2025
TIPTA UZMANLIK TEZİ
Şefik YURDAKUL

T.C.
ANKARA YILDIRIM BEYAZIT ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ HALK SAĞLIĞI ANABİLİM DALI

HAVA KALİTESİ ÖLÇÜM İSTASYONLARI YAKININDAKİ ÇOCUK OYUN PARKLARININ TOPRAK ZEMİNLERİNDE AĞIR METAL DÜZEYİNİN BELİRLENMESİ VE OLUŞAN SAĞLIK RİSKİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ: ANKARA ÖRNEĞİ

TIPTA UZMANLIK TEZİ

Şefik YURDAKUL

HALK SAĞLIĞI

Ankara 2025

T.C.
ANKARA YILDIRIM BEYAZIT ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ HALK SAĞLIĞI ANABİLİM DALI

HAVA KALİTESİ ÖLÇÜM İSTASYONLARI YAKININDAKİ ÇOCUK OYUN PARKLARININ TOPRAK ZEMİNLERİNDE AĞIR METAL DÜZEYİNİN BELİRLENMESİ VE OLUŞAN SAĞLIK RİSKİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ: ANKARA ÖRNEĞİ

TIPTA UZMANLIK TEZİ

Şefik YURDAKUL

HALK SAĞLIĞI

DANIŞMAN
Doç. Dr. Egemen ÜNAL

Ankara 2025

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün aşamalarda patent ve telif haklarını ihlal edici etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tezde kullanılmış olan tüm bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi beyan ederim.

Şefik YURDAKUL

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim boyunca ve tez çalışmasının hiçbir aşamasında desteğini esirgemeyen değerli hocam ve tez danışmanım Doç. Dr. Egemen Ünal'a, Anabilim Dalı Başkanımız Prof. Dr. Salih Mollahaliloğlu'na, Anabilim Dalımızın değerli öğretim üyeleri Prof. Dr. Dilek Öztaş, Prof. Dr. Ömer Hınç Yılmaz, Doç. Dr. Mehmet Enes Gökler, Doç. Dr. Nimetcan Mehmet Orhun, Dr. Öğr. Üyesi Melih Gaffar Gözükara, Dr. Öğr. Üyesi Gülsüm Öztürk Emiral hocalarıma, Dr. Öğr. Üyesi Fahad Ahmed hocama, özellikle süreç boyunca ortaya çıkan sorunları çözmemde destek olan Dr. Okan Maden ve Dr. Süheyla Kurum kardeşlerim başta olmak üzere tüm çalışma arkadaşlarıma ve son olarak tez çalışması sürecinde desteğini esirgemeyen sevgili eşime, anne, babama, kardeşime ve tüm aileme sonsuz saygı, sevgi ve teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **iv**
ABSTRACT ..... **vi**
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ ..... **viii**
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **x**
TABLOLAR DİZİNİ ..... **xi**
1. GİRİŞ **1**
2. GENEL BİLGİLER **3**
2.1. Ankara İli Özellikleri 3
2.2. Çevre Kirliliği ve Ağır Metallerin Etkisi 4
2.3. Ağır Metal Tanımı ve Sınıflandırılması 5
2.4. Ağır Metaller ve İnsan Sağlığı 5
2.5. Ağır Metallerin Toksisitesi 6
2.5.1. Arsenik (As) 7
2.5.2. Kadmiyum (Cd) 8
2.5.3. Cıva (Hg) 9
2.5.4. Kurşun (Pb) 10
2.5.5. Bakır (Cu) 12
2.5.6. Krom (Cr) 13
2.5.7. Nikel (Ni) 14
2.5.8. Kobalt (Co) 15
2.5.9. Demir (Fe) 16
2.5.10. Çinko (Zn) 16
2.5.11. Alüminyum (Al) 17
2.5.12. Manganez (Mn) 18
2.5.13. Vanadyum (V) 18
2.6. Topraktaki Ağır Metaller için Ulusal ve Uluslararası Sınır Değerler 19
2.7. Topraktaki Ağır Metal Kirliliği ve Kaynakları 20
2.8. Kentsel Çevrelerde Ağır Metaller 21
2.9. Hava Kirliliği ve Hava Kirliliğinin Ağır Metal Kirliliği ile İlişkisi 22
2.10. Amaç, Araştırma Soruları ve Yaklaşım 25
3. MATERYAL VE METOD **27**
3.1. Araştırmanın Tipi 27
3.2. Araştırmanın Yeri ve Zamanı 27

3.3. Araştırmanın Evreni ve Örneklem 27
3.4. Araştırmanın Değişkenleri 28
3.4.1. Bağımlı Değişkenler 28
3.4.2. Bağımsız Değişkenler 29
3.5. Araştırmanın hipotezleri 29
3.6. Araştırmanın Uygulanması 30
3.6.1. Numunelerin Alımı 30
3.6.2. Toksikolojik Analiz 31
3.6.3. Sağlık Riskini Belirlemede Kullanılacak İndeksler 31
3.6.4. Hava Kalitesi İndeksi ve Sınırları 36
3.7. Veri Toplama Formu 38
3.8. İstatiksel Analiz 39
3.9. İzinler 40
4. BULGULAR 41
4.1. Tanımlayıcı Özellikler 41
4.2. Tüm Oyun Parklarındaki Metal Konsantrasyonların Tanımlayıcı Değerleri 47
4.3. Numunelerin Ağır Metal Konsantrasyon Değerleri 48
4.4. Numunelerin Ağır Metal Konsantrasyonlarının Korelasyonu 52
4.5. Çevre Sağlığı Açısından Risk Değerlendirmesi 54
4.5.1. Zenginleştirme Katsayısı 54
4.5.2. Kirlilik Yükü ve Kirlilik Yükü İndeksi 58
4.6. Çocuk Sağlığı Açısından Risk Değerlendirmesi 62
4.6.1. Kanserojenik Olmayan Tahmini Risk Katsayıları 62
4.6.2. Kanserojenik Risk Durumları 65
4.6.3. Ağır Metaller ve Sağlık Sonuçları ile Hava Kalitesi Verilerinin Karşılaştırılması 69
4.6.4. Çocuk Sağlığı Risk Durumları ile Parkların Yerleşim Yeri Özelliklerinin Karşılaştırılması 73
5. TARTIŞMA 76
5.1. Kısıtlılıklar 86
6. SONUÇ VE ÖNERİLER 86
7. KAYNAKLAR 88
8. EKLER 113
Ek 1. Veri Toplama Formu 113
Ek 2. Etik Kurul İzni 114
Ek 3. Numune Analiz Sonuçları ve Laboratuvar Görüntüleri 115

Ek 4. Sağlık Etki Analizi Değerleri 116

ÖZET

Topraktaki ağır metal kirliliğinin çevre ve çocuk sağlığı açısından tehlikeli olduğu bilinmektedir. Çocuklar sıklıkla zaman geçirdikleri çocuk oyun parklarındaki toprak zeminlerden çeşitli yollarla ağır metallere maruz kalabilmektedirler. Bu araştırma ile, Ankara il sınırlarında halka açık parkların oyun alanlarındaki toprakların ağır metal seviyelerinin incelenmesi, çocuk sağlığı açısından risk durumunun belirlenmesi ve hava kirliliği düzeyleri ile çevre kirliliği ve çocuk sağlığı ilişkilerinin incelenmesi amaçlandı.

Kesitsel – ekolojik tipte olan bu çalışma Ankara'daki toplam 18 hava kalite izlem istasyonuna en yakın üçer parkın seçilmesiyle toplamda 54 oyun parkı üzerinde yapıldı. Çalışmada toplamda 12 ağır metal ICP-MS cihazı ile analiz edildi. Resmi verilerden analiz edilerek saptanan hava kalite indeksi verileri ve parkların yerleşim yeri özelliklerinin topraklardaki ağır metal kirliliğine etkileri incelendi. Çevre ve çocuk sağlığı açısından risk durumları zenginleştirme katsayısı, kirlilik yükü, kanserojen olmayan sağlık riski ve kanserojenik risk uluslararası kabul görmüş formüller kullanılarak saptandı.

Değerlendirilen ağır metallerden düzeyi en yüksek olan ortalama 10430,02 ± 3453,20 mg/kg ile demir, düzeyi en düşük olan ise 0,09 ± 0,03 mg/kg ile kadmiyum ağır metaliydi. Cıva ağır metali ise hiçbir parkta saptanmadı. Krom ve nikel mükemmel düzeyde pozitif korelasyon gösterdi. Çevresel kirlilik açısından tüm parklarda en az bir ağır metal için aşikâr seviyede zenginleşme ve orta düzeyde kirlilik saptandı. Toplam kanserojenik olmayan tahmini risk katsayısı 21 (%38,9) parkta sınırı aşmaktaydı. Toplamdaki kanserojenik riskler açısından ise 24 (%44,4) parkta kanserojenik risk varlığı, 30 (%55,6) parkta ise kabul edilebilir düzeyde kanserojenik risk varlığı tespit edildi. Toplam kanserojenik risk varlığının; ana yol üzeri yerleşimli olma durumunda 14 kat (OR: 14,072; %95 GA: 1,826-108,436), en yakın ana yoldaki araç trafik yoğunluğunun fazla olduğu durumda ise beş kat (OR: 5,672; %95 GA: 1,030-31,234) daha fazla olduğu saptandı.

Çalışmada çocuk oyun parklarındaki toprakta ağır metal kirliliği tespit edildi ve bazı parklarda ağır metal seviyelerinin çevre ve çocuk sağlığı açısından güvenli sınırları aştığı gösterildi. Çocuk sağlığı açısından önemli sayıda parkta kanserojenik riskler tespit edildi. Özellikle parkların konumlandırıldığı yerlerin mahalle arası olması ve ana yollara

uzak bölgelerde konumlanmasının çocuk sağlığını korumak açısından önemli olduğu görüldü.

Anahtar Kelimeler: Ağır Metal, Çocuk Sağlığı, Hava Kirliliği, Şehir parkı, Toprak Kirliliği

ABSTRACT

Heavy metal contamination of soil is known to pose significant environmental and public health risks, particularly for children. Children, who frequently spend time in playgrounds, may be exposed to heavy metals via the soil in these areas through various pathways. The aim of this study was to investigate the levels of heavy metals in the soils of playgrounds in Ankara, to assess the associated risks to children's health and to investigate the relationship between air pollution levels, environmental contamination and children's health.

This study type is cross-sectional and ecological. It was conducted on a total of 54 playgrounds, with three parks selected as the closest to each of the 18 air quality monitoring stations in Ankara. A total of 12 heavy metals were analyzed using ICP-MS. The study also examined the effect of park location characteristics on soil heavy metal contamination based on air quality index data analyzed from official sources. Risk assessments for both the environment and children's health were performed using internationally accepted formulas, including enrichment factor, contamination factor, non-carcinogenic risk and carcinogenic risk.

Among the analyzed heavy metals, iron had the highest average concentration at 10,430.02 ± 3,453.20 mg/kg, while cadmium had the lowest concentration at 0.09 ± 0.03 mg/kg. Mercury was not detected in any of the playgrounds. Chromium and nickel showed a perfect positive correlation. In terms of environmental pollution, all playgrounds exhibited significant enrichment of at least one heavy metal and moderate contamination. The total non-carcinogenic risk index exceeded the threshold in 21 playgrounds (38.9%). Regarding carcinogenic risks, 24 playgrounds (44.4%) showed an elevated carcinogenic risk, while 30 playgrounds (55.6%) had an acceptable level of carcinogenic risk. The total carcinogenic risk was significantly higher in playgrounds located along major roads (14 times greater: OR = 14.072; 95% CI = 1.826–108.436) and those near high-traffic areas (five times greater: OR = 5.672; 95% CI = 1.030–31.234).

This study found that the soil in children's playgrounds is contaminated with heavy metals, with some parks exceeding safe limits for both the environment and children's health. A significant number of parks presented carcinogenic health risks to children. The

study highlights the importance of the location of parks - particularly in residential areas away from major roads - in protecting children's health.

Keywords: Air Pollution, Child Health, Heavy Metal, Playground, Soil Pollution

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

°C : Santigrat Derece
AB : Avrupa Birliği
ABD : Amerika Birleşik Devletleri
ABS : Dermal Absorption Factor
AF : Adhesion Factor
Al : Alüminyum
As : Arsenik
AT : Average Exposure Time
ATSDR : Agency for Toxic Substances and Disease Registry
AQI : Air Quality Index
BM : Birleşmiş Milletler
BW : Average Body Weight
Cd : Kadmiyum
CDC : Center for Disease Control and Prevention
CDI : Chronic Daily Intake
CF : Contamination Factor
CR : Carcinogenic Risk
Cr : Krom
CO : Karbonmonoksit
Co : Kobalt
Cu : Bakır
CV : Co-efficient of variations
DSÖ : Dünya Sağlık Örgütü
EEA : European Environment Agency
EC : Enrichment Factor
ED : Exposure Duration
EF : Exposure Frequency
FAO : Food and Agriculture Organization
Fe : Demir
HF : Hidrojen Florür
Hg : Cıva
HI : Hazard Index

HNO_3 : Nitrik Asit
HQ : Hazard Quotient
IARC : International Agency for Research on Cancer
ICP-MS : Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometer
IPCS : International Programme on Chemical Safety
IR : Inhalation Rate
IRIS : Integrated Risk Information System
KOAH : Kronik Obstruktif Akciğer Hastalığı
Mcg : Mikrogram
Mg : Miligram
Mn : Manganez
MTA : Maden Tetkik ve Arama
N_2O : Nitröz Oksit
NIHODS : National Institutes of Health Office of Diatery Supplements
Ni : Nikel
PEF : Particle Emission Factor
Pb : Kurşun
PLI : Pollution Load Index
PM : Partikül Madde
ppm : Parts per million
RfD : Reference Dose
SA : Surface Area
SF : Slope Factor
T.C. : Türkiye Cumhuriyeti
TCR : Total Carcinogenic Risk
THI : Total Hazard Index
TL : Türk Lirası
TÜİK : Türkiye İstatistik Kurumu
WHO : World Health Organization
UNSDSN : United Nations Sustainable Development Solutions Network
USEPA : United States Environmental Protection Agency
V : Vanadyum
Zn : Çinko

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Ankara ili hava kalite izleme istasyonlarının yerleşimi…….4

Şekil 4.1. Numune alınan oyun parklarındaki ağır metallerin Spearman korelasyon matriksi…….54

Şekil 4.2. Alınan numunelerin ağır metallere göre EF değerleri……..58

Şekil 4.3. Alınan numunelerin ağır metallere göre CF ve PLI değerleri……..62

Şekil 4.4. Numunelerin ağır metallere göre HI değerleri…….65

Şekil 4.5. Numune alanlarındaki kanserojen ağır metaller açısından CR değeri…….68

Şekil 4.6. TCR ve HI durumları ile hava kalite indeksi parametrelerinin korelasyon analizi……...72

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 2.1. Topraktaki ağır metaller için ulusal ve uluslararası sınır değerler……20

Tablo 3.1. Ağır metaller için kabul edilen arka plan referans değerler……...32

Tablo 3.2. Ağır metallerin referans dozları……..…..35

Tablo 3.3. Kanserojen ağır metallerin SF değerleri…….……35

Tablo 3.4. Ulusal hava kalitesi indeksi……37

Tablo 3.5. Hava kalite göstergeleri ulusal yıllık limit değerleri ve DSÖ hedefleri…….38

Tablo 4.1. Çalışmaya dahil edilen oyun parklarının yerleşim özellikleri……42

Tablo 4.2. Parkların yerleştiği bölgedeki insan yoğunluğu (kişi/km^2) ve ziyaretçi çocuk sayısı…….45

Tablo 4.3. Hava kalite gözlem istasyonu verilerinin yıllık ortalaması……47

Tablo 4.4. Numunelerde tespit edilen ağır metallerin düzeyleri……..48

Tablo 4.5. Numunelerin ağır metal düzeyleri……..49

Tablo 4.6. Ulusal ve uluslararası benzer çalışmalarda saptanan ağır metal düzeyleri ile çalışmamızın karşılaştırılması……..……52

Tablo 4.7. Oyun parklarındaki toprakların zenginleştirme katsayısı değerleri……55

Tablo 4.8. Oyun parklarındaki toprakların kirlilik faktörü (CF) ve kirlilik yükü indeksi (PLI)……..……...59

Tablo 4.9. Numune alınan oyun parklarının kanserojenik olmayan tahmini risk katsayıları…….63

Tablo 4.10. Numune alınan oyun parklarının kanserojenik risk durumları…….66

Tablo 4.11. Bir yıllık hava kalite değerleri ile ağır metal düzeylerinin karşılaştırılması……69

Tablo 4.12. Zenginleştirme faktörü ile hava kalitesi ilişkisi……70

Tablo 4.13. Kirlenme faktörü ile hava kalite değeri ilişkisi…….70

Tablo 4.14. PLI değeri ile hava kalite değeri ilişkisi……...……71

Tablo 4.15. Kanserojen olmayan sağlık riski varlığı ile hava kalite indeksi ilişkisi……72

Tablo 4.16. Kanserojenik risk varlığı ile hava kalite indeksi ilişkisi…….……..……73

Tablo 4.17. Kanserojen olmayan sağlık riski varlığı durumunun yerleşim yeri özellikleri ile ilişkisi……...73

Tablo 4.18. Kanserojen olmayan sağlık riski açısından tek değişkenli analizde risk faktörü olarak tanımlanan değişkenlerin lojistik regresyon analizi……...……...74

Tablo 4.19. Kanserojenik risk varlığı durumunun yerleşim yeri özellikleri ile ilişkisi……...75

Tablo 4.20. Kanserojenik risk açısından tek değişkenli analizde risk faktörü olarak tanımlanan değişkenlerin lojistik regresyon analizi…….76

1. GİRİŞ

Günümüzde çevresel ağır metal kirliliği küresel ölçekte bir halk sağlığı sorunu olarak karşımıza çıkmaktadır (1). Hem insanlar hem de tüm ekosistem için zararlı etkileri olan ağır metaller, çevrede her yerde bulunabilmektedirler. Ağır metaller; otomotiv, elektronik, boya, ahşap koruma, gübre, petrokimya ve metal sanayii gibi birçok endüstriyel alanda, tarım sektöründe, haşere ile mücadelede, pil üretiminde, fosil yakıtların kullanımında, sağlık sektöründe ve buna benzer birçok alanda sıklıkla kullanılmaktadır (2). Özellikle yoğun kullanıma bağlı olarak da sularda, toprakta, havada, gıdalarda ve sonuç olarak da insan vücudunda birikme riski taşımaktadırlar (3,4). Topraktaki ağır metal birikiminin nedenleri arasında, yeraltı suları, ana kayanın özellikleri, yüksek konsantrasyonlu ağır metal atıkları, gübre ve pestisit uygulamaları, kurşunlu benzin ve boyalar, kanalizasyon suyu çamuru ve hava kirliliği gösterilebilir (5–8).

Ağır metallerin birikim yerlerinden olan topraktan çeşitli yollarla insan vücuduna alım meydana gelebilmektedir. Ağır metallerin insan vücuduna alımı çeşitli maligniteler ve nörogelişimsel etkiler başta olmak üzere çeşitli ciddi sağlık tehlikelerine neden olabilmektedir (9). Geçmişte toprak kirliliği, su ve hava kirliliği kadar kritik kabul edilmese de son yıllarda özellikle gelişmiş ülkelerde kritik bir sorun olarak gündeme gelmeye başlamış ve bu alana ilgi dünya çapında artmıştır (10). Kentsel toprakların ağır metal içeriği ile ilgili 2000-2022 yılları arasında yapılmış çalışmaların analiz edildiği bir bibliyometrik çalışmada, bu alanda yapılan çalışmaların özellikle 2016 sonrası artış gösterdiği, genelde kirliliğin kaynakları ve kirlilik riski değerlendirilmesi üzerinde durulduğu belirtilmiştir. Ayrıca gelecekteki çalışmaların öncelik alanının ağır metallerden kaynaklanan insan sağlığı risklerinin değerlendirilmesi üzerinde olması önerilmiştir (11).

Ağır metallerin insan sağlığı üzerinde, özellikle de çocukluk yaş grubunda birçok sağlık sorununa neden olabileceği yapılan çalışmalarda gösterilmektedir (12). Çocuklarda ağır metal maruziyeti sonucu mental gerilik, nörogelişimsel bozukluklar, davranış problemleri, solunum sistemi sorunları, çeşitli kanserler ve kardiyovasküler hastalıklar gibi birçok sağlık sorununun meydana gelebileceği bilinmektedir (13). Topraktaki ağır metaller, sindirim yolu, toprakla direkt temas, solunum yoluyla partiküllerin solunması ve kirlenmiş yer altı sularının içilmesi gibi yollarla vücuda alınarak sağlık sorunları oluşturabilir (6,14). Çocuklar özellikle ağız yolu, cilt ile doğrudan temas ve solunum yolu ile ağır metalleri vücutlarına alabilmektedirler. Özellikle küçük çocuklarda elden ağza temas ile ağır

metallere maruz kalma ihtimali daha fazladır. Yapılan bir çalışmada çocuklarda yutma yolu ile günlük toprak alım miktarının 39-270 mg/gün arasında olduğu hesaplanmıştır (15).

Birleşmiş Milletler Çocuk Hakları Sözleşmesi 31. maddesinde tüm çocuklar için oyun temel bir hak olarak kabul edilmiştir (16). Oyun çocukların fiziksel, ruhsal ve toplumsal gelişimleri için vazgeçilmezdir. Oyun aktivitelerinin en çok gerçekleştiği alanlardan biri de çocuk oyun parklarıdır. Çocukluk yaş grubunun sıklıkla vakit geçirdiği alanlardan biri olan oyun parklarındaki toprak zeminler, ağır metal birikimi açısından incelenmesi gereken önemli alanlar olarak değerlendirilmektedir. Çocukların vakit geçirdikleri oyun alanları gibi yerler ile ilgili yasal sınırlar ve kontrol önlemleri ulusal ve uluslararası düzenlemelerde yeterli seviyede bulunmamaktadır (10).

Hava kirliliği topraktaki ağır metal kaynaklarından biridir. Hava kirliliği ve ağır metal kirliliği arasındaki ilişki birçok çalışmada araştırılmış aralarında ilişki olabileceği tespit edilmiştir. İskoçya'nın Glasgow kentinde topraktaki metal içeriği, hava kirliliği, yoksulluk ile sağlık arasındaki ilişkilerin incelendiği bir çalışmada, özellikle yoksul semtlerde hava kirliliğinin, topraktaki ağır metal içeriğinin ve solunum yolu hastalıklarının daha fazla olduğu gösterilmiştir. Topraktaki ağır metal konsantrasyonunun fazlalığı, hava kirliliği ve yoksul semtlerdeki eski sanayi tesisleri ilişkilendirilmiştir (17). Yurt içinde de benzer çalışmalar bulunmaktadır. Gebze'de yapılan bir çalışmada da metal fabrikalarının olduğu bölgelerde hava ve toprakta ağır metal yoğunluğunun diğer endüstriyel alanlardan ve ulusal mevzuattaki üst sınırlardan fazla olduğu tespit edilmiştir (18). Kırıkkale'de yapılan bir diğer çalışmada ise kış mevsimi ve sonrasında topraktaki ağır metal konsantrasyonunda artış olduğu saptanmıştır. Bu durumun özellikle ısınma için kullanılan fosil yakıtlardan ve araç trafiğinin yoğunlaşmasından, yani hava kirliliğinin artışından kaynaklanabileceği belirtilmiştir (19).

Bu araştırma ile, Ankara il sınırlarında halka açık parkların oyun alanlarındaki toprakların ağır metal seviyeleri yönünden incelenmesi, çocuk sağlığı açısından risk durumunun belirlenmesi ve halka açık olarak çevrimiçi yayınlanan "T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı" verilerini kullanarak hava kirliliği düzeyleri ile çevre kirliliği ve çocuk sağlığı ilişkilerinin incelenmesi amaçlanmaktadır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Ankara İli Özellikleri

Ankara ili Türkiye Cumhuriyeti Devleti'nin başkenti ve ikinci en kalabalık kentidir. 39° 57' kuzey enlemi ve 32° 53' doğu boylamları arasında yer alan Ankara'nın yüz ölçümü 26.897 km^2 kadardır. Deniz seviyesinden yüksekliği 890 metredir. Şehir batıdan Eskişehir, doğudan Kırşehir ve Kırıkkale, kuzeyden Çankırı, kuzeybatı yönünde Bolu, güneyden ise Konya ve Aksaray illeri ile sınırlanmaktadır. Toplamda 25 ilçesi bulunmaktadır (20).

Ankara ilinin güncel nüfusu Türkiye İstatistik Kurumu'nun (TÜİK) 2024 yılı verilerine göre 5.864.049 kişidir. Medyan yaş 35,9 iken, erkeklerde 35,0 kadınlarda ise 36,8'dir. Yaş gruplarına göre incelendiğinde çocukluk yaş grubunda 0-4 yaş grubu nüfus 291.397, 5-9 yaş grubu nüfus 390.009 kişidir (21).

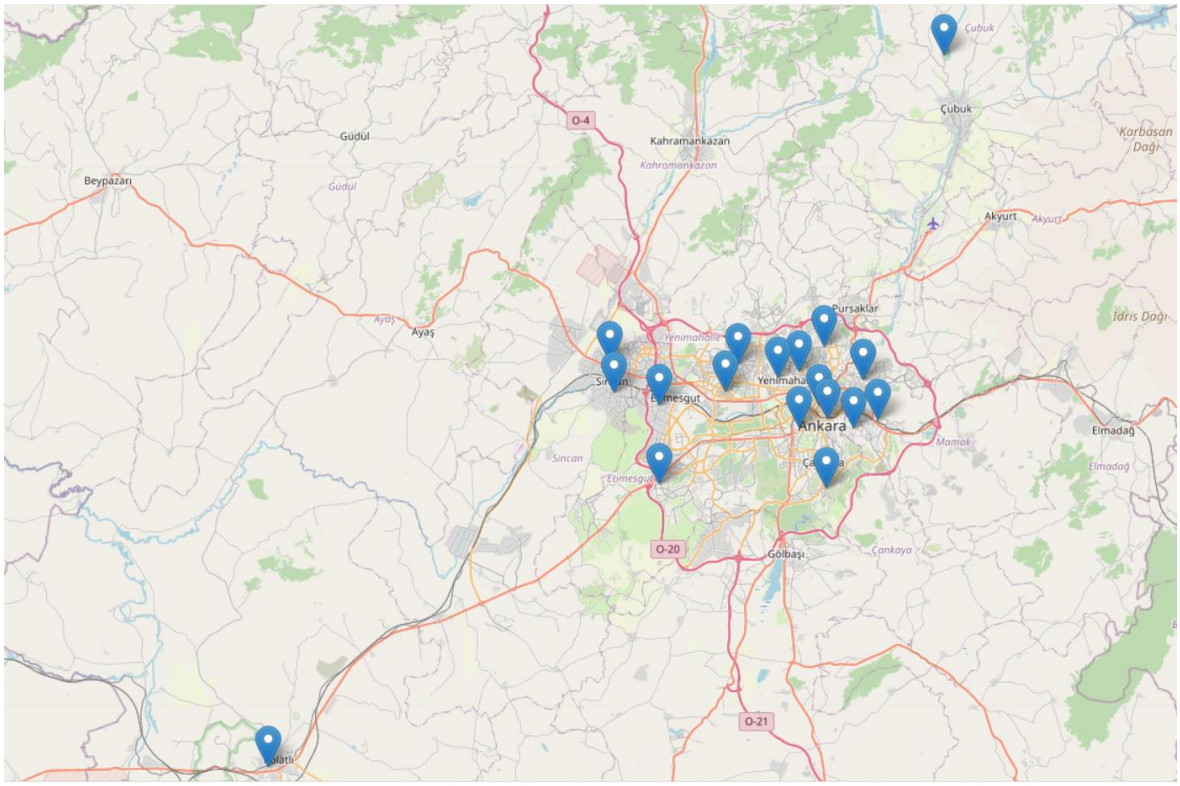
Ankara ilinde toplamda 11 adet organize sanayi bölgesi bulunmaktadır. Sanayi tesislerinin sayısına bakıldığında son yayınlanan 2022 yılı TÜİK verilerine göre Ankara'da toplam 955 madencilik ve taş ocağı, 91.983 imalat sanayii, 99.650 adet toptan ve perakende ticaret; motorlu kara taşıtlarının ve motosikletlerin onarımı işletmesi bulunmaktadır (22).

Hava ve toprak kirliliğinin önemli nedenlerinden trafik yoğunluğunun belirgin olduğu şehirlerden olan Ankara'da, yıllık motorlu kara taşıtı sayısı 2.576.835 olarak kayda geçmiştir. Araç yoğunluğu bakımından ise bin kişi başına düşen taşıt sayısı 322 araç ile Ankara, Türkiye'de en yoğun şehir olma özelliğini taşımaktadır (22).

Ankara ili coğrafi özellikleri gereği çanak şeklinde bir yapıya sahiptir. Ayrıca yıllık ortalama rüzgâr hızı 5 m/sn'den azdır ki bu durum da kirlilik için ideal meteorolojik koşulları oluşturmaktadır. Bu durumlar sonucunda kirliliğin yoğunluğu ve süresi daha belirgin hissedilmektedir. Nüfus yoğunluğu da kirliliğin seviyesini belirleyen ana etmenlerden biridir. Ankara ili nüfus yoğunluğu özelliği ile de kirlilik açısından riskli hale gelmektedir (23).

Ankara ilinde toplamda "T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı"' platformuna bağlı 18 adet hava kalite izleme istasyonu bulunmaktadır. İstasyonların üçü endüstri bölgesi denetimi amaçlı iken diğer istasyonlar

yerleşim yeri amaçlıdır. İstasyonların yerleşim yeri Şekil 1'de harita üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Ankara ili hava kalite izleme istasyonlarının yerleşimi

2.2. Çevre Kirliliği ve Ağır Metallerin Etkisi

Çevre kirliliği, herhangi bir maddenin ya da enerji formunun dağılmasından veya güvenli şekilde depolanmasından daha hızlı oranda çevreye verilmesi ile oluşmaktadır. Kirliliğe hem doğal maddeler hem de üretilmiş yapay malzemeler kaynak oluşturabilmektedir. Temel olarak hava, su ve toprak kirliliği üç ana türünü oluştursa da çevre kirliliği ile ilgilenen profesyoneller ayrıca ışık, gürültü, plastik ve radyoaktif maddeler gibi kirleticiler ile de ilgilenmektedirler. Tüm bu kirlilik çeşitleri hem insan sağlığı ve gelişimi hem de diğer canlılar ve ekosistem üzerine zararlı etkilere sahiptir (24).

Çevre kirliliği iki ana kaynaktan meydana gelebilmektedir. Orman yangınları, volkanik patlamalar gibi doğa olayları ilk kaynağıdır. Özellikle sanayileşme ile birlikte

antropojenik yani insan faaliyetleri sonucu oluşan kirlilik de diğer diğer kaynağı oluşturmaktadır.

Çevre kirliliğinin en sık nedenlerinden olan atık problemi son yıllarda hem Türkiye'de hem de dünyada önlem alınmaya çalışılan konuların başında gelmektedir. Türkiye'de 2022 yılı istatistiklerine göre toplamda 109,2 milyon atık oluşmuştur. Bu atıkların halen büyük bir bölümü geri dönüşüm işlemine tabi tutulamamaktadır (25).

Ağır metaller kimyasal ve mikrobiyolojik bozunmaya dirençlidir, bu nedenle çevreye salındıktan sonra da birikerek varlıklarını sürdürmektedirler (26). Başlıca sularda, toprakta, havada ve gıdalarda birikim göstermektedirler. Topraklar ağır metallerin başlıca depo yerlerindendir. Doğal olarak yer kabuğunda bulunmaları dışında antropojenik (insan faaliyetleri) olarak madencilik, atık bertarafı, tarımsal kullanım, farmasötik kullanım ve atıklar gibi yollarla birikim gösterebilmektedirler (27). Çevre kirliliğinin kaynaklarından biri de teknolojik ve sanayideki gelişmelerle birlikte artan elektronik atıklardır (e-atık). Birleşmiş Milletler'in 2024 yılı Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri Raporu'nda, 2030 yılına kadar e-atık üretiminin kişi başı 10 kg olması beklenmektedir. Bu durumda e-atıkların uygun şekilde toplanarak geri dönüşümünün sağlanması büyük önem arz edecektir (28).

2.3. Ağır Metal Tanımı ve Sınıflandırılması

Ağır metaller, yüksek atom ağırlığına ve sudan en az beş kat daha fazla yoğunluğa sahip doğal olarak oluşan elementlerdir (2). Tanım olarak 4 g/cm^3 'ten daha büyük yoğunluktaki elementler ağır metal olarak isimlendirilirler. Yer kabuğunda doğal olarak bulunurlar. Doğada yok edilmesi mümkün olmadığından doğal ve antropojenik durumlar sonucu birikme gösterirler (29).

2.4. Ağır Metaller ve İnsan Sağlığı

DSÖ tüm ölümlerin %23'ünün, çocukluk çağı ölümlerinin ise %26'sının değiştirilebilir çevresel faktörler nedeniyle kaynaklandığını belirtmektedir (30).

Sanayileşme ve teknolojik gelişmeler sonucu artan miktarlarda kaynaklardan ağır metallerin çıkarılması, çevreye daha fazla aktarılması ile sonuçlanmaktadır (31). Çevresel birikimin doğal bir sonucu olarak ağır metallere insan maruziyetinde artış ve geniş kapsamlı potansiyel etkiler görülmektedir (32). Maruziyet solunum yolu, cilt yolu ve ağızdan alım yani oral yol ile olabilmektedir. Ağır metallerin insan sağlığı üzerine etkileri akut (≤ 14 gün), ara (14-365 gün) ve kronik (≥ 365 gün) etkiler olmak üzere zamansal olarak üçe ayrılmaktadır (33).

Çocuklar, ağır metaller gibi tehlikeli kimyasallara duyarlılık açısından yetişkinlerden farklılıklar gösterirler. Bu durum kimyasalın özelliğine göre değişmektedir. Yetişkin yaş grubuna göre daha fazla ya da daha az etkilenim gösterebilirler ve etki gelişim dönemine göre de değişebilir (34). Çocuk sağlığı açısından yapılan çalışmalarda ağır metallerin farklı sistemler üzerine etkileri ortaya konmaktadır. Çocuklar üzerinde yapılan çalışmalarda çeşitli malignitelerle ilişkilendirilmelerinin yanında, özellikle nörogelişimsel etkileri ile ilgili etkiler de ön plana çıkmaktadır. Ağır metal maruziyeti ve otizm spektrum bozukluğu ilişkisinin incelendiği bir meta analiz çalışmasında cıva, kurşun, kadmiyum ve arsenik ağır metallerinin otizm ile ilişkili olduğu gösterilmiştir (35).

2.5. Ağır Metallerin Toksisitesi

Metalik elementler insan sağlığına etkileri açısından gerekli olanlar ve toksik olanlar olarak iki ana gruba ayrılabilir. Fakat gerekli olan metallerin de doza bağımlı olarak toksik etki göstermeleri söz konusu olabilir. Ağır metallerin insan vücudundaki metabolizması ve toksik etkileri net olarak anlaşılamamıştır (2). Her ne kadar ağır metallerin insan sağlığı üzerindeki etkileri net olarak aydınlatılamasa da değişen dozlarda meydana getirdiği, bilimsel olarak tespit edilmiş, insan sağlığı açısından bazı olumsuz etkileri mevcuttur. Ağır metaller insanlar üzerine bazıları yüksek dozda alımı sonucu bazıları ise düşük dozda bile alımı halinde toksik etkilere neden olabilmektedir. Örnek olarak krom, bakır gibi ağır metallerin fazla alımı toksik etkilere neden olurken; cıva, kadmiyum, arsenik, kurşun gibi ağır metallerin tüm dozlarda alımı toksik etkiye sahiptir (36). Ağır metaller toksik etkileri ve düzeyleri nedeniyle tüm dünyanın dikkatle takip etmesi gereken kirleticiler arasında yer almaktadırlar. Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (USEPA), arsenik, kadmiyum, cıva, kurşun, bakır, krom ve nikel gibi ağır

metalleri öncelikli tehlikeli maddeler olarak kabul etmektedir (37). Ayrıca bu ağır metaller dışında da birçok ağır metalin çevre ve insan sağlığı açısından tehlikeli olabileceği yapılan birçok çalışmada gösterilmiştir (2,38). Aşağıda çalışmaya dahil edilen ağır metaller ve özellikleri verilmektedir.

2.5.1. Arsenik (As)

Arsenik doğal olarak oluşan ve yaygın olarak bulunan bir ağır metaldir. Bilinen en tehlikeli kimyasallardan biridir. ABD merkezli Zehirli Maddeler ve Hastalık Kayıt Kurumu (ATSDR)'nun öncelikli tehlikeli maddeler listesinde ilk sıradadır (39). Arsenik bileşikleri organik, inorganik ve arsin gazı olmak üzere üç gruba ayrılabilir. Arsenik değerlik durumuna göre elementel arsenik (0), arsenat (+5), arsenit (+3) ve arsin gazı (-3) olarak ayrılabilir (40). As ticari olarak da yaygın şekilde kullanılmaktadır. Bu nedenle doğal olarak bulunması dışında, endüstriyel olarak çeşitli yollarla da çevreye salınabilmektedir (41). As kullanım açısından ticari olarak elektronik, madencilik, ahşap koruma, tarım ve tıp gibi birçok farklı endüstriyel sahada gözlenebilmektedir (42). Özellikle madencilik, fosil yakıt tüketimi ve pestisit uygulamaları gibi insan faaliyetleri sonucu arsenik kirliliği ortaya çıkabilmektedir (43).

İnsanların arsenik maruziyeti çeşitli çevresel kaynaklar aracılığı ile olmaktadır. Bu kaynaklar gıdalar, su, toprak ve havadır (44). İnsan vücuduna alımda ana kaynak yer altı sularıdır (45). Gıda maruziyetinde özellikle uluslararası literatürde pirinç ve baklagil tüketimi üzerine yoğunlaşılmaktadır (46,47). Topraklardaki doğal arsenik içeriği dünyanın farklı bölgelerinde belirgin farklılık göstermekte ve 0,01 ile 600 mg/kg arasında değişmektedir. Ortalama olarak yaklaşık 2–20 mg/kg civarı olduğu değerlendirilmektedir (42).

İnsan etkileri açısından birçok çalışma yapılmış, çeşitli mekanizmalar ile insanlar üzerinde akut ve kronik maruziyetin farklı etkileri olduğu ortaya çıkarılmıştır. Akut maruziyet sonrası gastrointestinal sistem bulguları, kas ağrısı, kas krampları, yorgunluk, cilt döküntüleri ve deliryum gibi durumlar görülebilir (48). Kronik maruziyet sonrası ise kanserojen ve kanserojen olmayan zararlı etkileri olduğu tespit edilmiştir. İnsanlarda özellikle cilt kanserleri, meme, larinks, akciğer, böbrek, mesane kanseri gibi birçok farklı sistemi ilgilendiren kanserlerin oluşumunda etkili olduğu yapılan çalışmalarda

gösterilmiştir (49). Kanserojen olmayan sağlık etkileri açısından ise arseniğin dermatolojik, kardiyovasküler, respiratuvar, renal, nörolojik hastalıkların ve pankreasa etkisi sonucu diabetes mellitus riskini arttırdığı saptanmıştır (40,48).

Arsenik maruziyeti çocukluk çağında da birçok sağlık sorununa yol açmaktadır. Özellikle son yıllarda yapılan çalışmalarda arseniğin çocukların farklı sistemleri üzerine etkileri incelenmiştir. Örneğin Bangladeş'te yapılan bir kohort çalışmasında, çocukluk çağında arsenik maruziyetinin solunum yollarında inflamasyonu arttırdığı ve akciğer fonksiyonlarında azalmaya sebep olduğu gösterilmiştir (50). Yapılan bir sistematik derlemede birçok çalışmada çocukluk dönemindeki maruziyette pnömoni ve ishal riskinin arttığı gösterilmiştir (31). İspanya'da yapılan bir çalışmada da prenatal arsenik maruziyetinin okul öncesi çocukluk çağında nörogelişimsel düzeyi olumsuz yönde etkileyebileceği ortaya konulmuştur (51).

2.5.2. Kadmiyum (Cd)

Kadmiyum, ATSDR'nin öncelikli tehlikeli maddeler listesinde yer alan bir diğer ağır metaldir (39).

Diğer ağır metallerde olduğu gibi doğal ve antropojenik olmak üzere iki temel kaynağı bulunmaktadır. Endüstriyel kullanımı arasında en sık çeşitli alaşımların oluşumu batarya ve pil üretimi, madencilik, metal kaplama ve gübre sanayii sayılabilir (52). Fosil yakıtların kullanımı, çöp toplama alanlarındaki sızıntılar ve çeşitli gübrelerin kullanımı da kadmiyum birikimine neden olmaktadır (53). Toprakta kadmiyum varlığı, toprak pH'sı ve organik madde mevcudiyeti gibi çeşitli faktörlerle yakından ilişkilidir (54). Dünyanın birçok yerinde yüzey topraklarında kadmiyum içeriği 0,07-1,1 mg/kg arasındadır. Avrupa'da ise üst toprakta < 0,03 ile 0,8 mg/kg arası değişmektedir, medyan değer ise 0,14 mg/kg' dir. Topraktaki kadmiyumun %90'ının ilk 15 cm'de kaldığı bilinmektedir (55).

Kadmiyum'a insan maruziyeti açısından başlıca yollar gıda alımı, içme suyu, kirli toprak ve toz ile temas ve tütün dumanı maruziyetidir. Özellikle tütün yaprakları doğal olarak yüksek miktarda kadmiyum biriktirmektedir (54,56). Sigara kullanımı ya da sigara dumanı maruziyeti sonucu solunum yolu ile kadmiyum alınacağı gösterilmiş olup günde ortalama 20 sigara içen birinin yaklaşık 1 mikrogram kadmiyumu vücuduna aldığı gösterilmiştir (57). Kadmiyumun bağırsaktan emilimi ile ilgili veriler net olmamakla

birlikte, %44'e kadar çıkabileceği bu nedenle çocuklar ve genç erişkinler için daha fazla çalışmaya ihtiyaç olduğu belirtilmiştir (58).

Kadmiyum insanlarda 10 - 33 yıl olduğu tahmin edilen uzun bir biyolojik yarı ömre sahiptir, bu durum da zamanla vücuttaki miktarının artmasına neden olur. Bu nedenle kadmiyum toksisitesi genellikle kronik maruziyet sonucu gerçekleşmektedir (59,60). İnsan sağlığına etkileri incelendiğinde renal sistem, solunum sistemi, kas-iskelet sistemi üzerine ve üreme sağlığına etkileri olduğu yapılan çalışmalarda gösterilmiştir (61,62). Özellikle hava yolu ile alımlarında solunum yolu hasarına neden olduğu, ayrıca sigara dumanı, ağızdan alım gibi yollarla maruziyet sonucu renal hasar ve kemik patolojilerine yol açtığı bilinmektedir (63). Kemik dokusunda renal hasar yolu ile etkisi dışında osteoporoza neden olduğu da gösterilmiştir (64). Kadmiyum diğer etkilerinin yanında biriktiği doku ve organlar üzerinde kanserojen özelliğiyle de bilinen bir ağır metaldir (65). Yapılan çalışmalar değerlendirildiği bir sistematik derlemede mesane, akciğer, meme, pankreas ve prostat kanserleri ile ilişkisi gösterilmiştir (66).

Çocuklarda özellikle fetal dönemde ya da erken çocukluk döneminde alımların nörogelişimsel bozukluklara yol açabileceği, yine çocuklarda daha az görülmekle birlikte kanserojenik etkileri de olabileceği gösterilmiştir (67). Japonya'da doğum öncesi kadmiyum maruziyeti ile çocuk gelişim ilişkisinin incelendiği bir çalışmada geçici olarak çocuk gelişimini olumsuz yönde etkilediği gösterilmiştir (68). Ayrıca bir diğer çalışmada ürogenital etkileri açısından kız çocuklarında adet gecikmesine neden olduğu da gösterilmiştir (69).

2.5.3. Cıva (Hg)

Cıva havada, suda ve toprakta bulunabilir. Doğada elemental veya metalik cıva, inorganik cıva ve organik cıva (genellikle metil veya etil cıva) olmak üzere üç formda bulunduğu tespit edilmiştir (70). ATSDR'nin öncelikli tehlikeli maddeler listesinde üçüncü sırada yer almaktadır (39). Oda sıcaklığında cıva elementi buharlaşarak görünmez, kokusuz, toksik bir gaza dönüşebilir. İnorganik form halindeki cıva toprakta ve suda bol miktarda bulunabilmektedir (70). Toprakta ortalama cıva içeriği 20-625 µg/kg arası değişmektedir. En yüksek konsantrasyonlar genelde kentsel çevrelerde ölçülmüştür. Avrupa 'da 10-160 µg/kg arası değişmekte olup medyan değer 40 µg/kg kadardır (55).

Çevrede bulunması doğal yollardan ve insan kaynaklı olarak meydana gelmektedir. İnsan kaynaklı birikimler büyük ölçüde termik santraller, madencilik faaliyetleri (özellikle altın madenciliği), tıbbi amaçlı kullanım, floresan ampül üretimi, cıva içeren atıkların bertarafı, termometre üretimi ve pestisit kullanımı sayılabilir (71,72).

Sürdürülebilir Kalkınma Raporu 2024'te de belirtildiği gibi elektronik atıkların uygun şekilde toplanması halinde 2030 yılında 34.000 kg cıva emisyonu önlenebilecektir (28).

Cıva'nın insan sağlığına etkileri birçok çalışmada ele alınmıştır. Özellikle nörotoksik özellikleri ön plana çıkmaktadır. Nörolojik sistem, cıva ağır metaline karşı en hassas sistemdir. Bunun dışında böbrek ve karaciğer üzerinde de toksik etkileri tespit edilmiştir (73). Deniz ürünleri aracılığıyla alınabilen metilcıva formu görme kaybı, nörolojik defisitler, kas güçsüzlüğü gibi etkilere neden olurken; elemental cıva formu nöromüsküler ve nöropsikiyatrik değişikliklere neden olabilir (74). 2019 yılında yayımlanan bir çalışmada cıvanın inflamatuvar süreçlere etki ettiği ifade edilmiştir (75). Yapılan bazı sistematik derlemelerde de cıvanın renal hasara ve kardiyovasküler patolojilere sebep olabileceği gösterilmiştir (76,77).

Çocuklar üzerine etkileri incelendiğinde, intrauterin maruziyetin çocukların bilişsel ve fiziksel gelişimine olumsuz etkileri olduğu gösterilmiştir (78). Tarihsel olarak bilinen en büyük ağır metal felaketlerinden olan Minamata hastalığı insan faaliyetleri sonucu ağır metallerin meydana getirebileceği sağlık sorunlarını göstermesi açısından önemli bir örnek olarak karşımıza çıkmaktadır. 1950'li yıllarda Japonya'nın Minamata Körfezi'ne cıva karışması sonucu bilinen 60'ın üzerinde nörolojik defisitli doğum meydana gelmiştir (79). Ayrıca çocukluk çağı maruziyetinin renal, hematolojik ve immünolojik sorunlara da yol açtığı bilinmektedir (80–82).

2.5.4. Kurşun (Pb)

Kurşun yer kabuğunda doğal olarak 15-20 mg/kg civarı bulunan bir ağır metaldir (83). Fakat antropojenik kaynaklar sonucu birikimi nedeniyle düzeyi büyük farklılıklar gösterebilmektedir (84). ATSDR'nin öncelikli tehlikeli maddeler listesinde ikinci sırada yer almaktadır (39). DSÖ verilerine göre kimyasallara maruziyet nedeniyle bilinen iki milyon

ölümün yaklaşık yarısının kurşun maruziyeti nedeniyle olduğu tahmin edilmektedir (85). Genelde yüzey toprağının ilk 5 cm'sinde gözlenen kurşunun doğal içeriği 10-30 mg/kg arası değişmektedir. Avrupa'da 10 mg civarından 70 mg/kg arası değiştiği ve medyan değerin 22,6 mg/kg olduğu tahmin edilmektedir (86).

Kurşun endüstriyel kullanımı yaygın olan ağır metallerdendir. Antropojenik kaynakları madencilik, kurşunun geri dönüşümü, geçmişte yoğun olarak kullanılan kurşunlu benzin ve havacı taşıtı yakıtı kullanımı, pil endüstrisi, silah endüstrisi, boya sanayii, elektronik atıklar gibi insan faaliyetlerinin sonucudur (86). ABD'de 1980'li yıllarda, Avrupa'da ise 1990'lı yıllarda yasaklanmasına rağmen kurşunlu benzin kullanımının etkileri halen devam etmektedir (87).

Özellikle kurşunlu benzin kullanımı ile kirlenmiş toz veya toprak, kurşunlu boyalar, kirlenmiş yiyecekler veya kurşunun yabancı cisim olarak yutulması gibi ağız yoluyla alım sonucu kurşun zehirlenmesi meydana gelebilir. Kurşun, atmosferde taşınması sonucu dünyanın her yerine yayılabilmektedir (88). Özellikle çocukların kurşun maruziyeti ile çevresel tütün dumanı arasında ilişki olduğu da gösterilmiştir (89).

Kurşun ağır metalinin insan vücudunda birçok farklı organ ve sisteme etki ettiği saptanmıştır. Kurşunun kronik maruziyeti sonucu nörotoksisite, hematolojik, hepatolojik kanserojenik, immünolojik etkiler ve endokrin sistem ile ürogenital sistem üzerine olumsuz etkileri olduğu kanıtlanmıştır (90).

Çocuklarda ilk toksik etkileri boya endüstrisinde kullanımı sırasında fark edilmiştir (91). Çocuklar üzerinde de oldukça toksik olduğu gösterilen kurşun ağır metali kanda düşük seviyede saptanması durumunda bile nörogelişimsel bozukluklara, büyüme geriliklerine, renal fonksiyon bozukluklarına, işitme sorunlarına ve anemiye neden olabilmektedir (87,92). Doğum öncesi kurşun maruziyetinin erken yaşlarda kan basıncı yüksekliği ile ilişkili olabileceği gösterilmiş, bu durumunda da ilerleyen dönemde kardiyovasküler hastalıklara yol açabileceği ifade edilmiştir (31). Bir diğer çalışmada ise elektronik atıklara bağlı kurşun maruziyetinin çocuklarda fiziksel gelişimi etkilediği ve kemik dokusunda birikime neden olduğu gösterilmiştir (93).

2.5.5. Bakır (Cu)

Bakır insan vücudu için belirli miktarı gerekli olan esansiyel elementlerdendir. Karaciğer, böbrek, beyin ve kas iskelet sistemi insan vücudunda en çok bulunduğu yerlerdendir (94). Günlük olarak yetişkin bir insanın gıda kaynaklı 900-1000 mikrogram (mcg), çocukluk yaş grubunda ise yaşa göre değişmekle birlikte 400-700 mcg arası bakır alımı önerilmektedir (95).

İnsan vücudu için gerekli olan kısım açısından tohum ve kuruyemişlerde, sakatatlarda, deniz ürünlerinde, tahıllarda ve çikolatada günlük alımı karşılayacak düzeyde bulunmaktadır (96).

Bakır endüstrisinin günümüzde sera gazı emisyonlarının 25 milyon tonla % 0,2'sini oluşturduğu tahmin edilmekte ve 2050 yılında iki katına ulaşması beklenmektedir (97).

Bakır, sanayide kullanım sonucu baca gazları, jeolojik olarak birikimin rüzgarlarla taşınması sonucu; sularda korozyon ya da endüstriyel atıklardan geçiş sonucu birikim ile havada; doğal olarak ya da gıda yüzeyinde pestisit kullanımı sonucu gıdalarda; sanayi, maden, e-atık, pestisit kullanımı, fren balataları, lastik aşınması gibi durumlar sonucu ise toprakta birikmektedir (98,99).

Bakır birçok farklı alanda kullanımı olan bir ağır metaldir. Endüstriyel kullanım olarak genelde batarya üretiminde, tarımda, pestisit üretiminde, çatı kaplamalarında, ev eşyalarında kullanılmaktadır (100,101). Bakır maruziyeti özellikle yeraltı suları, gıdalar ve havada asılı partiküller ile maruziyet, bakır kapların kullanımı, kirlenmiş toprak ile temas aracılığı ile meydana gelebilmektedir (99).

Hem eksikliği hem de fazlalığı insan sağlığı açısından olumsuz etkilere neden olmaktadır. Yetersizliğinde kardiyak etkiler, kolesterol ve glukoz metabolizmasında sorunlar, bağ doku bozuklukları, iskelet sistemi patolojileri ve immün sistemde sorunlar meydana gelebilir (102). Literatürde Alzheimer hastalığı açısından hem eksikliğinin hem de fazlalığının risk faktörü olduğuna yönelik çalışmalar bulunmaktadır (102,103). Vücutta fazla birikimi durumunda ise hemen hemen tüm sistemlere toksik etkileri meydana gelmektedir. Karaciğer, gastrointestinal sistem, hematolojik sistem, nörolojik sistem ve renal sistem en sık etkilenen vücut yapılarıdır (99). Sıklıkla çocukluk çağında tanı alan ve

vücutta bakır birikimi ile karakterize olan Wilson hastalığı durumunda, toksisite riski daha yüksektir (104).

Çocuklar açısından eksikliği nadir olarak görülebilir, aşırı alım durumunda ise toksik etkileri nedeniyle sağlık açısından olumsuz sonuçlara yol açabilir. Birçok genetik hastalıkla da ilişkili olan bakır birikimi sonucu bulantı, kusma, karın ağrısı, ishal gibi gastrointestinal belirtiler ortaya çıkabilir. Bunun dışında karaciğerde siroza gidebilecek düzeyde toksik etkilere, hemolitik anemiye, nöropsikiyatrik sorunlara da neden olabilmektedir (99,105).

2.5.6. Krom (Cr)

Krom doğada kayalarda, bitkilerde, hayvanlarda ve toprakta bulunabilen ağır metallerdendir. Krom (0), krom (3) ve krom (6) olmak üzere üç ana formu bulunmaktadır. İnsan sağlığı için az miktarda olmak kaydıyla krom (3) gereklidir (106). Önerilen günlük alım dozu yetişkinlerde minimum 25-35 mcg arası, çocukluk yaş grubunda ise yaşla değişmekle birlikte minimum 15-25 mcg arasındadır (107).

Çevredeki kromun yaklaşık %70'i antropojenik kaynaklıdır ve suda, havada, toprakta birikmektedir. Dünya çapında endüstriyel süreçler sonucu yılda yaklaşık 16,4 milyon tondan fazla krom üretildiği bilinmektedir. İnsan kaynaklı kullanımları metal endüstrisi, ahşap koruma, kağıt fabrikalarının atıkları, termik santrallerin deşarjları, rafineriler, deri endüstrisi, kentsel yağmur suları aracılığı ile olmaktadır. Ayrıca boya sanayii, pestisit üretimi ve cam endüstrisinde de kullanımı bulunmaktadır. Bunun dışında meyvelerde, sebzelerde, kuruyemişlerde ve etlerde eser miktarda yer almaktadır (108,109).

İnsan sağlığı açısından eser miktarda yeterli ve gerekli olan krom, eksik veya fazla dozlarda ise çeşitli sağlık sorunlarına yol açmaktadır. Eksik alımı durumunda periferik nöropati, açıklanamayan kilo kaybı gibi etkileri gözlemlenmiştir (107). Toksik dozlarda alım açısından yapılan çalışmalarda özellikle ilgili sanayi dallarında çalışan işçilerde astım ve alerjik reaksiyonlar gibi solunum sistemi sorunlarına, bunun dışında maruziyet sonucu gastrointestinal problemlere, anemiye, erkeklerde ürogenital sorunlara neden olabileceği saptanmıştır. Krom (6) formunun ise akciğer, mide ve bağırsaklarda tümör oluşumu ile ilişkili olduğu gösterilmiştir (106).

Çocuklar üzerine etkileri açısından ise yeterli düzeyde çalışma bulunmamaktadır. Etkiler açısından yetişkin yaş grubu ile benzer sonuçlara yol açabileceği değerlendirilmektedir (106). Çin'de bir endüstriyel alanda yaşayan çocuklarda yapılan bir çalışmada kanda krom seviyeleri, ilgili endüstrinin olmadığı bölgede yaşayan çocuklara göre daha fazla saptanmış ve bu durumun büyüme gelişme düzeyi ile ilişkili olabileceği bulunmuştur (110). İspanya'da yapılan bir çalışmada ise çocuklarda krom seviyesi yüksekliğinin nöropsikiyatrik gelişime zarar verebileceği gösterilmiştir (111).

2.5.7. Nikel (Ni)

Nikel, doğal olarak yer kabuğunda olan ve birkaç formda bulunabilmekle birlikte çevrede en sık +2 formunda bulunan bir ağır metaldir (112).

Nikel birçok alanda insanlar tarafından kullanılan bir ağır metaldir. Özellikle teknolojik ilerlemelerle birlikte kullanımı daha da artmıştır. Pil ve batarya üretimi, çeşitli alaşımların oluşumu, sağlık sektöründe cihaz yapımı, mimari, enerji sektörü gibi endüstriyel dallar kullanım alanlarına örnek olarak verilebilir (113).

Nikel hava, su ve toprakta doğal yollardan ve antropojenik kaynaklar sonucu birikim gösterir. Doğal kaynaklara örnek olarak tozlar, volkanik küller, orman yangınları sayılabilir (33). Antropojenik kaynaklar incelendiğinde ise, petrol ve petrol ürünlerinin kullanımının büyük bir çoğunluğu oluşturduğu görülmektedir (114) Bunun dışında fosil yakıtların kullanımı, sigara dumanı, fabrika atıkları, evsel atıklar gibi kaynakların da atmosferde nikel birikimine neden olduğu bilinmektedir (33,115,116).

Nikel, Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı (IARC) tarafından da insan için kanserojen olarak sınıflandırılmıştır (117). Nikel maruziyeti insanlarda solunum sistemi patolojilerine, hipersensitivite reaksiyonlarına, cilt reaksiyonlarına, ürogenital sistem patolojilerine ve kanserojenik etkilere neden olabilmektedir. Yapılan çalışmalarda inhalasyon yolu ile maruziyet sonucu akciğer kanseri riskinde artış olduğu saptanmıştır. Sınırlı sayıdaki çalışmada ise oral yoldan alım sonucu ise topraktaki nikel seviyeleri ile farklı kanserlerin insidanslarındaki artış ile korele olduğu görülmüştür (33).

Nikel, çocuklarda alerjik reaksiyona yol açarak dermatit riskinin sık olduğu ağır metallerdendir (118). Ayrıca solunum yolu hastalıklarına ve nefrotoksik etkiye, uzun süreli

maruziyette kanserojenik etkilere sahip olduğu değerlendirilmektedir (119). Özellikle nikel ile ilişkili endüstriyel alanlarda yaşayan ya da bu alanlarda çalışan çocukların nikel seviyesi yüksek saptanmaktadır. Örneğin Pakistan'da yapılan bir çalışmada okul yaş grubunda cerrahi alet üretim endüstrisinde çalışan ve okula giden çocuklar karşılaştırılmış ve kanserojen olduğu bilinen nikel seviyesi belirgin olarak yüksek saptanmıştır (120).

2.5.8. Kobalt (Co)

Kobalt insan vücudunda özellikle B12 vitamininin oluşumu için gerekli olan bir ağır metaldir. Diyetle alımı günde 5-50 mcg arasında değişir ve çoğu inorganik formdadır (121).

Diğer ağır metallerde olduğu gibi doğada kobalt birikimi doğal ya da antropojenik kaynaklardan olabilmektedir. Antropojenik kaynaklarda atmosfere salınım ve sonrasında toprak ve sularda birikimi fosil yakıt kullanımı dolayısıyla termik santraller ve araç egzoz dumanları, kanalizasyon çamurları, fosfatlı gübre kullanımı ve madencilik işlemleri gibi yollardan olabilmektedir (122).

İnsan maruziyeti gıdalarla oral alım, direk temas ve solunum yolu ile meydana gelebilmektedir. Bunların dışında metal protezlerde de yer alan kobalt uygun olmayan koşullarda kullanımı ve B12 vitamininin ticari kullanımı siyanokobalaminin uygunsuz kullanımı kronik toksisiteye neden olabilmektedir. Maruz kalım mesleki açıdan en sık solunum yolu ile meydana gelmektedir. Uzun süreli maruziyet akciğer fonksiyonlarında azalma ve interstisyel akciğer hastalığı ile sonuçlanabilir. Fazla maruziyet durumunda kardiyak toksisiteye, endokrin, nörolojik ve gastrointestinal etkilere neden olabilir. Alerjik reaksiyonlar da bilinen etkileri arasındadır. Oral alım toksisitesi sonucu polisitemi gibi hematolojik sorunlara yol açabileceği gösterilmiştir. Kanserojen olarak belirtilmemesine rağmen hayvan çalışmalarında inhale maruziyetler sonucu bu etkilerinin de olabileceği saptanmıştır (122–124).

Çocuk sağlığı açısından literatürde az sayıda çalışma vardır. Sınırlı sayıdaki çalışmada kontakt dermatit ve duyarlı bireylerde astım gibi sağlık sorunlarına yol açabileceği gösterilmiştir (122).

2.5.9. Demir (Fe)

Demir insan sağlığı için hayati ve esansiyel olan elementlerdendir. Hemoglobinde oksijen taşıyıcısı olarak görev yapmaktadır (125). Bunun dışında fiziksel ve nörolojik gelişimde, hücresel bazı fonksiyonlarda, bazı hormonların sentezinde de gereklidir (126).

Demir hem hayvansal hem de bitkisel kaynaklardan karşılanabilir. En zengin kaynak olarak kırmızı et ve deniz ürünleri gösterilebilir. Yetişkin yaş grubunda gerekli olan günlük alım 8-18 mg arası değişmekte iken, çocukluk yaş grubunda 7-15 mg arasındadır (126).

Doğada en çok bulunan elementlerden olan demirin birikimi doğal yollar olduğu kadar antropojenik kaynaklı da olmaktadır. Toplumların gelişimi ve sanayileşmesi ile demir madeni birçok alanda kullanılır hale gelmiştir. Bu durumun bir sonucu olarak hava, toprak ve suda ölçülen düzeyleri de artmış durumdadır (127).

İnsan sağlığı için hayati öneme sahip olan demir homeostazı bozulduğunda birçok sağlığı sorunu meydana gelebilmektedir. Yapılan çalışmalarda vücut demir dengesinde bozulma akut ve kronik birçok sağlık sorununa yol açtığı gösterilmiştir. Aşırı tiroid hormon sentezinde, enfeksiyon riskinin artışında, diyabet, kardiyovasküler hastalıklar, nörodejeneratif hastalıklar ve çeşitli kanserlerin meydana gelmesinde etkili olabileceği gösterilmiştir (128).

Çocukluk yaş grubunda demir eksikliği anemi, gastrointestinal bozukluklar, bilişsel işlevlerde yavaşlama, öğrenme güçlükleri, bağışıklık sisteminde bozulma gibi sağlık sorunlarına yol açabilir (129). Fazla dozda maruziyet ise kabızlık, bulantı gibi gastrointestinal etkilere, doku hasarlarına, kalp, karaciğer ve pankreas fonksiyonlarında bozulmaya multiorgan yetmezliklerine neden olabilir (126).

2.5.10. Çinko (Zn)

İnsan vücudundaki demirden sonra en çok bulunan ikinci elementtir. Çinkonun, en zengin kaynakları olarak et, yumurta, süt ürünleri, balık ve diğer deniz ürünleri gösterilebilir (130). Yetişkin yaş grubunda gerekli olan günlük alım 8-11 mg arası değişmekte iken, çocukluk yaş grubunda 3-8 mg arasındadır (131).

Çinko birçok endüstriyel alanda kullanımı olan ağır metallerdendir. Antropojenik kaynaklara pestisit, boya endüstrisi, lastik üretimi, kentsel atıklar, endüstriyel atıklar, madencilik ve termik santraller örnek olarak verilebilir (132).

Çinkonun hem eksikliği hem de fazla dozda alımı sağlık etkilerine neden olmaktadır. Eksikliği durumun kas iskelet sistemi, gastrointestinal sistem, ürogenital sistem, nörolojik sistem ve bağışıklık sistemi etkilenebilir (133). Fazla alımı sıklıkla gıda takviyelerinin doğru olmayan kullanımı, diş protezi yapıştırıcıları gibi nedenlerle meydana gelebilmektedir. Toksik dozlarda nörolojik semptomlara, gastrointestinal etkilere ve bağışıklık sisteminin baskılanmasına neden olabilir (131).

Çocukluk yaş grubunda ise eksikliği durumunda ishal, alopesi, büyüme geriliği, anemi, bağışıklık sisteminde bozulma sonucu enfeksiyon riskinde artış meydana gelebilmektedir (131).

2.5.11. Alüminyum (Al)

Dünyada en çok bulunan ve demirden sonra en çok kullanılan metalik elementtir. Dünya kabuğunun yaklaşık %8' ini oluşturur. Elektromanyetik endüstrisinde, paketli gıda endüstrisinde, ilaç sanayisinde, petrokimya sektöründe, otomotiv endüstrisinde ve inşaat sektöründe sıklıkla kullanılmaktadır (134). Ayrıca sıklıkla gıda katkı maddesi ve su arıtımında koagülan olarak kullanımı mevcuttur (135).

Topraklardaki arka plan alüminyum konsantrasyonu, yaklaşık 7-100 g/kg arasında büyük ölçüde toprak özellikleri ve coğrafyaya göre değişmektedir. Alüminyum, toprakta doğal yollardan ve antropojenik kaynaklı olarak birikim gösterebilir. Doğal yoldan kayaçların çözünmesi ile birikebileceği gibi endüstriyel faaliyetler ve katı atık birikimi sonucu topraktaki seviyeleri artış gösterir (136).

Alüminyum insan vücuduna solunan hava, cilt teması, gıda ve sulardan sindirim sistemi yoluyla alım sonucu az miktarda alınabilmekte ve alınan miktarın da çoğu dışkı ve idrarla atılmaktadır. Günlük yaklaşık 0,10-0,35 mg/kg alım olduğu tahmin edilmektedir. Aşırı alım durumlarında solunum sistemi problemleri, nörolojik sistem hasarları, böbrek hasarı olan kişilerde atılımın azalmasına bağlı yine nörolojik ve kas iskelet sistemi

sorunları meydana gelebilmektedir. Yüksek dozda alüminyum alımının net olmamakla birlikte Alzheimer hastalığının risk faktörü olduğu değerlendirilmektedir (136).

Çocuklara etkileri açısından incelendiğinde, özellikle böbrek hasarı olan çocuklarda birikime bağlı kas iskelet sistemi ve beyin hasarı bildirilmiştir. Kemik hasarının sebebi olarak midede alüminyumun fosfat emilimini engellemesi gösterilmiştir (136).

2.5.12. Manganez (Mn)

Manganez birçok kaya ve toprak türünde bulunan ağır metallerdendir. Dünyada en çok bulunan 12. elementtir. İnsanların maruziyeti hava, su ve topraktaki birikim sonucu olabileceği gibi gıda tüketimi ve bir miktar da tütün ürünlerinin kullanımına bağlı olarak meydana gelmektedir. Diğer ağır metaller gibi manganez düzeyi de farklı bölgelerde değişmektedir. Topraktaki konsantrasyonunun 40-900 mg/kg arası değişirken, ortalama arka plan konsantrasyonunun 330 mg/kg olduğu değerlendirilmektedir (137).

Manganez endüstride birçok farklı alanda kullanılmaktadır. En sık metal endüstrisinde alaşımların oluşturulmasında olmak üzere, gübre, cam, pil, boya ve petrokimya endüstrisi, akaryakıtların katkı maddeleri gibi farklı sektörlerde kullanımı mevcuttur (138).

Birçok gıdada doğal olarak bulunan manganez, insanlar tarafından gıda takviyesi olarak da kullanılabilmektedir. Belirli dozlarda insan sağlığı için gerekli olduğu bilinmektedir. Yetişkinlerde gerekli günlük ortalama doz 1,8-2,3 mg/gün arasında iken çocukluk yaş grubunda yaşa göre değişmekle birlikte 1,2-1,9 mg/gün arası değişmektedir. (137). Yüksek dozlarda alımı durumunda ise nna yol açtığı tespit edilmiştir. Kanserojen etkileri açısından mevcut veriler net değildir (139). Çocukluk çağı maruziyeti durumunda ise nörogelişimsel geriliklere neden olabileceği ifade edilmektedir (140).

2.5.13. Vanadyum (V)

Yeryüzünde en sık bulunan 22. element olan vanadyum birçok mineralin bileşeni olma özelliğini taşımaktadır. Yerkürede ortalama konsantrasyonunun 100 mg/kg civarı

olduğu değerlendirilmektedir. Toprakta, suda ve havada doğal olarak bulunmaktadır. Havadaki vanadyum meteorolojik durumlara göre uzaklara taşınabilir, su ve toprağa çökebilir. Toprakta vanadyum, doğal salınımlar, minerallerinin aşınması, atmosferden partiküllerinin çökelmesi, sudan ve atıklardan partiküllerin birikmesiyle oluşur (141). Ülkemizde bilindiği kadarıyla Mardin, Şırnak ve Seydişehir bölgelerinde bulunmaktadır. Endüstride sıklıkla çelik alaşımının üretiminde kullanılmaktadır. Ayrıca seramik, cam endüstrilerinde ve büyük ölçekli depolama tesislerindeki pillerde kullanımı söz konusudur (142).

Birçok gıdada düşük dozlarda vanadyum tespit edilmiştir. Gıdalardan günlük ortalama alımın 0,01-0,02 mg arası olduğu tahmin edilmektedir. Bazı takviye gıda ürünlerinde de vanadyum bulunmaktadır. İnsanlar fosil yakıt tüketimi, endüstriyel atıkların yakılması, gübre ve pestisit uygulamaları, enerji santrallerinin yakınında üretilen gıdaların tüketimi, toprakta biriken partiküllere maruziyet sonucu daha yüksek dozda vanadyuma maruz kalabilirler (141,143).

İnsanlarda vanadyum maruziyetinin sağlık etkileri üzerine çalışmalar sınırlıdır. Bu nedenle etkileri net olarak ortaya konamamıştır. Çalışmalarda glukoz metabolizmasının düzenlenmesinde, kardiyovasküler sağlığın korunmasına yardımcı olabileceğini gösterilmekle birlikte kanserojen ve antikanserojen etkileri olabileceği de ifade edilmektedir (144). Toksik etkileri bakımından vanadyum içeren havanın solunması ile hava yolu irritasyonu meydana gelebileceği, gastrointestinal maruziyet sonucu da bulantı, kusma, ishal ve mide krampları gözlenebileceği belirtilmektedir. Yapılan hayvan çalışmalarında ise kardiyovasküler, hematolojik ve kanserojen etkileri olduğu gösterilmiştir. Çocuklar açısından ise etkilerine yetişkinlerden daha duyarlı olup olmadıkları net olarak bilinmemekle birlikte sağlık etkilerinin yetişkinlere benzer olduğu tahmin edilmektedir (141). Örneğin Tayland'da yapılan bir çalışmada çocukluk yaş grubunda vanadyum ve manganez düzeyi yüksekliğinin akciğer fonksiyonlarında bozulmayla ilişkili olabileceği gösterilmiştir (145).

2.6. Topraktaki Ağır Metaller için Ulusal ve Uluslararası Sınır Değerler

Çevre ve insan sağlığı için birçok risk barındırması nedeniyle birçok ülke ve uluslararası kuruluş ağır metal düzeyleri ile ilgili limitler belirlemiştir. Tablo 2.1' de ulusal

ve uluslararası sınır değerler verilmiştir. Alüminyum elementi çalışmamızda referans element olarak kabul edildiğinden tabloya dahil edilmemiştir.

Tablo 2.1. Topraktaki ağır metaller için ulusal ve uluslararası sınır değerler (mg/ kg)

	Ulusal limitler (146)		**FAO Konut bölgesi referans limitleri** (147)	**FAO Hedeflenen değer** (147)	**USEPA**	**Kanada Çevre sağlığı için limitler** (148)	**Kanada İnsan sağlığı için limitler** (148)	**Avusturya limitleri** (149)	**İtalya kentsel parklar için limitler** (149)	**Almanya oyun alanları için limietler** (149)	**Hollanda limitleri** (149)	**Güney Afrika limitleri**(150)
	pH 5-6	**pH>6**										
Arsenik	V.Y.	V.Y.	30	20	V.Y.	17	12	20	20	25	29	5,8
Bakır	50	140	150	100	V.Y.	63	63	100	120	V.Y.	36	16
Cıva	1	1,5	2	0,5	1	12	6,6	2	1	10	0,3	0,93
Çinko	150	300	500	200	V.Y.	250	250	V.Y.	150	V.Y.	140	240
Demir	V.Y.	V.Y.	V.Y.	V.Y.	V.Y.	V.Y.	V.Y.	V.Y.	V.Y.	V.Y.	V.Y.	V.Y.
Kadmiyum	1	3	5	1	0,48	10	14	2	2	10	0,8	7,5
Kobalt	V.Y.	V.Y.	50	20	V.Y.	V.Y.	V.Y.	V.Y.	20	V.Y.	9	300
Krom	100	100	300	100	11	64	64	50	150	200	100	6,5
Kurşun	50	300	300	50	200	300	140	100	100	200	85	20
Manganez	V.Y.	V.Y.	V.Y.	V.Y.	V.Y.	V.Y.	V.Y.	V.Y.	V.Y.	V.Y.	V.Y.	740
Nikel	30	75	150	50	72	200	45	70	120	70	35	91
Vanadyum	V.Y.	V.Y.	300	50	V.Y.	130	130	V.Y.	90	V.Y.	42	150

V.Y. : Veri yok

2.7. Topraktaki Ağır Metal Kirliliği ve Kaynakları

Toprak kirliliği toprağın halk sağlığını ve diğer canlıların yaşamını tehlikeye atacak şekilde toprağın normal kullanımını engelleyen çeşitli etkenlerin toprağa karışmasıdır (151). Toprak kirliliğinin kaynakları diğer kirlilik çeşitlerinde olduğu gibi doğal kaynaklar ve antropojenik kaynaklar olmak üzere ikiye ayrılır. Endüstrileşme ve kaynakların hızlı tüketimi toprak kirliliğini yaygın bir hale getirmiştir. Toprak kirliliğinin yoğunluğu tüm dünyada olduğu gibi Avrupa'da da önemli ölçüde farklılık göstermektedir. Bu durumun nedenleri arasında toprağın özelliği, arazinin sanayi, ulaşım, tarımsal faaliyetler gibi kullanım alanları, atık yönetimi ile tarımsal gübre ve pestisitlerin kullanımı sayılabilir.

Toprak kirliliğini hava ve su kirliliğinden ayıran önemli bir özellik tespit edilmesinin daha zor olması ve kümülatif özellik göstermesidir. Ayrıca kirliliğin geri dönüşü bugünkü koşullarda mümkün değildir ve etkileri uzun vadelidir. Toprağı etkileyen iki ana kirleticilerden biri organik kirleticilerken diğeri de ağır metallerdir. Toprakların ağır metal kirliliği sadece insan sağlığını değil bitki, hayvan hatta bakteri yaşamını da olumsuz etkilemektedir. Topraktaki ağır metal kirliliği sadece direk temas, solunum yolu ya da gastrointestinal yol ile değil, besin zinciri yoluyla da insan sağlığına etki etmektedir (152).

Topraktaki ağır metal kirliliği toprak kirliliği ana başlığında olduğu gibi birçok farklı kaynaktan beslenmektedir. Bölgelere, toprağın doğal özelliklerine, kentsel/kırsal alan özelliklerine, endüstri faaliyetlerinin yoğunluğuna, trafik yoğunluğuna, atık yönetimine, pestisit/gübre kullanımına ve atmosferik birikime bağlı olarak değişiklik göstermektedir.

Kentsel çevrelerde sanayi, ulaşım ve atık sorunlarına bağlı olarak kadmiyum, cıva, nikel gibi ağır metaller daha yoğunlukta iken, tarımsal alanlarda gübre ve pestisit kullanımına bağlı olarak bakır ve çinko gibi metaller daha yoğunlukta görülmektedir (153). Sadece kentsel yaşamda değil, tarımsal alanlar da ağır metal kirliliğinden etkilenmektedir. Avrupa Birliği'nin üye ülkelerinin ekilebilir alanları ile ilgili raporunda ağır metallerin sınır değerleri aşma eğiliminde olduğu ifade edilmiştir (154).

2.8. Kentsel Çevrelerde Ağır Metaller

Kentlerde kırsal kesimlere göre insan yoğunluğu ve buna bağlı olarak sanayi, ulaşım, atıklar ve fosil yakıt kullanımı gibi kirlilik kaynaklarının da belirgin olarak fazla olduğu bilinmektedir. Kentlerde yoğun miktarda doğal kaynak tüketimi ve buna bağlı olarak da kirleticilerin ortaya çıkması söz konusudur. Kirleticilerin kentsel çevrenin yükünü aşması durumunda ise çevre kirliliği ve sonucunda yok olmasına kadar giden bir süreç yaşanmaktadır. Çeşitli kirleticiler kentsel çevrede birikerek doğrudan toprak, su, hava ve diğer çevresel ortamlar aracılığıyla taşınabilir veya dönüşebilir. Bunun sonucu olarak da doğrudan veya dolaylı olarak kentsel alanda insan sağlığı ve ekoloji için risk oluşturabilir. Kentsel çevrelerde yoğun şekilde kirliliğe neden olan olaylardan biri de ağır metallerin birikimidir (152). Son yıllarda, kentleşmenin hızlanması ve şehir yaşamında ağır metal kirliliğiyle ilgili tehditlerin ortaya çıkmasıyla, kirliliğin özellikleri, mekanizması ve

değerlendirilmesinin araştırılması, ülkelerin yüzleşmesi gereken önemli sorunlar haline gelmiştir.

Sanayileşmiş şehirlerdeki endüstriyel atıklar ve belediye atıkları kentsel kirliliğin önemli sebeplerinden biridir. Avrupa Çevre Ajansı (EEA) kirlilik kaynaklarının önemli bir bölümünün atıklar sebebiyle meydana geldiğini vurgulamaktadır (155).

Toprakların kirlenmesi, kentleşmenin sonucundaki ortaya çıkan acil bir çevre sorunudur. Önemli düzeyde kirletici ağır metal, atıkların birikimi, inşaat sektörü, ulaşım sektörü ve endüstriyel tesislerin işlemleri sonucu kentsel topraklarda birikim göstermektedir. Araç trafiğinin yoğun olduğu şehirlerde fosil yakıt tüketimi ve araçların mekanik sistemlerindeki aşınmayla ilişkili olarak yoğun miktarda ağır metal havaya, sulara, tozlara ve yüzey topraklarına karışmaktadır (156). Yapılan birçok çalışmada özellikle sanayi ve ulaşımın yoğun olduğu kentlerde ağır metallerin seviyeleri arka plan değerlerinin üzerine çıkarak insan ve çevre sağlığına zarar verebilecek boyutlara ulaştığı gösterilmiştir (157–159). Ağır sanayi şirketlerinin bulunduğu şehirlerde Hg ve As gibi ağır metaller daha yoğun bulunmaktayken, trafiğin daha yoğun olduğu alanlarda Pb, Cu ve Zn gibi ağır metallerin daha yoğun olduğu bilinmektedir (160).

2.9. Hava Kirliliği ve Hava Kirliliğinin Ağır Metal Kirliliği ile İlişkisi

Hava kirliliği, atmosferin doğal özelliklerini değiştiren herhangi bir kimyasal, fiziksel veya biyolojik olayın ortamı kirletmesidir. İç ve dış ortam hava kirliliği olarak ikiye ayrılmaktadır. Hava kirliliğinin en sık sebepleri fosil yakıt kullanımı, motorlu taşıt kullanımı, endüstriyel tesisler ve orman yangınları gösterilebilir. Hava kirliliği, solunum yolu patolojileri başta olmak üzere birçok morbidite ve mortalite ile ilişkilendirilmektedir. Her yıl hava kirliliği ile ilişkili yaklaşık yedi milyon erken ölüm meydana gelmektedir (161).

Hava kirliliği, 19. yüzyıl sonrası sanayileşmenin artışı ile belirginleşen, meteorolojik ve coğrafi koşulların uygun olduğu her bölgede ortaya çıkabilen bir sorundur. Özellikle kış aylarında ısınma amaçlı fosil yakıtların tüketiminin artması, ulaşım için araç kullanımının yaygınlaşması ile hava kirliliğinde artış meydana gelmektedir. Hava kirliliği doğal ve yapay hava kirleticiler olmak üzere iki çeşit etkene bağlı olarak ortaya

çıkmaktadır (23). Atmosferik olaylar sonucu üç şekilde karasal ortamda ağır metal birikimi gerçekleşebilmektedir. Yağışlarda bulunan ağır metallerin yeryüzüne inmesi ile olan birikim ıslak birikim, atmosferik parçacıkların ve gazlar ile oluşan birikim kuru birikim, bulut ve sislerden gelen damlacıklar ile oluşan birikim ise bulut birikimi olarak adlandırılmaktadır. Her üç durumda da genelde birikim üst toprak katmanında olmaktadır (162).

Hava kirliliğine neden olan kirleticiler arasında karbon monoksit (CO), kükürt dioksit (SO_2), azot dioksit (NO_2), ozon (O_3) ve farklı boyutlardaki partiküller sayılabilir.

Karbon monoksit, karbon içeren tüm yakıtların yakılması sonucu oluşan renksiz, kokusuz ve zehirli bir gazdır. Ortam havasındaki karbon monoksitin asıl kaynağı motorlu taşıtlardır. Karbon monoksit akciğerler aracılığı ile kana karışarak hücrelerin oksijen bağlamasını engeller. Bunun sonucunda ise myokardiyal infarktüs ve ölüme neden olabilecek seviyede sağlık sonuçlarına yol açabilir (163).

Kükürt dioksit, renksiz ve yanmayan bir gazdır. Özellikle termik santraller esas kaynağını oluşturmaktadır. Her yıl atmosfere salınan kükürt dioksitin yaklaşık % 60 'ı kömürün yakılması nedeniyle oluşmaktadır. Sağlık etkileri açısından hava yollarında irritasyona ve spazma yol açtığı bilinmektedir (164).

Azot dioksit, suda çözünen kırmızı-kahverengi renkli güçlü oksidan özelliği olan bir gazdır. Isınma, endüstri, ulaşım ve enerji üretimi gibi işlemlerde yakıtların yüksek sıcaklıkta yakılması sonucu oluşmaktadır. Astım ve kronik obstruktif akciğer hastalığı (KOAH) gibi solunum yolu hastalıkları ile ilişkilendirilmektedir. Ayrıca tüm nedenlere bağlı mortaliteyi de arttırdığı gösterilmiştir (163,165).

Ozon, uçucu organik bileşikler, CO, NO_2 gibi kirleticilerin fotokimyasal reaksiyonları sonucu oluşan bir gazdır. Özellikle trafik yoğunluğunun yüksek olduğu kentsel alanlarda ozon düzeyinin da yüksek olduğu bilinmektedir. Ozonun insan sağlığı açısından etkileri incelendiğinde, KOAH ve akut alt solunum yolu enfeksiyonu riskini arttırdığı gösterilmiştir (165).

Partikül maddelerden özellikle 10 mikrometre (μm) 'den küçük partikül maddeler akciğerin derinliklerine kadar ulaşabildiğinden insan sağlığı açısından en zararlı türler arasında sayılmaktadırlar Çeşitli endüstriyel süreçler, sanayide, ısınmada ve araçlardaki fosil yakıt tüketimi başlıca kaynaklarını oluşturmaktadır. Özellikle sanayileşmiş ülkelerde

yılda milyonlarca ton partikül madde salınımı olmaktadır (166). Canlılar kurşun, cıva, kadmiyum, nikel, çinko ve vanadyum gibi ağır metallere partiküller yoluyla maruz kalmaktadır. Bu durum da hem insanlar hem de hayvan ve bitkiler için toksik etkilere neden olmaktadır (167). PM10 ve PM2.5 'e kısa süreli maruziyet durumunda her türlü ölüm oranı arasında, spesifik olarak da kardiyovasküler, solunumsal ve serebrovasküler ölüm oranları arasında pozitif bir ilişki mevcuttur (168).

Türkiye'de Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından ilgili mevzuatlara ve uluslararası kuruluşlar referans alınarak ulusal hava kalite indeksi uluşturulmuştur. Ulusal hava kalitesi indeksi, ulusal mevzuatta belirtilen sınır değerler dikkate alınarak beş temel kirletici için hesaplanmaktadır. Bu kirleticiler; PM10, CO, SO_2, NO_2 ve O_3 tür (169).

Ağır metaller, yoğunluklarına atmosferik koşullara ve meteorolojik olaylara bağlı olarak atmosferde taşınmakta ve özellikle yağışlı zamanlarda daha hızlı olacak şekilde yüzeye inerek su ve toprağa karışmaktadır. Birkaç günlük havada kalım sonucu bile uygun hava koşullarında ağır metallerin oluştuğu yerden yüzlerce kilometre ötesine taşınmasına, içeriği gibi özelliklerine göre besin zincirine taşınma özelliği de göstermektedir. DSÖ Avrupa Bölgesi ülkelerinde genel olarak 1990'lı yıllardan sonra havadaki ağır metal konsantrasyonlarında alınan önlemlere bağlı olarak azalma kaydedilse de halen havada sağlık açısından risk oluşturabilecek seviyede ağır metal düzeyi çeşitli ülkelerde kayda geçmektedir. Ağır metallerden hava kirliliğine en çok yol açan ve en tehlikeli olanı kurşundur. Kurşun geçmişte kullanılan kurşunlu yakıtlardan, sanayi tesislerinden, pestisitlerden, boyalardan, fosil yakıt ve atıkların yakılmasından kaynaklanmakta ve havada asılı kalarak taşınabilmektedir. Kadmiyum da benzer şekilde fosil yakıtların ve atıkların yakılması sürecinde havaya karışmakta ve çok küçük partikül maddelerde parçacıklara bağlı olarak bulunabilmektedir. Ayrıca tütün ürünlerinin tüketimine bağlı olarak da çıkan duman sonucu havaya kadmiyum karıştığı bilinmektedir (55).

Ankara ili hava kirliliği açısından dönem dönem limitlerin üzerine çıkmakta ve özellikle belirli bölgelerde kirlilik daha belirgin olarak saptanmaktadır. 2023 yılında toplamdaki 18 istasyondan yeterli veri olarak kabul edilen ≥ %90 ölçüm yapan, PM10 açısından 14 istasyon, PM2.5 açısından ise 11 istasyon bulunmaktadır. 2024 yılında yayımlanan "Kara Rapor 2024 - Hava Kirliliği ve Sağlık Etkileri" raporunda 2023 yılında Ankara'nın PM10 yıllık ortalaması 38,12 $\mu g/m^3$ olup üst limit olan 40 $\mu g/m^3$ seviyesi

düzeyine çok yakındır. Hava kirliliğin belirgin olarak saptandığı yerler genelde sanayi ve trafiğin yoğun olduğu bölgelerdir. Ostim, siteler ve sıhhiye kirliliğin en yüksek ölçüldüğü semtler olarak ön plana çıkmaktadırlar. PM10 açısından siteler semti 70,10 $\mu g/m^3$ ile ilk sırada iken PM2.5 açısından da Ulus semti 54,21 $\mu g/m^3$ ile en yüksek semt konumundadır. Bu değerler AB ve DSÖ kılavuzlarındaki limitlerin çok üzerindedir (170).

Hava kirliliği ile toprak kirliliğinin birbirleri ile etkileşim halinde olduğu ve genelde birlikte seyrettiği birçok çalışmada gösterilmiştir. Çeşitli kaynaklardan salınan ağır metallerin hem havada hem de toprakta birikim yapabileceği ve halk sağlığı açısından risk oluşturabileceği ifade edilmiştir (171). Örneğin bir çalışmada maden alanında hem havada hem toprak zeminlerde benzer ağır metallerin birikim gösterdiği ve kirliliğin belirgin şekilde arttığı tespit edilmiştir (172). Yine yapılan bir diğer çalışmada kış döneminde ısınma amaçlı yakıt yakılması nedeniyle meydana gelen atmosferik birikimin toprak zeminlerde ağır metal kirliliğini arttırdığı saptanmıştır (19). Bu durumlar hava kalitesi ile toprak kirliliğinin ilişkisini incelemek için çalışmamıza yol gösterici olmuştur.

2.10. Amaç, Araştırma Soruları ve Yaklaşım

Bu çalışmada, Ankara il sınırlarında halka açık parkların oyun alanlarındaki toprakları ağır metal seviyeleri yönünden inceleyerek, çocuk sağlığı açısından risk durumunu belirlemeyi ve halka açık olarak çevrimiçi yayınlanan "T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı" verilerini kullanarak hava kirliliği düzeyleri ile ilişkilerini incelemeyi amaçlandı.

Bu çalışmada;

-Ankara il sınırlarında halka açık parkların oyun alanlarındaki topraklarını ağır metal seviyeleri yönünden incelemek,

-Topraklardaki ağır metal kirliliğinin çocuk sağlığı açısından risk durumunu belirlemek,

-Toprak kirliliğine neden olabilecek çevresel faktörleri saptanmak,

-Halka açık olarak çevrimiçi yayınlanan “T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı” verilerini kullanarak hava kirliliği düzeylerini tespit etmek,

-Hava kirliliği ile toprak kirliliği arasındaki ilişkileri incelemek amaçlandı.

Çalışma süresince aşağıdaki sorulara yanıt aranmıştır.

1) Ankara ilinde seçilen oyun parklarının topraklarındaki ağır metal içeriği hangi düzeydedir?
2) Oyun parklarının konumsal özellikleri (yerleşim yeri sosyoekonomik durumu, sanayi ya da konut alanı yerleşim, mahalle arası ya da ana yol üzeri yerleşim, ana yola uzaklık, trafik yoğunluğu durumu, inşaat sahasına yakınlık, yerleşim yeri ısınma amaçlı fosil yakıt kullanım durumu) topraklardaki ağır metal düzeylerinde etkili midir?
3) Oyun parkları çevre sağlığına literatürde belirlenen limitler açısından uygun mudur?
4) Oyun parkları çocuk sağlığına literatürde belirlenen limitler açısından uygun mudur?
5) Oyun parklarının bulunduğu bölgelerin dış ortam hava kalitesi ulusal ve uluslararası sınır değerler açısından uygun mudur?
6) Oyun parklarının yerleşim yeri özellikleri ile çevre ve çocuk sağlığı açısından ilişki var mıdır?
7) Oyun parklarının topraklarındaki ağır metal düzeyleri ile hava kalitesi arasında ilişki var mıdır?

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Araştırmanın Tipi

Bu çalışma kesitsel ve ekolojik tipte bir araştırmadır.

3.2. Araştırmanın Yeri ve Zamanı

Bu çalışma Ankara ilindeki halka açık parkların çocuk oyun alanlarındaki toprak zeminler üzerinde 01.03.2024 – 01.10.2024 tarihleri arasında yapıldı.

3.3. Araştırmanın Evreni ve Örneklem

Araştırmanın evrenini Ankara ilindeki halka açık ve çocuk oyun alanı bulunan tüm parklar oluşturmaktadır. Çalışmada Ankara ili temsiliyeti açısından evreni bilinmeyen örneklem büyüklüğü hesabına gidildi. Araştırılması planlanan ağır metallerden sağlık açısından en risklilerinden biri olan Kurşun ağır metalinin literatürdeki benzer çalışmalarda tespit edilen yükseklikleri temel alındı. Yurt içi ve yurt dışı kaynaklı çalışmalar tarandığında parklardan alınan toprak numunelerinde sınır değerlerin üzerinde saptanan numune oranı ortalama %3.5 olarak tespit edildi (173–177). İlgili formül aşağıdaki gibidir.

$n = (t^2 * p * q) \div d^2$ (178)

n: örnekleme alınacak numune sayısı

p: İncelenen olayın görülme sıklığı (olasılığı)

q: İncelenen olayın görülmeme sıklığı (1-p)

t: Belirli serbestlik derecesinde ve saptanan yanılma düzeyinde t tablosunda bulunan teorik değer

d: Olayın görülme sıklığına göre yapılabilecek ± sapma

n = (1.962)*(0.035)*(0.965) ÷ (0.052)

n = 52

Formüle göre en az 52 oyun parkından numune alınması gerektiği hesaplanmış olup hava kalitesi ile ilişkisi incelenecek olduğundan toplamda aşağıda detayları açıklanan ve sayısı 18 olan hava kalite izlem istasyonlarına en yakın üç oyun alanından olacak şekilde toplamda 54 numune alındı.

Ankara ilinde T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı'na dahil olan toplam 18 hava kalitesi izleme istasyonu bulunmakta ve bunların koordinatları ile hava kalite sonuçları bakanlığın sitesinde kullanıma açık şekilde yer almaktadır. Öncelikle bu istasyonlara en yakın üçer çocuk oyun parkı belirlendi ve toprak numuneleri alındı (n=54). Alınan numunelerin ağır metal seviyeleri laboratuvar ortamında tespit edildi. Hava kirliliğini gösteren değerlerden Partikül Madde (PM) 2.5, PM10, PM25, Karbonmonoksit (CO), Azot - oksit (NO_x), Ozon (O_3), Kükürtdioksit (SO_2)'in ölçüm verilerinin son bir yıllık ortalamaları alınarak hava kalitesi düzeyleri saptandı. İstasyonların verilerinin sonuçları ile ağır metal düzeyleri arasındaki korelasyon incelendi. Ayrıca aşağıda "Sağlık Riskini Belirlemede Kullanılacak İndeksler" bölümünde açıklanan indeksler her park için hesaplanarak toprak kirliliği ve çocuk sağlığı açısından olası risk durumu tespit edildi. Ayrıca bu bölgelerin bir kontrol listesi ile "sosyoekonomik durumları, trafik yoğunlukları, endüstri alanlarına yakınlıkları, insan yoğunlukları, okul ve konut alanlarına yakınlıkları" değerlendirildi ve sonuçların konumlara göre karşılaştırmalı analizi yapıldı.

3.4. Araştırmanın Değişkenleri

3.4.1. Bağımlı Değişkenler

Topraktaki ağır metal düzeyi

Zenginleştirme faktörü

Kirlilik faktörü

Kirlilik yükü indeksi

Kanserojenik risk

Kanserojenik olmayan tahmini risk katsayısı

3.4.2. Bağımsız Değişkenler

Numune alınan park alanlarının:

Hava kalite indeksi verileri

Sosyoekonomik durumları

Trafik yoğunlukları

Endüstri alanlarına yakınlıkları

İnsan yoğunlukları

Okul alanlarına yakınlıkları

Konut alanlarına yakınlıkları

Ana yola uzaklıkları

3.5. Araştırmanın hipotezleri

H0 hipotezi:

-Numunelerin ağır metal düzeyleri ile arka plan sınır değerleri ve ulusal/uluslararası limit değerleri arasında fark yoktur.

-Numune alınan bölgeler çevre sağlığı ve çocuk sağlığı açısından riskli değildir.

-Numune alınan bölgenin hava kalite indeksi verilerine göre;

Numune alınan bölgenin sosyoekonomik durumuna göre;

Numune alınan bölgenin trafik yoğunluk durumuna göre;

Numune alınan bölgenin endüstri alanlarına yakınlık durumuna göre;

Numune alınan bölgenin insan yoğunluğuna göre;

Numune alınan bölgenin ana yola uzaklığına göre;

Gruplar arasında ağır metallerin düzeyi, kanserojenik risk, kanserojenik olmayan tahmini risk katsayısı, zenginleştirme katsayısı, kirlenme faktörü ve kirlilik yükü indeksi değerleri açısından fark yoktur.

-Hava kalitesi değerleri ulusal ve uluslararası limitlere göre normal sınırlardadır.

3.6. Araştırmanın Uygulanması

Etik kurul yanıtı sonrası çalışmaya başlandı. Toprak numuneleri toplandı ve parkların özellikleri kaydedildi. Google Haritalar uygulamasından trafik yoğunluğu, sanayi tesisi uzaklığı, ana yola uzaklık, okul/kreş uzaklıkları kuş uçuşu mesafe olarak kaydedildi. Ulusal hava kalitesi verileri T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın dijital verilerinden alındı.

3.6.1. Numunelerin Alımı

Çalışma günlerinde günde bir parka gidilerek, sabah, (sabah 10:00 - 11:00) ve akşam (akşam 18:00 - 19:00) olacak şekilde birer saat parklar gözlenerek ortalama ziyaretçi çocuk sayısı saptandı. Ardından numune alımı işlemi literatür bilgisine uygun ve standart şekilde gerçekleştirildi. Yapılan çalışmalar incelendiğinde toprak numunelerin 2 cm, 5 cm ya da 10 cm'lik yüzeyden metal olmayan kürekle alınarak yine metal olmayan kaplara konulması ile toplandığı belirlendi. Özellikle ilk 5 cm en çok temas edilen ve maruz kalma riskini gösteren yüzey alanı olduğundan çalışmada ilk 5 cm'lik alandan örneklerin alındı (173). Numuneler polietilen kaplarda toplanıp (yaklaşık 0.1 - 0.3 gr), buzdolabında + 4 °C de muhafaza edildi. Tüm numuneler toplandıktan sonra laboratuvarda bakır, kobalt, demir, kurşun, çinko, krom, kadmiyum, arsenik, nikel, cıva, vanadyum, alüminyum ve manganez metal konsantrasyonları açısından analizi yapıldı.

3.6.2. Toksikolojik Analiz

Çalışmanın toksikolojik analizi, Yozgat Bozok Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi Mesleki ve Çevresel Toksikoloji Laboratuvarı'nda gerçekleştirildi. Eser elementler ve ağır metaller, endüktif olarak eşleştirilmiş plazma-kütle spektrometrisi (ICP-MS) (Marka: Thermo Scientific ICAPQC, ABD) kullanılarak ölçüldü. Çalışma parametreleri radyofrekans gücü 1550 W, nebülizatör gazı 0,96 L/dak, plazma gazı 0,88 L/dak, nebülizatör basıncı 3,01 bar, bekleme süresi 0,01 ms ve püskürtme odası sıcaklığı 3,7^{o}C olacak şekilde ayarlandı. Örnekleyici prob, enjeksiyonlar arasında 30 saniye boyunca ultra saf suyla, ardından 45 saniye boyunca %2' lik Nitrik Asit (HNO_3) ile ve son olarak 45 saniye boyunca ultra saf suyla durulanarak yıkandı. Sonuçların doğruluğunu sağlamak için, numunelerin ve standartların her ölçümü üç kez tekrarlandı. Tüm metal analizleri, tüm numuneler toplandıktan laboratuvara aktarıldıktan sonra hemen gerçekleştirildi. 0,1 gr numune, mikrodalga fırında (Marka: Milestone D5, ABD) 7 mL suprapure HNO_3 ve 1 mL suprapure Hidrojen Florür (HF) içeren Teflon kaplarda sindirildi. Soğutulduktan sonra, berrak üstteki sıvı polipropilen tüplere aktarıldı ve deiyonize su ile 15 mL'ye seyreltildi.

Analizlerin doğruluğu ve güvenilirliği açısından her işlem öncesi cihaz kalibrasyonu sağlandı ve numunelerin analizleri üçer kez gerçekleştirildi. Çalışmaya üç analizin ortalama değeri alındı.

3.6.3. Sağlık Riskini Belirlemede Kullanılacak İndeksler

Toprağın ağır metal yönünden çevre kirliliği durumunu saptayabilmek için zenginleştirme katsayısı (EF), kirlilik faktörü (CF) ve kirlilik yükü indeksi (PLI) formülasyonları kullanıldı. Çocuk sağlığı açısından etkileri incelemek için ise günlük ortalama alım (CDI), kanserojenik risk (CR) ve kanserojenik olmayan tahmini risk katsayısı (HI) formülasyonları kullanıldı (179).

Zenginleştirme katsayısı (EF): Toprak numunelerinin kirliliğini ve insan sağlığına etkisinin seviyesini saptamak için kullanılır. Saptanan ağır metal konsantrasyonunun yer kabuğundaki ortalama konsantrasyona bölümü ile elde edilir. < 1,5 dış kaynaklardan metal

zenginleşmesi olmadığı, >1,5 dış kaynakların fazlalığını gösterir (174). Değerin > 2 olması minimal, 2-5 arasında olması orta seviyede, 5-20 arasında olması aşikâr seviyede, 20-40 arasında olması çok yüksek, > 40 olması ise aşırı yüksek zenginleştirmeyi ifade etmektedir (180). İlgili formülde doğada sık bulunan bir metal referans olarak seçilerek formüle eklenir. Yerkabuğundaki yüksek konsantrasyonları ve stabiliteleri nedeniyle demir, skandiyum, mangan ve alüminyum gibi elementler referans olarak seçilmektedir (175). Bu çalışmada literatürde de sıklıkla referans element olarak tercih edilen Al elementi referans olarak alındı.

$EF = (Cn \div Cal)numune \div (Cn \div Cal)referans$ şeklinde formüle edilmiştir. C*n*/C*al* numune, toprak numunesinde bakılan ilgili metalin Al metaline konsantrasyonuna oranı iken, C*n*/C*al* referans ise referans değerlerinin oranıdır.

Tablo 3.1' de formülde kullanılmak üzere uluslararası literatürde kabul edilmiş arka plan sınır değerleri verildi.

Tablo 3.1. Ağır metaller için kabul edilen arka plan referans değerler (181,182)

Ağır metaller	Referans Değer (mg/kg)
Al	80400
As	1.5
Cd	0.098
Cr	85[a]
Co	17[a]
Cu	25
Fe	35000
Mn	600
Ni	44[a]
Pb	17[a]
V	107[a]
Zn	71

a: yazarlar tarafından yapılan yeni çalışmalar ile güncellenmiş değerler

Kirlilik Faktörü (CF): Saptanan konsantrasyonun arka plan konsantrasyonuna yani kirlenmemiş topraktaki konsantrasyona bölünmesi ile elde edilir (175). Elde edilen sonuçlar < 1 kirlilik yok ya da minimal kirlilik, 1-3 orta düzeyde kirlilik, 3-6 yüksek düzeyde kirlilik, > 6 ise çok yüksek düzeyde kirlilik olarak kabul edilir (183).

$CF = Cn \div Creferans$ olarak formüle edilmiştir.

Kirlilik Yükü İndeksi (PLI): $\sqrt[n]{Cf1 * Cf2 * Cf3 * Cf4 \ldots * Cfn}$ şeklinde kirlenme faktörlerinin geometrik ortalamaları olarak formüle edilmiştir. Numune alınan alanın genel toksisitesinin göstergesidir. Elde edilen değer < 1 ilgili alan genel toksisite açısından kontamine olmamış, > 1 ise kontamine olmuş anlamına gelmektedir (184).

Potansiyel sağlık riski değerlendirmesi

Potansiyel sağlık riski değerlendirmesi için nihai olarak HI ve CR değerleri hesaplandı. Bu bölümde hesaplamada kullanılan bazı değerler sırası ile tanımlandı.

Günlük ortalama alım (CDI): Çocuklar topraktaki ağır metalleri ağızdan, solunum ve deri temasıyla olmak üzere üç yolla vücutlarına almaktadırlar. Bu yollar maruz kalma riskini tespit etmekte işe yaramaktadırlar (185).

$$CDIsindirim = ((C \times IRsind \times EF \times ED) \div (BW \times AT)) \times 10^{-6}$$

$$CDIinhalasyon = (C \times IRinh \times EF \times ED) \div (PEF \times BW \times AT)$$

$$CDIdermal = ((C \times SA \times AF \times ABS \times EF \times ED) \div (BW \times AT)) \times 10^{-6}$$

$$CDItotal = CDIsind + CDIinh + CDIderm$$

C: Numunenin tespit edilen konsantrasyonudur. Mg/kg olarak birimlendirilmektedir.

IRinh (Inhalation rate): Solunum yoluyla alım oranıdır (186). Literatürde çocukluk çağı için en sık kullanılan değer olan 7,5 m^3/gün değeri çalışmamızda kullanıldı (187).

IRsind (Ingestion rate): Sindirim yoluyla alım oranı olarak isimlendirilir. Çocuklar için 200 mg/gün kabul edilmektedir (188).

EF (Exposure frequency): maruziyet sıklığı olarak isimlendirilir. Çocuklar için literatürde sıklıkla 350 gün/yıl değeri kabul edilmektedir (189,190).

ED (Exposure duration): Maruziyet süresi olarak adlandırılır. Oyun parklarındaki çocuk yaş grubu açısından 6 yıl olarak kabul edilmektedir (191).

PEF (Particle emission factor): Partikül emisyon faktörü olarak adlandırılır. Değeri 1.36×10^9 olarak kabul edilir (192).

SA (Surface area through dermal contact): Deri teması yoluyla maruz kalınan alandır. Çocukluk yaş grubunda literatürde sıklıkla 2800 cm^2 değeri kabul edilmektedir (187).

AF (Adhesion factor of the skin): Cilde yapışma faktörü olarak adlandırılır. Birimi mg/cm^2 cinsindendir. Toprakla temas için saptanan değer çocuklar için 0,2 mg/cm^2 olarak kabul edilebilir (193).

ABS (Dermal absorption factor): Dermal absorbsiyon faktörü olarak adlandırılır. Arsenik için 0,03, diğer elementler için 0,001 kabul edilmektedir (194).

BW (Average body weight): ortalama vücut ağırlığıdır. USEPA kılavuzuna göre çocuklar için 18,6 kg olarak alınmaktadır (193).

AT (Average exposure time): kanserojen olmayan ağır metaller için 365 * ED olarak tanımlanır (190). Kanserojen olan ağır metaller için (çalışmamızda Pb, As, Cr, Ni ve Cd) ise 70(ortalama yaşam süresi)*365 olarak formülize edilmiştir (186).

HQ: Kanserojen olmayan tehlike katsayısı olarak tanımlanmaktadır. Formülü *CDI/RfD* şeklindedir (193). RfD referans doz anlamındadır ve her metalin vücuda alım yolu için farklı değerler mevcuttur. İlgili RfD değerleri Tablo 3.2' de verildi.

HI: Kanserojenik olmayan tahmini risk katsayısı olarak tanımlanmaktadır $HI = HQsind + HQinh + HQderm$ şeklindedir. HI değerinin > 1 olması kanserojenik olmayan sağlık riski varlığı anlamına gelir. Değerin < 1 olması durumunda ise kanserojenik olmayan sağlık etkilerinin yaşanması beklenmez. İlgili topraktaki tüm ağır metallerin HI değerlerinin toplanması ile de total kanserojen olmayan risk katsayısı elde edilmektedir (177,195,196).

$$HI=\sum HQi$$

Tablo 3.2. Ağır metallerin referans dozları (RfD) (187,194,197)

Ağır metal adı	RfD (mg/kg/gün)		
	Sindirim	**İnhaler**	**Dermal**
As	0,0003	0,0003	0,000123
Cd	0,001	0,0001	0,0001
Cr	0,003	0,0000286	0,00006
Co	0,02	0,00000571	0,016
Cu	0,04	0,0402	0,012
Fe	0,7	0,00022	0,07
Hg	0,0001	0,0001	0,0001
Mn	0,046	0,0000143	0,00184
Ni	0,02	0,0206	0,0054
Pb	0,0035	0,0035	0,00052
V	0,007	0,007	0,00007
Zn	0,3	0,3	0,06

SF (carcinogenic slop factor of metals): Kanserojenik olan metaller için alınan referans değerlerdir. Her üç alım yolu için farklı değerler mevcuttur. Mg/kg/gün olarak birimlendirilmektedir. Kanserojen olduğu literatürde kabul edilen ağır metaller için SF değerleri Tablo 3.3' te yer almaktadır.

Tablo 3.3. Kanserojen ağır metallerin SF değerleri (187,197,198)

Ağır metal adı	SF (mg/kg/gün)		
	Sindirim	**İnhaler**	**Dermal**
As	1,5	15,1	3,66
Cr	0,5	42	20
Cd	6,1	6,3	6,1

Ni	1,7	0,84	42,5
Pb	0,0085	0,042	0,0085

CR (Kanserojenik risk) : *CDI*SF* olarak formüle edilmiştir (199). Tüm riskli yollardan kaynaklanan riskin toplamı ise Toplam Kanserojenik Risk (TCR) olarak adlandırılır. TCR için hedeflenen değer 10^{-6} 'nın altı değerlerdir. Kabul edilebilir aralığı ise $1 \times 10^{-6} – 1 \times 10^{-4}$ arasındadır. TCR'nin 1×10^{-6} nın altında olması insanlar için önemli bir sağlık riskinin olmadığı, 1×10^{-4} üzerinde olması ise ömür boyu kanserojenik risk olduğu şeklinde yorumlanmaktadır (185). Tüm kanserojenik ağır metallerin CR değerlerinin toplanması ile de ilgili numunenin toplan kanserojenik riski elde edilmektedir (196). TCR formülü aşağıdaki gibidir.

$$TCR = \sum CR = CRsind + CRinh + CRderm$$

Toprakların ağır metal düzeyleri ICP-MS cihazı ile tespit edildikten sonra varyasyon katsayısı (CV) değerleri üzerinden oyun parklarındaki ağır metallerin dağılımındaki değişkenlik tespit edildi. Düşük varyasyon (% CV < 20), orta düzeyde varyasyon (% CV = 20 – 50) ve yüksek varyasyon (% CV > 50) olarak kategorize edildi (200).

3.6.4. Hava Kalitesi İndeksi ve Sınırları

Hava kalitesi verileri T.C. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'na ait Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı'nın sitesinden elde edildi. İlgili istasyonların resmi olarak birkaç km^2' lik alanı temsil edebildiği varsayılmaktadır (201). Çevre izlem istasyonlarının veri gönderimine başlama tarihleri birbirinden farklı olup altı istasyonun 2008 yılında, bir istasyonun 2013 yılında, sekiz istasyonun 2020 yılında ve üç istasyonun ise 2021 yılında veri toplamaya başlamıştır. Ankara ilinde toplamda 18 adet istasyon bulunmaktadır. Verilerin standardizasyonu ve güncel etki durumu açısından son bir yılın ortalama verileri analizlere dahil edildi. Veriler 01.09.2023-01.09.2024 tarihleri arası bir yıllık ölçümler

olacak şekilde incelendi ve analizlerde kullanıldı. PM10, PM2.5, O_3, NO_2, SO_2 ve CO parametrelerinden ölçümü yapılanlar kaydedildi ve bir yıllık ortalamaları alındı. Her bir ölçüm istasyonuna ait hava kalitesi indeksi sonuçları ABD Çevre Koruma Ajansı'nın resmi sitesi olan "airnow.gov" sitesindeki ilgili hesaplamalar yapılarak elde edildi (202). Hava kalite indeksi değerinin hesaplanmasında parametrelerden PM10 ve PM2.5 değerlerinden hava kalite indeks değerine etkisi daha yüksek olan değer kullanılmıştır. Sınıflandırmada ulusal ve uluslararası kabul gören hava kalite indeksi değerlerinin sınıflandırılması kullanıldı. Bu sınıflandırmaya göre 0-50 arası hava kalitesi iyi, 51-100 arası orta, 101-150 arası hassas gruplar için sağlıksız, 151-200 arası sağlıksız, 201-300 arası çok sağlıksız ve 301 ve üzeri ise tehlikeli olarak belirlendi. Yıllık ortalama veriler siteden alındıktan sonra ABD Çevre Koruma Ajansı'nın uygulamasından hava kalite indeksi verileri hesaplandı (203).

Ulusal hava kalitesine göre sınıflandırma ve karşılık gelen renklendirme Tablo 3.4'te verildi.

Tablo 3.4. Ulusal hava kalitesi indeksi (204)

Hava kalitesi indeksi değerler	**Sağlık endişe seviyeleri**	**Renkler**	**Anlamı**
0-50	İyi	Yeşil	Hava kalitesi iyi seviyededir.
51-100	Orta	Sarı	Hava kalitesi uygun olup hava kalitesi hassas gruplar orta düzeyde etkilenebilir.
101-150	Hassas	Turuncu	Hassas gruplar için sağlık etkileri oluşabilir. Genel halkın etkilenmesi beklenmemektedir.
151-200	Sağlıksız	Kırmızı	Hassas gruplar ciddi sağlık sorunları yaşayabilir. Genel halkın bazı sağlık etkileri yaşaması muhtemeldir.
201-300	Kötü	Mor	Nüfusun tamamının hava kirliliğinden etkilenme olasılığı yüksek olup, gruplar açık hava etkinliklerini kısıtlamalıdır.
301-500	Tehlikeli	Kahverengi	Herkes ciddi sağlık etkileri yaşayabilir. Açık hava etkinliklerinden kaçınılmalıdır.

Ulusal mevzuatta kirleticiler için ayrı ayrı belirtilen üst limitler ise Tablo 3.5' te verildi. Hava kalite indeksi verilerine ve üst limitlere göre sınırı aşan istasyon bölgeleri belirlendi.

Tablo 3.5. Hava kalite göstergeleri ulusal yıllık limit değerleri ve DSÖ hedefleri (205,206)

	Ulusal Limit Değer ($\mu g/m^3$)	**DSÖ tarafından hedeflenen değerler ($\mu g/m^3$)**
SO_2	20	V.Y.
NO_2	40	10
PM10	40	15
PM2.5	V.Y.	5

V.Y.: veri yok

3.7. Veri Toplama Formu

Çalışmada, öncelikle 18 hava kalite istasyonu büyük harfler ile belirlenen oyun parkları ise numaralandırılarak kodlandı. Bu şekilde her park bir harf ve bir numaraya karşılık gelecek koda sahip oldu (A1, B3, C2 gibi).

Literatür taranarak olası değişkenler belirlenmiş ve ilgili veri toplama formu oluşturuldu. Numune alınan alanların sosyoekonomik durumları, yerleşim yerine göre konumları, ana yola olan uzaklıkları, günlük ortalama ziyaretçi çocuk sayıları, ilkokul ve kreşlere uzaklıkları günlük gözlemler sonucu kaydedildi. Hava kalitesi gözlem istasyonlarına, ana yollara, endüstriyel tesislere, en yakın ilkokul/kreşe uzaklıkları Google Haritalar kullanılarak kuş uçuşu uzaklık şeklinde ölçüldü ve kaydedildi. Ana yollar Türk Dil Kurumu'nun belirlediği ve "Çevredeki yolların kendisine açıldığı geniş yol; cadde, ana hat" tanımı kullanılarak belirlendi (207). Oyun parkları konumlarına göre mahalle arası yerleşimli ve ana yol üzeri yerleşimi olarak iki kategoriye ayrıldı. En yakın ana yola uzaklıkları kuş uçuşu mesafe olarak ölçüldü ve literatürde uygulanan 100 metre sınırına göre kategorize edildi (208). Trafik yoğunlukları için uluslararası literatürde kullanılmasının etkili olduğu belirtilen Google Haritalar web sayfasının tipik trafik isimli bölümünden yararlanıldı (209,210). İlgili bölümde geçmişteki verilerden yararlanılarak her

10 dk da bir tahmini bir trafik yoğunluk durumu yeşilden kırmızıya gidecek şekilde renklendirme yöntemi ile belirtilmektedir. Yeşil trafiğin en az olduğu bordo renk ise en yoğun olduğu hali göstermektedir. Çalışmamızda yeşil renk için 0 puan sarı renk için 1, kırmızı renk için 2 bordo renk için 3 puan kullanıldı. Haftanın tüm günleri için saat başı trafik durumları kaydedilerek puanlama yapıldı ve ortalamaları alınarak kaydedildi. Alınan ortalama puanların ≤1 olması durumunda yoğun değil, >1 olması durumunda ise yoğun olarak kabul edildi. Sosyoekonomik durum değerlendirmesinde literatürde kullanılabilecek parametrelerden biri olarak belirtilen gayrimenkul değerleri dikkate alındı (211). Parkların yerleştiği konumun 1 km^2 çevresindeki yerleşim yerlerinin standart gayrimenkul değerleri incelendi. Gayrimenkul değerleri ortalama ≤ 5 milyon TL olan yerlerin sosyoekonomik durumu kötü, 5-10 milyon TL arası orta, >10 milyon TL olması durumunda ise iyi olarak sınıflandırıldı. İnşaat alanlarına ve ısınma amaçlı fosil odun kömür kullanımında sınır 100 metre olarak belirlendi.

Ziyaretçi çocuk sayısının tespiti için her parkta sabah 10:00 - 11:00 ve akşam 18:00 - 19:00 saatleri arasında birer saat, toplamda ikişer saat gözlem yapıldı ve çocuk sayısı kaydedildi.

3.8. İstatiksel Analiz

Elde edilen veriler, Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) 27.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA) ve R 4.4.2 istatistik paket programları kullanılarak değerlendirildi. Sürekli değişkenler için norma dağılım koşullarını sağlama durumları test edildi. (Kolmogorov-Smirnov, Shapiro-Wilk testi) İstatistiksel analizlerde, tanımlayıcı istatistikler (sayı, yüzde dağılımı, ortalama, standart sapma, minimum, maksimum değer, ortanca, 1. ve 3. çeyrek) verildi. Sürekli değişkenler normal dağılım koşulları sağlandığında bağımsız iki grubun sürekli veriler açısından karşılaştırmasında student t testi (normal dağılım koşulları sağlanmadığında Mann Whitney U testi), ikiden fazla grup olduğunda ise tek yönlü varyans analizi (normal dağılım koşulları sağlanmadığında Kruskal-Wallis testi) uygulandı. İkiden fazla grup arasında anlamlı fark olduğunda, fark olan grubun tespiti için post hoc Bonferroni ve Tamhane's T2 testi uygulanmıştır. Kategorik verilerin karşılaştırılmasında ki-kare testi kullanıldı. Verilerin dağılım durumuna göre normal dağılıma uyması halinde korelasyon katsayıları ve istatistiksel anlamlılıklar

Pearson testi ile normal dağılıma uymaması durumunda ise Spearman testi ile hesaplandı. Saptanan korelasyon katsayısı 0,05-0,30 ise düşük veya önemsiz, 0,30-0,40 ise düşük veya orta derecede, 0,40-0,60 orta derecede, 0,60-0,70 ise iyi derecede, 0,70-0,75 ise çok iyi derecede ve 0,75-1,00 ise mükemmel korelasyon olarak değerlendirildi. Tek değişkenli analizlerde $p < 0,25$ saptanan değişkenler alınarak çok değişkenli analizler ile model oluşturuldu. Korelasyon matrisi ile modele dahil edilen değişkenler çoklu bağlantı durumu açısından değerlendirildi, yüksek korelasyon gösteren ($r > 0,60$) değişkenlerden biri seçilmiştir (212). Çok değişkenli lojistik regresyon analizinde değişken seçimi için "enter" yöntemi kullanıldı. Modelin uygunluğunun değerlendirilmesinde Hosmer-Lemeshow testi kullanıldı. Tüm veriler için istatistiksel anlamlılık düzeyi $p < 0,05$ olarak alındı.

3.9. İzinler

Araştırma için Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Sağlık Bilimleri Etik Kurulu tarafından 16.01.2024 tarih ve 01/551 Karar no ile "Çalışma için Etik Kurul onayına gerek olmadığı" kararı verilmiştir.

4. BULGULAR

4.1. Tanımlayıcı Özellikler

Çalışmamızda, halka açık alanlardaki toplamda 54 çocuk oyun parkından toprak numuneleri toplandı. Numuneler toplamda dokuz ilçeden alındı. Çocuk oyun parklarının hava kalitesi izlem istasyonlarına uzaklıkları ortalama 486,67 ± 840,27 metredir. Hava kalite istasyonlarının üçünün (%16,7) sanayi bölgesine, on beşinin (%83,3) ise konut bölgesine yerleştirildiği görüldü. Bu nedenle toplamda dokuz (%16,7) park sanayi bölgesi, kalan 45 (%83,3) park ise konut yerleşimli olarak değerlendirildi.

Oyun parklarının konumları incelendiğinde, 19 (%35,2) parkın mahalle arasında yerleşim gösterdiği 35 (%64,8) parkın ise ana yol kenarında yerleştiği gözlendi. Parkların ana yola uzaklıkları ortalama 112,77 ± 13,09 metre olarak ölçüldü. İlgili ana yolların yoğunluğu açısından yapılan puanlamaların ortalaması, 1,06 ± 0,48 olarak ortaya çıktı. Yolların 31'i (%57,4) yoğun değil iken, 23'ü (%42,6) yoğun olarak nitelendirildi. Parkların dokuzu endüstri tesislerine bir kilometreden yakın yerleşimlidir. Bu parkların tesislere uzaklıkları ortalama 500,00 ± 150,00 metredir. Parkların yerleştiği bölgelerin sosyoekonomik durumu açısından değerlendirildiğinde, 15 (%27,8) parkın iyi, 24 (%44,4) parkın orta, 15 (%27,8) parkın ise kötü sosyoekonomik bölgelerde yerleştiği saptandı. Parkların 14'ünün (%25,9) inşaat alanlarına yakın oldukları gözlendi. Hiçbir parkın yakınında çöp toplanma alanı yoktur. Parkların 11'inin (%20,4) yakınında ısınma amaçlı odun-kömür kullanımı söz konusudur. Parklarda kullanılan materyaller incelendiğinde tümünde plastik, ahşap ve metal materyallerin kullanıldığı görüldü. Parkların ilkokul ve kreşlere uzaklıkları incelendiğinde, en yakın ilkokula uzaklıkları ortalama 376,85 ± 44,47, en yakın kreşe uzaklıkları ise 470,00 ± 82,53 metredir.

Parkların yerleşim özellikleri Tablo 4.1' de verildi.

Tablo 4.1. Çalışmaya dahil edilen oyun parklarının yerleşim özellikleri

Park kodu	Hava Kalite İstasyonuna Uzaklık (m)	Endüstri tesisi varlığı	Yola göre konum	Ana yola uzaklık (m)	Sosyoekonomik durum
A1	Park içinde	+	mahalle arası	170,00	kötü
A2	700	+	ana yol üzeri	30,00	kötü
A3	850	+	mahalle arası	100,00	kötü
B1	Park içinde	-	ana yol üzeri	80,00	orta
B2	1000	-	ana yol üzeri	300,00	orta
B3	1100	-	ana yol üzeri	50,00	orta
C1	50	-	ana yol üzeri	50,00	iyi
C2	330	-	ana yol üzeri	20,00	iyi
C3	500	-	ana yol üzeri	30,00	iyi
D1	500	-	ana yol üzeri	20,00	iyi
D2	530	-	ana yol üzeri	100,00	iyi
D3	590	-	mahalle arası	70,00	iyi
E1	150	-	ana yol üzeri	70,00	orta
E2	400	-	ana yol üzeri	45,00	orta
E3	650	-	ana yol üzeri	40,00	orta
F1	Park içinde	-	mahalle arası	280,00	iyi
F2	230	-	ana yol üzeri	150,00	iyi
F3	500	-	ana yol üzeri	175,00	iyi
G1	Park içinde	-	mahalle arası	400,00	kötü
G2	4000	-	mahalle arası	120,00	kötü
G3	4900	-	ana yol üzeri	150,00	kötü
H1	Park içinde	-	ana yol üzeri	30,00	orta
H2	240	-	ana yol üzeri	120,00	orta
H3	390	-	ana yol üzeri	100,00	orta
I1	Park içinde	-	mahalle arası	125,00	iyi
I2	170	-	ana yol üzeri	20,00	iyi
I3	250	-	mahalle arası	100,00	iyi
J1	Park içinde	-	ana yol üzeri	30,00	orta
J2	230	-	ana yol üzeri	20,00	orta
J3	400	-	ana yol üzeri	60,00	orta
K1	650	-	ana yol üzeri	20,00	kötü
K2	750	-	ana yol üzeri	30,00	kötü
K3	800	-	ana yol üzeri	70,00	kötü
L1	150	-	mahalle arası	70,00	kötü

L2	270	-	mahalle arası	90,00	kötü
L3	340	-	mahalle arası	320,00	kötü
M1	100	-	ana yol üzeri	110,00	kötü
M2	275	-	ana yol üzeri	30,00	kötü
M3	375	-	ana yol üzeri	15,00	kötü
N1	Park içinde	-	mahalle arası	100,00	orta
N2	180	-	mahalle arası	175,00	orta
N3	270	-	ana yol üzeri	30,00	orta
O1	Park içinde	+	mahalle arası	350,00	orta
O2	150	+	mahalle arası	315,00	orta
O3	260	+	mahalle arası	200,00	orta
P1	Park içinde	-	mahalle arası	120,00	iyi
P2	130	-	ana yol üzeri	200,00	iyi
P3	400	-	ana yol üzeri	30,00	iyi
R1	Park içinde	-	ana yol üzeri	120,00	orta
R2	150	-	ana yol üzeri	50,00	orta
R3	200	-	ana yol üzeri	30,00	orta
S1	600	+	mahalle arası	140,00	orta
S2	670	+	ana yol üzeri	270,00	orta
S3	900	+	mahalle arası	150,00	orta

Tablo 4.1. (devamı) Çalışmaya dahil edilen oyun parklarının yerleşim özellikleri

Park kodu	**Ana yol trafik yoğunluk**	**İnşaat-Toz-Yıkıntı**	**Odun-kömür kullanımı**	**İlkokul uzaklık (m)**	**Kreş uzaklık (m)**
A1	yoğun değil	+	+	90,00	1200,00
A2	yoğun değil	+	+	550,00	1800,00
A3	yoğun değil	-	+	450,00	200,00
B1	yoğun	-	+	650,00	1300,00
B2	yoğun	+	-	1000,00	800,00
B3	yoğun	-	-	1000,00	850,00
C1	yoğun	-	-	380,00	50,00
C2	yoğun	-	-	270,00	10,00
C3	yoğun	-	-	500,00	250,00
D1	yoğun	+	-	500,00	450,00
D2	yoğun	+	-	140,00	50,00
D3	yoğun değil	-	-	300,00	50,00
E1	yoğun	-	-	250,00	250,00
E2	yoğun	-	-	800,00	300,00

E3	yoğun	+	-	400,00	70,00
F1	yoğun değil	-	-	50,00	50,00
F2	yoğun değil	-	-	280,00	280,00
F3	yoğun	-	-	480,00	480,00
G1	yoğun değil	-	-	2000,00	4000,00
G2	yoğun değil	-	-	1000,00	500,00
G3	yoğun değil	-	+	500,00	250,00
H1	yoğun	-	-	380,00	200,00
H2	yoğun değil	-	-	415,00	370,00
H3	yoğun değil	-	-	270,00	220,00
I1	yoğun değil	+	-	120,00	600,00
I2	yoğun değil	+	-	30,00	700,00
I3	yoğun değil	+	-	300,00	450,00
J1	yoğun	-	-	300,00	550,00
J2	yoğun değil	-	-	250,00	500,00
J3	yoğun değil	-	-	260,00	600,00
K1	yoğun değil	+	+	350,00	300,00
K2	yoğun	+	-	250,00	160,00
K3	yoğun değil	+	-	230,00	550,00
L1	yoğun değil	-	-	60,00	150,00
L2	yoğun	-	-	215,00	80,00
L3	yoğun değil	-	-	360,00	220,00
M1	yoğun	-	-	300,00	150,00
M2	yoğun	-	-	450,00	280,00
M3	yoğun	-	+	250,00	250,00
N1	yoğun değil	-	-	140,00	250,00
N2	yoğun	-	-	300,00	200,00
N3	yoğun değil	-	-	70,00	70,00
O1	yoğun değil	+	-	140,00	140,00
O2	yoğun değil	-	-	230,00	230,00
O3	yoğun değil	+	-	420,00	420,00
P1	yoğun	-	-	380,00	450,00
P2	yoğun değil	-	-	240,00	400,00
P3	yoğun değil	-	-	100,00	100,00
R1	yoğun	-	+	200,00	400,00
R2	yoğun değil	-	+	200,00	500,00
R3	yoğun	-	+	30,00	400,00
S1	yoğun değil	-	-	650,00	100,00
S2	yoğun değil	-	-	120,00	1200,00

S3	yoğun değil	-	+	750,00	1000,00

Çalışmamıza dahil edilen parkların 1 km^2' lik alanlarındaki insan yoğunlukları TÜİK Nüfus Yoğunluğu verilerinden elde edilmiş olup, tüm yaşlara göre nüfus yoğunluğu 14.449,68 ± 1339,44 kişi/km^2 iken 0-14 yaş grubu nüfus yoğunluğu 2733,01 ± 297,25 kişi/km^2 'dir. Parklarda yapılan ikişer saatlik gözlemler sonucu ziyaretçi çocuk sayısı ortalama 24,27 ± 2,53 olarak saptandı. (Tablo 4.2)

Tablo 4.2. Parkların yerleştiği bölgedeki insan yoğunluğu (kişi/km^2) ve ziyaretçi çocuk sayısı

Park kodu	**İnsan yoğunluğu*** (kişi/km^2)	**0-14 yaş çocuk yoğunluğu*** (kişi/km^2)	**Ziyaretçi çocuk sayısı** (kişi/2 saat)
A1	5074,00	1085,00	18
A2	5074,00	1085,00	26
A3	8822,00	1846,00	23
B1	98,00	6,00	53
B2	11187,00	1021,00	75
B3	2675,00	213,00	17
C1	10619,00	1088,00	18
C2	10619,00	1088,00	11
C3	10619,00	1088,00	47
D1	7755,00	1578,00	7
D2	6255,00	1245,00	12
D3	7755,00	1578,00	8
E1	10223,00	769,00	84
E2	10223,00	769,00	8
E3	14415,00	984,00	13
F1	9167,00	1525,00	17
F2	9167,00	1525,00	9
F3	9167,00	1525,00	35
G1	0,00	0,00	18
G2	625,00	112,00	33
G3	15945,00	3418,00	26
H1	22396,00	5340,00	39

H2	36318,00	8733,00	19
H3	14915,00	3710,00	43
I1	17671,00	3013,00	18
I2	17671,00	3013,00	8
I3	17671,00	3013,00	16
J1	17410,00	3548,00	44
J2	28746,00	5818,00	17
J3	28746,00	5818,00	24
K1	17296,00	3283,00	16
K2	9079,00	2003,00	25
K3	17296,00	3283,00	32
L1	29759,00	5748,00	11
L2	29759,00	5748,00	12
L3	25582,00	4350,00	18
M1	11349,00	2567,00	22
M2	11349,00	2567,00	27
M3	11349,00	2567,00	29
N1	34497,00	7338,00	22
N2	34497,00	7338,00	18
N3	34497,00	7338,00	28
O1	12645,00	2312,00	21
O2	12645,00	2312,00	25
O3	12645,00	2312,00	30
P1	6535,00	1038,00	28
P2	6535,00	1038,00	16
P3	6535,00	1038,00	9
R1	26274,00	5112,00	96
R2	26274,00	5112,00	14
R3	26274,00	5112,00	8
S1	3727,00	875,00	13
S2	5885,00	1438,00	4
S3	972,00	200,00	1

*TÜİK Coğrafi İstatistik Portalı'ndan alınmıştır (25).

Hava kalite istasyonlarında yıllık ortalama veriler açısından hava kalite indeksi değerlerine göre bir (%5,6) istasyon hassas gruplar için riskli, altı (%33,3) istasyon orta seviyede riskli olarak saptandı. Kalan 11 (%61,1) istasyonun ise yıllık ortalama hava kalite değerleri iyi seviyede idi. Ulusal mevzuatta kabul edilen yıllık ortalama üst sınırlar

açısından incelendiğinde ise PM10 değerinin yedi (%38,9) istasyonda, SO_2 değerinin bir (%5,5) istasyonda ve NO_2 değerinin ise 13 (%72,2) istasyonda aşıldığı görüldü. Yıllık ortalama değerler Tablo 4.3' te verildi.

Tablo 4.3. Hava kalite gözlem istasyonu verilerinin yıllık ortalaması ($\mu g/m^3$)*

	Yapılış Yılı	PM10	PM2.5	SO_2	NO_2	O_3	CO	Hava kalite indeks değeri	Endişe düzeyi
A	2008	**73,82**	35,61	10,63	**40,77**	87,68	1002,18	101,00	Hassas
B	2021	**40,01**	19,88	5,63	**99,62**	36,84	1314,59	71,00	Orta
C	2008	28,20	9,89	3,34	**67,16**	V.Y.	794,99	52,00	Orta
D	2020	22,53	6,70	V.Y.	**43,30**	18,58	921,41	41,00	İyi
E	2021	**43,51**	14,88	7,80	**79,88**	18,27	1824,25	62,00	Orta
F	2021	21,92	6,84	7,34	34,68	28,66	632,56	38,00	İyi
G	2013	V.Y.	V.Y.	4,13	8,23	68,85	V.Y.	31,00	İyi
H	2020	27,63	7,23	6,01	**67,37**	V.Y.	884,51	41,00	İyi
I	2020	30,87	V.Y.	5,10	V.Y.	V.Y.	805,93	28,00	İyi
J	2008	28,26	8,36	3,69	**71,66**	49,44	V.Y.	46,00	İyi
K	2008	**45,76**	V.Y.	5,15	V.Y.	V.Y.	V.Y.	42,00	İyi
L	2020	35,76	V.Y.	14,74	**41,67**	T.E.	995,02	32,00	İyi
M	2020	30,80	V.Y.	5,28	**41,95**	34,97	220,81	28,00	İyi
N	2008	**40,63**	18,18	4,80	**56,14**	V.Y.	V.Y.	68,00	Orta
O	2020	36,71	7,55	2,79	**64,04**	V.Y.	779,13	42,00	İyi
P	2020	**46,35**	V.Y.	**22,20**	V.Y.	V.Y.	V.Y.	43,00	İyi
R	2008	31,83	14,07	2,65	**46,66**	V.Y.	V.Y.	60,00	Orta
S	2020	**47,94**	10,41	2,62	**63,89**	49,99	V.Y.	53,00	Orta

V.Y.: veri yok, *Yıllık ölçüm verilerinin ölçüm sayısına bölümü ile elde edilmiştir, ölçüm yapılmayan değerlere yer verilmemiştir.

4.2. Tüm Oyun Parklarındaki Metal Konsantrasyonların Tanımlayıcı Değerleri

Oyun parklarından toprak numunelerinin ağır metal içerikleri analiz edilmiş olup, tüm alanlardaki tespit edilen konsantrasyon değerlerinin ortalama, ortanca, minimum,

maksimum ve CV değerleri Tablo 4.4' te verildi. Numunelerdeki ağır metallerin ortalama düzeyi Fe>Al>Mn>V>Cr>Ni>Zn>Pb>Cu>Co>As>Cd şeklinde sıralanmaktadır. CV değerleri incelendiğinde bir (%7,7) ağır metalin yüksek varyasyon, sekiz (%61,5) ağır metalin orta düzeyde varyasyon gösterdiği görülmektedir.

Tablo 4.4. Numunelerde tespit edilen ağır metallerin düzeyleri (mg/kg)

	Ortalama ± SD	Ortanca	Minimum	Maksimum	CV
Al	10380,01 ± 3185,34	10839,07	3862,01	24039,59	0,31
As	4,51 ± 1,90	4,07	2,41	12,27	0,42
Cd	0,09 ± 0,04	0,09	0,00	0,21	0,44
Cr	44,24 ± 16,90	40,81	14,46	136,29	0,38
Co	10,43 ± 1,96	10,09	7,09	16,32	0,19
Cu	14,74 ± 2,25	14,45	9,99	20,04	0,15
Fe	10430,02 ± 3453,20	11011,42	3772,87	16777,74	0,33
Hg	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.
Mn	352,62 ± 104,88	357,47	144,23	598,99	0,30
Ni	36,94 ± 13,15	34,85	14,02	88,34	0,36
Pb	15,19 ± 7,82	13,15	7,81	60,54	0,51
V	70,74 ± 13,08	72,04	44,35	106,07	0,18
Zn	32,11 ± 13,23	27,48	20,65	85,83	0,41

T.E. : tespit edilmedi SD: standart sapma CV: varyasyon katsayısı

4.3. Numunelerin Ağır Metal Konsantrasyon Değerleri

Değerlendirilen ağır metallerden düzeyi en yüksek olan ortalama 10430,02 ± 3453,20 mg/kg ile Fe, düzeyi en düşük olan ise 0,09 ± 0,03 mg/kg ile Cd ağır metalidir. Ayrıca üç (%5,6) numunede Cd ağır metali ve hiçbir numunede Hg ağır metali saptanmadı. Numunelerin ağır metal düzeyleri Tablo 4.5' te verildi.

Tablo 4.5. Numunelerin ağır metal düzeyleri (mg/kg)

Park kodu	Al	As	Cd	Cr	Co	Cu	Fe
A1	7761,81	4,050	0,08	25,12	9,48	12,93	16678,83

A2	11399,17	3,81	0,10	33,24	9,31	15,65	13117,58
A3	11716,41	2,47	0,13	32,37	8,74	15,62	12580,61
B1	11361,75	5,43	0,09	52,06	9,34	14,47	14221,39
B2	11921,71	3,35	0,08	40,81	7,70	10,67	11704,62
B3	9629,70	5,92	0,08	61,91	9,17	12,30	14905,62
C1	11067,88	4,66	0,21	136,29	13,77	17,73	16777,74
C2	11559,03	6,91	0,19	56,95	11,40	12,59	14351,01
C3	11035,40	12,27	0,18	68,76	11,87	20,04	12792,75
D1	11466,27	4,42	0,11	51,11	10,87	14,01	15696,14
D2	8271,47	4,23	0,10	58,09	11,34	15,12	13703,18
D3	10925,12	6,16	0,13	65,65	11,86	14,90	11753,82
E1	12990,05	6,05	0,13	43,85	10,36	18,96	13307,64
E2	12128,51	4,92	0,13	55,11	9,98	18,70	12222,01
E3	13616,98	2,86	0,08	53,54	11,52	13,76	14306,04
F1	11397,63	3,89	0,10	29,85	8,16	13,56	9371,22
F2	7094,90	2,87	0,09	31,28	8,94	16,60	7308,01
F3	24039,59	6,61	0,11	56,45	12,75	17,18	14029,60
G1	13811,37	3,46	0,12	38,41	9,95	11,76	15089,44
G2	12145,64	4,04	0,10	35,72	10,05	15,42	12220,28
G3	8773,94	6,72	0,09	49,43	8,96	11,08	16010,18
H1	13120,12	5,21	0,07	51,42	10,98	14,61	12066,54
H2	13573,86	4,16	0,13	47,38	12,27	16,19	12556,54
H3	11254,58	4,61	0,10	51,32	13,17	15,97	13336,35
I1	10753,03	2,63	0,08	45,49	9,77	13,10	9397,61
I2	12742,11	3,81	0,08	44,17	9,92	16,82	11140,78
I3	12417,32	2,85	0,06	36,99	10,78	16,24	9257,99
J1	7892,18	5,06	0,09	41,65	12,66	18,25	7933,53
J2	10737,64	2,93	0,11	40,65	9,95	15,80	8922,33
J3	15027,84	3,70	0,08	44,47	10,13	18,25	11383,59
K1	13339,73	2,83	0,09	51,85	13,42	14,90	11855,43
K2	10200,40	2,66	0,12	38,10	11,96	17,06	11169,39
K3	10021,41	2,81	0,09	39,75	10,29	17,25	8419,80
L1	12992,21	2,41	0,07	25,43	10,21	12,77	10827,68
L2	6946,41	2,46	0,09	40,04	11,68	16,46	11998,29
L3	11234,11	2,50	0,11	40,82	9,45	17,06	9251,23
M1	6075,28	6,37	T,E	39,04	13,82	12,58	7964,16
M2	5958,97	6,52	0,08	45,53	14,91	13,35	7627,00
M3	8086,18	9,81	0,07	64,43	16,32	14,43	10882,06
N1	10331,81	4,17	0,08	39,21	10,39	14,16	7596,43

N2	8437,19	5,54	0,06	38,76	8,30	9,99	7557,32
N3	4815,20	3,56	0,07	37,00	8,89	16,29	4560,33
O1	4367,11	7,93	0,07	27,83	7,32	13,09	3831,13
O2	12117,60	4,09	0,09	36,78	11,26	16,61	8266,74
O3	10400,23	5,23	T,E	14,46	7,87	13,97	6606,31
P1	6554,29	3,26	0,08	38,74	10,06	12,83	9030,75
P2	11328,50	4,92	0,07	43,39	11,35	12,97	7382,91
P3	8792,06	4,36	0,08	37,42	8,95	13,30	7001,33
R1	8156,00	2,99	0,12	30,25	7,09	13,76	6037,34
R2	9018,65	3,17	0,06	41,08	8,89	12,77	5722,62
R3	8810,34	4,05	0,06	46,61	10,73	14,35	6547,78
S1	7735,66	3,83	T,E	37,70	9,48	12,61	5787,71
S2	3862,01	2,46	0,08	25,99	7,75	11,37	3772,87
S3	9306,55	5,48	0,08	29,14	7,66	14,04	5381,68

T.E. : Tespit edilmedi

Tablo 4.5. Numunelerin ağır metal düzeyleri (mg/kg) (devamı)

Park kodu	**Hg**	**Mn**	**Ni**	**Pb**	**V**	**Zn**
A1	T.E	413,21	22,72	11,49	84,04	24,30
A2	T.E	369,53	25,35	11,15	65,42	32,23
A3	T.E	371,56	23,88	25,72	52,25	44,51
B1	T.E	382,68	34,90	19,61	60,77	27,60
B2	T.E	363,47	26,95	13,33	50,60	25,73
B3	T.E	349,36	43,59	11,31	63,68	35,59
C1	T.E	598,99	88,34	11,91	80,30	29,02
C2	T.E	494,64	40,56	16,15	62,88	42,42
C3	T.E	419,36	65,92	33,42	72,37	42,69
D1	T.E	485,56	35,02	13,35	80,34	26,17
D2	T.E	420,40	40,60	15,06	73,94	27,36
D3	T.E	424,92	83,77	11,96	73,06	27,10
E1	T.E	398,28	29,87	16,02	71,72	49,93
E2	T.E	443,50	40,27	17,26	73,35	37,93
E3	T.E	395,23	43,29	11,18	68,82	23,56
F1	T.E	354,93	29,52	12,48	58,55	21,78
F2	T.E	352,95	30,64	12,67	56,03	24,60
F3	T.E	565,39	49,34	18,74	68,89	76,04
G1	T.E	409,91	26,12	10,71	92,42	24,71

G2	T.E	373,95	27,41	13,53	80,15	27,33
G3	T.E	386,40	36,64	14,39	89,13	21,96
H1	T.E	460,40	38,55	12,85	78,23	26,63
H2	T.E	495,23	41,59	14,93	91,98	26,97
H3	T.E	492,86	55,45	13,81	75,45	27,90
I1	T.E	345,65	43,61	24,00	63,60	28,86
I2	T.E	335,15	37,14	13,11	75,00	34,93
I3	T.E	373,92	33,75	10,61	67,48	49,40
J1	T.E	364,61	38,92	9,59	75,81	35,77
J2	T.E	270,71	35,89	12,15	80,83	34,90
J3	T.E	588,62	35,44	16,44	80,49	48,67
K1	T.E	479,42	50,49	14,83	81,02	22,61
K2	T.E	355,46	33,44	13,03	80,71	30,89
K3	T.E	373,71	34,15	14,74	77,07	67,18
L1	T.E	280,42	24,36	13,29	76,90	26,90
L2	T.E	359,48	32,34	21,11	87,52	28,20
L3	T.E	308,42	31,08	11,10	67,33	28,91
M1	T.E	295,30	38,49	8,86	81,16	27,14
M2	T.E	302,63	41,79	12,11	90,41	25,98
M3	T.E	351,68	44,76	7,81	106,07	24,51
N1	T.E	293,39	33,71	10,30	66,82	22,68
N2	T.E	220,66	27,80	12,97	67,83	28,36
N3	T.E	248,59	34,81	11,61	55,13	20,92
O1	T.E	217,04	35,25	12,53	44,35	39,78
O2	T.E	246,29	32,21	11,17	74,89	27,71
O3	T.E	241,33	14,02	13,19	72,68	21,82
P1	T.E	290,59	27,71	13,83	70,30	26,68
P2	T.E	285,99	41,70	18,64	67,25	21,87
P3	T.E	232,96	28,88	60,54	62,24	24,98
R1	T.E	144,23	22,79	18,36	47,08	85,83
R2	T.E	202,73	25,14	24,55	57,06	28,48
R3	T.E	257,49	42,39	8,40	70,60	23,43
S1	T.E	213,79	33,22	10,41	56,74	20,65
S2	T.E	177,77	27,56	15,71	45,54	23,26
S3	T.E	160,88	32,01	12,57	45,84	28,68

T.E. : Tespit edilmedi

Çalışmamız ile literatürdeki benzer çalışmaların ağır metal analizleri sonuçları Tablo 4.6' da verildi.

Tablo 4.6. Ulusal ve uluslararası benzer çalışmalarda saptanan ağır metal düzeyleri ile çalışmamızın karşılaştırılması

	Atina (Yunanistan) (213)	**Bandar Abbas (İran)** (214)	**Vancouver (Kanada)** (215)	**Fransa** (216)	**Seul (Güney Kore)** (217)	**Toronto (Kanada)** (218)	**Accra (Gana)** (219)	**Edmonton (Kanada)** (173)	**Çanakkale (Türkiye)** (177)	**Ordu (Türkiye)** (176)	**İstanbul (Türkiye)** (220)	**Ankara (Çalışmamız)**
	Ağır metal (mg/kg) (ortalama + ss)											
Al	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10380,00 ± 3185,34
As	-	3,40	24,70± 13,20	0,30	2,40± 1,58	2,10± 0,60	-	5,10	-	-	5,00± 7,50	4,50± 1,89
Cd	-	0,29	-	0,70	0,21± 0,13	3,10± 0,20	-	0,36	-	-	-	0,09± 0,03
Cr	79,90± 19,30	52,40	64,90± 32,40	7,00	T.E.	40,40± 16,40	11,40	-	21,00± 7,00	35,90	45,80± 56,50	44,23± 16,90
Co	22,20± 4,00	6,70	-	-	-	-	-	6,20	-	-	-	10,42± 1,95
Cu	43,40± 11,40	31,60	31,80± 25,10	26,00	5,97± 6,56	18,20± 10,50	23,70	28,20	28,00± 13,00	43,80	59,80± 99,80	14,74± 2,25
Fe	1700,00± 3900,00	-	-	-	-	-	6457,90	-	12901,00± 4040,00	-	-	10430,02 ± 3453,20
Hg	-	-	-	-	0,02± 0,03	-	-	-	-	-	-	T.E.
Mn	311,60± 72,80	392,90	777,00± 208,00	13,00	-	-	195,00	-	475,00± 152,00	-	-	352,62± 104,87
Ni	81,50± 25,80	45,50	31,00± 20,10	-	4,22± 3,95	14,80± 11,30	31,70	18,50	21,00± 8,00	21,10	11,60± 12,30	36,94± 13,15
Pb	110,30± 35,80	8,30	10,50± 7,44	1,30	7,55± 5,09	43,40± 29,70	106,70	19,00	18,00± 16,00	25,40	7,10± 9,10	15,19± 7,81
V	-	-	100,0± 20,00	7,00	-		-	-	-	-	-	70,74± 13,07
Zn	174,30± 97,00	49,60	100,0± 62,00	-	34,08± 22,50	92,00± 37,50	-	102,00	58,00± 21,00	167,20	53,00± 58,40	32,11± 13,22

T.E.: tespit edilmedi

4.4. Numunelerin Ağır Metal Konsantrasyonlarının Korelasyonu

Ağır metallerin korelasyon analizi kaynakların benzerliği açısından önemli olabilmektedir. Çalışmamızda birden fazla element birbiriyle pozitif korelasyon gösterdi.

As ağır metali Cr ve Ni ile orta derecede korelasyon gösterdi (ρ=0,426 ρ=0,430). Cd ağır metalinin Cr (ρ=0,319) ve Pb (ρ=0,304) ile düşük veya orta derecede; Cu (ρ=0,479), Fe (ρ=0,574), Mn (ρ=0,584) ve Zn (ρ=0,421) ile orta derecede korelasyon gösterdiği saptandı (Her biri için $p<0,05$).

Cr ağır metalinin Co (ρ=0,610) ve Mn (ρ=0,610) ile iyi derecede; Ni (ρ=0,833) ile mükemmel derecede, Fe (ρ=0,541) orta derecede; V ile ise (ρ=0,327) düşük veya orta derecede korelasyon gösterdiği görüldü (Her biri için $p<0,05$).

Co ağır metali Cu (ρ=0,374) ve Fe (ρ=0,369) ile düşük veya orta derecede; Mn (ρ=0,542) ile orta derecede; Ni (ρ=0,684) ve V (ρ=0,671) ile ise iyi derecede korelasyon gösterdi (Her biri için $p<0,05$).

Cu ağır metali Mn (ρ=0,409) ve Zn (ρ=0,482) ile orta derecede; Ni ile ise düşük derecede korelasyon gösterdi (Her biri için $p<0,05$).

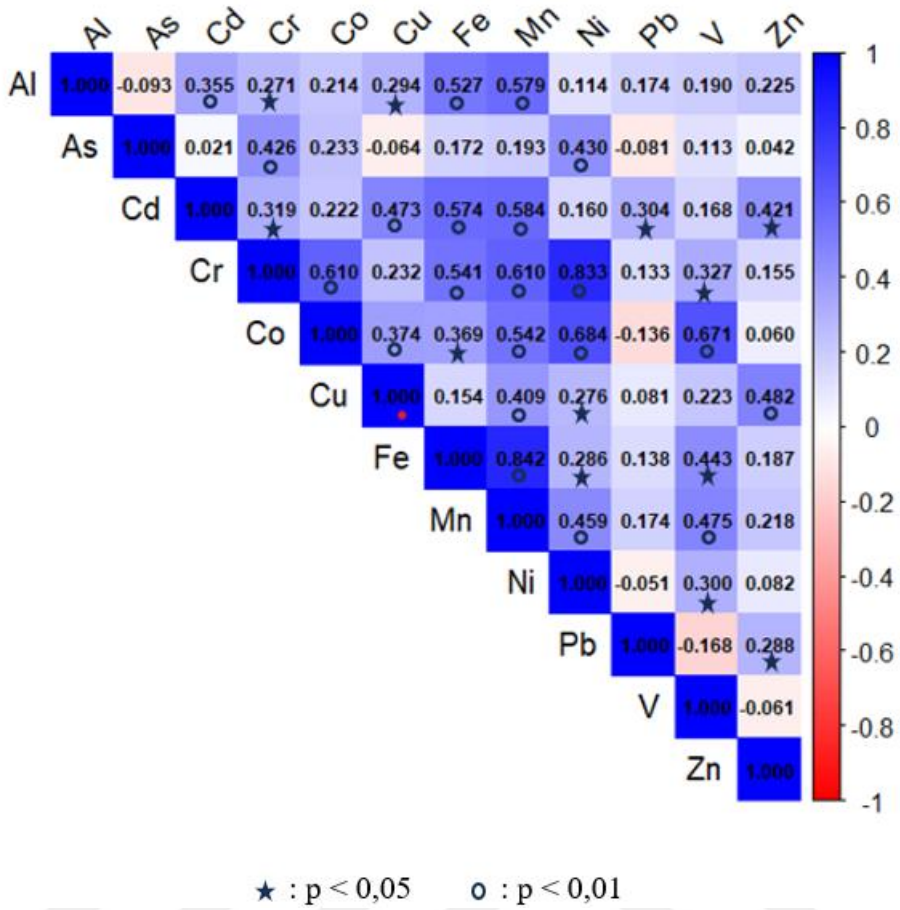
Fe ağır metalinin Mn (ρ=0,842) ile mükemmel derecede; Ni (ρ=0,276) ile önemsiz derecede ve V (ρ=0,443) ile orta derecede korelasyon gösterdiği görüldü (Her biri için $p<0,05$).

Mn ağır metali Ni (ρ=0,459) ve V (ρ=0,475) ile orta derecede korelasyon gösterdi (Her biri için $p<0,05$).

Ni ağır metali V (ρ=0,300) düşük veya orta derecede korelasyon gösterdi ($p<0,05$).

Pb ağır metali ise V (ρ=0,288) ile önemsiz derecede korelasyon gösterdi ($p<0,05$).

Numunelerdeki ağır metal düzeyleri arasındaki korelasyon Şekil 4.1'de verildi.



Şekil 4.1. Numune alınan oyun parklarındaki ağır metallerin Spearman korelasyon matriksi

4.5. Çevre Sağlığı Açısından Risk Değerlendirmesi

4.5.1. Zenginleştirme Katsayısı

Oyun parkları zenginleştirme katsayısı değerlerinin her bir ağır metal için aşağıdaki şekilde olduğu saptandı.

As açısından altı (%11,1) parkta aşırı yüksek, 25 (%46,3) parkta çok yüksek, 23 (%42,6) parkta ise aşikâr seviyede olduğu saptandı.

Cd açısından 46 (%85,2) parkta aşikâr seviyede, beş (%9,2) parkta orta seviyede olduğu saptandı. Üç (%5,6) parkta ise Cd ağır metali düzeyi saptanmadığından zenginleştirme katsayısı hesaplanmadı.

Cr açısından 14 (%25,9) parkta aşikâr seviyede, 39 (%72,2) parkta orta seviyede saptanmış olup bir (%1,9) parkta ise zenginleştirme olmadığı görüldü.

Co açısından 18 (%33,3) parkta aşikâr seviyede, 36 (%66,7) parkta orta seviyede zenginleştirme saptandı.

Cu açısından 19 (%35,2) parkta aşikâr seviyede, 35 (%64,8) parkta orta seviyede zenginleştirme saptandı.

Fe açısından 36 (%66,7) parkta orta seviyede, 14 (%25,9) parkta ise minimal seviyede zenginleştirme görüldü. Dört (%7,4) parkta ise zenginleştirme olmadığı saptandı.

Mn açısından 20 (%37,0) parkta aşikâr seviyede, 34 (%63,0) parkta orta seviyede zenginleştirme saptandı.

Ni açısından 42 (%77,8) parkta aşikâr seviyede, 12 (%22,2) parkta orta seviyede zenginleştirme saptandı.

Pb açısından 41 (%75,9) parkta aşikâr seviyede, 13 (%24,1) parkta orta seviyede zenginleştirme saptandı.

V açısından 26 (%48,1) parkta aşikâr seviyede, 28 (%51,9) parkta orta seviyede zenginleştirme saptandı.

Zn açısından altı (%11,1) parkta aşikâr seviyede, 46 (%85,2) parkta orta seviyede, iki (%3,7) parkta minimal seviyede zenginleştirme saptandı.

Tüm parklardaki ağır metallerin zenginleştirme katsayısı değerleri Tablo 4.7' de ve Şekil 4.2' de verildi.

Tablo 4.7. Oyun parklarındaki toprakların zenginleştirme katsayısı değerleri

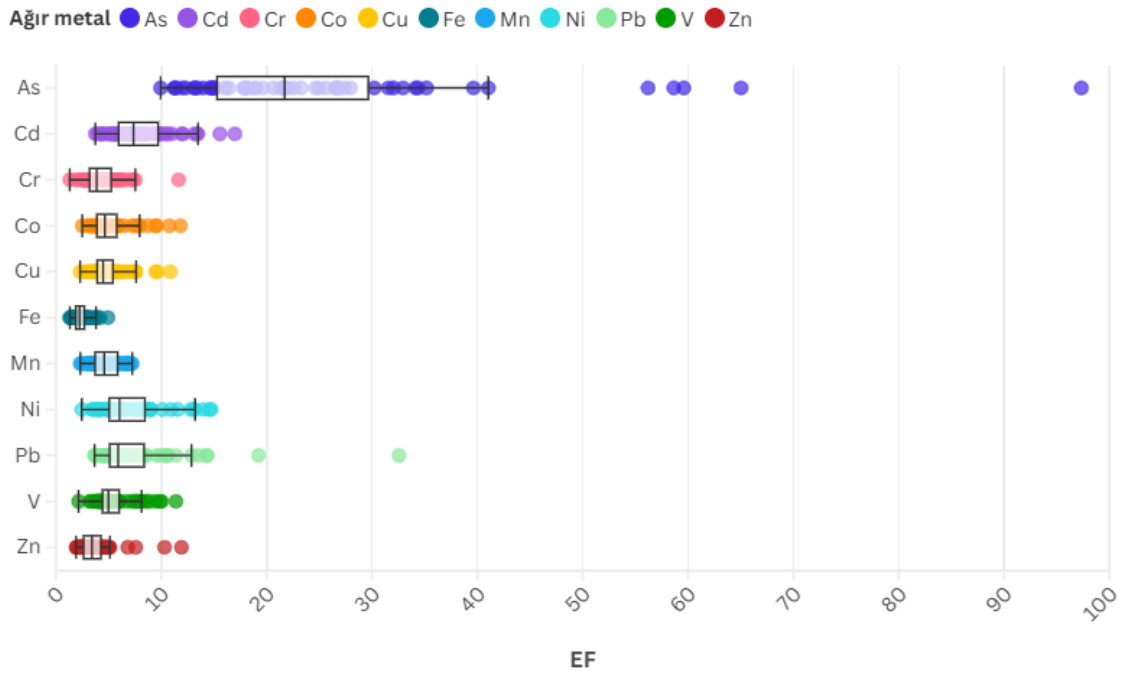
Park kodu	As	Cd	Cr	Co	Cu	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	V	Zn
A1	27,97	8,46	3,06	5,78	5,36	4,94	T.E.	7,13	5,35	7,00	8,14	3,55
A2	17,91	7,20	2,76	3,86	4,42	2,64	T.E.	4,34	4,06	4,63	4,31	3,20
A3	11,30	9,10	2,61	3,53	4,29	2,47	T.E.	4,25	3,72	10,38	3,35	4,30
B1	25,62	6,50	4,33	3,89	4,10	2,88	T.E.	4,51	5,61	8,16	4,02	2,75

B2	15,06	5,51	3,24	3,05	2,88	2,26	T.E.	4,09	4,13	5,29	3,19	2,44
B3	32,95	6,82	6,08	4,50	4,11	3,56	T.E.	4,86	8,27	5,55	4,97	4,19
C1	22,57	15,57	11,65	5,88	5,15	3,48	T.E.	7,25	14,58	5,09	5,45	2,97
C2	32,04	13,49	4,66	4,66	3,50	2,85	T.E.	5,73	6,41	6,61	4,09	4,16
C3	59,60	13,38	5,89	5,09	5,84	2,66	T.E.	5,09	10,92	14,32	4,93	4,38
D1	20,66	7,87	4,22	4,48	3,93	3,14	T.E.	5,67	5,58	5,51	5,26	2,58
D2	27,41	9,92	6,64	6,48	5,88	3,81	T.E.	6,81	8,97	8,61	6,72	3,75
D3	30,22	9,76	5,68	5,13	4,39	2,47	T.E.	5,21	14,01	5,18	5,02	2,81
E1	24,96	8,21	3,19	3,77	4,69	2,35	T.E.	4,11	4,20	5,83	4,15	4,35
E2	21,74	8,79	4,30	3,89	4,96	2,31	T.E.	4,90	6,07	6,73	4,54	3,54
E3	11,26	4,82	3,72	4,00	3,25	2,41	T.E.	3,89	5,81	3,88	3,80	1,96
F1	18,29	7,20	2,48	3,39	3,83	1,89	T.E.	4,17	4,73	5,18	3,86	2,16
F2	21,68	10,41	4,17	5,96	7,52	2,37	T.E.	6,67	7,89	8,45	5,93	3,93
F3	14,74	3,75	2,22	2,51	2,30	1,34	T.E.	3,15	3,75	3,69	2,15	3,58
G1	13,43	7,13	2,63	3,41	2,74	2,51	T.E.	3,98	3,46	3,67	5,03	2,03
G2	17,83	6,75	2,78	3,91	4,08	2,31	T.E.	4,13	4,12	5,27	4,96	2,55
G3	41,05	8,42	5,33	4,83	4,06	4,19	T.E.	5,90	7,63	7,76	7,63	2,83
H1	21,28	4,38	3,71	3,96	3,58	2,11	T.E.	4,70	5,37	4,63	4,48	2,30
H2	16,43	7,86	3,30	4,28	3,84	2,12	T.E.	4,89	5,60	5,20	5,09	2,25
H3	21,96	7,29	4,31	5,53	4,56	2,72	T.E.	5,87	9,00	5,80	5,04	2,81
I1	13,11	6,10	4,00	4,30	3,92	2,01	T.E.	4,31	7,41	10,56	4,44	3,04
I2	16,03	5,15	3,28	3,68	4,25	2,01	T.E.	3,52	5,33	4,87	4,42	3,10
I3	12,30	3,96	2,82	4,11	4,21	1,71	T.E.	4,04	4,97	4,04	4,08	4,51
J1	34,37	9,36	4,99	7,59	7,44	2,31	T.E.	6,19	9,01	5,75	7,22	5,13

J2	14,63	8,40	3,58	4,38	4,73	1,91	T.E.	3,38	6,11	5,35	5,66	3,68
J3	13,20	4,37	2,80	3,19	3,91	1,74	T.E.	5,25	4,31	5,17	4,02	3,67
K1	11,37	5,54	3,68	4,76	3,59	2,04	T.E.	4,82	6,92	5,26	4,56	1,92
K2	13,98	9,65	3,53	5,55	5,38	2,52	T.E.	4,67	5,99	6,04	5,95	3,43
K3	15,03	7,37	3,75	4,86	5,54	1,93	T.E.	5,00	6,23	6,96	5,78	7,59
L1	9,94	4,42	1,85	3,72	3,16	1,91	T.E.	2,89	3,43	4,84	4,45	2,34
L2	18,98	10,63	5,45	7,95	7,62	3,97	T.E.	6,93	8,51	14,37	9,47	4,60
L3	11,93	8,03	3,44	3,98	4,88	1,89	T.E.	3,68	5,06	4,67	4,50	2,91
M1	56,20	T.E.	6,08	10,76	6,66	3,01	T.E.	6,51	11,58	6,90	10,04	5,06
M2	58,65	11,01	7,23	11,83	7,20	2,94	T.E.	6,81	12,81	9,61	11,40	4,94
M3	65,03	7,10	7,54	9,55	5,74	3,09	T.E.	5,83	10,11	4,57	9,86	3,43
N1	21,63	6,35	3,59	4,76	4,41	1,69	T.E.	3,81	5,96	4,71	4,86	2,49
N2	35,19	5,83	4,35	4,65	3,81	2,06	T.E.	3,50	6,02	7,27	6,04	3,81
N3	39,63	11,93	7,27	8,73	10,88	2,18	T.E.	6,92	13,21	11,40	8,60	4,92
O1	97,33	13,15	6,03	7,93	9,64	2,02	T.E.	6,66	14,75	13,57	7,63	10,31
O2	18,09	6,09	2,87	4,39	4,41	1,57	T.E.	2,72	4,86	4,36	4,64	2,59
O3	26,95	T.E.	1,32	3,58	4,32	1,46	T.E.	3,11	2,46	6,00	5,25	2,38
P1	26,66	10,01	5,59	7,26	6,30	3,17	T.E.	5,94	7,73	9,98	8,06	4,61
P2	23,28	5,07	3,62	4,74	3,68	1,50	T.E.	3,38	6,73	7,78	4,46	2,19
P3	26,58	7,46	4,03	4,81	4,86	1,83	T.E.	3,55	6,00	32,57	5,32	3,22
R1	19,65	12,07	3,51	4,11	5,43	1,70	T.E.	2,37	5,11	10,65	4,34	11,92
R2	18,84	5,46	4,31	4,66	4,55	1,46	T.E.	3,01	5,09	12,87	4,75	3,58
R3	24,64	5,59	5,00	5,76	5,24	1,71	T.E.	3,92	8,79	4,51	6,02	3,01
S1	26,54	T.E.	4,61	5,80	5,24	1,72	T.E.	3,70	7,85	6,36	5,51	3,02

S2	**34,14**	**16,99**	**6,37**	**9,49**	**9,47**	**2,24**	**T.E.**	**6,17**	**13,04**	**19,24**	**8,86**	**6,82**
S3	**31,56**	**7,05**	**2,96**	**3,89**	**4,85**	**1,33**	**T.E.**	**2,32**	**6,28**	**6,39**	**3,70**	**3,49**

T.E.: tespit edilmedi 1,5-2 minimal, 2-5 orta seviyede , 5-20 aşikar seviyede, 20-40 çok yüksek, >40 aşırı yüksek



Şekil 4.2. Alınan numunelerin ağır metallere göre EF değerleri

4.5.2. Kirlilik Yükü ve Kirlilik Yükü İndeksi

Oyun parklarının Kirlilik faktörü (CF) ve Kirlilik yükü indeksi (PLI) değerleri açısından her bir ağır metal için aşağıdaki değerlendirildi.

As açısından iki (%3,7) parkta çok yüksek, 18 (%33,3) parkta yüksek düzeyde, 34 (%63,0) parkta ise orta düzeyde kirlilik olduğu saptandı.

Cd açısından 20 (%37,0) parkta orta düzeyde kirlilik olduğu, 31 (%57,4) parkta kirliliğin olmadığı ya da minimal düzeyde kirlilik olduğu saptandı. Üç (%5,6) parkta ise Cd ağır metali düzeyi saptanmadığından kirlilik faktörü hesaplanmadı.

Cr açısından bir (%1,9) parkta orta düzeyde kirlilik olduğu, 53 (%98,1) parkta ise kirliliğin olmadığı ya da minimal düzeyde kirlilik olduğu saptandı.

Co, Cu, Fe ve V açısından parklarda kirliliğin olmadığı ya da minimal düzeyde kirlilik olduğu saptandı.

Mn açısından bir (%1,9) parkta orta düzeyde kirlilik olduğu, 53 (%98,1) parkta ise kirlilik olmadığı ya da minimal kirlilik olduğu saptandı.

Ni açısından yedi (%13,0) parkta orta düzeyde kirlilik olduğu, 47 (%87,0) parkta ise kirlilik olmadığı ya da minimal düzeyde kirlilik olduğu saptandı.

Pb açısından bir (%1,9) parkta yüksek düzeyde, 10 (%18,5) parkta orta yüksek düzeyde, 43 (%79,6) parkta ise kirlilik olmadığı ya da minimal düzeyde kirlilik olduğu saptandı.

Zn açısından iki (%3,7) parkta orta düzeyde, 52 (%96,3) parkta ise kirlilik olmadığı ya da minimal düzeyde kirlilik olduğu saptandı.

Toplamda 54 parkın ikisinin (%3,7) genel toksisite açısından kontamine olduğu saptandı.

Tüm parklardaki ağır metallerin kirlilik faktörü ve kirlilik yükü indeksi ile karşılık gelen renkler Tablo 4.8' de ve Şekil 4.3'te verildi.

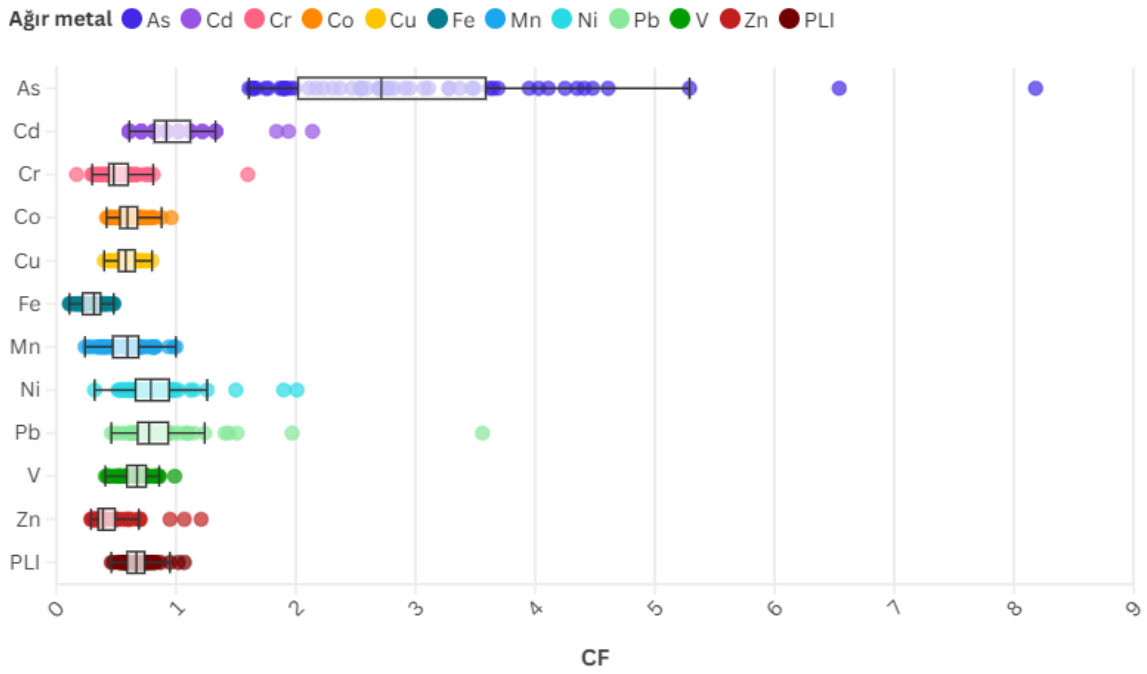
Tablo 4.8. Oyun parklarındaki toprakların kirlilik faktörü (CF) ve kirlilik yükü indeksi (PLI)

Park kodu	As	Cd	Cr	Co	Cu	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	V	Zn	PLI
A1	2,70	0,82	0,30	0,56	0,52	0,48	T.E.	0,69	0,52	0,68	0,79	0,34	0,63
A2	2,54	1,02	0,39	0,55	0,63	0,37	T.E.	0,62	0,58	0,66	0,61	0,45	0,65
A3	1,65	1,33	0,38	0,51	0,62	0,36	T.E.	0,62	0,54	1,51	0,49	0,63	0,68
B1	3,62	,92	0,61	0,55	0,58	0,41	T.E.	0,64	0,79	1,15	0,57	0,39	0,74
B2	2,23	,82	0,48	0,45	0,43	0,33	T.E.	0,61	0,61	0,78	0,47	0,36	0,59
B3	3,95	,82	0,73	0,54	0,49	0,43	T.E.	0,58	0,99	0,67	0,60	0,50	0,73

C1	3,11	2,14	1,60	0,81	0,71	0,48	T.E.	1,00	2,01	0,70	0,75	0,41	1,02
C2	4,61	1,94	0,67	0,67	0,50	0,41	T.E.	0,82	0,92	0,95	0,59	0,60	0,87
C3	8,18	1,84	0,81	0,70	0,80	0,37	T.E.	0,70	1,50	1,97	0,68	0,60	1,07
D1	2,95	1,12	0,60	0,64	0,56	0,45	T.E.	0,81	0,80	0,79	0,75	0,37	0,75
D2	2,82	1,02	0,68	0,67	0,60	0,39	T.E.	0,70	0,92	0,89	0,69	0,39	0,76
D3	4,11	1,33	0,77	0,70	0,60	0,34	T.E.	0,71	1,90	0,70	0,68	0,38	0,84
E1	4,03	1,33	0,52	0,61	0,76	0,38	T.E.	0,66	0,68	0,94	0,67	0,70	0,81
E2	3,28	1,33	0,65	0,59	0,75	0,35	T.E.	0,74	0,92	1,02	0,69	0,53	0,82
E3	1,91	0,82	0,63	0,68	0,55	0,41	T.E.	0,66	0,98	0,66	0,64	0,33	0,68
F1	2,59	1,02	0,35	0,48	0,54	0,27	T.E.	0,59	0,67	0,73	0,55	0,31	0,59
F2	1,91	0,92	0,37	0,53	0,66	0,21	T.E.	0,59	0,70	0,75	0,52	0,35	0,58
F3	4,41	1,12	0,66	0,75	0,69	0,40	T.E.	0,94	1,12	1,10	0,64	1,07	0,95
G1	2,31	1,22	0,45	0,59	0,47	0,43	T.E.	0,68	0,59	0,63	0,86	0,35	0,67
G2	2,69	1,02	0,42	0,59	0,62	0,35	T.E.	0,62	0,62	0,80	0,75	0,38	0,67
G3	4,48	0,92	0,58	0,53	0,44	0,46	T.E.	0,64	0,83	0,85	0,83	0,31	0,73
H1	3,47	0,71	0,60	0,65	0,58	0,34	T.E.	0,77	0,88	0,76	0,73	0,38	0,72
H2	2,77	1,33	0,56	0,72	0,65	0,36	T.E.	0,83	0,95	0,88	0,86	0,38	0,79
H3	3,07	1,02	0,60	0,77	0,64	0,38	T.E.	0,82	1,26	0,81	0,71	0,39	0,80
I1	1,75	0,82	0,54	0,57	0,52	0,27	T.E.	0,58	0,99	1,41	0,59	0,41	0,67
I2	2,54	0,82	0,52	0,58	0,67	0,32	T.E.	0,56	0,84	0,77	0,70	0,49	0,69
I3	1,90	0,61	0,44	0,63	0,65	0,26	T.E.	0,62	0,77	0,62	0,63	0,70	0,64
J1	3,37	0,92	0,49	0,74	0,73	0,23	T.E.	0,61	0,88	0,56	0,71	0,50	0,70
J2	1,95	1,12	0,48	0,59	0,63	0,25	T.E.	0,45	0,82	0,71	0,76	0,49	0,66
J3	2,47	0,82	0,52	0,60	0,73	0,33	T.E.	0,98	0,81	0,97	0,75	0,69	0,77

K1	1,89	0,92	0,61	0,79	0,60	0,34	T.E.	0,80	1,15	0,87	0,76	0,32	0,73
K2	1,77	1,22	0,45	0,70	0,68	0,32	T.E.	0,59	0,76	0,77	0,75	0,44	0,69
K3	1,87	0,92	0,47	0,61	0,69	0,24	T.E.	0,62	0,78	0,87	0,72	0,95	0,71
L1	1,61	0,71	0,30	0,60	0,51	0,31	T.E.	0,47	0,55	0,78	0,72	0,38	0,56
L2	1,64	0,92	0,47	0,69	0,66	0,34	T.E.	0,60	0,74	1,24	0,82	0,40	0,70
L3	1,67	1,12	0,48	0,56	0,68	0,26	T.E.	0,51	0,71	0,65	0,63	0,41	0,62
M1	4,25	T.E.	0,46	0,81	0,50	0,23	T.E.	0,49	0,87	0,52	0,76	0,38	0,64
M2	4,35	0,82	0,54	0,88	0,53	0,22	T.E.	0,50	0,95	0,71	0,84	0,37	0,70
M3	6,54	0,71	0,76	0,96	0,58	0,31	T.E.	0,59	1,02	0,46	0,99	0,35	0,77
N1	2,78	0,82	0,46	0,61	0,57	0,22	T.E.	0,49	0,77	0,61	0,62	0,32	0,60
N2	3,69	0,61	0,46	0,49	0,40	0,22	T.E.	0,37	0,63	0,76	0,63	0,40	0,57
N3	2,37	0,71	0,44	0,52	0,65	0,13	T.E.	0,41	0,79	0,68	0,52	0,29	0,54
O1	5,29	0,71	0,33	0,43	0,52	0,11	T.E.0	0,36	0,80	0,74	0,41	0,56	0,55
O2	2,73	0,92	0,43	0,66	0,66	0,24	T.E.	0,41	0,73	0,66	0,70	0,39	0,63
O3	3,49	T.E.	0,17	0,46	0,56	0,19	T.E.	0,40	0,32	0,78	0,68	0,31	0,48
P1	2,17	0,82	0,46	0,59	0,51	0,26	T.E.	0,48	0,63	0,81	0,66	0,38	0,60
P2	3,28	0,71	0,51	0,67	0,52	0,21	T.E.	0,48	0,95	1,10	0,63	0,31	0,65
P3	2,91	0,82	0,44	0,53	0,53	0,20	T.E.	0,39	0,66	3,56	0,58	0,35	0,66
R1	1,99	1,22	0,36	0,42	0,55	0,17	T.E.	0,24	0,52	1,08	0,44	1,21	0,58
R2	2,11	0,61	0,48	0,52	0,51	0,16	T.E.	0,34	0,57	1,44	0,53	0,40	0,56
R3	2,70	0,61	0,55	0,63	0,57	0,19	T.E.	0,43	0,96	0,49	0,66	0,33	0,58
S1	2,55	T.E.	0,44	0,56	0,50	0,17	T.E.	0,36	0,76	0,61	0,53	0,29	0,52
S2	1,64	0,82	0,31	0,46	0,45	0,11	T.E.	0,30	0,63	0,92	0,43	0,33	0,46
S3	3,65	0,82	0,34	0,45	0,56	0,15	T.E.	0,27	0,73	0,74	0,43	0,40	0,53

< 1 kirlilik yok ya da minimal kirlilik, 1-3 orta düzeyde kirlilik, 3-6 yüksek düzeyde kirlilik, > 6 çok yüksek düzeyde kirlilik, > 1 genel toksisite açısından kontamine olmuş T.E.: tespit edilmedi



Şekil 4.3. Alınan numunelerin ağır metallere göre CF ve PLI değerleri

4.6. Çocuk Sağlığı Açısından Risk Değerlendirmesi

4.6.1. Kanserojenik Olmayan Tahmini Risk Katsayıları

İncelenen oyun parklarının çocuk sağlığı açısından risk durumları kanserojenik olmayan risk katsayıları ve kanserojenik risk seviyeleri hesaplanarak tespit edildi.

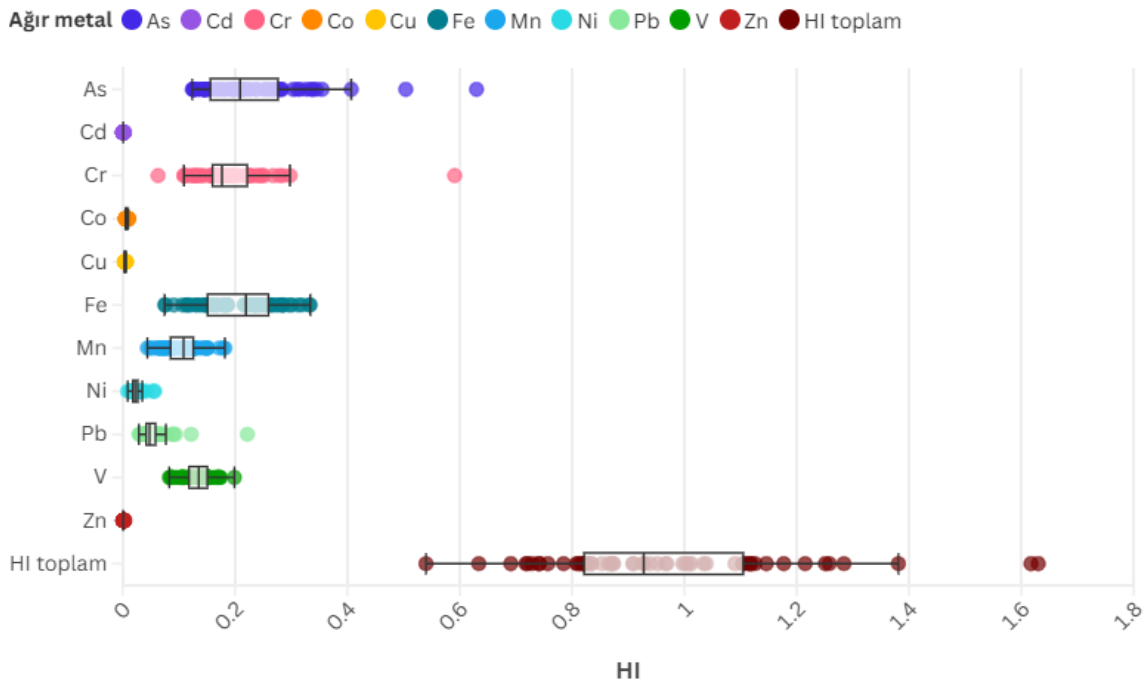
Ağır metaller tek tek incelendiğinde hiçbir parkta kanserojen olmayan tahmini risk katsayısının üst limiti aşmadığı tespit edildi. Analiz edilen ağır metaller arasında HI değeri maksimum 0,63 (As); minimum ise 0,001 (Zn) ağır metalidir. Toplam kanserojenik olmayan tahmini risk katsayısı 21 (%38,9) parkta sınırı aşmaktadır. Her bir ağır metal için HI değerleri ve toplamdaki HI değeri Tablo 4.9' da ve Şekil 4.4' te verildi.

Tablo 4.9. Numune alınan oyun parklarının kanserojenik olmayan tahmini risk katsayıları

Park kodu	HIAs	HICd	HICr	HICo	HICu	HIFe	HIMn	HINi	HIPb	HIV	HIZn	THI
A1	0,208	0,001	0,109	0,007	0,004	0,332	0,126	0,015	0,042	0,158	0,001	**1,002**
A2	0,196	0,001	0,144	0,007	0,005	0,261	0,113	0,016	0,041	0,123	0,001	**0,908**
A3	0,127	0,002	0,140	0,006	0,005	0,251	0,113	0,015	0,094	0,098	0,002	**0,853**
B1	0,279	0,001	0,226	0,007	0,005	0,283	0,117	0,022	0,072	0,114	0,001	**1,126**
B2	0,172	0,001	0,177	0,005	0,003	0,233	0,111	0,017	0,049	0,095	0,001	**0,865**
B3	0,304	0,001	0,268	0,006	0,004	0,297	0,106	0,028	0,041	0,120	0,002	**1,177**
C1	0,239	0,003	0,591	0,010	0,006	0,334	0,182	0,057	0,044	0,151	0,001	**1,617**
C2	0,355	0,002	0,247	0,008	0,004	0,286	0,151	0,026	0,059	0,118	0,002	**1,258**
C3	0,630	0,002	0,298	0,008	0,006	0,255	0,128	0,042	0,122	0,136	0,002	**1,630**
D1	0,227	0,001	0,221	0,008	0,005	0,313	0,148	0,022	0,049	0,151	0,001	**1,146**
D2	0,217	0,001	0,252	0,008	0,005	0,273	0,128	0,026	0,055	0,139	0,001	**1,105**
D3	0,316	0,002	0,285	0,008	0,005	0,234	0,129	0,054	0,044	0,137	0,001	**1,215**
E1	0,311	0,002	0,190	0,007	0,006	0,265	0,121	0,019	0,059	0,135	0,002	**1,117**
E2	0,253	0,002	0,239	0,007	0,006	0,243	0,135	0,026	0,063	0,138	0,002	**1,113**
E3	0,147	0,001	0,232	0,008	0,004	0,285	0,120	0,028	0,041	0,129	0,001	**0,997**
F1	0,200	0,001	0,129	0,006	0,004	0,187	0,108	0,019	0,046	0,110	0,001	**0,811**
F2	0,147	0,001	0,136	0,006	0,005	0,146	0,107	0,020	0,046	0,105	0,001	**0,721**
F3	0,339	0,001	0,245	0,009	0,006	0,279	0,172	0,032	0,069	0,129	0,003	**1,284**
G1	0,178	0,002	0,166	0,007	0,004	0,301	0,125	0,017	0,039	0,174	0,001	**1,012**
G2	0,207	0,001	0,155	0,007	0,005	0,243	0,114	0,018	0,050	0,150	0,001	**0,952**
G3	0,345	0,001	0,214	0,006	0,004	0,319	0,118	0,023	0,053	0,167	0,001	**1,251**
H1	0,268	0,001	0,223	0,008	0,005	0,240	0,140	0,025	0,047	0,147	0,001	**1,104**
H2	0,214	0,002	0,205	0,009	0,005	0,250	0,151	0,027	0,055	0,173	0,001	**1,090**
H3	0,237	0,001	0,222	0,009	0,005	0,266	0,150	0,035	0,051	0,142	0,001	**1,119**
I1	0,135	0,001	0,197	0,007	0,004	0,187	0,105	0,028	0,088	0,119	0,001	**0,873**
I2	0,196	0,001	0,191	0,007	0,005	0,222	0,102	0,024	0,048	0,141	0,001	**0,939**

I3	0,146	0,001	0,160	0,008	0,005	0,184	0,114	0,022	0,039	0,127	0,002	**0,808**
J1	0,260	0,001	0,181	0,009	0,006	0,158	0,111	0,025	0,035	0,142	0,002	**0,929**
J2	0,150	0,001	0,176	0,007	0,005	0,178	0,082	0,023	0,044	0,152	0,001	**0,821**
J3	0,190	0,001	0,193	0,007	0,006	0,227	0,179	0,023	0,060	0,151	0,002	**1,039**
K1	0,145	0,001	0,225	0,009	0,005	0,236	0,146	0,032	0,054	0,152	0,001	**1,007**
K2	0,137	0,002	0,165	0,008	0,006	0,222	0,108	0,021	0,048	0,152	0,001	**0,870**
K3	0,144	0,001	0,172	0,007	0,006	0,168	0,114	0,022	0,054	0,145	0,003	**0,835**
L1	0,124	0,001	0,110	0,007	0,004	0,216	0,085	0,016	0,049	0,144	0,001	**0,757**
L2	0,126	0,001	0,174	0,008	0,005	0,239	0,109	0,021	0,077	0,164	0,001	**0,926**
L3	0,128	0,001	0,177	0,007	0,006	0,184	0,094	0,020	0,041	0,126	0,001	**0,785**
M1	0,327	0,000	0,169	0,010	0,004	0,159	0,090	0,025	0,032	0,152	0,001	**0,969**
M2	0,335	0,001	0,197	0,010	0,004	0,152	0,092	0,027	0,044	0,170	0,001	**1,034**
M3	0,504	0,001	0,279	0,011	0,005	0,217	0,107	0,029	0,029	0,199	0,001	**1,381**
N1	0,214	0,001	0,170	0,007	0,005	0,151	0,089	0,022	0,038	0,125	0,001	**0,823**
N2	0,284	0,001	0,168	0,006	0,003	0,151	0,067	0,018	0,047	0,127	0,001	**0,874**
N3	0,183	0,001	0,160	0,006	0,005	0,091	0,076	0,022	0,042	0,104	0,001	**0,691**
O1	0,407	0,001	0,121	0,005	0,004	0,076	0,066	0,023	0,046	0,083	0,002	**0,834**
O2	0,210	0,001	0,159	0,008	0,005	0,165	0,075	0,021	0,041	0,141	0,001	**0,827**
O3	0,269	0,000	0,063	0,006	0,005	0,132	0,073	0,009	0,048	0,136	0,001	**0,741**
P1	0,167	0,001	0,168	0,007	0,004	0,180	0,088	0,018	0,051	0,132	0,001	**0,817**
P2	0,253	0,001	0,188	0,008	0,004	0,147	0,087	0,027	0,068	0,126	0,001	**0,910**
P3	0,224	0,001	0,162	0,006	0,004	0,139	0,071	0,018	0,222	0,117	0,001	**0,966**
R1	0,154	0,002	0,131	0,005	0,004	0,120	0,044	0,015	0,067	0,088	0,004	**0,634**
R2	0,163	0,001	0,178	0,006	0,004	0,114	0,062	0,016	0,090	0,107	0,001	**0,742**
R3	0,208	0,001	0,202	0,008	0,005	0,130	0,078	0,027	0,031	0,133	0,001	**0,823**
S1	0,197	0,000	0,163	0,007	0,004	0,115	0,065	0,021	0,038	0,107	0,001	**0,718**
S2	0,126	0,001	0,113	0,005	0,004	0,075	0,054	0,018	0,057	0,086	0,001	**0,540**
S3	0,281	0,001	0,126	0,005	0,005	0,107	0,049	0,020	0,046	0,086	0,001	**0,729**

Sağlık riski yok, sağlık riski var



Şekil 4.4. Numunelerin ağır metallere göre HI değerleri

4.6.2. Kanserojenik Risk Durumları

Kanserojenik etkisi olduğu bilinen ağır metaller (As, Cd, Cr, Ni, Pb) kanserojenik risk açısından incelendi.

Cd ve Pb ağır metalleri izole olarak değerlendirildiğinde hiçbir parkta kanserojenik riskin olmadığı saptandı.

As ve Cr ağır metalleri için tüm parklarda kabul edilebilir düzeyde kanserojenik risk varlığı gösterildi.

Ni ağır metali için ise dört (%7,4) parkta kanserojenik risk olduğu, 50 (%92,6) parkta ise kabul edilebilir düzeyde risk varlığı saptandı.

Ağır metallerin toplamdaki kanserojenik riskleri (TCR) açısından bakıldığında ise 24 (%44,4) parkta kanserojenik risk varlığı, 30 (%55,6) parkta ise kabul edilebilir düzeyde risk tespit edildi.

Kanserojenik etkisi olan ağır metaller için CR değerleri ve TCR değerleri Tablo 4.10' da ve Şekil 4.5' te verildi.

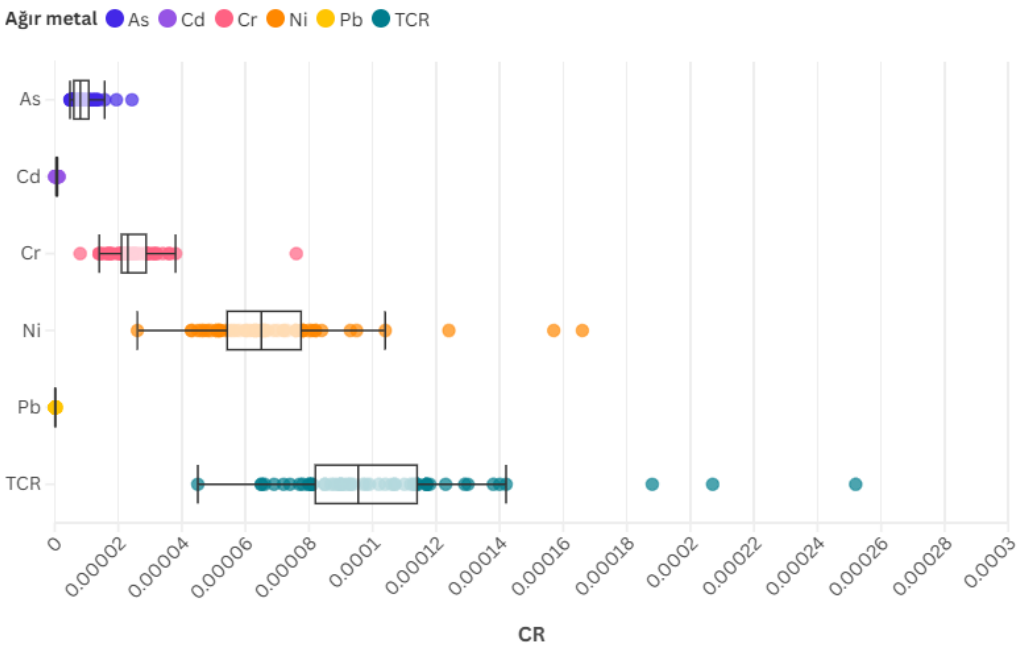
Tablo 4.10. Numune alınan oyun parklarının kanserojenik risk durumları

Park Kodu	As	Cd	Cr	Ni	Pb	∑TCR
A1	8.0E-06	5.3E-07	1.4E-05	4.3E-05	1.1E-07	6.5E-05
A2	7.5E-06	6.7E-08	1.8E-05	4.8E-05	1.0E-07	7.4E-05
A3	4.9E-06	8.7E-08	1.8E-05	4.5E-05	2.4E-07	6.9E-05
B1	1.1E-05	6.0E-08	2.9E-05	6.5E-05	1.8E-07	1.06E-04
B2	6.6E-06	5.3E-08	2.3E-05	5.1E-05	1.2E-07	8.1E-05
B3	1.2E-05	5.3E-08	3.4E-05	8.2E-05	1.1E-07	1.29E-04
C1	9.2E-06	1.4E-07	7.6E-05	1.7E-04	1.1E-07	2.52E-04
C2	1.4E-05	1.3E-07	3.2E-05	7.6E-05	1.5E-07	1.23E-04
C3	2.4E-05	1.2E-07	3.8E-05	1.24E-04	3.1E-07	1.88E-04
D1	8.8E-06	7.4E-08	2.8E-05	6.6E-05	1.2E-07	1.04E-04
D2	8.4E-06	6.7E-08	3.2E-05	7.6E-05	1.4E-07	1.18E-04
D3	1.2E-05	8.7E-08	3.6E-05	1.6E-04	1.1E-07	2.07E-04
E1	1.2E-05	8.7E-08	2.4E-05	5.6E-05	1.5E-07	9.3E-05
E2	9.7E-06	8.7E-08	3.1E-05	7.6E-05	1.6E-07	1.17E-04
E3	5.7E-06	5.3E-08	3.00E-05	8.1E-05	1.0E-07	1.17E-04
F1	7.7E-06	6.7E-08	1.7E-05	5.5E-05	1.2E-07	8.00E-05
F2	5.7E-06	6.0E-08	1.7E-05	5.7E-05	1.2E-07	8.1E-05
F3	1.3E-05	7.4E-08	3.1E-05	9.3E-05	1.7E-07	1.38E-04
G1	6.9E-06	8.0E-08	2.1E-05	4.9E-05	1.0E-07	7.8E-05
G2	8.0E-06	6.7E-08	2.0E-05	5.1E-05	1.3E-07	8.00E-05

G3	1.3E-05	6.0E-08	2.7E-05	6.9E-05	1.3E-07	1.1E-04
H1	1.0E-05	4.7E-08	2.9E-05	7.2E-05	1.2E-07	1.12E-04
H2	8.2E-06	8.7E-08	2.6E-05	7.8E-05	1.4E-07	1.14E-04
H3	9.1E-06	6.7E-08	2.9E-05	1.04E-04	1.3E-07	1.42E-04
I1	5.2E-06	5.3E-08	2.5E-05	8.2E-05	2.2E-07	1.13E-04
I2	7.5E-06	5.3E-08	2.5E-05	7.0E-05	1.2E-07	1.02E-04
I3	5.6E-06	4.0E-08	2.1E-05	6.3E-05	1.0E-07	9.00E-05
J1	1.0E-05	6.0E-08	2.3E-05	7.3E-05	9.0E-08	1.07E-04
J2	5.8E-06	7.4E-08	2.3E-05	6.7E-05	1.1E-07	9.7E-05
J3	7.3E-06	5.3E-08	2.5E-05	6.6E-05	1.5E-07	9.9E-05
K1	5.6E-06	6.0E-08	2.9E-05	9.5E-5	1.4E-07	1.3E-04
K2	5.3E-06	8.0E-08	2.1E-05	6.3E-05	1.2E-07	9.00E-05
K3	5.6E-06	6.0E-08	2.2E-05	6.4E-05	1.4E-07	9.2E-05
L1	4.8E-06	4.7E-08	1.4E-05	4.6E-05	1.2E-07	6.5E-05
L2	4.9E-06	6.0E-08	2.2E-05	6.1E-05	2.0E-07	8.9E-05
L3	5.0E-06	7.4E-08	2.3E-05	5.8E-05	1.0E-07	8.7E-05
M1	1.3E-05	T.E.	2.2E-05	7.2E-05	8.0E-08	1.07E-04
M2	1.3E-05	5.3E-08	2.5E-05	7.8E-05	1.1E-07	1.17E-04
M3	1.9E-05	4.7E-08	3.6E-05	8.4E-05	7.0E-08	1.4E-04
N1	8.3E-06	5.3E-08	2.2E-05	6.3E-05	1.0E-07	9.4E-05
N2	1.1E-05	4.0E-08	2.2E-05	5.2E-05	1.2E-07	8.5E-05
N3	7.1E-06	4.7E-08	2.1E-05	6.5E-05	1.1E-07	9.3E-05
O1	1.6E-05	4.7E-08	1.5E-05	6.6E-05	1.2E-07	9.8E-05
O2	8.1E-06	6.0E-08	2.0E-05	6.0E-05	1.0E-07	9.0E-05

O3	1.0E-05	T.E.	8.0E-06	2.6E-05	1.2E-07	4.5E-05
P1	6.5E-06	5.3E-08	2.2E-05	5.2E-05	1.3E-07	8.1E-05
P2	9.7E-06	4.7E-08	2.4E-05	7.8E-05	1.7E-07	1.13E-04
P3	8.6E-06	5.3E-08	2.1E-05	5.4E-05	5.6E-07	8.5E-05
R1	5.9E-06	8.0E-08	1.7E-05	4.3E-05	1.7E-07	6.6E-05
R2	6.3E-06	4.0E-08	2.3E-05	4.7E-05	2.3E-07	7.7E-05
R3	8.0E-06	4.0E-08	2.6E-05	8.0E-05	8.0E-08	1.14E-04
S1	7.6E-06	T.E.	2.1E-05	6.2E-05	1.0E-07	9.1E-05
S2	4.9E-06	5.3E-08	1.4E-05	5.2E-05	1.5E-07	7.2E-05
S3	1.1E-05	5.3E-08	1.6E-05	6.0E-05	1.2E-07	8.8E-05

Risk yok, kabul edilebilir risk, risk mevcut



Şekil 4.5. Numune alanlarındaki kanserojen ağır metaller açısından CR değeri

4.6.3. Ağır Metaller ve Sağlık Sonuçları ile Hava Kalitesi Verilerinin Karşılaştırılması

Bir yıllık ortalama hava kalitesi parametreleri ile hesaplanan hava kalite indeksi sonuçları ile oyun parklarında tespit edilen ağır metal düzeyleri arasındaki ilişki değerlendirildiğinde Co, Ni ve V ağır metalleri ile hava kalite indeksi arasında ilişki olduğu görüldü (p=0,032 p=0,029 p<0,001). Fakat ikili gruplar arası post hoc Bonferroni düzeltmesi yapıldığında Co ağır metali için gruplar arası fark görülmedi (p=0,082 p=0,220 p=1,000). Ni ağır metali açısından hava kalite indeksi iyi olan parklarda kötü olanlara göre Ni seviyesi yüksek bulundu (p=0,023) V ağır metali düzeyinin ise hava kalite indeksi iyi olan parkların orta olanlara göre daha yüksek olduğu saptandı (p=0,001). Diğer ağır metallerin düzeyleri ile hava kalite indeksi arasında ilişki saptanmadı. (Tablo 4.11)

Tablo 4.11. Ağır metal değerlerinin hava kalitesi sınıflarına göre dağılımı

Ağır metal (mg/kg)	Hava kalite değeri			P değeri*
	İyi (n:33)	Orta (n:18)	Hassas (n:3)	
As	4,09	4,42	3,81	0,370
Cd	0,09	0,08	0,10	0,666
Cr	40,82	42,47	32,37	0,058
Co	10,78	9,41	9,31	**0,032**
Cu	14,90	13,90	15,62	0,506
Fe	10827,68	9650,53	13117,58	0,149
Hg	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.
Mn	355,46	321,38	371,56	0,312
Ni	35,44	34,26	23,88	**0,029 (iyi>hassas)**
Pb	13,19	13,15	11,49	0,944
V	75,81	63,28	65,42	**< 0,001 (iyi>orta)**
Zn	27,14	28,42	32,23	0,784

*Kruskal Wallis Testi

Toprak numunelerinin zenginleştirme katsayıları açısından hava kalitesi indeksi ile Cr hariç herhangi bir ağır metal zenginleştirme katsayısı ile indeks arasında ilişki saptanmadı. Cr ağır metalinde ise indeks seviyesi orta düzeyde olanların hassas düzeyde olanlara göre daha yüksek olduğu saptandı (p=0,029). (Tablo 4.12)

Tablo 4.12. Zenginleştirme faktörü değerlerinin hava kalitesi sınıflarına göre dağılımı

EF	Hava kalite değeri			P değeri*
	İyi	Orta	Kötü	
As	18,98	25,29	17,91	0,143
Cd	7,29	6,93	8,46	0,562
Cr	3,71	4,34	2,76	**0,022 (orta>hassas)**
Co	4,74	4,66	3,86	0,637
Cu	4,39	4,77	4,42	0,913
Fe	2,11	2,25	2,64	0,220
Hg	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.
Mn	4,82	4,10	4,34	0,457
Ni	6,11	6,18	4,06	0,089
Pb	5,51	6,50	7,00	0,474
V	5,09	4,81	4,31	0,266
Zn	3,10	3,56	3,55	0,508

*Kruskal Wallis Testi

Hava kalite indeksi sonuçları ile kirlenme faktörü ilişkisi değerlendirildiğinde Co, Ni ve V ağır metalleri ile hava kalite indeksi arasında ilişki olduğu görüldü (p=0,032 p=0,029 p<0,001). Fakat ikili gruplar arası post hoc Bonferroni düzeltmesi yapıldığında Co ağır metali için gruplar arası fark görülmedi (p=0,084 p=0,220 p=1,000). Ni ağır metali açısından hava kalite indeksi iyi olan parklarda hassas olanlara göre Ni ağır metalinin kirlenme faktörü seviyesi yüksek bulundu (p=0,023). V ağır metali düzeyinin ise hava kalite indeksi iyi olan parkların orta olanlara göre daha yüksek olduğu saptandı (p=0,001). Diğer ağır metallerin düzeyleri ile hava kalite indeksi arasında ilişki saptanmadı. (Tablo 4.13)

Tablo 4.13. Kirlenme faktörü değerlerinin hava kalitesi sınıflarına göre dağılımı

CF	Hava kalite değeri			P değeri*
	İyi	Orta	Hassas	
As	2,73	2,94	2,54	0,370
Cd	0,92	0,82	1,02	0,666
Cr	0,48	0,50	0,38	0,058
Co	0,63	0,55	0,55	**0,032**
Cu	0,60	0,56	0,62	0,506
Fe	0,31	0,28	0,37	0,146
Hg	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.
Mn	0,59	0,54	0,62	0,312
Ni	0,81	0,78	0,54	**0,029 (iyi>hassas)**
Pb	0,78	0,77	0,68	0,944
V	0,71	0,59	0,61	**< 0,001 (iyi>orta)**
Zn	0,38	0,40	0,45	0,784

*Kruskal Wallis Testi

Tüm ağır metallerin birlikte değerlendirildiği genel kirlilik seviyesi ve toplam kanserojen olmayan sağlık riskinin hava kalitesi indeksi ile ilişki saptanmadı (p=0,528, p=0,855). Toplam kanserojen riskin ise hava kalitesinin iyi olduğu yerlerde daha yüksek olduğu görüldü (p=0,039). PLI, THI ve TCR değerlerinin hava kalite sınıflarına göre dağılımı Tablo 4.14' te verildi.

Tablo 4.14 PLI, THI ve TCR değerlerinin hava kalitesi sınıflarına göre dağılımı

	Hava kalite değeri			**P değeri***
	İyi	**Orta**	**Hassas**	
PLI	0,69	0,59	0,65	0,528
THI	0,93	0,86	0,90	0,855
TCR	0,000099	0,000094	0,000069	**0,039 (iyi>hassas)**

*Kruskal Wallis Testi

Kanserojen olmayan risk durumu ile kanserojenik risk durumunun hava kalitesini etkileyen parametreler ile korelasyonu incelendiğinde sonuçlar aşağıdaki şekilde saptandı.

Havadaki PM10 düzeyi ile TCR (ρ= -0,425) ve toplam HI (ρ= -0,405) değerleri arasında orta derecede negatif korelasyon saptandı.

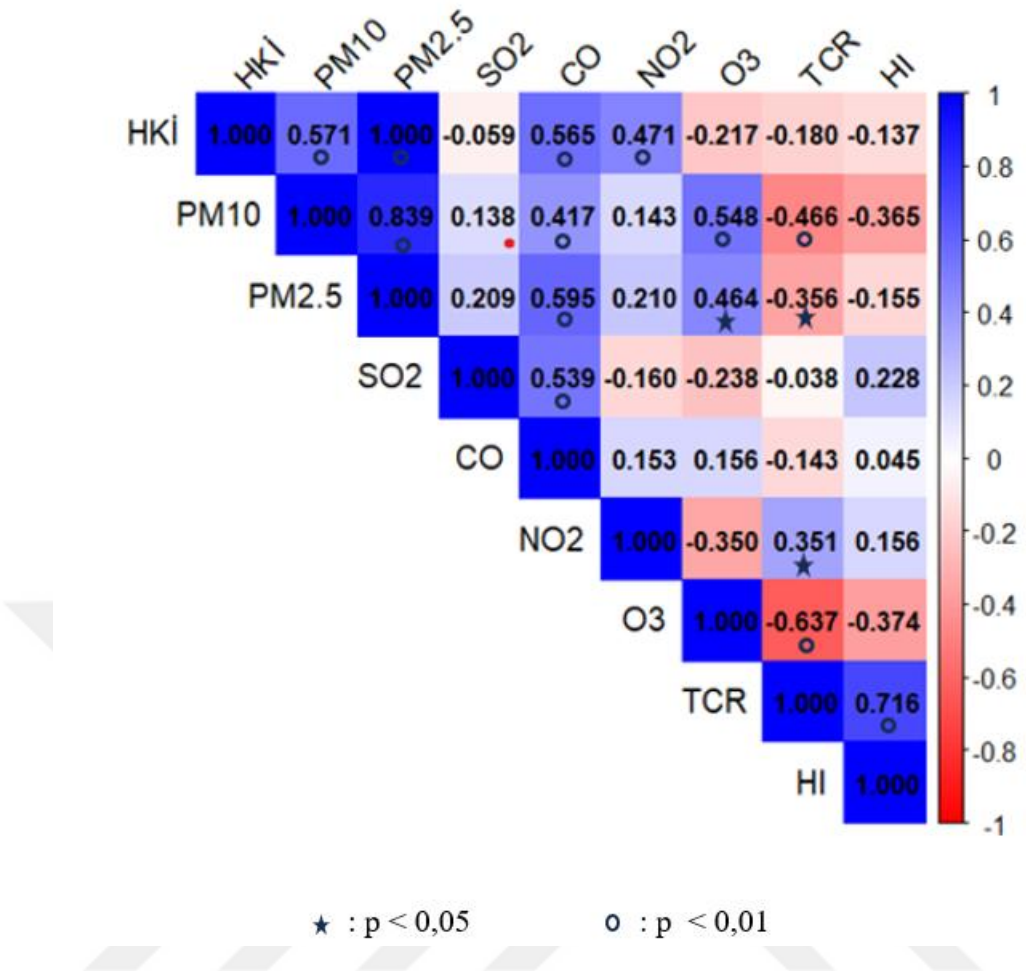
PM2.5 düzeyi ile TCR (ρ= -0,349) düşük veya orta derecede negatif korelasyon ve toplam HI (ρ= -0,286) ile düşük veya önemsiz düzeyde negatif korelasyon saptandı.

O_3 ile TCR (ρ= -0,474) ile orta derecede negatif korelasyon, toplam HI (ρ= -0,382) ile ise düşük veya orta derecede negatif korelasyon tespit edildi.

NO_2 ile TCR (ρ=0,310) düşük veya orta derecede pozitif korelasyon gösterdi.

SO_2, CO düzeyleri ile TCR ve toplam HI değerleri arasında ise korelasyon olmadığı görüldü.

Hava kalite indeksi parametreleri ile TCR ve toplam HI değerleri arasındaki korelasyon analizi bulgularına Şekil 4.2' de ver verildi.



Şekil 4.6. Toplam kanserojen ve kanserojen olmayan sağlık risk durumları ile hava kalite indeksi parametrelerinin korelasyon analizi

Parkların bulundukları konumların hava kalite indeksi verileri ile parklardaki toprakların kanserojenik olmayan risk varlıkları arasında ilişki saptanmadı (p = 0,979). (Tablo 4.15)

Tablo 4.15. Kanserojen olmayan sağlık riski değerlerinin hava kalitesi sınıflarına göre dağılımı

		Kanserojen olmayan sağlık riski		P değeri*
		Yok (%)	Var (%)	
Hava Kalite İndeksi	**İyi**	20 (60,6)	13 (39,4)	0,979
	Orta	11 (61,1)	7 (38,9)	
	Hassas	2 (66,7)	1 (33,3)	
	Toplam	33 (61,1)	21 (38,9)	

*Ki Kare Testi

Parkların bulundukları konumların hava kalite indeksi verileri ile parklardaki toprakların total kanserojenik risk varlıkları arasında ilişki saptanmadı (p = 0,270). (Tablo 4.16)

Tablo 4.16. Kanserojenik risk değerlerinin hava kalitesi sınıflarına göre dağılımı

		Kanserojenik risk		P değeri*
		Kabul edilebilir risk varlığı (%)	Kanserojenik risk varlığı (%)	
Hava Kalite İndeksi	**İyi**	17 (51,5)	16 (48,5)	0,270
	Orta	10 (55,6)	8 (44,4)	
	Hassas	3 (100,0)	0 (0)	
	Toplam (n=54)	30 (55,6)	24 (44,4)	

*Ki Kare Testi

4.6.4. Çocuk Sağlığı Risk Durumları ile Parkların Yerleşim Yeri Özelliklerinin Karşılaştırılması

Ana yol üzeri yerleşimli olan parkların mahalle arası yerleşimli parklara göre kanserojenik olmayan sağlık riski varlığı açısından daha riskli olduğu saptanmıştır (p < 0,010). Ana yola 100 metreden daha yakın olan parkların kanserojenik sağlık riski daha yüksektir (p = 0,043). Trafik durumuna göre değerlendirildiğinde de trafiğin daha yoğun olduğu bölgelerde bulunan parkların daha yüksek risk taşıdığı saptanmıştır (p = 0,022). Parkların konumlandığı bölgelerin sanayi bölgesi olmasının, sosyoekonomik durumunun, yakınlarında inşaat varlığının, ısınma amaçlı fosil yakıt olarak odun-kömür kullanımının parklardaki kanserojenik risk ile ilişkisi olmadığı saptanmıştır (p = 0,075 p = 0,704 p = 0,547 p = 0,287). (Tablo 4.17)

Tablo 4.17. Kanserojen olmayan sağlık riski varlığı durumunun yerleşim yeri özellikleri ile ilişkisi

		Kanserojen olmayan sağlık riski		P değeri*
		Yok (%)	Var (%)	
Sosyoekonomik durum	Kötü	9 (60,0)	6 (40,0)	0,704
	Orta	16 (66,7)	8 (33,3)	
	İyi	9 (60,0)	6 (40,0)	
Sanayi varlığı	Yok	25 (55,6)	20 (44,4)	0,075
	Var	8 (88,9)	1 (11,1)	
Konum	Mahalle arası	16 (84,2)	3 (15,8)	**0,010**

	Ana yol üzeri	17 (48,6)	18 (51,4)	
Ana yola uzaklık	≤ 100 metre	16 (50,0)	16 (50,0)	**0,043**
	> 100 metre	17 (77,3)	5 (22,7)	
Ana yol trafik yoğunluk	Yoğun değil	23 (74,2)	8 (25,8)	**0,022**
	Yoğun	10 (43,5)	13 (56,5)	
İnşaat sahası	Yok	23 (57,5)	17 (42,5)	0,547
	Var	10 (71,4)	4 (28,6)	
Odun-Kömür Kullanımı	Yok	29 (64,4)	16 (35,6)	0,287
	Var	4 (44,4)	5 (55,6)	

*Ki kare testi

Regresyon modeline göre kanserojenik olmayan risk varlığının; konum, ana yola uzaklık, ana yol trafik yoğunluğu ve hava kalite durumlarıyla ilişkisi saptanmadı. Toplam kanserojenik olmayan sağlık risk varlığı durumunu etkileyen faktörlerin ikili lojistik regresyonu Tablo 4.18' de verildi.

Tablo 4.18. Kanserojen olmayan sağlık riski açısından tek değişkenli analizde risk faktörü olarak tanımlanan değişkenlerin lojistik regresyon analizi

						%95 GA	
Değişken	**Değişkenler**	**B**	**S.E.**	**OR**	**P değeri**	**Alt**	**Üst**
Konum	Ref=[Mahalle arası] Cadde üzeri	1,280	0,815	3,594	0,116	0,728	17,764
Ana yola uzaklık	Ref=[> 100 metre] ≤ 100 metre	0,660	0,704	1,934	0,349	0,486	7,694
Ana yol trafik yoğunluk	Ref=[Yoğun değil] Yoğun	1,123	0,712	3,073	0,115	0,762	12,396
Hava kalite indeksi	Ref=[İyi] Orta	0,411	1,427	1,508	0,773	0,092	24,704
	Ref=[İyi] Hassas	-0,744	0,731	0,475	0,308	0,113	1,990

OR: Odds ratio, B: Coefficient, SE: Standart error, GA: Güven Aralığı

Ana yol üzeri yerleşimli olan parkların mahalle arası yerleşimli parklara göre total kanserojenik risk varlığı açısından daha riskli olduğu saptandı ($p < 0,001$). Sanayi bölgelerine yakın olmayan parklarda riskin daha yüksek olduğu görüldü ($p = 0,003$). Ana yola 100 metreden daha yakın olan parkların kanserojenik sağlık riski daha yüksekti ($p = 0,035$). Trafik durumuna göre değerlendirildiğinde de trafiğin daha yoğun olduğu bölgelerde bulunan parkların daha yüksek risk taşıdığı saptandı ($p = 0,001$). Parkların konumlandığı bölgelerin sosyoekonomik durumunun, yakınlarında inşaat varlığının,

ısınma amaçlı fosil yakıt olarak odun-kömür kullanımının parklardaki kanserojenik risk ile ilişkisi olmadığı saptandı (p = 0,121 p = 0,890 p = 0,489). (Tablo 4.19)

Tablo 4.19. Kanserojenik risk varlığı durumunun yerleşim yeri özellikleri ile ilişkisi

		Kanserojenik risk (TCR)		P değeri*
		Kabul edilebilir risk varlığı (%)	**Kanserojenik risk varlığı (%)**	
Sosyoekonomik durum	Kötü	10 (66,7)	5 (33,3)	0,121
	Orta	15 (62,5)	9 (37,5)	
	İyi	5 (33,3)	10 (66,7)	
Sanayi varlığı	Yok	21 (46,7)	24 (53,3)	**0,003**
	Var	9 (100,0)	0 (0,0)	
Konum	Mahalle arası	17 (89,5)	2 (10,5)	**< 0,001**
	Ana yol üzeri	13 (37,1)	22 (62,9)	
Ana yola uzaklık	≤ 100 metre	14 (43,8)	18 (56,2)	**0,035**
	> 100 metre	16 (72,7)	6 (27,3)	
Ana yol trafik yoğunluk	Yoğun değil	23 (74,2)	8 (25,8)	**0,001**
	Yoğun	7 (30,4)	16 (69,9)	
Yıkıntı-toz	Yok	24 (54,5)	20 (45,5)	1,000
	Var	6 (60,0)	4 (40,0)	
İnşaat sahası	Yok	22 (55,0)	18 (45,0)	0,890
	Var	8 (57,1)	6 (42,9)	
Odun Kömür Kullanımı	Yok	26 (57,8)	19 (42,2)	0,489
	Var	4 (44,4)	5 (55,6)	

*Ki kare testi

Total kanserojenik risk varlığını etkileyen durumlar için oluşturulan lojistik regresyon modelinde Hosmer ve Lemeshow uyum iyiliği testi değeri 0,521 olarak bulundu.

Regresyon modeline göre total kanserojenik risk varlığı; ana yol üzeri yerleşimli olma durumunda 14 kat (OR: 14,072; %95 GA: 1,826-108,436), en yakın ana yoldaki araç trafik yoğunluğunun fazla olduğu durumda ise beş kat (OR: 5,672; %95 GA: 1,030-31,234) daha fazladır. Parkların yerleştiği bölgelerin sosyoekonomik durumu ise modelde anlamlı bulunmadı. Toplam kanserojenik risk varlığı durumu etkileyen faktörlerin ikili lojistik regresyonu Tablo 4.20' de verildi.

Tablo 4.20. Kanserojenik risk açısından tek değişkenli analizde risk faktörü olarak tanımlanan değişkenlerin lojistik regresyon analizi

						%95 GA	
Değişken	**Değişkenler**	**B**	**S.E.**	**OR**	**P değeri**	**Alt**	**Üst**
Sosyoekonomik durum	Ref=[Kötü] Orta	0,075	1,146	1,078	0,948	0,114	10,185
	Ref=[Kötü] İyi	1,665	1,116	5,287	0,136	0,593	47,098
Konum	Ref=[Mahalle arası] Cadde üzeri	2,644	1,042	**14,072**	**0,011**	**1,826**	**108,436**
Ana yola uzaklık	Ref=[> 100 metre] ≤ 100 metre	0,626	0,801	1,870	0,435	0,389	8,998
Ana yol trafik yoğunluk	Ref=[Yoğun değil] Yoğun	1,736	0,870	**5,672**	**0,046**	**1,030**	**31,234**
Hava kalite indeksi	Ref=[İyi] Orta	-19,910	20695,744	0,000	0,999	0,000	**.**
	Ref=[İyi] Hassas	-1,252	1,113	0,286	0,261	0,032	2,532

OR: Odds ratio, B: Coefficient, SE: Standart error, GA: Güven Aralığı

5. TARTIŞMA

Çalışmamızda, Ankara ilindeki Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından yerleştirilen hava kalitesi gözlem istasyonlarının yakınında yer alan çocuk oyun parklarının toprak zeminlerindeki ağır metal düzeylerinin saptanarak çocuk sağlığı açısından risk durumlarının ortaya konulması amaçlanmıştır.

Seçilen 54 çocuk oyun parkının 21'inde (%38,9) kanserojen olmayan sağlık riski; 24'ünde (%44,4) ise kanserojenik risk varlığı tespit edildi. Kanserojenik risk varlığı açısından oyun parklarının cadde üzerinde yer alması ve yoğun trafiğe sahip bölgelerde konumlanmış olmasının riski arttırdığı saptandı. Hava kalitesi verileri incelendiğinde yıllık ortalama veriler açısından hava kalite indeksi değerlerine göre bir (%5,5) istasyonun hassas gruplar için riskli, altı (%33,3) istasyonun ise orta seviyede riskli olduğu gözlemlendi. Hava kalite verileri ile ağır metal seviyeleri ve çocuk sağlığı risk durumu açısından bir ilişki saptanmadı.

Çalışmamızda oyun parklarından toplanan topraklardaki ağır metal değerlerinin ortalaması dikkate alındığında Fe>Al>Mn>V>Cr>Ni>Zn>Pb>Cu>Co>As>Cd şeklinde sıralandıkları görüldü. Saptanan değerler numuneler arasında geniş bir aralık göstermiş olup bu durum bazı parkların antropojenik (insan faaliyetleri) kaynaklı kirlenmiş

olabileceğini göstermektedir. As ağır metali tüm parklarda, Cd 20 (%37) parkta, Pb 11 (%20,4) parkta, Ni yedi (%13) parkta, Cr ve Zn ise bir (%1,9) parkta arka plan değerlerinden yüksekti. Al, Co, Cu, Fe, Mn ve V ise hiçbir parkta arka plan değerlerini aşmadı. Ulusal limit değerleri açısından incelendiğinde ise Ni ağır metalinin topraktaki pH değerinin 5-6 olması durumunda 38 (%70,4) parkta, pH değerinin >6 olması durumunda iki (%3,7) parkta; Cr ağır metalinin ise bir (%1,9) parkta ulusal limitleri aştığı saptandı. Cu, Hg, Zn, Cd ve Pb ağır metalleri ise ulusal limit değerlerini aşmadı. As, Fe, Co, Al, Mn ve V ağır metallerinin ise ulusal limit değerlerinin belirlenmemiş olduğu görüldü. Farklı ülkelerin ve uluslararası kuruluşların belirlediği limit değerlere bakıldığında ise limit değerlerini aşan park sayısı daha fazla hale gelmektedir. Bu durum özellikle bazı bölgelerde ve parklarda kirlilik seviyesinde ağır metal düzeyi varlığı olabileceğini göstermektedir. Varyasyon katsayısı değerlerine bakıldığında analiz edilen 13 elementin dokuzunun (%69,2) orta ya da yüksek düzeyde varyasyon gösterdiği tespit edildi. Bu durum özellikle bu dokuz ağır metalin insan kaynaklı faaliyetler sonucu birikim gösterdiği şeklinde yorumlandı. Jin ve ark. tarafından 2019 yılında Pekin'deki oyun parklarında yapılan benzer bir çalışmada ise 11 ağır metalin beşinde (%45,5) inde orta veya yüksek düzeyde varyasyon saptanmıştır (221). Verla ve ark. tarafından Nijerya'da yapılan ve çocuk oyun alanlarında ağır metal konsantrasyonlarının incelendiği bir diğer çalışmada ise sekiz ağır metalin yedisinde (%87,5) orta ve yüksek düzeyde varyasyon saptanmıştır. Bu çalışmada Cd, Co, Cu ve Mn ağır metalleri yüksek düzeyde varyasyon göstermiştir (200). Guo ve ark. tarafından Çin'de yapılan ve 2020 yılında yayımlanan çalışmada ise özellikle As ağır metali yüksek düzeyde varyasyon göstermiş ve bu durum insan kaynaklı yani antropojenik aktivitelerden numune alanlarının yoğun şekilde etkilendiği şeklinde yorumlanmıştır. Cr ve Pb ise %35 ve %28' lik CV değerleri ile orta düzeyde varyasyon göstermiştir. Bu durum ise As ağır metaline kıyasla daha az olmakla birlikte yine antropojenik kaynakların etkili olduğu şeklinde yorumlanmıştır (222).

Çalışmamızda arsenik ağır metalinin tüm parklarda arka plan sınır değerini aştığı görüldü. As seviyesi ortalama 4,51 ± 1,90 mg/kg olacak şekilde saptandı. Bu durum çevresel kirlilik açısından risk oluşturduğu düşünülmektedir. Rodriguez-Oroz ve ark. tarafından 2018 yılında Şili'deki oyun parklarında yapılan bir çalışmada As seviyesi 9,3 ile 25,1 arası olarak belirgin şekilde yüksek bulunmuş, bu durumun kaynağı olarak volkanik aktivite ve bakır madenciliği gösterilmiştir (223). Vancouver-Kanada'da Ubayarathna tarafından yapılan çalışmada As düzeyi ortalama 24,7 mg/kg olarak saptanmış ve bu durum

büyük ölçüde kentleşme ve madencilik, fosil yakıtların ısınma amaçlı kullanımı, pestisit uygulamaları gibi antropojenik faaliyetlere bağlanmıştır (215). Seul-Güney Kore'de Young Park ve ark. tarafından yapılan çalışmada 2,4 mg/kg, Fransa'da Glorennec ve ark. tarafından yapılan çalışmada ise ortalama 0,3 mg/kg olarak çalışmamızda göre daha düşük seviyelerde saptanmıştır (216,217).

Çalışmamızda Cd ağır metalinin parkların %37'sinde arka plan değerini aştığı tespit edildi. Düzeyi en düşük saptanan ağır metal Cd idi ve ortalama değeri 0,09 ± 0,03 mg/kg olarak bulundu. Javed ve arkadaşlarının 2019 yılında Sudi Arabistan'da yaptıkları bir çalışmada Cd tespit edilen ağır metaller arasında en düşük konsantrasyondadır. Bu çalışmada topraktaki ortalama Cd değeri 0,038 mg/kg olarak tespit edilmiştir (175). Yine 2015 yılında Nijerya'da ve 2023 yılında ABD Mississippi'de yapılan çalışmalarda da benzer şekilde Cd seviyesi en düşük düzeyde tespit edilmiştir (10,200). Bu değer uluslararası belirlenen limitlerin altında olmakla birlikte arka plan sınır değerlerinin üzerindedir. Cd değerinin arka plan sınır değerinin üzerinde olmasının antropojenik kaynaklı nedenleri arasında sıklıkla araçların egzoz emisyonları ve tütün ürünlerinin dumanı gösterilebilir (200).

Kurşun ağır metalinin çalışmamızda parkların yaklaşık %20'sinde arka plan değerinin üzerinde olduğu görüldü. Ortalama değeri alınan numunelerde 15,19 ± 7,82 mg/kg olarak saptandı. Ulusal ve uluslararası limitlere bakıldığında sınırın 50-300 arasında değiştiği görülmektedir. Bu açıdan değerlendirildiğinde bir parkta limit değeri aşma riski mevcuttur. Bu durumun kurşunlu benzin kullanımının ülkemizde 2006 yılından itibaren tamamen yasaklanması ile ilgili olduğu değerlendirilmiştir. 2023 yılında Gana'nın başkenti Accra'da Kyene ve ark. tarafından yapılan çalışmada şehirde hem trafik yoğunluğu hem de e-atık ve dönüşüm tesislerinin fazlalılığı ile Pb seviyesinin yüksekliği ilişkilendirilmiştir (219). Ayrıca bu çalışmada Pb ile kurşunlu benzinin kullanımının yasaklanma zamanının ilişkilendirilebileceği bir model kurulamayacağı belirtilmiştir. Çalışmamızda Ankara ilinde numunelerin alındığı parkların çevresinde e-atık ve geri dönüşüm merkezlerinin yoğunlukta olmaması da Pb ağır metalinin bu çalışmaya göre düşük çıkmasına neden olmuş olabilir.

Ni ağır metalinin birçok parkta arka plan ve limit değerlerini aştığı görüldü. Parklarda tespit edilen ortalama değer 36,94 ± 13,15 mg/kg olarak bulundu. Bu sonuç hem Türkiye'de oyun parklarında yapılan diğer üç çalışmadan da yüksektir. Ayrıca kanserojenik

risk açısından dört parkta tek başına uluslararası limit kabul edilen değerleri aştığı saptandı. Bu durum başka hiçbir ağır metal olmasa bile ilgili parklarda Ni varlığı yönünden çocuk sağlığı açısından ciddi risk oluşturduğunu göstermektedir. Bilindiği gibi ağır metaller ana kayanın aşınması sonucu olabileceği gibi yoğun antropojenik faaliyetlere bağlı olarak da gelişebilmektedir. Ni birikiminin özellikle kentsel ortamlarda trafik faaliyetleri ve hayvansal gübreler gibi biyoatıklar sonucu meydana geleceği bildirilmektedir (179). Çalışmamızdaki Ni seviyesinin yüksekliğini de oyun parklarının etrafındaki trafik kirliliğinden ve parklarda yapılan uygun olmayan gübreleme faaliyetlerinin sonucu olabileceğini değerlendirmekteyiz.

Krom çalışmamızda ortalama 44,24 ± 16,90 mg/kg düzeyinde saptandı. Sonuçların bir parkta arka plan değerini aştığı tespit edilmiş olup bu değer ulusal ve uluslararası birçok sınır değerinin de üzerindedir. İlgili oyun parkı trafik yoğunluğunun yüksek olduğu bir bölgededir. Vancouver'de Ubayarathna tarafından yapılan çalışmada, Cr düzeyi ana yollara yakın bölgelerde daha yüksek seviyelerde bulunmuştur (215). Javed ve arkadaşlarının çalışmasında Cr düzeyi benzer şekilde bir parkta limitlerin üzerinde saptanmış ve bu çalışmada da yoğun trafik emisyonu kaynaklı olduğu değerlendirilmiştir (175).

Güney ve arkadaşları tarafından 2010 yılında yayınlanan ve İstanbul'daki oyun alanı, park ve piknik alanlarının seçildiği 24 çalışma sahasında yapılan çalışmada, beş sahanın As, Cu, Cr veya Zn açısından arka plan değerlerinden daha yüksek seviyelerde olduğu saptanmıştır. Özellikle As ağır metali pika davranışı olan çocuklarda ciddi sağlık sorunlarına yol açabileceği ifade edilmiştir (220). Bu çalışmayla karşılaştırıldığında özellikle Ni ve Pb ağır metal seviyesi çalışmamızda belirgin şekilde daha yüksek saptandı, bu durum da hem kanserojen hem de kanserojen olmayan sağlık riski açısından belirgin bir tehdit olarak yorumlandı.

Massas ve arkadaşlarının Atina'da yaptıkları ve 70 oyun parkının dahil edildiği çalışmada Cr, Zn, Ni, Pb, Co, Mn, Cu ve Fe ağır metalleri incelenmiştir. Üst toprakta Cr, Zn, Mn, Pb ve Ni'nin mevcudiyetinin ciddi toprak kirliliğine işaret edebileceği ifade edilmiştir. Çalışmada aşırı yüksek trafik yoğunluğu, hatalı mimari yapı ve nüfus yoğunluğu ile ilişkili olabileceği değerlendirilmiştir (213). Rozanski ve ark. tarafından 2018 yılında yayınlanan ve Polonya'daki iki ayrı kentten toplam 78 alandan numune toplanan çalışmada Pb ve Zn konsantrasyonlarının insan sağlığı açısından potansiyel risk taşıyan seviyede olduğu gösterilmiştir. Bu durumun ise trafik yoğunluğu ve yakıt amaçlı fosil yakıt tüketimi

sonucu olduğu belirtilmiştir (224). Saraybosna'da 2017 yılında Sapcanin ve ark.'nın yaptığı çalışmada da trafik yoğunluğunun fazla olduğu bölgelerdeki parklarda Cd, Pb, Hg, Cr, Ni, Cu, Zn ve As ağır metalleri daha yüksek konsantrasyonlarda saptanmıştır (225). Yine bir diğer çalışmada Antoinette ve ark. Romanya'da trafik yoğunluğunun fazla olduğu parklarda Cu, Cr, Zn ve Pb ağır metalleri daha fazla seviyede saptanmıştır (226). Laha ve ark. Hindistan'ın metal endüstrisinin yoğun olduğu kentlerinden olan Khagra kentinde yaptıkları ve 2023 yılında yayınlanan çalışmalarında, Cd ve Ni ağır metallerinin sanayi ve yoğun trafiğin olduğu bölgelerde artış gösterdiği tespit edilmiştir (227). Çalışmamızda da özellikle trafik yoğunluğunun yüksek olduğu bölgelerde kirliliğin daha yüksek olduğu bu durumun da sağlık riskleri oluşturabileceği tespit edildi.

Çalışmamızın aksine, 2023 yılında ABD Mississippi'de Jenkins-Horton tarafından yapılan çalışmada parkların tamamı ağır metaller açısından güvenli bulunmuştur (10). Bu çalışmada Mississippi'deki parkların büyük çoğunluğunun kırsal alanda yerleşim göstermesi dikkat çekicidir. Çalışmamızda ise parkların büyük çoğunluğu şehir merkezinde yer almaktadır.

Çalışmamızda Mn-Fe ve Ni-Cr'nin çok iyi-mükemmel düzeyde korelasyon gösterdikleri görüldü. Bu durum da kirlilik kaynaklarının ortak olabileceği şeklinde yorumlanmaktadır. Mn-Cr, Co-Cr, Mn-Cd, Ni-Co ve V-Co gibi ağır metaller arasında ise orta-iyi düzeyde korelasyon saptandı. Bu durum ise kaynaklarının homojen olmadığı, doğal ve antropojenik birçok kaynaktan birlikte kaynaklandığı şeklinde yorumlandı.

Guo ve arkadaşları 2020 yılında yayınladıkları ve Çin'de oyun parklarında yaptıkları benzer bir çalışmada Pb, Cu ve Zn ağır metallerinin güçlü bir şekilde korelasyon gösterdiği bu durumun araç egzoz gazları ve lastik aşınması gibi emisyon kaynaklı nedenlerden kaynaklandığını ifade etmişlerdir (222). Ayrıca aynı çalışmada Mn ve Ni, As ile önemli ölçüde ilişkili saptanmış bu durumun kömür kaynaklı emisyonlara bağlı olabileceği değerlendirilmiştir. Çalışmamızda Pb ve Cd ağır metallerinin birbirleriyle korele oldukları ve bu durumun egzoz gazı emisyonu ile ilişkili olduğu değerlendirildi. Ayrıca Ni ve As arasında da benzer şekilde pozitif yönde korelasyon olduğu saptandı.

Antoaneta ve ark.'nın Romanya'da yaptıkları bir çalışmada Zn ve Cu düzeyinin çalışmamızdaki gibi anlamlı şekilde pozitif korelasyon gösterdiği bu durumun da araç parçalarının aşınması sonucu birikim gösterebileceği belirtilmiştir (226). Boban ve ark.'nın 2016 da Karadağ'da çocuk oyun parklarında yaptıkları çalışmada da çalışmamıza benzer

şekilde Pb, Cd, Cu ve Zn ağır metallerinin birbiri ile korelasyon gösterdikleri bu durumun da trafik yoğunluğu ve endüstriyel faaliyetlerle ilişkili olabileceği belirtilmiştir (228). Yine özellikle trafik yoğunluğuna bağlı artmış araç emisyonları, endüstriyel faaliyetler ve çeşitli kentsel faaliyetler sonucu Ni, Cr ve Co ağır metallerinin yüksek düzeyde korelasyon gösterebilecekleri gösterilmiştir (229,230). Örneğin Li ve ark. tarafından yapılan çalışmada kentsel parklardaki topraklarda Ni-Cr için korelasyon katsayısı 0,840 ile çok iyi düzeyde, Javed ve arkadaşlarının Sudi Arabistan'da yaptıkları çalışmada da yine Ni-Cr arasında mükemmel seviyede korelasyon saptanmıştır (175,231). Çalışmamızda da literatürle uyumlu şekilde Ni-Cr-Co arasında çok iyi-mükemmel düzeyde korelasyon olduğu görülmektedir.

Liu ve ark. tarafından 2024 yılında yayınlanan ve Avrupa'daki kirlilik kaynaklarına göre ayrılmış yedi ülkenin farklı bölgelerinde atmosferdeki ağır metallerin incelendiği çalışmalarında, Mn-Cu, Cd-Zn, Cd-Pb ve Cr-Mn arasında korelasyon olduğu bu durumun trafik emisyonlarından kaynaklandığı ifade edilmiştir. Çalışmamızdaki ağır metallerden Co-Mn korelasyonun ise kentsel endüstriyel faaliyetlerle ilişkili olduğu belirtilmiştir (232). Çalışmamızda da benzer şekilde bahsedilen ağır metallerin topraklardaki düzeyleri arasında farklı düzeylerde pozitif korelasyon saptandı. Bu durumun Ankara'da özellikle trafik emisyonu kaynaklı ağır metal seviyesinin yüksekliği ile ilişkili olduğu değerlendirilmektedir.

Rodriguez-Oroz ve ark. tarafından 2018 yılında Şili'de yapılan bir çalışmada Cr ve Cd ağır metallerinin korelasyon gösterdiği bu durumun da oyun alanlarında çeşitli biyosidal ürünlerin kullanımı, yoğun trafik emisyonu ve boya-tekstil endüstrisi ile ilişkili olabileceği değerlendirilmiştir (223). Çalışmamızda da benzer şekilde Cr ve Cd ağır metallerinin korelasyon gösterdiği saptandı.

Çalışmamızda As, Cd, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, Pb, V ve Zn ağır metalleri birçok parkta aşikâr seviyede zenginleşme faktörü değeri gösterdi. Parkların tamamında en azından aşikâr seviyede zenginleşme söz konusudur. As ağır metali tüm parklarda aşikâr seviye ve üzerinde EF değeri aldı. Huang ve ark. nın Çin'deki çalışmasında Hg, Pb ve Cd ağır metalleri aşikar seviyede ve üzerinde kirlilik seviyesinde olduğu tespit edilmiş ve bu durum trafik emisyonları, endüstriyel faaliyetler ve gübre/pestisit uygulamaları ile ilişkilendirilmiştir (233).

Çalışmamızda tüm parklarda en az bir ağır metal açısından EF değerinin > 1 olması, 21 parkta (%38,9) ise en az bir değerinin > 2 olması oyun alanı topraklarının antropojenik faaliyetlerden etkilendiğini göstermesi açısından önemlidir. Li ve ark. tarafından Wuhan-Çin'de yapılan çalışmada da parkların %90'ında EF değeri > 2 şeklinde saptanmış ve insan faaliyetlerinden etkilenme olduğu gösterilmiştir (231).

Parkların CF değerleri incelendiğinde, As ağır metali açısından tüm parklarda minimum orta düzeyde, iki parkta ise çok yüksek düzeyde kirlilik olduğu, Cd açısından parkların 20'sinde (%37) orta düzeyde kirlilik olduğu, Ni açısından parkların yedisinde (%13) orta düzeyde kirlilik olduğu, Pb açısından bir parkta yüksek düzeyde 10 parkta (%19) orta düzeyde kirlilik olduğu, Zn açısından iki parkta orta düzeyde kirlilik olduğu, Cr ve Mn açısından ise birer parkta orta düzeyde kirlilik olduğu tespit edilmiştir. Parkların tamamında en az bir ağır metal için kirlilik yükü orta seviye ve üzerindedir.

Laha ve ark.'larının üretimin geleneksel el yapımı yöntemlerle devam ettiği bir çeşit metal endüstrisinin yoğun olduğu Hindistan'ın Khagra kentindeki çalışmalarında oyun parklarındaki CF değerleri 0,21 ile 65,99 arasında değişmiş ve As, Cu, Pb, Sn ve Zn orta ila çok yüksek seviyede kirlenme faktörüne sahipken; Co, Fe, Mn ve Ni için düşük kirlenme gözlenmiştir. CF değerlerini Sn > Cu > Zn > Pb > Cd > As > Co > Ni > Fe şeklinde sıralandığı tespit edilmiştir. Ortalama EF değerleri ise 1,27 ile 282,71 arasında değişmektedir. EF'lerdeki değişimler, çalışma alanında Sn > Cu > Zn > Pb > Cd > As sırasıyla değişmektedir. Sağlık riski açısından bakıldığında çocuklar için ağır metaller tek tek incelendiğinde kanserojen olmayan sağlık riski gözlenmemiştir (227). Çalışmamızda CF değerleri 0,11 ile 8,18 arasında değişmekte olup, değerler As > Cd > Pb > Ni > V > Co > Cu > Mn > Cr > Zn > Fe şeklinde sıralanmaktadır. Laha ve ark. çalışmasından farklı olarak EF değerleri ortalaması 2,37 ile 25,98 arasında değişmekte olup, sıralaması As > Cd > Pb > Ni > V > Co > Cu > Mn > Cr > Zn > Fe şeklindedir. Çalışmamızda CF ve EF değerlerinin bu çalışmaya göre daha düşük olmasının en belirgin nedeni Khagra kentinin el yapımı metal eşya üretiminin yoğun olduğu ticaret bölgelerinde ev sahipliği yapmaktayken Ankara'nın bu tür bir özelliği olmamasına bağlanabilir.

Uluslararası literatürde, çalışmaların bazılarında ağır metallerin hem kanserojen hem de kanserojen olmayan sağlık riskleri ayrı ayrı verilmişken (219,226,227), bazı çalışmalarda ise ağır metallerin sinerjik etki oluşturabileceğinden her bir ağır metalin sağlık riski toplanarak toplam kanserojen ve kanserojen olmayan sağlık riski verileri

sunulmuştur (234–237). Çalışmamızda ise ağır metallerin kümülatif ve sinerjik etki oluşturma potansiyelleri göz önüne alınarak sağlık riskleri açısından incelenen ağır metallerin sağlık riskleri toplandı ve sonuçlar bu şekilde verildi.

Çalışmamızda kanserojen olmayan sağlık riski açısından riskin büyük bir bölümünün (%92) yutma nedeniyle meydana geldiği görüldü. Onu sırasıyla dermal yol ve inhaler yol takip etmekteydi. Ağır metaller tek tek değerlendirildiğinde hiçbir ağır metalin kanserojen olmayan sağlık riski değeri sınır değer olan 1 değerinin üzerinde değildi. Bu nedenle tek bir ağır metale maruziyetten kaynaklanan belirgin bir sağlık riski saptanmadı. Fakat tüm ağır metallerin HI değerlerinin toplanarak hesaplandığı HI toplam değerlerine bakıldığında, çalışmamızda 21 parkta (%38,9) çocuk sağlığı açısından kanserojen olmayan sağlık riski olduğu saptandı. Bu durum, bazı oyun parklarındaki topraklara uzun süreli maruziyetin sağlık açısından zararlı olduğunu göstermektedir. HI değerleri açısından çalışmamızda en yüksek değere sahip ağır metal As; en düşük olan ağır metal ise Zn ağır metalidir.

Kyene ve ark.'nın çalışmasında kanserojen olmayan sağlık riski açısından yutma maruziyeti solumaya göre 2-4 kat daha riskli bulunurken, De Miguel ve ark. tarafından yapılan çalışmada her iki alım yolunun benzer risklere sahip olduğu belirtilmiştir (219,238).

Javed ve arkadaşlarının çalışmasında ise en yüksek HI değeri Co ağır metalinde iken en düşük HI değeri Cd ağır metalinde saptanmış fakat bu çalışmada As çalışmaya dahil edilmemiştir (175).

Gaffari ve ark. tarafından İran'da yapılan ve 2023 yılında yayımlanan bir çalışmada, As, Co ve Mn değerleri açısından kanserojen olmayan risk ihmal edilebilir seviyenin üzerinde saptanmıştır. Yutma ile alımın bu riske katkısının %90'ın üzerinde olduğu gösterilmiştir. Bu ağır metaller dışında sağlık açısından diğer elementlerin risk oluşturmadığı sonucuna varılmıştır. Bu durumun nedeni olarak ise park alanlarının topraklarının görece daha temiz yerlerden alınması gösterilmiştir. Oyun alanları topraklarındaki ağır metallerin kaynağı olarak doğal taşlar, gübreler, trafik emisyonu, endüstriyel ve inşaat emisyonları ifade edilmiştir (214). Bizim çalışmamızda özellikle trafik emisyonunun riski belirgin olarak arttırdığı saptandı. İnşaat ve endüstriyel kaynakların ise etkisi gösterilmedi. Bu durumun numune alanlarının çevresindeki inşaat alanları ve endüstriyel kaynakların kısıtlılığından kaynaklandığı düşünülmektedir.

İstanbul'da parklardaki toprakların da dahil edildiği Güney ve ark. tarafından yapılan çalışmada HI değeri analiz edilen tek tek hiçbir ağır metal için çalışmamıza benzer şekilde 1 değerini aşmamıştır. Fakat bu çalışmada tüm ağır metallerin HI değerlerinin birlikte değerlendirildiği toplam kanserojen olmayan sağlık riski hesaplanmamıştır (220).

Parlak ve ark. tarafından Çanakkale'de 42 parktan alınan numunelerle yapılan ve altı metalin dahil edildiği çalışmada ise kanserojen olmayan sağlık riski saptanmamıştır (177). Bunun nedeni daha sınırlı sayıda ağır metalin analize dahil edilmesi, analize As ve Hg gibi daha toksik ağır metallerin dahil edilmemiş olması ve çevresel özelliklerin ağır metal düzeylerinin çocuk sağlığı açısından daha elverişli olması olabilir.

Çalışmamızda kanserojenik risk açısından son derece toksik oldukları bilinen ve düşük dozlarda bile malignitelere yol açma potansiyeli taşıyan As, Cd, Cr, Ni ve Pb ağır metalleri değerlendirildi. Oyun parklarındaki toplam kanserojen risk 6.5E-05 ile 2.52E-04 arasında değişmektedir. Toplam kanserojen risk açısından 24 parkın (%44,4) riskli olduğu saptandı. USEPA yönergeleri kanserojen risk seviyelerini 1.0E-04 ve 1.0E-06 arasında olması durumunu potansiyel risk olarak tanımlamaktadır (239). Bu açıdan bakıldığında tüm parklar USEPA tarafından belirlenen limit değeri olan 1.0E-06 değerinin üzerindedir ve olumsuz sağlık riski potansiyeli taşımaktadır. Toplam kanserojenik riske katkı açısından sıralama Ni>Cr>As şeklindedir. Ni başta olmak üzere Cr ve As ile birlikte kanserojen risk açısından öncelikli kirleticiler olarak tespit edildi. 2023 yılında Peng ve ark. Hong Kong'da yaptıkları çalışmada ise As ve Ni seviyesi kanserojen risk açısından ön plana çıkmıştır. Bu durumun trafik yoğunluğu, otoyolların etrafına konumlanma, endüstriyel kirleticiler ve atmosferik birikim ile ilişkili olabileceği değerlendirilmiştir (240). Çalışmamızda ise trafik yoğunluğunun kanserojen riski beş kat, cadde üzeri konumun ise 14 kat arttırdığı saptanmıştır. Aynı çalışmada kanserojen risk ile hava kalitesi parametreleri (PM10, PM2.5, NO_2 ve SO_2) arasında düşük düzeyde bir ilişki, kanserojen olmayan sağlık riski ile hava kalitesi verileri arasında ise negatif korelasyon saptandı. Yine Song ve ark. tarafından yapılan çalışmada da incelenen As, Cr, Ni, Pb ve Zn ağır metalleri ile PM2.5 arasında negatif NO_2, CO ve SO_2 ile ise pozitif korelasyon saptanmıştır (241). Hava kalite parametreleri ile sağlık riski verileri arasında negatif korelasyon durumu beklenmese de çalışmamızda da benzer şekilde hava kalite indeksi parametrelerinden PM10, PM2.5, ve O_3 ile kanserojenik ve kanserojen olmayan sağlık riski arasında negatif korelasyon saptandı. Hava kalite indeksi ile kanserojen ve kanserojen olmayan risk arasında ise anlamlı bir korelasyon ve ilişki saptanmadı. Çalışmamızda ayrıca hava kalite indeksi değeri ile

topraklardaki çevre kirliliğini saptanmakta kullanılan ağır metallerin EF, CF değerleri ve tüm ağır metaller açısından toplamdaki kirlilik durumunu veren PLI değeri arasında da ilişki saptanmadı. Hava kalite verileri ile topraktaki ağır metallerin çevre ve çocuk sağlığı değerleri ile negatif korelasyon saptanması veya analizlerde ilişki saptanmamış olması birkaç değere bağlı olabileceğini değerlendirmekteyiz. Topraklardaki ağır metal birikimine hava kirliliğinden farklı olarak pestisitler, gübre kullanımı ve atıklar gibi kirlilik kaynakları katkı yapmış olabilir. Toprak kirliliği kümülatif şekilde ağır metallerin birikimi sonucu oluşurken, hava kirliliği anlık hava olaylarından sıklıkla etkilenmekte ve birikim göstermemektedir. Hava kirliliğini azaltmaya yönelik uygulamalar ve çevre koruma önlemleri hava kirliliğinin azalmasını sağlamış olabilir.

Bir diğer çalışmada ise Gaffari ve ark. As ve Cr için kanserojen riski 1.0E-06 seviyesinin üzerinde tespit etmişlerdir. As seviyesinin yüksekliği özellikle park alanlarındaki gübre kullanımı ile ilişkilendirilmiştir (214). Bizim çalışmamızda ise Cr, Ni ve As ağır metallerinin kanserojenik riskleri tüm parklarda 1.0E-6 seviyesinin üzerindedir. As seviyesinin bu çalışmaya göre benzer saptanmasının yeşil alanlardaki gübreleme ve pestisit uygulamaların parkların oyun alanlarına da etki etmesi ile ilişkili olabilir. Güney ve ark. tarafından İstanbul'da yapılan çalışmada da As açısından düşük doz alımlarda bile kanserojen risk olasılığının varlığı saptanmıştır (220).

Zglobicki ve ark. tarafından 2020 yılında Polonya'nın nüfus yoğunluğu, trafik yoğunluğu ve endüstriyel faaliyetlerin oldukça sınırlı olduğu Lublin kentinde yapılan bir diğer çalışmada ağır metallerin oyun parklarındaki kısmen yüksek konsantrasyonun şehir merkezinde, ısınma amaçlı fosil yakıt kullanımının ve kısmen yüksek trafik yoğunluğuna sahip yollara yakınlık ile ilişkili olduğu gösterilmiştir. EF jeokimyasal indeksi Cu, Cr, Ni, Zn ve Pb ile kirliliğin olmadığını veya düşük seviyede olduğunu göstermiştir. Bazı oyun alanlarında Cd ve Hg ile orta veya önemli kirlilik mevcuttur. Çocuk sağlığı açısından HI ve CR değerleri ise her bir element için tehlikeli eşiğin oldukça altında saptanmıştır (242). Çalışmamıza göre çevresel ve sağlık risklerinin düşük saptanmasının nedeni olarak çalışmanın yapıldığı bölgenin endüstriyel faaliyetlerin ve trafik yoğunluğunun oldukça kısıtlı olması gösterilebilir.

Çalışmamıza dahil edilen parklardaki ziyaretçi çocuk sayıları incelendiğinde gözlemler sonucu en çok ziyaret edilen 10 parktan altısında (%60) hem kanserojenik hem

de kanserojenik olmayan sağlık riski varlığı saptandı. Bu durum da sıklıkla ziyaret edilen oyun parklarındaki risk durumunu göstermek açısından önemlidir.

5.1. Kısıtlılıklar

- Analizlerde toprağın pH gibi yapısal değerlerinin tespit edilmemiş olması nedeniyle ağır metallerin toprakta tutulumu ve yayılımı daha kesin şekilde tespit edilememiştir.

- Biyoerişilebilirlik analizlerinin olmaması nedeniyle çocukların herhangi bir yolla aldıkları ağır metallerin ne kadarının emilerek vücutlarında birikim göstereceği net şekilde ortaya konulamamıştır.

- Parkların yapım ya da yenilenme zamanlarının tespit edilemeyişi nedeniyle topraktaki ağır metallerin birikimi ile zaman ilişkisi kurulamamıştır.

- Toprak kirliliği kümülatif birikim gösterdiğinden, parkların yapım veya yenilenme zamanının bilinmemesi, hava kalitesi ile ilişki kurmada sınırlılık oluşturmaktadır.

- Çalışma için numune alınan oyun parklarından üç numuneden oluşan birer örnek alınması nedeniyle ölçüm sonuçlarının parkın tamamına genellenmesi kısıtlanmaktadır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Analiz edilen tüm parklarda en az bir ağır metal arka plan değerini ya da ulusal mevzuatta belirtilen değerleri aşmıştır. Çevre kirliliği açısından yine tüm parklar en az bir ağır metal açısından güvenli sınır değerlerin üzerindedir. Çocuk sağlığı açısından ise toplam kanserojen olmayan risk açısından parkların %38,9' u, kanserojen risk açısından ise %44,4'ü tehlikeli görünmektedir. Çocukların ağır metallere arka plan maruziyetinin etkileri açısından bu çalışmada sadece toprak maruziyetine bağlı riskler incelenmiştir. Gıda alımı, ev ve okullardaki iç mekân toz maruziyetleri ve kentsel aerosolün solunması gibi diğer kümülatif etki oluşturabilecek maruziyetler bu araştırmaya dahil edilmemiştir. Tüm bu faktörlerin araştırıldığı ve değerlendirildiğinde toplam riskin daha fazla olması söz konusu olacaktır. Ayrıca bilindiği üzere metaller birbirleri ile sinerjik etki göstererek zararlı

etkilerini arttırabilirler. Bu nedenle tek tek incelemek ve zararlı etkilerini tespit etmek yerine toplamdaki etkilerinin ortaya konması daha değerlidir.

Çalışmamızda potansiyel alım yolları ile alınabilecek düzeyler ve meydana gelebilecek riskler saptanmış fakat vücuda alım sonrası emilerek kalacak değerleri gösteren biyoerişilebilirlik değerleri ile daha kesin sonuçlara ulaşılmamıştır. İleriki çalışmalar da biyoerişilebilirlik değerleri de analiz edilerek daha kesin sonuçlara ulaşılabilir.

Çocuk oyun parkalarındaki ağır metal kirliliğini önlemek için aşağıdaki önerilerin değerli olacağını değerlendirmekteyiz.

- Çocukların ağır metaller gibi sağlık riski çok yüksek olan maddelere maruziyetinin engellenmesi için oyun parklarının yapılacağı alanların seçimi, parkların sağlık açısından düzenli takibi gibi önemli halk sağlığı uygulamalarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle şehircilik faaliyetleri ile ilgili politikalar halk sağlığı bakış açısı ile gözden geçirilmelidir.

- Çalışmamız kapsamında çocuk oyun parklarının yerleşim yeri ve ana yola uzaklıklarının sağlık riski açısından ciddi tehdit oluşturabileceği saptanmış olup, oyun parklarının mahalle arası yerleşimli olması ve ana yol üzerinde konumlandırılmamasını önermekteyiz.

- Düzenli aralıklarla oyun parklarından numuneler alınarak ağır metal seviyeleri kontrol edilmelidir. Gerekli durumlarda parkların yüzey toprakları belirli derinlikte düzenli olarak değiştirilebilir.

- Trafik yoğunluğunun fazla olduğu bölgelere ve ana cadde üzerine çocuk oyun parklarının yapılmamasına dikkat edilmelidir.

- Çocuk oyun parklarının etrafına trafik emisyonu riskini minimuma indirmek için sık aralıklı ve yüksek boylu ağaçlar dikilebilir.

- Çocuk oyun alanlarının olduğu bölgelerde gübreleme ve herbisitlerin uygulanması konusunda çok hassas davranılmalı ve kullanılan maddelerin içeriğine dikkat edilmelidir.

- Toprak yapısının ve biyoerişilebilirlik gibi değerlerin saptanacağı ve örnekleme daha fazla oyun parkının dahil edileceği ileri çalışmalar sorunun boyutunu daha detaylı ortaya koymak açısından değerli olacaktır.

7. KAYNAKLAR

1. Järup L. Hazards of heavy metal contamination. Br Med Bull. 2003;68:167–82. Available from: http://www.msceast.org/

2. Tchounwou PB, Yedjou CG, Patlolla AK, Sutton DJ. Heavy metal toxicity and the environment. In: Molecular, Clinical and Environmental Toxicology. Basel: Springer Basel AG; 2012. p. 133–64.

3. Mawari G, Kumar N, Sarkar S, Daga MK, Singh MM, Joshi TK, et al. Heavy metal accumulation in fruits and vegetables and human health risk assessment: findings from Maharashtra, India. Environ Health Insights. 2022;16(11786302221119152). Available from: /pmc/articles/PMC9434655/

4. Jayakumar M, Surendran U, Raja P, Kumar A, Senapathi V. A review of heavy metals accumulation pathways, sources and management in soils. Arab J Geosci. 2021;14(20):1–19. Available from: https://link.springer.com/article/10.1007/s12517-021-08543-9

5. Khan S, Cao Q, Zheng YM, Huang YZ, Zhu YG. Health risks of heavy metals in contaminated soils and food crops irrigated with wastewater in Beijing, China. Environ Pollut. 2008;152:686–92. Available from: www.elsevier.com/locate/envpol

6. Wuana RA, Okieimen FE, Montuelle B, Steinman AD. Heavy metals in contaminated soils: A review of sources, chemistry, risks and best available strategies for remediation. Int Sch Res Netw ISRN Ecol. 2011;2011:1–20.

7. Rezapour S, Golmohammad H, Ramezanpour H. Impact of parent rock and topography aspect on the distribution of soil trace metals in natural ecosystems. Int J Environ Sci Technol. 2014;11:2075–86.

8. Dudas M, Pawluks S. Trace elements in sewage sludges and metal uptake by plants grown on sludge-amended soil. Can J Soil Sci. 1975;55(2):239–43. Available from: https://cdnsciencepub.com/doi/10.4141/cjss75-032

9. Waseem A, Arshad J, Iqbal F, Sajjad A, Mehmood Z, Murtaza G. Pollution status of Pakistan: A retrospective review on heavy metal contamination of water, soil, and vegetables. Biomed Res Int. 2014;2014:1–29. Available from:

http://dx.doi.org/10.1155/2014/813206

10. Jenkins-Horton T. Concentration levels and bio-accessibility of heavy metals and trace elements in children playgrounds of central Mississippi [Internet]. Jackson State University; 2023. Available from: https://www.proquest.com/docview/3106853339/B368FB29A05C44C3PQ/1?Theses&accountid=142289&sourcetype=Dissertations

11. Tang S, Wang C, Song J, Ihenetu SC, Li G. Advances in studies on heavy metals in urban soil: A bibliometric analysis. Sustainability. 2024;16(2):860. Available from: https://www.mdpi.com/2071-1050/16/2/860/htm

12. Ayoğlu FN, Kurt AÖ. Giriş. In: Ayoğlu FN, Kurt AÖ, editors. Çevre ve İş Sağlığında Özel Konular: Metaller-1. Ankara: Halk Sağlığı Uzmanları Derneği (HASUDER); 2023. p. 4–14.

13. Al Osman M, Yang F, Massey IY. Exposure routes and health effects of heavy metals on children. BioMetals. 2019;32(4):563–73. Available from: https://link.springer.com/article/10.1007/s10534-019-00193-5

14. Shekhawat K, Chatterjee S, Joshi B. Chromium toxicity and its health hazards. Int J Adv Res. 2015;3(7):167–72. Available from: http://www.journalijar.com

15. Ljung K, Oomen A, Duits M, Selinus O, Berglund M. Bioaccessibility of metals in urban playground soils. J Environ Sci Heal Part A. 2007;42(9):1241–50. Available from: https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10934520701435684

16. Birleşmiş Milletler [Internet]. [cited 2024 Dec 2]. Çocuk Haklarına Dair Sözleşme | UNICEF Türkiye. Available from: https://www.unicef.org/turkiye/çocuk-haklarına-dair-sözleşme

17. Morrison S, Fordyce FM, Scott EM. An initial assessment of spatial relationships between respiratory cases, soil metal content, air quality and deprivation indicators in Glasgow, Scotland, UK: Relevance to the environmental justice agenda. Environ Geochem Health. 2014;36(2):319–32. Available from: https://link.springer.com/article/10.1007/s10653-013-9565-4

18. Sponza D, Karaog N. Environmental geochemistry and pollution studies of Aliaga industry district. Environ Int. 2002;27:541–53.

19. Bahar S, Ilker T. Impact of heating season on the soil pollution in Kirklareli province of Turkey. Environ Monit Assess. 2021;209:1–15. Available from: https://doi.org/10.1007/s10661-021-09002-4

20. T.C. Ankara Valiliği [Internet]. 2024 [cited 2024 Oct 21]. Genel Coğrafya ve Yeryüzü Şekilleri. Available from: http://www.ankara.gov.tr/genel-cografya-ve-yeryuzu-sekilleri

21. Türkiye İstatistik Kurumu [Internet]. 2025 [cited 2025 Feb 21]. TÜİK - Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi Sonuçları, 2024. Available from: https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Adrese-Dayalı-Nüfus-Kayıt-Sistemi-Sonuçları-2023-49684&dil=1

22. Türkiye İstatistik Kurumu [Internet]. 2024 [cited 2024 Oct 21]. TÜİK - Coğrafi İstatistik Portalı. Available from: https://cip.tuik.gov.tr/

23. Akdur R. Çevre Sağlığı. In: Piyal B, editor. Halk Sağlığı. Ankara: Ankara Üniversitesi Uzaktan Eğitim Yayınları; 2011. p. 229–72.

24. Nathanson JA. Encyclopedia Britannica. 2024 [cited 2024 Oct 22]. Pollution. Available from: https://www.britannica.com/science/pollution-environment

25. Türkiye İstatistik Kurumu [Internet]. 2023 [cited 2024 Dec 18]. TÜİK - Coğrafi İstatistik Portalı. Available from: https://cip.tuik.gov.tr/

26. Munzeiwa WA, Ruziwa DT, Chaukura N. Environmental pollutants: Metal(loid)s and radionuclides. Biotechnol Environ Prot. 2022;1–23. Available from: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-19-4937-1_1

27. He ZL, Yang XE, Stoffella PJ. Trace elements in agroecosystems and impacts on the environment. J Trace Elem Med Biol. 2005;19(2–3):125–40.

28. UN. The sustainable development goals report 2024 [Internet]. New York; 2024 [cited 2024 Sep 17]. Available from: https://unstats.un.org/sdgs/report/2024/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2024.pdf

29. Duffus JH. “Heavy metals” - A meaningless term? Pure Appl Chem. 2002;74(5):793–807. Available from: https://www.degruyter.com/document/doi/10.1351/pac200274050793/html

30. Prüss-Ustün A, Wolf J, Corvalán C, Neira, Bos R, Neira M. Preventing disease through healthy environments A global assessment of the burden of disease from environmental risks. Geneva; 2016.

31. Howe CG, Margetaki K, Vafeiadi M, Roumeliotaki T, Karachaliou M, Kogevinas M, et al. Prenatal metal mixtures and child blood pressure in the Rhea mother-child cohort in Greece. Environ Heal. 2021;20(1). Available from: /pmc/articles/PMC7789252/

32. Teng Y, Tuo X, Ni S, Zhang C, Xu Z. Environmental geochemistry of heavy metal contaminants in soil and stream sediment in Panzhihua mining and smelting area, Southwestern China. Chinese J Geochemistry. 2003;22(3):253–62. Available from: https://link.springer.com/article/10.1007/BF02842869

33. ATSDR. Toxicological profile for nickel. Atlanta; 2023.

34. Guzelian P, Henry C, Olin S. Similarities and differences between children and adults: Implications for risk assessment. Washington, DC: ILSI Press; 1992.

35. Ding M, Shi S, Qie S, Li J, Xi X. Association between heavy metals exposure (cadmium, lead, arsenic, mercury) and child autistic disorder: a systematic review and meta-analysis. Front Pediatr. 2023;11. Available from: /pmc/articles/PMC10353844/

36. Goyer R, Golub M, Choudhury H, Hughes M, Kenyon E, Stifelman M. Issue Paper on the Human Health Effects of Metals [Internet]. Washington,DC; 2004 [cited 2023 Oct 2]. Available from: https://www.epa.gov/sites/default/files/2014-11/documents/human_health_effects.pdf

37. USEPA. United States Environmental Protection Agency (USEPA). 2014 [cited 2023 Oct 5]. Code of Federal Regulations: Priority Pollutants List. Available from: https://www.govinfo.gov/content/pkg/CFR-2014-title40-vol29/xml/CFR-2014-title40-vol29-part423-appA.xml

38. Rajkumar V, Lee VR, Gupta V. Heavy Metal Toxicity. StatPearls. StatPearls Publishing; 2023 [cited 2025 Feb 24]. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK560920/

39. ATSDR. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. 2022 [cited 2024 Sep

17]. Substance Priority List | ATSDR. Available from: https://www.atsdr.cdc.gov/spl/index.html

40. Sun HJ, Rathinasabapathi B, Wu B, Luo J, Pu LP, Ma LQ. Arsenic and selenium toxicity and their interactive effects in humans. Environ Int. 2014;69:148–58.

41. Gehle K. U.S. Department of Health and Human Services Agency for Toxic Substances and Disease Registry. 2013 [cited 2024 Sep 14]. Arsenic toxicity. Available from: http://www.atsdr.cdc.gov/csem/csem.html.

42. Nriagu JO, Azcue JM. Part I: cycling and characterization. In: Arsenic in the environment. New York: John Wiley & Sons, Inc.; 1990. p. 1–15.

43. Bissen M, Frimmel FH. Arsenic - A review. Part I: Occurrence, toxicity, speciation, mobility. Acta Hydrochim Hydrobiol. 2003;31(1):9–18.

44. Hughes MF, Beck BD, Chen Y, Lewis AS, Thomas DJ. Arsenic Exposure and Toxicology: A Historical Perspective. Toxicol Sci. 2011;123(2):305–32. Available from: https://dx.doi.org/10.1093/toxsci/kfr184

45. WHO. Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first addendum. Geneva: World Health Organization; 2017.

46. Penradee C, Suthipong S, Myoung-Soo K, Kyoung-Woong K. Global market and field studies of arsenic accumulation in rice. In: Arsenic in Drinking Water and Food. Springer Singapore; 2019. p. 235–60.

47. González-Martínez F, Johnson-Restrepo B, Quiñones LA. Arsenic inorganic exposure, metabolism, genetic biomarkers and its impact on human health: A mini-review. Toxicol Lett. 2024;398:105–17.

48. Rahaman S, Rahman M, Mise N, Sikder T, Ichihara G, Uddin K, et al. Environmental arsenic exposure and its contribution to human diseases, toxicity mechanism and management. Environ Pollut. 2021;289(117940):1–17. Available from: https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117940

49. Khan KM, Chakraborty R, Bundschuh J, Bhattacharya P, Parvez F. Health effects of arsenic exposure in Latin America: An overview of the past eight years of research. Sci Total Environ. 2020;710:136071.

50. Ahmed S, Akhtar E, Roy A, von Ehrenstein OS, Vahter M, Wagatsuma Y, et al. Arsenic exposure alters lung function and airway inflammation in children: A cohort study in rural Bangladesh. Environ Int. 2017;101:108–16.

51. Soler-Blasco R, Murcia M, Lozano M, Sarzo B, Esplugues A, Riutort-Mayol G, et al. Prenatal arsenic exposure, arsenic methylation efficiency, and neuropsychological development among preschool children in a Spanish birth cohort. Environ Res. 2022;207:112208.

52. Schaefer HR, Dennis S, Fitzpatrick S. Cadmium: Mitigation strategies to reduce dietary exposure. J Food Sci. 2020;85(2):260. Available from: /pmc/articles/PMC7027482/

53. Srivastava V, Sarkar A, Singh S, Singh P, de Araujo ASF, Singh RP. Agroecological responses of heavy metal pollution with special emphasis on soil health and plant performances. Front Environ Sci. 2017;5(OCT):272723. Available from: www.frontiersin.org

54. ATSDR. Toxicological profile for cadmium. Atlanta; 2012.

55. WHO Team. Health risks of heavy metals from long-range transboundary air pollution. World Health Organization. Regional Office for Europe, editor. Copenhagen; 2007.

56. Paschal DC, Burt V, Caudill SP, Gunter EW, Pirkle JL, Sampson EJ, et al. Exposure of the U.S. population aged 6 years and older to cadmium: 1988- 1994. Arch Environ Contam Toxicol. 2000;38(3):377–83. Available from: https://link.springer.com/article/10.1007/s002449910050

57. Jarup L, Berglund M, Elinder CG, Nordberg G, Vahter M. Health effects of cadmium exposure - a review of the literature and a risk estimate. Scand J Work Environ Heal. 1998;24(1):1–51.

58. Vesey DA. Transport pathways for cadmium in the intestine and kidney proximal tubule: Focus on the interaction with essential metals. Toxicol Lett.;198(1):13–9.

59. Alexander J, Benford D, Cockburn A, Cravedi JP, Dogliotti E, Di Domenico A, et al. Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain. EFSA J. 2009;1019:1–76.

60. Clemens S, Aarts MGM, Thomine S, Verbruggen N. Plant science: The key to preventing slow cadmium poisoning. Trends Plant Sci. 2013;18(2):92–9. Available from: http://www.cell.com/article/S1360138512001732/fulltext

61. Rzymski P, Tomczyk K, Rzymski P, Poniedziałek B, Opala T, Wilczak M. Impact of heavy metals on the female reproductive system. Ann Agric Environ Med. 2015;22(2):259–64.

62. Reeves PG, Chaney RL. Bioavailability as an issue in risk assessment and management of food cadmium: A review. Sci Total Environ. 2008;398(1–3):13–9.

63. CDC. Centers for Disease Control and Prevention. 2017 [cited 2023 Oct 10]. Cadmium Factsheet | National Biomonitoring Program | CDC. Available from: https://www.cdc.gov/biomonitoring/Cadmium_FactSheet.html

64. Buha A, Jugdaohsingh R, Matovic V, Bulat Z, Antonijevic B, Kerns JG, et al. Bone mineral health is sensitively related to environmental cadmium exposure-experimental and human data. Environ Res. 2019;176:108539.

65. Moulis JM, Thévenod F. New perspectives in cadmium toxicity: An introduction. BioMetals. 2010;23(5):763–8. Available from: https://link.springer.com/article/10.1007/s10534-010-9365-6

66. Mezynska M, Brzóska MM. Environmental exposure to cadmium—a risk for health of the general population in industrialized countries and preventive strategies. Environ Sci Pollut Res. 2017;25(4):3211–32. Available from: https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-017-0827-z

67. Chandravanshi L, Shiv K, Kumar S. Developmental toxicity of cadmium in infants and children: a review. Environ Anal Heal Toxicol. 2021;36(1):1–18. Available from: http://www.eaht.org/journal/view.php?doi=10.5620/eaht.2021003

68. Masumoto T, Amano H, Otani S, Kamijima M, Yamazaki S, Kobayashi Y, et al. Association between prenatal cadmium exposure and child development: The Japan Environment and Children's study. Int J Hyg Environ Health. 2022;243:113989.

69. Igra AM, Rahman A, Johansson ALV, Pervin J, Svefors P, Arifeen S El, et al. Early life environmental exposure to cadmium, lead, and arsenic and age at menarche: A longitudinal mother–child cohort study in Bangladesh. Environ Health Perspect.

2023;131(2):1–11.

70. USEPA. United States Environmental Protection Agency. 2024 [cited 2024 Sep 18]. Basic information about mercury. Available from: https://www.epa.gov/mercury/basic-information-about-mercury

71. Xu J, Bravo AG, Lagerkvist A, Bertilsson S, Sjöblom R, Kumpiene J. Sources and remediation techniques for mercury contaminated soil. Environ Int. 2015;74:42–53.

72. Li R, Wu H, DIng J, Fu W, Gan L, Li Y. Mercury pollution in vegetables, grains and soils from areas surrounding coal-fired power plants. Sci Reports. 2017;7(1):1–9. Available from: https://www.nature.com/articles/srep46545

73. IRIS. U.S. Environmental Protection Agency National Center for Environmental Assessmen. 2002 [cited 2023 Oct 10]. p. 1–47 Methylmercury (MeHg); CASRN 22967-92-6. Available from: https://iris.epa.gov/static/pdfs/0073_summary.pdf

74. USEPA. United States Environmental Protection Agency. 2024 [cited 2024 Sep 18]. Health effects of exposures to mercury | US EPA. Available from: https://www.epa.gov/mercury/health-effects-exposures-mercury

75. Pollard KM, Cauvi DM, Toomey CB, Hultman P, Kono DH. Mercury-induced inflammation and autoimmunity. Biochim Biophys Acta - Gen Subj. 2019;1863(12):129299. Available from: https://doi.org/10.1016/j.bbagen.2019.02.001

76. Miller S, Pallan S, Gangji AS, Lukic D, Clase CM. Mercury-associated nephrotic syndrome: A case report and systematic review of the literature. Am J Kidney Dis. 2013;62(1):135–8.

77. Neisi A, Nasab FK, Sepahvand A, Falahi B, Taherian M, Farhadi A, et al. Exposure to mercury in the air and its effect on cardiovascular diseases (CVD): A systematic review. Iran J Public Health. 2024;53(5):1033. Available from: /pmc/articles/PMC11188640/

78. Saavedra S, Fernández-Recamales Á, Sayago A, Cervera-Barajas A, González-Domínguez R, Gonzalez-Sanz JD. Impact of dietary mercury intake during pregnancy on the health of neonates and children: a systematic review. Nutr Rev. 2022;80(2):317–28. Available from: https://dx.doi.org/10.1093/nutrit/nuab029

79. Eto K. Minamata disease. Neuropathology [Internet]. 2000;20(SUPPL.):14–9. Available from: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1046/j.1440-1789.2000.00295.x

80. Hogeland EW, Somers TS, Yip L, Doyon S, Redlich CA, Orsey AD, et al. Thrombocytopenia associated with elemental mercury poisoning in two siblings - Connecticut, July 2022. MMWR Morb Mortal Wkly Rep. 2023;72(38):1027–31. Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37733629/

81. Onwuzuligbo O, Hendricks AR, Hassler J, Domanski K, Goto C, Wolf MTF. Mercury intoxication as a rare cause of membranous nephropathy in a child. Am J Kidney Dis. 2018;72(4):601–5.

82. Wyatt L, Permar SR, Ortiz E, Berky A, Woods CW, Amouou GF, et al. Mercury exposure and poor nutritional status reduce response to six expanded program on immunization vaccines in children: An observational cohort study of communities affected by gold mining in the Peruvian Amazon. Int J Environ Res Public Health. 2019;16(4). Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30795575/

83. Goyer RA. Lead. In: Bingham E, Cohrssen B, Powell CH, editors. Patty's toxicology. 5th ed. New York: Wiley; 2001. p. 611–75.

84. ATSDR. Toxicological profile for lead. Atlanta; 2020.

85. WHO. World Health Organization. 2023 [cited 2024 Sep 19]. Lead poisoning. Available from: https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health

86. Wani AL, Ara A, Usmani JA. Lead toxicity: A review. Interdiscip Toxicol. 2015;8(2):55–64.

87. Dapul H, Laraque D. Lead poisoning in children. Adv Pediatr. 2014;61(1):313–33.

88. WHO Department of Environment Climate Change and Health. Exposure to lead: A major public health concern. 2nd ed. World Health Organization. Geneva: World Health Organization; 2021.

89. Willers S, Attewell R, Bensryd I, Schutz A, Skarping G, Vahter M. Exposure to environmental tobacco smoke in the household and urinary cotinine excretion, heavy metals retention, and lung function. Arch Environ Health. 1992;47(5):357–

63. Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1444598/

90. Gidlow DA. Lead toxicity. Occup Med (Chic Ill). 2015;65(5):348–56. Available from: https://dx.doi.org/10.1093/occmed/kqv018

91. Needleman HL. The persistent threat of lead: medical and sociological issues. Curr Probl Pediatr. 1988;18(12):703–44. Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3063440/

92. USEPA. United States Environmental Protection Agency. 2024 [cited 2024 Sep 18]. Learn about Lead | US EPA. Available from: https://www.epa.gov/lead/learn-about-lead

93. Yang H, Huo X, Yekeen TA, Zheng Q, Zheng M, Xu X. Effects of lead and cadmium exposure from electronic waste on child physical growth. Environ Sci Pollut Res. 2013;20(7):4441–7.

94. Collins JF, Klevay LM. Copper. Adv Nutr. 2011;2(6):520. Available from: /pmc/articles/PMC3226389/

95. NIHODS. National Institutes of Health Office of Diatery Supplements. 2022 [cited 2024 Sep 24]. Copper - Health professional fact sheet. Available from: https://ods.od.nih.gov/factsheets/Copper-HealthProfessional/

96. Collins JF. Copper. In: Ross AC, Caballero B, Cousins RJ, Tucker KL, Ziegler TR, editors. Modern Nutrition in Health and Disease. 11th ed. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins; 2014. p. 206–16.

97. International Copper Association [Internet]. 2023 [cited 2024 Sep 24]. Copper—The Pathway to Net Zero. Available from: https://internationalcopper.org/resource/copper-pathway-to-net-zero/

98. WHO. Copper in Drinking-water Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality. Geneva: World Health Organization; 2004.

99. ATSDR. Toxicological profile for copper [Internet]. Atlanta, Georgia; 2022 [cited 2024 Sep 24]. Available from: www.regulations.gov.

100. Royer A, Sharman T. Copper toxicity. StatPearls. StatPearls. StatPearls Publishing; 2024 [cited 2024 Sep 24]. Available from:

https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK557456/

101. Thompson T, Fawell J, Kunikane S, Jackson D, Appleyard S, Callan P, et al. Chemical safety of drinking-water: Assessing priorities for risk management. Geneva: World Health Organization; 2007. 1–160 p.

102. Klevay LM. Copper. In: Coates PM, Betz JD, Blackman JM, Cragg MR, Levine GM, Moss M, et al., editors. Encyclopedia of dietary supplements. 2nd ed. London; 2005. p. 175–84.

103. Squitti R, Pasqualetti P, Dal Forno G, Moffa F, Cassetta E, Lupoi D, et al. Excess of serum copper not related to ceruloplasmin in Alzheimer disease. Neurology. 2005;64(6):1040–6.

104. Członkowska A, Litwin T, Dusek P, Ferenci P, Lutsenko S, Medici V, et al. Wilson disease. Nat Rev Dis Prim. 2018;4(1):21. Available from: /pmc/articles/PMC6416051/

105. Alemany S, Vilor-Tejedor N, Bustamante M, Álvarez-Pedrerol M, Rivas I, Forns J, et al. Interaction between airborne copper exposure and ATP7B polymorphisms on inattentiveness in scholar children. Int J Hyg Environ Health. 2017;220(1):51–6. Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28008856/

106. ATSDR. Toxicological profile for chromium. Atlanta, Georgia; 2012.

107. IOM. Chromium. In: Dietary Reference Intakes for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium, and Zinc. Washington, DC: Food and Nutrition Board. Institute of Medicine. National Academy Press; 2001. p. 197–223.

108. Reif BM, Murray BP. Chromium toxicity. StatPearls. StatPearls Publishing; 2024 [cited 2024 Sep 25]. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK599502/

109. WHO. Chromium in drinking-water [Internet]. Geneva; 2020 [cited 2024 Sep 25]. Available from: http://apps.who.int/bookorders.

110. Xu X, Yekeen TA, Liu J, Zhuang B, Li W, Huo X. Chromium exposure among children from an electronic waste recycling town of China. Environ Sci Pollut Res. 2015;22(3):1778–85. Available from:

https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-013-2345-y

111. Caparros-Gonzalez RA, Giménez-Asensio MJ, González-Alzaga B, Aguilar-Carduño C, Lorca-Marín JA, Alguacil J, et al. Childhood chromium exposure and neuropsychological development in children living in two polluted areas in southern Spain. Environ Pollut. 2019;252:1550–60.

112. Muñoz A, Costa M. Elucidating the mechanisms of nickel compound uptake: A review of particulate and nano-nickel endocytosis and toxicity. Toxicol Appl Pharmacol. 2012;260(1):1–16.

113. About nickel [Internet]. 2024 [cited 2024 Sep 25]. Available from: https://nickelinstitute.org/en/nickel-applications/

114. Pacyna JM, Pacyna EG. An assessment of global and regional emissions of trace metals to the atmosphere from anthropogenic sources worldwide. Environ Rev. 2011;9(4):269–98. Available from: https://cdnsciencepub.com/doi/10.1139/a01-012

115. Pappas RS, Gray N, Halstead M, Valentin-Blasini L, Watson C. Toxic metal-containing particles in aerosols from pod-type electronic cigarettes. J Anal Toxicol. 2021;45(4):337–47. Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32672822/

116. Cempel M, Nikel G. Nickel: A review of its sources and environmental toxicology. Polish J Environ Stud. 2006;15(3):375–82.

117. IARC. Chromium, nickel and welding. In: IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Lyon: World Health Organization International Agency for Research on Cancer; 1990.

118. Ahlström MG, Thyssen JP, Wennervaldt M, Menné T, Johansen JD. Nickel allergy and allergic contact dermatitis: A clinical review of immunology, epidemiology, exposure, and treatment. Contact Dermatitis. 2019;81(4):227–41. Available from: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/cod.13327

119. IPCS. Health and safety guide no. 62. Nickel, nickel carbonyl and some nickel compounds. World Health Organization; 1991. (Health and safety guides).

120. Sughis M, Nawrot TS, Haufroid V, Nemery B. Adverse health effects of child labor: High exposure to chromium and oxidative DNA damage in children manufacturing surgical instruments. Environ Health Perspect. 2012;120(10):1469. Available from:

/pmc/articles/PMC3491927/

121. Lison D. Cobalt. In: Nordberg GF, Costa M, editors. Handbook on the Toxicology of Metals. 5th ed. Academic Press; 2022. p. 221–42.

122. ATSDR. Toxicological profile for cobalt [Internet]. Atlanta; 2023 [cited 2024 Sep 30]. Available from: https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp33.pdf

123. Swennen B, Buchet JP, Stanescu D, Lison D, Lauwerys R. Epidemiological survey of workers exposed to cobalt oxides, cobalt salts, and cobalt metal. Br J Ind Med. 1993;50:835–42.

124. Chen RJ, Lee VR. Treasure Island (FL). StatPearls Publishing; 2024 [cited 2024 Sep 30]. Cobalt Toxicity. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK587403/

125. National Center for Biotechnology Information. PubChem Element Summary for AtomicNumber 26, Iron [Internet]. 2024 [cited 2024 Sep 30]. Available from: https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/element/Iron

126. NIHODS. National Institutes of Health Office of Diatery Supplements. 2023 [cited 2024 Sep 30]. Iron - Health professional fact sheet. Available from: https://ods.od.nih.gov/factsheets/Iron-HealthProfessional/

127. HK T, Hossiney N. A short review on environmental impacts and application of iron ore tailings in development of sustainable eco-friendly bricks. Mater Today Proc. 2022;61:327–31.

128. Schreinemachers DM, Ghio AJ. Effects of environmental pollutants on cellular iron homeostasis and ultimate links to human disease. Environ Health Insights. 2016;10:35. Available from: /pmc/articles/PMC4782969/

129. Camaschella C. Iron-deficiency anemia. Longo DL, editor. N Engl J Med [Internet]. 2015 May 7 [cited 2024 Sep 30];372(19):1832–43. Available from: https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMra1401038

130. King J, Cousins R. Modern nutrition in health and disease. 11th ed. Ross AC, Caballero BH, Cousins RJ, Tucker KL, Ziegler TR, editors. Lippincott Williams & Wilkins. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins; 2014. 189–205 p.

131. NIHODS. National Institutes of Health Office of Diatery Supplements. 2022 [cited 2024 Sep 30]. Zinc - Health professional fact sheet. Available from: https://ods.od.nih.gov/factsheets/Zinc-HealthProfessional/

132. Noulas C, Tziouvalekas M, Karyotis T. Zinc in soils, water and food crops. J Trace Elem Med Biol. 2018;49:252–60.

133. Roohani N, Hurrell R, Kelishadi R, Schulin R. Zinc and its importance for human health: An integrative review. J Res Med Sci. 2013;18(2):144. Available from: /pmc/articles/PMC3724376/

134. Britannica TE of E. Encyclopedia Britannica. 2024 [cited 2024 Nov 4]. Aluminum. Available from: https://www.britannica.com/science/aluminum

135. WHO. Chemical fact sheets: Aluminum. Geneva; 2022.

136. ATSDR. Toxicological profile for aluminum. Atlanta; 2008.

137. ATSDR. Toxicological profile for manganese. Atlanta; 2012.

138. MTA Genel Müdürlüğü [Internet]. 2024 [cited 2024 Oct 24]. Manganez. Available from: https://www.mta.gov.tr/v3.0/metalik-madenler/manganez

139. O'Neal SL, Zheng W. Manganese Toxicity Upon Overexposure: a Decade in Review. Curr Environ Heal reports. 2015;2(3):315–28. Available from: https://link.springer.com/article/10.1007/s40572-015-0056-x

140. Liu W, Xin Y, Li Q, Shang Y, Ping Z, Min J, et al. Biomarkers of environmental manganese exposure and associations with childhood neurodevelopment: A systematic review and meta-analysis. Environ Heal A Glob Access Sci Source. 2020;19(1):1–22. Available from: https://ehjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12940-020-00659-x

141. ATSDR. Toxicological profile for vanadium. Atlanta; 2012.

142. MTA Genel Müdürlüğü [Internet]. 2023 [cited 2024 Oct 24]. Vanadyum. Available from: https://www.mta.gov.tr/v3.0/metalik-madenler/vanadyum

143. Chen L, Liu J rong, Hu W fang, Gao J, Yang J yan. Vanadium in soil-plant system: Source, fate, toxicity, and bioremediation. J Hazard Mater. 2021;405:124200.

144. Gruzewska K, Michno A, Pawelczyk T, Bielarczyk H. Essentiality and toxicity of

vanadium supplements in health and pathology. J Physiol Pharmacol. 2014;65(5):603–11.

145. Fan NC, Huang HY, Wang SL, Tseng YL, Chang-Chien J, Tsai HJ, et al. Association of exposure to environmental vanadium and manganese with lung function among young children: A population-based study. Ecotoxicol Environ Saf. 2023;264:115430.

146. Toprak Kirliliğinin Kontrolü ve Noktasal Kirlenmiş Sahalara Yönelik Yönetmelik [Internet]. Türkiye Cumhuriyeti: T.C. Resmi Gazete; 2010. Available from: https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2005/05/20050531-6.htm

147. Maximum limits for dangerous substances in soil and groundwater [Internet]. 2004 [cited 2024 Dec 18]. Available from: https://faolex.fao.org/docs/pdf/est97999E.pdf

148. CCME. Canadian council of ministers of the environment. 2024 [cited 2024 Dec 18]. Resources. Available from: https://ccme.ca/en/resources/soil-and-groundwater

149. Carlon C. Derivation methods of soil screening values in Europe. A review and evaluation of national procedures towards harmonization. Ispra; 2007.

150. Framework For the Management of Contaminated Land, Republic of South Africa [Internet]. 2010 [cited 2025 Feb 11]. Available from: https://cer.org.za/wp-content/uploads/2012/06/Framework-for-the-Management-of-Contaminated-Land-May-2010.pdf

151. Güler Ç, Vaizoğlu SA. Toprak kirliliği. In: Güler Ç, Akın L, editors. Halk Sağlığı Temel Bilgiler. 3rd ed. Ankara: Hacettepe Üniversitesi Yayınları; 2015. p. 776–89.

152. Li F. Heavy metal in urban soil: Health risk assessment and management. In: Saleh HEDM, Aglan RF, editors. Heavy Metals [Internet]. IntechOpen; 2018 [cited 2024 Oct 23]. Available from: https://www.intechopen.com/chapters/58942

153. EEA. European Environment Agency. 2023 [cited 2024 Oct 23]. Soil pollution and ecosystems. Available from: https://www.eea.europa.eu/publications/zero-pollution/ecosystems/soil-pollution

154. De Vries W, Römkens P, Kros H, Voogd JC, Schulte-Uebbing L. Impacts of nutrients and heavy metals in European agriculture. Current and critical inputs in relation to air, soil and water quality. 2022.

155. EEA. European Environment Agency. 2023 [cited 2024 Oct 23]. Many EU Member States not on track to meet recycling targets for municipal waste and packaging waste. Available from: https://www.eea.europa.eu/publications/many-eu-member-states

156. Arole K, Velhal M, Tajedini M, Xavier PG, Bardasz E, Green MJ, et al. Impacts of particles released from vehicles on environment and health. Tribol Int. 2023;184:108417.

157. Mehmood K, Ahmad HR, Abbas R, Saifullah R, Murtaza G. Heavy metals in urban and peri-urban soils of a heavily-populated and industrialized city: Assessment of ecological risks and human health repercussions. Hum Ecol Risk Assess An Int J. 2020;26(6):1705–22. Available from: https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10807039.2019.1601004

158. Sultan MB, Choudhury TR, Alam MNE, Doza MB, Rahmana MM. Soil, dust, and leaf-based novel multi-sample approach for urban heavy metal contamination appraisals in a megacity, Dhaka, Bangladesh. Environ Adv. 2022 Apr 1;7:100154.

159. Goncharov G, Soktoev B, Farkhutdinov I, Matveenko I. Heavy metals in urban soil: Contamination levels, spatial distribution and human health risk assessment (the case of Ufa city, Russia). Environ Res. 2024;257:119216.

160. Li F jie, Yang H wei, Ayyamperumal R, Liu Y. Pollution, sources, and human health risk assessment of heavy metals in urban areas around industrialization and urbanization-Northwest China. Chemosphere. 2022;308:136396.

161. WHO. World Health Organization. 2024 [cited 2024 Oct 22]. Air pollution. Available from: https://www.who.int/health-topics/air-pollution#tab=tab_1

162. Lovett GM. Atmospheric deposition of nutrients and pollutants in North America: An ecological perspective. Ecol Appl. 1994;4(4):629-650".

163. WHO global air quality guidelines. Particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. World Health Organization. Geneva: World Health Organization; 2021. 1–360 p.

164. T.C. Sağlık Bakanlığı, Halk Sağlığı Genel Müdürlüğü, Çevre Sağlığı Dairesi Başkanlığı [Internet]. 2023 [cited 2024 Oct 22]. Hava kirliliği ve sağlık etkileri.

Available from: https://hsgm.saglik.gov.tr/tr/ced/hava-kirliligi.html

165. Huangfu P, Atkinson R. Long-term exposure to NO2 and O3 and all-cause and respiratory mortality: A systematic review and meta-analysis. Environ Int. 2020;144:105998.

166. Nathanson JA. Encyclopedia Britannica. 2024 [cited 2024 Oct 22]. Air pollution. Available from: https://www.britannica.com/science/air-pollution

167. EEA. European Environment Agency. 2024 [cited 2024 Oct 22]. Heavy metal emissions in Europe. Available from: https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/heavy-metal-emissions-in-europe?activeAccordion=309c5ef9-de09-4759-bc02-802370dfa366

168. Orellano P, Reynoso J, Quaranta N, Bardach A, Ciapponi A. Short-term exposure to particulate matter (PM10 and PM2.5), nitrogen dioxide (NO2), and ozone (O3) and all-cause and cause-specific mortality: Systematic review and meta-analysis. Environ Int. 2020;142:105876.

169. Ankara Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği İl Müdürlüğü. Ankara ili 2022 yılı çevre durum raporu [Internet]. Ankara; 2023 [cited 2024 Oct 22]. Available from: https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/ankara_-cdr2022-20231006154850.pdf

170. Kara rapor 2024 hava kirliliği ve sağlık etkileri [Internet]. Ankara; 2024. Available from: https://www.temizhavahakki.com/kara-rapor/

171. Shakir SK, Azizullah A, Murad W, Daud MK, Nabeela F, Rahman H, et al. Toxic metal pollution in Pakistan and its possible risks to public health. Rev Environ Contam Toxicol. 2016;242:1–60. Available from: https://link.springer.com/chapter/10.1007/398_2016_9

172. Demková L, Árvay J, Bobuľská L, Hauptvogl M, Hrstková M. Open mining pits and heaps of waste material as the source of undesirable substances: biomonitoring of air and soil pollution in former mining area (Dubnik, Slovakia). Environ Sci Pollut Res Int. 2019;26(34):35227–39. Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31696426/

173. Ehizojie JI. Bioaccessibility of Metals in City Park Soils – City of Edmonton. Royal Roads University; 2014.

174. Gulan L, Stajic JM, Zeremski T, Durlević U, Valjarević A. Radionuclides and metals in the parks of the city of Belgrade, Serbia: Spatial distribution and health risk assessment. Forests. 2022;13(10).

175. Javed SA, Al-Bratty M, Al-Rajab AJ, Alhazmi HA, Ahsan W, Abdelwahab SI, et al. Risk-based exposure assessment for multiple toxic elements encountered by children in school playgrounds and parks in the southwest region of Saudi Arabia. Environ Monit Assess. 2019;191(549):1–16. Available from: https://doi.org/10.1007/s10661-019-7640-8

176. Yesil P, Yesil M. Heavy metal pollution in children's playgrounds in Ordu, Turkey. Fresenius Environ Bull. 2019;28(7):5090–8.

177. Parlak M, Tunçay T, Botsou F. Heavy metals in soil and sand from playgrounds of Çanakkale city (Turkey), and related health risks for children. Sustain. 2022;14(3):1145.

178. Cochran WG. Sampling techniques. 2nd ed. New York: John Wiley and Sons, Inc.; 1963.

179. Altın A. Metaller ve toprak kirliliği. In: Ferruh Niyazi Ayoğlu, editor. Çevre ve İş Sağlığında Özel Konular: Metaller-2. Ankara: Halk Sağlığı Uzmanları Derneği (HASUDER); 2023. p. 157–68.

180. Dama S. Correlation of Economic Status and Trace Metals Concentrations in Surface Soils in The Houston Metropolitan Area. Texas Southern University; 2021.

181. Taylor SR, Mclennan SM. The geochemical evolution of the continental crust. Rev Geophys. 1995;33(2):241–65.

182. Mclennan SM. Relationships between the trace element composition of sedimentary rocks and upper continental crust. Geochemistry, Geophys geosystems. 2001;2(4):1021.

183. Hakanson L. An ecological risk index for aquatic pollution control.a sedimentological approach. Water Res. 1980;14(8):975–1001.

184. Ahmadi M, Jorfi S, Azarmansuri A, Jaafarzadeh N, Mahvi H, Darvishi R, et al. Zoning of heavy metal concentrations including Cd, Pb and As in agricultural soils of Aghili plain, Khuzestan province, Iran. Data Br. 2017;14:20–7. Available from:

http://dx.doi.org/10.1016/j.dib.2017.07.008

185. Wang G, Liu HQ, Gong Y, Wei Y, Miao AJ, Yang LY, et al. Risk assessment of metals in urban soils from a typical industrial city, Suzhou, Eastern China. Int J Environ Res Public Heal. 2017;14(9):1–17. Available from: www.mdpi.com/journal/ijerph

186. Zheng N, Liu J, Wang Q, Liang Z. Health risk assessment of heavy metal exposure to street dust in the zinc smelting district, Northeast of China. Sci Total Environ. 2009;408(2010):726–33.

187. Miletić A, Lučić M, Onjia A. Exposure factors in health risk assessment of heavy metal(loid)s in soil and sediment. Metals (Basel). 2023;13(7):1266. Available from: https://www.mdpi.com/2075-4701/13/7/1266/htm

188. ATSDR. United States Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Atlanta, Georgia; 2013 [cited 2023 Oct 6]. Public Health Assessment Guidance Manual (PHAGM). Available from: https://stacks.cdc.gov/view/cdc/11404

189. Liu T, Wang Z. Contamination and health risk assessment of heavy metals in soil surrounding an electroplating factory in JiaXing, China. Sci Reports. 2024;14(1):1–11. Available from: https://www.nature.com/articles/s41598-024-54620-w

190. USEPA. Exposure factors handbook: 2011 Edition [Internet]. Vol. EPA/600/R-, U.S. Environmental Protection Agency. 2011. Available from: c:%5CDocuments and Settings%5Cturner_j%5CDesktop%5CJT_Biblioscape_8_111003%5CJT_Bib8_111003%5Cattachments%5Cefh-complete.pdf

191. Sun L, Sun C, Liu F, Bao X. Health risk assessment of oral bioaccessibility of heavy metal in soil from coalfield in Huaibei City, China. Hum Ecol Risk Assess An Int J [Internet]. 2019 Nov 17 [cited 2023 Oct 7];25(8):2045–55. Available from: https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10807039.2018.1485480

192. Eziz M, Mohammad A, Mamut A, Hini G. A human health risk assessment of heavy metals in agricultural soils of Yanqi Basin, Silk Road Economic Belt, China. Hum Ecol Risk Assess 2018;24(5):1352–66. Available from: https://doi.org/10.1080/10807039.2017.1412818

193. USEPA. Highlights of the child-specific exposure factors handbook [Internet]. Washington,DC: National Center for Environmental Assessment; 2009. 39 p. Available from: http://www.epa.gov/ncea.

194. USEPA. Supplemental guidance for developing soil screening levels for superfund sites. Office of solid waste and emergency response (OSWER). United States Environ Prot Agency [Internet]. 2002;(December):1–187. Available from: https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/91003IJK.PDF?Dockey=91003IJK.PDF

195. Moradnia M, Attar HM, Hajizadeh Y, Lundh T, Salari M, Darvishmotevalli M. Assessing the carcinogenic and non-carcinogenic health risks of metals in the drinking water of Isfahan, Iran. Sci Reports. 2024;14(1):1–9. Available from: https://www.nature.com/articles/s41598-024-55615-3

196. Saber AA, Al-Mashhadany MFM, Hamid A, Gabrieli J, Tockner K, Alsaif SSA, et al. Carcinogenic and non-carcinogenic health risk evaluation of heavy metals in water sources of the Nubian sandstone aquifer in the El-Farafra Oasis (Egypt). Water. 2024;16(12):1649. Available from: https://www.mdpi.com/2073-4441/16/12/1649/htm

197. USEPA. United States Environmental Protection Agency. 2016 [cited 2023 Oct 9]. Chemical Search | IRIS | US EPA. Available from: https://cfpub.epa.gov/ncea/iris/search/index.cfm

198. USEPA. US Environmental Protection Agency. Washington,DC; 2012. Integrated risk information system of the US Environmental Protection Agency.

199. Baltas H, Sirin M, Ozcelik AE. A case study on pollution and a human health risk assessment of heavy metals in agricultural soils around Sinop province, Turkey. Chemosphere. 2019;241(2020). Available from: https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.125015

200. Verla EN, Ibutume SA, Jnr HM. A preliminary survey of heavy metals concentrations in children playground within Owerri Metropolis, Imo State, Nigeria. Res J Chem Sci. 2015;5(11):1–8. Available from: www.isca.me

201. T.C. Cumhurbaşkanlığı İdari İşler Başkanlığı Hukuk ve Mevzuat Genel Müdürlüğü. Hava kalitesi değerlendirme ve yönetimi yönetmeliği [Internet]. Resmi Gazete, 26898 Türkiye Cumhuriyeti: T.C. Resmi Gazete; 2008. Available from:

https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=12188&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5

202. USEPA. US Environmental Protection Agency. 2024 [cited 2024 Dec 4]. AQI calculator concentration. Available from: https://www.airnow.gov/aqi/aqi-calculator-concentration/

203. AQI Calculator Concentration [Internet]. 2024 [cited 2024 Dec 17]. Available from: https://www.airnow.gov/aqi/aqi-calculator-concentration/

204. T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı [Internet]. 2024 [cited 2024 Dec 17]. SİM (Sürekli İzleme Merkezi). Available from: https://sim.csb.gov.tr/Services/AirQuality

205. Hava kalitesi değerlendirme ve yönetimi yönetmeliği [Internet]. T.C. Resmi Gazete Türkiye Cumhuriyeti; 2008. Available from: https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=12188&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5

206. WHO global air quality guidelines. Particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide [Internet]. Geneva; 2021 [cited 2024 Dec 17]. Available from: https://environment.ec.europa.eu/topics/air/air-quality/eu-air-quality-standards_en

207. Güncel Türkçe Sözlük. TDK. 2025 [cited 2025 Feb 25]. Ana yol ne demek TDK Sözlük Anlamı. Available from: https://sozluk.gov.tr/

208. Han C, Xu R, Wei X, Zhang Y, Liu J, Zhang Y, et al. Surrounding road density of child care centers in Australia. Sci Data. 2022;9(1):140. Available from: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8971508/

209. Naiudomthum S, Winijkul E, Sirisubtawee S. Near real-time spatial and temporal distribution of traffic emissions in Bangkok using Google Maps Application Program Interface. Atmosphere (Basel). 2022;13(11):1803. Available from: https://www.mdpi.com/2073-4433/13/11/1803/htm

210. Bajı P. Using Google Maps road traffic estimations to unfold spatial and temporal i. Hungarian Geogr Bull. 2018;67(1):61–74. Available from: https://web.p.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=0&sid=08100fb4-

d97e-4a5e-8cc3-9d90b859eae6%40redis

211. Kut A, Salgür F. Sağlık alanında sosyoekonomik düzey belirleme: Tıbbi araştırmalarda doğru uyguluyor muyuz? Turkish J Fam Pract. 2015;19(1):1–13. Available from: https://web.p.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=0&sid=0149f935-0eb5-49e8-aa3a-825bcb3625cf%40redis

212. Hayran M, Hayran M. Sağlık araştırmaları için temel istatistik. 1. Basım. Ankara: Omega Araştırma; 2011. 311–332 p.

213. Massas I, Ehaliotis C, Kalivas D, Panagopoulou G. Concentrations and availability indicators of soil heavy metals; The case of children's playgrounds in the city of Athens (Greece). Water Air Soil Pollut. 2010;212(1–4):51–63. Available from: https://link.springer.com/article/10.1007/s11270-009-0321-4

214. Ghaffari HR, Norouzi S, Heidari M. Different pollution levels and source profiles of heavy metals in the soil and surface dust of children's playgrounds in a coastal city; source-specific health risk assessment. Atmos Pollut Res. 2023;14(10):101869.

215. Ubayarathna KM. Soil metal distribution in parks and playgrounds in select municipalities in metro Vancouver. Royal Roads University; 2024. Available from: https://www.proquest.com/docview/2972419055/fulltextPDF/65246CB41784F10PQ/1?accountid=142289&sourcetype=Dissertations & Theses

216. Glorennec P, Lucas JP, Mandin C, Le Bot B. French children's exposure to metals via ingestion of indoor dust, outdoor playground dust and soil: Contamination data. Environ Int. 2012;45(1):129–34.

217. Young Park S, Hyun Ji W. Assessment of heavy metals contamination in children's playground soil in Seoul. J Environ Impact Assess. 2023;32(5):269–78. Available from: https://doi.org/10.14249/eia.2023.32.5.269

218. Abayawardana C. Concentrations and in vitro bioaccessibility of metals in soils at urban green spaces in Toronto, Ontario. Royal Roads University; 2023. Available from: https://www.proquest.com/docview/2904456933/1510E21DCC9145DCPQ/1?accountid=142289&sourcetype=Dissertations & Theses

219. Kyene MO, Gbeddy G, Mensah T, Acheampong C, Kumi-Amoah G, Ketemepi HK, et al. Bioaccessibility and children health risk assessment of soil-laden heavy metals from school playground and public parks in Accra, Ghana. Environ Monit Assess. 2023;195(10):1–14. Available from: https://link.springer.com/article/10.1007/s10661-023-11818-1

220. Guney M, Zagury GJ, Dogan N, Onay TT. Exposure assessment and risk characterization from trace elements following soil ingestion by children exposed to playgrounds, parks and picnic areas. J Hazard Mater. 2010;182(1–3):656–64.

221. Jin Y, O'Connor D, Ok YS, Tsang DCW, Liu A, Hou D. Assessment of sources of heavy metals in soil and dust at children's playgrounds in Beijing using GIS and multivariate statistical analysis. Environ Int. 2019;124:320–8.

222. Guo B, Su Y, Pei L, Wang X, Zhang B, Zhang D, et al. Ecological risk evaluation and source apportionment of heavy metals in park playgrounds: a case study in Xi'an, Shaanxi Province, a northwest city of China. Environ Sci Pollut Res. 2020;27:24400–12. Available from: https://doi.org/10.1007/s11356-020-08744-x

223. Rodríguez-Oroz D, Vidal R, Fernandoy F, Lambert F, Quiero F. Metal concentrations and source identification in Chilean public children's playgrounds. Environ Monit Assess. 2018;190(12):1–14. Available from: https://link.springer.com/article/10.1007/s10661-018-7056-x

224. Różański SŁ, Kwasowski W, Castejón JMP, Hardy A. Heavy metal content and mobility in urban soils of public playgrounds and sport facility areas, Poland. Chemosphere. 2018;212:456–66.

225. Sapcanin A, Cakal M, Jacimovic Z, Pehlic E, Jancan G. Soil pollution fingerprints of children playgrounds in Sarajevo city, Bosnia and Herzegovina. Environ Sci Pollut Res. 2017;24(12):10949–54. Available from: https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-016-6301-5

226. Ene A, Sion A, Stihi C, Gheboianu AI, Basliu V, Ceoromila AM, et al. Metal contamination and human health risk assessment of soils from parks of industrialized town (Galati, Romania). Appl Sci. 2024;14(22).

227. Laha T, Gope M, Datta S, Masto RE, Balachandran S. Oral bioaccessibility of potentially toxic elements (PTEs) and related health risk in urban playground soil

from a medieval bell metal industrial town Khagra, India. Env Geochem Heal. 2023;45(2023):5619–37. Available from: https://doi.org/10.1007/s10653-020-00715-y

228. Mugoša B, Đuroviã D, Nedović-Vuković M, Barjaktarović-Labović S, Vrvić M. Assessment of ecological risk of heavy metal contamination in Coastal Municipalities of Montenegro. Int J Environ Res Public Heal. 2016;13(4):393. Available from: https://www.mdpi.com/1660-4601/13/4/393/htm

229. Jiao X, Teng Y, Zhan Y, Wu J, Lin X. Soil heavy metal pollution and risk assessment in Shenyang industrial district, Northeast China. PLoS One. 2015;10(5):e0127736. Available from: https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0127736

230. Lwin CS, Kim YN, Lee M, Kim KR. Coexistence of Cr and Ni in anthropogenic soils and their chemistry: implication to proper management and remediation. Environ Sci Pollut Res. 2022;29(42):62807–21. Available from: https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-022-21753-2

231. Li D, Lu Q, Cai L, Chen L, Wang H. Characteristics of soil heavy metal pollution and health risk assessment in urban parks at a megacity of Central China. Toxics. 2023;11(3):257. Available from: https://www.mdpi.com/2305-6304/11/3/257/htm

232. Liu X, Zhang X, Wang T, Jin B, Wu L, Lara R, et al. PM10-bound trace elements in pan-European urban atmosphere. Environ Res. 2024;260:119630.

233. Huang J, Wu Y, Sun J, Li X, Geng X, Zhao M, et al. Health risk assessment of heavy metal(loid)s in park soils of the largest megacity in China by using Monte Carlo simulation coupled with Positive matrix factorization model. J Hazard Mater. 2021;415:125629.

234. Oni AA, Babalola SO, Adeleye AD, Olagunju TE, Amama IA, Omole EO, et al. Non-carcinogenic and carcinogenic health risks associated with heavy metals and polycyclic aromatic hydrocarbons in well-water samples from an automobile junk market in Ibadan, SW-Nigeria. Heliyon. 2022;8(9):e10688. Available from: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9526163/

235. Kamunda C, Mathuthu M, Madhuku M. Health risk assessment of heavy metals in soils from Witwatersrand Gold Mining Basin, South Africa. Int J Environ Res

Public Heal. 2016;13(7):663. Available from: https://www.mdpi.com/1660-4601/13/7/663/htm

236. Cui W, Mei Y, Liu S, Zhang X. Health risk assessment of heavy metal pollution and its sources in agricultural soils near Hongfeng Lake in the mining area of Guizhou Province, China. Front Public Heal. 2023;11:1276925. Available from: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10667904/

237. Khan A, Khan MS, Hadi F, Khan Q, Ali K, Saddiq G. Risk assessment and soil heavy metal contamination near marble processing plants (MPPs) in district Malakand, Pakistan. Sci Rep. 2024;14(1):1–26. Available from: https://www.nature.com/articles/s41598-024-72346-7

238. De Miguel E, Iribarren I, Chacón E, Ordoñez A, Charlesworth S. Risk-based evaluation of the exposure of children to trace elements in playgrounds in Madrid (Spain). Chemosphere. 2007;66(3):505–13.

239. USEPA. Edition of the drinking water standards and health advisories [Internet]. Washington; 2012. Available from: https://nepis.epa.gov/Exe/ZyNET.exe/P100N01H.TXT?ZyActionD=ZyDocument&Client=EPA&Index=2011+Thru+2015&Docs=&Query=&Time=&EndTime=&SearchMethod=1&TocRestrict=n&Toc=&TocEntry=&QField=&QFieldYear=&QFieldMonth=&QFieldDay=&IntQFieldOp=0&ExtQFieldOp=0&XmlQuery=

240. Peng T, Zhao B, O'Connor D, Jin Y, Lu Z, Guo Y, et al. Comprehensive assessment of soil and dust heavy metal(loid)s exposure scenarios at residential playgrounds in Beijing, China. Sci Total Environ. 2023;887:164144.

241. Song Y, Kang L, Lin F, Sun N, Aizezi A, Yang Z, et al. Estimating the spatial distribution of soil heavy metals in oil mining area using air quality data. Atmos Environ. 2022;287:119274.

242. Zgłobicki W, Telecka M, Skupiński S. Heavy metals in playgrounds in Lublin (E Poland): sources, pollution levels and health risk. Environ Sci Pollut Res. 2021;28(15):18328–41. Available from: https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-020-09375-y

8. EKLER

Ek 1. Veri Toplama Formu

HAVA KALİTESİ ÖLÇÜM İSTASYONLARI YAKININDAKİ ÇOCUK OYUN PARKLARININ TOPRAK ZEMİNLERİNDE AĞIR METAL DÜZEYİNİN BELİRLENMESİ VE OLUŞAN SAĞLIK RİSKİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ: ANKARA ÖRNEĞİ

BİLGİ VE DEĞERLENDİRME FORMU

Parkın adı:

Parkın hava kalite istasyonuna uzaklığı (m):

Hava kalitesi değerleri: PM10 PM2.5 NO_2 SO_2 O_3 CO

……. ……. …… …… …… ……

Parkın lokasyonu:

Ana yol üzeri ( ) Mahalle arası ( ) Sanayi tesisi bölgesi ( ) Konut bölgesi ( )

Kirliliğin olası kaynağı:

Araç egzoz dumanı ( ) Yoğun yıkıntı, toz ( ) Sanayi alanı yakını ( )

İnşaat sahası yakını ( ) Yoğun trafik ( )

Çöp sahası yakını ( ) Odun/Kömür kullanımı ( )

Ana yola uzaklığı (m):

Parkın sanayi tesislerine uzaklığı (m):

Parka en yakın konumdaki ana yolun trafik yoğunluğu durumu:

Yoğun değil ( ) Yoğun ( )

Parkın günlük çocuk ziyaretçi sayısı:

Saat 10:00-11:00 (……. çocuk) Saat 18:00-19:00 (……. çocuk)

Parktaki oyuncak ve diğer materyallerin yapısı:	Plastik	Ahşap	Metal
	( )	( )	( )
Yerleşim yeri sosyoekonomik durumu:	İyi	Orta	Kötü
	( )	( )	( )

Yerleşim yeri yaşayan insan yoğunluğu:

Okul/Kreş varlığı ve uzaklığı:

Ek 2. Etik Kurul İzni

T.C.
ANKARA YILDIRIM BEYAZIT ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Sağlık Bilimleri Etik Kurulu

Sayı : E-84892257-300-249801
Konu : Etik Kurul İzni (Şefik YURDAKUL)

22.01.2024

Sayın Şefik YURDAKUL

Üniversitemiz Sağlık Bilimleri Etik Kurulu'na 09.01.2024 tarih ve 551 sayılı **"Hava Kalitesi Ölçüm İstasyonları Yakınındaki Çocuk Oyun Parklarının Toprak Zeminlerinde Ağır Metal Düzeyinin Belirlenmesi ve Oluşan Sağlık Riskinin Değerlendirilmesi: Ankara Örneği"** başlıklı başvurunuz 16.01.2024 tarihinde yapılan Sağlık Bilimleri Etik Kurulu toplantısında değerlendirilmiştir.

Sağlık Bilimleri Etik Kurulunca, 16.01.2024 tarih ve 01/551 Karar no ile *"Çalışma için Etik Kurul onayına gerek olmadığı"* kararı verilmiştir.

Bilgilerinizi rica ederim.

Prof. Dr. Özden YALÇINKAYA ALKAR
Etik Kurul Başkanı

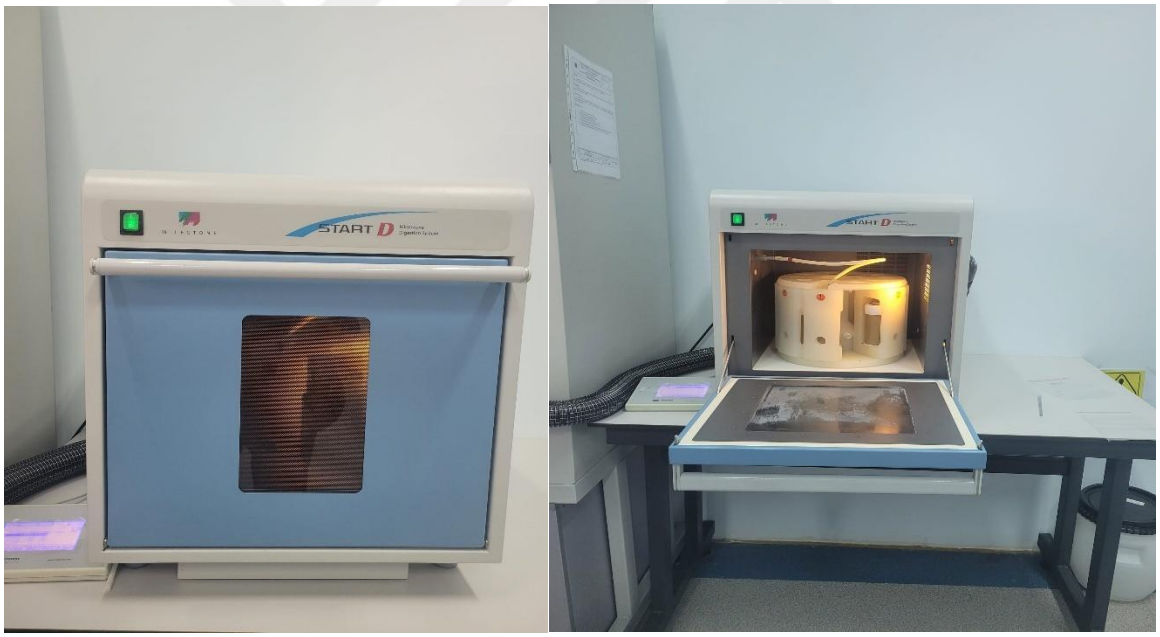
29734822 - 29734822 - 29734822 - 29734822

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.
Doğrulama Kodu: DD382679-36A3-4CAF-BB0F-F826E4B35BEE
Doğrulama Adresi: https://www.turkiye.gov.tr/ybu-ebys
KEP Adresi : yildirimbeyazitunlversitesi@hs01.kep.tr
Bilgi için:Mohammet KURT
Memur

Ek 3. Numune Analiz Sonuçları ve Laboratuvar Görüntüleri



Fotoğraf Ek 3.1. Toksikolojik analizlerde kullanılan ICP-MS cihazı



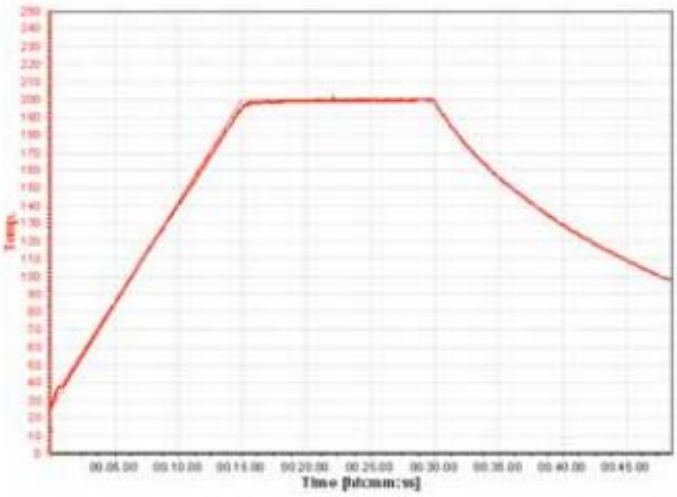
Fotoğraf Ek 3.2. Toksikolojik analizlerde kullanılan mikrodalga fırın

Microwave program

Step	Time	T1	T2 (1)	P (2)	Power
1	00:15:00	200°C	110°C	45 bar	Max power*
2	00:15:00	200°C	110°C	45 bar	Max power*

(1), (2) Optional sensors

Temperature profile



Şekil Ek. 3.1. Mikrodalga fırın programı

Ek 4. Sağlık Etki Analizi Değerleri

Tablo Ek 4.1. Ağır metallerin non - kanserojenik özellik gösterme durumlarında oral yolla günlük alım değerleri

Park kodu	As	Cd	Cr	Co	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	V	Zn
A1	5,18E-05	1,02E-06	3,21E-04	1,21E-04	1,65E-04	2,13E-01	5,28E-03	2,90E-04	1,5E-04	1,07E-03	3,11E-04
A2	4,87E-05	1,28E-06	4,25E-04	1,19E-04	2,00E-04	1,68E-01	4,72E-03	3,24E-04	1,4E-04	8,36E-04	4,12E-04
A3	3,16E-05	1,66E-06	4,14E-04	1,12E-04	2,00E-04	1,61E-01	4,75E-03	3,05E-04	3,3E-04	6,68E-04	5,69E-04
B1	6,94E-05	1,15E-06	6,66E-04	1,19E-04	1,85E-04	1,82E-01	4,89E-03	4,46E-04	2,5E-04	7,77E-04	3,53E-04
B2	4,28E-05	1,02E-06	5,22E-04	9,84E-05	1,36E-04	1,50E-01	4,65E-03	3,45E-04	1,7E-04	6,47E-04	3,29E-04
B3	7,57E-05	1,02E-06	7,92E-04	1,17E-04	1,57E-04	1,91E-01	4,47E-03	5,57E-04	1,4E-04	8,14E-04	4,55E-04
C1	5,96E-05	2,68E-06	1,74E-03	1,76E-04	2,27E-04	2,15E-01	7,66E-03	1,13E-03	1,5E-04	1,03E-03	3,71E-04

C2	8,83E-05	2,43E-06	7,28E-04	1,46E-04	1,61E-04	1,83E-01	6,32E-03	5,19E-04	2,1E-04	8,04E-04	5,42E-04
C3	1,57E-04	2,30E-06	8,79E-04	1,52E-04	2,56E-04	1,64E-01	5,36E-03	8,43E-04	4,3E-04	9,25E-04	5,46E-04
D1	5,65E-05	1,41E-06	6,53E-04	1,39E-04	1,79E-04	2,01E-01	6,21E-03	4,48E-04	1,7E-04	1,03E-03	3,35E-04
D2	5,41E-05	1,28E-06	7,43E-04	1,45E-04	1,93E-04	1,75E-01	5,37E-03	5,19E-04	1,9E-04	9,45E-04	3,50E-04
D3	7,88E-05	1,66E-06	8,39E-04	1,52E-04	1,91E-04	1,50E-01	5,43E-03	1,07E-03	1,5E-04	9,34E-04	3,46E-04
E1	7,74E-05	1,66E-06	5,61E-04	1,32E-04	2,42E-04	1,70E-01	5,09E-03	3,82E-04	2,0E-04	9,17E-04	6,38E-04
E2	6,29E-05	1,66E-06	7,05E-04	1,28E-04	2,39E-04	1,56E-01	5,67E-03	5,15E-04	2,2E-04	9,38E-04	4,85E-04
E3	3,66E-05	1,02E-06	6,85E-04	1,47E-04	1,76E-04	1,83E-01	5,05E-03	5,53E-04	1,4E-04	8,80E-04	3,01E-04
F1	4,97E-05	1,28E-06	3,82E-04	1,04E-04	1,73E-04	1,20E-01	4,54E-03	3,77E-04	1,6E-04	7,49E-04	2,78E-04
F2	3,67E-05	1,15E-06	4,00E-04	1,14E-04	2,12E-04	9,34E-02	4,51E-03	3,92E-04	1,6E-04	7,16E-04	3,15E-04
F3	8,45E-05	1,41E-06	7,22E-04	1,63E-04	2,20E-04	1,79E-01	7,23E-03	6,31E-04	2,4E-04	8,81E-04	9,72E-04
G1	4,42E-05	1,53E-06	4,91E-04	1,27E-04	1,50E-04	1,93E-01	5,24E-03	3,34E-04	1,4E-04	1,18E-03	3,16E-04
G2	5,17E-05	1,28E-06	4,57E-04	1,28E-04	1,97E-04	1,56E-01	4,78E-03	3,50E-04	1,7E-04	1,02E-03	3,49E-04
G3	8,59E-05	1,15E-06	6,32E-04	1,15E-04	1,42E-04	2,05E-01	4,94E-03	4,68E-04	1,8E-04	1,14E-03	2,81E-04
H1	6,66E-05	8,95E-07	6,57E-04	1,40E-04	1,87E-04	1,54E-01	5,89E-03	4,93E-04	1,6E-04	1,00E-03	3,40E-04
H2	5,32E-05	1,66E-06	6,06E-04	1,57E-04	2,07E-04	1,61E-01	6,33E-03	5,32E-04	1,9E-04	1,18E-03	3,45E-04
H3	5,89E-05	1,28E-06	6,56E-04	1,68E-04	2,04E-04	1,71E-01	6,30E-03	7,09E-04	1,8E-04	9,65E-04	3,57E-04
I1	3,36E-05	1,02E-06	5,82E-04	1,25E-04	1,67E-04	1,20E-01	4,42E-03	5,58E-04	3,1E-04	8,13E-04	3,69E-04
I2	4,87E-05	1,02E-06	5,65E-04	1,27E-04	2,15E-04	1,42E-01	4,29E-03	4,75E-04	1,7E-04	9,59E-04	4,47E-04
I3	3,64E-05	7,67E-07	4,73E-04	1,38E-04	2,08E-04	1,18E-01	4,78E-03	4,32E-04	1,4E-04	8,63E-04	6,32E-04
J1	6,47E-05	1,15E-06	5,33E-04	1,62E-04	2,33E-04	1,01E-01	4,66E-03	4,98E-04	1,2E-04	9,69E-04	4,57E-04
J2	3,75E-05	1,41E-06	5,20E-04	1,27E-04	2,02E-04	1,14E-01	3,46E-03	4,59E-04	1,6E-04	1,03E-03	4,46E-04
J3	4,73E-05	1,02E-06	5,69E-04	1,30E-04	2,33E-04	1,46E-01	7,53E-03	4,53E-04	2,1E-04	1,03E-03	6,22E-04
K1	3,62E-05	1,15E-06	6,63E-04	1,72E-04	1,91E-04	1,52E-01	6,13E-03	6,46E-04	1,9E-04	1,04E-03	2,89E-04
K2	3,40E-05	1,53E-06	4,87E-04	1,53E-04	2,18E-04	1,43E-01	4,54E-03	4,28E-04	1,7E-04	1,03E-03	3,95E-04
K3	3,59E-05	1,15E-06	5,08E-04	1,32E-04	2,21E-04	1,08E-01	4,78E-03	4,37E-04	1,9E-04	9,85E-04	8,59E-04
L1	3,08E-05	8,95E-07	3,25E-04	1,31E-04	1,63E-04	1,38E-01	3,59E-03	3,11E-04	1,7E-04	9,83E-04	3,44E-04
L2	3,15E-05	1,15E-06	5,12E-04	1,49E-04	2,10E-04	1,53E-01	4,60E-03	4,13E-04	2,7E-04	1,12E-03	3,61E-04

L3	3,20E-05	1,41E-06	5,22E-04	1,21E-04	2,18E-04	1,18E-01	3,94E-03	3,97E-04	1,4E-04	8,61E-04	3,70E-04
M1	8,14E-05	T.E.	4,99E-04	1,77E-04	1,61E-04	1,02E-01	3,78E-03	4,92E-04	1,1E-04	1,04E-03	3,47E-04
M2	8,34E-05	1,02E-06	5,82E-04	1,91E-04	1,71E-04	9,75E-02	3,87E-03	5,34E-04	1,5E-04	1,16E-03	3,32E-04
M3	1,25E-04	8,95E-07	8,24E-04	2,09E-04	1,84E-04	1,39E-01	4,50E-03	5,72E-04	1,0E-04	1,36E-03	3,13E-04
N1	5,33E-05	1,02E-06	5,01E-04	1,33E-04	1,81E-04	9,71E-02	3,75E-03	4,31E-04	1,3E-04	8,54E-04	2,90E-04
N2	7,08E-05	7,67E-07	4,96E-04	1,06E-04	1,28E-04	9,66E-02	2,82E-03	3,55E-04	1,7E-04	8,67E-04	3,63E-04
N3	4,55E-05	8,95E-07	4,73E-04	1,14E-04	2,08E-04	5,83E-02	3,18E-03	4,45E-04	1,5E-04	7,05E-04	2,67E-04
O1	1,01E-04	8,95E-07	3,56E-04	9,36E-05	1,67E-04	4,90E-02	2,77E-03	4,51E-04	1,6E-04	5,67E-04	5,09E-04
O2	5,23E-05	1,15E-06	4,70E-04	1,44E-04	2,12E-04	1,06E-01	3,15E-03	4,12E-04	1,4E-04	9,57E-04	3,54E-04
O3	6,69E-05	T.E.	1,85E-04	1,01E-04	1,79E-04	8,45E-02	3,09E-03	1,79E-04	1,7E-04	9,29E-04	2,79E-04
P1	4,17E-05	1,02E-06	4,95E-04	1,29E-04	1,64E-04	1,15E-01	3,72E-03	3,54E-04	1,8E-04	8,99E-04	3,41E-04
P2	6,29E-05	8,95E-07	5,55E-04	1,45E-04	1,66E-04	9,44E-02	3,66E-03	5,33E-04	2,4E-04	8,60E-04	2,80E-04
P3	5,57E-05	1,02E-06	4,78E-04	1,14E-04	1,70E-04	8,95E-02	2,98E-03	3,69E-04	7,7E-04	7,96E-04	3,19E-04
R1	3,82E-05	1,53E-06	3,87E-04	9,06E-05	1,76E-04	7,72E-02	1,84E-03	2,91E-04	2,3E-04	6,02E-04	1,10E-03
R2	4,05E-05	7,67E-07	5,25E-04	1,14E-04	1,63E-04	7,32E-02	2,59E-03	3,21E-04	3,1E-04	7,30E-04	3,64E-04
R3	5,18E-05	7,67E-07	5,96E-04	1,37E-04	1,83E-04	8,37E-02	3,29E-03	5,42E-04	1,1E-04	9,03E-04	3,00E-04
S1	4,90E-05	T.E.	4,82E-04	1,21E-04	1,61E-04	7,40E-02	2,73E-03	4,25E-04	1,3E-04	7,25E-04	2,64E-04
S2	3,15E-05	1,02E-06	3,32E-04	9,91E-05	1,45E-04	4,82E-02	2,27E-03	3,52E-04	2,0E-04	5,82E-04	2,97E-04
S3	7,01E-05	1,02E-06	3,73E-04	9,79E-05	1,80E-04	6,88E-02	2,06E-03	4,09E-04	1,6E-04	5,86E-04	3,67E-04

T.E.: tespit edilmedi

Tablo Ek 4.2. Ağır metallerin non- kanserojenik özellik gösterme durumlarında inhaler yolla günlük alım değerleri

Park kodu	**As**	**Cd**	**Cr**	**Co**	**Cu**	**Fe**	**Mn**	**Ni**	**Pb**	**V**	**Zn**
A1	1,43E-09	2,82E-11	8,86E-09	3,34E-09	4,56E-09	5,88E-06	1,46E-07	8,01E-09	4,05E-09	2,96E-08	8,57E-09
A2	1,34E-09	3,53E-11	1,17E-08	3,28E-09	5,52E-09	4,62E-06	1,3E-07	8,94E-09	3,93E-09	2,31E-08	1,14E-08
A3	8,71E-10	4,58E-11	1,14E-08	3,08E-09	5,51E-09	4,44E-06	1,31E-07	8,42E-09	9,07E-09	1,84E-08	1,57E-08
B1	1,91E-09	3,17E-11	1,84E-08	3,29E-09	5,1E-09	5,01E-06	1,35E-07	1,23E-08	6,91E-09	2,14E-08	9,73E-09

B2	1,18E-09	2,82E-11	1,44E-08	2,71E-09	3,76E-09	4,13E-06	1,28E-07	9,5E-09	4,7E-09	1,78E-08	9,07E-09
B3	2,09E-09	2,82E-11	2,18E-08	3,23E-09	4,34E-09	5,25E-06	1,23E-07	1,54E-08	3,99E-09	2,24E-08	1,25E-08
C1	1,64E-09	7,4E-11	4,8E-08	4,85E-09	6,25E-09	5,91E-06	2,11E-07	3,11E-08	4,2E-09	2,83E-08	1,02E-08
C2	2,44E-09	6,7E-11	2,01E-08	4,02E-09	4,44E-09	5,06E-06	1,74E-07	1,43E-08	5,69E-09	2,22E-08	1,5E-08
C3	4,33E-09	6,35E-11	2,42E-08	4,18E-09	7,06E-09	4,51E-06	1,48E-07	2,32E-08	1,18E-08	2,55E-08	1,5E-08
D1	1,56E-09	3,88E-11	1,8E-08	3,83E-09	4,94E-09	5,53E-06	1,71E-07	1,23E-08	4,71E-09	2,83E-08	9,23E-09
D2	1,49E-09	3,53E-11	2,05E-08	4E-09	5,33E-09	4,83E-06	1,48E-07	1,43E-08	5,31E-09	2,61E-08	9,65E-09
D3	2,17E-09	4,58E-11	2,31E-08	4,18E-09	5,25E-09	4,14E-06	1,5E-07	2,95E-08	4,22E-09	2,58E-08	9,55E-09
E1	2,13E-09	4,58E-11	1,55E-08	3,65E-09	6,68E-09	4,69E-06	1,4E-07	1,05E-08	5,65E-09	2,53E-08	1,76E-08
E2	1,73E-09	4,58E-11	1,94E-08	3,52E-09	6,59E-09	4,31E-06	1,56E-07	1,42E-08	6,08E-09	2,59E-08	1,34E-08
E3	1,01E-09	2,82E-11	1,89E-08	4,06E-09	4,85E-09	5,04E-06	1,39E-07	1,53E-08	3,94E-09	2,43E-08	8,31E-09
F1	1,37E-09	3,53E-11	1,05E-08	2,88E-09	4,78E-09	3,3E-06	1,25E-07	1,04E-08	4,4E-09	2,06E-08	7,68E-09
F2	1,01E-09	3,17E-11	1,1E-08	3,15E-09	5,85E-09	2,58E-06	1,24E-07	1,08E-08	4,47E-09	1,98E-08	8,67E-09
F3	2,33E-09	3,88E-11	1,99E-08	4,49E-09	6,06E-09	4,95E-06	1,99E-07	1,74E-08	6,61E-09	2,43E-08	2,68E-08
G1	1,22E-09	4,23E-11	1,35E-08	3,51E-09	4,15E-09	5,32E-06	1,45E-07	9,21E-09	3,78E-09	3,26E-08	8,71E-09
G2	1,42E-09	3,53E-11	1,26E-08	3,54E-09	5,44E-09	4,31E-06	1,32E-07	9,66E-09	4,77E-09	2,83E-08	9,63E-09
G3	2,37E-09	3,17E-11	1,74E-08	3,16E-09	3,91E-09	5,64E-06	1,36E-07	1,29E-08	5,07E-09	3,14E-08	7,74E-09
H1	1,84E-09	2,47E-11	1,81E-08	3,87E-09	5,15E-09	4,25E-06	1,62E-07	1,36E-08	4,53E-09	2,76E-08	9,39E-09
H2	1,47E-09	4,58E-11	1,67E-08	4,33E-09	5,71E-09	4,43E-06	1,75E-07	1,47E-08	5,26E-09	3,24E-08	9,51E-09
H3	1,63E-09	3,53E-11	1,81E-08	4,64E-09	5,63E-09	4,7E-06	1,74E-07	1,95E-08	4,87E-09	2,66E-08	9,84E-09
I1	9,27E-10	2,82E-11	1,6E-08	3,44E-09	4,62E-09	3,31E-06	1,22E-07	1,54E-08	8,46E-09	2,24E-08	1,02E-08
I2	1,34E-09	2,82E-11	1,56E-08	3,5E-09	5,93E-09	3,93E-06	1,18E-07	1,31E-08	4,62E-09	2,64E-08	1,23E-08
I3	1E-09	2,12E-11	1,3E-08	3,8E-09	5,73E-09	3,26E-06	1,32E-07	1,19E-08	3,74E-09	2,38E-08	1,74E-08
J1	1,78E-09	3,17E-11	1,47E-08	4,46E-09	6,43E-09	2,8E-06	1,29E-07	1,37E-08	3,38E-09	2,67E-08	1,26E-08
J2	1,03E-09	3,88E-11	1,43E-08	3,51E-09	5,57E-09	3,15E-06	9,54E-08	1,27E-08	4,28E-09	2,85E-08	1,23E-08
J3	1,3E-09	2,82E-11	1,57E-08	3,57E-09	6,43E-09	4,01E-06	2,08E-07	1,25E-08	5,8E-09	2,84E-08	1,72E-08
K1	9,98E-10	3,17E-11	1,83E-08	4,73E-09	5,25E-09	4,18E-06	1,69E-07	1,78E-08	5,23E-09	2,86E-08	7,97E-09
K2	9,38E-10	4,23E-11	1,34E-08	4,22E-09	6,01E-09	3,94E-06	1,25E-07	1,18E-08	4,59E-09	2,85E-08	1,09E-08

K3	9,91E-10	3,17E-11	1,4E-08	3,63E-09	6,08E-09	2,97E-06	1,32E-07	1,2E-08	5,2E-09	2,72E-08	2,37E-08
L1	8,5E-10	2,47E-11	8,97E-09	3,6E-09	4,5E-09	3,82E-06	9,89E-08	8,59E-09	4,69E-09	2,71E-08	9,48E-09
L2	8,67E-10	3,17E-11	1,41E-08	4,12E-09	5,8E-09	4,23E-06	1,27E-07	1,14E-08	7,44E-09	3,09E-08	9,94E-09
L3	8,81E-10	3,88E-11	1,44E-08	3,33E-09	6,01E-09	3,26E-06	1,09E-07	1,1E-08	3,91E-09	2,37E-08	1,02E-08
M1	2,25E-09	T.E.	1,38E-08	4,87E-09	4,43E-09	2,81E-06	1,04E-07	1,36E-08	3,12E-09	2,86E-08	9,57E-09
M2	2,3E-09	2,82E-11	1,61E-08	5,26E-09	4,71E-09	2,69E-06	1,07E-07	1,47E-08	4,27E-09	3,19E-08	9,16E-09
M3	3,46E-09	2,47E-11	2,27E-08	5,75E-09	5,09E-09	3,84E-06	1,24E-07	1,58E-08	2,75E-09	3,74E-08	8,64E-09
N1	1,47E-09	2,82E-11	1,38E-08	3,66E-09	4,99E-09	2,68E-06	1,03E-07	1,19E-08	3,63E-09	2,36E-08	8E-09
N2	1,95E-09	2,12E-11	1,37E-08	2,93E-09	3,52E-09	2,66E-06	7,78E-08	9,8E-09	4,57E-09	2,39E-08	1E-08
N3	1,26E-09	2,47E-11	1,3E-08	3,13E-09	5,74E-09	1,61E-06	8,76E-08	1,23E-08	4,09E-09	1,94E-08	7,38E-09
O1	2,8E-09	2,47E-11	9,81E-09	2,58E-09	4,61E-09	1,35E-06	7,65E-08	1,24E-08	4,42E-09	1,56E-08	1,4E-08
O2	1,44E-09	3,17E-11	1,3E-08	3,97E-09	5,86E-09	2,91E-06	8,68E-08	1,14E-08	3,94E-09	2,64E-08	9,77E-09
O3	1,84E-09	T.E.	5,1E-09	2,77E-09	4,92E-09	2,33E-06	8,51E-08	4,94E-09	4,65E-09	2,56E-08	7,69E-09
P1	1,15E-09	2,82E-11	1,37E-08	3,55E-09	4,52E-09	3,18E-06	1,02E-07	9,77E-09	4,88E-09	2,48E-08	9,41E-09
P2	1,73E-09	2,47E-11	1,53E-08	4E-09	4,57E-09	2,6E-06	1,01E-07	1,47E-08	6,57E-09	2,37E-08	7,71E-09
P3	1,54E-09	2,82E-11	1,32E-08	3,16E-09	4,69E-09	2,47E-06	8,21E-08	1,02E-08	2,13E-08	2,19E-08	8,81E-09
R1	1,05E-09	4,23E-11	1,07E-08	2,5E-09	4,85E-09	2,13E-06	5,08E-08	8,03E-09	6,47E-09	1,66E-08	3,03E-08
R2	1,12E-09	2,12E-11	1,45E-08	3,13E-09	4,5E-09	2,02E-06	7,15E-08	8,86E-09	8,65E-09	2,01E-08	1E-08
R3	1,43E-09	2,12E-11	1,64E-08	3,78E-09	5,06E-09	2,31E-06	9,08E-08	1,49E-08	2,96E-09	2,49E-08	8,26E-09
S1	1,35E-09	T.E.	1,33E-08	3,34E-09	4,45E-09	2,04E-06	7,54E-08	1,17E-08	3,67E-09	2E-08	7,28E-09
S2	8,67E-10	2,82E-11	9,16E-09	2,73E-09	4,01E-09	1,33E-06	6,27E-08	9,72E-09	5,54E-09	1,61E-08	8,2E-09
S3	1,93E-09	2,82E-11	1,03E-08	2,7E-09	4,95E-09	1,9E-06	5,67E-08	1,13E-08	4,43E-09	1,62E-08	1,01E-08

T.E.: tespit edilmedi

Tablo Ek 4.3. Ağır metallerin non- kanserojenik özellik gösterme durumlarında dermal yolla günlük alım değerleri

Park kodu	**As**	**Cd**	**Cr**	**Co**	**Cu**	**Fe**	**Mn**	**Ni**	**Pb**	**V**	**Zn**
A1	4,35E-06	2,86E-10	8,99E-08	3,39E-08	4,63E-08	5,97E-05	1,48E-06	8,13E-08	4,11E-08	3,01E-07	8,7E-08

A2	4,09E-06	3,58E-10	1,19E-07	3,33E-08	5,6E-08	4,7E-05	1,32E-06	9,08E-08	3,99E-08	2,34E-07	1,15E-07
A3	2,65E-06	4,65E-10	1,16E-07	3,13E-08	5,59E-08	4,5E-05	1,33E-06	8,55E-08	9,21E-08	1,87E-07	1,59E-07
B1	5,83E-06	3,22E-10	1,86E-07	3,34E-08	5,18E-08	5,09E-05	1,37E-06	1,25E-07	7,02E-08	2,18E-07	9,88E-08
B2	3,6E-06	2,86E-10	1,46E-07	2,76E-08	3,82E-08	4,19E-05	1,3E-06	9,65E-08	4,77E-08	1,81E-07	9,21E-08
B3	6,36E-06	2,86E-10	2,22E-07	3,28E-08	4,4E-08	5,34E-05	1,25E-06	1,56E-07	4,05E-08	2,28E-07	1,27E-07
C1	5E-06	7,52E-10	4,88E-07	4,93E-08	6,35E-08	6,01E-05	2,14E-06	3,16E-07	4,26E-08	2,87E-07	1,04E-07
C2	7,42E-06	6,8E-10	2,04E-07	4,08E-08	4,51E-08	5,14E-05	1,77E-06	1,45E-07	5,78E-08	2,25E-07	1,52E-07
C3	1,32E-05	6,44E-10	2,46E-07	4,25E-08	7,17E-08	4,58E-05	1,5E-06	2,36E-07	1,2E-07	2,59E-07	1,53E-07
D1	4,75E-06	3,94E-10	1,83E-07	3,89E-08	5,02E-08	5,62E-05	1,74E-06	1,25E-07	4,78E-08	2,88E-07	9,37E-08
D2	4,54E-06	3,58E-10	2,08E-07	4,06E-08	5,41E-08	4,91E-05	1,5E-06	1,45E-07	5,39E-08	2,65E-07	9,79E-08
D3	6,62E-06	4,65E-10	2,35E-07	4,25E-08	5,33E-08	4,21E-05	1,52E-06	3E-07	4,28E-08	2,62E-07	9,7E-08
E1	6,5E-06	4,65E-10	1,57E-07	3,71E-08	6,79E-08	4,76E-05	1,43E-06	1,07E-07	5,74E-08	2,57E-07	1,79E-07
E2	5,28E-06	4,65E-10	1,97E-07	3,57E-08	6,69E-08	4,38E-05	1,59E-06	1,44E-07	6,18E-08	2,63E-07	1,36E-07
E3	3,07E-06	2,86E-10	1,92E-07	4,12E-08	4,93E-08	5,12E-05	1,41E-06	1,55E-07	4E-08	2,46E-07	8,43E-08
F1	4,18E-06	3,58E-10	1,07E-07	2,92E-08	4,85E-08	3,35E-05	1,27E-06	1,06E-07	4,47E-08	2,1E-07	7,8E-08
F2	3,08E-06	3,22E-10	1,12E-07	3,2E-08	5,94E-08	2,62E-05	1,26E-06	1,1E-07	4,54E-08	2,01E-07	8,81E-08
F3	7,1E-06	3,94E-10	2,02E-07	4,56E-08	6,15E-08	5,02E-05	2,02E-06	1,77E-07	6,71E-08	2,47E-07	2,72E-07
G1	3,72E-06	4,3E-10	1,38E-07	3,56E-08	4,21E-08	5,4E-05	1,47E-06	9,35E-08	3,83E-08	3,31E-07	8,85E-08
G2	4,34E-06	3,58E-10	1,28E-07	3,6E-08	5,52E-08	4,37E-05	1,34E-06	9,81E-08	4,84E-08	2,87E-07	9,78E-08
G3	7,22E-06	3,22E-10	1,77E-07	3,21E-08	3,97E-08	5,73E-05	1,38E-06	1,31E-07	5,15E-08	3,19E-07	7,86E-08
H1	5,6E-06	2,51E-10	1,84E-07	3,93E-08	5,23E-08	4,32E-05	1,65E-06	1,38E-07	4,6E-08	2,8E-07	9,53E-08
H2	4,47E-06	4,65E-10	1,7E-07	4,39E-08	5,8E-08	4,5E-05	1,77E-06	1,49E-07	5,34E-08	3,29E-07	9,66E-08
H3	4,95E-06	3,58E-10	1,84E-07	4,71E-08	5,72E-08	4,77E-05	1,76E-06	1,99E-07	4,94E-08	2,7E-07	9,99E-08
I1	2,82E-06	2,86E-10	1,63E-07	3,5E-08	4,69E-08	3,36E-05	1,24E-06	1,56E-07	8,59E-08	2,28E-07	1,03E-07
I2	4,09E-06	2,86E-10	1,58E-07	3,55E-08	6,02E-08	3,99E-05	1,2E-06	1,33E-07	4,69E-08	2,68E-07	1,25E-07
I3	3,06E-06	2,15E-10	1,32E-07	3,86E-08	5,81E-08	3,31E-05	1,34E-06	1,21E-07	3,8E-08	2,42E-07	1,77E-07
J1	5,43E-06	3,22E-10	1,49E-07	4,53E-08	6,53E-08	2,84E-05	1,31E-06	1,39E-07	3,43E-08	2,71E-07	1,28E-07
J2	3,15E-06	3,94E-10	1,46E-07	3,56E-08	5,66E-08	3,19E-05	9,69E-07	1,28E-07	4,35E-08	2,89E-07	1,25E-07

J3	3,97E-06	2,86E-10	1,59E-07	3,63E-08	6,53E-08	4,08E-05	2,11E-06	1,27E-07	5,89E-08	2,88E-07	1,74E-07
K1	3,04E-06	3,22E-10	1,86E-07	4,8E-08	5,33E-08	4,24E-05	1,72E-06	1,81E-07	5,31E-08	2,9E-07	8,09E-08
K2	2,86E-06	4,3E-10	1,36E-07	4,28E-08	6,11E-08	4E-05	1,27E-06	1,2E-07	4,66E-08	2,89E-07	1,11E-07
K3	3,02E-06	3,22E-10	1,42E-07	3,68E-08	6,18E-08	3,01E-05	1,34E-06	1,22E-07	5,28E-08	2,76E-07	2,4E-07
L1	2,59E-06	2,51E-10	9,1E-08	3,66E-08	4,57E-08	3,88E-05	1E-06	8,72E-08	4,76E-08	2,75E-07	9,63E-08
L2	2,64E-06	3,22E-10	1,43E-07	4,18E-08	5,89E-08	4,3E-05	1,29E-06	1,16E-07	7,56E-08	3,13E-07	1,01E-07
L3	2,68E-06	3,94E-10	1,46E-07	3,38E-08	6,11E-08	3,31E-05	1,1E-06	1,11E-07	3,97E-08	2,41E-07	1,03E-07
M1	6,84E-06	T.E.	1,4E-07	4,95E-08	4,5E-08	2,85E-05	1,06E-06	1,38E-07	3,17E-08	2,91E-07	9,72E-08
M2	7E-06	2,86E-10	1,63E-07	5,34E-08	4,78E-08	2,73E-05	1,08E-06	1,5E-07	4,34E-08	3,24E-07	9,3E-08
M3	1,05E-05	2,51E-10	2,31E-07	5,84E-08	5,17E-08	3,9E-05	1,26E-06	1,6E-07	2,8E-08	3,8E-07	8,77E-08
N1	4,48E-06	2,86E-10	1,4E-07	3,72E-08	5,07E-08	2,72E-05	1,05E-06	1,21E-07	3,69E-08	2,39E-07	8,12E-08
N2	5,95E-06	2,15E-10	1,39E-07	2,97E-08	3,58E-08	2,71E-05	7,9E-07	9,95E-08	4,64E-08	2,43E-07	1,02E-07
N3	3,82E-06	2,51E-10	1,32E-07	3,18E-08	5,83E-08	1,63E-05	8,9E-07	1,25E-07	4,16E-08	1,97E-07	7,49E-08
O1	8,52E-06	2,51E-10	9,96E-08	2,62E-08	4,69E-08	1,37E-05	7,77E-07	1,26E-07	4,49E-08	1,59E-07	1,42E-07
O2	4,39E-06	3,22E-10	1,32E-07	4,03E-08	5,95E-08	2,96E-05	8,82E-07	1,15E-07	4E-08	2,68E-07	9,92E-08
O3	5,62E-06	T.E.	5,18E-08	2,82E-08	5E-08	2,36E-05	8,64E-07	5,02E-08	4,72E-08	2,6E-07	7,81E-08
P1	3,5E-06	2,86E-10	1,39E-07	3,6E-08	4,59E-08	3,23E-05	1,04E-06	9,92E-08	4,95E-08	2,52E-07	9,55E-08
P2	5,28E-06	2,51E-10	1,55E-07	4,06E-08	4,64E-08	2,64E-05	1,02E-06	1,49E-07	6,67E-08	2,41E-07	7,83E-08
P3	4,68E-06	2,86E-10	1,34E-07	3,2E-08	4,76E-08	2,51E-05	8,34E-07	1,03E-07	2,17E-07	2,23E-07	8,94E-08
R1	3,21E-06	4,3E-10	1,08E-07	2,54E-08	4,93E-08	2,16E-05	5,16E-07	8,16E-08	6,57E-08	1,69E-07	3,07E-07
R2	3,4E-06	2,15E-10	1,47E-07	3,18E-08	4,57E-08	2,05E-05	7,26E-07	9E-08	8,79E-08	2,04E-07	1,02E-07
R3	4,35E-06	2,15E-10	1,67E-07	3,84E-08	5,14E-08	2,34E-05	9,22E-07	1,52E-07	3,01E-08	2,53E-07	8,39E-08
S1	4,11E-06	T.E.	1,35E-07	3,39E-08	4,51E-08	2,07E-05	7,65E-07	1,19E-07	3,73E-08	2,03E-07	7,39E-08
S2	2,64E-06	2,86E-10	9,3E-08	2,77E-08	4,07E-08	1,35E-05	6,36E-07	9,87E-08	5,62E-08	1,63E-07	8,33E-08
S3	5,89E-06	2,86E-10	1,04E-07	2,74E-08	5,03E-08	1,93E-05	5,76E-07	1,15E-07	4,5E-08	1,64E-07	1,03E-07

T.E.: tespit edilmedi

Tablo Ek 4.4. Numune alınan oyun parklarının kanserojenik olmayan oral alım tehlike katsayıları

Park kodu	HQAs	HQCd	HQCr	HQCo	HQCu	HQFe	HQMn	HQNi	HQPb	HQV	HQZn
A1	1,73E-01	1,02E-03	1,07E-01	6,06E-03	4,13E-03	3,05E-01	1,15E-01	1,45E-02	4,20E-02	1,53E-01	1,04E-03
A2	1,62E-01	1,28E-03	1,42E-01	5,95E-03	5,0E-03	2,40E-01	1,03E-01	1,62E-02	4,07E-02	1,19E-01	1,37E-03
A3	1,05E-01	1,66E-03	1,38E-01	5,59E-03	4,99E-03	2,30E-01	1,03E-01	1,53E-02	9,40E-02	9,54E-02	1,90E-03
B1	2,31E-01	1,15E-03	2,22E-01	5,97E-03	4,63E-03	2,60E-01	1,06E-01	2,23E-02	7,16E-02	1,11E-01	1,18E-03
B2	1,43E-01	1,02E-03	1,74E-01	4,92E-03	3,41E-03	2,14E-01	1,01E-01	1,72E-02	4,87E-02	9,24E-02	1,10E-03
B3	2,52E-01	1,02E-03	2,64E-01	5,86E-03	3,93E-03	2,72E-01	9,71E-02	2,79E-02	4,13E-02	1,16E-01	1,52E-03
C1	1,99E-01	2,68E-03	5,81E-01	8,80E-03	5,67E-03	3,06E-01	1,66E-01	5,65E-02	4,35E-02	1,47E-01	1,24E-03
C2	2,94E-01	2,43E-03	2,43E-01	7,29E-03	4,02E-03	2,62E-01	1,37E-01	2,59E-02	5,90E-02	1,15E-01	1,81E-03
C3	5,23E-01	2,30E-03	2,93E-01	7,59E-03	6,41E-03	2,34E-01	1,17E-01	4,21E-02	1,22E-01	1,32E-01	1,82E-03
D1	1,88E-01	1,41E-03	2,18E-01	6,95E-03	4,48E-03	2,87E-01	1,35E-01	2,24E-02	4,88E-02	1,47E-01	1,12E-03
D2	1,80E-01	1,28E-03	2,48E-01	7,25E-03	4,83E-03	2,50E-01	1,17E-01	2,60E-02	5,50E-02	1,35E-01	1,17E-03
D3	2,63E-01	1,66E-03	2,80E-01	7,58E-03	4,76E-03	2,15E-01	1,18E-01	5,36E-02	4,37E-02	1,33E-01	1,15E-03
E1	2,58E-01	1,66E-03	1,87E-01	6,62E-03	6,06E-03	2,43E-01	1,11E-01	1,91E-02	5,85E-02	1,31E-01	2,13E-03
E2	2,10E-01	1,66E-03	2,35E-01	6,38E-03	5,98E-03	2,23E-01	1,23E-01	2,57E-02	6,31E-02	1,34E-01	1,62E-03
E3	1,22E-01	1,02E-03	2,28E-01	7,36E-03	4,40E-03	2,61E-01	1,10E-01	2,77E-02	4,08E-02	1,26E-01	1,0E-03
F1	1,66E-01	1,28E-03	1,27E-01	5,22E-03	4,33E-03	1,71E-01	9,87E-02	1,89E-02	4,56E-02	1,07E-01	9,28E-04
F2	1,22E-01	1,15E-03	1,33E-01	5,72E-03	5,31E-03	1,33E-01	9,81E-02	1,96E-02	4,63E-02	1,02E-01	1,05E-03
F3	2,82E-01	1,41E-03	2,41E-01	8,15E-03	5,49E-03	2,56E-01	1,57E-01	3,15E-02	6,85E-02	1,26E-01	3,24E-03
G1	1,47E-01	1,53E-03	1,64E-01	6,36E-03	3,76E-03	2,76E-01	1,14E-01	1,67E-02	3,91E-02	1,69E-01	1,05E-03
G2	1,72E-01	1,28E-03	1,52E-01	6,42E-03	4,93E-03	2,23E-01	1,04E-01	1,75E-02	4,94E-02	1,46E-01	1,16E-03
G3	2,86E-01	1,15E-03	2,11E-01	5,73E-03	3,54E-03	2,92E-01	1,07E-01	2,34E-02	5,26E-02	1,63E-01	9,36E-04
H1	2,22E-01	8,95E-04	2,19E-01	7,02E-03	4,67E-03	2,20E-01	1,28E-01	2,46E-02	4,69E-02	1,43E-01	1,13E-03
H2	1,77E-01	1,66E-03	2,02E-01	7,84E-03	5,17E-03	2,29E-01	1,38E-01	2,66E-02	5,45E-02	1,68E-01	1,15E-03
H3	1,96E-01	1,28E-03	2,19E-01	8,42E-03	5,10E-03	2,44E-01	1,37E-01	3,54E-02	5,04E-02	1,38E-01	1,19E-03
I1	1,12E-01	1,02E-03	1,94E-01	6,25E-03	4,19E-03	1,72E-01	9,61E-02	2,79E-02	8,77E-02	1,16E-01	1,23E-03

I2	1,62E-01	1,02E-03	1,88E-01	6,34E-03	5,38E-03	2,03E-01	9,32E-02	2,37E-02	4,79E-02	1,37E-01	1,49E-03
I3	1,21E-01	7,67E-04	1,58E-01	6,89E-03	5,19E-03	1,69E-01	1,04E-01	2,16E-02	3,88E-02	1,23E-01	2,11E-03
J1	2,16E-01	1,15E-03	1,78E-01	8,09E-03	5,83E-03	1,45E-01	1,01E-01	2,49E-02	3,50E-02	1,38E-01	1,52E-03
J2	1,25E-01	1,41E-03	1,73E-01	6,36E-03	5,05E-03	1,63E-01	7,52E-02	2,29E-02	4,44E-02	1,48E-01	1,49E-03
J3	1,58E-01	1,02E-03	1,90E-01	6,48E-03	5,83E-03	2,08E-01	1,64E-01	2,27E-02	6,01E-02	1,47E-01	2,07E-03
K1	1,21E-01	1,15E-03	2,21E-01	8,58E-03	4,76E-03	2,17E-01	1,33E-01	3,23E-02	5,42E-02	1,48E-01	9,64E-04
K2	1,13E-01	1,53E-03	1,62E-01	7,65E-03	5,45E-03	2,04E-01	9,88E-02	2,14E-02	4,76E-02	1,47E-01	1,32E-03
K3	1,20E-01	1,15E-03	1,69E-01	6,58E-03	5,51E-03	1,54E-01	1,04E-01	2,18E-02	5,38E-02	1,41E-01	2,86E-03
L1	1,03E-01	8,95E-04	1,08E-01	6,53E-03	4,08E-03	1,98E-01	7,79E-02	1,56E-02	4,85E-02	1,40E-01	1,15E-03
L2	1,05E-01	1,15E-03	1,71E-01	7,47E-03	5,26E-03	2,19E-01	9,99E-02	2,07E-02	7,71E-02	1,60E-01	1,20E-03
L3	1,07E-01	1,41E-03	1,74E-01	6,04E-03	5,45E-03	1,69E-01	8,57E-02	1,99E-02	4,05E-02	1,23E-01	1,23E-03
M1	2,71E-01	T.E.	1,66E-01	8,83E-03	4,02E-03	1,45E-01	8,21E-02	2,46E-02	3,24E-02	1,48E-01	1,16E-03
M2	2,78E-01	1,02E-03	1,94E-01	9,53E-03	4,27E-03	1,39E-01	8,41E-02	2,67E-02	4,42E-02	1,65E-01	1,11E-03
M3	4,18E-01	8,95E-04	2,75E-01	1,04E-02	4,61E-03	1,99E-01	9,77E-02	2,86E-02	2,85E-02	1,94E-01	1,04E-03
N1	1,78E-01	1,02E-03	1,67E-01	6,64E-03	4,53E-03	1,39E-01	8,15E-02	2,15E-02	3,76E-02	1,22E-01	9,67E-04
N2	2,36E-01	7,67E-04	1,65E-01	5,31E-03	3,19E-03	1,38E-01	6,13E-02	1,78E-02	4,74E-02	1,24E-01	1,21E-03
N3	1,52E-01	8,95E-04	1,58E-01	5,68E-03	5,21E-03	8,33E-02	6,91E-02	2,23E-02	4,24E-02	1,01E-01	8,92E-04
O1	3,38E-01	8,95E-04	1,19E-01	4,68E-03	4,18E-03	7,0E-02	6,03E-02	2,25E-02	4,58E-02	8,10E-02	1,70E-03
O2	1,74E-01	1,15E-03	1,57E-01	7,20E-03	5,31E-03	1,51E-01	6,85E-02	2,06E-02	4,08E-02	1,37E-01	1,18E-03
O3	2,23E-01	T.E.	6,16E-02	5,03E-03	4,47E-03	1,21E-01	6,71E-02	8,99E-03	4,82E-02	1,33E-01	9,30E-04
P1	1,39E-01	1,02E-03	1,65E-01	6,43E-03	4,10E-03	1,65E-01	8,08E-02	1,77E-02	5,05E-02	1,28E-01	1,14E-03
P2	2,10E-01	8,95E-04	1,85E-01	7,26E-03	4,15E-03	1,35E-01	7,95E-02	2,67E-02	6,81E-02	1,23E-01	9,32E-04
P3	1,86E-01	1,02E-03	1,59E-01	5,72E-03	4,25E-03	1,28E-01	6,47E-02	1,85E-02	2,21E-01	1,14E-01	1,06E-03
R1	1,27E-01	1,53E-03	1,29E-01	4,53E-03	4,40E-03	1,10E-01	4,01E-02	1,46E-02	6,71E-02	8,60E-02	3,66E-03
R2	1,35E-01	7,67E-04	1,75E-01	5,68E-03	4,08E-03	1,05E-01	5,63E-02	1,61E-02	8,97E-02	1,04E-01	1,21E-03
R3	1,73E-01	7,67E-04	1,99E-01	6,86E-03	4,59E-03	1,20E-01	7,16E-02	2,71E-02	3,07E-02	1,29E-01	9,99E-04
S1	1,63E-01	T.E.	1,61E-01	6,06E-03	4,03E-03	1,06E-01	5,94E-02	2,12E-02	3,80E-02	1,04E-01	8,80E-04
S2	1,05E-01	1,02E-03	1,11E-01	4,95E-03	3,63E-03	6,89E-02	4,94E-02	1,76E-02	5,74E-02	8,32E-02	9,91E-04

S3	2,34E-01	1,02E-03	1,24E-01	4,90E-03	4,49E-03	9,83E-02	4,47E-02	2,05E-02	4,59E-02	8,37E-02	1,22E-03

Tablo Ek 4.5. Numune alınan oyun parklarının kanserojenik olmayan inhaler alım tehlike katsayıları

Park kodu	HQAs	HQCd	HQCr	HQCo	HQCu	HQFe	HQMn	HQNi	HQPb	HQV	HQZn
A1	4,76E-06	2,82E-07	3,10E-04	5,85E-04	1,13E-07	2,67E-02	1,02E-02	3,89E-07	1,16E-06	4,23E-06	2,86E-08
A2	4,48E-06	3,53E-07	4,10E-04	5,75E-04	1,37E-07	2,1E-02	9,11E-03	4,34E-07	1,12E-06	3,29E-06	3,79E-08
A3	2,90E-06	4,58E-07	3,99E-04	5,4E-04	1,37E-07	2,02E-02	9,16E-03	4,09E-07	2,59E-06	2,63E-06	5,23E-08
B1	6,38E-06	3,17E-07	6,42E-04	5,77E-04	1,27E-07	2,28E-02	9,43E-03	5,97E-07	1,98E-06	3,06E-06	3,24E-08
B2	3,94E-06	2,82E-07	5,03E-04	4,75E-04	9,36E-08	1,88E-02	8,96E-03	4,61E-07	1,34E-06	2,55E-06	3,02E-08
B3	6,96E-06	2,82E-07	7,63E-04	5,66E-04	1,08E-07	2,39E-02	8,61E-03	7,46E-07	1,14E-06	3,21E-06	4,18E-08
C1	5,48E-06	7,4E-07	1,68E-03	8,5E-04	1,55E-07	2,69E-02	1,48E-02	1,51E-06	1,2E-06	4,04E-06	3,41E-08
C2	8,12E-06	6,7E-07	7,02E-04	7,04E-04	1,1E-07	2,3E-02	1,22E-02	6,94E-07	1,63E-06	3,17E-06	4,98E-08
C3	1,44E-05	6,35E-07	8,48E-04	7,33E-04	1,76E-07	2,05E-02	1,03E-02	1,13E-06	3,37E-06	3,64E-06	5,02E-08
D1	5,19E-06	3,88E-07	6,30E-04	6,71E-04	1,23E-07	2,52E-02	1,2E-02	5,99E-07	1,34E-06	4,05E-06	3,08E-08
D2	4,97E-06	3,53E-07	7,16E-04	7,0E-04	1,33E-07	2,2E-02	1,04E-02	6,95E-07	1,52E-06	3,72E-06	3,22E-08
D3	7,24E-06	4,58E-07	8,09E-04	7,32E-04	1,31E-07	1,88E-02	1,05E-02	1,43E-06	1,2E-06	3,68E-06	3,18E-08
E1	7,11E-06	4,58E-07	5,41E-04	6,4E-04	1,66E-07	2,13E-02	9,82E-03	5,11E-07	1,61E-06	3,61E-06	5,87E-08
E2	5,78E-06	4,58E-07	6,79E-04	6,16E-04	1,64E-07	1,96E-02	1,09E-02	6,89E-07	1,74E-06	3,69E-06	4,46E-08
E3	3,36E-06	2,82E-07	6,60E-04	7,11E-04	1,21E-07	2,29E-02	9,74E-03	7,41E-07	1,13E-06	3,47E-06	2,77E-08
F1	4,57E-06	3,53E-07	3,68E-04	5,04E-04	1,19E-07	1,5E-02	8,75E-03	5,05E-07	1,26E-06	2,95E-06	2,56E-08
F2	3,37E-06	3,17E-07	3,86E-04	5,52E-04	1,46E-07	1,17E-02	8,7E-03	5,24E-07	1,28E-06	2,82E-06	2,89E-08
F3	7,77E-06	3,88E-07	6,96E-04	7,87E-04	1,51E-07	2,25E-02	1,39E-02	8,44E-07	1,89E-06	3,47E-06	8,94E-08
G1	4,07E-06	4,23E-07	4,73E-04	6,14E-04	1,03E-07	2,42E-02	1,01E-02	4,47E-07	1,08E-06	4,65E-06	2,9E-08
G2	4,75E-06	3,53E-07	4,40E-04	6,2E-04	1,35E-07	1,96E-02	9,22E-03	4,69E-07	1,36E-06	4,04E-06	3,21E-08
G3	7,90E-06	3,17E-07	6,09E-04	5,53E-04	9,72E-08	2,57E-02	9,53E-03	6,27E-07	1,45E-06	4,49E-06	2,58E-08
H1	6,12E-06	2,47E-07	6,34E-04	6,78E-04	1,28E-07	1,93E-02	1,14E-02	6,60E-07	1,29E-06	3,94E-06	3,13E-08
H2	4,89E-06	4,58E-07	5,84E-04	7,58E-04	1,42E-07	2,01E-02	1,22E-02	7,12E-07	1,5E-06	4,63E-06	3,17E-08

H3	5,42E-06	3,53E-07	6,33E-04	8,13E-04	1,4E-07	2,14E-02	1,22E-02	9,49E-07	1,39E-06	3,8E-06	3,28E-08
I1	3,09E-06	2,82E-07	5,61E-04	6,03E-04	1,15E-07	1,51E-02	8,52E-03	7,46E-07	2,42E-06	3,2E-06	3,39E-08
I2	4,48E-06	2,82E-07	5,44E-04	6,12E-04	1,48E-07	1,79E-02	8,26E-03	6,36E-07	1,32E-06	3,78E-06	4,1E-08
I3	3,35E-06	2,12E-07	4,56E-04	6,66E-04	1,42E-07	1,48E-02	9,22E-03	5,78E-07	1,07E-06	3,4E-06	5,81E-08
J1	5,95E-06	3,17E-07	5,13E-04	7,82E-04	1,6E-07	1,27E-02	8,99E-03	6,66E-07	9,66E-07	3,82E-06	4,2E-08
J2	3,44E-06	3,88E-07	5,01E-04	6,14E-04	1,39E-07	1,43E-02	6,67E-03	6,14E-07	1,22E-06	4,07E-06	4,1E-08
J3	4,35E-06	2,82E-07	5,48E-04	6,25E-04	1,6E-07	1,82E-02	1,45E-02	6,07E-07	1,66E-06	4,05E-06	5,72E-08
K1	3,33E-06	3,17E-07	6,39E-04	8,29E-04	1,31E-07	1,9E-02	1,18E-02	8,64E-07	1,49E-06	4,08E-06	2,66E-08
K2	3,13E-06	4,23E-07	4,70E-04	7,38E-04	1,5E-07	1,79E-02	8,76E-03	5,72E-07	1,31E-06	4,06E-06	3,63E-08
K3	3,30E-06	3,17E-07	4,90E-04	6,35E-04	1,51E-07	1,35E-02	9,21E-03	5,84E-07	1,48E-06	3,88E-06	7,89E-08
L1	2,83E-06	2,47E-07	3,13E-04	6,3E-04	1,12E-07	1,74E-02	6,91E-03	4,17E-07	1,34E-06	3,87E-06	3,16E-08
L2	2,89E-06	3,17E-07	4,94E-04	7,21E-04	1,44E-07	1,92E-02	8,86E-03	5,53E-07	2,13E-06	4,41E-06	3,31E-08
L3	2,94E-06	3,88E-07	5,03E-04	5,83E-04	1,5E-07	1,48E-02	7,6E-03	5,32E-07	1,12E-06	3,39E-06	3,4E-08
M1	7,49E-06	T.E.	4,81E-04	8,53E-04	1,1E-07	1,28E-02	7,28E-03	6,59E-07	8,92E-07	4,09E-06	3,19E-08
M2	7,66E-06	2,82E-07	5,61E-04	9,21E-04	1,17E-07	1,22E-02	7,46E-03	7,15E-07	1,22E-06	4,55E-06	3,05E-08
M3	1,15E-05	2,47E-07	7,94E-04	1,01E-03	1,27E-07	1,74E-02	8,67E-03	7,66E-07	7,87E-07	5,34E-06	2,88E-08
N1	4,90E-06	2,82E-07	4,83E-04	6,41E-04	1,24E-07	1,22E-02	7,23E-03	5,77E-07	1,04E-06	3,37E-06	2,67E-08
N2	6,51E-06	2,12E-07	4,78E-04	5,12E-04	8,76E-08	1,21E-02	5,44E-03	4,76E-07	1,31E-06	3,42E-06	3,33E-08
N3	4,18E-06	2,47E-07	4,56E-04	5,49E-04	1,43E-07	7,31E-03	6,13E-03	5,96E-07	1,17E-06	2,78E-06	2,46E-08
O1	9,32E-06	2,47E-07	3,43E-04	4,52E-04	1,15E-07	6,14E-03	5,35E-03	6,03E-07	1,26E-06	2,23E-06	4,67E-08
O2	4,81E-06	3,17E-07	4,53E-04	6,95E-04	1,46E-07	1,32E-02	6,07E-03	5,51E-07	1,13E-06	3,77E-06	3,26E-08
O3	6,15E-06	T.E.	1,78E-04	4,86E-04	1,23E-07	1,06E-02	5,95E-03	2,40E-07	1,33E-06	3,66E-06	2,56E-08
P1	3,83E-06	2,82E-07	4,78E-04	6,21E-04	1,13E-07	1,45E-02	7,16E-03	4,74E-07	1,39E-06	3,54E-06	3,14E-08
P2	5,78E-06	2,47E-07	5,35E-04	7,01E-04	1,14E-07	1,18E-02	7,05E-03	7,14E-07	1,88E-06	3,39E-06	2,57E-08
P3	5,12E-06	2,82E-07	4,61E-04	5,53E-04	1,17E-07	1,12E-02	5,74E-03	4,94E-07	6,1E-06	3,13E-06	2,94E-08
R1	3,51E-06	4,23E-07	3,73E-04	4,38E-04	1,21E-07	9,67E-03	3,56E-03	3,90E-07	1,85E-06	2,37E-06	1,01E-07
R2	3,73E-06	2,12E-07	5,06E-04	5,49E-04	1,12E-07	9,17E-03	5,0E-03	4,30E-07	2,47E-06	2,87E-06	3,35E-08
R3	4,76E-06	2,12E-07	5,75E-04	6,62E-04	1,26E-07	1,05E-02	6,35E-03	7,25E-07	8,46E-07	3,56E-06	2,75E-08

S1	4,50E-06	T.E.	4,65E-04	5,85E-04	1,11E-07	9,27E-03	5,27E-03	5,69E-07	1,05E-06	2,86E-06	2,43E-08
S2	2,89E-06	2,82E-07	3,20E-04	4,78E-04	9,97E-08	6,05E-03	4,38E-03	4,72E-07	1,58E-06	2,29E-06	2,73E-08
S3	6,44E-06	2,82E-07	3,59E-04	4,73E-04	1,23E-07	8,62E-03	3,97E-03	5,48E-07	1,27E-06	2,31E-06	3,37E-08

T.E.: tespit edilmedi

Tablo Ek 4.5. Numune alınan oyun parklarının kanserojenik olmayan dermal alım tehlike katsayıları

Park kodu	**HQAs**	**HQCd**	**HQCr**	**HQCo**	**HQCu**	**HQFe**	**HQMn**	**HQNi**	**HQPb**	**HQV**	**HQZn**
A1	3,54E-02	2,86E-06	1,50E-03	2,12E-06	3,86E-05	8,53E-04	8,04E-04	1,51E-05	7,91E-05	4,3E-03	1,45E-06
A2	3,33E-02	3,58E-06	1,98E-03	2,08E-06	4,67E-05	6,71E-04	7,19E-04	1,68E-05	7,68E-05	3,35E-03	1,92E-06
A3	2,16E-02	4,65E-06	1,93E-03	1,96E-06	4,66E-05	6,43E-04	7,23E-04	1,58E-05	1,77E-04	2,67E-03	2,66E-06
B1	4,74E-02	3,22E-06	3,11E-03	2,09E-06	4,32E-05	7,27E-04	7,45E-04	2,31E-05	1,35E-04	3,11E-03	1,65E-06
B2	2,93E-02	2,86E-06	2,43E-03	1,72E-06	3,18E-05	5,99E-04	7,07E-04	1,79E-05	9,18E-05	2,59E-03	1,54E-06
B3	5,17E-02	2,86E-06	3,69E-03	2,05E-06	3,67E-05	7,62E-04	6,8E-04	2,89E-05	7,79E-05	3,26E-03	2,12E-06
C1	4,07E-02	7,52E-06	8,13E-03	3,08E-06	5,29E-05	8,58E-04	1,17E-03	5,86E-05	8,20E-05	4,11E-03	1,73E-06
C2	6,03E-02	6,8E-06	3,40E-03	2,55E-06	3,76E-05	7,34E-04	9,62E-04	2,69E-05	1,11E-04	3,22E-03	2,53E-06
C3	1,07E-01	6,44E-06	4,10E-03	2,66E-06	5,98E-05	6,54E-04	8,16E-04	4,37E-05	2,30E-04	3,7E-03	2,55E-06
D1	3,86E-02	3,94E-06	3,05E-03	2,43E-06	4,18E-05	8,03E-04	9,45E-04	2,32E-05	9,19E-05	4,11E-03	1,56E-06
D2	3,69E-02	3,58E-06	3,47E-03	2,54E-06	4,51E-05	7,01E-04	8,18E-04	2,69E-05	1,04E-04	3,78E-03	1,63E-06
D3	5,38E-02	4,65E-06	3,92E-03	2,65E-06	4,45E-05	6,01E-04	8,27E-04	5,55E-05	8,23E-05	3,74E-03	1,62E-06
E1	5,28E-02	4,65E-06	2,62E-03	2,32E-06	5,66E-05	6,81E-04	7,75E-04	1,98E-05	1,10E-04	3,67E-03	2,98E-06
E2	4,30E-02	4,65E-06	3,29E-03	2,23E-06	5,58E-05	6,25E-04	8,63E-04	2,67E-05	1,19E-04	3,75E-03	2,26E-06
E3	2,50E-02	2,86E-06	3,19E-03	2,58E-06	4,1E-05	7,32E-04	7,69E-04	2,87E-05	7,70E-05	3,52E-03	1,41E-06
F1	3,40E-02	3,58E-06	1,78E-03	1,83E-06	4,05E-05	4,79E-04	6,91E-04	1,96E-05	8,59E-05	2,99E-03	1,3E-06
F2	2,51E-02	3,22E-06	1,87E-03	2,0E-06	4,95E-05	3,74E-04	6,87E-04	2,03E-05	8,72E-05	2,87E-03	1,47E-06
F3	5,77E-02	3,94E-06	3,37E-03	2,85E-06	5,13E-05	7,17E-04	1,1E-03	3,27E-05	1,29E-04	3,52E-03	4,54E-06
G1	3,02E-02	4,3E-06	2,29E-03	2,23E-06	3,51E-05	7,72E-04	7,98E-04	1,73E-05	7,37E-05	4,73E-03	1,47E-06
G2	3,53E-02	3,58E-06	2,13E-03	2,25E-06	4,6E-05	6,25E-04	7,28E-04	1,82E-05	9,31E-05	4,1E-03	1,63E-06
G3	5,87E-02	3,22E-06	2,95E-03	2,0E-06	3,31E-05	8,19E-04	7,52E-04	2,43E-05	9,91E-05	4,56E-03	1,31E-06

H1	4,55E-02	2,51E-06	3,07E-03	2,46E-06	4,36E-05	6,17E-04	8,96E-04	2,56E-05	8,85E-05	4,0E-03	1,59E-06
H2	3,63E-02	4,65E-06	2,83E-03	2,75E-06	4,83E-05	6,42E-04	9,64E-04	2,76E-05	1,03E-04	4,7E-03	1,61E-06
H3	4,03E-02	3,58E-06	3,06E-03	2,95E-06	4,76E-05	6,82E-04	9,59E-04	3,68E-05	9,51E-05	3,86E-03	1,66E-06
I1	2,30E-02	2,86E-06	2,71E-03	2,19E-06	3,91E-05	4,81E-04	6,72E-04	2,89E-05	1,65E-04	3,25E-03	1,72E-06
I2	3,33E-02	2,86E-06	2,64E-03	2,22E-06	5,02E-05	5,7E-04	6,52E-04	2,46E-05	9,03E-05	3,84E-03	2,08E-06
I3	2,49E-02	2,15E-06	2,21E-03	2,41E-06	4,84E-05	4,73E-04	7,27E-04	2,24E-05	7,30E-05	3,45E-03	2,95E-06
J1	4,42E-02	3,22E-06	2,49E-03	2,83E-06	5,44E-05	4,06E-04	7,09E-04	2,58E-05	6,60E-05	3,88E-03	2,13E-06
J2	2,56E-02	3,94E-06	2,43E-03	2,23E-06	4,71E-05	4,56E-04	5,27E-04	2,38E-05	8,36E-05	4,13E-03	2,08E-06
J3	3,23E-02	2,86E-06	2,65E-03	2,27E-06	5,44E-05	5,82E-04	1,15E-03	2,35E-05	1,13E-04	4,12E-03	2,9E-06
K1	2,47E-02	3,22E-06	3,09E-03	3,0E-06	4,45E-05	6,06E-04	9,33E-04	3,35E-05	1,02E-04	4,14E-03	1,35E-06
K2	2,32E-02	4,3E-06	2,27E-03	2,68E-06	5,09E-05	5,71E-04	6,92E-04	2,22E-05	8,97E-05	4,13E-03	1,84E-06
K3	2,45E-02	3,22E-06	2,37E-03	2,3E-06	5,15E-05	4,31E-04	7,27E-04	2,26E-05	1,01E-04	3,94E-03	4,01E-06
L1	2,10E-02	2,51E-06	1,52E-03	2,28E-06	3,81E-05	5,54E-04	5,46E-04	1,61E-05	9,15E-05	3,93E-03	1,6E-06
L2	2,15E-02	3,22E-06	2,39E-03	2,61E-06	4,91E-05	6,14E-04	6,99E-04	2,14E-05	1,45E-04	4,48E-03	1,68E-06
L3	2,18E-02	3,94E-06	2,44E-03	2,11E-06	5,09E-05	4,73E-04	6,0E-04	2,06E-05	7,64E-05	3,44E-03	1,72E-06
M1	5,56E-02	T.E.	2,33E-03	3,09E-06	3,75E-05	4,07E-04	5,75E-04	2,55E-05	6,10E-05	4,15E-03	1,62E-06
M2	5,69E-02	2,86E-06	2,72E-03	3,34E-06	3,98E-05	3,9E-04	5,89E-04	2,77E-05	8,34E-05	4,62E-03	1,55E-06
M3	8,57E-02	2,51E-06	3,84E-03	3,65E-06	4,3E-05	5,57E-04	6,84E-04	2,97E-05	5,38E-05	5,42E-03	1,46E-06
N1	3,64E-02	2,86E-06	2,34E-03	2,32E-06	4,22E-05	3,88E-04	5,71E-04	2,23E-05	7,09E-05	3,42E-03	1,35E-06
N2	4,84E-02	2,15E-06	2,31E-03	1,86E-06	2,98E-05	3,86E-04	4,29E-04	1,84E-05	8,93E-05	3,47E-03	1,69E-06
N3	3,11E-02	2,51E-06	2,21E-03	1,99E-06	4,86E-05	2,33E-04	4,84E-04	2,31E-05	7,99E-05	2,82E-03	1,25E-06
O1	6,92E-02	2,51E-06	1,66E-03	1,64E-06	3,91E-05	1,96E-04	4,22E-04	2,34E-05	8,63E-05	2,27E-03	2,37E-06
O2	3,57E-02	3,22E-06	2,19E-03	2,52E-06	4,96E-05	4,23E-04	4,79E-04	2,14E-05	7,69E-05	3,83E-03	1,65E-06
O3	4,57E-02	T.E.	8,63E-04	1,76E-06	4,17E-05	3,38E-04	4,7E-04	9,29E-06	9,08E-05	3,72E-03	1,3E-06
P1	2,85E-02	2,86E-06	2,31E-03	2,25E-06	3,83E-05	4,62E-04	5,65E-04	1,84E-05	9,52E-05	3,6E-03	1,59E-06
P2	4,30E-02	2,51E-06	2,59E-03	2,54E-06	3,87E-05	3,78E-04	5,56E-04	2,76E-05	1,28E-04	3,44E-03	1,3E-06
P3	3,81E-02	2,86E-06	2,23E-03	2,0E-06	3,97E-05	3,58E-04	4,53E-04	1,91E-05	4,17E-04	3,18E-03	1,49E-06
R1	2,61E-02	4,3E-06	1,80E-03	1,59E-06	4,1E-05	3,09E-04	2,81E-04	1,51E-05	1,26E-04	2,41E-03	5,12E-06

R2	2,77E-02	2,15E-06	2,45E-03	1,99E-06	3,81E-05	2,93E-04	3,94E-04	1,67E-05	1,69E-04	2,92E-03	1,7E-06
R3	3,54E-02	2,15E-06	2,78E-03	2,4E-06	4,28E-05	3,35E-04	5,01E-04	2,81E-05	5,78E-05	3,61E-03	1,4E-06
S1	3,34E-02	T.E.	2,25E-03	2,12E-06	3,76E-05	2,96E-04	4,16E-04	2,20E-05	7,17E-05	2,9E-03	1,23E-06
S2	2,15E-02	2,86E-06	1,55E-03	1,73E-06	3,39E-05	1,93E-04	3,46E-04	1,83E-05	1,08E-04	2,33E-03	1,39E-06
S3	4,78E-02	2,86E-06	1,74E-03	1,71E-06	4,19E-05	2,75E-04	3,13E-04	2,12E-05	8,65E-05	2,34E-03	1,71E-06

T.E.: tespit edilmedi

Tablo Ek 4.6. Ağır metallerin kanserojenik özellik gösterme durumlarında oral yolla günlük alım değerleri

Park kodu	**As**	**Cd**	**Cr**	**Ni**	**Pb**
A1	8,00E-06	2,08E-07	6,20E-05	4,44E-05	1,80E-05
A2	4,00E-06	1,10E-07	3,30E-05	3,24E-05	1,40E-05
A3	5,00E-06	1,10E-07	6,40E-05	4,45E-05	1,70E-05
B1	7,00E-06	1,42E-07	7,20E-05	9,18E-05	1,30E-05
B2	5,00E-06	2,30E-07	1,49E-04	9,68E-05	1,30E-05
B3	4,00E-06	0,77E-07	4,10E-05	3,81E-05	1,30E-05
C1	3,00E-06	0,88E-07	5,90E-05	4,74E-05	1,20E-05
C2	3,00E-06	0,99E-07	4,40E-05	3,54E-05	2,30E-05
C3	5,00E-06	0,88E-07	4,10E-05	3,16E-05	6,60E-05
D1	4,00E-06	T.E.	4,10E-05	3,64E-05	1,10E-05
D2	9,00E-06	0,77E-07	3,00E-05	3,86E-05	1,40E-05
D3	3,00E-06	0,77E-07	2,80E-05	2,67E-05	1,50E-05
E1	7,00E-06	T.E.	4,30E-05	4,22E-05	1,00E-05
E2	3,00E-06	1,32E-07	4,20E-05	3,66E-05	1,40E-05
E3	6,00E-06	0,66E-07	4,20E-05	3,05E-05	1,40E-05
F1	6,00E-06	0,77E-07	5,60E-05	4,22E-05	1,40E-05

F2	3,00E-06	1,42E-07	3,50E-05	2,62E-05	2,80E-05
F3	5,00E-06	1,10E-07	5,60E-05	6,08E-05	1,50E-05
G1	3,00E-06	1,21E-07	4,50E-05	3,41E-05	1,20E-05
G2	4,00E-06	0,99E-07	4,00E-05	3,53E-05	1,20E-05
G3	5,00E-06	0,88E-07	4,30E-05	3,69E-05	1,10E-05
H1	7,00E-06	1,42E-07	4,80E-05	3,27E-05	1,80E-05
H2	1,10E-05	0,77E-07	7,10E-05	4,91E-05	9,00E-06
H3	1,30E-05	1,97E-07	7,50E-05	7,22E-05	3,70E-05
I1	7,00E-06	0,99E-07	5,40E-05	4,02E-05	1,60E-05
I2	3,00E-06	0,99E-07	3,40E-05	3,36E-05	1,40E-05
I3	7,00E-06	0,88E-07	5,00E-05	4,58E-05	1,30E-05
J1	3,00E-06	0,99E-07	5,70E-05	5,53E-05	1,60E-05
J2	5,00E-06	1,42E-07	6,00E-05	4,41E-05	1,90E-05
J3	5,00E-06	1,42E-07	5,20E-05	4,56E-05	1,60E-05
K1	4,00E-06	0,66E-07	5,10E-05	4,65E-05	9,00E-06
K2	3,00E-06	1,32E-07	3,30E-05	2,50E-05	2,00E-05
K3	5,00E-06	0,77E-07	4,80E-05	4,57E-05	2,00E-05
L1	6,00E-06	T.E.	1,60E-05	1,54E-05	1,40E-05
L2	3,00E-06	0,66E-07	4,10E-05	3,70E-05	1,20E-05
L3	4,00E-06	0,88E-07	4,20E-05	3,04E-05	1,50E-05
M1	5,00E-06	1,21E-07	5,60E-05	3,84E-05	1,50E-05
M2	7,00E-06	1,21E-07	6,20E-05	5,41E-05	2,10E-05
M3	3,00E-06	0,66E-07	4,50E-05	2,76E-05	2,70E-05
N1	3,00E-06	1,21E-07	4,50E-05	3,93E-05	1,30E-05
N2	4,00E-06	1,10E-07	3,90E-05	3,00E-05	1,50E-05
N3	3,00E-06	0,99E-07	4,40E-05	3,74E-05	1,60E-05
O1	6,00E-06	0,99E-07	4,60E-05	4,27E-05	1,10E-05
O2	3,00E-06	0,88E-07	5,00E-05	4,78E-05	2,60E-05

O3	4,00E-06	0,88E-07	4,90E-05	3,88E-05	1,80E-05
P1	4,00E-06	0,88E-07	4,80E-05	4,07E-05	1,40E-05
P2	4,00E-06	0,88E-07	4,50E-05	2,95E-05	1,50E-05
P3	6,00E-06	0,88E-07	6,80E-05	4,78E-05	1,20E-05
R1	6,00E-06	0,88E-07	3,20E-05	3,51E-05	1,40E-05
R2	4,00E-06	0,88E-07	2,80E-05	2,49E-05	1,30E-05
R3	3,00E-06	0,88E-07	2,80E-05	3,02E-05	1,70E-05
S1	6,00E-06	0,99E-07	5,70E-05	3,82E-05	2,10E-05
S2	4,00E-06	1,10E-07	3,60E-05	2,78E-05	1,20E-05
S3	4,00E-06	1,32E-07	4,20E-05	2,86E-05	1,20E-05

T.E.: tespit edilmedi

Tablo Ek 4.7. Ağır metallerin kanserojenik özellik gösterme durumlarında inhaler yolla günlük alım değerleri

Park kodu	**As**	**Cd**	**Cr**	**Ni**	**Pb**
A1	2,09E-10	5,70E-12	1,72E-09	1,23E-09	4,90E-10
A2	1,18E-10	3,00E-12	9,00E-10	8,90E-10	3,80E-10
A3	1,28E-10	3,00E-12	1,76E-09	1,23E-09	4,60E-10
B1	1,86E-10	3,90E-12	1,98E-09	2,53E-09	3,60E-10
B2	1,41E-10	6,30E-12	4,12E-09	2,67E-09	3,60E-10
B3	1,08E-10	2,10E-12	1,12E-09	1,05E-09	3,50E-10
C1	8,64E-11	2,40E-12	1,62E-09	1,31E-09	3,40E-10
C2	7,43E-11	2,70E-12	1,21E-09	9,80E-10	6,40E-10
C3	1,32E-10	2,40E-12	1,13E-09	8,70E-10	1,83E-09
D1	1,16E-10	T.E.	1,14E-09	1,00E-09	3,10E-10
D2	2,40E-10	2,10E-12	8,40E-10	1,07E-09	3,80E-10
D3	7,28E-11	2,10E-12	7,70E-10	7,40E-10	4,00E-10
E1	1,93E-10	T.E.	1,18E-09	1,16E-09	2,70E-10

E2	8,04E-11	3,60E-12	1,15E-09	1,01E-09	3,90E-10
E3	1,67E-10	1,80E-12	1,17E-09	8,40E-10	3,90E-10
F1	1,57E-10	2,10E-12	1,55E-09	1,16E-09	3,90E-10
F2	7,46E-11	3,90E-12	9,80E-10	7,20E-10	7,80E-10
F3	1,39E-10	3,00E-12	1,55E-09	1,68E-09	4,20E-10
G1	7,55E-11	3,30E-12	1,23E-09	9,40E-10	3,40E-10
G2	1,24E-10	2,70E-12	1,11E-09	9,70E-10	3,40E-10
G3	1,26E-10	2,40E-12	1,18E-09	1,02E-09	3,10E-10
H1	1,83E-10	3,90E-12	1,33E-09	9,00E-10	4,80E-10
H2	2,96E-10	2,10E-12	1,95E-09	1,35E-09	2,40E-10
H3	3,71E-10	5,40E-12	2,08E-09	1,99E-09	1,01E-09
I1	2,03E-10	2,70E-12	1,49E-09	1,11E-09	4,30E-10
I2	8,67E-11	2,70E-12	9,50E-10	9,30E-10	3,80E-10
I3	1,97E-10	2,40E-12	1,38E-09	1,26E-09	3,70E-10
J1	8,55E-11	2,70E-12	1,57E-09	1,53E-09	4,50E-10
J2	1,49E-10	3,90E-12	1,67E-09	1,22E-09	5,20E-10
J3	1,26E-10	3,90E-12	1,43E-09	1,26E-09	4,50E-10
K1	1,22E-10	1,80E-12	1,41E-09	1,28E-09	2,50E-10
K2	9,04E-11	3,60E-12	9,10E-10	6,90E-10	5,50E-10
K3	1,49E-10	2,10E-12	1,31E-09	1,26E-09	5,60E-10
L1	1,58E-10	T.E.	4,40E-10	4,20E-10	4,00E-10
L2	8,61E-11	1,80E-12	1,12E-09	1,02E-09	3,20E-10
L3	9,85E-11	2,40E-12	1,17E-09	8,40E-10	4,20E-10
M1	1,34E-10	3,30E-12	1,54E-09	1,06E-09	4,00E-10
M2	1,99E-10	3,30E-12	1,71E-09	1,49E-09	5,70E-10
M3	9,58E-11	1,80E-12	1,24E-09	7,60E-10	7,40E-10
N1	8,85E-11	3,30E-12	1,23E-09	1,08E-09	3,70E-10
N2	1,22E-10	3,00E-12	1,08E-09	8,30E-10	4,10E-10

N3	8,49E-11	2,70E-12	1,20E-09	1,03E-09	4,50E-10
O1	1,53E-10	2,70E-12	1,26E-09	1,18E-09	2,90E-10
O2	7,95E-11	2,40E-12	1,37E-09	1,32E-09	7,30E-10
O3	1,12E-10	2,40E-12	1,34E-09	1,07E-09	5,00E-10
P1	1,15E-10	2,40E-12	1,33E-09	1,12E-09	4,00E-10
P2	1,01E-10	2,40E-12	1,23E-09	8,10E-10	4,00E-10
P3	1,79E-10	2,40E-12	1,87E-09	1,32E-09	3,40E-10
R1	1,66E-10	2,40E-12	8,80E-10	9,70E-10	3,80E-10
R2	1,22E-10	2,40E-12	7,60E-10	6,90E-10	3,50E-10
R3	7,43E-11	2,70E-12	7,90E-10	8,30E-10	4,70E-10
S1	1,64E-10	3,00E-12	1,57E-09	1,05E-09	5,90E-10
S2	1,15E-10	3,60E-12	1,00E-09	7,70E-10	3,40E-10
S3	1,05E-10	5,70E-12	1,16E-09	1,23E-09	3,20E-10

T.E.: tespit edilmedi

Tablo Ek 4.8. Ağır metallerin kanserojenik özellik gösterme durumlarında dermal yolla günlük alım değerleri

Park kodu	**As**	**Cd**	**Cr**	**Ni**	**Pb**
A1	6,36E-07	5,83E-11	1,75E-08	1,20E-08	5,00E-09
A2	3,58E-07	3,07E-11	9,16E-09	9,00E-09	3,80E-09
A3	3,89E-07	3,07E-11	1,78E-08	1,20E-08	4,60E-09
B1	5,67E-07	3,99E-11	2,01E-08	2,60E-08	3,70E-09
B2	4,29E-07	6,44E-11	4,18E-08	2,70E-08	3,70E-09
B3	3,28E-07	2,15E-11	1,14E-08	1,10E-08	3,60E-09
C1	2,63E-07	2,46E-11	1,64E-08	1,30E-08	3,40E-09
C2	2,26E-07	2,76E-11	1,23E-08	1,00E-08	6,50E-09
C3	4,01E-07	2,46E-11	1,15E-08	9,00E-09	1,86E-08
D1	3,53E-07	T.E.	1,16E-08	1,00E-08	3,20E-09

D2	7,30E-07	2,15E-11	8,54E-09	1,10E-08	3,80E-09
D3	2,22E-07	2,15E-11	7,80E-09	7,00E-09	4,10E-09
E1	5,86E-07	T.E.	1,20E-08	1,20E-08	2,70E-09
E2	2,45E-07	3,68E-11	1,17E-08	1,00E-08	4,00E-09
E3	5,10E-07	1,84E-11	1,19E-08	9,00E-09	4,00E-09
F1	4,80E-07	2,15E-11	1,58E-08	1,20E-08	3,90E-09
F2	2,27E-07	3,99E-11	9,93E-09	7,00E-09	7,90E-09
F3	4,24E-07	3,07E-11	1,57E-08	1,70E-08	4,20E-09
G1	2,30E-07	3,38E-11	1,25E-08	1,00E-08	3,40E-09
G2	3,77E-07	2,76E-11	1,13E-08	1,00E-08	3,40E-09
G3	3,84E-07	2,46E-11	1,20E-08	1,00E-08	3,20E-09
H1	5,57E-07	3,99E-11	1,35E-08	9,00E-09	4,90E-09
H2	9,03E-07	2,15E-11	1,98E-08	1,40E-08	2,40E-09
H3	1,13E-06	5,52E-11	2,11E-08	2,00E-08	1,03E-08
I1	6,19E-07	2,76E-11	1,52E-08	1,10E-08	4,40E-09
I2	2,64E-07	2,76E-11	9,60E-09	9,00E-09	3,90E-09
I3	6,00E-07	2,46E-11	1,40E-08	1,30E-08	3,70E-09
J1	2,61E-07	2,76E-11	1,59E-08	1,50E-08	4,60E-09
J2	4,53E-07	3,99E-11	1,69E-08	1,20E-08	5,30E-09
J3	3,83E-07	3,99E-11	1,45E-08	1,30E-08	4,60E-09
K1	3,73E-07	1,84E-11	1,43E-08	1,30E-08	2,60E-09
K2	2,75E-07	3,68E-11	9,28E-09	7,00E-09	5,60E-09
K3	4,53E-07	2,15E-11	1,33E-08	1,30E-08	5,70E-09
L1	4,81E-07	T.E.	4,44E-09	4,00E-09	4,00E-09
L2	2,62E-07	1,84E-11	1,13E-08	1,00E-08	3,30E-09
L3	3,00E-07	2,46E-11	1,19E-08	9,00E-09	4,20E-09
M1	4,07E-07	3,38E-11	1,57E-08	1,10E-08	4,10E-09
M2	6,08E-07	3,38E-11	1,73E-08	1,50E-08	5,80E-09

M3	2,92E-07	1,84E-11	1,26E-08	8,00E-09	7,50E-09
N1	2,70E-07	3,38E-11	1,25E-08	1,10E-08	3,70E-09
N2	3,72E-07	3,07E-11	1,10E-08	8,00E-09	4,20E-09
N3	2,59E-07	2,76E-11	1,22E-08	1,00E-08	4,50E-09
O1	4,66E-07	2,76E-11	1,28E-08	1,20E-08	2,90E-09
O2	2,42E-07	2,46E-11	1,40E-08	1,30E-08	7,40E-09
O3	3,41E-07	2,46E-11	1,36E-08	1,10E-08	5,00E-09
P1	3,51E-07	2,46E-11	1,36E-08	1,10E-08	4,00E-09
P2	3,08E-07	2,46E-11	1,25E-08	8,00E-09	4,10E-09
P3	5,45E-07	2,46E-11	1,90E-08	1,30E-08	3,50E-09
R1	5,04E-07	2,46E-11	8,94E-09	1,00E-08	3,90E-09
R2	3,73E-07	2,46E-11	7,71E-09	7,00E-09	3,50E-09
R3	2,26E-07	2,46E-11	7,98E-09	8,00E-09	4,80E-09
S1	4,99E-07	2,76E-11	1,60E-08	1,10E-08	6,00E-09
S2	3,51E-07	3,07E-11	1,02E-08	8,00E-09	3,40E-09
S3	3,19E-07	3,68E-11	1,18E-08	8,00E-09	3,30E-09

T.E.: tespit edilmedi