(4): 359-74.
4. Aktaş İ. Genel Toksikoloji ve Zehirlenmelere Genel Yaklaşım, Bölüm 1. In: Ön Lisans Toksikoloji İbrahim Aktaş, editör. Ankara: İksad Yayınevi; 2020. 3-36 p.
5. Ergünay, O. Afet Yönetimi Nedir? Nasıl Olmalıdır? Ankara: TÜBİTAK Deprem Sempozyumu Bildiriler Kitabı, TÜBİTAK Yayınları; 1996. 263-272 p.
6. UNDHA. Internationally Agreed Glossary of Basic Terms Related to Disaster Management. Geneva: United Nations Pup; 1992. 5-96 p.
7. Koç, T, Çavuş, C, & Sarış, F. Çanakale Kar Firtınası Afetinin Sosyal ve Ekonomik Etkilerinin Değerlendirilmesi. *Sivil Savunma Dergisi.* 2005; (181): 5-20.
8. Taylor. A. J. Taxonomy of Disaster and Their Victims. *Journal of Psychosomatic Research.* 1987; 31(5): 535-544.
9. Balcıoğlu İ. ve Saygılı S. Afet Psikolojisi. Bilgeoğuz Yayınları: İstanbul; 2002. 15-97 p.

10. Dökmeçi A.H. Toksikolojik Çevresel ve Endüstriyel Afetler. İstanbul: Nobel tıp kitapçevleri; 2019. 1-25 p.
11. Dökmeçi H ve Akduman Ö. Doğal Olayların Tetiklediği KBRN-p Tehlikesi ve Riski: Türkiye Örneği. Artvin Çoruh Üniversitesi Doğal Afetler Uygulama ve Araştırma Merkezi Doğal Afetler ve Çevre Dergisi. 2022; 8(1): 165-177.
12. <https://www.afad.gov.tr/kbrn/toksikolojik-ozelliklerine-gore>, Erişim: 13:00, 15.03.2023.
13. Yaren H, Kenar L, Karayılanoğlu T. TSK Koruyucu Hekimlik Bülteni. 2007; 6(6): 491-500.
14. Erkekuğlu P, verdss Gümüşel B.K. Kimyasal Savaş Ajanları: Tarihçeleri, Toksisiteleri, Saptanmaları ve Hazırlıklı Olma. Hacettepe University Journal of the Faculty of Pharmacy Review Article. 2018; 38 (1): 24-38.
15. Wikipedia.int [Internet] Kimyasal silah. 2022 [cited 2023 March 15] Available from: [https://tr.wikipedia.org/wiki/Sinir\\_gaz%C4%B1](https://tr.wikipedia.org/wiki/Sinir_gaz%C4%B1).
16. AFAD.int [Internet]. Sinir Ajanları. 2023 [cited 2023 March 15] Available from: <https://www.afad.gov.tr/kbrn/sinir-ajanlari>.
17. AFAD.int [Internet]. Yakici Ajanlar. 2023 [cited 2023 March 15] Available from: <https://www.afad.gov.tr/kbrn/yakici-ajanlar>.
18. AFAD.int [Internet]. Zehirleyici Ajanlar. 2023 [cited 2023 March 15] Available from: <https://www.afad.gov.tr/kbrn/kan-zehirleyici-ajanlar>.
19. AFAD.int [Internet]. Bogucu Ajanlar. 2023 [cited 2023 March 15] Available from: <https://www.afad.gov.tr/kbrn/bogucu-ajanlar>.
20. AFAD.int [Internet]. Bozucu Ajanlar. 2023 [cited 2023 March 15] Available from: <https://www.afad.gov.tr/kbrn/kapasite-bozucu-ajanlar>.