



COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

Akıllı Şehir Rehberlik Uygulamaları Projesi

ÇEVRE KİRLİLİĞİ İZLEME SİSTEMİ UYGULAMASI

AKILLI ŞEHİR UYGULAMA REHBERLİK KILAVUZU

T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı © 2024

Tüm hakları saklıdır. T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın izni olmadan bu belgenin hiçbir kısmı elektronik ya da mekanik yollarla (fotokopi, kayıtların ya da bilgilerin arşivlenmesi, vs.) çoğaltılamaz.

T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı © 2024

KISALTMALAR

AB	Avrupa Birliği
BTEX	Benzen, Tolüen, Etil benzen, Ksilen
CO	Karbon Monoksit
CO2	Karbon Dioksit
ÇED	Çevresel Etki Değerlendirmesi
DSÖ	Dünya Sağlık Örgütü
EPA	Environmental Protection Agency / Çevreyi Koruma Ajansı (A.B.D.)
GHG	Greenhouse Gases /Sera Gazları
GSM	Global System for Mobile Communications
HC	Hidrokarbonlar
H2S	Hidrojen sülfid
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers / Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü
IoT	Internet of Things / Nesnelerin İnterneti
KB	Koku Birimi
LoRa	Long Range
LTE	Long-Term Evolution (4G iletişim altyapısı)
NB-IoT	Narrowband IoT
NH3	Amonyak
NOX	Azot Oksitler
NO2	Azot Dioksit
O3	Ozon
PM10	Partikül Madde (çapı 10 µm (mikrometre)'den daha küçük olan)
PM2.5	Partikül Madde (çapı 2,5 µm (mikrometre)'den daha küçük olan)
RSHM	Refik Saydam Hızlısıhha Merkezi
SO2	Kükürt Dioksit
UHKİA	Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı
VOC	Volatile Organic Compounds / Uçucu Organik Bileşikler

ÇEVRE KİRLİLİĞİ İZLEME SİSTEMİ UYGULAMASI REHBERLİK KILAVUZU

Bu kılavuz, akıllı şehir uygulamalarından olan "Çevre Kirliliği İzleme Sistemi Uygulaması" yapmak isteyen kurum ve kuruluşlara, projenin geliştirme ve uygulama aşamalarında destekleyici rehber doküman olması amacıyla hazırlanmıştır.

Kılavuzda uygulamaya yönelik bir vaka üzerinden aşamalı ve detaylı olarak açıklama yapılmıştır.

Rehberlik kılavuzu ile uygulamanın projelendirilmesine ve fizibilite çalışmalarının yapılmasına destek olunması hedeflenmektedir.

1. Uygulamanın Tanımı

"Çevre Kirliliği İzleme Sistemi Projesi", hava kalitesi, çevresel gürültü seviyesi, toprak kirliliği ve koku ölçümleriyle zararlı düzeydeki kirlilik ve gürültünün tespit edilmesini ve bu alanlarda ihlallerin önlenmesini amaçlar. Projede, hava kirliliği, gürültü, koku ve toprak kirliliği gibi çevre ve sağlık üzerinde olumsuz etkileri olan faktörlerin izlenmesi, ölçülmesi, analiz edilmesi ve kontrol edilmesi yer alır. Bu sayede, hava kirliliği, koku, toprak kirliliği ve gürültü kaynaklarının kontrol altına alınması ve özellikle bu ihlallere maruz kalma düzeylerinin insan sağlığına zararlı etkilerinin önlenmesi hedeflenir.

1.1. Projenin Adı, Uygulama Yeri ve Süresi

- Çevre Kirliliği İzleme Sistemi uygulaması projesinin hazırlık aşamasında ilk olarak projenin adı belirlenir.
- Proje adı belli olduktan sonra projenin uygulama alanı, büyüklüğü ve yapısı belirlenerek projenin ne kadar sürede biteceği planlanır.
- Proje uygulamaya alınmadan önce projenin tanıtıcı özeti olan Akıllı Şehir Proje Yönetimi Standartları kapsamındaki Proje Fişi hazırlanır.

Örnek Vaka	
Proje Adı	Çevre Kirliliği İzleme Sistemi Uygulaması Projesi
Uygulama Alanı	1000 Ha yerleşim alanı – 200.000 kişi
Proje Süresi	Proje süresi en az 10-12 aydır.

Akıllı Şehir Proje Fişi, Akıllı Şehir Proje Yönetimi Standartları kapsamında hazırlanmış olup dokuman www.akillisehirler.gov.tr adresinde yayınlanan Akıllı Şehir Bilgi Paylaşım Portalı'ndan erişilebilmektedir.

1.2. Proje Teknik Bileşenleri

Çevre Kirliliği İzleme Sistemi projesi kapsamında gürültü ve hava kirliliği ölçümleri için bunlarla ilgili istasyonlar kurulmalıdır. Ayrıca teknik bileşenlerinden en önemlisi koku, gürültü ve hava kalitesini ölçebilen sensörlerin bir arada kullanıldığı sensörlerdir.



Şekil 1. Direklere asılabilen ölçüm istasyonları [1]

Şekil 1'de gösterilen ölçüm istasyonları, verileri toplamak için direklere asılarak kullanılır ve eski teknolojilere göre daha az alan kaplar. Bu istasyonlar, gürültü ve hava kirliliği ölçümü yapabilenlerin yanı sıra koku, gürültü ve hava kirliliğini ölçebilen sensörlere sahip kompakt istasyonları da içerir. Verilerin hangi aralıklarla ölçüleceği, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın verilerine uygun olarak akıllı şehir uygulama alanına göre belirlenecektir. Özellikle Organize Sanayi Bölgesi gibi alanlarda, hava kalitesini olumsuz etkileyen ve gürültüye neden olan kaynakların yoğunluğu nedeniyle sensörlerin doğru ölçüm yapabilmesi için sıklıkları uygun olacaktır. Uzaktan kontrol edilebilen dedektörler, sensörler ve cihazlar, ihlallerin hızlı bir şekilde tespit edilmesini sağlamak için entegre edildikleri sistemde çalışacaktır.

1.3. Proje Girdileri

Çevre Kirliliği İzleme Sistemi için proje girdileri şunlardır:

- Projenin gerçekleşeceği şehir/mahalle/bölge/yaşam alanı planları ve haritaları
- Sokak lamba direkleri
- Hava kirliliği ve gürültü ölçen sensörler
- Sensörler (hava kalitesi)

- Toprak ve koku tespit sistemleri
- Sensörler (koku)
- Detektörler
- Analiz Yazılımları (ölçüm istasyonları ve sensörlerden gelen verileri yorumlayan yazılım)
- Operasyon ve İzleme Merkezi (Sunucular, Network ve İnternet iletişim altyapısı, İzleme Ekranları)
- IoT cihazları
- Siber güvenlik alt yapısı
- Çevre Kirliliği İzleme Sistemi
- Platformun kurulacağı (sanal) sunucu
- Kurulum ekipmanları (vinç, sepet)

1.4. Beklenen Çıktılar

Çevre Kirliliği İzleme Sistemi projesi kapsamında beklenen çıktılar:

- Uzaktan takip edilebilen sensörler, IoT cihazları ve detektörleri yöneten merkezi platform
- Çevre kirliliği izleme sistemi platformuna bağlantılı sensörler, IoT cihazları ve detektörler
- Sensörler, IoT cihazları ve detektörleri uzaktan yöneten programlar
- Çevre kirliliği sensörleri, IoT cihazları ve detektörler ile tespit edilen kent/mahalle/bölge/yaşam alanları
- Çevre kirliliği izleme sistemi platformu ve donanımları sayesinde sağlanan halk sağlığı devamlılığı, enerji tasarrufu, maliyet azalması ve operasyon tasarrufu, çevre olumsuzluklarının önlenmesi, çevre kirliliğinin önlenmesi

1.5. Projenin performans göstergeleri

Çevre Kirliliği İzleme Sistemi projesinin performans göstergelerinin amacı, proje performansının izlenmesi, analiz edilmesi ve değerlendirilmesi için bir çerçeve sağlamaktır. Bu göstergeler, proje yöneticilerine, yüklenicilere ve diğer ilgili taraflara projenin ilerlemesi hakkında net bir görünüm sağlar. Bu performans göstergeleri sayesinde, projenin başarısını ölçmek ve gerekli düzeltici önlemleri almak için gereken veriler elde edilir. Çevre Kirliliği İzleme Sistemi projesinin performans göstergeleri şunlardır:

- NO₂, NO, CO, O₃, SO₂, H₂S, PM₁₀, PM_{2.5}, PM_{1.0} atmosferik basınç, bağıl nem, sıcaklık
- Gürültü seviyesi
- Koku emisyonları
- Toprak kirliliği seviyeleri
- Kent sakinlerinin memnuniyet seviyesi

- Sensör, IoT cihazları ve detektör sayıları
- Merkezi sistem ile donanımlar (Sensör, IoT cihazları ve detektör) arasında iletişim süresi
- Operasyon maliyetlerinde %30 – 40 düşüş
- Sera gazının azaltılması

2. Proje Kapsamı ve Gerekçe

2.1. Proje Kapsamı

Çevre kirliliği izleme sistemi projeleri, hava kalitesi, su kalitesi, toprak kirliliği, gürültü ve benzeri çevresel faktörlerin izlenmesi, ölçülmesi ve analiz edilmesini amaçlar. Bu proje, çevresel parametrelerin sürekli takibi için sensör ağları ve ölçüm istasyonları kullanarak veri toplar. Elde edilen verilerin analizi ve raporlanması, çevre kirliliği ve sağlık üzerindeki olumsuz etkilerin belirlenmesi ve önleme çalışmalarının yönlendirilmesi için önemlidir. Ayrıca, bu sistemler, çevresel ihlallerin tespit edilmesi ve yerel yetkililere bildirilmesi için erken uyarı mekanizmalarını içerebilir.

Bu sistemler, çevresel kirlilikle ilişkili yönetmeliklerde belirlenen hedef değerlerle yapılan ölçümleri karşılaştırır ve değerlendirerek, standartları aşan değerlerde sorunları bildirir. Bu ihlal tespitleriyle, olumsuzlukların önlenmesi için ilk analiz yapılır. Bu sayede, hedef değeri aşan bileşenlerin kaynakları tespit edilerek, önlemler alınır ve ihlaller engellenir. Proje, insan sağlığını tehdit eden hava kirliliği, gürültü, toprak kirliliği ve koku gibi faktörlerin yönetimiyle hem halk sağlığına hem de ekonomiye fayda sağlamayı amaçlar.

Proje süresi, kurulum yapılacak alana ve kullanılacak istasyon, detektör ve sensör sayısına bağlı olarak belirlenir. Bu kılavuzda ele alınacak örnek vakaya göre, 1.000 hektar (10.000.000 m²) büyüklüğünde, 200.000 kişinin ikamet ettiği, 65.000 konutluk bir yerleşim yeri temel alınmaktadır. Tüm hesaplamalar buna göre yapılmıştır. Proje kapsamında, gürültü, hava kirliliği ve koku için çok işlevli ölçüm istasyonları kullanılarak maliyeti düşürülmesi ve çevresel görüntü kirliliğinin azaltılması hedeflenmektedir. Bu alanda en az 2-3 adet Dış Ortam Hava Kalitesi İzleme Sistemi, 2-3 adet Koku Emisyonları İzleme Sistemi ve 2-3 adet Ortam Hava Partikül Monitörü kullanılması planlanmaktadır. Dış Ortam Hava Kalitesi İzleme Sistemi aynı zamanda gürültü ölçme özelliğine de sahiptir. Bu şekilde, daha az sayıda sensör ve izleme istasyonu ile birden fazla parametre takip edilebilecektir.

2.2. Proje Gerekçesi

Çevre Kirliliği İzleme Sistemi projelerinin gerekçesi, çevresel kirlilik kaynaklarının tespit edilmesi, çevre kalitesinin izlenmesi ve kontrol edilmesi, insan sağlığının korunması ve yaşam koşullarının iyileştirilmesidir. Bu projeler, çevresel faktörlerin (hava kirliliği, su kirliliği, toprak kirliliği, gürültü, koku

vb.) etkilerini takip ederek, olumsuz etkilerin belirlenmesini ve gerekli önlemlerin alınmasını sağlar. Çevre kirliliği izleme sistemleri, çevresel yönetmeliklerin uygulanmasını destekler ve hedeflenen çevre kalitesine ulaşılmasını sağlar. Ayrıca, bu projelerle çevre kirliliği kaynaklarının kontrol altına alınması ve çevreyle uyumlu sürdürülebilir bir yaşam ortamının sağlanması amaçlanır.

Amaçlar:

- Hava, gürültü, toprak gibi kirliliklerin tespitini sağlamak
- Çevrenin olumsuz etkilenmesine ve bölgede yaşayan insanların rahatsız olmasına neden olan kokuların tespitini sağlamak
- İşletme ve operasyon maliyetlerini en aza indirmek
- Enerji tasarrufuna katkıda bulunmak
- Halkın memnuniyetini artırarak onlara bulunmaktan keyif aldıkları sağlıklı mekânlar sunmak
- Hava, gürültü, koku ve toprak kirliliği için toplanılan verilerin takibini sağlayıp bu kirlilikler kaynaklı oluşan halk sağlığı sorunlarını azaltmak
- Yukarıda bahsedilen bu kirlilikler sebebiyle yapılan masrafları azaltmak
- Dünyada ciddi bir sorun haline gelen hava kalitesi sorununa çözüm üretmek

Hedefler:

- Projenin gerekçesi, çevre kirliliğiyle ilgili yönetmeliklerde belirlenen hedef değerlerin izlenmesi ve aşıldığında bildirim yapılmasıyla sorunlu bölgelerin tespit edilmesidir.
- Toprak kalitesinin ölçülerek olumsuzlukların engellenmesi, bitki örtüsü ve tarım için önemlidir.
- Kokunun etkisiyle yaşam kalitesinin düşmesinin azaltılması ve vatandaşların olumsuz etkilenmesinin önlenmesi hedeflenmektedir.
- Proje, operasyonel verimliliği artırarak maliyetlerin düşürülmesini hedeflemektedir.
- Paris Anlaşması'nda 2030'a kadar Niyet Edilen Ulusal Katkı Beyanının (INDC) izlenmesi ve %21 olarak belirlenen artıştan azalım hedefinin [2] gerekli ölçümler ve analizler yapılarak gerçekleşmesini sağlamak
- Gürültü ve çevresel gürültü yönetimi için izleme, ölçme ve analizler yapılması hedeflenmektedir.
- Sera gazı salınımının azaltılması ve küresel ısınma önlemleri projenin amaçları arasındadır.
- Vatandaş memnuniyetinin artırılması ve bilinç düzeyinin yükseltilmesi için anketler ve iletişim çalışmaları yapılması hedeflenmektedir.
- Fiziksel ve sağlık problemlerinin önlenmesi, hava kirliliği, gürültü, koku ve toprak kirliliğiyle mücadele edilmesi amaçlanmaktadır.

2.3. Mevcut Durum

2.3.1. Proje konusu ile ilgili dünyada mevcut durumun tespiti

- Çevre Kirliliği İzleme Sistemi uygulamalarına yönelik dünyadaki güncel trendler incelenir.
- Bu trendlere bağlı güncel teknoloji, yazılım, otomasyon, ekipman, yapı, ürün vs. incelenir.

Bu bölümde dünyadaki farklı ve birbirinden bağımsız bir şekilde çalışan akıllı şehir uygulamalarına yer verilmektedir:

2.3.1.1. Hava Kalitesi İzleme Konusundaki Uygulamalar:

Avrupa Birliği Ufuk 2020 çerçevesinde geliştirilen bir projede, hava kirliliği izleme istasyonlarının yüksek yatırım maliyeti nedeniyle sayılarının sınırlı olduğu ifade edilmektedir. Geleneksel yöntemlerle şehirlerde kurulan az sayıda pahalı izleme istasyonlarının, vatandaşların hava kalitesi farkındalığıyla ilişkisiz olduğu düşüncesiyle karşılaşıldığı belirtilmektedir. Bu nedenle, düşük maliyetli hava kirliliği sensörlerinin ilgi gördüğü ve daha fazla kullanıldığı aktarılmaktadır. Bu sensörler, hava kirliliği izleme maliyetini düşürdüğü ve teorik olarak birçok yerde kullanımını mümkün kıldığı ifade edilmektedir [3].

Dünya çapında, hava kalitesi ölçümünde belirli noktalara yerleştirilen sınırlı sayıdaki hava izleme istasyonlarının yerini daha kompakt ve küçük sensörler almıştır. Örneğin, Londra'da gerçekleştirilecek olan "Breathe London" projesiyle 2021 yılından itibaren 100'den fazla hava kalitesi sensörünün finansmanı ile Londra genelinde hava kirliliği ölçümleri yapılacak şekilde organize edilmektedir [4]. Bu projede, Londra halkı, uygun maliyetli hava kalitesi izleme ağına "katılarak" istedikleri bölgelerde sensörleri kullanma imkanına sahip olacaklardır. Bu yeni ağ, mevcut yüksek kaliteli referans monitörlerinin üzerine eklenerek Londra'nın çoğu ilçesini kapsayacaktır. Proje, güvenilir hava kirliliği verilerinin sunulmasının yanı sıra ölçüm maliyetlerini önemli ölçüde azaltmayı hedeflemektedir.

2.3.1.2. Gürültü İzleme Konusundaki Uygulamalar:

Havaalanı ve jet uçaklarının çıkardığı yüksek seslerin 120-140 dB olarak gürültü düzeyleri sıralamasında ilk sırada yer almakta olduğu araştırmalarca kanıtlanmıştır. Bunun yanında, sanayi bölgelerinde ve inşaatlarda çıkan gürültüler kullanılan yüksek performanslı iş makineleri yüzünden gerçekleşmektedir. Sanayi alanları ve iş makineleri insanların yoğun yaşadığı kentsel alanlarda da çalışmaktadır. Dolayısıyla yaklaşık olarak 100 dB'in üzerine çıkan bu sesler, çevreye ciddi miktarda gürültü kirliliği oluşturmaktadırlar. Bunun yanında, kent içindeki eğlence merkezleri ya da düğün salonları gibi mekanlarda gerekli yalıtımlar yapılmadığı takdirde, yine gürültü kirliliğine katkıda bulunmuş olunacaktır. Siyasi propagandalar kaynaklı veya ticari amaçlı ortaya çıkarılan yüksek sesler de gürültü kirliliğine etkisi olan seslerdir.

Hızlı kentleşme sebebiyle kentler gittikçe yoğunlaşmakta ve farklı ihtiyaçlara cevap veren farklı kullanımlar nedeniyle gürültü kirliliği bir sorun olarak görülmemektedir. Bir başka deyişle, insanlar gürültüyü kent yaşamının bir parçası olarak görmekte ve eğlence mekanları, ticari duyurular veya fabrikalar, havaalanları, arabalar gibi bu kirliliğe katkıda bulunan alanların sebep oldukları gürültüyü normalleştirmektedir. Kentin kapasitesinin artmasıyla, yeni konut veya servis alanı ihtiyacını karşılayabilmek için yeni inşaatlar yapılmakta, dolayısıyla gürültüye yapılan katkı artmaktadır. Kentin ihtiyaçlarına cevap vermek ve gerekli olana altyapıyı sağlamak şüphesiz ki önemlidir. Fakat dikkat edilmesi gereken konu, gürültü kaynağı olarak nitelendirilen alanların gerekli yalıtım özelliklerine sahip olmaması ve kent içinde yanlış konumlandırılmasıdır.

Öte yandan, gelişen teknoloji ile araçlarının motorlarının kapasitesinin artması veya uçakların motorlarının daha güçlü hale getirilmesi beraberinde daha kısa sürede yol alma gibi avantajlar getirmektedir. Ancak, yüksek motor gücüne sahip araçlar ile ses duvarını aşan uçaklar, çevreye de yüksek gürültü yaymaktadırlar [5].

Gürültü ölçümü için yeni nesil sensörler kullanılmakta ve birçok kentte bu uygulama yapılmaktadır. Aynı zamanda bireylerin şikayetleri üzerine de yetkili ekipler, şikâyet edilen alana gidip müdahale etmektedirler. Şikâyet edilen alanları kontrole giden yetkili personellerin o alanda yaptıkları ölçümler karşılaştırıldığında genellikle bazı sonuçlarla karşılaşmaktadır. Bunlar gürültü tespitinde kullanılan sensörlerin ve mikrofonların avantajları ve dezavantajları olarak düşünülebilir. Aşağıda bu avantaj ve dezavantajlara yer verilmektedir:

Tablo 1. Gürültü tespit sensörlerinin avantaj ve dezavantajları [1]

Avantajlar	Dezavantajlar
<ul style="list-style-type: none">● Batarya durumu hakkında platforma bilgi vermeleri ve düzenli sistem çalışması● Ölçüm yapan personelden kaynaklanan sorun oluşturmaması● Dijital olmaları sebebiyle yönetilebilir olmaları● Dayanıklılı olmaları● Düzenli ölçüm yapılması	<ul style="list-style-type: none">● Şikâyet üzerine değerlendirme ile ölçüme gidilmesi ve bazen sorun görülmemesi● Düşük kapasiteli bataryalar● Ölçüm yapan personelden kaynaklanan hatalar● Mikrofonun vücuda yakın tutulması nedeniyle gelen sesin emilmesi veya yansması● Ölçüm yapan kişi veya farklı nesnelerin gürültü kaynağı ile ses ölçerlerin arasında yer alması● Rüzgâr gürültüsü● Uzun süreli ölçümlerde ölçüm sisteminin akustik veya elektrik açısından düzenli olarak kontrol edilmemesi

Tablo 1'deki verilerden yola çıkarak, kentin gürültü potansiyeline sahip bölgelerinde sabit sensörler kurularak çok da etkili ölçümler yapılabilecektir. Doğru ölçümler, doğru aksiyonların alınmasına sebebiyet verecek ve mevcut sorunla daha etkili bir mücadele gerçekleştirilecektir.

2.3.1.3. Toprak Kirliliği İzleme Konusundaki Uygulamalar:

Toprak kirliliğinin ölçüm hakkında pek çok araştırma yapılmakta fakat bu ölçümler için gerek duyulan ekipmanların maliyeti çok yüksek miktarları bulabilmektedir. Öte yandan bu ölçüm sistemleri kurulması karmaşık sistemlerdir. Günümüz teknolojileri sayesinde toprağın sıcaklığını ve sahip olduğu nemin takibini sağlamak daha kolay bir şekilde mümkündür. Nesnelerin interneti, iletişim teknolojilerindeki hızlı gelişmeler ve sensörlerin boyutunun gittikçe küçülmesi daha az enerjiye gereksinim duyulmasını sağlamakta ve daha az maliyetli sistemlerin kurulabilmesini mümkün kılmaktadır. Gelişen bu teknolojiler toprağın sıcaklık ve nem gibi özelliklerinin ölçümü için hiyerarşik bir kablosuz sensör ağı kurulması gibi daha çok akıllı tarım uygulamalarında deneyimlenmektedir. Bahsedilen bu uygulamada, yerin altına tamamıyla yerleştirilmiş sensör düğümleri tasarlanmıştır [6].

ABD Çevre Koruma Ajansı (EPA) sanayi veya benzeri kullanımlarla kirlenmiş alanların temizlenip tekrar kullanılabilmesi için gerekli kontrolleri titizlikle yönetmektedir. Bu alanların gerekli temizlikler, denetim ve testler yapılmadığı takdirde çok ciddi sağlık sorunlarına sebep olmaktadır. EPA'nın 2007 yılında yapmış olduğu bir çalışma yetersiz temizleme sorunlarını belgelemektedir. Ayrıca, EPA çalışmalarında kullandığı hava fotoğrafları ile kirlenmenin boyutunu daha etkili bir şekilde tespit edebilmektedir. Bir bilimsel çalışmada, sahada toprak kirliliğini izlemek için hiperspektral teknolojisinin potansiyel bir araç olduğu belirtilmiştir [7]. 2013 yılında gerçekleştirilen bir araştırmada, her alanda hiperspektral verilerin Sivil Hava Devriyesi'nin Havadan Gerçek Zamanlı İşaretleme Hiperspektral Gelişmiş Keşif (ARCHER) sistemi kullanılarak toplandığı ifade edilmiştir. Ayrıca, toprak numuneleri laboratuvarında Analitik Spektral Cihazlar (ASD) ile işlenerek, potansiyel hidrokarbon, metal ve asbest imzaları için analiz edildiği belirtilmiştir. Bu uzaktan algılama yöntemi ile başarılı sonuçlar elde edilmiş olsa da, genel olarak yaygın olarak uygulanabilirliği hakkında tartışmalar bulunmaktadır.

2.3.1.4. Koku İzleme Konusundaki Uygulamalar:

Arıtma tesisleri, tavuk çiftlikleri, kimyasal madde üreten tesisler ve diğer endüstriyel tesislerin kokuya sebep olan emisyonları, dünya çapında önemli bir çevre sorunu haline gelmiştir. Bu emisyonlar, bölgede yaşayan vatandaşların rahatsızlık duymasına ve çevresel etkilere neden olan kirleticileri içermektedir. "Koku Kirlenmesi ve Biyolojik Atıkgaz Arıtma" gibi bilimsel çalışmalar, atıksu arıtma tesisleri, kompost tesisleri ve diğer örneklerde koku kirlenmesinin kompost biyofiltrelerle önlenmesi ve koku maddelerinin arıtılması için araştırmalar yapıldığını göstermektedir [8].

Dünya genelinde, çevre kirliliğiyle oluşacak zararları en aza indiren, maliyetleri azaltan ve halk ve çevre sağlığını önemseyen projelerin uygulandığı örneklerle çözüm için yoğun çalışmalar yapıldığı gözlemlenmektedir. Uzaktan ölçüm için yeni teknikler geliştirilmesi ve araştırma-geliştirme çalışmalarının devam ettiği belirtilmektedir.

2.3.2. *Proje konusu ile ilgili Türkiye’de mevcut durumun tespiti*

- Türkiye’deki mevcut Çevre Kirliliği İzleme Sistemi uygulamaları incelenir.
- Proje için gerek duyulan alanlarda hizmet alınabilecek firmalar belirlenir.

Çevre Kanunu'nun 14. maddesine dayanarak 1986 yılında çıkarılan Gürültü Kontrol Yönetmeliği, ülkemizde gürültü kirliliğinin azaltılması ve düzenlenmesi amacıyla ilk düzenlemeyi getirmiştir. Bu yönetmelik, gürültü kaynaklarının asgari düzeye indirilmesi için önlemler alınmasını ve belirlenen üst gürültü seviyelerinin aşılmamasını öngörmektedir. Avrupa Birliği Uyum Süreci uygulamaları kapsamında Avrupa Birliği Direktifini dikkate alarak 2005 yılında "Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği" ile değiştirilen bu yönetmelik, daha detaylı düzenlemeler getirmiş ve idari yaptırımları belirlemiştir. Ancak, ülkemizde gürültü ölçümleri genellikle şikayetlere dayanmaktadır. Şikâyet sonrasında kurumlar tarafından değerlendirme ve ölçüm yapılması süreci devam etmektedir. Sürekli izleme ve ölçüm yapan sistemler halk sağlığını korumak için oldukça sınırlıdır [1].

Hava kirliliği izleme süreci ülkemizde 1961 yılında başlamıştır. Başlangıçta Ankara'da Sağlık Bakanlığı'na bağlı Refik Saydam Hıfzıssıhha Merkezi tarafından kükürt dioksit ve partiküler madde konsantrasyonları günlük olarak izlenmiştir. Bu süreç, 1984 yılından itibaren saatlik ortalamalar veren tam otomatik cihazlar kullanılarak geliştirilmiştir. Daha sonra, hava kalitesini iyileştirmek amacıyla Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından 2005-2007 yılları arasında 81 ilde hava kalitesi ölçüm istasyonları kurulmuştur. Bu istasyonlarla birlikte İstanbul Büyükşehir Belediyesi, İzmir Büyükşehir Belediyesi, Refik Saydam Hıfzıssıhha Merkezi ve Kocaeli Dilovası Organize Sanayi Bölgesi'ne ait istasyonlar da Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı'na entegre edilerek Türkiye genelinde bir ağ oluşturulmuştur. 2015 ve 2016 yıllarında Samsun, Erzurum ve İzmir'de temiz hava merkezleri için yeni istasyonlar kurularak ağın kapasitesi artırılmıştır. Başlangıçta PM10 ve SO2 kirleticilerinin ölçümüyle başlayan ağa daha sonra NO, NO2, NOX, CO, O3, PM2.5 ve BTEX gibi kirleticilerin ölçümleri eklenmiştir. Ayrıca, ağda ağır metal örnekleme de gravimetrik yöntemle gerçekleştirilmektedir [1].

Hava kalitesi ölçüm verileri, istasyonlardan elde edilen saatlik ortalamalar şeklinde toplanmakta ve Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'na bağlı Veri İşletim Merkezi'nde izlenmektedir. Bu merkezde, veriler kalibrasyon ve alarm bilgileriyle birlikte doğrulama çalışmaları yapılmaktadır. Doğrulan verilerle dayanarak aylık ve yıllık raporlar hazırlanmakta ve ham veriler kamuoyuyla

“www.havaizleme.gov.tr” web sitesi üzerinden paylaşılmaktadır [9]. Türkiye, hava kalitesi sınır değerleri için Avrupa Birliği limit değerlerini hedeflemekte olup, bu değerlere kademeli olarak ulaşmayı planlamaktadır. 2024 yılında azot dioksit limit değerlerine ulaşmayı hedefleyen Türkiye, bu tarihten itibaren AB mevzuatını tüm kirletici parametreler için uygulamaya geçirecektir. Bu süreçte hedef, uluslararası standartlara uygun hava kalitesi sağlamaktır.

Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı (UHKİA), Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından yönetilmekte olup, ülkemizdeki tüm illerde hava kalitesi izlenmektedir. İzleme sonuçları, www.havaizleme.gov.tr web adresinde yayımlanarak kamuoyuna sunulmaktadır. Hava kalitesinin daha iyi değerlendirilmesi için hava kalitesi indeksi kullanılmaktadır. 7 bölgede yapılan Hava Kalitesi Ön Değerlendirme çalışmaları sonucunda ölçüm yapılması gereken kirleticiler belirlenmiştir. Etkin bir Hava Kalitesi İzleme Ağı yönetimi için Türkiye genelinde 5 bölgede Temiz Hava Merkezleri kurulmuştur. Ayrıca, 2013 yılında oluşturulan "Koku Oluşturan Emisyonların Kontrolü Hakkında Yönetmelik" ile koku ölçümü ve sınırları hakkında bilgilere yer verilmiştir. Koku şikayetlerinin değerlendirilmesi için yetkili merciyeye başvurulması gerekmektedir. Şikayetler, koku kaynağının tespiti ve önlemlerin alınıp alınmadığının denetimiyle sonuçlandırılmaktadır [10].

Türkiye'de çevresel gürültü kirliliğinin azaltılması ve kontrolü amacıyla yeni bir adım atılmıştır. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, beden ve ruh sağlığının korunması için gürültü sorununu ortaya koymak ve önlemler almak amacıyla gürültü haritaları ve eylem planları hazırlamaktadır. İstanbul, Kocaeli, Antalya, Balıkesir, Konya gibi 17 ilin çevresel gürültü eylem planları Belediye Başkanlıkları tarafından tamamlanmıştır. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği gürültüyle etkin mücadele için 87 laboratuvarın yetkilendirmiş ve ölçümlerin standartlara uygun ve doğru bir şekilde gerçekleştirilmesi için çalışmaktadır. Ayrıca Bakanlık, gürültü eylem planı çalışmalarında gürültünün çok yüksek olduğu alanların belirlendiğini ve eylem planı içerisinde bu sorunu azaltmak için kısa, orta ve uzun vadeli hedeflere de yer verildiğine belirtmiştir [11].

2.3.3. Daha önce yapılan çalışmaların başarı-başarısızlık durumlarının tespiti

- Çevre Kirliliği İzleme Sistemi için çeşitli uygulamaları gerçekleştiren kurum ve firmalarla bilgi-tecrübe-fikir alışverişi yapılır.
- Başarılı süreçler arasında kıyaslama yapılarak bölge için en uygun teknoloji, yapı, ekipman, otomasyon, yöntem ve ürün belirlenir.
- Süreç içerisindeki karşılaşılan olumlu ve olumsuz durumlara dair bilgi notları hazırlanır ve bilgi havuzuna eklenir.

Ülkemizde çevre kirliliği izleme sistemleri alanında daha önce yapılan çalışmalar, ses-gürültü, hava kirliliği, toprak kirliliği ve koku konularında farklı platformlarda ve daha küçük ölçekte

gerçekleştirilmiştir. Hava kalitesi izleme merkezleri şehirlerde sınırlı sayıda bulunurken, yurt dışında daha fazla sensörle ve daha geniş veri setleriyle çalışan örnekler mevcuttur. Gürültü ölçümleri ise genellikle şikâyet üzerine yapılmaktadır. Ülkemizde ve yurt dışında çevre kirliliği izleme sistemlerinin tüm bileşenlerinin entegre çalıştığı bir proje mevcut değildir. Yani, hava kirliliği, gürültü, koku ve toprak kirliliği gibi verilerin tek bir platform üzerinde toplandığı bir sistem bulunmamaktadır. Ancak, böyle bir entegre projenin hayata geçirilmesiyle operasyon maliyetlerinin azalması, halk sağlığının iyileşmesi ve sürdürülebilirlik sağlanması hedeflenmektedir.

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından oluşturulan Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği'nde bu konu şöyle ifade edilmektedir:

“Bakanlık ve il çevre ve orman müdürlükleri, belirli bir zaman dilimi içinde veya sürekli olarak aşağıdaki fıkralara göre hava kalitesini değerlendirir. Değerlendirilecek kirleticiler, kükürt dioksit, azot dioksit, azot oksitleri, partiküler madde, kurşun, benzen, karbon monoksit, ozon, arsenik, kadmiyum, nikel, benzo(a)piren ve ozon öncül maddeleridir. Kükürt dioksit, azot dioksit, azot oksitleri, partiküler madde, kurşun, benzen, karbon monoksit, arsenik, kadmiyum, nikel ve benzo(a)piren gibi kirleticiler için kirletici konsantrasyonunda önemli bir değişiklik meydana gelirse, her bir "bölge" veya "alt bölge'nin sınıflandırılması her beş yılda bir veya daha erken tekrar gözden geçirilir.” Bakanlığın ölçümünü yaptığı gazlara bakıldığında CO, NO₂, O₃, PM₁₀, PM_{2.5}, SO₂ yer almaktadır.” [12].

Dünyada kullanılan sensörler sayesinde NO₂, NO, CO, O₃, SO₂, H₂S, PM₁₀, PM_{2.5}, PM_{1.0}, atmosferik basınç, bağıl nem, sıcaklık ve gürültü gibi ölçümler az malzeme kullanılarak yapılabilmektedir. Özellikle yer altı maden ocakları, doğalgaz kaynakları, sondaj sahaları, kaplıcalar ve kanalizasyonlarda bulunan zehirli gaz olan H₂S'nin ölçümü yaşam alanları için önem taşır. Zehirli ve yanıcı olması nedeniyle H₂S'nin izlenmesi ve ölçülmesi, halk sağlığı açısından önemlidir. Türkiye'de ölçülen NO₂, azot oksit gazlarıyla ilgili hava kirliliği kapsamında önem taşımaktadır, ancak NO da azot oksit gazlarında bulunmaktadır. Bu gazlar genellikle fosil yakıt yakma tesislerinden kaynaklanır ve sera etkisi ile asit yağmurlarına neden olur. Türkiye'nin uluslararası anlaşmalara ve protokollere katılımı göz önüne alındığında, bu zararlı gazların ayrı ayrı ölçülmesi, kentsel yaşamın ve yoğun sanayileşmenin olduğu bölgelerde gereklidir.

Bunların yanında, Resmî Gazetede 06.06.2008 tarih ve 26898 sayılı yürürlüğe giren yönetmelikte belirtilen kirletici limit değerleri aşağıda gösterilmektedir [13][1]:

KİRLİTİCİ	Türkiye-Limit Değerler												Türkiye için AB Limit Değerlerinin Geçerli Olacağı Tarih	
	Süre	2014 Sınır Değer	2015 Sınır Değer	2016 Sınır Değer	2017 Sınır Değer	2018 Sınır Değer	2019 Sınır Değer	2020 Sınır Değer	2021 Sınır Değer	2022 Sınır Değer	2023 Sınır Değer	2024 Sınır Değer		
SO ₂		(µg/m ³)												
	saatlik	350+150	350+120	350+90	350+60	350+30	350	350	350	350	350	350	350	1 Ocak 2019
	24 saat	125+125	125+100	125+75	125+50	125+25	125	125	125	125	125	125	125	1 Ocak 2014
	Yıl ve üç	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	1 Ocak 2014
NO ₂	saatlik	200+100	200+80	200+60	200+40	200+20	200+10	200+5	200+3	200+2	200+1	200	200	1 Ocak 2024
	Yıl	40+20	40+18	40+16	40+14	40+12	40+10	40+8	40+6	40+4	40+2	40	40	1 Ocak 2014
NO _x	Yıl	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	1 Ocak 2014
PM10	24 saat	50+50	50+40	50+30	50+20	50+10	50	50	50	50	50	50	50	1 Ocak 2019
	Kıy dönem	40+50	40+40	40+30	40+20	40+10	40	40	40	40	40	40	40	
	Yıl	40+20	40+16	40+12	40+8	40+4	40	40	40	40	40	40	40	
Pb	Yıl	0.5+0.5	0.5+0.4	0.5+0.3	0.5+0.2	0.5+0.1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	1 Ocak 2019
CSH6	-	5+5	5+5	5+5	5+4	5+3	5+2	5+1	5	5	5	5	5	1 Ocak 2021
CO	8 saat	1000+6000	1000+4000	1000+2000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1 Ocak 2017
O ₃	8 saat	Hedef değer									120	120	120	1 Ocak 2022
	saatlik	Bilgi eşiği									180	180	180	
		uyan eşiği									240	240	240	
Arsenik	Yıl	Bir yılda PM10 frekansındaki toplam içerik için hedef değer						0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	1 Ocak 2020
Kadmilyum	Yıl							0,005	0,005	0,005	0,005	0,005		
Nikel	Yıl							0,02	0,02	0,02	0,02	0,02		
Benzo(a)piren	Yıl							0,001	0,001	0,001	0,001	0,001		

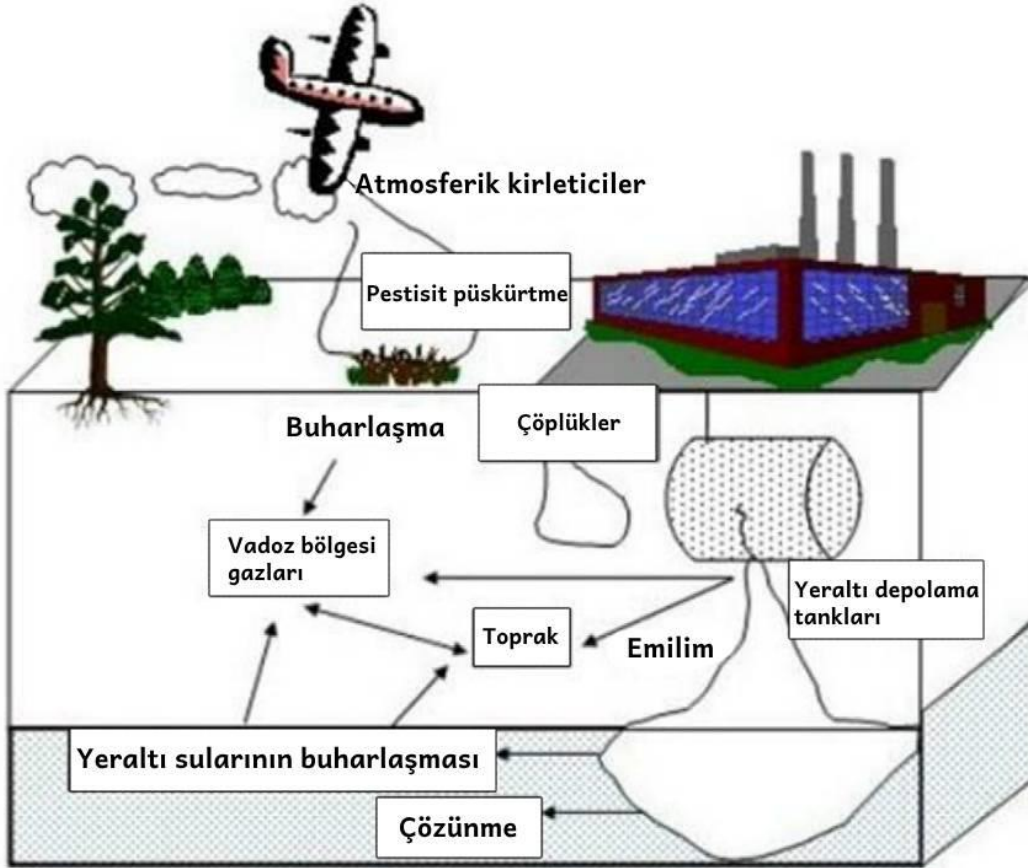
NOT: 1 Ocak 2014'ten itibaren AB limit değerlerinin geçerli olacağı tarihe kadar limit değerler tolerans değerleridir. AB Limit Değerlerinin geçerli olacağı tarihlere kadar tolerans payları silinmektedir. Beklemede her 12 ayda bir eşit miktarda yıllık olarak azalır.

Şekil 2. Kirlenici limit değerleri [1]

Hava kalitesi ölçümlerinin yaygın olarak kullanılması, değerlerin izlenerek müdahale edilebilmesini sağlar ve hedeflere ulaşmayı kolaylaştırır. Ancak, projede yer alan kokunun ölçülmesi daha zor bir süreçtir. Kokunun insanlar üzerindeki etkisi fiziksel sensörlerle ölçülemez ve kokuyu oluşturan maddelerin miktarına bağlı olarak tariflenemez. Bir kokunun etkisi, içinde bulunan kimyasalların türü ve oranına bağlı olarak değişir. Bu kimyasalların analiz edilerek tespit edilmesi zordur. Kokunun hoş veya hoş olmayan olarak değerlendirilmesi ve ayırımının yapılması da teknik sensörlerle mümkün değildir. Bu ayırımı yapabilen en iyi sensör insan burnudur. Bu nedenle, koku ölçümü için en uygun yöntem, şikâyetin ardından yapılan analizdir. Teknik sensörlerle ölçüm yapılabilir de, koku için en güvenilir sonucun insan değerlendirmesiyle elde edildiği söylenebilir [12].

Toprak matrisinin doğası gereği, toprak kirliliği izleme süreci çeşitli zorluklarla yürütülmektedir. Topraktaki kirlenitçiler, su veya hava ortamındakilere göre daha zor ölçülebilmektedir. Bu durum büyük ölçüde, kirlenitçilerin toprak parçacıklarıyla etkileşime girmesinden kaynaklanmaktadır. Kimyasal ve fiziksel etkileşimler, kirlenitçileri toprak parçacıklarına bağlamak için hareket edebilir. Bu nedenle, izleme teknikleri, analiz öncesinde kirlenitçilerin topraktan çıkarılmasını veya uzaklaştırılmasını gerektirdiğinde, çıkarma işleminin etkinliği, genel analiz başarısı için önemli hale gelir. İkinci bir zorluk ise kirlenitçilerin topraklara erişimidir. Karada uygulanan kirlenitçiler zamanla aşağı doğru hareket eder ve daha az erişilebilir hale gelir. Benzer şekilde, kirlenitçiler doğrudan daha derin bölgelere uygulanabilir ve kirlenmiş toprak tabakaları derinleştikçe, izleme teknikleri değişebilir. Toprak kirliliği birden fazla kaynaktan gelir ve toprak partiküllerine emilme ve buharlaşma gibi süreçlerle vadose bölgesine etki

eder [14]. Bu nedenlerle, toprak kirliliği izleme süreci, kompleks bir çalışma gerektirir ve doğru sonuçlar elde etmek için tüm bu faktörlerin göz önünde bulundurulması gerekmektedir.



Şekil 3. Kirlencilerin toprak içindeki yayılımı [1]

Toprak kirliliğinin tespiti ve ölçümü için, uzaktan ölçüm yerine analiz yönteminin kullanılması daha verimli olabilir. Farklı kirliliklerin ölçümü için farklı sistemlerin birlikte kullanılması, örneğin sokak aydınlatma direklerine asılan sensörler, izleme merkezi kurmaktan daha az maliyetli ve daha az operasyon süreci gerektirir. Bu yaklaşım, projenin uygulandığı kurumun uzun vadede kar elde etmesine yardımcı olabilir. Dünya genelindeki akıllı şehir projelerine bakıldığında, kamu ve özel sektörün birlikte çalışarak projeleri sahiplendiği, vatandaşlara doğru bilgi akışı sağlanarak farkındalık oluşturulduğu ve vatandaşların sürece dâhil edildiği görülmektedir.

Projelerin başarılı veya başarısız olmasında, yeterli bilgi ve tecrübeye sahip, doğru şekilde seçilmiş ekiplerle çalışmanın önemi büyüktür. Başarısız projelerde, sürelerin ve karar mekanizmasının uzun olması, teknolojiye ilerlemeler nedeniyle seçilen teknolojilerin güncelliğini yitirmesi ve yeni teknolojilerden yararlanılmaması gibi etkenler de önemli rol oynar. Bu nedenle, altyapı seçiminde, çeşitli donanım ve sistemlerle entegre çalışabilen esnek bir mimari yapının tercih edilmesi gerekmektedir. Bu stratejiyle daha kolay yönetilebilen ve başarılı bir proje gerçekleştirilebilir.

2.3.4. Literatür Araştırması

Literatür araştırması kısmı, bu projeyi uygulayacak kurum ve kuruluşlara mevcut durum hakkında bilgi vermek ve konu hakkında fikir sahibi olmalarını sağlamak amacıyla hazırlanmıştır.

2.3.4.1. Hava Kirliliği Kaynakları ve Etkileri:

Bu bölümde insan sağlığı üzerine olumsuz etkileri olan hava partikülleri tek tek açıklanmaktadır:

A) Partikül Madde (PM10 ve PM2.5):

Havadaki partiküler madde (PM), birçok kimyasal türün karışımıdır ve sıvı damlacıklar, kuru katı parçacıklar ve sıvı kaplamalı katı çekirdeklerin karmaşık bir karışımını oluşturur. Partiküllerin boyutu, şekli ve kimyasal bileşimi değişkenlik gösterir ve anorganik iyonlar, metal bileşikler, elementel karbon, organik bileşikler ve Dünya kabuğundan gelen bileşikler içerebilir. Partiküllerin çapına göre tanımlanması hava kalitesi düzenlemelerinde önemlidir. Solunabilen PM10 partikülleri, akciğerlere zarar verebilir ve olumsuz sağlık etkilerine yol açabilir. PM2.5 ise daha küçük çaplı partiküllerin bir alt kümesini oluşturur [15].

B) Azot Oksitler (NOx):

NOx yazımı, nitrik oksit (NO) ve nitrojen dioksit (NO₂) bileşenlerini açıklamak için kullanılan genel bir kısaltmadır [1]. Nitrojen (azot) dioksitler hava kalitesinin kötü olduğu kömür santralleri kaynaklı havaya yayılan partiküllerdir. Isınma yakıtı olarak kullanılan gazyağı ve gazlı ocaklar da evsel kullanım sonucu ortaya çıkan nitrojen dioksit kaynaklarıdır [16]. Hava içerisindeki azot oksitlerin düşük seviyeleri gözlerinizi, burnunuzu, boğazınızı ve akciğerlerinizi tahriş edebilir, öksürüğe ve nefes darlığına neden olabilir. Yorgunluk ve mide bulantısı gibi belirtiler de ortaya çıkabilir. Düşük seviyelerde maruz kalma, bir veya iki gün sonra akciğerlerde sıvı birikmesine yol açabilir. Yüksek seviyelerde azot oksitlerini solumak, boğaz ve üst solunum yollarında dokuların hızlı yanmasına, kasılmalarına ve şişmelerine, vücut dokularının oksijenlenmesinin azalmasına, akciğerlerde sıvı birikmesine ve ölüme neden olabilir [16].

C) Ozon (O₃):

Ozon, yüksek seviyelerde solunum sistemi sorunlarına neden olan bir hava kirleticisidir. Özellikle yaz aylarında Avrupa'da yüksek ozon konsantrasyonlarının astım, akciğer iltihabı ve ilaç kullanımında artış gibi sorunlara yol açtığı Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından belirlenmiştir. Ozon kirliliğiyle temas edildiğinde, vücut soluduğu havayı akciğerlere girmesini engellemeye çalışır. Bu nedenle oksijen seviyesi azalır ve kalp daha hızlı çalışır. Bu durum, kalp rahatsızlıkları ve solunum sorunları olan kişileri daha olumsuz etkileyebilir [17].

D) Hidrokarbonlar (HC) ve uçucu organik bileşikler (VOC – Volatile Organic Compounds):

Uçucu organik bileşikler (UOB'ler), havaya buharlaşabilen bir grup kimyasaldır. UOB'ler, boya, vernik, cila gibi binlerce günlük kullanım ürünüde, temizlik, yağ giderme ve kozmetik ürünlerde dahil olmak üzere birçok üründe bulunur. UOB buharlarına maruz kalmak çeşitli sağlık etkilerine neden olabilir. Uçucu organik bileşik (UOB) buharlarına maruz kalma, göz, burun ve boğaz tahrişi, baş ağrısı ve koordinasyon kaybı, mide bulantısı, karaciğer, böbrek veya merkezi sinir sistemi hasarı gibi çeşitli sağlık etkilerine neden olabilir. Bazı UOB'lerin kanserojen olduğu şüphelenilmektedir veya kanıtlanmıştır [18].

E) Kükürt dioksit (SO₂):

Kükürt dioksit, kömür ve petrol gibi kükürt içeren fosil yakıtların yanmasıyla (örneğin, evde ısıtma için kömürün yakılması ve dizel motorlu araçlar) sonucunda oluşur. Kükürt dioksit ayrıca bazı endüstriyel süreçlerden de kaynaklanır (örneğin, gübre üretimi, alüminyum eritme ve çelik üretimi). Kükürt dioksitin doğal kaynakları arasında jeotermal faaliyetler de bulunur. Kükürt dioksit solunum problemlerine, tahrişe ve astım ataklarına neden olabilir. Egzersiz sırasında etkileri daha da kötüleşebilir. Kardiyovasküler hastalıklarla ilişkilendirilen bir bileşiktir [19].

F) Karbon Monoksit (CO):

CO, büyük miktarlarda bulunduğu zararlı etkilere sahip olabilen bir gazdır. Bu gaz, yakma işlemi sırasında ortaya çıkar. Otomobiller, kamyonlar ve diğer taşıtlar veya makineler, fosil yakıtları yakarak CO'nun açık havaya en büyük kaynaklarıdır. Evde bulunan çeşitli eşyalar da CO salınımına neden olabilir. Örneğin, havasız ortamda kullanılan kerosen ve gazlı ısıtıcılar, sızan baca ve ısıtma sistemleri, gaz sobaları CO salınımına katkıda bulunabilir ve iç mekân hava kalitesini etkileyebilir [20].

G) Sera Gazları (GHG – Greenhouse Gas):

Dünya atmosferindeki gazlar, kızılötesi ışığın yeryüzüne geri dönmesine izin vererek sera etkisine neden olan ısının bir kısmını tutar. Sera gazları, bu etkiye katkıda bulunan gazlardır. Işık ışınları, moleküller tarafından soğurulabilir ve bu etkileşim sera gazlarının atmosferdeki miktarına ve etkinliğine bağlı olarak değişir. Sera gazları arasında CO₂, CH₄, O₃ ve H₂O bulunur ve Dünya'nın ısınmasına önemli ölçüde katkıda bulunur. Bu gazların miktarındaki artış, küresel ısınmanın ana nedenlerinden biridir [21].

H) Küresel Isınma:

Sera gazlarının artması, küresel ısınma olarak bilinen büyük bir çevre sorununa yol açmaktadır. Bu artışın başlıca nedeni karbondioksit (CO₂) gazının atmosferdeki yoğunluğunun artmasıdır. Fosil yakıtlı çalışan araçların ve enerji santrallerinin yaydığı CO₂, nüfus artışı ve yeşil alanların azalmasıyla birlikte artmaktadır. Şu anda atmosferdeki karbondioksit konsantrasyonu 360 ppm'dir ve bu değerin 2100 yılına kadar 700 ppm'ye çıkması tahmin edilmektedir. İklim bilimciler, 21. yüzyılda yeryüzü ortalama

sıcaklığının 0,5 derece arttığını ve 22. yüzyılda ise bu artışın 2 derece olacağını tahmin etmektedir. Bu durum, kutupların erimesi, tsunamiler, şiddetli yağışlar ve fırtınalar gibi ciddi sonuçlara yol açabilir. Ayrıca sulak alanlardaki su miktarının azalması ve kutup bölgelerindeki erimeler, birçok hayvan türünün yok olma tehlikesiyle karşı karşıya kalmasına neden olmaktadır [1].

i) Asit Yağmurları:

İnsanlar günümüzde fosil yakıtları araçlarda ve ısınma amaçlı olarak yoğun bir şekilde kullanmaktadır. Bu yakıtların aşırı tüketimi doğal dengeyi bozmuştur. Atmosferdeki kükürt dioksit ve azot oksitlerin miktarı bu nedenle artmaktadır. Bu kirleticiler, atmosferdeki su buharıyla birleşerek asidik özellikte yağışlara, yani asit yağmurlarına dönüşmektedir. Asit yağmurları, yoğun kirlilik olan bölgelerde canlı ve cansız varlıklara zarar verirken, rüzgâr gibi faktörlerle taşınarak daha uzak bölgelere de zarar verebilir. Kükürt dioksit ve azot oksitler, fosil yakıtların yanması ve tarımda kullanılan amonyaktan kaynaklanır. Asit yağmurları balık ve bitki ölümlerine, binaların aşındırıcı etkilerle zarar görmesine ve ağır metallerin ve nitrat benzeri kirleticilerin yer altı sularına yayılarak kirlenmesine neden olabilir [22].

2.3.4.2. Gürültü Kirliliği Kaynakları:

Son çeyrek yüzyılda, gürültü insanların huzur ve sağlığını olumsuz etkileyen bir faktör haline gelmiştir. Teknolojinin ilerlemesi ve yaşam standardının yükselmesiyle birlikte gürültü kaynakları ve etkileri hızla artmıştır. Toplu taşıma araçları, özel araçlar, fabrikalar ve elektrikli ev eşyaları gibi gürültü kaynakları, insanların huzurunu ve sağlığını etkileyen unsurlar haline gelmiştir. Bu nedenle, gürültü, çevre kirliliği faktörleri içinde özel bir öneme sahip olmuştur [23].

Çevremizde günlük hayatımızda karşılaştığımız gürültü kaynaklarının bazıları aşağıdaki gibidir [1]:

- Sokakta ve trafikte gürültüye neden olan araçlar, yayalar, ambulanslar vb.
- İnşaat alanlarında delme ve diğer ağır makinelerin neden olduğu gürültü.
- Havaalanlarında uçakların kalkış ve inişlerinden kaynaklanan hava trafiği gürültüsü.
- İşyerlerinde genellikle açık ofislerden kaynaklanan gürültü.
- Ticari ve eğlence mekanlarında yüksek sesli müzikten kaynaklanan gürültü.
- Endüstriyel tesislerde fanlar, jeneratörler, kompresörler, değirmenler vb. nedeniyle oluşan sesler.
- Tren istasyonları ve raylar yakınında tren sesleri.
- Evlerden kaynaklanan sesler: televizyon, stereo, bilgisayar, elektrik süpürgeleri, vantilatörler, çamaşır makineleri, bulaşık makineleri, çim biçme makineleri vb.
- Etkinliklerde havai fişek, patlamalar, hoparlörler vb. nedeniyle oluşan sesler.
- Çatışmalardan kaynaklanan bağırışmalar, patlamalar, silah sesleri vb.

2.3.4.3. Toprak Kirliliği:

Tüm topraklar, doğal olarak bulunan kirleticilerin bir karışımını içerir, bu kirleticiler metaller, tuzlar ve organik bileşikler gibi çeşitli maddelerden oluşur. Bu maddeler genellikle toprak mikroplarının faaliyetleri ve organizmaların ayrışmasıyla meydana gelir. Ayrıca, atmosferden, yağış suyuyla, rüzgar veya diğer toprak bozulmalarıyla toprağa çeşitli bileşiklerin girebildiği bilinmektedir. Toprak kirliliği, doğal seviyelerin üzerine çıktığında ortaya çıkar ve bunun iki ana nedeni insan kaynaklı etkiler ve doğal süreçlerdir [24].

Toprak kirliliği, topraktaki kirleticiler ve kirleticilerin varlığından kaynaklanır. Biyolojik ajanlar ve bazı insan faaliyetleri, toprağın başlıca kirleticileridir. Toprak kirleticileri ise, toprağı kirleten tüm kirleticilerdir. Tarımsal uygulamalardan bitkilere bulaşan pestisit kimyasalları, kentsel veya endüstriyel atıklar ve radyoaktif emisyonlar gibi insan faaliyetleri, toprağı çeşitli toksik maddelerle kirlendirir [24]. Toprağı kirleten temel elementler ve bileşenler şu şekildedir [24]:

- Kurşun
- Cıva
- Arsenik
- Bakır
- Çinko
- Nikel
- Poliaromatik hidrokarbonlar
- Bitki ve böcek ilaçları (Tarımsal ilaçlar)

2.3.4.4. Kirliliğe Sebep Olan Koku Çeşitleri:

Koku kirliliğine pek çok sebep bulunabilmektedir ancak çöp kokusu, biyojen kokular ve abiyojen kokular bunların en önemlisidir.

A) Çöp Kokusu:

Çöp, kendine özgü bir kokuya sahiptir. Çöpler, kompost tesislerine taşındıklarında ve biriktirildikleri yerde ayrışmaya başlar ve çöpe özgü koku oluşur. Bu koku maddeleri, çöpün bileşimine bağlı olarak değişir. Çöp, arıtma çamuru karışımı veya baskın olan grubun kokusunu etrafa yayabilir. Soğuk ayrışma, çürüme, anaerobik ve aerobik geçiş aşamalarının oluşturduğu maddeler koku yayabilir. Kompostlama sürecinin ilk aşamasında, bu tür ayrışmaların sonucunda katı kütlenin sıcaklığı yavaşça yükselir ve aniden 60-70°C'ye kadar çıkar [1].

B) Biyojen Kokular:

Mezofil fazdan termofil faza geçildiğinde koku maddelerinin miktarı azalırken CO2 oranı artar. Bu aşamada koku maddelerinin çoğu ayrışma sıvısına geçer ve çözünür. Çok büyük tesislerde, işlemi %100 aerobik olarak yürütmek imkânsız olduğu için koku sorunuyla karşılaşılabilir [1].

C) Abiyojen Kokular:

Termofil ayrışma, 50-600 °C sıcaklıklarında gerçekleşir ve bu süreçte hem diğer yan ürünler hem de çıkış aşamasındaki organik maddeler parçalanır. Oluşan ürünler genellikle uçucu olmadığından humin maddelerine yoğunlaşır. Ancak çok az miktarda uçucu ürün oluşabilir ve bu da koku sorunu yaratabilir. Bu aşamanın kendine özgü bir kokusu vardır. Artan sıcaklıkla birlikte amonyak, amino asitleri, protein ve karbonhidratlardan oluşan ürünlerin miktarı artar [25].

İşlemlerin farklı aşamalarına göre çeşitli kokular oluşur ve her aşamanın kendine özgü bir kokusu vardır. Bu nedenle, işlemler sırasında ve kaynakta oluşan kokuların toplanması ve koku arıtma ünitelerinden geçirilmesi gereklidir. Kompost biofiltrelerinde kompostun filtre malzemesi olarak kullanılması, en ucuz ve basit koku arıtma tesislerinden biridir [25].

Tüm bu anlatılan literatür araştırması sonrasında projenin bağlantılı olduğu başlıca alanlar listelenmektedir:

- Akıllı Şehir
- Hava Kalitesi İzleme Sistemleri
- Gürültü Tespit Sistemleri
- Koku Tespit Sistemleri
- Toprak Kirliliği Tespit Sistemleri
- Yazılım
- Donanım
- Coğrafi Bilgi Sistemleri
- Çevre Güvenliği
- Meteoroloji
- Otomasyon Sistemleri
- Çevre Kirliliği İzleme Sistemleri

2.4. İhtiyaç Analizi

Projeye duyulan ihtiyacı ortaya koyan verilerin incelenmesi

Çevre kirliliği izleme sistemlerine duyulan ihtiyaç, çevresel kirliliğin kontrol altına alınması ve çevre sağlığının korunması gibi önemli amaçları karşılamak için ortaya çıkmıştır. Bu sistemler, çevresel kirlilik kaynaklarının belirlenmesi ve kontrol edilmesi açısından büyük bir öneme sahiptir.

Çevre kirliliği izleme sistemleri, endüstriyel tesisler, araç emisyonları ve diğer potansiyel kirlilik kaynaklarını tespit etmek, izlemek ve değerlendirmek için kullanılır. Bu sayede, kirlilik kaynaklarının etkisi ve yayılımı hakkında kapsamlı veriler elde edilir ve gerekli önleyici önlemler alınabilir. Ayrıca, çevre kirliliği izleme sistemleri, kirlilik düzeylerinin belirlenmesi ve değerlendirilmesi amacıyla kullanılır. Su, hava, toprak ve biyolojik sistemlerdeki kirlilik düzeyleri sürekli olarak izlenir ve analiz edilir. Bu veriler, çevresel kalite standartlarının belirlenmesinde ve uygulanmasında önemli bir rol oynar.

Doğal kaynakların korunması ve sürdürülebilir kullanımı da çevre kirliliği izleme sistemlerinin önemli bir amacıdır. Doğal kaynakların izlenmesi, su havzaları, orman alanları ve biyolojik çeşitlilik gibi önemli ekosistemlerin korunmasına katkıda bulunur. Bu sayede, doğal kaynakların sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesi ve gelecek nesillere aktarılması sağlanır. Ek olarak, çevre kirliliği izleme sistemleri, halk sağlığının korunmasında da kritik bir rol oynar. Kirlilik seviyelerinin izlenmesi, insanların maruz kalabileceği zararlı maddelerin tespit edilmesine yardımcı olur. Bu sayede, erken uyarı sistemleri oluşturulabilir ve halkın sağlığına yönelik önleyici tedbirler alınabilir.

Genel olarak çevre kirliliği izleme sistemleri, kirlilik kaynaklarının kontrol edilmesi, kirlilik düzeylerinin belirlenmesi, doğal kaynakların korunması ve halk sağlığının korunması gibi önemli amaçlara hizmet eder. Bu sistemler, çevre yönetimi ve sürdürülebilirlik çabalarının ayrılmaz bir parçasıdır.

Proje ile ilgili beklentiler ve paydaşlara sağlanan faydalar ile çözüm getirilen problem ve sıkıntıların tespiti

- Projenin, tedarik sürecindeki aracı kurumlardan kaynaklanan fiyat değişimine etkisinin analiz edilmesi
- Çevre Kirliliği İzleme Sistemi teknolojilerinin yaygın kullanımı için gereksinimlerin belirlenmesi
- Çevre Kirliliği İzleme Sistemi teknolojilerinin uygulanacağı bölgelerde yaşanacak uygulama zorluklarının belirlenmesi

Projenin başarılı olmasını sağlayacak güçlü yönlerin ve başarısızlığa neden olabilecek zayıf yönlerin tespiti

- Güçlü Yönler
 - Çevre kirliliği izleme sistemleri, çevresel parametreleri sürekli olarak izleyerek doğru ve güncel veriler sağlar.
 - Bu sistemler, kirlilik kaynaklarını belirlemede ve etkilerini değerlendirmede etkilidir.

- Erken uyarı ve alarm sistemleri sayesinde çevresel tehditler hızlı bir şekilde tespit edilir ve önlemler alınabilir.
- İzleme sistemleri, çevre yönetimi ve koruma çabalarına bilimsel temelli veriler sağlayarak karar alma süreçlerine katkıda bulunur.
- Verilerin toplanması ve analiziyle çevresel performans takip edilir, iyileştirme planları ve politikalar geliştirilir.
- İzleme sistemleri, çevresel politikaların etkinliğini değerlendirmede önemli bir rol oynar ve politika kararlarının izlenebilirliğini sağlar.
- Zayıf Yönler
 - Çevre kirliliği izleme sistemleri maliyetli olabilir.
 - Veri toplama ve analiz süreçleri karmaşık olabilir ve doğru sonuçlar elde etmek için uzman bilgi ve teknoloji gerektirebilir.
 - Bazı çevresel parametreleri izlemek zor olabilir ve mevcut teknolojilerin sınırlamaları nedeniyle tam bir kapsam sağlanamayabilir.
 - İzleme sistemleri arasında uyumsuzluklar ve standart eksiklikleri olabilir, bu da verilerin karşılaştırılabilirliğini ve değerlendirilebilirliğini etkileyebilir.
 - İzleme süreçleri zaman alıcı olabilir ve anlık tepki gerektiren acil durumlarda hızlı çözümler sunma zorluğu yaşanabilir.
 - İzleme sistemlerinin sınırlı kaynakları ve kapsamı, bazı bölgelerde yetersiz veri toplanmasına ve eksik bilgiye yol açabilir.
 - İzleme sistemlerinin sonuçlarının politika yapım süreçlerine yeterince entegre edilmemesi, çevresel etkilerin etkili bir şekilde ele alınmasını engelleyebilir.

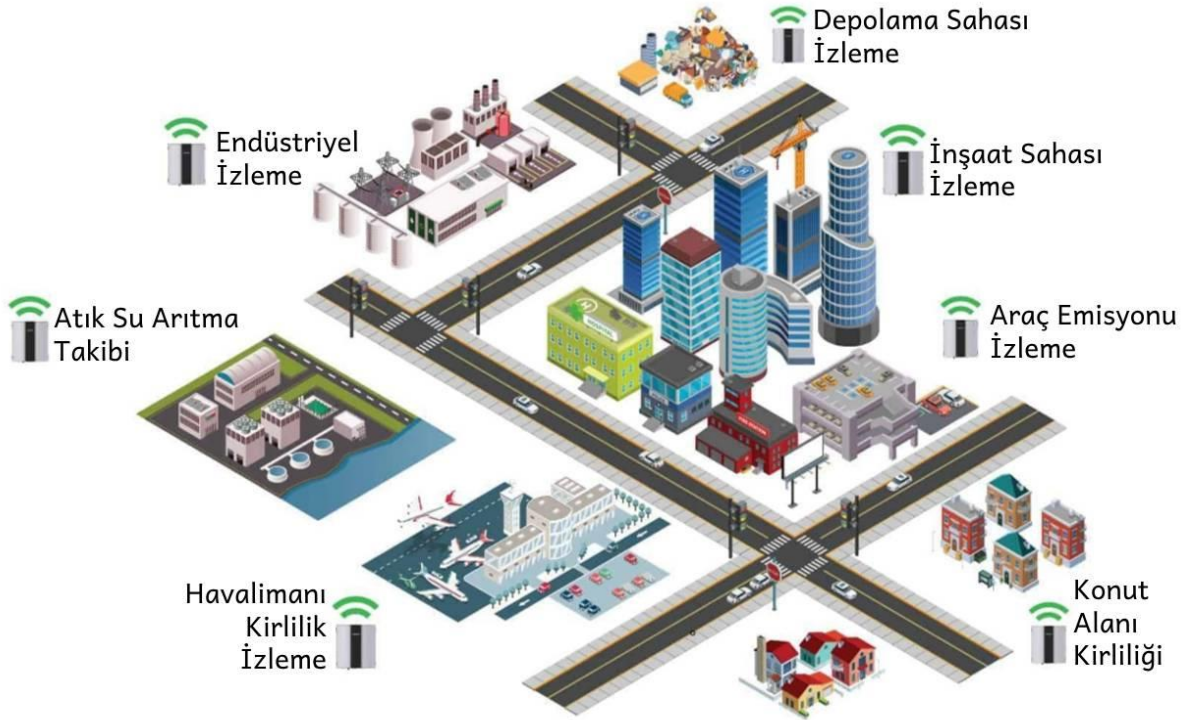
2.5. Talep Analizi

Proje ile üretilecek ürünlere ve/veya sunulacak hizmetlere yönelik mevcut talebin tespiti

Çevre kirliliği izleme sistemlerinde, özellikle gelişmiş şehirlerde ses, gürültü, hava kirliliği, koku ve toprak kirliliği gibi başlıklarda kullanılan uygulamalar mevcuttur. Bu alanda Nesnelerin İnterneti (IoT) özellikli hava kalitesi sensörlerinin kullanımı, artan şehirleşme ve kötü hava kalitesinin sağlık üzerindeki etkilerinin daha iyi anlaşılmasıyla birlikte hızla büyüyen bir pazar haline gelmektedir. Bazı şehirlerde pahalı hava kalitesi sensörleri veya izleme istasyonları bulunmakla birlikte, araştırmalar göstermektedir ki hava kalitesi birkaç yüz metre içinde bile büyük ölçüde değişebilmektedir, bu yüzden ek önlemler gerekmektedir. Bu nedenle, kabul edilebilir bir doğruluk seviyesine sahip ve daha düşük maliyetli IoT özellikli hava kalitesi sensörleri şehirler tarafından tercih edilmektedir. Son yıllarda IoT hava kalitesi izleme pazarında hızlı bir büyüme gözlenmektedir. Kent sakinleri, kötü hava kalitesinin olumsuz sonuçlarına daha fazla dikkat etmekte ve şehir hava kirliliği modellerinin daha iyi anlaşılmasını sağlayan

sensörlere olan talepleri artmaktadır. Ancak, IoT sensörlerinin maliyeti son 10 yılda önemli ölçüde azalmış olsa da şehirlerin hava kalitesi ağlarına yapılan yatırımlar için mali durum bazen bir engel olabilmektedir [26].

Akıllı şehir, vatandaşlarına iyi bir yaşam kalitesi sunmak amacıyla temiz ve sürdürülebilir bir çevre oluşturmak için çalışmaktadır. Bu doğrultuda, çevre koşullarının izlenmesi ve kirlilik kaynaklarının belirlenmesi akıllı şehirler için önemli bir adımdır. İzleme noktalarının belirlendiği haritalar, akıllı şehir için ilham kaynağı olabilir [27].



Şekil 4. Hava Kalitesi İzleme Çözüm Mimarisi [1]

Şehirler, halk sağlığını korumak ve vatandaşların daha sağlıklı yaşam koşullarına sahip olmasını sağlamak amacıyla hava kirliliği, gürültü, ses, koku ve toprak kirliliği gibi konular üzerinde çalışmalar yapmaktadır. Bu çalışmalar sayesinde şehirler, tasarruf sağlama, çevreyi koruma ve vatandaşların sağlığını olumlu yönde etkileme hedeflerini başarabilmektedir [1].

Bu sistemlerin kurulması için talebi belirleyen temel etkenler ve göstergeler:

- Halk sağlığı
- Çevresel farkındalık
- Çevresel standartlar ve mevzuat
- Çevresel etkilerin izlenmesi
- İlgili sektörlerin talepleri
- Bilimsel araştırmalar ve veriler

- Sürdürülebilirlik hedefleri
- İlgili uluslararası anlaşmalar ve taahhütler
- Kamuoyu talepleri
- Çevre yönetimi politikaları ve stratejileri

Talebin gelecekteki gelişim potansiyeli ve talep için gelecek öngörülerin tespiti

- Geleceğe yönelik nüfus, ekonomi ve teknoloji öngörülerini dikkate alınarak hesaplamalar yapılır.

3. Teknik Analiz ve Alternatif Teknolojilerin Değerlendirilmesi

3.1. Fiziki/Mekânsal Büyüklük

- Fiziki/mekânsal büyüklük projenin gerçekleşeceği alanın büyüklüğüne göre değişmektedir.

3.2. Kapasitenin Belirlenmesi

Çevre Kirliliği İzleme Sistemi projesi için kapasitenin belirlenmesindeki kriterler aşağıda verilmiştir:

- İzlenecek parametreler
- İzleme süresi
- İzleme noktaları
- Ölçüm sıklığı
- Veri analizi ve raporlama
- Teknik gereksinimler
- Bütçe ve kaynaklar

3.3. Yapısal Proje Gereksinimleri

Çevre Kirliliği İzleme Sistemi projesi için yapısal proje gereksinimleri aşağıda detaylıca açıklanmaktadır:

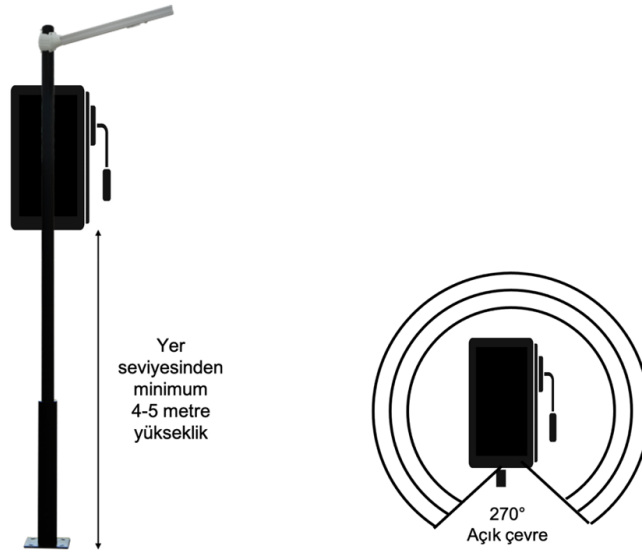
3.3.1. Çevre Kirliliği İzleme Platformu:

Çevre Kirliliği İzleme Platformu, merkezi bir yönetim platformudur ve sahaya kurulan donanımların tanımlanması ve sistemin kurulumunu sağlar. Sensörler, detektörler ve IoT cihazları, fiziksel konumlarına göre gruplandırılır, programlanır ve çalışmaları ile arızaları izlenir. Böylece çevre kirliliği izleme sistemi altyapısı merkezi bir konumdan yönetilebilir hale gelir.

3.3.2. Sensörler:

Hava kalitesi izleme sensörleri, gürültü sensörleri ortamda takip ve tespiti gerçekleştiren verileri toplar ve Çevre Kirliliği İzleme Platformuna iletir.

- Dış Ortam Hava Kalitesi İzleme Sistemi:** Dış Ortam Hava Kalitesi İzleme Sistemi, çevresel parametreler arasında hava kalitesi, gürültü, koku, hava durumu, radyasyon vb. gibi çeşitli faktörleri izleme yeteneğine sahiptir. Gerçek zamanlı olarak ortam havasındaki partikül madde ve gaz konsantrasyonlarını ölçebilir. Aynı zamanda trafik, afet vb. gibi diğer yardımcı parametreleri harici sondalar aracılığıyla izleyebilir. Bu sistem, akıllı şehirlerin yanı sıra yol kenarı, kampüs ve havaalanı gibi kentsel altyapı uygulamaları için de kullanılabilir. Akıllı direklere kolayca entegre edilebilir. Montaj için en uygun seviye, yerden en az 4-5 metre yükseklikte olmalıdır. Duvar tipi kurulumlarda ise çevresinin en az 270 derece açık olmasına dikkat edilmelidir. Tavsiye edilen montaj uygulaması **Şekil 5**'te gösterilmektedir.



Şekil 5. Dış Ortam Hava Kalitesi İzleme Sistemi kurulum şartları [1]

Hava kalitesini izlemek için ölçüm yapılan parametreler aşağıda **Tablo 2**'de verilmiştir.

Tablo 2. Dış Ortam Hava Kalitesi İzleme Sistemi takip parametreleri [1]

Parametre	Açıklama	Çalışma prensibi	Ölçüm Prensibi	Beklenen Sensör Ömrü
PM _{2.5}	2,5µ'den küçük boyuta sahip Askıda Partikül Maddeler	Işık saçılması & Optik Parçacık Sayaç	Aktif Örnekleme	1 – 1.5 Yıl
PM ₁₀	10µ'den küçük boyuta sahip Askıda Partikül Maddeler			
PM ₁	1µ'den küçük boyuta sahip Ultra İnce Parçacık Maddeleri			
PM ₁₀₀	Toplam Askıda Partikül (TAP)			

CO ₂	Karbon dioksit	Yayılmayan kızılötesi sensör		3 Yıl
CO	Karbon monoksit	Elektrokimyasal		2 Yıl
SO ₂	Kükürt dioksit			
NO	Nitrik oksit			
NO ₂	Nitrik dioksit			
O ₃	Ozon			
H ₂ S	Hidrojen sülfid			
Gürültü	Ortam Gürültüsü	Direnç	Pasif İzleme	3 Yıl
Iş	Işık şiddeti	Foto iletkenlik		
UV	UV Radyasyonu (0-12 UVI)			
Iy	Görünür Işık Yoğunluğu			
Sıc	Sıcaklık	Katı hal yarı iletken algılama		
N	Nem			
Bb	Barometrik basınç			

Bu parametreler dışında isteğe bağlı olarak aşağıdaki belirtilen dış modüller takılarak ek parametreler de takip edilebilir:

- Yağmur sensörü
- Rüzgâr sensörü
- Su baskını sensörü



Şekil 6. Yağmur (1), rüzgâr (2) ve su baskını (3) sensörleri [1]

Cihaz, hava örnekleme sistemi vasıtasıyla belirlenen bir frekansta hava örnekleri olarak çalışır. Stabilize edilen hava örneği, algısal sistemin birden fazla okuma yaparak ilgili veri işlemlerini gerçekleştirdiği örnekleme süresi boyunca kullanılır. Bu süre zarfında cihaz eski örneği temizler ve yeni bir hava örneği alır. Her örnekleme sonrasında, veri işleme sistemi iletişim modülünü kullanarak işlenen verileri merkezi platforma gönderir.

Sistemde kullanılan sensörlerin belirli bir kullanım ömrü vardır ve periyodik olarak değiştirilmeleri gerekmektedir. Bununla birlikte, sensörlerin ömürlerini uzatmak için düzenli bakım faaliyetlerinin gerçekleştirilmesi önemlidir. Önerilen bakım faaliyetleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Temizlik: Cihazın optimum performansını sağlamak için düzenli temizlik yapılmalıdır. Hava girişi, çıkış ağı ve cihazın genel dış kısmı aylık veya üç aylık periyotlarla temizlenmelidir.
- Sensör Değişimi: Her sensörün sınırlı bir kullanım ömrü vardır. Sensörler, performansları bozulduğunda ve yanlış veriler üretmeye başladıklarında değiştirilmelidir. Sensör ömrü, bölgedeki kirleticilerin yoğunluğuna bağlı olarak değişebilir.
- Yer Kalibrasyonu: Kalibrasyon sıklığı, atmosfer koşullarına ve sensör sapmalarına bağlı olarak belirlenir. Yer kalibrasyonu, atmosferik durumları yansıtan ve doğru verilerin sağlanmasına yardımcı olan referans ekipman kullanılarak gerçekleştirilebilir.

● Koku Emisyonları İzleme Sistemi:

Koku Emisyonları İzleme Sistemi, kokulu gazlı kirleticileri gerçek zamanlı olarak algılayan, ölçen ve izleyen bir çözümdür. Sistem, bölgedeki koku etkisini tahmin etmek için bir e-burun ağı ve Koku Atmosferik Dağılım Modellemesini içerir. Rüzgâr hızı, rüzgâr yönü gibi meteorolojik koşulların koku yayılımını etkilemesiyle birlikte çalışır. Tamamen güneş enerjisiyle çalışabilen kablosuz veri iletimi özelliğine sahiptir. Bu sistem, depolama sahaları, atık su arıtma tesisleri, gübreleme alanları ve toprak işleme sahaları gibi çeşitli endüstriyel alanlar için ideal bir çözüm sunar.

Koku Emisyonları İzleme Sistemi, Hava Kalitesi İzleme Sistemi gibi akıllı direklere kolayca entegre edilebilir. Montaj yapılırken, en uygun yer seviyesinden en az 4-5 metre yüksekliğe dikkat edilmelidir. Duvar tipi kurulumlar için ise çevrenin en az 270 derece açık olduğundan emin olunmalıdır.

Koku emisyonlarını izlemek için çeşitli parametreler ölçülmektedir, bu parametreler aşağıda **Tablo 3**'te listelenmiştir:

Tablo 3. Koku Emisyonları İzleme Sistemi takip parametreleri [1]

Parametre	Açıklama	Çalışma prensibi	Ölçüm Prensibi	Beklenen Sensör Ömrü
H ₂ S	Hidrojen sülfid	Elektrokimyasal	Aktif Örneklemeye	2 Yıl
NH ₃	Amonyak			
CH ₂ O	Formaldehit			
CH ₃ SH	Metil Merkaptan			
NO ₂	Nitrik dioksit			
SO ₂	Kükürt dioksit			
Cl ₂	Klor			
TVOC	Toplam Uçucu Organik Bileşikler	PID		6 Ay filaman ömrü

Cihazın bakım ve operasyonu da Hava Kalitesi İzleme Sistemine benzer şekilde yapılması gerekir.

- **Ortam Hava Partikül (Toz) Monitörü:**

Ortam Hava Partikül Monitörü, çevrimiçi bir partikül izleme sistemi olarak ortam havasındaki toz partikül konsantrasyonunu ölçmektedir. Çeşitli partikül boyutlarını, ultra ince askıda partikül madde, askıda partikül madde, solunum askıda partikül madde ve toplam askıda partikül gibi, 1 mikron ile 100 mikron arasında değişen boyutlarda izleme yeteneğine sahiptir. Aktif Örneklemeye yöntemiyle, son derece hassas bir lazer ışını kullanarak parçacıklı maddeleri sayma işlemi gerçekleştirir. Bu cihaz, inşaat, madencilik, taş ocaklığı, limanlar, metalürjik işlemler gibi toz yüklü faaliyetlerin bulunduğu alanlarda toz araştırmaları için kullanılabilir. Cihazın topladığı veriler, örneğin belirli bir eşik aşıldığı durumlarda toz bastırma otomasyonunu etkinleştirmek için kullanılabilir.

Ortam Hava Partikül Monitörü, Hava Kalitesi İzleme Sistemi gibi akıllı direklere kolayca entegre edilebilir. Montaj yapılırken, en uygun yer seviyesinden en az 4-5 metre yüksekliğe dikkat edilmelidir. Duvar tipi kurulumlar için ise çevrenin en az 270 derece açık olduğundan emin olunmalıdır.

Parametreler aşağıda listelenmektedir:

Tablo 4. Ortam Hava Partikül Monitörü takip parametreleri [1]

Parametre	Açıklama	Çalışma prensibi	Ölçüm Prensibi	Beklenen Sensör Ömrü
PM _{2.5}	2,5µ'den küçük boyuta sahip Askıda Partikül Maddeler	Optik Parçacık Sayacı	Sürekli Akış Aktif İzleme	1.5 Yıl
PM ₁₀	10µ'den küçük boyuta sahip Askıda Partikül Maddeler			
PM ₁	1µ'den küçük boyuta sahip Ultra İnce Parçacık Maddeleri			
PM ₁₀₀	Toplam Askıda Partikül (TAP)			
Sıc	Sıcaklık	Katı hal yarı iletken algılama	Pasif İzleme	3 Yıl
N	Nem			
Bb	Barometrik basınç			

Bu parametreler dışında isteğe bağlı olarak aşağıdaki belirtilen dış modüller takılarak ek parametreler de takip edilebilir:

- Yağmur sensörü
- Rüzgâr sensörü
- Su baskını sensörü

Cihazın bakım ve operasyonu da Hava Kalitesi İzleme Sistemine benzer şekilde yapılması gerekir.

3.3.3. İletişim Cihazları/Modülleri:

Çevre kirliliği izleme sistemlerinde kablosuz iletişim için tercih edilecek iletişim modülleri, veri alışverişi için belirlenen yöntemle göre seçilmelidir. Önerilen yöntemler arasında lisanslı iletişim yöntemleri olan 2G/3G/4G gibi seçenekler veya lisanssız iletişim yöntemleri arasında yer alan LoRa gibi seçenekler bulunmaktadır. Yakın çevrede mevcut olan Wi-Fi erişim noktaları üzerinden Wi-Fi ile haberleşme sağlanabileceği gibi, imkanlar dahilinde Ethernet veya Modbus gibi kablolu iletişim yöntemleri de güvenilir ve hızlı haberleşme imkânı sunacaktır. Bu şekilde, veri iletişimi için uygun ve güvenilir iletişim modülleri tercih edilmelidir.

Yazılım ve Donanım Gereksinimleri

Çevre Kirliliği İzleme Sistemleri projesi için yazılım ve donanım gereksinimleri şunlardır:

- Veri Toplama ve İzleme Yazılımı
- Veritabanı Yönetim Sistemi
- Veri Analiz ve Raporlama Yazılımı
- Uzaktan Erişim ve İzleme Yazılımı
- Sensörler ve Detektörler
- Veri Toplama Birimi
- İletişim Modülleri
- Veri Depolama Birimi
- Güç Kaynağı

Alternatif teknolojiler nelerdir? Karşılaştırma yapınız.

Proje kapsamında doğru verilerin ve ekipmanların seçilmesi için ilgili bilgilere sahip olunması önemlidir. Çevre kirliliği izleme sistemleri projelerinde dikkate alınması gereken çeşitli önemli dokümanlar vardır, bunlar aşağıdaki gibidir:

- Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı)
- Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı)
- Koku Oluşturan Emisyonların Kontrolü Hakkında Yönetmelik-2013

Hava Kalitesi İzleme:

Çevre kirliliği izleme sistemlerinde hava kirliliğini ölçen izleme istasyonları ve sensörler önemli bir rol oynamaktadır. Bu istasyonlar, sadece hava kirliliğini ölçmekle kalmayıp aynı zamanda gürültü ve hava kirliliğini bir arada izleyebilen modelleri de içermektedir. Birden fazla çevresel parametreyi ölçen istasyonların operasyon maliyetlerinin düşük olması tercih edilebilir. Ancak, ülkemizde hava kirliliği değerlerinin belirlenen kriterlere uygun olarak ölçülmesi önemlidir. Hava kalitesi sınır değerleri Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın web sitesinden alınabilir ve aşağıda listelenmektedir:

Tablo 5. Hava kalitesi sınır değerleri [1]

HAVA KALİTESİ SINIR DEĞERLERİ																			
Kirlenici ve Ortalama Süre	2008 ve öncesi	Geçiş Dönemi Sınır Değerleri					Hedeflenen Sınır Değerler										AB Sınır Değerine Ulaşılabilecek Tarih		
		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023		2024	
SO ₂ (µg/m ³)	Saatlik	900	900	900	900	900	900	500	470	440	410	380	350	350	350	350	350	350	1 Ocak 2019
	24 Saatlik	400	370	340	310	280	250	250	225	200	175	150	125	125	125	125	125	125	1 Ocak 2019
	Yıllık ve Kış Dönemi (Ekosistemin Korunması)	-	-	-	-	-	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	1 Ocak 2014
PM ₁₀ (µg/m ³)	24 Saatlik	300	260	220	180	140	100	100	90	80	70	60	50	50	50	50	50	50	1 Ocak 2019
	Yıllık	150	132	114	96	78	60	60	56	52	48	44	40	40	40	40	40	40	1 Ocak 2019
NO ₂ (µg/m ³)	Saatlik	300	300	300	300	300	300	300	290	280	270	260	250	250	250	250	250	250	1 Ocak 2024
	24 Saatlik	100	92	84	76	68	60	60	56	52	48	44	40	40	40	40	40	40	1 Ocak 2024
NO _x (µg/m ³)	Yıllık (Vejetasyonun Korunması İçin)	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	1 Ocak 2019
CO (mg/m ³)	Maksimum Günlük 8 Saatlik Ortalama	-	-	-	-	-	-	16	14	12	10	10	10	10	10	10	10	10	1 Ocak 2017
O ₃	Mayıs Ayından Temmuz Ayına Kadar 1 Saatlik Değerlerden Hesaplanacak AOT40	Bu kirlenici için 2008-2021 yıllarında bir hedef değer belirlenmemiştir.														18000 (µg/m ³ .saat)		1 Ocak 2022	
	Bir yılda Maksimum Günlük 8 Saatlik Ortalama	Bu kirlenici için 2008-2021 yıllarında bir hedef değer belirlenmemiştir.														120	120	120	1 Ocak 2022
Pb (µg/m ³)	Yıllık	2	1,8	1,6	1,4	1,2	1	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1 Ocak 2019
C ₆ H ₆ (µg/m ³)	Yıllık	-	-	-	-	-	10	10	10	9	8	7	7	7	7	7	7	7	1 Ocak 2021
As (ng/m ³)	Hedef Sınır Değer - Yıllık	Bu kirlenici için 2008-2019 yıllarında bir hedef değer belirlenmemiştir.											6	6	6	6	6	1 Ocak 2020	
Cd (ng/m ³)	Hedef Sınır Değer - Yıllık	Bu kirlenici için 2008-2019 yıllarında bir hedef değer belirlenmemiştir.											5	5	5	5	5	1 Ocak 2020	
Ni (ng/m ³)	Hedef Sınır Değer - Yıllık	Bu kirlenici için 2008-2019 yıllarında bir hedef değer belirlenmemiştir.											20	20	20	20	20	1 Ocak 2020	
B(a)P (ng/m ³)	Hedef Sınır Değer - Yıllık	Bu kirlenici için 2008-2019 yıllarında bir hedef değer belirlenmemiştir.											1	1	1	1	1	1 Ocak 2020	

Bu değerlerin ölçümünde yukarıdaki **Tablo 5** esas alınacaktır.

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından oluşturulan Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliğinde, hava kirliliğinde limit değerler, değerlendirme ve uyarı eşikleri aşağıdaki tablolarda belirtildiği gibidir:

Tablo 6. Hava kirliliğinde limit değerler, değerlendirme ve uyarı eşikleri [1]

Kirlenici	Ortalama süre	Limit değer	Tolerans payı	Üst değerlendirme eşığı	Alt değerlendirme eşığı	Limit değere ulaşılacak tarih	Uyarı eşığı
SO ₂	saatlik -insan sağlığının korunması için-	350 µg/m ³ (bir yılda 24 defadan fazla aşılmaz)	1.1.2014 tarihinde 150 µg/m ³ (limit değerin %43' ü) ve 1.1.2019 tarihine kadar tolerans payı sıfırlanacak şekilde her 12 ayda bir eşit miktarda yıllık olarak azaltılır			1.Ocak 2019	500 µg/m ³ (hava kalitesinin temsili bölgelerinde bütün bir "bölge" veya "alt bölge" veya en azından 100 km ² 'de hangisi küçük ise- üç ardışık saatte ölçülür)
	24 saatlik -insan sağlığının korunması için-	125 µg/m ³ (bir yılda 3 defadan fazla aşılmaz)	1.1.2014 tarihinde 125 µg/m ³ (%100) ve 1.1.2019 tarihine kadar tolerans payı sıfırlanacak şekilde her 12 ayda bir eşit miktarda yıllık olarak azaltılır	24-saatlik limit değerin %60' ı (75 µg/m ³ bir yılda 3 defadan fazla aşılmaz)	24-saatlik limit değerin %40 'ı (50 µg/m ³ bir yılda 3 defadan fazla aşılmaz)	1.Ocak 2019	
	yıllık ve kış dönemi (1 Ekim den 31 Mart'a kadar) - ekosistemin korunması-	20 µg/m ³		Kış dönemi limit değerin %60'ı (12 µg/m ³)	Kış dönemi limit değerin %40'ı (8 µg/m ³)	1.Ocak 2014	

Kirlenici	Ortalama süre	Limit değer	Tolerans payı	Üst değerlendirme eşığı	Alt değerlendirme eşığı	Limit değere ulaşılacak tarih	Uyarı eşığı
NO ₂	saatlik -insan sağlığının korunması için-	200 µg/m ³ (bir yılda 18 defadan fazla aşılmaz)	1.1.2014 tarihinde 100 µg/m ³ (% 50) ve 1.1.2024 tarihine kadar tolerans payı sıfırlanacak şekilde her 12 ayda bir eşit miktarda yıllık olarak azaltılır	limit değerin %70'i (140 µg/m ³ bir yılda 18 defadan fazla aşılmaz)	limit değerin %50'si (100 µg/m ³ bir yılda 18 defadan fazla aşılmaz)	1.Ocak 2024	400 µg/m ³ (hava kalitesinin temsili bölgelerinde bütün bir "bölge" veya "alt bölge" de veya en azından 100 km ² 'de hangisi küçük ise- üç ardışık saatte ölçülür)
	yıllık -insan sağlığının korunması için-	40µg/m ³	1.1.2014 tarihinde 20 µg/m ³ (% 50) ve 1.1.2024 tarihine kadar tolerans payı sıfırlanacak şekilde her 12 ayda bir eşit miktarda yıllık olarak azaltılır	limit değerin %80'i (32 µg/m ³)	limit değerin %65'i (26 µg/m ³)	1.Ocak 2024	
NO _x	yıllık - vejetasyonun korunması için-	30 µg/m ³	-	limit değerin %80'i (24 µg/m ³)	limit değerin %65'i (19,5 µg/m ³)	1.Ocak 2014	

Tablo 7. Hava kirliliğinde limit değerler, değerlendirme ve uyarı eşikleri

Sayfa 1	Ortalama süre	Limit değer	Tolerans payı	Üst değerlendirme eşiği	Alt değerlendirme eşiği	Limit değere ulaşılacak tarih
Kurşun	yıllık -insan sağlığının korunması için-	0,5µg/m ³ Sinayi faaliyetlerden uzun yıllar boyunca kontamine olmuş sanayi kaynaklarının yakınılarında 1 µg/m ³ (bakınız madde 12 (4))	1.1.2014 tarihinde 0,5 µg/m ³ (% 100) ve 1.1.2019 tarihine kadar veya madde 12 (4) 'e göre belirlenen "alt bölge"ler ve "bölge"lerde 1 Ocak 2019 + 5 yıla kadar tolerans payı sıfırlanacak şekilde her 12 ayda bir eşit miktarda yıllık olarak azaltılır	limit değerinin %70'i (0,35 µg/m ³)	limit değerinin %50'si (0,25 µg/m ³)	1 Ocak 2019 veya madde 12 (4) 'e göre belirlenen "bölge" ve "alt bölge"lerde 1 Ocak 2019 +5 yıl. Böyle durumlarda limit değer 1 Ocak 2019 dan itibaren 1,0 µg/m ³ olur.
Benzen	yıllık -insan sağlığının korunması için-	5 µg/m ³	1.1.2014 tarihinde 5 µg/m ³ (% 100) ve 01.01.2017 tarihinden 1.1.2021 tarihine kadar tolerans payı sıfırlanacak şekilde her 12 ayda bir eşit miktarda yıllık olarak azaltılır	limit değerinin %70'i (3, 5 µg/m ³)	limit değerinin %40'ı (2 µg/m ³)	1 Ocak 2021 zaman-sınırlı uzatmaya mutabık kalınan "bölge" ve "alt bölge"ler hariç (bakınız madde 12 (3))
Karbon monoksit	maksimum günlük 8 saatlik ortalama -insan sağlığının korunması için-	10 mg/m ³	1.1.2014 tarihinde 6 mg/m ³ (%60) ve 1.1.2017 tarihine kadar tolerans payı sıfırlanacak şekilde her 12 ayda bir eşit miktarda yıllık olarak azaltılır	limit değerinin %70'i (7 mg/m ³)	limit değerinin %50'si (5 mg/m ³)	1 Ocak 2017

Tablo 8. Arsenik, kadmiyum, nikel ve benzo(a)piren için hedef değerler ve değerlendirme eşikleri [1]

Kirlenici	Hedef değer (a)	Hedef değerinin yüzdesi olarak üst değerlendirme eşiği	Hedef değerinin yüzdesi olarak alt değerlendirme eşiği	Hedef değere ulaşılacak tarih
Arsenik	6 ng/m ³	% 60 (3,6 ng/m ³)	%40 (2,4 ng/m ³)	1 Ocak 2020
Kadmiyum	5 ng/m ³	% 60 (3,0 ng/m ³)	%40 (2,0 ng/m ³)	1 Ocak 2020
Nikel	20 ng/m ³	% 70 (14 ng/m ³)	%50 (10 ng/m ³)	1 Ocak 2020
Benzo(a)piren	1 ng/m ³	% 60 (0,6 ng/m ³)	%40 (0,4 ng/m ³)	1 Ocak 2020

Tablo 9. Ozon için uzun vadeli hedefler, hedef değerler, bilgilendirme ve uyarı eşikleri [1]

Hedef	Ortalama Süre	2022 için Hedef değer (a)	Uzun vadeli hedef
İnsan sağlığının korunması	Bir yılda maksimum günlük 8 saatlik ortalama	120 µg/m ³ değeri üç yıllık ortalama alındığında bir yılda 25 günden daha fazla süre boyunca aşılmamalıdır (b)	120 µg/m ³
Vejetasyonun korunması	Mayıs ayından Temmuz ayına kadar 1 saatlik değerlerden hesaplanacak AOT40	Beş yıllık ortalaması 18 000 µg/m ³ -saat (b)	6 000 µg/m ³ -saat

Yönetmelikte yer alan, örnekleme noktalarının konumları da dikkate alınarak ölçüm alanlarında kullanılacak sensör vb. kullanımı belirlenecektir.

Hava kirliliği ölçümünde sensör kullanımları izleme istasyonlarına göre operasyon maliyetleri, kapladıkları yer açısından daha avantajlıdır.

Gürültü Kirliliği İzleme:

2011 yılında oluşturulan Çevresel Gürültü Ölçüm ve Değerlendirme Kılavuzu, gürültü seviyelerini aşağıdaki şekilde belirtmektedir:

- Gürültü seviyeleri dB(A) birimiyle ölçülmektedir.
- dB(A) skalası logaritmik bir yapıya sahiptir.
- İnsanların duyma sınırı veya eşiği 0 dB(A) olup, 120-130 dB(A) ise ağrı eşiği olarak kabul edilir.
- Yaklaşık olarak bir sesin 6-10 dB(A) artırılması, insan kulağı tarafından iki kat daha yüksek olarak algılanır.
- Trafik akışındaki yoğunluğun yarıya düşürülmesi yaklaşık olarak 3 dB'lik bir düşüş sağlarken, yoğunluğun iki kat artırılması yaklaşık olarak 3 dB'lik bir artışa neden olur.

Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği'nde gürültü, "ulaşım araçları, kara yolu trafiği, demir yolu trafiği, hava yolu trafiği, deniz yolu trafiği, açık alanda kullanılan ekipman, şantiye alanları, sanayi tesisleri, atölyeler, işyerleri ve rekreasyon ve eğlence yerlerinden kaynaklanan zararlı veya istenmeyen açık hava sesleri" olarak tanımlanmıştır. Bu tanıma göre, ulaşım için gürültü sınır değerleri belirlenmiştir.

Tablo 10. Kara Yolu Çevresel Gürültü Sınır Değerleri [1]

Alanlar	Planlanan/Yenilenmiş/Onarılmış yollar			Mevcut yollar		
	L _{gündüz} (dBA)	L _{akşam} (dBA)	L _{gece} (dBA)	L _{gündüz} (dBA)	L _{akşam} (dBA)	L _{gece} (dBA)
Gürültüye hassas kullanımlardan eğitim, kültür ve	60	55	50	65	60	55

sağlık alanları ile yazlık ve kamp yerlerinin ağırlıklı olduğu alanlar						
Ticari yapılar ile gürültüye hassas kullanımların birlikte bulunduğu alanlardan konutların yoğun olarak bulunduğu alanlar	63	58	53	68	63	58
Ticari yapılar ile gürültüye hassas kullanımların birlikte bulunduğu alanlardan işyerlerinin yoğun olarak bulunduğu alanlar	65	60	55	70	65	60
Endüstriyel alanlar	67	62	57	72	67	62

Tablo 11. Hafif Raylı Sistemler İçin Çevresel Gürültü Sınır Değerleri [1]

Yer altı İstasyonları		L _{eq} (dBA)	Yerüstü İstasyonları		L _{eq} (dBA)	
Gişeler, merdivenler, koridorlar		55	Platformlar (platform kenarından 1,8 m)	Duran ve kalkan trenler için	70	
Platformlar (platform kenarından 1,8 m)	Duran ve kalkan trenler için	80		Geçen Trenler	75	
	Geçen Trenler	85		Çalışır durumda bekleyen trenler için	65	
	Çalışır durumda bekleyen trenler için	65				
İstasyon içinde Havalandırma sistemi		55				
Caddelerde havalandırma kanalları (9 m'de)		55				
İstasyon içinde kapalı hacimlerde bulunan acil havalandırma fanları (22,5 m'de)		80				

Sanayi alanları için belirlenen gürültü sınır değerleri aşağıdaki gibidir:

Tablo 12. Endüstri tesisleri için çevresel gürültü sınır değerleri [1]

Alanlar	L _{gündüz} (dBA)	L _{akşam} (dBA)	L _{gece} (dBA)
Gürültüye hassas kullanımlardan eğitim, kültür ve sağlık alanları ile yazlık ve kamp yerlerinin yoğunluklu olduğu alanlar	60	55	50

Ticari yapılar ile gürültüye hassas kullanımların birlikte bulunduğu alanlardan konutların yoğun olarak bulunduğu alanlar	65	60	55
Ticari yapılar ile gürültüye hassas kullanımların birlikte bulunduğu alanlardan işyerlerinin yoğun olarak bulunduğu alanlar	68	63	58
Endüstriyel alanlar	70	65	60

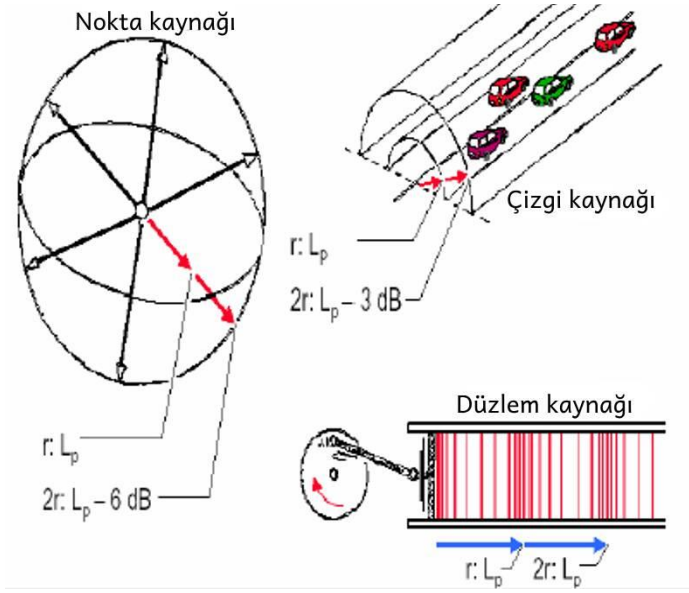
Şehirlerde yaşanan yapılaşma sürecinde belirlenen gürültü sınır değerleri de aşağıdaki gibidir:

Tablo 13. Şantiye Alanı İçin Çevresel Gürültü Sınır Değerleri [1]

Faaliyet türü (yapım, yıkım ve onarım)	L_{gündüz} (dBA)
Bina	70
Yol	75
Diğer kaynaklar	70

Birden fazla işyeri, atölye, imalathane ve sanayi bölgelerinden kaynaklanan toplam çevresel gürültü seviyesi, arka plan gürültü seviyesini 7-10 dBA aralığından fazla aşmamalıdır. Bu değer, etkilenen kişi sayısı, gürültü kaynağı ile hassas bölgeler arasındaki mesafe ve diğer faktörler dikkate alınarak İl Mahalli Çevre Kurulu Kararı ile belirlenir. Sınır değeri aşan durumlarda, her işletmenin arka plan gürültü seviyesine katkısı eşit olarak sorumludur ve katkı oranları belirlendikten sonra gerekli önlemler alınır.

2011 yılında oluşturulan Çevresel Gürültü Ölçüm ve Değerlendirme Kılavuzu'na göre, gürültü kaynakları farklı şekillerde gruplandırılabilir. Havada ve katı ortamlarda doğan gürültüler, akustik olarak noktasal, çizgisel ve düzlemsel kaynaklardan yayılabilirler. Aşağıdaki şekilde, gürültünün doğuş biçimlerini ve yayılımını detaylı bir şekilde ele alınmaktadır:



Şekil 7. Akustik Yönden Gürültü Kaynakları [1]

Akustik kirlilik oluşturan gürültüler, kaynak ve alıcının konumuna ve yayılma yollarına bağlı olarak iki grupta incelenebilir. Açık alanda bulunan gürültü kaynakları arasında ulaşım gürültüleri (karayolu, denizyolu, demiryolu, uçak ve havaalanı gürültüleri), endüstri gürültüleri (araçlar, makineler, işyerlerinden kaynaklanan gürültüler), yapım (şantiye) gürültüleri, insan etkinliklerine ilişkin gürültüler (yüksek sesle konuşma, spor alanları, müzik sesleri vb.), eğlence ve ticari amaçlı gürültüler yer almaktadır. Proje kapsamında, trafik alanları ve sanayi bölgelerinde gürültü seviyeleri ölçülecektir. Bu ölçümler, proje alanı içindeki gürültü durumunu belirlemek amacıyla yapılacaktır.

Koku İzleme:

Koku Oluşturan Emisyonların Kontrolü Hakkında Yönetmelik Madde 9'da yer alan emisyon sınır değerleri hakkındaki bilgi aşağıdaki gibidir:

- "Şikâyete konu olan işletmenin faaliyet gösterdiği zamanlarda koku emisyonuna neden olan kaynak/kaynaklarından ulusal/uluslararası standartlara göre alınan ve işletme/tesisin koku emisyonunu temsil eden en az üç kokulu gaz örneğinin olfaktometrik olarak ölçülmüş koku konsantrasyonlarının geometrik ortalaması;
- 1000 KB/m³ veya daha az ise, işletme/tesiste kaynakta koku giderimi konusunda herhangi bir işlem yapılmaz.
- 1000-10.000 KB/m³ aralığında ise, yetkili merci tarafından, işletmede koku kontrol/ek koku kontrol tedbiri alınması, alınan tedbirlerin etkinliğinin belirlenmesi için kaynak/kaynaklarda ölçüm yapılarak bu çalışmalarla ilgili raporun yetkili mercie sunulması için süre verilir.
- 10.000 KB/m³ ten büyük ise, yetkili merci tarafından 16.ncı madde kapsamında idari yaptırım uygulanır ve işletmede koku kontrol/ek koku kontrol tedbiri alınması, alınan tedbirlerin

etkinliğinin belirlenmesi için kaynak/kaynaklarda ölçüm yapılarak bu çalışmalarla ilgili raporun yetkili mercie sunulması için süre verilir.

- Koku şikâyetine neden olan işletme/tesislerin sorumluları, koku emisyonunu gidermek üzere önlem aldıktan sonra koku kaynağındaki emisyonu yeniden ölçtürür.
- Bir işletmede birden fazla koku kaynağı olan tesis varsa, bu durumda her bir kaynaktaki koku debisi (qkoku) bulunup, işletmenin tümü için toplandıktan sonra, bütün kaynaklardan çıkan kokulu gaz hacimsel debileri (Q) toplamına bölünerek ortalama koku konsantrasyonu belirlenir. Bu şekilde bulunan ortalama koku konsantrasyonu birinci fıkranın (a), (b) ve (c) bentlerine göre değerlendirilir.
- Hedonik tonu olumlu olan kokular için sınır değeri iki ile çarpılarak alınır.”

Koku kaynaklarından alınan kokulu gaz örnekleri, ofaktometrik yöntemle koku konsantrasyonu tespit edilmektedir. Bu tespit için olfaktometre adı verilen bir cihaz kullanılmaktadır. Projede koku analizi için, şikâyetler üzerine alana gidilerek ilgili mevzuata uygun bir uygulama planlanmaktadır.

Toprak Kirliliği İzleme:

“Soil Contamination Monitoring” adlı makaleden alınan toprak kirleticilerinin en önemli fiziksel-kimyasal özellikleri ve yaygın olarak kullanılan katsayılar, aşağıda **Tablo 14**'te verilmektedir [28]:

Tablo 14. Toprak kirliliğinin izlenmesini etkileyen kirletici maddelerin fiziksel-kimyasal özellikleri [1]

Karakteristik	Kısaltma	Birimler	Çevresel İlgisi
Moleküler kütle	MW	Atomik kütle birimleri	Bir kirletici maddenin kütlesi
Çözünürlük	S	mg L ⁻¹ or g m ⁻³	Sıvıda çözünen kirletici eğilimi
Yoğunluk	D	g cm ⁻³	Birim hacimdeki kirletici maddenin kütlesi
Buhar basıncı	v.p.	Pa	Hava fazında kirletici var olma eğilimi
Emilme katsayısı	Kd	boyutsuz	Kirletici maddenin tortu ve su arasında bölünmesi

Organik karbon bölme katsayısı	Koc	boyutsuz	Toprağın organik karbon içeriği için düzeltilmiş, kirletici maddenin tortu ve su arasında bölünmesi
Oktan-ol-su dağılım katsayısı	Kow	boyutsuz	Kirletici maddenin lipitler ve su arasında bölünmesi; Tahmin hidrofobiklik
Henry yasası sayısı	K _H	Pa-m ³ mole ⁻¹	Kirletici maddenin hava ve su arasında bölünmesi
Radyoaktivite	Yok	Bq	Bir radyonüklidin parçalanması; saniyede parçalanma

Bir kirletici maddenin fizikokimyasal özelliklerinin bilinmesi, uygun toprak izleme tekniklerinin belirlenmesine yardımcı olur. Kirletici maddenin çözünürlüğü, sıcaklıkta doymuş bir çözelti içinde dengede bulunan konsantrasyonunu ifade eden en belirgin özelliklerden biridir. Çözünürlük genellikle moleküler ağırlık ve yoğunluk gibi faktörlere bağlıdır. Kirletici maddenin çözünürlüğü, sulu ortamda kalma ve toprak partiküllerine emilme yeteneğini gösteren bir gösterge sağlar.

Toprak izleme, özel olarak tasarlanmış araçlar kullanılarak toprakların kaldırılmasını gerektirmez. Laboratuvar aletleri, topraklar toplandıktan sonra sahaya taşınmak üzere modifiye edilebilir. Sahada kullanılan test kitleri ve aletler genellikle daha küçük, taşınabilir ve saha koşullarına, aşınma ve yıpranmaya, seyahat ve diğer zorluklara dayanıklıdır. Yerinde toprak izleme teknikleri arasında portatif spektrometrelerle kolorimetrik analizler, kirlenmiş alanların elektriksel iletkenlik kullanılarak fiziksel analizi, kirlilik göstergeleri veya biyolojik belirteçlerle yapılan hassas biyolojik analizler bulunur.

Örnek Vaka Tasarısı:

Çevre Kirliliği İzleme Sistemi Projesi için hava kalitesi ve gürültü kirliliği, koku ve toprak analiz sistemlerinden alınan verilerin sensörler aracılığıyla ölçülerek tek bir platformda toplanmalıdır. Entegre bir yapıya sahip bu platform, çevrenin korunması, halk sağlığının sürdürülmesi ve tasarruf sağlanması açısından önemli bir rol oynar.

Tasarlanacak platform, çevre kirliliği izleme sistemlerinin verimliliğini artırmak ve bakım/destek maliyetlerini düşürmek amacıyla trafik, sanayi, rekreasyon gibi geniş alanları kapsayan projelerde kullanılabilir. Donanımlarla iletişim kurarak açılıp-kapanma, çalışma durumu gibi bilgileri yönetilebilir

bir şekilde sağlamalıdır. Bu sayede çevre kirliliği tespit sistemleri daha akıllı ve yönetilebilir hale gelecektir.

Proje alanında ilgili alt bölgelerin kullanımına göre aydınlatma direkleri, trafik, sanayi bölgesi düşünülerek sensörler yerleştirilecektir. Çevre kirliliği izleme projesinde kullanılacak donanım adetleri, izlenecek çevre kirliliği türüne bağlı olarak değişiklik gösterecektir. Örneğin, hava kalitesi ölçümleri için her bir milyon metrekareye en az bir izleme istasyonu yerleştirilmesi önerilmektedir. Bu sayede geniş bir alanda kapsamlı veri toplanması sağlanabilir.

Çevre Kirliliği İzleme Platformu Ana Özellikleri:

Platformun özellikleri kısaca aşağıdaki gibi açıklanabilmektedir:

- Çevre Kirliliği İzleme Platformu, kablolu veya kablosuz iletişim yöntemlerini desteklemelidir. Kablolama yapılamayan bölgelerde, kablosuz donanımlara bağlı modüller aracılığıyla platform yönetilmeli ve bilgi akışı sağlanmalıdır. Bu sayede pahalı ve zahmetli olan kablolama süreci gereksiz hale gelir.
- Önerilen iletişim metotları **Tablo 15'**teki gibidir:

Tablo 15. Tavsiye edilen kablolu ve kablosuz iletişim yöntemleri [1]

	İletişim Yöntemi	Özellik
Kablosuz	GSM	Global 2G / 3G/4G
	LoRa	868 MHz, 915 MHz
	LTE	CAT-M1
	NB-IoT	CAT-NB1
	Wi-Fi	802.11 b/g/n
Kablolu	Ethernet	10BaseT/100BaseTx
	Modbus	RS485 RTU

- Donanımlar (sensörler, detektörler, IoT cihazları vb.) bir entegre platform altında toplanır. Bu platform, sensörler, detektörler, IoT cihazları gibi modülleri içerir. Sensörler modülü, hava kirliliği için ayrı bir bölümü ve gürültü için ayrı bir bölümü içerir. Platform üzerinden sistem yöneticisi, çevre kirliliği izleme sistemlerini takip edebilir ve tespitlerini yapabilir. Ölçülen değerlerin belirlenen standartları aşması durumunda platform uyarı verir. Bu sayede sistem yöneticisi, tespitleri platform üzerinden gerçekleştirir. Sonuç olarak, platform üzerinde donanımlardan gelen verilerin yorumlanmasıyla çevre kirliliği izleme sisteminin verimli çalışması ve raporlanması sağlanır.

Önerilen Çözüm Mimarisi:

Çevre Kirliliği İzleme Platformu, sahadaki donanımların merkezi bir şekilde yönetilmesini sağlar. Kablosuz iletişim aracılığıyla sensörler arasında toplanacak veri miktarı belirlenir. Bu amaçla, sahadaki sensörlere uygun iletişim modülleri takılır. Cihazlar, internet bağlantısı üzerinden merkezi Akıllı Şehir Platformu ile iletişim kurar.

Hava kalitesi izleme sensörlerinden en az 2 veya 3 adet kullanılır. Gürültünün etkili olduğu alanlar, sanayi bölgeleri, yoğun trafik olan bölgeler ve okul çevresidir. Bu nedenle, 3 adet gürültü ölçüm sensörü kullanılır. Gerekli durumlarda sensör sayısı artırılabilir.

Teknoloji seçiminin dayandığı kriterler nelerdir? Açıklayınız.

- 1) Teknoloji yeni mi?
- 2) Teknoloji yerli mi?
- 3) Teknoloji yerli değilse yerlileştirilebilir mi?
- 4) Ölçüm ihtiyacı
- 5) Veri iletişimi ve entegrasyon
- 6) Esneklik
- 7) Ölçeklendirme kolaylığı
- 8) Maliyet ve uygunluk
- 9) Enerji verimliliği
- 10) Dayanıklılık ve çevresel koşullar
- 11) Teknik uyum
- 12) Entegrasyon kolaylığı
- 13) Bakım ve destek

Teknik tasarım süreçlerini (süreç tasarımı, makine-donanım, inşaat işleri, arazi düzenleme, yerleşim düzeni vb.) açıklayınız.

Finansal analiz bölümünde verilen yatırım kalemleri için **Tablo 16'**da belirtilen zorluk dereceleri ve kurulum süreleri dikkate alınmalıdır. Proje süresi, kurulacak izleme istasyonu sayısına bağlı olarak değişecektir. 1. ve 2. seviye yatırım senaryoları için 2-3 izleme istasyonunun kurulumu planlanmaktadır. Bu verilere göre, proje planlaması yapılmalı ve ilgili süreçlerin belirlenmesi gerekmektedir.

Tablo 16. Proje adımlarının süreleri ve zorluk dereceleri [1]

No	ÜRÜN	Açıklama	Zorluk Derecesi (1-5)	Süre
1	Plan Harita altyapısı		2	2 ay
2	YAZILIM (Çevre Kirliliği İzleme Platformu)		4	1 ay
3	Operasyon / İzleme Merkezi Donanım ve İletişim	1 adet sistem	2	2 ay
4	SENSÖRLER	3er adet	5	2 ay
	Dış Ortam Hava Kalitesi İzleme Sistemi			
	Koku Emisyonları İzleme Sistemi			
	Ortam Hava Partikül Monitörü			
5	İletişim Alt yapısı	Mevcut adetler doğrultusunda	5	4 ay
6	Siber Güvenlik Alt yapısı	Mevcut adetler doğrultusunda	5	4 ay

Proje planı, kurulum süreleri dikkate alınarak tahmini olarak oluşturulmuştur. Kapsam belirleme, sistem planlama ve ihale süreçleri projenin uygulanacağı şehir ve yönetmeliklere bağlı olarak değişiklik gösterebilir. İhale ve satın alma işlemlerinin tamamlanmasının ardından, kurulum, devreye alma, test ve optimizasyon süreçleri genellikle 4-6 ay sürebilir. Bu süreler, çalışan ekiplerin sayısına ve deneyimine bağlı olarak değişebilir.

Tablo 17. Proje planı

	1. Ay	2. Ay	3. Ay	4. Ay	5. Ay	6. Ay	7. Ay	8. Ay	9. Ay	10. Ay
1. Proje kapsamının belirlenmesi ile Proje Yönetim Planı										
2. Sistem Planlama										
3. ihale süreci										
3.a İhale dokümanı (Request for Proposal - RFP)										
3.b İhaleye çıkma										
3.c Ürünlerin seçimi ve onayı										
3.d Satınalma ve sözleşme süreci										
4. Altyapı faaliyetleri										
4.a Platform Kurulumu (Sunucu)										
4.b Dış Ortam Hava Kalitesi İzleme Sistemi kurulumu										
4.c Koku Emisyonları İzleme Sistemi kurulumu										
4.d Ortam Hava Partikül Monitörü kurulumu										
4.e Sistem testi ve devreye alma										
5. Bakım ve destek devir işlemleri										
5.a Optimizasyon										

Proje için önerilen yol haritası şu adımları içermelidir:

- Pilot uygulama: Proje için bir pilot uygulama başlatılmalı ve bu uygulamanın değerlendirmesi yapılmalıdır. Yeni geliştirilen bir mahalle veya bölge, çevre kirliliği izleme sistemlerinin kurulması için uygun bir seçenek olabilir. Bu pilot çalışma, proje için bir deneme alanı olarak kullanılır ve sistemin performansı, veri toplama süreci, sensörlerin doğruluğu ve kullanılabilirliği gibi faktörler değerlendirilir.
- Öncelikli bölgelerin seçimi: Pilot uygulamanın değerlendirmesi sonucunda, çevre kirliliği izleme sistemlerinin uygulanması gereken ve uygun olan diğer bölgeler belirlenmelidir. Bu belirleme sürecinde, öncelik sıralaması yapılmalıdır. Bölgelerin çevre kirliliği düzeyleri, nüfus yoğunluğu,

endüstriyel etkinlikler gibi faktörler dikkate alınarak, hangi bölgelerin projeye öncelik verileceği belirlenir.

- Proje planı ve fazları: Öncelikli bölgelerin belirlenmesinin ardından, proje için bir plan oluşturulmalı ve projenin aşamaları belirlenmelidir. Proje aşamaları, izleme sistemlerinin kurulumu, veri toplama süreci, verilerin analizi ve raporlanması gibi adımları içermelidir. Her aşama için belirlenen hedefler ve zaman çizelgesi, projenin ilerlemesini takip etmek ve kaynakları etkin bir şekilde kullanmak için önemlidir.
- Genişletme ve yaygınlaştırma: Pilot uygulama ve öncelikli bölgelerin başarılı bir şekilde değerlendirilmesinin ardından, proje genişletilmeli ve uygulama daha yaygın hale getirilmelidir. Bu, diğer bölgelerde yeni izleme sistemlerinin kurulumunu ve veri toplama sürecinin genişletilmesini içerir. Pilot çalışmadan elde edilen tecrübeler ve öğrenmeler, genişletme sürecinde kullanılmalı ve projenin daha başarılı bir şekilde hayata geçirilmesini sağlamak için dikkate alınmalıdır.

Bu yol haritası, projenin adım adım ilerlemesini ve başarılı sonuçlar elde etmesini sağlayacaktır. Pilot uygulama ile başlanarak, projenin etkinliği ve uygulanabilirliği değerlendirilirken, öncelikli bölgelerin belirlenmesi ve proje planının oluşturulması için veri ve deneyim elde edilir. Daha sonra, proje genişletilerek ve yaygınlaştırılarak, çevre kirliliği izleme sistemlerinin daha geniş bir alanda kullanılması ve çevrenin korunmasına katkı sağlanması hedeflenir.

4. Finansal Analiz

Örnek Vaka Projesi Sayesinde Karşılaşılabilecek Mali Faydalar:

Proje, hava kalitesi izleme sensörleri aracılığıyla hava kirliliğinin önlenmesini sağlayarak vatandaşların sağlığını korur. Bu sayede sağlık sorunlarından kaynaklanan maliyetler ve sağlık sektöründeki aksamalar engellenir. Aynı şekilde gürültü sebebiyle oluşan fiziksel ve psikolojik etkiler de azalır, sağlık harcamaları ve verimsizlik önlenir. Kokunun olumsuz etkileri de minimize edilerek sağlık sorunlarının azalması sağlanır. Proje ayrıca gürültü kirliliği ihlallerini tespit ederek kurum ve kuruluşların olumsuz süreçler için önceden bildirim almasını sağlar. Bu da takip ve tespit için harcanan giderleri azaltır.

Örnek Vaka:

İhtiyaç analizi kapsamında **1000 hektarlık** bir alanda **200.000 kişinin** yaşayacağı varsayılan proje alanında Çevre Kirliliği İzleme Sistemi Projesi ile ilgili aşağıdaki maliyetler söz konusu olmaktadır:

Yatırım Maliyeti:

Projenin yatırım maliyetleri, izleme sistemleri ve yazılım platformu gibi temel unsurları içermektedir. Diğer maliyetli kalemler, planlar, iletişim altyapısı, siber güvenlik altyapısı ve operasyon/izleme merkezi gibi unsurların bütçe dışında bırakıldığı varsayılarak hesaplanmamıştır.

Tablo 18. Bütçe kalemleri* [1]

ÜRÜN	MALİYET (USD)
Yazılım - Çevre izleme platformu	50.000
Sensörler	
• Dış ortam hava kalite izleme sistemi	10.000
• Koku emisyonları izleme sistemi	12.500
• Ortam hava partikül monitörü	5.000
İletişim Modülleri	250

*Hesaplanan bu maliyetler bu çalışmaların hazırlanmasında yardımcı temel doküman olan TÜBİTAK- TÜSSİDE Esenler Belediyesi Akıllı Şehir Uygulamaları Fizibilite Projesi Çevre Kirliliği İzleme Sistemi Uygulaması Ön Fizibilite Raporu'ndaki fiyatlandırma verisine bağlı kalınarak listelenmektedir. Uygulamayı gerçekleştirecek olan yerel yönetimlerin, kendi fizibilite çalışmaları hazırlanırken hatalarla karşılaşmamak adına için bu bölümü yeniden güncellemeleri önerilir.

Tablo 19. Bütçe önerisi* [1]

Ürün	Birim Maliyet (USD)	Adet	Toplam Maliyet (USD)
Yazılım - Çevre izleme platformu	50.000	2	100.000
Sensörler			
• Dış ortam hava kalite izleme sistemi	10.000	5	50.000
• Koku emisyonları izleme sistemi	12.500	5	62.500
• Ortam hava partikül monitörü	5.000	5	25.000
İletişim Modülleri	250	14	3.500
Genel Toplam			241.000

Burada verilen cihaz ve modül adetleri projenin başlangıcında yapılacak detaylı analiz aşamasında daha net bir şekilde belirlenmeli ve bütçe ona göre ayarlanmalıdır.

Operasyon Maliyeti:

İzleme istasyonlarının operasyonu, bakım ve destek maliyetlerini içermektedir. İstasyonlarda gazları ve parçacıkları/tozları tespit etmek için sensörler kullanılmaktadır. Bu sensörlerin belirli bir kullanım ömrü bulunmaktadır ve ömür süreleri kullanılan ortama bağlı olarak değişiklik gösterir. Yaklaşık sensör değişim süreleri aşağıdaki şekildedir:

- Toz sensörleri: 12-18 ay
- Gaz sensörleri: 24-36 ay
- Hava durumu sensörleri: 48-60 ay
- Gürültü sensörü: 60+ ay
- Yağmur/Rüzgâr/Sel sensörü: 48-60 ay

Sistem, sensörlerden gelen verilerin güvenilirliğine göre sensör değişim zamanını belirler ve kullanıcıya uyarı verir. Sensörlerin zamanında değiştirilmesi, sistemlerin doğru veri toplaması açısından önemlidir. Sistemlerde her gaz için farklı bir sensör kullanılırken, toz sensörü genel olarak tüm partiküller için kullanılır.

Ayrıca, izleme istasyonlarının yılda en az iki kez dış cepheleri ve özellikle partikül ve gazları içeri aldığı kısımları temizlenmelidir. Bu temizlik işlemi, sistemlerin verimli çalışması için gereklidir. Dış ortam koşullarına bağlı olarak, temizlik işlemlerinin daha sık yapılması gerekebilir.

Bu yoğun bakım ve destek ihtiyaçları sistemlerin yatırım maliyetinin yıllık olarak %18-22'si arasındadır. Bu değerlerin ortalaması yani %20'lik bir oran hesaplamalar için baz alınır, yıllık operasyon maliyetinin yaklaşık olarak 48.200 USD olarak ele alınması mümkündür.

5. Ekonomik Analiz

Çevre kirliliği izleme sistemi projelerinin ekonomik etkileri aşağıdaki şekildedir:

- Projelerin çevre ve halk sağlığını koruyarak olumsuzlukları önlemesi, sağlık harcamalarını azaltır.
- İş gücünün devamlılığı sağlandığından ekonomiye katkı sağlar.
- Toplum refah seviyesini yükselterek başarılı iş yapma ve üretkenliği artırır.
- Hava kalitesi izleme sensörleri vatandaşların sağlık açısından olumsuz etkilenmesini önler.
- Gürültü kirliliği ve kokunun etkileri azaltılır, sağlık sorunları önlenebilir.
- Hasta masrafları, işgücü kaybı ve ekonomik sorunlar azalır.

- Gürültü kirliliği ve rahatsız edici çevre faktörleri nedeniyle insanların daha sakin yerlere göç etmesi engellenir.
- Verimlilik artışı sağlanmasıyla istenen yaşam alanında kalabilme imkânı sağlanmış olur.

6. Sosyal Etkinin Analizi

Çevre kirliliği izleme sistemi projelerinin sosyal faydaları aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Sağlık ve güvenlik: Proje, insanların temiz bir çevrede yaşamasını sağlayarak sağlık sorunlarını önler. Hava kirliliği, gürültü ve koku gibi faktörlerin kontrol altına alınması, insanların solunum yolları hastalıklarına ve diğer sağlık sorunlarına maruz kalma riskini azaltır. Aynı zamanda gürültü nedeniyle meydana gelebilecek iş kazaları ve travmalar da önlenir.
- Yaşam kalitesi: Çevre kirliliği izleme sistemi, sayesinde çevre göstergelerinde oluşacak düzenlemeler ile bölgede yaşayan insanların yaşam kalitesi artacaktır. Temiz hava, sessiz ve rahat bir çevre, insanların daha sağlıklı ve huzurlu bir şekilde yaşamasını sağlar. Daha iyi bir yaşam kalitesi, insanların mutluluğunu ve refahını artırır.
- Toplum bilinci ve katılımı: Projeler, çevre kirliliği sorunları hakkında farkındalık oluşturur ve toplumun çevre konusunda daha duyarlı olmasını sağlar. İzleme sistemleri, insanların çevresel etkileri gözlemlemesine ve bilinçli kararlar almasına yardımcı olur. Aynı zamanda projeler, toplumun çevreyle ilgili sorunları yetkililere bildirme ve katılım sağlama imkânını artırır.
- Eşitlik: Çevre kirliliği izleme sistemleri, çevresel adaleti sağlamaya yardımcı olur. Herkesin temiz bir çevrede yaşama hakkına sahip olduğunu vurgular. Proje, kirlilik kaynaklarının eşit şekilde izlenmesini sağlar ve olumsuz etkilerin tüm toplum üyeleri arasında dağılımını azaltır.
- Sürdürülebilirlik: Projeler, çevre kirliliği sorunlarıyla mücadelede sürdürülebilir bir yaklaşımı teşvik eder. Daha temiz bir çevre ve azaltılmış kirlilik, gelecek nesiller için daha iyi bir dünya bırakma hedefini destekler. Bu da sosyal olarak sorumlu bir toplum oluşturmayı sağlar.
- Turizm ve çekicilik: Temiz bir çevre ve düşük kirlilik seviyeleri, turizm potansiyelini artırır. İnsanların doğal güzellikleri keşfetmek, açık hava etkinliklerine katılmak ve sağlıklı bir ortamda dinlenmek istemesi, bölgeye olan ilgiyi artırır ve ekonomik faydalar sağlar.

7. Çevresel Etkinin Analizi

Çevre kirliliği izleme sistemleri projelerinin çevresel faydaları aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

- Sağlıklı hava kalitesi: İzleme sistemleri, hava kirliliğinin takibini yaparak, zararlı kirleticilerin seviyelerini belirler. Bu sayede insanlar daha temiz bir hava soluyarak solunum yolu hastalıklarının ve sağlık sorunlarının riskini azaltır.

- Ekosistem koruması: İzleme sistemleri, su, toprak ve bitki örtüsü kalitesinin takibini yapar. Bu sayede ekosistemlerin korunması sağlanır, su kaynakları temiz tutulur ve doğal yaşam alanlarına zarar veren etkiler minimize edilir.
- İklim değişikliğinin takibi: Proje, sera gazı emisyonlarını ve hava kalitesini izleyerek iklim değişikliği ile mücadeleye katkıda bulunur. Bu sayede iklim değişikliği etkilerinin izlenmesi ve gerekli önlemlerin alınması sağlanır.
- Çevre bilinci ve eğitimi: İzleme sistemleri, çevre kirliliği konusunda farkındalık yaratır ve toplumda çevre bilincinin artmasına katkıda bulunur. Aynı zamanda izleme sonuçlarının paylaşılması ve halkın bilgilendirilmesi, çevre koruması konusunda eğitim sağlar.
- Doğal kaynakların korunması: Proje, doğal kaynakların kullanımını izleyerek israfı önler ve sürdürülebilir kullanımı teşvik eder. Bu sayede doğal kaynaklar daha verimli bir şekilde kullanılır ve gelecek nesiller için korunur.
- Çevre felaketlerinin önlenmesi: İzleme sistemleri, çevresel tehlikeleri erken tespit ederek çevre felaketlerinin önlenmesine yardımcı olur. Örneğin, su veya toprak kirliliği gibi tehlikelerin erken fark edilmesi, hızlı müdahale ve önlemlerin alınmasını sağlar.
- Sürdürülebilir kalkınma: Proje, çevresel faktörlerin takibi ve kontrolü sayesinde sürdürülebilir kalkınmayı destekler. Çevre kirliliğinin azaltılması ve doğal kaynakların korunması, uzun vadeli ekonomik ve çevresel faydalar sağlar.
- Yeşil şehir planlaması: İzleme sistemleri, şehir planlamasında yeşil alanların ve çevre dostu projelerin geliştirilmesine yardımcı olur. Bu sayede yaşanabilir ve sürdürülebilir bir şehir yapısı oluşturulur.
- Kanun ve düzenlemelerin desteklenmesi: İzleme sistemleri, çevre korumasıyla ilgili kanun ve düzenlemelerin uygulanmasını ve denetlenmesini sağlar. Bu sayede çevre politikalarının etkin bir şekilde uygulanması ve çevre kirliliğinin önlenmesi amaçlanır.
- Gelecek nesillere temiz bir çevre bırakma: Proje, çevre kirliliğinin azaltılması ve doğal kaynakların korunması sayesinde gelecek nesillere daha temiz bir çevre bırakılmasını sağlar. Bu, sağlıklı bir yaşam sürdürmeleri ve çevreyle uyumlu bir şekilde gelişmeleri için önemlidir.

8. Risk Analizi

Projenin dikkat edilmesi gereken pek çok riski bulunmaktadır. Bunlar aşağıda açıklanmaktadır:

- Yanlış konum seçimi ve problemlerin tespit edilememesi riski: Projenin etkili olması için izleme istasyonlarının doğru yerlere yerleştirilmesi önemlidir. Yanlış konum seçimi, önemli kirlilik kaynaklarının yakınında olmaması durumunda sorunları tespit etme kabiliyetini azaltabilir. Örneğin, atık toplama alanları veya gece kulüpleri gibi potansiyel kirlilik kaynaklarına yakın

olmayan bir izleme istasyonu, hava kirliliği veya gürültü gibi problemleri doğru bir şekilde tespit edemeyebilir. Bu durumda, projenin beklenen faydaları elde etmek zorlaşabilir.

- Yetersiz sayıda istasyon ve ölçümlerin hassasiyeti yetersiz olması riski: Proje bütçesi sınırlamaları nedeniyle yeterli sayıda izleme istasyonu kurulamayabilir. Bu durumda, belirli bir bölgedeki kirlilik düzeyini tam olarak yansıtmak için yetersiz veri elde edilebilir. Farklı türdeki kirliliklerin bölge içinde farklılık gösterdiği durumlarda, sınırlı sayıdaki istasyonlar yeterli hassasiyette ölçümler yapamayabilir. Bu nedenle, ihtiyaç arttıkça ek bütçe tahsis edilmesi veya istasyon sayısının artırılması gerekebilir.
- Sensör ayarlarının ve kalibrasyonunun yanlış yapılması ve yanlış ölçümler yapılması riski: Sensörlerin doğru çalışması ve doğru ölçümler yapılması için ayarlarının ve kalibrasyonlarının düzgün bir şekilde yapılması önemlidir. Yanlış ayarlar veya eksik kalibrasyon, yanlış verilerin elde edilmesine neden olabilir. Bu da projenin güvenilirliğini ve etkinliğini azaltabilir. Sensörlerin yer kalibrasyonu, doğru referans ekipman kullanılarak ortam ve atmosferik koşullara göre yakın zamanda gerçekleştirilmelidir.
- Monitörlerin aşırı bakım ve destek ihtiyacı riski: Proje kapsamında kullanılan monitörlerin ve sensörlerin, çevre kirliliği seviyesine bağlı olarak aşırı bakım ve destek gerektirebilir. Özellikle çevre kirliliğinin yüksek olduğu bölgelerde sensörler daha sık temizlenmeli, kalibrasyonları daha sık kontrol edilmeli ve gerekirse ayarlamalar yapılmalıdır. Bu ek bakım ve destek gereksinimi, maliyetleri artırabilir ve projenin sürdürülebilirliğini etkileyebilir. Öte yandan, çevre kirliliğinin minimum düzeyde olduğu bölgelerde monitörler daha uzun süre problemsiz ve verimli çalışabilir, bu da bir fırsat yaratır.
- Kokuyla ilgili problemlerin algılanamaması riski: Kurulan sensörlerin belli başlı gazları izlemesi ve tespit etmesi, ancak kokuların algılanması için sınırlayıcı olabilir. Sensörler, belirli gazların varlığını tespit edebilir, ancak rahatsız edici kokuların algılanması mümkün olmayabilir. Kokunun tespiti genellikle insan burunlarıyla yapılır ve sensörlerin kokuları doğru bir şekilde tespit etmesi zor olabilir. Bu nedenle, rahatsız edici kokuların tespiti için geleneksel yöntemlerin kullanılması veya şikayetlere dayalı bir süreç izlenmesi gerekebilir.
- Sensörlerin fiziksel güvenliğinin yetersiz olması sebebiyle vandallığa ve hatta hırsızlığa uğrama riski: Monitörlerin ve sensörlerin fiziksel güvenliği önemlidir. Yetersiz güvenlik önlemleri, sensörlerin hırsızlık veya vandalizm riskiyle karşı karşıya kalmasına neden olabilir. Bu durum, sistemlerin zarar görmesine veya çalınmasına yol açabilir. Sensörlerin güvenli alanlarda, dış müdahalelere karşı korumalı bir şekilde kurulması önemlidir. Video kameralar gibi ek güvenlik önlemleri de sistemin güvenliğini artırabilir.
- Tespit edilen çevre kirliliğine zamanında ve yeterli aksiyon alınmaması riski: Çevre kirliliğini izlemek, sorunların önceden tespit edilmesi için ilk adımdır. Ancak tespit edilen kirlilik

sorunlarına zamanında ve etkili bir şekilde müdahale edilmezse, projenin beklenen faydaları elde edilemez. Herhangi bir kirlilik tespit edildiğinde, kirlilik kaynağının belirlenmesi ve sorunun ortadan kaldırılması için uygun aksiyonlar alınması önemlidir. Bu süreçte gerekli aksiyonların alınmaması, projenin ekonomik ve mali getirisini düşürebilir.

- Çevre kirliliğinin bölge dışı faktörlerden kaynaklanması riski: Bazı durumlarda, çevre kirliliği bölge dışı faktörlerden kaynaklanabilir. Yerel çözümlerle çözülemeyen kirlilik problemleri, bölgesel, ulusal veya uluslararası düzeyde eylemler gerektirebilir. Yerel yönetimlerin çevre kirliliğini izleme dışında bir çözüm sunma yetenekleri sınırlı olabilir. Bu durumda, projenin ekonomik ve mali faydaları beklenenin altında kalabilir.
- Projenin güncellenme gerekliliği ve güncellenmemesi durumunda riskler: Proje kapsamında kullanılan izleme sistemleri ve sensörler, doğru yerlere yerleştirildiğinde kısa vadede güncelleme gerektirmeyebilir. Ancak, optimum konumlar seçilmezse veya yeni teknolojiler piyasaya çıktığında sisteme entegre edilmezse güncelleme ihtiyacı doğabilir. İzleme sistemlerine ek sensörlerin eklenmesi veya mevcut sensörlerin yerlerinin değiştirilmesi gerekebilir. Bu, ek maliyetler gerektirebilir, ancak sistemin daha iyi yönetim ve kontrol sağlaması için fırsatlar sunar.
- Yeni teknolojilerin piyasaya çıkması ve entegrasyon gerekliliği riski: İlerleyen zamanlarda yeni ve gelişmiş sensör teknolojilerinin piyasaya çıkması mümkündür. Bu durumda, daha hassas veya kapsamlı ölçümler yapabilen yeni sensörlerin projeye entegre edilmesi gerekebilir. Bu entegrasyon süreci, uygun bütçe ve teknik altyapı gerektirebilir. Yeni teknolojilerin entegrasyonu, çevre kirliliğinin daha etkin bir şekilde izlenmesi ve yönetilmesi için fırsatlar sunar.

9. Genel Değerlendirme ve Sonuç

Çevre kirliliği izleme sistemleri projeleri, çevresel koşulların ve yaşam koşullarının takip edilmesi ve tespit edilen değerlere göre olumlu adımların atılmasını sağlar. Bu projeler, teknolojik gelişmelerle birlikte tasarruf sağlayan ve vatandaşları ve doğayı koruyan bir yapıya dönüşmüştür. Nesnelerin haberleşmesi ve akıllı sistemlerin varlığı, dünyanın sınırlı kaynaklarının daha etkin bir şekilde kullanılmasını sağlar. Proje, hava, toprak, gürültü ve koku gibi çevresel kirliliklere sıkı takip ve tespit ile vatandaşların zarar görmeden yaşamasına olanak tanır. Ayrıca, projenin uzun vadede hedeflediği çevresel zararları azaltma etkisiyle, finansal, sosyal ve çevresel etkileriyle Akıllı Şehir uygulamaları arasında öne çıkar.

Fizibilite çalışması sonucunda, dünyada farklı ülkelerde ve şehirlerde çevre kirliliği izleme sistemleri için yapılan akıllı şehir çalışmaları olduğu belirlenmiştir. Türkiye'de ise bu tür uygulamaların henüz başlangıç

seviyesinde olduğu ve dünyada kullanılan teknolojiden biraz farklı olduğu görülmektedir. Ancak, Paris Anlaşması, Kyoto Protokolü ve Türkiye'de oluşturulan yönetmelikler çerçevesinde,  evre kirliliği izleme sistemlerinde standartların oluşturulması ve korunması gerekliliği vurgulanmaktadır.

Bu noktada, akıllı Şehir platformu ve doğru teknoloji seçimiyle  evre kirliliği izleme sistemlerinin en uygun Şekilde değerlendirilmesi ve altyapının doğru bir Şekilde oluşturulması önemlidir. Doğru seçilen teknolojik altyapıyla başarılı bir akıllı Şehir uygulaması sayesinde Şehirler ve ülkemiz hedefine daha da yaklaşabilir.

 evre kirliliği izleme sistemlerinin uygulanması, hem insan sağlığına hem de çevreye olumlu katkılarda bulunur. Projenin faydaları hem maddi hem de yaşam koşulları açısından geri döner.

10. Kaynakça

[1] T B TAK - T SS DE. (Nisan 2021). Esenler Belediyesi Akıllı Şehir Uygulamaları Fizibilite Projesi.  evre Kirliliği İzleme Sistemi Uygulaması  n Fizibilite Raporu.

[2] <https://havakalitesi.ibb.gov.tr/Icerik/bilgi/kuresel-isinma-sera-etkisi> , “Küresel Isınma Sera Etkisi”, İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Erişim Tarihi: 19.01.2021

[3] <https://mappingair.bettair.city/the-project/> , “Air Quality”, Bettair Cities SL, Erişim Tarihi: 25.01.2021

[4] <https://www.breathelondon.org/#press-release> , “Air Quality”, Environmental Research Group , Erişim Tarihi: 23.01.2021

[5] Kaypak, Ő. (2019). KENT YAŐAMINDA GÜRÜLTÜ, K RL L Ğ  VE HUKUKSAL POL TİKAYA YANSIMASI. ASSAM Uluslararası Hakemli Dergi, ASSAM ULUSLARARASI HAKEML  DERĐ  13. ULUSLARARASI KAMU YÖNETİMİ SEMPOZYUMU B LDİRİLERİ  ZEL SAYISI, 91-104

[6] <https://dergipark.org.tr/tr/pub/assam/issue/48907/573196>

[7] Wang, Q., Terzis, A., & Szalay, A. (2010, May). A novel soil measuring wireless sensor network. In 2010 IEEE Instrumentation & Measurement Technology Conference

Proceedings (pp. 412-415). IEEE

<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/5488224>

[8] Slonecker, E. T., & Fisher, G. B. (2014). An Evaluation of Remote Sensing Technologies for the Detection of Residual Contamination at Ready-for-Anticipated Use Sites. US Department of the Interior, US Geological Survey

[9] <https://digital.sciencehistory.org/works/474299142> , “Beckman Model 6800 Air Quality Chromatograph”, Science History Institute, Erişim Tarihi: 23.01.2021

[10] <https://sim.csb.gov.tr/Intro/Uhkia>, “Hava Kalitesi Verileri”, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Erişim tarihi: 25.01.2021

[11] <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=18607&MevzuatTur=7&MevzuatTerTip=5>, “Koku Oluşturan Emisyonların Kontrolü Hakkında Yönetmelik”, T.C. CUMHURBAŞKANLIĞI MEVZUAT BİLGİ SİSTEMİ, Erişim Tarihi: 22.02.2021

[12] <https://sim.csb.gov.tr/Services/Details?id=914b525e-f275-41e1-b45b-118ada8f08c3> , “Hava Kalitesi Verileri”, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Erişim tarihi: 25.01.2021

[13] Başbakanlık Mevzuatı Geliştirme ve Yayın Genel Müdürlüğü (resmigazete.gov.tr)

[14] <https://sim.csb.gov.tr/Services/Details?id=914b525e-f275-41e1-b45b-118ada8f08c3> , “Hava Kalitesi Verileri”, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Erişim tarihi: 25.01.2021

[15] *Inhalable Particulate Matter and Health (PM2.5 and PM10) | California Air Resources Board.* (n.d.). [https://ww2.arb.ca.gov/resources/inhalable-particulate-matter-and-health#:~:text=Particles%20are%20defined%20by%20their,diameter%20\(PM2.5\).](https://ww2.arb.ca.gov/resources/inhalable-particulate-matter-and-health#:~:text=Particles%20are%20defined%20by%20their,diameter%20(PM2.5).)

[16] US Department of Health and Human Services, Agency for Toxic Substances and Disease Registry. (2002). NITROGEN OXIDES (nitric oxide, nitrogen dioxide, etc.). In *ATSDR*. US Department of Health and Human Services, ATSDR. <https://www.atsdr.cdc.gov/toxfaqs/tfacts175.pdf>

[17] Sirnak.Csb.Gov.Tr. (n.d.). *Yer seviyesi ozon kirliliğinin zararları ve alınacak önlemleri*.

<https://sirnak.csb.gov.tr/yer-seviyesi-ozon-kirliliginin-zararlari-ve-alinacak-onlemleri-haber-14510>

[18] *Volatile organic compounds (VOCs) | Minnesota Pollution Control Agency*. (n.d.).

Minnesota Pollution Control Agency. <https://www.pca.state.mn.us/pollutants-and-contaminants/volatile-organic-compounds-vocs#:~:text=and%20environmental%20concerns-,Exposure%20to%20VOC%20vapors%20can%20cause%20a%20variety%20of%20health,are%20suspected%20or%20proven%20carcinogens.>

[19] *Sulphur dioxide*. (2021, September 29). Ministry for the Environment.

<https://environment.govt.nz/facts-and-science/air/air-pollutants/sulphur-dioxide-and-effects-on-health/#:~:text=Sulphur%20dioxide%20can%20cause%20respiratory,been%20linked%20to%20cardiovascular%20disease.>

[20] *Basic Information about Carbon Monoxide (CO) Outdoor Air Pollution | US EPA*. (2023,

July 13). US EPA. <https://www.epa.gov/co-pollution/basic-information-about-carbon-monoxide-co-outdoor-air-pollution#:~:text=Breathing%20air%20with%20a%20high,%2C%20confusion%2C%20unconsciousness%20and%20death.>

[21] *Sera gazları nelerdir? | TÜBİTAK Bilim Genç*. (n.d.). Bilim Genç.

<https://bilimgenc.tubitak.gov.tr/makale/sera-gazlari-nelerdir>

[22] <https://havakalitesi.ibb.gov.tr/Icerik/bilgi/ozon-tabakasi> , “Ozon Tabakası”, İstanbul

Hava Kalitesi İzleme Merkezi, Erişim Tarihi: 20.01.2021

[23] Çepel, N. (n.d.). Konu 14: Gürültü kirliliği. In *Gürültü Kirliliği* (pp. 1–8).

<https://cdn.bartın.edu.tr/cevre/d2a58cf6-55c1-42ad-b4dc-e05c5446656e/gurultu-kirliligi.pdf>

[24] *What is soil pollution | Environmental Pollution Centers*. (n.d.).

<https://www.environmentalpollutioncenters.org/soil/#:~:text=Definition,health%20and%20for%20the%20ecosystem.>

[25] <https://havakalitesi.ibb.gov.tr/Icerik/bilgi/asit-yagmurlari>, “Asit Yağmurları”, İstanbul

Hava Kalitesi İzleme Merkezi, Erişim Tarihi: 20.01.2021

[26] <http://web.deu.edu.tr/erdin/pubs/doc43.htm>, “Koku Kirlenmesi ve Biyolojik Olarak

Atıkgaz Arıtılması”, Dokuz Eylül Üniversitesi, Erişim Tarihi: 16.01.2021

[27] <https://guidehouseinsights.com/reports/air-quality-monitoring-for-smart-cities>, “Air

Quality Monitoring for Smart City Infrastructure”, Guidehouse Insights, Erişim Tarihi:

15.01.2021

[28] <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=18607&MevzuatTur=7&MevzuatTer>

tip=5, “Koku Oluşturan Emisyonların Kontrolü Hakkında Yönetmelik”, T.C.

CUMHURBAŞKANLIĞI MEVZUAT BİLGİ SİSTEMİ, Erişim Tarihi: 22.02.2021