



**SİĞARA İZMARİTLERİNİN OLUŞTURDUĞU
KİRLİLİĞİN SİĞARA İZMARİTİ KİRLİLİK
İNDEKSİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ: BİR
KENTSEL ÇEVRE ÖRNEĞİ**

Seher KÜÇÜKFARSAK

Danışman: Prof. Dr. Filiz Nuran ACAR
Yüksek Lisans Tezi
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı
2026

(Her hakkı saklıdır.)

T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

**SİGARA İZMARİTLERİNİN OLUŞTURDUĞU KİRLİLİĞİN SİGARA İZMARİTİ
KİRLİLİK İNDEKSİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ: BİR KENTSEL ÇEVRE
ÖRNEĞİ**

(Assessing Pollution Caused By Cigarette Butts Using Cigarette Butts Pollution Index: A
Case Study of an Urban Environment)

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Seher KÜÇÜKFARSAK

Danışman: Prof. Dr. Filiz Nuran ACAR

Erzurum
Nisan, 2026



T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü

KABUL VE ONAY TUTANAĞI

Prof.Dr. Filiz Nuran ACAR danışmanlığında Seher KÜÇÜKFARSAK tarafından hazırlanan “**Sigara izmaritlerinin oluşturduğu kirliliğin sigara izmariti kirlilik indeksi ile değerlendirilmesi: Bir kentsel çevre örneği**” başlıklı çalışma 14/04/2026 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Çevre Mühendisliği - Anabilim Dalı Çevre Mühendisliği Bilim Dalı'nda **Yüksek Lisans** tezi olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı:	Prof.Dr. Yalçın Kemal BAYHAN <i>ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ</i>	e-imza
Jüri Üyesi (Danışman):	Prof.Dr. Filiz Nuran ACAR <i>ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ</i>	e-imza
Jüri Üyesi:	Doç.Dr. Elanur ADAR YAZAR <i>ARTVİN ÇORUH ÜNİVERSİTESİ</i>	e-imza

Bu tezin Atatürk Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili maddelerinde belirtilen şartları yerine getirdiğini onaylarım.

16/04/2026
Prof.Dr. Alper NUHOĞLU
Enstitü Müdürü
e-imza



ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU

Yüksek Lisans Tezi olarak *Prof. Dr. Filiz Nuran ACAR* danışmanlığında sunulan “Sigara İzmaritlerinin Oluşturduğu Kirliliğin Sigara İzmariti Kirlilik İndeksiyle Değerlendirilmesi: Bir Kentsel Çevre Örneği” başlıklı çalışmanın tarafımızdan bilimsel etik ilkelere uyularak yazıldığını, yararlanılan eserlerin kaynakçada gösterildiğini, Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından belirlenmiş olan Turnitin Programı benzerlik oranlarının aşılmadığını ve aşağıdaki oranlarda olduğunu beyan ederiz.

Tez Bölümleri	Tezin Benzerlik Oranı (%)	Maksimum Oran (%)
Giriş	2	30
Kuramsal Temeller	14	30
Materyal ve Metot	2	35
Araştırma Bulguları ve Tartışma	3	20
Sonuçlar	0	20
Tezin Geneli	6	25

Not: Yedi kelimeye kadar benzerlikler ile Başlık, Kaynakça, İçindekiler, Teşekkür, Dizin ve Ekler kısımları tarama dışı bırakılabilir. Yukarıdaki azami benzerlik oranları yanında tek bir kaynaktan olan benzerlik oranlarının %5’den büyük olmaması gerekir.

Beyan edilen bilgilerin doğru olduğunu, aksi halde doğacak hukuki sorumlulukları kabul ve beyan ederiz.

Tez Yazarı (Öğrenci)	Tez Danışmanı
Seher KÜÇÜKFARSAK	Prof. Dr. Filiz Nuran ACAR
14.4.2026	14.4.2026
İmza:Aslı ıslak imzalıdır	İmza: Aslı ıslak imzalıdır

* Tez ile ilgili YÖKTEZ’de yayınlamasına ilişkin bir engelleme var ise aşağıdaki alanı doldurunuz.

☐ Tezle ilgili patent başvurusu yapılması / patent alma sürecinin devam etmesi sebebiyle Enstitü Yönetim Kurulunun/.../.... tarih ve sayılı kararı ile teze erişim 2 (iki) yıl süreyle engellenmiştir.

☐ Enstitü Yönetim Kurulunun/.../.... tarih ve sayılı kararı ile teze erişim 6 (altı) ay süreyle engellenmiştir.

TEŞEKKÜR

“Sigara İzmaritlerinin Oluşturduğu Kirliliğin Sigara İzmariti Kirlilik İndeksiyle Değerlendirilmesi: Bir Kentsel Çevre Örneği” başlıklı çalışma Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı Çevre Mühendisliği Bilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Çalışmanın planlanması, sürdürülmesi ve sonuçlandırılması aşamalarında her koşulda desteğini benden esirgemeyen, bilgi ve donanımına hayran olduğum, kıymetli danışmanım Prof. Dr. Filiz Nuran ACAR’a, neredeyse çalışmanın tamamında bana eşlik eden ve desteklerini hiç esirgemeyen sevgili eşim ve oğluma, teşekkürlerimi sunarım.

Seher KÜÇÜKFARSAK

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SİGARA İZMARİTLERİNİN OLUŞTURDUĞU KİRLİLİĞİN SİGARA İZMARİTİ KİRLİLİK İNDEKSİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ: BİR KENTSEL ÇEVRE ÖRNEĞİ

Seher KÜÇÜKFARSAK

Danışman: Prof. Dr. Filiz Nuran ACAR

Amaç: Bu çalışmanın amacı, kentsel ortamdaki çalışma alanlarında sigara izmaritlerinin (CB) sayımını yaparak yoğunluklarını belirlemek ve böylece sigara izmaritlerinin yol açtığı kirliliğin boyutunu tespit etmektir. Diğer amaç, ilgili lokasyonlarda CB kirlilik indeksi hesaplaması ile kirlilik sınıflamaları yapılarak sigara izmaritlerinin çevresel etki seviyesinin tespit edilmesidir.

Yöntem: Çalışma sahasında insan hareketliliğinin yoğun olduğu alışveriş merkezi giriş-çıkışları, banka önü, durak, hastane, metro giriş- çıkışları, okul çevresi, park ve sahil şeridi olmak üzere 8 kentsel alanda 26 farklı lokasyonda Şubat- Ağustos 2024 aralığında CB sayımları yapılmıştır. CB çalışma alanına oranlanarak CB yoğunluğu bulunmuştur. Sigara izmariti kirlilik indeksi (CBPI) hesaplanarak izmaritlerin çevre üzerindeki etkileri belirlenmiştir.

Bulgular: Toplam 3244 m² örnekleme alanında 7 ay boyunca 14 kez yapılan sayımlarda toplam sigara izmarit sayısı 1684'dür. Ancak daha gerçekçi sonuçlar elde etmek için her lokasyonda ayda iki kez yapılan sayımların ortalaması alınarak aylık CB sayısı belirlenmiştir. Ortalama değerlere göre CB yoğunluğu en düşük CB 0,24 CB/m² ile alışveriş merkezi giriş-çıkış alanlarında ve sahil şeridinde, en yüksek 0,93 CB/m² duraklarında görülmüştür. CBPI'nin ortalama sonuçları 4,71-21,13 değerleri arasındadır. En yüksek CBPI'nin belirlendiği lokasyon duraklardır. Bu sonuçlara göre 26 lokasyonun 2'si düşük kirlilik, 7'si önemli kirlilik, 4'ü çok yüksek kirlilik, 13'ü şiddetli kirlilik seviyesindedir.

Sonuç: Çalışma sahasında 8 kentsel alanda CB kirliliği görülmüştür CB'nin en yoğun olduğu lokasyonlar hastane giriş-çıkış alanları, park ve duraklardır ve bu durum CB kirliliğinin durumunun ciddiyetini ortaya koymaktadır. Ortalama CBPI sonuçlarına göre lokasyonların çoğu ciddi kirlilik seviyesindedir. Kirlilik sınıflandırmasına göre her kategorinin ortalama CBPI değerleri, sahada çok düşük kirlilik ve düşük kirlilik seviyelerinin olmadığını ve bu kentsel alanlarda en düşük çevresel etkinin orta düzeyden başladığını göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Kentsel Çevre, Atık Yönetimi, Sigara İzmariti Kirliliği, Sigara İzmariti Yoğunluğu, Sigara İzmariti Kirlilik İndeksi,

Nisan 2026, 78 sayfa

ABSTRACT

MASTER THESIS

ASSESSING POLLUTION CAUSED BY CIGARETTE BUTTS USING CIGARETTE BUTTS POLLUTION INDEX: A CASE STUDY OF AN URBAN ENVIRONMENT

Seher KÜÇÜKFARSAK

Danışman: Prof. Dr. Filiz Nuran ACAR

Purpose: The aim of this study is to determine the density of cigarette butts (CB) in urban workplaces by counting them, and thereby to ascertain the extent of the pollution caused by cigarette butts. A further aim is to determine the level of environmental impact of cigarette butts by calculating a cigarette butt pollution index and classifying pollution levels at the relevant locations

Method: Cigarette butt counts were carried out at 26 different locations across eight urban areas including shopping centre entrances and exits, outside banks, bus stops, hospitals, metro entrances and exits, school surroundings, parks and the seaside between February and August 2024. Cigarette butt density was calculated relative to the study area. Cigarette Butt Pollution Index (CBPI) was calculated to determine the environmental impact of cigarette butts.

Findings: A total of 1,684 cigarette butts were counted during 14 surveys conducted over a period of 7 months across a total sampling area of 3,244 m². However, to obtain more realistic results, the monthly number of cigarette butts was determined by taking the average of the counts carried out twice a month at each location. According to the average values, the lowest CB density was 0.24 CB/m² in shopping centre entrances and exits and along the coastal strip, whilst the highest was 0.93 CB/m² at bus stops. The average CBPI results range from 4.71 to 21.13. The locations with the highest CBPI are bus stops. Based on these results, 2 out of 26 locations have low pollution levels, 7 have significant pollution levels, 4 have very high pollution levels, and 13 have severe pollution levels.

Results: CB pollution has been observed in 8 urban areas within the study site. The locations with the highest concentrations of CB are hospital entrances, parks and bus stops, which highlights the severity of the CB pollution situation. According to the average CBPI results, most locations are at a serious pollution level. The average CBPI values for each category, based on the pollution classification, indicate that there are no very low or low pollution levels in the area, and that the lowest environmental impact in these urban areas begins at the medium level.

Keywords: Urban Environment, Waste Management, Cigarette Butt Pollution, Cigarette Butt Density, Cigarette Butt Pollution Index

April 2026, 78 pages

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY TUTANAĞI.....	i
ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU	ii
TEŞEKKÜR	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
TABLolar DİZİNİ.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
KISALTMALAR VE SİMGELER DİZİNİ	x
GİRİŞ.....	1
KURAMSAL TEMELLER.....	3
Tütünün Tarihçesi ve Üretimi	3
Dünya’da Sigara Üretimi ve Tüketimi	4
Tütün Sektörünün Küresel Çevresel Ayak İzi	5
Sigara Tasarımı ve Bileşenleri	8
Sigara İzmaritleri.....	10
Sigara Filtreleri.....	10
Sigara İzmaritlerindeki Kirleticiler	12
Ağır metaller	13
Nikotin	14
Aromatik aminler (AA).....	14
BTEX bileşikleri	15
Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar (PAH’lar)	15
Nanopartiküller	17
Mikroplastikler.....	17
Sigara İzmaritlerindeki Kirleticilerin Diğer Kaynakları	18
Sigara İzmaritlerinin Zamansal ve Mekânsal Dağılımı	19
MATERYAL VE YÖNTEM	21
Çalışma Alanı.....	21
Kentsel Alanlar.....	21
Lokasyonlar.....	22
Örnekleme ve CBPI Hesaplaması.....	24
ARAŞTIRMA BULGULARI	27

Sigara İzmariti Sayısı ve Sigara İzmariti Yoğunluğu	29
Alışveriş Merkezi	29
Banka.....	30
Durak.....	31
Hastane	32
Metro İstasyonu.....	33
Okul.....	34
Park	34
Sahil Şeridi	35
Sigara İzmariti Kirlilik İndeksi	40
Alışveriş Merkezi	42
Banka.....	43
Durak.....	44
Hastane	45
Metro İstasyonu.....	46
Okul.....	47
Park	48
Sahil Şeridi	49
SONUÇLAR ve ÖNERİLER	55
Alışveriş Merkezi	55
Banka.....	56
Durak.....	56
Hastane	56
Metro İstasyonu.....	57
Okul.....	57
Park	57
Sahil Şeridi	57
KAYNAKLAR	61
ÖZGEÇMİŞ.....	66

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. Lokasyonların Listesi, Kodları ve Çalışma Alanları	22
Tablo 2. Etki Türüne Göre Çevresel Katsayılar	25
Tablo 3. CBPI Kirlilik Sınıflandırması	25
Tablo 4. Alışveriş Merkezleri Giriş- Çıkış Lokasyonlarının CB Sayıları ve DCB Değerleri ..	30
Tablo 5. Banka Lokasyonunun CB Sayıları ve DCB Değerleri	31
Tablo 6. Durak Lokasyonlarının CB Sayıları ve DCB Değerleri	32
Tablo 7. Hastane Lokasyonlarının CB Sayıları ve DCB Değerleri	33
Tablo 8. Metro Lokasyonlarının CB Sayıları ve DCB Değerleri	33
Tablo 9. Okul Lokasyonunun CB Sayıları ve DCB Değerleri	34
Tablo 10. Park Lokasyonlarının CB Sayıları ve DCB Değerleri	35
Tablo 11. Sahil Şeridi Lokasyonlarının CB Sayıları ve DCB Değerleri	36
Tablo 12. Lokasyonların S ve P Etki Parametresi Özelliklerine Göre Seçilen Değerler ve Hesaplanan E Faktörü	41
Tablo 13. Lokasyonların Kirlilik Sınıflandırmaları	52

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2. Küresel sigara üretim ve tüketim tedarik zinciri çerçevesi, girdiler ve çıktılar	6
Şekil 3. Küresel tütün tedarik zinciri boyunca yıllık kütle akışları	8
Şekil 4. Tipik bir sigaranın bileşenleri	9
Şekil 5. Selüloz asetat liflerinin görüntüleri	11
Şekil 6. CB'lerdeki kirleticilerin kökeni	19
Şekil 7. Pendik ilçe sınırları	21
Şekil 8. Pendik ilçesi güney kısmında seçilen çalışma lokasyonları	24
Şekil 9. Çalışma lokasyonlarında CB kirliliği ile ilgili muhtelif görüntüler	27
Şekil 10. Lokasyonlarda düşükten yüksek değere doğru ortalama DCB sıralaması	37
Şekil 11. Kentsel alan kategorilerine göre düşükten yüksek değere doğru ortalama DCB sıralaması	40
Şekil 12. AVM aylık ve ortalama CBPI sonuçları	43
Şekil 13. Banka aylık ve ortalama CBPI sonuçları	44
Şekil 14. Durak aylık ve ortalama CBPI sonuçları	45
Şekil 15. Hastane aylık ve ortalama CBPI sonuçları	46
Şekil 16. Metro istasyonları aylık ve ortalama CBPI sonuçları	47
Şekil 17. Okul aylık ve ortalama CBPI sonuçları	48
Şekil 18. Park aylık ve ortalama CBPI sonuçları	49
Şekil 19. Sahil şeridi aylık ve ortalama CBPI sonuçları	50
Şekil 20. Lokasyonlarda düşükten yüksek değere doğru ortalama CBPI sıralaması	51
Şekil 21. Kentsel alanların ortalama CBPI sıralaması	53

KISALTMALAR VE SİMGELER DİZİNİ

AA	: Aromatik aminler
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
AVM	: Alışveriş Merkezi
BM	: Birleşmiş Milletler
°C	: Santigrat derece
CB	: Sigara izmariti
CBPI	: Sigara izmariti kirlilik indeksi
DB	: Diklorobenzen eşdeğeri
DCB	: Sigara izmariti yoğunluğu
EPA	: Çevre Koruma Ajansı
FCTC)	: Dünya Sağlık Örgütü Tütün Kontrolü Çerçeve Sözleşmesi
g	: Gram
GIS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
GJ	: Gigajoule
HPLC	: Yüksek performanslı sıvı kromatografisi
kg	: Kilogram
km²	: Kilometrekare
L	: Litre
m²	: Metrekare
mg	: Miligram
mL	: Mililitre
mm	: Milimetre
µg	: Mikrogram
Mt	: Milyon ton
PAH	: Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar
SEM	: Taramalı Elektron Mikroskobu
SDG	: Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri
SPME	: Katı faz mikro ekstraksiyonu
TÜİK	: Türkiye istatistik kurumu
WFD	: Su Çerçeve Direktifi
WHO	: World Health Organization (Dünya Sağlık Örgütü)

GİRİŞ

Tütünün olumsuz etkileri yaygın olarak bilinmektedir. Tütün; ekimine uygun toprakların hazırlanmasından başlayarak, tütün ürünlerinin üretilmesi, pazarlanması ve tüketilmesi ile tüm yaşam döngüsü boyunca yaygın bir çevre bozulmasına neden olmaktadır. Bu çevresel etkiler, toprak kalitesindeki bozulmayı, mahsul yetiştirmek ve tütün kürlleme için odun temin etmek amacıyla yapılan arazi temizliğinden kaynaklanan ormansızlaşmayı, tarımında kullanılan pestisitlerin ve diğer kimyasalların su kaynaklarını kirletmesini ve karbon emisyonlarının oluşmasını içermektedir. Tütünün tarımsal üretiminin çevresel etkilerinin yanı sıra tütünden üretilen sigaranın sağlık üzerindeki olumsuz etkileri tüm dünyada bilinmektedir. Ancak sigara tüketiminin insanlar tarafından göz ardı edilen diğer zararları da vardır. Diğer zararlarının temel kaynağı sigara tüketimi sonrası atık olarak kalan CB'dir. CB'lerin çevre üzerindeki olumsuz etkileri dünya nüfusunun çoğunluğu tarafından bilinmemekte veya dikkate alınmamaktadır. Çevresel etkiler içi alınması gereken önlemlerle ilgili uygun ve yeterli yaklaşımlar son derece kısıtlıdır. Oysa CB dünyada en sık etrafa atılan atıktır. Dünyada görünür çöpün %22- 46'sı CB'lerden oluşmaktadır (Green vd., 2014; Seco Pon vd., 2012). Kentlerde kamusal alanda içilen sigaraların %76'sının etrafa atıldığı tespit edilmiştir (Patel vd., 2013). Küresel olarak her yıl tüketilen yaklaşık 6 trilyon sigaranın 4,5 trilyonunun CB olarak çevreye atıldığı tahmin edilmektedir (Hazbehian vd., 2022; Novonty ve Slaughter, 2014). Küçük boyutta oldukları için çevreyi kirletmeyeceğine inanılan, çöp olarak isimlendirilen CB atıkları, kentlerde; cadde, sokak, park ve meydanların, deniz kıyılarında; plajların en önemli sorunlarından biridir. Kentlerde çevresel sürdürülebilirliğin gerçekleştirilmesi önemli çabalar gerektirmektedir. CB çöplerinin bozunmadan çevrede uzun süre kalabilmeleri ve toplama işlemlerinin yüksek maliyetli oluşu CB'lerin yönetimleriyle ilgili en önemli zorluklardır. Ancak Birleşmiş Milletler (BM) Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri (SDG) (2030) doğrultusunda CB kirliliği ile ilgili önlemler alınması elzemdir. Çünkü bu sorun başta Hedef 3 (İyi Sağlık ve Refah), Hedef 6 (Temiz Su ve Sanitasyon), Hedef 12 (Sorumlu Tüketim ve Üretim) ve Hedef 15 (Karada Yaşam) olmak üzere diğer bazı hedeflerle de örtüşmemektedir (UN, 2025).

CB'ler, sigara içildikten sonra kalan atıktır ve üç bileşenden oluşur. Bu bileşenler yanmış ve yanmamış tütün, filtrenin dışını saran kâğıt ve filtredir (Ghasemi vd., 2022). Bir sigara filtresi, sigara içilirken sigara dumanının içerdiği kirleticileri tutmak için tasarlanmıştır. CB'ler, çevrede önemli miktarda bulunup görüntüyü bozmasının yanı sıra fiziksel ve kimyasal olmak üzere çift kontaminasyona neden oldukları için benzersiz bir atık türü olarak kabul

edilmektedir (Dobaradaran vd., 2020). Fiziksel etkileri balıklar, kaplumbağalar, balinalar gibi deniz türleri veya kuşların yanlışlıkla bunların tamamını veya bir kısmını tüketmeleriyle örneklenebilir (Conradi ve Sánchez-Moyano, 2022). CB filtreleri 15.000'den fazla selüloz asetat liflerden oluşmaktadır. Bu liflerden günde yaklaşık 100 küçük mikro fiber ($<0,2$ mm) dökülür ve fiziksel ayrışma 30 yıla kadar sürebilir (Piccardo vd., 2021). Potansiyel bir mikro plastik kaynağı olan bu mikro fiberlerin dağılması fiziksel kontaminasyonun bir diğer göstergesidir. CB'lerde bulunan 7000'den fazla toksik madde çevreye sızabilir ve bunların çoğu herhangi bir canlı organizma için çok tehlikeli olup bu durum kimyasal kontaminasyonu göstermektedir (Soleimani vd., 2022). Bir CB bir m^3 suyu kirletebilir (Torkashvand vd., 2020). Kimyasal kontaminasyona neden olan başlıca kimyasallar ağır metaller, nikotin, polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH)'dır (Darabi vd., 2023). CB'ler kentsel sular aracılığıyla kıyı bölgeleri gibi diğer ekosistemlere taşınabilmektedirler. Bu kirleticilerin suya ve toprağa sızması ile CB'lerin bazı organizmalar üzerindeki toksisitesi kanıtlanmıştır (Slaughter vd., 2011). Özetle tüm ekosistemi doğrudan veya dolaylı olarak etkiledikleri aşıkardır. Dünyada sigara tüketimini sonlandırmak gibi bir alternatif olmadığı için CB'lerin çevresel etkileri ile ilgili farkındalığın artırılması öncelikli bir yaklaşım olabilir.

Ülkemizde; kentlerde insan hareketliliğinin yoğun olduğu lokasyonlarda ve deniz kıyılarında CB kirliliği yaygın olarak görülmektedir. CB kirliliği boyutlarını ölçeklendirerek ifade etmek kentlerin sürdürülebilir yönetim çalışmaları için veri oluşturarak yeni planlamalara katkı sağlayacaktır. İstanbul bir metropol olması nedeniyle CB kirliliğinin en yoğun görüldüğü kentimizdir. SDG (2030) hedefleri doğrultusunda CB kirlilik seviyelerini belirleyerek konunun önemini vurgulamak bu çalışmanın temel amacıdır. Çalışmada; İstanbul ili Pendik ilçesinde, alışveriş merkezi, hastane, okul, metro istasyonu giriş- çıkışları, otobüs durakları, park, sahil şeridi olmak üzere 8 kentsel alanda 26 lokasyonda 2024 yılında Şubat- Ağustos ayları arasında toplam 7 ay CB kirlilik seviyelerinin belirlenmesi için CB sayımları yapılmıştır. Birim alana düşen CB kirlilik seviyeleri sigara izmariti yoğunluğu (DCB) ve çevresel kirlilik etkileri sigara izmariti kirlilik indeksi (CBPI) ile değerlendirilerek lokasyonlarda CB kirliliği sınıflandırmaları yapılması amaçlanmıştır.

KURAMSAL TEMELLER

Tütünün Tarihçesi ve Üretimi

Tütün kullanımı 10.000 yıl öncesi kadar çok eski tarihlere dayanmaktadır. Çok önceleri, zaman ve emek yoğunluğundan dolayı üretilmesi ve hazırlanması sınırlı olan tütünün, tüm dünyada yaygın olarak kullanımı son 500 yılda gerçekleşmiştir (Hanafin ve Clancy, 2015). Tarihsel veriler, M.Ö. 3000’li yıllarda Mısırlılar ve Güney Amerika’daki Maya Hintlileri arasında dini ve resmî törenlerde kurutulmuş bitkilerin yakıldığını ve tütsü olarak kullanıldığını göstermektedir (URL 1, 2024). Özellikle 1800’lerin sonlarından itibaren makineleşme, ulaşım ve teknolojiadaki gelişmeler yani sanayi devriminden sonra üretim ve kullanım kolaylığı, tütün şirketlerinin pazarlama, reklam ve tanıtımları tütün kullanımının salgın denilebilecek boyutlara gelmesine yol açmıştır. Dolayısıyla tütün kullanımı 16. ve 17. yüzyıllarda küresel bir meta haline gelerek küreselleşmeye başlamıştır. 15. yüzyıldan önce Avrupalılar tarafından, deniz keşiflerinin artmasıyla Amerika kıtasının keşfi sonrası Avrupa’ya tanıtılan tütün Avrupa’ya ilk kez girdiğinde şifalı bir bitki olarak kabul edildi. Afrika 17. yüzyılda tütünle tanıştı ve kıta genelinde hızla yaygınlaşarak ilk büyük tütün üretim grubu 1880’lerin sonlarında Güney Afrika’da kuruldu ve zamanla tüm büyük tütün ticareti şirketleri burada temsil edilmeye başlandı. Tütünün yaygınlaşması diğer kıtalarda olduğu gibi Asya’da da benzer bir hızla kabul görerek 16. Yüzyıldan önce Çin’e girdi. 1630’ların sonlarında tütün Çin’de ticari olarak yetiştirilmekte ve ticareti yapılmaktaydı. İspanyol ve Portekizli tüccarlar deniz kıyısı boyunca Koreli tüccarlar, karada Orta Asya kervan yolları boyunca tütünü tanıtarak yaygınlaştırdılar (Hanafin ve Clancy, 2015).

Ülkemize tütünün girişi, denizcilerin tütünü birtakım hastalıkların tedavisinde kullanılan ve keyif verici bir ilaç olarak tanıtması ile 1570’li yıllarda olmuştur. Sonrasında Ege Bölgesi kıyısında ekimine başlanması tütünün ticarî bir madde olarak ilk defa Osmanlı İmparatorluğu topraklarında yapıldığı anlamı taşımaktadır. 17. yüzyılın başından itibaren tütünün üretimi, tüketimi ve ticareti yapılmaya başlamış ve İstanbul pazarlarında yerini almıştır. 1609’dan 1649’a kadar Osmanlı İmparatorluğunda tütün yasaklanmıştır (URL 1, 2024). Ancak sonrasında hızla ticari alanda yerini almıştır.

Günümüz dünyasında en büyük tütün üreticisi ülke Çin’dir. 2024 yılı verilerine göre Çin 2,26 milyon ton, Hindistan 727.203 ton, Brezilya 637.749 ton, Endonezya 353.386 ton, Amerika Birleşik Devletleri (ABD) 147.520 ton, Zimbabwe 236.815 ton, Pakistan 184.982 ton,

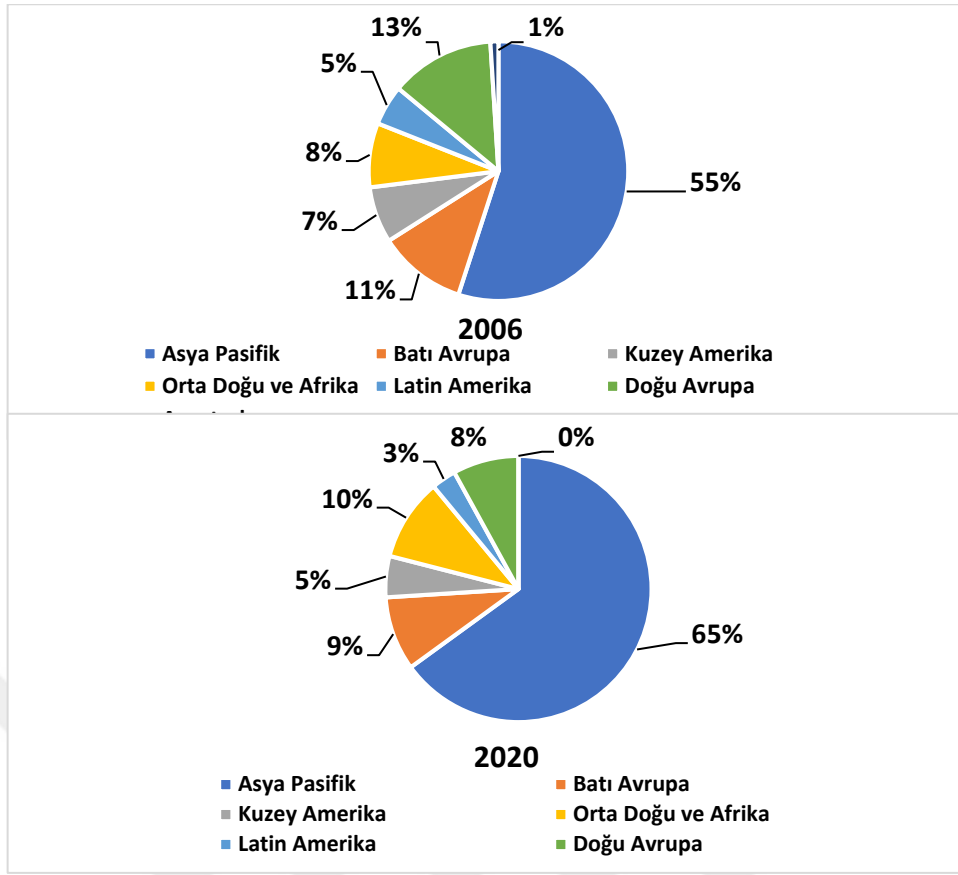
Malawi 119.960 ton, Tanzanya 117.464 ton, Arjantin 80.786 ton, Türkiye 108.000 ton tütün üretimi gerçekleştiren başlıca ülkelerdir (URL 2, 2026).

Dünya’da Sigara Üretimi ve Tüketimi

İlk yıllarda kıyılmış tütünün tütün yaprağına sarılması şeklinde içilen tütün daha sonra da ince kâğıda sarılarak içilmeye başlanmıştır. 1881 yılında ABD’de ilk sigara yapan makinenin patenti alınarak faaliyete geçmiştir (URL 1, 2024). Sonrasında teknolojik gelişmelerle bağlantılı olarak sigara üretimi artarak önemli bir pazar haline gelmiştir. Sigara tüketicilerinin yaklaşık olarak %80’i düşük ve orta gelirli ülkelerde yaşamaktadır. Tütün sektörü gelişmekte olan ülkelerde daha iyi pazara sahiptir. Son yıllarda pazar hacminde azalma kaydedilmesine rağmen pazar değeri artarak devam etmiştir. Küresel sigara pazarının perakende hacmi ile ilgili 2006-2020 yılları arasındaki istatistiki değerler; 2006 yılında yaklaşık 5,7 trilyon, 2020 yılında 5,2 trilyon sigara satıldığını göstermektedir. Bu değerlere göre 2006–2020 yıllarında perakende hacmi %3,5 azalmıştır. Aksine ilgili yıllar arasında perakende değeri %24,3 artmıştır. Sektör analistlerine göre, 2025 yılına kadar küresel sigara hacminin %1,1 oranında azalacağı ve reel değer ise %2,1 oranında artacağını öngörülmektedir (URL 3, 2021).

Batı Avrupa gelişmiş bir pazardır. Ancak yönetimlerin, tütünle ilgili daha sıkı yasal düzenlemeler yapmaları dolayısıyla sigara tüketiminde son yıllarda düşüşler söz konusudur. Asya ve Afrika’daki gibi gelişmekte olan pazarlar, tütün endüstrisi için daha esnek düzenlenmelerden, artan nüfustan etkin şekilde pazarlarına katkı sağlamaktadırlar. Bu nedenle gelişmekte olan pazarlar tütün sektörü için kritik öneme sahiptir. 2006-2020 yılları arasında Şekil 1’de görüldüğü üzere Asya Pasifik ve Orta Doğu ve Afrika’da satılan sigaraların pazar payı artarken diğer tüm bölgelerde düşüşler yaşanmıştır. İlgili yıllar arasında Asya Pasifik bölgesinde sigara satışlarının oransal değeri %55’ten %65’e benzer şekilde Ortadoğu ve Afrika’da %8’den 10’a yükselirken diğer bölgelerde ise azalmalar kaydedilmiştir (URL 3, 2021).

Sigara pazarında ilk 10 ülke sırasıyla Çin, Endonezya, ABD, Rusya, Türkiye, Japonya, Mısır, Vietnam, Almanya ve Bangladeş’tir. Çin’in Pazar hacmi diğer 9 ülkenin Pazar hacminin çok üzerindedir ve 2020 yılı verilerine göre 2.391,2 milyar perakende hacmine sahiptir (URL 3, 2021).



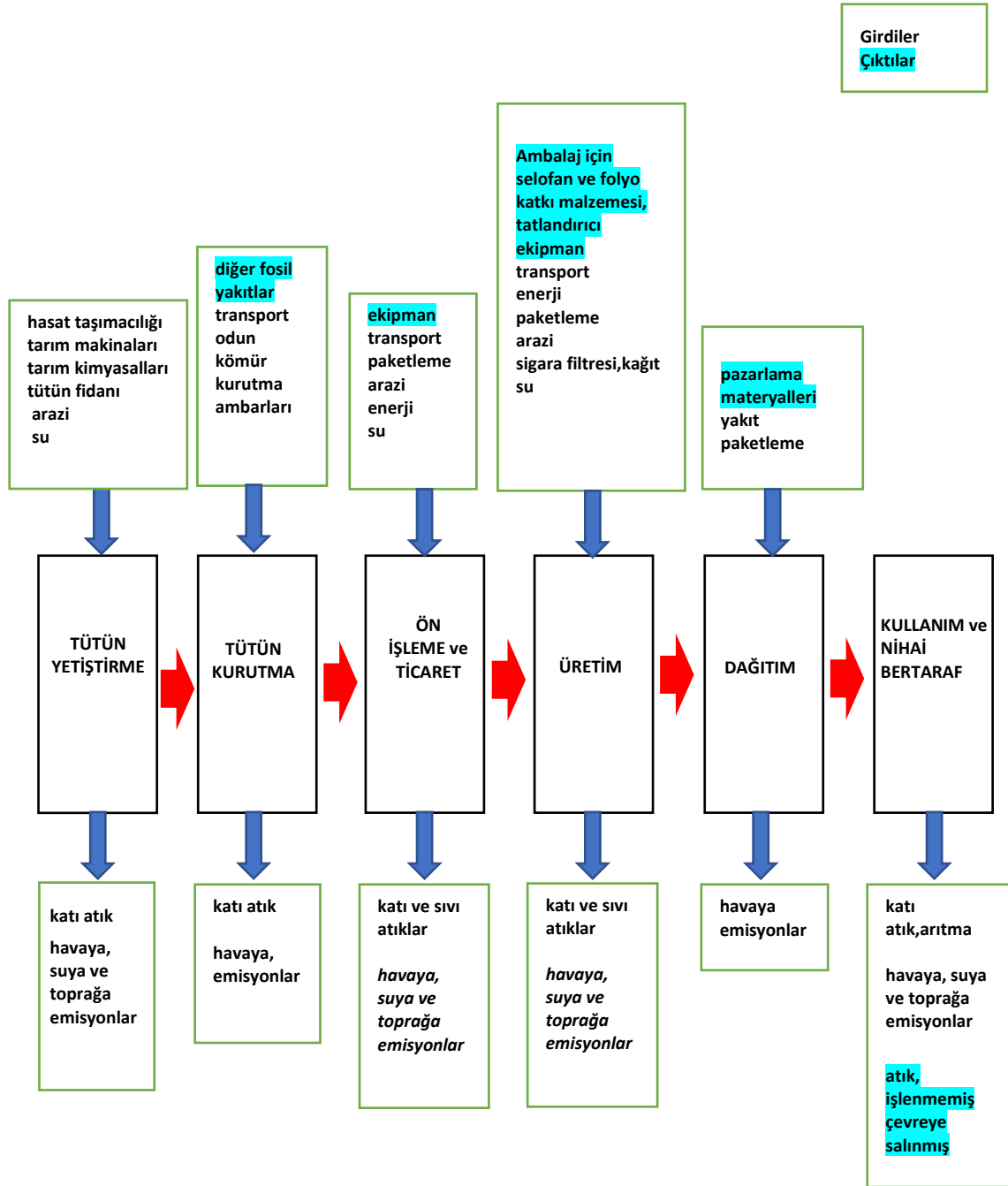
Şekil 1. Küresel sigara pazarı oranları (URL 3, 2021).

Dünyada sigara tüketimi verileri incelendiğinde 1880 yılından 2009 yılına kadar sürekli bir artış gözlenirken 2009 yılından en son güncel veri yılı olan 2020 yılına kadar az da olsa azalma kaydedilmiştir. 1880’de 10 milyar sigara tüketimi varken 1930’da tüketim 600 milyara yükselmiş ve günümüze kadar hızla ivmelenmiştir. 2009 yılında 5.884 milyar ile zirve yapmış daha sonraki yıllarda sigara tüketiminde az da olsa azalmalar kaydedilmiştir. Global olarak 2020 yılında sigara tüketimi 5.185 milyar sigaraya eşdeğerdir. (URL 4, 2023).

Tütün Sektörünün Küresel Çevresel Ayak İzi

Genel bir ifade ile dünyada her yıl yaklaşık 6 trilyon sigara üretilirken bir milyar sigara tüketicisi tarafından 5,8 trilyon sigara tüketilmektedir. Günümüz insanı tarafından sigaranın sağlık üzerindeki olumsuz etkileri iyi bilinirken tütünün doğal ortamlara, doğal kaynaklara verdiği zararın boyutu ve tütün sektöründe tüm tedarik zinciri aşamalarındaki çevresel etkilerin tanınmadığı görülmektedir. Bunlar, tütün yetiştiriciliği için kıt ekilebilir arazi ve suyun kullanımından, tütün çiftliklerinde zararlı kimyasalların kullanımına, ormansızlaşmaya ve üretim ve dağıtım süreçlerinden kaynaklanan karbon emisyonlarına, toksik atık ve biyolojik olarak parçalanamayan çöplerin üretimine kadar uzanmaktadır. Tütün endüstrisinin tedarik zinciri çok kapsamlı küresel bir yapıdır. Tütün yetiştiriciliği, kurutma, işleme, sigara üretimi,

dağıtım, kullanıma ve nihai imhayı kapsar. Küresel sigara üretim ve tüketim tedarik zinciri Şekil 2’de görüldüğü gibidir (Zafeiridou vd., 2018).

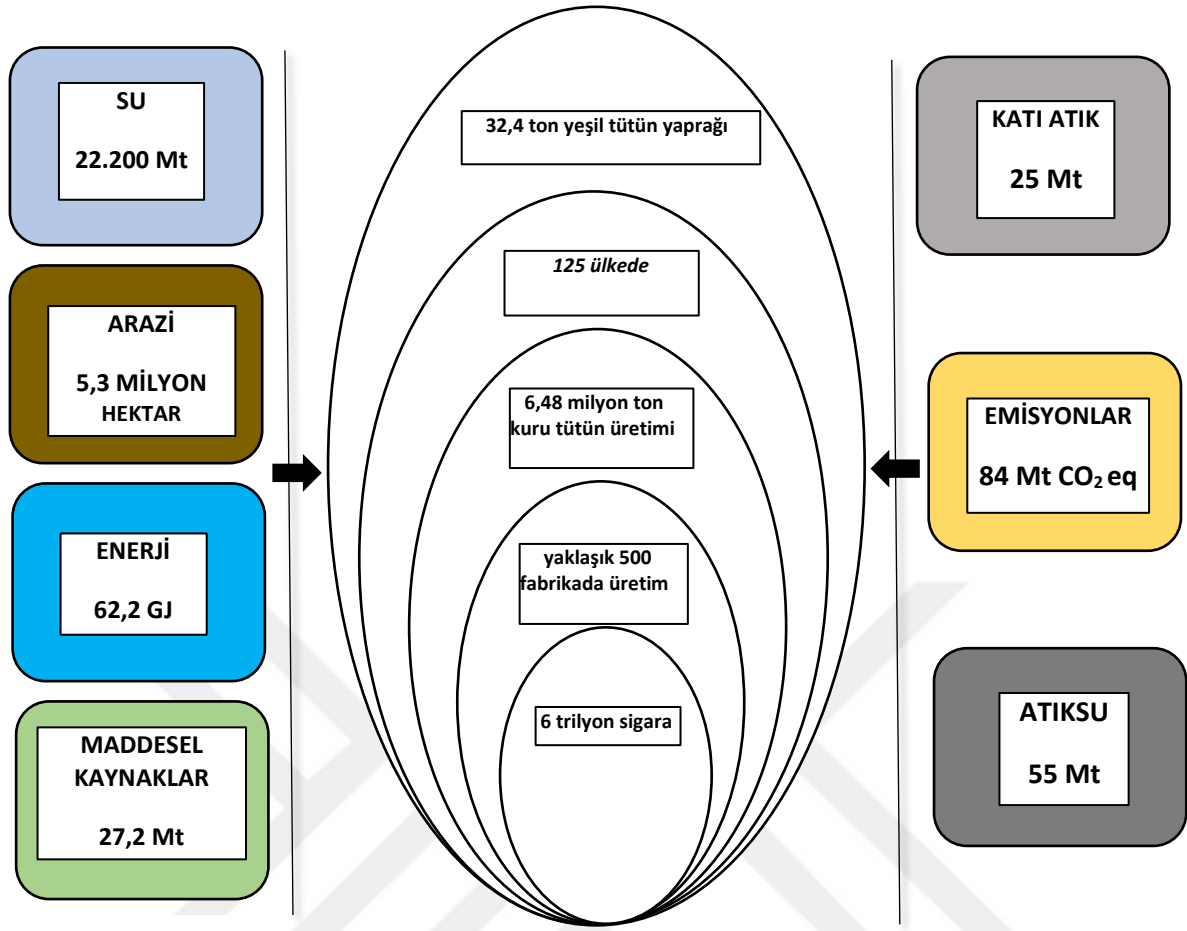


Şekil 2. Küresel sigara üretim ve tüketim tedarik zinciri çerçevesi, girdiler ve çıktılar (Zafeiridou vd., 2018’den uyarlanmıştır)

Dünya Sağlık Örgütü Tütün Kontrolü Çerçeve Sözleşmesi (FCTC) adına Zafeiridou vd. (2018) tarafından yürütülen bu çalışma sonrasında, küresel tütün endüstrisinin zararlı etkilerini nicelleştirme yönünde ilk kez tütünün tüm tedarik zinciri boyunca küresel ayak izini değerlendirilmiştir (URL 5, 2021).

2014 yılında dünya çapında toplam 4 milyon hektar arazide, 32,4 milyon ton yeşil tütün yaprağı yetiştirildiği ve bu tütünden dünya çapında 500 fabrikada altı trilyon sigara üretmek

için kullanılan 6,48 milyon ton kuru tütün elde edildiği hesaplanmıştır. Küresel toplamın yaklaşık %0,2'si'ni temsil eden ve tarım aşamasındaki tütün bitkileri tarafından CO₂ emilimi düşüldükten sonra hesaplanan 84 milyon ton CO₂ eşdeğeri emisyon iklim değişikliğinin girdisidir. Ekosistem eko toksikoloji seviyelerine 490.000 ton 1,4-diklorobenzen eşdeğerine ve sırasıyla su ve fosil yakıt tükenmesine 22 milyar m³ (bunun 55 milyon tonu işleme ve üretim aşamalarından kaynaklanan atık su, geri kalanı ise esas olarak tarım aşamasındaki sulamadan kaynaklanan toprak, su kütleleri ve havaya olan kayıplar) ve 21 milyon ton petrol eşdeğerine katkıda bulunduğu gösterilmiştir. 2014 yılında küresel olarak üretilen 6 trilyon sigara için toplam malzeme girdileri 27,2 milyon tondur. 62 milyon GJ üzerinde enerji girdisi söz konusudur. Sektörde 22.000 milyon tonu aşan su girdisi mevcuttur. Tütün rnleri 24,5 milyar ton/km yük taşımacılığı değerindedir. 6 trilyon sigaraya ek olarak toplam çıktılar arasında 25 milyon ton katı atık oluşmaktadır. Yaklaşık 22 milyar ton suya gereksinim duyulmaktadır. İnsan toksisitesine ve sırasıyla tatlı su ve deniz ekosistemlerinin ekotoksosite seviyelerine yaklaşık 500.000 t 1,4-DB eşdeğerine katkıda bulunmuştur. Tütün, fosil yakıt tükenmesinde yaklaşık 21 Mt petrol eşdeğerinde iken metal tükenmesinde yaklaşık 3,3 Mt Fe eşdeğerindedir. 22,2 milyar m³'ten fazla su tükenmesinin sebebidir. Karasal asitleşme potansiyelinin 450.000 Mt SO₂ eşdeğerinin üzerinde olduğu hesaplanmıştır. Yaklaşık 5,3 milyon hektar toplam arazi kullanımı ve dönüşümü söz konusudur. Tipik bir sigaranın su ayak izinin 3,7 litre, iklim değişikliğine katkısının 14 gram CO₂ eşdeğerine ve fosil yakıt tükenmesine katkısının 3,5 gram petrol eşdeğerine olduğu gösterilmiştir (şekil 3). En yüksek katkıyı sağlayan faaliyetler, tüm etki faktörleri içinde, tütün yetiştiriciliği, sigara üretimi ve krlemedir (Zafeiridou vd., 2018).



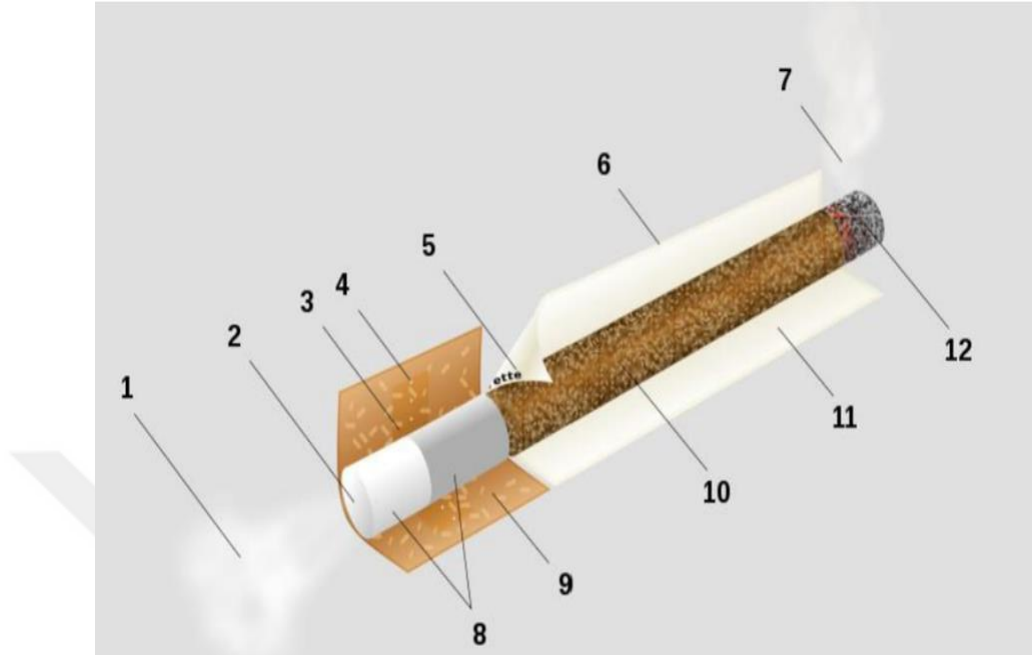
Şekil 3. Küresel tütün tedarik zinciri boyunca yıllık kütle akışları (Zafeiridou vd., 2018'den uyarlanmıştır)

Sigara Tasarımı ve Bileşenleri

Hazır sigara olarak tabir edilen fabrika yapımı sigaralar Şekil 4'de görüldüğü üzere az bileşenli ve nispeten basit bir tasarıma sahiptir (Sadıç ve Çelik, 2025). İşlenmiş ve karıştırılmış kesilmiş tütün dolgusundan oluşurlar. Ayrıca tütüne kimyasal katkı maddeleri ilavesi de söz konusudur. Gözenekli bir kâğıt sargı içinde dolgu maddesi vardır. Genellikle ambalaj kağıdına (filtrenin etrafında bir iç kâğıt) sarılmıştır. Bunun dış tarafında uç kağıdına sarılmış bir filtre bulunmaktadır. Yapıştırıcılar kâğıtları sabitleme görevi görür. Kâğıda isim ve logo basmak için mürekkep kullanılmaktadır. Yangın başlatma olasılığını azaltmak için genellikle kâğıt sargıya geçirgenliği azaltılmış bantlar eklenmektedir.

1950'lerin başlarında, sigara içmenin ciddi solunum, kalp hastalıkları sorunlarının gelişiminde rol oynadığını gösteren bilimsel kanıtlar artmaya başladı. Bu kanıt, toksik maddeleri azaltarak sigara içenlerin sağlık sorunlarını azaltmaya yönelik şekilde pazarlanabilecek sigaralar tasarlanmasına yol açtı. Toksik maddeleri azaltmaya yönelik ilk çabalar, katran ve nikotin azaltılması yönünde oldu. Bunun için filtreli sigaraların

üretilmesine ağırlık verildi. Ancak tütün şirketlerinin ürünlerinin çoğuna filtreler ekleyerek sigaranın tehlikesini azaltmak için gerçekleştirdikleri çabalar sadece gerçek gibi görünen çabalar olarak nitelendirilmektedir (Koop, 2004).



Şekil 4. Tipik bir sigaranın bileşenleri

1: ana akım duman, 2: filtre malzemesi, 3: yapıştırıcılar, 4: havalandırma delikleri, 5: mürekkep, 6: yapıştırıcılar, 7: yan akım dumanı, 8: filtre, 9: uç kâğıdı, 10: tütün ve içerik maddeleri, 11: sigara kâğıdı, 12: yanma noktası ve küller) (Sadıç ve Çelik, 2025'den alınmıştır)

1950'den önce sigaraların yalnızca yüzde 0,6'sı filtrelendirirken sigaraya eklenen filtreler ile pazarlamada ciddi artışlar olmuştur. 1960'larda filtreli sigaralar sigara pazarının yüzde 51'ini temsil ederken 2005 yılında pazarın yüzde 99'unu temsil etmiştir. Makineyle ölçülen nikotin ve katranı azaltmak için hafif ve düşük katranlı sigaralar üretilmiş ve pazarlanmıştır. 1960-1970'li yıllarda bu ürünlerin pazarlaması yapıldı. Sonrasında katran ve nikotini daha da azaltma hedefli çalışmalar yapıldı. Bunlar; gözenekli sigara kâğıdı, yeniden yapılandırılmış tütün, filtre ucuyla havalandırma ve genişletilmiş tütün kullanımından oluşmaktadır. Sonrasında filtre kullanımının artması ve makineyle ölçülen katran dağıtımının azaltılmasıyla kanser risklerinin azaldığını öne süren ilk vaka kontrol çalışmaları tarafından desteklendi ve laboratuvar çalışmaları bu doz-cevap ilişkisini doğruluyor gibi göründü. Bu araştırma, sigara içenlerin günde içtikleri sigara sayısını artırmadıklarını veya sigara içme davranışlarını başka şekilde değiştirmediklerini varsayarak, makineyle ölçülen katran ve nikotin miktarı daha düşük olan sigaraların daha az tehlike oluşturabileceği yönünde görünüşte makul bir sonuca varmıştır. Dolayısıyla katran ve nikotin seviyelerinin azalmasının hastalık risklerini azaltabileceği düşüncesi yaygınlaştı.

Son 50-60 yıldır sigara üretiminde aromaların kullanılması sigaranın bağımlılık yapıcı etkisini daha da artırmıştır. Kimyasal bazı işlemler ile sigara dumanının kokusu ve görünümü değiştirildi. Diğer işlemler, nikotin dozu kontrolü ve zararlı duysal etkileri maskeleyen çabaları idi. Bu yaklaşımlar, yeni filtre türleri, tütün karışımları ve içerik maddeleri, pH kontrolü, tütün ve dumandaki çeşitli uçucu organik bileşiklerin azaltılmasına yönelik çabalar olarak ifade edilebilir. Bu ürün değişiklikleri, ürünü kullanmaya başlama riskinin artmasına, duman soluma kolaylığının artmasına, dumanın zararlılığının azalmasına ve muhtemelen beyindeki nikotin maruziyetinin artmasına katkıda bulunarak bağımlılık riskini artırma potansiyeline sahiptir (WHO, 2001). Sigaralardaki tütün, katkı maddeleri, kâğıtlar, mürekkepler ve yapıştırıcılar, bazıları toksik ve kanserojen olan çok çeşitli kimyasallardan oluşur. Sigara içildiğinde tütün dolgusu, katkı maddeleri, kâğıt ambalajı, kâğıdın üzerindeki yapıştırıcılar yanmaktadır. Yanmadan kalan bileşenler arasında filtre, uç kâğıdı, filtre ambalaj kâğıdı ve bunların üzerinde kullanılan yapıştırıcılar ve mürekkepler yer alır. Yanma sırasında onları duman ve küle dönüştüren yanmış bileşenler kimyasal reaksiyonlara girer. Kimyasal reaksiyonlar sonrası oluşan duman üretimi sırasında çok daha toksik ve kanserojen kimyasallar ortaya çıkar (Koop, 2004).

Sigara İzmaritleri

CB'lerden kaynaklanan emisyonları doğru bir şekilde tartışmak için bir sigara izmaritinin tanımlamak gerekir. Sigara içme işlemi durdurulduğunda kalan yanmamış kısım CB olarak tanımlanır (Poppendieck vd., 2016).

CB'lerinin üç ana bileşeni vardır (Green vd., 2014; Chevalier vd., 2018; Torkasvand vd., 2020).

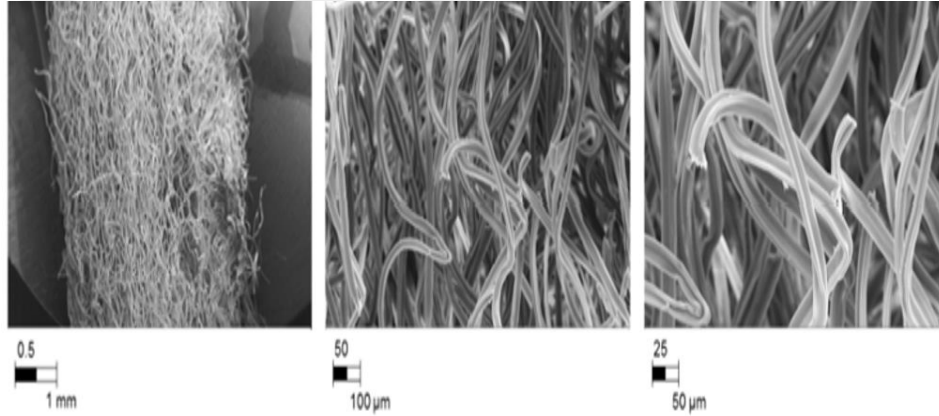
- Filtre
- Kül
- Yanmamış tütün

Sigara Filtreleri

Sigara filtreleri sigara dumanındaki bazı kimyasalları tutmak için tasarlanmış bir malzeme silindirinden oluşmaktadır. Çoğunlukla plastik liflerden, kâğıttan ve/veya odun kömüründen yapılırlar. Filtre, bir ambalaj kâğıdına sarılır ve bunun üzerine yapışkanla kapatılmış bir uç kâğıdı konur. Bu kâğıtların her ikisi de gözeneklidir ve gaz değişimine izin verir. Uç kâğıdındaki mikroskobik deliklerden oluşan filtreli havalandırma yapısına sahiptir. Sigara filtreleri tipik olarak selüloz asetatından üretilir (Dieng vd., 2013; Poppendieck vd., 2016). Selüloz asetat, doğal malzemelerden elde edilen selülozun, sülfürik asit katalizörlüğünde asetik

asit ve asetik anhidrit ile asetilasyonu sonucu üretilir. Sonrasında polietilen glikol gibi plastikleştirici maddeler eklenir. Selüloz enzimi tarafından selüloz kolay bir şekilde biyolojik olarak parçalanmasına rağmen polimerin kimyasal modifikasyonu nedeniyle biyolojik olarak parçalanma potansiyeli düşmektedir. Selüloz asetat liflerinin yüksek yoğunluklu oluşu ve plastikleştirici maddelerin eklenmesi nedeniyle geleneksel sigaraların parçalanması engellenir (Araújo ve Costa, 2019). Her bir selüloz asetat lifi yaklaşık 20 mm boyutundadır. Lifler bir leke giderici olan titanyum dioksit ile muamele edilir ve sonrasında bağlayıcı madde olarak triasetin (gliserol triasetat) kullanılarak 15.000'den fazla lif sıkıca bir araya getirilerek tek bir filtre oluşturulur (Slaughter vd., 2011; Belzagui vd., 2021; Acarer Arat, 2024). Selüloz asetat liflerinin morfolojik yapıları SEM analizleri ile tespit edilmektedir. Görüntüler liflerin uzun ve ince bir şekle sahip olduğunu göstermektedir (Şekil 5) (Vanapalli vd., 2023).

Sigara filtreleri, sigaralardaki zararlı bileşenleri tutmak üzere tasarlandığı için yüzeylerini daha pürüzlü hale getiren maddelere sigara filtrelerinin yüzeylerinde görülebilir. Sigara filtreleri, biyolojik olarak parçalanamaz olmasına rağmen, ultraviyole ışınları maruziyeti ile ayrıca rüzgâr ve dalgalar tarafından savrulma ve insanlar ve araçlar tarafından ezilme gibi çeşitli faktörler nedeniyle daha küçük parçacıklara ayrılabilir ve dayanıklılığı 10-15 yıl (Marah ve Novotny, 2011) veya 30 yıla kadar sürebilir (Belzagui vd., 2021).



Şekil 5. Selüloz asetat liflerinin görüntüleri (Vanapalli vd., 2023'den alınmıştır)

Sigara filtreleri her markada lezzet özelliklerini artırmak ve ana dumandaki toksik bileşikler azaltmak için de tasarlanabilir (Dieng vd., 2013; Poppendieck vd., 2016). Filtre katkı maddeleri ana dumandaki kimyasal konsantrasyonları yani nitrik oksit, karbon monoksit, hidrojen peroksit, aldehitler, vinil klorür, 1,3-bütadien, izopren, akrilonitril, benzen, toluen ve nitroso bileşikler) azaltabilirken aynı zamanda filtrede bulunan ve daha sonra sigara izmaritinden yayılabilen kimyasalları da artırabilir (Poppendieck vd., 2016).

Sigara İzmaritlerindeki Kirleticiler

CB'lerden kaynaklanan havaya yayılan emisyonlar önemlidir. Bu emisyonlarla ilgili veriler sınırlıdır. Potansiyel havaya yayılan emisyonların tespit edilmesi ve değerlendirilmesi için CB'lerin kimyasal yapısını karakterize etmek son derece elzemdir. Bu kimyasallar, içilmemiş sigaralardaki orijinal kimyasallar veya CB'lerde piroliz ve damıtma yoluyla biriken ürünler olabilir. Kül, yanmamış tütün, filtre ve kâğıttan ibaret CB, CB'nın yaşına bağlı olarak muhtemelen yayılabilecek farklı kimyasallar içerebilir. Tütün türlerine, sigaranın içilme şekline ve yanma ürünlerinin sigaradaki kütle transfer davranışına göre külün ve yanmamış tütünün kimyasal bileşimi değişir. Sigaranın çapı ve ambalaj kâğıdının geçirgenliği yanma durumunu etkileyen faktörlerdendir. Bir sigaradaki yanma sıcaklığı 800 °C'ye kadar ulaşabilir ve yanma sürecinde farklı sıcaklıklarda ve sürelerde farklı kimyasallar üretilmektedir. Bunlar yanma koşullarına bağlıdır. Örneğin; benzen ve naftalin hidrokarbonları piroliz yoluyla 600 °C'nin üzerinde, fenoller 400 °C'de üretilir. Nikotin ise 300 °C'nin altındaki sıcaklıklarda damıtma yoluyla salınır.

Sigara filtrelerinde bulunan kimyasallar, filtre tasarımına göre de değişkenlik göstermektedir. Filtrelerin esas olarak ana akım dumanın çeşitli istenmeyen bileşenlerini yakalamak için tasarlandığı bilinmektedir. Fakat her sigara markasının farklı pazarlama stratejileri vardır. Filtre malzemesinin türü de önemli olup CB'de bulunan ve potansiyel olarak salınabilecek ilk kimyasalları etkilemektedir. Gliserol, propilen glikol, mentol, vanilin, diamonyum hidrojenfosfat ve n-propil-p-hidroksibenzoat gibi tek bileşiklerin yanı sıra kakao, meyan kökü ve nane yağı gibi karmaşık katkı maddesi karışımları, tütünün duyuşal özelliklerini iyileştirmek ve sigara içenler için çekiciliğini artırmak amacıyla yakılmamış tütüne eklenmektedir (Huang vd. 2014). Dolayısıyla katkı maddelerinin bazılarının CB'inde kalabilmeleri söz konusu olup sigaradaki orijinal kimyasal gibi katkı maddesinin CB'ye transferi, katkı maddesinin moleküler ağırlığına ve kaynama noktasına, sigaranın yapısına ve katkı maddesinin kimyasal polaritesi gibi diğer faktörlere bağlıdır (Huang vd. 2014; Poppendieck vd., 2016).

CB'leri veya CB'lerin filtre, yanmamış tütün, kül ve kâğıt tek tek bileşenleriyle ilgili kimyasalların varlığı,

- CB'lerden veya tek tek CB bileşenlerinden havaya salınan emisyonlar,
- CB'lerden veya tek tek CB bileşenlerinden suya salınan emisyonlar,
- CB'lerin ekstraksiyonu ve CB'lerin veya tek tek CB bileşenlerinin doğrudan analizi

- Sigara izmaritlerinde potansiyel olarak bulunan ana akım veya yan akım dumanındaki bileşenler olarak çeşitli çalışmalarla incelenmiştir (Poppendieck vd., 2016).

CB atıklarının çevredeki varlığı, çevresel riskleri ve kirleticilerin çevreye bulaşmasını artırmaktadır. Özellikle CB kıyı bölgelerindeki kirliliğin temel nedenlerinden biridir ve bazı kirleticiler deniz ortamlarına yayılma potansiyeline sahiptir (Moerman ve Potts, 2011). CB'lerin su ortamlarına ulaşması ile sucul canlıları tehdit etmektedir (Patel vd., 2013). Diğer taraftan, CB'lerdeki kimyasalların ve toksinlerin varlığı ve bunların çevreye sızması farklı kentsel ortamların çevresel durumunu önemli bir etkilemektedir (Gholami vd., 2020). Sigara dumanındaki kimyasalların %75'inin gaz fazındadır. Diğer kısmının ise katran fazında olduğu ifade edilmektedir (Aeslina ve Mohajerani, 2012; Torkhasvand vd., 2020).

Ağır metaller

CB'lerinde bulunan en önemli kirleticilerden biridir (Aeslina ve Mohajerani, 2012; Torkhasvand vd., 2020). Moriwaki vd. (2009)'nin yaptıkları çalışmada, yol alanlarında ortalama 150 ton/km/ay oranında CB atıklarından sızabilecek ağır metallerin miktarı 0,02–1,7 mg/km/ay olduğunu ve kadmiyum, bakır, kurşun, krom ve arsenik sızıntılarının sırasıyla 0,02, 1,7, 0,59, 0,15 ve 0,81 mg/km/ay olduğunu belirtmişlerdir. Chevalier vd. (2018) tarafından yapılan çalışmada kadmiyum, arsenik, nikel, bakır, kurşun ve çinko gibi ağır metallerin miktarlarının gram CB başına birkaç mikrogramdan birkaç yüz grama kadar değiştiği belirtilmiştir. Wang vd. (2007), çalışmalarında sigara filtrelerindeki civa ve arsenik konsantrasyonlarını sırasıyla 0,002-0,051 mg/kg ve 0,025-0,651 mg/kg arasında ölçmüşlerdir. CB'lerde kadmiyum, bakır, manganez ve çinko konsantrasyonlarının 104 µg/g CB değerine kadar olduğu Pelit vd. (2013) tarafından ifade edilmiştir. Galazyn-Sidorczuk vd. (2008), çalışmalarında sigara içildikten sonra, sigaralarda bulunan kurşun, arsenik, kobalt, kadmiyum, potasyum, antimon ve çinko ağır metallerinin %15 ila %50'si sigara izmaritlerinde kaldığını belirtmişlerdir. Benzer sonuçlar Wu vd. (2012) ve Talio vd. (2013)'nin çalışmalarında da tespit edilmiştir. Wang ve Finlayson-Pitts (2003) sigara tütününde, filtresinde ve külünde çinko ve demir olduğunu belirtirken Kowalski ve Wiercinski (2009), CB'lerde civa olduğunu ifade etmişlerdir. Ancak sigarada başlangıçta bulunan civanın büyük bir kısmının sigara içimi sırasında havaya salınmış olduğunu vurgulamışlardır. Başka bir çalışma, alüminyum, baryum, krom, kadmiyum, bakır, demir, kurşun, manganez, nikel, stronsiyum, kalay ve çinkonun CB kütlesinin yarısından fazlasının bir gün içinde asidik sulu çözeltiye sızdığını göstermiştir (Moerman ve Potts 2011). Bir başka çalışma, sigara filtresi geri dönüşümünden kaynaklanan sızıntı suyunda ağır metal varlığı ile ilgilidir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar sızıntı suyunda

krom, kurşun, nikel ve kadmiyumun ortalama konsantrasyonu sırasıyla 0,023, 0,024, 0,045 ve 0,019 mg/L olduğunu göstermektedir (Motlagh vd., 2024). Darabi vd. (2023)'nin kentsel alanda 14 lokasyonda CB kirliliği araştırmasında CB sızıntı suyundan kaynaklanabilecek krom, kadmiyum, çinko, kurşun, bakır ve nikel gibi ağır metallerin ticari, konut ve dinlenme alanlarındaki izmaritlerin 0,27, 0,079 ve 0,17 µg/m² olduğu tahmin etmişlerdir.

Nikotin

Tütün yapraklarında doğal olarak bulunur. Ağır metaller gibi diğer toksik maddeler gibi bitki büyümesi sırasında topraktan ve gübrelerden tütün tarafından emilir (Moerman ve Potts, 2011; Torkashvand vd., 2020). Nikotin, tütünün yaklaşık %0,6 ila %3'ünü oluşturur (Novotny vd., 2011) ve filtrede sıkışan sigara dumanındaki ana kirleticilerden biri olup CB'lerden suya salınan tehlikeli bir maddedir (Mohammadi vd., 2024). CB'lerden suya salınan nikotin konsantrasyonu su ortamlarında CB sayısının fazlalığına ve yapısına da bağlıdır (Acarer Arat, 2024). Green vd. (2014)'nin çalışmasına göre, 1440 dakika sonra CB'lerden suya $7,1 \pm 0,07$ mg/g nikotin salınmıştır ve toplam salınan miktarın %50'si 27,2 dakikada gerçekleşmiştir. Dobaradaran vd. (2024), dünyada her yıl etrafa atılan CB kaynaklı suya sızan 380-7065 ton nikotin olduğunu tahmin etmekte ve çalışmalarında taze tütsülenmiş CB'lerden, taze tütsülenmiş CB'lerden, sokaktan toplanan eski CB'lerden kül ve tütün ve taze tütsülenmiş CB filtrelerinden sırasıyla 5,73-17,34, 0,36-8,6, 0,31-4,12 ve 0,17-2,79 mg aralığında nikotinin suya salındığını bildirmişlerdir. Wright vd. (2015), nikotin içeriği 0,7-0,9 mg olan 0, 0,5, 1, 2, 4 ve 8 taze içilmiş sigara filtresinin 1 L deniz suyuyla 96 saat temasından sonra suda 5,5; 23,5; 62,5; 172; 235,5 ve 694 ng/mL nikotin konsantrasyonları belirlemişlerdir. Moriwaki vd. (2009), yol kenarından toplanan 5 g CB ile 50 mL damıtılmış su arasında 2 saatlik temas sonrasında sızıntıdaki nikotin konsantrasyonunun $3,8 \pm 0,65$ mg/L olduğunu bulmuştur.

Aromatik aminler (AA)

Ciddi sağlık sorunları oluşturabilecek bileşiklerdir. 2,6-dimetilanilin, o-toluidin, o-anisidin, m-toluidin, p-toluidin, 1-naftilamin, 2-naftilamin, 3-aminobifenil ve 4-aminobifenil gibi AA'ler sigara dumanında bulunur. CB'lerdeki AA seviyeleri hakkında yapılan çalışmalar sınırlıdır. Dobaradaran vd. (2022), taze tütsülenmiş CB'lerin toplam AA içeriği toplam aromatik içeriğinden 12,2 kat daha fazla olduğu tespit etmişlerdir. Diğer taraftan çalışmada taze tütsülenmiş CB'lerin toplam AA içeriğinin, eski CB'lerin toplam aromatik amin içeriğinden 1,62 kat daha yüksek olmasının CB'lerin çevreye ulaştıktan sonra AA'ları salma potansiyeline sahip olduğunu vurgulamışlardır. Araştırmacılar diğer çalışmalarında; anilin, toluidin (p-toluidin (p-), m-toluidin, o-toluidin, 2,6-dimetilanilin, 1-naftilamin, 2-naftilamin, o-anisidin, 3-

aminobifenil, 4-aminobifenil olmak üzere 10 AA'nin CB'lerden damıtık su ve nehir suyu ortamına liçlenmesini 15 dakika ve 30 gün arasında değişen temas süresi boyunca incelenmişler ve anilinin hem damıtılmış suya hem de nehir suyuna en hızlı geçiş yapan AA olduğunu tespit etmişlerdir (Dobaradaran vd, 2023).

BTEX bileşikleri

Benzen, toluen, etilbenzen ve ksilenden oluşan su kaynakları ve sucul canlılar için ciddi riskleri olan uçucu organik bileşikler grubudur. CB'lerden bu bileşiklerin suya sızması ile ilgili çalışma Dobaradaran vd. (2021) tarafından BTEX'in CB'lerden damıtılmış suya ve temas halinde nehir suyuna sızması 15 dakika ile 24 saat arasında değişen süreler için araştırılmıştır. Su örneklerinde 15 dakika ile bir gün arasındaki temas sürelerinde benzen, toluen, etilbenzen, p-ksilen ve o-ksilenin ortalama konsantrasyonları sırasıyla 0,13-0,18, 0,39-0,9, 0,11-0,25, 0,12-0,38 ve 0,09-0,19 mgL⁻¹ arasında değişmiştir. Tüm temas sürelerinde damıtık su ve nehir suyu örneklerinde benzen, toluen, etilbenzen, o-ksilen ve p-ksilen olduğu bulunmuştur. Damıtılmış su ve nehir suyu örnekleri arasında BTEX bileşiklerinin sızıntı seviyelerinde önemli bir fark olmadığı belirtilen çalışmada tüm temas sürelerinde BTEX sızıntılarının toluen > p-ksilen > etilbenzen > benzen > o-ksilen olduğu kaydedilmiştir. Sigara içildikten sonra geçen süre, sızıntılardaki BTEX seviyeleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu ve sadece 15 dakika sonra su örneklerindeki benzen, toluen, etilbenzen, o-ksilen ve p-ksilen sızıntılarının konsantrasyon seviyeleri sırasıyla %100, %93, %70, %68 ve %59 oranında azaldığı belirtilmiştir. Çalışmada sızan benzen konsantrasyonlarının Su Çerçeve Direktifi (WFD) yönergelerini aşmadığı belirtilmiş ancak her yıl etrafa atılan ve dolayısıyla eklenik olarak artan CB miktarı ve CB'lerin diğer toksik kimyasal içerikleri dikkate alındığında, bu durumun su canlıları ve insanlar için muhtemel olumsuz etkilerinin olabileceği ifade edilmiştir.

Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar (PAH'lar)

Kanserojen, mutajenik, teratojenik ve toksik özellikleri ve ilaveten çevrede kalıcılıkları nedeniyle endişe verici ve dikkatle izlenmesi gereken kirleticilerdir (Dieng vd., 2013). PAH'lar doğal olarak orman yangınları ve volkanik patlamalar, insan kaynaklı olarak atık yakma, ulaşım, endüstriyel üretim ve sigaralarda tütün yakılmasında açığa çıkar. Antrasen, asenaften, asenaften, benzo(a)antrasen, benzo(a)piren, benzo(b)floranten, benzo(g,h,i) perilen, benzo(k)floranten, dibenz(a,h)antrasen, fenantren, floranten, fluoren, indeno (1,2,3-c,d) piren, krisen, naftalin ve piren dahil olmak üzere 16 PAH yüksek öncelikli kirletici olarak tanımlanmıştır (Acarer Arat, 2024).. Sigaralar, tütün, sigaraların ana akımı ve sigaraların yan akımı yüksek seviyelerde PAH içermektedir (Soleimani vd., 2022). Demirci ve Alver (2013)

tarafından CB'lerde 6 PAH (antrasen, fluoranten, piren, benzo(a)antrasen, benzo(b)fluoranten, benzo(a)piren) varlığının tespiti ile ilgili çalışma yapılmıştır. Çalışmada üç farklı markanın CB filtre katranında bulunan toplam PAH miktarları 165,49; 50,49 ve 51,04 ng/sigara olarak bulunmuştur. Dobaradaran vd. (2019), taze tütsülenmiş sigaralarda ve sokaklardan ve Ruhr Nehri bölgesinden toplanan, çevreye farklı sürelerde maruz kalmış sigaralarda 16 PAH'ın konsantrasyon seviyeleri ölçmüşlerdir. Bu çalışmanın sonuçları, daha yüksek uçuculuğa ve suda çözünürlüğe sahip ve yüksek moleküler ağırlıklı PAH'lardan (ağır PAH'lar) daha düşük lipofilikliğe sahip naftalin, asenaften, asenaften ve fluoren dahil olmak üzere daha düşük moleküler ağırlıklı PAH'ların (hafif PAH'lar) sigaralardan çevreye ve muhtemelen su kütlelerine salınabileceğini göstermiştir. İlâveten özellikle daha yüksek moleküler ağırlıklı olan ve sigaralarda kalan PAH'ların, çevreye ve muhtemelen su kütlelerine salınması riski de söz konusudur. Naftalin, asenaften, asenaften ve fluoren dahil olmak üzere 4 PAH'ın ortalama konsantrasyon seviyelerinin, yeni içilmiş CB örneklerinde sokak örneklerine kıyasla önemli ölçüde daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Aynı PAH'ların nehir örneklerinde en düşük olduğu elde edilen diğer bir sonuçtur. Naftalinin, taze içilmiş ve sokaktan toplanmış CB'lerdeki toplam PAH konsantrasyonuna sırasıyla %23,4 ve %14,2 oranında katkıda bulunduğunu belirlenmiştir.

CB'lerden sızan PAH'lar üzerine bir başka çalışmada 3 farklı su türünde 16 EPA-PAH'ın (benzo (ghi) perilen hariç) sızma konsantrasyonları ölçülmüştür. 4 saatten 21 güne kadar sızan SPAH konsantrasyonları, sırasıyla deiyonize, musluk ve nehir suları için 3,9 ila 5,7, 3,3-5,5 ve 3,0-5,0 mg L⁻¹ arasında değişmiştir. Tüm temas süreleri için, farklı su türleri arasında PAH'ların sızma konsantrasyonlarında önemli bir fark bulunmamıştır. Belirlenen PAH'lar arasında en yüksek konsantrasyonlara sahip olanların daha hafif PAH'lar olduğu vurgulanmıştır. Bu PAH'lar 4 saat sonra bile sızıntılarda tayin edilmiştir. İndeno (1,2,3-cd) piren ve dibenz (a,h) antrasen konsantrasyonlarının farklı temas sürelerinde tüm su örneklerinde tespit limitinin altında olduğu belirlenirken tüm temas sürelerinde naftalin ve fluoren incelenen PAH'lar arasında en yüksek konsantrasyonlara sahiptir. Kimyasal koruyucu olarak sodyum azit ilave edilmiş musluk ve nehir suyu örneklerinin, önemli ölçüde daha yüksek SPAH konsantrasyonu içerdiği belirtilmiştir (Dobaradaran vd., 2020). Moriwaki vd. (2009), tarafından yapılan çalışma bir karayolundaki CB'ler üzerine yürütülmüştür. Atılan CB'lerdeki ortalama potansiyel PAH emisyonunun 0,032 mg/km/ay olduğu bildirilirken bir CB'de incelenen her bir PAH'ın miktarının ise yaklaşık 0,0065 ila 0,0078 mg/kg olduğu belirtilmiştir. Bu çalışmada toplam PAH'lar 0,039 mg/kg olarak tespit edilmiştir.

Nanopartiküller

Sigara dumanı filtrelerinden kaynaklanan en önemli kirletici emisyonlardan biri nano parçacıklar olarak tanımlanmaktadır. Sigara filtrelerindeki organik parçacıklar 70 ila 400 nm aralığında boyuta sahiptir. Bu parçacıklar diğer kirleticileri absorplayarak canlı organizmalara aktarabilirler. Klasik atık su arıtma süreçlerinde CB'lerinden çevreye sızabilir ve su ortamlarından uzaklaştırılmazlar (Torkashvand vd., 2020). Chevalier vd. (2018) tarafından yapılan bir çalışmada, yağmur suyu ile yıkama yoluyla CB'lerinden nano ölçekli parçacıkların salınımı araştırılmıştır. Çalışmada, tütsülenmiş ve tütsülenmemiş CB'ler sentetik yağmur suyunda 7 gün boyunca pasif olarak karıştırılmış ve sonrasında çözeltiler işlenmiş ve özel nano-analitik yöntemlerle analizleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar 10 nm ile 400 nm aralığında ve z-ortalama çapı $202,4 \pm 74,1$ nm olan $\%4,12 \pm 0,24$ (ağırlıkça) organik karbon salınımı olduğunu göstermektedir. Nano boyutlu parçacıkların fraktal boyutunun 1,14 ile 1,52 arasında değiştiği çalışmada bazı metalik türlerin (As, Pb, Cd, Cu, Ni, Cr, Co, Al, Mn, Zn ve Fe) analizi ile bu türlerin salınan her gram karbon başına nano boyutlu parçacıklara esasen bağlı olduğu ifade edilmiştir. Nano malzemelerin farklı çevresel ortamlara difüzyonunun dikkate alınması gerektiği, çevrenin CB kaynaklı yeni bir kirletici türü ile küresel bir şekilde kirlendiği ifade edilmiştir. Ağır metallerin hem çözünmüş hem de nano parçacık formunda sigara filtrelerinde bulunabileceğini ve nano parçacık formu tüm metaller için çözünmüş formdan daha olası olduğu belirtilmiştir.

Mikroplastikler

Yapay ve sentetik polimerlerin parçalanmasından veya doğrudan salınımından kaynaklanan bu plastik parçacıkları <5 mm boyuttadır (Acarer Arat, 2024). Her yıl 845.000 ton sigaranın atıldığı ve bunların üçte birinin su ortamına karışmaktadır Selüloz asetattan oluşan sigara izmaritleri, çevredeki en yaygın plastik kirleticilerden biridir. Rastgele atılan tüm çöpler arasında CB'ler en yaygın olanıdır. Sigara izmaritleri tehlikeli plastik parçalarıdır, Atılan sigara izmaritleri nehirlerle, göllere ve nihayetinde okyanusa taşınabilir. Plastik lifler süreklilik arz ederek mikro plastik lifleri çevreye salacaktır. CB'lerinden kaynaklı yılda yaklaşık 300.000 ton potansiyel mikroplastik lif su ortamına girebilir. Ancak, içilen CB'lerden mikro plastik liflerin salınım mekanizması ve hızı ile mikroplastik liflerin ve toksik kirleticilerin sucul organizmalar üzerindeki ortak toksisitesinin başlangıç aşamasında olduğu belirtilmektedir. Bu nedenle, CB'lerinin mikroplastik lifleri salma mekanizmasını, çevre üzerindeki potansiyel etkisini ve CB kirliliğinin etkilerini azaltmak için olası önlemleri anlamak gereklidir (Shen vd., 2021). Yapısında 15.000'den fazla selüloz asetat lifinin olduğu CB'lerden kaynaklı mikroplastik kirliliği olası bir durumdur. Çünkü bu lifler mikrofiber (MF) boyut aralığında ayrılabilir veya

sonunda daha küçük boyutlara parçalanabilir (Belzagui vd., 2021). Belzagui vd., (2021) tarafından yürütülen bir çalışma, sigara filtrelerinden ayrılan MF'lerin salınım hızını, toksisitesini ve bozunabilirliği ile ilgilidir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre MF'nin suya salınım hızıyla ilgili olarak, sigara filtreleri günde yaklaşık 100 MF ayrılır ve MF'lerin çoğu 0,2 mm'den küçüktür. Bu MF'lerin ekotoksikliğiyle ilgili olarak Daphnia magna organizmaları üzerinde yapılan çalışma ile EC50 değeri 0,017 sigara filtresi/L olarak kaydedilmiştir. Ayrıca, bazı su pirelerinin mikro plastiklerle dıştan dolandığı ve bunun da hareket kabiliyetlerini önemli ölçüde azalttığı ve ölümlerini hızlandırdığı tespit edilmiştir. Bozunabilirlik açısından, sigara filtrelerini oluşturan selüloz asetat, sentetik deniz suyu koşullarında (UV ışığı ve tuzlu su) bir ay sonra ve tatlı suda 18 ay sonra (günlük güneş ışığı altında) kimyasal bir değişikliğe uğramamıştır.

Sigara İzmaritlerindeki Kirleticilerin Diğer Kaynakları

CB'lerde kirleticilerin asıl kaynağı, filtrede tutulmuş kimyasallar ve filtrede kalan tütündür. Bu ifade CB'lerdeki kirleticilere genel bir bakışı yansıtır. Ancak, kirleticilerin kaynağını bulmak için, tütün ekiminden fabrikalardaki sigara üretim sürecine kadar her şey dikkate alınmalıdır (Ghasemi vd., 2022).

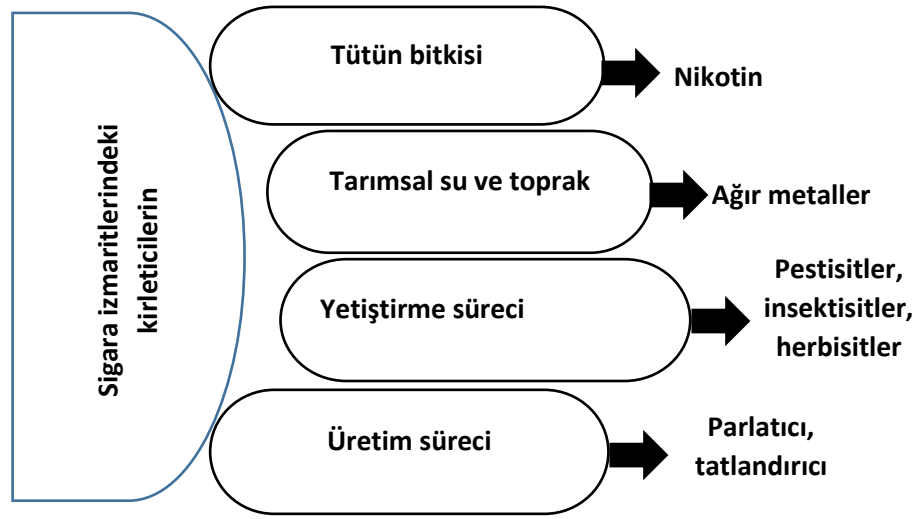
Tütünün doğal olarak kimyasallar içerdiği tespit edilmiş ve bu kimyasalların sonunda sigara izmaritlerinde kirletici olarak bulunduğu kaydedilmiştir (Dieng vd. 2013; Ghasemi vd. 2022). Nikotin, en önemli toksik maddelerden biri olup tütün yapraklarında doğal olarak bulunur. Sigarada da sigara dumanı ve CB'lerde önemli bir kirletici olarak tanınır. Tütün yetiştirme sürecinin de sigaralardaki ve nihayetinde sigara izmaritlerindeki kirleticilerin miktarı ve türü üzerinde etkilidir. Tütün yetiştiriciliğinde kullanılan pestisitler ve herbisitler, sigaralarda ve CB'lerde bulunma olasılığı olan önemli bir kirletici kaynağı olabilir (Ghasemi vd., 2022; Micevska vd., 2006; Poppendieck vd., 2016). Ayrıca, toprak özellikleri kirleticilerin konsantrasyonunu etkiler; örneğin, topraktaki ağır metaller (Micevska vd., 2006) veya bazı toprak düzenleyici bileşenler (Poppendieck vd., 2016) tütün yapraklarına absorblanabilirler.

Sigara izmaritlerindeki üç önemli kirletici kaynağı şunlardır:

- Sigara üretiminde kullanılan tütün
- Ekim için kullanılan arazi
- Tütün yetiştirme sürecinde kullanılan kimyasallar

Diğer taraftan fabrikalarda sigara üretim sürecinde, CB'lerde önemli bir kirletici kaynağı olabilecek bileşikler kullanılır. Sigara dumanı ve sigara izmaritlerindeki ağır metallerin kaynaklarından biri de sigaraya eklenen parlaticıdır (Ghasemi vd., 2022; Moerman ve Potts

2011). Bu nedenle, kirleticilerin bu dört farklı kaynağı farklı marka sigara izmaritlerindeki kirleticilerin miktarında ve türünde farklılıklara neden olur (Şekil 6) (Ghasemi vd., 2022).



Şekil 6. CB’lerdeki kirleticilerin kökeni (Ghasemi vd., 2022’den alınmıştır)

Sigara İzmaritlerinin Zamansal ve Mekânsal Dağılımı

Şehirlerde etrafa atılan görünür çöplerin %22- 46’sını CB’lerin oluşturduğu belirtilmektedir. (Green vd., 2014; Torkashvand vd., 2020). Uygunsuz şekilde atılan sigara izmaritlerinin oranı %76 ile %90’ın üzerindedir. Yüksek CB oranının en önemli nedeni, sigara tüketenlerin çevreye olan duyarsız tutumlarıdır. Etrafa atılan CB’ler doğrudan suya karışarak en bol deniz atıklarından biri haline gelir ve su, rüzgâr akışı nedeniyle çevreye dağılarak daha uzak bölgelere taşınırlar. CB’ler küresel olarak en yaygın çöplerden biri olsa da, ağırlık ve hacim gibi diğer kriterler dikkate alındığında, önemli bir çöp oranı oluşturmaz. Atılan sigara izmaritlerinin yoğunluğu mekânsal ve zamansal olarak değişiklik gösterir. Farklı yerlerdeki atılan sigara izmaritlerinin yoğunluğu, nüfus yoğunluğundaki farklılıklara bağlıdır; bu yoğunluk, tatillerde ve sıcak havalarda rekreasyon ve turizm alanlarında yüksektir. Kentsel alanlardaki atık CB’lerin zamansal değişimi eğlence ve turistik alanlardaki kadar şiddetli değildir. Atık CB’lerin mekânsal değişimi farklı arazi kullanımına, kaldırım genişliği gibi fiziksel koşullara, rüzgâr ve su akışı gibi çevresel koşullara ve temizlik hizmetlerinin kalitesine bağlıdır. Restoranlar, kafeler, süpermarketler ve büfeler gibi bazı yerlerde CB atıklarının bulunma potansiyeli daha yüksektir. Temizliğe erişimin düşük olduğu yerlerde, yüzey suyu kanalları gibi çöp sigara izmaritlerinin yoğunluğu daha yüksektir (Ghasemi vd. 2022). Kentsel alanlarda, bir yandan CB atma oranları ile diğer yandan nüfus yoğunluğu ve sigara satışının mevcudiyeti gibi parametreler arasında anlamlı korelasyonlar bulunmaktadır (Araújo ve Costa, 2019). Şehirlerdeki restoranlar, kafeler, süpermarketler ve büfeler bazı yerlerin yanı sıra CB

bulunma potansiyelinin alışveriş merkezlerinin çevresi ve benzin istasyonları ve trafik ışıklarında CB atıkları fazladır. Bazı bölgelerde, özellikle turistik alanlarda, atılan CB sayısı farklı mevsimlerde değişiklik göstermekle birlikte CB sayısı ile mevsimsel değişim arasında bir ilişki belirtilmemiştir (Green vd., 2014). Kıyı bölgelerinde ise yaz aylarında turizm sezonunda CB atıklarının %46 oranında arttığı ve diğer mevsimlere göre iki kat daha fazla olduğu tespit edilmiştir (Martinez-Ribes vd., 2007).



MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma Alanı

CB kirliliğinin boyutlarının belirlenmesi için seçilen çalışma alanı İstanbul'un Pendik ilçesinin güney kısmıdır. 190 km² yüz ölçüme sahip olan Pendik, İstanbul'un Anadolu Yakası'nda, Marmara Denizi'ne sahili olan ve Kocaeli Yarımadası'nda yer alan bir ilçedir (URL 6, 2024). TÜİK 2024 yılı verilerine göre 749.356 kişilik nüfusa sahiptir (URL 7, 2024). Pendik ilçesi sınırları Şekil 7'de uydu görüntüsü üzerinde görülmektedir (URL 8, 2024).



Şekil 7. Pendik ilçe sınırları

Kentsel Alanlar

Çalışma sahasında CB kirliliği incelemesi için belirlenen kentsel alanlar insanların sıklıkla kullandıkları ve hareketliliğin yüksek olduğu konumlardır. Bu kentsel alanlar 8 adet olup kategorileri aşağıda sıralanmıştır:

- Aışveriş merkezi
- Banka
- Durak
- Hastane
- Metro istasyonu
- Okul
- Park
- Sahil şeridi

Lokasyonlar

8 kentsel alanda 26 adet lokasyon belirlenmiştir. Aışveriş merkezi kategorisinde 4, banka kategorisinde bir, durak kategorisinde 10, hastane kategorisinde üç, metro istasyonu kategorisinde iki, okul kategorisinde bir, park kategorisinde iki ve sahil şeridi kategorisinde üç lokasyon seçilmiştir. Çalışma alanı boyutları her lokasyonun fiziksel yapısı ve sayım imkanları gözetilerek belirlenmiştir. Çalışılan lokasyonların adları, kısaltılmış şekilde kodları ve çalışma alanlarının boyutları Tablo 1’de listelenmiştir.

Tablo 1. Lokasyonların Listesi, Kodları ve Çalışma Alanları

LOKASYON KODLARI	LOKASYONLAR	Genişlik x Uzunluk = TOPLAM ALAN (m ²)
ALİŞVERİŞ MERKEZİ		
A1-A	A1 AVM (A kapısı)	4x6=24
A1-B	A1 AVM (B kapısı)	6,4x5=32
A2-A	A2 AVM (A kapısı)	4x7=28
A2-B	A2 AVM (B kapısı)	5x6=30
BANKA		
B	Pendik Kaynarca Bir Banka Şubesi	8x9=72
DURAK		
D1	Alemdar Durağı	3x6=18
D2	Kuzey Yan Yol Durağı	4x5=20
D3	Diş Sağlığı Hastanesi Durağı	4,5x6= 27
D4	Kaynarca Durağı (Mopaş)	4,7x10= 47
D5	Tevfik İleri Caddesi Durağı	5x6 = 30

Tablo 1. (Devamı)

D6	Akdeniz Caddesi Durağı	$6 \times 4 = 24$
D7	Tershane Köprüsü 1 Durağı	$4,7 \times 6 = 28$
D8	Tershane Köprüsü 2 Durağı	$4 \times 6 = 24$
D9	Kaynarca E5	$5 \times 14 = 70$
D10	Tavşantepe Metro Otobüs Durağı	$5 \times 6 = 30$
HASTANE		
H1	Hastane 1	$5 \times 17 = 85$
H2	Hastane 2	$5 \times 10 = 50$
H3	Hastane 3	$5 \times 8 = 40$
METRO İSTASYONU		
M1	Tavşantepe Metro İstasyonu (Giriş1)	$12,5 \times 7,5 = 94$
M2	Tavşantepe Metro İstasyonu (Giriş2)	$5 \times 6 = 30$
OKUL		
O	Lise	$5 \times 10 = 50$
PARK		
P1	Park (çocuk oyun alanı)	$7 \times 18 = 126$
P2	Park (oturma alanı)	$15 \times 15 = 225$
SAHİL		
S1	Pendik Sahil (1.bölüm)	$4,8 \times 100 = 480$
S2	Pendik Sahil (2.bölüm)	$7,6 \times 100 = 760$
S3	Pendik Sahil (3.bölüm)	$8 \times 100 = 800$

İnceleme yapılan tüm lokasyonlar harita üzerinde işaretlenerek Şekil 8’de gösterilmiştir.



Şekil 8. Pendik ilçesi güney kısmında seçilen çalışma lokasyonları

Örnekleme ve CBPI Hesaplaması

Çalışmada 2024 yılı Şubat ve Ağustos ayları arasında toplam 7 aylık süreçte, 8 kentsel alana ait 26 lokasyonda ayda iki kez olmak üzere toplam 14 kez CB sayımı yapılmıştır. Lokasyonların sabah saatlerinde belediye tarafından temizlenmesi durumu dikkate alınarak sayımlar 15:00-19:00 saatlerinde gerçekleştirilmiştir. CB sayıları ve her lokasyona ait m² olarak belirlenen çalışma alanı dikkate alınarak birim alan başına düşen CB sayısı belirlenmiştir.

İlgili lokasyonlarda sayılan CB'nin çevresel etki sınıflandırmalarının tespiti sigara izmariti kirlilik indeksi (CBPI) ile yapılmıştır. CBPI, CB kirliliğini karakterize etmek ve aynı zamanda CB'lerin bozunmasını ve toksisitesini etkileyen çevresel faktörleri dikkate alarak tasarlanan özel bir göstergedir. Bu indeks aşağıdaki eşitliğe göre hesaplanmaktadır (Torkashvand vd., 2021):

$$\text{CBPI} = \text{DCB} \times E \quad (1)$$

Eşitlikte DCB, CB yoğunluğunu göstermektedir. Birim m² başına düşen CB sayısını (CB/m²) ifade etmektedir. E, çevresel katsayısı yerel koşullara göre ekosistem kırılganlığını ağırlıklandıran bir çevresel düzeltme faktörüdür. Eşitlik (2) E katsayısının hesaplanmasını göstermektedir (Bustos vd., 2025):

$$E = 10 \times (S \times P \times R \times G) \quad (2)$$

Burada S, P, R, G etki türlerinin kısaltmalarını göstermektedir. Etki türlerine göre CBPI hesaplamalarında kullanılan E katsayı değerleri Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Etki Türüne Göre Çevresel Katsayılar (Torkashvand vd., 2021)

ETKİ PARAMETRESİ	PARAMETRE ÖZELLİKLERİ	ÇEVRESEL KATSAYILAR
Arazi örtüsü türü (S)	Yüksek kaliteli beton, asfalt veya kaldırım	1
	Düşük kaliteli beton, asfalt veya kaldırım	1,2
	Asfaltlanmamış toprak yollar	1,5
	Bitki örtülü alanlar	2,5
Şehir içi güzergâh türü (P)	Basit yol	1
	Açık kanallı yol	1,5
	Ağaçlar veya çalılarla çevrili yol	1,5
	Açık kanallı ve ağaç ve çalı sıralı yol	2
Yıllık yağış miktarı (mm) (R)	300≥	1
	301-500	1,5
	501-750	2
	> 750	2,5
Yeraltı suyuna uzaklık (m) (G)	> 9	1
	6-9	1,2
	3-6	1,5
	3≥	2

CBPI sonuçları Tablo 3’de verilen kirlilik şiddeti sınıflandırmasına göre yorumlanmaktadır.

Tablo 3. CBPI Kirlilik Sınıflandırması (Bustos vd., 2025; Torkashvand vd., 2021)

CBPI Limitleri	Kirlilik Sınıfı
≤ 1	Çok düşük kirlilik
1,1 - 2,5	Düşük kirlilik
2,6 - 5	Orta düzeyde kirlilik
5,1 - 7,5	Önemli kirlilik
7,6 - 10	Çok yüksek kirlilik
>10	Şiddetli kirlilik

Bu alışmada CB sayımı yapılan lokasyonların özelliklerine göre kabul edilen E evresel düzeltme faktörü lokasyonlara göre değişkendir. E faktörünün belirlenmesinde R ve G etki parametreleri ile ilgili değerler her lokasyon için aynı alınmıştır. Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü 1950-2024 yılları ölçüm periyodu verilerine göre İstanbul için yıllık yağış miktarı 660,8 mm (URL 9, 2025) olduğundan R değeri 2 kabul edilmiştir. G etki faktörü yani yeraltı suyuna uzaklıkla ilgili veri temin edilemediğinden bu katsayı tüm lokasyonlar için 1 olarak seçilmiştir. S etki parametresi ilgili lokasyonların zemin özelliklerine göre belirlenmiştir. Benzer şekilde P etki parametresi de ilgili lokasyonların her biri için şehir içi güzergahı özelliklerine göre seçilmiştir.



ARAŞTIRMA BULGULARI

CB kirliliği dünyada önemli çevre sorunlarından biri olduğu için kentlerin sürdürülebilir yönetiminde CB kirliliği boyutlarının belirlenmesi ilk öncelik olmalıdır. Bu nedenle metrik verilere ihtiyaç vardır. Gerçek sayısal veriler sürdürülebilirlik çalışmaları için temel oluştururken ileride yapılacak planlamalar için yönlendirici olacaktır. Dünyanın her ülkesinde sigara tüketimi yaygındır. Ciddi yaptırımların olmadığı ülkelerde CB'ler çevreye rahatlıkla atılabilmektedir. Ülkemizde de kentsel alanlar ve deniz kıyılarında yoğun olarak CB atıklarına sıklıkla şahit olunmaktadır. Hatta insanların ulaşabildiği doğal ortamlar da gün geçtikçe CB ile kirlenmektedir.

Bu çalışmada, CB kirliliğinin boyutları zamansal ve mekânsal olarak bir kentsel çevre örneğinde ortaya konmuştur. CB atıklarının çevrede oluşturduğu yükün tespit edilmesinin atık yükünü azaltma sorumluluğu konusunda farkındalığı artıracak düşünülmemektedir. Çalışmada lokasyonlardaki CB kirliliği DCB ve CBPI ile değerlendirilmiştir. Çalışma lokasyonlarından CB kirliliği ile ilgili bazı görüntüler Şekil 9'da gösterilmiştir.



Şekil 9. Çalışma lokasyonlarında CB kirliliği ile ilgili muhtelif görüntüler



Şekil 9. Çalışma lokasyonlarında CB kirliliği ile ilgili muhtelif görüntüler (Devamı)



Şekil 9. Çalışma lokasyonlarında CB kirliliği ile ilgili muhtelif görüntüler (Devamı)

Sigara İzmariti Sayısı ve Sigara İzmariti Yoğunluğu

Çalışma sahasında insan hareketliliğinin yoğun olduğu alışveriş merkezi giriş- çıkışları, banka önü, durak, hastane, metro giriş- çıkışları, okul çevresi, park ve sahil şeridi olmak üzere 8 kentsel alanda 26 farklı lokasyonda Şubat- Ağustos 2024 aralığında CB sayımları yapılmıştır. Sayımlar hafta içi 15-19 saatleri arasında gerçekleştirilmiştir. Tüm lokasyonların toplam örnekleme alanı 3244 m²'dir. 7 ay boyunca toplam 14 kez CB sayımı yapılmıştır. Bu sayımlarda toplam CB sayısı 1684 olarak belirlenmiştir. Ancak her lokasyon için ayda iki kez yapılan sayımların ortalaması alınarak aylık CB değerleri oluşturulmuştur. Ortalama değerlerin alınması daha gerçekçi verilerin elde edilmesi içindir. Çünkü lokasyonlar yerel yönetim tarafından çevre temizlik hizmetleri kapsamında rutin olarak temizlenmektedir ve dolayısıyla eklenik bir artışın söz konusu olmadığı veya düşük oranlarda olduğu düşünülmektedir. Tüm lokasyonlarda sayımlar incelendiğinde, aylık iki sayım arasında CB sayılarının birbirine yakın olduğu gözlemlenmiştir. CB sayılarının örnekleme alanlarına oranlanmasıyla CB/m² olarak DCB değerleri bulunmuştur.

Alışveriş Merkezi

Alışveriş merkezleri özellikle hafta sonları insanların sıklıkla ziyaret ettiği mekanlardır. Bu mekanların giriş ve çıkışlarında CB'lere rastlamak mümkündür. Bu çalışmada iki farklı

AVM giriş ve çıkışlarında CB sayımları yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 4'deki gibidir. A1 olarak kodlanan AVM giriş- çıkış kapı önlerinde CB sayısının çok düşük olduğu görülmektedir. Bu lokasyonda A1-A kapısı önündeki alanda CB sayısı 2-3 aralığında ve DCB 0,08-0,13 CB/m² olarak düşük değerlerde tespit edilmiştir. A1-B kapı önü alanında 1- 4 aralığında CB sayılmış olup DCB 0,03- 0,13 CB/m² aralığındadır. A1-A ve A1-B lokasyonlarında 7 aylık ortalama CB sayısı sırasıyla 2,43 ve 2,71 iken DCB ortalaması ise 0,1 ve 0,08 CB/m²'dir. Bu durum sayımların hafta içi olmasına veya AVM yönetimi tarafından süreklilik arz eden başarılı temizlik hizmetleriyle ilişkilendirilebilir. A2 ile kodlanan AVM giriş-çıkış kapı önü alanlarında ise diğer AVM'ye göre CB sayıların biraz daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Bu AVM'de CB sayısı A2-A lokasyonunda 5-23, A2-B lokasyonunda 6-12 aralığında olup ortalama CB sayısı sırasıyla 13,71 ve 8'dir. A2-A'da ortalama DCB değeri 0,49 CB/m², A2-B'de 0,27 CB/m² olarak bulunmuştur. Bu sonuçlar A2 kodlu AVM'de insan hareketliliğinin daha fazla olması şeklinde açıklanabilir.

Tablo 4. Alışveriş Merkezleri Giriş- Çıkış Lokasyonlarının CB Sayıları ve DCB Değerleri

	A1-A		A1-B		A2-A		A2-B	
AYLAR	CB	DCB	CB	DCB	CB	DCB	CB	DCB
Şubat	2	0,08	4	0,13	23	0,82	12	0,40
Mart	3	0,13	1	0,03	10	0,36	7	0,23
Nisan	3	0,13	4	0,13	12	0,43	6	0,20
Mayıs	2	0,08	2	0,06	5	0,18	6	0,20
Haziran	3	0,13	2	0,06	15	0,54	10	0,33
Temmuz	2	0,08	3	0,09	12	0,43	7	0,23
Ağustos	2	0,08	3	0,09	19	0,68	8	0,27
ORTALAMA	2,43	0,10	2,71	0,08	13,71	0,49	8,00	0,27

Banka

Bankalar insanların sıklıkla kullandığı lokasyonlardır. Bu lokasyona ait CB sayıları ve DCB değerleri Tablo 5'de verilmiştir. Yoğunluğun fazla olduğu bir banka çevresi örneğinde Şubat- Ağustos ayları arasında 18- 51 aralığında CB sayıları gözlemlenirken bu değerlerin DCB karşılıkları 0,25-0,71 CB/m² aralığındadır. İlgili lokasyonda aylık ortalama CB sayısı 29,43 olup ortalama DCB değeri 0,41 CB/m² olarak hesaplanmıştır.

Tablo 5. Banka Lokasyonunun CB Sayıları ve DCB Değerleri

	B	
AYLAR	CB	DCB
Şubat	51	0,71
Mart	40	0,56
Nisan	18	0,25
Mayıs	25	0,35
Haziran	28	0,39
Temmuz	20	0,28
Ağustos	24	0,33
ORTALAMA	29,43	0,41

Durak

Kentlerde otobüs durakları insan hareketliliğinin en fazla olduğu lokasyonlardır. Bu nedenle çalışmada daha fazla inceleme yapabilmek için 10 adet durak lokasyonunda sayım yapılmıştır. Aylık ve ortalama CB sayıları ile hesaplanan DCB değerleri Tablo 6’da verilmiştir. Şubat- Ağustos aralığında D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7, D8, D9, D10 lokasyonları için sırasıyla CB sayıları 6-17; 13-30; 6-19; 15-38; 14-21; 7-30; 18-55; 24-78; 24-68; 15-56 aralıklarında gözlenirken, DCB değerleri 0,33- 0,94; 0,54-1,25; 0,22- 0,70; 0,32-0,81; 0,47-0,70; 0,29- 1,25; 0,75-2,29; 1-3,25; 0,34- 0,97; 0,50-1,87 olarak hesaplanmıştır. Aylık ortalama CB sayısı büyük değerden küçük değere doğru D8> D10> D7> D9> D4> D2> D5> D6> D3> D1 lokasyonlarında gözlenmiştir. Bu değerler aynı sıralamaya göre 49,86; 40,14; 36,86; 36,00; 23,43; 19,71; 18,29; 17,86; 13,14; 11,71 CB karşılığıdır. DCB sonuçları incelendiğinde en düşük yoğunluk 0,49 CB/m² ile D3 lokasyonunda en yüksek yoğunluk 2,08 CB/m² ile D8 lokasyonundadır. En düşük CB sayısı D1 lokasyonunda iken en düşük DCB D3 lokasyonunda olmuştur. CB ve DCB sonuçlarının birebir örtüşmemesinin nedeni alansal farklılıklardan kaynaklanmaktadır. Genel olarak tüm duraklarda CB sayısının ve DCB değerlerinin yüksek oluşu CB kirliliğinin yüksek boyutlarda olduğunu ortaya koymaktadır. Mevsimsel olarak önemli bir farklılık olmadığı ve her lokasyonda, tüm aylarda, birbirine yakın CB sayılarının olduğu görülmektedir. Bu durum yılın her ayında duraklarda insan yoğunluğunun ve hareketliliğinin benzer olduğunu göstermektedir.

Tablo 6. Durak Lokasyonlarının CB Sayıları ve DCB Değerleri

	D1		D2		D3		D4		D5	
AYLAR	CB	DCB	CB	DCB	CB	DCB	CB	DCB	CB	DCB
Şubat	11	0,61	30	1,25	15	0,56	23	0,49	15	0,50
Mart	6	0,33	17	0,71	9	0,33	15	0,32	21	0,70
Nisan	17	0,94	17	0,71	6	0,22	16	0,34	16	0,53
Mayıs	14	0,78	25	1,04	14	0,52	15	0,32	14	0,47
Haziran	10	0,56	20	0,83	12	0,44	27	0,57	21	0,70
Temmuz	13	0,72	13	0,54	19	0,70	30	0,64	21	0,70
Ağustos	11	0,61	16	0,67	17	0,63	38	0,81	20	0,67
ORTALAMA	11,71	0,65	19,71	0,82	13,14	0,49	23,43	0,50	18,29	0,61
	D6		D7		D8		D9		D10	
AYLAR	CB	DCB	CB	DCB	CB	DCB	CB	DCB	CB	DCB
Şubat	21	0,88	35	1,46	78	3,25	29	0,41	44	1,47
Mart	23	0,96	55	2,29	47	1,96	50	0,71	47	1,57
Nisan	7	0,29	39	1,63	75	3,13	29	0,41	41	1,37
Mayıs	17	0,71	31	1,29	41	1,71	24	0,34	37	1,23
Haziran	15	0,63	34	1,42	34	1,42	24	0,34	41	1,37
Temmuz	12	0,50	18	0,75	24	1,00	28	0,40	56	1,87
Ağustos	30	1,25	46	1,92	50	2,08	68	0,97	15	0,50
ORTALAMA	17,86	0,74	36,86	1,54	49,86	2,08	36,00	0,51	40,14	1,34

Hastane

Hastaneler de insan yoğunluğunun çok fazla olduğu lokasyonlardır. Çalışmada 3 farklı hastane için H1 lokasyonunda sadece hastane önü diğer iki lokasyonda ise hastane bahçesi ve oturma alanlarında inceleme yapılmıştır. Yapılan CB sayımları ve hesaplanan DCB değerleri Tablo 7’de görülmektedir. Aylara göre H1 lokasyonunda 59-125, H2 lokasyonunda 11-45 ve H3 lokasyonunda 10-58 aralığında CB sayılmıştır. H1, H2 ve H3 için DCB sonuçları sırasıyla en düşük ve en yüksek aralığına göre 0,69-1,47; 0,22- 0,90; 0,25-1,45 CB/m² değerlerine karşılık gelmektedir. En yüksek CB ve DCB değerleri her lokasyon için Ağustos ayına aittir. 7 ayın ortalamasına göre en fazla CB kirliliği 84,71 CB sayısı ve 1,00 DCB değeri ile H1 lokasyonundadır.

Tablo 7. Hastane Lokasyonlarının CB Sayıları ve DCB Değerleri

	H1		H2		H3	
AYLAR	CB	DCB	CB	DCB	CB	DCB
Şubat	104	1,22	19	0,38	10	0,25
Mart	63	0,74	11	0,22	11	0,28
Nisan	62	0,73	22	0,44	16	0,40
Mayıs	107	1,26	27	0,54	28	0,70
Haziran	59	0,69	21	0,42	20	0,50
Temmuz	73	0,86	16	0,32	12	0,30
Ağustos	125	1,47	45	0,90	58	1,45
ORTALAMA	84,71	1,00	23,00	0,46	22,14	0,55

Metro İstasyonu

Metro istasyonlarının giriş-çıkış alanları sıklıkla CB'ye şahit olunan lokasyonlardır. Çalışmada iki metro istasyonu giriş-çıkış alanları incelenmiş ve elde edilen sonuçlar Tablo 8'de verilmiştir. İki lokasyonda da aylık CB sayıları arasında önemli farkların olmadığı, birbirine yakın olduğu görülmektedir. M1 kodlu lokasyonda 18-52, M2 kodlu lokasyonda 7-15 aralığında CB tespit edilirken aylık ortalama CB sayısı M1 için 32,86; M2 için 10 olarak hesaplanmıştır. DCB değeri M1 ve M2 lokasyonları için 0,19-0,55 ve 0,23-0,50 CB/m² değerleri arasındadır. Her iki lokasyonun 7 aylık ortalama DCB sonuçları birbirine çok yakın olup M1 için 0,35 CB/m², M2 için 0,33 CB/m² olarak hesaplanmıştır. Metro istasyonları giriş ve çıkışlarında insanlar uzun süreli vakit geçirmedikleri dolayısıyla beklemeyerek doğrudan iç mekâna geçtikleri için sadece o anda tükettikleri sigarayı atmaktadırlar. DCB değerlerinin nispeten düşük olması bu durumla ilişkilendirilebilir.

Tablo 8. Metro Lokasyonlarının CB Sayıları ve DCB Değerleri

	M1		M2	
AYLAR	CB	DCB	CB	DCB
Şubat	33	0,35	11	0,37
Mart	26	0,28	9	0,30
Nisan	29	0,31	8	0,27
Mayıs	52	0,55	8	0,27
Haziran	29	0,31	15	0,50
Temmuz	43	0,46	12	0,40
Ağustos	18	0,19	7	0,23
ORTALAMA	32,86	0,35	10,00	0,33

Okul

Çalışmada lise eğitimi yapan bir okul seçilmiştir. Okul bahçesi dışında giriş alanında yürütülen çalışmada aylık CB sayılarının en düşük 13 en yüksek 54 olduğu gözlenmiştir. Dolayısıyla DCB değerleri 0,16- 0,65 CB/m² aralığındadır. Aylık ortalama CB sayısı 26,43 iken DCB ortalaması 0,32 CB/m² olarak bulunmuştur. Aylık ve ortalama CB ve DCB sonuçları Tablo 9’da görüldüğü gibidir.

Tablo 9. Okul Lokasyonunun CB Sayıları ve DCB Değerleri

	O	
AYLAR	CB	DCB
Şubat	27	0,33
Mart	13	0,16
Nisan	29	0,35
Mayıs	54	0,65
Haziran	21	0,25
Temmuz	26	0,32
Ağustos	15	0,18
ORTALAMA	26,43	0,32

Park

Parklar; insanların dinlenebileceği, fiziksel aktivitelerin yapılabileceği, *sosyal etkileşim*, *boş zaman geçirme* amaçları için şehirlerin içinde ayrılmış rekreasyon alanlarıdır. Bu alanlarda çocuk oyun alanları da bulunabilmektedir. Bu çalışmada seçilen park alanı, çocuk oyun alanı ve yetişkinlerin oturma alanı olarak iki kısma ayrılarak incelenmiştir. Birinci kısım P1, ikinci kısım P2 olarak kodlanmıştır. Lokasyonların CB sayıları ve DCB değerleri Tablo 10’da verilmiştir. P1 lokasyonunda 71-130 aralığında CB sayımı yapılırken P2 lokasyonunda CB sayısı 54-127 arasındadır. Aylık ortalama CB sayısı P1 için 94,14; P2 için 85,86 olarak hesaplanmıştır. P1 lokasyonunda DCB değerleri P1 ve P2 için sırasıyla 0,56-1,03 CB/m², 0,24-0,56 CB/m² aralığındadır. Aylık ortalama DCB değeri P1 lokasyonunda 0,75 CB/m² iken P2 lokasyonu için 0,38 CB/m²’dir. Her iki kısımda da oldukça yüksek CB sayıları CB kirliliğinin dinlenme amaçlı kullanılan mekanlarda yüksek olduğunu göstermektedir. Bu alanlarda elde edilen sonuçlar, sigara tüketenlerin CB’yi etrafa atma alışkanlıklarını bariz bir şekilde ortaya koymaktadır. Bu çalışmada CB sayıları iki lokasyonda birbirine yakın olmasına rağmen CB’ler çocuk oyun alanında biraz daha fazla olarak kaydedilmiştir. Çocuk oyun alanlarında CB varlığı ve hatta CB sayısındaki yükseklik sigara tüketicilerinin çevre farkındalığının olmadığını

göstermektedir. Rutin temizlik hizmetlerine ve mevcut çöp kutularına rağmen özellikle çim alanlarda CB'lerin etkin temizlenememesi eklenik sonuçların ortaya çıkmasına neden olabilir. Çocuk oyun alanında DCB değeri yetişkinlerin kullandığı P2 lokasyonuna ait değerin yaklaşık iki katı kadardır. Bunun nedeni P1 lokasyonunun P2 lokasyonuna göre daha küçük alana sahip olmasındandır.

Tablo 10. Park Lokasyonlarının CB Sayıları ve DCB Değerleri

	P1		P2	
AYLAR	CB	DCB	CB	DCB
Şubat	83	0,66	93	0,41
Mart	72	0,57	67	0,30
Nisan	109	0,87	106	0,47
Mayıs	94	0,75	127	0,56
Haziran	71	0,56	69	0,31
Temmuz	100	0,79	85	0,38
Ağustos	130	1,03	54	0,24
ORTALAMA	94,14	0,75	85,86	0,38

Sahil Şeridi

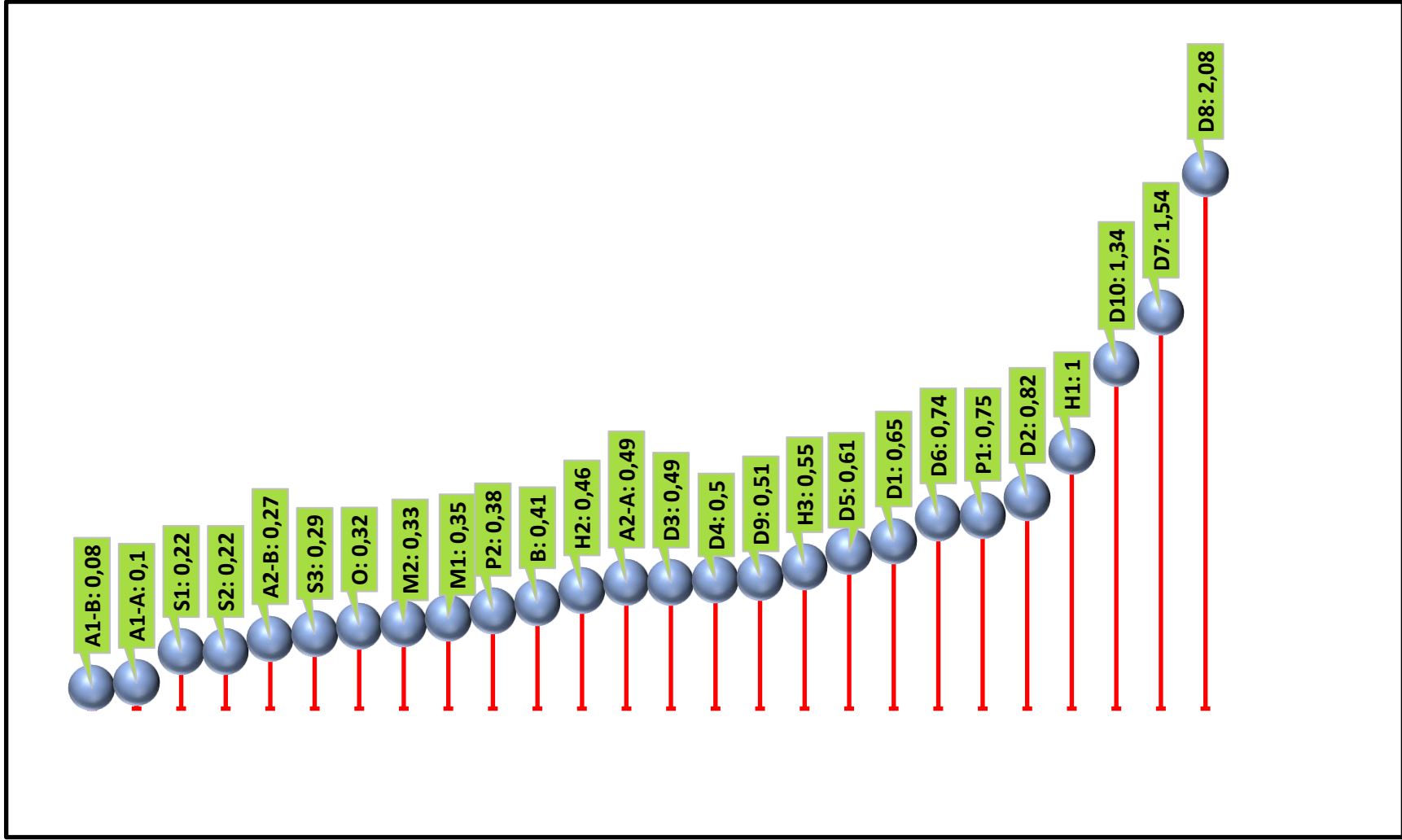
Çalışma yapılan sahil şeridi kumsal alan değildir. Beton üzerine parke kaplama yapılmış dinlenme ve yürüme yolu olarak kullanılan bir alandır. Sahil şeridi ile ilgili çalışmada örnekleme alanı üç kısma ayrılmıştır. Bu kategorizasyon şeridin genişlik olarak farklı olması dikkate alınarak yapılmıştır. Lokasyonların uzunlukları eşit belirlenmiştir. Sahil şeridinin genişliğine göre en düşükten en yüksek genişliğe göre lokasyonlar sırasıyla S1, S2 ve S3 olarak kodlanmıştır. Lokasyonlarda yapılan CB sayımları ve hesaplanan DCB değerleri Tablo 11'de verilmiştir. S1, S2 ve S3 lokasyonlarında aylık 90-144, 106-227 ve 140-306 aralığında CB'ye rastlanmıştır. 7 aylık ortalama CB sayısı S1'de 104,57; S2'de 167,57 ve S3'de 229,29'dur. DCB değerlerinin aylık olarak S1'de 0,19-0,30 CB/m², S2'de 0,14- 0,30 CB/m² ve S3'de 0,18- 0,38 CB/m² değerleri arasında olduğu görülmektedir. Ortalama DCB sonuçları incelendiğinde, S1 ve S2 lokasyonlarında DCB'nin 0,22 CB/m² değeriyle birbirine eşit olduğu görülürken S3 lokasyonunda da 0,29 CB/m² değeriyle diğer sonuçlara yakın bir değer hesaplanmıştır. S3'deki CB sayısı S1'in iki katından fazla olmasına rağmen DCB değeri birbirine yakındır. Bu nedenle DCB değerinin belirlenmesi daha anlamlıdır.

Tablo 11. Sahil Şeridi Lokasyonlarının CB Sayıları ve DCB Değerleri

	S1		S2		S3	
AYLAR	CB	DCB	CB	DCB	CB	DCB
Şubat	117	0,24	227	0,30	306	0,38
Mart	77	0,16	106	0,14	140	0,18
Nisan	90	0,19	114	0,15	228	0,29
Mayıs	144	0,30	172	0,23	204	0,26
Haziran	90	0,19	155	0,20	192	0,24
Temmuz	108	0,23	185	0,24	280	0,35
Ağustos	106	0,22	214	0,28	255	0,32
ORTALAMA	104,57	0,22	167,57	0,22	229,29	0,29

Şekil 10 lokasyonlarda CB yoğunluklarını en düşükten en yüksek değere doğru sıralamasını göstermektedir. En düşük DCB A1-B lokasyonunda, en yüksek DCB D8 lokasyonunda gözlemlenmiştir. Şekilde görüldüğü üzere yüksek CB yoğunlukları daha çok durak lokasyonlarındadır.

CB kirliliğinin izlenmesi ile ilgili çalışmalar daha çok plajlarda yürütülmüştür. Karadeniz ve Bulgaristan kıyı bölgelerinde bulunan atıklar üzerine yapılan bir çalışmada, en büyük atık türünün CB (4496 adet) olduğu ve toplam atığın %29,7'sini oluşturduğu belirtilmiştir. Bu araştırmacılar, farklı mevsimlerde atılan CB sayısında önemli bir fark olduğunu bildirmişlerdir. Örneğin, sırasıyla yaz, sonbahar, kış ve ilkbahar için incelenen alanda toplam 2637, 1072, 454 ve 333 adet CB görülmüştür (Simeonova ve Chuturkova, 2019). Asensio-Montesinos vd. (2019), İspanya'daki 56 Akdeniz kıyı bölgesinde çalışma yapmış ve CB sayısının plaj tipolojisine göre büyük ölçüde değiştiğini tespit etmiştir. 19 doğal alanda 1028 adet CB ve 0,025 CB/m² DCB, 17 köy alanında 1148 adet CB ve 0,020 CB/m², 20 kentsel alanda 2431 adet CB ve 0,023 CB/m² olarak CB kirliliği boyutlarını CB sayısı ve CB yoğunluğu olarak belirlemişlerdir. Kıyı bölgelerinde yapılan başka bir çalışmada, turizm sezonunda yani yaz aylarında CB atıklarının %46 oranında arttığı ve diğer mevsimlere göre iki kat daha fazla olduğu tespit edilmiştir (Martinez-Ribes vd., 2007). Benzer şekilde bir başka çalışmada yaz aylarında atılan CB'lerin sonbahardakilerden daha fazla olduğu bildirilmiştir (Simeonova vd., 2017). Bir başka çalışmada özellikle turistik alanlarda, atılan CB sayısının farklı mevsimlerde değişiklik gösterdiği ancak CB sayısı ile mevsimsel değişim arasında anlamlı bir ilişki olduğuna dair bir sonuç bulunmadığı vurgulanmıştır (Green vd., 2014).



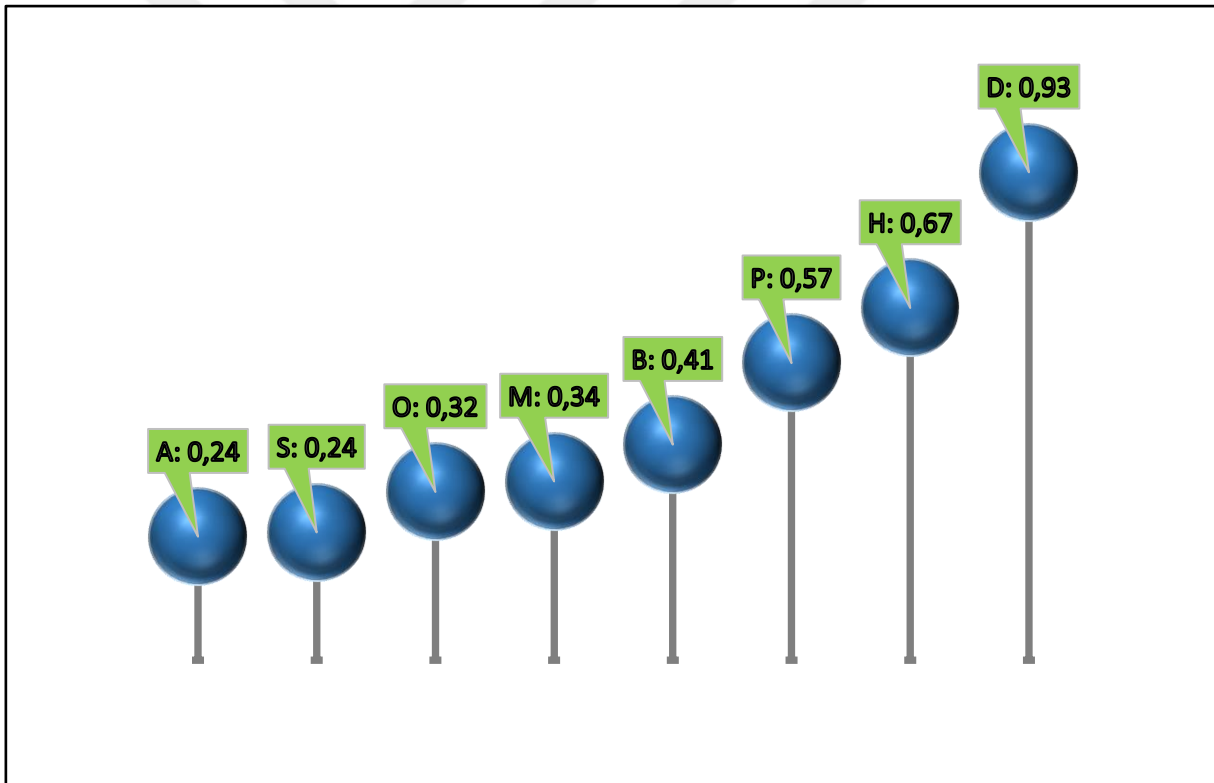
Şekil 10. Lokasyonlarda düşükten yüksek değere doğru ortalama DCB sıralaması

Yapılan başka bir çalışmada Bangladeş'te Cox's Bazar Denizi sahilindeki örnekleme istasyonlarının CB'ler ile kirlendiğini ortaya koymuştur. Toplamda tüm örnekleme bölgelerinde 13.988 CB toplanmıştır. Sonuçlar, çalışma alanında sigara izmaritlerinin yoğunluğunun değiştiğini göstermiştir. 12 plajdan toplanan CB'lerin ortalama yoğunluğu 0,388 CB/m² olup 0,195 ile 0,689 CB/m² arasında değişmektedir. Tüm plajlar arasında Laboni, Kolatoli, Himchari ve Inani, sırasıyla 0,689 CB/m², 0,643 CB/m², 0,429 CB/m² ve 0,516 CB/m² yoğunluklarıyla en yüksek sayıda CB bulunan plajlardır. Bu plajlar, eğlence aktivitelerinin yapıldığı popüler turistik yerlerdir. En düşük CB sayıları Daria Nagar, Sonapara, Bardeil plajlarında balıkçılık alanlarında bulunmuştur. Turizm ve balıkçılık faaliyetlerinin birlikte gerçekleştiği Kakra plajında da CB sayısı düşüktür. Düşük CB sayıları olan Daria Nagar, Sonapara, Bardeil plajlarında DCB değerleri sırasıyla 0,264 CB/m², 0,195 CB/m² 0,273 CB/m²'dir. Kakra plajında DCB 0,224 CB/m² olup bu plajda turizm faaliyeti olmasına rağmen CB yoğunluğunun düşük olması istisna bir durum olarak kabul edilmiştir (Howlader vd., 2023). DCB; Tayland'da Bang Sean ve Cha am plajında 0,25–13,3 CB/m² (Kungskulniti vd., 2018); Brezilya Guaruja plajında 0.30 CB/m² (Ribeiro vd., 2022), Almanya Lithuania plajında 0,00–0,70 CB/m² (Katarzyte vd., 2020), İran Hazar Denizinin güneyinde bir plajda 0,106 CB/m² , Fas'ın Kuzeybatısında bir plajda 0.06 CB/m² (Mghili vd., 2023), Brezilya'da Pernambuco State plajında 1,05–8,85 CB/m² (Felipe da Silva vd., 2023), Arjantin, Kolombiya, Brezilya, Ekvator ve Meksika'yı içine alan Latin Amerika plajlarında 0,02–1,00 CB/m² (Díaz-Mendoza vd., 2023) değerlerindedir.

CB kirliliğinin boyutlarının belirlenmesi ile ilgili dünyanın birçok bölgesinde sürdürülen araştırmaların pek çoğu plajlarda kumsal zemin için yapılmış olup kentsel alanlarda yapılan araştırma sayısı daha azdır (Torkashvand vd., 2020). Kentsel alanlarda yapılan çalışmalardan biri Torkashvand vd. (2021) tarafından yürütülmüştür. 2019 yılında İran'ın Kazvin şehrinde yapılan bu araştırmada kentsel alanlarda DCB'nin 0,01- 0,51 CB/m² olduğu belirlenmiştir. Riberio vd. (2022), Brezilya'da iki şehirde CB kirliliği araştırması yapmışlardır. Her iki şehirde toplam CB sayısı 9511'dir. Bu çalışmada Santos'ta 0,06- 0,9 CB/m² aralığında ve ortalama 0,25 CB/m² DCB tespit edilirken Niter'oi'de DCB değerleri 0-1,4 aralığında ve 0,08 CB/m² olarak bulunmuştur. Kentsel alanda başka bir çalışma İran'ın Mashhad kentinde 729 m² alanda yapılmış ve 497 CB sayılmıştır. Toplam 27 lokasyonda inceleme yapılan bu çalışmada Mashhad kenti için ortalama DCB değerinin 0,79 CB/m² olduğu vurgulanmıştır (Babaei vd., 2025). Nasab vd. (2022), İran'ın Mazandaran kentinde yaptıkları çalışmada, DCB ortalamasının 0,30 CB/m² olduğunu belirtmişlerdir. Almanya Berlin'de farklı lokasyonlarda DCB aralığının 0,29- 5,2 CB/m² arasında değiştiği bu değer için ortalama 2,70 CB/m² olduğu başka bir çalışmada Green vd. (2014) tarafından ifade edilmiştir. Bu çalışmanın

sonuçları CB dağılımlarının kentin her yerinde ve farklı arazi kullanım alanlarında aynı olmadığını göstermektedir. Bu çalışmada en yüksek CB yoğunluğunun bir tren istasyonu girişinin yakınında olduğu belirtilmiş olup ilgili lokasyonun DCB değeri 48,8 CB/m² olarak ifade edilmiştir (Green vd., 2014). Başka bir çalışmada Japonya'nın Ueda kentinde yol kenarlarında ortalama DCB değerinin 0,70 CB/m² olduğu belirlenmiştir (Moriwaki vd., 2009). San Diego'da yapılan bir başka çalışmada, CB'lerin bulunma olasılığının daha yüksek olduğu yerlerde ortalama 38,1 (11-77) ve düşük olduğu yerlerde ise ortalama 4,8 (0-25) CB gözlemlenirken, sadece 6 bölgede CB sayısının sıfır olduğu bildirilmiştir (Marah ve Novotny, 2011). San Francisco'da yapılan bir çalışmada, en fazla miktarda CB'lerin etkinlik alanlarının çevresinde bulunduğu gösterilmiştir. Bu çalışmada etkinlik alanlarında bulunan CB atık seviyesi ile şehrin diğer bölgelerinde bulunan seviye arasında 8 kata kadar fark olduğu vurgulanmıştır (Marah ve Novotny, 2011). Çin'in kuzeydoğusunda, Liaoning eyaletinde bulunan bir şehir olan Dalian'da park ve sebze pazarı lokasyonlarında yapılan bir çalışmada en yüksek ortalama CB yoğunluğu 0,124 CB/m² değeriyle park alanında gözlemlenmiştir. Sebze pazarında bu yoğunluğun 0,099 CB/m² ile çok daha düşük olduğu belirtilmiştir (Yang vd., 2023). İspanya'nın Madrid şehrinde CB sayısının tespit edilmesinden ziyade CB'lerin atıldığı açık kamusal alanlar belirlenmiştir. Bu çalışmada, geniş bir kentsel alanda CB'lerin yoğunluğunu tahmin etmek için GIS tabanlı bir metodoloji kullanılmıştır. Sistematik sosyal gözlem kullanarak, seçilen 42 nüfus sayım bölgesindeki tüm atılmış CB'ler hakkında veri toplanmıştır. Mayıs- Eylül 2016 tarihleri arasında yürütülen çalışmada konaklama yerleri, toplu taşıma durakları, oyun alanları, eğitim merkezlerinin girişleri, süpermarket ve gıda mağazalarının girişleri, bankalar, parklar ve yeşil alanlar, sokaklar, meydanlar ve kamuya açık yollar olmak üzere toplam 515 kamusal alanda CB bulunduğu tespit edilmiştir. CB'lerin en yüksek oranda bulunduğu yerler arasında yeme-içme mekanları (%76,24), toplu taşıma durakları (%65,00), oyun alanları (%53,10) ve eğitim merkezleri (%39,29) yer almaktadır. Ayrıca süpermarket girişlerinde (%8,33), bankaların çevresinde (%5,61), parklar ve yeşil alanlar içindeki diğer yerlerde ve sokaklarda, meydanlarda ve diğer kamuya açık yollarda CB'lere rastlanmıştır (Valiente vd., 2020). Hindistan'ın Aizawl şehrindeki CB kirliliğini değerlendirmek ve aşağı havzadaki yüzey suyu kaynaklarındaki su kirliliğine potansiyel katkısını ve bununla ilişkili insan sağlığı risklerini tahmin etmek için yapılan çalışmada çeşitli arazi kullanım modellerini kapsayan şehir genelindeki CB yoğunluğunun mekânsal-zamansal dağılımı, görsel odaklı bir kirlilik araştırmasıyla analiz edilmiştir. Çalışmada yıllık ortalama DCB'nin $0,438 \pm 0,669$ CB/m² ile kirlilik açısından en yoğun bölgelerin ticari alanlar olduğu belirtilmiştir (Nongdren vd., 2024). Kentsel alanlarda CB kirliliği ile yürütülen başka çalışmalarda Jiroft kentinde 0.005–0.385 CB/m²'dir (Salehi Sedeh vd., 2022).

Çalışmada 8 kentsel alan kategorisi bazında ortalama DCB değerleri hesaplanmıştır ve elde edilen sonuçlar lokasyon kodları ve CB/m^2 olarak DCB değerleriyle Şekil 11’de gösterilmiştir. Ortalama DCB değerleri sıralaması en düşükten en yükseğe doğru $A < S < O < M < B < P < H < D$ olarak belirlenmiştir. Ortalama değerlere göre en düşük CB yoğunluğu $0,24 CB/m^2$ ile AVM giriş-çıkış alanlarında ve sahil şeridinde, en yüksek CB yoğunluğu ortalama $0,93 CB/m^2$ otobüs duraklarında görülmüştür. Hastane giriş alanları, park alanları ve özellikle duraklar insan sirkülasyonunun çok yüksek olduğu konumlardır. Bu nedenle bu lokasyonlar için hesaplanan DCB sonuçları, CB kirliliğinin durumunun ciddiyetini ortaya koymaktadır. Durak lokasyonu için hesaplanan DCB’nin yüksek oluşu insanların toplu taşıma araçlarını beklerken, ayakta veya banklarda oturarak, geçirdikleri süre içerisinde daha fazla sigara tükettikleri ve bunları etrafa attıklarıyla ilişkilendirilebilir. Hastane çevresi ve parklarda da insanların uzun süre vakit geçirmeleri neticesinde, duraklarda olduğu gibi, CB’lerin atılmasındaki artışla yüksek DCB değerlerine ulaşılmaktadır.



Şekil 11. Kentsel alan kategorilerine göre düşükten yüksek değere doğru ortalama DCB sıralaması

Sigara İzmariti Kirlilik İndeksi

Birim alan başına düşen CB sayısı önemli bir veri olmasına rağmen CB’lerin ortamda kalış süreleri de önemlidir. İnsan kaynaklı ve çeşitli çevresel koşullar nedeniyle kentsel alanlardaki CB’lerin yapılarının bozulması sonucu içeriklerinde bulunan mikro plastikler, nikotin, ağır metaller ve diğer toksik bileşenlerin etrafa yayılması söz konusudur (Green vd.,

2014; Nasab vd., 2022). Bu olumsuz durumlar dikkate alınarak CB kirliliğinin etkilerini daha anlamlı ifade edebilecek bir gösterge oluşturulmuş ve bu gösterge CBPI olarak tanımlanmıştır (Torkashvand vd., 2021). CBPI, CB'lerden kaynaklanan kirleticilerin varlığıyla ilgili çeşitli faktörleri içeren çevresel koşullardan etkilenen çevresel sızıntı olasılığını, ekosistemlerdeki CB'lerin kalıcılığını ve potansiyel toksisitesini ve temizleme programları üzerindeki etkisini dikkate almaktadır (Nasab vd., 2022; Torkashvand vd., 2021). Dolayısıyla CBPI, CB'lerden toprağa sızabilecek potansiyel kirletici madde miktarını tahmin eder (Riberio vd., 2022). CBPI, DCB değerlerinin E katsayı ile çarpımına eşittir. E faktörü her lokasyon için farklı olup 4 farklı etki parametresinin çarpımı ile hesaplanmaktadır. Bu çalışmada R ve G parametrelerine ait değerler tüm lokasyonlar için aynı alınmıştır. R, yağış miktarı ile ilgili olduğundan İstanbul için 1950-2024 yılları ölçüm periyodu verilerine göre ortalama yıllık yağış miktarı 660,8 mm'dir. Bu nedenle İstanbul'un yıllık ortalama yağış miktarı 501 mm- 750 mm aralığında olduğu için R etki parametresi için çevresel katsayı 2 olarak belirlenmiştir. G yeraltı suyuna uzaklık bilgisini içermektedir. Her lokasyonun yeraltı suyuna uzaklık verisi temin edilemediğinden uzaklık verisi >9 m kabul edilerek G etki parametresi için çevresel katsayı değeri 1 olarak seçilmiştir. Bu çalışmada 8 farklı kentsel alanda 26 lokasyon için S ve P etki parametrelerinin çevresel katsayıları ve E hesaplamaları detaylarıyla Tablo 12'de verilmiştir.

Tablo 12. Lokasyonların S ve P Etki Parametresi Özelliklerine Göre Seçilen Değerler ve Hesaplanan E Faktörü

LOKASYON KODLARI	S PARAMETRESİ	ETKİ P PARAMETRESİ	ETKİ E ETKİ FAKTÖRÜ $E = 10 \times (S \times P \times R \times G)$
ALİŞVERİŞ MERKEZİ			
A1-A	1	1	$(1 \times 1 \times 2 \times 1) = 20$
A1-B	1	1	$(1 \times 1 \times 2 \times 1) = 20$
A2-A	1	1	$(1 \times 1 \times 2 \times 1) = 20$
A2-B	1	1	$(1 \times 1 \times 2 \times 1) = 20$
BANKA			
B1	1	1	$(1 \times 1 \times 2 \times 1) = 20$
DURAK			
D1	1	1	$(1 \times 1 \times 2 \times 1) = 20$
D2	1,2	1	$(1,2 \times 1 \times 2 \times 1) = 24$
D3	1,2	1	$(1,2 \times 1 \times 2 \times 1) = 24$
D4	1	1	$(1 \times 1 \times 2 \times 1) = 20$

Tablo 12. (Devamı)

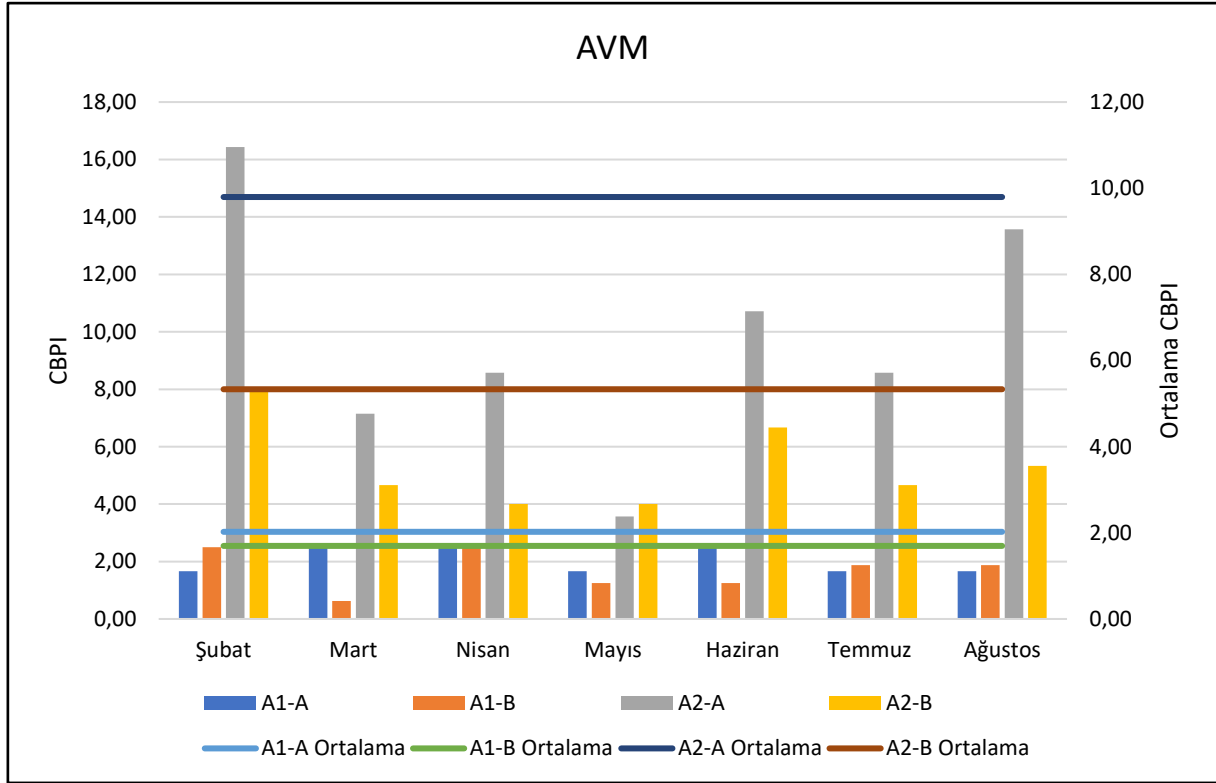
D5	1,2	1	$(1,2 \times 1 \times 2 \times 1) = 24$
D6	1	1	$(1 \times 1 \times 2 \times 1) = 20$
D7	1,5	1	$*(1,5 \times 1 \times 2 \times 1) = 30$
	1	1	$*(1 \times 1 \times 2 \times 1) = 20$
D8	1,5	1	$*(1,5 \times 1 \times 2 \times 1) = 30$
	1	1	$*(1 \times 1 \times 2 \times 1) = 20$
D9	1	1	$(1 \times 1 \times 2 \times 1) = 20$
D10	1	1	$(1 \times 1 \times 2 \times 1) = 20$
HASTANE			
H1	1	1	$(1 \times 1 \times 2 \times 1) = 20$
H2	1	1	$(1 \times 1 \times 2 \times 1) = 20$
H3	1	1	$(1 \times 1 \times 2 \times 1) = 20$
METRO İSTASYONU			
M1	1	1	$(1 \times 1 \times 2 \times 1) = 20$
M2	1	1	$(1 \times 1 \times 2 \times 1) = 20$
OKUL			
O1	1	1	$(1 \times 1 \times 2 \times 1) = 20$
PARK			
P1	1,2	1,5	$(1,2 \times 1,5 \times 2 \times 1) = 36$
P2	1	1,5	$(1 \times 1,5 \times 2 \times 1) = 30$
SAHİL			
S1	1,2	1	$(1,2 \times 1 \times 2 \times 1) = 24$
S2	1,2	1	$(1,2 \times 1 \times 2 \times 1) = 24$
S3	1,2	1	$(1,2 \times 1 \times 2 \times 1) = 24$

**D7 ve D8 duraklarında alanın yaklaşık olarak %50'si asfaltlanmamış toprak zemin yapısında diğer yarısı yüksek kaliteli beton zemindir. Bu nedenle ilgili duraklar için $E = (30 \times 0,5 + 20 \times 0,5) = 25$ olarak alınmıştır*

Aalışveriş Merkezi

AVM giriş çıkış kapı önü alanları olan A1-A, A1-B, A2-A VE A2-B lokasyonları için seçilen en uygun R, G, S ve P çevresel etki katsayıları ile belirlenen E etki faktörü 20 değerindedir. Bu lokasyonların CBPI hesaplamaları aylık ve ortalama değerleri ile Şekil 12'de gösterilmiştir. A1-A lokasyonunda aylık CBPI 1,67-2,5 aralığında değişmekte ve ortalama değeri 2,02'dir. A1-B lokasyonu için en düşük CBPI Mart ayına aittir ve bu değer 0,63 olarak belirlenmiştir. Aynı lokasyonda en yüksek CBPI Şubat ve Nisan aylarında 2,5 olarak

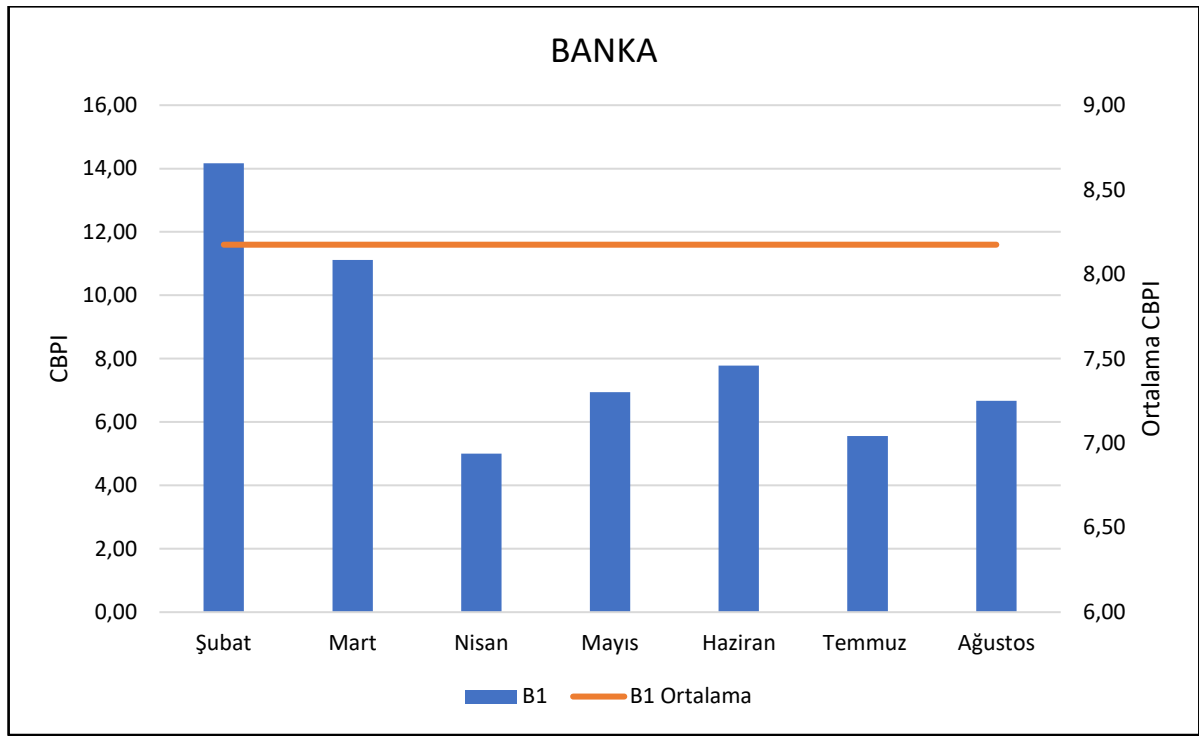
hesaplanırken ortama CBPI 1,70 olarak tespit edilmiştir. Diğer lokasyonlarla kıyaslandığında CBPI A2-A lokasyonunda çok yüksektir ve aylık 7,14-16,43 aralığındadır. Bu lokasyon için ortalama CBPI 9,80 olarak belirlenmiştir. A2-B lokasyonu için en düşük CBPI 4,67 olurken en yüksek değer 8,00 olmuştur. Bu lokasyonun ortalama CBPI sonucu 5,33'tür.



Şekil 12. AVM aylık ve ortalama CBPI sonuçları

Banka

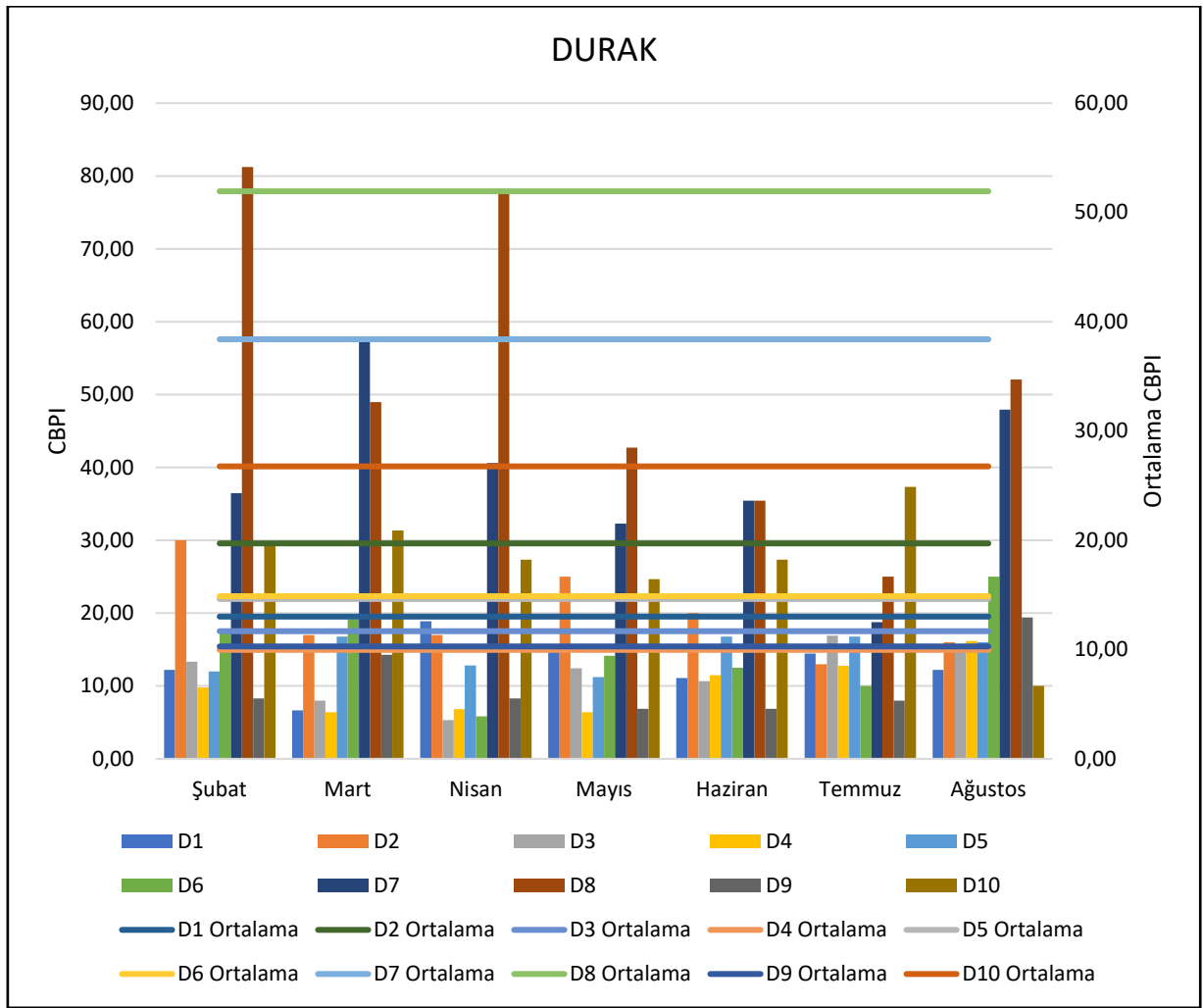
Bu çalışma için seçilen banka giriş alanı için belirlenen E etki faktörü 20'dir. Bu lokasyonun aylık CBPI ve aylık ortalama CBPI sonuçları Şekil 13'te görüldüğü gibidir. Şubat ve Mart ayları hariç CBPI sonuçlarının birbirine yakın olduğu görülmüştür ve bu aylar için CBPI 5- 7,78 aralığında değişirken Mart ayında 11,11; Şubat ayında 14,17 olmuştur. Bu lokasyonun ortalama CBPI sonucu 8,17'dir. Bu durum banka çevresinde CB kirliliğinin ve çevresel etkilerinin yüksek düzeyde olduğunu göstermektedir.



Şekil 13. Banka aylık ve ortalama CBPI sonuçları

Durak

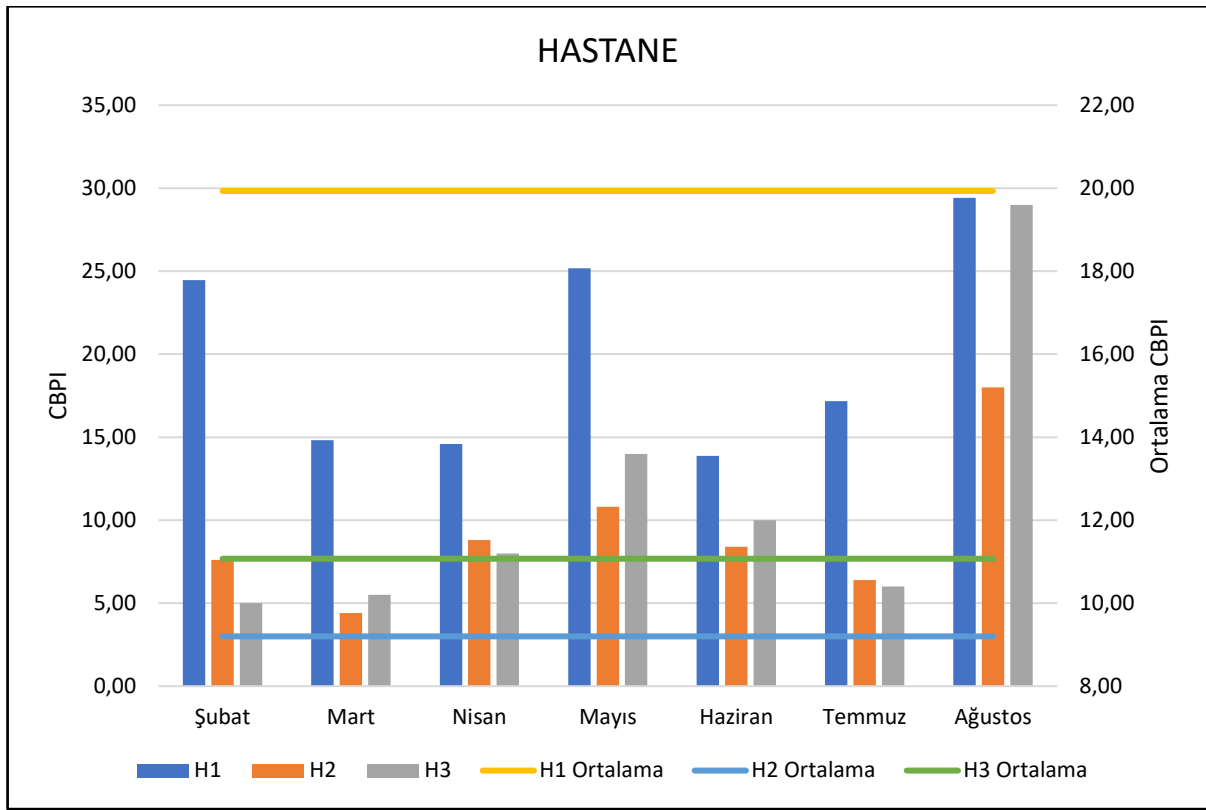
Toplam 10 adet durak lokasyonu için tüm aylarda birbirine benzer CBPI sonuçları elde edilmiştir. Otobüs durakları günün büyük bir kısmında sürekli aktif ve kalabalık olan konumlardır. Bu nedenle CBPI sonuçları CB sayısı ve DCB ile doğru orantılı olmakla birlikte E faktörünü belirleyen en önemli bileşenlerden olan zemin özellikleri de dikkate alındığında CB kirliliği etkisinin çok yüksek olduğu görülmektedir. Bu lokasyonun aylık CBPI ve ortalama CBPI sonuçları Şekil 14’te verilmiştir. Aylık sonuçlara göre en yüksek CBPI 81,25 değeriyle Şubat ayında D8 lokasyonunda görülmüştür. Ortalama CBPI değerleri 9,97- 51,93 aralığında değişmektedir. En düşük CBPI D4 lokasyonunda, en yüksek CBPI D8 lokasyonundadır. Düşükten yükseğe doğru CBPI sıralaması $D4 < D9 < D3 < D1 < D5 < D6 < D2 < D10 < D7 < D8$ şeklindedir. D7 ve D8 lokasyonlarında zemin yapısının geçirgenlik durumunun yüksek oluşu CB’nin kirlilik etkisini artırmaktadır.



Şekil 14. Durak aylık ve ortalama CBPI sonuçları

Hastane

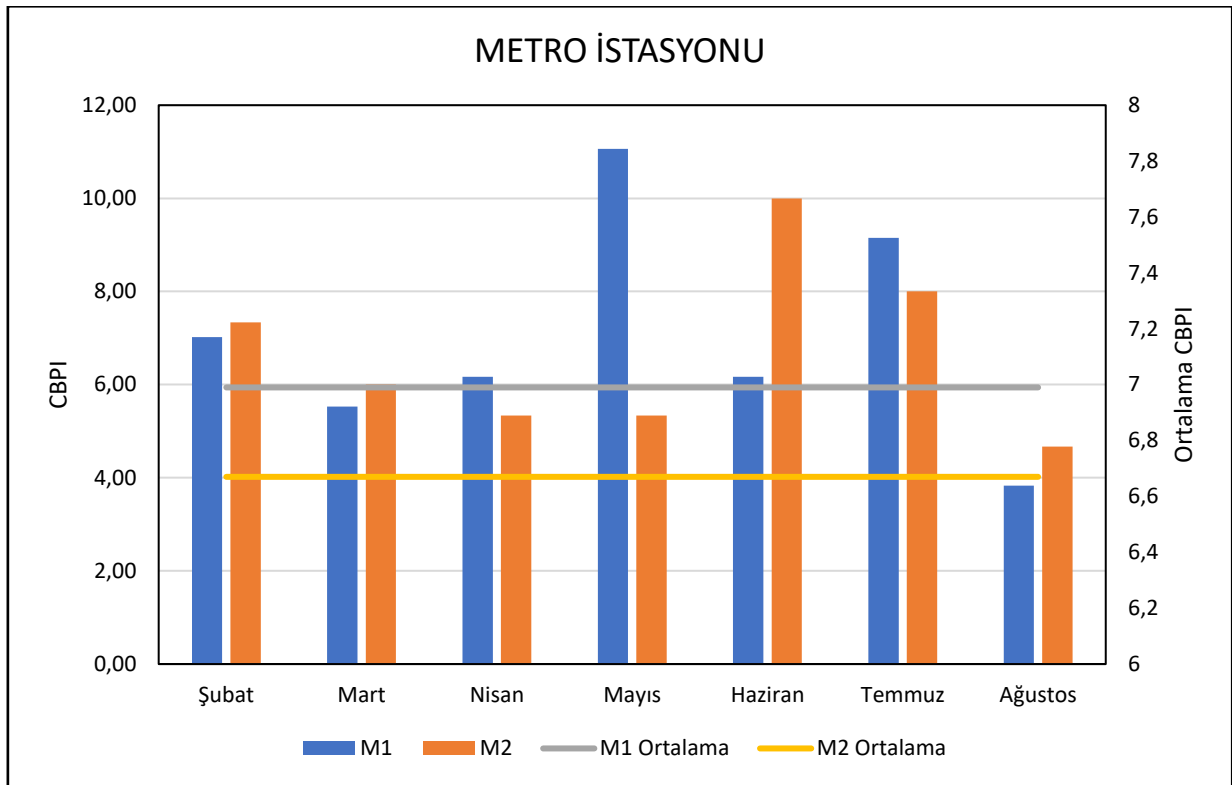
Hastaneler ülkemiz için süreklilik arz eden bir şekilde en kalabalık mekanlardır. Dolayısıyla hastane giriş- çıkış önü alanları, hastane dışı dinlenme alanları, hastane dışında kafeterya, banka ATM'leri gibi birçok lokasyon özellikle gündüz saatlerinde oldukça yoğun aktivitenin olduğu yerlerdir. Şekil 15'de hastane başlığı altında üç ayrı lokasyonun aylık ve ortalama CBPI sonuçları görülmektedir. Bu ana başlık altında incelenen lokasyonlarda yüksekten düşüğe doğru CBPI sıralaması H1> H3> H2 olarak belirlenmiştir. Aylık olarak CBPI, H1 için 13,88- 29,41; H2 için 4,40-18,00 ve H3 için 5,00-29,00 arasındadır. Ortalama CBPI H1, H2, H3 lokasyonlarında sırasıyla 19,93; 9,20 ve 11,07'dir.



Şekil 15. Hastane aylık ve ortalama CBPI sonuçları

Metro İstasyonu

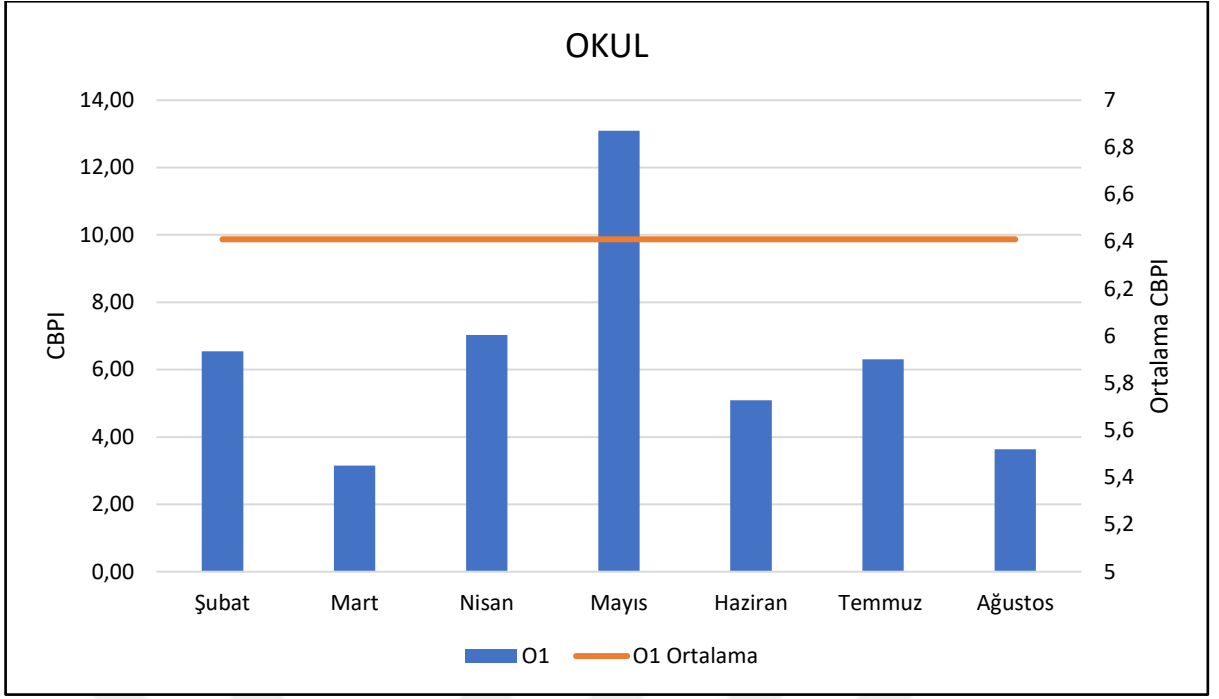
Metro istasyonları büyükşehirlerin önemli toplu taşıma unsurlarındandır ve insan yoğunluğunun çok fazla olduğu lokasyonlardır. Çalışmada iki lokasyonda yapılan sayımlar neticesinde hesaplanan aylık CBPI değerleri M1 lokasyonu için 3,83-11,06 ve M2 lokasyonu için 4,67-10,00 aralığındadır. 7 aylık ortalama CBPI değerleri M1 ve M2 lokasyonları için sırasıyla 6,99 ve 6,67 olarak hesaplanmıştır. Aylık ve ortalama CBPI sonuçları Şekil 16'da verilmiştir.



Şekil 16. Metro istasyonları aylık ve ortalama CBPI sonuçları

Okul

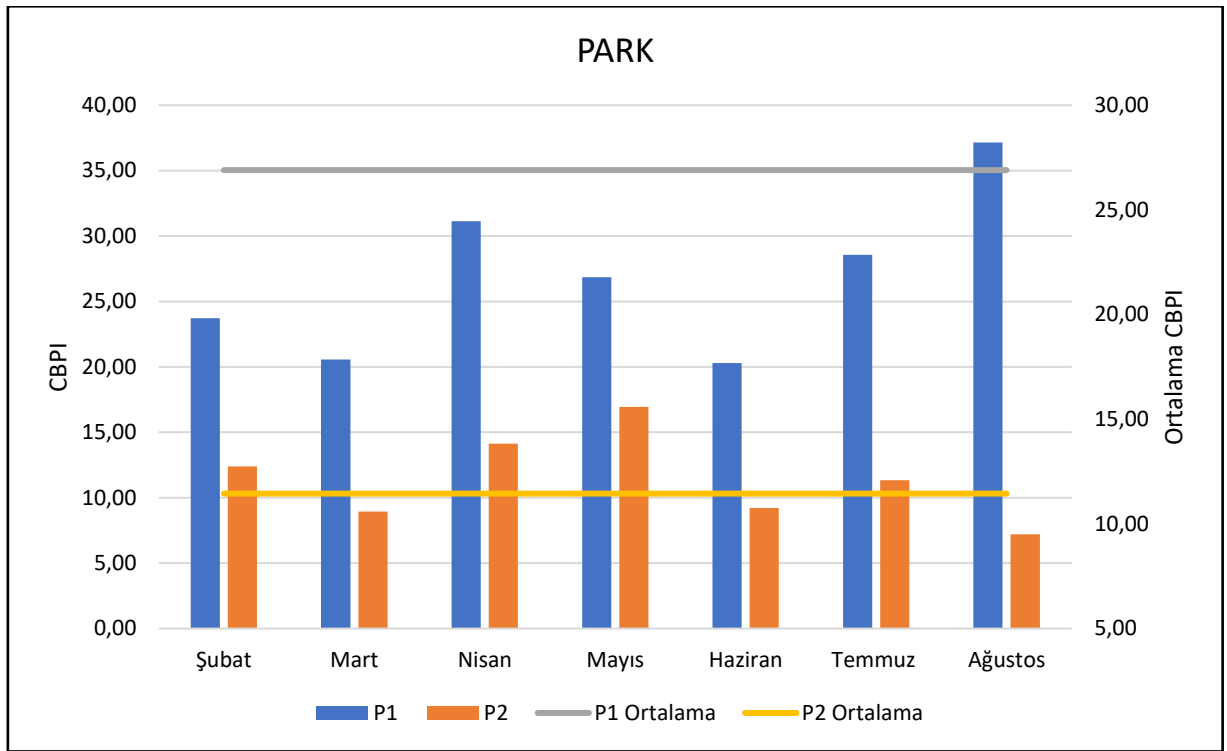
Okul çevresi sadece öğrencilerin değil velilerin ve o çevreden geçen insanların hareketliliğinin yoğun olduğu alanlardır. Şekil 17 okul lokasyonu için aylık ve ortalama CBPI değerlerini göstermektedir. E faktörü 20 olarak alınan okul lokasyonunda şekilden görüldüğü üzere en yüksek CBPI değerinin 13,09 ile Mayıs ayında olduğu en düşük CBPI değerinin 3,15 ile Mart ayında olduğu görülmüştür. Okulların tatil olduğu Şubat, Temmuz ve Ağustos aylarında sırasıyla 6,55; 6,30 ve 3,64 CBPI değerleri elde edilmiştir. 7 ayın ortalaması CBPI değeri 6,41 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 17. Okul aylık ve ortalama CBPI sonuçları

Park

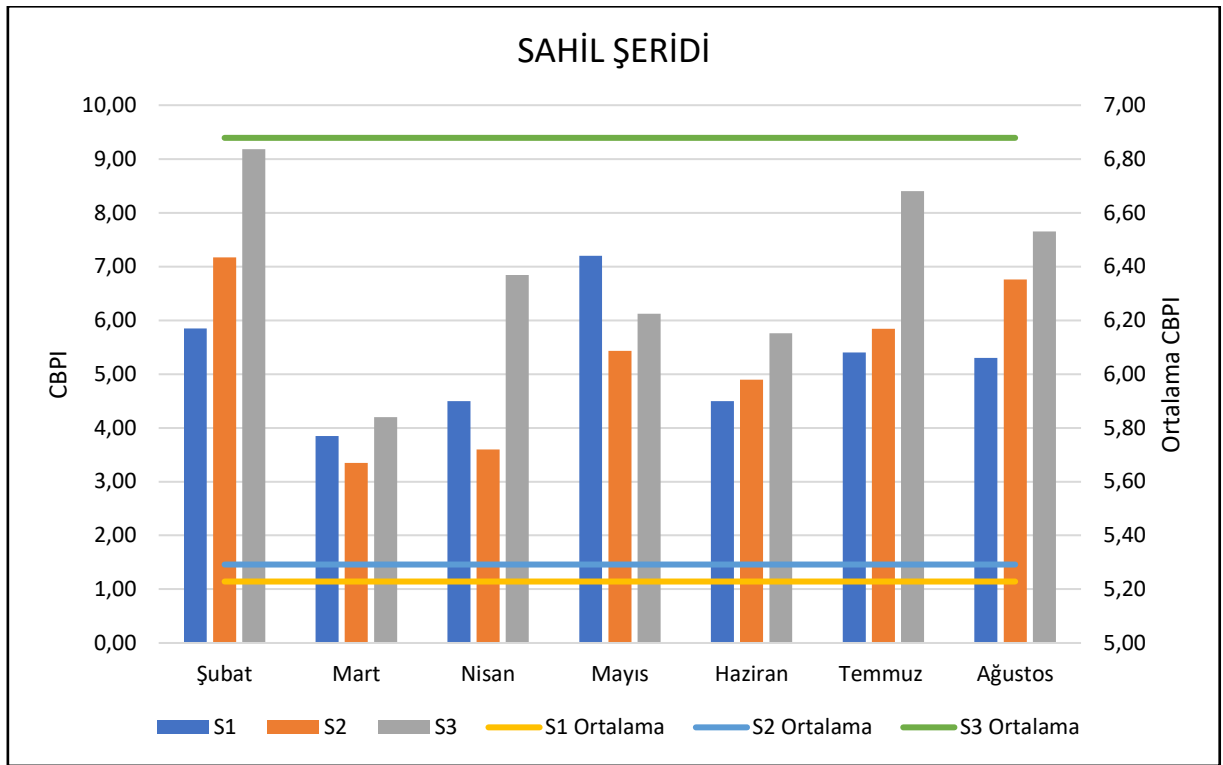
Park alanları daha geçirgen zemin yapısına sahip olduğundan E etki faktörünün P1 lokasyonunda 36, P2 lokasyonunda 30 olarak belirlenmesi dolayısıyla CBPI değerleri bu lokasyonlarda çok yüksektir. Bu lokasyonlar bir parkın içinde çocuk oyun alanı ve diğer dinlenme alanlarını temsil etmektedir. Şekil 18’de okul lokasyonu için aylık ve ortalama CBPI değerleri gösterilmiştir. P1 lokasyonu için en yüksek CBPI Ağustos ayına aittir ve CBPI 37,14 olarak tespit edilmiştir. P2 lokasyonunda en yüksek CBPI 16,93 ile Mayıs ayındadır. Mevsimsel olarak iki lokasyon arasında bir korelasyon olmadığı görülmektedir. Örneğin, Ağustos ayında P1 lokasyonu için en yüksek CBPI değeri 37,14 olarak hesaplanırken aynı ayda P2 lokasyonunda CBPI değeri 7,20 ile en düşük değerdedir. En düşük CBPI değeri bile CB kirliliği açısından yüksek sayılabilecek bir değerdedir. Bu durum temizlik hizmetlerine rağmen gün içinde insanların parkları uzun süre ve her an kullanmaları dolayısıyla sürekli bir akışın olmasına ve özellikle bu tür zeminlerin temizliğinin zor olması nedeniyle eklenik CB birikimi olması gibi nedenlerle ilişkilendirilebilir. Ortalama CBPI P1 lokasyonu için 26,90 iken P2 lokasyonu için 11,45’dir. Bu sonuçlar sigara tüketicilerinin çocuk oyun alanlarına bile bilinçsizce CB’leri attığını göstermektedir.



Şekil 18. Park aylık ve ortalama CBPI sonuçları

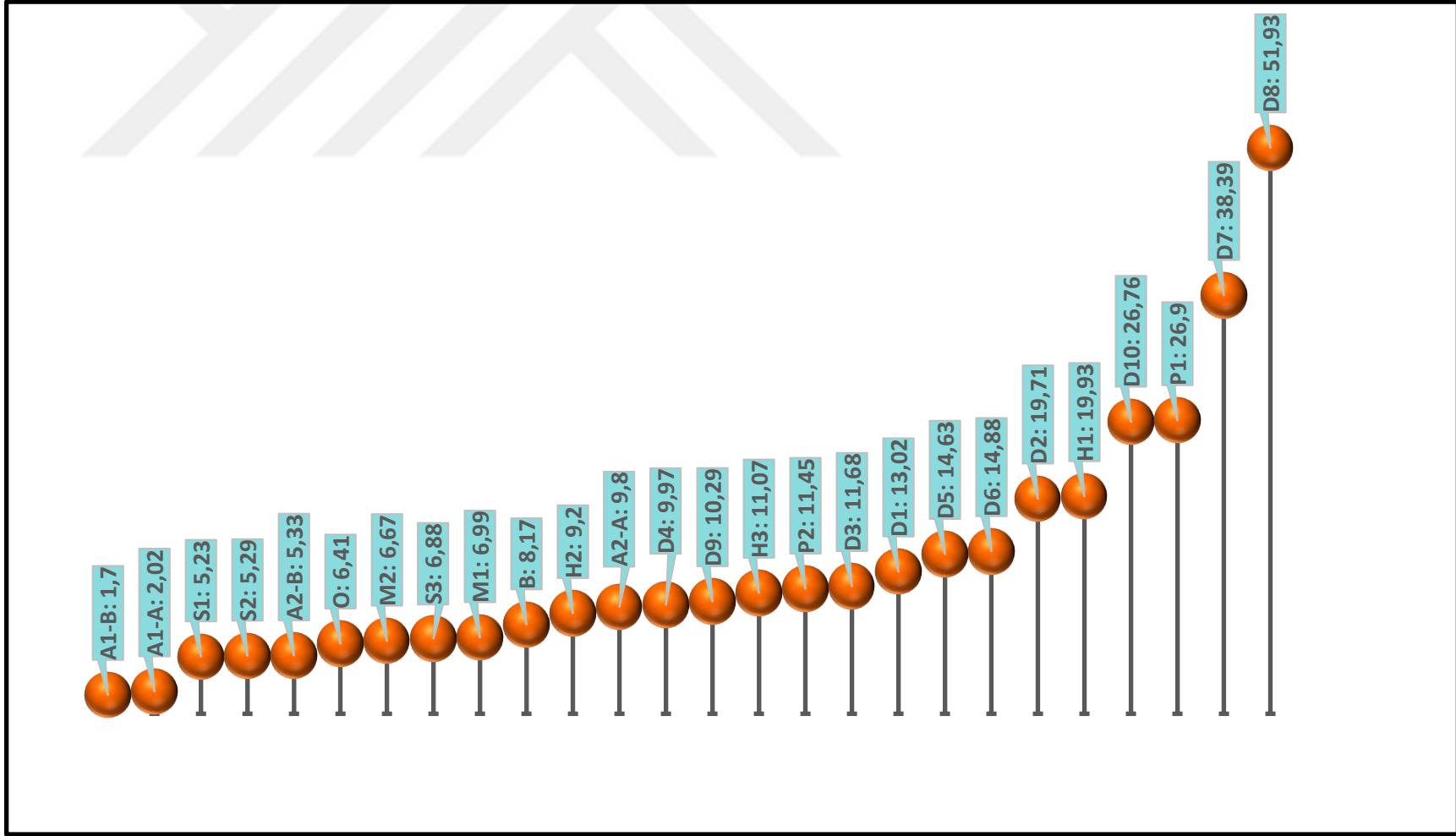
Sahil Şeridi

Şekil 19 sahil şeridinde üç lokasyon için hesaplanan aylık ve ortalama CBPI değerlerini göstermektedir. En düşük CBPI tüm lokasyonlar için Mart ayındadır ve CBPI değerleri S1 için 3,85; S2 için 3,35 ve S3 için 4,20'dir. En yüksek CBPI, S1 lokasyonu için 7,20 ile Mayıs ayında, S2 lokasyonu için 7,17 ile Şubat ayında ve S3 lokasyonu için 9,18 ile Şubat ayında hesaplanmıştır. S1 lokasyonunda CBPI değerlerinin Şubat, Mayıs, Temmuz ve Ağustos aylarında ortalama CBPI değerinin üzerinde olduğu görülmektedir. Benzer şekilde S2 lokasyonunda da aynı aylarda CBPI değerleri ortalama değer üzerinde, S3 lokasyonunda ise ortalama CBPI değerinden yüksek CBPI değerleri Şubat, Temmuz ve Ağustos ayları için hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre mevsimsel bir anlamlandırma yapmak çok mümkün değildir. S1, S2 ve S3 lokasyonları için ortalama CBPI sonuçları sırasıyla 5,29; 5,76 ve 6,88 olarak bulunmuştur.



Şekil 19. Sahil şeridi aylık ve ortalama CBPI sonuçları

Lokasyonların düşükten yüksek değere doğru ortalama CBPI sıralaması Şekil 20’de verilmiştir. CBPI değeri 1’den düşük lokasyon mevcut değildir. Elde edilen sonuçlara göre en düşük CBPI 1,7 ile A1-B lokasyonunda, en yüksek CBPI 51,93 ile D8 lokasyonunda kaydedilmiştir. 13 lokasyonun CBPI sonuçları 10 değerinden büyüktür. CBPI hesaplamalarından elde edilen sonuçlar 26 farklı lokasyonda kirlilik sınıflarının düşük kirlilik sınıfından şiddetli kirlilik sınıfına kadar geniş bir yelpazede değişkenlik gösterdiğini ortaya koymuştur (Tablo 13). CBPI değeri 10’dan büyük olan lokasyonların 9’u durak, 2’si park ve diğer 2’si hastane çevresi lokasyonlarıdır. 26 lokasyonun 2’si düşük kirlilik, 7’si önemli kirlilik, 4’ü çok yüksek kirlilik, 13’ü şiddetli kirlilik seviyesindedir. Bu lokasyonların kirlilik sınıflandırmalarının oransal olarak karşılığı; %7,69’u düşük kirlilik, %26,92’si önemli kirlilik, %15,38’i çok yüksek kirlilik ve %50’si şiddetli kirlilik düzeyi şeklindedir. Lokasyonlarda çöp kutuları olmasına ve rutin temizlik hizmetleri uygulanmasına rağmen gün içinde özellikle yoğun akışın olduğu saatlerde bu olumsuz durumun önüne geçmenin çok mümkün olmadığı görülmektedir.



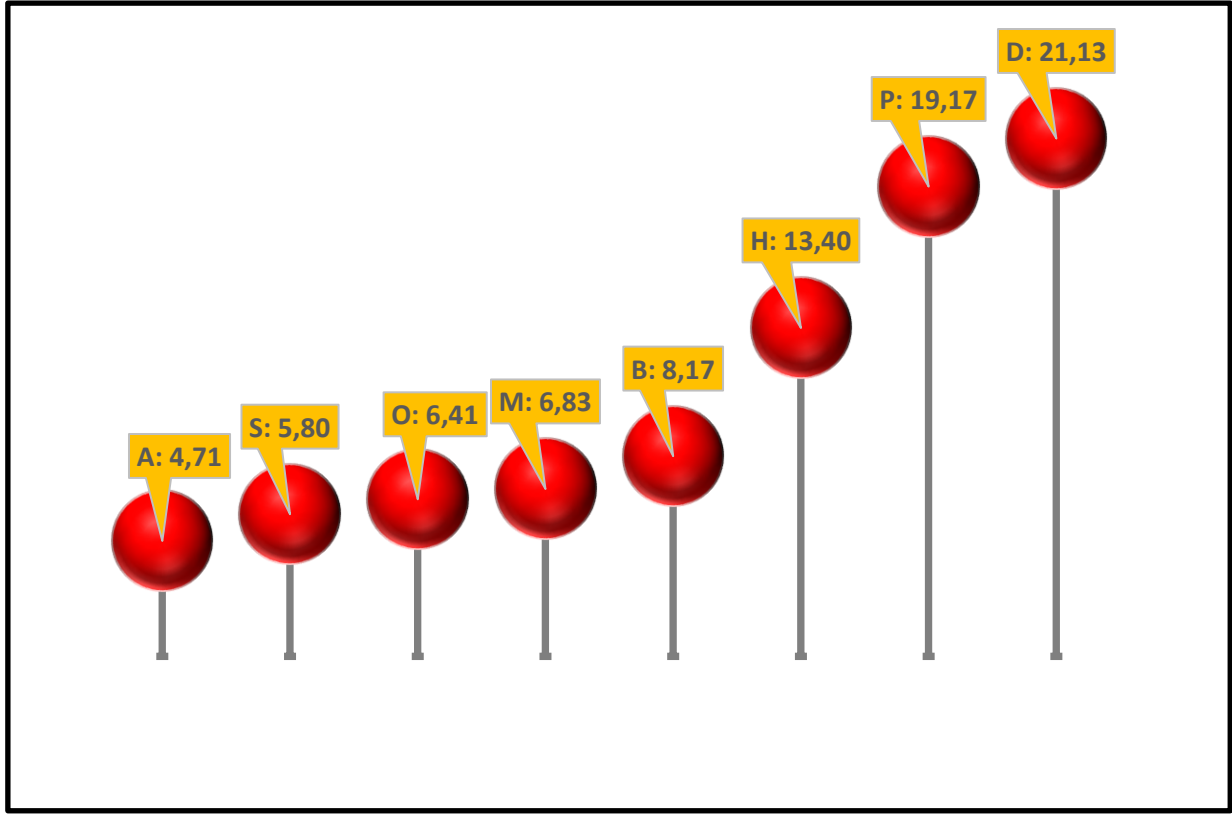
Şekil 20. Lokasyonlarda düşükten yüksek değere doğru ortalama CBPI sıralaması

Tablo 13. Lokasyonların Kirlilik Sınıflandırmaları

KENTSEL ALANLAR	LOKASYONLAR	KİRLİLİK SINIFI
Alışveriş Merkezi	A1-A	Düşük kirlilik
	A1-B	Düşük kirlilik
	A2-A	Çok yüksek kirlilik
	A2-B	Önemli kirlilik
Banka	B	Çok yüksek kirlilik
Durak	D1	Şiddetli kirlilik
	D2	Şiddetli kirlilik
	D3	Şiddetli kirlilik
	D4	Çok yüksek kirlilik
	D5	Şiddetli kirlilik
	D6	Şiddetli kirlilik
	D7	Şiddetli kirlilik
	D8	Şiddetli kirlilik
	D9	Şiddetli kirlilik
	D10	Şiddetli kirlilik
Hastane	H1	Şiddetli kirlilik
	H2	Çok yüksek kirlilik
	H3	Şiddetli kirlilik
Metro İstasyonu	M1	Önemli kirlilik
	M2	Önemli kirlilik
Okul	O	Önemli kirlilik
Park	P1	Şiddetli kirlilik
	P2	Şiddetli kirlilik
Sahil Şeridi	S1	Önemli kirlilik
	S2	Önemli kirlilik
	S3	Önemli kirlilik

Kentsel alan kategorisine göre ortalama CBPI hesaplamaları ile ilgili sonuçlar Şekil 21’de gösterilmiştir. Ortalama CBPI 4,71- 21,13 değerleri arasındadır ve en düşükten en yükseğe doğru sıralama $A < S < O < M < B < H < P < D$ şeklindedir. Kentsel alan bazında ortalama CBPI sonuçlarına göre kirlilik sınıflandırması yapıldığında alışveriş merkezleri giriş-çıkışlarında orta düzeyde kirlilik, sahil şeridinde önemli kirlilik, okul çevresinde önemli kirlilik,

metro istasyonları giriş- çıkışlarında önemli kirlilik, banka önünde çok yüksek kirlilik, hastane çevresi, park alanları ve duraklarda şiddetli kirlilik olduğu görülmüştür. Buna göre oransal olarak 8 kentsel alanın %12,5'i orta kirlilik, %37,5'i önemli kirlilik, %12,5'i çok yüksek kirlilik ve %37,5'i şiddetli kirlilik düzeyindedir.



Şekil 21. Kentsel alanların ortalama CBPI sıralaması

Bu sonuçlar, 8 kentsel alanın tamamında farklı düzeylerde CB kirliliği etkisinin olduğunu göstermektedir. Kirlilik sınıflandırmasına göre kentsel alanların ortalama CBPI değerleri, çok düşük kirlilik ve düşük kirlilik seviyelerinin olmadığını ve bu kentsel alanlarda en düşük CBPI'nin orta düzeyden başladığını göstermektedir.

Benzer sonuçlara farklı ülkelerde yapılan çalışmalarda da rastlanmaktadır. Darabi vd. (2023), İran'ın Behbahan kentinde 14 lokasyonda CB kirliliği ile ilgili araştırmalarında CBPI değerlerinin 1,36-10,60 arasında değiştiğini ifade etmişlerdir. Bu çalışmada 4 lokasyonda düşük kirlilik, 4 lokasyonda orta düzeyde kirlilik, 4 lokasyonda önemli kirlilik, bir lokasyonda çok yüksek kirlilik ve bir lokasyonda şiddetli kirlilik olduğu belirtilmiştir. Dolayısıyla lokasyonların %28,5'inin düşük kirlilik durumunda, %42,8'i önemli kirlilik durumunda ve %28,7'sinin daha kötü durumda olduğu gösterilirken CBPI'nin hafta sonu tüm lokasyonlarda %32,3 oranında azaldığı ve incelenen lokasyonların ortalama CBPI değerinin ilkbahar ve yaz aylarında sonbahar ve kış aylarına göre %26,2 daha yüksek olduğu vurgulanmıştır. İran'ın Kazvin kentinde 2019 yılında 36 cadde ve 3 parkta toplam 39 lokasyonda yapılan CB kirliliği

arařtırmasında caddelerin uzunluklarındaki farklılık ve bazı uzun caddelerdeki çeřitli kullanımlar nedeniyle, incelemeler her caddenin iki kavřađı arasında ve her iki tarafında kaldırım bulunan yerlerde yapılmıřtır. Bu çalıřmada, 0,15-14,40 aralıđında CBPI sonuçları elde edilmiřtir. 8 lokasyonun çok dűřűk kirlilik, 3 lokasyonun dűřűk kirlilik, 21 lokasyonun orta dűzeyde kirlilik, 4 lokasyonun űnemli kirlilik, bir lokasyonun çok yűksek kirlilik ve iki lokasyonun řiddetli kirlilik dűzeyinde olduđu bildirilmiřtir (Torkasvand vd., 2021). İran'ın Mashhad kentinde yapılan bařka bir çalıřmada 27 kentsel lokasyonda en dűřűk CBPI deđerinin 1,85 olduđunu belirtilmiřtir. Çalıřmada kaydedilen en yűksek CBPI deđerı 28 olup, bunun yűksek nűfus yođunluđu, ticari arazi kullanımı ve kűtű zemin yűzey kořullarıyla karakterize edilen alanlarda gűzlemlendiđi ifade edilmiřtir. Sonuçlar, nűfus yođunluđu, arazi kullanım modelleri, zemin yűzey kalitesi, yıllık yađıř miktarı ve yeraltı suyu yakınlıđı gibi faktűrlerin CBPI deđerlerini űnemli űlűde etkilediđini ortaya koymuřtur (Babaei vd., 2025).

SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu çalışmada kentsel bir çevre örneğinde seçilen 26 lokasyonda mekânsal ve zamansal olarak CB kirliliği araştırması yapılmıştır. Alışveriş merkezi, banka, durak, hastane, metro istasyonu, okul, park ve sahil şeridi olarak 8 kentsel alan belirlenmiştir. Çalışma Şubat- Ağustos 2024 döneminde 7 ay boyunca ayda iki kez CB sayımı yapılarak yürütülmüştür. Yerel yönetimin temizlik hizmetleri nedeniyle lokasyonlarda, aylık CB sayımlarının ikincisinde önemli bir eklenik bir artış olmadığı gözlemlendiğinden, aylık CB sayıları için iki sayımın ortalaması olarak alınmıştır. CB sayımları yapıldıktan sonra DCB ve CBPI hesaplamaları yapılarak CB kirliliği boyutları ve çevresel etki seviyeleri tespit edilerek her lokasyonun ve genel olarak 8 kentsel alanın kirlilik sınıflandırmaları yapılmıştır. Bu tür çevresel veriler, kentsel çevrede mevcut kirlilik durumunun ortaya konması, sürdürülebilir ve daha yaşanılabilir kentler oluşturmak için gereklidir. Ölçeklendirilmiş sonuçlar kentlerin çevresel sürdürülebilirlik çalışmalarına katkı sağlayacaktır. Aynı zamanda ileriye yönelik planlamaların yapılabilmesi, insanların bu verilerle bilinçlendirilerek çevreyi koruma çabalarının artırılması yönünde, CB kirlilik araştırmalarının önemli olduğu düşünülmektedir.

Tüm lokasyonların toplam örnekleme alanı 3244 m²'dir. 7 ay boyunca toplam 14 kez CB sayımı yapılmıştır. Bu sayımlarda toplam CB sayısı 1684'dür. Çalışmadan elde edilen CB sayısı, CB yoğunluğu ve CBPI kirlilik indeksi ve kirlilik sınıflandırmaları ile ilgili sonuçlar 8 kentsel alan kategorisine göre aşağıda verilmiştir.

Alışveriş Merkezi

A1 olarak kodlanan AVM giriş- çıkış kapı alanlarında tespit edilen CB sayısı oldukça düşüktür. Bu lokasyonda A1-A kapı alanında CB sayısı 2-3 aralığındadır ve DCB değerleri 0,08-0,13 CB/m² aralığında belirlenmiştir. A1-B kapısı çevresinde 1- 4 aralığında CB sayılmış olup DCB 0,03-0,13 CB/m² değerleri arasındadır. A1-A ve A1-B lokasyonlarında 7 aylık ortalama CB sayısı 2,43 ve 2,71 iken DCB ortalaması ise 0,1 ve 0,08 CB/m²'dir. Düşük CB sayısı ve yoğunluğunun, sayımların hafta içi olmasıyla veya AVM yönetimi tarafından süreklilik arz eden başarılı temizlik hizmetleriyle bağlantılı olduğu düşünülmektedir. A2 ile kodlanan AVM giriş-çıkış kapı alanlarında ise diğer AVM'ye göre CB sayıların biraz daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Bu AVM'de CB sayısı A2-A lokasyonunda 5-23, A2-B lokasyonunda 6-12 aralığında olup ortalama CB sayısı sırasıyla 13,71 ve 8'dir. A2-A'da ortalama DCB değeri 0,49 CB/m², A2-B'de 0,27 CB/m² olarak bulunmuştur. İlgili lokasyonlar

için belirlenen çevresel etki faktörü 20'dir. Buna göre A1-A, A1-B, A2-A ve A2-B lokasyonları için ortalama CBPI sonuçlarına göre A1-A ve A2-A lokasyonlarında 2,02 ve 1,70 değerleri düşük kirlilik olduğunu göstermektedir. Diğer AVM'de ise A2-A lokasyonu için 9,80 ve A2-B lokasyonu için 5,33 CBPI değerleri sırasıyla çok yüksek kirlilik ve önemli kirlilik düzeylerindedir. AVM kentsel alanı için genel değerlendirme yapıldığında elde edilen CBPI 4,71 olup orta seviye kirliliği işaret etmektedir.

Banka

Banka kentsel alanında CB sayısı 18-51 aralığında olup bu değerlerin DCB karşılıkları 0,25- 0,71 CB/m² değerlerindedir. Bu lokasyonda aylık ortalama CB sayısı 29,43 olup ortalama DCB 0,41 CB/m²'dir. Bu lokasyonda etki faktörü 20 olarak belirlenmiş ve ortalama CBPI sonucu 8,17 olarak hesaplanmıştır. Bu değer lokasyonun çok yüksek kirlilik seviyesinde olduğunu göstermektedir.

Durak

10 adet durak lokasyonunda D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7, D8, D9, D10 lokasyonları için sırasıyla CB sayıları 6-17; 13-30; 6-19; 15-38; 14-21; 7-30; 18-55; 24-78; 24-68; 15-56 aralıklarında kaydedilmiştir. DCB değerleri aynı sırayla 0,33- 0,94; 0,54-1,25; 0,22- 0,70; 0,32- 0,81; 0,47-0,70; 0,29-1,25; 0,75-2,29; 1-3,25; 0,34-0,97; 0,50-1,87 CB/m² olarak belirlenmiştir. Ortalama DCB düşükten yükseğe doğru D3< D4< D9< D5< D1< D6< D2< D10< D7< D8 sıralanmıştır. En düşük DCB 0,49 CB/m² iken en yüksek DCB 2,08 CB/m²'dir. Ortalama CBPI değerleri 9,97-51,93 aralığında değişmektedir. En düşük CBPI D4 lokasyonu, en yüksek CBPI D8 lokasyonu için kaydedilmiştir. Düşükten yükseğe doğru CBPI sıralaması D4< D9< D3< D1< D5< D6< D2< D10< D7< D8 şeklindedir. D7 ve D8 lokasyonlarında zemin yapısının geçirgenlik durumunun yüksek oluşu CB'nin kirlilik etkisini artırmıştır.

Hastane

Aylara göre H1 lokasyonunda 59-125, H2 lokasyonunda 11-45 ve H3 lokasyonunda 10-58 aralığında CB sayısı gözlemlenmiştir. H1, H2 ve H3 için DCB sonuçları sırasıyla en düşük ve en yüksek aralığına göre 0,69-1,47; 0,22- 0,90; 0,25-1,45 CB/m² değerlerindedir. Ortalama göre en yüksek CB kirliliği 84,71 CB sayısı ve 1,00 DCB değeri ile H1 lokasyonundadır. Aylık olarak CBPI, H1 için 13,88-29,41; H2 için 4,40- 18,00 ve H3 için 5,00-29,00 arasındadır. Bu lokasyonlar için çevresel etki faktörü 20'dir. Ortalama CBPI H1, H2, H3 lokasyonlarında sırasıyla 19,93; 9,20 ve 11,07 olup sırasıyla bu lokasyonlar şiddetli kirlilik, çok yüksek kirlilik ve şiddetli kirlilik sınıfındadır. Hastane kentsel alanı ortalamasına göre elde edilen CBPI değeri 13,40 olup bu sonuç şiddetli kirlilik seviyesini ifade etmektedir.

Metro İstasyonu

M1 kodlu lokasyonda 18-52, M2 kodlu lokasyonda 7-15 aralığında CB tespit edilmiştir. Aylık ortalama CB sayısı M1 için 32,86; M2 için 10 olarak hesaplanmıştır. DCB değeri M1 ve M2 lokasyonlar için 0,19- 0,55 ve 0,23- 0,50 CB/m² aralığında belirlenmiştir. Ortalama DCB, M1 için 0,35 CB/m², M2 için 0,33 CB/m² olarak hesaplanmıştır. Aylık CBPI değerleri M1 lokasyonu 3,83- 11,06 ve M2 lokasyonu için 4,67- 10,00 aralığındadır. Çevresel etki faktörü 20 olup ortalama CBPI değerleri M1 ve M2 lokasyonları için sırasıyla 6,99 ve 6,67'dir. Her iki lokasyonda kirlilik önemli kirlilik düzeyindedir. Metro istasyonu kentsel alanı için hesaplanan CBPI 6,83 değeri ile önemli kirlilik sınıfını göstermektedir.

Okul

Bu lokasyon için aylık CB sayıları 13-54 olduğu aralığında gözlemlenmiştir. Buna göre DCB değerleri 0,16- 0,65 CB/m² aralığındadır. Aylık ortalama CB sayısı 26,43 iken DCB ortalaması 0,32 CB/m² olarak bulunmuştur. En düşük CBPI değeri 3,15 iken en yüksek CBPI değeri 13,09'dür. Çevresel etki faktörü 20 olan bu kentsel alanda ortalama 6,41 CBPI sonucu önemli kirlilik sınıfını temsil etmektedir.

Park

P1 lokasyonunda CB sayısı 71-130 ve P2 lokasyonunda 54-127 aralığında değişmektedir. Aylık ortalama CB sayısı P1 için 94,14, P2 için 85,86 olarak belirlenmiştir. DCB değerleri P1 ve P2 lokasyonlarında 0,56-1,03 CB/m², 0,24-0,56 CB/m² değerleri arasındadır. Ortalama DCB değeri P1 ve P' lokasyonları için 0,75 CB/m² ve 0,38 CB/m²'dir. Zemin yapısı ile ilişkili olarak çevresel etki faktörünün P1 lokasyonunda 36, P2 lokasyonunda 30 olarak alındığından CBPI park lokasyonlarında çok yüksektir. Bu lokasyonlarda en düşük CBPI değeri bile CB kirliliği açısından yüksek sayılabilecek bir değerdedir. Ortalama CBPI P1 lokasyonu için 26,90 iken P2 lokasyonu için 11,45'dir.

Sahil Şeridi

S1, S2 ve S3 lokasyonlarında CB sayıları sırasıyla aylık 90-144, 106-227 ve 140-306 aralığında değişmekte iken ortalama CB sayıları sırasıyla 104,57; 167,57 ve 229,29 olarak bulunmuştur. DCB değerlerinin aylık olarak S1'de 0,19-0,30 CB/m², S2'de 0,14- 0,30 CB/m² ve S3'de 0,18-0,38 CB/m² değerleri arasında olduğu belirlenmiştir. Ortalama DCB S1 ve S2 lokasyonlarında 0,22 CB/m² iken S3 lokasyonunda 0,29 CB/m² olarak hesaplanmıştır. S1, S2 ve S3 lokasyonları için çevresel etki faktörü 24 olup ortalama CBPI sonuçları sırasıyla 5,29; 5,76 ve 6,88 olarak bulunmuştur. Dolayısıyla bu sonuçlara göre üç lokasyon önemli kirlilik

sınıfında değerlendirilmiştir. Sahil şeridi kentsel alanı ortalama CBPI 5,80 değerinde olup genel olarak bu kentsel alanın önemli kirlilik seviyesini temsil ettiği görülmüştür.

26 lokasyonda CB yoğunluğu 0,08- 2,08 CB/m² değerleri arasındadır. 0,5 CB/m² üzerinde olan 12 lokasyon mevcuttur ve bunların çoğunluğu duraklardır. Kentsel alan olarak DCB ortalamaları 0,24- 0,93 CB/m² aralığındadır. 0,24 CB/m² AVM giriş- çıkışları ve sahil şeridi kentsel alanları için hesaplanmıştır. Okul çevresi 0,32 CB/m², metro istasyonu giriş- çıkışları 0,34 CB/m² iken banka önü 0,41 CB/m² DCB'dir. Ortalama olarak park ve hastane alanlarında 0,57 ve 0,67 CB/m² yoğunluk tespit edilirken duraklar için bu değer 0,93'dür.

Her lokasyonlar için uygun etki faktörleri dikkate alınarak yapılan CBPI hesaplamalarına göre en yüksek çevresel etkinin olduğu lokasyon D8 lokasyonudur. Bu lokasyonda CBPI sonuçları 1,7-51,93 değerleri arasında geniş bir aralıkta belirlenmiştir. CBPI değeri 5'in üzerinde olan 24 lokasyon tespit edilmiştir. 5 değeri CB kirliliğinin etkilerinin önemini vurgulayan alt seviyedir. A1-B ve A1- A lokasyonları olmak üzere iki lokasyon düşük kirlilik seviyesindedir ancak incelenen lokasyonlarda CB'den tamamen izole veya çok düşük kirlilik durumunun tespit edildiği lokasyon yoktur. 7 lokasyon önemli kirlilik, 4 lokasyon çok yüksek kirlilik ve 13 lokasyon şiddetli kirlilik sınıfındadır. Kentsel alan kategorilerine göre CBPI ortalama değerleri 4,71-21,13 arasındadır. Hastane çevresi, park ve durak kentsel alanları CB kirliliğinin etki seviyesinin çok yüksek olduğu konumlardır. Bu kentsel alanlar şiddetli kirlilik sınıfındadır.

Çalışma sahasında, her ay iki kez yapılan CB sayımlarında, 8 kentsel alanda 26 lokasyonun hepsinde CB'lerin varlığı kaydedilmiştir. Şubat- Ağustos aylarında yürütülen bu çalışmada mevsimsel olarak CB kirliliğinin değişkenliği ile ilgili bir anlamlandırma yapmak çok mümkün değildir. Yaz aylarında CB kirliliğinin yüksek olmasına rağmen Şubat ayında veya diğer aylarda da yüksek sonuçlar görülmüştür. Çalışmanın metrik sonuçları; lokasyonların çoğunda etrafa atılan CB'lerin fazla olduğunu dolayısıyla sigara tüketicilerinin CB ile çevresi kirlilemeleri ile ilgili kaygılarının ve hassasiyetlerinin olmadığını göstermiştir. Elde edilen sonuçlar, yerel yönetimlerin kentsel alanlara yerleştirdiği çöp kutularının yeterince kullanılmadığını göstermektedir. Dünyanın bazı plajlarında ve kentsel alanlarında yapılan çalışmalar ve bu çalışma CB'lerin çevresel etkilerinin yerel ve küresel olarak tam anlaşılmadığını göstermektedir. Bu durum sigara tüketicilerinin bilinçsizlikleri, cezai yaptırımların olmaması veya yeterli düzeyde olmaması, konuyla ilgili sistematik izleme eksikliği, kapsamlı çevresel değerlendirmelerinin olmayışı ile ilişkilendirilebilir. CB'lerin çevrede varlığı öncelikli olarak görüntü kirliliği oluşturduğu algısını oluşturmaktadır. Görüntü kirliliği oluşturmalarının ötesinde ekosistem üzerinde dolaylı ve uzun vadeli olumsuz etkileri

insanların çoğunluğu tarafından bilinmemektedir. Dolaylı çevresel etkiler CB’lerde bulunan plastik lifle, ağır metaller, PAH’lar, nikotin gibi pek çok kimyasal maddeye maruziyettir. Bu maruziyet, ekosistemdeki tüm canlılar üzerinde; fiziksel, kimyasal ve biyolojik yolla gerçekleşmektedir. CB’lerin karasal veya sucul ortamlarda kalışı sigara filtrelerindeki selüloz asetat liflerin çevresel şartlara bağlı olarak dağılmasına, canlılar tarafından solunmasına, yutulmasına neden olduğu gibi yağışlarla veya sucul ortamlarda bünyelerindeki kimyasalların su ortamlarına geçmesine, birikim yapmasına, denizleri, okyanusları ve toprağı kirletmesine ve canlıların bu durumlara maruz kalmasına sebep olmaktadır. Bu nedenle öncelikli olarak kentlerde CB kirliliğinin boyutlarının pilot çalışmalarla belirlenmesi gerekmektedir. Bunun için CB sayısı ve birim alana düşen CB yoğunluğunun belirlenmeli ilk aşamada yürütülmesi gereken işlem olmakla birlikte ilgili kentsel alanlarda CB’lerin oluşturacağı kısa veya uzun vadeli çevresel etkilerinin yıllık yağış miktarı, zeminin geçirgenliği, zeminin yeraltı suyuna uzaklığı ve şehir güzergah türleri dikkate alınarak CBPI sonuçlarının ifade edilmesi, sucul ortamlarda nikotin, ağır metal, PAH’lar gibi kimyasalların varlığı ve konsantrasyonlarının belirlenmesi veya muhtemel tahminlerinin yapılması, canlılar üzerinde toksik etki düzeylerinin araştırılması önemlidir.

Dünyada ve ülkemizde son yıllarda nüfusun kırsaldan kentlere doğru yöneldiği görülmektedir. Kent nüfusları oldukça kalabalıktır. Modern yaşamın gerekliliklerinden biri sürdürülebilir kentlerde yaşamaktır. Bu nedenle kentsel çevrelerin insanlar tarafından etrafa rahatlıkla atıkları küçük çöp olarak tabir edilen atıklardan korunması gerekmektedir. CB’ler bu tür çöplerin önemli bir kısmını oluşturmaktadır ve tehlikelidir. CB kirliliğini önlemek ve bu atıkları azaltmak için bireysel davranış ve farkındalık, kurumsal politikalar, yasal düzenlemeler ve teşvikler, yerel altyapı çözümleri, yenilikçi ve teknolojik çözümler olarak beş temel başlıkta çalışmalar yapılabilir. Bu öneriler şu şekildedir:

- **Bireysel Davranışlar ve Farkındalık Çalışmaları**

Sigara tüketicilerinin etrafa CB atma davranışından vazgeçmeleri CB’leri çöp olarak kabul etmeleri , CB’lerin biyolojik olarak parçalanamaz olduğunu ve içerdikleri selüloz asetat liflerin doğada 30 yıla kadar kalabildiğini, CB’lerin tehlikeli atık olduğunu, CB’leri tamamen söndürmeleri gerektiğini aksi taktirde ormanlık alanlarda yangın riski oluşturduğunu öğrenmeleri gerektiği, bunun için CB’leri toplama çalışmaları ile farkındalığın artırılmasına aracı olan örnek sosyal sorumluluk projeleri yapılması, cep küllükleri taşımanın yaygınlaştırılması, sosyal medya aracılığı ile CB’lerin zararlı etkilerinin paylaşılması

- **Kurumsal Politikalar**

Sigara üretici sektörlerin sigara paketleri üzerine CB'lerin doğada çözünemez olduğunu, tehlikeli atık olduğunu, çevreyi ciddi derecede kirlettiğini belirleten uyarılar koyması, filtrelerin biyobozunur malzemelerden üretilmesi yönünde Arge çalışmaları yapması, ülkemizde kurumsal iç mekanlarda sigara içmek yasak olmasıyla birlikte çalışanların konu ile ilgili eğitilerek ofis dışı CB kirliliğinin önlenmesi hususunda çevre bilincinin artırılması, turistik oteller ve tatil köylerinde taşınabilir cep küllüklerinin verilmesi

- **Altyapı ve Yerel Çözümler**

Parklar ve plajlarda sigara tüketiminin tamamen yasaklanması, çöp kutusu sayısının artırılması, çöp kutularına yönlendiren ve CB'lerin tehlikeli atık olduğunu yazan zemin işaretlemeleri kullanılması, şeffaf kutular gibi görsellerinde düzenlemeler ve ışıklandırmalar yapılarak çöp kutularının cazip hale getirilmesi, yağmur suyu drenajlarına CB'lerin denize ulaşmasını engelleyen mekanizmalar yerleştirilmesi, kirliliğin yoğun olduğu alanların gönüllülerce yerel yönetimlere mobil uygulamalarla bildirilmesi

- **Yasal Düzenlemeler ve Teşvikler**

CB'lerin çevreye atılmasının yasaklanması ve cezai yaptırımların artırılması, denetimlerini sıkılaştırılması, depozito sistemleri oluşturulması, CB kirliliğini önlemiş yerel yönetimlere veya işletmelere çevre ödülleri verilmesi, örneğin mavi bayraklı kentsel alanların kamuya ilan edilmesi, CB toplama sistemi kuran işletmelere vergi indirimi uygulanması

- **Yenilikçi ve Teknolojik Çözümler**

CB'lerin inşaat tuğlalarında dolgu malzemesi olarak kullanılması yol yapımında asfaltlama işlemlerinde asfalt katkı malzemesi olarak kullanılması, filtrelerdeki plastiğin geri kazanımı, ses yalıtım malzemesi üretilmesi veya CB'lerin kontrollü yüksek ısıda yakılarak enerjiye dönüştürülmesi gibi geri dönüşüm ve geri kazanım yollarının devreye alınması ve doluluk oranını yerel yönetimlere bildiren sensörlü CB çöp kutuları kullanılması

KAYNAKLAR

- Acarer Arat, S., 2024. A review on cigarette butts: Environmental abundance, characterization, and toxic pollutants released into water from cigarette butts. *Science of the Total Environment*, 928:172327.
- Aeslina, A., Mohajerani, A., 2012. Leachability of heavy metals from fired clay bricks incorporated with cigarette butts. In: 2012 IEEE Symposium on Business. Engineering and Industrial Applications, IEEE. pp. 872–877.
- Araújo, M.C.B., Costa, M.F., 2019. A critical review of the issue of cigarette butt pollution in coastal environments. *Environmental Research*, 172, 137-149.
- Asensio-Montesinosa, F., Anfuso, G., Randerson P., Williams, A.T., 2019. Seasonal comparison of beach litter on Mediterranean coastal sites (Alicante, SE Spain). *Ocean and Coastal Management*, 181:104914.
- Babaei, N., Kabirinia, F., Nahafpoor, A.A., Bonyadi, Z., 2025. Assessment of cigarette butt pollution and its Spatial distribution in Northeastern Iran. *Scientific Reports*, 15:26314.
- Belzagui, F., Buscio, V., Gutierrez-Bouzan, C., Vilaseca, M., 2021. Cigarette butts as a microfiber source with a microplastic level of concern. *Science and Total Environment*, 762: 144165.
- Bustos, M.L., Ferrelli, F., Lefiu, F.A.A., Perillo, G.M.E., Piccolo, M.C., 2025. Cigarette butt pollution on a mesotidal Argentine beach: spatial patterns. environmental drivers and implications for coastal management. *Ocean and Coastal Research*, *Ocean and Coastal Research*, 73:25040.
- Chevalier, Q., El Hadri, H., Petitjean, P., Bouhnik-Le Coz, M., Reynaud, S., Grassl, B., Gigault, J., 2018. Nano-litter from cigarette butts: environmental implications and urgent consideration. *Chemosphere* 194, 125-130.
- Conradi, M., Sánchez-Moyano, J. E., 2022. Toward a sustainable circular economy for cigarette butts the most common waste worldwide on the coast. *Science of the Total Environment*, 847: 157634.
- Darabi, K., Hassani, G., Alinejad, N., Badeenezhad, A., 2023. Spatial and temporal variation of CBPI and leakage of heavy metals from cigarette butts into the urban environment. *Scientific Reports*, 13:1424.
- Demirci, A., Alver, E. 2013. Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in cigarette filter tar by means of hollow-fiber liquid phase microextraction-hplc-uv system. *Journal of Liquid Chromatography & Related Technologies*, 36(5): 628-647.
- Díaz-Mendoza, C., Arias Ordiales, P., Bustos, M.L., Cervantes, O., Palacios-Moreno, M., Vera San-Martin, T., Kloc Lopes, G., Vallejo, M., Mouthon-Bello, J., Guti´errez, L., 2023. Abundance and distribution of cigarette butts on the sand of five touristic beaches in Latin America during the COVID-19 pandemic. *Marine Pollution Bulletin*, 194: 115306.
- Dieng, H., Rajasaygar, S., Ahmad, A.H., Ahmad, H., Rawi, C.S.M., Zuharah, W.F., Satho, T., Miake, F., Fukumitsu, Y., Saad, A.R., 2013. Turning cigarette butt waste into an alternative control tool against an insecticide-resistant mosquito vector. *Acta Tropica*, 128, 584–590.

- Dobaradaran, S., Schmidt, T. C., Lorenzo-Parodi, N., Jochmann, M.A., Nabipour, I., Raeisi, A., Stojanovi, N., Mahmoodi, M., 2019. Cigarette butts: An overlooked source of PAHs in the environment. *Environmental Pollution*, 249, 932-939.
- Dobaradaran, S., Schmidt, T.C., Lorenzo-Parodi, N., Kaziur-Cegla, W., Jochmann, M.A., Nabipour, I., Lutze, H.V., Telgheder, U., 2020. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) leachates from cigarette butts into water. *Environmental. Pollution*, 259:113916
- Dobaradaran, S., Schmidt, T.C., Kaziur-Cegla, W., Jochmann, M.A., 2021. BTEX compounds leachates from cigarette butts into water environment: a primary study. *Environmental Pollution*, 269: 116185.
- Dobaradaran, S., Mutke, X.A.M., Schmidt, T.C., Swiderski, P., De-la-Torre, G.E., Jochmann, M.A., 2022. Aromatic amines contents of cigarette butts: fresh and aged cigarette butts vs unsmoked cigarette. *Chemosphere*, 301:134735.
- Dobaradaran, S., Schmidt, T.C., Mutke, X.A.M., De-la-Torre, G.E., Telgheder, U., Kerpen, K., Plonowski, M., 2023. Aromatic amines leachate from cigarette butts into aquatic environments: is there risk for water organisms? *Environmental Research*, 216:114717.
- Dobaradaran, S., Telgheder, U., De-la-Torre, G.E., Rockel, S.P., Mutke, X.A.M., Schmidt, T.C., 2024. Elucidating nicotine transfer into water environments via cigarette butt remaining parts. *Environmental Pollution*, 341:122943.
- Felipe da Silva, N., de Araújo, M. Christina Barbosa, Silva-Cavalcanti, J. Santos, 2023. Spatio-temporal distribution of cigarette butt contamination in urban beaches with varying levels of use. *Waste Management*, 168, 179-188.
- Galazyn-Sidorczuk, M., Brzoska, M. M., Moniuszko-Jakoniuk, J., 2008. Estimation of polish cigarettes contamination with cadmium and lead, and exposure to these metals via smoking. *Environmental Monitoring and Assessment*, 137 (1-3): 481-493.
- Ghasemi, A., Mofrad, M.M.G., Parseh, I., Hassani, G., Mohammadi, H., Hayati, R., Alinejad, N., 2022. Cigarette butts as a super challenge in solid waste management: a review of current knowledge. *Environmental Science and Pollution Research*, 29:51269-51280.
- Gholami, M., Torkashvand, J., Kalantari, R.R., Godini, K., Jafari, A.J., Farzadkia, M., 2020. Study of littered wastes in different urban land-uses: An 6 environmental status assessment. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 18, 915-924.
- Green, A.L.R., Putschew, A., Nehls, T., 2014. Littered cigarette butts as a source of nicotine in urban waters. *Journal of Hydrology*, 519, 3466-3474
- Hanafin, J., Clancy, L., 2015. *History of Tobacco Production and Use*, Editors: Loddenkemper, R., Kreuter, M., The Tobacco Epidemic, 2. Edition, Basel, Karger, Dublin, Ireland.
- Hazbehian, M., Mokhtarian, N., Hallajisani, A., 2022. Converting cigarette butts into valuable products using the pyrolysis process. *Global Journal of Environment Science and Managment*, 8(1), 133–150.
- Howlader, M., Selim, A., Shuvo, S.N.A., Islam, M.M., 2023. Evaluating cigarette butt pollution: Insights from Cox's Bazar Sea beach of Bangladesh. *Marine Pollution Bulletin*, 197:115705.
- Huang, H., Liang, H., Liu, X., Yu, Y., 2014. Determination of vocs in cigarette tipping paper by hs-gc/ms. *Acta Tabacaria Sinica*, 20(1), 15-20.
- Katarzyte, M., Balciunas, A., Haseler, M., Sabaliauskait, V., Lauciute, L., Stepanova, K., Nazzari, C., Schernewski, G., 2020. Cigarette butts on Baltic Sea beaches: monitoring, pollution and mitigation measures. *Marine Pollution Bulletin*, 156(8):111248.

- Koop, C.E., 2004. Tobacco: The public health disaster of the twentieth century, , Editors: Boyle, P., Gray, N., Henningfield, J., Seffrin, J., Zatonski, W., Tobacco and Public Health: Science and Policy, First Edition, New York, ABD.
- Kowalski, R., Wiercinski, J., 2009. Mercury content in smoke and tobacco from selected cigarette brands. *Ecological Chemistry and Engineering S*, 16(2): 155-162.
- Kungskulniti, N., Charoenca, N., Hamann, S.L., Pitayarangsarit, S., Mock, J., 2018. Cigarette waste in popular beaches in Thailand: high densities that demand environmental action. *International Journal of Environmental Research Public Health*, 15(4): 630.
- Marah, M., Novotny, T.E., 2011. Geographic patterns of cigarette butt waste in the urban environment. *Tobacco Control*, 20, 142–144.
- Martinez-Ribes, L., Basterretxea, G., Palmer M, Tintore, J., 2007, Origin and abundance of beach debris in the Balearic Islands. *Scientia Marina*, 71(2), 305-314.
- Mghili, B., Lamine, I., Bouzekry, A., Gunasekaran, K., Aksissou, M., 2023. Cigarette butt pollution in popular beaches of Morocco: Abundance, distribution, and mitigation measures. *Marine Pollution Bulletin*, 195:115530.
- Micevska, T., Warne, M.S.J., Pablo, F., Patra, R., 2006. Variation in, and causes of, toxicity of cigarette butts to a cladoceran and microtox. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 50, 205–212.
- Moerman, J., Potts, G., 2011. Analysis of metals leached from smoked cigarette litter. *Tobacco Control*, 20, 30-35.
- Mohammadi, H., Zardosht, Z., Moein, H., Hassani, G., 2024. The effect of climatic variables and techno-structural factors on the water pollution caused by nicotine leakage from littered cigarette butts. *Environmental Science and Pollution Research*, 31, 43704-43711.
- Moriwaki, H., Kitajima, S., Katahira, K., 2009. Waste on the roadside, ‘poi-sute’ waste: its distribution and elution potential of pollutants into environment. *Waste Management*, 29, 1192–1197.
- Motlagh, A.H., Alinejad, N., Kazembeigi, F., Torkashvand, J., Tashauoei, H.R., Fattahi, M. 2024. Quality variations of leachate resulting from cigarette filter recycling as a challenge for its management. *Scientific Reports*, 14:972.
- Nasab, A.Y., Oskoei, V., Rezasab, M., Alinejad, N., Hosseinzadeh, A., Kashi, G., 2022. Cigarette butt littering consequences: a study of pollution rate on beaches and urban environments. *Environmental Science and Pollution Research*, 29, 45396–45403.
- Nongdren, L., Parveen, N., Vanapalli, K.R., Cigarette butt littering as a potential source of water pollution and human health risk. 2024. *Journal of Environmental Chemical Engineering* 12: 114941.
- Novotny, T.E., Hardin, S.N., Hovda, L.R., Novotny, D.J., Mclean, M.K., Khan, S., 2011. Tobacco and cigarette butt consumption in humans and animals. *Tobacco. Control*, 20, 17–20.
- Novotny, T.E., Slaughter, E., 2014. Tobacco product waste: an environmental approach to reduce tobacco consumption. *Current Environmental Health Reports*, 1, 208–216.
- Patel, V., Thomson, G.W., Wilson, N., 2013. Cigarette butt littering in city streets: a new methodology for studying and results. *Tobacco Control* 22, 59-62.

- Pelit, F. O., Demirdogen R. E., Henden, E., 2013. Investigation of heavy metal content of turkish tobacco leaves, cigarette butt, ash, and smoke. *Environmental Monitoring and Assessment*, 185 (11): 9471-9479.
- Piccardo, M., Provenza, F., Anselmi, S., Broccoli, A., Terlizzi, A., Renzi, M., 2021. Use of SediquaSoft® to determine the toxicity of cigarette butts to marine species: a weather simulation test. *Journal of Marine Science and Engineering*, 9 (7), 734.
- Poppendieck, D., Khurshid, S., Emmerich, S., 2016. Measuring airborne emissions from cigarette butts: literature review and experimental plan. National Institute of Standards and technology, US Department of commerce: Gaithersburg, MA, USA.
- Ribeiro, V.V., Lopes, T.C., dos Santos Pinto, M.A., Pova, A.A., Correa, V.R., De-la-Torre, D.E., Dobaradaran, S., Green, D.S., Szklo, A.S., Castro, I.B., 2022. Cigarette butts in two urban areas from Brazil: Links among environmental impacts, demography and market. *Environmental Research* 213:113730.
- Sadiç, E., Çelik, T.A., 2025. Environmental hazards of light cigarette butts and filters: physiological, cytotoxic, and genotoxic assessment using the *Allium cepa* L. Assay. *Environmental Science and Pollution Research*, 32:8415-8425.
- Salehi Sedeh, M., Ehrampoush, M.H., Kashi, G., Hosseinzadeh, A., Ghale Askari, S., 2022. Spatial and temporal variations of tobacco waste pollution in our cities. *Arabian Journal of Geosciences*, 15:1285.
- Seco Pon. J.P., Becherucci. M.E., 2012, Spatial and temporal variations of urban litter in Mar del Plata. the major coastal city of Argentina Juan. *Waste Management*, 32, 343-348.
- Shen, M., Li, Y., Song, B., Zhou, C., Gong, J., Zeng, G., 2021. Smoked cigarette butts: Unignorable source for environmental microplastic fibers. *Science of the Total Environment*, 791:148384.
- Simeonova, A., Chuturkova, R., Yaneva, V., 2017. Seasonal dynamics of marine litter along the Bulgarian Black Sea coast. *Marine Pollution Bulletin*, 119, 110-118.
- Simeonova, A., Chuturkova, R., 2019. Marine litter accumulation along the Bulgarian Black Sea coast: Categories and predominance. *Waste Management* 84, 182-193.
- Slaughter, E., Gersberg, R.M., Watanabe, K., Rudolph, J., Stransky, C., Novotny, T.E., 2011. Toxicity of cigarette butts, and their chemical components, to marine and freshwater fish. *Tobacco Control*, 20, 25–29.
- Soleimani, F., Dobaradaran, S., De-la-Torre, G.E., Schmidt, T.C., Saeedi, R., 2022. Content of toxic components of cigarette. cigarette smoke vs cigarette butts: a comprehensive systematic review. *Science and Total Environment*. 813. 152667.
- Talio, M.C., Alesso, M., Acosta, M., Olsina R., Fernandez, L. P., 2013. Determination of cadmium in tobacco by solid surface fluorescence using nylon membranes coated with carbon nanotubes. *Talanta* 107: 61-66.
- Torkashvand, J., Farzadkia, M., Sobhi, H.R., Esrafil, A., 2020. Littered cigarette butt as a well-known hazardous waste: A comprehensive systematic review. *Journal of Hazardous Materials*, 383:121242.
- Torkashvand, J., Godini, K., Jafari, A.J., Esrafil, A., Farzadkia, M. 2021. Assessment of littered cigarette butt in urban environment, using of new cigarette butt pollution index (CBPI). *Science and Total Environment*, 769:144864.
- United Nations(UN), 2025. <https://sdgs.un.org/> Sustainable Development Goals Erişim Tarihi: 25.01.2026

- URL1, https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_tobacco Erişim tarihi: 29.12.2024
- URL2, <https://ourworldindata.org/grapher/tobacco-production> Erişim Tarihi: 10.03.2026
- URL3, https://assets.tobaccofreekids.org/global/pdfs/en/Global_Cigarette_Industry_2021, Erişim Tarihi:25.11.2025
- URL4, <https://www.statista.com/statistics/279577/global-consumption-of-cigarettes>, Erişim Tarihi: 25.05.2023
- URL5, <https://ash.org.uk/resources/view/tobacco-and-the-environment> 2021, Erişim Tarihi: 09.04.2026
- URL6, <https://tr.wikipedia.org/wiki/Pendik> Erişim Tarihi: 10.01.2026
- URL7, <https://veriportali.tuik.gov.tr/tr/databrowser/tuik/categories/> Erişim Tarihi: 20.11.2025
- URL8, <https://uyduharita.org/pendik-uydu-goruntusu/> Erişim Tarihi: 20.11.2025
- URL9, <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=ISTANBUL> Erişim Tarihi: 20.11.2025
- Valiente, R., Escobar, F., Pearce, J., Bilal, U., Franco, M., Sureda, X., 2020. Estimating and mapping cigarette butt littering in urban environments: A GIS approach. *Environmental Research*, 183, 109142.
- Vanapalli, K.R., Sharma, H.B., Anand, S., Ranjan, V.P., Singh, H., Dubey, B.K., Mohanty B., 2023, Cigarettes butt littering: The story of the world's most littered item from the perspective of pollution, remedial actions, and policy measures. *Journal of Hazardous Materials*, 453:131387.
- Wang, W. Finlayson-Pitts, B. J. 2003. Measurement of trace metals in tobacco and cigarette ash by inductively coupled plasma-atomic emission spectroscopy. *Journal of Chemical Education*, 80 (1): 83- 85.
- Wang, Y., Yao, X. Y., Li, D., Jin, X., Li, Q.C., Sun, B., Han, Y.H., Fan, L., Qi, Q.P., 2007. Determination of hg and as in cigarette filter components with hydride generation-atomic fluorescence spectrometry. *Tobacco Science and Technology*, 9, 41-45.
- Wright, S.L., Rowe, D., Reid, M.J., Thomas, K.V., Galloway, T.S., 2015. Bioaccumulation and biological effects of cigarette litter in marine worms. *Scientific Reports*, 5:14119.
- Wu, Y. P., Zhang, Q.F., Wang, L., Su, Z. B., He, B., Yang, G. Y., 2012. Determination of trace lead in cigarette paper by flame atomic absorption spectrometry. *Asian Journal of Chemistry*, 24 (1), 126- 128.
- World Health Organization (WHO), 2001. Advancing knowledge on regulating tobacco products. World Health Organization, Geneva.
- Yang, S., Gu, C., Jiao, Y., Yang, Q., 2023. Research on the presence of cigarette butts and their leaching of chemical pollutants and microparticles: the case of Dalian, China. *Frontiers in Marine Science* 10:1277402.
- Zafeiridou, M., Hopkinson, N.S., Voulvoulis, N., 2018. Cigarette Smoking: An Assessment of Tobacco's Global Environmental Footprint Across Its Entire Supply Chain. *Environmental Science and Technology*, 52, 8087-8094.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı:	Seher KÜÇÜKFARSAK
Doğum tarihi:	
Doğum Yeri:	
Uyruğu:	
Adres:	
Tel:	
E-mail:	
Eğitim	
Lise:	Şehit Öğretmen Orhan Gök Anadolu Lisesi, Kadirli/Osmaniye
Lisans:	Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü
Yüksek lisans:	Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı
Doktora:	-
Yabancı Dil Bilgisi	
İngilizce:	-
Üye Olunan Mesleki Kuruluşlar	
-	
Tezden Üretilmiş Yayınlar	
- Küçükfarsak, S., Acar, F.N., Assessment of cigarette butt pollution: a coastline example. 14. <i>International GAP Summit Scientific Research Congress</i> , 1-3 December 2025, Gaziantep, TÜRKİYE	