T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KATI ATIK TOPLAMA GÜZERGÂH OPTİMİZASYONU İSKENDERUN (HATAY) İLÇESİ ÖRNEĞİ

Gülistan Banu ÇAKMAK

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ŞANLIURFA
2022

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET i
ABSTRACT ii
TEŞEKKÜR iii
ŞEKİLLER DİZİNİ iv
ÇİZELGELER DİZİNİ v
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ vi
1. GİRİŞ 1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 2
3. MATERYAL ve YÖNTEM 6
3.1. Materyal 7
3.1.1. Coğrafi bilgi sistemi 7
3.1.2. Çalışma bölgesi ve mevcut atık toplama sistemi 8
3.1.2.1. Çalışma bölgesi 8
3.1.2.2. Mevcut atık toplama sistemi 11
3.2. Yöntem 16
3.2.1. Çöp konteyner koordinatlarının coğrafi bilgi sistemine aktarımı 17
3.2.2. Coğrafi bilgi sistemi yöntemi 18
3.2.2.1. En düşük maliyetli yolun bulunması ve dijkstra algoritması 18
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA 20
4.1. Mevcut Güzergahın İncelenmesi 20
4.2. Denizciler Mahallesi Atık Toplama ve Güzergâh Optimizasyon Verileri 22
4.3. Optimal Güzergâhın Elde Edilmesi 26
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER 30
5.1. Sonuçlar 30
5.2. Öneriler 31
KAYNAKLAR 32
ÖZGEÇMİŞ 34
EKLER 35
EK 1. İl ve İlçe Lokasyonu 35
EK 2. İskenderun Katı Atık Depolama Tesisi Koordinatları 36

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KATI ATIK TOPLAMA GÜZERGÂH OPTİMİZASYONU İSKENDERUN (HATAY) İLÇESİ ÖRNEĞİ

Gülistan Banu ÇAKMAK

Harran Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Mehmet İrfan YEŞİLNACAR
Yıl: 2022, Sayfa: 36

Katı atıkların bütünleşik bir sistem olarak değerlendirilebilmesi için mevcut durumun irdelenmesi gerekir. Mevcut koşullarda atık karakterizasyonu, miktarı, toplama ve taşıma şekilleri, bertaraf metodu, bölgenin sosyoekonomik durumu ve gelişmişlik düzeyi gibi pek çok parametre sistemin planlanabilmesi için önemli aşamaları oluşturur. Yerel yönetimler tarafından yürütülen katı atık yönetim sisteminde maliyetin yaklaşık %65-80'i toplama ve taşıma maliyeti oluşturur. Dolayısıyla, atık toplama-taşıma güzergahındaki optimizasyon çalışmalarıyla bu oranda ciddi bir azalma sağlanabilecektir. Bu şekilde yapılacak bir iyileştirme ile işletme giderleri, amortisman, yakıt gideri açısından önemli derecede tasarruf sağlanabilecektir. Bu sayede, egzoz emisyonunda da ciddi bir azalma söz konusu olacaktır.
Bu tez çalışması kapsamında, ilk olarak, Hatay ili İskenderun ilçesinde, sosyoekonomik, demografik, topografik durum ve tüm ilçeyi temsil edici özelliklere haiz bir örnek bir mahalle olan Denizciler Mahallesi seçilmiştir. Bu mahallenin mevcut çöp toplama ve taşıma sistemi incelenmiştir. Daha sonra, çöp konteyner noktalarından koordinat alınması ve mevcut toplama-taşıma güzergahının CBS ortamına transfer edilmesi işlemleri gerçekleştirilmiştir. Güzergâh optimizasyonu için Esri ArcGIS yazılımda bulunan çeşitli araçlarla testler yapılmıştır. Network analizi ile 421 metre daha kısa rota elde edilmiştir. 14340 metre uzunluğundaki mevcut güzergah göz önüne alındığında yapılan analiz %3 bir iyileştirme elde edilmiştir. Çalışmanın son bölümünde çöp toplama işlemi yeni oluşturulan rotaya göre gerçekleştirilmiştir. Böylelikle network analizi ile yapılan iyileştirmenin sahada uygulanabilirliği test edilmiş olup maliyet açısından ortaya çıkacak zaman, yakıt tasarrufunun sağlandığı gözlemlenmiştir.

ANAHTAR KELİMELER: Evsel katı atık, Toplama, Taşıma, Optimizasyon, İskenderun

ABSTRACT

MSc Thesis

OPTIMIZATION OF SOLID WASTE COLLECTION ROUTE THE EXAMPLE OF İSKENDERUN (HATAY) COUNTY

Gülistan Banu ÇAKMAK

Harran University
Graduate School of Natural Applied Sciences
Department of Environmental Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Mehmet İrfan YEŞİLNACAR
Year:2022, Page:36

Of the current situation to assess solid waste as an integralized system should be examined. Waste characterization, amount, collection and transportation in existing conditions Figures, Disposal Method, Socioeconomic Status and Sopheconomic Status and Sophisticated Level of the Region The parameter creates important stages to be planned to the system. About 65% of the cost in the solid waste management system carried out by local governments- 80 forms the collection and handling cost. Hence, at the waste collection-carry route With optimization studies, there may be a significant decrease in this rate. Will be done this way Business expenses with an improvement, depreciation, significantly saving in terms of fuel expense will be provided. In this way, there is also a serious reduction in the exhaust emission. In the scope of this thesis study, in the first, Socioeconomic in the Iskenderun district of Hatay province, Demographic, topographic condition and an example of an example of all the district representing properties The neighborhood of the Marines is chosen. This neighborhood is available garbage collection and transport system has been examined. Then, taking coordinate from garbage container points and collecting existing- Transferring route has been transferred to the CBS environment. Route For optimization, the ESRI ARCGIS has been tested with various tools in the software. Network The analysis has been obtained 421 meters shorter route. 14340 meters in length available Considering the route, %3 improvement was obtained with the analysis. In the last part of the study, the garbage collection was carried out according to the newly generated route. Thus, the feasibility of improvement with Network Analysis has been tested on the field Time to occur in terms of cost, observed that fuel savings has been achieved.

KEY WORDS: Solid waste, Collection, Route, Optimization, İskenderun.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmalarım kapsamında öncelikle her türlü öneri ve yönlendirmeleri ile desteğini esirgemeyen tez danışmanım saygı değer hocam Prof. Dr. Mehmet İrfan YEŞİLNACAR'a teşekkür ederim.

Tez çalışmalarım öncesi ve süresince maddi ve manevi destekleriyle yanımda olan aileme teşekkürü bir borç bilirim.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 3.1. Denizciler Mahallesi'ne ait yükseklik profili 6
Şekil 3.2. Esri ArcGIS 10.7 yazılımı ekran görüntüsü 7
Şekil 3.3. Hatay ilçeleri haritası 9
Şekil 3.4. HATSU İskenderun Denizciler Arıtma Tesisi'nden bir görüntü 9
Şekil 3.5. Denizciler Mahallesi sınırlarına ait Google Earth uygulamasından alınan uydu görüntüsü 10
Şekil 3.6. Katı atık toplama aracı 11
Şekil 3.7. 2016 yılı itibarıyla belediye atıkları kompozisyonu 13
Şekil 3.8. Entegre katı atık yönetimi hiyerarşisi 14
Şekil 3.9. Konteyner 15
Şekil 3.10. İskenderun Belediyesi Katı Atık Düzenli Depolama Tesisinin yapımı ve tamamlanma aşamasına ait görseller ((a, b) Yapım aşamasına ait bazı görüntüler, (c) Membran ve agrega serimi aşamasına ait görsel, (d) Membran ve agrega serimi aşamasının tamamlanmış haline ait görsel) 16
Şekil 3.11. Denizciler Mahallesi ağ yapısı 18
Şekil 4.1. Envitec firması Denizciler Mahallesi güzergahı 21
Şekil 4.2. Denizciler Mahallesi'nde bulunan konteynerleri gösteren Google Earth uygulamasından alınan uydu görüntüsü 21
Şekil 4.3. ArcGIS uygulaması ile optimal güzergah elde etme aşaması 27
Şekil 4.4. ArcGIS uygulaması ile optimal güzergah elde etme aşaması 27
Şekil 4.5. ArcGIS uygulaması ile optimal güzergah elde etme aşaması 28
Şekil 4.6. ArcGIS uygulaması ile optimal güzergah elde etme aşaması 28
Şekil 4.7. ArcGIS uygulaması ile optimal güzergah elde etme aşaması 29
Şekil 4.8. ArcGIS uygulaması ile 203 konteyner noktasına ait güzergâh sıralaması 29

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 3.1. Atık listesi 12
Çizelge 4.1. Denizciler Mahallesi çöp konteyner koordinatları 22
Çizelge 5.1. Güzergah optimizasyonu süreci verilerinin karşılaştırılması 30

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

AYY	Atık Yönetimi Yönetmeliği
CAD	Bilgisayar Destekli Tasarım
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemi
ÇÖKVA	Çok Ölçülü Karar Verme Analizi
ÇŞB	Çevre ve Şehircilik Bakanlığı
GAMS	Genel Cebirsel Modelleme Sistemi
GPS	Küresel Konumlama Sistemi
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu

1. GİRİŞ

İnsan yaşamını doğrudan etkileyen ve zararlı etkilere yol açan en önemli çevre sorunlarından biri katı atıklardır. Dünya genelinde her geçen gün nüfusun sürekli olarak yükselen bir trend göstermesi sonucu tüketimin de bu yükselen trendi nüfus ile beraber izlemesi kaçınılmazdır. Bunun sonucunda da katı atık üretimi günden güne artmaktadır.

2020 yılı itibariyle Türkiye İstatistik Kurumunun verilerine göre, ülkemizin nüfusu 83 milyon 614 bin 362 kişi olarak belirlenmiştir. Ülkemizde yılda 32,3 milyon ton civarında kentsel katı atık üretilirken kişi başı günlük ortalama 1,13 kg katı atık üretilmektedir. Nüfus artışıyla birlikte üretilen katı atık miktarı da artmaktadır. Bunun sonucunda toplana katı atık toplanması için harcanan yatırım maliyetleri artmıştır. Katı atık yönetiminde toplama ve taşıma toplam maliyetin %70'ini oluşturur. Bu yüzden katı atık toplama ve taşıma yüksek maliyetle yapılan iştir. Katı atık toplama güzergahlarında yapılacak iyileştirme toplama maliyetine olumlu yansıyacaktır.

Bu çalışma kapsamında, Hatay ili İskenderun ilçesi Denizciler Mahallesi'ne ait mevcut çöp toplama güzergâhı çıkarılmış ve incelenmiştir. Maliyetleri minimize edebilmek amacıyla güzergâh optimizasyonu CBS ile çözülmüştür.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Katı atıkların toplanması ve taşınması katı atık yönetiminin çoğunluğunu oluşturur. Bu kısımda çevre, geomatik ve endüstri mühendisliği gibi farklı disiplinler entegre edilerek optimizasyon ile ilgili çalışmaların özetlerine yer verilmiştir.

Tüfekçi (2006), tarafından yapılan bir çalışmada, jeotermal oluşumlar, depremsellik, çizgisellikler, yer çekimi ve manyetik anomali CBS doğrultusunda, keşfedilmemiş olası potansiyel alanları tespit etmek amacıyla araştırılmıştır. Boole mantık modeli ve Kanıt ağırlıkları yöntemi kullanılmıştır. İlk olarak basit mantık ve uygulama alanları oldukça geniş bir yelpazeye sahipken, sonrasında ağırlıklı olarak maden araştırmalarında kullanılmıştır. Bunun yanı sıra yapılan çalışma, çalışma alanının jeolojik ve neotektonik yapısı hakkında genel bilgiler, halka açık ham ve sentetik veriler, iki farklı yöntemin aynı örneklerle sunumu, çalışmanın anlamı ve hassasiyetiyle çıktı potansiyeli haritalarının belirlenmesi, uygulanan metodun analizleri ve elde edilen sonuçlar hakkında tartışmaları içerir.

Apaydın ve ark. (2007), tarafından yapılan çalışmada, Türkiye'nin kuzeyinde yer alan Trabzon ili için güzergah optimizasyonu yapılmıştır. Güzergah optimizasyonu için mevcut harcamalara ilişkin veriler, araç tipi ve kapasitesi, katı atık üretimi, bölge sakinleri sayısı ve her güzergah için (GPS) alıcı verileri toplanmıştır. Tüm veriler birbirleriyle analiz edilmiştir. Şehirdeki 39 ilçede, katı atık toplama / taşıma işlemlerini optimize etmek için en kısa yol modeli kullanılmıştır. Route View ProTM yazılımı kullanılmıştır. Optimizasyon işlemi sonucunda toplam maliyette %24'lük azalma gözlenmiştir.

Özbaş (2007), tarafından yapılan bir çalışmada, Keçiören-Tandoğan metro güzergahının Tandoğan- Mecidiye kesiminde geçilecek farklı litolojik birimler içinde Yer Basınç Dengeli Tünel Açma Makinesinin (TBM-EPB) verimliliğini saptamak adına, yapılacak çalışma alanı boyunca "jeolojik uygulamalar, laboratuvar uygulamaları, CBS ve istatistiksel yöntemler" kullanılmış ve bu veriler ışığında değerlendirmeler yapılmıştır.

Söylemez (2007), tarafından yapılan çalışmada, kayıp nesnelerin azami sürede bulunması için CBS merkezli Çok Ölçütlü Karar Verme Analizi (ÇÖKVA)' ne dayalı arama modeli geliştirilmesi amaçlanmıştır. Tez kapsamında arama kurtarma operasyonlarında temelde karşılaşılan iki sorunun çözümünde alternatif yol bulmak hedeflenmiştir. Bu sorunlar, güvenilirliği yüksek bir olasılık haritası ve üretilen olasılık dağılımına göre saptanan bölgeyi en kısa zamanda havadan taramada kullanılabilecek arama desenini oluşturmaktır. Arama kurtarma eksperlerinin kullanabileceği CBS Katı atıkların toplanması ve taşınması katı atık yönetiminin çoğunluğunu oluşturur. Bu kısımda çevre, geomatik ve endüstri mühendisliği gibi farklı disiplinler entegre edilerek optimizasyon ile ilgili çalışmaların özetlerine yer verilmiştir.

Chalkıas ve ark. (2009), tarafından yapılan çalışmada, Yunanistan'da katı atık toplama işleminin verimini arttırmak için optimizasyon çalışması yapılmıştır. Optimizasyon için ArcGIS network ağ analizi kullanılmıştır. Çalışma kapsamında farklı iki deney yapılmıştır. Birinci deney setinde(S1) toplama aracı rota optimizasyonu, ikinci deney setinde(S2) konteynerların yeniden tahsisi ve rota optimizasyonu ele alınmıştır. İki durumda da mevcut işleyişle kıyaslandığında tasarruf edildiği gözlenmiştir. Optimizasyon çalışması sonuçlarına göre toplama zamanında S1 için %3 ve S2 için %17 iyileştirme; kat edilen mesafe bakımından S1 için %5,5 ve S2 için %12,5 oranında iyileşme gözlenmiştir.

Prabhakaran ve ark. (2017), tarafından yapılan çalışmada, evsel katı atık toplama işlemi için ArcGIS network analizi ile güzergah optimizasyonu yapılmıştır. Belirlenen bölge ikiye bölünerek çalışılmıştır. Katı atık toplamak için kat edilen mesafenin optimizasyon sonucunda %25 oranında azaltıldığı gözlenmiştir.

Dündar (2013), tarafından yapılan çalışmada, İzmir'in çeşme ilçesine ve civar bölgelerine su hizmeti veren işletmeci firmanın sağladığı hizmetin kalitesini arttırmak için CBS kullanılmıştır. Saha çalışması yapılarak uydu görüntüsü, ada-parsel, cadde-sokak bilgileri temin edilmiş, uygun veri tabanı ve CAD yazılımı seçilmiş, mevcut abonelerin yerleri tespit edilmiştir. Bu verilerin CBS uygulamasına entegre edilmesiyle, şebeke ekipmanlarının bilgisayar ortamında kontrol edilmesi, yerleşime

açılacak ada-parseller için tahmini su ihtiyacının tespit edilmesi, su kesintilerinden etkilenecek abonelerin tespit edilmesi, ilgili abonenin ihtiyacını karşılayan isale hattının tespit edilmesi, bölgesel kayıp- kaçak hesabı gibi uygulama hizmetlerinde kolaylık sağlanmıştır.

Sanjeevi ve ark. (2015), tarafından yapılan çalışmada, Hindistan'ın güneydoğusunda yer alan büyük metropol şehirlerinden Chennai'de ArcGIS uygulaması kullanılarak optimizasyon çalışması yapılmıştır. 200 düğüm noktasının yer aldığı Chennai'nin tamamı için mekansal bir veri tabanı geliştirildikten sonra, ArcGIS kullanılarak 13 adet katı atık transfer istasyonu optimizasyon çalışmasıyla tespit edilmiştir. Yapılan bu optimizasyon işlemi alınan yolun %9,93 oranında azalmasını sağlamıştır.

Ağaçsapan (2016), tarafından yapılan çalışmada, Eskişehir ili atık aktarma istasyonları için yer seçiminde Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılmıştır. Üretildiği çevrenin özelliklerine göre farklılık gösteren atıkların yönetiminde bulunduğu alanın nitelikleri göz önüne alınmıştır. Bu bağlamda atık yönetiminin sürdürülebilir olarak gerçekleştirilmesinde ve faaliyet alanı tespit edilirken eldeki veriler doğrultusunda çevre ve insan sağlığı için en uygun alanın saptanmasında CBS uygulamasına başvurulmuştur.

Serbaji ve ark. (2016), tarafından yapılan çalışmada, Tunus'un Safakes kentinde katı atık toplama ve taşıma işlemleri için optimizasyon yapılmıştır. Arc GIS Network ağ analizinin kullanıldığı optimizasyon işleminde 3 deney seti oluşturulmuştur. S0: halihazırda kullanılan güzergah, S1: aynı iş cihazları kullanıp sıralama değiştirilmiş, S2: kullanılan araçlar değiştirilmiş ve rota optimize edilmiş,

S3: nakliye ekipmanlarının ve konteynerlara yeniden yer tahsis edilmiştir. Toplama süresinde S1 için %14, S2 için %57, S3 için %57 iyileşme gözlenmiştir. Kat edilen mesafede sırasıyla S1, S2, S3 için %13,5, %13,5 ve %40,5 düzelme gözlenmiştir. Yakıt tüketiminde sırasıyla S1, S2, S3 için %16, %20 ve %48 tasarruf sağlanmıştır.

Prabhakaran ve ark. (2017), tarafından yapılan çalışmada, evsel katı atık toplama işlemi için ArcGIS network analizi ile güzergah optimizasyonu yapılmıştır. Belirlenen bölge ikiye bölünerek çalışılmıştır. Katı atık toplamak için kat edilen mesafenin optimizasyon sonucunda %25 oranında azaltıldığı gözlenmiştir.

Çolak (2018), tarafından yapılan çalışmada, İzmir'in Menderes bölgesinde yaşanan orman yangını sonrası zarar gören yerlerin uzaktan algılama ve CBS entegrasyonuyla izlenmesi amaçlanmıştır. CBS verileri uzaktan algılama verileriyle birlikte kombine edilmiştir. Çalışma sonucunda %29 ve %41 arası eğimin ve %71-100 oranda kapalılık saptanmış ve bu bulguların çoğu düşük yanma eğilimine sebep olduğu görülmüştür.

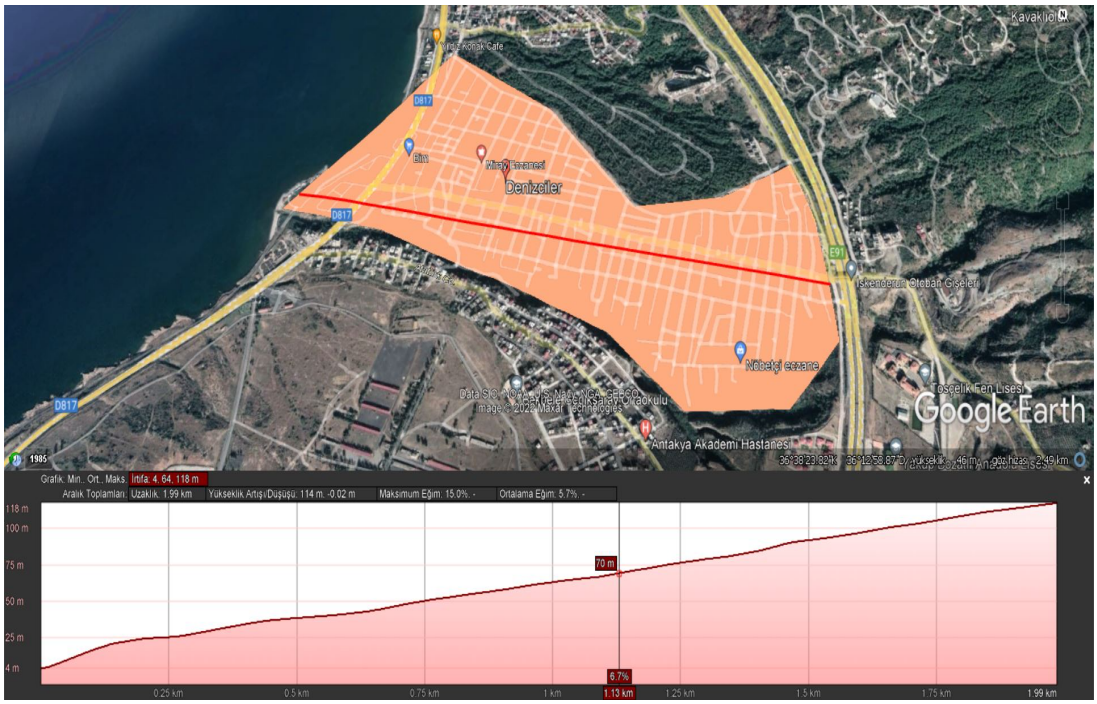
Çakır (2018), tarafından Şanlıurfa, Suruç Belediyesinde evsel katı atık toplama ve nakliye işlerinde, CBS'den yararlanılmıştır.. Bu çalışmayla katı atık toplama ve taşıma işlemi maliyetleri minimize edilmek amaçlanmıştır. Elde edilen veriler CBS kullanılarak yapılan çalışmaların maliyet açısından büyük katkı sağladığı görülmüştür.

Rızvanoğlu (2018), tarafından yapılan çalışmada Şanlıurfanın merkez ilçelerinin en büyüklerinden biri olan Haliliye ilçesinin Veysel Karani Mahallesinin mevcut evsel katı atık toplama yöntemi göz önüne alınarak seçilmiştir. Seçilen alanda kullanılan yöntemlerin önemli oranda hem maliyet hem zaman açısında oldukça fark yarattığı görülmüştür.

Pamukçu (2021), tarafından yapılan çalışmada Diyarbakır İli Kayapınar İlçesi Barış Mahallesinin katı atık toplama güzergâh optimizasyonu ele alınmıştır. Bu çalışma için yapay zekâ örneklemlerinden biri olan karınca kolonisi ve genetik algoritmaların performansları ile CBS yazılımı eş güdümlü kullanılmıştır. Bahse konu çalışma neticesinde her bir yöntem ile farklı sonuçlar elde edilmiştir. Yaklaşık %41'lik bir iyileştirme ile sayısal anlamda en verimli sonucu Karınca Kolonisi Algoritması sağlamıştır.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

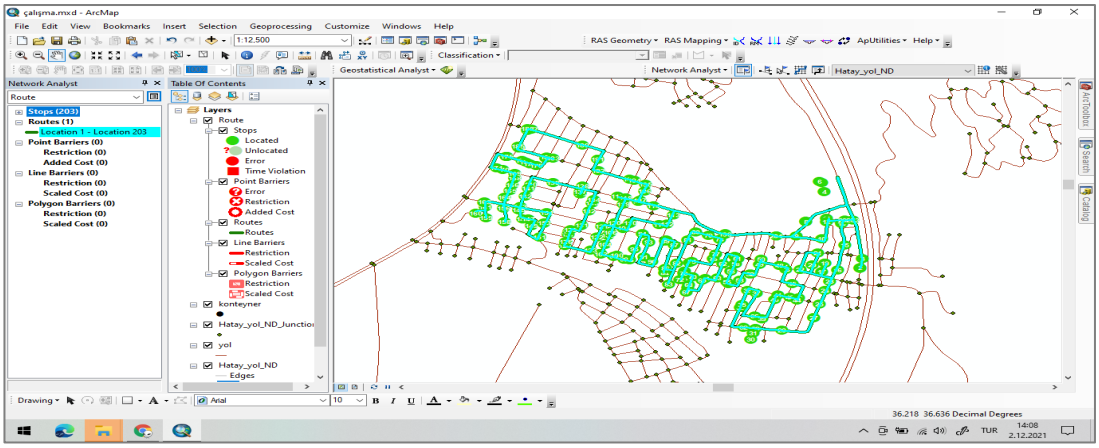
Güzergâh optimizasyonu maksadıyla Hatay ilinde bulunan 15 ilçeden sanayi ve kentleşme bakımından en gelişmiş ilçesi olan İskenderun ilçesi seçilmiştir. İskenderun nüfusu 2020 yılı verilerine göre 250 bin 964'tür. İskenderun ilçesinde 45 mahalle bulunmaktadır. Deniz kenarındaki mahallelerinden biri olan Denizciler Mahallesi'nin yüz ölçümü 2 milyon 921 bin 200 metrekare olup, nüfusu 24 bin 617 kişidir. Yerleşimin yoğun olduğu mahallelerden biri olan Denizciler Mahallesinin yükseklik profiline ait eğimi %15 olup, ortalama %5,7'lik bir eğime sahiptir. Karayolları geometrik standartlarına göre Denizciler Mahallesi topografik yapısı (%5,7) düz kabul edilebilir. Denizciler Mahallesinin Google Earth uygulaması ile elde edilen yükseklik profili Şekil 3.1.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Denizciler Mahallesi'ne ait yükseklik profili

3.1. Materyal

Güzergâh ve çöp konteynerlarının lokasyonlarını içeren haritaların hazırlanması maksadıyla Esri ArcGIS 10.7 yazılımı kullanılmıştır. Denizciler Mahallesine ait yol haritası İskenderun Belediyesi Plan ve Proje Müdürlüğünden alınarak ve Coğrafi Bilgi Sistemi uygulamalarından Esri ArcGIS yazılımının desteklediği ".shp" formatına dönüştürülmüştür. Çöp konteynerlerinin bulunduğu noktalara ait koordinat verileri İskenderun Katı Atık Birliği ve Envitec personelleri yardımı ile yapılan saha çalışmasında tespit edilmiş ve bu noktaların lokasyonlarına ait koordinatları Esri ArcGIS 10.7 yazılımına aktarılmıştır. Bu yazılıma ilişkin ekran görüntüsü Şekil 3.2.'de verilmiştir.



Şekil 3.2. Esri ArcGIS 10.7 yazılımı ekran görüntüsü

3.1.1. Coğrafi bilgi sistemi

Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) "karmaşık planlama ve yönetim sorunlarının çözülebilmesi için tasarlanan; mekândaki konumu belirlenmiş verilerin kapsanması, yönetimi, işlenmesi, analiz edilmesi, modellenmesi ve görüntülenebilmesini sağlayan donanım, yazılım ve yöntemler sistemi" olarak tanımlanabilir (Töreyen ve ark., 2011).

Çevre yönetimi, belediye faaliyetleri, ulaşım, sağlık, turizm, eğitim, ziraat, ticaret, savunma ve güvenlik sistemleri vb. geniş kullanım alanına sahiptir (Töreyen ve ark., 2011).

CBS kullanımının sağlayacağı kazanımlar:

- Geniş çaplı verilerin depolanmasını sağlar
- Arama fonksiyonu ile depolanan veriye arzu edildiğinde ulaşımı kolaylaştırır
- Programlama dilleri yardımı vasıtasıyla verilerin işlenmesini sağlayarak iş verimliliğini arttırır
- Zamanın etkin kullanılmasına yardımcı olur,
- Verileri görsel argümanlara dönüştürerek çalışmayı daha anlaşılır hale getirir (Rızvanoğlu, 2018).

Dünyanın farklı ülkelerinde birçok firma tarafından CBS programı içeren farklı yazılımlar üretilmektedir. ESRI (Environmental Systems Research Institute) bu şirketlerin en önemlilerinden biri olmakla beraber, farklı konularda çok daha ayrıntılı analizler yapmaya imkan tanıyan yazılımlar geliştirmektedir (Demirci ve Karakuyu, 2004). Tez çalışmasında şirketin geliştirmiş olduğu yazılımlardan ArcGIS kullanılmıştır.

3.1.2. Çalışma bölgesi ve mevcut atık toplama sistemi

3.1.2.1. Çalışma bölgesi

Hatay ili İskenderun ilçesinin 45 mahallesinden biri olan Denizciler Mahallesi 2.921.200 m^2'lik alanda 2021 yılında yapılan adrese dayalı nüfus sayımı sonuçlarına göre 24.614 kişilik nüfusun yaşadığı bir kenarı denize komşu bir konuma sahiptir.



Şekil 3.3. Hatay ilçeleri haritası

Denizciler Mahallesi'nde 1 fen, 1 anadolu, 1 denizcilik teknik anadolu lisesi, 1'i özel 1'i imam hatip olmak üzere 5 ortaokul, 5 ilkokul, 1 ana okul, toplamda 14 okul bulunmaktadır.



Şekil 3.4. HATSU İskenderun Denizciler Arıtma Tesisi'nden bir görüntü

1965 yılında Sarıseki bölgesinin sele maruz kalmasıyla bu bölgede ikamet eden halk devlet tarafından Denizciler'de iskan edilmiştir. Yerleşime açılmadan önce civar bölgelerde ikamet eden halkın lokal ölçekli tarım ve hayvancılık yaptığı bir bölge özelliğine sahiptir. 1975 yılında İskenderun Demir Çelik Fabrikası'nın açılmasıyla bölge hızlı göç almıştır. İskenderun Belediyesi'nin mücavir alanlarından biri olmasından kaynaklı yerleşim planı civar yerlere nazaran daha düzenlidir. Hızlı nüfus artışı gözlenen bölgeye 1987 yılında belediye kurulması kararı alınmıştır. Bölgenin yoğun göç almasında şehir merkezi ve organize sanayi bölgesine yakınlığının yanı sıra havasının civar lokasyonlara kıyasla havasının temiz olması etkendir. Kurulan belediye, yol ve su temini gibi sorunların çözümünde etkili olmuştur. Hatay'ın büyükşehir statüsü kazanması evvelinde bölgede kentsel dönüşüme gidilmiştir. Artan nüfus ve yeni yapılar açılan dükkanların çoğalmasında etkili olmuştur.

Denizciler bölgesinde yaşayan halk geçimini, organize sanayi bölgesindeki fabrikalardan, ticari faaliyetlerden ve kamu çalışanı olarak sağlamaktadırlar.

Deniz kenarında yer almasına karşın sanayi bölgesine, limanlara yakın olması nedeniyle bölge turizm alanı olarak değerlendirilememektedir.

Çalışma sahası İskenderun ilçesine bağlı Denizciler Mahallesi olarak belirlenmiştir. Mahalleye ait uydu görüntüsü Şekil 3.5.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.5. Denizciler Mahallesi sınırlarına ait Google Earth uygulamasından alınan uydu görüntüsü

3.1.2.2. Mevcut atık toplama sistemi

Hatay Nur Dağı'nın denize bakan kısmında yer alan İskenderun, Arsuz, Payas, Dörtyol, Erzin ilçelerinin çöp toplama işleri İskenderun Körfez Katı Atık Birliği denetiminde Envitec firması tarafından yapılmaktadır. Bu iş birliği çerçevesinde çöp toplama araçları, saha temizlik personelleri temini, konteyner bakımı firmaya ait iken konteyner temini birliğe aittir. Mahalleye ait atıklar cadde ve sokak üzerinde yer alan 600 litre kapasiteli çöp konteynerlerinde biriktirilmekte ve biriken bu atıklar Envitec firmasına ait arkadan yüklemeli, hidrolik sıkıştırmalı ve 15m^3 katı atık depolama kapasiteli çöp toplama kamyonları ile günlük olarak toplanmaktadır.



Şekil 3.6. Katı atık toplama aracı

Çevre ve Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Atık Yönetimi Yönetmeliğinde atık "üreticisi veya fiilen elinde bulunduran gerçek veya tüzel kişi tarafından çevreye atılan veya bırakılan ya da atılması zorunlu olan herhangi bir madde veya materyal olarak ifade edilmektedir." Atık yönetimi yönetmeliğinde katı atıklar iki şekilde sınıflandırılmıştır:

- Özelliklerine ve bileşimine göre katı atıklar
- Kaynağına göre katı atıklar

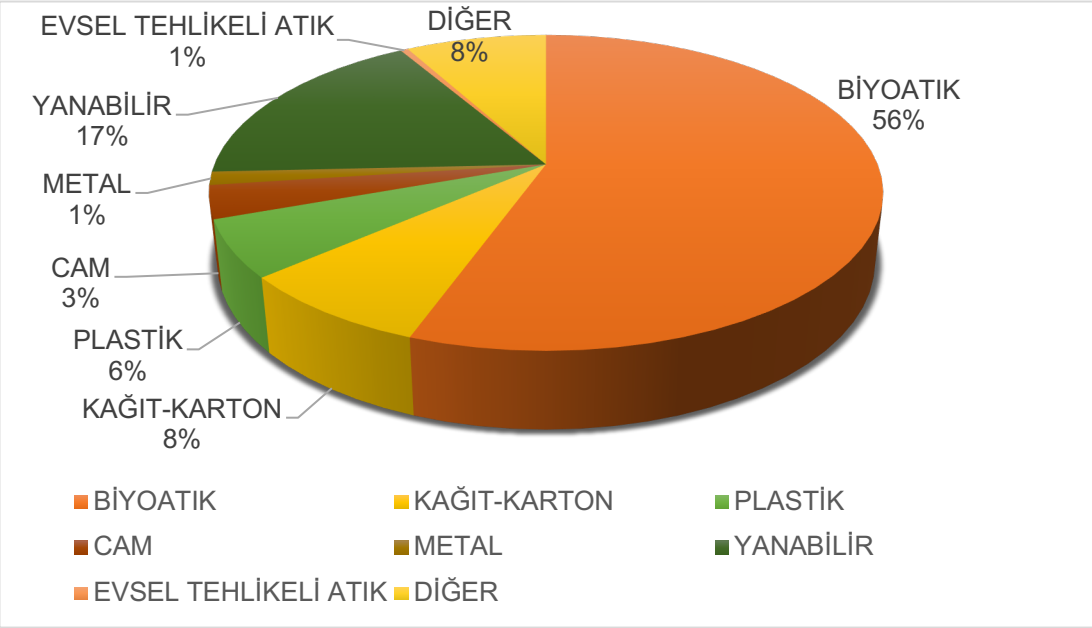
Katı atıkların; toplanması, muhteviyatına binaen geri dönüşüm ve geri kazanım işlemlerine tabi tutularak ekonomik kazanım elde edilmesi, taşınması, bertaraf edilmesi, bertaraf tesislerinin işletilmesi aşamalarını içeren katı atık yönetim sistemini oluşturmak belediyelerin sorumluluğundadır. Belediyeler tüm bu işlemleri AYY'ne göre gerçekleştirmektedir. Atık Yönetimi Yönetmeliğinin Ek-4'ünün 20 kodlu bölümünde yer alan atık listesi Çizelge 3.1.'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Atık listesi (ÇŞB, 2017)

AYRI TOPLANMIŞ FRAKSİYONLAR DAHİL BELEDİYE ATIKLARI (EVLERDEN KAYNAKLANAN VE BENZER TİCARİ, ENDÜSTRİYEL VE KURUMSAL ATIKLAR)	
20 01	Ayrı Toplanan Fraksiyonlar (15 01 Hariç)
20 01 01	Kâğıt ve karton
20 01 02	Cam
20 01 08	Biyolojik olarak bozulabilir mutfak ve kantin atıkları (8)
20 01 1	Giysiler
20 01 13*	Çözücüler
20 01 14*	Asitler
20 01 15*	Alkalinler
20 01 17*	Foto kimyasallar
20 01 19*	Pestisitler
20 01 21*	Flüoresan lambalar ve diğer cıva içeren atıklar
20 01 23*	Kloroflorokarbonlar içeren ıskartaya çıkartılmış ekipmanlar
20 01 25	Yenilebilir sıvı ve katı yağlar (8)
20 01 26*	20 01 25 dışındaki sıvı ve katı yağlar
20 01 27*	Tehlikeli maddeler içeren boya, mürekkepler, yapıştırıcılar ve reçineler
20 01 28	20 01 27 dışındaki boya, mürekkepler, yapıştırıcılar ve reçineler
20 01 29*	Tehlikeli maddeler içeren deterjanlar
20 01 30	20 01 29 dışındaki deterjanlar
20 01 31*	Sitotoksik ve sitostatik ilaçlar
20 01 32	20 01 31 dışındaki ilaçlar
20 01 33*	16 06 01, 16 06 02 veya 16 06 03'un altında geçen pil ve akümülatörler ve bu pilleri içeren sınıflandırılmamış karışık pil ve akümülatörler
20 01 34	20 01 33 dışındaki pil ve akümülatörler
20 01 35*	20 01 21 ve 20 01 23 dışındaki tehlikeli parçalar (7) içeren ve ıskartaya çıkmış elektrikli ve elektronik ekipmanlar
20 01 36	20 01 21, 20 01 23 ve 20 01 35 dışındaki ıskarta elektrikli ve elektronik ekipmanlar

Evsel katı atıkların muhteviyatı ve miktarı, yaşanılan coğrafyanın sosyo-ekonomik koşullarına, tüketim alışkanlıklarına bağlı olarak şekillenmektedir. Evsel katık atıklar çoğunlukla kolayca ayrışabilen organik yapılı bileşenlerden meydana gelir. Bunun neticesinde katı atık sisteminin işletiminde koku problemleri ortaya çıkmaktadır. Karşılaşılabilecek problemlerin tespiti, çözümü ve etkin atık yönetim sisteminin oluşturulabilmesi maksadıyla atık karakterizasyonu önem arz etmektedir.

Bu kapsamda Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı sıfır atık projesi faaliyet raporu hazırlamaktadır. Bakanlığın 2017 faaliyet raporunda yer alan atık karakterizasyonu verileri Şekil 3.7.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.7. 2016 yılı itibarıyla belediye atıkları kompozisyonu (Ulusal Atık Yönetimi ve Eylem Planı, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2016)

Katı atık, "üreticisi tarafından atılmak istenen ve toplumun huzuru ile özellikle çevrenin korunması bakımından, düzenli bir şekilde bertaraf edilmesi gereken katı maddeler ve arıtma çamurudur." Çöp düzenli depolanması, bertaraf edilmesi gereken bir kısım iken; atık, ihtiva ettiği maddelerin ayrıştırılması, özelliklerine göre dönüşüm, kazanım işlemlerine tabi tutulması böylelikle ülke ekonomisine katma değer sağlayabilecek kısımdır. Bu kapsamda atıkların yönetimi, atık yönetim hiyerarşi basamakları dikkate alınarak gerçekleştirilmektedir. Atık yönetim hiyerarşi basamakları sırasıyla; "önleme, azaltma, tekrar kullanım, geri dönüşüm, enerji geri kazanımı, bertaraf işlemlerinden oluşmaktadır." Piramitin en üst noktası öncelikli seçenek olup sırasıyla alt basamaklara doğru diğer adımlar takip edilir. Katı atıkların muhteviyatı işlem basamaklarının uygulanmasındaki en önemli etkenlerden biridir. Atık üreticisinin, yaşam alışkanlıkları, sosyo-kültürel durumu atık muhteviyatını doğrudan etkilemektedir. Katı atık yönetim hiyerarşisinin geri dönüşüm-geri kazanım basamaklarına tabi tutularak katı atıklardan kompost üretimi ve enerji kazanımı elde

edilir. Yakma, düzenli depolama yöntemleri ile çevreye zarar vermeden nihai bertaraf amaçlanır ve hiyerarşi tamamlanmış olur.



Şekil 3.8. Entegre katı atık yönetimi hiyerarşisi

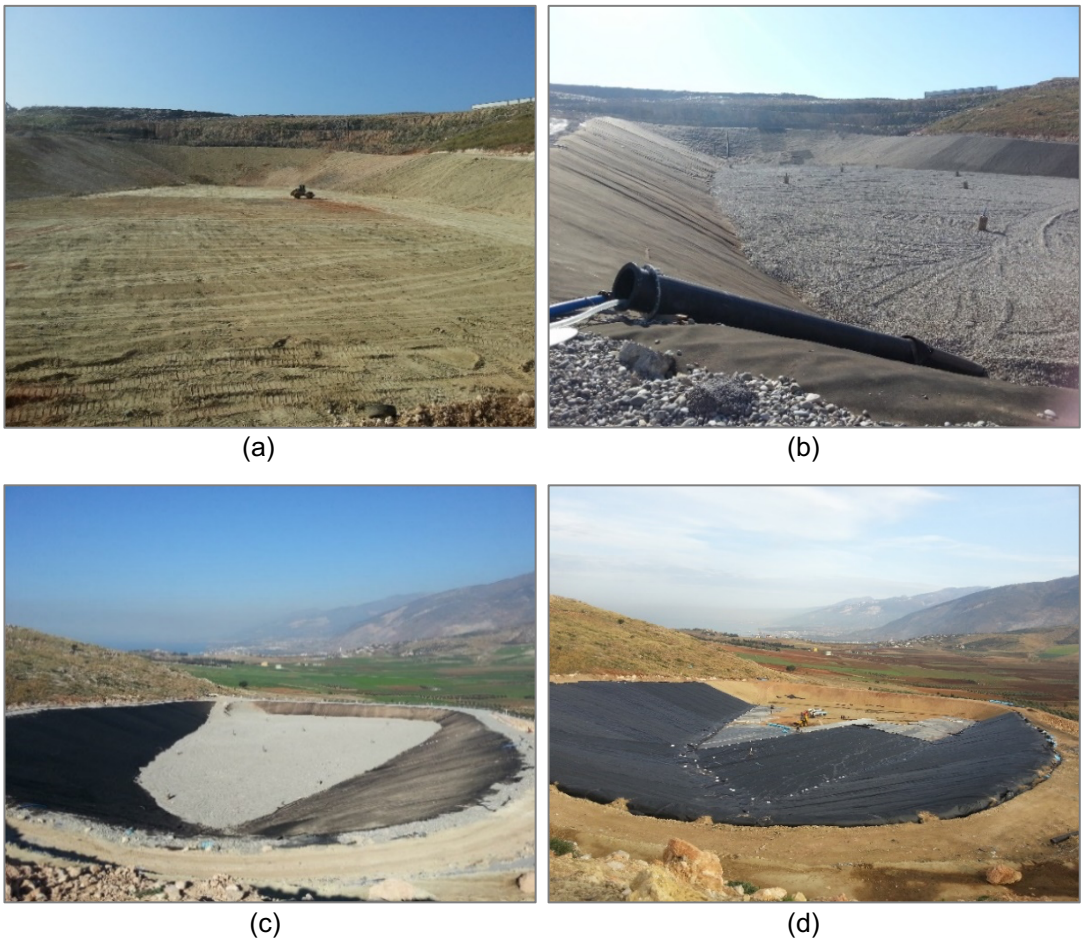
Katı atık yönetiminin sağlanmasında toplama faaliyetleri atıkların değerlendirilmesindeki önemli adımlardandır. Toplama faaliyetleri için ülkemizde yaygın olarak cadde ve sokaklarda belirli aralıklarla teşkil edilen 600 ve 800 litre kapasitedeki konteynerler kullanılmaktadır. Bahse konu konteynerler, katı atıkların katı atık tesisine ulaşmadan önce geçici olarak depolanması amacıyla kullanılan biriktirme ekipmanıdır. Envitec firmasının kullanmış olduğu konteyner Şekil 3.9.'da gösterilmiştir.



Şekil 3.9. Konteyner

Türkiye'de "katı atıkların toplanması, taşınması ve geri kazanılması ile çevre ve insan sağlığına olumsuz etki yapmadan nihai bertarafına ilişkin yükümlülük, yetki ve sorumluluklar çevre mevzuatı (5393 Sayılı Belediyeler Kanunu) hususlarınca Belediyelere ve Büyükşehir Belediyelerine verilmiştir." Bu kapsamda, katı atıkların düzenli depolama alanlarına taşınması, bertaraf faaliyetlerinin gerçekleştirilmesi işlemlerinden belediyeler sorumludur.

İskenderun Belediyesi'nin öncülük ve başkanlığını yaptığı belediyeler birliğinin yetkilendirdiği Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığınca verilen çevre lisanslı Envitec firması, katı atıkların toplama, taşıma ve bertaraf faaliyetlerini yürütmektedir. İskenderun Belediyesi Katı Atık Düzenli Depolama Tesisinin yapımı ve tamamlanma aşamasına ait görseller Şekil 3.10.'da yer almaktadır.



(a) (b)

(c) (d)

Şekil 3.10. İskenderun Belediyesi Katı Atık Düzenli Depolama Tesisinin yapımı ve tamamlanma aşamasına ait görseller ((a, b) Yapım aşamasına ait bazı görüntüler, (c) Membran ve agrega serimi aşamasına ait görsel, (d) Membran ve agrega serimi aşamasının tamamlanmış haline ait görsel)

3.2. Yöntem

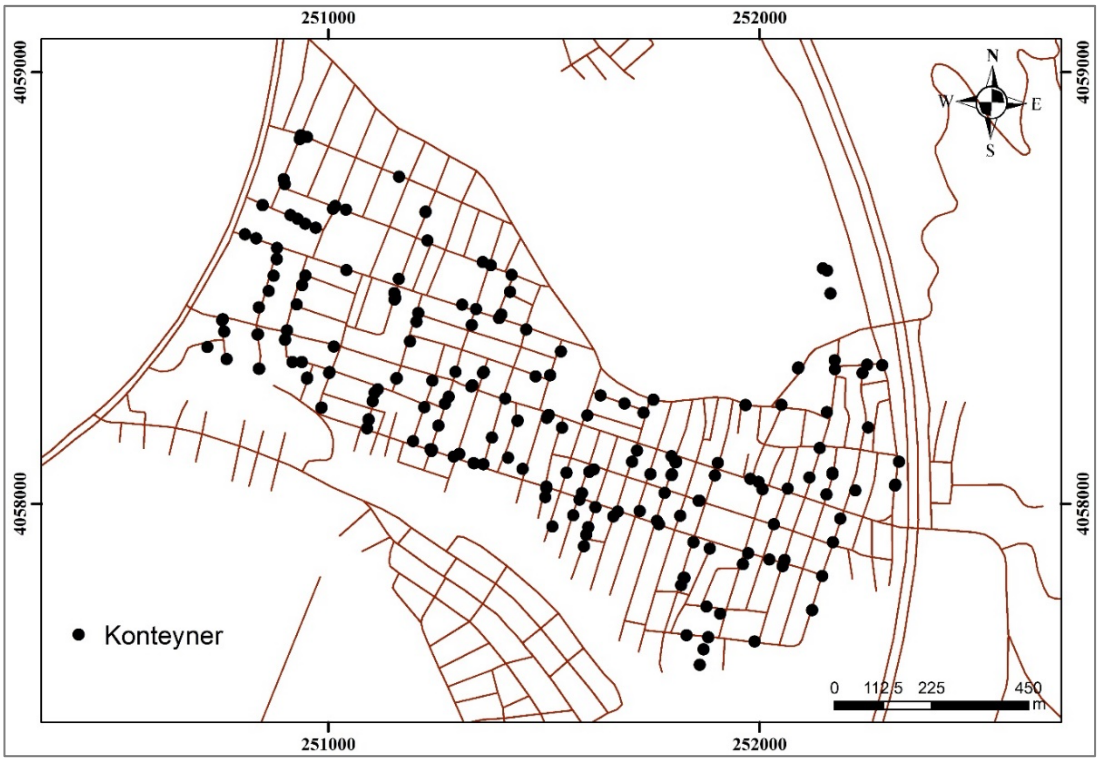
Bu çalışma kapsamında, güzergâh optimizasyonu probleminin çözümü için CBS'nin kullanılması amaçlanmıştır.

CBS çözümü için dijkstra algoritması ve tabu arama sezgiseli ile en kısa yolun bulunması yöntemine dayalı işlem yapan Arc Map modülünün kullanılması hedeflenmiştir. Çalışmalar bu modülün ağ analizi aracı (network analyst tool) ile gerçekleştirilecektir. Ağ analizi aracı ile; bir veya çok modlu ağ veri kümesi oluşturma, bir ağ veri kümesi kullanarak en iyi rotayı belirleme, rota analizi için model oluşturma, araç filosu ile bir dizi siparişin taşınması, trafik verilerini kullanarak ağ analizi yapma, en uygun yer tahsisi gibi birçok analiz yapılabilmektedir.

3.2.1. Çöp konteyner koordinatlarının coğrafi bilgi sistemine aktarımı

Denizciler Mahallesi çöp toplama güzergâh optimizasyonu kapsamında, Esri ArcGIS 10.7 uygulama yazılımı kullanılmıştır. CBS yazılımına aktarılmak üzere, İskenderun Belediyesi Plan ve Proje Müdürlüğünden temin edilen Denizciler Mahallesi yol haritası koordinatları yön sınırlaması, hız limiti ve zaman kısıtı eklenerek "TUREF_TM39" koordinat sistemine çevrilmiştir. Denizciler Mahallesinde çöplerin toplanması için İskenderun Belediyesi tarafından yetkilendirilen Envitech firması görevlileri ile yapılan saha çalışması neticesinde çöp konteyner noktaları gps vasıtasıyla kayıt altına alınmıştır. Bu program çöp toplama araçlarının anlık olarak koordinat verilerini kayıt altına almaktadır. Yapılan bu çalışma neticesinde konteynerlerin bulundukları yerler haritada işaretlenmesinin ardından, Denizciler Mahallesinin ağ topolojisi meydana getirilmiştir.

Ağların fiziksel ve mantıksal yapıları topoloji ile açıklanır. Bu bağlamda ağları meydana getiren bileşenlerin birbirleri ile bir araya gelme biçimleri, izlenecek yollar ve uygun kullanım şekilleri topolojinin kapsamındadır. Farklı biçimlerle aralarında bağ teşkil edilen parçaların birleşimi ağları oluşturur. Aralarında bağ olan bu hatlar ağ analizi ile açıklanır. Sokak, yol, anayol, cadde gibi aralarında bağ olan parçalar ağ analizinin konusu içerisindedir. Ağların bağlantı halleri, düğüm noktaları ile açıklanan topolojik ilişkiler ile belirlenir. Denizciler Mahallesine ait ağ yapısı örneği Şekil 3.11.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.11. Denizciler Mahallesi ağ yapısı

3.2.2. Coğrafi bilgi sistemi yöntemi

Esri ArcGIS 10.7 yazılımından faydalanılarak CBS yöntemi uygulanmıştır. Bu yöntemin uygulanması esnasında Denizciler Mahallesine ait ağ topolojisi yazılıma aktarılarak, güzergaha ait yön, hız ve zaman kısıtları işlenmiştir. Yol belirleme hususu ağ topolojisi ile yapılmasının ardından, yolda mevcut olan çöp konteynerlerine ait koordinatlar işaretlenmiştir. Ağ analiz aracının rota fonksiyonu ile, işaretleme işleminin ardından optimal güzergahın bulunması için rotanın ortaya çıkması sağlanır.

3.2.2.1. En düşük maliyetli yolun bulunması ve dijkstra algoritması

Bir düğüm noktasından diğer düğüm noktasına olan en kısa yolun tespit edilmesi ağ analizinde en önemli unsurdur. Büyük çaplı ulaşım sorunlarının çözümünde en kısa yol problemi uygulanır. En kısa yol problemi ile kaynaktan ulaşılması hedeflenen noktaya en kısa yolu tespit etmek mümkündür. Komplike problemlerin çözümlenebilmesi için kaynak noktalarının ara duraklar ile birleştirilmesi diğer bir

yöntemdir. Optimal rotayı ortaya çıkarmak için en kısa yol problemi ile az dallanan ağaca benzer bir işlem uygulanır (Erden, 2001).

Analizi uygulayan, ilk düğüm noktasından hedeflenen düğüm noktasına en kısa yolu tespit etmek maksadıyla ağaç yapısını tesis eder. Ağaç yapısı, kaynak düğüm noktasına en yakın düğüm noktasının tespiti ile başlar, ona en yakın diğer noktaların tespiti ile ilerler ve dallar eklenir. Mantıksal değerlendirme neticesinde eklenen dallar ile düğüm noktasına varıldığında bu noktanın ulaşılması hedeflenen düğüm noktası olduğuna karar verilir. Değerlendirme sonucu hedeflenen noktaya varılamaz ise işlem başka iterasyon vasıtasıyla sürdürülür. Hedeflenen düğüm noktasına ulaşıldığı anda en kısa yol tespit edilmesi işlemi gerçekleştiğinden dolayı algoritma sonlandırılır (Chou, 1997; Erden, 2001).

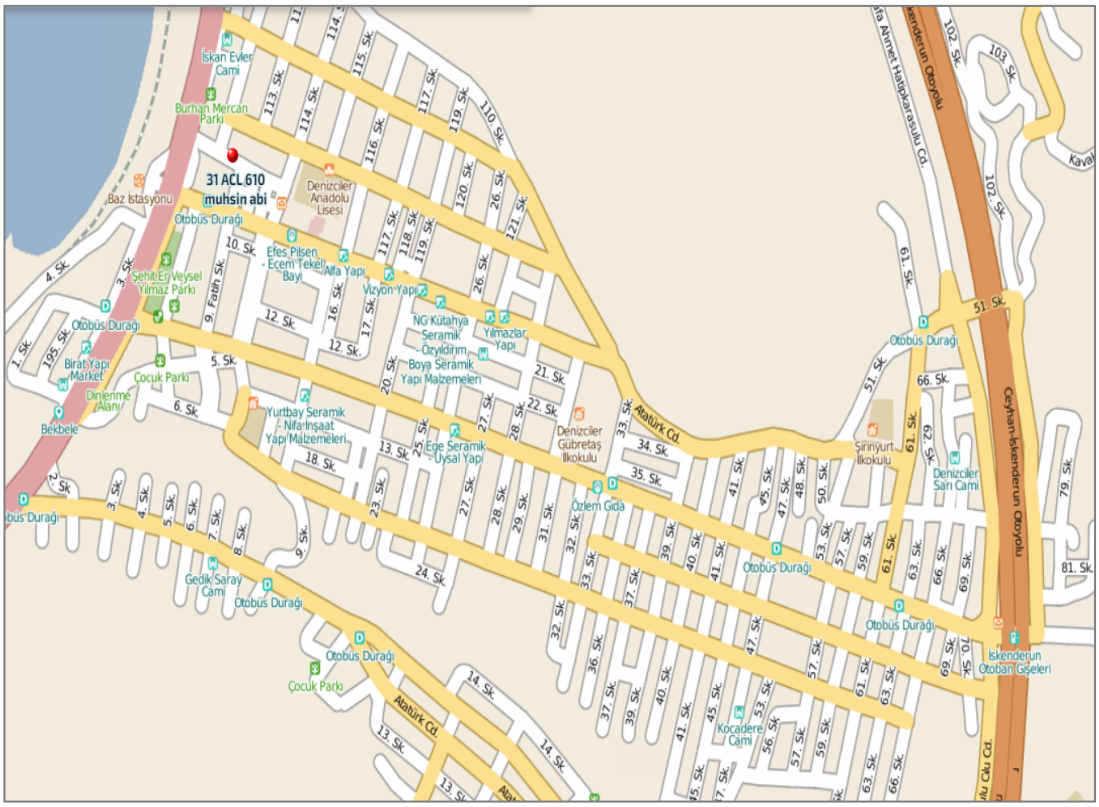
Adını E.W. Dijikstra'dan alan Dijikstra algoritması, en kısa yol problemlerinin sonuca ulaştırılmasında başvurulan en etkili yöntemlerden biridir. Ağırlıklandırılmış ağ üzerinde bulunan iki düğüm arasındaki en kısa yolu bulmayı hedefler. Bu ağırlıklar uzaklık, zaman ve maliyet gibi değişkenleri içererek kenarlara verilebilir. Bu algoritmanın tek kaynaklı en kısa yol algoritması olarak bilinmesinin sebebi bir çizgide belirlenen bir kaynaktan aynı anda diğer tüm noktalara en kısa yolları bulabilmesidir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

TÜİK tarafından yapılan Belediye Atık İstatistikleri Anketi 2020 yılı sonuçlarına göre totalde 389 belediyenin 1.387'sinde atık hizmeti verildiği tespit edilmiştir. 2020 yılında atık hizmeti veren belediyelerin 32,3 milyon ton atık topladığı açıklanmıştır. Bahse konu anket sonuçlarına göre 2020 yılında Türkiye genelinde belediyelerde toplanan kişi başı günlük ortalama atık miktarı, 1,13 kg olarak tespit edilmiştir. Hatay ili İskenderun ilçesi Denizciler Mahallesinin 24.614 kişilik nüfusuna tekabül eden günlük atık miktarı yaklaşık 28 ton ve yıllık 10.000 ton olarak hesaplanmıştır.

4.1. Mevcut Güzergahın İncelenmesi

Denizciler mahallesinde güzergah ve konteyner noktalarını tespit amacıyla Envitec personelleri eşliğinde çöp toplama aracına binilip saha çalışması yapılmıştır. Denizciler mahallesi Dutlu Bahçe Sitesinden sabah 6:45'te başlanan çöp toplama işlemi 5 saat sürmüş ve toplam 14.340 metre mesafe ölçülmüştür. Bu işlem haftanın her günü aynı saatlerde düzenli olarak yapılmaktadır. Saha çalışmasının yapıldığı mahalle düzenli sayılabilecek sokak ve caddelere sahiptir. Dere yatağıyla diğer mahalleden ayrılan bir coğrafik yapıdadır, bunun sonucunda çok fazla çıkmaz sokak içermektedir. Çöp toplama aracıyla çıkmaz sokakların sonunda yer alan konteynerlere ulaşmak için bu çıkmaz sokaklara giriş yapılmaktadır.



Şekil 4.1. Envitec firması Denizciler Mahallesi güzergahı



Şekil 4.2. Denizciler Mahallesi'nde bulunan konteynerleri gösteren Google Earth uygulamasından alınan uydu görüntüsü

4.2. Denizciler Mahallesi Atık Toplama ve Güzergâh Optimizasyon Verileri

Denizciler Mahallesi çöp konteyner noktalarının koordinat dataları ArcGIS programının ArcMap tool'una aktarılarak Network Analizi ile optimum güzergah elde edilmiştir. Çizelge 4.1.'de Denizciler Mahallesi'nin çöp konteyner koordinat verileri sunulmuştur.

Çizelge 4.1. Denizciler Mahallesi çöp konteyner koordinatları

FID	KML_FOLDER	Boylam	Enlem	X	Y
0	konteyner	3,62297	3,66358	252314,4	4058043
1	konteyner	3,62298	3,66358	252315,6	4058045
2	konteyner	3,62298	3,66363	252323,9	4058097
3	konteyner	3,62279	3,66397	252165,1	4058487
4	konteyner	3,62278	3,66402	252157,4	4058541
5	konteyner	3,62277	3,66403	252147,4	4058546
6	konteyner	3,62272	3,66382	252090,9	4058316
7	konteyner	3,62271	3,66381	252089,5	4058314
8	konteyner	3,62267	3,66374	252051,1	4058229
9	konteyner	3,62279	3,66373	252156,5	4058212
10	konteyner	3,62281	3,66383	252174,9	4058333
11	konteyner	3,62281	3,66382	252175,4	4058312
12	konteyner	3,62288	3,66381	252239,3	4058303
13	konteyner	3,62288	3,66381	252239,3	4058303
14	konteyner	3,6229	3,6637	252252,4	4058177
15	konteyner	3,62287	3,66356	252222,6	4058031
16	konteyner	3,6228	3,66355	252155,8	4058022
17	konteyner	3,62281	3,6636	252169,4	4058069
18	konteyner	3,62281	3,6636	252169,4	4058071
19	konteyner	3,62275	3,66359	252115,9	4058061
20	konteyner	3,62278	3,66365	252140,1	4058129
21	konteyner	3,6227	3,66356	252066	4058035
22	konteyner	3,62283	3,6635	252187,6	4057966
23	konteyner	3,62282	3,66345	252170,6	4057911
24	konteyner	3,62279	3,66338	252145,5	4057833
25	konteyner	3,62277	3,66331	252122,4	4057754
26	konteyner	3,62277	3,66331	252122,4	4057754
27	konteyner	3,62262	3,66324	251988,8	4057681
28	konteyner	3,6225	3,66325	251881,6	4057691
29	konteyner	3,62248	3,66319	251862	4057627
30	konteyner	3,62249	3,66322	251870,5	4057663
31	konteyner	3,62244	3,66325	251830,8	4057696
32	konteyner	3,62243	3,66336	251818,5	4057811
33	konteyner	3,62243	3,66337	251824,5	4057828
34	konteyner	3,62244	3,66337	251826,2	4057828
35	konteyner	3,62246	3,66345	251847,3	4057911
36	konteyner	3,6225	3,66343	251885,1	4057896

Çizelge 4.1. (devam)

FID	KML_FOLDER	Boylam	Enlem	X	Y
37	konteyner	3,62249	3,66331	251877,1	4057762
38	konteyner	3,62253	3,6633	251908,8	4057745
39	konteyner	3,62259	3,6634	251962	4057860
40	konteyner	3,6226	3,66343	251973,6	4057885
41	konteyner	3,62265	3,66341	252023,3	4057871
42	konteyner	3,62269	3,66341	252058,5	4057870
43	konteyner	3,62269	3,6634	252054	4057856
44	konteyner	3,62266	3,66349	252033,5	4057952
45	konteyner	3,62263	3,66356	252006,9	4058034
46	konteyner	3,62262	3,66358	251998,2	4058051
47	konteyner	3,6226	3,66358	251979,2	4058058
48	konteyner	3,62251	3,66359	251896,8	4058066
49	konteyner	3,62251	3,66361	251903,9	4058095
50	konteyner	3,62247	3,66353	251861	4058007
51	konteyner	3,62247	3,66353	251859,3	4058007
52	konteyner	3,62242	3,6635	251816,3	4057972
53	konteyner	3,62237	3,66348	251767,3	4057953
54	konteyner	3,62236	3,66349	251762,3	4057960
55	konteyner	3,62238	3,66355	251780,3	4058025
56	konteyner	3,62239	3,66358	251796,2	4058066
57	konteyner	3,6224	3,66359	251797,2	4058068
58	konteyner	3,62239	3,66362	251796,4	4058110
59	konteyner	3,62241	3,66361	251807,3	4058097
60	konteyner	3,6224	3,66361	251805,5	4058096
61	konteyner	3,62234	3,66359	251747,4	4058069
62	konteyner	3,62231	3,66351	251722,7	4057983
63	konteyner	3,62226	3,66351	251671,5	4057982
64	konteyner	3,62225	3,66349	251661,3	4057971
65	konteyner	3,62218	3,66345	251598,6	4057928
66	konteyner	3,62217	3,66343	251593,3	4057902
67	konteyner	3,62218	3,66347	251603,2	4057946
68	konteyner	3,6222	3,66351	251619,8	4057992
69	konteyner	3,6222	3,66351	251619,8	4057992
70	konteyner	3,62216	3,66354	251588,4	4058025
71	konteyner	3,62214	3,66349	251568,1	4057973
72	konteyner	3,62216	3,66353	251582,9	4058010
73	konteyner	3,62218	3,66359	251605,8	4058074
74	konteyner	3,62219	3,66359	251616,3	4058080
75	konteyner	3,62229	3,66361	251704,9	4058097
76	konteyner	3,6223	3,66363	251716,5	4058123
77	konteyner	3,62232	3,66371	251731,3	4058211
78	konteyner	3,62227	3,66373	251687,3	4058232
79	konteyner	3,6222	3,66375	251631,8	4058251
80	konteyner	3,62217	3,6637	251601,1	4058205
81	konteyner	3,62212	3,66358	251552,9	4058072
82	konteyner	3,62209	3,66347	251520,3	4057947
83	konteyner	3,62207	3,66353	251503,4	4058016

Çizelge 4.1. (devam)

FID	KML_FOLDER	Boylam	Enlem	X	Y
84	konteyner	3,62207	3,66355	251505,7	4058036
85	konteyner	3,62207	3,66355	251506,2	4058040
86	konteyner	3,62211	3,66368	251542,6	4058176
87	konteyner	3,62207	3,6637	251511,7	4058206
88	konteyner	3,62207	3,6637	251507,1	4058199
89	konteyner	3,62201	3,66359	251450,7	4058081
90	konteyner	3,62197	3,66361	251417,3	4058107
91	konteyner	3,62199	3,66369	251438,9	4058192
92	konteyner	3,62199	3,66369	251439,6	4058193
93	konteyner	3,62196	3,66373	251410,4	4058244
94	konteyner	3,62193	3,66365	251379,7	4058153
95	konteyner	3,62191	3,6636	251359,9	4058092
96	konteyner	3,62188	3,6636	251338,4	4058094
97	konteyner	3,62188	3,6636	251337	4058094
98	konteyner	3,62183	3,66361	251291,1	4058109
99	konteyner	3,62184	3,66362	251304,2	4058115
100	konteyner	3,62177	3,66362	251240,6	4058126
101	konteyner	3,62177	3,66362	251236,9	4058127
102	konteyner	3,62177	3,66362	251239,6	4058122
103	konteyner	3,62179	3,66367	251255,6	4058181
104	konteyner	3,6218	3,66372	251271	4058232
105	konteyner	3,62181	3,66373	251279,7	4058248
106	konteyner	3,62187	3,66376	251332	4058272
107	konteyner	3,62187	3,66376	251334,5	4058275
108	konteyner	3,6219	3,66379	251359,2	4058303
109	konteyner	3,6219	3,66379	251361	4058306
110	konteyner	3,62203	3,66378	251480,9	4058295
111	konteyner	3,62207	3,66379	251515	4058298
112	konteyner	3,6221	3,66384	251539,8	4058353
113	konteyner	3,62201	3,66388	251459,4	4058404
114	konteyner	3,62194	3,6639	251396,3	4058430
115	konteyner	3,62194	3,6639	251396,3	4058430
116	konteyner	3,62184	3,66393	251310,8	4058461
117	konteyner	3,62188	3,66392	251343	4058451
118	konteyner	3,62187	3,66389	251333,3	4058414
119	konteyner	3,62183	3,66379	251295,1	4058305
120	konteyner	3,62177	3,66377	251241,5	4058285
121	konteyner	3,62175	3,66371	251223	4058224
122	konteyner	3,62172	3,66364	251196,8	4058145
123	konteyner	3,6216	3,66366	251090,2	4058175
124	konteyner	3,62161	3,66368	251093,8	4058194
125	konteyner	3,62161	3,66368	251093,8	4058196
126	konteyner	3,62161	3,66372	251102,9	4058238
127	konteyner	3,62162	3,66374	251107,6	4058257
128	konteyner	3,62163	3,66375	251115	4058265
129	konteyner	3,62167	3,66377	251158	4058290
130	konteyner	3,62168	3,66377	251159,1	4058291

Çizelge 4.1. (devam)

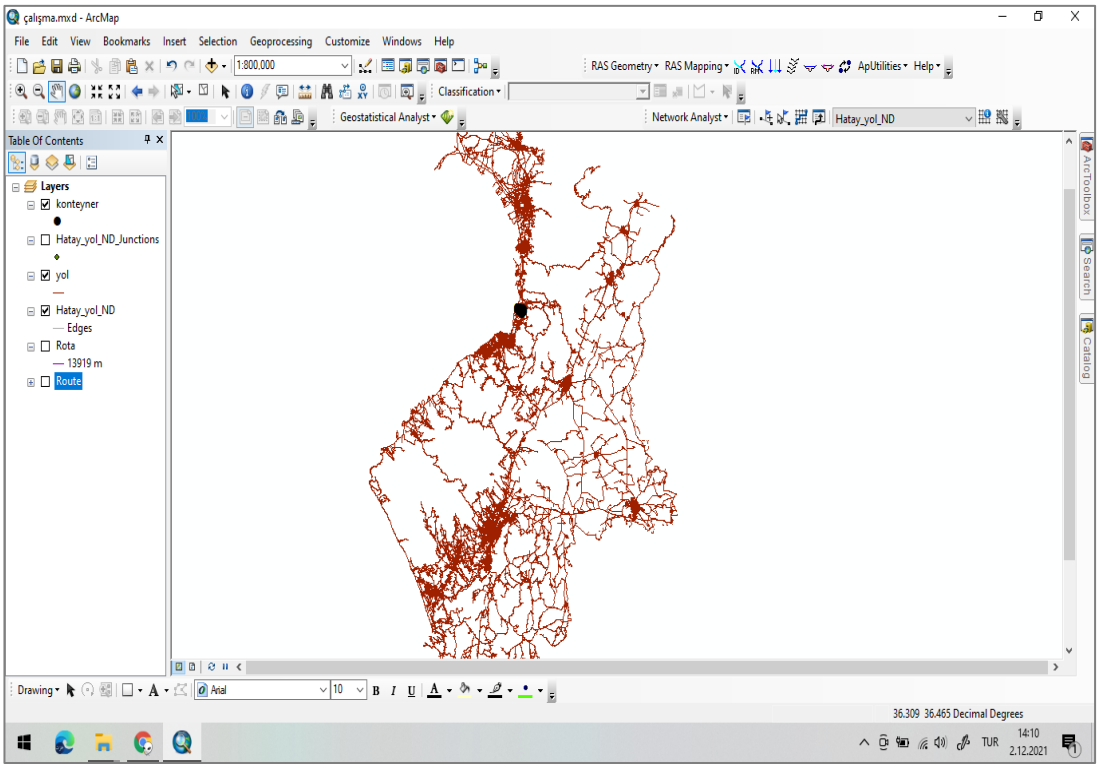
FID	KML_FOLDER	Boylam	Enlem	X	Y
131	konteyner	3,62171	3,66385	251189,9	4058376
132	konteyner	3,62172	3,66389	251204,8	4058422
133	konteyner	3,62173	3,66391	251208,8	4058442
134	konteyner	3,62166	3,66394	251155,2	4058477
135	konteyner	3,62166	3,66393	251154,1	4058473
136	konteyner	3,62166	3,66395	251153,5	4058488
137	konteyner	3,62167	3,66398	251164	4058521
138	konteyner	3,62154	3,66399	251042,4	4058542
139	konteyner	3,62143	3,66398	250947,5	4058529
140	konteyner	3,62142	3,66396	250939,3	4058506
141	konteyner	3,62141	3,66392	250926,7	4058462
142	konteyner	3,62139	3,66386	250904,5	4058402
143	konteyner	3,62138	3,66384	250899,8	4058380
144	konteyner	3,62138	3,66384	250899,8	4058380
145	konteyner	3,6214	3,6638	250917,1	4058329
146	konteyner	3,62143	3,6638	250938,9	4058328
147	konteyner	3,62144	3,66377	250951,5	4058292
148	konteyner	3,62144	3,66376	250950,8	4058290
149	konteyner	3,62148	3,6637	250984	4058222
150	konteyner	3,62148	3,6637	250984,7	4058223
151	konteyner	3,6215	3,66378	251002,3	4058303
152	konteyner	3,6215	3,66378	251003,5	4058305
153	konteyner	3,62151	3,66383	251013,3	4058365
154	konteyner	3,62131	3,66385	250837	4058393
155	konteyner	3,62131	3,66385	250836	4058393
156	konteyner	3,62132	3,66378	250840,4	4058313
157	konteyner	3,62132	3,66378	250839,5	4058313
158	konteyner	3,62123	3,6638	250764,3	4058335
159	konteyner	3,62118	3,66382	250719,7	4058363
160	konteyner	3,62122	3,66386	250758,6	4058399
161	konteyner	3,62122	3,66388	250754,3	4058425
162	konteyner	3,62122	3,66388	250755,7	4058428
163	konteyner	3,62131	3,66391	250839,5	4058455
164	konteyner	3,62134	3,66394	250862,1	4058493
165	konteyner	3,62135	3,66398	250873,4	4058528
166	konteyner	3,62136	3,66401	250880,9	4058567
167	konteyner	3,62136	3,66401	250880,9	4058567
168	konteyner	3,62135	3,66403	250881,1	4058593
169	konteyner	3,6213	3,66405	250832,8	4058615
170	konteyner	3,62127	3,66406	250806,9	4058625
171	konteyner	3,62131	3,66412	250847,4	4058692
172	konteyner	3,62131	3,66412	250848,1	4058692
173	konteyner	3,62131	3,66412	250848,1	4058692
174	konteyner	3,62131	3,66412	250848,1	4058692
175	konteyner	3,62139	3,6641	250912,3	4058669
176	konteyner	3,62141	3,6641	250929,1	4058660
177	konteyner	3,62143	3,66409	250946,9	4058649

Çizelge 4.1. (devam)

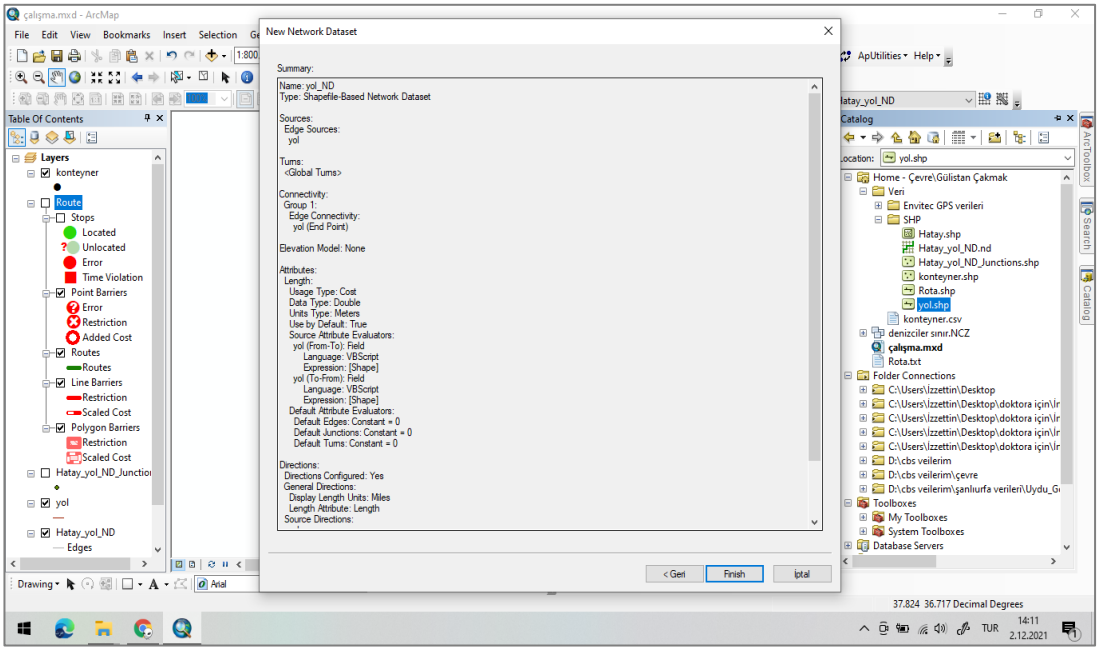
FID	KML_FOLDER	Boylam	Enlem	X	Y
178	konteyner	3,62145	3,66408	250971,2	4058640
179	konteyner	3,6215	3,66412	251011,1	4058684
180	konteyner	3,6215	3,66412	251011,7	4058684
181	konteyner	3,6215	3,66413	251016,3	4058690
182	konteyner	3,62153	3,66412	251041,3	4058681
183	konteyner	3,62137	3,66417	250899,7	4058741
184	konteyner	3,62137	3,66418	250897	4058752
185	konteyner	3,62141	3,66426	250934,5	4058845
186	konteyner	3,62142	3,66427	250951	4058850
187	konteyner	3,62141	3,66427	250937,1	4058854
188	konteyner	3,62167	3,66419	251164,1	4058758
189	konteyner	3,62174	3,66412	251225,9	4058677
190	konteyner	3,62174	3,66412	251225,5	4058676
191	konteyner	3,62174	3,66406	251230,4	4058610
192	konteyner	3,62189	3,66402	251358,7	4058560
193	konteyner	3,62191	3,66401	251377,3	4058553
194	konteyner	3,62197	3,66399	251425,5	4058530
195	konteyner	3,62196	3,66396	251421,6	4058491
196	konteyner	3,62194	3,66391	251401,7	4058439
197	konteyner	3,62234	3,66374	251754,1	4058241
198	konteyner	3,62234	3,66374	251754	4058241
199	konteyner	3,62258	3,66374	251967,4	4058229
200	konteyner	3,62258	3,66374	251968,1	4058229
201	konteyner	3,62289	3,66383	252250,1	4058322
202	konteyner	3,62293	3,66383	252285	4058321

4.3. Optimal Güzergâhın Elde Edilmesi

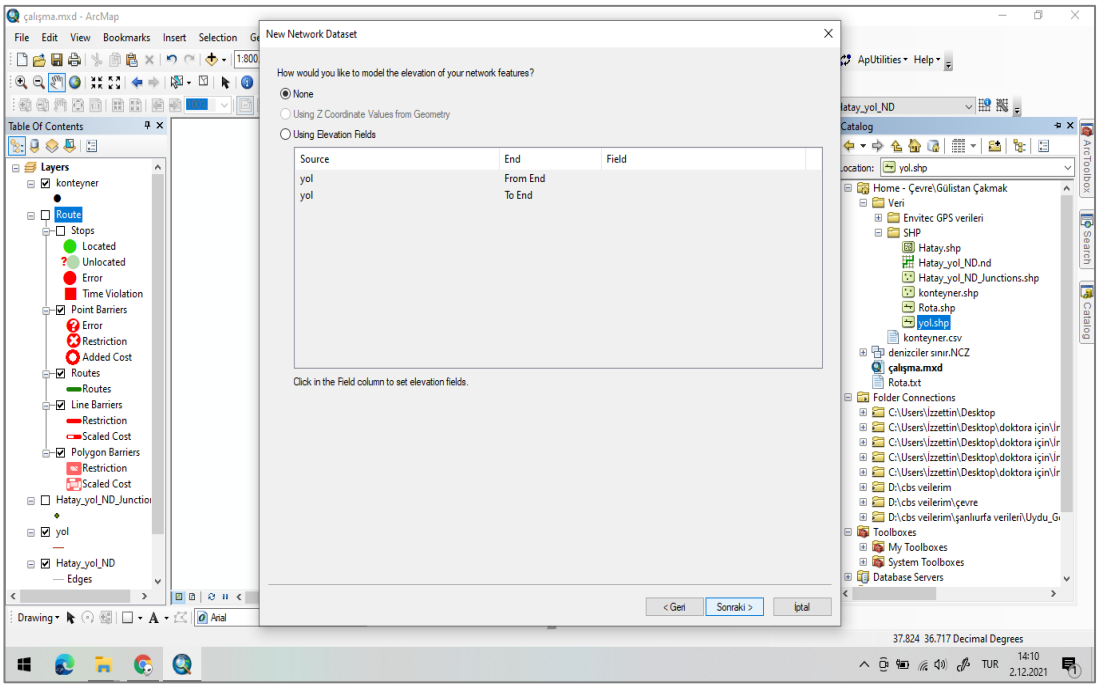
Esri ArcGIS uygulaması ile optimal güzergahın elde edilme aşamaları Şekil 4.3. ile Şekil 4.8. arasında sırasıyla aşağıdadır.



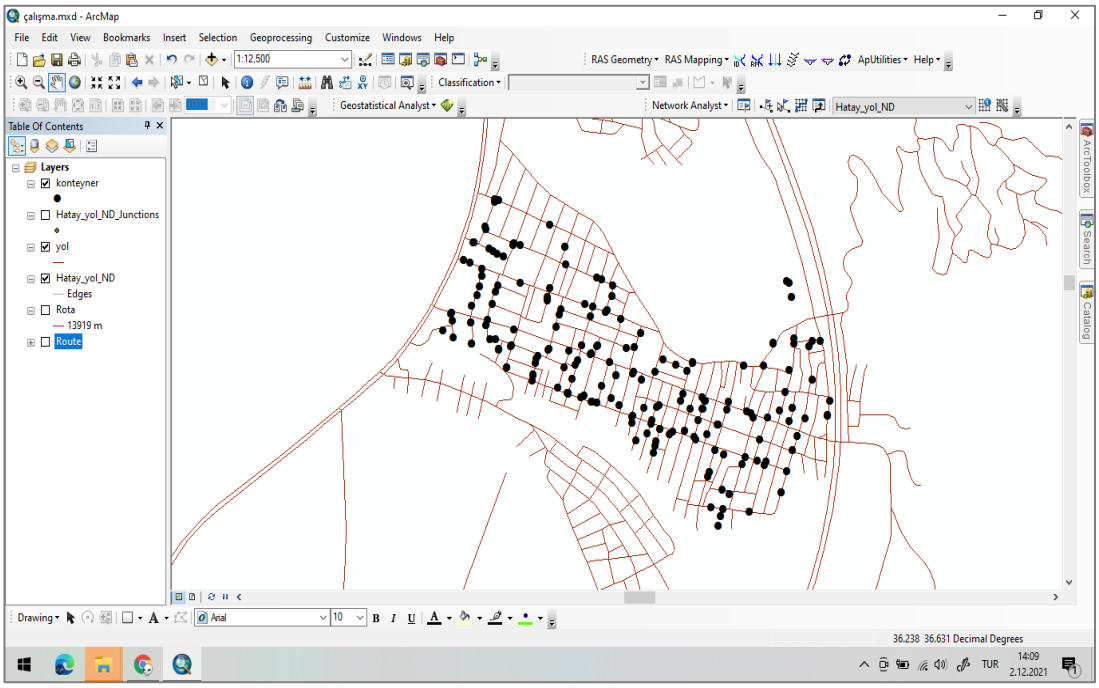
Şekil 4.3. ArcGIS uygulaması ile optimal güzergah elde etme aşaması



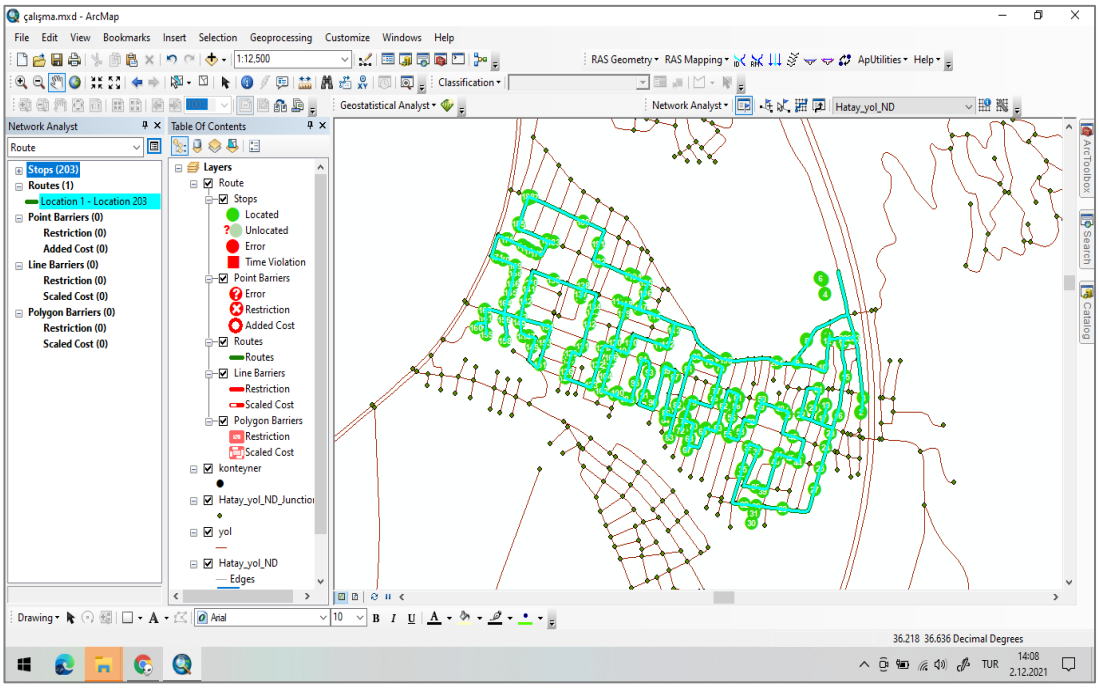
Şekil 4.4. ArcGIS uygulaması ile optimal güzergah elde etme aşaması



Şekil 4.5. ArcGIS uygulaması ile optimal güzergah elde etme aşaması



Şekil 4.6. ArcGIS uygulaması ile optimal güzergah elde etme aşaması



Şekil 4.7. ArcGIS uygulaması ile optimal güzergah elde etme aşaması



Şekil 4.8. ArcGIS uygulaması ile 203 konteyner noktasına ait güzergâh sıralaması

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Denizciler Mahallesi katı atık toplama aracı güzergah optimizasyonu tez çalışması kapsamında yapılan çalışmalar ile elde edilen sonuçlar ve öneriler aşağıda açıklanmıştır.

5.1. Sonuçlar

Çizelge 5.1. Güzergah optimizasyonu süreci verilerinin karşılaştırılması

Veriler	Mevcut Güzergah	Esri ArcGIS	Yeni Güzergah
Süre	5 saat	4 saat 42 dakika	4 saat 47 dakika
Mesafe	14340 metre	13919 metre	14000 metre

Çizelge 5.1.'de yer alan bilgiler doğrultusunda, Denizciler Mahallesi Dutlu Bahçe Sitesi'nden sabah saat 06:45'te mevcut güzergahı incelemek için başlatılan saha çalışması 5 saat sürmüş ve toplamda 14340 metre yol ölçülmüştür. Mevcut güzergahın Esri ArcGIS uygulamasına aktarılması sonucu elde edilen optimal güzergah verileri mevcut güzergahı 4 saat 42 dakika ve 13919 metre olarak hesaplamıştır. Bu verilerin sahaya yansıtılması sonrasında yeniden belirlenen güzergahın kullanılması ile ilk konteynerden başlayan katı atık toplama aracının son noktaya ulaşma süresi 4 saat 47 dakika olmuş ve toplam mesafe 14000 metre olarak ölçülmüştür. Optimizasyon çalışması neticesinde 13 dakika ve 340 metrelik reel bir kazanım ortaya çıkmıştır. Haftanın her günü çalışan katı atık toplama aracı için ortaya çıkan bu günlük süre ve mesafe kazanımı, haftada 91 dakika ve 2380 metre, ayda 364 dakika ve 10200 metre, yılda 4368 dakika ve 124100 metre kazanım olacaktır.

Esri ArcGIS uygulaması ile elde dilen süre ve mesafe ile bu verilerin sahaya yansıtılması sonucu elde edilen süre ve mesafe arasında farklılığın, konteynerlerin keyfi uygulamalar ile insanlar tarafından yerlerinin değiştirilmesi, konteynerlerin dolu olmaması, çıkmaz sokaklarda trafik durumunun değişkenlik gösterebilmesi nedenleriyle ortaya çıktığı değerlendirilmektedir.

Mevcut güzergahın kısalması sonucu oluşacak olan iş gücü kazanımı firma açısından verimliliğin artışına neden olacaktır. Diğer yandan katı atık toplama araçlarının daha az mesafe kat etmesi ile beraber yakıt sarfiyatında da verimlilik artacaktır. Bu durumun bir diğer sonucu olarak ise egzoz gazı salınımı azalacak ve çevre kirliliğine karşı daha az etkisi olacaktır. Araçların yıl bazında oluşacak olan amortisman payları azalacağından, bakım onarım maliyetlerinde de azalma meydana gelecektir.

5.2. Öneriler

Çizelge 5.1.'de yer alan bilgiler ile ulaşılan sonuçlar neticesinde iş gücü, yakıt, kullanılan araç, gereç ve ekipmanların amortisman kazanımlarının yanı sıra doğaya daha az egzoz gazı salınımı yapılacağı değerlendirilmiştir.

Hatay İli İskenderun İlçesi Denizciler Mahallesi sınırları içerisinde yapılan bu çalışma ilçe ve il bazında yapılması durumunda, bir diğer söylemle, çalışma sahası genişledikçe daha etkili olabileceği gözlemlenmiştir.

Keyfi uygulamalar ile güzergah belirlemek yerine, sayısal verilere ve gözleme dayanan bir rota oluşturulduğunda hem çevre, hem firma hem de insanlar açısından faydalı olacağı ortaya çıkarılmıştır.

Tüm bu hususlar göz önüne alındığında, zaman ve maliyet etkin bir rotanın seçimi tüm faktörlerin yararına olacaktır.

KAYNAKLAR

AĞAÇSAPAN, B., 2016. Katı Atık Yönetiminde Coğrafi Bilgi Sistemleri: Eskişehir İli Atık Aktarma İstasyonları İçin Yer Seçimi Örneklemi. Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir, 192s.

APAYDIN, Ö., and GÖNÜLLÜ, M.T., 2007. Route Optimization for Solid Waste Collection: Trabzon (Turkey) Case Study. Yildiz Technical University Environmental Engineering Department, 34349 Besiktas, Istanbul, Turkey. Global NEST Journal, 9(1): 6-11.

CHALKIAS, S., and LASARIDI, K., 2009. GIS Based Model for The Optimisation Of Municipal Solid Waste Collection: The Case Study of Nikea, Athens, Greece. Department of Geography Harokopeio University of Athens 70, El. Venizelou Str. GREECE. Wseas Transactions on Environment and Development, 640-650.

CHOU, Y. H., 1997. Exploring Spatial Analysis in Geographic Information Systems. OnWordPress, Santa Fe, USA, 132p.

ÇAKIR, M., E., 2018. Katı Atık Verilerinin CBS ile Değerlendirilmesi: Suruç (Şanlıurfa) Örneği. Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Şanlıurfa, 107s.

ÇOLAK, E., 2018. Orman Yangın Alanlarının Uzaktan Algılama ve CBS Entegrasyonu ile İzlenmesi: İzmir, Menderes Örneği. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 81s.

DEMİRCİ, A., (2004). Afet Yönetiminde Coğrafi Bilgi Teknolojilerinin Rolü, Doğu Coğrafya Dergisi, 9(12): 67-100.

DÜNDAR, S., 2013. Çeşme Su Hizmetleri İçin CBS Uygulaması. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir, 51s.

ERDEN, T., 2001. Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ile Metropolitan Şehirlerde Acil Durum Planlaması. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 87s.

KALLEL, A., SERBAJI, M.M., and ZAIRI, M., 2016. Using GIS-Based Tools for the Optimization of Solid Waste Collection and Transport: Case Study of Sfax City, Tunisia. Hindawi Publishing Corporation Journal of Engineering Volume, Article ID 4596849, 7 pages.

RIZVANOĞLU, O., 2018. Katı Atık Toplama Güzergâh Optimizasyonu: Haliliye (Şanlıurfa) Örneği. Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Şanlıurfa, 88s.

ÖZBAŞ, B., 2007. Tandoğan-Keçiören Metro Tünelinin Mecidiye-Tandoğan Kısmında Tbm-Epb ile Kazılabilme Güçlüğünün CBS Tabanında Belirlenmesi. Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Doğal ve Uygulamalı Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 121s.

SANJEEVİ, V., and SHAHABUDEEN, P., 2016. Optimal Routing For Efficient Municipal Solid Waste Transportation By Using Arc GIS Application In Chennai, India. Department of Industrial Engineering, College of

Engineering, Anna University, Sardar Patel Road, Guindy, Chennai-600025, India. Sage Journals, 34(1): 11-21.

SÖYLEMEZ, E., 2007. CBS Destekli Arama Teori Uygulaması ve Arama Kurtarma Planlaması. Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Doğal ve Uygulamalı Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 113s.

PRABHAKARAN, S., SINDHU, K., AKASH, R., ARUNKUMAR, V., KRISHNA, L., and MANIKANDAN, D., 2017. Route Optimization For Municipal Solid Waste Collection Using Arc Gıs Network Analyst Zournal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems. 9: 2.

TÜFEKÇİ, N., 2006. Batı Anadolu'daki Jeotermal Potansiyelinin CBS Tabanlı Değerlendirilmesi. Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Doğal ve Uygulamalı Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 107s.

TÖREYEN, G., ÖZDEMİR, İ., ve KURT, T., 2011. ArcGIS 10 Desktop Uygulama Dökümanı. Sinan Ofset, Ankara, 200s

YEŞİLNACAR M.İ., RIZVANOĞLU O., KAYA S., and ULUKAVAK M., 2020. Optimization of Municipal Solid Waste Collection and Transportation Routes, Through Linear Programming and Geographic Information System: A Case Study From Şanlıurfa, Turkey, Environ Monit Assess 192: 1-9.

EKLER

EK 1. İl ve İlçe Lokasyonu



EK 2. İskenderun Katı Atık Depolama Tesisi Koordinatları

Numara	İsim	x	y
1	IS_01	36,17555128	36,55262317
2	IS_02	36,17594221	36,55262342
3	IS_03	36,17689505	36,55160964
4	IS_04	36,17889011	36,55203539
5	IS_05	36,17944938	36,55139978
6	IS_06	36,17980972	36,55070538
7	IS_07	36,17871274	36,55046312
8	IS_09	36,1841282	36,54774346
9	IS_08	36,18319528	36,54698243
10	IS_10	36,18715472	36,54590442
11	IS_11	36,18592474	36,54501924
12	IS_12	36,1843235	36,54359358
13	IS_13	36,18327277	36,54484844
14	IS_14	36,18234222	36,54433078
15	IS_15	36,18414486	36,54297655
16	IS_16	36,18403962	36,5415682
17	IS_17	36,17734045	36,54121143
18	IS_18	36,17764019	36,54248921
19	IS_19	36,17650273	36,54397627
20	IS_20	36,17702435	36,54560176
21	IS_21	36,17556559	36,54916294
22	IS_22	36,17544226	36,55132287
23	IS_23	36,1754751	36,55195448