



COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

Akıllı Şehir Rehberlik Uygulamaları Projesi

AKILLI ATIK TOPLAMA UYGULAMASI

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

AKILLI ATIK TOPLAMA UYGULAMASI REHBERLİK KILAVUZU

Bu kılavuz, akıllı şehir uygulamalarından olan “Akıllı Atık Toplama 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

Akıllı Atık Toplama projesi atık konteynerlerinin ve atık toplama araçlarının kapasitesini optimize eden ve zaman israfını önleyen; verimli, ekonomik ve teknoloji odaklıdır. Akıllı atık toplama projesi kapsamında geliştirilen sistem sayesinde uçtan uca sistem kontrolü ve vatandaş memnuniyeti sağlanır. Ayrıca, atık toplama optimizasyonu ile trafik tıkanıklığı, çalışma saatleri, yakıt tüketimi ve karbon salınımı gibi faktörler azaltılabilmektedir. Akıllı Atık Toplama Sistemi, etkin bir şekilde kullanılan konteynerler ve atık toplama araçları sayesinde analiz ve planlama yapılabilmesine olanak sağlar. Koordinatları belirlenmiş konteynerler ve atık toplama araçlarının harita üzerinde konumlandırılması sayesinde, sorunlu alanlarda karar almak için bir mekanizma sağlar.

1.1. Projenin Adı, Uygulama Yeri ve Süresi

- Akıllı Atık Toplama 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	Akıllı Atık Toplama Projesi
Uygulama Alanı	1000 Ha yerleşim alanı – 200.000 kişi
Proje Süresi	3-6 ay

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

1.2. Proje Teknik Bileşenleri

Akıllı Atık Toplama projesine ait teknik bileşenler şunlardan oluşmaktadır:

- Akıllı Atık Yönetim Sistemi Yazılımı
- Ultrasonik Doluluk Ölçüm Sensörleri
- Araç Navigasyon Paneli Uygulaması
- Konteyner Yönetim Modülü Uygulaması

1.3. Proje Girdileri

Akıllı Atık Toplama proje girdileri aşağıda sıralanmıştır:

- Akıllı konteynerler
- Sensörler
- RF verici ve alıcılar
- İzleme cihazları
- Mobil uygulama

1.4. Beklenen Çıktılar

Akıllı Atık Toplama projesi kapsamında beklenen çıktılar şu şekildedir:

- Proje alanındaki evsel atıkların toplama süreçlerinin akıllı atık toplama sistemi ile gerçekleştirilmesi
- Proje alanındaki evsel atık ve geri dönüşüm konteynerine akıllı sensörler takılması

- Çöp toplama araçlarının akıllı atık yönetim sistemine bağlanması
- Atık toplama sisteminin kullanılması ile atık toplama süreçlerinin optimize edilmiş rotaların kullanılması ve bunun sonucunda toplama maliyetlerin azaltılması
- Çevreye salınan zehirli gaz oranının azaltılması
- Konteyner ziyaretlerinin toplam süresinin azaltılması
- Toplama süreçleri için kat edilen mesafenin azaltılması

1.5. Projenin performans göstergeleri

Projenin performans göstergeleri, proje hedeflerine ulaşmak için kullanılan ölçütlerdir. Bu ölçütler, proje yöneticileri ve diğer ilgili taraflarca proje ilerlemesinin izlenmesi ve değerlendirilmesi için kullanılır.

Performans göstergeleri arasında:

- Konteyner Optimizasyon Oranı
- Kayıp Konteyner Oranı
- Konteyner Bakım Optimizasyon Oranı
- Araç Optimizasyon Oranı
- Araç Bakım Optimizasyon Oranı
- Dinamik Rota Optimizasyonu Yakıt Tasarruf Oranı
- Araç Personeli Verimlilik Artış Oranı
- Saha Sorumlusu Verimlilik Artış Oranı
- Bakım Personeli Verimlilik Artış Oranı
- Günlük Operasyon Yönetimi İyileştirme Oranı
- Şikâyet Destek İyileştirme Oranı
- Plansız Harcamalardaki İyileştirme Oranı

2. Proje Kapsamı ve Gerekçe

2.1. Proje Kapsamı

Akıllı Atık Toplama projesi, geleneksel atık toplama yöntemlerine kıyasla daha verimli ve sürdürülebilir bir atık toplama sistemini hedefleyen bir projedir. Bu projede, çeşitli teknolojiler kullanılarak atık toplama, taşıma ve işleme işlemleri optimize edilir. Bu teknolojiler arasında sensörler, akıllı konteynerler, GPS ve IoT gibi ileri teknolojiler yer alır.

Projenin amacı, atık toplama sürecini daha verimli, hızlı ve çevre dostu hale getirerek kaynak kullanımını optimize etmek, atık miktarını azaltmak ve atık yönetimi sürecindeki maliyetleri

düşürmektir. Ayrıca, atık verilerinin toplanması, analizi ve raporlanması gibi süreçler de yer almaktadır. Böylece, atık yönetimi sürecinin izlenebilirliği artırılmakta ve daha iyi kararlar alınabilmektedir.

Akıllı Atık Toplama projesi, çevre dostu bir gelecek için önemli bir adımdır. Bu projeler, atık yönetim sürecindeki verimliliği artırarak kaynak kullanımını optimize ederken, çevre kirliliği ve atık miktarını azaltmaya yardımcı olur.

2.2. Proje Gereçesi

2020 Dünya Bankası verilerine göre dünyada yılda 2,01 milyar ton kentsel atık oluşmaktadır. 2050 yılına kadar bu miktarın 3,40 milyar tonu bulması beklenmektedir [1]. Bu durum şehirlerin katı atık toplama ihtiyacında artışı da beraberinde getirmektedir. TÜİK verilerine göre Çevre Koruma harcamaları 2021 yılında bir önceki yıla göre %59,2 artarak toplam 66,3 milyar TL olarak gerçekleşmiştir ve bu harcamaların %58,5'ini Atık Yönetimi Hizmetleri oluşturmaktadır [8].

Atık yönetim sistemine yapılan harcamanın çevre koruma harcamalarının yarısından fazlasını oluşturması ve üretilen atık miktarının her yıl artış göstermesi mevcut atık yönetimi sisteminde değişiklikler yapılması gerektiği ihtiyacını göstermektedir. Atık Toplama Yönetim sistemlerini geliştirmek ve verimliliğini artırmak amacıyla bilişim teknolojileri kullanılmaktadır. Bu teknolojilerden birisi İnternet aracılığıyla veri aktarımını mümkün kılan Nesnelerin İnterneti (IoT-İnternet of Things) cihazlarıdır [2]. Dünyada birçok şehir atık yönetimi sistemlerinin verimliliğini artırmak amacıyla geleneksel katı atık toplama sistemleri yerine Akıllı Şehir uygulamalarından olan Akıllı Atık Yönetimine geçiş yapmaktadır [2].

Akıllı atık yönetimi, konut ve endüstriyel atıkların hacmini ve tehlikeli karakterini azaltarak insan sağlığına ve çevreye zarar vermeyi önlemektedir. Atık yönetiminin iyileştirilmesi, kirliliği azaltacak, faydalı materyalleri geri dönüştürecek ve daha fazla yeşil enerji yaratacaktır.

Akıllı atık toplama projesi, atık toplama sürecinde kullanılan akıllı teknolojileri ve sistemleri entegre ederek atık toplama işlemini daha akıllı hale getirir. Bu proje, özellikle büyük şehirlerde yoğunlaşan atık sorununa çözüm sunar. Akıllı toplama sistemleri, atık toplama araçlarını takip ederek atık kapasitesinin doluluk oranlarını tespit eder ve atık konteynerlerinin zamanında boşaltılmasını sağlar. Böylece, atık taşıma araçları ve personel kullanımında verimlilik artar, atık yönetimindeki maliyetler düşürülür.

Akıllı Atık Toplama projesi, aynı zamanda geri dönüşüm oranlarını artırmayı ve kaynakların daha verimli kullanımını hedefler. Geri dönüştürülebilir atıkları ayrıştırmak ve geri dönüşüm işlemlerine yönlendirmek için geliştirilen teknolojileri kullanır. Böylece, geri dönüştürülebilir atıkların kaynak olarak kullanımı artar ve çevreye olan etkileri azaltılır. Atık yönetimi süreçlerini daha etkili ve verimli hale getirerek çevreyi korumak ve atık yönetimi maliyetlerini düşürmek projenin hedefleridir.

2.3. Mevcut Durum

Proje konusu ile ilgili dünyada mevcut durumun tespiti

- Akıllı atık toplama sistemlerine yönelik dünyadaki güncel trendler incelenir.
- Bu trenlere bağlı güncel teknoloji, yazılım, otomasyon, ekipman, yapı, ürün vs. incelenir.

Proje konusu ile ilgili Türkiye’de mevcut durumun tespiti

- Türkiye’deki mevcut Akıllı Atık Toplama Sistemlerine yönelik alt ve üst yapı uygulamaları incelenir.
- Proje için gerek duyulan alanlarda hizmet alınabilecek firmalar belirlenir.

Daha önce yapılan çalışmaların başarı-başarısızlık durumlarının tespiti

- Bu 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.

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.

Türkiye’de atık yönetimi 1930’lu yıllardan itibaren yasalarla düzenlenmeye başlanmıştır ve belediyeler uygulayıcı yönetimler olarak yasalarla görevlendirilmişlerdir. Başlangıçta Sağlık Bakanlığı ulusal düzeyde politika belirleme konusunda görevli iken sonrasında bu görev Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığına verilmiştir. Ancak görevler ve sorumlular çeşitli kurum ve kuruluşlar arasında paylaştırılmıştır. Böyle bir görev ve sorumluluk dağıtımını denetleme, kontrol ve hizmetlerde ülke kapsamında benzer standartların uygulanması gibi açılardan sorunlara ve çakışmalara yol açmaktadır (Sayıştay Raporu, 2007;12).

Atık yönetiminden merkezi düzeyde Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı yerelde ise Yerel Yönetimler sorumludur. Farklı tarihsel süreçlerde farklı yaklaşımlar ile ele alınan atık yönetiminde kentlerin büyümesi, nüfusun artması, yaşam kalitesinin artışı etkili olmakla birlikte, Avrupa Birliği üyelik süreci de büyük oranda etkilemiştir. Avrupa Birliği tarafından benimsenen ve uygulanan çöp/atık yönetimine uyum sürecinde Türkiye’nin uyum sağlaması beklenmekte ve bu konuda desteklenmektedir.

Şehir yönetimleri; kamu sağlığının, hijyenin ve kentsel temizliğin sağlanması için kanalizasyon gibi sıvı atıkların uzaklaştırılmasında ve arıtılmasında alt yapının yeterli olması, fabrika ve sanayi gibi çöp üreten yerlerden çöplerin toplanması ve uzaklaştırılması gibi sistemli çalışmalar yapmaktadırlar. Ancak şehir yönetimlerinin daha çok hane atıkları ile ilgili yaptıkları halk sağlığı, kent temizliği gibi konular ön plana çıkmaktadır. Çevre ve insan sağlığı açısından atıkların uzaklaştırılması önemlidir. Atık olarak değerlendirilmesiyle birlikte kaynağında ayrıştırılması ve sınıflandırılması gerekmektedir. Atık yönetiminin genel ilkeleri bu esasa dayanmaktadır. Atı yönetimi ilkeleri aynı zamanda atık hiyerarşisini de oluşturmaktadır.

Atık yönetimine ilişkin genel ilkeleri şöyle özetlenebilir:

- Atık üretiminin ve tehlike özelliğine ilişkin: Atık üretiminin azaltılmasına yönelik çalışmaların yapılması, tehlikeli içeriklerin mümkün olduğu kadar üretim aşamasında da azaltılmasını içerir. Temiz üretim teknolojilerinin kullanılması teşvik edilir.
- Farklı türdeki atıkların kaynağında ayrıştırılması ve toplanması: Bu ilkenin uygulanması hastalıkların yayılmasını önleme, çalışan sağlığı ve güvenliğini sağlama, yerel kaynakların daha etkin kullanılması, çevreyi koruma, bertaraf maliyetlerini düşürme gibi faydalar sağlar.
- Bertaraf ilkesi: Atıkların lisanslı geri kazanım ve bertaraf tesislerinde uygun yöntem ve teknolojiler kullanılarak bertaraf edilmesi ile kayıt altına alma, uygun koşullarda bertaraf etmeyi sağlar.
- Yerel Yönetimlere ilişkin ilke; atık yönetimi en geniş bölgenin faydası gözetilerek gerçekleştirilir. Kanunlarda gösterilen kurum ve kuruluşların sorumlulukları vardır (Atık Yönetmeliği, 2015).

Akıllı Atık Yönetimi çalışmaları ile ilgili literatürde birçok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalardan biri olan Kopenhag şehrinde gerçekçi bir Akıllı Atık Toplama senaryosu simüle edilmiştir. Bu senaryo, 18 alanda bulunan toplam 3046 çöp konteynerinde gerçekleştirildi [2]. IoT tabanlı sistemler bütününden oluşan bu çalışmada kablosuz bağlantı yoluyla internete bilgi aktarabilen çöp kutuları veya konteynerlerdeki atık hacmini ölçen sensörler yerleştirilmiştir. Bu sensörler tarafından toplanan veriler, atık toplama lojistiğinin yönetimini ve stratejilerini optimize etmek için kullanılır. Yapılan çalışmada sensörler tarafından toplanan verilerin, depolanabileceği, işlenebileceği, sonrasında altyapı veya hizmet yönetimi için akıllı kararlar almakta kullanılabileceği uzak sunuculara gönderilebileceği belirtilmiştir. Şekil 1’de Gutierrez vd. 2015 yılında yaptığı bu çalışmadan yola çıkılarak hazırlanan akış diyagramı gösterilmiştir [2].



Şekil 1. Akıllı Atık Yönetimi Sistemi Akış Diyagramı [2]

İspanya'nın Barcelona şehri, "Barcelona Smart City" projesine akıllı atık yönetimi sistemini dahil etmiştir. Bu sistemde çöp konteynerlerine yerleştirilen sensörler, doluluk oranları %80'in üzerine çıktığında boşaltılması gerektiğini belirten sinyaller göndermektedir. Bu sinyalleri izleyen bir web tabanlı yazılım, konteynerlerin kapasitesini trafik ışıkları modelinde görselleştirmiştir. Bu model sayesinde konteynerlere en uygun rota belirlenerek ulaşılır ve boşaltım işlemi gerçekleştirilir. Bu uygulamada Ultrasonik IoT sensörler GSM iletişim teknolojisiyle çalışmaktadır [2].

Tuzla Belediyesi tarafından geliştirilen proje kapsamında, yer üstünde 60 adet ve yer altında 40 adet çöp konteynerine ultrasonik seviye ölçen sensörler yerleştirilmiştir. Bu sensörler, konteynerlerin

doluluk oranlarını ölçerek, verileri çöp toplama araçlarına aktarmaktadır. Bu veriler, günlük çöp toplama rotalarının belirlenmesinde kullanılmaktadır ve böylece atık toplama maliyetleri azaltılmaktadır. Sensör modülleri tarafından alınan veri, M2M (Makineler arası haberleşme teknolojisi Machine-To-Machine) teknolojisi ile veri aktarımı yaparak çöp konteynerlerinin doluluk oranı hakkında çöp toplama araçlarına bilgi aktarmaktadır. Sistem konteynerlerde dolup taşma, atık toplama araçlarının dolu olmayan konteynerlere giderek trafiği meşgul etmesi, toplama rotalarının verimli şekilde belirlenememesi gibi sorunlara çözüm sağlamaktadır [4].



Şekil 2. Akıllı Atık Toplama Sistemi Bileşenleri [5]

Kayseri şehrinde yapılan bir araştırmada, 200 adet konteynerin doluluk seviyeleri sensörler aracılığıyla takip edilerek bir Android uygulaması ile oranları izlenmiştir. Dolan konteynerlerin toplanması için hazırlanan rotada gruplama sistemi geliştirilmiştir ve en kısa rota oluşturulması hedeflenmiştir. Altı ay boyunca izlenen bu sistem ile geleneksel yöntemle takip edilen sisteme kıyasla yaklaşık %30 maliyet düşüşü sağlandığı görülmüştür [2].

2.4. İhtiyaç Analizi

Projeye duyulan ihtiyacı ortaya koyan verilerin incelenmesi

Belediye atıkları toplama faaliyetleri belediyelerin Temizlik İşleri Müdürlüğü tarafından yürütülmektedir. TÜİK tarafından 2020 yılı verilerine göre atık hizmeti veren belediyelerin 32,3 milyon ton atık topladığı ve kişi başına düşen atık üretim miktarının 1,13 kg/gün olduğu belirlenmiştir. Bu atıkların %69,4'ü düzenli depolama tesislerine, %17'si belediye çöplüklerine ve %13,2'si geri kazanım tesislerine gönderilirken, %0,4'ü ise açıkta yakılarak, gömülerek, dereye veya araziye dökülerek bertaraf edilmiştir [6].

Belediye atık toplama süreçleri genel olarak aşağıdaki aşamalardan oluşmaktadır:

1. Atığın toplama noktalarına çıkarılması
2. Toplama aracının başlangıç noktasından toplama noktalarına hareket etmesi
3. Toplama noktalarındaki atıkların araçlara aktarılması
4. Kapasitesi dolan toplama aracının boşaltım noktasına hareket etmesi
5. Toplama aracının bitiş noktasına hareket etmesi

Türkiye’de mevcut durumda atık toplama faaliyetleri atık üretim miktarları veya konteyner doluluk oranları göz önünde bulundurulmadan, statik rotalama ve planlama yöntemleri kullanılarak devam etmektedir. Bu nedenle, atık yönetim sistemleri yüksek maliyetlerle işletilmekte, sahip olunan kaynaklar verimsiz kullanılmakta ve toksik gazların salınımından kaynaklanan hava kirliliği her geçen gün artmaktadır.

Atık toplama süreci incelendiğinde başlangıç, bitiş, boşaltım ve toplama noktaları arası seyahatler ile atıkların araçlara aktarılması işlemleri modern çözümlerle geliştirilebilecek en uygun alanlardır.

Mali değeri ölçülebilir faydalarının yanı sıra uçtan uca sistem takibi, ihtiyaca özel analizler ve çözüm önerileri, sahadan gelen anlık bildirimler sayesinde hızlı aksiyon alma, servis kalitesini ve vatandaş memnuniyetini artırma ve verinin dijital ortama aktarılması gibi mali değeri ölçülemeyen değerler sisteme duyulan gereksinimi ön plana çıkarmaktadır.

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

Akıllı atık toplama sistemi projelerinde bazı temel beklentiler ve faydalar şunlar olabilir:

- Artan nüfusa paralel olarak akıllı şehirlerin ve çevrenin en önemli konularından birisi olan atık toplama ve yönetimi süreçlerinde, akıllı yönetim sistemlerinin kullanılması ile sürdürülebilir akıllı şehirleşme konusunda bölge ve ülke belediyelerine rol model oluşturulması.
- Atık oluşumundan atık bertarafına kadar çevre ve insan sağlığına zarar vermeyen sürdürülebilir operasyonel ve yönetim süreçlerinin oluşturulması
- Çevresel konularda halk ve kamu kurumları arasındaki etkileşimini hızlandıracak çözümlerin uygulanmasına katkıda bulunulması
- Sürdürülebilir şehirler yaklaşımına uygun olarak şehirlerde atık ve zehirli gaz emisyonunu azaltma, enerji ve kaynak verimliliği, geri kazanım ve gürültü kirliliğinin önlenmesinin sağlanması

Yukarıda özetlenen beklentiler göz önünde bulundurulduğunda Akıllı Atık Toplama projesi için hedefler tespit edilmiştir:

- Atık toplama ve yönetim süreçlerinin sürdürülebilir şehir anlayışına göre gerçekleştirilebilmesi için akıllı atık yönetim sisteminin kurulması
- Statik rotalama ve planlama yöntemleri ile ortaya çıkan yüksek maliyet ve kaynak kullanımının proje kapsamında yapılmış olan rotalama ve süreç optimizasyonun gerçekleştirilmesi sonucunda toplama operasyonlarının verimliliğinin artırılması
- Doluluk oranları dikkate alınmaksızın konteyner ziyaretlerinin engellenmesi ile toplama süreçlerinin hızlandırılması ve vatandaş memnuniyetinin artırılması
- Toplama araçlarının daha az mesafe kat ederek atık toplaması ile çevreye salınan zehirli gazlara bağlı olarak hava kirliliğinin azaltılması
- Atık toplama süreç ve operasyonları için etkin planlama sağlanması ile kaynak kullanım verimliliğinin artırılması

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

- Güçlü Yönler
 - Atık toplama ve geri dönüşüm maliyetlerini azaltır.
 - Gelişmiş sensörler ve veri analizi teknolojileri gibi en son teknolojileri kullanarak daha verimli ve etkili bir atık toplama süreci sağlar.
 - Malzemelerin geri kazanılması, çevre kirliliğinin azaltılması ve doğal kaynakların korunması gibi faydalar sürdürülebilirliği artırır.
- Zayıf Yönler
 - Kurulum ve bakım maliyetleri yüksek olduğu için proje maliyeti yüksek olabilir.
 - Gereken altyapının kurulması ve işletilmesi, yerel yönetimler ve diğer kurumlar açısından özellikle veri toplama, işleme ve depolama sistemleri için uygun bir altyapı oluşturmak zaman alıcı ve pahalı olabilir.
 - Bazı insanlar için yabancı bir konsept olabilir. Bu nedenle, halkın bu teknolojilere karşı kabulü ve bu teknolojilerin nasıl kullanılacağı hakkında eğitim verilmesi önemlidir.
 - Kullanılan teknolojilerin, bölgenin iklim koşullarına ve çevre koşullarına uygun olması önemlidir. Örneğin, bazı sensörler aşırı sıcaklıklara veya nem seviyelerine karşı hassas olabilir, bu da projelerin işleyişini olumsuz etkileyebilir. Proje için doğru donanım seçmek önemlidir.

2.5. Talep Analizi

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

- Projenin uygulanacağı bölgedeki nüfus yoğunluğu, sanayi sektörü ve diğer faktörler gibi bölgesel ihtiyaçlar, geri dönüşüm oranları, iklim koşulları, özellikle sıcaklık, nem ve yağış gibi faktörler dikkate alınarak hizmet talebinin ölçülmesi gerekmektedir.

Bu kriterlerin yanı sıra, anketler ve saha çalışmaları gibi yöntemlerle de hizmet talebi ölçülebilir. Ayrıca, diğer yerel yönetimlerde uygulanmış olan benzer projelerin sonuçları da incelenerek, atık toplama hizmetlerine olan talebin nasıl artırılacağı hakkında fikir sahibi olunabilir.

Talebin gelecekteki gelişim potansiyeli ve talep için gelecek öngörülerin tespiti

Akıllı Atık Toplama projesi, sürdürülebilir bir atık yönetimi için önemlidir ve gelecekteki gelişim potansiyeli yüksektir. Bunun nedeni, dünyadaki şehirlerin nüfusunun hızla artması ve şehirleşmenin devam etmesiyle birlikte, atık miktarının da artmasıdır. Ayrıca, hükümetlerin atık yönetimi konusunda daha sıkı düzenlemeler getirmesi ve insanların çevre konusunda daha bilinçli hale gelmesi Akıllı Atık Toplama projelerine olan talebi artırmaktadır.

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

3. Teknik Analiz ve Alternatif Teknolojilerin Değerlendirilmesi

Fiziki/Mekânsal Büyüklük

- Fiziki/mekânsal büyüklük projenin gerçekleşeceği şehir, kent, mahalle, bölge, yaşam alanına bağlıdır.
- Planlama yapılacak alandaki nüfus o bölgenin atık üretimi miktarını etkileyen en önemli faktördür. Bu nedenle, projenin fiziki ve mekânsal büyüklüğü belirlenirken bölgedeki nüfus dikkate alınmalıdır.
- Planlama yapılacak alandaki sanayi tesisleri, ticari işletmeler ve evlerdeki atık miktarı farklı toplama yöntemleri ve tesisleri gerektiren atık türlerinin varlığı gibi faktörler projenin mekânsal büyüklüğünün belirlenmesinde önemlidir.
- Bölgenin coğrafi özellikleri, projenin fiziki ve mekânsal büyüklüğünü etkileyebilir. Örneğin, engebeli bir arazide atık toplama noktalarının konumlandırılması daha zor olabilir.

Bu kriterlerin yanı sıra projenin amacı, hedefleri ve kullanılacak teknolojiler gibi diğer faktörler de fiziki ve mekânsal büyüklüğü etkileyebilir.

Kapasitenin Belirlenmesi

Akıllı Atık Toplama projesinde kapasitenin belirlenmesindeki kriterler aşağıdaki gibi olabilir:

- Nüfus verileri (konut sayısı, hane halkı, vb.)

- Mevcut konteyner sayısı, hacmi ve konumları
- Atık türleri ve yaklaşık atık miktarları

Yapısal Proje Gereksinimleri

Akıllı Atık Toplama projesi için yapısal proje gereksinimleri şunlardır:

- Araç navigasyon panellerin montajı
- Veri toplanması ve depolanması için altyapı
- Konteyner konumlarının belirlenmesi
- Akıllı sensörlerin montajı
- Araç takip sistemi altyapısı
- Mobil uygulama yazılımı

Yazılım ve Donanım Gereksinimleri

Proje kapsamında kurulacak sistemin yazılım ve donanım gereksinimleri aşağıdaki gibi sıralanmıştır:

- Sensörler
- Veri toplama cihazları
- İletişim ara yüzleri: Veri toplama cihazlarından gelen verileri bulut tabanlı bir yazılıma veya sunucuya aktarmak için kullanılır. Bu ara yüzler, Wi-Fi veya kablosuz bağlantılar kullanarak veri transferi yapabilirler.
- Bulut tabanlı yazılım: Atık kutularının doluluk seviyeleri hakkında gerçek zamanlı bilgi sağlar ve atık toplama ekiplerinin atık kutularını boşaltmaları için zamanlamalarını optimize etmelerine yardımcı olur.
- Kullanıcı ara yüzü: Atık kutusu kullanıcılarına, atık kutusunun doluluk seviyesi hakkında gerçek zamanlı bilgi verir. Akıllı telefon uygulaması veya web tabanlı bir ara yüz olabilir.
- Güç kaynağı
- Donanım kasa ve montaj bileşenleri

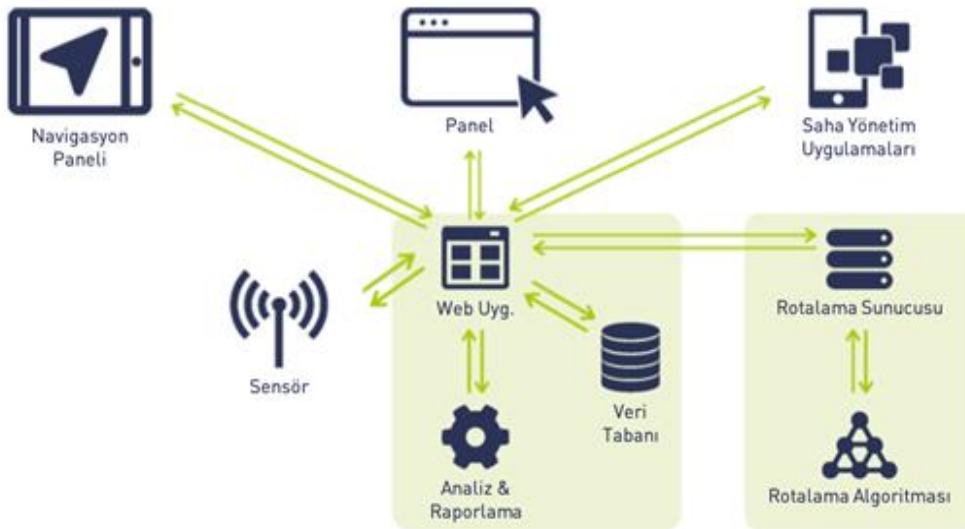
Projenin özelliklerine ve ihtiyaçlarına bağlı olarak, ek bileşenler de gerekebilir.

Alternatif teknolojiler nelerdir? Karşılaştırma yapınız.

Akıllı Atık Toplama Sisteminin içinde bulunan bir öge olan panel yönetici ara yüzü, kullanıcılara sistem takibi, kontrolü ve yönetimi için bir ara yüz sağlar. Panel üzerinden istenilen filtreler uygulanarak raporlar alınabilir ve uygulama analizlerine erişilebilir. Bu sayede, uygulama performansı kolayca takip edilebilir ve veriye dayalı karar verme mekanizması desteklenir.

Navigasyon paneli, araçlara takılan bir cihazdır ve yönetici kararına bağlı olarak belirlenen rotaların kolayca takip edilmesini, verilerin otomatik olarak dijital ortama aktarılmasını ve sahadan sürekli veri/bildirim alınmasını sağlar. Saha yönetim uygulamaları da navigasyon paneli gibi sahadan sürekli veri akışını sağlayarak, saha operasyonlarının otomatik olarak sisteme kaydedilmesini ve yığılan atık toplama süreçlerinin kolaylıkla yönetilmesini sağlar.

Akıllı Atık Toplama Sistemi içinde yer alan bir diğer eleman, konteynerlerin doluluk, sıcaklık ve konumunu takip eden sensörlerdir. Sensörlerden gelen doluluk bilgileri doğrultusunda, her konteyner için özel tahminleme değerleri ve yönetici ziyaret kuralları dikkate alınarak, hangi konteynerlerin ziyaret edilmesi gerektiği belirlenir. Belirlenen konteynerlerin konumlarına göre optimize edilmiş rotalar oluşturulur.



Şekil 3. Akıllı Atık Toplama Sistemi Süreci

Akıllı şehirler atık yönetimi kapsamında mevcut durumda atık toplama süreçlerinde iki ana teknoloji kullanılmaktadır. Bunlardan birincisi nesnelerin interneti (IoT) teknolojileri yardımı gerçekleştirilen akıllı atık toplama teknolojileri diğeri ise pnömatik atık toplama sistemidir.

Akıllı Atık Toplama sistemi, konteynerlere atılan atıkların toplanması için konteynerlerde bulunan doluluk ölçüm sensörleri ve yazılım algoritmaları kullanarak, geleneksel çöp toplama sistemlerindeki ihtiyaçları ortadan kaldırır ve verimli araç planlaması sunar. Sistemdeki sensörler atık konteynerlerinin doluluk oranını anlık olarak ölçer ve makineler arası iletişim (M2M — machine to machine) teknolojisi sayesinde de bu veri bulut sistemine gönderilir. Bu veriler işlenir ve hangi konteynerlerin o gün toplanması gerektiği belirlenerek, günlük bir toplama rotası oluşturulur. Bu rota, çöp toplama aracının navigasyon sistemi üzerinden şoföre iletilir. Amaç, optimize edilmiş bir rota oluşturarak, şoförlerin

zaman ve enerji kaybını azaltmak, karbondioksit salınımını azaltmak ve çöp toplama maliyetini düşürmektir (Şekil 3).

Pnömatik atık toplama sistemleri kentsel atıkların toplanması ve taşınması için kalıcı bir altyapıdır ve son on yılda geleneksel atık yönetim sistemlerine alternatif olarak kentsel alanlarda yaygınlaşmıştır. Sistemdeki noktalara bırakılan atıklar, hava akışı kullanılarak sokakların altından merkezi bir atık toplama noktasına, geri dönüşüm merkezine veya bir arıtma tesisine taşıt kullanılmadan taşınmaktadır. Bu model, daha az kirlenici, her bir toplama döngüsü daha hızlı ve daha uygun maliyetli olduğu için atık toplama araçlarına etkili bir alternatiftir. Ayrıca bu teknoloji, atıkları ayırmayı kullanıcı için olabildiğince basit ve karlı hale getirerek geri dönüşüm oranlarını % 50'ye varan oranda iyileştirebilmektedir (Bkz. Şekil 4 ve Şekil 5).



Şekil 4. Pnömatik Atık Toplama Sistemi-1 [7]



Şekil 5. Pnömatik Atık Toplama Sistemi-2 [7]

Pnömatik sistemlerin başlıca dezavantajları ise şunlardır:

- Büyük hacimli atıkların toplanması için uygun olmadığı için borularda tıkanmalar meydana gelerek bütün sistem çalışamaz hale gelebilir.
- Ekonomik nedenlerden dolayı düşük nüfuslu alanlar için uygun değildir.
- Kurulumdan sonra yapılacak ihtiyaca yönelik değişiklikler çok yüksek maliyetlidir.
- Toplama istasyonundan sonra atıkların bertaraf veya geri dönüşüm tesislerine ulaştırılabilmesi için hala taşıt kullanımına ihtiyaç duyulabilmektedir.
- Sistemin sürekliliğinin sağlanabilmesi için nitelikli işgücü gereksinimi ortaya çıkmaktadır.

Atık toplama süreçlerinin sadece araç/filo yönetimi odağında değil, süreçler içerisinde yer alan operasyonel, finansal ve teknik tüm faktörlerin göz önünde bulundurularak verilerin işlenmesi sağlanmalıdır. Kurumsal boyuttaki kullanıcıların iş gereksinimleri ve bağlı olduğu yönetmeliklere uygun olarak özelleştirilebilen veri edinim ve işleme yapısı sayesinde planlama ve izleme süreçlerinde maliyet odaklı operasyonel verimlilik ve kaynak kullanım etkinliği sağlanmalıdır.

Yazılım sisteminin ana bileşenleri ve kabiliyetleri ise aşağıdaki gibidir:

Filo Yönetimi: Tüm araçların mobil uygulamalar ve cihazlar ile gerçek zamanlı olarak hareketlerinin izlenmesine olanak tanır. Anlık bildirim, yakıt yönetimi ve vatandaşlara daha iyi hizmet sunmak isteyen kurumlar için potansiyel güvenlik sorunlarına hızlı bir tepki fırsatı sağlar. Filo büyüklüğü ile süreçlere

dahil olan üçüncü taraflar göz önüne alındığında, bunları etkili bir şekilde yönetme, maliyetlerinizi azaltma ve işlem yapılabilir veriler elde etme imkanı sağlamaktadır. Ayrıca şehirdeki trafik durumunu da ölçmede yardımcı bir araç olarak kullanılabilir.

Operasyon Yönetimi: Tüm iş akışlarını tek bir süreçte otomatik hale getirebilir ve dijitalleştirebilir. Çalışanlar hem kamu yetkilileri hem de özel şirketler için en önemli kaynaktır. Sağlık ve güvenliklerini sürdürmek, görevlerini yerine getirmelerini ve herhangi bir aksama ile karşılaşmalarını sağlamak sektörün önceliği olmalıdır. Çalışan Yönetimi modülü ile çalışanlar için kesintisiz koordinasyon sağlanabilir ve performans değerlendirmesi için veriye dayalı yönetim sağlanabilir. Çalışan Yönetimi Modülü, genellikle bir kuruluşun insan kaynakları departmanı veya ilgili birimleri tarafından kullanılır. Bu tür bir yazılım, işletmelerin insan kaynakları süreçlerini daha etkili bir şekilde yönetmelerine ve çalışanların performansını artırmalarına yardımcı olabilir.

Varlık Yönetimi ile toplama operasyonlarında kullanılan demirbaşlar ile ilgili süreçlerin yönetimini sağlamaktadır. Demirbaşların fiziki durumu, konumları ve miktarları başta olmak üzere operasyonel verimliliği etkileyen ve etkim planlama için gerekli verilerin takibi ve yönetimi gerçekleştirilebilmektedir.

Akıllı Algoritmalar iş bilgileri, verimliliği artıran öneriler ve otomasyon sağlamak için geliştirilmiş bir modüldür. Operasyonel veriler, harici veriler minimum çaba ile daha yüksek hizmet seviyelerini elde edilmesini sağlar.

Verimliliğe dayalı olarak atık toplama operasyonlarda kullanılan kaynaklar için karar destek mekanizması oluşturan iş zekâsı modüllerinin kırımını aşağıdaki gibi oluşturulmuştur:

Kapasitif Rota Optimizasyonu: Sevk planlaması, fiziksel kapasiteler ve çalışma saati sınırlamaları esas alınarak yapılır. Dolayısıyla, görevlerde asla aşırı kapasite olmaz. Zaman kısıtlamaları ve “Hizmet Seviyesi Anlaşması (Service Level Agreement - SLA)” dokunulmazdır ve gönderim planları buna göre oluşturulur. Sonucunda optimum rota çizilir ve filonun bu rotaya uyması beklenir. Böylece, harcanan maliyet ve zamanda yüksek iyileşme ve azalma görülür.

Dinamik Rotalama: Filo içerisindeki görevli araçları, trafik bilgisi de dahil olmak üzere kesin verilere dayanarak toplama işlemini otomatik hale getirir. Akıllı Dinamik Rota Optimizasyonu ile rotadaki her türlü atık toplama işlemi kolayca takip edilir ve yeni eklemeler veya çıkarmalar zahmetsizce yapılabilir.

Isı Haritaları: Önemli olaylar için ısı haritası, herhangi bir operasyonda kullanılabilen bir özelliktir. Kullanılan algoritmalar ile yapılacak bir görevin sıklığı, hangi atık konteynerlerinin çıkarılması gerektiği, ortalama görev tamamlama performansının ne olduğu ve bir müşteri için çaba tahsisi ne olmalıdır gibi veriler üretilerek karar alma süreçlerine katkı sağlanır. Operasyonların mevcut durumunu ortaya

koyarak yöneticilerin katma değerli faaliyetlerden faydalanmalarını maksimuma çıkarabilir ve atık altyapısını net bir şekilde kavrayabilecekleri bilgiyi verir.

Birim Ekonomisi: Bir görev/müşteri/coğrafi mevki vb. için harcanan eforu izleme yeteneğidir. Müşteri, hizmet hattı ve rota için ne kadar kaynak kullanıldığı izlenebilmektedir. Her türlü işlem finansal açıdan kolayca ve zahmetsizce izlenebilir ve yönetilebilir.

İş Akışı Sanal Asistanı: Sonraki olayların iletişimi ve tetiklenmesi için bir dizi otomasyon serisinden oluşur. Gereksinimlere yönelik olarak özelleştirilebilen operasyonel iş akışları sayesinde süreçler önceden belirlenmiş kurallar ve eylemlerle yansıtılabilir.

Teknoloji seçiminin dayandığı kriterler nelerdir? Açıklayınız.

- 1) *Teknoloji yeni mi.*
- 2) *Teknoloji yerli mi*
- 3) *Teknoloji yerli değilse yerleştirilebilir mi*
- 4) *Esneklik*
- 5) *Verimlilik*
- 6) *Maliyet*

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

1. Araç navigasyon panellerin montajının yapılması ve uygulama için ön veri toplanmaya başlanması
2. Özel kullanıcı kodlarının belirlenerek akıllı sensör ve araç takip sisteminin aktive edilmesi
3. Sensör ve araç takip sistemi için ilk eğitimin verilmesi
4. Konteyner konumlarının belirlenmesi ve uygulamaya kaydedilmesi
5. Mobil uygulamanın devreye alınması
6. Akıllı sensörlerin konteynerlere montajının yapılması
7. Sensörlenen rota üzerindeki konteynerlerin doğru ölçümleme testlerinin yapılması
8. Rota optimizasyonu ile toplama öncesi eğitimlerin gerçekleştirilmesi
9. Ön veri toplama işinin sonlandırılarak, sensörlenen bölgelerde rota optimizasyonu ile atık toplanmaya başlanması
10. Uygulama kullanımı ile ilgili öneri ve isteklerin belirlenmesi ve son eğitimlerin verilmesi
11. Uygulama iyileştirmelerinin yapılması ve sürekli destek verilmesi

4. Finansal Analiz

Atık toplama ve taşıma operasyonlarının ana maliyet kalemleri ve birimleri Tablo 1'deki gibi kabul edilmiştir. Bir ilçede bulunması gereken konteyner sayısı ve buna bağlı olarak gereken rota, araç, personel sayısı ve konteyner bakım, araç bakım, yakıt ve personel maliyetleri hesaplanmıştır. Analizler için konteynerler 5000 litrelik yeni nesil konteyner, araçlar ise 15 ton kapasiteli yeni nesil konteynerlere uyumlu kabul edilmiştir. Konteyner ve araç hacminin farklılık gösterebileceği ve bu sebeple gerçek değerlerden sapmalar olabileceğini göz önünde bulundurulmalıdır. Hesaplanan maliyetler atık toplama ve taşıma maliyetleri olarak kabul edilmiş olup işletme maliyetleri ile yönetim masrafları değerlendirme dışı tutulmuştur.

Tablo 1. Atık Toplama ve Taşıma Operasyonlarının Ana Maliyet Kalemleri ve Birimleri

Kalem	Birim	Değer
Ortalama Konteyner Kapasitesi	Vatandaş/konteyner	100
Yıllık Konteyner Bakım Maliyeti	\$/konteyner/yıl	100,00
Ortalama Rota Kapasitesi	Konteyner/rota	100,00
Yıllık Rota Uzunluğu	Araç Başına / KM	30.000,00
Kilometre Ortalama Yakıt Kullanımı	Litre/km	0,80
Litre Başına Yakıt Maliyeti	\$/litre	1,00
Yıllık Araç Bakım Maliyeti	\$/araç	500,00
Araç Başına Rota Sayısı	Rota/araç	,00
Rota Başına Personel Sayısı	Personel/rota	2,00
Saha Sorumlusu Personeli Sayısı	Personel	3,00
Bakım Personeli Sayısı	Personel	3,00
Operasyon Sorumlusu Personel Sayısı	Personel	3,00
Şikâyet Destek Personeli	Personel	3,00
Yıllık Rota Başına Personel Maliyeti	\$/Rota	12.000,00
Yıllık Rota Başına Saha Sorumlusu Maliyeti	\$/Rota	13.00000

Yıllık Bakım Personeli Maliyeti	\$/Personel	13.000,00
Yıllık Operasyon Sorumlusu Personeli Maliyeti	\$/Personel	12.000,00
Yıllık Şikâyet Destek Personel	\$/Personel	8.000,00
Araç Maliyeti (Seçilen araç modeline göre değişiklik gösterir.)	\$/Araç	180.000,00
Konteyner Maliyeti (Seçilen araç modeline göre değişiklik gösterir.)	\$/Konteyner	1.200,00
Yıllık Plansız Harcamalar	\$/Yıllık	20.000,00

Örnek Vaka

Finansal analiz kapsamında 1000 hektar, 200.000 kişinin yaşadığı ve yaklaşık 65.000 konutun olduğu proje alanı için maliyet-gelir eşitleme analizinin 3 yıllık bir yatırım için gerçekleştirilmesi uygun görülmektedir.

Klasik yöntemlerde atık toplama süreçleri için 100 vatandaş başına 1 konteyner düştüğü göz önünde bulundurulduğunda, bölgede evsel atıklar için 2.000 adet, geri dönüşüm atıkları için 665 adet olmak üzere toplam 2665 adet konteyner bulunması gerekmektedir. Bu doğrultuda atık toplama operasyonları 2 vardiya hesabı ile toplam 15 araç ve 45 personel tarafından gerçekleştirilebilecektir. Bununla birlikte 4 saha sorumlusu, 4 operasyon sorumlusu, 4 bakım personeli ve 4 şikâyet destek personeli operasyonların yönetimi için görev alacaktır.

Finansal analiz bölümünde verilen bilgiler doğrultusunda belirtilen kaynaklar üzerinden atık toplama hizmetleri için yıllık toplam maliyetlerin oluşumunun Tablo 2'deki gibi olacağı öngörülmektedir.

Tablo 2. Yıllık Toplam Maliyet

Maliyet Başlığı	Tutar*
Konteyner Bakım	500.000\$
Araç Bakım	12.500\$
Yakıt	600.000\$
Araç Personelleri	1.200.000\$

Saha Sorumlu Personelleri	52.000\$
Bakım Personelleri	52.000\$
Şikâyet Destek Personelleri	32.000\$
Yıllık Plansız Giderler	25.000\$
Toplam	2.473.500\$

*Verilen maliyetler 2020 yılının teknolojisine ve fiyatlandırılmasına göre hazırlanmış olup değişiklik gösterebilir.

Akıllı Atık Toplama Sistemi üzerinden hizmetlerde oluşan toplam iyileşme miktarları Tablo 3 ile verilmiştir.

Tablo 3. Beklenen İyileştirme Oranları

İyileştirme Kalemleri	Beklenen İyileştirme Oranları
Konteyner Optimizasyonu	10%
Kayıp Konteyner Oranı	2%
Konteyner Bakım Optimizasyonu	20%
Araç Optimizasyonu	15%
Araç Bakım Optimizasyonu	20%
Dinamik Rota Optimizasyonu Yakıt Tasarrufu	40%
Araç Personeli Verimlilik Artışı	10%
Saha Sorumlusu Verimlilik Artışı	20%
Bakım Personeli Verimlilik Artışı	10%
Günlük Operasyon Yönetimi İyileştirme	10%
Şikâyet Destek İyileştirme	80%
Plansız Harcamalardaki İyileştirme	80%

Akıllı Atık Toplama projesi ile beklenen iyileştirmelere ulaşılması ile kademeli olarak araç sayısı düşürülerek hizmet verilebileceği ön görülmektedir. Bu doğrultuda iyileştirmeler ile konteyner bakım maliyeti, personel maliyeti, araç bakım maliyeti ve yakıt maliyetleri üzerinden kazanç elde edilmesi mümkündür.

Örnek Vaka

Yatırımın geri dönüş analizi için Akıllı Atık Toplama çözümünün maliyeti hesabında doluluk ölçen sensörlerin satın alınması ve kiralanması senaryoları değerlendirilmiştir.

Sensörlerin satın alınması durumunda maliyet kalemleri sensör satın alma bedeli, aylık sensör verisi işleme bedeli (harita servisleri, optimizasyon servisleri, veri saklama ve veri iletim bedelleri bu kaleme dahildir) ve aylık navigasyon uygulaması kullanım bedelidir. Bu bedeller Tablo 4'te mevcuttur.

Tablo 4. Satın Alma Durumundaki Birim Maliyetler

Maliyet Kalemi	Birim	Bedel
Sensör Satın Alma Bedeli	\$/sensor	\$ 180.00
Aylık Sensör Verisi İşleme Bedeli	\$/sensor/ay	\$ 3.00
Aylık Navigasyon Uygulaması Kullanım Bedeli	\$/araç/ay	\$ 42.75
Konteyner Yönetim Uygulaması Kullanım Bedeni	\$/konteyner/ay	\$ 0.036
2665 konteyner 15 araçlık bir sistem için 3 yıllık toplam maliyet		\$ 792.363

Sensörlerin kiralanması durumunda maliyet kalemleri aylık sensör verisi işleme bedeli (harita servisleri, optimizasyon servisleri, veri saklama ve veri iletim bedelleri bu kaleme dahildir) ve aylık navigasyon uygulaması kullanım bedelidir. Bu bedeller Tablo 5'te mevcuttur.

Tablo 5. Kiralama Durumundaki Birim Maliyetler

Maliyet Kalemi	Birim	Bedel
Aylık Sensör Kiralama ve Veri İşleme Bedeli	\$/sensor/ay	\$ 8.50
Aylık Navigasyon Uygulaması Kullanım Bedeli	\$/araç/ay	\$ 42,75
Konteyner Yönetim Uygulaması Kullanım Bedeni	\$/konteyner/ay	\$ 0.036
2665 konteyner 15 araçlık bir sistem için 3 yıllık toplam maliyet		\$ 840.365

5. Ekonomik Analiz

Akıllı Atık Toplama projesi ekonomik analiz kapsamında ele alındığında doğrudan ve dolaylı yoldan birçok faydası olduğu görülmektedir. Bu faydalar aşağıda verilmiştir.

- Akıllı atık toplama süreçlerinde akıllı teknolojilerin kullanılması operasyonlar için kullanılan kaynakların verimlilik ve sürdürülebilirlik ilkeleri bağlamında azaltılmasını sağlamaktadır.
- Akıllı Atık Toplama projesi ile atık toplama maliyetleri azalır. Geleneksel yöntemlerde, atık toplama araçlarının belirli bir süre boyunca tüm mahalleleri gezmesi gerekirken bu uygulama sayesinde atık toplama araçları sadece dolu konteynerlerden atık toplar. Bu da yakıt tüketimini azaltarak maliyet tasarrufu sağlar.
- Geri dönüşüm ve kaynak kullanım verimini artırır. Atıklar daha hızlı bir şekilde toplanarak geri dönüşüme gönderilebilirler. Bu da çevresel açıdan fayda sağlar ve yeni kaynakların kullanımını azaltır.

6. Sosyal Etkinin Analizi

Nüfus artışı; hızlı kentleşme ve sanayileşmeyi, bu da refah düzeyinde artışı beraberinde getirmektedir. Tüm bunlarla birlikte kentlerde oluşan atık miktarı da hızla artmaktadır. Hızlı kentleşme özellikle ambalaj ve hafriyat atıklarında, sanayileşme tehlikeli ve tehlikesiz endüstriyel atıklarda, artan refah seviyesi ise özel atıklarda (elektronik atıklar, atık akü ve piller, hurda araçlar, atık lastikler vb.) kritik artışlara sebep olmaktadır. Atık oluşumunu önlemeye yönelik çalışmaların yapılması, temiz tüketimin yani eko-verimliliğin yaygınlaştırılması, önlenemeyen atıkların yeniden kullanımı, geri dönüşüm ve geri kazanım yollarıyla bertaraf edilerek miktarların azaltılması ve atıkların olumsuz etkilerine karşı çevre ve insan sağlığının korunması sürdürülebilir şehirler için yerel yönetimlerin başlıca görevleri arasında yer almaktadır.

Hızla büyüyen şehirlerde çevre yönetimi sürdürülebilirliğin en önemli gerekliliklerinden biri olarak öne çıkmaktadır. Özellikle şehirlerde atıkların sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesi doğal kaynakların korunması, insan sağlığı ve kaynak verimliliği açısından önem taşımaktadır. Geçmişte bakıldığında katı atık için temelde vahşi depolama, nadiren düzenli depolama, atık su içinse doğrudan deşarj veya konvansiyonel arıtma yaklaşımı benimsenmiştir. Ancak Avrupa Birliği uyum yasaları, toplum ihtiyacı ve çevresel koşulların kötüleşmesi sebepleriyle bu metotlar yerini daha etkili ve katma değer sağlayan teknolojilere bırakmalıdır.

Akıllı Atık Toplama projesi, atık yönetimi sürecinde yenilikçi bir yaklaşım sunarak hem çevresel hem de ekonomik faydalar sağlayan bir projedir. Bu projenin sosyal değerlendirmesi, proje tarafından

doğrudan veya dolaylı olarak etkilenen toplumun projeden ne kadar yararlandığına ve projenin toplumda ne kadar destek gördüğüne odaklanır.

Öncelikle, Akıllı Atık Toplama Projesi çevresel faydalar sunarak toplumun yaşam kalitesini artırır. Proje sayesinde atıklar daha verimli bir şekilde toplanır ve geri dönüştürülür, böylece çevre kirliliği azaltılır. Bu da toplumun sağlığına, çevrenin korunmasına ve genel olarak yaşam kalitesinin yükselmesine katkı sağlar.

Projeye yönelik toplumsal desteğin de önemli olduğunu belirtmek gerekir. Projeye ilişkin farkındalık çalışmaları yaparak, proje hakkında bilgi sahibi olan toplumun desteği ve katılımı sağlanabilir. Toplumun projeye aktif olarak katılımı, atık yönetimi sürecinin daha etkili bir şekilde yürütülmesine ve projenin sürdürülebilirliğine katkı sağlar.

Proje ile bölgede gerçekleştirilecek atık toplama süreçleri ve hizmetlerinin, nesnelerin interneti teknolojilerinin yardımı ile gerçekleştirilmesi ile ortaya çıkacak verimlilik ve maliyet düzeyi, bölge, il ve ülke genelindeki yerel yönetimler ve atık toplama sorumlu kurumlar arasında farkındalık yaratacağı öngörülmektedir.

7. Çevresel Etkinin Analizi

Akıllı Atık Toplama projelerinin çevresel faydaları şunlardır:

- Akıllı atık toplama süreçlerinde toplama operasyonlarının çevresel sürdürülebilirliği için, kaynak kullanımının yerine konulma hızını geçmemesi, salınan sera gazlarının oranının doğal çevrenin işleme hızından düşük olması gereklilikleri doğrultusunda veriye dayalı yönetimi gerçekleştirebilme potansiyeline sahiptir. Böylece çevresel sürdürülebilirlik bağlamında operasyonlardaki yakıt kullanımı, emisyon ve atıkların azaltılması ve enerjinin verimli kullanılmasını sağlanabilir.
- Geri dönüştürülebilir atıkların ayrıştırılması ve geri kazanılması gibi sürdürülebilir atık yönetimi sistemlerini teşvik eder.
- Açık hava çöp kutularının kullanımını azaltarak, çöplerin açık havada oluşturabileceği kokuları ve kirliliği azaltır.
- Çöplerin doğru bir şekilde işlenmesi ve bertaraf edilmesiyle, su kaynaklarına zarar veren atık sızıntılarını ve kirlenmeyi önler.
- Geri dönüştürülen materyallerin yeniden kullanılması ve yeniden işlenmesiyle, doğal kaynakların kullanımının azaltılmasına katkı sağlar.

Tüm bu çevresel faydalar, akıllı atık toplama projelerinin önemini ve sürdürülebilir bir gelecek için gerekliliğini vurgular.

8. Risk Analizi

Akıllı Atık Toplama projesinin uygulanabilirliğini ve sürdürülebilirliğini engelleyecek, riske edecek ana hususlar şunlardır:

- Kullanıcıların, özellikle araç sürücüleri ve ekiplerinin sisteme geçiş konusunda direnç gösterebileceği riski bulunmaktadır. Direncin ortadan kaldırılması için operasyon yöneticilerinden birisinin sistem yöneticisi rolünü üstlenmesi ile saha ve ofis personelinin yeni sisteme hızlıca alışması ve hedeflenen performans göstergelerine ulaşılabilmesi sağlanmalıdır.
- Sensörler ve araçlarda bulunan panelleri, uygulamaların iletişimi için internet altyapısına bağlı veri edinim ve iletim sorunları yaşanabilmektedir.
- Teknolojik gelişmeye paralel olarak değişen fiyatlar ile belirlenen kur değerinin ani durumlarda (ekonomik krizler gibi) değer yitirmesi veya kazanmasına bağlı olarak proje maliyet bileşenlerinde artış veya azalış ortaya çıkabilir.
- Projenin belirtilen sürede tamamlanması için gerekli teknik ve idari önlemler alınmalıdır.
- İleri seviye uygulamalardaki kapasite artışı dikkate alınmalıdır. Sisteme geçiş sürecinde ihtiyaç ve teknik sistem analizleri, büyüme ve buna bağlı olacak kapasite artışına uygun olarak detaylı tekniklerle yapılmalıdır.

9. Genel Değerlendirme ve Sonuç

Akıllı Atık Toplama projesinin uygulamaya geçmesi daha önce detaylandırıldığı gibi bölgede ekonomik, sosyal ve çevresel yönden topluma önemli katkılar sunacaktır.

Akıllı Atık Toplama çözümünün entegrasyonu ile temel tasarruf kaynakları arasında rotaların yeniden tasarımı, yangın ve benzeri afetlerin önüne geçme ile ekipman yatırım maliyetinden kaçınma ön plana çıkmaktadır. Ayrıca, çözümün entegrasyonunun en önemli faydalarından biri olarak en büyük dijital dönüşümlerden biri olan "akıllı atık toplamanın" benimsenmesi ve örnek teşkil edecek adımlar atılacak olmasıdır. Verilerin dijital ortama aktarılmasıyla doğa tahribatının önüne geçilir ve veri merkezli karar verme süreci benimsenmiş olunur.

Geleneksel atık toplama faaliyetleri sırasında sorumluluk alanı içerisindeki bütün konteynerlerin tek tek gezilmesi gerekmektedir. Akıllı Atık Toplama projesindeki yeniden tasarlanan optimize rotalar sayesinde dolaşım alanı küçültülür ve atık toplama araçlarının trafikte kalma süresi azaltılır. Böylece

trafik yoğunluğunun ve karbon salınımının azalmasına katkı sağlar. Entegrasyon sayesinde uçtan uca sistem kontrolü sağlanarak yapılan yatırımların ve harcamaların etkin kontrolü ve yönetimi sağlanmış olur.

Modern teknoloji sayesinde geliştirilmiş analiz yetenekleri “verilerin dijital ortama aktarılması” ile sistemin daha iyi yönetilmesini destekler. Sürekli veri akışı ve yapılan analizler sayesinde vatandaş memnuniyetini düşüren etkenler daha hızlı tespit edilir. Böylelikle sunulan servis kalitesi artırılır. Yapılan analizler sayesinde vatandaşa en iyi hizmet sunmak için öneriler geliştirilebilir. Mevcut ihtiyaçlara göre araçların sefer sıklığı yeniden düzenlenebilir, bir aracın sorumluluk alanı daraltılabilir veya genişletilebilir, sahadaki konteynerlerin yeniden yerleştirilmesi (artırılması/azaltılması/konum değiştirilmesi) önerileri sunulabilir.

Akıllı Atık Toplama projesi, teknolojinin kullanımıyla birlikte atık yönetimindeki verimliliği ve sürdürülebilirliği artırmayı amaçlayan bir projedir. Bu proje, akıllı sensörlerin ve diğer cihazların kullanımıyla atık toplama sürecini optimize ederek, atık toplama araçlarının doğru zamanda, doğru yerde ve doğru miktarda kullanılmasını sağlar. Bu sayede, atık toplama işlemlerinin verimliliği artar, işletme maliyetleri düşer ve çevresel etki azalır.

10. Kaynakça

- [1] Kaza, S., Yao, L. C., Bhada-Tata, P., Woerden, F. V. (2018). ‘What a waste 2.0, World Bank Publications, vol. 30317.
- [2] Özcan, T. (2022). Nesnelerin İnterneti Özellikli Sensörlerin Akıllı Atık Yönetimine Katkısı. Yapı Bilgi Modelleme. <https://doi.org/10.53033/ybm.1104953>
- [3] Elvan, L. (2017). Akıllı Şehirler: Lüks Değil İhtiyaç, İTÜ Vakıf Dergisi, Temmuz-Eylül 2017, SAYI 77, s.s.6-9.
- [4] Tuzla Belediyesi. (2016). Tuzla Belediyesi Konteynerleri Akıllandırdı. Erişim: 22.03.2023. <https://www.tuzla.bel.tr/icerik/107/4559/tuzla-belediyesi-konteynerleri-akillandirdi.aspx>
- [5] Tuzla Belediyesi. (2021). Akıllı Atık Yönetimi. Erişim: 25.03.2023. <https://www.tuzla.bel.tr/icerik/1123/7105/akilli-atik-yonetimi-.aspx>
- [6] Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). (2020). Atık İstatistikleri, 2020. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Atik-Istatistikleri-2020-37198>

[7] MariMatic. (2011). The next generation of Waste Collection Systems. Erişim: 25.03.2023

<http://www.mastermuhendislik.com/Dosyalar/Bro%C5%9F%C3%BCr%205.pdf>

[8] <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Cevre-Koruma-Harcama-Istatistikleri-2021-45520>