

## ARTICLE TYPE: REVIEW ARTICLE

Kentsel Park Topraklarındaki Ağır Metal Kirliliği ve Çocuk Sağlığı Riskleri: Türkiye'den Bulgular Işığında Bir Derleme

Heavy Metal Pollution in Urban Park Soils and Child Health Risks: A Review of Findings from Turkey

Öğr. Gör. Dr. Yüstra İNCİ<sup>1\*</sup>, Dr. Gülben ÇELİK BOZKAYA<sup>2</sup>, Dr. Öğr. Üyesi Aydın BOZKAYA<sup>3</sup>

<sup>1\*</sup>Harran Üniversitesi, Organize Sanayi Bölgesi Meslek Yüksekokulu, Kimya Teknolojisi Programı, Şanlıurfa, Türkiye, yusrainci0@gmail.com, ORCID: 0000-0002-9740-0013

<sup>2</sup>Harran Üniversitesi, Kamu Yönetimi, Şanlıurfa, Türkiye, gulben\_celik63@hotmail.com, ORCID: 0000-0002-8840-3175

<sup>3</sup>Harran Üniversitesi, Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları, Şanlıurfa, Türkiye, 63aydinbozkaya@gmail.com, ORCID: 0000-0001-8800-2753

## ÖZET

**Amaç:** Kentsel alanlarda artan nüfus ve düzensiz kentleşme, toprak kirliliğini önemli bir çevre sağlığı sorunu hâline getirmektedir. Ağır metallerin çocuk sağlığı üzerindeki toksik etkileri dikkat çekmektedir. Bu derlemenin amacı, kentsel parklarda ağır metal birikimi, çocuklarda maruziyet yolları, toksikolojik etkiler ve kullanılan risk değerlendirme modellerini literatürde inceleyerek Türkiye'deki mevcut durumu ve bilgi boşluklarını ortaya koymaktır.

**Materyal ve Metot:** Ulusal ve uluslararası literatürde kentsel topraklarda ağır metal kirliliği, çocuk sağlığına yönelik maruziyet değerlendirmeleri ve risk analizleri üzerine yayımlanmış çalışmalar incelenmiştir. Türkiye'de şehir parkları ve oyun alanlarında gerçekleştirilen ağır metal ölçümleri ile bunlara ilişkin sağlık risk değerlendirme raporları karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

**Bulgular:** Literatürde çocukların el-ağız davranışları, dış ortam temas düzeyleri ve gelişimsel hassasiyetleri nedeniyle ağır metal maruziyetine karşı yetişkinlere kıyasla daha duyarlı olduğu gösterilmiştir. Türkiye'de yapılan çalışmaların önemli bir bölümünde özellikle Pb, Cd ve Ni konsantrasyonlarının bazı kentsel bölgelerde sınır değerlere yakın veya bu değerlerin üzerinde olduğu saptanmıştır. HQ, HI ve CR analizleri, bazı bölgelerde çocuklar için potansiyel sağlık risklerinin oluşabileceğini göstermektedir. Kentsel toprak kirliliğinin başlıca kaynakları trafik emisyonları, endüstriyel faaliyetler, inşaat atıkları ve atmosferik çökeltme olarak tanımlanmıştır.

**Tartışma ve Sonuç:** Elde edilen bulgular, Türkiye'de çocuk parkları ve oyun alanlarında ağır metal birikiminin sistematik olarak izlenmesi gerektiğini ve çocuk odaklı çevresel sağlık politikalarının güçlendirilmesinin zorunlu olduğunu ortaya koymaktadır. Maruziyeti azaltmaya yönelik düzenleyici tedbirlerin geliştirilmesi ve standardize edilmiş ulusal risk değerlendirme programlarının uygulanması önerilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Ağır metal, çocuk sağlığı, kentsel toprak, çevre sağlığı

## ABSTRACT

**Objective:** Rapid population growth and unplanned urbanization have made soil pollution significant environmental health concern. The toxic effects of heavy metals on children's health are attracting attention. The aim of this review is to reveal the current situation and knowledge gaps in Turkey by examining the literature on heavy metal accumulation in urban parks, exposure routes in children, toxicological effects and risk assessment models used.

**Material and Methods:** Studies published in national and international literature on heavy metal contamination in urban soils, child-specific exposure assessments, and health risk analyses were reviewed. Heavy metal measurements conducted in urban parks and play grounds in Türkiye and their associated health risk assessment results were comparatively valued.

**Results:** The literature indicates that children are more vulnerable than adults to heavy metal exposure due to hand-to-mouth behavior, higher contact with outdoor environments, and developmental sensitivity. Many studies conducted in Türkiye have reported that concentrations of Pb, Cd, and Ni in certain urban areas are close to or exceed established limit values. HQ, HI, and CR analyses suggest potential health risks for children in some regions. Major sources of urban soil contamination include traffic emissions, industrial activities, construction waste, and atmospheric deposition.

**Discussion and Conclusion:** Findings highlight the necessity of systematic monitoring of heavy metal accumulation in children's parks and play grounds across Türkiye and under score the need to strengthen child-centered environmental health policies. Development of regulatory interventions to reduce exposure and implementation of standardized national risk assessment programs are recommended.

**Keywords:** Heavy metals, Child health, Urban soil, Environmental health.

**Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** Öğr. Gör. Dr. Yüstra İNCİ, Harran Üniversitesi, Organize Sanayi Bölgesi Meslek Yüksekokulu, Kimya Teknolojisi Programı, Şanlıurfa, Türkiye, yusrainci0@gmail.com, 0000-0002-9740-0013

**Atıf /Cite:** İnci Y, Çelik Bozkaya G, Bozkaya A. Kentsel Park Topraklarındaki Ağır Metal Kirliliği ve Çocuk

---

Sağlığı Riskleri: Türkiye'den Bulgular Işığında Bir Derleme. Mehes Journal. 2025;3(4):77-88.

---



The journal is licensed under a [Attribution 4.0 International \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

## GİRİŞ

Hızla artan kentleşme, doğal çevre bileşenleri üzerinde önemli baskılar yaratmakta ve özellikle toprak kirliliği günümüzde giderek büyüyen bir halk sağlığı sorunu olarak değerlendirilmektedir (1). Kentsel alanlarda yoğun trafik, endüstriyel faaliyetler, inşaat atıkları, tarım alanlarının yerleşime dönüşmesi ve atmosferik çökeltme gibi antropojenik süreçler, ağır metal birikiminin temel kaynakları arasında yer almaktadır (2). Ağır metallerin biyolojik olarak parçalanamaması, çevrede uzun süre kalıcı olmaları ve düşük dozlarda dahi toksik etki gösterebilmeleri, bu kirleticileri çevresel sağlık açısından kritik bir risk faktörü hâline getirmektedir (3).

Kentsel ortamlarda en sık karşılaşılan ağır metaller arasında kurşun (Pb), kadmiyum (Cd), krom (Cr), nikel (Ni), çinko (Zn) ve bakır (Cu) bulunmaktadır. Bu elementler; özellikle çocuklarda nörogelişimsel bozukluklar, renal ve hepatotoksik etkiler, alerjik reaksiyonlar ve uzun süreli maruziyet sonucu kanser gibi ciddi sağlık sorunlarına neden olabilmektedir (4). Dünya Sağlık Örgütü, çocukların ağır metal maruziyetine karşı yetişkinlere kıyasla daha duyarlı olduğunu vurgulamakta ve bunun; çocukların daha yüksek toprak yutma oranları, gelişmekte olan organ sistemleri ve dış çevre ile yoğun temasları gibi biyolojik ve davranışsal faktörlerden kaynaklandığını belirtmektedir (5).

Çocuk oyun alanları ve kentsel parklar, yüzey topraklarıyla sık temasın gerçekleştiği alanlar olup çocukların ağır metallere maruziyetinde önemli bir rol oynamaktadır. Bu ortamlarda maruziyet başlıca toprak yutma (ingestion), dermal temas ve toz inhalasyonu yoluyla ortaya çıkmaktadır (6). Dolayısıyla, kentsel oyun alanlarının çevresel güvenliğinin değerlendirilmesi, çocuk sağlığının korunması açısından temel bir gerekliliktir (7).

Türkiye’de toprak ve çevre kirliliği üzerine yapılan çalışmaların büyük bir bölümü tarım alanları, endüstriyel bölgeler ve madencilik sahalarına odaklanmakta olup, çocuk oyun alanlarında ağır metal birikimi ve buna bağlı sağlık risklerinin değerlendirildiği araştırmalar sınırlı sayıdadır (8, 9). Türkiye Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği belirli sınır değerler tanımlasa da çocuk sağlığına özgü risk değerlendirme modelleri olan Health Hazard Quotient (HQ), Hazard Index (HI) ve Carcinogenic Risk (CR) gibi parametrelerin ulusal literatürde yeterince kullanılmadığı görülmektedir (10). Bu durum, çocukların oyun alanlarında maruz kaldığı potansiyel toksik risklerin kapsamlı olarak değerlendirilmesinde önemli bir boşluk yaratmaktadır.

Bu çalışma, ağır metal kirliliği, çocuklarda maruziyet yolları ve sağlık risk değerlendirmesi konularındaki güncel literatürü sentezleyerek Türkiye'deki mevcut durumu değerlendirmeyi ve çocuk odaklı çevresel sağlık politikalarının geliştirilmesine katkı sunmayı amaçlamaktadır.

## MATERYAL VE METOT

Türkiye'deki kentsel alanlarda çocukların ağır metal maruziyetine ilişkin mevcut literatürü derlemeyi amaçlayan sistematik olmayan bir derleme çalışmasıdır. Literatür taraması, Ocak 2010–Ocak 2025 tarihleri arasında PubMed, Scopus, Google Scholar, Web of Science ve TR Dizin veri tabanlarında gerçekleştirilmiştir (7, 8). Tarama sürecinde, kentsel toprak kirliliği, ağır metal birikimi, çocuk oyun alanları ve sağlık risk değerlendirmesi konularını kapsayan Türkçe ve İngilizce anahtar kelimeler kullanılmıştır. Kullanılan başlıca anahtar kelimeler; “heavy metal contamination”, “park soil”, “urban soil”, “playground soil”, “children exposure”, “soil ingestion”, “pediatric environmental health”, “inhalation”, “dermal exposure”, “health risk assessment”, “HQ”, “HI”, “CR” ve bunların Türkçe karşılıklarını içermektedir.

Çalışmaların dahil edilme kriterleri şunlardır: Türkiye'de kentsel topraklarda ağır metal birikimini inceleyen araştırmalar, çocuk maruziyetine odaklanan çalışmalar, potansiyel sağlık risklerini değerlendiren ve/veya HQ, HI ve CR modellerini kullanan çalışmalar ve Ocak 2010–Ocak 2025 tarihleri arasında yayımlanmış makaleler veya raporlar. Hariç tutma kriterleri ise şunlardır: yalnızca tarım, endüstri veya madencilik sahalarına odaklanan çalışmalar, kentsel alan dışındaki toprak örneklerini inceleyen çalışmalar ve ağır metal ölçümü yapmayan veya maruziyet analizine yer vermeyen yayınlar (1, 2).

Veri toplama sürecinde, her çalışmadan aşağıdaki bilgiler kaydedilmiştir: çalışmanın yapıldığı şehir veya bölge, analiz edilen ağır metaller (Pb, Cd, Cr, Ni, Zn, Cu), ölçüm sonuçları, kullanılan analiz yöntemleri, çocuk maruziyetine ilişkin bulgular ve risk değerlendirme sonuçları (HQ, HI, CR). Elde edilen veriler, çalışmanın amacına uygun olarak niteliksel ve karşılaştırmalı biçimde analiz edilmiştir (3, 4).

Risk değerlendirmesi kapsamında, çocukların kentsel topraklarla teması dikkate alınarak üç temel maruziyet yolu ele alınmıştır: toprak yutma, dermal temas ve toz inhalasyonu. Her çalışmada rapor edilen metaller için HQ ve HI değerleri incelenmiş; potansiyel kanser riski değerlendirmesi için CR verileri değerlendirilmiştir (6). Bu yaklaşım, çocuk odaklı çevresel

sağlık risklerinin Türkiye genelinde karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır.

## BULGULAR

Türkiye'deki kentsel oyun alanlarında ağır metal birikimi, çocukların maruziyet yolları, toksikolojik etkiler ve uluslararası karşılaştırmalar çok yönlü olarak değerlendirilmiştir. İncelenen çalışmaların bulguları, farklı şehirlerdeki oyun alanlarında ağır metal düzeylerinin değişkenlik gösterdiğini, bazı bölgelerde ise Pb, Cd, Zn ve Cu gibi metallerin çocuk sağlığı açısından risk oluşturabilecek seviyelere ulaştığını ortaya koymuştur. Ayrıca ağır metal maruziyetinin çocuklarda nörogelişimsel, renal ve immünolojik etkiler başta olmak üzere çeşitli toksik sonuçlara yol açabileceği belirlenmiştir. Bu bölümde, Türkiye'deki mevcut durum ayrıntılı şekilde sunulmakta; maruziyet yolları ve risk değerlendirme sonuçları uluslararası verilerle karşılaştırılarak kapsamlı bir değerlendirme sunulmaktadır.

### 1. Türkiye'de Kentsel Oyun Alanlarındaki Ağır Metal Düzeyleri

#### a. Örnek Çalışmalar ve Genel Bulgular

Türkiye'deki çocuk oyun alanlarında yapılan araştırmalar, kurşun (Pb), kadmiyum (Cd), nikel (Ni), çinko (Zn) ve bakır (Cu) gibi ağır metallerin yüzey topraklarında biriktiğini göstermektedir.

Çanakkale'de gerçekleştirilen bir çalışmada, oyun alanlarından alınan toprak ve kum örneklerinde, metallerin ortalama konsantrasyonu  $Fe > Mn > Zn > Cu > Ni/Cr > Pb$  sıralamasında bulunmuştur. Özellikle kum örnekleri, toprak örneklerine göre daha düşük metal içeriği göstermesine rağmen, küçük partikül boyutu nedeniyle çocuk maruziyeti açısından kritik bir öneme sahiptir (7).

Ordu'daki 31 çocuk oyun alanında yapılan bir diğer çalışmada, toprakta Pb 2.74–72.44 mg/kg, Zn 53.35–566.90 mg/kg, Ni 8.61–39.10 mg/kg, Cd 0.18–7.21 mg/kg ve Cu 17.18–92.70 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Aynı çalışmada toz örneklerinde ise Pb 3.32–305.80 mg/kg, Zn 9.41–1017 mg/kg, Ni 1.18–31.08 mg/kg, Cd 0.39–5.58 mg/kg ve Cu 22.84–121.30 mg/kg arasında ölçülmüştür. Bu sonuçlar, toprak ve toz/kabuk materyallerinde çocuklar için potansiyel maruziyet kaynaklarının bulunduğunu ortaya koymaktadır (8).

Çankırı'daki 10 kentsel parkta yapılan ICP analizli bir çalışmada, metallerin ortalama sıralaması  $Mn > Fe > Zn > Cu > Ni > Pb > B > Cd > Cr$  olarak bulunmuş; bazı parklarda

metal düzeylerinde hafif artışlar olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum, yerel sanayi ve trafik kaynaklı etkilerin çocuk oyun alanları üzerindeki etkilerini göstermektedir (11).

Bursa yakınlarındaki bir çalışmada ise, çocuk oyun alanlarındaki yüzey tozunda Cr, Mn, Fe, Co, Cu, Zn, Pb, Cd, As ve Ni gibi metaller analiz edilmiş; bazı örneklerde metal yükünün yüksek olduğu tespit edilmiştir (12).

08.06.2010 tarihli ve 27605 sayılı Resmi Gazete’de Toprak Kirliliğinin Kontrolü ve Noktasal Kaynaklı Kirlenmiş Sahalara Dair Yönetmelik’i yayımlanmıştır. Bu yönetmelikte topraktaki ağır metal elementlerinin sınır değerleri belirtilmiştir. Tablo 1’de yönetmelikte belirtilen ağır metaller ve sınır değerleri sunulmuştur.

**Tablo 1.** Toprak kirliliğinin kontrolü ve noktasal kaynaklı kirlenmiş sahalara dair yönetmeliğindeki ağır metallerin sınır değerleri (13).

Ağır Metal (Toplam)	pH ≤ 6 (mg/kg Fırın Kuru Toprak)	pH > 6 (mg/kg Fırın Kuru Toprak)	Notlar
Kurşun (Pb)	50	300	** **
Kadmiyum (Cd)	1	3	** **
Krom (Cr)	100	100	** **
Bakır (Cu)	50	140	*
Nikel (Ni)	30	75	*
Çinko (Zn)	150	300	*
Civa (Hg)	1	1,5	** **

\*: pH değeri 7’den büyük ise Bakanlık sınır değerini %50 artırabilir, \*\*: Ağır metal analizi kuvvetli asit parçalanmasını takiben gerçekleştirilmelidir.

Tablo 1’e göre Yeşil ve Pervin, (8)’in çalışmaları, Kadmiyum (Cd) (maks. 7.21 mg/kg) ve Çinko (Zn) (maks. 566.90 mg/kg) konsantrasyonlarının, Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği’nde toprağın pH değerine bağlı olarak belirlenen en esnek sınır değerlerini (Cd için 3 mg/kg, Zn için 300 mg/kg) bile aşarak kritik kirlilik seviyelerinde olduğunu göstermektedir. Ayrıca, Kurşun (Pb) (maks. 72.44 mg/kg), Nikel (Ni) (maks. 39.10 mg/kg) ve Bakır (Cu) (maks. 92.70 mg/kg) konsantrasyonları, toprakların asidik (pH ≤ 6) olması durumunda yönetmelikteki daha sıkı sınırları aşmaktadır; bu durum, çocukların temas ettiği ortamlarda potansiyel çevresel riskin ve detaylı bir risk değerlendirmesi ihtiyacının altını çizmektedir.

#### b. Değişkenlik, Faktörler ve Yerel Koşullar

Türkiye’deki farklı şehirlerdeki oyun alanları arasında ağır metal düzeyleri büyük değişkenlik göstermektedir. Örneğin, Ordu’da Zn’nin üst sınırı 566.90 mg/kg iken, Çanakkale’de toprak

ortalama Zn değeri 58 mg/kg civarındadır. Bu fark, yerel kirlilik kaynakları, trafik yoğunluğu ve geçmiş endüstriyel faaliyetlerle açıklanabilir (7, 8).

### c. Sınırlılıklar ve Araştırma Boşlukları

Mevcut çalışmaların çoğu belli şehirlerle sınırlıdır; Doğu ve Güneydoğu illerine yönelik veri eksikliği mevcuttur. Ayrıca, birçok çalışma sadece toprak örneklerini ele almakta, kum, toz veya atmosferik çökeltme gibi çocukların doğrudan temas ettiği diğer ortamlardan örnek alma daha sınırlıdır (7, 8).

### d. Önemi ve Değerlendirme

Bu veriler, Türkiye'deki çocuk oyun alanlarında bazı ağır metallerin potansiyel birikim gösterdiğini ve maruziyet riskinin bulunduğunu ortaya koymaktadır. Özellikle Pb, Cd, Zn ve Cu gibi metallerin bazı alanlarda yüksek değerler göstermesi, çocukların el-ağız davranışları ve kum/toprak ile temas sıklığı dikkate alındığında, bu alanların düzenli olarak izlenmesini gerektirmektedir (7, 8, 11).

## 2. Maruziyet Yolları ve Risk Değerlendirmesi

Kentsel topraklarda biriken ağır metaller, çocuklar için üç temel maruziyet yolu üzerinden sağlık riskine neden olmaktadır: toprak yutma (ingestion), dermal temas (skin contact) ve toz inhalasyonu (inhalation). Çocukların el-ağız davranışları ve yüksek fiziksel aktivite düzeyleri, bu maruziyet yollarını daha etkili hâle getirmektedir (3, 5).

- **Toprak Yutma:** Özellikle 1–6 yaş arası çocuklarda en yaygın maruziyet yoludur. Bu yaş grubundaki çocukların günde 100–200 mg toprak yutabileceği tahmin edilmektedir (6). Kurşun (Pb) ve kadmiyum (Cd) gibi metallerin gastrointestinal sistem üzerinden vücuda alınması, nörogelişimsel ve renal toksisite riskini önemli ölçüde artırmaktadır (4).
- **Dermal Temas:** Park ve oyun alanlarında çocukların çıplak elle toprağa temas etmesiyle gerçekleşir. Ağır metallerin cilt üzerinden emilim oranı genellikle düşük olsa da uzun süreli ve tekrarlayan temaslar kronik toksisite riskini artırabilir (1).
- **Toz İnhalasyonu:** Çocukların oyun sırasında havaya karışan partikülleri solumasiyla gerçekleşir. Bu yolla alınan metaller, akciğerler aracılığıyla sistemik dolaşıma

geçebilir ve astım, solunum yolu irritasyonu ve immün sistem üzerinde olumsuz etkiler yaratabilir (2).

Risk değerlendirmesinde Health Hazard Quotient (HQ) ve Hazard Index (HI) değerleri yaygın olarak kullanılmaktadır. HQ, belirli bir metalin oluşturduğu sağlık riskinin tekil değerlendirmesini ifade ederken, HI, birden fazla metalin toplam maruziyet riskini gösterir. HQ ve HI risk değerlendirme hesaplamalarında sonuçlar 1'den büyükse, bu durum kanser dışı bir sağlık sorununun ortaya çıkabileceği konusunda bir uyarı işaretidir (14). Türkiye'de yapılan bazı çalışmalar HI değerlerinin 1'in üzerinde olduğunu göstermiştir (7, 8). Carcinogenic Risk (CR) hesaplamaları ise uzun süreli maruziyet sonucu oluşabilecek kanser riskini tahmin eder (6). CR değeri, genellikle  $10^{-4}$ 'ten büyük olduğunda risk kabul edilemez ve  $10^{-6}$ 'dan küçük olduğunda ihmal edilebilir kabul edilir (15).

### 3. Uluslararası Karşılaştırmalar

Türkiye'deki bulgular, uluslararası literatürle karşılaştırıldığında hem benzerlikler hem de farklılıklar göstermektedir. Çin'in büyük kentlerinde yapılan çalışmalar, oyun alanı ve kentsel parklarda Pb, Cd ve Ni seviyelerinin yüksek olduğunu, bazı bölgelerde WHO sınırlarını aştığını rapor etmektedir (2). Örneğin, Guangzhou'daki çocuk oyun alanlarında Pb konsantrasyonu 120–180 mg/kg aralığında ölçülmüş, Cd ise 1.5–3 mg/kg civarında bulunmuştur (2). Bu değerler, Pb açısından Türkiye'de Çanakkale ve Ordu'ya göre daha yüksek iken Cd açısından düşünüldüğünde benzerdi (7, 8).

Avrupa'daki çalışmalar ise genellikle daha düşük ağır metal konsantrasyonları bildirmektedir. Örneğin Almanya ve İtalya'daki kentsel park topraklarında Pb düzeyleri 50–150 mg/kg arasında, Cd düzeyleri ise 0.5–2 mg/kg arasında ölçülmüştür (16). Bu fark, Türkiye'deki hızlı kentleşme, yoğun trafik ve eski endüstriyel faaliyetlerin etkisiyle açıklanabilir.

Risk değerlendirme açısından, HI ve HQ değerleri hem Türkiye'de hem de Çin'de bazı bölgelerde 1'in üzerine çıkarak çocuklar için sağlık riskini göstermektedir. Avrupa'daki benzer çalışmalarda ise HI değerleri genellikle 1'in altında kalmakta ve potansiyel risk daha düşük görünmektedir (2, 16).

Bu karşılaştırmalar, Türkiye'de kentsel topraklarda ağır metal birikiminin özellikle çocuk sağlığı açısından daha dikkatli izlenmesini ve ulusal düzeyde standart risk değerlendirme protokollerinin geliştirilmesini gerekli kılmaktadır. Ayrıca, çocuk odaklı önlemler ve çevresel farkındalık programları hem yerel hem de uluslararası düzeyde önerilmektedir (4, 5).



#### 4. Ağır Metallerin Çocuk Sağlığı Üzerindeki Toksikolojik Etkileri

Çocukların maruziyet yollarına bağlı olarak toksik etkiler değişmektedir. Küçük çocuklar günde 100–200 mg toprak yutabilir, Pb ve Cd maruziyeti nörogelişimsel ve renal toksisite riskini artırır (4, 6). Dermal temas ve inhalasyon yolu ise uzun vadede sistemik etkiler, astım ve immün sistem üzerindeki olumsuz etkilerle ilişkilidir (1, 2). Tablo 2’de ağır metaller ve toksikolojik etkileri sunulmuştur.

**Tablo 2.** Ağır Metallerin Çocuk Sağlığı Üzerindeki Toksikolojik Etkileri

Metal	Başlıca Toksik Etkiler	Maruziyet Yolu
Pb	Nörogelişimsel bozukluk, düşük IQ, ADHD, böbrek toksisitesi	Toprak yutma, toz inhalasyonu
Cd	Renal toksisite, kemik yoğunluğu azalması, oksidatif stres	Toprak yutma, dermal temas
Ni	Alerji, deri irritasyonu, kronik maruziyette kanser riski	Toprak yutma, dermal temas
Cr	Alerji, cilt irritasyonu, kanser riski (Cr(VI))	Toprak yutma, dermal temas
Zn	Gastrointestinal irritasyon, karaciğer ve böbrek fonksiyon bozukluğu	Toprak yutma, dermal temas
Cu	Karaciğer ve böbrek toksisitesi, gastrointestinal etkiler	Toprak yutma, dermal temas

#### TARTIŞMA VE SONUÇ

Türkiye’deki kentsel oyun alanlarında ağır metal düzeyleri, çocuklarda maruziyet yolları, toksikolojik etkiler ve uluslararası karşılaştırmalar bütüncül olarak değerlendirilmiştir. Farklı illerde yapılan çalışmaların bulguları bir arada ele alındığında, Pb, Cd, Zn, Cu ve Ni gibi ağır metallerin hem toprakta hem kum örneklerinde hem de yüzey tozlarında farklı düzeylerde biriktiği görülmektedir. Çanakkale, Ordu, Çankırı ve Bursa’da yürütülen çalışmaların sonuçları, çocukların oyun oynadığı alanlarda ağır metal kirliliğinin yaygın bir çevresel sorun olduğunu ortaya koymaktadır. Kum ve toprak örnekleri arasındaki farklılıklar, küçük partikül boyutunun çocukların el-ağız davranışıyla birleştiğinde maruziyet riskini artırdığını göstermektedir. Aynı şekilde yüzey tozu örneklerinde metal düzeylerinin daha yüksek bulunması, bu materyallerin soluma yoluyla maruziyet açısından kritik öneme sahip olduğunu göstermektedir.

Maruziyet yollarına ilişkin değerlendirmeler, çocuklar için en önemli kaynağın toprak yutma davranışı olduğunu ortaya koymaktadır. Özellikle 1–6 yaş grubunda günlük toprak yutma miktarının yüksek olması, Pb ve Cd gibi metallerin gastrointestinal sistem üzerinden alınarak nörogelişimsel ve renal toksisite riskini artırmasına zemin hazırlamaktadır. Dermal temas ve inhalasyon yoluyla alınan metallerin genellikle düşük emilim oranına sahip olmasına rağmen,

oyun sırasında süreklilik gösteren temaslar nedeniyle kronik maruziyetin önemli bir halk sağlığı sorunu oluşturduğu görülmektedir. Bu maruziyet yolları birlikte değerlendirildiğinde, ağır metal birikiminin çocuk sağlığı üzerindeki potansiyel etkilerinin yalnızca akut değil, uzun dönemde de nörolojik, renal, solunumsal ve immünolojik sonuçlar doğurabileceği anlaşılmaktadır.

Risk değerlendirme sonuçları, Türkiye’de yapılan bazı çalışmaların HI değerlerinin 1’in üzerinde olduğunu göstererek çocuklar için potansiyel sağlık riskini doğrulamaktadır. Ayrıca birden fazla metalin birlikte bulunması, toplam maruziyet yükünü artırmakta ve toksik etkilerin sinerjik biçimde ortaya çıkma olasılığını güçlendirmektedir. Uluslararası karşılaştırmalarda Türkiye’nin ağır metal birikimi açısından Çin gibi hızlı kentleşen ülkelerle benzer bir risk profiline sahip olduğu, buna karşın Avrupa ülkelerinde bildirilen değerlerin daha düşük olduğu görülmektedir. Bu durum, Türkiye’deki hızlı kentleşme süreci, trafik yoğunluğu, geçmiş endüstriyel faaliyetler ve düzensiz çevresel yönetim uygulamalarının oyun alanlarında ağır metal birikimine önemli katkılarda bulunduğunu düşündürmektedir.

Ağır metallerin çocuk sağlığı üzerindeki toksikolojik etkileri değerlendirildiğinde, Pb’nin nörokognitif gerileme, dikkat eksikliği, davranışsal sorunlar ve böbrek toksisitesi; Cd’nin renal hasar ve kemik mineral yoğunluğunda azalma; Ni ve Cr gibi metallerin ise alerjik reaksiyonlar ve uzun dönemde kanser riski ile ilişkili olabileceği görülmektedir. Zn ve Cu gibi esansiyel elementler dahi yüksek dozlarda gastrointestinal ve hepatik etkiler oluşturabilmektedir. Bu kapsamda oyun alanlarındaki metal düzeylerinin yalnızca çevresel bir sorun değil, çocukların büyüme, gelişme ve yaşam boyu sağlık sonuçlarını etkileyebilecek çok yönlü bir risk olduğu anlaşılmaktadır.

Bu bulgular birlikte değerlendirildiğinde, Türkiye’deki oyun alanlarında ağır metal düzeylerinin düzenli olarak izlenmesinin ve çocuk sağlığı açısından değerlendirilmesinin zorunlu olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır. Ayrıca mevcut çalışmaların belirli illere yoğunlaşmış olması, ulusal ölçekte bir risk haritası oluşturmayı güçleştirmektedir. Bu nedenle ülke genelinde standardize edilmiş yöntemlerle yapılacak geniş ölçekli araştırmalara ihtiyaç vardır.

## Öneriler

**Düzenli İzleme ve Standartlaştırma:** Oyun alanlarında toprak, kum ve yüzey tozu örneklerinin düzenli aralıklarla analiz edilmesi; ağır metal ölçümlerinde kullanılacak yöntemlerin ulusal düzeyde standart hâle getirilmesi gerekmektedir.

**Kentsel Planlama ve Alan Yönetimi:** Trafik yoğunluğu, sanayi tesisleri ve eski endüstriyel alanlara yakın oyun alanlarının risk açısından öncelikli izlenmesi; yüksek riskli bölgelerde toprak yenileme veya yüzey kaplama gibi çevresel iyileştirme yöntemlerinin uygulanması önemlidir.

**Çevresel Rehabilitasyon Çalışmaları:** Metal yükü yüksek alanlarda kirlenmiş toprağın kaldırılması, yüzey tozu oluşumunu azaltan kaplama materyallerinin kullanılması ve bitkisel bariyerlerin oluşturulması maruziyeti azaltabilir.

**Çocuk Sağlığı Odaklı Risk Değerlendirmesi:** HQ, HI ve CR hesaplamalarının çocuklara özgü maruziyet parametreleriyle yapılarak sistematik olarak takip edilmesi, riskli bölgelerin önceliklendirilmesine katkı sağlayacaktır.

**Toplum ve Aile Eğitimi:** Ailelerin ve eğitimcilerin çocuklarda el-ağız davranışı, el hijyeni ve toprakla temas sonrası temizlik konusunda bilgilendirilmesi, maruziyetin azaltılmasına doğrudan katkı sağlayacaktır.

**Yeni Araştırmaların Teşvik Edilmesi:** Özellikle veri eksikliği bulunan bölgelerde toprak, kum ve toz analizlerinin artırılması; ağır metal maruziyetinin biyobelirteçlerle izlenmesine yönelik klinik çalışmaların yapılması gerekmektedir.

**Politika Geliştirme:** Çocuk oyun alanlarının çevresel güvenliği için özel kriterler içeren ulusal düzenlemelerin oluşturulması; ağır metal sınır değerlerinin çocuk sağlığı temelli parametrelerle güncellenmesi uygun olacaktır.

### **Bilimsel Sorumluluk Beyanı**

Yazarlar, çalışma tasarımı, veri toplama, analiz ve yorumlama, yazımı, ana hatların bir kısmı veya tamamı dahil olmak üzere makalenin bilimsel içeriğinden ve içeriğin bilimsel incelemesinden ve makalenin son halinin onaylanmasından sorumlu olduklarını beyan ederler.

### **Etik Onay ve Rıza**

Bu çalışma kamuya açık literatüre dayalı bir derlemedir; etik kurul onayı gerektirmemektedir.

### **Çıkar Çatışması**

Yazar(lar), bu makalenin araştırılması, yazarlığı ve/veya yayımlanmasıyla ilgili olarak herhangi bir çıkar çatışması potansiyeli olmadığını beyan etmiştir.

**Yazar Katkıları:** Çalışmanın kavramsallaştırılması: Y.İ.ve G.Ç.B.; tasarım: Y.İ. ve G.Ç.B.; literatür taraması: A.B. ve G.Ç.B.; yazım: Y.İ., G.Ç.B. ve A.B.

**Mali Destek/Finansman:** Çalışma için herhangi bir kurumdan finansal destek alınmamıştır.

## KAYNAKLAR

1. Alloway B J. Heavy metals in soils. Springer. 2013. Volume 22.
2. Wei B, Yang L. A review of heavy metal contaminations in urban soils, urban road dusts and agricultural soils. *Microchemical Journal*. 2010;94(2): 99–107.
3. Tchounwou PB, Yedjou CG, Patlolla AK, Sutton DJ. Heavy metals toxicity and the environment. *EXS*. 2012; 101, 133–164.
4. Sanders T, Liu Y, Buchner V, Tchounwou PB. Neurotoxic effects of heavy metals in children. *Pediatric Clinics of North America*. 2015; 62(5):1217–1236.
5. WHO. (World Health Organization). Lead poisoning and health. 2023.
6. USEPA. Risk assessment guidance for superfund (RAGS):. U.S. Environmental Protection Agency. 2011. Volume I.
7. Parlak M, Tunçay T, Botsou F. Heavy metals in soil and sand from play grounds of Çanakkale city (Turkey) and related health risks for children. *Sustainability*. 2022; 14(3): 1145.
8. Yeşil M, Pervin Y. Heavy metal pollution in children's play grounds in Ordu, Turkey. 2019.
9. Büyükyıldız M. İstanbul Anadolu Yakası parklarında toprak kalitesi ve ağır metal kirliliğinin incelenmesi (Yüksek lisans tezi). Bahçeşehir Üniversitesi. 2013.
10. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. Toprak kirliliğinin kontrolü ve noktasal kaynaklı kirlenmiş sahalara dair yönetmelik. 2019.
11. Sünal Kavaklıgil S, Yılmaz Ü, Timur Ö, Pekin Timur U, Erşahin S. A study on distribution of heavy metal pollution on the urban parksoils in Çankırı, Türkiye. *Anatolian Journal of Forest Research*. 2023; 9(2): 70–74.
12. *Environmental Geochemistry and Health*. Heavy metal contamination and health risks in play ground dust near cement factory: exposur elevels in children. 2024.
13. T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı. Toprak kirliliğinin kontrolü ve noktasal kaynaklı kirlenmiş sahalara dair yönetmelik. *Resmî Gazete*.2010;27605, 08 /6/ 2010.
14. Moeini Z, and Azhdarpoor A. Health risk assessment of nitrate in drinking water in Shirazusing probabilistic and deterministic approaches and impact of water supply. *Environmental Challenges*. 2021; 5: 100326.
15. Saeki H, Ugimachi K. Carcinogenic Risk Factors. *JMAJ: Japan Medical Association Journal*. 2001; 44(6): 245–255.
16. Zhang, C. Urban soil heavy metal pollution and human health. *Environmental Science and Pollution Research*. 2018; 25(12): 11393–1140.