



T.C.  
NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**GIDALARDA AĞIR METAL KONTAMİNASYONU ve İNSAN SAĞLIĞINDA  
OLUŞTURDUĞU RİSK**

**Mert GENÇOĞLU**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ Anabilim Dalı**

**HAZİRAN-2017**

**KONYA**

**Her Hakkı Saklıdır**

**TEZ KABUL VE ONAYI**

**Mert GENÇOĞLU** tarafından hazırlanan “**GIDALARDA AĞIR METAL KONTAMİNASYONU ve İNSAN SAĞLIĞINDA OLUŞTURDUĞU RİSK**” adlı tez çalışması 20 / 07 / 2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafında oy birliği / oy çokluğu ile Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

### **Jüri Üyeleri**

### **İmza**

#### **Başkan**

Yrd. Doç. Dr. Fatma Didem TUNÇEZ

.....

#### **Danışman**

Yrd. Doç. Dr. Fatma BEDÜK

.....

#### **Üye**

Doç. Dr. Senar AYDIN

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Ahmet COŞKUN

FBE Müdürü

Bu tez çalışması Necmettin Erbakan Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından 161319020 nolu proje ile desteklenmiştir.

## **TEZ BİLDİRİMİ**

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

## **DECLARATION PAGE**

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

İmza

Mert GENÇOĞLU

Tarih: 19.06.2017

## ÖZET

### YÜKSEK LİSANS TEZİ

## GIDALARDA AĞIR METAL KONTAMİNASYONU ve İNSAN SAĞLIĞINDA OLUŞTURDUĞU RİSK

Mert GENÇOĞLU

Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Fatma BEDÜK

2017, 103 Sayfa

Jüri

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Fatma BEDÜK

Başkan: Yrd. Doç. Dr. Fatma Didem TUNÇEZ

Üye: Doç. Dr. Senar AYDIN

Kirlenmiş bir çevrede zirai ürünler çevre kirleticilerine maruz kalmakta ve bu kirleticiler doğal yollarla insanlara ulaşmaktadır. Artan dünya nüfusu gıda ihtiyacını arttırmaktadır. Daralan tarım arazilerinden daha fazla verim almak için süni gübre ve pestisit kullanımı oldukça yaygındır. Kontamine gıdaların tüketilmesiyle kirleticiler insan bünyesine geçmekte, insan vücudunda birikebilmekte, akut ve kronik hastalıklara yol açabilmektedir. Çevre şartlarında düşük olarak (milyonda bir (ppm) ya da milyarda bir (ppb) konsantrasyonda) bulunan kirleticiler, canlıların çeşitli dokularında birikerek düzeylere ulaşabilmektedir. Günümüzde çeşitli birçok rahatsızlığın çevre kirleticilerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu sebeple besinlerdeki ağır metal kontaminasyonunun önlenmesi ve azaltılması amacıyla yapılan bazı ulusal ve uluslararası düzenlemeler bulunmaktadır.

Bu çalışmada Türkiye'de en çok tüketilen zirai ürün olan buğday ürünlerindeki ağır metal kirliliği araştırılmıştır. Çalışmada, toksik risk değerlendirme yöntemlerinin ortaya konması, Türkiye'nin tahıl ambarı olarak görülen Konya havzasında yetiştirilen buğday, kepek ve un örneklerinde ağır metal kirleticilerinin oluşturduğu sağlık riskinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Konya buğday borsasından, un fabrikalarından ve marketlerden buğday, kepek ve un örnekleri alınmıştır. Numuneler tekniğine uygun şekilde toplandıktan sonra laboratuvarında standart metodlara uygun olarak ağır metal analizi gerçekleştirilmiştir. Örnekler mikrodalga özütleme tekniği ile analize hazırlanarak ağır metal içeriği ICP-MS cihazı ile tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda ağır metalle kontamine olmuş buğday ürünlerinin tüketilmesiyle insanda oluşturacağı kanser riski hesaplanmıştır.

Çalışmada kepek örneklerinin buğday ve un örneklerine kıyasla daha fazla metal içerdiği tespit edilmiştir. Buğday örneklerinde ise undan yüksek metal bulaşması olduğu belirlenmiştir. Kepekli ekmeğin kullanımının yaygınlaşması dolayısıyla kepekteki metal kirlenmesine dikkat edilmesi gerekmektedir. Buğday ve un örneklerinde tespit edilen ağır metal konsantrasyonlarının literatür ile örtüştüğü tespit edilmiştir. Mn ve Zn analizi yapılan metaller arasında en yüksek konsantrasyonda bulunan metaller olmuştur. Kepek örneklerinde tespit edilen 238.38 mg/kg Pb ortalama değeri dikkat çekmektedir.

Buğday ve un örneklerinin ağır metal içeriğinden yola çıkılarak tehlikeli kısım (HQ) hesabı yapılmıştır. Hesaplanan HQ değerlerinin toplamının hem yetişkinler, hem de çocuklar için 1'in altında olması tehlikenin düşük olduğunu göstermiştir. Ancak konsantrasyon, vücut ağırlığı ve maruziyet süresi riske etki etmektedir. Kronik günlük alım (CDI) değerinden yola çıkılarak yapılan kanser riski hesaplamasında ise metallerin toplam olarak oluşturduğu riskin kabul edilebilir olan 5/100,000 değerini aştığı tespit edilmiştir.

Analizi gerçekleştirilen buğday ve un örneklerindeki ağır metal konsantrasyonlarının Bulaşanlar Yönetmeliği'nde verilen sınır değerleri aşmadığı belirlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Ağır metaller, buğday, kepek, kontamine gıda, risk, un.



## **ABSTRACT**

### **MS THESIS**

## **HEAVY METAL CONTAMINATION OF FOOD AND HUMAN HEALTH RİSC**

**Mert GENÇOĞLU**

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF  
NECMETTİN ERBAKAN UNIVERSITY**

**THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE IN ENVIRONMENTAL ENGINEERING**

**Advisor: Asst. Prof. Dr. Fatma BEDÜK**

**2017, 103 Pages**

### **Jury**

**Advisor: Asst. Prof. Dr. Fatma BEDÜK**

**President: Asst. Prof. Dr. Fatma Didem TUNÇEZ**

**Associate: Assoc. Prof. Dr. Senar AYDIN**

Agricultural products are exposed to environmental pollutants in a polluted environment, and these pollutants reach human beings through natural processes. Increasing world population is increasing food demand. Fertilizers and pesticides have been used to get more yield from the limited agricultural lands. By consuming contaminated foods, pollutants pass into and accumulate in the human body, and can lead to acute and chronic diseases. Contaminants in environmental media at (concentrations of per part million (ppm) or per part billion (ppb) ) can reach toxic levels by accumulating in the different tissues of the quicks. Today, many diseases such as cancer and alzheimer are known to be caused by environmental pollutants. For this reason, there are some national and international regulations to prevent heavy metal contamination of foods.

In this study, heavy metal pollution in wheat products, which is the most consumed agricultural product in Turkey, has been investigated. In the study, it was aimed to evaluate toxic risk assessment methods and determine health risk caused by heavy metal pollutants in wheat, bran and flour specimens grown in Konya basin, which is regarded as Turkey 's grain store. Wheat, bran and flour samples were taken from Konya wheat stock exchange, flour factories and markets. Heavy metal analysis was carried out in accordance with standard methods in the laboratory after collecting according to the sampling technique. Samples were digested by microwave extraction technique and heavy metal content was determined by ICP-MS device. As a result of the study, cancer risk was calculated according to the consumption of wheat products contaminated with heavy metals.

It was determined that bran samples contained more metal than wheat and flour samples in the study. Since the use of whole wheat bread is widespread, it is necessary to pay attention to the heavy metal pollution. The concentrations of heavy metals detected in wheat and flour samples were compared with the literature. Mn and Zn were determined in the highest concentrations among analyzed heavy metals. The mean value of 238.38 mg /kg Pb determined in bran samples is remarkable.

The hazadous quotient (HQ) was calculated from the heavy metal content of wheat and flour samples. The sum of the calculated HQ values is below risk for both adults and children. However, concentration, body weight and duration of exposure are risk factors. In calculating the cancer risk from the value of chronic daily intake (CDI), it has been determined that the total amount of metals exceeds the acceptable value of 5/100,000.

It has been determined that concentrations of heavy metals in wheat and flour samples analyzed do not exceed the limits given in the Contaminants Regulation.

**Keywords:** Heavy metals, corn, bran, contaminated food, risk, flour.



## ÖNSÖZ

Yüksek Lisans çalışmam boyunca her zaman yakın ilgi ve desteğini gördüğüm değerli hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Fatma BEDÜK'e, çalışmalarım sırasında desteklerini gördüğüm Bölümümüz Öğretim Üyelerine, bu çalışmayı oluşturduğum yüksek lisans eğitimimi yaptığım Necmettin Erbakan Üniversitesi ve Yüksek Lisans programlarını destekleyen Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'ne katkılarından dolayı; maddi ve manevi desteğini hiçbir zaman eksik etmeyen aileme teşekkür ederim. Bu tezi kanserden kaybettiğim 7 yakınımına atfediyorum.

Mert GENÇOĞLU

KONYA-2017

## İÇİNDEKİLER LİSTESİ

ÖZET .....	iv
ABSTRACT .....	vi
ÖNSÖZ.....	viii
İÇİNDEKİLER LİSTESİ.....	ix
ÇİZELGELER LİSTESİ .....	xi
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	xii
SİMGELER ve KISALTMALAR.....	xiii
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
<b>2. KAYNAK ARAŞTIRMASI .....</b>	<b>9</b>
2.1. Çevre Kirliliğinin Zirai Ürünler Üzerindeki Etkisi .....	9
2.2. Dünya’da ve Türkiye’de Zirai Ürünlerdeki Ağır Metal Kirliliği .....	15
2.3. Gıda Mevzuatında Ulusal ve Uluslararası Standartlar .....	21
2.4. Tanımlar.....	23
2.4.1. Risk.....	23
2.4.2. Tehlike.....	24
2.4.3. Zarar .....	25
2.5. Risk Değerlendirme Yöntemleri.....	25
2.5.1. Risk Değerlendirmesi .....	25
2.5.2. Risk Karakterizasyonu .....	26
2.5.3. Ekolojide Risk Değerlendirmesi .....	28
2.5.4. Sağlıkta Risk Değerlendirmesi.....	29
2.5.5. Gıdada Risk Değerlendirmesi .....	31
2.5.6. Toksikite Değerlendirmesi.....	32
2.5.7. Deneysel Toksikoloji.....	40
2.5.8. Kabul Edilebilir Maruz Kalma Konsantrasyonları ve Limitleri.....	43
2.5.9. Toksikolojik Olarak Risk Değerlendirilmesi .....	44
2.5.9.1. Doz-Cevap İlişkisinin Belirlenmesi.....	44
2.5.9.2. Doz-Cevap İlişkisi .....	44
2.5.9.3. Doz-Cevap Analizi .....	44
2.5.9.4. Doz-Cevap Eğrisi .....	45
2.5.9.5. Doz-Cevap İlişkisinin Değerlendirilmesi .....	45
2.5.10. Karsinogen Olarak Risk Değerlendirilmesi .....	47
2.5.11. Maruziyetin Değerlendirilmesi .....	48
2.5.12. Maruziyetin Kantitatif Tayini.....	50
2.6. Kanser Oluşumuna Etki Eden Faktörler .....	51
2.7. Gıdaların İnsan Sağlığında Oluşturduğu Kanseri Riskinin Hesaplanması .....	61

<b>3. MATERYAL ve YÖNTEM .....</b>	<b>65</b>
3.1. Çalışma Alanı ve Numune Alma.....	65
3.2. Numune Hazırlama.....	65
3.3. Buğday, Kepek ve Un Örneklerinde Ağır Metal Analizleri.....	66
3.4. Metot Validasyon Çalışmaları .....	67
<b>4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI ve TARTIŞMA.....</b>	<b>68</b>
4.1. Metot Validasyon Parametreleri .....	68
4.2. Buğday, Un ve Kepek Örneklerinde Ağır Metal Konsantrasyonları ve Oluşturduğu Risk.....	69
4.3. Buğday ve Un Örneklerinin Farklı Tüketim Süreleri İçin oluşturduğu Risk .....	75
4.4. Buğday Örneklerinin Mevzuata Uygunluğu.....	77
<b>5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....</b>	<b>80</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>82</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>88</b>

## ÇİZELGELER LİSTESİ

<b>Çizelge 1.</b> Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü'nün (Food and Agriculture Organization, FAO) verilerine göre yıllara göre Türkiye'de temel gıdaların tüketim trendleri (FAO, 2006).....	5
<b>Çizelge 2.</b> Türkiye'de gıda işletmelerinin üretilen gıda ürünlerine göre dağılımı (Tarım ve Köy İşleri, 2009).....	8
<b>Çizelge 3.</b> Ömür boyunca çeşitli konsantrasyonlarda As içeren içme suyu tüketiminde mesane kanseri ve akciğer kanserine yakalanma riski (NAP, 2001).....	17
<b>Çizelge 4.</b> Bulaşanlar Yönetmeliğindeki bazı ağır metallerin maksimum limit değerleri (Bulaşanlar Yönetmeliği, 2011).....	22
<b>Çizelge 5.</b> JECFA tarafından Yetişkinler İçin Belirlenen Bazı Ağır Metallerin Tolere Edilebilir Haftalık Alım Düzeyleri (JECFA,2009).....	23
<b>Çizelge 6:</b> Akut etkilere göre zehirlilik sınıflamaları (Spector, 1956).....	36
<b>Çizelge 7.</b> Akut ve kronik etkiler arasındaki farklar (Arpat, 2007).....	36
<b>Çizelge 8.</b> Toksik maddelerin letal dozlarına göre sınıflandırılmaları (Vural, 2005).....	43
<b>Çizelge 9.</b> Bazı kanserojen ajan örnekleri (IARC Monografileri, www.monographs.iarc.fr)..	52
<b>Çizelge 10.</b> Çeşitli Faktörlerin Kansere Oluşumundaki Etkileri (Toksöz, 2013).....	53
<b>Çizelge 11.</b> Doğada Bulunan Bazı Kanserojenler (Kanser Etiyolojisi-2, 2007).....	56
<b>Çizelge 12.</b> Bazı gıda maddelerinin kansere ile olumlu - olumsuz ilişkilendirilmesi (TBMM, 2010).....	59
<b>Çizelge 13.</b> WCFR/AICR (Dünya Kansere Araştırma Fonu/Amerikan Kansere Araştırma Enstitüsü) İkinci Uzman Raporunda Meyve, Sebze ve Kansere Riski İlişkisinde Kanıtların Uzman Paneli Tarafından Sınıflandırılması (Norat, 2015).....	60
<b>Çizelge 14.</b> Ağır Metaller İçin Oral Referans Doz (RfD) değerleri (USEPA 2002).....	63
<b>Çizelge 15.</b> Bebek ve çocuklarda kansere risklerini tahmini için kullanılacak yaş-duyarlılık faktörleri (California Environmental Protection Agency, 2009).....	64
<b>Çizelge 16.</b> Metoda ait LOD ve LOQ değerleri.....	68
<b>Çizelge 17.</b> Metot Validasyon Parametreleri.....	69
<b>Çizelge 18.</b> Buğday, kepek ve un örneklerinde ağır metal konsantrasyonları ve literatürle kıyaslanması (mg/kg).....	70
<b>Çizelge 19.</b> Erişkinler için buğday tüketiminin oluşturduğu kansere riski.....	73
<b>Çizelge 20.</b> Çocuklar için buğday tüketiminin oluşturduğu kansere riski.....	73
<b>Çizelge 21.</b> Erişkinler için un tüketiminin oluşturduğu kansere riski.....	74
<b>Çizelge 22.</b> Çocuklar için un tüketiminin oluşturduğu kansere riski.....	74
<b>Çizelge 23.</b> Erişkinler için farklı sürelerde buğday tüketiminin oluşturduğu kansere riski.....	75
<b>Çizelge 24.</b> Çocuklar için 10 yıl süreyle buğday tüketiminin oluşturduğu kansere riski.....	76
<b>Çizelge 25.</b> Erişkinler için farklı sürelerde un tüketiminin oluşturduğu kansere riski.....	76
<b>Çizelge 26.</b> Çocuklar için 10 yıl süreyle un tüketiminin oluşturduğu kansere riski.....	77
<b>Çizelge 27.</b> Literatürde yer alan benzer çalışma sonuçları.....	78

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. İnsanların ağır metallere maruziyet yolları (İslam ve ark., 2015).....	2
Şekil 2. Kişi başına yıllık gıda tüketim miktarları (TÜİK, 2015).....	6
Şekil 3. Kişi başına yıllık sebze tüketim miktarları (TÜİK, 2015).....	6
Şekil 4. Kişi başına yıllık tahıl tüketim miktarları (TÜİK, 2015) .....	7
Şekil 5. Kişi başına yıllık meyve tüketim miktarları (TÜİK, 2015).....	7
Şekil 6. Risk Değerlendirme ve Risk Yönetimi Akış Planı (Burgaz, 2009).....	26
Şekil 7: Ekolojik risk değerlendirmesi için genel çerçeve (EPA, 1998) .....	29
Şekil 8: Sağlık risk değerlendirmesinin ana hatları (EPA, 1989).....	31
Şekil 9: Toksik maddelerin vücuttaki tutulması, metabolik aktivitesi, bağlanması, dışarı atılma şekilleri ve bölgeleri (Manahan, 1993) .....	35
Şekil 10: İki farklı maddenin doz-tepki eğrisi (Talınlı, 1999).....	41
Şekil 11: İki farklı maddenin doz-tepki eğrilerinin karşılaştırılması (Talınlı, 1999) .....	42
Şekil 12. Genotoksik karsinogenler için doz-yanıt ilişkisi (Burgaz,2009).....	47
Şekil 13: Maruz kalma değerlendirme süreci (EPA, 1989).....	49
Şekil 14. Kanseri etiyolojisinde yer alan faktörler (TBMM,2010).....	55
Şekil 15: Buğday, un ve kepek örnekleri.....	65
Şekil 16: Numune ön işlemine ait fotoğraf.....	66
Şekil 17: Numune özütleme işlemine ait fotoğraf.....	66

## SİMGELER ve KISALTMALAR

ppm: Milyonda bir birime verilen isimdir.

ppb: Milyarda bir birime verilen isimdir.

DNA: Deoksiribonükleik asit

pH: Bir çözeltinin asitlik veya bazlık derecesini tarif eden ölçü birimidir.

mg: Miligram.

g: Gram.

kg: Kilogram.

USEPA: United States Environmental Protection Agency.

ABD: United States of America.

EPIC: Avrupa Prospektif Kanser ve Nutrisyon Araştırması.

WCFR/AICR: Dünya Kanser Araştırma Fonu/Amerikan Kanser Araştırma Enstitüsü.

AF: Akümülayon faktörü.

DIM: Metallerin günlük alımı.

HQ: Tehlikeli kısım.

BW: Ortalama vücut ağırlığı.

RfD: Referans doz.

CDI: Gıdaların tüketimi yoluyla günlük olarak alınan metal miktarı.

PF: Potency Factor (etki gösterme faktörü).

mL: Mililitre.

ICP-MS: Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometer.

°C: Celsius sıcaklık ölçeği derece.

%: Yüzde.

TGK: Türk Gıda Kodeksi

PCB: Poliklorlu bifeniller.

PAH: Poliaromatik hidrokarbonlar.

IQ: Intelligence quotient (Zekâ katsayısı).

NOAEL: Herhangi bir advers etkinin görülmediği en yüksek düzey.

LOAEL: Advers etkinin görüldüğü en düşük düzey.

ng: Nano gram.

µg: Mikro gram.

L: Litre.

TCDD: Tetraklorodibenzo-para-dioxin.

LD: Lethal dose; popülasyonun yarısının öldüğü doz olarak adlandırılır.

OSHA: İş Sağlığı ve Güvenliği Teşkilatı.

ACGIH: Amerika Devlet Endüstriyel Hıfzıssıhha Konferansı.

LDL<sub>0</sub>: Ölüme yol açan en düşük doz.

TDL<sub>0</sub>: Zehirlilik etkisi gösterilmesine yol açan en düşük konsantrasyon.

PEL: İzin verilebilir maruz kalma limiti.

TLV: Eşik sınır değerler.

TLV-TWA: Zaman ağırlıklı ortalama eşik sınır değer.

TLV-STEL: Kısa süreli maruz kalma limitidir.

IDLH: Yaşam ve sağlık için ani tehlike yaratan konsantrasyon değeridir.

REL: Tavsiye edilen maruz kalma limitleri.

AIHC: American Industrial Health Council (Amerikan Sanayi Sağlık Konseyi).

FDA: Food and Drug Administration (Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi)

WHO: Dünya Sağlık Örgütü.

FAO: Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü.

IARC: WHO'nun Uluslararası Kanser Araştırmaları Teşkilatı.

JECFA: Gıda Katkıları Gıda ve Tarım Örgütü; (FAO)/WHO Ortak Uzmanlar Komitesi.

CAC: Kodeks Alimentarius Komisyonu.

OPP: Oriente Polipropilen.

NAS: National Academy of Sciences (Ulusal Bilimler Akademisi).

TBMM: TÜRKİYE Büyük Millet Meclisi.

EMA: Avrupa Tıp Değerlendirme Ajansı.

EFA: Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi.

vb.: Ve benzeri.

vs.: Vesaire.

örn.: Örnek.

ark. : Arkadaşları.

TF : Transfer faktörü.

TÜİK : Türkiye İstatistik Kurumu.

İSGRDY : İş sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliği.

T.C. : TÜRKİYE Cumhuriyeti.

## 1. GİRİŞ

İnsanların doğal kaynakları aşırı kullanması ve doğal ortamdaki fiziksel öğeler üzerinde hakimiyet kurma çabası geliştikçe insanlığında çevre ortamında sorunları ortaya çıkma sıklığı da artmıştır. 20. Yüzyılın son yıllarından günümüze kadar hızlı nüfus artışıyla beraber hızlı ve çarpık kentleşme buna ek olarak sanayileşmeyle beraber doğal dengenin dikkate alınmaması çevre problemlerinin ortaya çıkmasına neden olmuştur.

Artan nüfusa karşılık dünya genelinde artan gıda ihtiyacını da beraberinde getirmektedir. Birleşmiş Milletlerin yayınladığı rapora göre dünya nüfusu yaklaşık 7 milyar olup 2050 yılında bu rakamın 9 milyara ulaşacağı bildirilmektedir. Yapılan çalışmalar 2-3 milyar insanın kişi başı gelir seviyesinin 3 katına çıkacağı ve gelir seviyesindeki bu artışın şu anda tüketilenin 2 katı fazla gıda ürününün tüketilmesine neden olacağını ortaya koymaktadır. Dünyada tarıma elverişli araziler kentsel yapılar ve sanayileşme uğruna heba edilmektedir. Bu yüzden daralan tarım arazileri ve artan gıda talebiyle beraber daha fazla ürün alma hırısı aşırı miktarda suni gübre kullanımıyla sonuçlanmaktadır. Suni gübreler fosfat, kükürt, ve ağır metaller içerebilmektedirler. Bu ağır metal çevre kirleticileri içme ve sulama sularını, tarım ürünlerini, hayvansal gıdaları hatta anne sütünü bile kontamine edebilmektedir. Tarım alanlarının daralması ve verimliliğin azalması, su kaynaklarının kirlenmesi ve azalması, diğer çevre problemleri sağlıklı ve güvenli gıda üretimi ve tüketimini tehdit etmektedir. Tüm bunların hepside insan sağlığını tehdit etmektedir. Kirlenmiş bir çevrede sadece bitkisel ürünler değil hayvansal gıdalar da çevre kirleticilerine maruz kalmakta ve doğal süreçlerle insanlara ulaşmaktadır (Şekil 1). Böylece ağır metaller gıda ürünlerini birer hastalık kaynağı haline getirmektedir. Çevre ortamlarında milyonda bir (ppm) veya milyarda bir (ppb) konsantrasyonda bulunan kirleticiler, hayvanların ve insanların dokularında birikerek toksik seviyelere ulaşabilmektedir. Bugün kanser ve alzheimer gibi birçok hastalığın çevre kirleticilerinden kaynaklanabildiği bilinmektedir. (Clay, 2011).

Küresel değişimlere neden olan çevre sorunları tarım ürünü üretimi ve gıda tüketimini önemli boyutta etkilemektedir. Gıda üretim sistemleri; çeşitli çevre sorunları ve kirliliği, hızlı nüfuslanma, daralan ve verimsizleşen tarım alanları, suni gübre kullanımı, kalitesiz tohum kullanımı tarım uygulamalardan olumsuz yönde etkilenmektedir.



Tarım ilaçlarının içinde çeşitli kimyasallar ve ağır metal bileşikleri bulunmaktadır. Dünyada toplam ilaç kullanımı ve toplam dünya nüfusu düşünüldüğünde; 0,5 kg/birey/yıl ya da 1,4 g/birey/gün tarım ilacı hesaplanmıştır. Sadece gelişmekte olan ülkelerde yılda 37.000 kanser olgusunun tarım ilaçlarından kaynaklandığı düşünülmektedir (Ayaz ve Yurttagül, 2008).

Ağır metallerle kontamine olmuş besinlerin tüketilmesi, konsantrasyona ve dokularda birikme düzeyine bağlı olarak akut ve kronik boyutlarda önemli sağlık problemleri çıkarabilmektedir. Bu sebeple besinlerdeki ağır metal kontaminasyonunun önlenmesi üzerine yapılan bazı ulusal ve uluslararası düzenlemeler bulunmaktadır. Kodeks Alimentarius Komisyonu (CAC) gıda kontaminantlarını; gıdalara bilerek konmadığı halde üretim, işleme, hazırlama, depolama, ambalajlama, taşıma ya da çevre kirlenmesi sonucunda bulaşan kimyasal maddeler olarak tanımlanmaktadır. Son zamanlarda insan sağlığına risk oluşturan en önemli besinlerin içindeki kontaminantlarından birisi olarak ağır metaller karşımıza çıkmaktadır. Ağır metallerle kirlenmiş besinlerin tüketilmesiyle vücuda giren ağır metaller, maruz kalınan konsantrasyona, çeşitli vücut dokularında tutulma ve birikme düzeyine bağlı olarak çeşitli kanser türleri, organ tahribat ve yetmezliklerine, çeşitli sinir, iskelet sistemi hastalıklarına, kronik düzeylerde önemli sağlık problemlerine neden olabilmektedir. Toksik etki gösteren ağır metaller erişkinlere göre özellikle fetüsler ve çocuklar için önem arz eden sağlık sorunlarına sebep olabilmektedir. Çünkü bunlar vücut ağırlıkları miktarına oranla daha çok ağır metale maruz kalmaktadırlar. Kurşun ve cıva gibi bazı ağır metaller çok uzun dönem ve yüksek dozlarda maruziyet durumlarında, plasantaya intikal edebilmekte çok kolay olmakta beraber beyinde önemli kalıcı tahribatlar oluşturabilmektedir. Özetle öğrenme, hafıza sorunları ve hiperaktivite gibi davranış bozuklukları çıkabilmektedir (Türküzü, 2014).

Bir besinde çevre kirlenmelerinin analizi noktasında en büyük yanlışlık durumu kirlenmelerin sadece ana formlarının analizinin yapılmasıdır. Birçok çevre kirlenmesi birçok dış etkenlerle parçalanmakta ve parçalanma ürünleri (ara ve yan ürünleri) ana formlarından fazla toksik özellik taşıyabilmektedir. İnsanlardaki bir diğer önemli yanlışlık durumu mikrobiyolojik bakımdan güvenli olan bir besinin sağlığa hiçbir zararı olmadığı düşüncesi hakimdir. Ancak sanayi kaynaklı birçok yapay kirlenme doğal çevre ile besinlerin içerisine bulunabilmektedir.

Ülkemizde uygulanan yönetmeliklerde tarım ürünlerinin yetiştirildiği topraklarda ve sulama suyunda ağır metaller ve sınırlı sayıda kalıcı organik kirleticiler için limit değerler tanımlanmıştır (Türk Gıda Kodeksi, 2011).

Toplumlar günümüzde düşmanlardan daha çok riskler ve tehlikelerle karşı karşıya gelmektedir. Giddens de riski, modern sanayi uygarlığının temel bir özelliği olarak kabul etmektedir. Geleneksel toplumlarda ve günümüzdeki sanayi toplumunda, insanlar dış çevreden gelen risklerden endişe etmektedir. Yakın zamanlarda dışarıdan gelecek risklerden ziyade gelişen bilgilerin dünya üzerindeki etkisiyle üretilen riskler nedeniyle çevrenin bize yapabileceklerinden daha az, bizim çevreye yapabileceklerimizden daha fazla endişe duyulmaya başlandığı görülmektedir. Bu dönemde harici risklerin ağır gelmesinden suni üretilen risklerin üstün gelmesine dikkat çektiği görülmektedir. Çeşitli çevre sorunlarının çoğu çevresel risk bu kategorinin içine girmektedir. Bu riskler, küreselleşmenin etkisi altında görülmektedir (Giddens, 2000). Beck risk ve tehlike kavramlarını benzer anlamda değerlendirmektedir. Beck'e göre, çağdaşlamanın getirmiş olduğu riskler, canlılara geriye dönüşü olmayan bir tehdit oluşturmakta beraber, risk algısını da çağdaşlaşma sürecinin neden olduğu tehditlerle sistemli olarak karşı karşıya kalma şeklinde anlatmaktadır. Beck risk insanlarını, kendi başına buyruk, sonuçları sezme yeteneği azalan, tehlikeler karşısında umursamaz hale gelmiş çağdaşlaşmanın kendiliğinden değişimi sırasında oluşması olarak anlatmaktadır. Sanayi toplumunun temellerini sarsan, kaldıran, değiştiren, iç tehditleri üreten, toplumda ve gizli olarak bu süreçlerin tamamıdır. Beck günümüzde yaşanan riskleri, daha önceki dönemlerinde olan risklerden farklı olduğunu belirtmektedir. Beck bunu "Bumerang Etkisi" ile örnelemektedir (Beck, 1992). Waters da dünya çapındaki risklerin olumsuz sonuçlarının tekrar kendi özüne, yani onu üretenlere döneceğini düşünmektedir. Bu da sadece riskin üretildiği alanla sınırlı olmayacağına, çok daha geniş bir alanda etki göstereceğine ve toplumsal yapıları da kapsayacağına işaret etmektedir (Waters, 1995).

Türkiye'nin % 65'i buğday üretmektedir. Bu besin kaynağı Türkiye için önemlidir (Ekmekyapar ve ark., 2012). Türkiye'deki geleneksel yemek alışkanlıkları toplumun büyük bölümünde fazla değişmeden varlığını korumaktadır. Türkiye Türk halkının yemek alışkanlıklarında önemli bir payı olan unlu mamuller temel öğünlerin en büyük katkılarından birisidir. Türkiye'de ekmek insan beslenmesinde önemli bir yer tutmaktadır. Ülkemizde ekmek tüketimi yüksektir, bu yüzden ağır metallerin varlığına dikkat edilmelidir. Ekmek iyi bir enerji, çeşitli mineral, vitamin kaynağıdır.

Raporlara göre Türkiye’de tüketilen ekmek diğer ülkelere oranla daha yüksektir. Fırıncılık endüstrisinde ekmek üretiminde ham madde olarak buğday birinci sıradadır.

Türkiye’de yapılan bir çalışmada 2003 ve 2006 yılları arasında tahıl ürünleri, sebze - meyve, süt ve süt ürünleri, kırmızı et, beyaz et ve deniz ürünleri olmak üzere 6 farklı temel gıda grubunun 4 yıllık aylık ortalama tüketim oranları ve harcamaları gelir, eğitim, meslek, kır kent ve hanehalkı sayısına göre araştırılmıştır. Çıkan sonuçlara göre 4 yıllık aylık ortalama tüketim oranları; % 100 ile tahıl ürünleri, sebze - meyve 1. sırada, % 85’lik tüketim oranı ile süt ve süt ürünleri 2. sırada, % 70 ile beyaz et 3. sırada, % 50 aylık ortalama ile kırmızı et 4. sırada ve % 33 ile deniz ürünleri 5. olmak üzere sonsırada tüketimi yer almıştır. Türkiye’de gıda tüketim kültürü çok büyük oranda tahıl ürünleri, sebze meyve, süt ürünleri ve beyaz et tercih ettiği ortaya çıkmıştır (Aydın, 2011). 2013 yılı TÜİK hane halkı tüketim harcamaları anketi verilerine göre, aylık harcamaların % 2,7’sini süt, peynir ve yumurta oluşturmaktadır. 2013 yılında yapılan süt ve süt ürünleri tüketim sıklığı anketine göre, tüketicilerin; % 88,5’inin hemen hemen her gün süt ve süt ürünleri tükettiği, % 4,9’unun haftada 2 kez, % 4,3’ünün haftada 1 kez, % 0,9’unun ayda 1 kez, % 0,3’ünün hiç süt ve ürünü tüketmediği tespit edilmiştir. Türk insanın besin türlerinin tüketim verileri FAO ve TÜİK verileri ile Çizelge 1 ve Şekil 2’de gösterilmiştir.

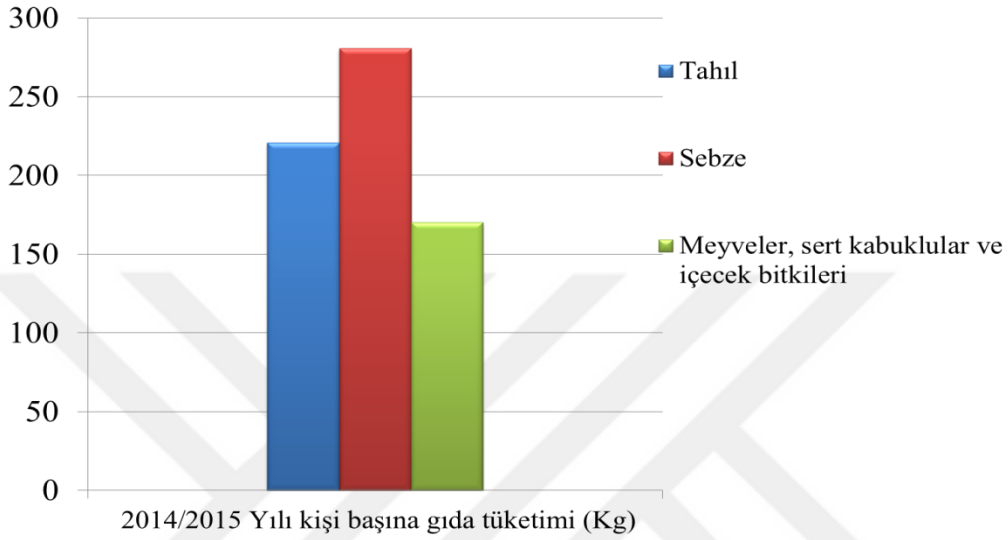
**Çizelge 1.** Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü’nün (Food and Agriculture Organization, FAO) verilerine göre yıllara göre Türkiye’de temel gıdaların tüketim trendleri (FAO, 2006)

	1960	1970	1980	1990	2000	2003
<b><i>Tahıl ürünleri</i></b>	<b><i>208,9</i></b>	<b><i>211,3</i></b>	<b><i>222</i></b>	<b><i>237,3</i></b>	<b><i>215,7</i></b>	<b><i>217,5</i></b>
Sebze	145,1	162,8	181,9	199,9	233	230,5
Meyve	127	137,8	129	110,8	108	107,6
Süt ürünleri	174,7	157,2	167,3	135,7	116,9	122,3
Kırmızı et	14,3	12,8	9,3	13	10,8	8,5
Beyaz et	2,3	2,9	5,4	7,2	9,7	12,1
Deniz ürünleri	2,4	4,6	7	5,8	7,1	7,2

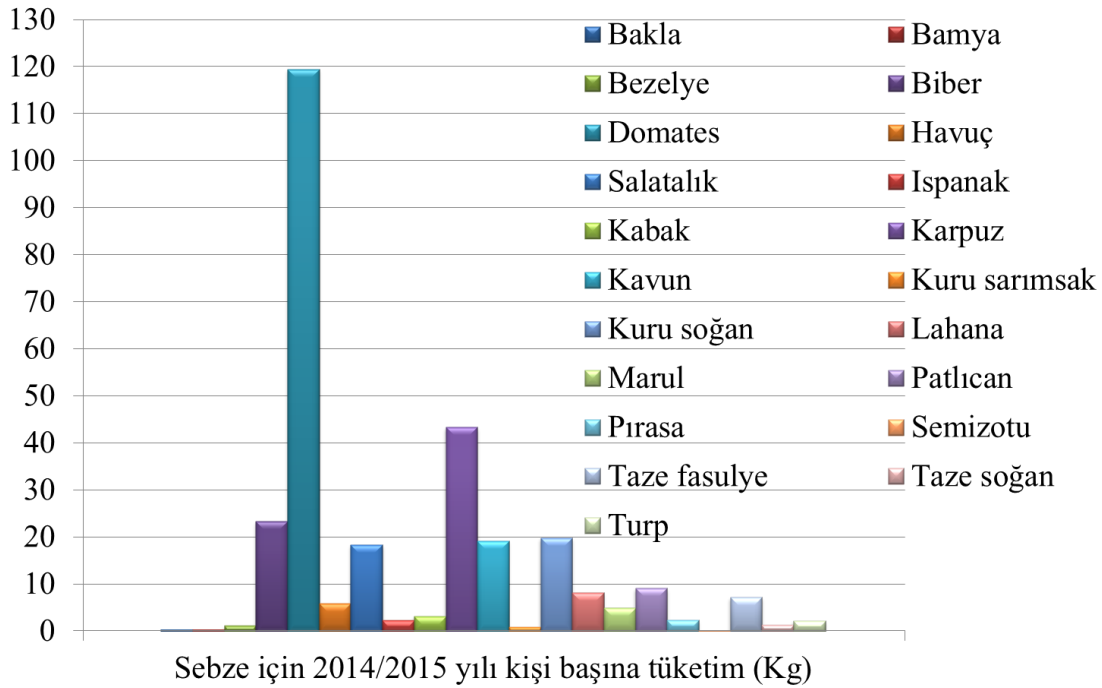
\*( kg/kişi x yıl )

Çizelge 1’de verilen Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü’nün verilerine göre ve Şekil 2’de verilen 2014 – 2015 TÜİK verilerine göre Türk halkının en çok sebze tükettiği görülmektedir. Kişi başına yıllık sebze tüketim miktarları, yıllık tahıl tüketim miktarları ve yıllık meyve tüketim miktarları sırasıyla Şekil 3, 4 ve 5’te verilmiştir.

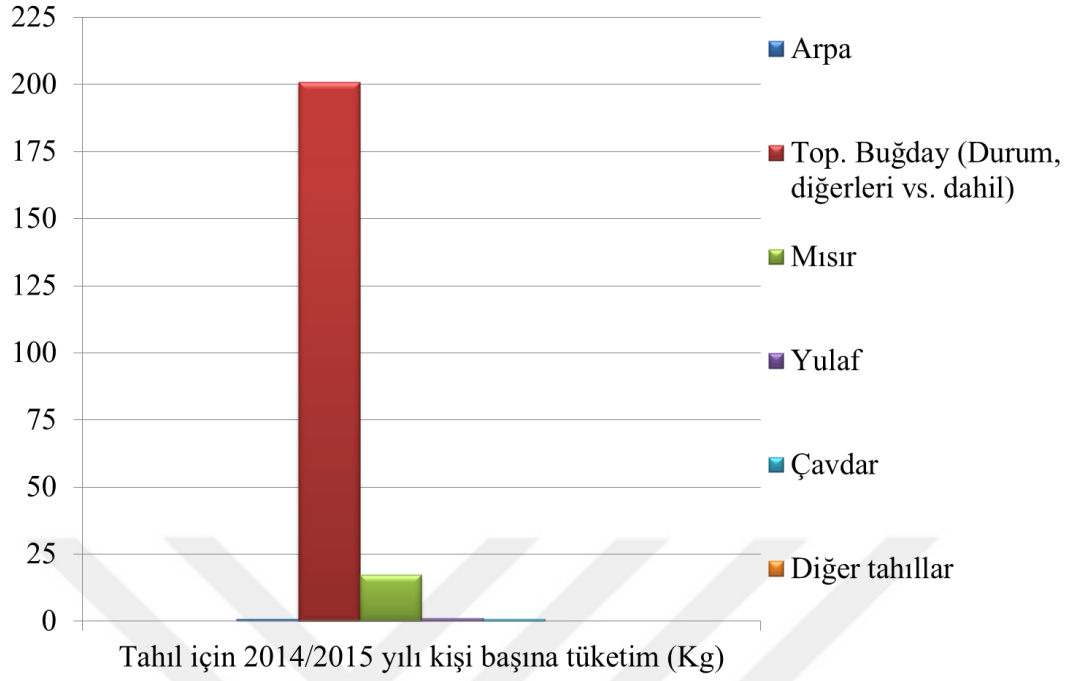
Tahıl tüketiminde buğday tüketimi dikkat çekmektedir. Yaklaşık olarak sebze tüketimi kişi başına 280 kg iken sebzenin içindeki domates tüketimi 120 kg kişi başı olarak çıkmıştır. Tahıl tüketimi kişi başına 220 kg iken buğday tüketiminin 200 kg olması çok tüketilen buğday için sağlık riski tespitinin önemini ortaya koymaktadır.



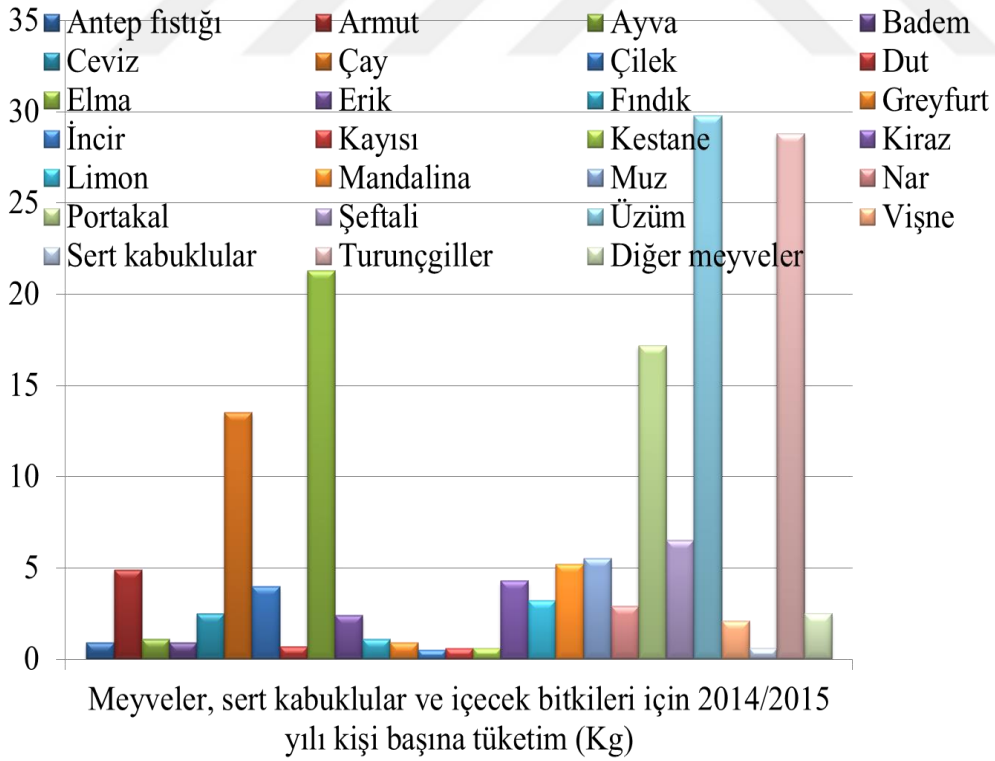
Şekil 2. Kişi başına yıllık gıda tüketim miktarları (TÜİK, 2015)



Şekil 3. Kişi başına yıllık sebze tüketim miktarları (TÜİK, 2015)



Şekil 4. Kişi başına yıllık tahıl tüketim miktarları (TÜİK, 2015)



Şekil 5. Kişi başına yıllık meyve tüketim miktarları (TÜİK, 2015)

Çizelge 2’de Türkiye’de gıda işletmelerinin üretilen gıda ürünlerine göre dağılımı verilmiştir. Un ve unlu mamuller üreten işletmelerin gıda işletmelerinin % 56,68 gibi önemli bir oranını oluşturduğu görülmektedir.

**Çizelge 2.** Türkiye’de gıda işletmelerinin üretilen gıda ürünlerine göre dağılımı (Tarım ve Köy İşleri, 2009)

<b>Gıda ürünleri</b>	<b>İşyeri sayısı</b>	<b>Oran</b>
Et ve et ürünleri	1.986	3,67
Süt ve süt ürünleri	5.395	9,96
Meyve ve sebze işleme	5.798	10,70
Su ürünleri işleme	158	0,29
<b><i>Un ve unlu mamuller</i></b>	<b><i>30.710</i></b>	<b><i>56,68</i></b>
Bitkisel yağ dolum işletmeleri	863	1,59
Şekerli mamul imalatçıları	4.876	9,00
Alkollü içki üretim işyerleri	190	0,35
Alkolsüz içki üretim işyerleri	497	0,92
Baharat paketleme işyerleri	961	1,77
Kuruyemiş paketleme işyerleri	1.768	3,26
Baklagil ve hububat paketleme işyerleri	984	1,82
<b>Toplam</b>	<b>54.186</b>	<b>100</b>

Bu çalışmada, gıdalardaki toksik risk değerlendirme yöntemlerinin ortaya konması, Türkiye’nin tahıl ambarı olarak görülen Konya havzasında yetiştirilen buğday örnekleri içindeki ağır metal kirleticilerinin oluşturduğu sağlık riskinin yetişkin ve çocuklar için değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

### 2.1.Çevre Kirliliğinin Zirai Ürünler Üzerindeki Etkisi

Tarım ürünleri, atmosferik çökeltme ve yağışlarla havadan, bitki kökleri aracılığıyla topraktan, sulama yoluyla kaynaklarından çevre kirlleticilerini içerisine alabilmektedir. Kirlenmiş ortamda insan sağlığını tehdit etmeyecek, sağlıklı besinlerin üretimi mümkün olmamaktadır.

#### *Hava kirliliğinin zirai ürünler üzerindeki etkisi*

Ekonomik aktivitelerin artması, belli yerlerde yoğunlaşması ve nüfusta hareketlenmenin yaşanmasıyla birlikte daha çok artan enerji talebini ve kullanımı beraberinde getirmektedir. Artan enerji talebine yetişmek için yüksek oranlarda fosil yanma ürünleri tercih edilmekle birlikte hava kirliliğine neden olmaktadır. Fosil yakıtların kullanılması sonucu yakıt içerisindeki saf olmayan ürünlerin; havaya bırakılan oranı, formu, yanma sıcaklığının gereğinden az veya çok oluşuyla birlikte, yanma reaksiyonunun tam gerçekleşmeyişi çıkan gaz ve buharlar hava kirliliğine sebep olmaktadır. Buradaki en büyük kirleticilerden biri de kurşunlu benzinlerdir. Yapılan çalışmalarda pompa istasyonlarındaki çalışanların ve trafik polislerinin normal insanlara oranla kanlarındaki kurşun oranının fazla olduğu ortaya çıkmıştır. Türkiye’de kurşunlu benzin satışı yasağını 2004 Şubat ayından itibaren uygulamaya koymuştur. Hava kirleticileri kaynağından çok uzak yerlere ulaşabilmektedir. Bu kirleticiler atmosferik çökeltme ile tarım ürünlerine bulaşabileceği gibi yağışlarla beraber sulama suyu kaynaklarını da kirlitebilmektedir. Birçok sağlık sorunu oluşturma riski taşıyan hava kirleticileri besinler için çok fazla özenilmeyen bir kirleticidir. Karayolu kenarındaki yapılan tarım bu benzin türü tarafından etkilenebileceği ön görülmektedir (Ekmekyapar ve ark., 2012)

Ekmekyapar ve ark., yaptıkları çalışmada Çorlu-Çerkezköy otobanı etrafında yetişen buğdaydaki ve topraktaki ağır metal kontaminasyonunu değerlendirmişlerdir. Çalışmada özellikle trafik kaynaklı kirliliğin olduğu görülmüştür. Bu kirliliğin insan sağlığı için bir tehdit olduğu düşünülmektedir. Alınan örneklerin karayoluna mesafeleri 1-25-50-100-250-500 m dir. Analiz edilen ağır metaller Pb, Zn, Cd, Cu, Ni, Mn, Cr, Fe dir. Atmosferik kirlilikten kaynaklı ağır metaller topraklarda yüzey kontaminasyonuna neden olduğu düşünülmektedir. Hava kirliliğinin en önemli kaynaklarından biri araç emisyonları olduğu düşünülmektedir.

Yapılan çalışmada trafik miktarıyla hava kirliliği ve toprak kirliliği ilişkilendirilmiştir. Çalışmanın amacı ağır metal değerlendirmesi yapmaktır. Trakya topraklarında buğday kirlenmesi ile ilgili bir kayıt bulunamamıştır. Çalışmada, toprak ve bitkide ağır metal kirlenmesi, mesafe – yön değerlendirilmesi yapılmıştır. Çorlu ve Çerkezköy’de yüksek kentleşme yaşandığı gözlemlenmiştir. Çalışma alanında faaliyet gösteren; tekstil (21 adet), boya (2 adet), hazır beton (2 adet) ve metal (1 adet) fabrikası bulunmaktadır. Bu yüzden buraya ham madde taşınımı fazla olduğu görülmüştür. Ayrıca İstanbul ile olan trafik yoğunluğu fazla olduğu görülmüştür. Çorlu’da 29.543 ve Çerkezköy’de 6.299 kayıtlı motorlu araç bulunmaktadır. 36 toprak örneği rastgele olarak yapılmıştır ve örnekleme yeri için (0-200 mm derinlik) alınmıştır. Çalışma Mayıs ayında karayolunun kuzey ve güneyinde bir çizgi şeklinde 1, 25, 50, 100, 250 ve 500 m mesafe aralıklarla yapılmıştır. Topraktaki ağır metal konsantrasyonunun mesafelerle farklı çıkmadığı görülmüştür. Nedeni olarak endüstriyel faaliyetlerin yaygın olarak yapılması düşünülmektedir. Kuzey kısımda en çok Cu, Cd, Cr ve Fe, güney kısımda ise Pb, Ni konsantrasyonları tespit edilmiştir. Buğday için farklı mesafelerde farklı konsantrasyonlar bulunmuştur. Bunun nedenin buğdayın atmosfer faaliyetleri ile yıkanması olarak düşünülmektedir. Yıkanmamış bitkilerde bu konsantrasyonlar daha fazla çıkmıştır. Bitki örneklerinde Cd ve Cr içeriklerine eser seviyelerde olduğu tespit edilmiştir. Araştırmada açıkça yıkanmamış bitkiler için ağır metal konsantrasyonu karayolunda uzaklaştıkça azaldığı görülmüştür. Çalışmada, Pb ve Al konsantrasyonu, toprakta kabul edilebilir max. sınırlardan daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Mn varlığı çalışma alanının toprak için ağır metal kontaminasyona uğradığını göstermiştir. Yıkanmamış buğday örneklerinde Cu, Ni, Mn ve Fe konsantrasyonları daha yüksek bulunmuştur. Bu da buğday örneklerindeki ağır metal kontaminasyonunun trafik kirliliğinin etkisinin bir sonucu olduğunu göstermiştir. Motorlu taşıtlardan kaynaklanan ağır metaller rüzgarla taşınabilmektedir. Çalışmada değerlendirilen alanın Pb ile kirlenmiş olduğu tespit edilmiştir ve Pb izin verilen maksimum limitlerden daha yüksek bulunmuştur. Bu çalışma yıkanmamış bitkilerde, ağır metal içeriği artan karayolu mesafelerinde azaldığı belirlenmiştir. Bunun nedeninin dizel ve benzin kullanımından kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Hakim rüzgar yönü (kuzey ve kuzey-doğu) trafik kirleticisinin dağılımını göstermiştir. Bu bulgular, trafik emisyonunun belirgin bir etkisi olduğunu ortaya koymuştur (Ekmekyapar ve ark., 2012).

Krakowska ve ark., yaptıkları çalışmada çeşitli ülkelerden alınan bal örneklerinde ağır metal kirliliğini araştırmıştır. Seçilen 13 bal örneğinde Ca, K, Mg, Fe, Zn, Mn, Cu, Pb, Cd tespiti yapılmıştır. Balın uluslararası tıbbi ve gıda olması açısından önemi yüksektir. Balın başlıca bileşenleri % 50 - 70 şeker, geriye kalanı ise sudan, früktozdan oluşmaktadır. Çok az bir kısmı ise makro-mikro elementlerden, minerallerden oluşmaktadır. Arıların balı oluşturmasında aradığı nektar alanı 7 km yarıçaplı bir daireyi kapsamaktadır. Arı balı yaptığı polenin ağır metal kirliliğinden koruması gerekmektedir. Bitkilerin bu kısmının korumasının nedenin toz nitelikli kontaminyonu önlemektir. Ancak asıl kontaminyasyon sebebinin bu olmadığı arıların trake solunumu yapmasının önemli olduğuna dikkat çekilmiştir. Yani hava kirliliğinin önlenmesi gerekmektedir (Krakowska ve ark., 2015).

### ***Toprak kirliliğinin zirai ürünler üzerindeki etkisi***

Tarım toprakları birçok faaliyet nedeniyle kirleticilere maruz kalmaktadırlar. Kirleticiler toprağın içeriğine (nem ve organik madde içeriğinin, pH, tuzluluk, geçirgenlik gibi) fiziko-kimyasal özelliklerinin değişmesine, toprakta bulunan yararlı canlıların azalmasına, ağır metallerin, çeşitli kirleticilerin ve iz elementlerin konsantrasyonlarının artmasına neden olabilmektedir. Kirlilik sonucunda zamanla toprağın doğal içeriği bozularak ve toprak, üzerinde ya da içinde canlıların yaşamı için gerekli koşulları sağlayamaz, topraktan elde edilecek gıda üretim miktarını azaltmakta ve de etkilemektedir. Kirletilmiş topraklarda yapılan tarımsal çalışmalar sonucunda yetiştirilmiş ürünler, kirletilmiş toprağın bozulan pH dengesinden, tuzluluğun yüksek olmasından, kirleticilerin toksik özelliklerinden etkilenerek topraktan gerekli suyu, havayı ve bitki besin elementlerini orantılı bir şekilde bünyesine alamamaktadırlar. Toprak geçirgenliği, organik maddesi, neminin azalmasıyla ortaya çıkan toprakta sıkışmadan dolayısıyla ürünü tohumları ya da bitki kökleri istenildiği gelişmemektedir. Toprakta ürün gelişimini olumsuz etkileyen bu koşullar sonucunda, tarım ürün miktarı ve kalitesi azalarak, kirletilmiş topraklarda ancak yüksek toleranslı tarım ürünlerinin yetiştirilebilmesiyle tarım ürünü çeşidi de azalmaktadır, hasat edilen tarım ürünün tadı, rengi, boyutu istenen şartları sağlayamamaktadır.

Tarım ürünleri topraklarda bulunan pestisitler, ağır metaller, sentetik organik kirleticiler gibi kirleticileri bünyesine almakta, kalıntı içeren tarımsal ürünlerin tüketilmesi kanser gibi birçok sağlık sorununa sebep olmaktadır. Bitkiler; atmosferden, suni gübrelerden, atıksu ve çıkan atıksudan çıkan çamurlardan ya da toprağa çeşitli şekilde bulaşmış olan ağır metalleri konsantrasyonlarına bağlı olarak biriktirme eğilimine girmektedirler.

Bundan dolayı toprağın içindeki ağır metallerin kabul edilir miktarlarının belirlenmesine ihtiyaç vardır. Bitkiler, bazı ağır metalleri özellikle Cd gibi elementlere çok geniş aralıklar içinde eğilim içerisindedirler. Bu sebeple tarım ürünlerinde, insan ve hayvan beslenmesinde sorunlar oluşturabilecek seviyede ağır metal birikimi olabilmektedir. Bu seviyeye ulaşılmasa bile, bu tür demetler artan dozlarda çeşitli kaynaklardan da vücuda alındığında besinlerdeki düşük dozlar bile risk faktörü olarak dikkate alınması gerekmektedir. Ağır metallerin gıda ürünlerinde ve suda dağılımının araştırılması, çevresel kirliliği gösteren ölçütlerden birisidir. Kentsel ve endüstriyel atıkların sulara karışması, bu toksik maddelerin çevreye yayılmasına ve ekosisteme girmesine sebeptir (Vural,1993).

Topraktaki ağır metal kirliliği toprak, su ve hava kaynaklı olmaktadır. Bu kaynaklar aracılığıyla kirlenen toprakta yetişen ürünler insan için uzun vadede ciddi tehdit oluşturmaktadır. Evsel arıtıma çamurları ve endüstriyel atıkların toprağa ulaşması ile kontamine toprak üzerinde yetişen buğday ve bitkilere ağır metaller geçebilmektedir. Ağır metaller kök veya yaprağın biri tarafından bitki bünyesine geçebilmektedir. Belli eser elementler bitki büyümesinde önem arz etmektedir. Ancak, çok kirli ortamlarda büyüyen bitkiler çevrede ciddi risklere neden olmakta ve yüksek metal konsantrasyonları bünyesinde birirmektedir. Bu da toksisiteye ve insanlarda sağlık sorunlarına sebep olmaktadır. Buğday dahil olmak üzere birçok bitki, ağır metallerle maruz kalmaktadır. Özellikle de yakında endüstriyel atıkların deşarjının yapıldığı sularla sulandığı zaman farklı ağır metaller bitkinin farklı kısımlarında birikebilmektedir (İqbal Khan ve ark., 2015).

Topraktaki ağır metal kirliliğinin sebepleri olarak insan, madencilik ve eritme, sanayi, kanalizasyon ile sulama, kentsel gelişim faaliyetleri ve gübre uygulamalarıdır. Zhang ve ark. yaptığı çalışmada topraktaki potansiyel ağır metal kaynaklarının tespitini, etkilenen kısım için mekansal dağılımı ve gıda güvenliği konusunda metal etkilerinin değerlendirilmesini amaçlamıştır. Toprak örnekleri alınırken bölgenin özelliklerine dikkat edilmiştir; demir dışı metal madencilik ve eritme faaliyetleri, metalik olmayan madencilik ve eritme faaliyetler, sanayi faaliyetleri, sulama alanı, kentsel alanlardan örnekler alınmıştır. Çalışma sonucunda Hg, Cu, Ni, Zn ve Cd en yüksek kirlenici ağır metalleri olarak tespit edilmiştir. Diğer ağır metaller ciddi kirlilik oluşturacak şekilde çıkmamıştır. Diğer çalışmalarda da olduğu gibi bu çalışmada da Cu ve Zn arasında yakın ilişki görülmüştür. Toplamda, yaklaşık % 10,18 ekilebilir toprağın ağır metaller ile kirlendiği tespit edilmiştir. Çin'de tahıl üretiminin % 13,86 ağır metal kirliliği etkilendiği hesaplanmıştır (Zhang ve ark., 2015).

### ***Su kirliliği zirai ürünler üzerindeki etkisi***

Su kaynaklarının % 70'i tarımsal faaliyetlerde kullanılmaktadır. Özellikle su kıtlığı yaşanan bölgelerde arıtılmış atıksuların tarımda kullanımı bir çözüm olarak düşünülmektedir. Temiz su kaynaklarının evsel ihtiyaçlar için kullanılması ve arıtılmış atıksuların ise sulama amaçlı kullanımı birçok ülkede yaygındır. Suyun yeterince arıtılmamış olması gıda ürünlerinin kontaminasyonuna neden olmaktadır. Bu durum gıda kaynaklı hastalıkların ortaya çıkmasıyla sonuçlanmaktadır. Gerek arıtılmış gerekse de arıtılmamış atıksular birçok çevresel kirleticiyi içermekte ve bu kirleticiler sulama ile toprak ortamında birikebilmekte, zirai ürünlerin yaprak ve ürünlerine bulaşabilmektedir. Bu kirleticilerin toprakta birikme potansiyelleri ve bitkilerin bünyesine girişi çözünürlüklerine, molekül yapılarına, bitkinin cinsine ve yaşına bağlıdır. Su kirliliğine neden olan maddeler doğaya bırakıldıkları noktadan çok uzak mesafelere taşınabilmektedir. Çevresel kirleticiler sadece atıksularda değil, yeraltı ve yerüstü su kaynaklarının tümünde tespit edilebilmektedir. Düşük kaliteli suların tarımsal sulama amaçlı veya gıda üretimi amaçlı kullanılması gıda güvenliği sorununa neden olmaktadır. Endüstriyel atıksuların sulama için kullanımı Hindistan'da birçok bölgede oldukça yaygındır. Pestisit, ilaç, petrokimya, boya gibi endüstriyel alanlarda üretim yapılan bölgelere ait atıksularla sulanan ıspanak, domates vb. zirai ürünlerde yüksek oranlarda As, Cd, Cr, Pb ve Ni tespit edilmiştir (Tiwari ve ark., 2011).

Bangladeş'te arsenik içeren yer altı sularının tarımsal sulama amaçlı kullanımı arsenik bulaşmış gıdaların tüketimi, zehirlenme vakalarının ortaya çıkmasına neden olmuştur (Ahmad ve Goni, 2010).

Çin'de Li'e Zhang ve ark. yaptığı araştırmada madencilikle kirlenen nehirlerde yetişen pirincin tüketiminin insan sağlığında oluşturduğu risk hesaplanmıştır. Çin'deki endişenin sebebi pirinç genel başlıca besin kaynağı olarak tüketilmesidir. Çin'deki, madencilik faaliyetleri kontaminasyona neden olmaktadır. Ancak, bununla ilgili bilgiler sınırlı olarak bulunabilmiştir. Nehir kenarındaki alanlarda pirinç tarım alanları arasında çoğunlukla paralellik olup aynı su ile sulandığı gözlemlenmiştir. Sulama için kirlenmiş suyun uzun vadeli uygulanması tarımsal toprakta yaygın olarak ağır metallerin toplanmasına neden olabilmektedir. Buradan da gıda zincirine transfer olmaktadır. Kirlenmiş suyla yetişen pirinç tüketimi yoluyla insanlar ağır metale maruz kalmaktadır. Suda, toprakta, bitkilerdeki ağır metallerin aşırı birikimi ekosistemlerin güvenliğini ve insan sağlığını tehdit ederek aynı zamanda ciddi sağlık riskleri oluşturmaktadır.

İçme suyundaki ve gıdalardaki ağır metallere uzun süreli maruz kalma sonrasında deride çeşitli lezyonlar (hiperkeratoz ve pigmentasyon değişiklikleri), hipertansiyon, kalp - damar hastalığı ve kanserlere (deri, böbrek ve mesane) neden olmaktadır. Bu da insan yaşamında 9 - 10 yıl gibi ömür kısalmasına sebep olabilmektedir. Atıksularla sulanan gıdalarda hem organik, hem de inorganik kirleticilerin analizleri rutin olarak yapılmalıdır. Bu analizler gerçekleştirilirken dar bir kapsamda kalınmamalı, atıksu ortamında bulunabilecek tüm kirletici parametreler analiz edilmelidir (Li'e Zhang ve ark., 2015).

Havada ve toprakta bulunan çevresel kirleticiler yağışlarla su kaynaklarına ulaşmaktadır. Bu nedenle tüm çevresel kirleticiler su kaynaklarına ulaşmaktadır. Su kaynakları aynı zamanda bir gıda deposudur. Suların kirlenmesi sudaki canlı yaşamını olumsuz yönde etkilemektedir. Çözünmüş oksijen konsantrasyonunun düşmesi ve toksik kimyasallar su canlılarını en çok etkileyen parametrelerdir. Balıklar sudaki oksijeni solungaçlardaki kılcal damarlardan alırken aynı zamanda suda çözünmüş veya askıda bulunan maddeleri de bünyelerine almaktadırlar. deniz canlılarında suda çözünmüş formdaki kirleticilerin deriden bünyelerine absorpsiyonu da oldukça fazladır. Absorbe olan eser elementler çeşitli yollara deniz canlılarının bünyelerine vevücutlarının diğer kısımlarına dağıtılmaktadır. Kabuklu deniz canlılarının tüketimine bağlı olarak oluşan zehirlenmelerin içinde en çok paya ölüm oranını paralitik sebebi (deniz mahsulü ürünlerin tüketilmesine bağlı zehirlenme) zehirlenme oluşturmaktadır. Dünya çapında deniz ürünlerine olan isteğin gün geçtikçe artması bunlardan kaynaklanan zehirlenmelerin önemini arttırmaktadır. Ayrıca zehirlenmenin kısa süre içinde başlaması ve ölüme kadar uzanan sonuçları zehirlenmenin önemini göstermektedir. Toksinin çeşitli işleme (pişirme, ısıtma, dondurma, buhar uygulaması vb.) işlemlerden etkilenmemesi insan sağlığı açısından önemini arttırmaktadır. Ayrıca toksin taşıyan dinoflagellatların (alg türü) suda yaşamaları için uygun şartlar sağlandığında sayılarını hızlı bir şekilde artırarak su ve çevre kirliliğine sebep olabilmektedirler. Ayrıca bu alg türüyle beslenen canlıları, besin zincirinin üst kısımlarında bulunana canlıları da tehdit etmektedir. İnsan sağlığıyla beraber çevre sağlığı ve sularda yaşayan diğer canlıların sağlığını da tehdit etmektedir. (Demirel ve Çelik, 2013).

## 2.2.Dünya’da ve Türkiye’de Zirai Ürünlerdeki Ağır Metal Kirliliği

Beduk ve ark. (2017) Konya’da yetiştirilen buğdaylarda organoklorlu (OCP) ve organofosforlu (OPP) pestisitlerin analizini gerçekleştirerek sağlık riski değerlendirmesi yapmıştır. Malathion 222 ng/g konsantrasyon ile ve chlorpyrifos 556 ng/g konsantrasyon ile en yüksek konsantrasyonda bulunduğu tespit edilmiştir. DDT gibi yasaklanmış pestisitlerin kullanımının sürdüğü ve HQ değerlerinin sağlık riskini ortaya koyduğu tespit edilmiştir.

Demirözü ve ark. Ankara ve Samsun illerinde yaptıkları çalışmada insan sağlığı için önemli olan metallerin (Fe, Cu, Zn, Pb, Cd) seviyelerini belirlemek ve insan sağlığı açısından gıda kalite kontrolünü yapmayı amaçlamışlardır. Çalışmada ekme örneklerinde ağır metaller (Fe, Cu, Zn, Pb, Cd) analiz edilmiştir. Bu illerde yaşayan yetişkinler için kişi başına  $180 \pm 300$  g tüketim kabul edilmiştir. Gıdalarda kullanılan ham maddeler kirlenmiş olabilmekte ya da üretim sırasında gıda da kirlenebilmektedir. Bitki büyüme süresi gıdadaki ağır metallerin seviyesini etkilemektedir. Bu çalışmada ekme örnekleri 6 ay arayla Ankara ve Samsun’dan 10 fırından rasgele alınmıştır. Farklı buğday üretim ve ekme üretim tekniklerinin sonuçları etkilediği tespit edilmiştir. Kurşun düzeylerinin farklı çıkmasının Ankara’da ve Samsun’daki hava kirliliği farkından kaynaklandığı düşünülmüştür. Buğday üretimi üzerinde en etkili faktörler; ekim alanı, demir, çinko ve çevre değerleri, mineral bileşimi, son hasat ürünü gibi çeşitli özellikler etkilediği belirtilmiştir. Buna ek olarak, francala (yerel olarak adlandırılan fırınların) yaklaşık % 70’i beyaz ekme ve yerel ekme üretimi yapmaktadır. Samsun ve Ankara için araştırmada evde tüketilen sade ekme kullanılmıştır. Evde tüketilen ekmekte diğer ekmeklere oranla Fe daha yüksek çıkmıştır. Samsun’da ise Zn yüksek çıkmıştır. Çalışmanın sonucunda Pb, Cd değerleri 2 il için yakın hesaplanmıştır. Fe, Cu, Zn değerleri yapılan diğer çalışmalardan daha düşük bulunmuştur (Demirözü ve ark., 2003).

Avcı ve ark. yaptıkları çalışmada Gazi Antep’te atıksu ile sulanan arazilerde toprak ve gıda örneklerinde eser element bulaşmasını araştırmışlardır. Toprak ve gıda örnekleri atıksu ile sulanan yakın arazilerden alınmıştır. Mısır bitkisinde tüm ağır metallerin yüksek konsantrasyonları bulunmuştur. Bazı bitki türleri ve toprak örneklerinde maksimum izin verilen konsantrasyonların aştığı gözlenmiştir. Kentsel ve endüstriyel arıtma tesislerinden çıkan suların kullanılması su kıtlığından kaynaklanmaktadır. Birçok çalışmada bununla ilgili olarak arıtılmış sularla sulanan tarım ürünlerinin kirliliğinden bahsedilmektedir.

Atıksu arıtma tesislerinde yönetmeliklerde verilen maksimum konsantrasyon değerlerinin aşılması sonucu ağır metal içeren deşarjlar yapılabilmektedir. Bu suların sulama amaçlı kullanımı insanlarda sağlık riskine yol açabilmektedir. Ağır metaller gıda üretim verimini düşürürken aynı zamanda gıda kalitesini de düşürmektedir. Çalışmada analiz edilen ürünler mısır, nane, patlıcan, biber, domatesdir. 17 farklı yerden hem gıda hem de toprak numunesi alınmıştır. Çalışma alanındaki toprağın jeolojik olarak kireç taşından oluştuğu tespit edilmiştir. Toprak kalsiyum açısından zengin ve alüminyum oksitler ve yüksek miktarda kireç (kalsiyum karbonat) içerdiği tespit edilmiştir. Kalsiyum ve magnezyum baskın ve toprak hafif alkali bulunmuştur. Toprakta tespit edilen ağır metal konsantrasyonları Fe> Mn> Zn> Cd> Cu> Pb> Cr> As şeklinde sıralanmıştır. Cr, Cu, Mo, Ni, Pb ve Zn ortalama konsantrasyonları atıksu ile sulanan toprak örneklerinde biraz daha yüksek çıkmıştır. Cu ve Mo konsantrasyonları atıksu ile sulanan ve kontrol toprak örneklerinin arasında farklıdır. Bitki türleri için toprak kimyası, geno tipi gibi biyolojik faktörler bitki dokusu içine ağır metalin alımını etkilediği belirtilmiştir. Mısır yenilebilir bitki kısımlarında, nane ve patlıcan, biber ve domates konsantrasyonları arasında önemli değişkenlik gözlemlenmiştir. Tespit edilen ağır metal konsantrasyonları için TF (transfer faktörü) sonuçları hesaplanmıştır. Mısırdaki Zn> Cu> Mo> Pb> Co> Cr> Ni> Cd; nanede Mo> Cu> Zn> Pb> Cr> Ni> Cd> Co; sebze (patlıcan, biber, domates) Mo> Cu> Zn> Cd> Pb> Cr> Co> Ni olarak bulunmuştur. Mısır ve nane örneklerinde Cr, Ni ve Pb konsantrasyonları ortalama değerleri aşanlar gözlemlenmiştir (Avcı ve ark., 2013).

As'in 200 µg/L ve üzerinde kronik maruziyet arsenikozis (arseniazis): (özellikle el ve ayak tabanında sigil benzeri deri oluşumları ve ciltte pigmentasyon değişiklikleri), 300-400 µg/L düzeylerinde uzun süre arsenik maruziyeti sonucunda mesane kanseri, akciğer kanseri, deri kanseri ve diğer cilt problemlerinin ortaya çıkabileceğini gösteren çalışmalar mevcuttur. 400 µg/L üzerinde kolon, böbrek, mesane, karaciğer, akciğer ve deri kanseri sıklığında artış 70-180 mg arsenik öldürücüdür (Güner, 2014).

Arsenik ihtiva eden su tüketiminin oluşturduğu risk ile ilgili yapılan çalışmanın sonuçları Çizelge 3'te verilmiştir. Arsenik akciğer ve mesane için muhtemel kanserojendir. İçme sularında arsenik WHO limit değeri 10 µg/L dir. Çizelge 3'te verilen sonuçlara bakıldığında bu değer dahi ömür boyu tüketmede her 10,000 nüfusta fazladan 67 kanser vakasına neden olmaktadır. Kanser yapıcı kimyasallar için kabul edilebilir risk yaşam süresi boyunca her milyon kişiden birinde (1/1,000,000) kanser oluşmasıdır (FDA 1973).

Bu sonuçlar FDA sınırları dışında kalmıştır. ICRP kurumu (International Commission on Radiological Protection) kanser oranını 5/100,000 güvenli olarak kabul etmektedir (Ke ve ark., 2015).

**Çizelge 3.** Ömür boyunca çeşitli konsantrasyonlarda As içeren içme suyu tüketiminde mesane kanseri ve akciğer kanserine yakalanma riski (NAP, 2001)

Arsenik Konsantrasyonu (µg/L)	Mesane Kanseri		Akciğer Kanseri	
	Bayanlar	Baylar	Bayanlar	Baylar
3	4	7	5	4
5	6	11	9	7
<b><u>10</u></b>	<b><u>12</u></b>	<b><u>23</u></b>	<b><u>18</u></b>	<b><u>14</u></b>
20	24	45	36	27

Bangladeş'te yapılan bir araştırmada 7 gıda maddesi (süt, et, yumurta, balık, sebze, tahıl, meyve) toplanarak ağır metal düzeylerinin yetişkin ve çocuklarda oluşturduğu sağlık riski belirlenmiştir. Gıda maddelerinde bakılan ağır metaller Cr, Ni, Cu, Cd, Pb'dir. Bu ülkede insanların beslenmesinde pirinç ve tahıllar önemli bir enerji kaynağıdır. Bangladeş'te nüfusun % 80'i pirinci önemli bir besin kaynağı olarak görmektedir. Nüfusun çoğu yoksul olduğunda sabah, öğlen, akşam öğünlerinde pirinç tüketimi fazla olduğu görülmüştür. Aynı zamanda gelişmekte olan bir ülke olduğundan dolayı özellikle arsenik metal kirliliği önem arz etmektedir. Yapılan çalışmalar çoğunlukla Pirinçte As bulaşmasının yaygınlığını ortaya koymaktadır. Bu çalışmada diğer metaller ve besin kaynakları da göz önünde tutulmuştur. Çalışma iki ilçede yapılmıştır. En çok tüketilen yedi gıda maddesi (et, yumurta, balık, süt, sebze, tahıl ve meyve) toplanmıştır. Metal konsantrasyonlarında görülen farklılık gıdaların metali emilim - birikim varyasyonu, büyüme dönemi, aşamaları ve iklimsel koşullar nedeniyle etkilendiği belirtilmiştir. Çalışmada örneklerde yüksek konsantrasyonlarda metal tespit edilmiştir. Yaygın olarak tüketilen gıdalarda Cr, Ni, As, Cd ve Pb konsantrasyonları WHO ve FAO'nun izin verdiği düzeylerden yüksek tespit edilmiştir. Özellikle ağır metalin yumurtadaki konsantrasyonu oldukça yüksektir. Çalışmada Ni, Cu, As antropojenik katkı olduğu görülmüştür. Sağlık risk değerlendirmesinde tehlike katsayısı ve kanserojenik değerlendirme hesaplaması yapılmıştır. Bazı metallerin gıda yoluyla alımı yüksek sağlık riski olduğu görülmüştür. Analizi yapılan metallerin risk toplamının gıda ürünlerinin (balık, sebze, tahıl ve meyve) birlikte tüketimiyle sınır değerleri aştığı görülmüştür (Saiful İslam ve ark., 2015).

Çin’de yapılan bir çalışma buğday için (Hg, Cd, Cr, Pb, Cu, Zn, Ni ve As) ağır metal konsantrasyonları tespit edilmiştir. Kuzey Çin’de halkın buğday tüketimi yaygındır. Cu ve Zn için besin maddelerinde Çin’de bir standart konsantrasyon değeri bulunmamaktadır. Hg hariç bütün ağır metallerin ortalama konsantrasyonları, topraktan gelen arka plan değerlerini aşmaktadır. Buğday ağır metal konsantrasyonları günlük alımı: Zn> Cu> Cd> Hg> Pb = Ni> As> Kr sıralaması olduğu tespit edilmiştir. Ağır metallerin ortalama konsantrasyonları tüm toprakta Çinliler tarafından belirlenen güvenlik sınırları içinde çıkmıştır. Buğday örneklerinin % 15 Pb konsantrasyonu yönetmelik değerini aşmıştır. Çocuklar haricinde bölgede HI<1 çıkmıştır. Kurşun gastrointestinal ya da solunum yolu ile emilir. Organik kurşun ayrıca deriden de hızlıca emilir. Çocukların kurşunu absorbe etme oranı % 50 iken bu oran erişkinlerde % 10 olarak bulunmuştur (Lei ve ark.. 2015).

Kurşun hızla kana geçmektedir. % 90’ı eritrositlere bağlı olarak bulunmektedir. Kurşun ardından da kemiklerde birikmektedir. Ana atılım yolu idrar ile olmaktadır ve anne sütü, tükürük, saç ve tırnaklarda da bulunabilmektedir. Kurşun toksisitesi hücre zarlarına ve mitokondrilere olan ilgi duymasından kaynaklanmaktadır. Sonuçta da oksidatif fosforilasyon ve ATP’azlar üzerine etkileri bulunmaktadır (Bakar, 2009).

Bian ve ark. (2015) yapıları çalışmada Çin Taihu Havzası’nda yetiştirilen tahıl ve sebzelerdeki ağır metal konsantrasyonları tespit edilmiştir. Çalışmada tahıllar ve sebzelerde biriken ağır metaller farklı oluşturmıştır. Özellikle pirinçte Cu, Zn, Pb birikmesi tespit edilmiştir. Ayrıca tahıl ve sebzelerde, Pb ve Cd maksimum konsantrasyonları yönetmeliklerde olan sınırı geçtiği görülmüştür. Sonuçlar insanlarda ağır metal kirliliğinin ciddi bir sağlık riski oluşturabileceğini göstermiştir. Bu çalışmanın 2 hedefi bulunmaktadır. Bunlar sebzelerin ve tahılların içindeki ağır metal konsantrasyonunu ölçmek ve de tehlike katsayısını tahmin etmektir. Pb ve Cd potansiyel kanserojen olarak kabul edildiğinden özellikle kalp damar, böbrek hastalıkları, sinir sistemi gibi bir dizi hastalıklarına neden olabilmektedir. Ayrıca çalışma mevsimlere göre kıyaslama yapılarak yapılmıştır. Yaz aylarındaki ağır metal konsantrasyonu sonbahara göre daha yüksek bulunmuştur. Bazı örnekler Çin’deki standart değerleri aşıyor görülmüştür. Sebze, tahıl ve ilgili topraklarda Pb ve Cd konsantrasyonları için izin verilen sınırlar aşılmıştır. Pb, As, Cd ağır metal konsantrasyonları için HQ değerleri yerel halk için ciddi sağlık riskleri olabileceği görülmüştür. Sonuç olarak topraktan bu bölgedeki yenilebilir bitkilerin ağır metal translokasyonunu azaltmak için gerekli bazı etkili önlemler alınması gerektiği tespit edilmiştir.

Alkış ve ark. (2014) yaptıkları çalışmada Türkiye'deki şaraplarda ağır metal kirliliğini araştırmıştır. Türkiye'nin 4 farklı bölgesinden 43 şarap incelenmiştir. Bunlardan 37 tanesi kırmızı şarap 6 tanesi beyaz şaraptır. İncelen bölgeler Marmara, Ege, İç Anadolu, Doğu Anadolu bölgeleridir. Şaraplarda Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Cd ve Pb analiz edilmiştir. Sonuçlar üzüm türleri ve bölgeler açısından incelenmiştir. Çalışmada kullanılan şarap örneklerinin 4 büyük şarap firmasından temin edilmiştir. Fabrikaların bazı şaraplarının üzümlerinin dışarıdan temin edildiği öğrenilmiştir. Türkiye'nin Ege ve İç Anadolu bölgelerinde termik santraller çok sayıda bulunmaktadır. Üzüm tarım bölgelerinin bazılarının yakınlarında yoğun olarak termik santral bulunduğu belirlenmiştir. Bu bitkilerin termik santralden çıkan gazların ağır metalinden etkilenme ihtimali belirtilmiştir. Bu çalışmanın sonuçları özellikle Cd ve Pb için termik santrallerin etkilerini göstermede yararlı olacağı düşünülmektedir. Ağır metal analiz sonuçları; Kırmızı şaraplarda Fe> Mn> Zn> Cu> Ni> Cr şeklinde, beyaz şaraplarda ise Zn> Fe> Ni> Cu> Mn> Cr şeklinde sıralanmıştır. Şarap üretiminde birçok değişkenin olduğundan belirtilmiştir. Bunlar; bölgesel farklılık, şirketlerin üretim tekniğindeki farklılıklar, toprak, iklim, bitki cinsi gibi etmenler olarak sıralanmıştır. Mn miktarının fazla olduğu şaraplar kırmızı şaraplar olarak analiz edilmiştir. Bu kırmızı şarapların ise İç Anadolu ve Doğu Anadolu da üretildiği ortaya çıkmıştır. Marmara bölgesi için Cd konsantrasyonu yüksek analiz edilmiştir. Bu yüksek değerlerin çıkmasının sebebi, Marmara bölgesinin aşırı sanayileşmesi ve bölgedeki büyük termik santrallerden olduğu düşünülmektedir. Türk şaraplarının tamamı WHO örgütünün belirlediği ağır metal konsantrasyonlarının altında çıkmıştır. Risk değerlendirilmesi yapılmamıştır.

Gana'da Tarkwa bölgesi için gıda ve topraktaki ağır metallerin birikimi ve insan sağlığı açısından oluşturduğu risk araştırılmıştır. Analizi yapılan ağır metaller As, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, Hg'dır. Çalışmada bitkilerin ağır metalleri bünyelerine kök üzerinden aldığı tespit edilmiştir. Bitkilerin ağır metalleri bünyelerine alma oranlarının türden türe değişebileceğine dikkat çekilmiştir. Tarkwa ve çevresi tropik yağmur ormanı ve kıyı arasındaki geçiş bölgesi içinde yalan çalı bitki örtüsü bulunmaktadır. Toplanan gıdalarda ağır metal konsantrasyonu Zn> Ni> Cu> Pb> Cr> Co> Cd> Hg (1. bitkide) ve Zn> Ni> As > Cu> Cr> Pb> Co> Hg (2. bitkide) olarak analiz edilmiştir. Ni'in topraktan gıda ürünlerine geçişinin diğer ağır metallere kıyasla daha yüksek olduğu görülmüştür. Çalışmada, hedef tehlike oranı (THQ) Pb dışındaki metaller için 1'den büyük olarak tespit edilmiştir. Bu bölgede yaşayanlar için önemli sağlık risklerine maruz kalılabileceği görülmüştür (Bortey-Sam ve ark., 2015).

Cezayir’de yapılan bir çalışmada satılan çeşitli meyve ve sebzelerdeki ağır metal düzeyleri araştırılmış ve sağlık riski hesaplanmıştır. Örneklerde Pb, Zn, Cu, Cr analizleri yapılmıştır. Meyve ve sebze örnekleri piyasada toptan satış yapan yerlerden alınmıştır. Çalışmada 2 tane meyve ve 13 tane sebze örneğinin analizi yapılmıştır. Ayrıca gıdaların tüketimi ile ilgili 843 kişinin katıldığı bir anket yapılmıştır. Çalışma bu yönden orijinal bir çalışmadır. Çalışmada yapılan anketin amacı ankete katılanların hangi yaş grubunda olduğu ve daha çok hangi gıdalarla beslendiğini belirleyerek risk analizi yapmak ve günlük gıda tüketim miktarını hesaplamaktır. Anketten yaklaşık günlük tüketim oranı bulunmuştur. Anket sonucunda en çok tüketilen gıdaların soğan ve patates olduğu ortaya çıkmıştır. GTHQ (Global Target Hazard Quotient): Küresel anlamdaki tehlike riski değerleri (patates: % 43.52 ; soğan: % 10.98 ; bezelye: % 8.90 ; domates: % 7.80 ; havuç: % 7.28) olarak belirlenmiştir. Patates için günlük alım miktarında THQ (1.84) değeri aşıldığı görülmüştür. Gıda tüketimi tahmin yapılarak potansiyel sağlık riski hesaplanmıştır. Pb için THQ (4.37) ve EDI (Estimated Daily Intake) tahmini günlük alım (15.66) değeri aşıldığı görülmüştür. Diğer metaller için (Cu, Zn, Cr) THQ ve EDI eşik değerlerin altında çıkmıştır. Ankette bazı gıda maddelerinin tüketiminde FAO-WHO’nun verdiği değerlerin aşıldığı görülmüştür (Cherfi ve ark., 2014).

Pakistan’ın büyük bir bölümü şifalı bitkiler ve otlar bakımından zengin bir kapasiteye sahiptir. Pakistan’daki yerel flora yapısı hastalıkların tedavisinde önemli bir yer tuttuğu görülmüştür. Bundan dolayı da hastalıkların tedavisinde yaklaşık 50.000’e yakın bir bitki çeşidi kullanılmaktadır. Pakistan’da yapılan çalışmada tahıl bitkileri ve tıbbi tedavide kullanılan bitkilerdeki ağır metal konsantrasyonları araştırılmıştır. Çalışma Cr, Pb ve Cd gibi birbiriyle ilişkili toksik metallerin düzeylerinin değerlendirilmesi de amaçlanmıştır. Yerel kullanılan tıbbi otlar ve yem otları incelenmiştir. Çalışmadaki amaç kirlilik yükü indeksi ve transfer faktörünü araştırmaktır. Transfer faktörü değerinin 1 den büyük olup olmadığına bakılmıştır. Tıbbi bitkiler için Pb konsantrasyonları müsaade edilen değerlerin altında tespit edilirken, Cd konsantrasyonları müsaade edilen sınırdan yüksek çıkmıştır. Yüksek kirlenmenin nedeni olarak taş yatakları, madencilik faaliyetleri ve fosil yakıtlar gösterilmiştir (Nawb ve ark., 2015).

Bal, insan günlük beslenmesinde değerli elementlerin takviyesini oluşturmaktadır. Yapılan çalışmada Polonya, Meksika, Arjantin ve İtalya ballarının ağır metal konsantrasyonları açısından iyi bir kaliteye sahip olduğu belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre (yonca balı ve İtalya'dan okaliptüs balı haricinde) bal örneklerinde ağır metal bulaşması tespit edilmiştir. Ölçülen ağır metal konsantrasyonları FAO/WHO tarafından belirlenen gıdalar için kabul edilebilir sınırlar içinde kalmıştır (Krakowska ve ark.,2015).

Bazı metaller; örneğin Zn, çocuk gelişimine olumlu yönde etki etmektedir. Çinko takviyesinin gelişme geriliği olan çocuklarda boy uzamasını desteklediği çalışmalarla görülmüştür. İnsan vücudunda çoğu hücrenin yapısında bulunan Zn, vücutta olan 100 çeşit enzimi aktifleştirmektedir. Hücrelerin çoğalması ve büyümesi amacıyla her gün belirli miktarda dışarıdan alınması düşünülen bir maddelerdendir. Bağışıklık sisteminin kurulmasında, yara iyileşmesinde, çeşitli duyuların güçlendirilmesinde, DNA sentezinde Zn gereklidir. Antikor ve akyuvar oluşumunda etkili olmaktadır. Ancak fazla alınan Zn kişilerde çeşitli sağlık problemleri (bulantı, kusma, ishal ve karın ağrısı) ortaya çıkmaktadır. Genellikle uzun süre Zn içeren gıdalar tüketilmesi Zn zehirlenmesine sebep olur ve Cu yetmezliğini ortaya çıkabilmektedir (www.cinko.gen.tr).

### **2.3. Gıda Mevzuatında Ulusal ve Uluslararası Standartlar**

29.12.2011 tarihinde Resmi Gazete'de yayımlanan Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği kapsamında; 3. Bölüm kapsamındaki ağır metaller günümüzde de önem arz etmektedir. Önemli ağır metaller Pb, Cd, Hg, Sn'dir. Bu bileşikler için verilen maksimum limit değerler Çizelge 4'te verilmiştir. Sebze, meyve ve tahıllar için maksimum değerleri mg/kg yaş ağırlıkları için verilmiştir. Bu değerler meyvelerin yıkandıktan sonraki yenilebilir kısımları olarak alınmaktadır. Bunun dışında tahıllarda kalan kısım da önemlidir. Çünkü tahılın yenilmeyen kısımları genelde yem olarak kullanılmaktadır. Bunun sonucunda burada bulunan ağır metal ve çevre kirleticilerinin öncelikli olarak hayvanlardan elde edilen et ve sütlerin insan sağlığına oluşturabileceği riskler unutulmamalıdır. Önemli sağlık problemlerine yol açmaları nedeniyle gıdalardaki ağır metal kontaminasyonunun önlenmesi ve/veya azaltılması için bazı uluslararası düzenlemeler/standartlar bulunmaktadır Bu çerçevede Gıda Katkıları Gıda ve Tarım Örgütü (FAO)/WHO Ortak Uzmanlar Komitesi (JECFA) tarafından ağır metallerin kabul edilebilir haftalık alım düzeylerini belirlemiştir (Çizelge 5).

**Çizelge 4.** Bulaşanlar Yönetmeliğindeki bazı ağır metallerin maksimum limit değerleri (Bulaşanlar Yönetmeliği, 2011)

<b>Ağır Metaller</b>	<b>Gıda</b>	<b>Maksimum Limit (mg/kg yaş ağırlık)</b>
<b>Kurşun</b>	Baklagil sebzeleri, tahıllar ve baklagiller	0,20
	Sebzeler (Lahana sebzeler, yapraklı sebzeler, taze otlar, mantar ve deniz yosunu hariç) (Patates için limit soyulmuş patatese uygulanır.)	0,10
	Lahana sebzeler, yapraklı sebzeler ve bazı mantar türleri	0,30
	Gıda takviyeleri	3,0
<b>Kadmiyum</b>	Tahıllar	0,10
	Kepek, rüşeym, buğday ve pirinç	0,20
	Soya fasülyesi	0,20
	Sebzeler ve meyveler (Yapraklı sebzeler, taze otlar, yapraklı lahana, mantar, saplı sebzeler ve yumru sebzeler ve deniz yosunu hariç)	0,050
	Saplı sebzeler, kereviz hariç köklü ve yumru sebzeler (Patates için limit soyulmuş patatese uygulanır.)	0,10
	Yapraklı sebzeler, taze otlar, yapraklı lahana, kereviz ve bazı mantar türleri	0,20
	Gıda takviyeleri	1,0
	<b>Cıva</b>	Gıda takviyeleri
<b>Kalay</b>	Konserve gıdalar (içecekler hariç)	100
	Teneke kutu içerisindeki alkolsüz içecekler(meyve sebze suları dahil)	50
	Teneke kutu içerisindeki satışı sunulan bebek ve küçük çocuk ek gıdaları (kuru toz ürünler hariç)	50
	Teneke kutu içerisindeki satışı sunulan bebek formülleri ve devam formülleri	50

**Çizelge 5.** JECFA tarafından Yetişkinler İçin Belirlenen Bazı Ağır Metallerin Tolere Edilebilir Haftalık Alım Düzeyleri (JECFA,2009)

Ağır Metal	Tolere Edilebilir Haftalık Alım Düzeyleri
Kurşun	0,025 mg/kg
Kadmiyum	0,007 mg/kg
İnorganik Cıva	1,6 µg/kg
Arsenik	15 µg/kg
Bakır*	0,5 mg/kg/gün
Alüminyum	2 mg/kg
Kalay	14 mg/kg

\*Bakır için günlük tolere edilebilir düzey verilmiştir.

## 2.4.Tanımlar

### 2.4.1. Risk

Risk, tehlikeden kaynaklanan kayıp, yaralanma ya da başka zararlı sonuç meydana gelme durumu olarak tanımlanmaktadır (İSGRDY, 2012). Başka bir ifadeyle risk hastalık veya bir duruma düşme, zarar görme, hırpalanma olasılığı olarak tanımlanmaktadır. Bir olayın istenilmeyen sonuçlarının gerçekleşme potansiyelidir. Risk tanımı içerisinde olayın olma olasılığı ve sonucun boyutu risk terimi içerisinde verilmektedir (Güler ve Çobanoğlu, 1997). Çevre mühendisliği açısından bakıldığında risk; insan sağlığı, hayat şartları, çevreyi, toprağı, yüzeysel suları, yeraltı suyunu, havayı, iklimi, flora ve faunayı, biyolojik çeşitliliği, toplum yapısını, yapıları, manzarayı, şehrin görünümü, kültürel birikimini ve bu bileşenler arasındaki etkileşimi etkileyen risk çevresel risk olarak tanımlanmaktadır (Wessberg ve ark., 2007).

Beslenmek, güneşlenmek veya sigara içmek gibi insanlar tarafından istenerek yapılan faaliyetlerin çoğu hayattaki risklerin kaynağını oluşturmaktadır. İnsanlar belirli riskleri kabul etmektedir çünkü bu riski oluşturan davranıştan ya da durumdan fayda da sağlayabilmektedir. İnsanların hayattaki birçok riski kabul etmesinin başka bir nedeni ise bu risklerin hem olağan hem de uzak görülmesidir. Caddede karşıdan karşıya geçmek, ilaç kullanmak, araba kullanmak, uçakla uçmak gibi günlük faaliyetleri bile bir derece risk taşımaktadır. Fakat bunlar insanlar tarafından güvenli olarak kabul edilmekte ve yapılmaktadır. Bu faaliyetler bildik ve rutin olduğu için tehdit edici olarak algılanmamaktadırlar (Moore, 2007).

**Risk Analizi:** Risklerin ve tehlikelerin tariflendiği, değerlendirildiği ve çevresel risk idaresi için görüşlerin aktarıldığı bir işlemdir. Risk analizi, son iki yüzyıldan beri düzenli bir sınırlar içinde gerçekleştirilmektedir. Sistemli ve güvenilir bir risk değerlendirme biçimi ile çevresel zarar ihtimali ve insan sağlığını tehdit eden öğeler verimli bir şekilde değerlendirilebilmektedir. İyi bir risk değerlendirme yöntemi için gerekli maliyet, çevresel zararlar nedeniyle oluşabilecek büyük maliyetler sebebiyle kabul edilebilir bir seviyede kalmalıdır (Wessberg ve ark., 2007).

**Risk Değerlendirme:** Bir yerde bulunan veya dışarıdan gelebilecek tehlikelerin belirlenmesi, bu tehlikelerin riske dönüşmesine neden olan etmenler ile tehlikelerden kaynaklanan risklerin çözümlenerek aşamalandırılması ve kontrol önlemlerinin kararlaştırılması amacıyla yapılması gerekli işlemler olarak tanımlanmaktadır.

**Risk Takdiri:** Yasal yükümlülükler ve idarenin tedbir alma devlet amaçlarına uygun, zarar oluşturmayacak risk düzeyini ifade etmektedir.

**Risk Belirleme:** Bulunan bir tehlikeyi ve tehlikenin niteliklerini belirlenen metotlarla ortaya koymak olarak tanımlanmaktadır.

**Karşılaştırmalı Risk:** Aynı hedefe yönelik 2 ya da daha çok fiillerin risklerinin sayısal bir büyüklükle ya da nitel olarak belirtilmesi olarak tanımlanmaktadır. Ortak bir ölçek üzerinde 2 ya da daha fazla risk arasında mukayese yapılması olarak da tanımlanmaktadır. (X Büyüktür > Y Küçüktür gibi)

**Maruz Kalma:** Canlıların fiziksel, kimyasal veya biyolojik bir madde ile temas etmesi olarak tanımlanmaktadır.

#### 2.4.2. Tehlike

Bir yerde bulunan veya dışarıdan gelebilecek, insanı ya da çevresini etkileyebilecek zarar ya da hasar verme ihtimali olarak tanımlanmaktadır. Charnley (2008) tarafından yapılan çalışmada kimyasal maddeden kaynaklanan olumsuz etki sözel olarak ifade edilip tehlike tanımı gerçekleştirilmiştir.

**Tehlike Değerlendirmesi:** Tehlikenin fiziksel, kimyasal veya biyolojik niteliklerini çözümlenme ile değerlendirilmesi ve kabul edilebilirliği olarak tanımlanmaktadır.

**Tehlike Belirlenmesi:** Sağlık durumunda kötüleşmeye sebep olan bir şeye maruz kalınıp kalınmadığının belirlenme kısmı olarak tanımlanmaktadır.

**Rölatif (Göreceli) Tehlike:** Tehlikeye maruz kalmanın değişkenliği olarak tanımlanmaktadır.

### 2.4.3. Zarar

Bir şeyin, bir olayın yol açtığı kötü sonuç ya da çıkar yitimi olarak tanımlanmaktadır.

## 2.5.Risk Değerlendirme Yöntemleri

### 2.5.1. Risk Değerlendirmesi

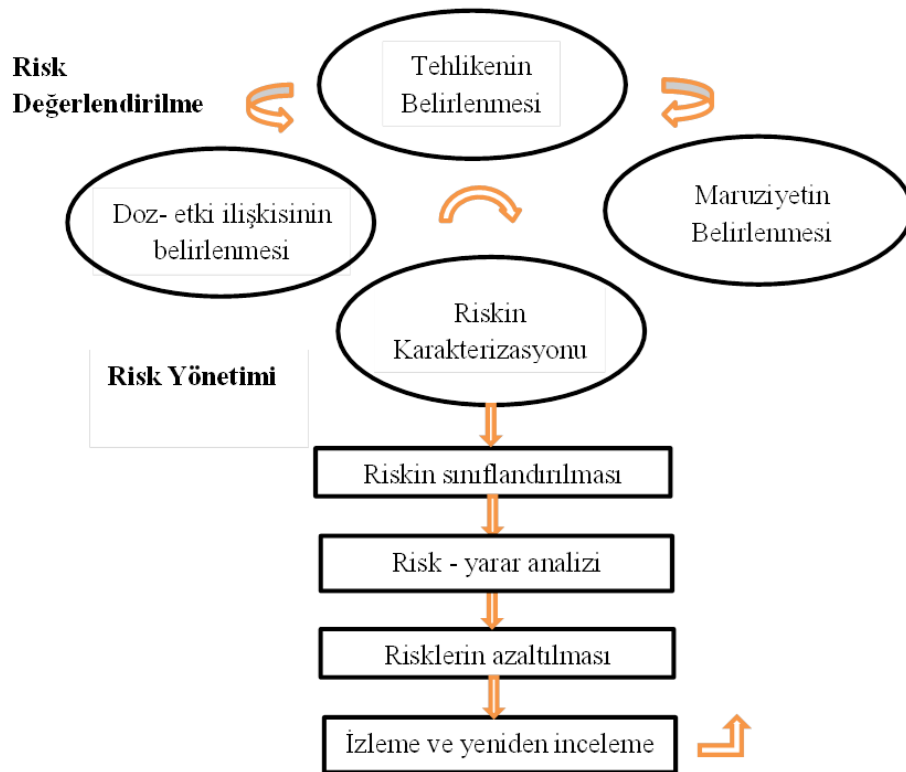
Canlıların yaşamında yaygın olan risk, insanın günlük yaşamında sıklıkla karşılaştığı bir olgu tanımlanmaktadır. Bu nedenle tüm karar verme süreçlerinde anahtar rol oynamaktadır. Risk değerlendirmesine farklı kişiler farklı anlamlar yüklemektedirler. Bir NASDAQ (New York'ta kurulmuş özel borsa) analizcisi finansal riskleri değerlendirirken, güvenlik şirketleri sigorta risklerini, kamu kuruluşları ise nükleer kullanımdan kaynaklanacak ölüm riskini, endüstriyel emisyonlardan kanser riskini veya insan faaliyetleri sonucu oluşacak habitat kaybını algılar. Biz risk değerlendirmesini oluşma ihtimali olacak, ekonomik, sağlık ve güvenlikle ilişkili, ekolojik olumsuz etkilerinin kestiriminin yapıldığı proses olarak tanımlayabiliriz. Risk ölçülebilir seviyede olmayabilir, sayısal olarak ölçülmesi de çoğu sürede güçtür. Fakat riskin değerlendirilmesi mümkündür ve de bazı ölçümlerle ihtimaller ortaya konulabilmektedir. Örneğin; kimyasal yük taşıyan trenin zarar görme veya patlama ihtimali, onun patlaması sonucu içeriğinin aniden akmasıyla oluşacak kayıpların neler olabileceği risk değerlendirmesi vasıtasıyla tespit edebilir. Ek olarak burada dökülen kimyasalların toplum içinde ne oranda kansere neden olacağı anlaşılabilir. Ani riskler veya uzun vade riskleri hesaplanabilir; patojen ya da zararlı kimyasal riski tespit edilebilir. Risk değerlendirmesinin değişik formları vardır. Risk değerlendirmesi nükleer endüstrinin gelişmesiyle 1950'li yılların başında kullanılmaya başladı. Güvenlik problemleri ve uzay teknolojisi ile 1970'li yıllarda yaygınlaşmıştır. Bununla birlikte sağlık risk değerlendirmesi 1980'li yıllarda EPA yayınlarıyla başlamıştır.

Çevresel risk değerlendirmesinin adımları şunlardır:

1. *Tehlike Tanımı*: Bir maddenin yol açabileceği olumsuz tesirlerin belirlenmesidir.
2. *Maruz Kalma Değerlendirmesi*: İnsan veya çevre unsurlarının maruz kalabileceği madde konsantrasyonlarının tahminidir.
3. *Doz - Tepki Değerlendirmesi*: Bir maddeye maruz kalma dozu veya düzeyi ve olumsuz tesirinin olabilmesi ve şiddeti arasındaki bağlantının önceden kestirilmesidir.
4. *Risk Karakterizasyonu*: Bir maddeye gerçekten veya yaklaşık olarak maruz kalan insanlarınveya çevre bileşenlerinde oluşması ihtimal dahilinde olumsuz tesirlerin olabilmesi ve şiddetinin önceden kestirilmesidir (Sonnemann ve ark., 2004).

### 2.5.2. Risk Karakterizasyonu

Risk değerlendirmesi birçok adımdan oluşan işlemlerin tamamıdır. Risk karakterizasyonuysa risk değerlendirme işleminin en son kısmındaki basamaktır (Şekil 6) ([www.eczfak.anadolu.edu.tr](http://www.eczfak.anadolu.edu.tr)).



Şekil 6. Risk Değerlendirme ve Risk Yönetimi Akış Planı (Burgaz, 2009)

Risk karakterizasyonu ekolojik ve insan sağlığına ilişkin risk değerlendirmesinin bütünüyleci ve önemli bir bileşeni olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu adımdaki risk değerlendirmesinin tümünü bir araya getirerek gerçekleştirilerek kaniya ulaşılmaktadır. Ulaşılan kısımda belirtici ve tamamlanmış olması gerekmektedir ve ayrıca riskin idaresine dayanmalıdır. Sağlığa ilişkin risk değerlendirmesinde risk karakterizasyonu NAS (National Academy of Sciences) aracılığıyla 1983 yılında riskin niteliklerinin ve kapsamının belirsizlik etkenlerine bağlı olarak tanımlanması söylenmiştir. Risk karakterizasyonu risk değerlendiricisinin verdiği hüküme göre riskin tüm niteliklerini, nasıl değerlendirildiğini, bilinmeyenleri önleyerek özetlemektedir. Pratikte her bir risk değerlendirmesi adımının kendi içinde tek tek risk karakterizasyonu bulunmaktadır. Tüm bu karakterizasyonlar veriler, elealımlar, sınırlılıklar ve bilinmeyenler ışığında birleştirilerek bir risk karakterizasyonu gerçekleştirilmektedir (www.eczfak.anadolu.edu.tr).

Risk karakterizasyonu hem tek tek hem de bunları birleştiren bir analize sahiptir;

- a) Risk karakterizasyonunun muhtemel topluluğun risk değerlendirmesinin başında belirlenmesi,
- b) Risk değerlendirmesinde verilmesi gereken kararların öncelikli olarak belirlenmesi,
- c) Risk değerlendirmesinin muhtevası için alınabilecek kararlar doğrultusunda olması (risk karakterizasyonunun yöntemiçeriği ve muhtemel risklerin en geniş boyutlarıyla yer alması),
- d) Risk değerlendiricileri ve topluluklar arasında iletişim kurulması,
- e) Risk karakterizasyonunun etkinliğini arttırmak için araştırmalar, çalışmalar ve yöntemler geliştirilmesi (AIHC, 1992).

Risk Karakterizasyonunun Prensipleri; Saydamlık, Açıklık, Tutarlılık ve Kabul Edilebilirlik prensiplerine uygun bir şekilde risk karakterizasyonu gerçekleştirilmelidir (www.eczfak.anadolu.edu.tr).

*Saydamlık:* Risk değerlendirme uygulamasındaki belirginlik-şeffaflık olarak tanımlanmaktadır. Değerlendirme yönteminin, teoride doğrulanmamış uygulamaların, adepte etmelerin ve örnek kullanımlarının tanımlanması; akla yatgın başka seçenekli yöntemlerin belirlenmesi; donelerin ilgili eksikliklerin belirlenmesi; belirsizliklerin belirlenmesi; değerlendirmenin gücünün tanımlanması basamaklarından oluşmaktadır.

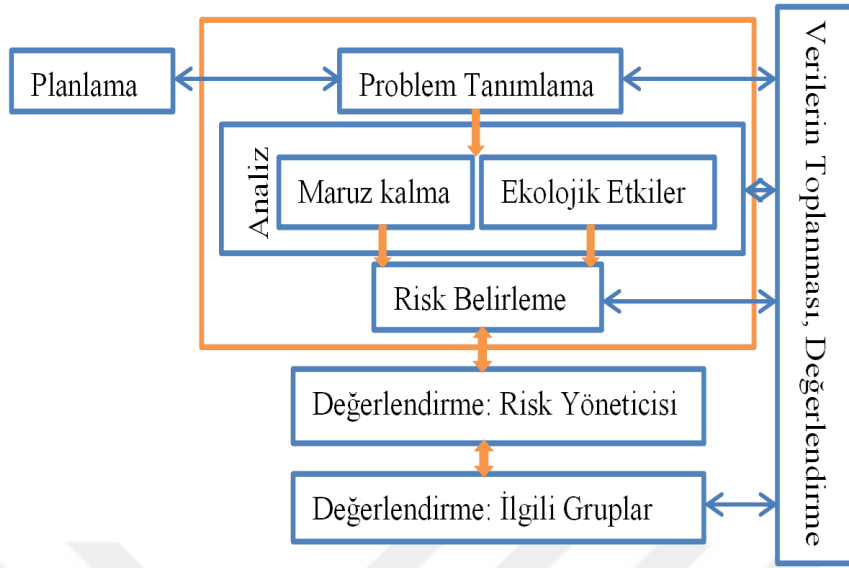
*Açıklık:* Değerlendirmenin her şartta anlaşılır olması olarak tanımlanmaktadır. Yapılan çalışmada anlatımlar kısa, öz, açık dil kullanılmalı, teknik sözcüklerden uzak durulmalı, kolay anlaşılır yöntemlerle anlatım seçilmelidir.

*Tutarlılık:* Tüm risk değerlendirmelerinin sonuçları diğer EPA çalışmaları ile uyumlu bir şekilde olmasını ifade etmektedir. Kurum-kuruluş ve yönetmeliklere dikkat edilmeli, uyulmalı, benzerlerinin içeriğine konulmalı, harcanan özverinin düzeyi tanımlanmalı, benzerleriyle yeniden ele alınmalıdır.

*Kabul Edilebilirlik:* Risk değerlendirmesi güvenilir karşılaştırmalara dayandırılmasını ifade etmektedir. Yapılan çalışmanın benzerleri ile yeniden bakılması, en iyi bilimsel donelerin kullanılması, iyi bir muhakeme yapılması, akla yatgın başka seçeneklerin kullanılmasını kapsamaktadır.

### **2.5.3. Ekolojide Risk Değerlendirmesi**

Ekolojik risk değerlendirmesi, nihai problem çözümü olmasa da çeşitli ekosistemlere uygulanabilen en önemli çevre yönetim araçlarından biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Ekolojik risk değerlendirmesi, çevre yönetim kararlarını geliştirmek için, bilimsel bilgiyi toplamak, organize etmek ve sunmak için gereken bir süreç olarak tanımlanmaktadır. Ekolojik risk değerlendirmesinin uygulandığı alanlara örnek olarak dereceler, göller, içme suyu havzaları, sulak alanlar, körfezler, taşkın alanları, vadiler, nehirler, vs. verilebilir. Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (EPA) ekolojik risk değerlendirmesini Şekil 7’de görüldüğü gibi 3 ana aşamada organize etmektedir; problem tanımlama, analiz ve risk belirleme (EPA, 1998).



Şekil 7: Ekolojik risk değerlendirmesi için genel çerçeve (EPA, 1998)

#### 2.5.4. Sağlıkta Risk Değerlendirmesi

Son yıllarda insanlar, çevreye bırakılan zararlı kimyasal maddelerin farkına varmaktadır. İnsanların çoğu ağır metallerin zararlı etkilerini, gıdalarda bulunan yabancı maddeleri, içme suyu kirleticileri ve havadaki toksik maddeler hakkında endişe duymaktadırlar. İnsanların bir kısmı da bu sorunların abartıldığını düşünmektedir. Bu risk değerlendirmesi işyeri dışındaki genel halk sağlığı üzerinde yoğunlaşmaktadır. Sağlık riskleri tipik olarak yüksek olasılıklı düşük etki oluşturacak şekilde ve uzun periyotlarda kronik maruziyete sebep olacak şekildedir.

Sağlık risk değerlendirmesi kimyasal maddelerin kullanım alanlarıyla ilgilidir. Bundan dolayı yapılacak olan risk değerlendirmeleri uygulanabilir veya ilgili devlet kurumlarının uygun talepleri ve diğer kriterlerin mevcudiyetine bağlı olarak değişebilmektedir. Risk yöneticileri bazı düzenlemeleri yaparken (içme suyu standartlarının belirlenmesi, nükleer santralinin atıklarının bertarafı için geliştirilen planlar vb.) sağlık risk değerlendirmelerinden faydalanmaktadırlar. Risk yöneticileri insan sağlığını korumaktan sorumludur fakat halkın diğer teknolojik, ekonomik, sosyal ve politik isteklerini de dikkate almak zorundadırlar.

Örneğin; standartları sağlamak için bir kirleticinin içme suyundan gideriminin maliyetinin ne olacağı veya bir endüstri kuruluşunun standartları sağlamaması durumunda kapatılması sonucu çalışanların durumu ve genel ekonomik kayıplar dikkate alınmalıdır. Burada dikkate alınacak hususlar daha çok gelişmekte olan ülkeler için önem arz etmektedir. Sağlık risk değerlendirmeleri zararlı maddeye maruziyetin azaltılması için değişik alternatifleri, fayda ve maliyetleri ile değerlendirilmesi için risk yöneticilerine yardımcı olur. Örneğin; Bir fabrikanın çıkan tehlikeli atıklarının yüksek maliyetle arıtılması yerine atıkların tarım dışı kullanılmayan insanlardan uzak bir bölgede üzerinin geçirimsiz kil tabakasıyla kapatılması bir alternatifidir. Ya da Konya'daki gibi alüminyum işleme tesisinden çıkan suyu arıtmak yüksek maliyet gerektirirken bunu atıksu baraj seti yaparak buharlaştırmak diğer alternatiftir. Risk yönetiminde en zor soru 'Ne kadar risk kabul edilebilir?' dir. İdeal olan tüm kirleticileri doğadan ve çevreden bertaraf etmek olsa da bu genellikle mümkün değildir. Bir kirletici alıcı ortama verildiğinde onu tamamen gidermek çok pahalı veya imkansız olabilir. Birçok düzenlemenin amacı kirleticilerin sağlığa zarar vermeyecek seviyede tutulmasıdır. Düzenleyiciler genellikle bir insanın ömrü boyunca (70 yıl) bir kimyasal maddeye maruz kaldığında milyonda bir riski "kabul edilebilir risk" olarak tanımlarlar (FDA,1973). Kansere neden olan bir kimyasal madde için bir içme suyu standardı milyonda bir risk oluşturan olarak konursa 70 yıl boyunca yaşayan insanların sadece 1 tanesi kanser olacaktır (1/1.000.000) (FDA,1973). ICRP kurumu (International Commission on Radiological Protection) kanser oranını 5/100.000 güvenli olarak kabul etmektedir (Ke ve ark. , 2015).

Başlangıç amaçları belirlendikten sonra sağlık risk değerlendirme prosesi 4 adımdan oluşur: veri toplanması, analiz ve değerlendirme; maruz kalma değerlendirmesi; zehirlilik değerlendirmesi; risk değerlendirmesi (Şekil 8).



Şekil 8: Sağlık risk değerlendirmesinin ana hatları (EPA, 1989)

### 2.5.5. Gıdada Risk Değerlendirmesi

Gıdalarda risk değerlendirmesi denilince, gıdalardan kaynaklanabilecek sağlık tehlikelerinin belirlenmesi, bunlara karşı tüketicilerin maruziyet durumları, maruziyet sonrasında oluşan toksik etkilerin halk sağlığı açısından incelenmesidir. Gıdada risk değerlendirilmesi bazı risk değerlendirilmelerindeki gibi topluluklar konusu içerisine girmektedir. Burada da kimyasal biyolojik, fiziksel etkenlerin etkisi altında insan sağlığındaki etkiler incelenmektedir. Sadece bu etkenler değil insani ve de sosyal değerleri de içine almaktadır. Beslenme ve sigaranın ABD de en önemli kanser sebepleri arasında olduğu belirtilmektedir. Gıdaların çeşitli fiziksel, kimyasal, biyolojik değişikliklere maruz kalmaları, yabancı maddelerle kontamine olmaları gıdanın kalitesini etkilediği kadar o gıdanın insan sağlığını olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Beslenme ağı, kanser oluşumunun azaltılmasına yönelik olarak beslenme tavsiyeleri beslenme ve sağlık arasındaki ilişkinin sadece büyüme ve gelişme ile ilintili olmadığını göstermektedir. Gıdaların içinde bulunan çeşitli çevre kirleticilerinin çeşitli hastalıklara ve kanser ortaya çıkabilmektedir. Bu yüzden gıda da risk değerlendirilmesi önem arz etmektedir (Tayar, 2004).

Gıda risk belirlenmesinde gereken sonuçlar aşağıdaki gibi sıralanmaktadır:

- ✓ Yaşam süresinin kısalması: Diğer sebeplere karşı kanser
- ✓ Maluliyete sebep olan hastalık ya da zedelenme (akut- kronik, kalıcı- geçici, ciddi- küçük)
- ✓ İyileşme ile sonuçlanan geçici maluliyete sebep olan hastalık ya da zedelenmeler (kronik- akut)
- ✓ Malullük olmaksızın fiziksel hastalık
- ✓ Davranışsal sonuçları olan fizyolojik bozukluk (travma sonrasında stres hastalığı, anksiyete reaksiyonu, stres reaksiyonu vb.)
- ✓ Emosyonel (duygularla ilgili psikolojik) hastalık

Gıda risk değerlendirilmesi aynı risk değerlendirmesindeki gibi ilgili öncelikli değerlendirmeler parametreleri aşağıdaki gibidir:

- ✓ Tehlike değerlendirmesi (hazard identification)
- ✓ Doz -cevap değerlendirmesi (hazard assesment, doze response assesment)
- ✓ Dozla toksikolojik cevap arasındaki ilişkinin kurulması
- ✓ Etkilenim değerlendirmesi (exposure assesment): İnsan etkileniminin boyutunun belirlenmesi
- ✓ Risk nitelendirmesi (risk characterisetion, risk analysis): Daha önceki aşamalarda sağlanan verilerden yararlanarak herhangi bir toplulukta sağlık risklerinin belirlenmesi gerekmektedir (Tayar, 2004).

#### **2.5.6. Toksikite Değerlendirmesi**

Maddelerin toksisitelerinin araştırılması risk analizlerinin yapılması, bu maddelerin yarar-zarar bağıntısını ortaya çıkarmak ve güvenli kullanma şartlarını belirlemek hedefi bulunmaktadır. Düzenleyici Toksikoloji'nin günümüzdeki mevzusu da toksik maddelerin üretilmeleri, taşınmaları, satılmaları, kullanılmaları sırasında kontrollerini sağlamaktır. Bunlar için gerekli yasal düzenlemeler yapılarak insanlar ve çevre için herbir kimyasal madde için zararsız olabilecek konsantrasyon değerlerini (TLV: eşik limit değer; MAK: müsaade edilen en yüksek konsantrasyon gibi) bulmaktır.

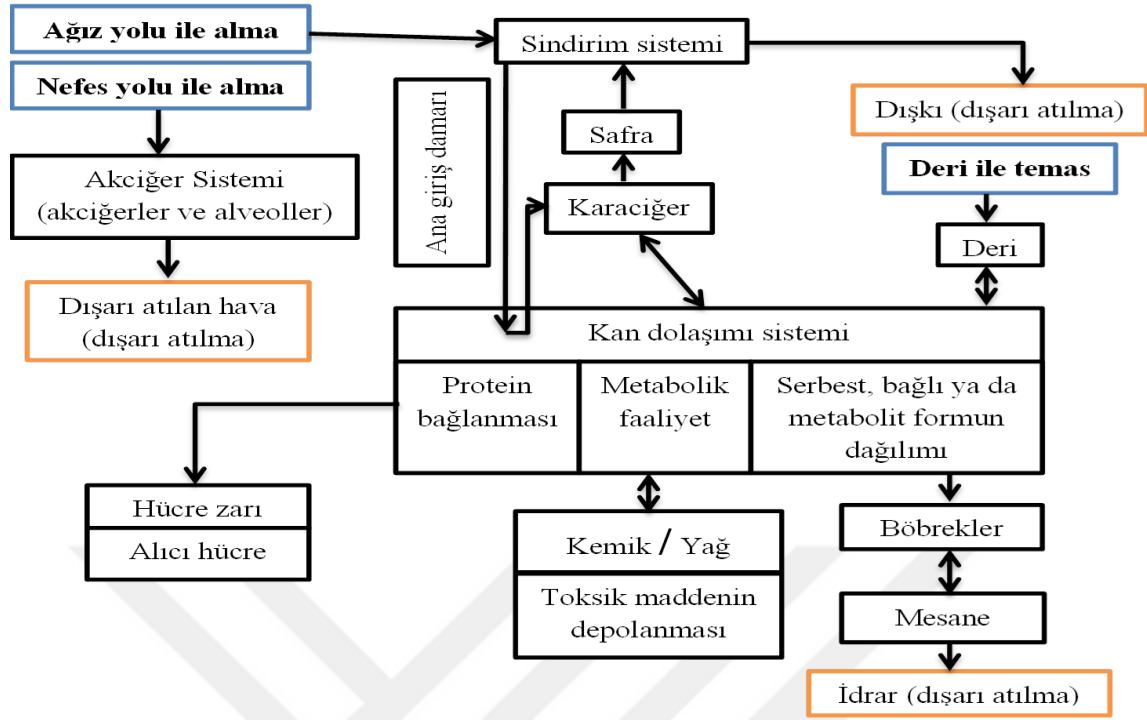
Bir maddenin toksisitesinin araştırılması ve değerlendirilmesi, o maddenin zehir olarak tesir potansiyelini, bu tesir potansiyelinin şartını ve toksik tesir formunu karakterize etmeyi, sağlık tesirlerinin türünü, sağlık tesirinin şiddetini (doz-tepki) kapsamaktadır. Doz-tepki bağıntısının belirlenmesiyle farklı maruziyet doz düzeylerinde insanda ortaya çıkabilecek istenmeyen sağlık tesirlerinin yaratacağı zararın oranını toksisite değerleri bu şekilde hesaplanmaktadır (Vural, 2005).

Bir maddenin insan sağlığına olan direkt tesirlerinin öncelikle ölümcül, arkasındanda vücudun işlevlerine kalıcı ya da geçici zarar vermesi, istenmeyen bir hal ya da tesir olduğu söylenebilmektedir. Bu olumsuz tesirler tahriş, hassaslaşma, organlarda hasar, alerjik, kanser, vs. olabilmektedir. Toksikoloji bilimi; Ağız yoluyla alındığında ya da herhangi bir yolla emildiğinde biyolojik sistemlerde tahribat ya da ölüm oluşturan maddelere “toksin” ya da “zehir”, toksinlerin tesirlerini inceleyen bilim dalına da “toksikoloji” denir. “Toksikoloji” terimi Yunanca ok zehri manasına gelen “toxikos” ve “toxikon” ile bilim dalı anlamına gelen “logos” sözcüklerinin birleşmesiyle oluşmuştur. Toksikolojinin belirlemeye çalıştığı zehirlilik tanımlanırsa; bütün maddelerin yeterli ölçüde alındığında ve yeterli zaman aralığında maruz kalındığında zehirli oldukları söylenmektedir. Paracelsus 'un dediği gibi ‘Tüm maddeler zehirdir, zehir olmayan madde yoktur. Zehir ile ilacı ayıran dozudur.’ Bir başka deyişle zehirlilik maruz kalınan madde miktarına, kan akışına (hematotoksisite), absorpsiyonun hız ve derecesine, vücuttan atılma hızı ve ölçüsü gibi faktörlere bağlanmaktadır. Su bile uzun süre ve yüksek miktarlarda alındığında insan vücudunda toksik etki gösterebilmektedir (Güner, 2014).

Çevre toksikolojisi; biyolojik sistemlerin kazara, daha özel olarak da insanın çevresini kirleten kimyasal maddelere maruz kalması ile oluşan toksikolojik durumları inceleyen bir bilim olarak tanımlanmaktadır. Biyo transformasyonun türlere göre ve daha geniş söylemle tüm biyolojik sistemlerdeki farklılığı çevre toksikolojisi açısından önemlidir. Herhangi bir kimyasalın zararlı olması aşağıdaki kriterlere dayanmaktadır ([www.eczfak.anadolu.edu.tr](http://www.eczfak.anadolu.edu.tr)):

1. *Toksosite*: Bir maddenin zarara sebep olma potansiyelidir
2. *Maruz kalma şekli*: Maddenin vücuda hangi yolla giriş yaptığı
3. *Doz*: Vücuda alınan madde miktarı
4. *Süre*: Maruziyet süresi
5. *Reaksiyon ve etkileşim*: Maruz kalınan diğer maddeler ve diğer maddelerle yaptığı reaksiyonlar
6. *Hassasiyet*: Vücudun maddeye ne kadar ne oranla tepki gösterdiği

Tümörlerin gelişmesi için kanserojen maddenin metabolizmasına bağlı olarak bir zaman geçmesi gerekir. Böylece kanserojenik etkide, doz kadar zaman da önemlidir. Doz ne kadar küçük olursa olsun, aralıklı maruz kalma ile yeterli zaman sonra tümörler oluşabilmektedir. Bazı kimyasallar vücutta birikebilmektedir. Bir kimyasala çok uzun müddet maruz kalınırsa etkilenme ihtimali ve seviyesi o doğrultuda artmaktadır. Bazen yüksek konsantrasyonlara kısa zamanlı maruziyetlerde etki görülmeyebilir. İzlenen zaman dilimlerinde maruz kalmalarda zararlı etki oluşabilmektedir. Bir kimyasala uzun müddet maruz kalınması çoğunlukla tehlikelidir. Çünkü bazı kimyasallar vücutta birikebilmektedir. Bazen biriken maddelerin vücuttan atılımı yavaş ve zor olmaktadır (Vural, 2005). Toksik maddelerin vücuda girişi, birikme, metabolik etkinliği, tutulması, atılma şekilleri Şekil 9'da gösterilmiştir (Manahan, 1993).



**Şekil 9:** Toksik maddelerin vücuttaki tutulması, metabolik aktivitesi, bağlanması, dışarı atılma şekilleri ve bölgeleri (Manahan, 1993)

### ***Akut ve Kronik Toksik Etkiler***

Akut zehirlenme kimyasal maddenin toksik dozuna bir kere ya da 24 saat içinde defa kere maruz kalma sonucu görülmektedir. Akut maruz kalma ile oluşan zehirlenme işaretleri, uzun süreli düşük miktarda kimyasal maddeye maruz kalma ile oluşan kronik zehirlenme belirtilerinden oldukça farklı olmaktadır. Örneğin akut benzen zehirlenmesinde başlıca etki, merkezi sinir sisteminin depresyonu ile ilgili iken, kronik benzen zehirlenmesinde hematolojik bozukluklar (anemi gibi) daha belirgin görülmektedir. Akut maruz kalma sonucu zehirlenme belirtileri hemen görülmektedir. Zehirlenen insanın ölmesi ya da ölüm tehlikesini atlama için geçen kritik süreden de kısa olmaktadır. Bazen dar zaman aralığında toksik dozda organizmaya giren toksik maddenin akut etkileri, uzun bir süre sonra ortaya çıkabilmektedir. Örneğin akut radyasyona maruz kalma sonucu olarak kıl dökülmesi, kanserojenik etkilerin ortaya çıkması yıllar sonra görülebilmektedir. Toksik maddenin tekrarlanmış dozlarına maruz kalma kronik tipte olabilmektedir. 1 ay ya da daha az maruziyette toksik miktarda kimyasal maddenin vücuda girmesi ile kronik maruziyet sonucu kronik zehirlenme görülebilmektedir.

Özellikle tarımda zirai ilaçların uygulanması sırasında bu tip zehirlenme olaylarına rastlanmaktadır. Kronik zehirlenme işaretleri akut zehirlenme işaretlerine çok benzer olabilmektedir. 3 aydan çok akut toksik dozun altında maruziyet sonucu oluşan kronik zehirlenme kümülatif zehirlenme olarak görülmektedir. Genel olarak bir zehirin organizmadan atılım hızı, absorpsiyon hızına göre daha yavaş olduğunda, bu toksik maddeler organizmada birikebilir yani kümülatif özellik göstermektedir. Çevre kirleticilerine (hava, su, besin maddeleri içindeki) maruz kalma sonucu kurşun, cıva ve kadmiyum gibi kümülatif zehirlenmelerle görülen kronik zehirlenmeler ise epidemiyoloji ve insan sağlığı için önemli görülmektedir (Vural, 2005). Akut etkilere bağlı olarak hazırlanmış zehirlilik sınıfları Çizelge 6'da verilmiştir. Çizelge 7'de akut ve kronik tesirler arasındaki farklar belirtilmiştir.

**Çizelge 6:** Akut etkilere göre zehirlilik sınıflamaları (Spector, 1956)

Çoğunlukla kullanılan terimler	LD Fareler için tekil ağız yoluyla alınan doz (g/kg)	6 Fareten oluşan gruplarda 2-4 ölüme yol açan buharın maruz (g/kg) kalınan miktarı	LD Tavşanların derisi için (g/kg)	İnsan için muhtemel LD
<b>Aşırı derecede zehirli</b>	≤0,001	<10	≤0,0005	Tat (1g)
<b>Yüksek derecede zehirli</b>	0,001-0,05	10-100	0,005-0,043	1 tsp (4cc)
<b>Orta ölçekte zehirli</b>	0,05-0,5	100-1000	0,044-0,340	1 oz (30 g)
<b>Az zehirli</b>	0,5-5,0	1000-10000	0,35-2,81	1 pint (250 g)
<b>Pratikte zehirli değil</b>	5,0-15	10000-1000000	2,82-22,6	1 qt
<b>Göreceli olarak zararsız</b>	15,0	100000	22,6	1 qt

**Çizelge 7.** Akut ve kronik etkiler arasındaki farklar (Arpat, 2007)

Akut	Kronik
Maruz kalmadan hemen sonra ya da bir süre sonra gözükür (kısa gizlilik periyodu).	Maruz kalmadan uzun süre sonra gözükür (uzun gizlilik periyodu).
Sıklıkla kısa sürede yüksek dozlarda maruz kalmayı içerir.	Sıklıkla uzun sürelerde düşük dozlarda maruz kalmayı içerir.
Maruz kalma durduktan sonra etkiler giderilebilir. Etki az ya da çok şiddetli olabilir.	Birçok etki giderilemez. Birçok kimyasal için kronik etkiler hala bilinmemektedir.
Kimyasal maruz kalma ve septomlar arasındaki ilişki genelde açıktır.	İlişkiyi uzun gizlilik periyotları nedeni ile doğrulamak zordur.
Konu hakkındaki bilgiler genelde insan verilerine dayanır.	Bilgiler genellikle hayvan testlerine dayanır.

İnsanların çeşitli kimyasallara maruz kalması sonucunda akut ve kronik etkilerin dışında da çeşitli etkilerin biri veya birkaçı gözlemlenebilir. Bunlar;

**Teratojen Etki:** Teratojenезis, gereğinden fazla veya eksik, yeri değişmiş ve çok fazla biçimsizleşmiş anormal yavruların doğmasına denilmektedir. Fiziksel etkenler (UV ışınları, X-ışınları gibi), mikroorganizmalar, beslenme eksikliği ve bazı kimyasal maddeler teratojenik etki gösterebilmektedirler. Teratojenезeye sebep olan etkenlere de teratojenler denmektedir. 1961 'de hamilelik döneminde talidomit almış annelerden doğan en az 10.000 bebeğın sakat, garip görümlü bebekli olduğunu bildirmiştir. Talidomit faciası olarak isimlendirilen ve birçok sakat, garip bebeklerin meydana gelmesi ile çevresel etmenlerin bağlantısının araştırılmasına başlanmıştır (Vural, 2005).

**Mutajen Etki:** Genotipdeki devamlı değişmeye mutasyon, mutasyona sebep olan faktörlere mutajen denilmektedir. Mutasyonlar somatik doku hücrelerinde de olabilmektedir, bu takdirde diğer (gelecek) nesillere geçmez. Bu değişme daha fazla olarak karsinogenезe zemin olması açısından önem taşımaktadır. Mutasyonların zararlı etkileri ise üreme bozuklukları, embriyogenik ve perinatal (doğuma yakın, doğum sırasında veya doğumu takiben) ölüm, malformasyonlar (sakatlıklar), genelde hastalıklar ve kanser şeklinde görülmektedir (Vural, 2005).

**Kanserojen Etki:** Kanser, bazı kimyasalların sebep olduğu, vücutta kontrolsüz şekilde büyüyen ve de yayılan anormal hücreler olarak tanımlanmaktadır. Kansere sebep olan maddelere kanserojen, kansere neden olma sebebine kanserogenезite (cancerogenesis) denir. Genel olarak kanserojen terimi, biyolojik sistemlerde kanser oluşturan herhangi bir faktör için kullanılmaktadır. Bu faktörler kimyasal maddeler, fiziksel etkenler ya da virüsler olabilmektedir. Kimyasal kanserojenler ise spesifik toksik tesirlerini insan ve hayvanlarda kanser oluşturarak göstermektedir (Vural, 2005).

Tüm insanlar toksik maddelere aynı tepkiyi göstermemektedirler. Bu farklılıkları yaratan faktörler;

- ✓ Yaş
- ✓ Cinsiyet
- ✓ Genetik farklılık
- ✓ Vücuda alınma şekli
- ✓ Doz oranı
- ✓ Kimyasal etkileşimler ve reaksiyonlar vb. olarak karşımıza çıkmaktadır (Güner, 2014).

**Yaş:** Birçok enzimlerin aktivitesi yeni doğanlarda çok düşüktür. Genel olarak memeli yavruları pek çok ilaç ve kimyasallara karşı daha hassastır. Bebek ve çocuklarda kanser risklerini tahmini için kullanılacak yaş-duyarlılık faktörleri farklıdır. (California Environmental Protection Agency, 2009). Aynı şekilde ilaçlarda yetişkinlere göre çocuklar için daha düşük dozlarda uygulandığını unutmamalıyız.

**Cinsiyet:** Hayvan türlerinde, erkek ve dişiler arasında toksisite ayrımı bilinmektedir. Bu ayrıma, cinsiyetle ilişkili olarak biyo yararlanılabilirlik, proteine bağlanma, dağılım hacmi, farmakokinetik parametreler yer aldığı gibi, biyo transformasyon kapasitesinin de tesir ettiği gösterilmiştir. Örneğin erkek farelerin karbontetraklorür sebep olduğu karaciğer tahribatına daha hassas olmaları, bu maddelerin aktif metabolitlere dönüşüm hızının dişilere oranla daha hızlı olmasıyla ifade edilmektedir. Diğer yandan da parationun dişi farelerde, erkeklere göre 2 kez daha toksik olmalarıysa paraokson aktif metabolitinin dişilerde daha hızlı oluşmasıyla ilişkilendirilmektedir. İnsanda ise kadın vücudunda yağ doku hücresi daha fazla olduğu için yağda çözünen maddeler daha fazla absorbe edilmektedir. Kimyasalların vücuda alınması ve atılması üzerinde cinsiyetin etkisi vardır. Bazı kanserler ve hastalık aşamaları cinsiyet ile ilişkilendirilmiştir (Vural, 2005)

**Genetik farklılık:** İnsanlar ya da aynı türden canlıların hepsi, kimyasal maddenin belirli bir dozuna karşı aynı yanıtı vermeyebilmektedirler. Bu da toksik bir maddenin, aynı türün üyeleri arasında farklı toksisite olduğunu göstermektedir. Bunun sebebi doğuştan genetik olarak bazı üyelerin (ırk, soy) normal bireylere oranla enzim sistemlerinin farklı aktivite göstermesiyle ilişkilidir. Yapılan çalışmalarda Japonlar ve Eskimoların, bazı ilaçları çok yavaş inaktive ettikleri görülmüştür ve bu nedenle daha duyarlı olduklarına ulaşılmıştır (Vural, 2005)

**Vücuda alınma şekli:** Kimyasallar canlı vücuduna başlıca deri, akciğerler, ağız ve enjeksiyon yolları ile girmektedir. Bu yerlerden giren toksik maddelerin tesilerini göstermesi için pek çok biyolojik membranlardan geçerek dolaşım sistemine ve oradan da tesir yerlerine taşınması gerekmektedir. Bu sebeple giriş yerlerine bağlı olarak aynı maddenin toksisitesi de farklılık göstermektedir.

**Doz oranı:** Birim zaman aralığında birim kütleyle maruz kalınan dozdur. Örneğin bir insanın bir maddeye belirli aralıklarda (saat, gün, hafta, ay gibi) maruz kaldığında değişik oranda semptomlarla karşılaşabilmektedir. Aynı kişi daha kısa sürelerde doza maruz kaldığında büyük bir ihtimalle ölümünün gerçekleşmesi riski çok yüksek olabilmektedir.

Bazı kimyasallar uygun hızla vücuttan giderilmemektedir. Deniz mahsullerinde ağır metal birikimi fazladır bunları insanların tüketmesi sonucu ortaya çıkan etki örnek gösterilebilir (Demirel ve Çelik, 2013). Örneğin; belirli maddeler kemik yapısında, yağ dokusunda ve beyin zarında (kurşun gibi) belirli bir bölgeye yerleşmeye ilgi göstermektedir ve her maruz kalma ile doz artar. Bu kümülatif birikir ve kümülatif etkiye neden olmaktadır.

Bir diğer kümülatif tesir tipide zehirli madde vücuttan atılmadan önce kalıcı biyolojik tahribat bıraktığında ortaya çıkmaktadır. Örneğin deniz mahsüllerini aşırı tüketen NTV yemek programı sunan Vedat MİNOR'un sonuç olarak elinin titremesi gibi. Oysaki cıva bileşikleri çoğunlukla beyinde tahribat bırakmasının ardından atılabilmektedirler. Cıva gibi bileşikler belirli organları etkileyebilir lakin en fazla tesirin görüldüğü organ, hedef organ olarak bilinmektedir. Birkaç hedef organ çoğu kimyasallardan etkilenmektedir. Karaciğer ve böbrekler, maruz kalma şekil ve şartları altında vücuttan zehirli maddeleri uzaklaştırmak üzere görev üstlenmiş organlar olduklarından hedef organ durumundadırlar (Türközü, 2014).

**Kimyasal etkileşimler ve reaksiyonlar:** 2 ya da daha çok kimyasalın bir araya gelmesiyle ortaya çıkan etkiler 4 tanedir (Güner, 2014):

- 1) *Toplamsal etkileşim:* Birbirinden bağımsız olarak tesir eden iki bileşiğin tesiri her birinin tek başlarına tesir ettiklerinde ortaya çıkacak tesirin toplamına eşit olması olarak tanımlanmaktadır.
- 2) *Sinerjistik etkileşim:* 2 ya da daha fazla zehirli maddenin bir arada gösterdiği tesir tek başlarına gösterdikleri tesirin tamamından daha büyük bir tesir yaratması olarak tanımlanmaktadır.
- 3) *Potansiyel etkileşim:* Biri zehirli diğeri zehirli olmayan iki madde bir araya geldiğinde zehirli olan maddenin tek başına gösterdiği tesirin üzerinde tesir göstermesi olarak tanımlanmaktadır.
- 4) *Antagonistik etkileşim:* Bir maddenin tesirinin diğeri madde tarafından azaltılmasıyla ortaya çıkan tesir olarak tanımlanmaktadır.

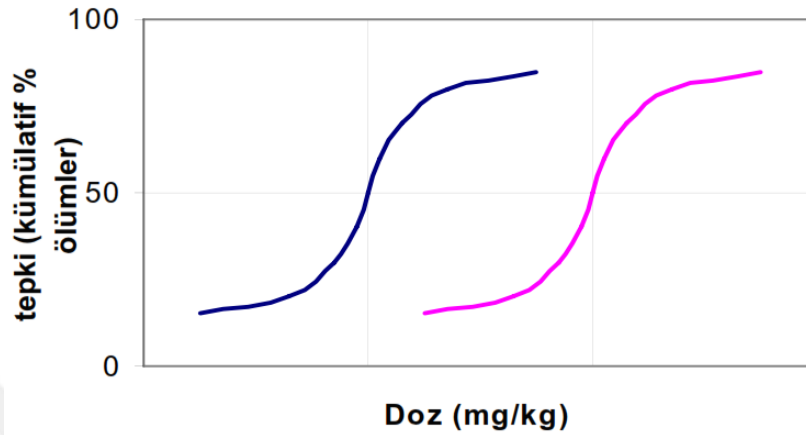
Ortamda maruz kalınan maddenin tek başına göstereceği tesirlerin dışında kişinin sosyal ve iş yaşamında karşılaşacağı ve maruz kalacağı diğeri maddelerle de etkileşiminin unutulmaması gerekmektedir. Ayrıca ilaçlarda yetişkinlere göre çocuklar için daha düşük dozlarda uygulandığını unutmamalıdır.

### **2.5.7. Deneysel Toksikoloji**

Deneysel toksikolojinin temelini oluşturan 4 kabul bulunmaktadır (Sacarello, 1993):

1. Vücuda temas eden ya da alınan herhangi bir madde bir maruz kalma derecesinde tahribat verici olabilmektedir ve düşük bir maruz kalma miktarında herhangi bir tesir yaratmadan kabul edilmektedir.
2. İnsanlar üzerinde oluşan zararların doğası, denek hayvanlarının tepkileri üzerinde yapılan çalışmalarla bulunmaktadır.
3. Hayvan deneylerinden insanlara tesir göstermeyecek maruziyet aşamaları bulunmaktadır.
4. Zehirliliğin belirlenmesi için öncelikle hayvanlar üzerinde yapılan testlerden yararlanılmaktadır. Bu testlerden elde edilen bulgular ölümcül doz (Lethal Dose) LD, popülasyonun yarısının öldüğü doz olarak kabul edilir ve denek hayvanının ağırlığı başına düşen miligram madde miktarını vermektedir.

Hayvan testlerinde verilen belirli dozlarla ortaya çıkan etki grafikte incelenirse oluşan eğri doz-tepki eğrisi gözlemlenmiş olmaktadır. Örnekte grafikte artan doza karşı denek hayvanlarının verdiği tepkiler saptanmıştır. Karakteristik doz-tepki eğrisi Şekil 10'da verilmiştir.



Şekil 10: İki farklı maddenin doz-tepki eğrisi (Tahınlı, 1999)

Yukarıdaki iki eğrilere göre genelde gözlemlenemeyen tepkinin altında olan dozlar belirlenmektedir. Bu dozun tepkisinin gözlemlendiği noktaya eşik değer dozu (Threshold Dose) diye tanımlanmaktadır ve bu durumda tepki ölüm olarak gözlemlenmektedir.

En düşük dozdaydasa ölüm hali görülmemektedir. Doz arttıkça daha büyük tepkiler gözlemlenebilmektedir. Gözlemlerin sonucunda elde edilen bulgulara dayanılarak tespit edilmiş çokça kullanılan tanımlar şunlardır (Avrupa Birliği ülkesinde (EC) ve ülkemizde Kimyasal Maddelerle Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelik, 2013) (Güner,2014).

**LD<sub>50</sub>**: % 50 için ölümcül doz, belirli popülasyon denek hayvanının % 50'sini öldüren doz olarak tanımlanmaktadır.

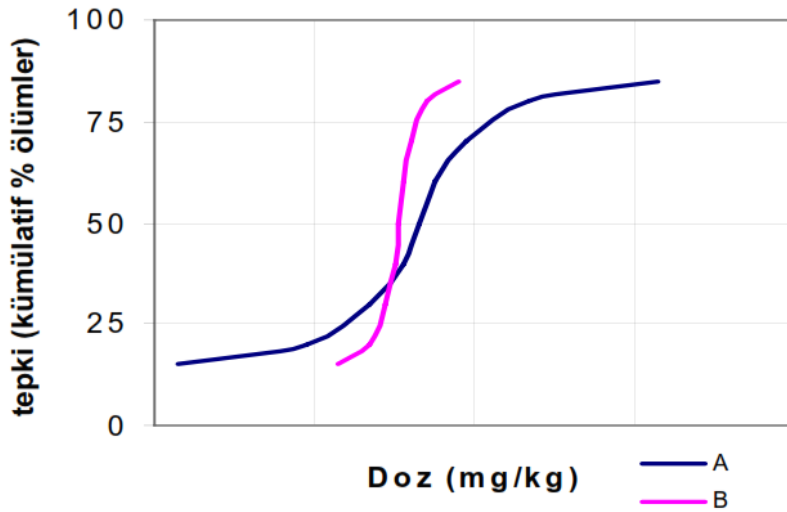
**LD<sub>10</sub>**: % 10 için ölümcül doz, belirli popülasyon denek hayvanının % 10'unu öldüren doz olarak tanımlanmaktadır.

**LD<sub>100</sub>**: % 100 için ölümcül doz, belirli popülasyon denek hayvanının tamamını öldüren doz olarak tanımlanmaktadır.

**LDL<sub>0</sub>**: Ölüme sebep olan en düşük doz, belirli popülasyon denek hayvanı üzerinde yapılan testlerde ölüme sebep olan en düşük doz olarak tanımlanmaktadır.

**TDL<sub>0</sub>**: Zehirlilik etkisi gösterilmesine neden olan en düşük konsantrasyon, belirli popülasyon denek hayvanı ya da gönüllü insanlar üzerinde yapılan deneylerde zehirlilik etkisi neden olan en düşük doz olarak tanımlanmaktadır (NIOSH, 1999).

Farklı kimyasalların eş değer doz-etki eğrilerinden LD<sub>50</sub> değerleri bulunarak göreceli zehirlilikleri belirlenmektedir. Yüksek LD<sub>50</sub> değeri bulunan bir madde düşük LD<sub>50</sub> değeri bulunan bir maddeden daha düşük zehirliliğe sahip olmaktadır. Bu kıyaslamanın yapılabilmesi için maddelerin her ikisinin de ölümcül tesirleri dışında öldürücü olmayan yan tesirleri hakkında bilgi sahibi olunması gerekmektedir. Daha az ölümcül olan madde diğer maddeden çok daha düşük bir dozda ölümcül olmayan etki yaratabilmektedir (Talınlı, 1999).



Şekil 11: İki farklı maddenin doz-tepki eğrilerinin karşılaştırılması (Talınlı, 1999)

Şekil 11'de yukarıdaki gibi iki eğrinin çakıştığı nokta bulunmaktadır. B bileşiği A bileşiğinden daha az bir LD<sub>50</sub> değeri bulunduğu görülmektedir. Buna karşın LD<sub>20</sub> değeri daha az olan A maddesi düşük dozlarda daha zehirli olduğu görülmektedir. Bu nedenden dolayı B maddesinden önce ölüme sebep olacaktır. Bu grafikte olduğu gibi doz-tepki eğrileri büyük farklılıklar gösterebilmektedir. Toksik bir maddenin toksikliği çeşitli derecelendirme yollarıyla belirlenebilir. Bunlara örnek Çizelge 8'de verilmiştir.

**Çizelge 8.** Toksik maddelerin letal dozlarına göre sınıflandırılmaları (Vural, 2005)

Toksisite Derecesi	LD <sub>50</sub>	
	Hayvanlarda (kg başına)	Yetişkin insanlarda (70 kg)
Hemen hemen toksik değil	>15 g/kg	5 su bardağı dolusu
Az toksik	5-15 g/kg	2,5 – 5 su bardağı dolusu
Orta derecede toksik	0,5-5 g/kg	2 çorba kaşığı – 2 su bardağı dolusu
Çok toksik	50-500 mg/kg	2 çay kaşığı – 2 çorba kaşığı dolusu
Şiddetli toksik	5-50 mg/kg	7 damla – 1 çay kaşığı
Son derece toksik	<5 mg/kg	1 yudumluk (7 damladan az)

\* Bir su bardağı 200 mL, 1 çorba kaşığı 15 mL, 1 çay kaşığı 5 mL kabul edilmiştir.

Ölümcül konsantrasyonlar (LC) havada, suda ve toprakta bulunan tehlikeli maddeler için kullanılmaktadır. Çalışmalardan elde edilen bulgularla bir insan için kabul edilebilir maruz kalma konsantrasyonları şekillendirilmektedir.

### 2.5.8. Kabul Edilebilir Maruz Kalma Konsantrasyonları ve Limitleri

Genel manada tehlikeli maddelerin insana hastalık yapıcı bir etki ve hasta etmeyeceği konsantrasyonlar bulunmaktadır. Etkilerle ilgili sıklıkla kullanılan tanımlamalar: İzin verilebilir maruz kalma limiti (PEL), Tavsiye edilen maruz kalma limitleri (REL), Eşik sınır değerleri (TLV), Yaşam ve sağlık için ani tehlike yaratan konsantrasyonlar (IDLH), TLV-STEL (kısa süreli maruz kalma limiti), TLV-TWA (zaman çoğunluklu ortalama eşik limit değeri), TLV-Tavan (herhangi bir anında aşılmaması gereken konsantrasyon üst limiti) olarak verilmiştir. Ölçütler günümüzün bilgi birikiminde bu konsantrasyonları belirlemektedir (Avrupa Birliği ülkelerinde (EC) ve ülkemizde Kimyasal Maddelerle Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelik, 2013) (OSHA: İş Sağlığı ve Güvenliği Teşkilatı, NIOSH: İş ve İşçi Sağlığı Ulusal Enstitüsü, ACGIH: Amerika Devlet Endüstriyel Hıfzıssıhha Konferansı).

Bu yukardaki değerlerle ilgili tanımlamalar daha çok hava kalitesi uygulamalarında geçerlidir. Fakat besin ve su tüketimi ile ilgili bir değerlendirme söz konusu değildir. Gıda maddelerinin içinde bulunan kirleticilerin günlük alım miktarı ne kadar olacağına dair bir yönerge veya yönetmelik bulunmadığından buna bağlı olarak gıda maddelerinde risk değerlendirmesi yapılması gereklidir.

### 2.5.9. Toksikolojik Olarak Risk Değerlendirilmesi

Toksikolojik olarak risk değerlendirilmesi işlemi aşağıdaki basamakları içermektedir.

1. Doz-Cevap İlişkisinin Belirlenmesi
2. Doz-Cevap İlişkisi
3. Doz-Cevap Analizi
4. Doz-Cevap Eğrisi
5. Toksikiteyi Etkileyen Faktörler
6. Doz-Cevap İlişkisinin Değerlendirilmesi

*a) Doğrusal Olmayan (Non-linear) Doz-Cevap Değerlendirmesi;* Referans Doz, Belirsizlik Faktörleri, İzin verilen Günlük Alım, Güvenlik faktörü

*b) Doğrusal Doz-Cevap Değerlendirmesi;* Eğim Faktörü  
(www.eczfak.anadolu.edu.tr)

#### 2.5.9.1. Doz-Cevap İlişkisinin Belirlenmesi

Bu başlığın bileşenleri; bir kimyasalın toksik etki oluşturma ihtimalini dozuyla arasındaki bağıntıyı, riskin dikkate alınmaması ya da oluşmama derecesinin toksik maddenin ne ölçüde maruziyet oluşturabileceğinin belirlenmesi ve kimyasala maruziyetle toksik tesirin ya da hastalığın oluşma ölçüsü arasındaki ilişkileri içerdiğini görmekteyiz.

#### 2.5.9.2. Doz-Cevap İlişkisi

Bu başlığın bileşenlerini inceleyecek olursak; maruziyete uğranan kimyasalın canlı üzerinde oluşturduğu cevap, tercih edilen deneysel model ve bir advers etkiye neden olma olasılığı olan minimum dozun belirlenmesi olan kısımları içerdiğini görmekteyiz.

#### 2.5.9.3. Doz-Cevap Analizi

Bir kimyasalın değişik dozlarına karşılık alınan cevapların ölçülmesi ile toksitenin belirlenmesinde laboratuvar denek hayvanları kullanılmaktadır. Bunlardan en çok fareler tercih sebebidir fizyolojik olara benzerlik gösterdiğinden. Bunlar üzerinden doz-cevap eğrisi çıkarılmaktadır.

#### **2.5.9.4.Doz-Cevap Eğrisi**

Doz-cevap eğrileri yüksek dozlardaki tepkileri yaklaşık olarak hesaplamada kullanılmaktadır. Eğriyi daha fazla dozlarda kabul ederek bir kimyasalın canlı ve insanlar üzerindeki tepkisi ön görülmeye çalışılmaktadır. Genelde doz karşılık tepkide artmaktadır. Lakin her zaman düzgün bir artış gözlemlenemeyebilir. Endokrin sistemlerinde bozukluğa neden olan (ağır metal vb.) tepkide azalma görülebilmektedir.

#### **2.5.9.5.Doz-Cevap İlişkisinin Değerlendirilmesi**

Bu başlığın bileşenlerini inceleyecek olursak; yapılan tüm araştırmalar baz alınarak denenmiş tüm doz aralıklarından bulgular sağlanması, elde edilen bulgulardan baz alınarak insanlar için hiçbir etkinin gerçekleşmediği doz aralığının bulunmasını içermektedir. Burada 2 önemli basamak bulunmaktadır.

1. Basamakta: Var olan bilimsel bulguların toksik etki ya da cevap türünün ya da kimyasalın tesir şeklini belirlemeye yönelik çalışmadır. 2. Basamakta ise: Kimyasalın tesir türüne göre insalara adapte etmek için doğrusal olan ya da doğrusal olmayan doz cevap değerlendirmesinde bulunmaktadır.

#### ***Doğrusal Olmayan (Non-linear) Doz-Cevap Değerlendirmesi***

Bu başlığın bileşenlerini incelersek; eşik düzeyini bulmak, maruziyetin hiç olmadığı seviyeden canlıda toksik tepkinin oluşmadığı seviyeye dek değerlendirmek, kimyasala ait araştırmalardan elde edilmiş bulgular ışığında bir eşik değeri bahsi geçerse doğrunun eğiminin 0 (sıfır) olduğu durum olarak karşımıza çıkmaktadır.

*NOAEL*: Herhangi bir beklenmeyen etkinin görülmediği en yüksek seviye.

*LOAEL*: Beklenmeyen bir etkinin görüldüğü en düşük seviye.

Bu başlıkta hesaplamalarda kullanılacak bazı önemli kavramlar bulunmaktadır. Bunlar:

#### **Referans Doz (RfD)**

Yaşam süresi boyunca maruz kalınan bir kimyasalın hiçbir sağlık problemi oluşturmadığı kabul edilen günlük alınabilecek maruziyet miktarın olarak tanımlanmaktadır. Kanserojenik olmayan etkiler yani eşik etkili bileşikler için Referans Doz (RfD) kullanılır.

**RfD:** Toplulukta bulunan hassa alt popülasyondaki (çocuk-yaşlı gibi) dahil yaşam süreleri boyunca kimyasal alındığında bir tepki görülmediği varsayılan günlük alınana dozdur. EPA (Environmental Protection Agency), RfD kavramını ‘kabul edilebilir’, ‘güvenli’ gibi kavramlarının kullanımını önlemek için ortaya Ortaya atmıştır. RfD değeri Eşitlik 1 kullanılarak hesaplanır.

$$RfD = NOAEL / \text{Belirsizlik Faktörleri (UF'ler)} \times \text{Modifiye Edici Faktör (MF)} \dots\dots\dots \text{Eşitlik 1}$$

### **Belirsizlik Faktörü (UF)**

Belirsizlik faktörleri hesaplanırken insan topluluğundaki bireyler arasındaki farklılıklar için (x10) alınmaktadır. Denek hayvanlarından elde edilen bulguların adaptesinde ise (x10) alınmaktadır. Kimyasala için yapılan az miktarda kronik araştırma olması halinde (x10) alınmaktadır (Kronik çalışma yerine subkronik, vs. bulunuyorsa). NOAEL değeri yerine LOAEL değerine ulaşılabilmiş olması halinde (x10) alınmaktadır.

### **Modifiye Edici Faktör (MF)**

Bilinen bazı kimyasallar için ayrıca yapılan araştırmalar sonucunda elde edilen bulgulardan belirlenen değerlerdir (0,1-10 arasında değişmektedir).

### **İzin verilen Günlük Alım (ADI)**

Günlük alımda kabul edilebilir kronik maruziyet düzeylerinde, ömrü boyunca tüketim sonucu hiçbir beklenmeyen etkinin görülmediği kabul edilebilir düzeydir. Eşitlik 2 ile hesaplanmaktadır.

$$ADI = NOAEL / \text{Güvenlik Faktörü} \dots\dots\dots \text{Eşitlik 2}$$

### **Güvenlik faktörü**

Güvenlik faktörü hesaplanmasında türler arası farklılıkların herbiri için x10, bireyler arası farklılıkların herbiri için x10 olarak alınmaktadır. İkiside mevcut ise  $10 \times 10 = 100$  alınmaktadır.

### **Doğrusal Doz-Cevap Değerlendirmesi**

Araştırmalardan elde edilmiş bulgular yani eşik değer bulunmamaktadır. Karsinojenik etkili maddeler, doğrunun eğimi = eğim faktörü, doğru üzerindeki maruziyet düzeyleri ve kanser riski arasındaki bağıntıyı içermektedir.

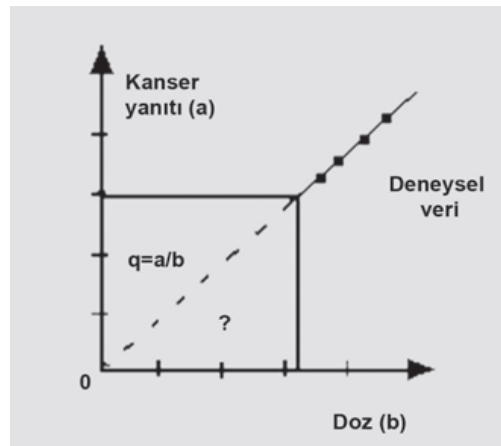
**Eğim Faktörü:** Eğim Faktörü doz ve cevap arasındaki bağıntıyı açıklayan toksiste değeridir. Ya da bir insanın ortalama 70 yıl ömrü boyunca bir kimyasala maruziyeti sonunda kanser oluşturabilecek yaklaşık oranını temsil eden üst limit olarak kabul edilebilir. Kanser riski Eşitlik 3 ile hesaplanmaktadır.

**Kanser Riski= Maruziyet x Eğim Faktörü.....Eşitlik 3**

### 2.5.10. Karsinojen Olarak Risk Değerlendirilmesi

- İnsanlarda Karsinojenik Etki Oluşturan Kimyasallar,
- İnsanda Karsinojenik Etki Oluşturabilecek Kimyasallarlar,
- Karsinojenik Etki Potansiyeli Olduğuna Dair Kanıt Olan Kimyasallar,
- Karsinojenik Potansiyeli Değerlendirebilmek İçin Yetersiz Veriye Sahip Olan Kimyasallar,
- İnsanlarda Karsinojenite Oluşturmayan Kimyasallar olarak sınıflandırılmaktadır. (www.eczfak.anadolu.edu.tr)

ABD ve Avrupa'da düşük doz bölgesine ekstrapolasyon için en sık kullanılan yaklaşımlardan birisi lineerize çok basamaklı modeldir (LMS), tutucu bir modeldir ve elde edilen veriler kanser riskinin üst sınırını vermektedir. Genelde düşük doz bölgesinde de karsinojenik yanıtın doğrusal olduğu varsayılarak bu model yardımıyla doz-cevap eğrisinin eğimi Şekil 12' deki gibi hesaplanır (Burgaz, 2009).



Şekil 12. Genotoksik karsinojenler için doz-yanıt ilişkisi (Burgaz,2009)

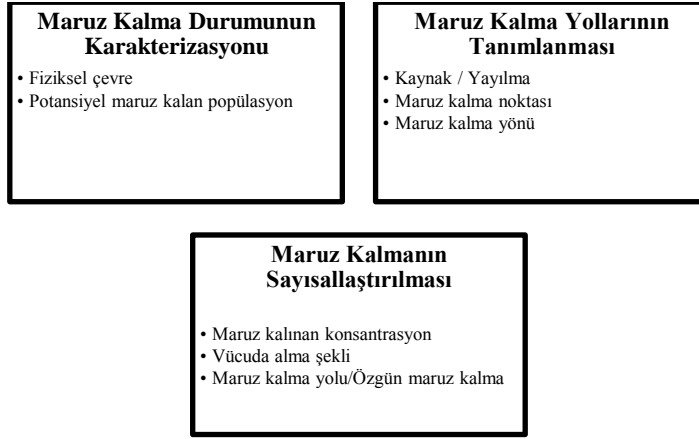
### 2.5.11. Maruziyetin Değerlendirilmesi

Maruziyet toksisitenin ana bileşenidir. Maruziyetin değerlendirilmesi maruziyetin oluştuğu topluluğun ayrıntılı incelemeyi ayrıyetten maruziyeti her manada belirlemeyi içeren bir prostedir. Maruziyetin değerlendirilebilmesi için öncelikli olarak maruz kalmış topluluklar bulunmalı, toplulukların içinde bulunduğu evre koşulları, toplulukların aktiviteleri ve özellikle duyarlılık noktaları bulunmalıdır

Maruziyetin Değerlendirilmesi Adımında;

1. İnsanların kirleticiye yada kimyasala ne kadarlık zaman diliminde maruz kaldığı,
2. Kaç kişinin maruz kaldığı,
3. Kirleticinin ya da kimyasalın ne olduğu ve hangi kaynaktan alındığı ve başka etkileşimlerin olup olmadığı önemlidir.
4. Maruziyetin olduğu evre ve insanlardan veri toplanır.
5. Maruz kalınan madde belirlenir.
6. Maruziyet kaynağına nasıl maruz kalındığına dair örnek oluşturulur (veya mevcut veriler kullanılır.)
7. Maruziyet kaynakları tamamıyla bulunur
8. Maruziyet popülasyonuna ait herhangi bir farklılık / özellik varsa bulunur.
9. Maruziyetin zellikleri belirlenir.
10. Tüm maruziyet yolları tanımlanır.
11. Maruziyetin kantitatif tayini yapılır ([www.eczfak.anadolu.edu.tr](http://www.eczfak.anadolu.edu.tr)).

Maruz kalma değerlendirmesiyle insanların potansiyel olarak ya da gerçekten maruz kaldığı durumun şiddeti, düzeyi, maruz kalma aralığı, süresi ve insanların muhtemel olarak maruz kalma şekillerinin yaklaşık olarak değerlendirilmesi amaçlanmaktadır. Değerlendirme sonucunda bu sayede denetleyici ve düzenleyici kurumlar şimdi gelecekteki gerekli tedbirleri alabilmektedirler. Maruz kalma değerlendirmesi basamakları şekil 13' deki gibi gösterilebilir.



Şekil 13: Maruz kalma değerlendirme süreci (EPA, 1989)

**Maruz kalma durumunun karakterizasyonu:** Değerlendirmesi yapılan yeri genel fiziksel nitelikleri dikkate alınarak değerlendirilme yapılmalıdır. İklim, jeolojik, jeomorfolojik, bitki örtüsü, yer altı suları-yüzeysel sularının hidrolojisi ve yerlere ait detaylar bu kısım içerisinde yer almaktadır. Muhtemel olarak maruz kalabilecek nüfus tespiti de bu kısımda yer almaktadır. Bunun için yer kullanımlarına da (yerleşim alanı, tarım alanı, organize sanayi bölgesi vb.) olup olmamasına dikkat edilmesi gerekmektedir.

**Maruz kalma yolu:** Bir kimyasal maddenin toksik tesirini göstermesi için, belirli giriş yollarından absorbe olması ve tesir bölgesine belirli konsantrasyonda gelmesi gerekir. Bir kimyasal, fiziksel ya da biyolojik maddenin kaynağından maruz kalan insana ulaşırken izlediği yolu tanımlanmaktadır (Ağız, solunum, deri üzerinden). Öncelikle kirlenici kaynağı tanımlanmalı ve alıcı ortam belirlenmelidir. Kaynak, yer ve topluluğun bulunduğu ortama bağlı olarak çevreye bırakılanların formu arasındaki ilişkiyi kurulmalıdır. Buna göre maddenin alıcı ortamdaki geleceği ve izlediği yol-döngüsü şekli tespit edilebilmektedir. Difüzyon, maddenin yarı ömrü, iyonlaşma, çözünürlük, Henry sabiti, akümülyasyon faktörü büyüklüğünü tespit eden biyo konsantrasyon faktörü, elektron alma - verme kabiliyeti ve buhar basıncı vs. gibi maddenin çevresel geleceğini belirleyen, yön veren önemli fiziksel ve kimyasal parametreler içerisinde yer almaktadır.

**Maruz kalmanın sayısallaştırılması:** Belirlenmiş olan maruz kalma yollarının, topluluk için maruz kalma süresi, aralığı ve derecesi sayısal olarak tanımlanmaktadır. Öncelikle maruz kalınan konsantrasyonlar yaklaşık değerlendirilmesi, arkasından da bu konsantrasyonlara bağlantılı olarak maruz kalma yollarının her birinden vücuda alınan miktar bulunmaktadır. Önceden kestirilen konsantrasyonların kesinliği olmamasından dolayı aritmetik ortalamanın güvenli sınırlar (örneğin % 90 güven seviyesi için) içerisinde kalan kısmı maruz kalınan konsantrasyon olarak kabul edilir ve bu değerlerin hesaplanması için istatistiksel hesaplama metotları kullanılmaktadır.

### 2.5.12. Maruziyetin Kantitatif Tayini

**Karsinojenik olmayanlar için;**

**Kronik günlük alım (CDI):** Kronik maruziyette temas aralığı ve zamanın hesaba katılmasıyla günlük alımdan bulunan değerdir (karsinojenik olmayan faktöre ne süre ile maruz kalındıysa) (www.eczfak.anadolu.edu.tr). DI ve CDI değerleri sırasıyla Eşitlik 4 ve Eşitlik 5 kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$\text{Günlük alım } DI \text{ (mg/kg – gün)} = \frac{\text{Konsantrasyon } \left(\frac{\text{mg}}{\text{hacim}}\right) \times \text{Alım} \left(\frac{\text{hacim}}{\text{gün}}\right)}{\text{Vücut ağırlığı (kg)}} \dots\dots\dots Eşitlik 4$$

$$CDI = \frac{C \times CR \times EFD}{BW \times AT} \dots\dots\dots Eşitlik 5$$

CDI: Kronik Günlük Alım

C: Kimyasal konsantrasyonu mg/L

CR: Temas oranı veya IR alım oranı L/gün

EFD: Maruziyet faktörü (yilda kaç gün) ve süresi (kaç yıl boyunca)

BW: Vücut ağırlığı (kg)

AT: Zamanın ortalaması (maruz kalınan yıl\*365 gün)

**Karsinojenik olanlar için;**

Ömür boyunca ortalama günlük doz (LADD) Eşitlik 6 kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$LADD = \frac{\text{Kimyasal kirlilik oranı} \times \text{Temas oranı} \times \text{Maruziyetin Süresi}}{\text{Vücut ağırlığı} \times \text{Yaşam süresi}} \dots\dots\dots Eşitlik 6$$

LADD= Günlük alımın 70 yıllık ömre ait ortalamasının alınması

## 2.6.Kanser Oluşumuna Etki Eden Faktörler

Kanser risk değerlendirmesinde ilk adım kanserojen maddenin bulunmasıdır. İlk yapılan işleme tehlike tespiti denilektedir. Ardından takip eden adım doz-cevap değerlendirmesi, arkasından da maruziyet değerlendirmesi ve insanlarda kanser riskinin doğasını ve ölçüsünü göstermek için risk analizinin yapılması adımları izlenmektedir. Risk analizinde, kanserojen; kansere sebep olabilen madde olarak tanımlanırken, kanser riski ise belirli kanserojen maddeye maruziyet nedeniyle olan kanser sayısındaki artış ön görüşü olarak tanımlanmaktadır. Kanser riski hem bir kanserojen maddenin var olmasına, hem de kanserojen madde maruziyeti üzerine kurulmaktadır. İnsanlarda kanserojen risklerin değerlendirilmesi adına uluslararası kanser araştırmaları ajansı olan IARC (International Agency on Research of Cancer) tarafından belirli periyotlarda kanserojen monografları yayınlanmaktadır (Çizelge 9). Maddelerin bölümlenmesi bilimsel bir karar ve çalışmadır. IARC kurumu uzun zamandır bu konuda belli ölçü tanımlamaları kullanmaktadır. Ayrıyetten, monograflarda çok farklı kanserojenik maddelerin objektif karşılaştırmaları da bulunmaktadır. Bu monograflarda; var olan bilimsel bulgulara göre kanserojenik maddeler 4 ana grupta toplanarak incelenmektedir. Muhtemel tartışmalara yön vermek üzere kanserojen maddeler IARC sınıflandırmasına göre aşağıda listelenmiştir:

**Grup 1:** İnsanlar için kesin kanserojen madde (karışım) veya maruz kalım biçimleri. Burada yer alan maddelerle ilgili olarak insanlarda kanser yapıcı özellik bakımından yeterli delil bulunmaktadır.

### **Grup 2**

**Grup 2a:** Yüksek olası ihtimalle kanserojen madde (karışım), veya maruz kalım biçimleri. Burada yer alan maddelerin kanser yapıcı nitelikleri kesin olmamakla beraber bu açıdan güçlü delillerin mevcudiyeti mevzu bahistir.

**Grup 2b:** Şüpheli kanserojen maddeler (karışımlar) veya maruz kalım biçimleri. Burada yer alanlarla ilgili olarak kanser yapıcı özellik bakımından yeterli delil yoktur fakat bu konuda zayıf bazı belirtiler bulunmaktadır.

**Grup 3:** İnsanlar için kanserojenik olarak sınıflandırılmayan maddeler (karışımlar) veya maruz kalım biçimleri Grup 1 ve Grup 2' de bulunmayan maddeler: Burada yer alanların kanser oluşumundaki önemiyetleri açık değildir. Yapılan bazı çalışmalarda zayıf bulgular elde edilmekle beraber bu gruptaki bulgular çelişkilidir.

**Grup 4:** İnsanda kanser yapmayan maddelerdir. Çalışmalar sonucunda insanda kanser oluşturma özelliği bakımından herhangi delil bulunamamış olanlar burada bulunmakadır (TBMM, 2010).

**Çizelge 9.** Bazı kanserojen ajan örnekleri (IARC Monografıları, www.monographs.iarc.fr)

	<b>İnsanlarda kanserojen olan bazı ajanlar</b>	<b>İnsanlarda muhtemelen kanserojen olan bazı ajanlar</b>
Kimyasallar	Benzen, 1,3-bütadien, formaldehit, vinil klorür	Trikloroetilene, stiren oksit
Karmaşık karışımlar	Aflatoksinler, kömür-katran, kurum	PCB'ler, katran ruhu, yüksek ısıda kızartmanın emisyonu
Meslekler	Boyacılık, baca temizleme, kömürden gaz elde etme, kok kömürü üretimi, petrol rafinerisinde çalışma, kuaförlük	
Metaller	Arsenik ve bileşikleri, berilyum ve bileşikleri, kadmiyum ve bileşikleri, krom [VI]	İnorganik kurşun bileşikleri, tungsten karbitli kobalt metali
Parçacık ve lifler	Asbest, kristalize silika, odun talaşı	Dizel motor egzozu
İlaçlar	DES, östrojen-progestojen menopoş terapisi, tamoksifen, phenasetin	Androjen (anabolik) steroidler, kloramphenikol
Radyasyon	Radon, güneş radyasyonu, X- ve Gama-radyasyonu	
Biyolojik ajanlar	Hepatit B ve C, insan papilloma virüsleri (tip 16 ve Diğer birçokları) , Helikobacter pilori	
Yaşam tarzı etkenleri	Tütün dumanı (aktif ve pasif içicilik) , areka fıstığı, alkollü içkiler, evlerde kömür yakma	24 saatlik gün ritmini bozan vardiyalı isler, biyokütle yakıtların (özellikle odunun) evde yakılması

Kanser; belirli doku veya organdaki tahribatlı hücrelerin kontrolsüz şekilde üreyerek kitle ya da tümör meydana getirmesidir. Çeşitli faktörlerin kanser oluşumundaki etkileri Çizelge 10'da verilmiştir. Buna etki eden faktörler;

1. Tütün Kullanımı (Pasif İçicilik, Dumansız Tütün)
2. Yaş
3. Cinsiyet
4. Kronik Enfeksiyonlar
5. Alkol İçimi
6. Üreme Faktörleri ve Endojen - Ekzojen Hormonlar
7. Diyet, Obezite ve Fiziksel Aktivite
8. İyonlaştırıcı Radyasyon - Elektromanyetik Radyasyon
9. Güneş Işığı ve Ultraviyole Radyasyon
10. Mesleki Maruziyet
- 11. ÇEVRE KİRLİLİĞİ**
12. Genetik Duyarlılık
13. Tıbbi ve İyatrojenik Nedenler (Kanser Etiyolojisi-2, 2007)

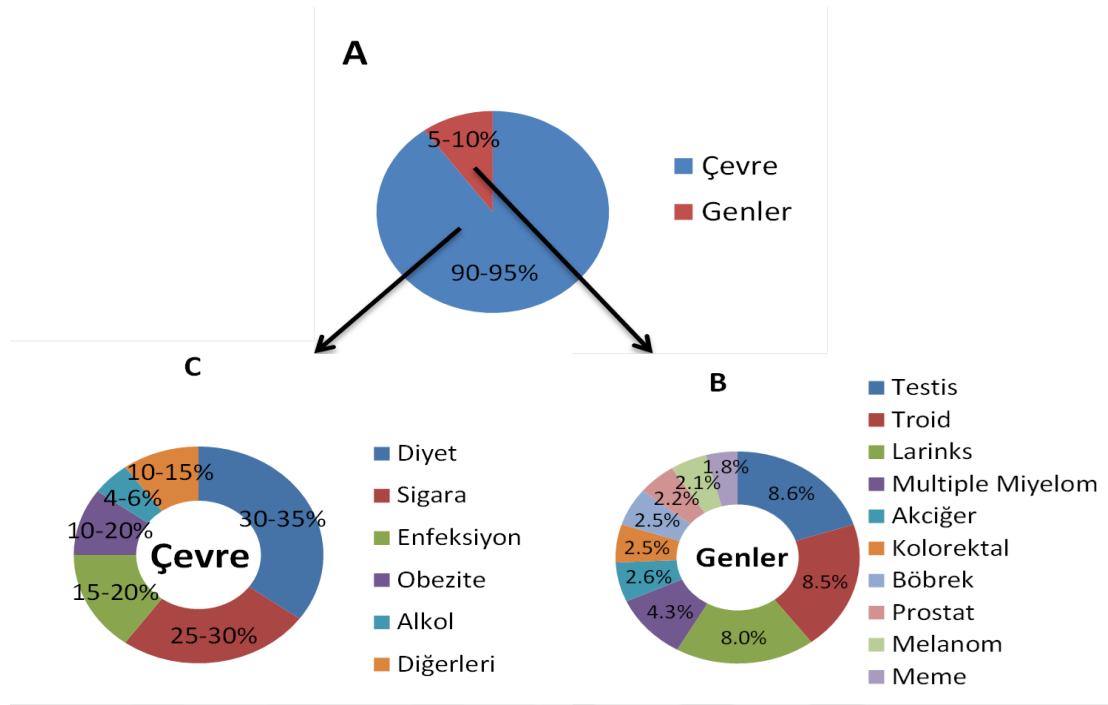
**Çizelge 10.** Çeşitli Faktörlerin Kanser Oluşumundaki Etkileri (Toksöz, 2013)

<b><i>Faktörler</i></b>	<b><i>Etki Oranları %</i></b>
Sigara	25 - 30
<b>DİYET/BESLENME</b>	<b>35 - 70</b>
<b>ÇEVRE KİRLİLİĞİ</b>	<b>4 - 8</b>
Radyasyon	1 - 5
Virüsler	1 - 2
İlaçlar	1 - 2
Endüstriyel Ürünler	1 - 2

2000 yılında Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından beslenme etkisinin % 43 ve yine aynı kurum tarafından 2006' da çevre etkenleri göz önüne alındığında % 70 - 80 arasında olduğu ifade edilmiştir (Aksoy, 2009).

Besin kaynaklı risklerden özellikle proseslerin kontaminantları, kalıntı ve kontaminantlar ile gıda katkıları grubunda bulunan bazı maddeler insanlarda oluşan kanser hadiseleri ile ilişkilendirilmektedir. Kalıntı ve kontaminantlar; besin maddesi olmadıkları halde gıda üretim aşamalarında gıdanın içeriğine girmeleri sebebiyle besin ile birlikte insanlar tarafından tüketilmek zorunda kalınan maddelerdir. Kalıntı ve kontaminant olarak düşünülen bir maddenin besinde bulunmasının kabul edilip edilmemesine ya da hangi ölçülerde kabul edileceğinin belirlenmesindeki karar çok taraflı risk analiz yöntemleri yapılarak karar verilmektedir. Avrupa Birliğinde besinlerdeki kalıntıları için karışık risk değerlendirmeleri Avrupa Tıp Değerlendirme Ajansı (EMA); kontaminantlar için Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (EFSA) tarafından düzenlenmektedir Karar veren organ; Avrupa Parlamentosu ve Konseyi'dir. Karar organı Avrupa Komisyonu tarafından yapılan talepleri baz alarak koruma seviyeleri ne karar vermektedir (TBMM, 2010).

Çevresel etmenler, genel manada insan kanserlerinin çoğunluğunda sebep olarak kabul edilmektedir. Tütün mamulleri kullanımı, alkol tüketimi ve beslenme tipleri gibi arzuya bağlı kabul edilen önemli kanser sebepleri de çevresel etmenler içerisine alınmaktadır. İnsanlar yaşamları boyunca dış etmenlerden tamamen uzaklaşmaları imkansız görünmektedir. Tüm yaşam boyunca, insanların genetik yapısı dış etmenlerle bağlantı içerisindedir. Beslenme, tütün mamulleri kullanımı, alkol tüketimi, hormon düzeyi, belli virüslere ve kanserle ilişkili kimyasallara maruz kalınması zamanla kişilerde sağlıklı hücrelerin işleyişinin bozulmasına neden olarak içeride genetik değişime sebep olabilmektedir. Bununada ilişkili olarak kanser oluşumunu uyarılmaktadır. Çevremizde birçok kanserojen madde bulunmakta ve insanlarda bu maddelerin kalıntılarını vücutlarında bulundurabilmektedir. Kanser oluşumunda çevresel etmenlerin payı fazladır. Yapılan araştırmalarda Şekil 14' deki gibi çoğu kanserin 2/3'ünün (yaklaşık % 67) bazı çevresel etmenlerle (bir başka görüşe göre bu değer % 90 - 95' dir). Kanser sebebiyle ölümlerle birleştirilen önemli çevresel etmenlerin değiştirilmesiyle birlikte söylenmek istenen yaşam şeklinin değiştirilmesiyle beraber bu etkilerin ortadan kaldırılabilceğini ya da en az seviyeye düşürülebileceği söylenmektedir (TBMM, 2010).



Şekil 14. Kanser etiolojisinde yer alan faktörler (TBMM,2010)

Çevre kirliliğinin ve kirleticilerinin sadece bir kanser sorunu olmadığını unutmamak gerekmektedir. Çevre kirliliğinin önemli bölümü önlenemez ve çevre kirliliğinin azaltılmasıyla kanser riski dışındaki rahatsızlıklarda bir azalma ve yaşam kalitesinde iyileşme olabilmektedir. Çevre kirliliğinin ve kirleticilerinin sebep olduğu kanser riskleri üzerinde çalışılmak zorlayıcıdır. İnsanlar etraflarından dolayı yaşmaları boyunca yüzlerce kimyasal ve diğer maddelere maruz kalmaktadır. Çevresel maruziyet değerlendirmesi son derece karmaşık bir hal alabilmektedir. Bazı çevresel kirleticiler tüm dünya üzerinde geniş alanda yayılırken diğerleri bazıları kaynaklara yakın dar alanlarda bulunmaktadır. Bu da çevresel kirleticilere maruz kalma düzeyinde büyük ayrımlara sebep olmaktadır. Bazı insan toplulukları ulusal bazda kanser hızı istatistikleri üzerinde dikkat çekici bir izlenime sahip olmayan yüksek risklerle karşı karşıya kalabilmektedirler. Bununla birlikte çevremizi kirlüten bazı kirleticilerin dünyadaki kanser yüküne katkıda bulunduğunu gösteren örnek Çizelge 11’de mevcuttur (TBMM, 2010).

**Çizelge 11.** Doğada Bulunan Bazı Kanserojenler (Kanser Etiyolojisi-2, 2007)

Ajan	Kanser Bölgesi / Kanser
<b>IARC Grup I</b>	
Aflatoksinler	Karaciğer
Arsenik ve arsenik bileşikleri	Akciğer, deri
Asbest	Akciğer, plevra, periton
Benzen	Lösemi
1,3-Butadien	Lösemi, lenfoma
Krom[VI] bileşikleri	Akciğer, burun kavitesi
Erionit	Akciğer, plevra
Çevresel sigara dumanı	Akciğer
Etilendioksit	Lösemi
Formaldehit	Nazofarinks
Radon ve bozunma ürünleri	Akciğer
Güneş ışığı	Deri
Silika, kristal	Akciğer
2,3,7,8-Tetraklorodibenzo-para-dioksin (TCDD)	Bazı organlar
<b>IARC Grup 2A</b>	
Dizel motor egzozu	Akciğer, mesane
Ultraviyole ışımaya A	Deri
Ultraviyole ışımaya B	Deri
Ultraviyole ışımaya C	Deri
Çoklu klorlanmış bifeniller	Karaciğer, safra kanalları, lösemi, lenfoma
Tetrakloroetilen	Ösofagus, lenfoma
Trikloroetilen	Böbrek, karaciğer, lenfoma

Cd'nin 10-30 yıl yarılanma süresinin olduğunu belirtilmektedir. IRAC yaptığı sınıflamada bazı bileşiklerinin özellikle akciğer kanserine neden olabileceğini belirtilmektedir. Ke ve ark., Çin'de Cd ile kirlenmiş alanlarda yetişen pirincin insan sağlığında oluşturabileceği potansiyel riskine bakmıştır. Çin'de Cd den kirlenmiş 5 alanın araştırılması yapılmıştır. 484 pirinç numunesi toplanmıştır. Cd insan vücuduna ağırlıklı olarak solunum sistemi veya sindirim yoluyla girmektedir. Pirinç ve yeşil yapraklı sebzeleri tüketenlerin Cd yüzünden ciddi bir sağlık riski ile karşı karşıya kalabilmiştir. Çalışmanın 3 amacı bulunmaktadır. Bunlar, Çin'de kirlenmiş alanların pirinç içindeki Cd konsantrasyonları ölçmek, aylık pirinç tüketimi ile Cd alım düzeyini hesaplamak, halk için kanserojen ve kanserojen olmayan sağlık riskini hesaplamaktır. Numuneler madencilik ve endüstriyel faaliyetlerin yakın olduğu yerlerden toplanmıştır. Numuneler yerel çiftçilerden pazarlardan marketlerden toplanmıştır. Yaklaşık her bölge için 90 tane numune alınmıştır. AELCR (Annual Lifetime Excess Cancer Risk): Kanser riski, AELCR değeri ICPR (International Commission on Radiological Protection) kurumu tarafından 5/100.000 kabul edilmektedir. Çin'de günlük pirinç tüketimi halk için önemli yer tutmakta ve yüksektir. Olası bir kontaminasyon önemli görülmektedirler.

Cd için bu çalışmada sadece pirinç düşünüldüğünü söylüyor çalışma alanındaki diğer besin kaynaklarındaki Cd kontaminasyonunun da dikkate alınması gerektiğine dikkat çekilmektedir. Pirinç numunelerinin % 18 Cd için verilen maksimum limit konsantrasyonunu geçtiği görülmüştür. Ortalama EMI (Estimated Monthly İntake): Tahmini aylık alım değeri yüksek bulunmuştur. 2 Bölge içinde ciddi Cd kirliliği olduğu belirlenmiştir. Çocukların THQ (Target Hazard Quotient): Tehlikeli kısmı yetişkinlerinden daha yüksek çıkmıştır (Ke ve ark., 2015).

Kanser günümüzde en çok rastlanan rahatsızlarından. Epidemiyolojik araştırmalar kanser oluşumunda etkili olan çok fazla etkenin belirlenmesine yardımcı olmaktadır. Bunlar tütün mamulleri kullanımı, mesleki, güneş ışığı, iyonizan radyasyon, ilaçlar, beslenme, alkol kullanımı, cinsiyet ve sosyal davranışlar olarak sıralanabilmektedir. Beslenme ve tütün ürünleri kullanımı ABD de en önemli kanser sebepleri arasında olduğu söylenmektedir. Kanserojen etkiyle karşılaşılmasından sonra kanser oluşumuna kadar çok uzun bir ara geçmektedir. Piyasaya çıkan muhtemel birçok kanserojen maddenin etkilerinin çıkabilmesi için geçmesi gereken uzun süre sebebiyle hali hazırda epidemiyolojik değerlendirmenin yapılabilmesi mümkün olmamaktadır. Besinlerin içerisinde bulunan çeşitli ağır metaller (arsenik ve bazı arsenik içeren bileşikler, nikel ve bazı nikel içeren bileşikler gibi) en önemli gıda kanserojen çevre kirleticilerini olarak sıralanmaktadır (Tayar, 2004).

Ağır metallerle kontamine olmuş gıdaların tüketilmesi, solunum veya tenel temas yoluna kıyasla çok daha büyük bir maruziyet kaynağıdır. Ağır metaller insanlarda genetik hasarlara, endokrin bozulmasına, nörolojik problemlere, kansere, immunolojik problemlere, psiko-sosyal davranış bozukluklarına neden olmaktadır. Cd ve Pb mutajen, teratojen ve kanserojen etkilere sahiptir ve gastrointestinal kanserlerin ana nedeni olarak görülmektedir. Ayrıca Pb yüksek tansiyon, renal (böbrek) hastalıklar ve tümörlerin ana nedenidir. Mn Parkinson hastalığına yol açmaktadır. Ni 'in kanser, baş ağrısı vb. hastalıklara yol açtığı bilinmektedir (Khan ve ark., 2013).

Cıva, kurşun, arsenik, kadmiyum gibi toksik ağır metaller besinlerin içerisinde hiç bulunmamalı, varsa da Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliğindeki (o yıl ki) belirtilen sınır değerleri aşmamalıdır. Kanser çevresel etkilenemenin sonuçlarından bir tanesini oluşturmaktadır. Bununla beraber gıda zinciri, kanser oluşumunun azaltılması doğrultusunda beslenme tavsiyeleri beslenme ve sağlık arasındaki ilişkinin sadece büyüme ve gelişme ile bağıntılı olmadığını göstermektedir. Beslenme tipi kanser oluşmasında önemli etmenlerden bir tanesini oluşturmaktadır.

Beslenme kanser oluşmasına tetiklediği gibi, kanser de kişinin beslenme durumunu uyarmaktadır. Farklı çalışmalara göre kanserin beslenme ile ilgisinin % 10 - 70 arasında olup, % 35 oranı kabulü görülmektedir. Gıdalar ekiminden başlamak suretiyle tabağımıza gelinceye kadar birçok safadan geçmektedirler. Bu safalarda gıdaların çeşitli değişikliklere (fiziksel, kimyasal vb.) maruz olmaları, istenmeyen ve bilinmeyen maddelerle kontamine olmaları gıdanın kalitesini etkilediği kadar gıdanın sağlığa da zarar verici hale gelmesini etkileyebilmektedir. Canlılarda yeni hücrelerin oluşumunda, gıdaların kalite ve miktarı büyük önem taşımaktadır. Canlıların temel taşı olan hücrelerde oluşacak herhangi bozukluk zamanla faaliyetini artırarak dokulara, ardından da organlara ve tüm vücuda yayılmaktadır. Sonunda da kanser gibi hastalıklar ortaya çıkabilmektedir (Tayar, 2004).

Basında belirli besinlerin ve katkı maddesinin kanserden koruyucu ya da kansere sebep olduğuyla ilgili çıkan haberler, insanlarda aklı bulandırmakla beraber ve neyin doğru olduğu konusu karmaşık durum yaratmaktadır. Fakat kanserojen maddelerle ilişkili araştırmalar belirli besinler ve kanser riski tartışılmamaktadır. Diğer yandan da çalışmalar; çok miktarlarda kırmızı et, konserve et, tuzla yöntemle işlem yapılmış et ürünleri gibi koruma yöntemleri uygulanmış et ve tuzun kolorektal ve mide kanseri risklerini yükselttiğini belirlenmiştir. Bu araştırmalar, beslenmede meyve ve sebzelerin miktarının fazla olmasının da düşünülen kanser türleri için riskini düşebileceğini işaretlemektedir. Fakat kalori azaltılması çeşitli kanser türleri için kanser riskini düşürmede etkili olabileceğini işaretlemektedir (TBMM, 2010).

Sağlıklı kalorisi azaltılmış beslenme, kepekli tahıllar meyve ve sebzeler bakımından zengin bileşenler içermektedir. Yağlı besinler, kırmızı et, tuz ya da tuzla muhafaza edilmiş yiyeceklerin çok miktarlarda tüketilmesinden uzak durulmalıdır. Bu gün için tek başına kanserden korunmayı sağlayacak bir besinden söz edilmemektedir. Araştırmalar meyve ve sebzeleri çok tüketen kişilerin hareketli, sağlıklı vücut orantısına sahip olduklarını ve de kanser hastalıkları içindaha düşük riskte oldukları ortaya çıkmıştır. Gıda ve kanser bağlantısı araştırılırken, beslenmede en çok tüketilen belirli besinler, besin maddeleri, besin takviyeler, besin katkı maddeleri ve koruyucu maddeler üzerine ağırlık verilmektedir.

Bu konuda yapılan son araştırmalara dayanarak uzman kişiler; kanserden korunmak için günde en az 5 porsiyon meyve ve sebze tüketenin, işlenmiş tahıl ürünleri tüketmek yerine, tam tahıllı ürünleri tüketmeknin kırmızı et ve işlenmiş et ürünleri (sucuk, salam vb.) tüketmekten kaçınılmasının sağlıklı vücut orantısının koruyabilmek için kalorisi az gıdaların ve içeceklerle yeğelenmesi tütün mamülsüz yaşam ve düzenli fiziksel hareket ile sağlıklı vücut orantısının yaşam süresince devam ettirmenin önem arz ettiği dikkat çekilmektedir. Ayrıyetten, alkol tüketenin de kanser riskini yükselttiği açıklanmaktadır (izelge 12) (TBMM, 2010).

**Çizelge 12.** Bazı gıda maddelerin kanser ile olumlu - olumsuz ilişkilendirilmesi (TBMM, 2010)

<b>Kanserle İlişkilendirilen Gıdalar</b>	<b>Kanserden Koruyucu Olduğu Bildirilen Gıdalar ve Gıdayla Alınan Maddeler</b>
Kırmızı Et ve İşlenmiş Et Ürünleri	Antioksidantlar (Keten Tohumu, Meyve ve Sebzeler, Sarımsak)
Kahve	Balık Yağı ve Omega-3
Çok Yüksek Sıcaklıktaki Gıdalar ve İçecekler	Soya ve Fitoosteronlar
Alkollü İçecekler	Organik Gıdalar
Pestisitler ve Herbisitler	ay
Florürlü Su	Su ve Diğer Sıvılar
Genetik Olarak Değiştirilmiş Gıdalar	Zeytin Yağı
Tuz	Vitamin ve Mineral Takviyeleri Selenyum

Gıda ve besin öğelerinin kanser riski ile bağlantısı üzerine EPIC (Avrupa Prospektif Kanser ve Nütrisyon Araştırması) kapsamında gerçekleştirilen özelliqli çalışmalar kapsamında kanser türlerinin gelişimi ile ilgili birçok bağlantı belirlenmiştir. Bunlar izelge 13'te kısaca özetlenmiştir. Çizelge 13'ten sebze tüketimiyle ilgili olarak kanser riskinin kesin olarak azalmadığı görülmektedir. Aynı zamanda da bu çizelgeden fazla sebze tüketiminin insan sağlığına olumsuz bir etkisinin de olmadığı anlaşıyor. Örnek verecek olursa Zn ağır metal olup insan sağlığına hem olumlu hem de olumsuz bir katkısı vardır yani mühim olan dozu olduğu ortaya çıkmaktadır.

**Çizelge 13.** WCFR/AICR (Dünya Kanser Araştırma Fonu/Amerikan Kanser Araştırma Enstitüsü) İkinci Uzman Raporunda Meyve, Sebze ve Kanser Riski İlişkisinde Kanıtların Uzman Paneli Tarafından Sınıflandırılması (Norat, 2015)

KANIT DÜZEYİ		RİSK AZALMASI
	<i>Maruziyet</i>	<i>Kanser Bölgesi</i>
<b>İkna Edici</b>	Meyve ve sebzelerin kanser riskini modifiye etmeleri ile ilgili ikna edici kanıt yoktur.	-
<b>Muhtemel</b>	Niştasız sebzeler  Alyum bitkileri Sarımsak Meyveler	Ağız, farenks, larenks, özofagus, mide Mide Kolorektum Ağız, farenks, larenks, özofagus, akciğer, mide
<b>Sınırlı Anlamlı</b>	Folat içeren besinler Niştasız sebzeler  Havuç Meyveler	Pankreas Nazofarenks, akciğer, kolorektum, over, endometrium Serviks Nazofarenks, nazofarenks, pankreas, karaciğer, kolorektum

Suudi Arabistan bölgesinde yapılan bir araştırmada çeşitli meyve ve sebzelerdeki (kayısı, incir, roka, marul, ıspanak, domates) ağır metallerin (Zn, Cu, Pb, Cd) konsantrasyonlarına bakılmıştır. Araştırmada artan obezite, diyabet, hiper tansiyon hastalığının azaltılmasında FAO/WHO ‘nun da dediği gibi meyve ve sebzelerin tüketiminin önemli olduğu fakat bu ürünler içindeki ağır metal konsantrasyonlarının yarattığı riskinde önemli olduğu unutulmaması vurgulanmıştır. Çünkü meyve ve sebzelerde ağır metaller gibi toksik metallerle kirlenebilmesi muhtemel görülmektedir. Bu da insan sağlığı açısından ne zaman, ciddi anlamda riskler oluşturmasından önem arz etmektedir. Örneğin Zn ‘ye aşırı dozda maruz kalınmasında ateş, mide krampları, bulantı ve kusma gibi etkileri olabileceği vurgulanmaktadır. Buna karşılık, Zn eksikliğinde iştah kaybına, tat ve koku duyularında azalma, bağışıklık fonksiyonunu azalma ve deri yaralara yol açabileceği söylenmektedir. (Oteef ve ark., 2015).

Bitkisel gıdaların doğal ve zararsız, ücretsiz olması yüzden kamuoyunun olumsuz etkilerinin olmadığı izlenimine yol açabilmektedir. Avrupa’da Akdeniz civarında özellikle İtalya’da yabancı bitkiler geleneksel beslenmede önemli yer tutmaktadır. Bunlar modern Akdeniz kültüründe hem çiğ olarak hem de pişmiş olarak tüketilmektedirler. Ayrıca geleneksel yemeklerde bu bitkiler kullanılmaktadır. Aynı zamanda bu bitkiler tıbbi amaçlıda iyi birer kaynak olarak kullanılmaktadır. Bitkiler bulunan çevre kirleticileri ve ağır metaller besin zinciri yoluyla insana geçebilmektedir.

Endüstriyel faaliyet sonucu kirleticiler farklı türde havada bulanabilmektedir. Atmosferden de yağış yoluyla toprakta da birikebilmektedir. Buradan da besin zinciri yoluyla insanlara ulaşabilmektedir. Ağır metallere maruz kalma değişen derecelerde sağlık etkileri, ortaya çıkabilecekleri söylenmektedir (böbrek sorunları ve kemik, nöro davranışsal ve gelişimsel bozukluklar, yüksek kan basıncı ve hatta potansiyel olarak akciğer kanseri). Bazı ağır metaller arasında (As, Cd, Hg, Pb, Ni) gıda kontaminasyonu açısından önemli düzeyleri dikkate alınması gerekmektedir. Bitkilerin mineral, eser element ve ağır metalleri bünyelerine almasında geno tipi ve gelişim evresi önemli faktörler arasında sıralanmıştır. Mikro besinlerin, mineral ve eser elementlerin seviyesi bitkiler koşullu olarak, içeriğini de etkileyebileceği vurgulanmıştır. Kimyasal olarak ve pH, toprak, fiziksel özellikleri ve organik madde varlığı ve bitkilerin seçici yeteneği ile bu maddelerin bazıları birikebileceği belirtilmiştir. Daha ileri mineral madde içeriği sebebi olası nedenlerinden biri de tarım uygulamaları, yağış ve sıcaklığı yer şekilleri olarak sıralanmıştır. Yapılan bir çalışmada bu iklim kuşağındaki bitkiler incelenmiştir ve sonuç olarak, incelenen bitki türlerinin mikro besinlerin, mineral ve iz elementler, özellikle iyi dengelenmiş iyi bir besin kaynağı olarak bulunmuş. Bitkilerde ağır metallerin bulunması kontaminasyonun olduğunu göstermektedir. Buda çevrenin zorlanmakta olduğu durumunu yansıtmıştır. Sonuçlar yüksek konsantrasyonlar bulunmuştur yerlerden alınan örneklerde ağır metaller karakteristik yüksek insani aktivitesinin olabileceğini göstermiştir (Volpe ve ark., 2015).

Buradan da kamuoyundaki bulunan uzmanların sebze tüketmenin kanseri ve diğer hastalıkları azaltacağı ya da artıracığı yargısının kesin olarak çıkarılamayacağını olduğunu göstermektedir.

## **2.7. Gıdaların İnsan Sağlığında Oluşturduğu Kanser Riskinin Hesaplanması**

Gıdalarda riski sayısallaştırırken öncelikle tek tek her bir maddenin kanser ve kanser etmeyen tesirleri için risk değerleri bulunarak hesaplanmalıdır. Ardında da izleyen safada birden çok maddenin birleşerek göstereceği kanser ve kanser etmeyen tesirlerin ortaya çıkardığı risk hesaplanmalıdır. Tek bir maddenin başka madde ya da maddelerle ortaya çıkaracağı tesir, tek başına ortaya çıkaracağı tesirden daha yüksek ya da daha düşük olabilmektedir. Tehlikeli bir maddeye uzun maruz kalma periyotlarında, düşük konsantrasyon ya da dozlarda maruz kalmayla ile oluşan etkiler kronik etkiler gözlemlenmektedir. İfade edilen etkiler genellikle kalıcı olmakla beraber maruz kalma ve etkinin ortaya çıkması uzun zaman sürebilmektedir.

Kanserojen maddelerin etkileri bunun en iyi temsil etmektedir. Bazen tesir süreleri 20-30 yıl sonra görülmektedir. Kanser risk hesaplanırken maruz kalınan süreye ihtiyaç yoktur. Ancak kanserojen etkisi olduğu tespit edilmiş olan kirleticilerin oluşturduğu kanser riski hesaplanırken zamana bağlı olarak hesaplama yapılır. Gıdalarla birlikte alınan kirleticilerin insanlarda oluşturduğu sağlık riski ile ilgili hesaplamalar aşağıda verilmiştir (Pepper ve ark., 2006).

### **Metallerin Günlük Alım Miktarı (DIM)**

Metallerin günlük alımı (DIM) Eşitlik 7 kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$DIM = \frac{C_{\text{metal}} \times C_{\text{faktör}} \times D_{\text{gıda alımı}}}{B_{\text{ort.ağırlık}}} \dots \dots \dots \text{Eşitlik 7}$$

Burada;  $C_{\text{metal}}$  ,  $C_{\text{faktör}}$  ,  $D_{\text{Gıda alımı}}$  ve  $B_{\text{ortalama ağırlık}}$  sırasıyla gıda ürünlerinin ağır metal konsantrasyonları, dönüşüm faktörü, gıda ürününün günlük alımı ve ortalama vücut ağırlığıdır. Dönüşüm faktörü taze sebzenin kuru ağırlığa dönüştürülmesi amacıyla 0,085 (CF) olarak alınmıştır (Khan ve ark., 2013).

### **Tehlikeli Kısım (HQ)**

Tehlikeli Kısım (HQ), metallerin gıdalardan günlük alımlarının (DIM) (mg/kg.gün) oral referans doza (RfD) (mg/kg.gün) (USEPA 2002) oranını ifade eder ve aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanır (Eşitlik 8). Bu hesaplama Sağlık Riski Endeksi (HRI) olarak da ifade edilir.  $HQ > 1$  olması tüketicinin sağlık riski altında olduğunu gösterir (Khan ve ark., 2013).

HQ değeri her bir kirletici türü için ayrı ayrı hesaplanır. Birden fazla metalin oluşturduğu riskin hesaplanması için her bir metale ait HQ değerinin toplamı alınarak tehlike toplamı (HI) hesaplanmış olur. Ağır metaller için USEPA (2002) tarafından belirlenmiş olan RfD değerleri Çizelge 14’te verilmiştir.

$$HQ = \frac{DIM}{RfD} \dots \dots \dots \text{Eşitlik 8}$$

**Çizelge 14.** Ağır Metaller İçin Oral Referans Doz (RfD) değerleri (USEPA, 2002)

Parametre	RfD (mg/kg.gün)
Cd	$5 \cdot 10^{-4}$
Cr	1,5
Cu	$3,7 \cdot 10^{-2}$
Mn	$1,4 \cdot 10^{-1}$
Ni	$2,0 \cdot 10^{-2}$
Pb	$3,6 \cdot 10^{-2}$
Zn	$3,0 \cdot 10^{-1}$
As	$3 \cdot 10^{-4}$
Ag	$5 \cdot 10^{-3}$
Hg	$3 \cdot 10^{-4}$
Se	$5 \cdot 10^{-3}$

### **Kronik Günlük Alım (CDI)**

Gıdaların tüketimi yoluyla günlük olarak alınan metal miktarı CDI olarak ifade edilir ve Eşitlik 9'dan hesaplanır (Khan ve ark., 2014).

$$CDI = \frac{C \times DI}{BW} \dots \dots \dots \text{Eşitlik 9}$$

Burada C; gıda maddesindeki ağır metal konsantrasyonunu (mg/kg), DI gıda maddesinin günlük alım miktarını (kg/gün), BW; ortalama vücut ağırlığını (kg) ifade eder. Gıdaların günlük alımları ile ilgili olarak erişkinlerde su için 2 L/gün; süt için 0,45 L/gün; tahıllar için 0,345 kg/gün, ve çocuklarda su için 1 L/gün, süt için 0,75 L/gün, tahıllar için 0,232 kg/gün olarak belirlenmiştir (USEPA 2011). Ortalama vücut ağırlığı erişkinler için 73 kg ve çocuklar için 32,7 kg olarak kabul edilmektedir (Khan ve ark., 2014).

### **Kanser Riski**

Kanserojen etkisi olduğu tespit edilmiş olan kirleticilerin oluşturduğu kanser riski hesaplanırken zamana bağlı olarak hesaplama yapılır. EPA tarafından belirlenen Potency Factor (etki gösterme faktörü) ve CDI (günlük maruz kalınan doz) çarpımıyla kanserojen risk bulunur. Bu hesaplama yapılırken insan ömrü ortalama 70 yıl üzerinden değerlendirilir. Kanser Riski Eşitlik 10 kullanılarak hesaplanır. Kanser riski için milyonda bir olasılığa yakın bir değer kabul edilebilir bir risktir.

Potency factor (PF) birim vücut ağırlığına alınan 1 mg kirleticinin oluşturduğu kanser etkisi olarak tanımlanmaktadır. Deney hayvanları üzerinde yapılan çalışmalar sonucunda kirleticilerin kronik etkisini tespit etmek için belirlenmiş bir faktördür. Deney hayvanlarının vücut ağırlığının insan vücuduna oranı dikkate alınmaktadır. Bebek ve çocuklarda kanser risklerini tahmini için kullanılacak yaş-duyarlılık faktörleri Çizelge 15'te verilmiştir.

$$\mathbf{Kanser Riski} = \text{CDI} * \text{maruziyet süresi} * \text{PF} \dots \dots \dots \mathbf{Eşitlik 10}$$

**Çizelge 15.** Bebek ve çocuklarda kanser risklerini tahmini için kullanılacak yaş-duyarlılık faktörleri (California Environmental Protection Agency, 2009)

<b>Yaş</b>	<b>Duyarlılık Faktörü</b>
0 - 2 yaş arası	10
2 - 16 yaş arası	3
16 - 70 yaş arası	1

### 3. MATERYAL ve YÖNTEM

#### 3.1. Çalışma Alanı ve Numune Alma

Konya Havzası Türkiye'nin tahıl ambarı olarak nitelendirilmektedir. Havza kurak, yarı kurak iklim özelliğine sahip olup ülkenin en az yağış alan bölgesidir. Konya Kapalı Havzası'ndaki su kaynaklarını yağışlardan başka besleyecek bir kaynak bulunmamaktadır. Kurak iklim bölgesi olduğundan dolayı bitki örtüsü bozuktur. Bu sebeple en çok yapılan tarımsal ekonomik faaliyet tahıl ekimidir.

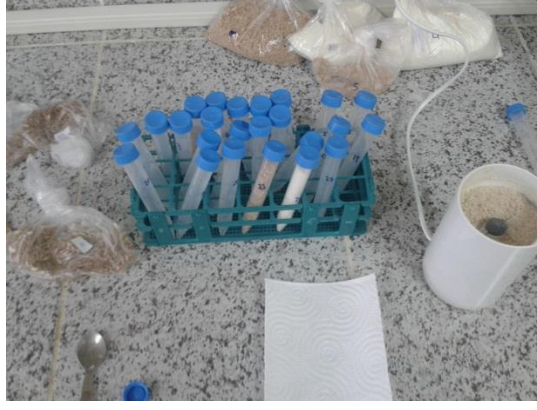
Bu çalışmada Konya havzasında yetiştirilen buğdaylardan 12 noktadan 45 buğday, un ve kepek örnekleri alınmıştır. Numune alınan yerler; Konya Ticaret Borsası, 8 farklı un fabrikası, ekmek fırınları ve marketlerdir. Şekil 15'te buğday, un ve kepek numunelerine ait fotoğraflar verilmiştir.



Şekil 15: Buğday, un ve kepek örnekleri

#### 3.2. Numune Hazırlama

Alınan buğday ve kepek örnekleri blenderda öğütüldükten sonra, un örnekleri ise herhangi bir işlem yapılmadan analiz edilmiştir. Alınan bazı un örneklerinin fabrikalar tarafından ön işlem olarak buğdayın yıkandıktan sonra yani ıslak sistem olarak un yapıldığı belirtilmiştir. Numune ön işlemine ait fotoğraf Şekil 16'da verilmiştir.



Şekil 16: Numune ön işlemine ait fotoğraf

### 3.3. Buğday, Kepek ve Un Örneklerinde Ağır Metal Analizleri

Buğday örnekleri mikrodalga özütleme (microwave digestion) tekniği ile analize hazırlanmış ve ağır metal içeriği Hacettepe Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü Laboratuvarında bulunan ICP-MS (Thermo Scientific Xseries2) ile tespit edilmiştir. Analizi gerçekleştirilen ağır metaller (Al, As, Cd, Cu, Pb, Mn, Ni, Zn, Ba) bileşikleridir. Buğday örnekleri mikrodalga sisteminde 0,5 g'lık numune üzerine 10 mL HNO<sub>3</sub> ilave edilerek (Sıcaklık Programı: 1600 W, 10 dakikada 180 °C'ye ulaşma, 180 °C'de 10 dakika bekleme (Metod EPA 3015\_8)) parçalanmıştır. Şekil 17'de numune özütleme işlemlerine ait fotoğraflar verilmiştir.



Şekil 17: Numune özütleme işlemine ait fotoğraf

### **3.4. Metot Validasyon Çalışmaları**

Metoda ait dedeksiyon limiti (LOD) ve kantifikasyon limiti (LOQ) belirlenmiştir. Bu amaçla standart çözelti kullanılarak gerçekleştirilen 10 tekrarlı analiz sonuçlarının standart sapması ile belirlenmiş, standart sapmanın üç katı ile LOD ve on katı ile LOQ hesaplanmıştır. Kullanılan metodun performansının belirlenmesi ve deneysel sonuçların kalitesinin temini için sertifikalı referans malzeme ile (1643 e-NIST) doğruluk ve kesinlik çalışmaları yapılmıştır. Deneysel çalışmalar üç tekrarlı analizlerin ortalaması alınarak verilmiştir.



#### 4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI ve TARTIŞMA

##### 4.1. Metot Vahlidasyon Parametreleri

LOD ve LOQ parametrelerini belirlemek üzere eklenen standart konsantrasyonu, ortalama, standart sapma, LOD ve LOQ sonuçları Çizelge 16'te verilmiştir. 1643 e-NIST sertifikalı referans standart kullanılarak elde edilen metot validasyon parametreleri Çizelge 17'de verilmiştir. Elde edilen sonuçlar metodun doğruluğunu ortaya koymaktadır.

Çizelge 16. Metoda ait LOD ve LOQ değerleri

Parametre	Al	As	Cd	Cu	Pb
<b>Spike Konsantrasyonu</b>	10	0.5	0.5	10	0.5
<b>x</b>	9.464	0.544	0.524	9.497	0.56
<b>s</b>	0.185	0.037	0.012	0.300	0.004
<b>LOD</b>	0.55	0.11	0.03	0.90	0.01
<b>LOQ</b>	1.85	0.37	0.12	3.00	0.05

Parametre	Mn	Ni	Zn	Ba
<b>Spike Konsantrasyonu</b>	0.5	0.5	0.5	10
<b>x</b>	0.483	0.440	0.524	9.497
<b>s</b>	0.006	0.013	0.012	0.300
<b>LOD</b>	0.02	0.04	0.03	0.90
<b>LOQ</b>	0.07	0.13	0.12	3.00

Çizelge 17. Metot Validasyon Parametreleri

Parametre	Al	As	Cd	Cu	Pb
<b>1643 e-NIST</b>	138.33±8.4	58.98±0.70	6.408±0.071	22.20±0.31	19.15±0.20
<b>Sertifika Değeri (ppb)</b>					
n <sub>1</sub>	125.9	54.24	6.253	21.86	15.36
n <sub>2</sub>	125.89	55.72	5.614	21.24	14.64
n <sub>3</sub>	124.09	53.74	5.24	20.52	14.97
x	125.29	54.57	5.703	21.20	14.99
s	1.042	1.031	0.512	0.673	0.362
% RSD	1.221	1.89	8.98	6.01	2.415
% Geri Kazanım	90	92	88	95	78
Parametre	Mn	Ni	Zn	Ba	
<b>1643 e-NIST</b>	38.02±0.44	60.98±0.67	76.5±2.1	531±5.6	
<b>Sertifika Değeri (ppb)</b>					
n <sub>1</sub>	36.78	57.29	73.04	457.7	
n <sub>2</sub>	37.78	57.18	72.65	441.7	
n <sub>3</sub>	37.12	56.33	68.14	435.2	
x	37.23	56.93	71.28	444.9	
s	0.509	0.527	2.725	11.59	
% RSD	1.368	0.925	3.822	2.605	
% Geri Kazanım	97	93	93	83	

#### 4.2. Buğday, Un ve Kepek Örneklerinde Ağır Metal Konsantrasyonları ve Oluşturduğu Risk

Buğday, un ve kepek örneklerinde tespit edilen ağır metal konsantrasyonlarının ortalama ve standart sapması Çizelge 18’de verilmiştir. Kepek örneklerinin ağır metal konsantrasyonlarının un örneklerinden fazla olduğu tespit edilmiştir. Kullanımı oldukça yaygın olan kırmızı esperya buğdayında diğer buğday tiplerinden fazla kontaminasyon belirlenmiştir. Buğdaydaki bulaşmanın undaki bulaşmadan yüksek olduğu görülmektedir. Un ve buğday arasında farklı sonuçlar çıkmasının sebebinin Konya çevresinde bulunan birçok un fabrikasının ıslak üretim metodu ile un elde etmesinden dolayı kirletici miktarı azalması olduğu düşünülmektedir. Konya çevresindeki un fabrikalarının büyük bir çoğunluğu buğdaydan un üretimi yaparken yıkama işlemi yapmaktadır. Buğday örneklerinde dedeksiyon limitinin altında çıkan ağır metal analiz sonuçları için risk değerlendirmesi yapılmamıştır. Çizelge 17’de literatürdeki çalışma sonuçları da verilmiştir.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar literatür ile kıyaslandığında; kepek örneklerindeki Cu, Pb ve Zn bulaşmasının diğer çalışmalardan yüksek olduğu belirlenmiştir. Diğer parametreler literatürdeki değerlere yakındır.

**Çizelge 18.** Buğday, kepek ve un örneklerinde ağır metal konsantrasyonları ve literatürle kıyaslanması (mg/kg)

	Al	As	Cd	Cu	Pb	Mn	Ni	Zn	Ba
<b>Buğday, x</b>	4.142	<dl	0.005	4.403	<dl	26.379	1.159	13.601	4.422
<b>Min.</b>	1.627	-0.038	0.002	0.002	-0.095	24.3	0.708	8.56	3.711
<b>Max.</b>	8.625	0.036	0.007	5.667	0.001	28.42	1.745	17.165	5.781
<b>s</b>	3.891	-	0.002	1.176	-	2.060	0.531	4.448	1.178
<b>Kepek, x</b>	5.475	0.075	0.021	14.653	238.38	125.02	4.313	65.467	17.173
<b>Min.</b>	0.325	0.037	0.0199	11.861	-0.053	108.02	3.488	61.356	16.611
<b>Max.</b>	11.280	0.113	0.024	18.766	715.168	139.543	5.228	72.306	17.981
<b>s</b>	5.507	0.038	0.002	3.637	412.91	15.952	0.872	5.962	0.717
<b>Un, x</b>	<dl	<dl	0.005	2.046	<dl	6.893	0.214	4.951	1.160
<b>Min.</b>	-5.448	-0.021	0.0017	1.477	-0.004	0.059	2.441	0.955	-0.103
<b>Max.</b>	0.869	0.0016	0.0074	2.478	0.0188	0.465	7.106	1.365	0.011
<b>s</b>	-	-	0.002	0.493	-	1.264	0.182	1.964	0.171
<b>Buğday (İslam ve ark., 2015)</b>	-	0.24	0.25	-	4.8	-	3.7	-	-
<b>Buğday (Lei ve ark., 2015)</b>	-	0.028	0.018	2.69	0.107	-	0.166	23.98	-
<b>Buğday (Bian ve ark., 2015)</b>	-	0.34	0.2	2.76	3.61	-	-	41.87	-
<b>Ekmek (Demirözü ve ark., 2003)</b>	-	-	0.0122	0.0021	0.0868	-	-	0.0100	-

dl: dedeksiyon limiti

Yapılan çalışmada As'in dedeksiyon limit değerinin altında olduğu tespit edilmiştir. WHO As için 10 µg/L limit değer belirlemiştir. 3-5 µg/L'ye uzun süreli maruziyette kanser yaptığı klinik çalışmalarla ortaya konmuştur (NAP, 2001). Yapılan hesaplamada As için HQ<1 tespit edilmiştir. As'in kronik maruziyetlerinde deride çeşitli oluşumlar ve lezyonlar ile hedef organlarda (karaciğer, akciğer ve böbrek gibi) kansere sebep olduğu bilinmektedir (Güner, 2014).

Zn çocukların gelişimde boylarının uzamasına katkısı bulunmaktadır. Ayrıca birçok enzimi aktifleştirmeye DNA sentezi için gerekmektedir. Fakat yüksek konsantrasyonlarda Zn bulantı, diare, karın ağrısı gibi insanda semptomlara neden olmaktadır (www.cinko.gen.tr).

Yapılan çalışmada Zn konsantrasyonu uluslararası çalışmalarla örtüşmektedir. Zn için  $HQ < 1$  olduğu tespit edilmiştir.

Pb toksisitesi hücre zarı ve mitokondiriye ilgisinden dolayı kaynaklandığı belirtilmektedir. Anne sütü, tırnak ve saçta bulunabilmektedir (Bakar, 2009). Kurşun kana hızla geçmektedir. Bundan dolayı benzin istasyonlarında çalışanlar ve trafik polislerinin kanlarında emisyon kaynaklı bir maruziyet söz konusu olduğu görülmüş, ardından 2004 yılında ülkemizde kurşunlu benzin satışı yasaklanmıştır. Ayrıca emisyon çökmesi yoluyla bitkiler topraktan bünyelerine kurşunu almaktadır. Buradanda bitkilerin tüketilmesi ve bu bitkileri tüketen hayvaller vasıtasıyla gıdaların içine giren kurşunun insanlara ulaşması mümkündür (Ekmekyapar ve ark., 2012). JECFA tarafından yetişkinlerde Pb' nin tolere edilebilir haftalık alım düzeyi 0,025 mg/kg kabul edilmiştir (JECFA,2009). Yapılan hesaplamada Pb için  $HQ < 1$  tespit edilmiştir. Ancak çalışmamızda pik bir Pb değeri okunmuştur.

Çalışmamızda Al için risk hesabı yapılamamıştır. Çünkü Al parametresi için RfD değeri bulunmamaktadır (USEPA, 2002). Ayrıca bulaşanlar yönetmeliğinde de Al için bir limit değeri bulunmamaktadır. Fakat JECFA tarafından yetişkinlerde Al'nin tolere edilebilir haftalık alım düzeyi 2 mg/kg kabul edilmiştir (JECFA,2009).

Cd insan vücudunda, insan vücudunun bazı kısımlarında (böbrekler, akciğerler ve kemikler gibi) hem akut hem de kronik yolla toksisiteye sebep olmaktadır (Oteef ve ark., 2015). Cd için elde edilen analiz sonuçları, uluslararası literatürle örtüşmektedir. Cd için  $HQ < 1$  olduğu tespit edilmiştir. JECFA tarafından yetişkinlerde Cd'nin tolere edilebilir haftalık alım düzeyi 0,007 mg/kg kabul edilmiştir (JECFA,2009).

Yüksek dozlarda Cu maruziyetinin, burun, ağız ve gözlerde tahrişe sebep ve baş ağrılarına sebep olabileceği tespit edilmiştir (Lei ve ark., 2015). Cu için gerçekleştirdiğimiz analiz sonuçları uluslararası çalışmalarla ile örtüşmektedir. Cu için  $HQ < 1$  tespit edilmiştir. JECFA tarafından yetişkinlerde Cu'nin tolere edilebilir haftalık alım düzeyi 0,5 mg/kg/gün kabul edilmiştir (JECFA,2009).

Mn yüksek doz düzeylerinin vücudun orantısız büyümesi ve vücut uzuvlarının işlevleri bozulmasına yol açabileceği tespit edilmiştir (Khan ve ark., 2014). Mn için  $HQ < 1$  tespit edilmiştir

Yüksek konsantrasyonlarda Ni, kansere, yorgunluğa, baş ağrısına ve dönmesine, cilt kızarıklığına, kalp ve solunum yolu hastalıklarına sebep olduğu söylenmektedir (Khan ve ark., 2013). Ni USEPA tarafınan toksik elementler kategorisinde yer almaktadır ve RfD değeri bulunmaktadır (Saiful İslam ve ark., 2015). Yaptığımız analiz sonuçları uluslararası çalışmalarla örtüşmektedir. Ni için  $HQ < 1$  tespit edilmiştir.

Ba ilgili olarak çalışmamız için risk hesabı yapılamamıştır. Çünkü Ba parametresi için RfD değeri bulunmamaktadır (USEPA, 2002). Bulaşanlar yönetmeliği ve JECFA tarafından yetişkinlerde Ba için tolere edilebilir haftalık alım düzeyi bulunmamaktadır (JECFA,2009).

Buğday ve un örneklerinin kanser sağlık riski her bir parametre için hesaplanarak toplam risk belirlenmiştir. Kepek tüketimi ile ilgili istatistik bulunmadığından risk hesabı yapılmamıştır. Buğday ve un tüketimin erişkinlerde 0,350 kg/gün, çocuklarda 0,230 kg/gün olduğu kabul edilmiştir. Yetişkinler için ortalama vücut ağırlığı 70 kg, çocuklar için 30 kg olarak alınmıştır. Hesaplamalar örneklerin 10 yıl tüketimi için yapılmıştır.

Erişkinler ve çocuklar için buğday tüketiminin oluşturduğu tehlike oranı sırasıyla Çizelge 19 ve Çizelge 20'de, erişkinler ve çocuklar için un tüketiminin oluşturduğu tehlike oranı Çizelge 21 ve Çizelge 22'de verilmiştir. Buğday ve un örneklerinde toplam  $HQ < 1$  olarak hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar, erişkin ve çocuk tüketicilerin kanser sağlık riski altında olmadığını göstermektedir. Buğday ve un örnekleri için çocukların risk oranının erişkinlerden yaklaşık 1.5 kat fazla olduğu görülmektedir. Sebebi çocukların vücut ağırlığıdır.

Çizelge 19. Erişkinler için buğday tüketiminin oluşturduğu kanser riski

Param.	C <sub>ort</sub>	C <sub>faktör</sub>	DIM	B <sub>ort.ağırlık</sub>	RfD	HQ	CDI
Al	4.14	0.085	-	70	-	-	-
As	<dl	0.085	-	70	3*10 <sup>-4</sup>	-	-
Cd	0,005	0.085	2.1675*10 <sup>-6</sup>	70	5.0*10 <sup>-4</sup>	0.0043	0.000132964
Cu	4.40	0.085	0.001871558	70	3.70*10 <sup>-2</sup>	0.0505	0.114809881
Pb	<dl	0.085	-	70	3.60*10 <sup>-2</sup>	-	-
Mn	26.38	0.085	0.011211479	70	1.40*10 <sup>-1</sup>	0.0800	0.687762982
Ni	1.15	0.085	0.000492972	70	2.0*10 <sup>-2</sup>	0.0246	0.030241119
Zn	13.60	0.085	0.005780708	70	3.0*10 <sup>-1</sup>	0.0192	0.354614881
Ba	4.42	0.085	-	70	-	-	-
<b>HQ<sub>top.</sub></b>						<b>0.1789</b>	

Çizelge 20. Çocuklar için buğday tüketiminin oluşturduğu kanser riski

Param.	C <sub>ort</sub>	C <sub>faktör</sub>	DIM	B <sub>ort.ağırlık</sub>	RfD	HQ	CDI
Al	4.14	0.085	-	30	-	-	-
As	<dl	0.085	-	30	3*10 <sup>-4</sup>	-	-
Cd	0.005	0.085	3.3235*10 <sup>-6</sup>	30	5.0*10 <sup>-4</sup>	0.0066	0.000713575
Cu	4.40	0.085	0.002869723	30	3.70*10 <sup>-2</sup>	0.0775	0.616146361
Pb	<dl	0.085	-	30	3.60*10 <sup>-2</sup>	-	-
Mn	26.38	0.085	0.017190934	30	1.40*10 <sup>-1</sup>	0.1227	3.690994671
Ni	1.15	0.085	0.00075589	30	2.0*10 <sup>-2</sup>	0.0377	0.162294006
Zn	13.60	0.085	0.008863753	30	3.0*10 <sup>-1</sup>	0.0295	1.903099861
Ba	4.42	0.085	-	30	-	-	-
<b>HQ<sub>top.</sub></b>						<b>0.2743</b>	

Çizelge 21. Erişkinler için un tüketiminin oluşturduğu kanser riski

Param.	C <sub>ort</sub>	C <sub>faktör</sub>	DIM	B <sub>ort.ağırlık</sub>	RfD	HQ	CDI
Al	<dl	0.085	-	70	-	-	-
As	<dl	0.085	-	70	3*10 <sup>-4</sup>	-	-
Cd	0.005	0.085	2.39594*10 <sup>-6</sup>	70	5.0*10 <sup>-4</sup>	0.0047	0.000146978
Cu	2.04	0.085	0.000869656	70	3.70*10 <sup>-2</sup>	0.0235	0.053348661
Pb	<dl	0.085	-	70	3.60*10 <sup>-2</sup>	-	-
Mn	6.89	0.085	0.002929732	70	1.40*10 <sup>-1</sup>	0.0209	0.179723067
Ni	0.21	0.085	9.11094*10 <sup>-5</sup>	70	2.0*10 <sup>-2</sup>	0.0045	0.005589063
Zn	4.95	0.085	0.002104228	70	3.0*10 <sup>-1</sup>	0.0070	0.129082902
Ba	1.16 HQ <sub>top.</sub>	0.085	-	70	-	- <b>0.0607</b>	-

Çizelge 22. Çocuklar için un tüketiminin oluşturduğu kanser riski

Param.	C <sub>ort</sub>	C <sub>faktör</sub>	DIM	B <sub>ort.ağırlık</sub>	RfD	HQ	CDI
Al	<dl	0.085	-	30	-	-	-
As	<dl	0.085	-	30	3*10 <sup>-4</sup>	-	-
Cd	0.005	0.085	3.67377*10 <sup>-6</sup>	30	5.010 <sup>-4</sup>	0.0073	0.00078878
Cu	2.04	0.085	0.001333473	30	3.70*10 <sup>-2</sup>	0.0360	0.286304479
Pb	<dl	0.085	-	30	3.60*10 <sup>-2</sup>	-	-
Mn	6.89	0.085	0.004492256	30	1.40*10 <sup>-1</sup>	0.0320	0.964513793
Ni	0.21	0.085	0.000139701	30	2.0*10 <sup>-2</sup>	0.0069	0.029994635
Zn	4.95	0.085	0.003226483	30	3.0*10 <sup>-1</sup>	0.0107	0.692744906
Ba	1.16 HQ <sub>top.</sub>	0.085	-	30	-	- <b>0.0932</b>	-

### 4.3. Buğday ve Un Örneklerinin Farklı Tüketim Süreleri İçin oluşturduğu Risk

Buğday ve un örneklerinin kanser riski her bir parametre için farklı maruziyet süreleri dikkate alınarak hesaplanmıştır. Erişkinler için 10-70 yıl tüketim için risk hesaplanırken, çocuklar için 10 yıl tüketimin oluşturduğu risk hesaplanmıştır (Çizelge 23-26). Kanser riski için milyonda bir olasılığa yakın bir değer kabul edilebilir bir risktir. Un içi elde edilen sonuçlar 10 yıl maruziyette dahi kabul edilemez oranda kanser riski oluştuğunu göstermektedir. Erişkinlerde un tüketimi için toplam risk 10 yıl maruziyette 3.67 iken 70 yıl maruziyette 25.75'e çıkmaktadır. Çocuklarda un tüketimi için toplam risk 10 yıl maruziyette 59'dur. Bu risk oranları kabul edilebilir seviyenin çok üzerindedir. Bu çalışmada beslenme yoluyla çevresel kirleticilere maruziyete bağlı risk hesaplanmıştır. Bu risk kansere sebep olan faktörlerin % 30'dur.

Vücut ağırlığı, yaş, maruziyet süresi, maruziyet dozu vb. kanser riskini etkilemektedir. Farklı maruziyet süreleri için buğday ve un örneklerinin kanser riski bakıldığında çocuklardaki sonuçlar erişkinlerden yüksektir. Çocuklar için maruziyet süresi daha kısa iken vücut ağırlığının düşük olması risk hesabını yükseltmektedir.

Çizelge 23. Erişkinler için farklı sürelerde buğday tüketiminin oluşturduğu kanser riski

Param.	C <sub>ort</sub>	CDI	Pf	10 yıl	20 yıl	30 yıl	50 yıl	70 yıl
<b>Al</b>	4.14	-	1	-	-	-	-	-
<b>As</b>	<dl	-	1	-	-	-	-	-
<b>Cd</b>	0.005	0.0001329	1	0.001329	0.002659	0.003988	0.006648	0.009307
<b>Cu</b>	4.40	0.1148098	1	1.14809	2.29619	3.44429	5.74049	8.03669
<b>Pb</b>	<dl	-	1	-	-	-	-	-
<b>Mn</b>	26.38	0.6877629	1	6.87762	13.75525	20.63288	34.38814	48.14340
<b>Ni</b>	1.15	0.0302411	1	0.30241	0.60482	0.90723	1.51205	2.11687
<b>Zn</b>	13.60	0.3546148	1	3.54614	7.09229	10.63844	17.73074	24.82304
<b>Ba</b>	4.42	-	1	-	-	-	-	-
<b>Toplam Risk</b>				<b>11.875</b>	<b>23.751</b>	<b>35.626</b>	<b>59.378</b>	<b>83.129</b>

**Çizelge 24.** Çocuklar için 10 yıl süreyle buğday tüketiminin oluşturduğu kanser riski

<b>Param.</b>	<b>C<sub>ort</sub></b>	<b>CDI</b>	<b>Pf</b>	<b>10 yıl</b>
<b>Al</b>	4.14	-	3	-
<b>As</b>	<dl	-	3	-
<b>Cd</b>	0.005	0.000713575	3	0.0214
<b>Cu</b>	4.40	0.616146361	3	18.4843
<b>Pb</b>	<dl	-	3	-
<b>Mn</b>	26.38	3.690994671	3	110.7298
<b>Ni</b>	1.15	0.162294006	3	4.8688
<b>Zn</b>	13.60	1.903099861	3	57.0929
<b>Ba</b>	4.42	-	3	-
<b>Toplam Risk</b>				<b>191.197</b>

**Çizelge 25.** Erişkinler için farklı sürelerde un tüketiminin oluşturduğu kanser riski

<b>Param.</b>	<b>C<sub>ort</sub></b>	<b>CDI</b>	<b>Pf</b>	<b>10 yıl</b>	<b>20 yıl</b>	<b>30 yıl</b>	<b>50 yıl</b>	<b>70 yıl</b>
<b>Al</b>	<dl	-	1	-	-	-	-	-
<b>As</b>	<dl	-	1	-	-	-	-	-
<b>Cd</b>	0.005	0.000146978	1	0.00146	0.00293	0.00440	0.00734	0.01028
<b>Cu</b>	2.04	0.053348661	1	0.53348	1.06697	1.60045	2.66743	3.73440
<b>Pb</b>	<dl	-	1	-	-	-	-	-
<b>Mn</b>	6.89	0.179723067	1	1.79723	3.59446	5.39169	8.98615	12.58061
<b>Ni</b>	0.21	0.005589063	1	0.05589	0.11178	0.16767	0.27945	0.39123
<b>Zn</b>	4.95	0.129082902	1	1.290829	2.58165	3.87248	6.45414	9.03580
<b>Ba</b>	1.16	-	1	-	-	-	-	-
<b>Toplam Risk</b>				<b>3.678</b>	<b>7.3578</b>	<b>11.036</b>	<b>18.394</b>	<b>25.752</b>

**Çizelge 26.** Çocuklar için 10 yıl süreyle un tüketiminin oluşturduğu kanser riski

<b>Param.</b>	<b>C<sub>ort</sub></b>	<b>CDI</b>	<b>Pf</b>	<b>10 yıl</b>
<b>Al</b>	<dl	-	3	-
<b>As</b>	<dl	-	3	-
<b>Cd</b>	0.005	0.00078878	3	0.0236
<b>Cu</b>	2.04	0.286304479	3	8.5891
<b>Pb</b>	<dl	-	3	-
<b>Mn</b>	6.89	0.964513793	3	28.9354
<b>Ni</b>	0.21	0.029994635	3	0.8998
<b>Zn</b>	4.95	0.692744906	3	20.7823
<b>Ba</b>	1.16	-	3	-
<b>Toplam Risk</b>				<b>59.230</b>

#### **4.4. Buğday Örneklerinin Mevzuata Uygunluğu**

Türk Gıda Kodeksi birincil işleme tabi tutulacak olan, işlem görmemiş tahıllar için maksimum limit değerleri uygulamaktadır (TGK, 2011). Birincil işlem; tahıl tanesinin kurutulması haricindeki herhangi bir fiziksel veya ısıl işlemi ifade eder. Kodekse göre temizleme, ayıklama ve kurutma birincil işlem olarak değerlendirilmez. Türk Gıda Kodeksi tahıllarda Pb (0.20 mg/kg) ve Cd (0.20 mg/kg) metalleri için maksimum limit değerleri uygulamaktadır. Analizi gerçekleştirilen buğday ve un örneklerindeki Pb ve Cd konsantrasyonlarının Bulaşanlar Yönetmeliği'nde belirlenen sınır değerleri aşmadığı belirlenmiştir.

Bu çalışmada ulusal mevzuatta bulunan Hg ve Sn parametreleri için risk hesabı yapılmamıştır. Mevzuatta Hg için sadece gıda takviyelerinde, Sn için konserve gıda ve teneke kutulardaki gıdalar için limit değerler belirlenmiştir. Ulusal mevzuatta Hg ve Sn için tahıllar ile ilgili olarak bir limit değer bulunmamaktadır.

Çizelge 27’de gıdalarda ağır metal kontaminasyonu ve insan sağlığında oluşturduğu riskle ilgili literatürde yer alan çalışmalar özetlenmiştir.

**Çizelge 27.** Literatürde yer alan benzer çalışma sonuçları

Çalışma Sonuçları	Referans
<p>Çalışma 3 bölgedeki pirinç için yapılmıştır. Tangjun bölgesindeki sonuç yüksek çıkmıştır. Tangjun bölgesinde</p> <p>Çocuklar için <math>HQ_{(toplamlam)} = 18.48</math> <math>Risk_{(toplamlam)} = 3.8E+04</math> ;            Yetişkinler için <math>HQ_{(toplamlam)} = 9.23</math> <math>Risk_{(toplamlam)} = 2.9E+05</math></p>	Li’e ve ark. (2015)
<p>Çalışma et, süt, yumurta vb. 6 gıda ürünü için yapılmıştır. Tüm metallerin toplam tehlikeli kısmı hesaplanmış. Kanseri riski sadece As ve Pb için hesaplanmış.</p> <p>Çocuklar için <math>HQ_{(toplamlam)} = 8.7734</math> <math>Risk_{(toplamlam)} = 1.255</math> ;            Yetişkinler için <math>HQ_{(toplamlam)} = 15.59707</math> <math>Risk_{(toplamlam)} = 0.1893</math></p>	İslam ve ark. (2015)
<p>Çalışma 5 bölgedeki buğday için yapılmıştır. Jingyang bölgesi için sonuçlar yüksek çıkmıştır. Kanseri riski toplamda (çocuk + yetişkin) <math>\approx 23 \cdot 10^{-5}</math> olarak hesaplanmış.</p> <p>Çocuklar için <math>HQ_{(toplamlam)} \approx 1.1</math> ;            Yetişkinler için <math>HQ_{(toplamlam)} \approx 0.8</math></p>	Lei ve ark. (2015)
<p>Çalışma 2 mevsim ve 4 ürün (pirinç, buğday ana sebzeler tamamlayıcı sebzeler) için yapılmıştır. Yazın yüksek sonuçlar elde edilmiştir.</p> <p>Çocuklar için <math>HQ_{(toplamlam)} = 31.49</math> ;            Yetişkinler için <math>HQ_{(toplamlam)} = 25.12</math></p>	Bian ve ark. (2015)
<p>Çalışma et, süt, balık, sebze, meyve vb. 8 ürün için yapılmıştır. Pirinç, sebze, balık, e, meyvede <math>HQ &gt; 1</math> bulunmuş. Kanseri riski hesabı sadece As ve Pb için yapılmıştır. Çalışmada çocuk yetişkin ayrımı yapılmamış 60 kg için kabul yapılmıştır.</p> <p><math>HQ_{(toplamlam)} = 17.4812</math>            Kanseri riski <math>(toplamlam) = 0.001515116</math></p>	İslam ve ark. (2015)
<p>Çalışmada 11 bölgeden örnek alınmış ve 2 bitki türü incelenmiştir. 4 bölgede Pb için hem çocuklar hem de yetişkinlerde <math>HQ &gt; 1</math> bulunmuş. Diğer metallerde <math>HQ &lt; 1</math> bulunmuş.</p>	Bortey-Sam ve ark. (2015)
<p>Çalışmada 5 bölgedeki pirinç incelenmiştir. Çalışma tüketim bazlı ortalama tüketim ve aşırı tüketim olarak yapılmıştır. HQ için çocuk ve yetişkin hesabı yapılmış fakat kanseri riski hesabı yaparken çocuk ve yetişkin olarak ayırım yapılmamıştır. Kanseri riski hesabı tüketim bazlı yapılmıştır.</p> <p>Çocuklar için <math>HQ_{(toplamlam)} \approx 2.0</math> ;            Yetişkinler için <math>HQ_{(toplamlam)} \approx 1.8</math>            Kanseri riski <math>\approx 1.0 \cdot 10^{-4}</math> olarak hesaplanmış.</p>	Ke ve ark. (2015)
<p>Çalışmada anket yapılarak kişi başına meyve ve sebze tüketim miktarı belirlenmiştir. Daha sonra ağır metal tehlike riski belirlemek için 15 ürüne bakılmıştır. Çalışmada çocuk-yetişkin ayrımı yapılmamış fakat ankete katılanların ortalama ağırlığı (69.6 kg) baz alınarak hesaplama yapılmıştır. Kombine risk içinde halkın en çok tükettiği 4 ürün seçilmiştir. En çok tüketilen soğan ve patates çıkmıştır. Patates için günlük alım miktarında</p> <p><math>HQ_{(toplamlam)} (1.84)</math>  <math>GHQ_{(toplamlam)} = 4.75594</math></p>	Cherfi ve ark. (2014)
<p>Çalışmada 6 (sebze, meyve süt, su, bakliyat, tahıl) ürüne bakılmıştır. Çocuk ve yetişkinler için ayrı ayrı değerlendirme yapılmıştır. Gıda maddeleri aracılığıyla tekli olarak metaller için risk değerlendirmeleri güvenli sınırlar içinde bulunmuştur (<math>HQ &lt; 1</math>). Sadece Cd (<math>HQ &gt; 1</math>) bulunmuş. Çocuk ve yetişkin için Toplam Risk <math>3.97E+00</math> olarak hesaplanmıştır.</p>	Khan ve ark. (2014)

Günümüzde insanların sağlıklı ve temiz çevrede yaşama, temiz ve doğal gıdalarla beslenme isteği artmış, bunun için ekstra para ve çaba harcanmaya başlanmıştır. Avrupa komisyonu tarafından güvenli gıda için finanse edilen projeler bulunmaktadır. Bu projeler gıda kontaminasyonu hakkında yapılmıştır. Desteklenen bir çalışmada AB yeni üye devletler ve aday ülkelerden Türkiye de bulunmaktadır. Çalışma gıdaların kimyasal kirlilik kontrolü içinde yer alan kurumları, kirlilik türleri, analizleri, kalite güvencesi prosedürlerini, analizlerin amaçlarını ve veri erişebilirliği gibi başlıklar içermektedir. Projenin adı 'Güvenli Gıda Ağı'dır (SAFE FOOD NET). AB tarafından gıdadaki bir dizi soruların yanıtlarının olmaması AB'yi bu sorunların yanıtlarının bulunması ve çeşitli açıdan güvenlik önlemleri alınması konusunda son dönemlerde endişeye sevk etmiştir. Bunun için AB vatandaşlarının sağlığı konusunda gıda alımının insan sağlığına etkisine ve çevresel faktörleri incelemesine neden olmuştur. Halk sağlığı için tasarlanmış olan temel bileşenler; kimyasal ve biyolojik kirleticilerin izlenmesi gerekmektedir. Gıdalar bazen çevre kirleticileri olmadan da kirlenebilmektedir. Gıda kontaminasyonu kirleticilerin besinlere nüfuz etmesiyle olabilmektedir. Ya da bu gıdalara ilaveler yapılması (koruyucu) paketleme ve taşıma aşamalarında da kontaminasyona neden olabileceği unutulmamalıdır. Gıda kontaminasyonu doğal kirleticilerin besin zincirinde bulunmasıyla da insan sağlığını tehdit etmektedir. AB gıda kirleticilerini azaltmak için bir dizi önlemler almıştır. Bu amaçla max. konsantrasyon seviyeleri ve insanda en düşük konsantrasyonda etki edecek seviyeleri belirlemiştir. Gıda güvenliği için bazı çevresel kirleticilerin kontrolü gerekmektedir. Bunlar, PAH ve PCB bileşikleri, ağır metaller, dioksinler, mitotoksinler vb. dir. AB pazarına güvenli gıdayı sağlamak için çeşitli operatörler bulunmaktadır. Bu kontrol için bir mevzuat hazırlanmıştır. AB üye ülkeler ve üye olacak ülkeler bu mevzuata uymak zorundadır. Bazen bu mevzuata politik ve ekonomik nedenlerden dolayı uyulmadığı görülmüştür. Bu mevzuatların farklı bakanlıkların ayrı ayrı uygulamaları gıda güvenliğinin sağlanmasını zorlaştırdığı görülmüştür ([www.safefoodnet.net](http://www.safefoodnet.net)).

## 5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu çalışmada elde edilen bulgular buğday, un ve kepek örneklerinde miktar analizi yapılabilecek değerlerde ağır metal bulaşması olduğunu ortaya koymuştur. Çalışmada kepek örneklerinin buğday ve un örneklerine kıyasla daha fazla metal içerdiği tespit edilmiştir. Buğday örneklerinde ise undan yüksek metal bulaşması olduğu belirlenmiştir. Bu durum un üretiminde kullanılan yıkama işleminin metal bulaşmasını azaltması ile açıklanabilir. Kepekli ekmek kullanımının yaygınlaşması dolayısıyla kepekteki metal kirlenmesine dikkat edilmesi gerekmektedir. Kepeğin günlük tüketimi ile ilgili istatistik bilgisi bulunmadığından tehlike hesabına dahil edilmemiştir. Buğday ve un örneklerinde tespit edilen ağır metal konsantrasyonlarının literatür ile örtüştüğü tespit edilmiştir. Mn ve Zn analizi yapılan metaller arasında en yüksek konsantrasyonda bulunan metaller olmuştur. Kepek örneklerinde tespit edilen 238.38 mg/kg Pb ortalama değeri dikkat çekmektedir.

Buğday ve un örneklerinin ağır metal içeriğinden yola çıkılarak tehlikeli kısım (HQ) hesabı yapılmıştır. Hesaplanan HQ değerlerinin toplamının hem yetişkinler, hem de çocuklar için 1'in altında olması tehlikenin düşük olduğunu göstermiştir. Ancak konsantrasyon, vücut ağırlığı ve maruziyet süresi riske etki etmektedir. Kronik günlük alım (CDI) değerinden yola çıkılarak yapılan kanser riski hesaplamasında ise 5/100,000 olan kabul edilebilir risk seviyesi aşılmıştır. Buğday tüketimi için 10 yılda risk altında olan yetişkin sayısı 11/100,000; 70 yılda risk altında olan yetişkin sayısı 83/100,000; un tüketimi için 10 yılda risk altında olan yetişkin sayısı 3/100,000; 70 yılda risk altında olan yetişkin sayısı 25/100,000'dir. Çocuklar için risk buğday için 191/100,000; un için 59/100,000'dir.

Türk Gıda Kodeksi tahıllarda Pb (0.20 mg/kg) ve Cd (0.20 mg/kg) metalleri için maksimum limit değerleri uygulamaktadır. Analizi gerçekleştirilen buğday ve un örneklerindeki Pb ve Cd konsantrasyonlarının Bulaşanlar Yönetmeliği'nde belirlenen sınır değerleri aşmadığı belirlenmiştir.

Çevresel kirleticilere en önemli maruziyetler yollarından biri kontamine olmuş gıdaların tüketilmesidir. Buğday ve ürünleri günlük diyetin önemli bir kısmını oluşturması dolayısıyla önemli besinlerdir. Bu nedenle tüketicilerin bulaşma olmuş buğday ürünlerinden dolayı çevresel kirleticilere maruz kalma potansiyeli yüksektir.

Bu çalışmada insanların günlük en çok tükettiği ürünlerden biri olan buğdayın tüketimi sebebiyle oluşan sağlık riski tespit edilmiştir. Buğday örneklerinin çevresel kirleticilerden en önemli gruplardan biri olan ağır metallerle kontaminasyon seviyesi “Necmettin Erbakan Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü” tarafından verilen bütçe çerçevesinde belirlenmiştir. Çalışmamızın bilime en önemli katkısı, buğday, un ve kepekteki ağır metal bulaşmasının insan sağlığına olan sağlık riskinin tespit edilmiş olmasıdır. Buğday ve un örneklerinin farklı seviyelerde tüketiminin yetişkin ve çocuklar için oluşturacağı sağlık riski belirlenmiştir. Gıda örneklerinin güvenliğinin tespiti insan sağlığını korumak için önem arz etmektedir. Gıda kontaminasyon seviyesinin belirlenmesi kontaminasyon kaynaklarının tespit edilerek ortadan kaldırılması için teşvik edici olacaktır. Bu çalışma, özellikle yaygınlaşan kanser vakaları için gıda bulaşmasının katkısını belirlemede önem arz etmektedir. Bu çalışmada, Çevre Mühendisliği, Gıda Mühendisliği, Beslenme ve Diyetisyenlik Bölümleri, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Sağlık Bakanlığı Türkiye Halk Sağlığı Kurumu - Kanser Daire Başkanlığı gibi kurumlar tarafından değerlendirilebilecek ulusal data elde edilmiştir.

Kanser riski değerlendirildiğinde; İsviçreli bir doktor ve kimyacı olan Phillippus Aureolus Theophrastus Paracelsus'un dediği gibi ‘Her şey zehirdir, mühim olan dozudur’.

## KAYNAKLAR

- Ahmad, J.U., Goni M.A., 2010, Heavy metal contamination in water, soil, and vegetables of the industrial areas in Dhaka, Bangladesh”, *Environ. Monit. Assess.* 166, 347–357.
- AIHC American Industrial Health Council (Amerikan Sanayi Sağlık Konseyi) (1992).
- Aksoy, M. 2009, Beslenmemizde Yeri Olan Çeşitli Yiyecek ve Besinlerin Kansere Hastalıklarında Etkileşimleri, *Türkiye’de Kansere Kontrol Dergisi*, Ankara, 119-164.
- Alkış, İ., Mert, Öz., Sevi, Atakol, A., Yılmaz, N., Anlı, R., Ertan, Atakol O., 2014, Investigation of heavy metal concentrations in some Turkish wines, *Journal of Food Composition and Analysis*, 33, 105–110.
- Arpat, Ç., 2007, İlaç Endüstrisinde İnsan Sağlığı Açısından Tehlikeli Maddelerin Risk Değerlendirmesi Yüksek Lisans Tezi İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü sf. 31.
- Avcı, H., Deveci, T. 2013, Assessment of trace element concentrations in soil and plants from cropland irrigated with wastewater, *Ecotoxicology and Environmental Safety* 98, 283–291.
- Ayaz, A., Yurttagül, M., 2008, *Besinlerdeki Toksik Öğeler- II Dergisi*, Ankara, 15-28.
- Aydın K., 2011, Türkiye’de Hanehalkı Gıda Harcamaları ve Sosyo Ekonomik Faktörler, *Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi* 21 (1), 56-76
- Aydın, M.E., Sarı, S., Özcan, S., 2003, Konya ana tahliye kanalı su ve sedimentlerinde poliklorlu bifenil (PCB) bileşiklerinin belirlenmesi, *Selçuk Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Dergisi*, 18, 9-19.
- Bakar, C., Baba A., 2009, Metaller ve İnsan Sağlığı Yirminci Yüzyıldan Bugüne ve Geleceğe Miras Kalan Çevre Sağlığı Sorunu, *I.Tibbi Jeoloji Çalışmayı*, 30 Ekim–1 Kasım, Ürgüp / Nevşehir sf. 175.
- Beck, U., 1992, *Risk Society, Towards a New Modernity*, London: Sage Publications.
- Beduk, F., Aydın, M.E., Aydın, S., 2017, Tekinay, A., Bahadır, M., Pesticide Pollution in Soil and Wheat: Risk Assessment of Contaminated Food Consumption, *Fresenius Environmental Bulletin* 26 (3), 2330-2339.
- Bian, B., Wu H.S., Lv, L., Fan, Y., Lu, H., 2015, Health risk assessment of metals in food crops and related soils amended with biogas slurry in Taihu Basin: perspective from field experiment”. *Environ Sci Pollut Res.* 22,14358–14366.
- Bortey-Sam, N., Nakayama, S.M.M., Akoto, O., Ikenaka, Y., Fobil, J.N., Baidoo, E., Mizukawa, H. and Ishizuka M., 2015, Accumulation of Heavy Metals and Metalloid in Foodstuffs from Agricultural Soils around Tarkwa Area in Ghana, and Associated Human Health Risks. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 12, 8811-8827.
- Burgaz, S., 2009, Çevresel Kimyasallara Maruziyette Kansere Riskinin Değerlendirilmesi, *Türkiye’de Kansere Kontrol Dergisi* Ankara, 169-178.

- California Environmental Protection Agency Office of Environmental Health Hazard Assessment Air Toxicology and Epidemiology Branch (2009). Technical Support Document for Cancer Potency Factors: Methodologies for derivation, listing of available values, and adjustments to allow for early life stage exposures. 60-63.
- Charnley, G., 2008, Perchlorate: Overview of risks and regulation. *Food and Chemical Toxicology*. 46, 2307-2315.
- Cherfi, A., Abdoun, S, Ouardia G.S., 2014, Food survey: Levels and potential health risks of chromium, lead, zinc and copper content in fruits and vegetables consumed in Algeria, *Food and Chemical Toxicology* 70, 48–53.
- Clay, J., 2011, Freeze the footprint of food, *Nature*, 475(7356) 287-289.
- Debelius, B., Forja, J.M., Lubián, LM., 2001, Toxicity of copper, nickel and zinc to *Synechococcus* populations from the Strait of Gibraltar, *Journal of Marine Systems*, 88, 113–119.
- Demirel, Y.N., Çelik, T.H, 2013, Kabuklu deniz hayvanlarından kaynaklanan paralitik zehirlenme. *Ege J. Fish Aqua Sci* 30(3):139-146.
- Demirözü, B., Saldamlı, İ.Ç., Gürsel, B., Uçak, A., Çetinyokuş, F., Yüzbaşı N., 2003, Determination of Some Metals Which are Important for Food Quality Control in Bread, *Journal of Cereal Science* 37, 171-177.
- Ekmekyapar, F., Şabudak, T., Şeren, G., 2012, Assessment of heavy metal contamination in soil and wheat (*Triticum Aestivum* L.) plant around the ÇORLU-ÇERKEZKÖY highway in thrace region, *Global NEST Journal*, 14(4), 496-504.
- EPA. 1989, Risk Assessment Guidance for Superfund Volume I Human Health Evaluation Manual (Part A), Interim Final. Office of Emergency and Remedial Response, Washington, D.C.
- FDA, Food and Drug Administration (Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi) (1973).
- Food and Agriculture Organization, FAO, Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü, Roma (2006).
- Giddens, A., 2000, Elimizden Kaçıp Giden Dünya, (Çev: Osman Akınhay), İstanbul: Alfa Basım Yayım Dağıtım Ltd.Şti.
- Guo, P., Gong, Y., Wang, C., Liu., X., Liu, J., 2011, Arsenic speciation and effect of arsenate inhibition in a *Microcystis aeruginosa* culture medium under different phosphate regimes, *Environmental Toxicology and Chemistry*, 30, 1754–1759.
- Güler, Ç., Çobanoğlu Z., 1997, Risk İletişimi ve Risk Yönetimi, Çevre Sağlığı Kaynak Dizisi No:47, Ankara.
- Güner, U., 2014, Trakya Üniversitesi Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Toksikoloji Ders Notları , DERLEME Versiyon 2.0.0
- IARC Monografları , [www.monographs.iarc.fr](http://www.monographs.iarc.fr)

- International Agency for Research on Cancer (IARC), 2008, Environmental Pollution in Etiology of Cancer, World Cancer Report 2008, P. Boyle and B. Levin (eds), WHO Press, World Health Organization, 20 Avenue Appia 1211, Geneva 27, Switzerland, 178-181.
- Islam, M., Saiful, K. Ahmed, H. M., Raknuzzaman M., 2015, The concentration, source and potential human health risk of heavy metals in the commonly consumed foods in Bangladesh, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 122, 462–469.
- Islam, Md. Saiful, K., Md. Ahmed, H.M., Masunaga S. 2015, Assessment of trace metals in foodstuffs grown around the vicinity of industries in Bangladesh, *Journal of Food Composition and Analysis*, 42, 8–15.
- İSGRDY, 2012. İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliği, 29.12.2012 Tarih ve 28512 Sayılı Resmî Gazete.
- JECFA. Evaluations of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives Chart (JECFA) (2009).
- Ke, S., Cheng, X.Y., Zhang, N., Hu, H.G., Yan, Q., Hou, L.L., Sun, X., Chen, Z.N., 2015, Cadmium contamination of rice from various polluted areas of China and its potential risks to human health, *Environ Monit Assess*. 187: 408.
- Khan, K., Khan, H., Lu, Y., Ihsanullah, I., Nawab J., Khan S., Shah N. S., Shamshad, I., Maryam, A., 2014, Evaluation of Toxicological Risk of Foodstuffs Contaminated With Heavy Metals in Swat, Pakistan, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 108, 224–232.
- Khan, M.U, Malik R. N., Muhammad, S., 2013, Human Health Risk From Heavy Metal Via Food Crops Consumption With Wastewater Irrigation Practices in Pakistan, *Chemosphere* 93, 2230–2238.
- Khan, Z. I.I, Firdos, A., Ahmad, K., Ashraf, M., Bibi, Z., Akram, N. A, Rizwan, Y., Al-Qurainy, F., 2015, Assessment of Hazardous and Essential Elements in a Food Crop Irrigated with Municipal Sewage Water: Risk Appraisal for Public Health, *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 21(8), 2126-2136.
- Kimyasal Maddelerle Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelik 12.08.2013 Tarih ve 28733 Sayılı Resmî Gazete.
- Krakowska A., Muszyńska B., Reczyński W., Opoka W., Turski, W., 2015, Trace metal analyses in honey samples from selected countries. A potential use in biomonitoring, *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 95:9, 855-866.
- Lei, L., Liang, D., Yu D., Chen, Y., Song, W., Li, J., 2015, Human health risk assessment of heavy metals in the irrigated area of Jinghui, Shaanxi, China, in terms of wheat flour consumption. *Environ Monit Assess*, 187: 647.
- Maggioni, S., Benfenati, E., Colosio C., Moretto, A., Roots, O., Tasiopoulou, S. Visentin, S. 2009, Food contamination control in European new Member States and associated candidate countries: Data collected within the SAFE FOOD NET Project, *Journal of Environmental Science and Health, Part B*, 44:4, 407-414.
- Manahan, S.E., *Fundamentals of Environmental Chemistry*. Boca Raton: Lewis Publishers, U.S.A. , (1993).

- Mohammed, D.Y. Oteef, K.F. Fawy, H.S.M., Abubakr M. I., 2015, Levels of zinc, copper, cadmium, and lead in fruits and vegetables grown and consumed in Aseer Region, Saudi Arabia. *Environ. Monit. Assess.* 187: 676.
- Moore, G.S., 2007, *Living with the Earth: Concepts in Environmental Health Science*. CRC Pres, Boca Raton, FL.
- NAS, National Academy of Sciences (Ulusal Bilimler Akademisi) 1996.
- Nawab, J., Khan, S., Shah, M., Tahir, Qamar, Z., Din, I., Mahmood, Q., Gul, N., Huang, Q., 2015, Contamination of soil, medicinal, and fodder plants with lead and cadmium present in mine-affected areas, Northern Pakistan, *Environ. Monit. Assess.* 187: 605.
- NIOSH. Pocket Guide to Chemical Hazard and Other Databases. U.S. Department of Health and Human Services Public Health Service Centers for Disease Control and Prevention, DHHS (NIOSH) Publication, 1999.
- Norat, T., Aune, D., Chan D., Romaguera, D., 2015, Meyve ve Sebzeler: WCFR/AICR (Dünya Kanser Araştırma Fonu/Amerikan Kanser Araştırma Enstitüsü) Kanserin Önlenmesi İçin Hayat Tarzı Önerilerindeki Epidemiyolojik Kanıtların Güncellenmesi.
- Orhan H., 2010, Toksikolojinin Temel İlkeleri, Klinik Toksikoloji Kursu Notları-Dokuz Eylül Üniversitesi.
- OSHA, İş Sağlığı ve Güvenliği Teşkilatı, 1992.
- Pepper, I.L., Gerba C.P., Brusseau M.L., 2006. *Environmental & Pollution Science*, The University of Arizona, Elsevier Inc.
- Qiu Yao-Wen., 2015, Bioaccumulation of heavy metals both in wild and mariculture food chains in Daya Bay, South China. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 163, 7-14.
- Ratcliff, J.J., Wan, A.H.L., Edwards, M.D., Soler-Vila, A., Johnson, M.P., Maria, H. Abreu, Morrison, L., 2016, Metal content of kelp (*Laminaria digitata*) co-cultivated with Atlantic salmon in an Integrated Multi-Trophic Aquaculture system, *Aquaculture*, 450, 234–243.
- Sacarello H.L.A., 1993, *The Comprehensive Handbook of Hazardous Materials-Regulations, Handling, Monitoring and Safety.*, Lewis Publishers, U.S.A.
- Sonnemann, G., Castells, F., Schuhmacher, M., 2004. Integrated Life-Cycle and Risk Assessment for Industrial Processes Environmental Risk Assessment, CRC Pres. Retrieved September 15, 2008, from <http://0-www.envirobase.com>
- Spector, W.S. *Handbook of Toxicology*, Vol.I, Saunders Co., Philadelphia, 1956.
- T.C. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Koruma Kontrol Gen. Müd. Geçici Verileri, 2009.
- Talınlı, İ., 1999, Tehlikeli Maddeler ve Çevresel Risk Değerlendimesi Projesi, Proje Sonuç Raporu, İTÜ Çevre Mühendisliği Bölümü, İstanbul.
- Tayar Mustafa. Gıda Güvenliği ve Veteriner Halk Sağlığı Ders Notları, 2004.

TBMM, Kanser Hastalığı Konusunun Araştırılarak Alınması Gereken Önlemlerin Belirlenmesi Amacıyla Kurulan Meclis Araştırması Komisyonu Raporu Dönem: 23, S.Sayısı: 648, Yasam Yılı: 5, Aralık, 2010.

Theoretical Maximum-Likelihood Estimates of Excess Lifetime Risk (Incidence per 10.000 People) of Lung Cancer and Bladder Cancer for U.S. Populations Exposed at Various Concentrations of Arsenic in Drinking Water, Arsenic In Drinking Water Book. September 2001 National Academy Press Washington. D.C.. 2001.

Tiwari, K.K., Singh, N.K., Patel, M.P., Tiwari, M.R., Rai, U.N. 2011, Metal contamination of soil and translocation in vegetables growing under industrial wastewater irrigated agricultural field of Vadodara, Gujarat, India”, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 74, 1670–1677.

Toksöz, P. 2013, Beslenmeden Kaynaklanan Hastalıklar ve Önlemleri Sunumu.

TÜİK - Bilgi Dağıtım 2015. bilgi@tuik.gov.tr

Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği (Bulaşanlar Yönetmeliği), 29.12.2011 Tarih ve 28157 Sayılı Resmî Gazete.

Türközü, D., Şanlıer N., 2014, Gıdalardaki Ağır Metal Kontaminasyonları: Bulaşma Kaynakları, Sağlık Riskleri ve Ulusal/Uluslararası Standartlar, *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 9(3) 29-46.

US EPA, Safe Drinking Water Act (SDWA), Disinfectants and Disinfection Byproducts Rule, December, 1998.

US EPA, United State, Environmental Protection Agency, Region 9, Preliminary remediation goals, (2002). [www.epa.gov/region09/waste/sfind/prg](http://www.epa.gov/region09/waste/sfind/prg)

US EPA, Exposure Factors Handbook. United States Environmental Protection Agency, Washington, DC (EPA/600/R-09/052F) 2011.

Volpe, M. G., Nazzaro, M., Stasio M., Siano F., Coppola, R., Marco A., 2015, Content of micronutrients, mineral and trace elements in some Mediterranean spontaneous edible herbs. Volpe et al. *Chemistry Central Journal* 9:57.

Vural, H. 1993, Ağır Metal İyonlarının Gıdalarda Oluşturduğu Kirlilikler, *Çevre Dergisi* 8, 3-8.

Vural, N. 2005, Toksikoloji Kitabı Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Yayınları No: 73 Ankara.

Waters, M., 1995, Globalization, London, Routledge.

Wessberg, N., Molarius, R., Seppala, J., Koskela, S., Pennanen J., 2007, Environmental risk analysis for accidental emissions. *Journal of Chemical Health & Safety*, 24-31.

[www.cinko.gen.tr](http://www.cinko.gen.tr)

[www.eczfak.anadolu.edu.tr](http://www.eczfak.anadolu.edu.tr) Genel Toksikoloji-1.Ders Notları\_20131106020816.

[www.eczfak.anadolu.edu.tr](http://www.eczfak.anadolu.edu.tr) Toksikokinetik-2.Ders Notları\_20131106020816.

www.eczfak.anadolu.edu.tr Toksikolojik Açıdan Risk Değerlendirilmesi – Ders Notları\_20140605061533.

www.epa.gov/iris

Yazgan, M. Çevresel Risk Yönetimi. Çevre Görevlisi Eğitimi Notları Antalya (2012).

Zhang, L., Mo, Z., Qin J., Li, Q., Wei, Y., Ma, S., Xiong, Y., Liang, G., Qing, L., Chen Z., Yang, X., Zhang Z., Zou, Y., 2015, Change of water sources reduces health risks from heavy metals via ingestion of water, soil, and rice in a riverine area, South China, *Science of the Total Environment*, 530–531, 163–170.

Zhang, X., Zhong, T., Liu, L., Ouyang X. 2015, Impact of Soil Heavy Metal Pollution on Food Safety in China. *PLOS ONE*, 10(8).



## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

**Adı Soyadı** : Mert GENÇOĞLU  
**Uyruğu** : T.C.  
**Doğum Yeri ve Tarihi** : Konak / İZMİR 05.06.1990  
**Telefon** : 0543 478 98 35  
**E-Posta** : mmertggenc@hotmail.com

### EĞİTİM

**Lise** : Yunus Emre Selahattin AKBİLEK Lisesi. Sincan / ANKARA. 2007  
**Üniversite** : Aksaray Üniversitesi. Mühendislik Fakültesi. Çevre Mühendisliği Bölümü  
AKSARAY. 2012

### İŞ DENEYİMLERİ

02.07.2012 – 31.06.2014 AGM MÜH. LTD. ŞTİ. Altyapı Proje Tasarım Mühendisi

### UZMANLIK ALANI

Altyapı Projelendirme (İçme suyu - İsale - Kanalizasyon - Yağmur suyu - Temel Drenaj Sistemleri)

### YABANCI DİLLER

**İngilizce:** Orta düzey **Fransızca:** Temel düzey (3 yıl İlkokulda)

### YAPTIĞIM PROJELER

- 1) Konya Üniversitesi Ortak Derslik Binaları İnşaatı ile Altyapı ve Çevre Düzenlemesi İşİ (Yaka Mah. Necmettin ERBAKAN Üniversitesi Kampüsü)
- 2) Genel Kurmay Kışlası Temiz Su ve Atık Su Tesisatının Yenilenmesi Hiz. Prj. Yap.
- 3) Cumhurbaşkanlığı Muhafız A. K.lığı Tören Eğitiminde Kullanılan Koşu Pisti Zemininin Yenilenmesi Hiz. Prj. Yap.
- 4) TBMM Arşiv-Eğitim ve Kongre Merkezi Binası Projesi Hazırlaması İşİ
- 5) IRAQ Branch Republic of IRAQ National Intelligence Service Baghdad - IRAQ Muhaberat Headquarters Building
- 6) TSK İstibaharat Okul Komutanlığı 180 Kişilik Er Pav. ve 200 kişilik Yemekhane b.. Karargah b. Revir b. ve Küçük Tıp Nizamiye b. TSK İsth. Okulu Yapımı ile Çevre Emniyeti Yap. Proje Hizmet Alımı İşİ
- 7) 9' uncu Ana Jet Üs K.lığı Atık Su ve Yağmur Suyu Sistemlerinin Yenilenmesi Proje Hizmet Alımı İşİ