

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**BÜTÜNLEŞİK KATI ATIK YÖNETİM SİSTEMLERİ İÇİN SERVİS TABANLI BİR
KARAR DESTEK PLATFORMUNUN GELİŞTİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Harita Müh. Fatih TERZİ

HAZİRAN – 2018

TRABZON



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİMDALI

**BÜTÜNLEŞİK KATI ATIK YÖNETİM SİSTEMLERİ İÇİN SERVİS TABANLI BİR
KARAR DESTEK PLATFORMUNUN GELİŞTİRİLMESİ**

Fatih TERZİ

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde

"HARİTA YÜKSEK MÜHENDİSİ"

Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 07 / 05 / 2018

Tezin Savunma Tarihi : 01 / 06 / 2018

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Volkan YILDIRIM

Trabzon 2018

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**Harita Mühendisliği Anabilim Dalında
Fatih TERZİ Tarafından Hazırlanan**

**BÜTÜNLEŞİK KATI ATIK YÖNETİM SİSTEMLERİ İÇİN SERVİS TABANLI BİR
KARAR DESTEK PLATFORMUNUN GELİŞTİRİLMESİ**

başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 08 / 05 / 2018 gün ve 1752 sayılı
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda
YÜKSEK LİSANS TEZİ
olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan : Prof. Dr. Tahsin YOMRALIOĞLU

Üye : Prof. Dr. Bayram UZUN

Üye : Doç. Dr. Volkan YILDIRIM

Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ
Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

“Bütünleşik Katı Atık Yönetim Sistemleri için Servis Tabanlı Bir Karar Destek Platformunun Geliştirilmesi” kapsamında hazırlanan bu yüksek lisans tezi Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Sanayi Tezleri Programı (SAN-TEZ) kapsamında desteklenen 0977.STZ.2015 kodlu projeye yönelik olarak çalışılmıştır.

Yüksek lisans tez çalışmam boyunca benden desteğini esirgemeyen, bilgi birikimini benimle paylaşmak konusunda hep cömert davranan, bana yön veren saygıdeğer danışman hocam Doç. Dr. Volkan YILDIRIM’a, bilgi birikimlerinden istifade ettiğim Sayın Prof. Dr. Bayram UZUN ve Sayın Doç. Dr. H. Ebru ÇOLAK hocalarıma sonsuz teşekkürü bir borç bilirim.

Yüksek lisans çalışmam boyunca benden desteklerini esirgemeyen, KTÜ Harita Mühendisliği Bölümü GISLab ekibindeki mesai arkadaşlarım, Arş. Gör. Tuğba MEMİŞOĞLU, Arş. Gör. Şevket BEDİROĞLU ve Arş. Gör. Y. Selçuk ERBAŞ’a ayrıca teşekkür ederim.

Hayatım boyunca hayatının her zerresinden bana katan, mutluluğunu benimle paylaşan, tecrübelerinden istifade ettiğim ve benden desteğini asla esirgemeyen aileme sonsuz şükranlarımı sunarım.

Fatih TERZİ
Trabzon 2018

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Bütünleşik Katı Atık Yönetim Sistemleri için Servis Tabanlı Bir Karar Destek Platformunun Geliştirilmesi” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Doç. Dr. Volkan YILDIRIM'ın sorumluluğunda tamamladığımı, verileri kendim topladığımı, analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 01.06.2018

Fatih TERZİ

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	X
TABLolar DİZİNİ.....	XIII
SEMBOLLER DİZİNİ.....	XIV
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.1.1. Problemin Tanımı.....	10
1.1.2. Çalışmanın Amacı.....	11
1.1.3. Metodoloji.....	13
1.2. Temel Kavramlar.....	13
1.2.1. Kentsel Katı Atık Yönetim Sistemi (KKAYS).....	13
1.3. Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) Yöntemleri.....	15
1.3.1. TOPSIS Yöntemi.....	16
1.3.2. BAT Yöntemi.....	17
1.3.3. AHP Yöntemi.....	18
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	23
2.1. Katı Atık Yönetim Sisteminin Gereksinimlerinin Belirlenmesi.....	23
2.2. Yer Seçimine Etki Eden Kriterlerin Belirlenmesi.....	26
2.2.1. DÜKADET Alanı Yer Seçimine Etki Eden Kriterlerin Belirlenmesi.....	26
2.2.2. KT Alanı Yer Seçimine Etki Eden Kriterlerin Belirlenmesi.....	44
2.2.3. YT Alanı Yer Seçimine Etki Eden Kriterlerin Belirlenmesi.....	46
2.2.4. Aİ Tesis Alanı Yer Seçimine Etki Eden Kriterlerin Belirlenmesi.....	48
2.3. Kriter ve Alt Kriterlere İlişkin Ağırlıkların Belirlenmesi.....	50
2.4. Kriterlere Karşılık Gelen Konumsal Verilerin Belirlenmesi.....	55
2.5. Yer Seçimi İçin Veri Tabanı Tasarımı.....	56
2.6. Yer Seçiminde Uygulanan Modellerin Tasarlanması.....	57
2.7. Atık Kutularının Yerlerinin Belirlenmesi.....	59
2.8. Atık Kutularının Yerlerinin Belirlenmesinde Uygulanan Modelin Tasarlanması....	60

2.9.	Atık Toplama Araçlarının Güzergâhlarının Belirlenmesi	62
2.10.	Güzergâhlarının Belirlenmesinde Uygulanan Modelin Tasarlanması.....	63
2.11.	Karar Destek Platformu (KADEP)'nin Tasarlanması	64
2.11.1.	Kullanıcı İhtiyacı Listesi	65
2.11.2.	Yazılım Gereksinim Dokümanı (YGD)	66
2.11.3.	İş-Düzyer Usecase Listesi.....	67
2.11.4.	Kavramsal Veri Modeli ve Veri Modeli.....	70
2.11.5.	Arayüz Tasarımı	71
2.11.6.	KADEP'nin Teknik Bilgileri.....	72
2.11.7.	KADEP'nin İşleyişi.....	72
2.11.7.1.	KADEP'nin GBS Bileşeni	73
2.11.7.1.1.	Yer Seçimi	73
2.11.7.1.1.1.	Araçlar ve İşlevleri	74
2.11.7.1.1.1.1.	MRP Tool	74
2.11.7.1.1.1.2.	Feature to Raster Tool	75
2.11.7.1.1.1.3.	Kriging Tool	76
2.11.7.1.1.1.4.	Reclassification Tool	76
2.11.7.1.1.1.5.	RasterCalculator Tool.....	78
2.11.7.1.1.2.	Modelde Kullanılan Toollar ve Fonksiyonlar	79
2.11.7.1.1.3.	Yer Seçimi Modelinin İş Akışı.....	80
2.11.7.1.2.	Atık Kutularının Yerlerinin Belirlenmesi.....	81
2.11.7.1.2.1.	Araçlar ve İşlevleri	81
2.11.7.1.2.2.	Fonksiyonlar ve İşlevleri	82
2.11.7.1.3.	Güzergâh Analizi.....	83
2.11.7.1.3.1.	Araçlar ve İşlevleri	83
2.11.7.1.3.2.	Fonksiyonlar ve İşlevleri	86
2.11.7.2.	KADEP'nin Web Arayüzü Bileşeni.....	86
2.11.7.2.1.	Yazılımda Kullanılan Platformlar	86
2.11.7.2.2.	Yazılımda Kullanılan Fonksiyonlar	87
2.11.7.2.3.	Üretilen Kodların Yerine Getirdiği İşlevler	87
2.11.7.2.4.	Üretilen Kodun İlgili İşlevi Yerine Getirirken İzlediği İş Akış Şeması.....	95

2.11.7.2.4.1.	Yer Seçimi Analizi İçin Web Arayüzü İş Akış Diyagramı	95
2.11.7.2.4.2.	Atık Kutusu Analizi İçin Web Arayüzü İş Akış Diyagramı.....	96
2.11.7.2.4.3.	Güzergâh Analizi İçin Web Arayüzü İş Akış Diyagramı.....	96
2.11.7.2.4.4.	Servis Tarafı İş Akış Diyagramı.....	97
2.12.	Pilot Bölge Uygulamaları	97
2.12.1.	Pilot Bölge Seçimi ve Verilerin Toplanması.....	97
2.12.2.	Yazılımın Test Edilmesi	112
3.	BULGULAR VE İRDELEMELER	120
3.1.	Yer Seçimi Analizi	120
3.1.1.	DÜKADET Analizi	120
3.1.2.	KT Analizi	123
3.1.3.	YT Analizi	126
3.1.4.	Aİ Analizi	127
3.2.	Atık Kutuları İçin En Uygun Yerlerin Belirlenmesi	127
3.3.	Atık Toplama Araçları İçin Güzergâh Belirleme	128
4.	SONUÇ VE ÖNERİLER	129
5.	KAYNAKLAR.....	133
ÖZGEÇMİŞ		

Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

BÜTÜNLEŞİK KATI ATIK YÖNETİM SİSTEMLERİ İÇİN SERVİS TABANLI BİR KARAR
DESTEK PLATFORMUNUN GELİŞTİRİLMESİ

Fatih TERZİ

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Harita Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Doç. Dr. Volkan YILDIRIM
2018, 139 Sayfa

Geçmişten günümüze artan nüfus, katı atık miktarındaki artışı da beraberinde getirmiştir. Bu durum katı atıkların bir sistem içerisinde yönetilmesi gereksinimini doğurmuştur. Katı atıkların üretiminden bertarafına kadar, yönetimini içeren süreç bütünlük katı atık yönetim sistemi olarak isimlendirilmektedir. Günümüzde katı atık yönetim sistemleri içerisinde gerçekleşen toplama, taşıma ve bertaraf aşamaları genellikle manuel olarak yapılmaktadır. Bu durum çevresel açıdan önemli bir sorun oluşturduğu gibi katı atık yönetim sisteminin maliyetini de arttırmaktadır. Bu sebeple katı atık yönetim sistemlerinin optimum çözümlerle desteklenerek çevresel ve mali anlamdaki yüklerin azaltılması gerekmektedir. Bu da ancak, katı atığın toplanmasından bertarafına kadarki süreçlerin tamamını içeren bir karar destek platformu ile mümkündür. Bu çalışma, bahsi geçen karar destek platformunun oluşturulabilmesi için bir altlık teşkil etmesi amacıyla hazırlanmıştır. Çalışmanın sonucunda ortaya koyulan ürün üç bileşenden oluşmaktadır. Bu bileşenlerden ilki katı atıkların bertaraf edilebilmesi için uygun görülen bertaraf tesisleri için en uygun konumun belirlenmesi bileşenidir. İkinci bileşen katı atıkların toplanabilmesi için gereken atık kutularının konumlarının nüfus yoğunluğuna bağlı olarak belirlenebilmesi bileşenidir. Üçüncü bileşen ise katı atık toplama araçlarının atık kutularını toplayarak uygun tesise götürmesi için gereken en uygun güzergâhların belirlenebilmesi bileşenidir. Bu bileşenlerin ortaya koyduğu ürünler kuşkusuz atık yönetim sistemini mali ve çevresel anlamda en uygun çözümlerle destekleyerek hem ekonomiye hem de temiz ve konforlu yaşama katkı sağlayacak ayrıca günümüzün en önemli kavramlarından olan akıllı kent kavramına katkıda bulunacaktır.

Anahtar Kelimeler: CBS, Atık yönetimi, Katı atık yönetim sistemi, Bertaraf tesisleri, Güzergâh optimizasyonu, Atık kutusu yerleştirme

Master Thesis

SUMMARY

DEVELOPING A SERVICE-BASED DECISION SUPPORT PLATFORM FOR INTEGRATED
SOLID WASTE MANAGEMENT SYSTEMS

Fatih TERZI

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Geomatic Engineering Graduate Program
Supervisor: Assoc. Prof. Volkan YILDIRIM
2018, 139 Pages

The ever-increasing population from the past has brought about an increase in the amount of solid waste. This situation necessitated the management of solid wastes in a system. The process of managing solid wastes from production to disposal is called integrated solid waste management system. Today, the collection, transportation and disposal stages of solid waste management systems are performed manually. This situation poses an important environmental problem and also increases the cost of the solid waste management system. For this reason, solid waste management systems need to be supported by optimum solutions to reduce environmental and financial burdens. This is only possible with a decision support platform that includes all of the processes up to the disposal of the solid waste. This study is intended to constitute a basis for the formation of the decision support platform. The resulting product is composed of three components. First of these components is the component of determining the most suitable location for disposal facilities which are suitable for the disposal of solid wastes. The second component is the component of determining the location of the bins needed to collect solid waste depending on population density. The third component is the component of determining the collection route. The products produced by these components undoubtedly will contribute to the economy and the clean and comfortable life by supporting the waste management system with the most appropriate solutions in financial and environmental terms and will contribute to the concept of smart city which is one of the most important concepts of today.

Key Words: GIS, Waste management, Solid waste management system, Disposal facilities, Route optimisation, Locating waste bins

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. İdeal ve eksi/ideal çözümlere olan uzaklıkların iki boyutlu uzaklıkla gösterimi (Hwang ve Yoon, 1981)	16
Şekil 2. AHP yöntemi hiyerarşik modeli (Erden ve Coşkun, 2011).....	19
Şekil 3. Yer seçiminde uygulanacak model.....	58
Şekil 4. Atık kutularının yerleştirilmesinde uygulanan model	61
Şekil 5. Atık toplama güzergâhlarının belirlenmesinde uygulanan model.....	64
Şekil 6. Kullanıcı ihtiyacı listesi örneği.....	65
Şekil 7. YGD içerisinde örnek bir sayfa.....	66
Şekil 8. Arayüz tasarımına örnek	71
Şekil 9. MRP Tool.....	74
Şekil 10. Feature to Raster Tool	75
Şekil 11. Kriging Tool.....	76
Şekil 12. Reclassification modeli	77
Şekil 13. Reclassification Tool.....	78
Şekil 14. RasterCalculator Tool.....	79
Şekil 15. Modelin iş akışı	80
Şekil 16. KonteynerMeanTool	81
Şekil 17. Network (VRP) Tool.....	84
Şekil 18. Navigasyon analizi güzergâh verilerinin sözel çıktı örneği	85
Şekil 19. Navigasyon dosyasının görünümü	85
Şekil 20. Kaynak verilerin seçilmesi	88
Şekil 21. Puan seçimi/girişi arayüzü	89
Şekil 22. Ağırlık seçimi/girişi arayüzü	90
Şekil 23. Analiz sınırı çizilmesi.....	90
Şekil 24. Atık kutusu envanteri veri giriş penceresi	91
Şekil 25. Atık toplama aracı envanteri veri giriş penceresi	91
Şekil 26. Atık kutusu analizi arayüzü.....	92

Şekil 27. Atık kutusu sorgulama arayüzü	92
Şekil 28. Güzergâh analizi arayüzü	93
Şekil 29. Güzergâh analizi sorgulama arayüzü	94
Şekil 30. Güzergâh ve navigasyon bilgileri arayüzü	94
Şekil 31. Yer seçimi analizi için web arayüzü iş akış diyagramı	95
Şekil 32. Atık kutusu analizi için web arayüzü iş akış diyagramı	96
Şekil 33. Güzergâh analizi için web arayüzü iş akış diyagramı	96
Şekil 34. Servis tarafında uygulanan iş akış diyagramı	97
Şekil 35. Trabzon'a ait idari sınır haritası	98
Şekil 36. Trabzon'a ait yerleşim merkezi haritası	99
Şekil 37. Trabzon'a ait toprak haritası	100
Şekil 38. Trabzon'a ait heyelan alanları, yasak alanlar, yüzey suları, havalimanı, limanlar ve doğal kaynaklar haritası	101
Şekil 39. Trabzon'a ait jeoloji haritası	102
Şekil 40. Trabzon'a ait büyük yapılar ve doğal yapılar haritası	103
Şekil 41. Trabzon'a ait arazi kullanımı haritası	104
Şekil 42. Trabzon'a ait altyapı haritası	105
Şekil 43. Trabzon'a ait akarsu ve yol haritası	106
Şekil 44. 1 ve 2 Nolu Beşirli mahallelerini gösteren Trabzon'a ait idari sınır haritası	107
Şekil 45. 1 ve 2 Nolu Beşirli mahallelerine ait bina ve yol orta hat haritası	108
Şekil 46. 1 ve 2 Nolu Beşirli mahallelerine ait numarataj ve yol orta hat haritası	109
Şekil 47. Güzergâh analizi için toplanan yol ağı verisine ait turn katmanı	110
Şekil 48. Güzergâh analizi için pilot bölgeden toplanan yol dönüş bilgileri	111
Şekil 49. Giriş arayüzü	112
Şekil 50. Yazılım arayüzü	113
Şekil 51. Yer seçimi menüsü	113
Şekil 52. Tesis seçim menüsü	114
Şekil 53. Analizde kullanılacak katmanların seçilmesi	114
Şekil 54. Seçilen katmanlar için puan değerlerinin girilmesi	115
Şekil 55. Seçilen katmanlar için ağırlık değerlerinin girilmesi	116
Şekil 56. Analiz bittiğinde kullanıcıya sunulan pencere	116
Şekil 57. Tesis işlemleri menüsü	117

Şekil 58. Depolama alanı işlemleri penceresi.....	117
Şekil 59. Atık kutusu yeri belirleme ve güzergâh belirleme analizleri menüsü	118
Şekil 60. Atık kutusu yerlerinin belirlenmesi analizi veri giriş penceresi.....	118
Şekil 61. Güzergâh analizi veri giriş penceresi	119
Şekil 62. Pilot bölgesinde DÜKADET yeri seçimi için üretilen maliyet yüzey haritası...	121
Şekil 63. DÜKADET alanları için üretilen alternatifler.....	122
Şekil 64. DÜKADET için uygun görülen beşinci alternatifin uydu görüntüsü üzerindeki görünümü.....	123
Şekil 65. KT, YT ve Aİ yeri seçimi için üretilen maliyet yüzey haritası	124
Şekil 66. KT, YT ve Aİ için üretilen alternatif alanlar.....	125
Şekil 67. KT, YT ve Aİ alanı için uygun görülen ikinci alternatifin uydu görüntüsü üzerindeki görünümü.....	126
Şekil 68. Atık kutularının harita üzerindeki görünümü.....	127
Şekil 69. Güzergâh ve navigasyon bilgilerinin web arayüzündeki görünümü	128

TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Türkiye’deki atık miktarlarının yıllara göre değişimi (TÜİK, 2015).....	4
Tablo 2. İkili karşılaştırma ölçeği (Erden ve Coşkun, 2011).....	19
Tablo 3. Rastgele indeks değerleri (V. Yıldırım, 2009)	21
Tablo 4. DÜKADET alanı yer seçimi literatür matrisi	27
Tablo 5. DÜKADET yer seçiminde kullanılan kriterler	43
Tablo 6. KT yer seçiminde kullanılan kriterler	45
Tablo 7. YT yer seçiminde kullanılan kriterler	48
Tablo 8. Aİ yer seçiminde kullanılan kriterler	49
Tablo 9. DÜKADET alanlarının yer seçimine ilişkin kriter ve alt kriter ağırlıkları	50
Tablo 10. KT alanlarının yer seçimlerine ilişkin kriter ve kriter ağırlıkları	52
Tablo 11. YT alanlarının yer seçimlerine ilişkin kriter ve kriter ağırlıkları	53
Tablo 12. Aİ alanlarının yer seçimlerine ilişkin kriter ve kriter ağırlıkları	54
Tablo 13. Yer seçiminde kullanılan kriterlere karşılık gelen veriler.....	55
Tablo 14. Yer seçiminde kullanılan veri tabanı tasarımı.....	57
Tablo 15. U27 numaralı usecase.....	67
Tablo 16. Veri modeline örnek.....	70
Tablo 17. Alternatifli DÜKADET alanlarının kriterlere göre uygunluk durumu	122
Tablo 18. Alternatifli KT, YT ve Aİ alanlarının kriterlere göre uygunluk durumu	125

SEMBOLLER DİZİNİ

AHP	: Analitik Hiyerarşi Süreci (Analytic Hierarchy Process)
TOPSIS	: İdeal Çözüme Benzerlik Yolu ile Tercih Sırasına Ulaşma Tekniği (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution)
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
ÇKKV	: Çok Kriterli Karar Verme
BAT	: Basit Ağırlıklı Toplam
KT	: Kompost Tesisi
YT	: Yakma Tesisi
DÜKADET	: Düzenli Katı Atık Depolama Tesisi
Aİ	: Aktarma İstasyonu
KKAYS	: Kentsel Katı Atık Yönetim Sistemi
KADEP	: Karar Destek Platformu
MERNİS	: Merkezi Nüfus İdare Sistemi
MAKS	: Mekânsal Adres Kayıt Sistemi
AKS	: Adres Kayıt Sistemi
TK	: Tutarlılık Katsayısı
TO	: Tutarlılık Oranı
Rİ	: Rastgele İndeks
ENH	: Enerji Nakil Hattı
VRP	: Vehicle Route Problem
POI	: İlgi/İhtiyaç Noktaları (Point of Interest)
KKA	: Kentsel Katı Atık

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

2015 yılında Türkiye’de kentli nüfusun kırsal nüfusa oranı yaklaşık %54 iken 2050 yılında bu oranın %67,2 olması öngörülmektedir (TOBB, 2013). Bu hızlı nüfus artışı, beraberinde yönetilmesi gereken bir Kentsel Katı Atık (KKA) olgusu oluşturmaktadır. Hızlı nüfus artışına ek olarak endüstriyel gelişme ve kentleşme gibi olgular, Türkiye’nin de içinde yer aldığı gelişmekte olan ülke kentlerinde katı atık sorunlarını da beraberinde getirmiştir (Balaban ve Baki, 2010). Bu gibi sorunlar ise günümüze kadar kentlerde atık yönetiminde yaygın bir şekilde uygulanan toplama, taşıma ve depolamadan oluşan sistemin yetersiz kalmasına sebep olmuştur. Toplanması, taşınması ve bertaraf edilmesi ekonomik anlamda büyük yük olan ve toplum sağlığı açısından önemli olduğu kadar, aynı zamanda, uygun şekilde değerlendirilemediği takdirde kaybolan ekonomik bir değere sahip olan katı atıkların yönetiminde, tüm hizmetlerin maliyet ve sorumluluğu yerel yönetimlere düşmektedir (Yılmaz ve Bozkurt, 2010).

Ekonomik gelişme ve yükselen yaşam standartları sonucunda kişi başına düşen katı atık üretimi son yıllarda oldukça artmıştır. Artan nüfus, büyüyen ekonomi, hızlı kentleşme ve yükselen yaşam standartlarının bir araya gelmesi ile birlikte özellikle gelişmekte olan ülkelerde KKA büyük bir sorun haline gelmiştir. Bu boyuttaki bir sorunun etkili çözümünde ise Kentsel Katı Atık Yönetim Sistemi (KKAYS) olarak adlandırılan yeni bir olgu ortaya çıkmıştır (Yılmaz ve Bozkurt, 2010). Dünya nüfusunun yarısının kentlerde yaşadığı günümüzde, yaşam standartları ve tarzının değişimine bağlı olarak kentlerde üretilen katı atık miktarında da büyük bir artış gözlenmektedir. Dünya Bankası tarafından 2012 yılında yayımlanan bir rapora göre günümüzde 1,3 milyar ton olan yıllık KKA miktarının 2025 yılında, kentsel nüfus artışına bağlı olarak 2,3 milyar tona ve katı atık yönetimi maliyetinin yıllık 205 milyar dolardan 325 milyar dolara çıkması beklenmektedir (ÇMO, 2013).

KKAYS’nin önemli bir parçası olan Düzenli Katı Atık Depolama Alanlarının (DÜKADET), Yakma Tesislerinin (YT) ve Kompost & maddesel geri kazanım Tesislerinin (KT) planlanmasında en önemli işlem adımlarından biri uygun yer seçimidir. Yer seçimi işlemi zor, karmaşık ve zaman alıcı bir süreçtir. Kentsel alanlarda artan nüfus yoğunluğu,

katı atık üretim hızı ve plansız arazi kullanımı nedeniyle uygunluk koşulunu sağlayan alanların daralması KKAYS’de karşılaşılan önemli sorunlardandır. Ayrıca çevresel etkileri nedeniyle toplumdan gelen tepkiler, katı atıklarla ilgili yasal mevzuatların her geçen gün daha sınırlandırıcı şartlar getirmesi ve yer seçim sürecinin birçok farklı meslek disiplininin ilgi alanına girmesi yer seçimi sürecinde çözülmesi gereken zorluklardandır.

Uygun Düzenli Katı Atık Depolama Tesisi (DÜKADET), çevresel, toplumsal ve ekonomik açıdan en az etkiye sahip olmalı, çıkarılan ulusal ve uluslararası yasal mevzuatların getirdiği bütün sınırlandırmaları kapsamalı ve toplum tarafından genel olarak kabul görmelidir. DÜKADET alanı yer seçiminde etkin çok sayıda kriterin bulunması, herhangi bir alanın depolama tesisi için uygun olup olmadığına karar vermede yerel yöneticilerin ya da uzmanların isteklerini karşılamalarını gerekli kılmaktadır. Karar verme sürecinde hangi kriterlerin göz önüne alınacağı ve hangilerinin ise hariç tutulacağına ya da bu kriterlerin verilecek kararı hangi düzeyde etkileyeceğinin etkin bir şekilde belirlenmesi, kritik öneme sahiptir. Bu açıdan birbiriyle çelişen çok sayıda kriteri herhangi bir karar destek sistemi olmaksızın değerlendirmek ve uygun bir sonuca varmak (karar almak) oldukça güçtür (Higgs, 2006).

Bir tür “arazi yönetimi” olan DÜKADET yer seçimi, farklı arazi kullanım bölgelerine uzaklık, eğim hesabı, fay hattı ve heyelan gibi doğal tehlike eşiklerine yakınlık vb. birçok konumsal analizi içerir. Bu bağlamda her türlü konumsal veriyi işleme ve analiz etme yeteneğine sahip olan Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) uygun depolama alanlarının tespiti konusunda bir karar destek aracı olarak önemli bir rol üstlenmektedir. CBS, her türlü ekonomik, teknik, sosyolojik, çevresel koşulun sürece dâhil edilebilmesine ve değişik koşullar altında oluşacak sonuçların irdelenebilmesinde olanak sağlar. Bu amaçla kullanılan Konumsal Çok Kriterli Karar Verme (K-ÇKKV) analizi, puanlama yoluyla, alternatif sahaları karar kriterleri açısından kıyaslama (sıralama) ve en iyi alternatifi belirleme imkânı oluşturur.

Yer seçiminin DÜKADET alanları planlamasındaki önemi ve DÜKADET alanı yer seçimi süreci için daha objektif ve bilimsel tekniklerin geliştirilmesine olan ihtiyaç göz önüne alınarak, bu çalışmada DÜKADET yer seçimi için CBS tabanlı Konumsal-Çok Kriterli Karar verme (K-ÇKKV) yöntemi destekli bir karar destek sistemi geliştirilmesi ve uygulanması amaçlanmıştır.

Türkiye’de katı atık yönetimi uygulamaları çeşitlilik göstermektedir. Bu uygulamalardan yakma, kompostlama, sağlıklı ve düzenli depolama gibi modern bertaraf etme teknikleri ile birlikte ağırlıklı olarak vahşi/gelişigüzel depolama ve çeşitli alıcı ortamlara sorumsuzca bırakma gibi çevre ve insan sağlığı üzerinde zararlı sonuçlar doğurabilecek yöntemler kullanılmaktadır. 1990’lı yıllarda benimsenmeye başlanarak Bursa, Mersin, Ankara, İstanbul, İzmir, İzmit ve Gaziantep gibi illerde yapımı tamamlanan DÜKADET'lerin etkili bir şekilde işletilememesi ve maliyetlerin düşük tutulmak istenmesi, Türkiye’de katı atıkların yönetiminde kullanılan en yaygın yöntemin atıkların bos ve kontrolsüz bir sahaya dökülmesi sonucunu doğurmuştur (Yılmaz ve Bozkurt, 2010).

Türkiye’de katı atık hizmetleri, temizlik işleri bağlamında belediyeler tarafından sağlanmaktadır. Bu konuyla ilgili ilk yasal düzenleme 1991 yılında hazırlanan bir yönetmelik çerçevesinde sağlanmıştır. Ülke politikalarının belirlendiği 5 yıllık kalkınma planlarında ise, ilk kez 1975 yılında çevre politikalarına yönelik kararlar alınmaya başlanmıştır. 1990-1995 yıllarını kapsayan 6. Beş Yıllık Kalkınma Planı’nda katı atıklara yönelik kararlar da yer almıştır (Akdoğan ve Güleç, 2007). Avrupa Birliği’ne giriş için düzenlenen uyum yasaları ile katı atık yönetimine yönelik mevzuatlar geliştirilmiştir. Bu mevzuatlarla birlikte katı atık yönetimi belediyeler için zorunlu hale gelmiş ve katı atık yönetimine geçen belediyelerin sayısı giderek artmıştır.

22.03.2008 gün ve 26824 sayılı Resmî Gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren “Büyükşehir Belediyesi Sınırları İçerisinde İlçe Kurulması ve Bazı Kanunlarda Değişiklik Yapılması Hakkında Kanun” ile ise Kanun ekinde listelenen belediyeler ilk Genel Mahalli İdareler seçiminden itibaren geçerli olmak üzere kaldırılarak köye dönüştürülüp, 16 adet büyükşehir belediyesi dâhil olmak üzere 2105 adet belediye oluşturulacağı düşünülmüştür. Farklı özelliklere sahip çok sayıda belediye olmasından dolayı da belirli bir atık yönetim modelinin geliştirilmesi ve uygulanmasının zorluğu esas alınmıştır. Bu sorunu çözmek amacıyla Türkiye için yüksek maliyetli çevre yatırımlarının planlaması projesi kapsamında iller, benzer demografik ve sosyo-ekonomik özellikleri temsil eden alt bölgelerde gruplandırılmıştır ve atık yönetimi bakımından önem arz eden alanlar tespit edilmiştir (ÇOB, 2008). Proje çıktılarını baz alarak yapılan çalışmalar doğrultusunda 2006 yılında Çevre ve Orman Bakanlığı ile DPT Müsteşarlığı koordinasyonunda “Katı Atık Ana Planı Projesi” gerçekleştirilmiştir. Bu proje ile katı atık bertarafı için Türkiye genelinde belediyeler arası bölgesel yönetim birliklerinin oluşturulması, ekonomik olarak sürdürülebilir kapasitede

Bölgesel Katı Atık Tesisi Projeleri geliştirilmesi ve projelerin bir plan dâhilinde uygulanmasının sağlanması amacıyla ilgili mevzuat ele alınmış ve bu mevzuat ışığında DÜKADET'lerin kurulması, katı atık miktarının azaltılması, geri kazanımın sağlanması, katı atık taşıma giderlerinin düşürülmesi ve gerekli olduğu hallerde uygun teknolojiye sahip transfer istasyonlarının kullanılmasına yönelik planlar oluşturulmuştur (ÇOB, 2008).

DÜKADET'lerin kurulması ve işletilmesi ile ilgili çalışmalar devam etmekle birlikte Türkiye açısından durum değerlendirildiğinde oldukça yetersiz olduğu görülmektedir. Türkiye'de yeni büyükşehir belediyelerinin kurulması ile birlikte günümüzde 1397 adet Belediye bulunmaktadır (URL-1, 2015). 2003 yılında 15 adet düzenli DÜKADET var iken, 2012 yılının 3. çeyreğinde bu sayı 68'e ulaşmıştır (ÇŞB, 2014; EAA, 2013). Türkiye İstatistik Kurumu verilerine göre de, bertaraf yöntemlerine bağlı atık miktarları incelendiğinde belediyelerce toplanan toplam atık miktarı 2012 yılı verilerine göre 25845 bin ton/yıl'dır. Yıllar içerisinde belediye atık alanına dökülen atık miktarları azalmakla birlikte, düzenli depolama sahalarına gönderilen atık miktarı giderek artmıştır. 1994 yılında düzenli depolama alanlarına gönderilen atık miktarı 809 bin ton/yıl iken, 2002'de 7.047 bin ton/yıl, 2012'de ise 15.484 bin ton/yıla ulaşmıştır. 2012 yılında toplanan atıkların %27,8'i düzenli katı atık depolama sahalarına ulaşırken, 2012 yılı itibariyle bu oran %59,9'u bulmuştur. Tablo 1'de Türkiye'de yıllar içerisinde atıkların bertaraf edilmesi yönündeki istatistiki bilgiler yer almaktadır (TÜİK, 2015). Tablo 1'de yer alan miktarlar zamansal açıdan irdelendiğinde, Türkiye'de yasal düzenlemelerle birlikte düzenli katı atık depolama alanlarında toplanan atık miktarında artış olduğu gözlemlenmiştir.

Tablo 1. Türkiye'deki atık miktarlarının yıllara göre değişimi (TÜİK, 2015)

Bertaraf Yöntemi	1994		1998		2002		2008		2012	
	Miktar	%	Miktar	%	Miktar	%	Miktar	%	Miktar	%
Toplanan Belediye Atık Miktarı	17.757	100,0	24.945	100,0	25.373	100,0	24.361	100,0	25.845	100,0
Belediye Atık Alanına Dökülen	14.479	81,5	16.853	69,6	16.310	64,3	12.678	52,0	9.771	37,8
DÜKADET'e Gönderilen	809	4,6	5.258	21,1	7.047	27,8	10.947	44,9	15.484	59,9
KT'ye Gönderilen	192	1,1	166	0,7	383	1,5	276	1,1	155	0,6

Tablo 1'in devamı

Dereye ve Göle Dökülen	558	3,1	375	1,5	197	0,8	48	0,2	33	0,1
Diğer	753	9,7	1.039	9,1	716	5,6	73	1,8	202	1,6

2012 yılı için belediyelerin 2894'ünün atık toplama hizmeti verdiği, 56 belediyede ise atıkların toplanmadığı belirlenmiştir. Belediyelerde toplanan 25,8 milyon ton atığın, %37,8'i belediye atık alanlarına dökülürken, %60,5'i düzenli depolama sahaları veya KT'lere gönderildiği ve %1,7'si diğer yöntemler ile bertaraf edildiği TÜİK 2012 verilerine göre tespit edilmiştir (URL-2, 2015). Kompost yardımı ile bertaraf edilecek atık kütlelerinde %40-60 oranında bir azalma olması, koku ve sızıntı probleminin olmaması, geri kazanımdan ve son ürün olarak üretilen komposttan dolayı elde edilen ekonomik katkının olması bu yöntemin diğer yöntemlere göre daha çok tercih edilmesine sebep olmaktadır (URL-3, 2015).

Düzenli depolama yöntemi ile atıkların bertaraf edilmesi, diğer alternatif bertaraf yöntemleri arasında ekonomik olması nedeniyle daha yaygın olarak kullanılmaktadır. KKA bertarafı için en önemli problem bu atıkların nerede depolanacağıdır. Bu nedenle DÜKADET'ler için en uygun yerin belirlenmesi, hızlı büyüyen bölgelerde KKAYS için önemli ve gerekli bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır. Günümüzde uygun DÜKADET'ler için alternatif çözümler üretmek ve değerlendirme kriterleri göz önüne alınarak en uygun yeri teknolojik araçlarla tespit etmek önem arz etmektedir.

Son yıllarda DÜKADET alanları için en uygun yer seçiminde CBS teknolojisinin kullanımı giderek yaygınlaşmaya başlamıştır. CBS ile bu alanların yer seçimi için dikkat edilmesi gereken ön koşullar, konumsal verilerle birlikte bütünleşik olarak değerlendirilebilmekte ve analiz edilebilmektedir. Katı atık yönetiminde CBS ile gerçekleştirilmiş uygulamalar daha çok, en uygun DÜKADET'lerin belirlenmesi ve katı atık toplama istasyonları için uygun yer seçimi konularında olmak üzere iki kısımda gruplanmaktadır. CBS kullanılarak gerçekleştirilen DÜKADET en uygun yer seçim çalışmalarında farklı kriterler kullanılarak konumsal analizlerin gerçekleştirildiği tespit edilmiştir (Despotakis ve Economopoulos, 2007; Karadimas ve Loumos, 2008; Sener vd., 2006; Sener vd., 2010; Sumathi vd., 2008; Vatalis ve Manoliadis, 2002; Zamorano vd., 2008). Bunun yanı sıra katı atık toplama ve yönetimi için optimum güzergâhların CBS ile belirlenmesine yönelik çalışmalar da literatürde yer almaktadır (Vijay vd., 2008).

DÜKADET yer seçiminde, çok fazla sayıda kriterin farklı önem düzeylerinde etki gösterdiğini dikkate alan yöntem olarak K-ÇKKV yöntemleri kullanılmaktadır. Bu yöntemlerin kullanıldığı pek çok bilimsel çalışma literatürde mevcuttur (Chen vd., 2010; Eskandari vd., 2012; Gbanie vd., 2013; Higgs, 2006; Malczewski, 2006; Paul ve Hariharan, 2012; Sharifi vd., 2009). K-ÇKKV çok sayıda birbirinden bağımsız ve farklı şekillerde ifade edilen kriterleri dikkate alan yöntem olarak hem yurt içi hem de yurtdışı çalışmalarda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Yapılan literatür araştırmaları ile K-ÇKKV yöntemlerinden AHP yönteminin günümüzde diğer yöntemler olan Basit Ağırlıklı Toplam (BAT) ve İdeal Nokta (TOPSIS) yöntemlerine göre üstün avantajlar içermesinden dolayı tercih edildiği görülebilmektedir (Alavi vd., 2013; Demesouka vd., 2013; Elahi ve Samadyar, 2015; Ersoy ve Bulut, 2009; Garfi vd., 2009; Guiqin vd., 2009; Korucu, 2011; Kyessi ve Mwakalinga, 2009; Nas vd., 2010; Sener vd., 2011; Vasilijevic vd., 2012; Wang vd., 2009). Çok karmaşık yapıda olan problemlerin basit bir şekilde çözülebilmesi, uygulamanın kolay olabilmesi ve kullanıcının tutarlılık derecesini ölçebilen bir yöntem olması AHP yönteminin tercih sebepleri arasında sayılabilmektedir. Ayrıca Fuzzy çok kriterli karar verme yönteminin de DÜKADET alanları yer seçiminde yaygın bir şekilde kullanıldığı görülmüştür. Fuzzy çok kriterli karar verme yöntemi bulanık kümeleme setlerinin bir uzantısı olarak Zadeh (1965) tarafından geliştirilmiş bir yöntemdir. ÇKKV yöntemlerinden biri olan Fuzzy, tek başına kullanılabildiği gibi (Chang vd., 2008; Gemitzi vd., 2007) AHP yöntemiyle birlikte kullanıldığı çalışmalarda mevcuttur (Gorsevski vd., 2012).

Türkiye’de DÜKADET’lerin yer seçimi konusundaki problemlerin çözümünde CBS teknolojilerinin kullanıldığı çalışmalar irdelendiğinde bu alanda da birçok çalışmanın yürütüldüğü tespit edilmiştir (Baysal ve Tecim, 2006; Çay vd., 2007; Sener vd., 2006). Bunun yanı sıra katı atık toplama işlemleri için güzergâh optimizasyonunda yine CBS kullanılan çalışmalar da bulunmaktadır (Apaydin, 2005; Apaydin vd., 2004; Apaydin ve Gonullu, 2007; Armağan ve Demir, 2005). Ayrıca K-ÇKKV tabanlı DÜKADET yer seçimi ile ilgili çalışmalar irdelendiğinde Türkiye’de bu bağlamda yürütülen pek çok çalışma tespit edilmiştir (Ersoy ve Bulut, 2009; Nas vd., 2010; Sener vd., 2011; Sener vd., 2010; Yesilnacar vd., 2012). Tespit edilen tüm bu çalışmalarda, özellikle çevresel koruma odaklı olarak gelişmekte olan kentler için maliyeti düşük olacak şekilde çok fazla sayıda kriterin bir arada değerlendirilmesi ile elde edilen en uygun DÜKADET alanlarının belirlenmesi hedeflenmiştir.

Öte yandan KKAYS'nin en önemli bileşenlerinden olan toplama sisteminin dikkatli bir şekilde planlanması ile toplama maliyetleri en aza indirgenebilir. Düzenli depolama yönteminin uygulanması halinde atıkların taşınması için harcanan para katı atık yönetiminin toplam maliyetinin %90'ını kapsar. Eğer KT çalıştırılıyorsa atıkların toplanıp taşınma maliyeti, toplam maliyetin %80'ini, YT kullanılıyorsa %60-65'ini oluşturur (URL-4, 2015).

Avrupa Birliği'nin Düzenli Depolama Direktifi organik atıkların DÜKADET alanları yerine farklı alternatif teknolojilerle bertarafını öngörmektedir. Bu nedenle Avrupa'da olduğu gibi önümüzdeki yıllarda Türkiye'de kompostlaştırmanın gittikçe önem kazanacağı düşünülmekte olup, bu tesislerin planlanması, dizaynı ve işletilmesi için önemli bilgi birikimine ihtiyaç bulunmaktadır. İstanbul Büyükşehir Belediyesi Kemerburgaz Geri Kazanım ve Kompostlaştırma Tesisi'nde 12 aylık detaylı bir atık profili çıkarılarak, tesise gelen atık özellikleri ile bu atıkların tesisin farklı ünitelerindeki akışı belirlenmiş ve bunun kompost ürününe etkisi ortaya konmuştur. Ayrıca, kompost ürününün pazarlama açısından sorun teşkil eden inert (cam, plastik, metal vb.) madde içeriği tespit edilmiş ve bunların azaltılmasına yönelik stratejiler geliştirilmiştir. Kentsel atıkların organik kısmının kompostlaştırma yöntemi ile bertarafı büyük öneme sahiptir. Türkiye'de KKA'ların organik kısmından kompost üreten sadece 7 tesis mevcuttur. Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından hazırlanan Katı Atık Ana Planı'nda önümüzdeki yıllarda ulusal bazda 100'ün üzerinde katı atık kompostlaştırma tesisinin yapılması planlanmaktadır. Yapılan analiz sonuçlarına göre kompost ürünündeki inert madde içerikleri ABD'deki karışık kompostlaştırma tesisleri kompost inert içeriğinden (özellikle metal, plastik ve tekstil açısından) düşüktür. Ayrıca, komposttan, farklı çaplarda eleme ile farklı kalitede ürünler de elde edilmesi mümkündür (Sezer, 2008).

Gelişmekte olan ülkelerde bugün hala atıkların bertarafı ve bu konuda nasıl bir davranış sergilemenin en iyi çözüm yolu olacağı konusunda karar verme mücadelesi verilirken gelişmiş ülkeler atıklardan kurtulmak için kompostlama, geri dönüşüm, yeniden kullanım ve atıklardan enerji üreten teknolojilerle enerji üretimi sağlama gibi uygulamalar neticesinde kalkınma hamleleri gerçekleştirmek ile meşgul olmaktadır (Yılmaz ve Bozkurt, 2010).

Çevresel, ekonomik, sosyolojik, teknik ve politik açıdan öneme sahip olan KKA yönetiminde en önemli işlem adımı uygun yer seçimidir. Buna rağmen, özellikle Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde halen geleneksel yer seçimi yöntemleri kullanılmaktadır.

Geleneksel yer seçimi yöntemlerinde temel işlem adımı, çalışmanın büyüklüğüne bağlı olarak, 1/25.000 ölçekli topografik haritalar üzerinde, bu haritaların sağladığı bilgiler ışığında uygun yerlerin belirlenmesidir. Bu haritaların güncelliği ve doğruluğu sürekli tartışılmaktadır. Ayrıca bu haritalar sınırlı temel topografik detaylar içermektedir. Bu haritalar üzerinden manuel olarak belirlenen alanlar, bazı önemli sosyolojik ve politik kriterler dikkate alınarak değerlendirilmekte ve en uygun olanı seçilmektedir. Oysaki uygun DÜKADET alanı, çevresel, sosyolojik ve ekonomik açıdan en az olumsuz etkiye sahip olmalıdır. Ayrıca çıkarılan ulusal ve uluslararası yasal mevzuatların getirdiği bütün sınırlandırmaları kapsamalı ve toplum tarafından genel kabul görmelidir.

Bu çalışmanın edindiği konu ile ilgili yapılan akademik tez çalışmaları şu şekilde özetlenebilir;

Geri dönüştürülebilir katı atıkların yönetimi ve rota optimizasyonu (2015): Konya ili Meram ilçesi örneği; Kadir KOÇ, Çevre Mühendisliği: Meram ilçesinde toplama ayırma işlemlerinin maliyetleri tespit edilmiştir. Personel giderleri ve araç akaryakıt giderlerinin toplamı, geri dönüştürülebilir katı atık bütçesinin sırasıyla %37 ve %36'sını oluşturmaktadır. Bu tez çalışmasında, akaryakıt giderlerini en aza indirmek için, Meram ilçesinde CBS destekli güzergâh optimizasyonu çalışmaları yapılmıştır (Koç, 2015).

Samsun 19 Mayıs İlçesi katı atık toplama taşıma sisteminin Coğrafi Bilgi Sistemi destekli irdelenmesi (2015); Taner AYDIN, Çevre Mühendisliği: 19 Mayıs ilçesinde bulunan 15 mahallede evsel katı atık toplama/taşıma işlemlerinde güzergâh optimizasyonu için transport modeli kullanılmış ve maliyet minimizasyonu amaçlanmıştır. Bu program ile CBS üzerindeki veriler, süreler, demografik yapı ve atık miktarları ve atık kutusu bilgileri kullanılarak durum çalışması yapılmıştır (Aydın, 2015).

Entegre katı atık yönetimi: Edremit örneği (2014); Sefa KAÇ, Çevre Mühendisliği: Edremit Körfezi'nin mevcut katı atık yönetimi ve bertaraf yöntemleri hakkında araştırma yapılmış ve Edremit Körfezi'ne önerilecek entegre katı atık yönetim sistemi için bölgenin geleceğe dönük nüfus ve katı atık projeksiyonlarına bağlı olarak katı atık karakterizasyonu ortaya konulmuştur. Bütün bu bilgiler ışığında Edremit Körfezi'nin gerek en uygun katı atık toplama, taşıma sistemleri gerekse en doğru entegre katı atık yönetim sistemi bileşenlerinin seçilmesi sağlanmıştır (Kaç, 2014).

Kayseri ili katı atık yönetimi ve çözüm önerileri (2015); Tuğba Aktepe GENÇ, Çevre Mühendisliği: Çalışmanın amacı, hızla nüfusu artan ve gelişen Kayseri'nin Büyükşehir

Belediyesi sınırlarında katı atık yönetiminin ortaya konulması ve katı atık yönetimine uygulanabilir çözüm önerilerinin getirilmesidir. Bu çalışma kapsamında katı atıkların tanımı, özellikleri ve bertaraf yöntemleri ile dünyada ve Türkiye'de katı atıkların durumu, bertarafına yönelik yaklaşım ve çalışmalar belirtilmiştir (Genç, 2015).

Tersine lojistik kapsamında katı atık yönetiminin incelenmesi: İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nde bir alan çalışması (2015); Avni KISA, Endüstri Mühendisliği: Bbu çalışmada katı atık bertaraf metotları, geri kazanım potansiyeli ve İstanbul ilinde bir alan çalışması yapılmıştır. Dünyada, Türkiye'de ve özellikle İstanbul örneğinde, katı atık yönetim uygulamaları ve belediyelerin katı atık sorununa karşı yaklaşımı; ekonomi ve çevre açısından değerlendirilmiştir (Kısa, 2015).

Gaziantep ili için entegre katı atık yönetiminde yaşam döngüsü değerlendirmesi uygulanması (2014); Özgür ALPAYDIN, Çevre Mühendisliği: Özellikle Gaziantep ili belediye atıklarının yönetimi konusunda tıbbi atıklar, organik atıklar, ambalaj atıkları, atık lastikler ve diğer atıklara odaklanılmıştır. İlk aşamada Gaziantep ilinde günümüz yönetiminde atıkların analizinden oluşan bir çalışma yapılmıştır. Atıkların karakterizasyonuna bağlı olarak geri kazanılabilir atıklar, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından hazırlanan Katı Atık Ana Planı ve geri kazanım hedefleri doğrultusunda geri kazanıldığı varsayılarak değerlendirilmiştir (Alpaydın, 2014).

CBS kullanılarak İstanbul Anadolu yakasında alternatif katı atık depo alanı seçimi (2015), Pınar CORA, İnşaat Mühendisliği: Bu çalışmada İstanbul ili Anadolu Yakası'nda seçilen iki çalışma alanında, DÜKADET alanı yer seçimine yönelik uyulması gereken esaslardan uygulanan kriterlere göre CBS kullanılarak alternatif DÜKADET alanları belirlenmesi amaçlanmıştır (Cora, 2014).

Mersin ili için alternatif katı atık depolama alanlarının analitik hiyerarşi prosesi ve Coğrafi Bilgi Sistemi yöntemleriyle saptanması (2012); Ümit YILDIRIM, Jeoloji Mühendisliği: Mersin ili aldığı yüksek orandaki göç nedeniyle çok hızlı ve kontrolsüz olarak büyümekte olup mevcut depolama alanlarına alternatif olacak yeni alanların belirlenmesi gerekmektedir. Bu amaçla yapılan bu yüksek lisans tez çalışmasında, DÜKADET alanı yer seçimi için, Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği ve konuyla ilgili yapılan diğer çalışmalar incelenmiş ve çalışma alanının mevcut durumu da göz önünde bulundurularak toplam 11 kriter (eğim, baki, yükseklik, yüzey suları, yollar, yerleşim alanları, heyelan alanları, arazi kullanımı, akifer türleri, litoloji ve faylar) belirlenmiştir. Bu kriterler de kendi içerisinde alt

kriterlere ayrılmıştır. Yapılan bu çalışmada, AHP yöntemi kullanılarak belirlenen kriterler ikili olarak karşılaştırılmış ve her bir kritere ait ağırlık değeri hesaplanmıştır (Yıldırım, 2012).

Organik madde içeren katı atıkların enerji üretimi amacıyla anaerobik kompostlaştırılması (2013): Yasemin ÇALIŞKAN, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı; Bu tezde, organik madde içeriği yüksek katı atıkların, anaerobik olarak tasarlanmış reaktörde kompostlanarak nihai bir toprak şartlandırıcısının üretimini yanı sıra, biyogaz elde edilecek şekilde bertaraf edilmesi denenmiş ve sistemin performansları incelenmiştir (Çalışkan, 2013).

Tehlikeli atık yakma tesisi taban küllerinin beton hammaddesi olarak kullanılması ile bertaraf edilmesinin araştırması (2010); Ömer ÖLMEZ Çevre Mühendisliği: Bu çalışmada çimento taban külü karıştırılarak hazırlanan betonun dayanıklılık gerektiren yapılarda ve malzemelerde kullanılamayacağı görülmüştür. Kül agrega yerine karıştırıldığında beton uygulamalarında kullanımının dayanım açısından mümkün olduğu görülmüştür. Ancak söz konusu betonun insan ve çevre sağlığına bir zararının olup olmadığının kesin olarak anlaşılması için pilot bir tesisin kurulup uzun süre takip edilmesi gerekmektedir (Ölmez, 2010).

Yapılan bu çalışmalar ışığında KKAYS'nin çağımız için önemli bir gereksinim olduğu söylenebilmektedir. Bu sistemin çağın gerekliliklerine uygun akıllı kentlerin oluşturulmasında önemli bir rol oynayacağı görülmektedir. Bu durum konu ile ilgili yapılan çalışmaların niteliği ve niceliği göz önünde bulundurulduğunda özellikle gelişmiş ülkelerde çok daha net bir şekilde görülmektedir.

1.1.1. Problemin Tanımı

Dünya genelinde özellikle gelişmemiş ve gelişmekte olan ülkelerde KKAYS'nin manuel yöntemlerle yönetildiği örneklere rastlamak mümkündür. Özellikle bertaraf tesisleri için belirlenen yerlerin manuel yöntemlerle belirlenmesi çevresel ve sosyolojik anlamlarda büyük sorunlar meydana getirmektedir. Bertaraf tesisleri için belirlenen alanlar kimi zaman yüzey suları, yeraltı suları gibi önemli su yapılarına zarar verebilecek konumlara tesis edilirken kimi zaman yerleşim alanlarına yakın yerlere tesis edilebilmektedir. Bu durum KKAYS'nin çevresel yönünü zayıflatırken insanların bu sisteme bakış açılarında

olumsuzluklara sebep olmaktadır. Bu sebeple bertaraf tesislerinin hem çevresel hem sosyolojik hem de mali anlamda en uygun yerlere tesis edilmesi gerekmektedir.

KKAYS'nin önemli bir bileşeni olan, atıkların biriktirilebilmesi için genellikle sokak ve cadde kenarlarına yerleştirilen atık kutularının konumları da genellikle manuel olarak belirlenmektedir. Bu durum kimi yerlerde atık kutularının eksik kalmasına dolayısıyla taşmasına kimi yerlerde ise atık kutularının fazla olmasına dolayısıyla boş kalmasına sebep olmaktadır. Bununla birlikte yer yer atık kutularının meskenlere olan yürüme mesafelerinin fazla olması katı atıkların etkin bir biçimde toplanamamasına sebep olabilmektedir. Sistemin gereklilikleri göz önüne alındığında ideal olanın atık kutularının yeterli sayıda, yeterli aralıkta ve meskenlere belli bir yürüme mesafesinde olması gerektiği anlaşılmaktadır.

KKAYS'nin bir diğer önemli bileşeni de atıkların atık kutularından Aktarma İstasyonları (Aİ)'na ya da bertaraf tesislerine taşınabilmesi için atık toplama araçlarının izleyeceği güzergâhlardır. Güzergâhların belirlenmesinde diğer aşamalarda olduğu gibi bu aşamada da manuel yöntemler kullanılmaktadır. Güzergâhlar optimize edilmediği için uzayabilmektedir. Bu durum araçların yakıt ve bakım masraflarının artmasına sebep olurken araçların etkin kullanımını engellemektedir. Dolayısıyla manuel yöntemlerle belirlenen güzergâhlar KKAYS'nin mali yükünün artmasına sebep olmaktadır.

KKAYS'nin bir diğer önemli bileşeni Aİ'lerde geçici olarak depolanan katı atığın bertaraf tesislerine aktarılabilmesi için izlenecek güzergâhın belirlenmesidir. Bu güzergâhta manuel yöntemlerle belirlenmektedir. Bu aktarma işleminde kullanılan araçlar yüksek kapasiteli araçlar oldukları için yolun durumunun güzergâhların belirlenmesinde göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Ayrıca güzergâhların manuel yöntemlerle belirlenmesi araçların yakıt ve bakım maliyetlerinin artmasına sebep olmaktadır.

1.1.2. Çalışmanın Amacı

Çalışmanın temel amacı kentsel katı atık yönetiminde ve atıkların geri kazanımında meydana gelen çevresel, sosyal ve ekonomik maliyetleri en aza indirgeyecek, KKAYS sürecinin en etkin yönetimini sağlayacak, Coğrafi Bilgi Teknolojileri ve ÇKKV yöntemlerine dayalı, web-servis tabanlı bütünleşik bir karar destek platformu geliştirmektir.

Bu amaç doğrultusunda oluşturulacak KADEF ile gerçekleştirilmesi amaçlanan alt bileşenler şunlardır:

- Atık kutuları için en uygun yer seçimi: MERNİS verisi üzerinden çekilecek nüfus verisi, TÜİK günlük ortalama atık üretim miktarı verisi, MAKS ve numarataj verileri kullanılarak sistem üzerinden atık kutularının en doğru yerlere, yeterli sayıda ve yeterli aralıkta yerleştirilebilmesi amaçlanmıştır. Böylelikle atık kutuları her meskene belli bir yürüme mesafesinde yerleştirilmiş ve atık toplama işlemi daha etkin bir şekilde gerçekleştirilebilmiştir. Ayrıca eksik ya da gereksiz miktarda atık kutusu yerleştirilmesinin önüne geçilerek KKAYS'nin hem çevresel açıdan hem de mali açıdan daha etkin bir şekilde işlemesi sağlanmıştır.
- Atık toplama ve aktarma araçları için en uygun güzergâhların belirlenmesi: Atık kutularında biriken atığın Aİ'lere ya da doğrudan bertaraf tesislerine taşınması için gerekli coğrafi veriler kullanılarak araç sorumluluk bölgeleri, güzergâh sayısı ve zaman açısından en uygun güzergâhlar ağ analizleriyle belirlenmektedir. Ayrıca aktarma istasyonlarında geçici olarak depolanan katı atıkların bertaraf tesislerine aktarılabilmesi için aktarma güzergâhları da bu platform üzerinden belirlenebilmektedir. Böylelikle katı atığın KKAYS üzerindeki mali yükü hafifletilebilmektedir.
- En uygun yer seçiminin yapılması: Platform üzerinden Aİ, DÜKADET, Kompost Tesisi (KT) ve Yakma Tesisi (YT) için gerekli coğrafi veriler kullanılarak CBS ve K-ÇKKV yöntemleri ile en uygun yer seçimi yapılabilmektedir. Böylelikle katı atığın çevresel ve sosyolojik açılardan zararları en aza indirgenebilmekte, katı atık bertarafı işlemleri etkin bir biçimde gerçekleştirilebilmekte ve katı atık bertarafının KKAYS'nin üzerindeki mali yükü azaltılabilmektedir.

Oluşturulan platform, en uygun yer seçimi için Trabzon ili genelinde test edilmiştir. Atık kutuları için en uygun konumların belirlenmesi ve en uygun güzergâhların belirlenmesi analizleri için ise Trabzon ilinin Ortahisar ilçesinin 1 ve 2 Nolu Beşirli Mahallelerinde test edilmiştir. Test alanı olarak bu merkezlerin seçilmesinin nedeni veriye ve alana erişimin kolay olması ve buna bağlı olarak testin maliyet yükünün daha hafif olmasıdır.

Sonuç olarak geliştirilen platform ile KKAYS süresince gerçekleşen aşamalarda karar vericinin daha hızlı ve daha doğru karar verebilmesi sağlanmış, katı atığın çevresel ve sosyolojik olarak zararları ve mali anlamda KKAYS üzerindeki yükü azaltılmıştır.

1.1.3. Metodoloji

Yapılan çalışmada izlenen genel işlem adımları aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır:

- Konuyla ilgili literatür taramasının yapılması
- KKAYS'nin gereksinimlerinin ortaya koyulması
- En uygun yer seçimi analizleri için kriterlerin belirlenmesi.
- En uygun yer seçimi analizlerinde kullanılacak K-ÇKKV yönteminin belirlenmesi
- En uygun yer seçiminde kullanılacak kriter ve alt kriter ağırlıklarının belirlenmesi
- En uygun yer seçiminde uygulanacak modelin tasarlanması
- Atık kutuları için en uygun konumların belirlenmesinde dikkate alınacak kriterlerin belirlenmesi
- Atık kutuları için en uygun konumların belirlenmesinde uygulanacak modelin tasarlanması
- Toplama ve aktarma araçlarının güzergâhlarının belirlenmesinde dikkate alınacak kriterlerin belirlenmesi
- Toplama ve aktarma araçlarının güzergâhlarının belirlenmesinde uygulanacak modelin tasarlanması
- Veri tabanının tasarlanması
- KADEP'nin oluşturulması
- Test alanı çalışmalarının yapılması,
- Sonuçların irdelenmesi

1.2. Temel Kavramlar

1.2.1. Kentsel Katı Atık Yönetim Sistemi (KKAYS)

Katı atık, üreticileri tarafından istenmeyen, çevresel ve sosyolojik zararları sebebiyle bertaraf edilmesi gereken, aynı zamanda ekonomik değeri de olan katı madde ya da materyallerdir. Kentsel katı atıklar; evsel katı atıklar, endüstriyel katı atıklar, tıbbi katı atıklar ve diğer katı atıklar olmak üzere dört gruba ayrılabilir. Bu atık çeşitlerinin biriktirilmesi,

toplanması, taşınması, aktarılması ve bertarafı belli usul ve esaslara göre yapılmaktadır. Genellikle atık kutularında biriktirilerek belli bir sıklıkta atık toplama araçlarıyla toplanan atıklar bertaraf tesislerine götürülerek burada bertaraf edilmektedir. Ancak bertaraf tesisinin katı atığın üretildiği merkeze uzak olduğu durumlarda taşıma maliyeti artacağından zaman zaman katı atıklar AI'lerde geçici olarak depolanmaktadır. AI'lerde biriken katı atıklar çok daha büyük kapasitede atık taşıma araçları ile bertaraf tesislerine aktarılmakta ve burada bertaraf edilmektedir. Kentsel katı atıklar için gerçekleştirilen tüm bu aşamaların bütünü KKAYS'yi oluşturmaktadır.

KKAYS aşamaları ülkelerin gelişmişlik durumu, nüfus yoğunluğu ve katı atık üretim miktarına göre değişiklik gösterebilmektedir. Örneğin kimi bölgelerde katı atıklar tek tip ve 770 lt'lik atık kutularında biriktirilirken kimi bölgelerde birden fazla tipte ve kapasitede atık kutusu kullanılabilir. Ayrıca bazı bölgelerde atık kutuları sokak ve cadde kenarlarında tesis edilirken bazı bölgelerde daha küçük kapasitede ve her ev için bir atık kutusu tahsis edilmektedir (bu duruma gelişmiş ülkelerde ve müstakil evlerin ağırlıklı olduğu bölgelerde rastlanmaktadır ve atık kutusu meskene aittir). Buna ek olarak katı atık üretim miktarının fazla olduğu bazı bölgelerde çok daha büyük kapasitede yerüstü ya da yeraltı atık kutuları kullanılmaktadır. Bu farklı tipteki atık kutularının toplanması için gönderilen atık toplama araçları çoğunlukla farklılık göstermektedir. Katı atıkların biriktirilmesi ve aktarılmasında çok daha yenilikçi çözümler de mevcuttur.

KKAYS'nin en önemli aşamalarından biri de katı atıkların bertaraf edilmesidir. Katı atıkların bertaraf edilmesi için birçok yöntem mevcuttur. Bunlar aşağıda özetle sıralanmıştır.

- Düzensiz (vahşi) depolama; katı atıkların hiçbir önlem alınmaksızın doğaya bırakılmasıdır. Günümüzde bu yöntemin kullanım örneklerine gelişmemiş ülkelerde sıklıkla rastlanmaktadır. Çevresel ve sosyolojik anlamda önemli zararlara sebep olmaktadır (Yılmaz ve Bozkurt, 2010).
- Düzenli depolama; katı atıkların bertarafında en çok tercih edilen yöntemlerden birisidir. Üretilen katı atıkların çevresel ve sosyolojik olarak zarar teşkil etmeyecekleri, belli önlemlerin alındığı yerlerde sürekli olarak depolanması ve belli bir süre sonra uygun şekilde üzerinin kapatılması şeklinde gerçekleşmektedir. Günümüzde bu yöntemin, özellikle gelişmiş ülkelerde, geri dönüşümü, geri kazanımı, kompostlanması ve enerji üretiminde kullanımı mümkün olmayan katı atıklar için kullanılması uygun görülmektedir (Yılmaz ve Bozkurt, 2010).

- Kompostlama; organik atıkların belli işlemlerden geçirilerek biyolojik bozunmasının sağlanmasını ve böylelikle atıktan toprak için verimli madde elde edilmesini amaçlamaktadır (Yılmaz ve Bozkurt, 2010).
- Tekrar kullanma; katı atıkların temizlenerek yeniden kullanılmasıdır (Yılmaz ve Bozkurt, 2010).
- Geri dönüşüm; katı atıkların fiziksel ya da kimyasal işlemlere sokularak farklı maddelere dönüştürülmesi işlemidir (Yılmaz ve Bozkurt, 2010).
- Geri kazanım; katı atıkların fiziksel ya da kimyasal işlemlere sokularak farklı ürünlere ya da enerjiye dönüştürülmesi işlemidir (Yılmaz ve Bozkurt, 2010).
- Yakma yöntemi; atığın hacmini küçültmek, atığı zararsız hale getirmek ve atıktan enerji elde etmek amaçlarıyla kullanılan bertaraf yöntemidir (Yılmaz ve Bozkurt, 2010).

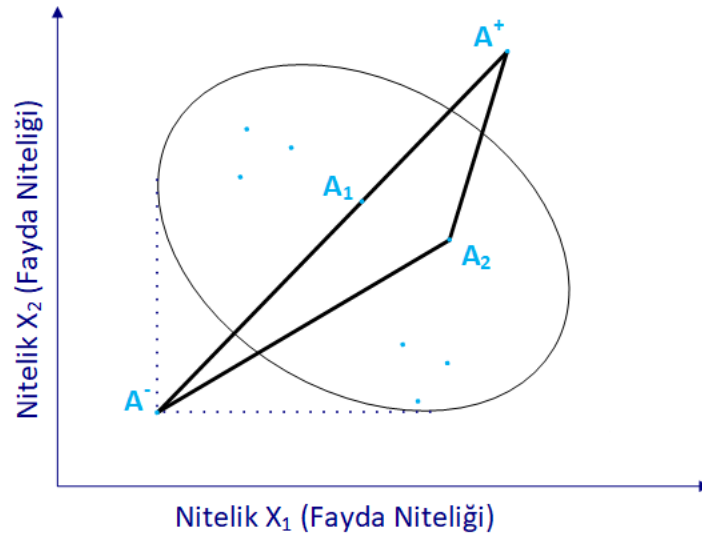
Katı atıkların hangi yöntemle bertaraf edilecekleri katı atığın bileşenlerine bağlı olarak değişmektedir. Uygulamada karşılaşılan örnekler göre katı atıkların önce tekrar kullanımına başvurulmaktadır. Mümkün olmadığı durumlarda sırasıyla geri dönüşüm, geri kazanım, kompostlama ve yakma yöntemlerinden hangisi uygunsa o yöntem uygulanmaktadır. Ancak bu yöntemlerden hiçbirinin uygulanmasının mümkün olmadığı durumlarda katı atıkların düzenli depolama yöntemi ile bertaraf edilmesinin daha uygun olduğu görülmektedir.

1.3. Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) Yöntemleri

Karar verme süreci birçok kriterin değerlendirilmesi ile gerçekleşen karmaşık bir süreçtir. Bu karmaşıklık karar vericinin geç karar vermesine ve/veya karar verme sürecinin etkinliğinin azalmasına sebep olmaktadır. Bu durum karar vericinin daha etkin ve daha doğru bir şekilde karar verebilme gereksinimini doğurmaktadır. ÇKKV yöntemleri de karar vericiye etkin karar verebilme yeteneğini kazandırmayı amaçlayan yöntemlerdir. ÇKKV yöntemleri birden fazla kriterin birbirlerine ve/veya kendi içlerindeki önem durumlarına göre değerlendirilerek seçeneklerin sıralanmasını, en uygun seçeneğin belirlenmesini ve uygun olmayan seçeneklerle uygun olabilecek seçeneklerin birbirinden ayrılmasını sağlamaktadır. Hâlihazırda birçok ÇKKV yöntemi mevcuttur. Bu çalışmada, bu yöntemlerden TOPSIS, BAT ve AHP yöntemleri irdelenmiştir.

1.3.1. TOPSIS Yöntemi

ÇKKV’de ideal çözüm; kullanılan kriterler bazında en iyi değerlere sahip olan çözüm, ideal olmayan çözüm ise kullanılan kriterler bazında en kötü değerlere sahip olan çözümdür. Kriterlerin birbiriyle çatışması sebebiyle ÇKKV’de ideal çözüme ulaşmak genellikle mümkün olmamaktadır. Bu sebeple ÇKKV’de ideal çözüm yerine “uzlaşık” çözüm aranmaktadır. “Uzlaşık” çözüm ise kullanılan kriterler değerlendirildiğinde ideale en yakın çözüm olarak tanımlanabilir. Buna Uzlaşma (Compromising) Modeli de denmektedir (Zeleny, 1982). Hwang ve Yoon (1981) tarafından geliştirilen TOPSIS yöntemi ideal çözüme göreli yakınlığı en fazla olan çözümü seçme mantığına dayanmaktadır. Yani bu yöntemle değerlendirme sonucunda elde edilen uzlaşık çözüm; ideal çözüme en yakın, ideal olmayan çözüme en uzak olan çözümü ifade etmektedir. Şekil 1’de her ikisi de fayda niteliği olduğu varsayılan iki nitelikli bir uzayda yöntemin esasları açıklanmaktadır.



Şekil 1. İdeal ve eksi/ideal çözümlere olan uzaklıkların iki boyutlu uzaklıkla gösterimi (Hwang ve Yoon, 1981)

Şekil 1’de A_1 bir çözümü, A_2 ikinci bir çözümü, A^+ ideal çözümü, A^- ideal olmayan çözümü göstermektedir. Buna göre A_1 çözümü diğer bir çözüm olan A_2 çözümüne göre ideal çözüm olan A^+ çözümüne görece olarak daha yakındır. Öte yandan A_1 çözümü diğer bir

çözüm olan A_2 çözümüne göre ideal olmayan çözüm olan A^- çözümüne de görece olarak daha yakındır. Bu sebeple A_1 çözümü TOPSIS yöntemine göre uzlaşık çözüm olarak değerlendirilmemektedir. Bu yöntemde ideal nokta; en çok istenen, ağırlıklı, varsayım dayalı seçenek olarak tanımlanır. İdeal noktaya en yakın çözüm, aynı zamanda en iyi çözümdür. Bu ayırım metrik uzaklık ile ölçülür.

Pozitif ideal nokta, ağırlıklandırılmış değerlerin en büyüğü; negatif ideal nokta, ağırlıklandırılmış değerlerin en küçüğüdür. Bu nokta;

$$s_{i+} = \left[\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_{+j})^2 \right]^{0.5} \quad (1)$$

$$s_{i-} = \left[\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_{-j})^2 \right]^{0.5} \quad (2)$$

bağıntılarıyla hesaplanır (Hwang ve Yoon, 1981).

v_{ij} : i. seçeneğin j. kriteri için normalleştirilmiş değerinin ağırlıkla çarpılarak elde edilen değeri

İdeal çözüme (c_{i+}) bağıl yakınlık;

$$c_{i+} = \frac{s_{i-}}{s_{i+} + s_{i-}} \quad (3)$$

bağıntısıyla hesaplanır (Hwang ve Yoon, 1981).

1.3.2. BAT Yöntemi

ÇKKV yöntemleri içerisinde en çok kullanılan yöntemlerden biri olmakla birlikte karar vermek amacıyla kullanılan kriterlerin bir arada değerlendirilerek elde edilecek olası çözüm kümesinin tanımlandığı bir fayda fonksiyonu kuramına dayanmaktadır. Yöntem, olası çözümler için her kriterin birikimli değerini belirlemek mantığıyla hareket etmektedir. Yani her bir çözümün toplam değeri; kriterlere ait değerlere ve ağırlıklara bağlı olarak hesaplanan toplam değere eşittir. Buna göre, bir A_i çözümünün bütünleşik değeri için;

$$A_{SAW} = \sum_{j=1}^n a_{ij} w_j \quad (i=1,2,3,\dots,m) \quad (4)$$

Burada:

A_{SAW} : n adet kriteri bir arada değerlendiren bir fayda fonksiyonu

a_{ij} : i. seçeneğin j. kriterinin değeri

w_j : j. kriterin ağırlığı

BAT yönteminde, bir çözümün her kritere göre öznitelik değerleri dikkate alınmakta, toplama ve çarpma gibi düzenli işlemler kullanılmaktadır. Bu yöntemde, çözümlere ait öznitelik değerlerinin ve ağırlıkların rakamsal ve karşılaştırılabilir olması gerekmektedir (V. Yıldırım, 2014).

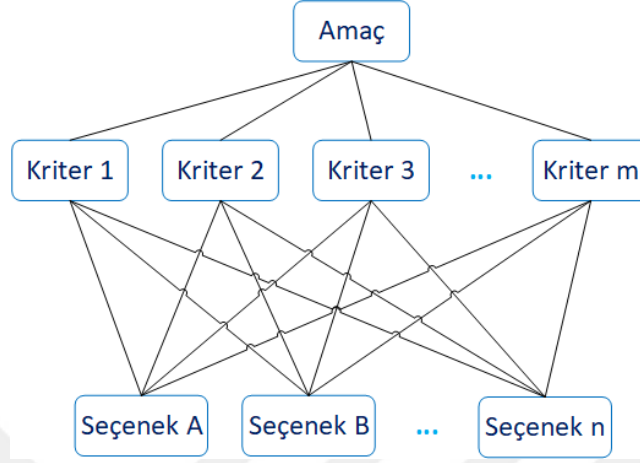
1.3.3. AHP Yöntemi

AHP yöntemi en çok kullanılan ÇKKV yöntemlerinden biridir. Yöntem, Thomas L. Saaty tarafından 1977 yılında geliştirilmiştir. Yöntemi BAT yönteminden ayıran en keskin özelliği ikili karşılaştırma yöntemine dayanmasıdır. Yöntem birden çok karmaşık karar verme probleminde kullanılmaktadır (Saaty, 1989). Bu yöntem karar verme sürecinde, kullanıcının probleme ait kriterleri ve alt kriterleri bir arada değerlendirmesine yardımcı olur (Saaty, 1980; V. Yıldırım, 2009). Yöntem nitel ve/veya nicel kriterlerin birlikte değerlendirilmesine olanak tanımakta ve ayrıca birey ve/veya grupların fikirlerini de dikkate almaktadır (Eraslan vd., 2005; Saaty, 1989).

Yöntem karmaşık problemlerin çözümünde oldukça etkin bir şekilde kullanılabilen ve sonuca kolay bir şekilde ulaşabilmektedir (Bhushan ve Rai, 2004). Yöntem temel olarak beş aşamaya ayrılmaktadır. Bunlar;

- Problemin belirlenmesi
- Kriterlerin ve alt kriterlerin belirlenmesi,
- Kriterlerin üstünlüklerine göre değerlendirilmesi,
- Ağırlıkların belirlenmesi,
- Mantıksal tutarlılığın belirlenmesidir

Yöntemin ilk aşamasında problem belirlenir. İkinci aşamada bu problemin çözümünde kullanılacak kriterler ve alt kriterler belirlenerek hiyerarşik bir yapı oluşturulur (Şekil 2).



Şekil 2. AHP yöntemi hiyerarşik modeli (Erden ve Coşkun, 2011)

Yöntemin üçüncü aşaması; kriterler için ikili karşılaştırma yöntemini kullanarak karşılaştırmalı karar verme ve tercih matrislerinin oluşturulmasıdır. Bu aşamada karar vermede kullanılan kriterler birbiriyle karşılaştırılarak öncelikleri belirlenir. Birey ve/veya grupların görüşlerinin etkin olarak yer aldığı bu aşamada karar verici tarafından kriterlerin birbirleriyle önem derecesi net olarak ortaya koyulacak şekilde ve Tablo 2’de görülen değerler ve tanımlara dayanarak bir puanlama yapılır.

Tablo 2. İkili karşılaştırma ölçeği (Erden ve Coşkun, 2011)

Önem Derecesi	Tanım
1	Eşit öneme sahip
2	Eşit ile orta arası önemde
3	Orta öneme sahip
4	Orta ve güçlü arası önemde
5	Güçlü öneme sahip
6	Güçlü ile çok güçlü arası önemde
7	Çok güçlü öneme sahip
8	Çok güçlü ile oldukça güçlü arası önemde
9	Çok çok güçlü öneme sahip

İkili karşılaştırma, karşılaştırılan kriterlerin birbirleriyle ilgili tercih, önem ve benzerlik sırasının belirlenmesinde karar vericinin başvurduğu doğal bir süreçtir. İkili karşılaştırmada kriterlerin birbirleriyle arasındaki ilişkilerin irdelenmesinde elde edilen yargılar ikili karşılaştırma matrisine aktarılır (Eraslan ve Algün, 2005). Yöntemin dördüncü aşamasında ikili karşılaştırma matrisi üzerinde yapılan işlemler sonucunda ağırlık vektörü hesaplanır. Bu vektörün hesaplanmasında Saaty (1980) tarafından geliştirilen özvektör işlemi kullanılır ve iki temel adımdan oluşur. Bunlardan ilki, iki karşılaştırma matrisinin normalleştirilmesidir. İkincisi ise normalleştirilmiş matristen ağırlıkların hesaplanmasıdır. Normalleştirilmiş ikili karşılaştırma matrisi, ikili karşılaştırma matrisinde bulunan her hücrenin bulunduğu sütunun toplamına bölünmesiyle elde edilir. Bu matris üzerindeki her sütundaki değerlerin toplamı 1'e eşittir ve $Aw=[a_{ij}^*]_{n \times n}$ olarak adlandırılır. Normalleştirme işlemi tüm $j=1,2,\dots,n$ için (5) eşitliğine göre yapılır (Saaty, 1989).

$$a_{ij}^* = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad (5)$$

İkinci adımda elde edilen Aw matrisinin her bir satırında yer alan elemanların aritmetik ortalaması alınır. Ağırlıklar, tüm $i=1, 2,\dots, n$ değerleri için (6) eşitliğine göre hesaplanır (Erden ve Coşkun, 2011).

$$w_{i1} = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{n} \quad (6)$$

Bu aritmetik ortalama sonucunda $(n \times 1)$ boyutlu bir matris oluşmaktadır. Bu matrisin her bir elemanı normalleştirilmiş ikili karşılaştırma matrisinin satırlarının her birinin aritmetik ortalamasından oluşur. Bunun sonucu olarak, (7)'de olduğu gibi n boyutlu w ağırlık vektörü elde edilir (Erden ve Coşkun, 2011).

$$w = [w_1, w_2, \dots, w_n]^T \quad (7)$$

Ağırlık vektörü w ve ikili karşılaştırma matrisi A arasındaki eşitlik Saaty (1980) tarafından geliştirilen yöntemle göre (8)'de olduğu gibidir (Erden ve Coşkun, 2011).

$$Aw = \lambda_{\max} w \quad (8)$$

A matrisinin en büyük özdeğeri λ_{\max} değeridir. Bu değer ikili karşılaştırma matrisi ve ağırlık vektörünün çarpımından oluşmaktadır.

1 değeri AHP yönteminde Tutarlılık Oranı (TO)'nın hesaplanmasında bir temel katsayı işlevi göre önemli bir parametredir. TO'nun hesaplanabilmesi için öncelikle Tutarlılık Katsayısı (TK)'nın hesaplanması gerekmektedir. TK'nın hesaplanması için Saaty (1980) tarafından (9)'da yer alan eşitliğin kullanılması önerilmektedir (Erden ve Coşkun, 2011).

$$TK = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (9)$$

(9)'da yer alan eşitlikle hesaplanan TK'dan anlamlı yorumlamalar yapabilmek amacıyla Saaty (1980) tarafından TO (10)'da yer alan eşitlikle tanımlanmıştır (Erden ve Coşkun, 2011).

$$TO = \frac{TK}{R\dot{I}} \quad (10)$$

(10)'da yer alan $R\dot{I}$, Rastgele İndeks olarak adlandırılan, karşılaştırılan elemanların sayısına (n) bağlı olarak Tablo 3'te yer alan değerleri alan bir katsayıdır (Saaty, 1989).

Tablo 3. Rastgele indeks değerleri (V. Yıldırım, 2009)

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$R\dot{I}$	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

TO bir ikili karşılaştırma matrisinde yer alan elemanların birbiriyle olan tutarlılığını ölçmektedir ve bu değer anlamlı olması gerekmektedir. Bu yüzden Saaty (1980) TO için anlamlı bir aralık belirlemiştir. Saaty (1980) bu aralığın $0 < TO < 0.1$ aralığı için anlamlı olduğunu belirtmektedir. Eğer TO değeri bu aralıkta yer alıyorsa ikili karşılaştırmaların kabul edilebilir düzeyde olduğu varsayılmaktadır. Eğer TO değeri bu aralığın dışında, yani $TO \geq 0.1$ ise; bu ikili karşılaştırmaların tutarsız olduğunu ve ikili karşılaştırma işleminin tekrarlanması gerektiğini göstermektedir. İkili karşılaştırma işlemi tekrarlandıktan sonra yeniden bir TO hesaplanarak tutarlılık yeniden gözden geçirilmektedir. Bu işlemin TO'nun anlamlı aralığa denk düşene kadar tekrarlanması gerekmektedir (Erden ve Coşkun, 2011).

Bu çalışma kapsamında yer seçiminde kullanılması uygun görülen ÇKKV yöntemi AHP yöntemidir. Bu yöntemin tercih edilmesinin nedenleri şunlardır:

- Karar vericiyi karmaşık problemlerin çözümüne kolay bir şekilde ulaştırması
- Yöntemin BAT yöntemine göre daha nitelikli, TOPSIS ve ELECTRE yöntemlerine göre uygulamada daha basit olması da göz önüne alındığında, geliştirilen platform web tabanlı olacağı ve performans gereksinimi fazla olacağından dolayı; yöntemin basitliğine ihtiyaç duyulması
- Karar vericiye problemin çözümünde hem objektif hem de sübjektif verileri kullanılarak karar verebilme yeteneğini kazandırması
- Karar vericinin yaptığı yargıların tutarlığının irdelenebilmesine olanak sağlaması



2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Katı Atık Yönetim Sisteminin Gereksinimlerinin Belirlenmesi

KKAYS gereksinimleri belirlenirken yerel yönetimlerde bu konuyla ilgili uzmanlaşmış kişilerle görüşülmüştür. Ayrıca ülke genelinde kullanılan sistemler de göz önünde bulundurulmuş ve bununla birlikte dünya genelindeki örnek uygulamalarda incelenmiştir. Yapılan incelemelerin ardından sistemin ne tür gereksinimleri olduğu ortaya koyulmuştur.

KKAYS, katı atıkların biriktirilmesi, toplanması, ara depolanması, aktarılması ve bertaraf edilmesi gibi temel aşamalardan oluşmaktadır. Atıkların biriktirilmesi işlemi genel olarak sokak ve cadde kenarlarına yerleştirilen farklı tipte atık kutularında gerçekleştirilmektedir. Bu atık kutuları Türkiye'de çoğunlukla 770 lt'lik tek tip atık kutularından oluşmaktadır. Ancak bunun yanı sıra yer yer farklı kapasitede fakat aynı atık toplama araçları ile toplanabilen atık kutuları da kullanılmaktadır. Bu atık kutularının ortak özelliği aynı atık toplama araçları ile toplanabildiği için atık toplama aracı açısından ek bir gereksinim oluşturmamasıdır. Öte yandan atık üretiminin çok fazla olduğu yerlerde yeraltı atık kutuları örneğinde olduğu gibi farklı tipte atık toplama araçlarıyla toplanması gereken atık kutuları da kullanılabilir. Bu tür atık kutularının yerüstü olan tipleri de mevcuttur. Ayrıca bazı bölgelerde atık biriktirme işlemi atık kutusu kullanılmaksızın da gerçekleştirilmektedir. Yerel yönetimler tarafından belirlenen noktalara biriktirilen katı atıklar toplama işlemi sırasında araç personeli tarafından araca aktarılmaktadır. Verilen örneklerden anlaşılacağı üzere atık kutuları katı atık üretim miktarına göre yerleştirilmektedir. Bu sebeple atık kutularının konumları belirlenirken aktif nüfusun kullanılması gerekmektedir.

Atık kutularının konumları belirlenirken aktif nüfusun ürettiği atık miktarı dikkate alınmaktadır. Bunun yanı sıra atık kutuları ilgili olarak yerleştirileceği hat üzerinde atık üretimin daha yoğun olduğu bölgeye daha yakın olmalıdır. Böylelikle katı atıkların daha etkin bir şekilde toplanabilmesi sağlanabilecektir. Ayrıca atık kutularının belli bir yürüme mesafesine yerleştirilmesi atıkların daha etkin toplanabilmesi açısından gereklidir. Belli bir yürüme mesafesinde katı atık üretiminin fazla olduğu yerlerde kullanıcıya daha büyük

kapasitede atık kutularını yerleştirme imkânı tanınmalıdır. Ancak aynı hat üzerinde farklı atık toplama araçları tarafından toplanması gereken atık kutularının kullanılmaması gerekir. Çünkü aynı hatta birden fazla atık toplama aracının dolaşması yakıt maliyetinin artmasına sebep olmaktadır. Bunun yerine farklı atık toplama araçları tarafından toplanması gereken atık kutuları farklı hatlara yerleştirilmelidir. Hatta bu işlem için bölgeleme yapılması daha doğru olacaktır. Yani bir bölgeye yalnızca bir tipte fakat farklı kapasitelerde atık kutuları yerleştirilmesi daha uygun görülmektedir. Böylelikle aynı bölgede ya da aynı hat üzerinde farklı tipte araçların kullanımının önüne geçilebilmektedir.

KKAYS'de atık toplama işlemi atık toplama araçları ile gerçekleştirilmektedir. Toplama işlemi için genellikle bölgeler oluşturulmakta ve her bölge için yeter miktarda atık toplama aracı görevlendirilerek bu araçlar için belli güzergâhlar oluşturulmaktadır. Oluşturulan bölgeler genellikle mahalle sınırlarından oluşmaktadır. Her mahalle bir bölge olarak belirlenerek bu mahalleye yeter miktarda araç tahsis edilmektedir. Daha sonra bu araçlar için manuel olarak güzergâhlar belirlenmektedir. Geliştirilen KADEP ile bu işlemlerin otomatik olarak gerçekleştirilmesi sağlanmaya çalışılmıştır. Toplama işleminde kullanılan araçlar farklı kapasitede fakat aynı tipte olabilmektedir. Yani aynı atık kutularını toplayan fakat farklı kapasitede olan araçların kullanıldığı durumlar söz konusu olabilmektedir. Buna ek olarak farklı tipte atık kutularını toplayan farklı tipte araçlar da kullanılabilir.

Atıkların toplanması işleminde kullanılan güzergâhlar trafik yükü açısından büyük önem taşımaktadır. Bu sebeple güzergâhların belirlenmesinde trafik verisinin kullanılmasının büyük yararı vardır. Ancak bu verinin elde edilmesinin platformun maliyetini arttırdığı da göz önünde bulundurulmalıdır. Bu sebeple geliştirilen platform trafik verisini kullanmamaktadır. Ancak platform, trafik verisinin elde edilmesi durumunda kolaylıkla bütünleştirilebilecek şekilde tasarlanmıştır. Bunun yanı sıra güzergâhların belirlenmesinde okul, hastane gibi unsurların kullanılması gerektiği çok açıktır. Atık toplama araçlarının hastane ve okul civarlarından yoğunluğun bulunduğu saatlerde geçmemesinin gerektiği düşünülmektedir. Ayrıca güzergâhların farklı kapasitedeki atık kutularının tamamını toplayabilecek şekilde ve yeter sayıda belirlenmesi gerekmektedir. Yani atık kutularının kapasiteleri de dikkate alınmalıdır. Güzergâhlar, araçlar araç garajından ayrılarak topladığı atığı Aİ'ye ya da bertaraf tesisine götüreceği şekilde belirlenmektedir. Bu aşamada istendiği takdirde birden fazla araç garajı (araç çıkış noktası) ve birden fazla Aİ ya da bertaraf tesisi (araç varış noktası) tanımlanabilmektedir.

KKAYS'de aktarma işlemi sistem içerisinde Aİ kullanılması durumunda gerekmektedir. Aİ'ler atık toplama araçlarının katı atığı uzak mesafede bulunan bertaraf tesisine doğrudan taşımının maliyetli olmasından dolayı kullanılmaktadır. Bunun yerine, katı atıklar bertaraf tesisine göre katı atık üretim merkezlerine daha yakın bir yerde bulunan Aİ'lerde geçici olarak depolanmaktadır. Atıklar daha sonra Aİ'lerden, çok daha büyük kapasitedeki araçlarla bertaraf tesislerine aktarılmaktadır. Aktarma işlemi olarak adlandırdığımız bu aşamada güzergâhlar, araçlar Aİ'lerden çıkarak bertaraf tesisine varacak şekilde belirlenmektedir.

KKAYS'de katı atıkların bertaraf edilme işlemi en önemli aşamalardan birisidir. Atıkların bertaraf edilmesi sırasında ve sonrasında bertaraf tesisleri çevreye zarar verebilmektedir. Bu sebeple bertaraf tesisleri için yer seçimi yapılırken çevresel kriterlerin dikkate alınması gerekmektedir. Böylelikle bertaraf tesislerinin çevreye olan zararları en aza indirgenebilmektedir.

Bertaraf tesislerin konumları sosyolojik açıdan büyük bir sorun oluşturmaktadır. Çünkü insanlar bertaraf tesislerinin kendi hanelerine yakın yerlerde tesis edilmesine karşı çıkmaktadır. Bu sebeple de yer seçimi işleminde sosyolojik kriterlerin de dikkate alınması gerekmektedir.

Bertaraf tesislerinin en önemli sorunlarından birisi de yapım ve işletme maliyetidir. Yer seçimi ile belirlenen konumun yol, altyapı gibi unsurlara olan uzaklığı tesisin yapım maliyetini arttırdığı gibi KKAYS'nin taşıma maliyetine de etki edebilmektedir. Bu sebeple yer seçimi işleminde maliyete etki eden kriterlerin de dikkate alınması gerekmektedir.

Bertaraf tesisleri için en uygun yer seçiminde dikkate alınması gereken kriterler literatür ve mevzuat araştırmalarından elde edilmiştir. Ulusal ve uluslararası alanda bu konuyla ilgili kabul gören uygulamalar ve yazılı dokümanlar dikkate alınarak belirlenen kriterler Tablo 4'te detaylı olarak belirtilmiştir.

KADEP ile amaçlanan KKAYS tüm aşamalarının otomatik olarak gerçekleştirilmesini sağlamaktır. Ancak sistemin gereksinimlerinin kullanıcı tanımlı olarak değişebileceği göz önüne alındığında bunu sağlamanın tamamen mümkün olmadığı çok açıktır. Bunun yerine KKAYS'nin olabildiğince yüksek oranda otomatikleştirilmesinin sağlanması amaçlanmıştır. Yani platform kullanıcının değişken taleplerine cevap verebilecek yapıda ve esnek olarak tasarlanmıştır.

2.2. Yer Seçimine Etki Eden Kriterlerin Belirlenmesi

Yer seçimi işlemi sonucunu çok fazla değişkenin etkilediği karmaşık bir karar verme işlemidir. Bu işlemin sağlıklı olarak yapılabilmesi için yer seçiminin ÇKKV yöntemlerinden biriyle yapılması gerekmektedir. Bunun yanı sıra yer seçimi işlemi konumsal verilerin kullanılmasını gerektiren bir yöntemdir. Bu sebeple ÇKKV yönteminin konumsal veriler üzerinde uygulanması gerekmektedir. Konumsal verilerin de kullanımıyla gerçekleştirilen bu tür yöntemlere Konumsal-Çok Kriterli Karar Verme (K-ÇKKV) yöntemi de denmektedir.

Bir K-ÇKKV yönteminin uygulanmasında en sağlıklı çözümün üretilebilmesi kullanılması gereken tüm kriterlerin işleme dâhil edilmesiyle mümkündür. Bu sebeple K-ÇKKV işlemi gerçekleştirilmeden önce kullanılması gereken kriterler belirlenmelidir.

Bu çalışmada KY, YT ve DÜKADET olmak üzere üç ayrı bertaraf tesisi ve AI'ler için yer seçimine etki edecek kriterler belirlenmeye çalışılmıştır. Bunun için ulusal ve uluslararası yazılı kaynaklar taranmış ve bulgular ortaya konulmuştur.

2.2.1. DÜKADET Alanı Yer Seçimine Etki Eden Kriterlerin Belirlenmesi

Düzenli depolama yöntemi her ne kadar araştırılmış ve önemli bulgular elde edilmiş olsa dahi, bu konuda uygun atık depolama yöntemini konu alan uluslararası kabul edilmiş bütünleşik bir yaklaşım hala mevcut değildir. Her ülkenin sosyal, kültürel, teknik, çevresel ve coğrafi yapısının farklı olması kuşkusuz bu durumun en temel sebebidir. Buna ek olarak üretilen atık miktarı ve üretilen atığın toplanma durumu da her bölge için uygun DÜKADET alanlarının farklı yöntemlerle belirlenmesine sebep olmaktadır. Bu tez kapsamında kriterlerin belirlenmesi için yapılan literatür araştırması Tablo 4'te özetlenmiştir.

Tablo 4. DÜKADET alanı yer seçimi literatür matrisi

	(Al-Yaqout vd., 2002)	(Cheng vd., 2003)	(Al-Jarrah ve Abu-Qdais, 2006)	(Javaheri vd., 2006)	(Sener vd., 2006)	(Chang vd., 2008)	(Akbari vd., 2008)	(Sumathi vd., 2008)	(Ersoy ve Bulut, 2009)	(Wang vd., 2009)	(Guiqin vd., 2009)	(Sharifi vd., 2009)	(Sener vd., 2010)	(Moeinaddini vd., 2010)	(Aragones-Beltran vd., 2010)	(Nas vd., 2010)	(Ekmekcioglu vd., 2010)	(Eskandari vd., 2012)	(Gorsevski vd., 2012)	(Korucu vd., 2013)	(Beskese vd., 2015)	(Eskandari vd., 2015)	(Mohammed, 2016)	Toplam
Akarsulara uzaklık	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	21
Yerleşim alanlarına uzaklık	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	20
Yollara uzaklık	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	20
Arazi kullanımı/örtüsü	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	19
Eğim			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	17
Yüzey suları (göl, baraj vb.)	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	16
Jeoloji	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	13
Koruma alanlarına uzaklık			*					*				*		*	*	*	*	*	*	*				9
Fay hatlarına uzaklık							*	*	*			*		*				*	*			*	*	8
Su kuyularına uzaklık						*	*	*		*		*				*		*				*		8

Tablo 4'ün devamı

Enerji hatlarına uzaklık		*	*										*	*		*		*				6
Yeraltı Suyu	*		*						*					*	*				*			6
Atık üretim merkezine uzaklık	*		*					*	*								*	*				6
Havalimanlarına uzaklık			*	*				*	*	*			*									5
Boru hatlarına uzaklık			*	*									*			*		*				5
Akifer alanlarına uzaklık			*	*			*	*	*													5
Toprak			*		*														*	*	*	5
Yükseklik				*	*					*						*						4
Tarihi alanlara uzaklık		*						*					*						*			4
Rüzgâr											*		*	*		*	*		*	*		4
Yağmur									*		*		*			*		*				4
Taşınmaz değeri			*					*	*									*				4
Tarımsal alanlara uzaklık		*			*									*					*			3
Taşkın alanlarına uzaklık				*								*		*		*		*				3
Flora/fauna alanlarına uzaklık		*						*					*			*						3
Görünürlük												*		*			*					3
Sanayi tesislerine uzaklık					*				*	*												3
Sulak alanlar				*	*												*					3
Nüfus yoğunluğu				*			*								*							3

Tablo 4'ün devamı

Heyelan bölgelerine uzaklık																*	*		*					3
Doğal kaynaklara uzaklık								*			*										*			3
Demiryollarına uzaklık				*											*									2
Sulama kanallarına uzaklık															*		*							2
Komşu arazi	*							*																2
Sürdürülebilirlik	*															*								2
Maliyet		*														*								2
Kıyı çizgisine uzaklık		*														*								2
Arazi değerindeki düşüş						*											*							2
İçme suyu kuyularına mesafe		*																						1

Bu kriterlerden yerleşim merkezlerine uzaklık kriteri, katı atıkların nüfusun yoğun olarak bulunduğu bölgelere yakın olmaması, dolayısıyla KKAYS'nin sosyolojik boyutunun güçlendirilmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Guiqin vd. (2009) yaptığı çalışmada depolama alanlarının yerleşim merkezlerine en az 500 m mesafede olması gerektiğini belirtmektedir. Gorsevski vd.'de (2012) yaptığı çalışmada 500 m mesafeyi temel almakta ve dayanak olarak Makedonya ve Avrupa yasalarını göstermektedir. Eskandari vd. (2012) ve Sener vd. (2010) çalışmalarında yerleşim merkezlerine uzaklığın en az 1 km olması gerektiğini belirtmektedir. Ayrıca Sener vd. (2010) çalışmasında yerleşim merkezlerine uzaklığın en az 1 km olmasını koku ve gürültü gibi çevresel ve sosyolojik sorunlara sebep olabilecek durumların engellenmesinin gerekliliğine bağlamaktadır. Sener vd. (2006), Ersoy ve Bulut (2009) çalışmasında yerleşim merkezlerine uzaklığı 1 km olarak almış, aynı zamanda DÜKADET'nin yerleşim merkezlerine en fazla 30 km uzaklıkta olması gerektiğini belirtmiştir. Bunun sebebi olarak katı atık üretim merkezlerine olan uzaklığın taşıma maliyetini arttırması gösterilmiştir. Öte yandan Aragonés-Beltrán vd. (2010) tesis alanlarının yerleşim merkezlerinden olabildiğince uzak olması gerektiğini belirterek, uzaklığın en az 5 km olarak kabul etmiştir. Chang vd. (2008) ise yaptığı çalışmada literatür incelemeleri sonucunda yerleşim merkezlerine olan mesafenin 150 m ile 5 km arasında değiştiğini belirterek kendi çalışmasında mesafeyi 3 km olarak temel almıştır. Akbari vd. (2008) ise yaptıkları çalışmada kentsel ve kırsal alanlarda nüfuslanmış alanlara uzaklığı en az 300 m olarak kabul etmiştir. Nas vd. (2010) ise çalışmasında arazi değerini ve geleceğe dönük gelişimi kötü anlamda etkilemekten kaçınmak ve DÜKADET'lerden yayılacak muhtemel çevresel tehlikelerden halkı korumak amacıyla DÜKADET'lerin yerleşim alanları ya da kentsel alanların yakınlarında tesis edilmemesi gerektiğini belirtmektedir. Aynı çalışmada Nas vd. (2010) yerleşime olan uzaklığı Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği'nde (2 Nisan 2015'te Resmî Gazete'de yayınlanan Atık Yönetimi Yönetmeliği ile yürürlükten kaldırılmıştır) yer alan 1 km mesafeyi temel almıştır. Yine aynı çalışmada Nas vd. (2010) yerleşim merkezlerine olan uzaklık için 10 km mesafeyi temel almıştır.

Bir diğer kriter olan su kütlelerine olan uzaklık kriteri çoğu çalışmada göl, gölet, baraj gibi doğal ya da yapay su yapılarını kapsamaktadır. Ancak kimi çalışmalarda bu kriter akarsu, dere gibi su yapıları da eklenmektedir. DÜKADET'lerin su kütlelerine uzak olması herhangi bir sızıntının bu su kütlelerini kirletme riskini azaltmak açısından önemli olarak görülmektedir. Eskandari vd. (2012) ve Chang vd.'ne (2008) göre DÜKADET'ler göl, gölet, bataklık, sulak alan, kıyı bölgeleri, barajlar ve nehirler gibi su kütlesi ya da su kütlesiyle

ilişkili yapılara en az 1 km uzaklıkta olmalıdır. Sener vd. (2010) ise ulusal mevzuata ve literatüre bağlı olarak yaptığını belirttiği değerlendirmeye göre yüzey sularının DÜKADET'lere uzaklığının en az 250 m olması gerektiğini belirtmektedir. Ekmekcioglu vd.'de (2010) çalışmalarında DÜKADET ile ilişkili sızıntılar tarafından su kütlelerinin kirletilebileceğini, DÜKADET'lerin yüzey sularından uzakta tesis edilmesi gerektiğini belirtmektedir. Öte yandan Gorsevski vd. (2012) çalışmasında depolama alanlarının uzun dönem içerisinde yüzey suları ve yeraltı suları için tehdit oluşturabileceğini, bu yüzden DÜKADET'lerin yüzey sularına en az 500 m mesafede olması gerektiğini, 800 m mesafenin ise yeterli olacağını belirtmektedir. Guiqin vd. (2009) ise Çin Katı Atık Kanunu'nun DÜKADET'lerin önem derecesi yüksek su kütlelerine uzaklığının en az 500 m olması gerektiğini belirtmekte ve çalışmasında bu değeri temel almaktadır. Ersoy ve Bulut'ta (2009) çalışmalarında DÜKADET'lerin yüzey sularından uzakta olması gerektiğini, kalıcı ya da geçici en yakın yüzey suyu ile DÜKADET arasındaki mesafenin en az 100 m olması gerektiğini, ayrıca doğal kaynaklara olan mesafenin de en az 300 m olması gerektiğini belirtmektedir.

Eğim çoğu yer seçimi analizinde kullanılan önemli bir kriterdir. Eğimin yer seçimindeki en büyük engellerden biri olmasındaki sebep maliyeti arttırıcı bir etki göstermesidir. Ayrıca yüksek eğimli arazilerde kirleticilerin DÜKADET'lerden aşağıya doğru akma tehlikesi bulunmaktadır. Heyelan ve erozyon olasılığı da bu alanlarda daha fazladır. Aşırı yağış alma durumunda ise taşkın olaylarının yaşanma olasılığı da bulunmaktadır. Yapılan çalışmalarda genellikle eğimin düşük olması, ancak sıfır olmaması istenmektedir. Sener vd. (2010) yaptıkları çalışmada yüksek eğimli ve yüksekliği fazla olan alanlarda DÜKADET yapımının uygun olmadığını ve eğim için %20'den küçük değerlerin uygun olduğunu belirtmektedir. Akbari vd.'ne (2008) göre ise DÜKADET'ler için en uygun alanlar tepelerle çevrili, ortalama yükseklikteki ve eğimi %20'den az olan alanlardır. Chang vd. (2008) yaptıkları çalışmada eğimi %12'den büyük olan alanların DÜKADET'ler için uygun olmadığını belirtmektedir. (Gorsevski vd., 2012) ise eğimin %30'dan fazla olduğu alanların uygun olmadığını, eğimin %11'den daha az olduğu alanların ise daha uygun olduğunu belirtmektedir. Akbari vd. (2008) çalışmalarında yüksek eğimlerin DÜKADET'ler için uygun olmadığını, ancak düz alanların da iyi çözümler olarak görülmediğini, bu bağlamda eğimin %20'den az olmakla birlikte %0'dan büyük olmasının daha uygun olduğunu belirtmektedir. Sener vd. (2006) ise çalışmalarında eğimi %15'ten küçük olan alanların uygun olduğunu belirtmektedir. Guiqin vd.'e (2009) eğim, kazı işlemlerinden

dolayı tesisin yapım maliyetini arttıracacağını, en uygun alanların eğimi %10'dan az olan alanlar olduğunu, eğim %50'den fazla olan alanlarınsa uygun olmadığını belirtmektedir. Nas vd. (2010) çalışmalarında eğimin %8-12 aralığında olması gerektiğini, eğimin çok fazla olmasının yapım ve sürdürülebilirliği zorlaştıracığını, eğimin çok az olmasının ise su tahliyesinin zorlaştıracığını belirtmektedir. Ersoy ve Bulut (2009) ise kullanılmayan taşocakları haricinde eğimi %20'den fazla olan alanların uygun olmadığını, bu gibi alanların su tahliyesindeki zorlukları, yeraltı ve yerüstü su sorunlarını, toprak erozyon olasılığını, tesisin taşıma kapasitesini etkileyeceğini belirtmektedir.

Arazi kullanımını en uygun DÜKADET alanlarının belirlenmesinde kullanılan bir diğer önemli kriterdir. Sener vd.'ne (2010) göre orman ve otlak alanlar başka amaçlar doğrultusunda kullanılmamalıdır. Bu görüşe dayanak olarak ise 6831 sayılı Orman Kanunu ve 4342 sayılı Otlak Kanunu gösterilmektedir. Ayrıca bahçe alanları, sulama alanları ve sulama olmayan ekilebilir alanların da tesis için uygun olmadığı belirtilmektedir (Sener vd., 2010). Gorsevski vd. (2012) ise halkın daha az tepki göstermesini düşük değerli arazi kullanımının olduğu alanların uygun alan olarak tercih edilmesi ile ilişkilendirmiş, çalışma alanını ormanlık ve çorak arazilerin oluşturduğunu ve DÜKADET için en uygun alan olduğunu belirtmiştir. Sener vd.'ne (2006) göre alternatif organize sanayi bölgeleri, atık su arıtma tesisleri uygun değilken, düşük dereceli tarım arazileri, kayalıklar, otlak ve çalılıklar uygundur. Guiqin vd. (2009) çalışmasında yoğun ve seyrek ormanların DÜKADET alanı için uygun olmadığını buna karşılık tarım arazileri ve kullanılmayan arazilerin ise uygun alanlar olduğunu belirtmiştir.

Arazi planları literatürde karşılaşılan bazı çalışmalarda dikkate alınan bir diğer kriterdir. Aragonés-Beltrán vd.'ne (2010) göre yüksek hızlı tren ve otoyol yapımı gibi altyapı projeleri için düşünülen alanlar tesis yapımı için uygun değildir. Ayrıca gelecekte yerleşime açılacak alanların da tesisten uzak olması gerekmektedir.

Yollara uzaklık yer seçiminde sıklıkla kullanılan kriterlerden bir diğeridir. Tesisin yollara uzak olması tesisin yapım maliyetini, ayrıca taşıma maliyetini arttırmaktadır. Tesisin yola yakın olma durumunda ise yola yakın olan bölgelerde görüntü kirliliği ve koku oluşumu olasılığı artmaktadır. Eskandari vd. (2012) ve Akbari vd. (2008) çalışmalarında otoyollar, anayollar ve otobanlara olan mesafenin en az 300 m olması gerektiğini belirtmiştir. Öte yandan Aragonés-Beltrán vd.'ne (2010) göre tesisin otoyollar ve anayollara uzaklığının az olması taşıma maliyetlerinin düşük tutulması açısından önem arz etmektedir.

Sener vd. (2010) ise çalışmalarında taşıma maliyetinin azaltılabilmesi için tesisin yol ağına yakın olması gerektiğini, yollara olan mesafenin ise en az 250 m olması gerektiğini belirtmiştir. Gorsevski vd. (2012) çalışmalarında tesisin mevcut yol ağına uzak tutulmasının yeni yolların tesis edilmesi maliyetini ve daha sonraki işletme maliyetini arttıracak ve yollara olan mesafenin 2 km'den az olması gerektiğini belirtmektedir. Sener vd. (2006) çalışmasında şehirlerarası yollara uzaklığı en az 500 m olarak, küçük yollara olan uzaklığı ise en az 100 m olarak almıştır. Guiqin vd. (2009) ise çalışmasında anayollara 500 m'lik mesafenin tesis için uygun olmadığını, diğer yollar içinse aksine bir durumun söz konusu olduğunu, mevcut yol ağına uzak olan alanlar için yeni yol yapım maliyetinden dolayı bu alanların uygun olmadığını, ayrıca araçların mevcut trafiğe engel olmalarını engellemek amacıyla tesisin yollara en az 100 m uzaklıkta olması gerektiğini belirtmektedir. Nas vd. (2010) çalışmasında DÜKADET'lerin anayollara en az 200 m uzak olmakla birlikte yol yapım maliyetinin artmasının önüne geçmek için yollara uzaklığın fazla olmaması gerektiğini belirtmektedir.

Arazinin jeolojik durumu da yer seçimi analizlerinde sıklıkla kullanılan bir kriterdir. Zeminin sızdırmazlık durumu DÜKADET'lerden kaynaklanabilecek sızıntıların engellenmesi açısından önem arz etmektedir. Eskandari vd. (2012) çalışmalarında tesisin karstik ve dolomitik anakayalar ya da tuz tümseklerinin bulunduğu alanlarda olmasının daha uygun olduğunu belirtmektedir. Sener vd.'de (2010) çalışmalarında jeolojik durumun önemine vurgu yapmakta, alüvyon ve kireçtaşı alanlarının yüksek oranda su emme potansiyeline sahip olması sebebiyle uygun alanlar olmadığını belirtmektedir. Volkanik kayalar ve fliş yarı geçirgendir ve dolayısıyla su emiş potansiyelleri sınırlıdır. Ofiyolit ve başkalaşmış kayalar ise geçirgen değildir. Bu yüzden en uygun alanların bunlar olduğuna dikkat çekmişlerdir (Sener vd., 2010). Sener vd.'ne (2006) göre kum, kireçtaşı gibi geçirgen jeolojik yapılar tesis için uygun değilken, kumtaşı, silttaşı, kireçli toprak, killi kireçtaşı, tuf, alçıtaşı, killi şist, çakıltası, kumtaşı ve kiltası gibi jeolojik yapılar az geçirgendir ya da geçirgen değildir, dolayısıyla tesis için uygundur.

Koruma alanlarına uzaklık yer seçimi analizlerinde kullanılan kriterlerden bir diğer kriterdir. Eskandari vd. (2012) yaptıkları çalışmada çevresel olarak koruma altına alınmış olan bölgelere mesafenin en az 1 km olması gerektiğini belirtmektedir. Aragonés-Beltrán vd.'ne (2010) göre ise koruma alanı olarak ilan edilen doğal alanlara belediyelerin kentsel planlarında yer verilen koruma alanları da dâhil edilmeli ve tesis bu

alanlardan uzakta inşa edilmelidir. Sener vd.'de (2010) yaptıkları çalışmada Konya ili için tesisin koruma alanlarına 150 m'den daha yakın olmasının uygun olmadığını belirtmekte ve koruma alanlarına olan mesafeyi 250 m olarak almaktadır.

Havalimanlarına uzaklık DÜKADET yer seçiminde kullanılması gereken önemli bir kriterdir. Kriterin havalimanlarının uçuş güvenliğini tehdit edebilecek unsurlara önlem alınabilmesi amacıyla dikkate alınması gerekir. Eskandari vd.'ne (2012) göre tesisin uluslararası havalimanlarına uzaklığı en az 8 km, bölgesel havalimanlarına uzaklığı ise en az 3 km olmalıdır. Guiqin vd.'de (2009) yaptıkları çalışmada havalimanlarına uzaklığı 0-3, 3-6, 6-9, 9-12 ve 12 üzeri olmak üzere 5 kademeye ayırmış, sırasıyla 1,2,3,4,5 olarak puanlandırmıştır. Dolayısıyla tesisin havalimanlarına uzaklığının en az 3 km olması gerektiğini belirterek en uygun değer 12 km ve üzeri olduğunu değerlendirmiştir. Moeinaddini vd. (2010) ve Sener vd.'de (2006) yaptıkları çalışmalarda pilotların ve uçakların DÜKADET'lerden yükselebilecek toz ve kuşlardan etkilenmesi gibi olayları engellemek amacıyla havalimanı ve tesis arasında etkin bir mesafenin koyulması gerektiğini belirtmektedir. Ersoy ve Bulut (2009) ise yaptıkları çalışmada havalimanlarına olan uzaklığın en az 3 km olması gerektiğini belirtmektedir.

Kuyulara uzaklık yer seçiminde su kitlelerine uzaklık kadar önemli bir kriter olarak görülmektedir. Sızıntı sularının temiz suya karışmasını engellemek amacıyla tesisler kuyulara belirli bir uzaklıkta olmalıdır. Eskandari vd.'ne (2012) göre tesislerin kuyulara uzaklığı en az 400 m olmalıdır. Chang vd. (2008) yaptıkları çalışmada su kuyularına olan uzaklık için Teksas Su Geliştirme Kurulu (Texas Water Development Board)'ndan elde ettiğini belirttiği en az 50 m'lik mesafeyi kullanmaktadır. Akbari vd. (2008) ise DÜKADET'lerin kuyulardan insani ve çevresel etkilere sebep olmasını engellemek amacıyla uzak tutulması gerektiğini belirtmekte ve yaptıkları çalışmada en az 400 m'lik bir mesafeyi kullanmaktadır. Nas vd.'ne (2010) göre ise en uygun mesafenin 500 m ve üzeri olduğunu ancak en az 300 m olması gerektiğini belirtmektedir. Moeinaddini vd. (2010) yaptıkları çalışmada yeraltı su seviyesi 15 m ve daha fazla olan alanları uygun olarak nitelendirmektedir.

Fay hatlarına olan uzaklıkta yer seçimlerinde kullanılan önemli kriterlerden birisidir. Depremlerden uzak olması tesisin güvenliğinin sürdürülebilirliğini arttırmaktadır. Ayrıca deprem vakalarında tesisin kaynaklanabilecek sızıntılar yeraltı sularını kirletebilmektedir. Eskandari vd. (2012) ve Akbari vd. (2008) yaptıkları çalışmalarda tesisin fay hatlarına uzak

olması gerektiğini belirtmekte ve Akbari vd. (2008) tesisin fay hatlarına uzaklığını en az 100 m olarak almaktadır. Ersoy ve Bulut (2009) ise yaptıkları çalışmada DÜKADET ve fay kuşağı arasındaki mesafenin en az 60 m olması gerektiğini belirtmektedir.

Depremsele alanlara olan uzaklık yer seçimi analizlerinde kullanılan önemli kriterlerden biridir. Eskandari vd. (2012) yaptıkları çalışmada tesisin depremsel alanlara olması gereken uzaklığının en az 200 m olması gerektiğini belirtmektedir.

Tarımsal alanlara uzaklık yer seçimi çalışmalarında kullanılan kriterlerden biridir. Akbari vd. (2008) yaptıkları çalışmada tesislerin tarımsal alanlara en az 300 m uzakta olması gerektiğini belirtmektedir. Nas vd.'ne (2010) göre ise DÜKADET alanları için daha uygun alanların belirlenebilmesi için tarımsal arazi sınıfının bilinmesi gerekmektedir. Türkiye'de Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı araziler için 8 sınıf belirlemiştir. Bunlardan 1. Sınıf tarım arazisini temsil etmektedir. Türk Kanunlarına göre atık depolama ve yönetiminin tarımsal işlemleri etkilememesi gerekmektedir. Buna göre Nas vd. (2010) 1. sınıf tarım arazilerini uygun olmayan alanlar olarak, 2. sınıf tarım arazilerini daha az uygun alanlar olarak, 3 ve 8 arasındaki sınıfları ise uygun olarak değerlendirmektedir.

Tesisler için yer seçiminde kullanılan bir diğer kriter ise enerji nakil hatları (ENH)'na uzaklıktır. Tesis için yapılan çalışmaların enerji nakil işlemini olumsuz yönde etkilememesi gerekmektedir. Bu sebeple tesis ve ENH arasında belli bir mesafe koyulmalıdır. Eskandari vd. (2012) yaptıkları çalışmada ENH ve tesis arasındaki mesafenin en az 500 m olması gerektiğini belirtmektedir.

Boruyla nakil hatlarına uzaklık yer seçiminde kullanılan kriterlerden birisidir. Nakil işlemlerinin tesis faaliyetlerinden etkilenmemesi için tesisle boruyla nakil hattı arasında belli bir mesafe koyulmalıdır. Eskandari vd. (2012) yaptıkları çalışmada bu mesafenin en az 500 m olması gerektiğini belirtmektedir.

Yeraltı suyuna olan dikey uzaklık kriteri yer seçimi çalışmalarının bazılarında kullanılmaktadır. Yeraltı sularının tesisten kaynaklanabilecek herhangi bir sızıntıyla kirlenmesinin önüne geçmek amacıyla dikey uzaklığın belli bir mesafeden yüksek olması istenmektedir. Yani DÜKADET alanı yeraltı sularının kirlenmesini engelleyecek şekilde yerde belirlenmelidir (Ekmekcioglu vd., 2010; Guiqin vd., 2009). Eskandari vd. (2012) ve Eskandari vd.'ne (2015) göre dikey uzaklık için 10 yıllık zaman diliminde yapılan bir

değerlendirme sonucu 5 m'den fazla olan yerler için uygundur. Sumathi vd.'de (2008) bu dikey uzaklığın 5 m ve üzeri için uygun olduğunu değerlendirmektedir.

Atık üretim merkezlerine uzaklık DÜKADET'lerin ekonomik açıdan uygulanabilirliğini etkilediği için kullanılması gereken bir diğer kriterdir. Atık üretim merkezlerine yakın olan tesisler için taşıma maliyeti daha az olmaktadır. Eğer KKAYS'de Aİ kullanılıyorsa atık üretim merkezleri yerine bunlar kullanılmalıdır. Guiqin vd. (2009) yaptıkları çalışmada 500 m ve daha az mesafeleri uygun alanlar, 2000 m ve üzeri uygun olmayan alanlar olarak değerlendirmektedir. Moeinaddini vd. (2010)'e göre ise bu mesafe en fazla 40 km olmalıdır.

Yükseklik tesis yeri seçiminde kullanılan kriterlerden birisidir. Yapılan literatür araştırmasında tesisin ortalama yükseltiye sahip alanlara yapılmasının daha uygun olduğu değerlendirilmektedir. Sener vd. (2010) 1000 m yükseklikteki alanların en uygun alanlar, 2000 m ve daha üzerindeki alanların ise uygun olmayan alanlar olduğunu değerlendirmektedir. Akbari vd.'de (2008) yüksek alanların uygun olmadığını, uygun olan alanların orta yükseklikteki etrafı tepelerle çevrili alanlar olduğunu belirtmektedir.

Tarihi alanlara uzaklık bu tür alanların tesis faaliyetlerinden etkilenmesini, turizmi olumsuz yönde etkilemesini engellemek amacıyla kullanılması gereken önemli bir kriterdir. Eskandari vd. (2012) yaptıkları çalışmada tarihi alanlara olan mesafeyi en az 3 km olarak almaktadır. Nas vd. (2010) ise bu mesafeyi en az 500 m olarak almaktadır.

Rüzgâr yönü, koku ve toz gibi oluşumların yerleşim alanlarını etkilemesini engellemek amacıyla yer seçiminde kullanılan bir kriterdir. Eskandari vd. (2012) hâkim rüzgâr yönünün yerleşim alanlarını gösterdiği alanları tesis yapılması için uygun olarak değerlendirmemektedir. Sener vd.'de (2010) tesiste meydana gelecek kokunun yerleşim alanlarını etkilememesi için rüzgâr kriteri göz önünde bulundurulması gerektiğini, bunu değerlendirmek için ise sayısal yükseklik haritalarından elde edilen yön haritalarının kullanılması gerektiğini belirtmektedir.

Akifer alanlarına uzaklık yer seçimi analizlerinde kullanılan önemli kriterlerden bir diğeridir. Sener vd. (2006) akifer içermeyen alanları DÜKADET'ler için en uygun alanlar olarak, ana akiferlerin bulunduğu alanları ise uygun olmayan alanlar olarak değerlendirmektedir.

Yağış miktarı taşkın olasılığını arttırdığı için yer seçiminde kullanılan kriterlerden birisidir. Buna göre DÜKADET'ler için yağış miktarının fazla olduğu yerler uygun alanlar değildir.

Sanayi tesislerin uzaklık yapılan bazı çalışmalarda kullanılan bir kriterdir. Akbari vd. (2008) yaptıkları çalışmada sanayi merkezlerine uzaklığı en az 300 m olarak değerlendirmektedir.

Taşınmaz değeri yapılan bazı yer seçim analizlerinde kullanılan ve yapım maliyetini doğrudan etkileyebilen önemli bir kriterdir. Guiqin vd.'ne (2009) göre taşınmaz maliyeti en az olan alanlar tesis için uygun olan alanlardır.

Sulak alanlar yapılan bazı yer seçim analizlerinde kullanılan ve DÜKADET için uygun olarak değerlendirilmeyen alanlardır. Sener vd.'ne (2006) göre DÜKADET'ler sulak alanlara tesis edilmemelidir.

Nüfus yoğunluğu yer seçimi çalışmalarında kullanılan önemli kriterlerden bir diğeridir. Tesisin yoğun nüfuslu bölgeleri olumsuz olarak etkilememesi için bu alanlara inşa edilmemesi gerekir. Ancak öte yandan Gorsevski vd. (2012) atığın taşıma maliyetinin azaltılabilmesi için tesisin yoğun nüfusun bulunduğu alanlara çok uzak olmaması gerektiğini belirtmektedir.

Demiryollarına uzaklık yer seçimi analizlerinde kullanılan bir diğer kriterdir. Sener vd. (2006), Guiqin vd. (2009) ve Nas vd. (2010) yaptıkları çalışmalarda demiryollarına uzaklığın en az 500 m olması gerektiğini belirtmektedir.

Taşkın alanlarına uzaklık tesisin sürdürülebilirliğinin ve güvenliğinin sağlanabilmesi açısından kullanılan önemli kriterlerden birisidir. Ersoy ve Bulut (2009) yaptıkları çalışmada tesisin taşkın alanlarına en az 100 m mesafede olması gerektiğini belirtmektedir.

Heyelan alanlarına uzaklık tesisin güvenliği açısından oldukça önem arz eden bir kriterdir. Eskandari vd. (2012) heyelan gibi beklenmedik olaylara karşı önlem olması amacıyla bu tür tehlikeler açısından potansiyel taşıyan alanların tesis için seçilmemesi gerektiğini belirtmektedir.

Toprak yer seçiminde kullanılması gereken önemli kriterlerden bir diğeridir. Tesis için seçilen alanın tarımsal amaçlı kullanıma uygun alanlar olmaması gerekmektedir. Öte yandan tesisin ömrünü tamamlaması durumunda üzerinin kapatılabilmesi için yeter miktarda toprağın tesis etrafında bulunması da gerekmektedir. Aksi takdirde tesisin örtülebilmesi için

hafriyat taşınması ya da ek önlemler gerekmekte, bu da depolama alanının işletme maliyetini arttırmaktadır.

Sürdürülebilirlik kriteri ise tesisin ömrünü belirtmekte ve kârlı bir yatırım olabilmesi için uzun bir süre hizmet verebilmesi istenmektedir. Eskandari vd.'ne (2012) göre bir tesisin en az 10 yıllık kullanım ömrüne sahip olması gerekmektedir.

Flora/fauna alanlarına uzaklık bu alanların tesis faaliyetlerinden çevresel olarak zarar görmemesi açısından oldukça önemli bir kriterdir. Eskandari vd. (2012) yaptıkları çalışmada tesisin bu alanlarla arasında en az 1 km'lik bir mesafe olması gerektiğini belirtmektedir.

DÜKADET'lerin yollardan ya da yerleşim alanlarından görüntü kirliliği yapmayacak mesafelerde tesis edilmesi gerekmektedir. Bu kriteri sağlamak için yollara ve yerleşim alanlarına olan en az mesafeyi kullanmak yeterli olmaktadır.

DÜKADET'ler için yer seçiminde kullanılan bir diğer kriter ise kıyı çizgisine uzaklıktır. Akbari vd. (2008) kıyı bölgelerini yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu alanlar olarak nitelendirmektedir. Dahası bu bölgelerde şehirleşme ve kullanılmayan alanların yerleşime açılma ihtimalleri oldukça yüksektir. Ayrıca kıyı bölgelerinde görünür alanlar oldukça fazladır. Bu sebeple Akbari vd. (2008) yaptıkları çalışmada tesis için kıyıdan en az 5 km uzaklıkta alanları uygun olarak tanımlamaktadır.

Sulama kanallarına uzaklık sulama faaliyetlerinin tesis faaliyetlerinden etkilenmemesi açısından önem arz etmektedir. Nas vd. (2010) yaptıkları çalışmada sulama kanallarına 100 m'den az olan mesafeleri uygun olmayan alanlar olarak tanımlamaktadır.

Ayrıca tesislerin maden sahalarında inşa edilmesi uygun görülmemektedir. Maden faaliyetlerinin daha etkin yürütülebilmesi açısından bu kriter önem arz etmektedir (Eskandari vd., 2012).

Yapılan literatür araştırmasına ek olarak mevzuat araştırmasında da bazı kısıtlamalara rastlanmaktadır. Buna göre; atıkların buldukları ya da üretildikleri yere en uygun ve en yakın tesise en hızlı şekilde ulaştırılması gerekmektedir. Bu sebeple ulaşım ağı tesis için önemlidir. Ayrıca atıkların toprağa, denizlere, göllere, akarsulara ve benzeri alıcı ortamlara dökülmesi, doğrudan dolgu yapılması ve depolanması suretiyle çevrenin kirletilmesi Atık Yönetim Yönetmeliği'nce yasaklanmıştır. Bu yönetmeliğe göre kentsel atıkların yönetimi, iklim, nüfus, atık miktarı, coğrafi koşullar, optimum taşıma mesafesi göz önünde

bulundurulacak en geniş bölgenin faydalanabileceği şekilde ve bölgesel düzeyde sağlanmalıdır (T.C. Resmî Gazete, 2015: 29314 madde 5).

Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik'te belirtilenlere göre; tesisten kaynaklanabilecek olumsuz etkileri en aza indirmek için, tesis; koku ve tozların çevreye yayılmasını, rüzgârın etkisiyle kâğıt, naylon torba ve ince plastik gibi atıkların yayılmasını, gürültü ve trafik yoğunluğunu, kuşlar, haşerat, böcek ve diğer hayvanların alanda üremesi ve alandaki patojenleri çevreye taşımalarını, havada depo gazından kaynaklanan tabakalaşma ve aerosollerini oluşumunu ve yangın ihtimalini azaltacak ve tesis çevresine etkilerini önleyecek biçimde donatılmalıdır (T.C. Resmî Gazete, 2010: 27533 madde 6). Ayrıca aynı yönetmeliğe göre bir DÜKADET'in yer seçimi ve tasarımı, toprağın, yüzey sularının ve yer altı sularının kirlenmesini önleyecek şekilde yapılmalıdır (T.C. Resmî Gazete, 2010: 27533 madde 7). Buna ek olarak yönetmelikte yerleşime olan uzaklık 1. sınıf DÜKADET'ler için 1000 m, 2. ve 3. sınıf DÜKADET'ler için 250 m olarak belirtilmektedir (T.C. Resmî Gazete, 2010: 27533 madde 15).

Bir DÜKADET'in yer seçiminde şunlara dikkat edilmelidir: Tesisin, hava ulaşımı güvenliğini etkileyip etkilemediği; koruma altına alınmış alanlara, yeraltı ve yüzeysel su kaynaklarına uzaklığı; koruma havzalarının durumu; yeraltı su seviyesi ve yeraltı suyu akış yönleri; sahanın topoğrafik, jeolojik, jeoformolojik, jeoteknik ve hidrolojik durumu; taşkın, heyelan, çığ, erozyon ve yüksek deprem riski; hâkim rüzgâr yönü ve yağış durumu; doğal veya kültürel miras durumu. Ayrıca sahada akaryakıt, haz ve içme-kullanma suyu naklinde kullanılan boru hatları ve yüksek gerilim hatları bulunmamalıdır (T.C. Resmî Gazete, 2010: 27533 madde 15). Ayrıca DÜKADET'lerin depo tabanı boyuna eğimi %3'ten az olmamalıdır (T.C. Resmî Gazete, 2010: 27533 madde 16).

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nin 16. maddesinin (b) fıkrasında yer alan "Her türlü katı atık ve artıklar bu tür su kaynaklarına atılamaz ve atılmasına izin verilemez" ifadesi ile yeraltı ve yerüstü su kaynaklarının bulunduğu alanlara katı atık depolama işlemi yasaklanmaktadır. Yine aynı yönetmelikte 18. maddede içme ve kullanma suyu rezervuarlarının mutlak koruma alanı sınırından itibaren 700 m genişliğindeki şerit olarak tanımlanan kısa mesafeli koruma alanına her türlü katı atık ve artıkların depolanması yasaklanmaktadır. Aynı yönetmelikte yer alan 19. maddede orta mesafeli koruma alanı için katı atık ve artıkların depolanması yasaklanmaktadır. 19. maddede orta mesafeli koruma alanı; içme ve kullanma suyu rezervuarlarının kısa mesafeli koruma alanı sınırından itibaren

1 km genişliğindeki şerit olarak tanımlanmaktadır. Ayrıca söz konusu alan sınırının su toplama havzası sınırını aşması halinde, orta mesafeli koruma alanının havza sınırında son bulacağı da belirtilmektedir. İçme ve kullanma suyu rezervuarının yukarıda tanımlanan koruma alanları dışında kalan su toplama havzasının tümü uzun mesafeli koruma alanı olarak tanımlanmaktadır. Bu alanın ilk 3 km genişliğindeki kısmında atık depolama ve bertaraf tesislerine izin verilmemektedir (T.C. Resmî Gazete, 2004: 25687 madde 20). Ayrıca her türlü katı atık ve artıklarla, arıtma çamurları ve fosseptik çamurlarının alıcı su ortamlarına boşaltılmaları yasaktır (T.C. Resmî Gazete, 2004: 25687 madde 21).

Yeraltı sularının kirlenmesini önlemek amacıyla hazırlanan yönetmeliğe göre ise; kuyu, pınar, kaynak, kaptaj, tünel, galeri vb. yapılara elli metreden daha yakın mesafede hiçbir yapıya, katı ve sıvı atık boşaltımına ve geçişe izin verilmemektedir (T.C. Resmî Gazete, 2012: 28257 madde 13).

Öte yandan Dünya Bankası tarafından 1996 yılında yayınlanan rehberde göre DÜKADET'lerin yer seçiminde şunlara dikkat edilmesi önerilmektedir (Cointreau, 1996):

- Sızıntı oluşum ihtimalinin düşük olduğu kurak alanlarda tesis edilen DÜKADET alanları sulak alanlarda tesis edilenlere kıyasla daha esnek tasarım gereksinimlerine sahiptir. Doğal olarak tuzlu ve içilemez yer altı suyu seviyesinin altında bulunan kıyasal alanlarda tesis edilmiş DÜKADET alanları ile içilebilir su bölgelerinin üzerinde bulunan DÜKADET alanları arasında da aynı ilişki söz konusudur.
- Atığın yerleştirileceği alan mevsimsel olarak yüksek yeraltı suyu seviyelerine ya da periyodik taşkınlara konu olmamalıdır. Alan seçimi ve depolama işlemi yüzey suyu ve yağmur sularının atıkla etkileşimini en aza indirgeyecek şekilde tesis edilmelidir.
- DÜKADET alanı şev eğimi 2.5/1 (H/V) den daha fazla olmamalıdır. Depremel olarak aktif alanlarda ya da toprak açısından fakir alanlarda bu oran için 5:1 ya da daha fazlası gerekebilir.
- DÜKADET alanı en az 10 yıl için ihtiyaçlar karşılayacak şekilde tasarlanmalıdır. Alan ihtiyaçları DÜKADET alanı hücre ihtiyaçlarına dayalı olarak hesaplanabilir (Genellikle derinliği 10-25 m, final atık yoğunluğu 800-1000 kg/m³ vs.). Ayrıca atık alım alanı 2-4 hektar olmalıdır.
- Tercihen alan, toplama araçlarının 30 dakikalık seyahat süresi için ulaşabileceği mesafede olmalıdır. Bu mesafeden daha fazla alanlar için ya geniş kapasiteli (5 ton)

araçlar kullanılmalı ya da geniş kapasiteli araçlarla (20 ton) birlikte Aİ'ler oluşturulmalıdır.

- Aİ'lere ihtiyaç varsa bu istasyonlar depolama alanına en fazla 2 saatlik seyahat süresi uzaklığında olmalıdır. Daha uzun mesafeler için demiryolu ya da filikalar ile aktarma gerçekleştirilebilir.
- Yeterli genişlik, eğim, uygunluk ve yapıya sahip yollardan ulaşım sağlanmalıdır. Yapım maliyetini azaltmak için yeni yol yapımına olan ihtiyaç büyük şehirler için genellikle 10 km'den daha az olmalıdır. Bu oran küçük DÜKADET gerektiren ikincil şehirler için 3 km'den daha az olmalıdır.
- Uygun sızıntı suyu drenajını sağlamak amacıyla yapılacak olan kazıyı en aza indirmek için topoğrafya hafif eğimli (yaklaşık %2) olmalıdır.
- Mevsimsel olarak yüksek yeraltı suyu seviyesi (10 yıl için en yüksek) DÜKADET alanının en azından 1,5 m altında olmalıdır. Böylelikle yapım maliyeti azaltılabilir. Yeraltı suyunun mevsimsel olarak en yüksek seviyesinin üstündeki nispeten geçirimsiz toprak için bu oran en az 1m olmalıdır. Eğer bu oranlar karşılanmıyorsa DÜKADET alanı yeraltı suyunu korumak için geçirimsiz tabaka ile kaplanmaktadır.
- Alanda orta (30 cm derinlik) ve final (60 cm derinlik) ihtiyaçlarını karşılamak için uygun toprak kaplaması mevcut olmalıdır. Tercihen alan günlük (genellikle en az 15 cm toprak derinliği) kaplama ihtiyaçlarını da karşılamalıdır. Günlük ihtiyaçlar sökülebilir brandalar ya da başka ekipmanlar ile de sağlanabilir.
- DÜKADET alanı sınırları içerisinde 10 yıllık yeraltı suyu besleme alanları bulunmamalıdır.
- Özel ya da kamu içme, sulama ya da kümes hayvancılığı su tedarik kuyuları alternatif su kaynakları kolaylıkla ve ekonomik olarak ulaşılabilir olmadığı ve malikler yazılı onay vermediği sürece DÜKADET alanı sınırlarının aşağı yönünde 500 m içerisinde olmamalıdır.
- DÜKADET alanı içerisinde biyoçeşitlilik ve üreme açısından değeri yüksek olan çevresel açıdan önemli sulak alanlar bulunmamalıdır.
- DÜKADET alanı içerisinde çevresel olarak nadir ya da tehlikede olan türlerin yavrulama alanları ya da koruma altındaki yaşam alanları bulunmamalıdır. Bu kriter sağlanamıyorsa alternatif olarak türlerin yeniden yerleşebileceği nitelikte alanlar mevcut olmalıdır.

- DÜKADET alanına 500 m içerisinde koruma altındaki önemli ormanlar bulunmamalıdır.
- Alanlar hâkim rüzgâr yönüne açık olmamalıdır. Aksi takdirde rüzgârda dağılan katı atıklar kolaylıkla yönetilememektedir.
- Enerji ve diğer altyapı hatları DÜKADET alanı ile kesişmemelidir.
- Kireçtaşı, karbonat, çatlak ya da diğer gözenekli kaya oluşumlarının altında uzandığı alanlar DÜKADET alanı olarak seçilmemelidir. Böylelikle gaz geçişi ve sızıntı engellenmiş olacaktır. Hassas yeraltı sularının üzerindeki jeolojik birimlerin en üst tabakası olarak kalınlığı 1.5 m'den daha fazla olan oluşumlar için geçerlidir.
- DÜKADET alanı yeraltı madenlerinin bulunduğu alanlarda tesis edilmemelidir. Aksi takdirde depolamanın yüzey aktiviteleri ya da çıkarılabilir maden kaynaklarının ulaşılabilirlikleri olumsuz anlamda etkilenebilir.
- Yerleşim alanları DÜKADET alanlarından en az 250 m uzaklıkta olmalıdır.
- DÜKADET alanı komşu yerleşim alanlarından görünürlük açısından en az 1 km uzaklıkta olmalıdır. Eğer 1 km içerisinde yaşayanlar varsa DÜKADET alanının görünürlüğünü en aza indirgeyecek şekilde önlemler alınmalıdır.
- Sürekli akarsular DÜKADET alanına en az 300 m uzaklıkta olmalıdır. Bu şart sağlanamıyorsa akarsu için potansiyel kirlenmeye karşı önlemler alınmalıdır.
- DÜKADET alanı önemli depremsel risk taşıyan alanlarda bulunmamalıdır. Bu palyelerin, drenajın ya da diğer sivil çalışmaların yıkılmasına sebep olabilir. Ya da gereksiz yere maliyetli mühendislik önlemleri alınabilir. Aksi takdirde şev eğimi 2.5:1 'den daha düz olarak ayarlanmalıdır.
- Beklenmeyen gaz ya da sızıntı suyu hareketlerine izin vermemek için DÜKADET alanının 500 m dış sınırından daha içeride fay hattı ya da önemli derecede jeolojik olarak kırık yapı bulunmamalıdır.
- Turbojet havalimanlarına 3 km, piston tipi havalimanlarına 1.6 km uzaklıkta DÜKADET alanı bulunmamalıdır. Turbojet için 3-8 km, piston tipi için 1.6-8 km için gerekli makamlarca hava güvenliği açısından tehdit oluşturmadığına dair yazılı izin verilmedikçe değerlendirme verilmemelidir.
- DÜKADET alanının tesis edileceği yer 10 yıllık taşkınlara konu olmamalıdır. Eğer 100 yıllık taşkınlara söz konusu ise ekonomik tasarımı boşaltmayı giderecek potansiyeli taşımamalıdır.

- DÜKADET alanı halk kabulünün olmayacağı sosyo-politik hassasiyet taşıyan alanlara en az 1 km uzaklıkta olmalı ve bu şekildeki kültürel olarak hassas alanlardan geçen yollardan kaçınılmalıdır.

Tablo 5. DÜKADET yer seçiminde kullanılan kriterler

Kriterler	DÜKADET Yer Seçimi
Yerleşim alanlarına uzaklık	✓
Akarsulara uzaklık	✓
Yollara uzaklık	✓
Eğim	✓
Arazi örtüsü	✓
Yüzey suları (göl, baraj vb.)	✓
Akifer alanlarına uzaklık	✓
Jeoloji	✓
Su kuyularına uzaklık	✓
Koruma alanlarına uzaklık	✓
Fay hatlarına uzaklık	✓
Havalimanlarına uzaklık	✓
Nüfus yoğunluğu	✓
Demiryollarına uzaklık	✓
Meteorolojik koşullar	✓
Sanayi tesislerine uzaklık	✓
Doğal kaynaklara uzaklık	✓
Kıyı çizgisine uzaklık	✓
Enerji hatlarına uzaklık	✓
Boru hatlarına uzaklık	✓
Atık su hatlarına uzaklık	✓
Sulama kanallarına uzaklık	✓
Toprak (AKKS)	✓
Heyelan bölgelerine uzaklık	✓
Flora/fauna alanlarına uzaklık	✓
Taşınmaz değeri / Kamulaştırma	✓
Mülkiyet	✓
İdari sınırlar	✓
Sağlık tesislerine uzaklık	✓
Eğitim merkezlerine uzaklık	✓
DÜKADET alanlarına uzaklık	

2.2.2. KT Alanı Yer Seçimine Etki Eden Kriterlerin Belirlenmesi

Tesis için seçilmesi muhtemel alan yeraltı ve yerüstü sularının kirlenmemesini garanti edecek güvenli bir mesafede bulunmalıdır. Alanın etrafındaki arazi şekli, drenajı, potansiyel yeraltı suyu problemlerini, toprak erozyon riskini, ulaşımı, alan görünürlüğü ve hâkim rüzgâr yönünü etkileyecektir. Uygun alan yüzeysel akışı drene edecek ve toprak işleri ve servis tesislerinin yapımı ile ilişkili olacaktır. 1:5 oranını aşan eğimde alanlar genellikle toprak erozyon riskinden dolayı uygun olarak kabul edilmemektedir. Alana yönelen yollar iyi koşulda ve tahmin edilen trafik yükünü taşıyabilecek nitelikte genişliğe sahip olmalıdır. Alana komşu olan yerlerde mevcut ve gelecekte olası gelişmeler dikkate alınmalıdır. Doğal koruma alanı, tarımsal alanlar ve konut geliştirme gibi yüksek kullanım değeri olan alanlar yakma tesisi alanı olarak seçilmemelidir. Rüzgâr ve yağmur alan seçimini etkileyen ortak iklim kriterleridir. Şayet alan güçlü rüzgârlara maruz kalırsa ve onun için yeterli koruma sağlanamazsa döküntü ve toz gibi oluşumların kontrolü daha da zorlaşmaktadır. Ayrıca yağış miktarı fazla alanlar için sızıntı oluşumunu azaltmak için etkili yağmur suyu şebekesi gerekmektedir. Uygun olarak seçilmesi muhtemel olası alanların kendi maliyet değeri vardır. Bu değerler değerlendirmede göz önünde bulundurulmalıdır (Ekmekcioglu vd., 2010).

Öte yandan kompostlama işlemi depolama alanında yapılmalıdır. Kompostlama depolama alanını paylaşırsa ulaşım, eskrim, kapı kontrolü, su tedariki, elektrik ve taşınabilir donanımda paylaşılmış olacaktır. Böylece kompostun üretim maliyeti maliyet açısından karşılanabilir seviyelere kadar azaltılabilmektedir (Cointreau, 1996).

2015 tarihli ve 19286 sayılı Kompost Tebliği'nde kompost tesislerinin yönetimine ilişkin genel ilkeler şunlardır (T.C. Resmî Gazete, 2015: 29286 madde 5):

- Atık yönetim planları dâhilinde biyobozunur atıkların, kaynağında veya üretildikleri yerde diğer atıklarla karıştırılmaksızın, sınıflandırılarak ayrı toplanması esastır.
- Atıkların, görünüş, koku, toz, sızdırma ve benzeri kriterler yönünden çevreyi kirletmeyecek şekilde kapalı olarak taşınması zorunludur.
- Atıkların yönetiminden sorumlu kişi, kurum ve kuruluşlar, atık yönetiminin her aşamasında çevre ve insan sağlığına zarar vermesini önleyecek tedbirleri almakla yükümlüdür.
- Biyobozunur atıkların ön işleme tabi tutulması esastır.

- Atığın kabulünden itibaren gerekli tedbirler alınarak işletmeden kaynaklanan ve insan sağlığı açısından doğrudan risk oluşturan kirlilik kaynaklarının ortaya çıkarabileceği olumsuz etkilerin önlenmesi zorunludur

Yine aynı tebliğde “Düzenli depolama tesisi sınırları içerisinde kurulanlar hariç olmak üzere, tesis sınırının yerleşim alanlarına en yakın mesafesinin 250 metre olacak şekilde, hâkim rüzgâr yönü de dikkate alınarak yer seçimi yapılır. Alıcı ortamın, toprağın, yüzeysel suların ve yeraltı sularının kirlenmesini önleyecek şekilde tasarımı yapılır.” ve “Tesisten kaynaklanabilecek koku, toz, sızıntı suyu, gaz ve benzeri olumsuz etkileri asgari düzeye indirmek için her türlü önleyici tedbir alınır.” ifadeleri yer almaktadır.

Tablo 6. KT yer seçiminde kullanılan kriterler

Kriterler	KT Yer Seçimi
Yerleşim alanlarına uzaklık	✓
Akarsulara uzaklık	✓
Yollara uzaklık	
Eğim	✓
Arazi örtüsü	✓
Yüzey suları (göl, baraj vb.)	✓
Akifer alanlarına uzaklık	✓
Jeoloji	
Su kuyularına uzaklık	✓
Koruma alanlarına uzaklık	✓
Fay hatlarına uzaklık	
Havalimanlarına uzaklık	✓
Nüfus yoğunluğu	✓
Demiryollarına uzaklık	✓
Meteorolojik koşullar	
Sanayi tesislerine uzaklık	
Doğal kaynaklara uzaklık	✓
Kıyı çizgisine uzaklık	
Enerji hatlarına uzaklık	
Boru hatlarına uzaklık	
Atık su hatlarına uzaklık	
Sulama kanallarına uzaklık	
Toprak (AKKS)	✓
Heyelan bölgelerine uzaklık	
Flora/fauna alanlarına uzaklık	✓
Taşınmaz değeri / Kamulaştırma	

Tablo 6'nın devamı

Mülkiyet	
İdari sınırlar	
Sağlık tesislerine uzaklık	✓
Eğitim merkezlerine uzaklık	✓
DÜKADET alanlarına uzaklık	✓

2.2.3. YT Alanı Yer Seçimine Etki Eden Kriterlerin Belirlenmesi

Atığın aktarılması işlemi bütünleşik MSW yönetim sisteminin ayrılmaz bir parçasını oluşturan ve her aşamasında bulunan önemli bir konudur. Ekonomik ve çevresel problemler atık tüketimi ve önemli miktarlarda kirleticinin yayılmasına sebep olan atıkların aktarılması ile ilişkilidir. Yakma tesisi için daha iyi olan toplam aktarma maliyetinin daha az olmasıdır. Çünkü bu durum işletme maliyetini azaltmaktadır. Aktarma maliyeti atığın yakma tesisine aktarılma maliyetini ifade eder ve bu kriter hem seyahat mesafesi hem de aktarılan atığın miktarı ile ilişkilidir. Atığın miktarı oluşturulan atığın miktarı ile dolayısıyla da nüfus yapısıyla ilişkilidir. Yakma tesisinin elektrik hatlarına daha yakın olmasının daha iyi olduğu düşünülmektedir. Çünkü bu durum yatırım maliyetini azaltır. Enerji hattına uzaklık üretilen enerjinin mevcut ulusal enerji hattına aktarılmasının sağlanması için gerekli olan yatırım maliyetleri ile ilgilidir. Daha iyi olan yakma tesisinin kıyı çizgisine daha yakın olmasıdır. Çünkü bu durum yatırım ve işletme maliyetini azaltmaktadır. Bu kriter deniz suyundan içilebilir su üretme ve soğutma suyunun pompalanması için gerekli olan yatırım ve işletme maliyeti ile ilgilidir. Uçucu kül tehlikeli bir kirleticidir ve hem çevresel hem de sosyal bakış açısıyla bakıldığında özel bir ilgi gerektirir. Uçucu külün, yakma sonrası gaz ayrıştırmaya özgü mevcut teknolojiler kullanılarak yakma fırınından salınan duman gazından ayrıştırılmakta ve daha sonra özel alanlara gönderilmektedir. Bu yüzden bu kriter tıpkı atık aktarma kriterinde olduğu gibi uçucu külün aktarılması maliyeti olarak göz önünde bulundurulur. Yakma tesisinin monofill'e daha yakın olmasının daha iyi olduğu düşünülmektedir. Çünkü bu durum çevresel işletme maliyetlerini azaltacaktır. Bu kriter çevresel bir bakış açısıyla bakıldığında duman gazı arıtma hattında yakmadan kül depolamaya kadar olan aktarma maliyeti ile ilgilidir. İklim koşulları ve içilebilir su eksikliğinden dolayı suyun talep edilmesi bir kriter olarak seçilebilir. Daha yüksek nüfuslu

ve yerel su kaynakları eksik olan alanlar için bu kriter daha önemli hale gelmektedir. Bu kriter nüfusun temel içilebilir su ihtiyaçlarını deniz suyunun arıtılmasından karşılamaya olan ihtiyacı ölçer. Bu kriter ikliminden dolayı içme suyu kaynaklarında önemli derecede kıtlık bulunan yerler için önemlidir. Bu kriter yukarıda da bahsi geçtiği üzere içilebilir su sıkıntısının yaşandığı yerlerde kullanılabilir. Arazi yönelimi, atmosferik ortamın yakma tesisinin yüklemesine maruz kalmasından dolayı ortaya çıkan kirleticilerin rüzgâr ile yönlendirilmesinin ortaya çıkarttığı küresel etkiler ile ilgilidir. Arazi örtüsü ise mevcut bitki örtüsü ve onların konumsal dağılımının önemini yansıtır. Arazi tipi ve ekonomik etkinlikler arasındaki ilişki dikkate alınır. Koruma altındaki doğal parklar, derin vadiler ve bazı volkanik oluşumlar da aynı şekilde göz önünde bulundurulmalıdır. Yakma tesisinin yol ağına daha yakın olmasının daha iyi olduğu düşünülmektedir. Çünkü bu durum yeni yol için yapılacak olan yatırım maliyetini azaltır (Tavares vd., 2011). Alana yönelen yollar iyi koşulda ve tahmin edilen trafik yükünü taşıyabilecek nitelikte genişliğe sahip olmalıdır (Ekmekcioglu vd., 2010). Tesviye ve kazı çalışmalarının az olması yakma tesisinin yapımında maliyet açısından daha iyidir. Yatırım maliyeti arazi topoğrafyası ile doğrudan ilişkilidir. Belli bir alanın yüksekliğinin daha düşük olması hem yatırım hem de deniz suyunun pompalaması sırasında işletme maliyetlerinin azaltılması açısından daha iyidir. Kent merkezlerine uzaklık koku, ses ve diğer istenmeyen kriterler gibi tesisin işletilmesi sırasında oluşturduğu etki ile ilişkilidir. Mümkün olan her yakma tesisi konumu için arazi kullanımı sınıfının niteliklerini ifade etmektedir (ekosistem, kentsel, endüstriyel, kırsal, turistik, boş alan). Arazi kotunun düşük olması kirletici yoğunluk seviyesi için daha iyidir. Yakma fırını tarafından yayılan atmosfere yayıldıktan sonra zemin seviyesine göre farklı yoğunluklara erişen hava kirleticilerinin nitelikleri ile ilişkilidir. Bu kriter birkaç etkene bağlıdır. Bunlar; yakma tesisine uzaklık, topoğrafya, rüzgâr, rüzgârın yönü, diğer iklimsel koşullar, maddenin kararlılığı ve onların atmosferde kalma süreleridir. Yakma tesisinin görünürlüğünün estetik açıdan yeterli mesafede olması niteliği ile ilişkilidir (Tavares vd., 2011). Alana komşu olan yerlerde mevcut ve gelecekte olası gelişmeler dikkate alınmalıdır. Doğal koruma alanı, tarımsal alanlar ve konut geliştirme gibi yüksek kullanım değeri olan alanlar yakma tesisi alanı olarak seçilmemelidir. Rüzgâr ve yağmur alan seçimini etkileyen ortak iklim kriterleridir. Şayet alan güçlü rüzgârlara maruz kalırsa ve onun için yeterli koruma sağlanamazsa döküntü ve toz gibi oluşumların kontrolü daha da zorlaşacaktır. Ayrıca yağış miktarı fazla olan alanlar için sızıntı oluşumunu azaltmak için etkili yağmur suyu şebekesi gereklidir. Uygun olarak seçilmesi muhtemel alanların kendi maliyet değeri vardır. Bu değerler değerlendirmede göz önünde bulundurulmalıdır (Ekmekcioglu vd., 2010).

Tablo 7. YT yer seçiminde kullanılan kriterler

Kriterler	YT Yer Seçimi
Yerleşim alanlarına uzaklık	✓
Akarsulara uzaklık	✓
Yollara uzaklık	
Eğim	✓
Arazi örtüsü	✓
Yüzey suları (göl, baraj vb.)	✓
Akifer alanlarına uzaklık	✓
Jeoloji	
Su kuyularına uzaklık	✓
Koruma alanlarına uzaklık	✓
Fay hatlarına uzaklık	
Havalimanlarına uzaklık	
Nüfus yoğunluğu	✓
Demiryollarına uzaklık	
Meteorolojik koşullar	
Sanayi tesislerine uzaklık	
Doğal kaynaklara uzaklık	✓
Kıyı çizgisine uzaklık	
Enerji hatlarına uzaklık	
Boru hatlarına uzaklık	
Atık su hatlarına uzaklık	
Sulama kanallarına uzaklık	
Toprak (AKKS)	✓
Heyelan bölgelerine uzaklık	
Flora/fauna alanlarına uzaklık	✓
Taşınmaz değeri / Kamulaştırma	
Mülkiyet	
İdari sınırlar	
Sağlık tesislerine uzaklık	
Eğitim merkezlerine uzaklık	
DÜKADET alanlarına uzaklık	✓

2.2.4. Aİ Tesis Alanı Yer Seçimine Etki Eden Kriterlerin Belirlenmesi

Atık ara depolama işleminin gerçekleştirildiği Aİ'lerden istenen; atık geri kazanım/bertaraf tesisine olan taşıma mesafelerinin, bertaraf maliyetini arttırmayacak şekilde hem ekonomik hem de fiziksel olarak uygun olmasıdır. Bu tesislerin kullanılmasının asıl nedeni ise; atık toplama araçlarının atığı doğrudan geri kazanım/bertaraf tesislerine

götürmesi nedeniyle oluşacak ek yakıt maliyetinin azaltılmasını sağlamaktır. Aİ'ler bölgesel hizmete yönelik olmak zorundadır (T.C. Resmî Gazete, 2011: 27916 madde 5).

Öte yandan tesisten kaynaklanabilecek herhangi bir kirli su sızıntısının yeraltı suyu ya da etrafındaki toprakları kirletmesine engel olmak amacıyla gerekli sızdırmazlık önlemlerinin alınması gerekir. Ayrıca atık türü ve kapasitesine bağlı olmak kaydıyla bir tesisin büyüklüğü 1000 m²'den az olamayacağı belirlenmiştir. Aİ'lerin herhangi bir yangın durumunda tehlike oluşturmaması için etrafındaki bitki örtüsünden arındırılması gerekmektedir. Buna göre Aİ'ler etrafındaki bitki örtüsünden en az 10 m mesafede tesis edilmektedir (T.C. Resmî Gazete, 2011: 27916 madde 6).

Tablo 8. Aİ yer seçiminde kullanılan kriterler

Kriterler	YT Yer Seçimi
Yerleşim alanlarına uzaklık	✓
Akarsulara uzaklık	✓
Yollara uzaklık	
Eğim	✓
Arazi örtüsü	✓
Yüzey suları (göl, baraj vb.)	✓
Akifer alanlarına uzaklık	✓
Jeoloji	
Su kuyularına uzaklık	✓
Koruma alanlarına uzaklık	✓
Fay hatlarına uzaklık	
Havalimanlarına uzaklık	
Nüfus yoğunluğu	✓
Demiryollarına uzaklık	
Meteorolojik koşullar	
Sanayi tesislerine uzaklık	
Doğal kaynaklara uzaklık	✓
Kıyı çizgisine uzaklık	✓
Enerji hatlarına uzaklık	✓
Boru hatlarına uzaklık	✓
Atık su hatlarına uzaklık	✓

Tablo 8'in devamı

Sulama kanallarına uzaklık	✓
Toprak (AKKS)	✓
Heyelan bölgelerine uzaklık	✓
Flora/fauna alanlarına uzaklık	✓
Taşınmaz değeri / Kamulaştırma	✓
Mülkiyet	✓
İdari sınırlar	✓
Sağlık tesislerine uzaklık	
Eğitim merkezlerine uzaklık	
DÜKADET alanlarına uzaklık	✓

2.3. Kriter ve Alt Kriterlere İlişkin Ağırlıkların Belirlenmesi

Yapılan literatür araştırması sonucunda kullanılacak kriterlere ve alt kriterlere ilişkin ağırlıklar elde edilmiştir. Elde edilen ağırlıklar Tablo 9, Tablo 10, Tablo 11, Tablo 12'de gösterilmiştir. Tablolarda “∞” ile puanlandırılan ve “*” olarak işaretlenen alt kriterler yasak olan alanları göstermektedir. “***” ile belirtilen kriterler de kesin engelleri göstermektedir. Puanlamada 1-10 puan aralığı baz alınmaktadır. Bu puanlardan “10” en iyi değeri gösterirken “1” en kötü değeri göstermektedir. Diğer değerler iyiden kötüye doğru sıralanmaktadır.

Tablo 9. DÜKADET alanlarının yer seçimine ilişkin kriter ve alt kriter ağırlıkları

Kriterler Alt Kriterler	Ağırlık (%) Puan	Kriterler Alt Kriterler	Ağırlık (%) Puan
Arazi Kullanımı	15	Eğim	10
Yerleşim Alanları*	∞	>25	1
Sulak Alanlar*	∞	20-25	3
Yoğun Orman*	∞	15-20	5
Tarım Alanları	1	10-15	7
Sezonluk Tarım	2	5-10	8
Kayalık Alanlar	5	0-5	10
Açık Alanlar	6	Akarsu	20

Tablo 9'un devamı

Jeoloji	10	0-500	∞
888,999*	∞	500-1000	1
Qa, Ja, Km, Pkb	1	1000-2000	2
Khv, Kkk, Tb	2	2000-3000	6
Jg, Kh	3	>3000	10
Trael	4	Altyapı**	-
Tma, Tt	5	0-300*	∞
Tg	9	>300	10
Th, diğer	10	Demiryolu**	-
Fay Hattı**	-	0-500	∞
0-1000	∞	>500	10
>1000	10	Büyük Yapılar**	-
Kıyı Çizgisi**	-	0-500	∞
0-500	∞	>500	10
>500	10	Doğal Kaynaklar**	-
Limanlar**	-	0-500	∞
0-500	∞	>500	10
>500	10	Havalimanı**	-
Toprak	10	0-3000	∞
I. Sınıf*	∞	>3000	10
II. Sınıf	1	Yol	10
III. Sınıf	2	0-300	∞
IV. Sınıf	4	300-500	10
V. Sınıf	5	500-1000	8
VI. Sınıf	6	1000-1500	6
VII. Sınıf	9	1500-2000	4
VIII. Sınıf	10	2000-5000	2
Heyelan	5	>5000	0
Aktif Heyelan Alanları*	∞	Nüfus	10
Potansiyel Heyelan Alanları	1	0-1000	10
Eski Heyelan Alanları	2	1000-5000	5
Diğer	10	5000-25000	4
Yüzeysel Suları	10	25000-50000	3
0-1000	∞	50000-100000	2
1000-2000	1	>100000	1
2000-3000	5	Yasak Alanlar**	-
>10		0-500	∞
		>500	10

* Kesin engel olarak tanımlanan alanlar

** Ağırlık değeri verilmeden kesin engel olarak tanımlanan alanlar

Tablo 10. KT alanlarının yer seçimlerine ilişkin kriter ve kriter ağırlıkları

Kriterler	Sıralama	Kriterler	Sıralama
Alt Kriterler	Puan	Alt Kriterler	Puan
Nüfus	1	Yasak Alanlar	6
>100000	1	0-1000	∞
50000-100000	2	>1000	10
25000-50000	3	Fay Hattı	7
5000-25000	4	0-500	∞
1000-5000	5	>500	10
0-1000	10	Büyük Yapılar	8
Eğim	2	0-500	∞
>30	1	>500	10
25-30	2	Akarsu	9
20-25	3	0-1000	∞
15-20	4	>1000	10
10-15	5	Yüzey Suları	10
5-10	8	0-1000	∞
0-5	10	>1000	10
Bitki Örtüsü	3	Demiryolu	11
Seçme Orman	1	0-500	∞
Normal Koru	2	>500	10
Özel Orman	3	Kıyı Çizgisi	12
Gençleştirme Sahası	4	0-500	∞
Bozuk Koru	10	>500	10
Toprak	4	Yol	13
I. Sınıf*	∞	0-300	∞
II. Sınıf	1	300-500	10
III. Sınıf	2	500-1000	8
IV. Sınıf	4	1000-1500	6
V. Sınıf	5	1500-2000	4
VI. Sınıf	6	2000-5000	2
VII. Sınıf	9	>5000	1
VIII. Sınıf	10	Doğal Kaynaklar	14
Arazi Kullanımı	5	0-500	∞
Dikili Zeytin	∞	>500	10
Dikili Meyve, Sulu Mutlak Tarım	1	Altyapı	15
Sulu Marjinal Tarım	2	0-300	∞
Kuru Mut. Ta., Orm., Özel Ürün	3	300-500	10
Kuru Marjinal Tarım	4	500-1000	5
Dikili Bağ, Dikili Diğer	5	>1000	1
Çayır, Mera	10		

* Kesin engel olarak tanımlanan alanlar

** Ağırlık değeri verilmeden kesin engel olarak tanımlanan alanlar

Tablo 11. YT alanlarının yer seçimlerine ilişkin kriter ve kriter ağırlıkları

Kriterler	Sıralama	Kriterler	Sıralama
Alt Kriterler	Puan	Alt Kriterler	Puan
Nüfus	1	Yasak Alanlar	6
>100000	1	0-1000	∞
50000-100000	2	>1000	10
25000-50000	3	Fay Hattı	7
5000-25000	4	0-500	∞
1000-5000	5	>500	10
0-1000	10	Büyük Yapılar	8
Eğim	2	0-500	∞
>30	1	>500	10
25-30	2	Akarsu	9
20-25	3	0-1000	∞
15-20	4	>1000	10
10-15	5	Yüzey Suları	10
5-10	8	0-1000	∞
0-5	10	>1000	10
Bitki Örtüsü	3	Demiryolu	11
Seçme Orman	1	0-500	∞
Normal Koru	2	>500	10
Özel Orman	3	Kıyı Çizgisi	12
Gençleştirme Sahası	4	0-500	∞
Bozuk Koru	10	>500	10
Toprak	4	Yol	13
I. Sınıf*	∞	0-300	∞
II. Sınıf	1	300-500	10
III. Sınıf	2	500-1000	8
IV. Sınıf	4	1000-1500	6
V. Sınıf	5	1500-2000	4
VI. Sınıf	6	2000-5000	2
VII. Sınıf	9	>5000	1
VIII. Sınıf	10	Doğal Kaynaklar	14
Arazi Kullanımı	5	0-500	∞
Dikili Zeytin	∞	>500	10
Dikili Meyve, Sulu Mutlak Tarım	1	Altyapı	15
Sulu Marjinal Tarım	2	0-300	∞
Kuru Mut. Ta., Orm., Özel Ürün	3	300-500	10
Kuru Marjinal Tarım	4	500-1000	5
Dikili Bağ, Dikili Diğer	5	>1000	1
Çayır, Mera	10		

* Kesin engel olarak tanımlanan alanlar

** Ağırlık değeri verilmeden kesin engel olarak tanımlanan alanlar

Tablo 12. Aİ alanlarının yer seçimlerine ilişkin kriter ve kriter ağırlıkları

Kriterler	Sıralama Puan	Kriterler	Sıralama Puan
Alt Kriterler		Alt Kriterler	
Nüfus	1	Yasak Alanlar	6
>100000	1	0-1000	∞
50000-100000	2	>1000	10
25000-50000	3	Fay Hattı	7
5000-25000	4	0-500	∞
1000-5000	5	>500	10
0-1000	10	Büyük Yapılar	8
Eğim	2	0-500	∞
>30	1	>500	10
25-30	2	Akarsu	9
20-25	3	0-1000	∞
15-20	4	>1000	10
10-15	5	Yüzey Suları	10
5-10	8	0-1000	∞
0-5	10	>1000	10
Bitki Örtüsü	3	Demiryolu	11
Seçme Orman	1	0-500	∞
Normal Koru	2	>500	10
Özel Orman	3	Kıyı Çizgisi	12
Gençleştirme Sahası	4	0-500	∞
Bozuk Koru	10	>500	10
Toprak	4	Yol	13
I. Sınıf*	∞	0-300	∞
II. Sınıf	1	300-500	10
III. Sınıf	2	500-1000	8
IV. Sınıf	4	1000-1500	6
V. Sınıf	5	1500-2000	4
VI. Sınıf	6	2000-5000	2
VII. Sınıf	9	>5000	1
VIII. Sınıf	10	Doğal Kaynaklar	14
Arazi Kullanımı	5	0-500	∞
Dikili Zeytin	∞	>500	10
Dikili Meyve, Sulu Mutlak Tarım	1	Altyapı	15
Sulu Marjinal Tarım	2	0-300	∞
Kuru Mut. Ta., Orm., Özel Ürün	3	300-500	10
Kuru Marjinal Tarım	4	500-1000	5
Dikili Bağ, Dikili Diğer	5	>1000	1
Çayır, Mera	10		

* Kesin engel olarak tanımlanan alanlar

** Ağırlık değeri verilmeden kesin engel olarak tanımlanan alanlar

2.4. Kriterlere Karşılık Gelen Konumsal Verilerin Belirlenmesi

Yer seçimi sürecinin temel bileşenlerden biri “veri”dir. Veriler özelliği itibariyle, konumsal ve konumsal-olmayan olarak iki farklı şekilde ifade edilir. Konumsal bilgiler coğrafi varlığın geometrisi, büyüklüğü ve biçimi hakkında bilgiler verirken, konumsal-olmayan bilgiler ise aynı coğrafi varlığın diğer yapısal özellikleri hakkında sözel bilgiler verir (Yomralıoğlu, 2009).

Yer seçimi işlemini CBS tabanlı modeller ile yapılması teknik ve ekonomik açıdan birçok avantaj sağlamaktadır. Bütün CBS uygulamalarında olduğu gibi yer seçimi uygulamalarında sonuçların doğruluğu kullanılan verinin kalitesi ile doğru orantılıdır. Yer seçimi uygulamaları temel olarak konum tespiti gerektirdiği için bir konumsal problem olarak göze çarpmaktadır. Çünkü bu tür uygulamalarda her kriter bir konumsal veriye karşılık gelmektedir.

DÜKADET, KT, YT ve AI yer seçimi için gerekli verilerin temin edilmesi, bunun için de hangi verilere ihtiyaç duyulduğunun belirlenmesi gerekmektedir. Veri tabanında hangi konumsal verilerin olması gerektiği daha önce yapılan uygulama çalışmalarından, Türkiye'deki benzer çalışmalardan, dünya genelindeki uygulama projelerinden ve akademik yaklaşımlardan derlenmiş ve mantık süzgecinden geçirilerek ortaya konulmuştur. Belirlenen veriler Tablo 13’de gösterilmektedir.

Tablo 13. Yer seçiminde kullanılan kriterlere karşılık gelen veriler

Kriterler	Karşılık Gelen Veri	
	Genel	Veri Tabanı
Yerleşim Alanlarına Uzaklık	Yerleşim	yerlesim
Akarsulara Uzaklık	Akarsu	akarsu
Yollara Uzaklık	Yol	yol
Eğim	Eşyükselti	esyukselti
Arazi Örtüsü	Arazi Örtüsü	arazi_kullanimi
Yüzey Suları (Göl, Baraj Vb.)	Hidroloji	yuzey_sulari
Akifer Alanlarına Uzaklık	Akifer	yasak_alanlar
Jeoloji/Litoloji	Jeoloji	jeoloji
Su Kuyularına Uzaklık	Su Kuyuları	dogal_kaynaklar
Koruma Alanlarına Uzaklık	Koruma Alanları	yasak_alanlar
Fay Hatlarına Uzaklık	Fay Hattı	fay_hatti

Tablo 13'ün devamı

Havalimanlarına Uzaklık	Havalimanı	havalimani
Nüfus Yoğunluğu	Yerleşim	yerlesim
Demiryollarına Uzaklık	Demiryolları	demiryolu
Meteorolojik Koşullar	Meteoroloji	-
Sanayi Tesislerine Uzaklık	Sanayi Tesisleri	buyuk_yapilar
Doğal Kaynaklara Uzaklık	Doğal Kaynaklar	dogal_kaynaklar
Kıyı Çizgisine Uzaklık	Kıyı Çizgisi	kıyı_cizgisi
Enerji Hatlarına Uzaklık	Enerji Hatları	altyapi
Boru Hatlarına Uzaklık	Boru Hatları	altyapi
Atık Su Hatlarına Uzaklık	Atık Su Hatları	altyapi
Sulama Kanallarına Uzaklık	Sulama Kanalları	altyapi
Toprak (AKKS)	Toprak	toprak
Heyelan Bölgelerine Uzaklık	Heyelan	heyelan
Flora/Fauna Alanlarına Uzaklık	Flora/Fauna	yasak_alanlar
Taşınmaz Değeri	Değer Haritası	-
Mülkiyet	Mülkiyet Haritası	-
İdari Sınırlar	İdari Sınır	-
Sağlık Tesislerine Uzaklık	Halihazır	buyuk_yapilar
Eğitim Merkezlerine Uzaklık	Halihazır	buyuk_yapilar
DÜKADET Alanlarına Uzaklık	-	-

Yer seçimi sürecinde kullanılan konumsal veriler ve konumsal olmayan veriler genellikle büyük hacimlidir ve çok çeşitlilik gösterir. Bu tür verilerin etkin bir şekilde irdelenmesi için genellikle ve özellikle son yıllarda raster tabanlı CBS kullanılmaktadır. Çünkü CBS konumsal verilerin bir arada ve etkin bir biçimde irdelenebilmesi için çok büyük avantajlar sağlamaktadır.

2.5. Yer Seçimi İçin Veri Tabanı Tasarımı

Yer seçiminde kullanılan her kriter bir veri setine karşılık gelmektedir. Dolayısıyla uygulamadan elde edilen sonucun doğruluğu verinin kalitesi ile doğru orantılıdır. Türkiye’de olduğu gibi konumsal veri anlamında bir standart oluşturamamış ülkelerde veri setleri farklı kurumlar tarafından farklı formatlarda üretilmekte ve depolanmaktadır. Bazı durumlarda ise aynı veri setleri farklı kurumlar tarafından farklı yöntemlerle ve farklı ölçeklerde üretilmektedir. Kısacası veri üretiminde sorumluluk alanları net olarak bilinmemekte ve standart olarak birbiriyle uyuşmamaktadır. Bu durum konumsal verilerin organizasyonunda

önemli sorunlar ortaya çıkarmaktadır. Ayrıca farklı yöntemle üretilen bu veriler günlük problemlerin çözümünde kullanılmak üzere üretildiği için çoğunlukla geleceğe dönük bir planlama yapılmamaktadır. Bu durum genellikle üretilen verilerin CBS tabanlı çalışmalar için yetersiz kalmasına sebep olmaktadır.

Bu çalışma kapsamında yer seçimi için kullanılacak olan veriler bir bütün olarak değerlendirilmiş ve gereksinimler doğrultusunda bir veri tabanı oluşturulmuştur. Oluşturulan veri tabanı tasarımının genel görünümü Tablo 14'te gösterilmektedir.

Tablo 14. Yer seçiminde kullanılan veri tabanı tasarımı

sinir		arazi_kullanimi		esyukselti		jeoloji	
Shape	polygon	Shape	polygon	Shape	polyline	Shape	polygon
ID	guid	ID	guid	ID	guid	ID	guid
Puan	number	Tur	string	Yukseklk	number	Tur	string
akarsu		altyapi		fay_hatti		yol	
Shape	polyline	Shape	polyline	Shape	polyline	Shape	polyline
ID	guid	ID	guid	ID	guid	ID	guid
toprak		yüzey_sulari		heyelan		buyuk_yapilar	
Shape	polygon	Shape	polygon	Shape	polygon	Shape	polygon
ID	guid	ID	guid	ID	guid	ID	guid
AKK	string	Tur	string	Risk	string	Tur	string
demiryolu		kiyi_cizgisi		limanlar		havalimani	
Shape	polyline	Shape	polyline	Shape	polygon	Shape	polygon
ID	guid	ID	guid	ID	guid	ID	guid
dogal_kaynaklar		yasak_alanlar		yerlesim		bitki_ortusu	
Shape	polygon	Shape	polygon	Shape	polygon	Shape	polygon
ID	guid	ID	guid	ID	guid	ID	guid
Tur	string	Tur	string	Nufus	number	Tur	String

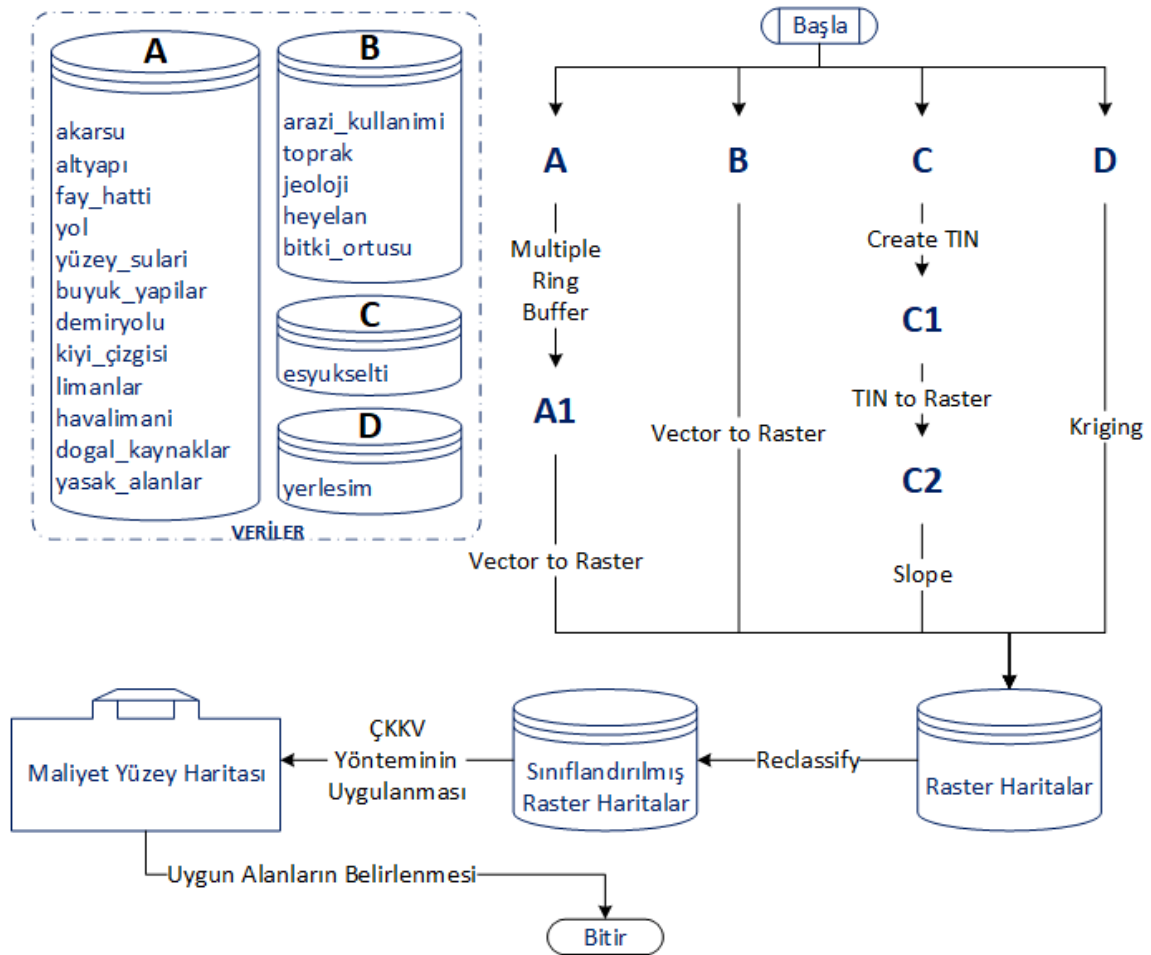
2.6. Yer Seçiminde Uygulanan Modellerin Tasarlanması

Yer seçimi uygulamaları, farklı disiplinler tarafından bir araya getirilen karmaşık yapıdaki konumsal ve konumsal olmayan verilerin toplanması, depolanması ve analiz edilmesini gerektirmektedir. Büyük veri kitleleri üzerinde yapılan bu işlemlerin hızlı ve etkin bir şekilde gerçekleştirilebilmesi CBS ile mümkün olabilmektedir. Yomralıoğlu (2009) göre,

CBS konuma dayalı işlemlerle elde edilen konumsal ve konumsal olmayan verilerin toplanması, depolanması, analizi ve kullanıcıya sunulması işlevlerini bir bütünlük içinde gerçekleştiren bir bilgi sistemidir.

Yapılan bu çalışma da CBS tabanlı bir yer seçimi uygulamasıdır. Yer seçimi uygulaması konumsal veriler üzerinde birtakım işlemlerin gerçekleştirilerek sonuç ürün üzerinden analizlerin gerçekleştirilmesi işlemi olarak tanımlanabilmektedir. Bu bağlamda oluşturulan veri tabanında yer alan veriler üzerinde gerçekleştirilecek işlemlerin belirlenerek modellenmesi gerekmektedir.

Yapılan bu tez çalışmasında hangi veri üzerinde hangi işlemlerin uygulanacağı belirlenerek model tasarlanmıştır. Bu model Şekil 3'te gösterilmektedir.



Şekil 3. Yer seçiminde uygulanacak model

2.7. Atık Kutularının Yerlerinin Belirlenmesi

Birçok kaynakta atık konteyneri olarak da tanımlanan atık kutuları kapasitesine göre ve toplanma tipine göre çeşitlilik göstermektedir. Nüfus yoğunluğunun fazla olduğu yerlerde katı atık üretimi de fazla olacağından dolayı bu bölgelerde yer yer büyük kapasitede atık kutuları kullanılmaktadır. Bu sebeple KADEP farklı kapasitede atık kutularını otomatik olarak nüfus yoğunluğuna göre yerleştirebilecek şekilde tasarlanmıştır. Atık kutularının yerleştirilmesinde altlık teşkil edecek bu nüfus yoğunluğu MERNİS üzerinden çekilebilmektedir.

Türkiye’de üretilen katı atık miktarı her yıl TUİK tarafından toplanarak istatistiksel olarak değerlendirilmektedir. Bu istatistikler içerisinde bölgesel olarak kişi başına günlük atık üretim miktarı da yer almaktadır. Buna göre TUİK’ten Türkiye’de bulunan her il için bir atık üretim miktarı istatistiği elde edilebilmektedir. Atık kutularının belirlenmesinde kullanılacak olan atık üretim miktarları bu istatistiklerden elde edilmektedir.

Atık kutularının konumlarının belirlenmesinde dikkat edilen en önemli girdilerden birisi de her binanın numarataj aldığı Cadde-Sokak-Bulvar-Meydan (CSBM) ile ilişkilendirilmesidir. Buna göre atık kutusu tahsis edilecek bir grup hanenin tamamı aynı yoldan numarataj almaktadır. Böylelikle haneler için tahsis edilen atık kutusunun binanın kapısından olan yürüme mesafesinin normal değerlerde kalması, hanelerin daha etkin gruplanabilmesi sağlanmaktadır.

Atık kutularının belirlenmesinde önem arz eden bir diğer konu ise hane ve atık kutusu arasındaki yürüme mesafesidir. Literatür kaynaklı araştırmalardan bu mesafenin 100 m için ideal olduğu belirlenmiştir (Ahmed vd., 2006; Illeperuma ve Samarakoon, 2010; Kashid vd., 2015; Khushi ve Ahmad, 2015). Buna göre geliştirilen model ile tahsis edilen atık kutuları her haneye en fazla 100 m uzaklıkta belirlenmiştir.

Literatürde yapılan çalışmalar çoğunlukla servis alanı mantığına dayalı olarak gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmanın temelinde ise yürüme mesafesine ve numarataj aldığı yola göre gruplandırılmış olan binaların, binada üretilen toplam atık miktarına ve birbirlerine göre olan mesafelerine dayalı olarak ağırlık merkezinin hesaplanması yatmaktadır. Analizin gerçekleştirilmesinde uygulanan model Şekil 4’te gösterilmektedir.

2.8. Atık Kutularının Yerlerinin Belirlenmesinde Uygulanan Modelin Tasarlanması

Analizin gerçekleştirilmesinde MAKS içerisinde yer alan bina numaratajı ve yol orta hat verileri kullanılmaktadır. MERNİS verisi üzerinden çekilen nüfus verisi UAVT kodu kullanılarak bina numarataj verisi ile bütünleştirilmektedir. Bu aşamadan sonra bina bazında toplam nüfus belirlenmekte ve TUİK'ten elde edilen kişi başına düşen atık üretim miktarı ile çarpılarak bina bazında toplam atık üretim miktarı elde edilmektedir. Yapılan analizler bu katman üzerinden gerçekleştirilmektedir.

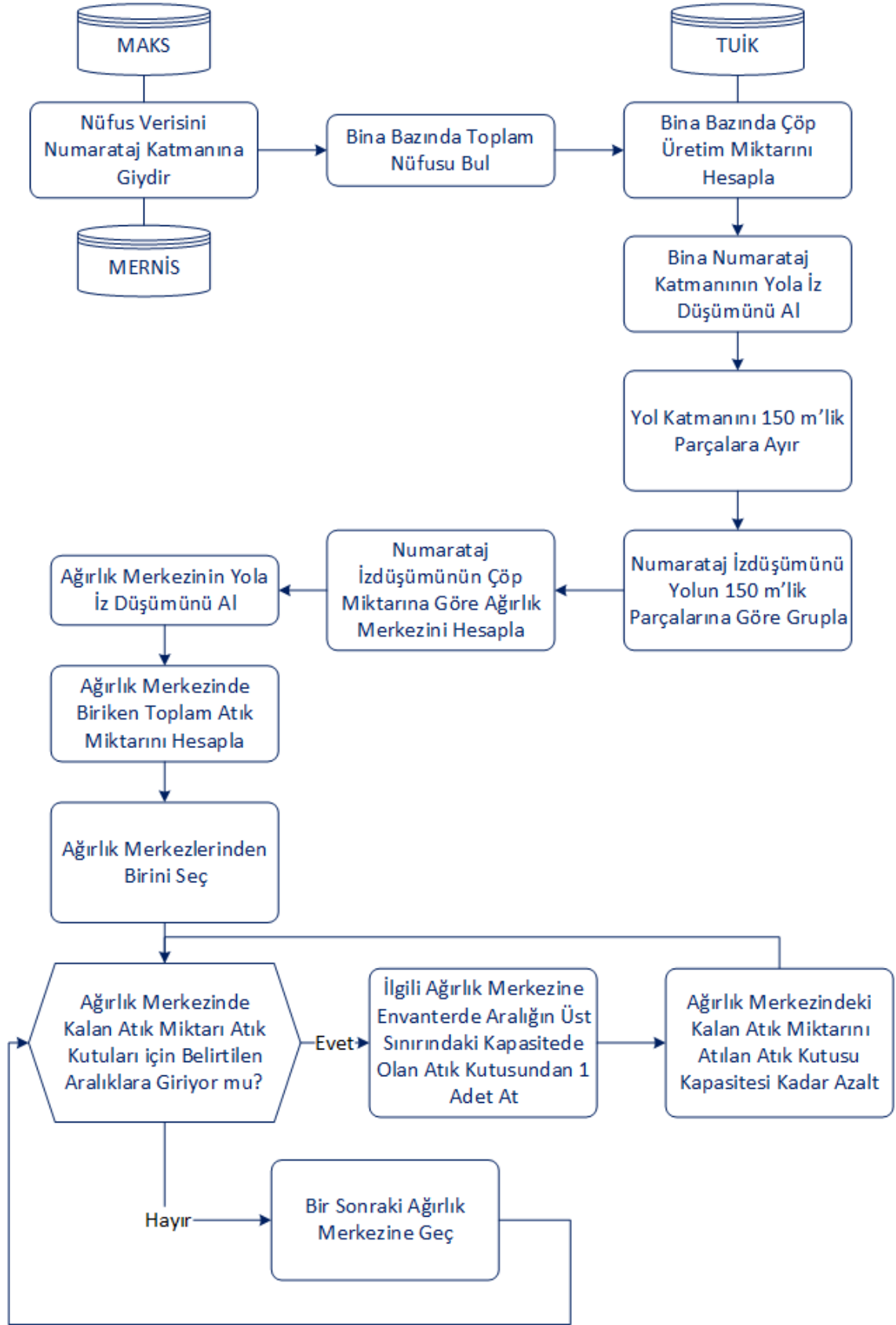
Daha sonra her bina numarataj aldığı yol üzerinden 100 m'lik parçalar üzerinden gruplandırılmaktadır. Yol orta hat 100 m'lik parçalara ayrılarak her bina izdüştüğü 100 m'lik (veya daha küçük) parça üzerinde gruplanmaktadır.

Bu aşamadan sonra gruplandırılmış olan numarataj üzerinde her grubun ağırlık merkezi belirlenmektedir. Ağırlık merkezinin belirlenmesi işleminde bina bazında üretilen toplam atık miktarı ve numaratajların birbirine olan mesafesi dikkate alınmaktadır.

Elde edilen ağırlık merkezi yer yer yol üzerinden sapabilmektedir. Bu sebeple son olarak bu ağırlık merkezlerinin ilgili yol üzerine izdüşümü alınarak atık kutularının yerleştirileceği yerler tespit edilmektedir.

Bir sonraki aşama ise belirlenen konuma yerleştirilecek atık kutusu kapasitesi ve miktarıdır. Buna göre gruplarda yer alan binaların toplam atık üretim miktarı dikkate alınmaktadır. Kullanıcı tarafından tanımlanan atık kutuları kapasitelerine göre gruptaki toplam atık miktarı sıfırlanana kadar tüketilmektedir. Elde edilen kapasite ve miktar kadar o grubun ağırlık merkezine atık kutusu atılmakta ve tipleri veri tabanına işlenmektedir.

Atık kutularının konumlarının belirlenmesinde uygulanan model Şekil 4'ten daha detaylı olarak irdelenebilir.



Şekil 4. Atık kutularının yerleştirilmesinde uygulanan model

2.9. Atık Toplama Araçlarının Güzergâhlarının Belirlenmesi

Atık toplama güzergâhları atık toplama araçlarının bulunduğu garajlardan çıkarak tüm atık kutularını dolaşan, daha sonra Aİ'lere ya da bertaraf tesislerine varan güzergâhlardır. Atık toplama güzergâhları her araç için en az bir kez belirlenmektedir. Güzergâhların belirlenmesinde dikkat edilen en önemli kriter atık kutularının kapasiteleridir. Veri tabanında saklanan atık kutularının belirlenen toplama sıklığı için tamamen dolduğu varsayılmaktadır.

Güzergâh belirlerken dikkat edilen bir diğer husus araçların kapasiteleri ve tipleridir. Buna göre her tipte araç yalnızca toplayabileceği atık kutularına gönderilmektedir. Ayrıca bir bölgeye, bölgede bulunan toplam katı atık miktarının tamamını toplayacak sayıda atık toplama aracı gönderilmektedir. Bunun için bölgede üretilen atık miktarları araç kapasitelerine göre tüketilerek toplam kapasite ve araç sayısı belirlenmektedir. Daha sonra kullanılması öngörülen kriterler dâhilinde ve belirlenen araç ve kapasitesine göre her araç için güzergâhlar belirlenmektedir.

Güzergâhlar belirlenirken okul giriş çıkış saatleri ve hastanelerin yoğun olduğu saatler dikkate alınmaktadır. Güzergâh bu saat aralıklarında ilgili yerden geçmeyecek şekilde belirlenmektedir. Böylelikle hem sağlık açısından bir kazanım sağlanırken hem de olası kaza riski en aza indirgenmektedir.

Güzergâh analizlerinin gerçekleştirilebilmesinde gerekli en temel bileşen yol verisidir. Türkiye'de yol verisi Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM), il özel idareleri ve yerel yönetimler tarafından oluşturulmaktadır. Mevcut veriler, hem birçok hatayı barındırmasından dolayı hem de veri ediniminin zor olmasından dolayı ağ analizi yapabilmek için yeterli değildir. Bu çalışmada yol ağı analizleri MAKS içerisinde yer alan yol verisi kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Ayrıca araçlar için çıkış noktası ve varış noktası için belli tanımlamalara ihtiyaç duyulmaktadır. Buna göre araç garajları (çıkış noktaları), Aİ'ler ve bertaraf tesisleri (varış noktaları) daha önceden yazılıma tanıtılmalıdır.

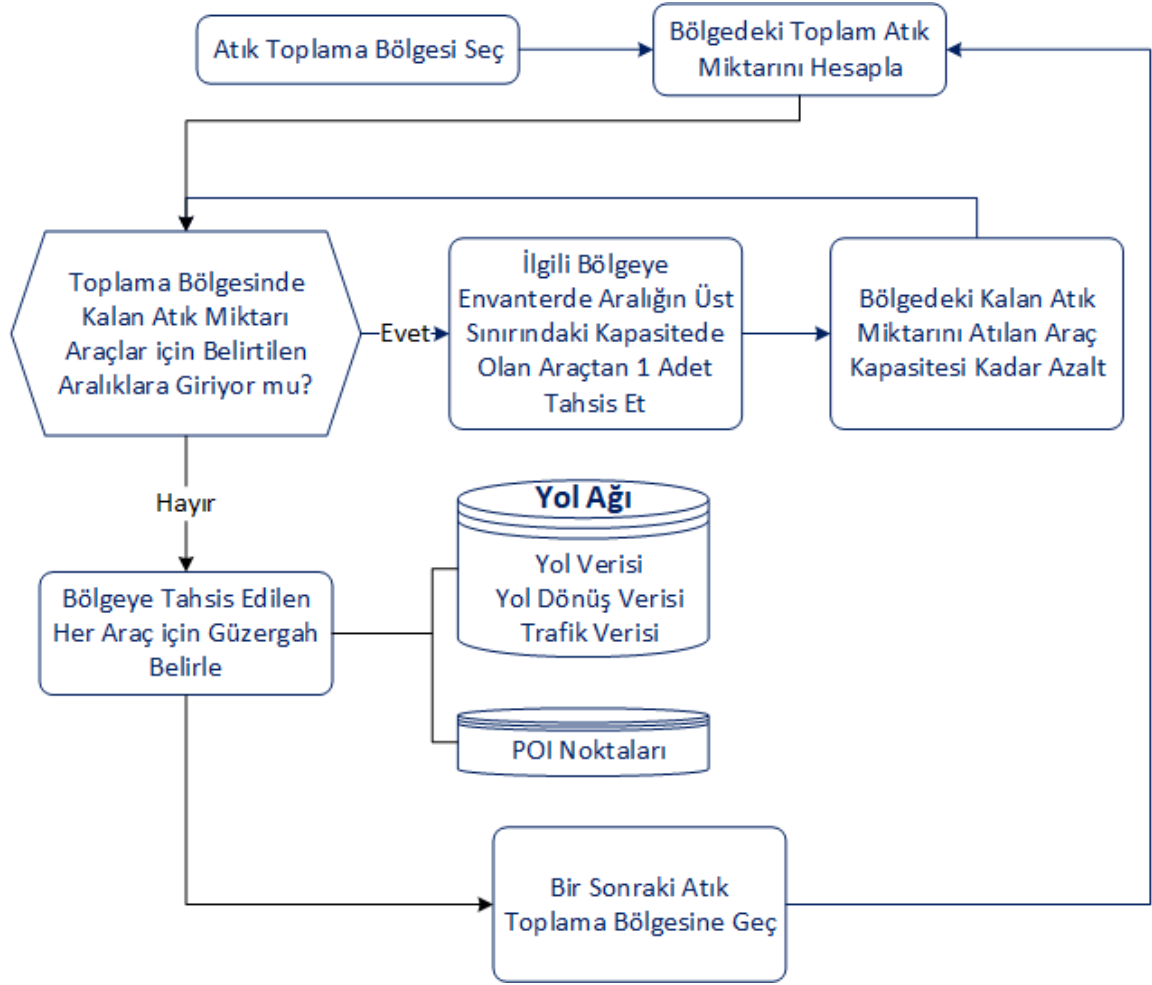
Atık toplama araçları için güzergâh belirleme işlemi bir VRP (Vehicle Route Problem) problemidir. ArcGIS hâlihazırda VRP için bir çözüm sunmaktadır. Bu çözüm güncellenip otomatik hale getirilerek KADEP'ye eklenmiştir. Güzergâh belirlemede uygulanan model Şekil 5'ten irdelenebilmektedir.

2.10. Güzergâhlarının Belirlenmesinde Uygulanan Modelin Tasarlanması

Güzergâhların belirlenmesi için öncelikle atık kutularının konumları belirlenmeli ya da yazılıma tanıtılmalıdır. Bu işlemden sonra araç kapasiteleri ve sayıları da yazılıma tanıtılmalıdır. POI (Point of Interest) noktaları olarak adlandırabileceğimiz araçların saat kısıtlamasının bulunduğu yerler ve trafik lambalarının bulunduğu yerler de daha önceden yazılıma tanıtılmalıdır.

Birinci aşamada hangi bölgede ne kadar sayıda ve kapasitede araçların kullanılacağı belirlenmektedir. Bunun için bölgede bulunan toplam atık miktarı belirlenmekte ve mevcut araç envanteri ile bu atık miktarı tüketilerek bölgelerde kullanılacak araç tipleri ve sayıları belirlenmektedir.

İkinci aşamada ise VRP analizi her araç için MAKS yol verisi üzerinden, araç garajlarından çıkarak Aİ'ler ya da bertaraf tesislerine varan, bu aralıkta tüm atık kutularını toplayan en uygun güzergâhları belirlemektedir. Burada uygunluk kriteri saat kısıtlamaları, mesafe uzunluğu ve trafik lambaları vb. unsurlardır. Trafik verisi servis gerektiren bir veri olduğu için maliyet arttırıcıdır. Kullanıcı talebiyle bu veri yazılıma bütünleştirilebilir. Ancak bu çalışma kapsamında trafik durumu dikkate alınmamaktadır.



Şekil 5. Atık toplama güzergâhlarının belirlenmesinde uygulanan model

2.11. Karar Destek Platformu (KADEP)'nin Tasarlanması

KADEP temelinde bir servis mimarisiyle çalışan bir yazılım olduğu için geliştirilmek istenen ürünün öncelikle dokümanlarla ortaya koyulması gerekmektedir. Bu dokümanlar yazılımın oluşturulması için yazılımcının temel alacağı ve ürünün henüz üretilmemişken nelere cevap vereceğini belirten belgelerdir. Bunlar kullanıcı ihtiyacı listesi, yazılım gereksinim dokümanı, iş-düzyer usecase listesi, kavramsal veri tabanı tasarımı gibi dokümanlardır. Yapılan bu tez bir San-Tez projesi olan “Bütünleşik Katı Atık Yönetim Sistemleri için Servis Tabanlı Bir Karar-Destek Platformunun Geliştirilmesi” projesi kapsamında çalışıldığı için bu dokümanların eksiksiz olarak oluşturulması gerekmektedir.

2.11.1. Kullanıcı İhtiyacı Listesi

Kullanıcı ihtiyacı listesi son kullanıcının üründen beklentilerini içeren bir listedir. Bu listede kullanıcının üründe gerçekleştirmek istediği işlemler, almak istediği çıktılar vb. istekler yer almaktadır. Bu çalışma kapsamında kullanıcı ihtiyacı listesi için yerel yönetimlerden bazı yetkililerle görüşülmüştür. Görüşme sonucunda elde edilen bulgular doğrultusunda kullanıcı ihtiyacı listesi oluşturulmuştur. Kullanıcı ihtiyacı listesinin örneği Şekil 6'da gösterilmiştir.

<p>Bertaraf Tesisleri</p> <p>Depolama Tesisi Alanı Yer Seçimi</p> <p>Kullanıcı depolama tesisi alanı yer seçimi için kullanmak istediği verileri belirli bir veri seti içerisinde kendisi seçebilmelidir.</p> <p>Kullanıcı depolama tesisi alanı yer seçimi için kullanmak istediği ÇKKV yöntemini belirli yöntemler arasından (BAT, AHP, TOPSIS) kendisi seçebilmelidir.</p> <p>Kullanıcı depolama tesisi alanı yer seçimine ilişkin puanlar, puanlara ilişkin aralık ve değerleri talep ettiğinde değiştirebilmeli ve bu değişiklikleri kullanıcı tanımlı değerler olarak kaydedebilmelidir.</p> <p>Kullanıcı depolama tesisi alanı yer seçimine ilişkin ağırlıkların belirlenmesinde kullanılacak olan karşılaştırma matrisini talep ettiğinde değiştirebilmeli ve bu değişiklikleri kaydedebilmelidir.</p> <p>Kullanıcı analiz sonucu oluşacak raster harita üzerinden uygun depolama tesisi alanlarını vektörel bir veri temsilinde çizebilmelidir.</p> <p>Kullanıcı poligon olarak çizdiği depolama tesisi alanlarına isim, il, Durum gibi öznelik bilgileri tanımlayabilmelidir.</p> <p>Kullanıcı depolama tesisi alanları üzerinde öznelik bilgilerine göre ya da sorgu alanlarına göre sorgulama yapabilmelidir.</p> <p>Kompost Tesisi Alanı Yer Seçimi</p> <p>Kullanıcı kompost tesisi alanı yer seçimi için kullanmak istediği verileri belirli bir veri seti içerisinde kendisi seçebilmelidir.</p> <p>Kullanıcı kompost tesisi alanı yer seçimi için kullanmak istediği ÇKKV yöntemini belirli yöntemler arasından (BAT, AHP, TOPSIS) kendisi seçebilmelidir.</p> <p>Kullanıcı kompost tesisi alanı yer seçimine ilişkin puanlar, puanlara ilişkin aralık ve değerleri talep ettiğinde değiştirebilmeli ve bu değişiklikleri kullanıcı tanımlı değerler olarak kaydedebilmelidir.</p> <p>Kullanıcı kompost tesisi alanı yer seçimine ilişkin ağırlıkların belirlenmesinde kullanılacak olan karşılaştırma matrisini talep ettiğinde değiştirebilmeli ve bu değişiklikleri kaydedebilmelidir.</p> <p>Kullanıcı analiz sonucu oluşacak raster harita üzerinden uygun kompost tesisi alanlarını vektörel bir veri temsilinde çizebilmelidir.</p> <p>Kullanıcı poligon olarak çizdiği kompost tesisi alanlarına isim, il, Durum gibi öznelik bilgileri tanımlayabilmelidir.</p> <p>Kullanıcı kompost tesisi alanları üzerinde öznelik bilgilerine göre ya da sorgu alanlarına göre sorgulama yapabilmelidir.</p> <p>Yakma Tesisi Alanı Yer Seçimi</p> <p>Kullanıcı yakma tesisi alanı yer seçimi için kullanmak istediği verileri belirli bir veri seti içerisinde kendisi seçebilmelidir.</p>

Şekil 6. Kullanıcı ihtiyacı listesi örneği

2.11.2. Yazılım Gereksinim Dokümanı (YGD)

YGD temel olarak kullanıcı ihtiyacı listesinin daha detaylı halidir. YGD içerisinde ayrıca yazılımın geliştirilmesinde kullanılacak kodlama dilleri, platformlar, sunucu donanım bilgileri vb. bilgiler de yer almaktadır. Ayrıca yazılımın amacı, hedef çıktılar, yazılımın arka planda çalışırken kullanacağı algoritmalar, güvenlik ve performans bilgileri, harici arayüz gereksinimleri ve kullanıcı sınıfları bu doküman içerisinde tanımlanmaktadır. Temel olarak bu doküman yazılımcının kodlama işlemini gerçekleştirirken bağlı kalacağı ve her türlü sorusuna cevap alabileceği bir doküman olarak görülebilir. Bu tez çalışması kapsamında da kullanıcı ihtiyacı listesi göz önünde bulundurularak YGD oluşturulmuştur. Oluşturulan YGD'ye ilişkin genel bilgilerin bulunduğu bilgi sayfası Şekil 7'de gösterilmiştir.

0977.STZ.2015 Yazılım Gereksinim Dokümanı

Doküman Kontrol

Proje Adı/No	0977.STZ.2015
Doküman Adı	Yazılım Gereksinim Dokümanı
Doküman No	AYS-1.0.0
İlk Yayın Tarihi	01.07.2017
Versiyon No	1.0.0
Son Revizyon Tarihi	30.06.2017
Yazar	Fatih Terzi
Dosya İsmi	AYS-YGD-v1
Toplam Sayfa Sayısı	30
Referans	
Bulunduğu Yer	Ankara
Doküman Sahibi	Karadeniz Teknik Üniversitesi
Koruyucu İşaretleme	<input checked="" type="checkbox"/> G <input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> S <input type="checkbox"/> T

Doküman Onayları

Hazırlayan	Kontrol Eden	Onaylayan
Fatih Terzi	H. Murat Akdoğan Mehmet Ali Yıldız	Volkan Yıldırım

Şekil 7. YGD içerisinde örnek bir sayfa

2.11.3. İş-Düzyey Usecase Listesi

İş-düzyey usecase listesi son kullanıcının yazılımı kullanırken gerçekleştirebileceği işlemleri ve bu işlemlere karşılık alacağı tepkiyi gösteren bir eylem listesi olarak tanımlanabilir. Usecase listesi YGD ile etkileşimli olarak oluşturulur. Temel olarak YGD içerisindeki her isteğe usecase listesinde atıf yapılarak cevap verilmelidir. Usecase listesi yazılımın kullanımında kullanıcının etkilerini ve hatalar da dâhil olmak üzere yazılımın tepkilerini göstermektedir. Usecase listesinin bir diğer türü de tasarım-düzyey usecase listesidir. Bu liste iş-düzyey usecase listesinden oluşturulmakla birlikte yazılımın kendi içerisindeki etki ve tepkileri de içermektedir. Yani yazılımın sunucu tarafından bir web arayüzünden aldığı etkiye karşılık yaptığı işlemler ve daha sonra web arayüzüne verdiği tepkiler tasarım-düzyey usecase dokümanına işlenmektedir. Bu tez çalışması kapsamında projeye altlık teşkil edebilmesi amacıyla YGD dokümanı irdelenerek iş-düzyey usecase listesi oluşturulmuştur. İş-düzyey usecase listesinden U27 numaralı usecase Tablo 15'te gösterilmiştir.

Tablo 15. U27 numaralı usecase

Use Case ID	U27
Use Case Adı	Kompost Tesisi Alanı Yer Seçimi Analizinde Kullanılacak Karşılaştırma Matrisinin, Sıralama Listesinin ve Ağırlık Belirleme Yönteminin Belirlenmesi
Gereksinim ID	G66, G74, G90, G91
Aktör	Y, A
Tanım	Kompost tesisi alanı yer seçimi analizinde kullanılacak olan ağırlık belirleme yönteminin belirlenmesi, karşılaştırma matrisinin ve sıralama listesinin oluşturulması işlemidir.
Ön Koşullar	<ol style="list-style-type: none"> 1. Karşılaştırma matrisi ve sıralama listesi daha önceden sisteme default olarak kaydedilmiş olmalıdır. 2. ÇKKV yöntemleri (BAT, AHP, TOPSIS) ve bu yöntemlerin matematik modelleri yazılımda tanımlanmış olmalıdır.

Tablo 15'in devamı

Son Koşullar	<ol style="list-style-type: none"> 1. İşlem sonucunda ağırlıkların belirlenmesi için kullanılacak olan ÇKKV yöntemi seçilmelidir. 2. İşlem sonucunda ağırlıkların belirlenmesinde kullanılacak olan karşılaştırma matrisi ya da sıralama listesi tanımlanmış olmalıdır.
Ana Senaryo	<ol style="list-style-type: none"> 1. U26 2. Kullanıcı ağırlıkların belirlenmesinde kullanılacak ÇKKV yöntemi olarak AHP ya da TOPSIS yöntemlerinden birini seçer. 3. Sistem veri tabanından default olarak kaydedilmiş olan karşılaştırma matrisini çeker ve kullanıcıya gösterir. 4. Kullanıcı Analizi Başlat butonuna tıklar. 5. Kompost tesisi alanı yer seçimine ilişkin analiz başlatılır. 6. Kullanıcı analiz işlemi devam ederken bilgilendirilir. 7. Analiz sonucu üretilen raster veri tabanında saklanır. 8. Analiz sonucu haritada görüntülenir.
Alternatif Senaryo A	<ol style="list-style-type: none"> 1. U26 2. Kullanıcı ağırlıkların belirlenmesinde kullanılacak ÇKKV yöntemi olarak AHP ya da TOPSIS yöntemlerinden birini seçer. 3. Kullanıcı arayüzden Kendi Ayarlarım radyo butonuna tıklar. 3.1. Kullanıcının sistemde kayıtlı bir ayarı yoksa default ayarlar görüntülenir. 3.2. Kullanıcının sistemde kayıtlı bir ayarı varsa kullanıcının kendi ayarları görüntülenir. 4. Kullanıcı karşılaştırma matrisinde değişiklik yapar. (Bu değişiklikler el ile yapılabildiği gibi bir buton yardımı ile default ayarları kendi ayarlarına kopyalayarak da yapılabilir.) 4.1. Kullanıcı değişiklikleri kalıcı olarak kaydeder. 5. Kullanıcı Analizi Başlat butonuna tıklar. 6. Kompost tesisi alanı yer seçimine ilişkin analiz başlatılır. 7. Kullanıcı analiz işlemi devam ederken bilgilendirilir. 8. Analiz sonucu üretilen raster veri tabanında saklanır. 9. Analiz sonucu haritada görüntülenir.
Alternatif Senaryo B	<ol style="list-style-type: none"> 1. U26 2. Kullanıcı ağırlıkların belirlenmesinde kullanılacak ÇKKV yöntemi olarak BAT yöntemini seçer. 3. Sistem veri tabanından default olarak kaydedilmiş olan sıralama listesini çeker ve kullanıcıya gösterir. 4. Kullanıcı Analizi Başlat butonuna tıklar. 5. Kompost tesisi alanı yer seçimine ilişkin analiz başlatılır. 6. Kullanıcı analiz işlemi devam ederken bilgilendirilir. 7. Analiz sonucu üretilen raster veri tabanında saklanır. 8. Analiz sonucu haritada görüntülenir.

Tablo 15'in devamı

Alternatif Senaryo C	<ol style="list-style-type: none"> 1. U26 2. Kullanıcı ağırlıkların belirlenmesinde kullanılacak ÇKKV yöntemi olarak BAT yöntemini seçer. 3. Kullanıcı arayüzden Kendi Ayarlarım radyo butonuna tıklar. 3.1.Kullanıcının sistemde kayıtlı bir ayarı yoksa default ayarlar görüntülenir. 3.2.Kullanıcının sistemde kayıtlı bir ayarı varsa kullanıcının kendi ayarları görüntülenir. 4. Kullanıcı sıralama listesinde değişiklik yapar. (Bu değişiklikler el ile yapılabildiği gibi bir buton yardımı ile default ayarları kendi ayarlarına kopyalayarak da yapılabilir.) 4.1.Kullanıcı değişiklikleri kalıcı olarak kaydeder. 5. Kullanıcı Analizi Başlat butonuna tıklar. 6. Kompost tesisi alanı yer seçimine ilişkin analiz başlatılır. 7. Kullanıcı analiz işlemi devam ederken bilgilendirilir. 8. Analiz sonucu üretilen raster veri tabanında saklanır. 9. Analiz sonucu haritada görüntülenir.
Alternatif Senaryo D	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kullanıcı Geri butonuna tıklayarak Kompost Tesisi Alanı Yer Seçimine İlişkin Puanlama İşlemi işlemine geri döner.
Aykırı Senaryo A	<p>4, 5.A, 4.B, 5.C.a. Kullanıcı herhangi bir ÇKKV yöntemini seçmemiştir.</p> <p>5, 6.A, 5.B, 6.C.a. “Herhangi bir ÇKKV yöntemi seçilmedi” yazısı ile birlikte bir uyarı ekranı görüntülenir.</p>
Aykırı Senaryo B	<p>4, 4.1.A, 5.A.a. Kullanıcı karşılaştırma matrisinde herhangi bir kutucuğu boş bırakmıştır.</p> <p>5, 4.2.A, 6.A.a. “Karşılaştırma matrisinde boş bırakılan yerler var” yazısı ile birlikte bir uyarı ekranı görüntülenir.</p>
Aykırı Senaryo C	<p>4.B, 4.1.C, 5.C.a. Kullanıcı sıralama listesinde herhangi bir kutucuğu boş bırakmıştır.</p> <p>5.B, 4.2.C, 6.C.a. “Sıralama listesinde boş bırakılan yerler var” yazısı ile birlikte bir uyarı ekranı görüntülenir.</p>
Notlar	<p>ÇKKV yöntemleri için kullanılacak formüller YGD dokümanında yer alan F1, F2, F3'tür.</p>

2.11.4. Kavramsal Veri Modeli ve Veri Modeli

Kavramsal veri modeli, veri modelinin tasarlanabilmesi amacıyla oluşturulan bir dokümandır. Bu dokümanda YGD ve usecase listesi irdelenerek gerekli veriler listelenmektedir. Veri modeli ise kavramsal veri modelinin detaylandırılması ile oluşturulan veri tabanı tasarımıdır. Veri modeli yazılım geliştirilirken ihtiyaç duyulacak olan verilerin organize edildiği bir tasarımıdır. Bu dokümanda yazılımın analizleri gerçekleştirirken kullanılacağı bütün veriler belirtilmektedir. Bahsi geçen bu veriler konumsal veriler olabileceği gibi konumsal olmayan (öznitelik) veriler de olabilmektedir. Bununla birlikte bilinmektedir ki her konumsal ve konumsal olmayan veriye ilişik öznitelik tabloları bulunmaktadır. Bu tablolarda veride belirtilmesi gereken özniteliklere ilişkin sütunlar yer almaktadır. Örneğin; bir binanın kapısının gösterildiği numarataj katmanında kapı numarasının belirtilebilmesi için “KapıNo” isminde bir sütun açılarak, öznitelik bu sütuna girilmektedir. Veri modelinde de ihtiyaç duyulan her veride “ID, Adı, Durumu” gibi ihtiyaç duyulan her öznitelik belirtilmelidir. Ayrıca bu dokümanda öznitelik verisinin ne amaçla kullanıldığına da yer verilmektedir. Çalışma kapsamında YGD ve usecase listeleri irdelenerek kullanılacak olan veri modeli tasarlanmıştır. Veri modelinin bir bölümü Tablo 16’da gösterilmiştir.

Tablo 16. Veri modeline örnek

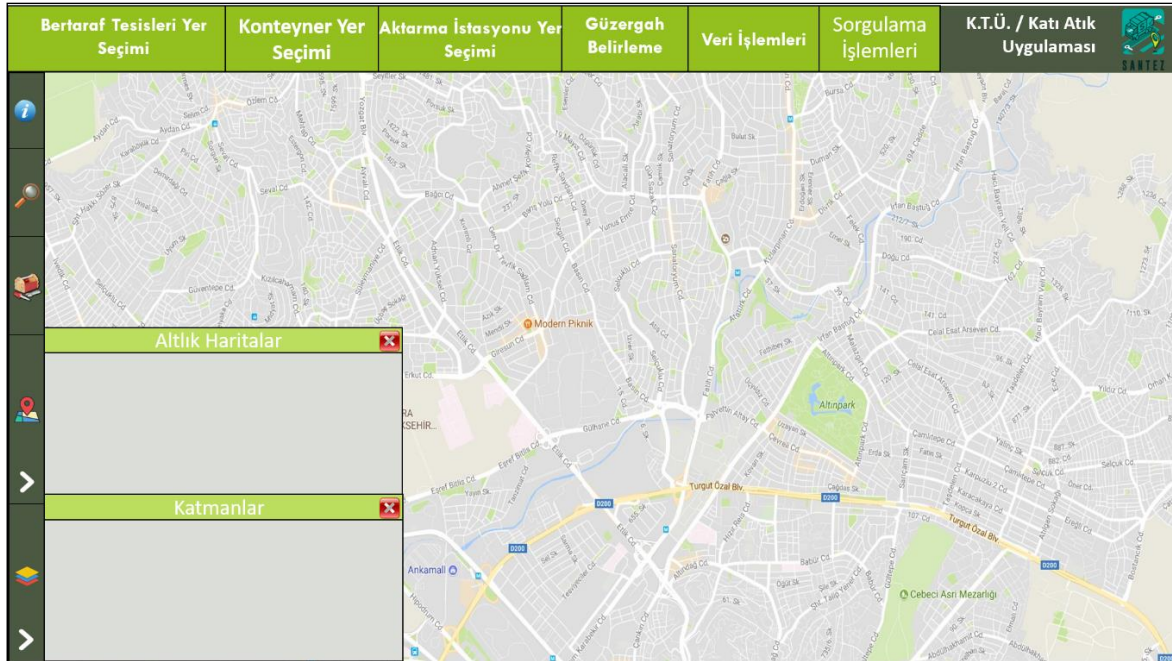
YNTMTP		Analiz verisi üzerinde yapılacak olan işlem tipidir. (Buffer,Classification,Eşitlik)
ID	number	
AD	string	
VRTP		Analize dahil edilecek olan veri bilgisidir. (Akarsu alanları, nüfus, demiryolları)
ID	number	
AD	string	
HSPTP		Analize dahil edilen veri tiplerinin ne tür değerlere göre analizi etkileyeceği bilgisidir (Aralık-Range, Eşitlik Değeri-Coded Value).
ID	number	
AD	string	

Tablo 16'nın devamı

VRTPHSPTP		Veri tipi ile hesap tipleri arasındaki ilişki tablosudur.
ID	number	
VRTPID	number	
HSPTPID	number	
VRTPYNTMTP		Veri tipi ile yöntem tipi arasındaki ilişki tablosudur.
ID	number	
VRTPID	number	
YNTMTPID	number	

2.11.5. Arayüz Tasarımı

Arayüz tasarımı yazılım geliştirilirken hangi özelliklere yer verileceği, hangi işlemlerin menü ile sunulacağı, arayüz üzerinde hangi işlemlerin sihirbazlar aracılığıyla gösterileceği vb. bilgiler yer almaktadır. Bu çalışma kapsamında yazılımın geliştirilmesine yardımcı olacak arayüz tasarımı yapılmıştır. Bu dokümanın bir örneği Şekil 8'de gösterilmiştir.



Şekil 8. Arayüz tasarımına örnek

2.11.6. KADEP'nin Teknik Bilgileri

Yazılımın geliştirilmesinde kullanılacak platform olarak “.Net Framework” platformu belirlenmiştir. Sunucu tarafında ise Angular TypeScript (JavaScript) ve ArcGIS API for JavaScript 3x seçilmiştir. DÜKADET, KT, YT ve Aİ'ler arayüz üzerinden tetiklenerek web sunucularında yer alan coğrafi veri tabanı kullanılarak yapılacak analizler ile tespit edilmektedir. Yazılım yeri seçimi sürecinde %90'ın üzerinde otomasyon sağlamaktadır. Yazılıma entegre analizlere modül olarak üç ana yedi alt başlık olarak belirlenmiştir. Ana başlıklar; “Yer Seçimi, Atık Kutusu Yeri Belirleme, Güzergâh Belirleme” olmak üzere üç adettir. Alt başlıklar ise; “Depolama Tesisi, Kompost Tesisi, Yakma Tesisi, Aktarma İstasyonu, Atık Kutusu Yeri Belirleme, Güzergâh Belirleme” olmak üzere yedi adettir. KADEP'nin geliştirilmesinde kullanılan donanım ve yazılım özellikleri şunlardır.

1. Kullanılan sunucu bilgileri;
 - Sunucu işletim sistemi: Windows Server 2012 R2
 - Sunucu IP: 10.6.5.92
 - Kullanıcı: Domain Kullanıcı
 - Sunucu işlemcisi: Intel Xeon CPU E5 2.7 GHz, 12 çekirdekli ve 30 MB of L3 önbellek.
 - Sunucu RAM: 64 GB
 - Sunucu belleği: 100 GB
2. Veri tabanı bilgileri
 - Kullanılan veri tabanı: PostgreSQL 9.4
 - Veri tabanı kullanıcı: sde
3. ArcGIS hesaplama yöntemi: Python Script

2.11.7. KADEP'nin İşleyişi

KADEP web arayüzünden tetiklenerek sunucu üzerindeki analiz araçları aracılığıyla veri tabanındaki veriler üzerinden analizlerini gerçekleştiren ve yine web arayüzü üzerinden bunları kullanıcıya sunan bir platformdur. Kullanıcılar yalnızca web arayüzünü görüntüleyebilmekte sunucu tarafına ise yalnızca yönetici müdahale edebilmektedir. San-Tez projesi kapsamında geliştirilen bu platform geliştirilme süreci iki aşamalı olarak

gerçekleştirilmiştir. Sunucu tarafında ArcGIS Server Enterprise yazılımı kullanılmaktadır. Analizlerin gerçekleştirilebilmesi için “ArcPy” dilinde küçük program (makro, script)’lar kodlanmıştır ve bunlar ArcGIS Server Enterprise ile bütünleşiktir. Veri tabanı PostgreSQL kullanılarak oluşturulmuştur ve ArcGIS ile bütünleşiktir. Analizler sunucu tarafında yapılmakta ve sonuçlar web arayüzüne aktarılmaktadır. Yönetici dışındaki kullanıcılar sunucuya doğrudan müdahale edememektedir.

Sunucunun analizleri gerçekleştirebilmesi için web arayüzünden tetiklenmesi gerekmektedir. Yani analizde kullanılacak olan girdiler ve değerler web arayüzünden kullanıcılar tarafından girilmekte ve sunucu tetiklenerek analizler gerçekleştirilmektedir. Bunun için web arayüzü daha önce yapılan arayüz tasarımı güncellenerek oluşturulmuştur. Web arayüzü JavaScript kodlama diliyle oluşturulmuştur. Kullanıcı, kendisine izni tanımlanmış olan işlemleri, kayıtları ve değişiklikleri bu arayüz üzerinden yapabilmektedir.

2.11.7.1. KADEP’nin CBS Bileşeni

KADEP iki bölümden oluşmaktadır. İlki sunucu tarafında çalışan CBS bileşeni diğeri ise web arayüzüdür. CBS bileşeni analizleri gerçekleştirmek amacıyla oluşturulmuştur. Arayüzden kullanıcı tarafından girilen parametreler ile sunucu tetiklenerek analizler gerçekleştirilmektedir. Bu analizlerin gerçekleştirilmesin için farklı araçlar geliştirilmiştir. Bunlar yer seçimi, atık kutularının yerlerinin belirlenmesi ve güzergâh belirleme işlemleri için ayrı ayrı oluşturulmuş ve sunucuya yüklenmiştir.

2.11.7.1.1. Yer Seçimi

CBS bileşeninde yer seçimi analizini gerçekleştirebilmek için farklı araçlar geliştirilmiştir. Bunların geliştirilmesinde Arcpy programlama dili kullanılmıştır. Ayrıca bazı işlemler Model Builder kullanılarak analize dâhil edilmiştir.

2.11.7.1.1.1. Araçlar ve İşlevleri

Yer seçimi analizini gerçekleştirmek amacıyla 5 adet araç geliştirilmiş ve kodlanmıştır. Bunlar MRP Tool, Feature to Raster Tool, Kriging Tool, Reclassification Tool ve RasterCalculator Tool araçlarıdır. Bu araçların geliştirilmesinde Arcpy ve Model Builder kullanılmıştır.

2.11.7.1.1.1.1. MRP Tool

MRP Tool, Multiple Ring Buffer işlemini gerçekleştiren bir araçtır. Bu araç 6 parametre almaktadır. Bu araç kaynak verileri (yol, limanlar, dere, altyapı vs.) sabit olarak okur ve ona göre mesafeleri tanımlar. Buffer işlemi için atılacak son mesafe girildikten sonra bu araç 25'er m'lik tampon bölge (buffer)'ler oluşturarak Multiple Ring Buffer işlemini gerçekleştirir. Bu araç her yeni veri tipi için yalnızca bir kez kullanılır. MRP Tool'da parametreler Şekil 9'daki gibi girilmektedir.

The screenshot shows the MRP Tool interface with the following sections:

- YOLMESAFELER:** A list box containing the values 25 and 50. To the right of the list are control buttons: a plus sign (+), a minus sign (-), an up arrow (↑), and a down arrow (↓).
- YOLFC:** A text input field containing the value "MRPTool2:YOLFC". To the right of the field is a small icon.
- YAPIMESAFELER:** A list box containing the values 25 and 50. To the right of the list are control buttons: a plus sign (+), a minus sign (-), an up arrow (↑), and a down arrow (↓).

Şekil 9. MRP Tool

Bu parametrelerden 'YOLMESAFELER' ve 'YAPIMESAFELER' mantık olarak aynıdır. Bu kısımlara mesafe birimleri girilmekte ve ayrıca birimi olarak ";" (noktalı virgül)

kullanılmaktadır. 'YOLFC' ve 'YAPIFC' kısımları da mantık olarak aynıdır. Bu kısımlara katmanların kayıtlı olduğu dosya yolu (path) girilmektedir. 'YOLBUFFERED' ve 'YAPIBUFFERED' kısımları da mantık olarak birbiriyle aynıdır. Bu kısımlara da işlemten sonra oluşacak çıktının dosya yolu ve ismi girilmektedir.

2.11.7.1.1.1.2. Feature to Raster Tool

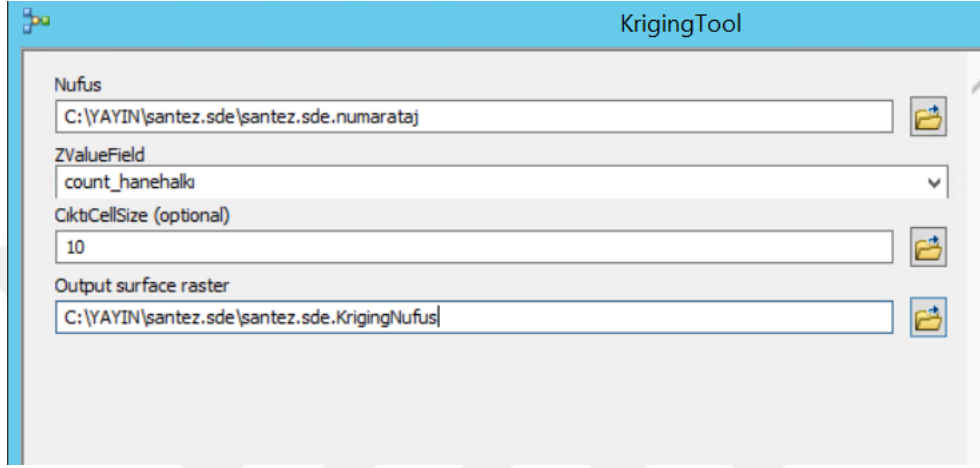
Bu araç tampon bölge (buffer) oluşturulan katmanların raster formatına dönüştürülmesi amacıyla kullanılmaktadır. Bu araç her yeni veri tipi için bir kez yapılmaktadır. Bu işlemin uygulandığı her yeni veri için çıktı ürünler analizlerde kullanılmak üzere veri tabanında saklanmaktadır.

Şekil 10. Feature to Raster Tool

'YOLRASTEROUTPUT' ve 'YAPIRASTEROUTPUT' kısımları mantık olarak aynıdır. Bu kısımlara çıktı katmanların dosya yolu yazılmaktadır (Şekil 10). 'YapiBuffered' ve 'YolBuffered' kısımları da mantık olarak aynıdır. Bu kısımlara ise raster formatına dönüştürülecek katmanların dosya yolu yazılmaktadır. 'YapiField' ve 'YolField' kısımları da mantık olarak aynıdır. Bu kısımlara oluşturulan tampon bölge mesafelerinin (25'er m'lik tampon bölgelere ait mesafeler) bulunduğu öznitelik sütunları girilmektedir. Bu değer istenildiği takdirde sabitlenerek sürekli aynı isimdeki öznitelik sütunu kullanılabilir.

2.11.7.1.1.1.3. Kriging Tool

Bu araç her yeni yerleşim verisi üzerinde ve nüfus yoğunluğu katmanının oluşturulması amacıyla bir kez kullanılmaktadır (Şekil 11).



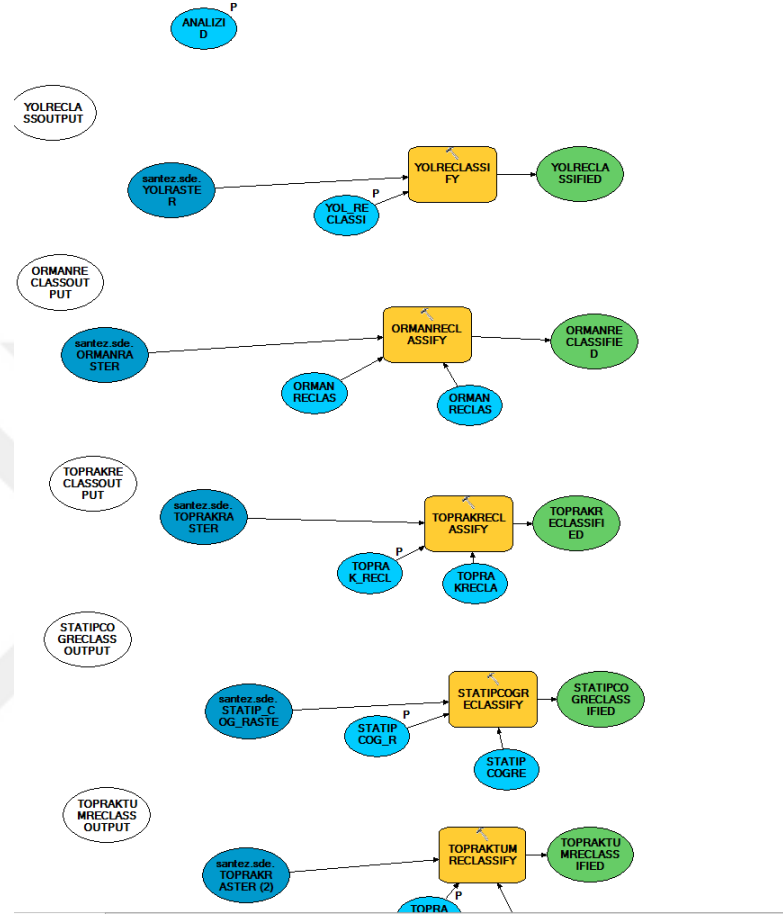
Şekil 11. Kriging Tool

Bu araçta 'Nufus' kısmına nüfus verisinin girilmiş olduğu yerleşim katmanı girilmektedir. 'ZValueField' kısmında ise yerleşim katmanı içerisinde nüfusun girildiği öznitelik sütunu girilmektedir. 'Output surface raster' kısmında ise oluşacak çıktı katman için dosya yolu tanımlanmaktadır. Bu araçla üretilecek olan nüfus katmanı da analizlerde kullanılmak üzere ve Feature to Raster Tool aracının ürettiği katmanlar ile aynı yerde saklanmaktadır.

2.11.7.1.1.1.4. Reclassification Tool

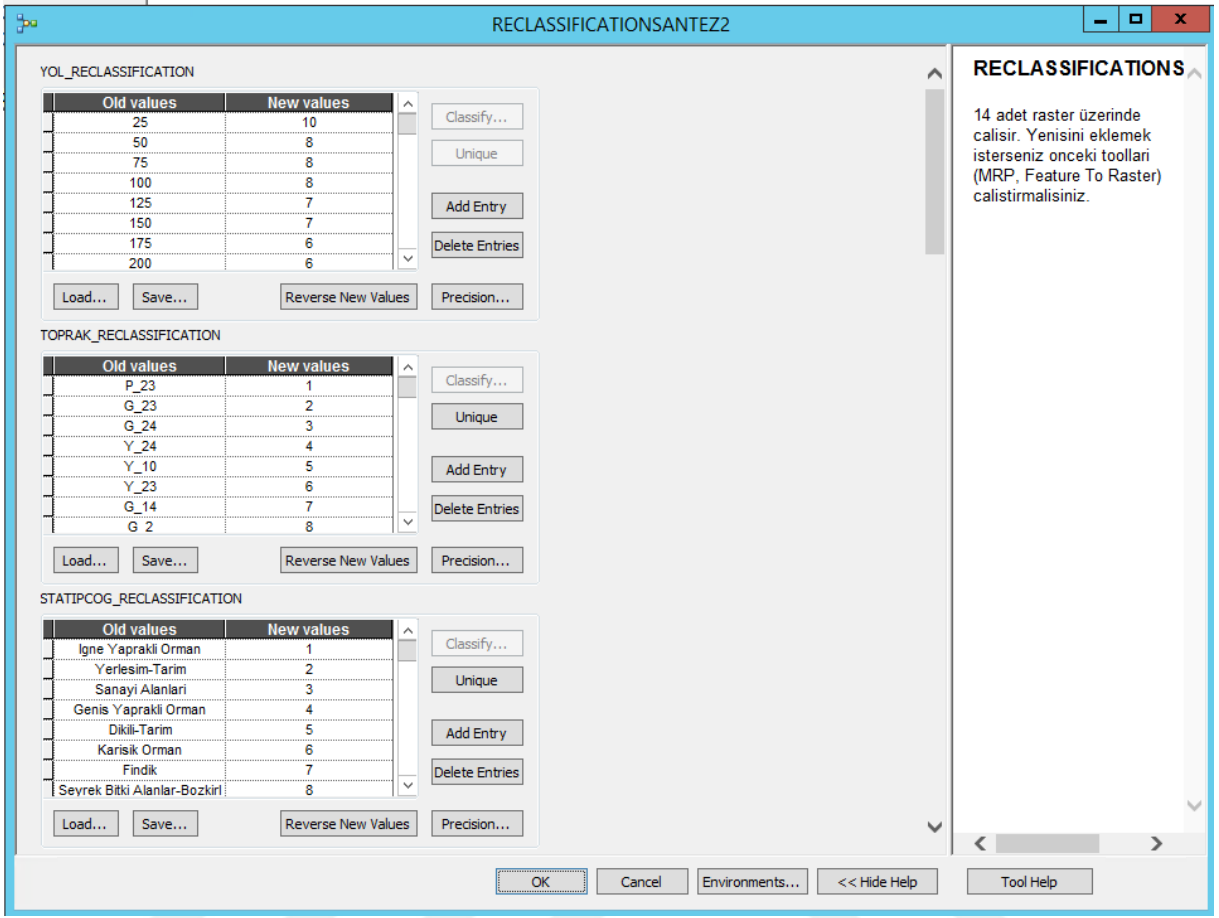
Bu araç analizler sırasında en çok kullanılacak olan araçtır. Temel olarak Feature to Raster Tool ve Kriging Tool araçlarından çıktı olarak üretilmiş raster katmanların yeniden sınıflandırılması amacıyla kullanılmaktadır. Bu yeniden sınıflandırma işlemi sırasında kullanılacak değerler arayüzden girilen puan parametreleridir. İşlem sonucunda üretilen katmanlar 'analiz id' ile isimlendirilmekte ve yapılan analizle birlikte ilişkilendirilmektedir. Böylece kullanıcı isteği doğrultusunda bu katmanlar ve parametreler sorgulanabilmektedir.

Reclassification Tool, Model Builder kullanılarak oluşturulmuştur ve bu aracın bir kısmı Şekil 12'de gösterilmiştir.



Şekil 12. Reclassification modeli

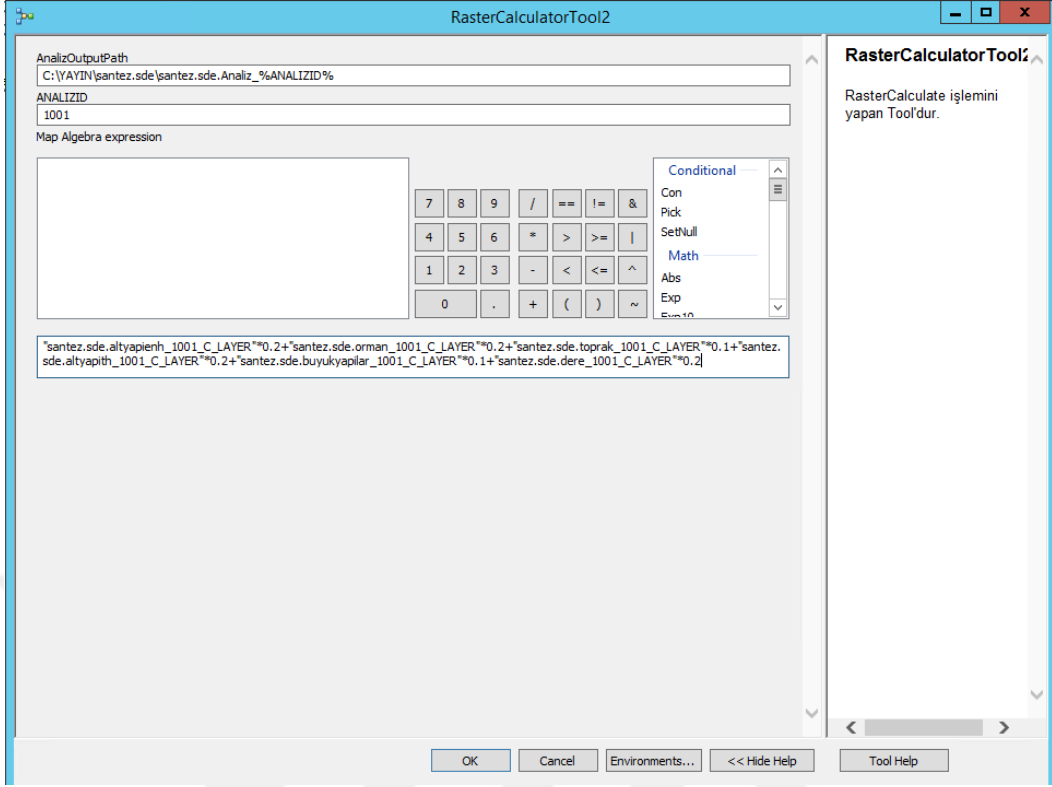
Bu araca gelen her katman daha önceki aşamalardan geçmektedir. Herhangi bir katman raster formatında gelmiş olsa bile veri tabanında daha önceden kaydı yapılmadan bu işleme sokulamamaktadır. Dolayısıyla her yeni veri tipi girişinde model güncellenmektedir (Şekil 13).



Şekil 13.Reclassification Tool

2.11.7.1.1.1.5. RasterCalculator Tool

Bu araç Reclassification Tool ile üretilip, 'analiz id' özniteliklerine göre eşsiz isimler alan raster katmanlar üzerinde ÇKKV yönteminin uygulanması amacıyla kullanılmaktadır. Bu araçta işleme giren katmanlar Raster Calculator aracında yer alan 'expression' kısmında yer alan katmanlardır (Şekil 14).



Şekil 14. RasterCalculator Tool

Katmanlar bu araçta işleme sokulduktan sonra oluşan maliyet yüzey haritası Raster Catalog tipindeki veri kataloğunun içerisine aktarılmaktadır. Bu maliyet yüzey haritası üzerinde yer seçim analizinin yapılacağı raster formatındaki katmandır. Bu haritalar 'Analiz_1001', 'Analiz_1002' gibi eşsiz isimlerle adlandırılmakta ve bu isimler üzerinden sorgulanabilmektedirler.

2.11.7.1.1.2. Modelde Kullanılan Toollar ve Fonksiyonlar

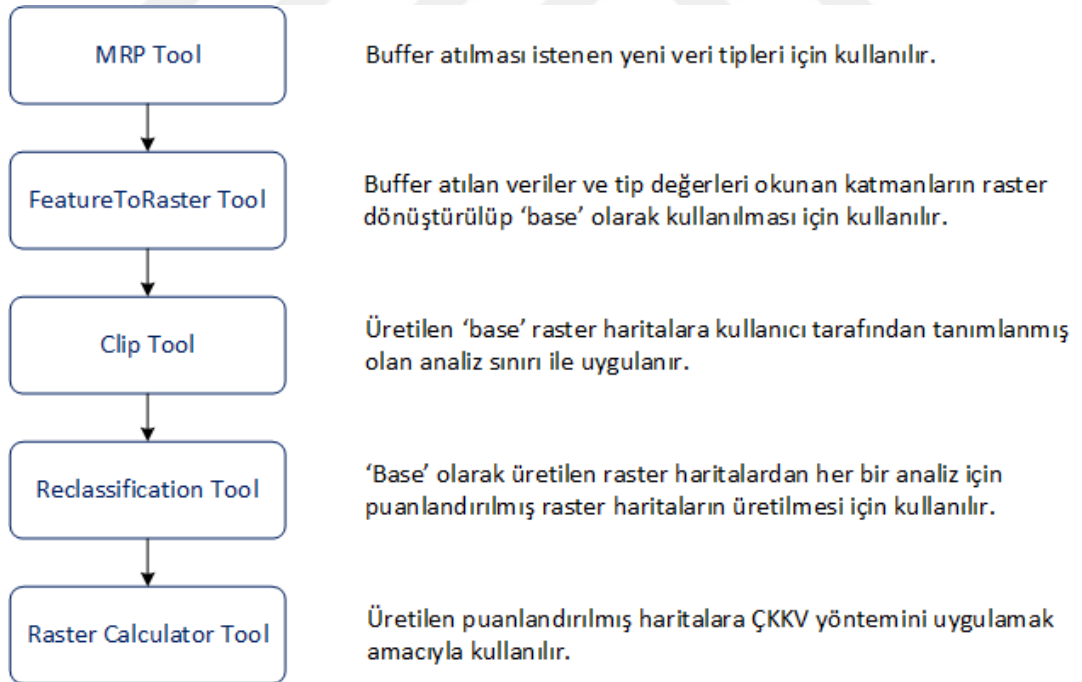
Modellerin ve araçların geliştirilmesinde ArcGIS yazılımına entegre pek çok araç ve fonksiyon kullanılmıştır. Bu araçlar şunlardır:

- RasterCalculator (Algebra)
- Reclassify Raster
- Select Layer by Attribute
- Make Raster Layer

- Make Feature Layer
- Multiple Ring Buffer
- Feature To Raster
- Arcpy.da.UpdateCursor
- Arcpy.da.SearchCursor
- Clip
- Kriging

2.11.7.1.1.3. Yer Seçimi Modelinin İş Akışı

Yer seçimi modelinde 5 farklı araç kullanılmaktadır. Bu araçlardan bazıları her analizde kullanılırken bazıları her yeni veri tipi için yalnızca bir kez kullanılmaktadır. Bu araçların kullanılma sıralarına göre iş akışı Şekil 15’de gösterilmiştir.



Şekil 15. Modelin iş akışı

2.11.7.1.2. Atık Kutularının Yerlerinin Belirlenmesi

Atık kutularının yerlerinin belirlenmesi için 1 adet araç geliştirilmiştir. Bu araç kullanıcının arayüz üzerinden tanımladığı parametreleri kullanarak analizi gerçekleştirmektedir.

2.11.7.1.2.1. Araçlar ve İşlevleri

Atık kutusu yerlerinin belirlenmesinde 'Konteyner Mean Tool' aracı kullanılmaktadır. Bu araç temel olarak 8 parametre almaktadır (Şekil 16). Oluşan çıktı ürün 'analiz id' kullanılarak eşsiz bir isimle isimlendirilmekte ve veri tabanında saklanmaktadır. Daha sonra bu eşsiz isim kullanılarak analiz için sorgulama yapılabilir.

The image shows a screenshot of the 'Konteyner Mean Tool' dialog box. The dialog box is titled 'Konteyner Mean Tool' and contains several input fields for parameters. The parameters and their values are as follows:

Parameter Name	Value
Numarataj	C:\YAYIN\konteyner.sde\konteyner.sde.ADRES\konteyner.sde.NUMARATAJ
Yolortahat Feature Class	C:\YAYIN\konteyner.sde\konteyner.sde.ULASIM\konteyner.sde.YOLORTAHAT
YolOrtaHatYonTable	C:\YAYIN\konteyner.sde\konteyner.sde.YOLORTAHATYON
Konteyner Envanterine bakılacak mi?	1
KonteynerEnvanterParsing	750:200;1000:250:1500:200;3000:175;4500:12;7000:6
MahallePath	C:\YAYIN\konteyner.sde\konteyner.sde.IDARIALANLAR\konteyner.sde.MAHALLE
MahalleAdi Secilir	TOKLU
ANALIZID	19744

The dialog box also has buttons for 'OK', 'Cancel', 'Environments...', and '<< Hide Help'.

Şekil 16. KonteynerMeanTool

Şekil 16'da görüleceği üzere araç 8 parametre almaktadır. Bu parametrelerden bazıları ve açıklamaları şunlardır:

- Numarataj: Bu veri tipini seçmeden önce yapılması gereken en önemli şey bağımsız bölüm ile numarataj arasındaki bağlantıya dikkat ederek her numaratajın toplam hane sayısını bulmak ve 'HaneSayisi' gibi bir sütun adıyla kaydetmektir.
- Yol Ortahat Yön Tablosu: Bu kısma yol ortahat yön tablosu girilmektedir.
- Yol Ortahat Feature Class: Bu kısma yol ortahat vektör verisi girilmektedir.
- Envanterin Hesaba Katılması: Analiz envanterde yer alan atık kutuları dikkate alınarak gerçekleştirilecekse 1, dikkate alınmadan gerçekleştirilecekse 0 girilmelidir.
- Atık Kutusu Hacmi: Her atık kutusunun sayısı ve hacmi girilmekte ve bir liste halinde verilmektedir.

2.11.7.1.2.2. Fonksiyonlar ve İşlevleri

Yazılımın geliştirilmesinde Arcpy modülü kullanılmıştır. Bu modülün içerisinde kullanılan fonksiyonlar şunlardır:

- Arcpy.Describe: Girdi olarak kullanılan verilerin dosya yolları, isimleri vb. bilgileri almak için kullanılmaktadır.
- Arcpy.env.workspace: Çalışılacak ortamı göstermektedir.
- Arcpy.PointDistance_analysis: Noktalar arasındaki mesafelerin bulunması için kullanılmaktadır.
- Arcpy.Statistics_analysis: Verileri gruplandırmak için kullanılmaktadır.
- Arcpy.JoinField_management: Verileri (atık miktarı en önemlisi) tablolar arasında, örneğin numaratajdan 'yolortahasyon'e ve 'yolortahasyon'den 'yolortahat featureclass'a aktarmak için kullanılmaktadır.
- Arcpy.AddField_management: Öznitelik tablosuna yeni bir sütun eklemek için kullanılmaktadır.
- Arcpy.CalculateField_management: Sütunlar üzerinde aritmetik işlemler yaptırmak için kullanılmaktadır.
- Arcpy.CalculateLocations_na: Network dataset ve numarataj arasındaki mesafelerin bulunması için kullanılmaktadır.

- Arcpy.AddMessage: Analiz sırasında yapılan işlemlerin takip edilmesi için konulması gereken mesajları eklemek için kullanılmaktadır.
- Arcpy.CreateFeatureclass_management: 'Konteyner feature class' katmanının oluşturulması için kullanılmaktadır.
- Arcpy.MakeFeatureLayer_management: Vektör verilerin katmana çevrilmesi için kullanılır.
- Arcpy.SelectLayerByAttribute_management: Veriler üzerinde özniteliğe göre seçim yaptırmak için kullanılmaktadır.
- Arcpy.Append_management: Numarataj ve yeni oluşan atık kutusu arasında öznitelik sütunu taşımak için kullanılmaktadır.

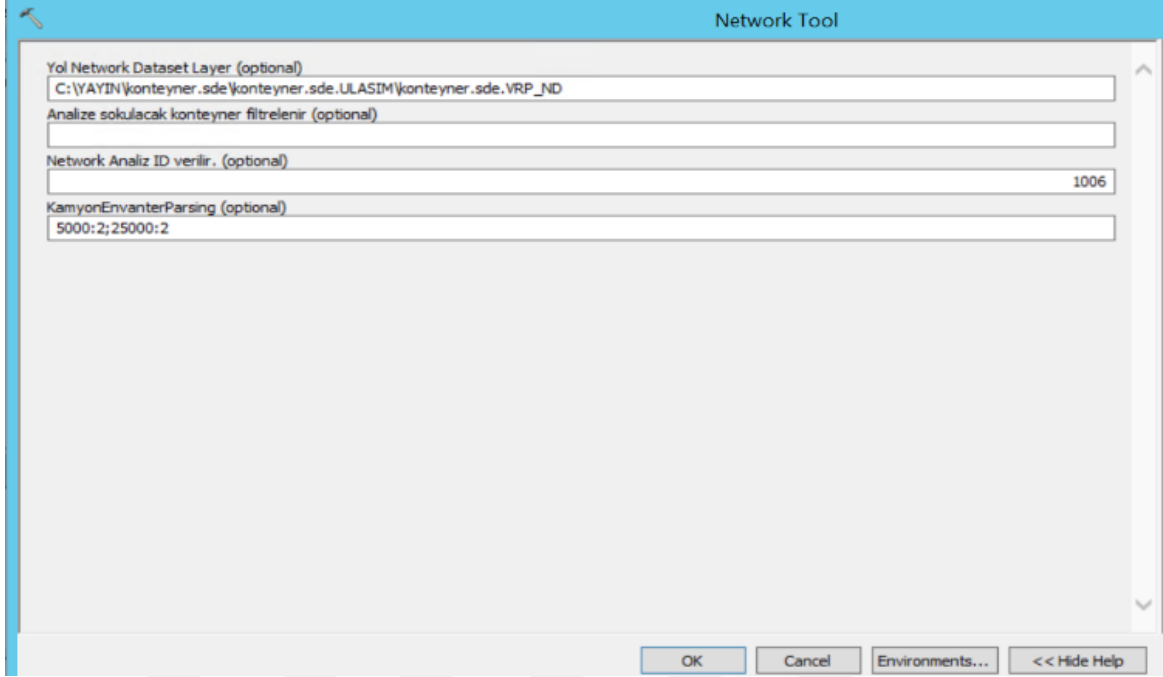
2.11.7.1.3. Güzergâh Analizi

Güzergâhların belirlenmesi için 1 adet araç geliştirilmiştir. Bu araç kullanıcının arayüz üzerinden tanımladığı parametreleri kullanarak analizi gerçekleştirmektedir.

2.11.7.1.3.1. Araçlar ve İşlevleri

Yazılımın güzergâh analizini gerçekleştirebilmesi için 1 araç geliştirilmiştir. Bu araç esasen ArcGIS üzerinde entegre bulunan VRP analizinin otomatik olarak gerçekleştirilebilmesini sağlamaktadır. Bu araç, kullanıcı güzergâh analizi için gerekli parametreleri web arayüzünden tanımlandıktan sonra bu parametreleri kullanarak VRP analizini gerçekleştirmekte ve sonuçları veri tabanında saklamaktadır. VRP analizinde Dijkstra ve ESRI firmasının geliştirdiği algoritmalar kullanılmaktadır.

Bu araç bölge bazında seçilen atık kutularını (Depots), araç garajı ve Aİ konumlarını (Orders) kullanarak en uygun güzergâhı belirlemektedir. Garaj yeri ve Aİ kodun içerisinde sabit olarak verilmiştir. 'Yol Network Dataset Layer' kısmında yol ağı verisinin dosya yolu girilmektedir (Şekil 17).



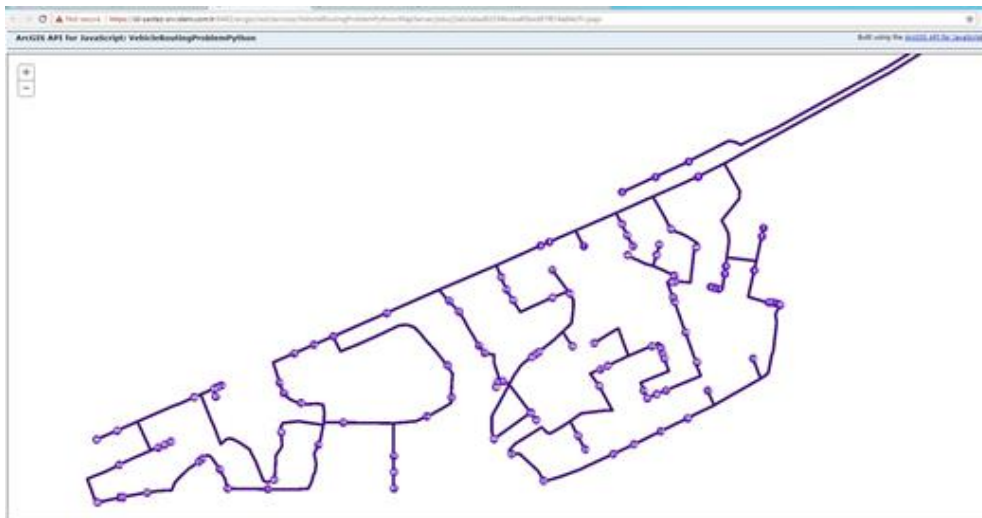
Şekil 17. Network (VRP) Tool

'Analize sokulacak konteyner filtreleri (optional)' kısmında KonteynerHepsi katmanına yapılacak olan SQL sorgusu ile yalnızca istenen atık kutuları üzerinde güzergâh belirleme işlemi yapılabilmektedir.

Atık kamyonunun hacmi parametresi ile bölgeye düşen toplam atık miktarı tüketilmek suretiyle hangi kapasiteden ne kadar araç kullanılması gerektiği belirlenmektedir. Atık kutuları ve araç sayısı parametreleri ile araç tetiklenmektedir. Oluşturulan güzergâhlar bir 'analiz id' ile kaydedilmektedir. Ayrıca navigasyonlar da aynı 'analiz id' ile ve html formatında saklanmaktadır (Şekil 18 ve Şekil 19). Güzergâhların veri tabanında ki görünümü Şekil 19'da gösterilmiştir.

Route: Item1		5484,5 m	4 d 13 hr 42 min
1:	0 m	08:00	Start at Garaj Yerleri
2:	0 m	08:00	Go south on ATATÜRK BULVARI
3:	32,2 m	08:39	Turn right to stay on ATATÜRK BULVARI
4:	92,3 m	09:51	Continue on DEVLET SAHİL YOLU
5:	121,9 m	10:26	Make sharp right to stay on DEVLET SAHİL YOLU
6:	612,9 m	20:16	Turn left on AKSU
7:	732,4 m	22:39	Turn left to stay on AKSU
8:	733,6 m	22:40	Arrive at Location 34, on the right
9:	733,6 m	22:40	Depart Location 34
10:	733,6 m	22:40	Go back northwest on AKSU
11:	756,9 m	23:08	Arrive at Location 33, on the right
12:	756,9 m	23:08	Depart Location 33
13:	756,9 m	23:08	Continue northwest on AKSU
14:	778,8 m	23:35	Arrive at Location 123, on the left
15:	778,8 m	23:35	Depart Location 123
16:	778,8 m	23:35	Continue northwest on AKSU
17:	823,9 m	00:29	Turn left on DEVLET SAHİL YOLU
18:	907,5 m	02:09	Arrive at Location 75, on the right
19:	907,5 m	02:09	Depart Location 75
20:	907,5 m	02:09	Continue southwest on DEVLET SAHİL YOLU
21:	910,2 m	02:12	Turn left on GÜLHAN
22:	975,8 m	03:31	Arrive at Location 8, on the left
23:	975,8 m	03:31	Depart Location 8
24:	975,8 m	03:31	Go back northwest on GÜLHAN
25:	1039,8 m	04:48	Arrive at Location 6, on the right
26:	1039,8 m	04:48	Depart Location 6
27:	1039,8 m	04:48	Continue northwest on GÜLHAN
28:	1041,5 m	04:50	Turn left on DEVLET SAHİL YOLU
29:	1113,0 m	06:16	Turn left on DOĞUŞ
30:	1135,0 m	06:42	Arrive at Location 127, on the left
31:	1135,0 m	06:42	Depart Location 127
32:	1135,0 m	06:42	Go back northwest on DOĞUŞ
33:	1157,0 m	07:08	Turn left on DEVLET SAHİL YOLU
34:	1235,9 m	08:43	Turn left on 705 NOLU
35:	1297,9 m	09:58	Arrive at Location 83, on the right
36:	1297,9 m	09:58	Depart Location 83
37:	1297,9 m	09:58	Go back northwest on 705 NOLU
38:	1328,9 m	10:35	Arrive at Location 169, on the right
39:	1328,9 m	10:35	Depart Location 169

Şekil 18. Navigasyon analizi güzergâh verilerinin sözel çıktı örneği



Şekil 19. Navigasyon dosyasının görünümü

2.11.7.1.3.2.Fonksiyonlar ve İşlevleri

Güzergâh analizi bileşeninin geliştirilmesinde ArcGIS üzerine entegre birçok fonksiyon kullanılmıştır. Bu fonksiyonlar şunlardır:

- Arcpy.MakeFeatureLayer_management: Katmanları tabakaya dönüştürmektedir.
- Arcpy.MakeVehicleRoutingProblemLayer_na: Yol ağı katmanını VRP tabakasına dönüştürmektedir.
- Arcpy.AddLocations_na: ‘Orders’, ‘Depots’ gibi katmanları yol ağı analizine aktarmaktadır.
- Arcpy.da.TableToNumPyArray: Katmanların istenen sütununu diziye dönüştürmektedir.
- Arcpy.da.SearchCursor: Katmanların sütununu taramaktadır. Tarama sonucu veri 'tuple' tipinde gelmektedir.
- Arcpy.Solve_na: Analize sokulan objeleri çözmek için kullanılmaktadır.
- Arcpy.Directions_na: Analiz sonucu çıkan navigasyonu html formatında ilgili klasöre kayıt etmek için kullanılmaktadır.
- Arcpy.SelectData_management: Analiz sonrasında oluşan ürünlerden (güzergâh, orders, depots vb.) seçim yapmak amacıyla kullanılmaktadır.

2.11.7.2. KADEP'nin Web Arayüzü Bileşeni

2.11.7.2.1. Yazılımda Kullanılan Platformlar

KADEP'nin web arayüzü sunucu tarafında geliştirilmiş olan araçları tetiklemek ve elde edilen sonuçları görüntülemek amacıyla kullanılmaktadır. Web arayüzünün oluşturulmasında kullanılan platformlar ve bu platformların kullanım amaçları şunlardır:

- Angular2 kütüphanesi; HTML, CSS ve JavaScript dillerinin tam entegreli çalışmasını sağlayan bir kütüphanedir. Angular2 ile kullanıcı arayüzü ve kullanıcı deneyiminin (UI/UX) geliştirilmesi sağlanmıştır.

- .NET Core çatısı ile web arayüzü ile veri tabanı arasında bağlantı kuran servisler yazılmıştır. Bu servisler REST ile haberleşmeyi sağlayan Web API servisleridir.
- PostgreSQL ise bir veri tabanıdır ve yazılımdaki verilerin tutulmasını sağlamaktadır.

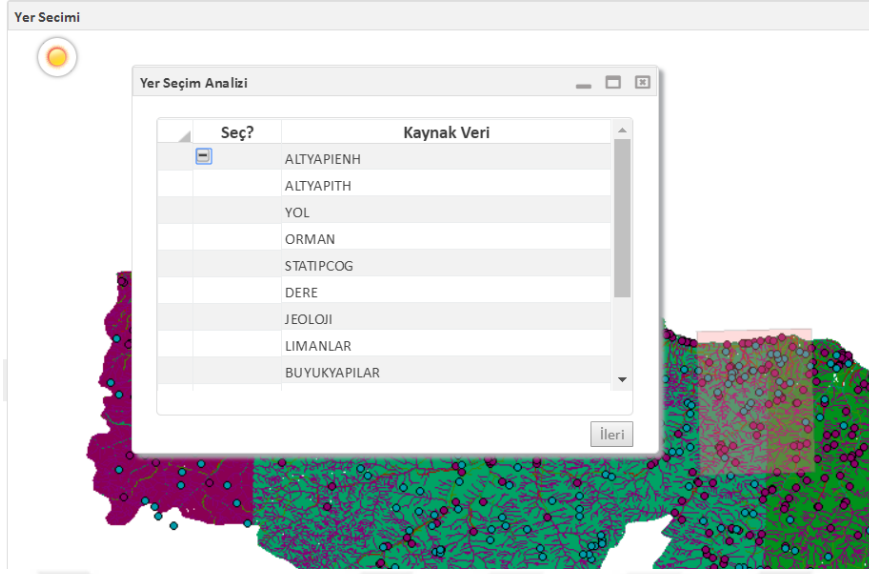
2.11.7.2.2. Yazılımda Kullanılan Fonksiyonlar

Yazılımda kullanıcının veri girişi ve veriler arası seçim işlemleri için arayüz fonksiyonları kullanılmıştır. Bu fonksiyonlar; 'datagrid'ler, sayfalar arası geçiş yapmayı sağlayan navigasyon butonları, onay kutusu (checkbox), metin kutusu (textbox), çoktan seçim kutusu (combobox), hangi veri işleminin yapılacağını seçtiren data toolbar ve analiz sınırı çizmeye olanak sağlayan geometri toolbar olarak sıralanabilmektedir.

2.11.7.2.3. Üretilen Kodların Yerine Getirdiği İşlevler

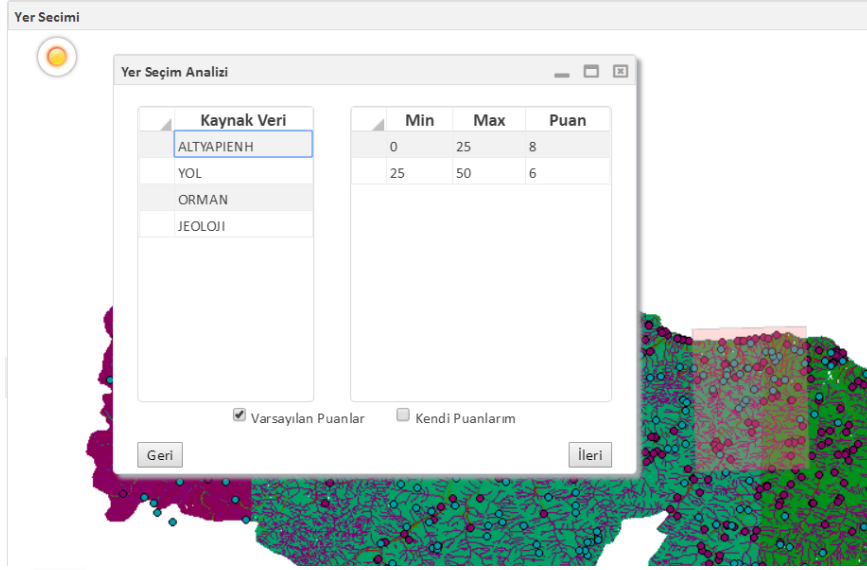
Bertaraf tesisi yer seçim analizi için geliştirilen web arayüzünün yerine getirdiği işlevleri, kullanıcıya veri girişi yaptırmak ve mevcut verilerden seçim yaptırmak olarak genellemek mümkündür.

Bertaraf tesisi yer seçim analizi için geliştirilen web ara yüzünde işlemler adım adım ilerlemektedir. Önce, kullanıcının analize dâhil etmek istediği kaynak verileri seçmesi beklenmektedir. Kullanıcıya veri tabanında bulunan kaynak verilerin hepsi listelenmektedir. Kullanıcı bu listede herhangi bir kaynak veri seçmezse ilerleyen adımlara geçememektedir. Kaynak veri/veriler seçildikten sonra "İleri" butonu aktif olur ve bu butona tıklayarak kullanıcı bir sonraki adıma geçebilmektedir (Şekil 20).



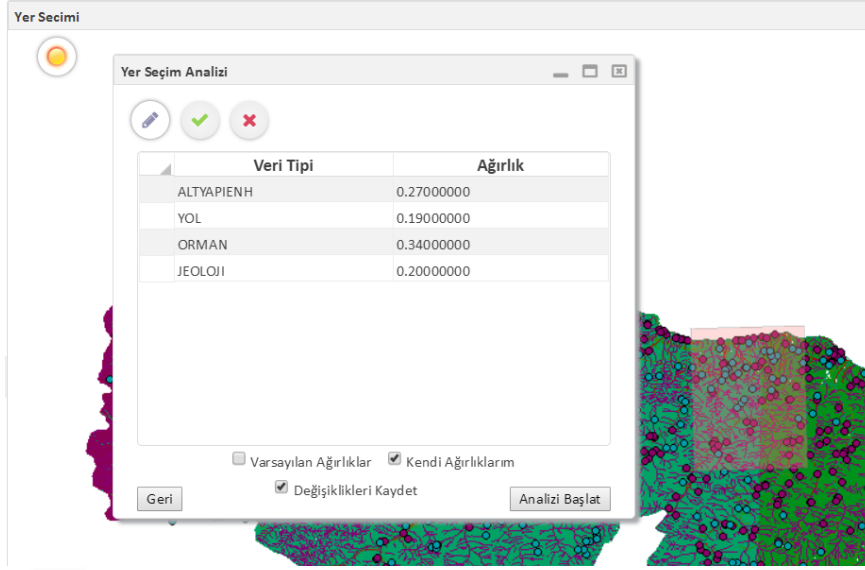
Şekil 20. Kaynak verilerin seçilmesi

Bir sonraki adımda; kullanıcının seçtiği kaynak veriler ve hangi bertaraf tesisi için analiz yaptığına göre, veri tabanına daha önceden yönetici tarafından kaydedilmiş varsayılan veya kullanıcıya özgü puanlar; puanlara ait aralık veya tiplerle beraber getirilmektedir. Kullanıcıdan analize dâhil ettiği kaynak verilere ait puanları seçmesi beklenmektedir. Kullanıcı bu aşamada varsayılan puanlarla devam edebilmekte, kullanıcıya özgü puanlarla devam edebilmekte ya da kullanıcıya özgü puanlar üzerinde değişiklik yaparak devam edebilmektedir. Ayrıca kullanıcıya özgü puanlar üzerinde değişiklik yapılmışsa, veri tabanındaki kayıtlı kullanıcıya özgü puanları bu değişikliklerle güncelleyebilmektedir. “İleri” butonu ile kullanıcı bir sonraki adıma geçebilmektedir (Şekil 21).



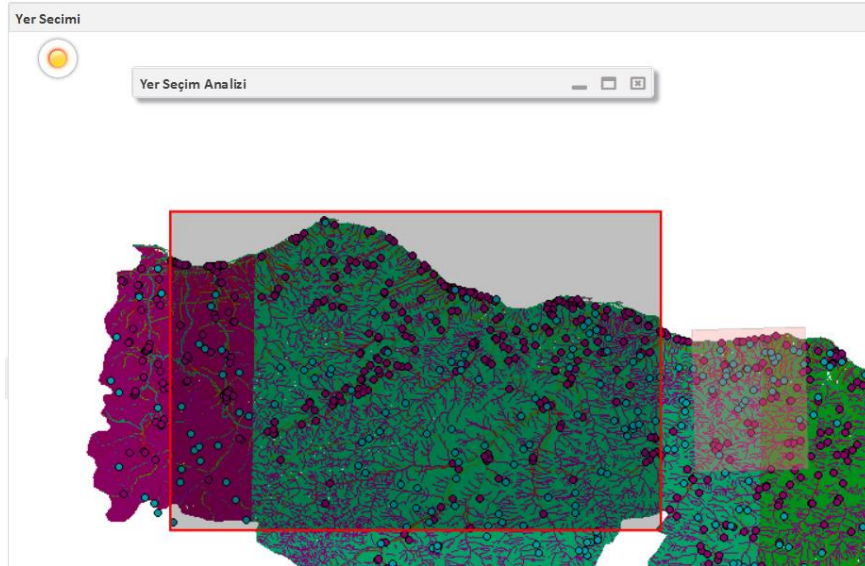
Şekil 21. Puan seçimi/girişi arayüzü

Bir sonraki adımda kullanıcıdan seçtiği kaynak verilere ait ağırlıkları girmesi beklenmektedir. Hesaplanmış ağırlıklar veri tabanında varsayılan veya kullanıcıya özgü olmak üzere kayıtlı bulunmaktadır. Veri tabanında kayıtlı ağırlıklar kullanıcıya listelenmektedir. Kullanıcı ya varsayılan ağırlıklarla ya kullanıcıya özgü ağırlıklarla ya da kullanıcıya özgü ağırlıklar üzerinde değişiklik yaparak analizi başlatabilmektedir. Ayrıca kullanıcıya özgü ağırlıklar üzerinde değişiklik yapılmışsa, veri tabanındaki kayıtlı kullanıcıya özgü ağırlıkları bu değişikliklerle güncelleyebilmektedir. Bu adımda analiz başlatılabilmektedir (Şekil 22).



Şekil 22. Ağırlık seçimi/girişi arayüzü

Analiz başlatılmadan önce analizin yapılacağı bölgeyi filtreleyen analiz sınırı çizilmelidir. Analiz sınırı çizimi istenilen adımda yapılabilmekte, yalnızca analiz başlatılırken çizilmiş olma zorunluluğu bulunmaktadır (Şekil 23).

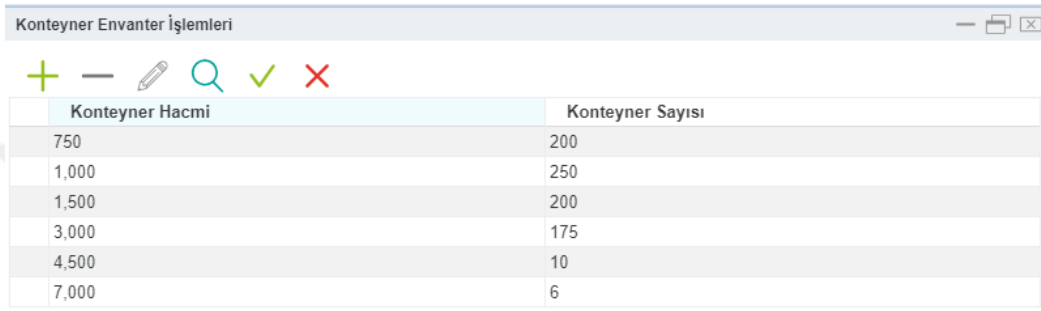


Şekil 23. Analiz sınırı çizilmesi

Ayrıca analiz başlatılmadan önceki adımlara dönüp kaynak veri seçimlerini veya seçilen kaynak verilerin puanlarını değiştirmek mümkündür.

Atık kutusu ve atık toplama aracı envanter bilgileri için arayüzler hazırlanmıştır. Bu arayüzlerin amacı; kullanıcıdan alınan bilgileri veri tabanına göndererek kayıt altına almak, bilgileri sorgulayabilmek, bilgileri güncelleyebilmek ve bilgileri silmektir.

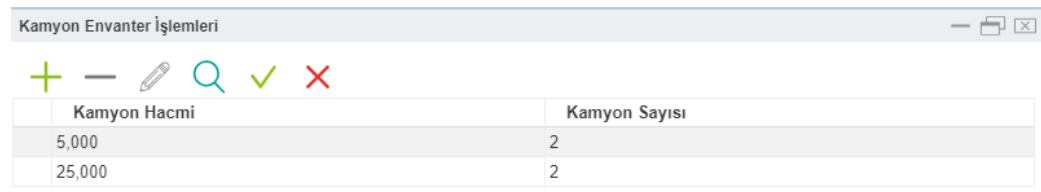
Atık kutusu envanter bilgileri olarak, kullanıcıdan atık kutusu hacmi ve sayısı zorunlu bilgileri alınmaktadır. Bu arayüzde, veri tabanı ile entegre şekilde atık kutusu envanteri ekleme, silme, güncelleme ve sorgulama işlemleri yapılabilmektedir (Şekil 24).



Konteyner Hacmi	Konteyner Sayısı
750	200
1,000	250
1,500	200
3,000	175
4,500	10
7,000	6

Şekil 24. Atık kutusu envanteri veri giriş penceresi

Atık toplama aracı envanter bilgileri olarak, kullanıcıdan araç hacmi ve sayısı zorunlu bilgileri alınmaktadır. Bu arayüzde, veri tabanı ile entegre şekilde araç envanteri ekleme, silme, güncelleme ve sorgulama işlemleri yapılabilmektedir (Şekil 25).

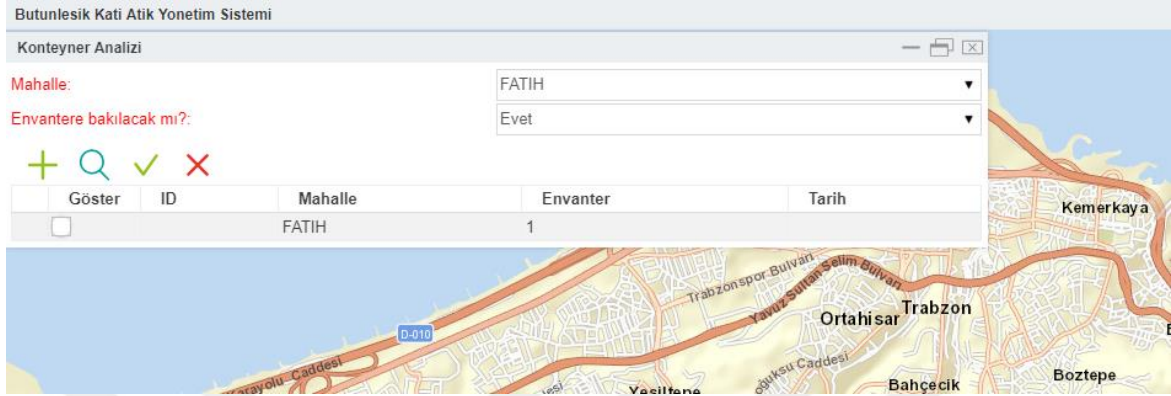


Kamyon Hacmi	Kamyon Sayısı
5,000	2
25,000	2

Şekil 25. Atık toplama aracı envanteri veri giriş penceresi

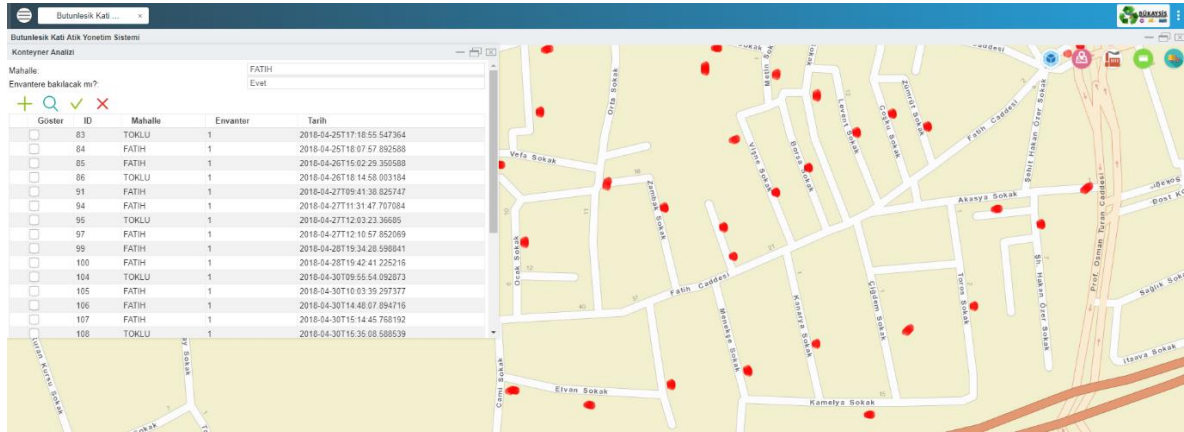
Atık kutusu analizi arayüzünde, analiz için kullanıcıdan; analizin hangi mahalle için yapılacağı bilgisi ve atık kutusu envanterine bakılıp/bakılmayacağı (evet/hayır) bilgisi olmak üzere 2 parametre alınmaktadır. Daha sonra bu parametreler veri tabanına analizi yapan kullanıcının bilgisi ve analiz tarihi ile birlikte yazılmakta ve coğrafi işleme modeli

tetiklenmektedir. Analiz sonucu üretilen coğrafi veriler (atık kutuları ve koordinatları) ID ile sorgulanıp harita üzerinde kullanıcıya gösterilmektedir (Şekil 26).



Şekil 26. Atık kutusu analizi arayüzü

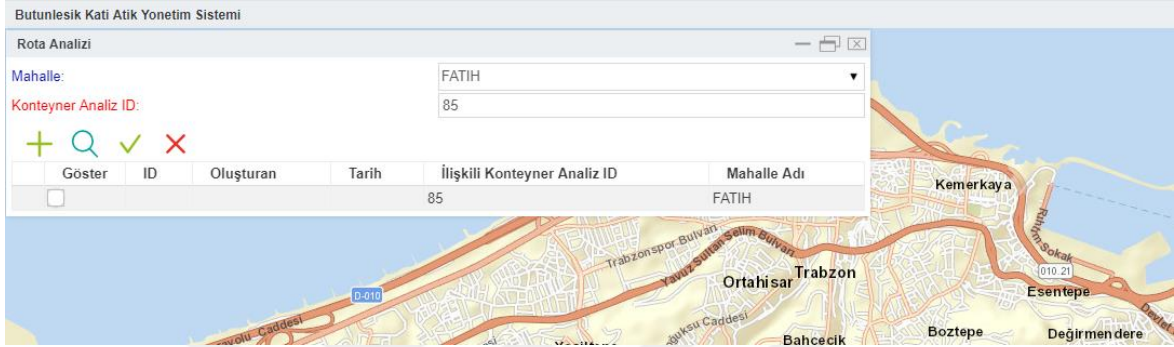
Ayrıca atık kutusu analizi arayüzünde, geçmiş analizler sorgulanabilmekte ve Göster butonu ile bu analizler sonucu oluşturulan atık kutuları harita üzerinde görüntülenebilmektedir (Şekil 27).



Şekil 27. Atık kutusu sorgulama arayüzü

Güzergâh analizi arayüzünde, analiz için kullanıcıdan; analiz hangi mahalle sınırları içerisinde yapılacağı bilgisi ve belirli bir analiz sonucu üretilen atık kutularının güzergâh

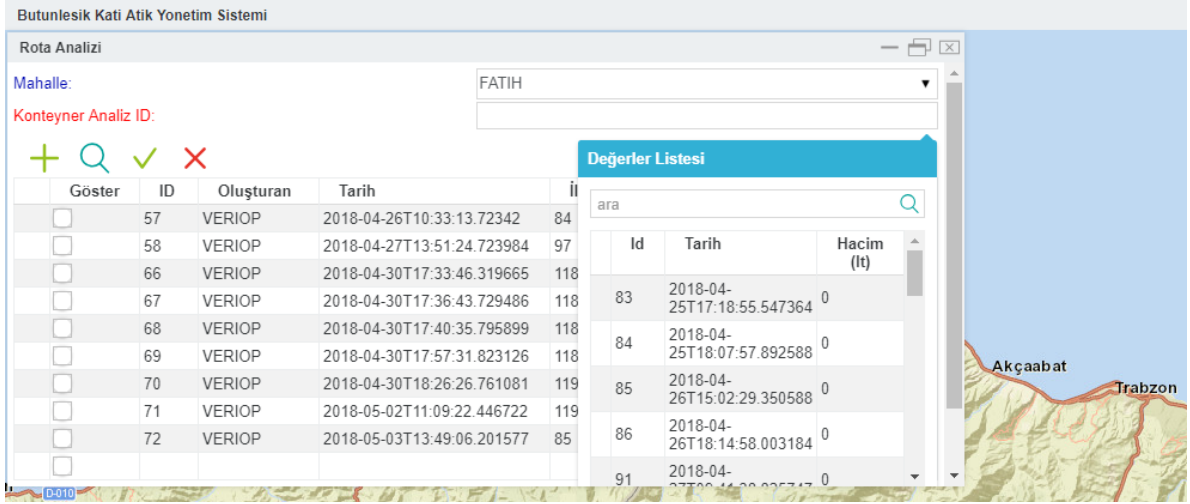
oluştururken kullanılması için ilişkili atık kutusu analizi bilgisi olmak üzere iki parametre alınmaktadır. Bu parametreler veri tabanına analizi yapan kullanıcının bilgisi ve analiz tarihi ile birlikte kaydedilir ve coğrafi işleme modeli tetiklenmektedir. Analiz sonucu üretilen güzergâhlar harita üzerinde kullanıcıya gösterilmektedir. Ayrıca her bir güzergâh için güzergâh talimatları da ilgili güzergâhla birlikte gösterilmektedir (Şekil 28).



Şekil 28. Güzergâh analizi arayüzü

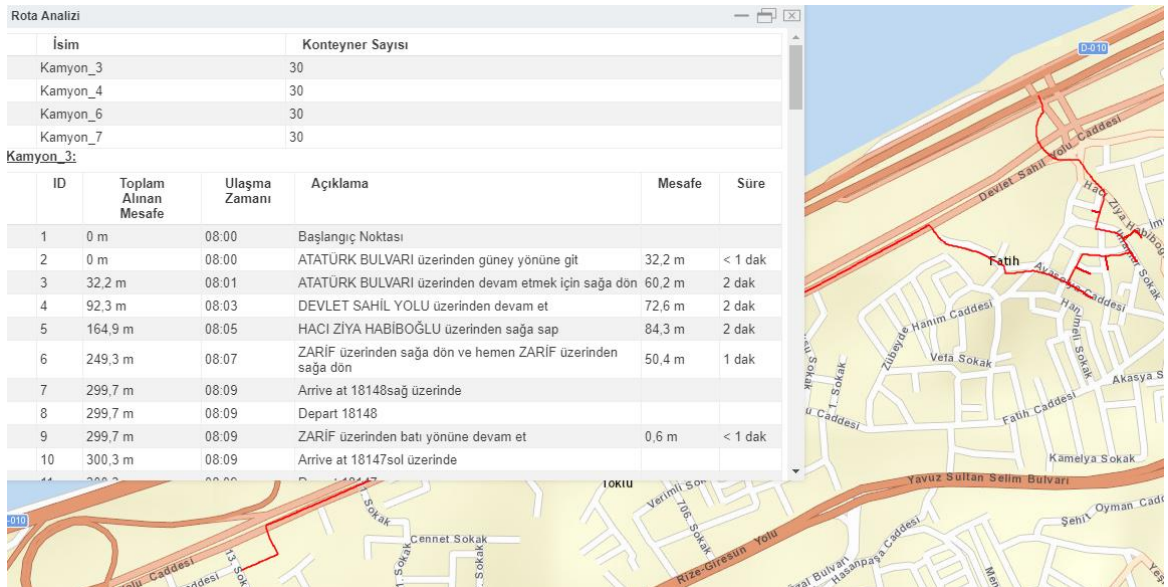
Güzergâh analizinde, mahalle seçimi isteğe olarak yapılmaktadır. Mahalle belirtilmişse, güzergâh analizi yalnızca o mahalleye ait yollarla ve seçilen atık kutusu analiziyle ilişkili atık kutularıyla yapılmaktadır.

İlişkili atık kutusu analizi seçildiğinde, o analiz sonucunda üretilen atık kutusu yerleri analizi yapılan güzergâhı belirlemekte ve güzergâh talimatları ona göre oluşturulmaktadır (Şekil 29).



Şekil 29. Güzergâh analizi sorgulama arayüzü

Ayrıca güzergâh analizi arayüzünde, geçmiş analizler sorgulanabilmekte ve Göster butonu ile bu analizler sonucu oluşturulan güzergâhlar harita üzerinde görüntülenebilmektedir. Her bir güzergâh için güzergâh talimatları Toplam Alınan Mesafe, Ulaşma Zamanı, Açıklama (yol tarifi), Mesafe ve Süre bilgileriyle birlikte gösterilmektedir. Analizin detay bilgileri; Toplam süre, Toplam mesafe, Başlangıç zamanı ve Bitiş zamanı bilgileriyle birlikte gösterilmektedir (Şekil 30).

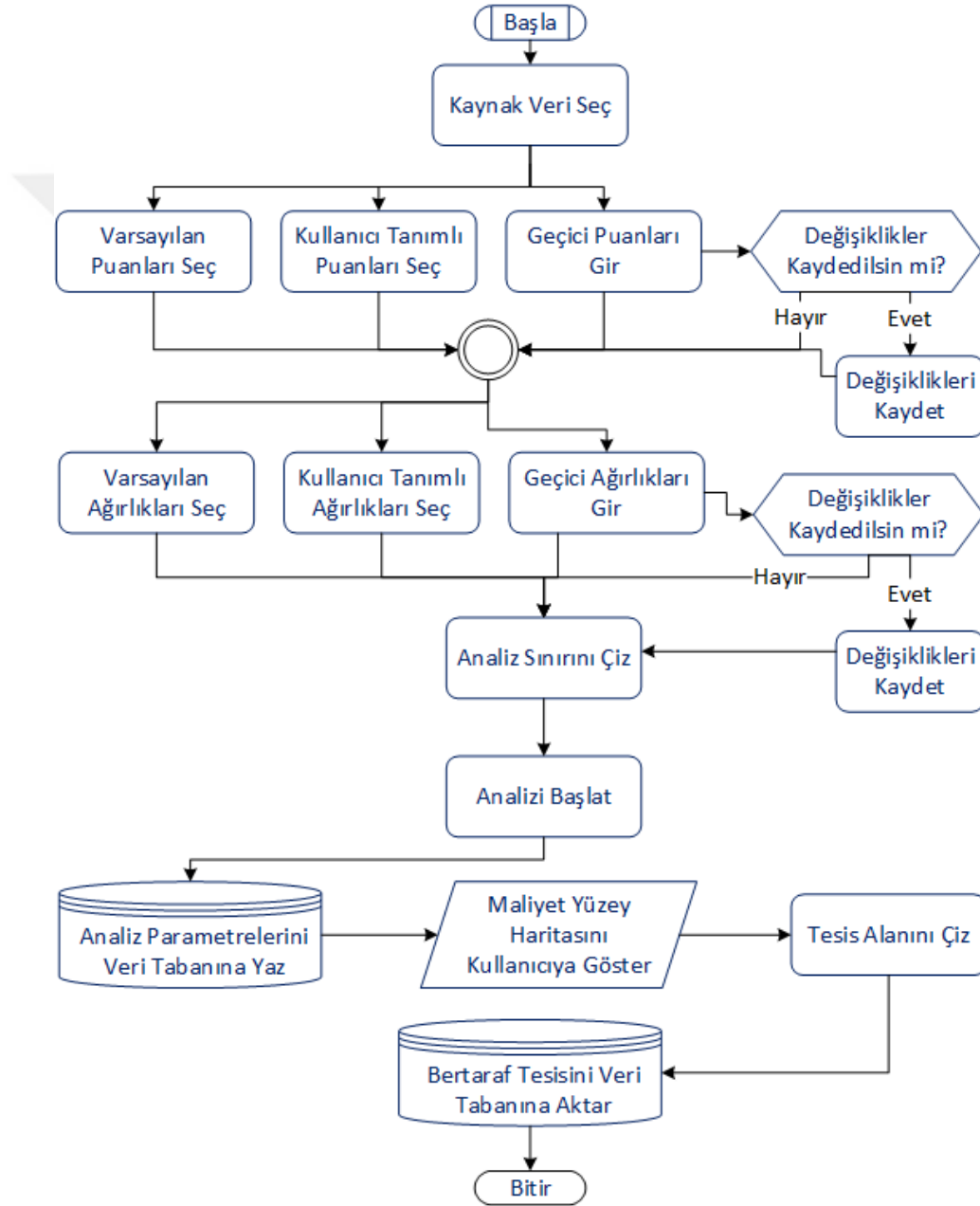


Şekil 30. Güzergâh ve navigasyon bilgileri arayüzü

2.11.7.2.4. Üretilen Kodun İşlevi Yerine Getirirken İzlediği İş Akış Şeması

2.11.7.2.4.1. Yer Seçimi Analizi İçin Web Arayüzü İş Akış Diyagramı

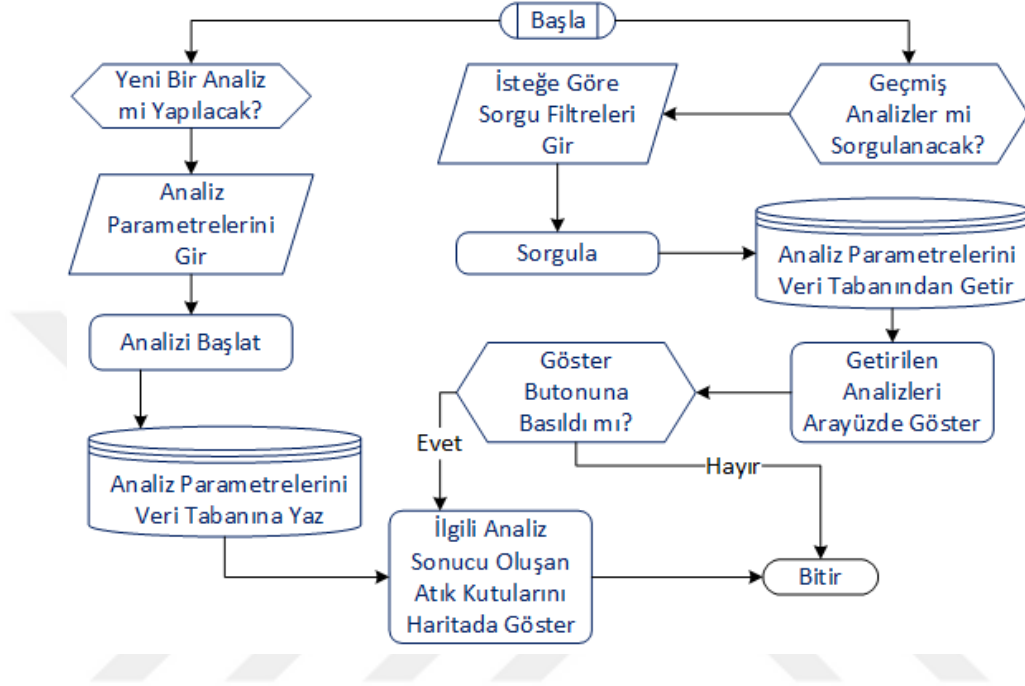
Web arayüzünün yer seçimi analizini gerçekleştirmek için izlediği iş akış diyagramı Şekil 31’de gösterilmiştir.



Şekil 31. Yer seçimi analizi için web arayüzü iş akış diyagramı

2.11.7.2.4.2. Atık Kutusu Analizi İçin Web Arayüzü İş Akış Diyagramı

Web arayüzünün atık kutusu analizini gerçekleştirmek için izlediği iş akış diyagramı Şekil 32'de gösterilmiştir.



Şekil 32. Atık kutusu analizi için web arayüzü iş akış diyagramı

2.11.7.2.4.3. Güzergâh Analizi İçin Web Arayüzü İş Akış Diyagramı

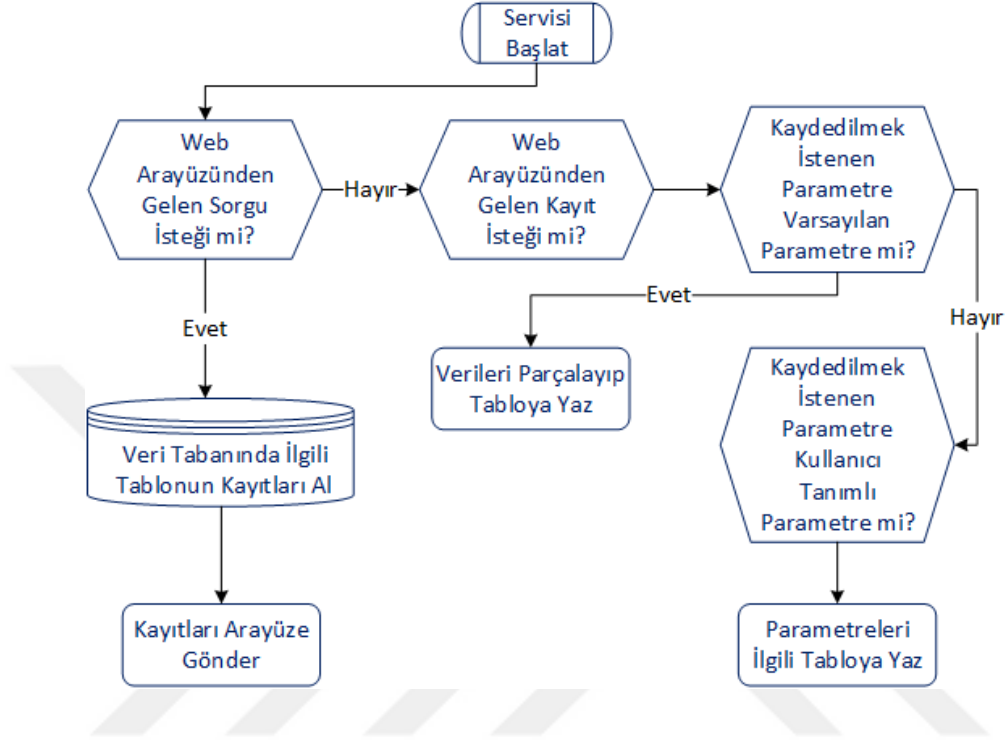
Web arayüzünün güzergâh analizini gerçekleştirmek için izlediği iş akış diyagramı Şekil 33'te gösterilmiştir.



Şekil 33. Güzergâh analizi için web arayüzü iş akış diyagramı

2.11.7.2.4.4. Servis Tarafı İş Akış Diyagramı

Yazılımın servis tarafında uygulanan iş akış diyagramı Şekil 34’te gösterildiği gibidir.



Şekil 34. Servis tarafında uygulanan iş akış diyagramı

2.12. Pilot Bölge Uygulamaları

2.12.1. Pilot Bölge Seçimi ve Verilerin Toplanması

Yazılımın test edilmesi için pilot bölge olarak Trabzon ili seçilmiştir. Yer seçimi analizi Trabzon ilinin tamamı için test edilmiştir. Atık kutusu yerlerinin belirlenmesi ve güzergâh analizleri için ise Trabzon ilinin Ortahisar ilçesine bağlı 1 ve 2 Nolu Beşirli mahalleleri seçilmiş ve testler gerçekleştirilmiştir.

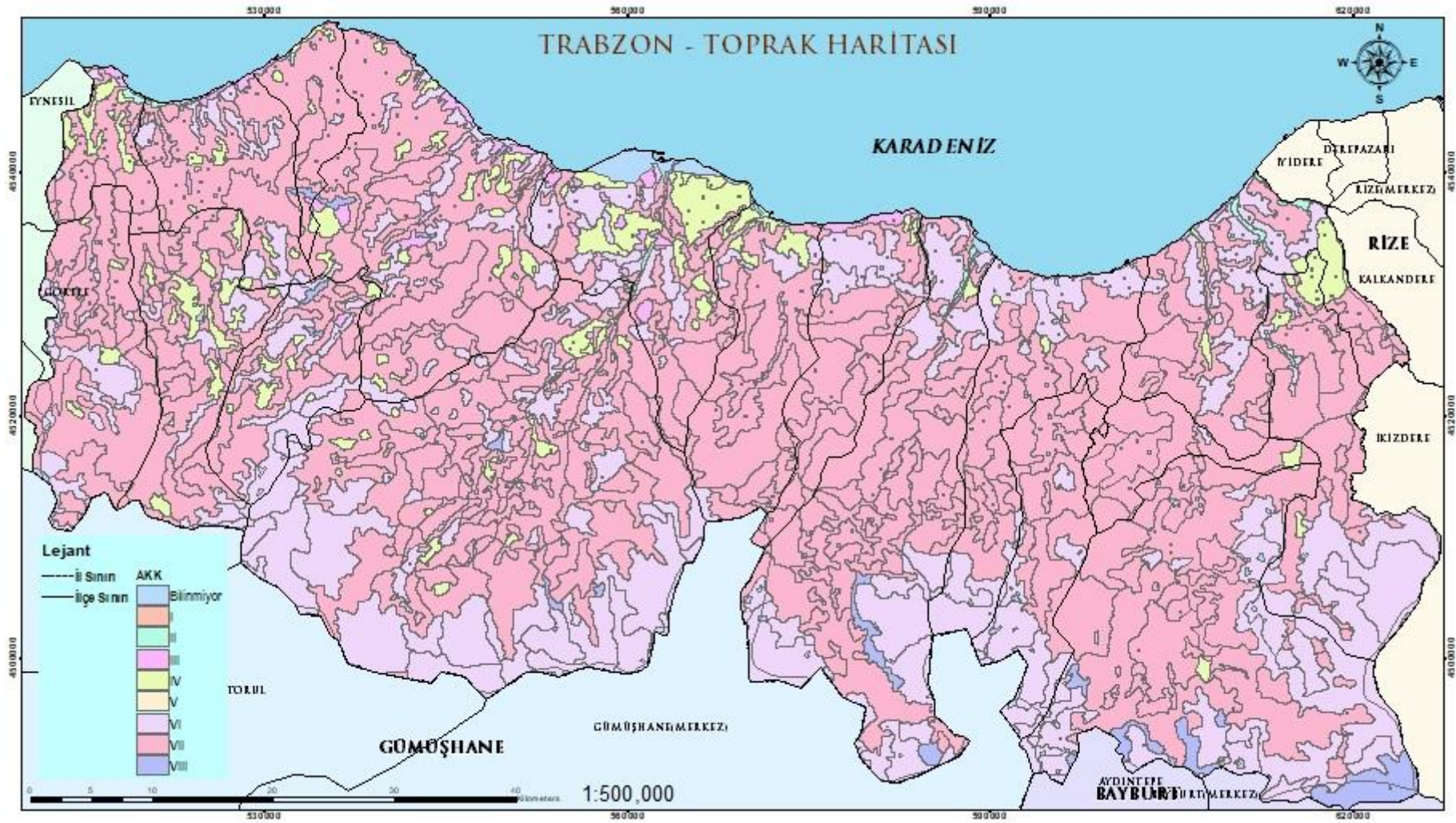
Yazılımın test edilmesi için öncelikle ihtiyaç duyulan bütün konumsal ve konumsal olmayan veriler toplanmış, standartlaştırılmış ve veri tabanı sunucusuna aktarılmıştır. Daha sonra yazılım test edilerek sonuçlar ortaya konulmuştur.



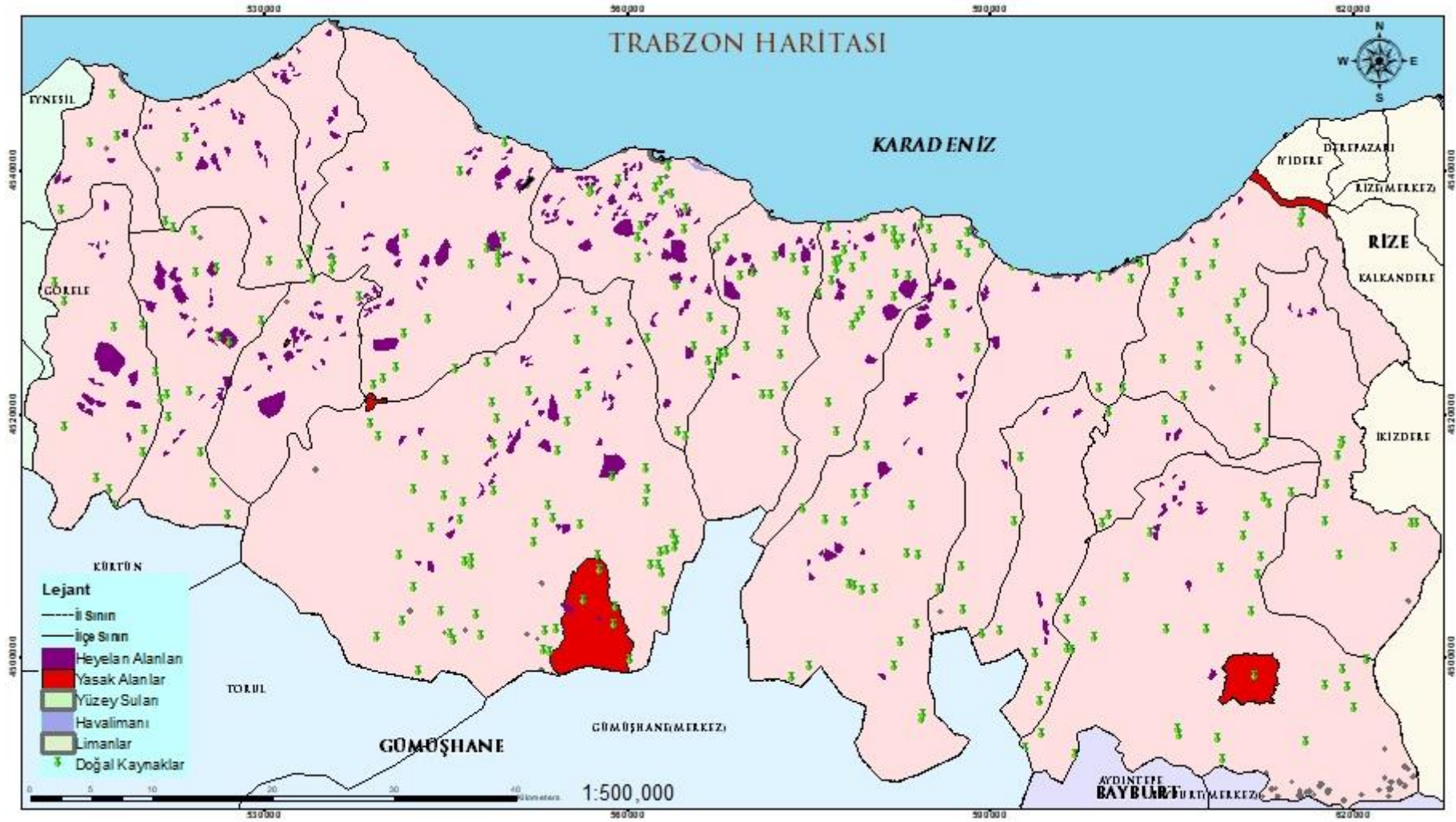
Şekil 35. Trabzon'a ait idari sınır haritası



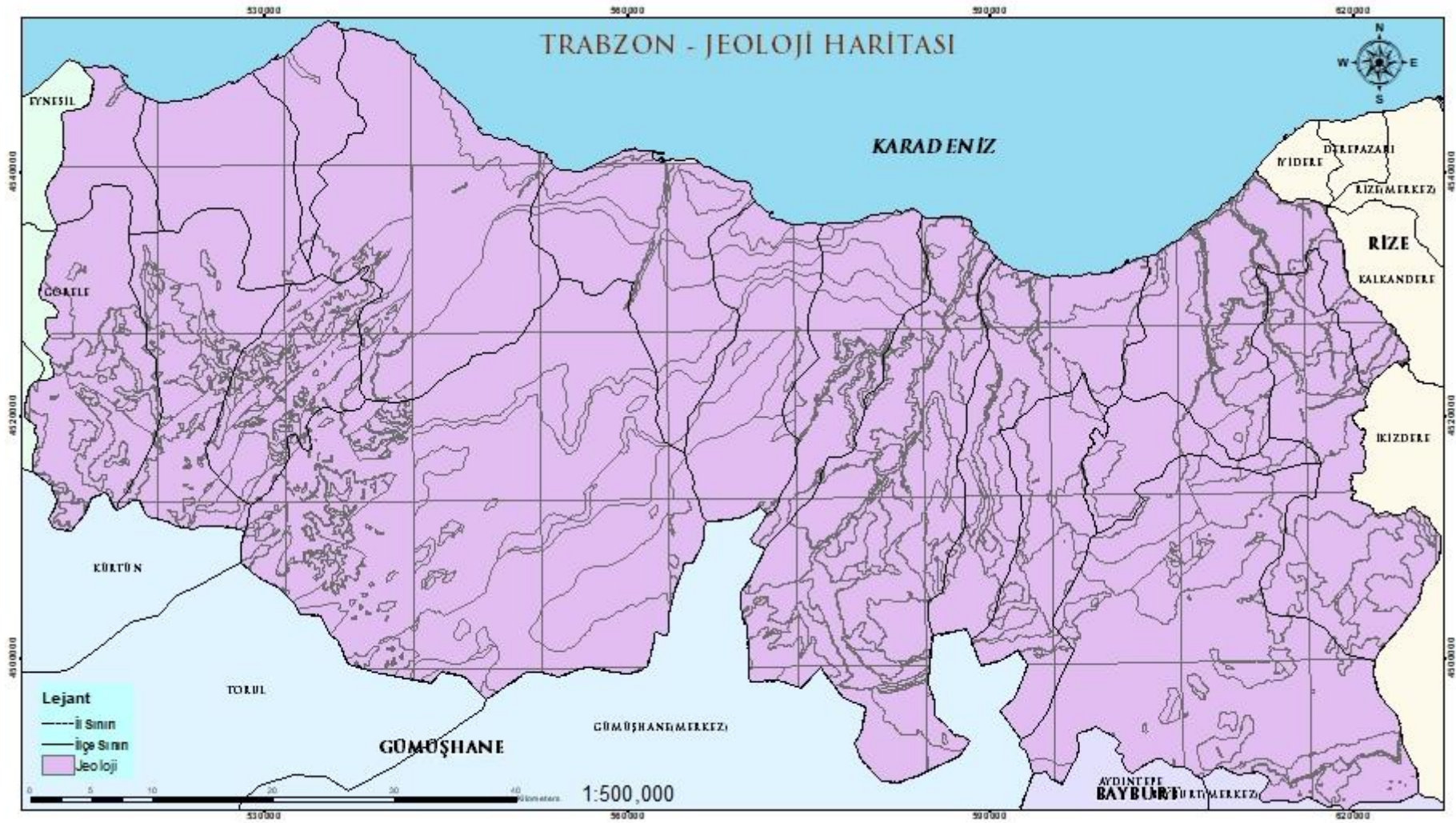
Şekil 36. Trabzon'a ait yerleşim merkezi haritası



Şekil 37. Trabzon'a ait toprak haritası



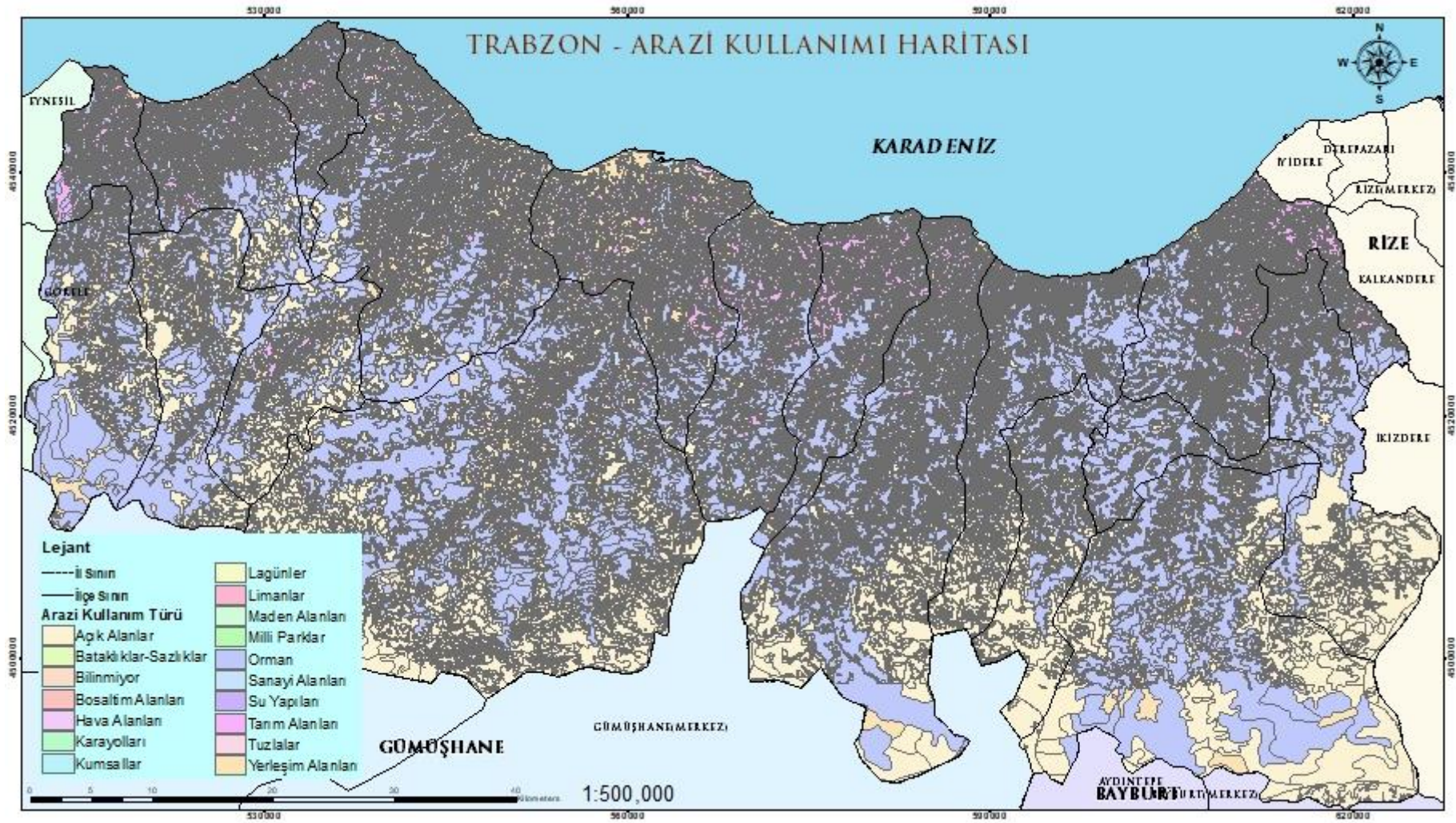
Şekil 38. Trabzon'a ait heyelan alanları, yasak alanlar, yüzeysel suları, havalimanı, limanlar ve doğal kaynaklar haritası



Şekil 39. Trabzon'a ait jeoloji haritası



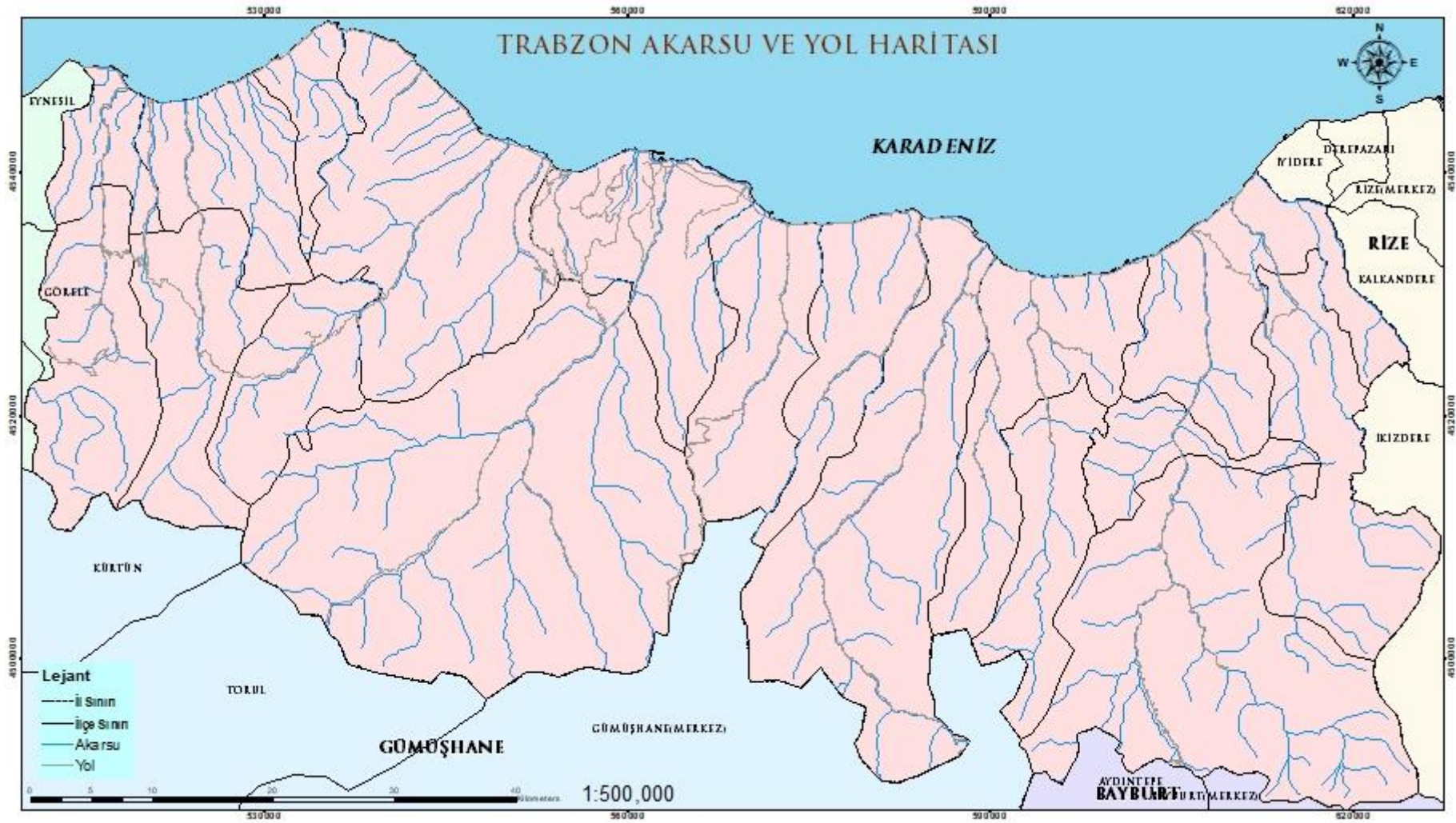
Şekil 40. Trabzon'a ait büyük yapılar ve doğal yapılar haritası



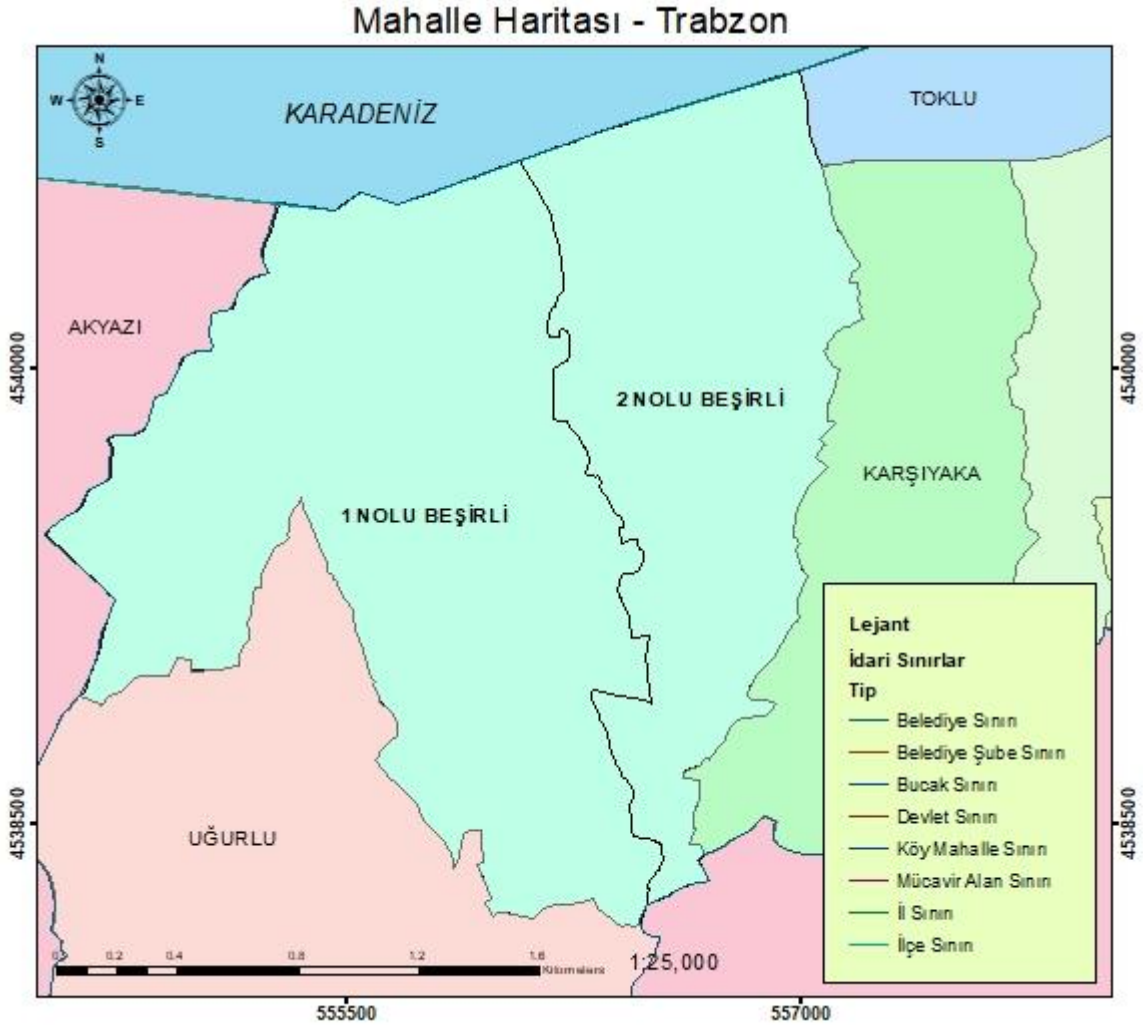
Şekil 41. Trabzon'a ait arazi kullanımı haritası



Şekil 42. Trabzon'a ait altyapı haritası

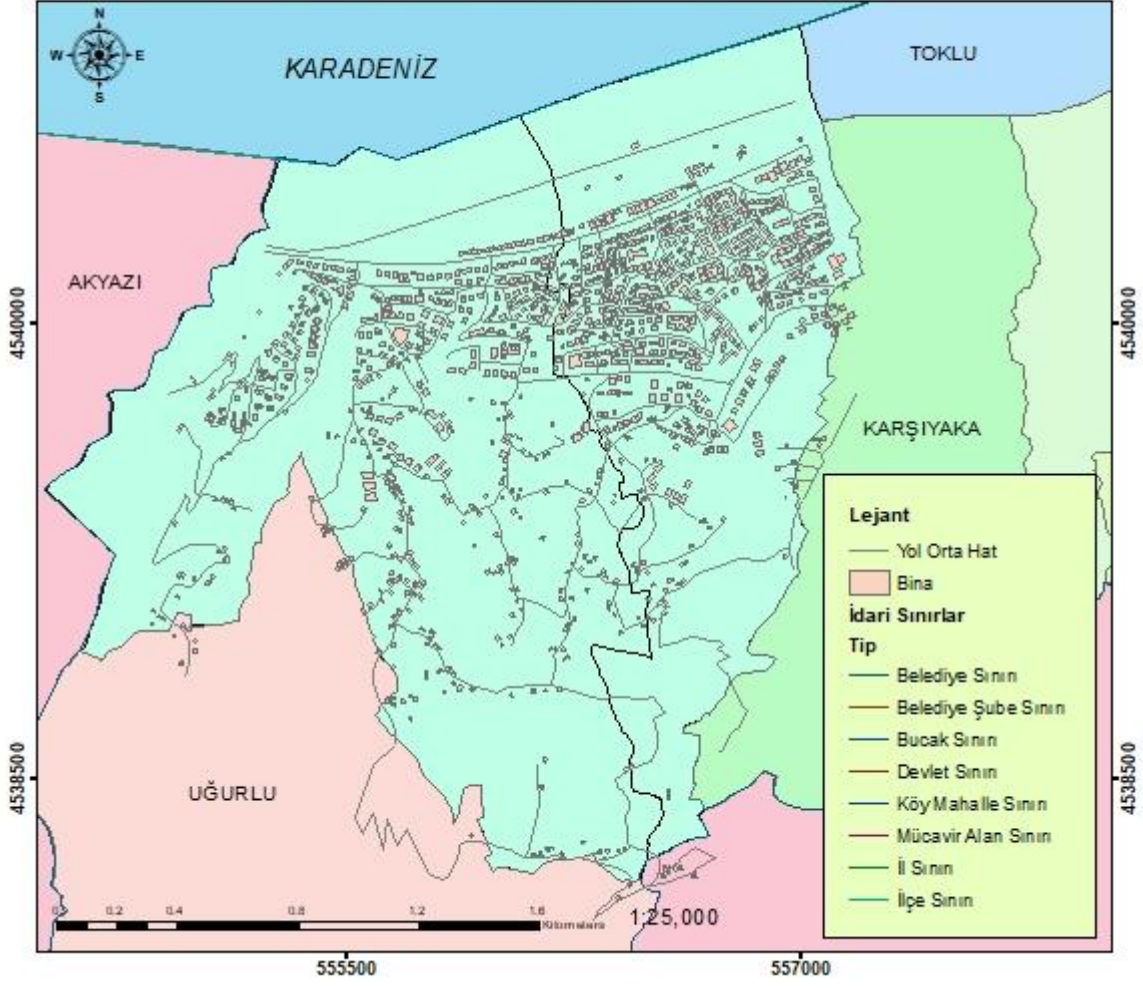


Şekil 43. Trabzon'a ait akarsu ve yol haritası



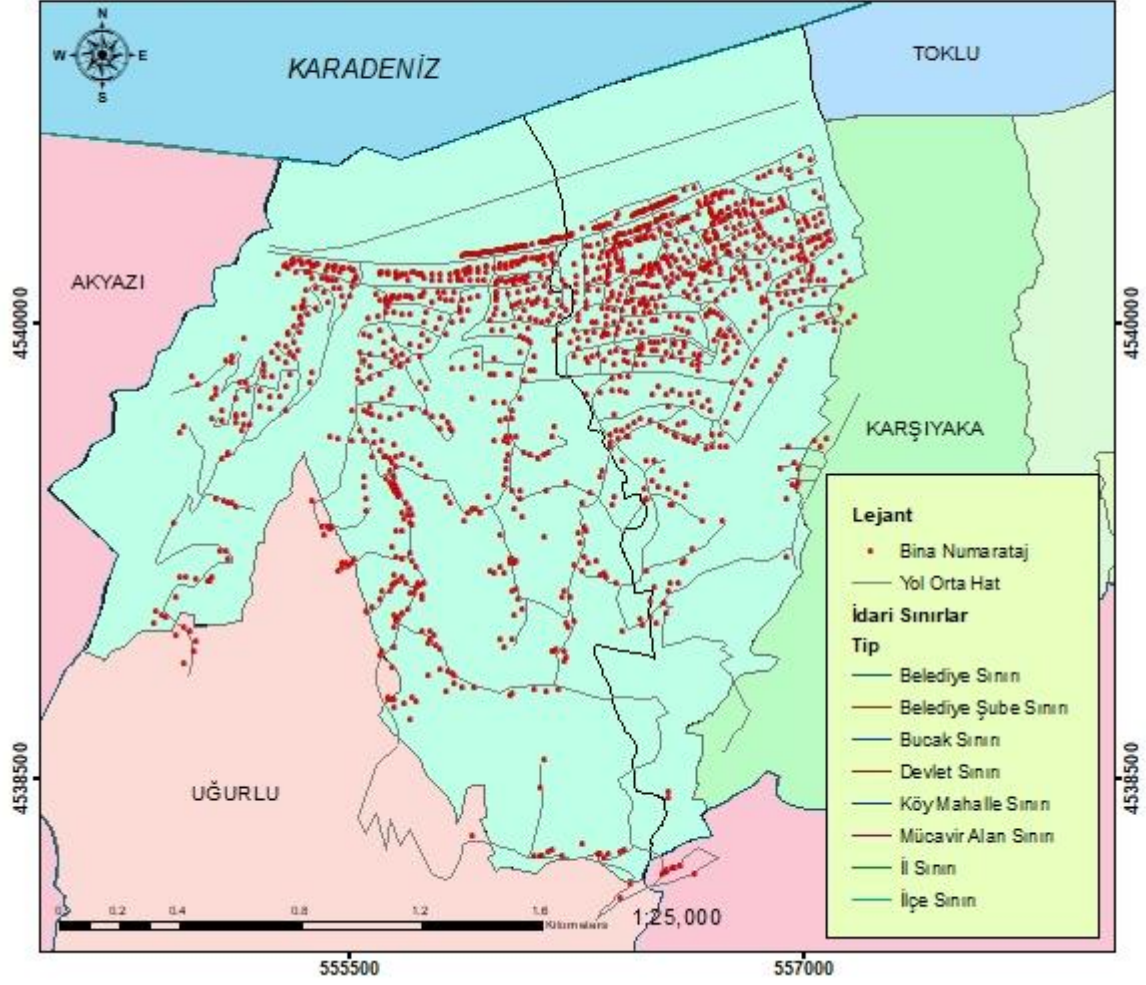
Şekil 44. 1 ve 2 Nolu Beşirli mahallelerini gösteren Trabzon'a ait idari sınır haritası

Bina ve Yol Orta Hat Haritası - 1 ve 2 Nolu Beşirli Mahalleleri Ortahisar/Trabzon

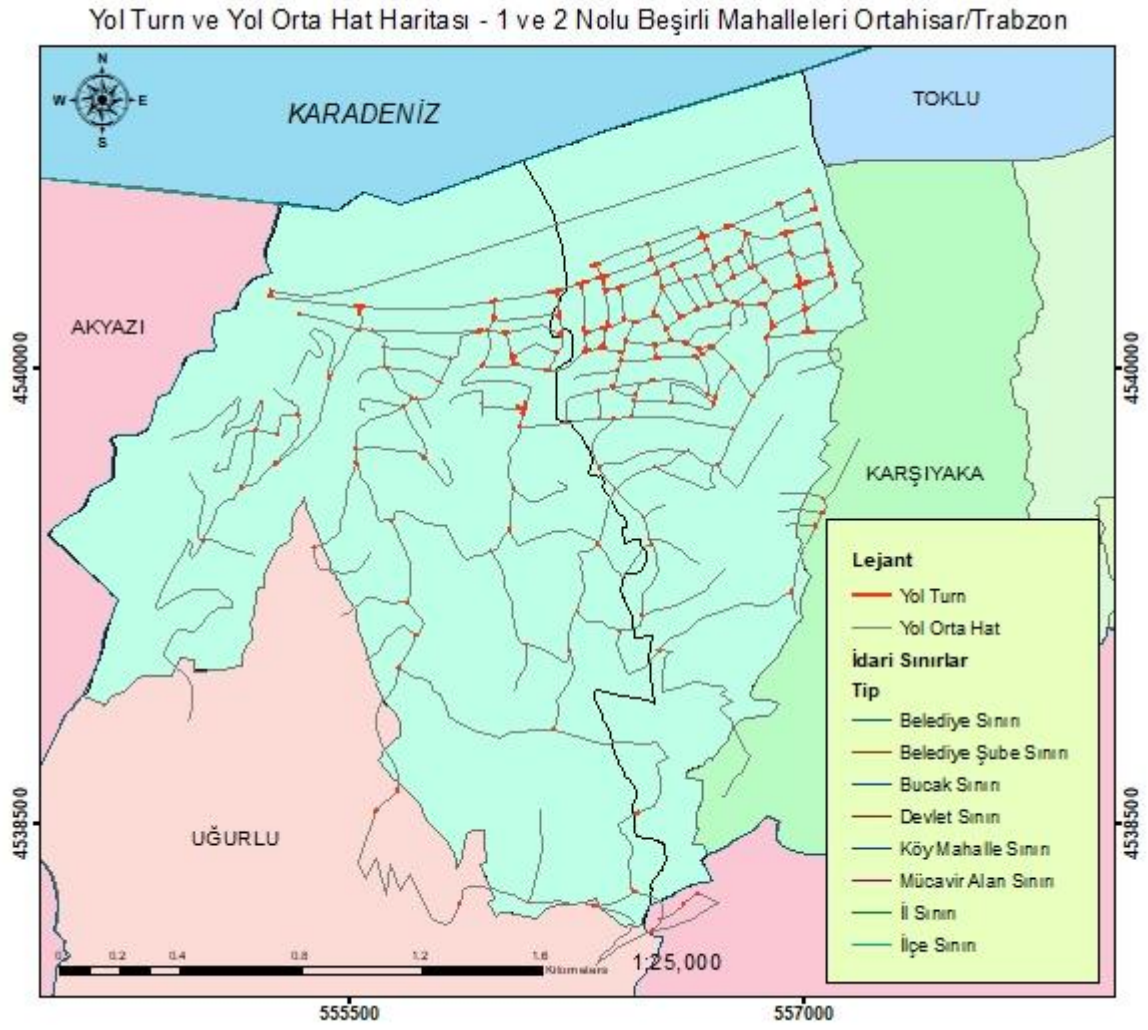


Şekil 45. 1 ve 2 Nolu Beşirli mahallelerine ait bina ve yol orta hat haritası

Numarataj ve Yol Orta Hat Haritası - 1 ve 2 Nolu Beşirli Mahalleleri Ortahisar/Trabzon



Şekil 46. 1 ve 2 Nolu Beşirli mahallelerine ait numarataj ve yol orta hat haritası



Şekil 47. Güzergâh analizi için toplanan yol ağı verisine ait turn katmanı

OBJECTID *	SHAPE *	Edge1End	Edge1FCID	Edge1FID	Edge1Pos	Edge2FCID	Edge2FID	Edge2Pos	Edge3FCID
2	Polyline	Y	4	117	0.959029	4	207	0.278403	<Null>
3	Polyline	N	4	207	0.113919	4	217	0.040859	<Null>
4	Polyline	N	4	217	0.047282	4	217	0.055074	<Null>
5	Polyline	Y	4	117	0.980262	4	117	0.984965	<Null>
6	Polyline	N	4	117	0.032518	4	117	0.023956	<Null>
7	Polyline	Y	4	118	0.939625	4	118	0.976785	<Null>
8	Polyline	N	4	146	0.181746	4	146	0.093164	<Null>
9	Polyline	N	4	207	0.344063	4	207	0.424319	<Null>
10	Polyline	Y	4	146	0.762605	4	146	0.84256	<Null>
11	Polyline	Y	4	84	0.950006	4	84	0.974621	<Null>
12	Polyline	N	4	212	0.224861	4	212	0.153001	<Null>
13	Polyline	N	4	205	0.355849	4	205	0.159026	<Null>
14	Polyline	Y	4	212	0.841523	4	212	0.89333	<Null>
15	Polyline	Y	4	76	0.97377	4	76	0.987596	<Null>
16	Polyline	N	4	187	0.088441	4	187	0.050938	<Null>
17	Polyline	N	4	69	0.103708	4	69	0.062579	<Null>
18	Polyline	Y	4	205	0.553231	4	205	0.764868	<Null>
19	Polyline	N	4	11	0.032588	4	11	0.023646	<Null>
20	Polyline	Y	4	207	0.903029	4	207	0.943582	<Null>
21	Polyline	N	4	43	0.028149	4	43	0.023197	<Null>
22	Polyline	Y	4	206	0.850825	4	206	0.923754	<Null>
23	Polyline	N	4	182	0.031928	4	182	0.020431	<Null>
24	Polyline	Y	4	195	0.893286	4	195	0.934883	<Null>
25	Polyline	Y	4	11	0.976742	4	11	0.984689	<Null>
26	Polyline	N	4	206	0.081613	4	206	0.052348	<Null>
27	Polyline	Y	4	182	0.952092	4	182	0.972815	<Null>
28	Polyline	N	4	32	0.01555	4	32	0.007143	<Null>

1 (0 out of 519 Selected)

yol_turn

Şekil 48. Güzergâh analizi için pilot bölgeden toplanan yol dönüş bilgileri

2.12.2. Yazılımın Test Edilmesi

Yazılım için geliştirilen giriş arayüzü Şekil 49’da gösterilmiştir. Bu arayüz üzerinden kullanıcılar kendileri için tanımlanmış olan ‘Sistem Kodu’, ‘Kullanıcı Adı’ ve ‘Şifre’ bilgilerini kullanarak giriş yapabilmektedir.

Misafir

Yardım

BÜKAYSİS
Bütünlük Katı Atık Yönetim Sistemi

1

TEST

.....

Makara

Mikrofon

Elma

Tırnak Makası

Patlıcan

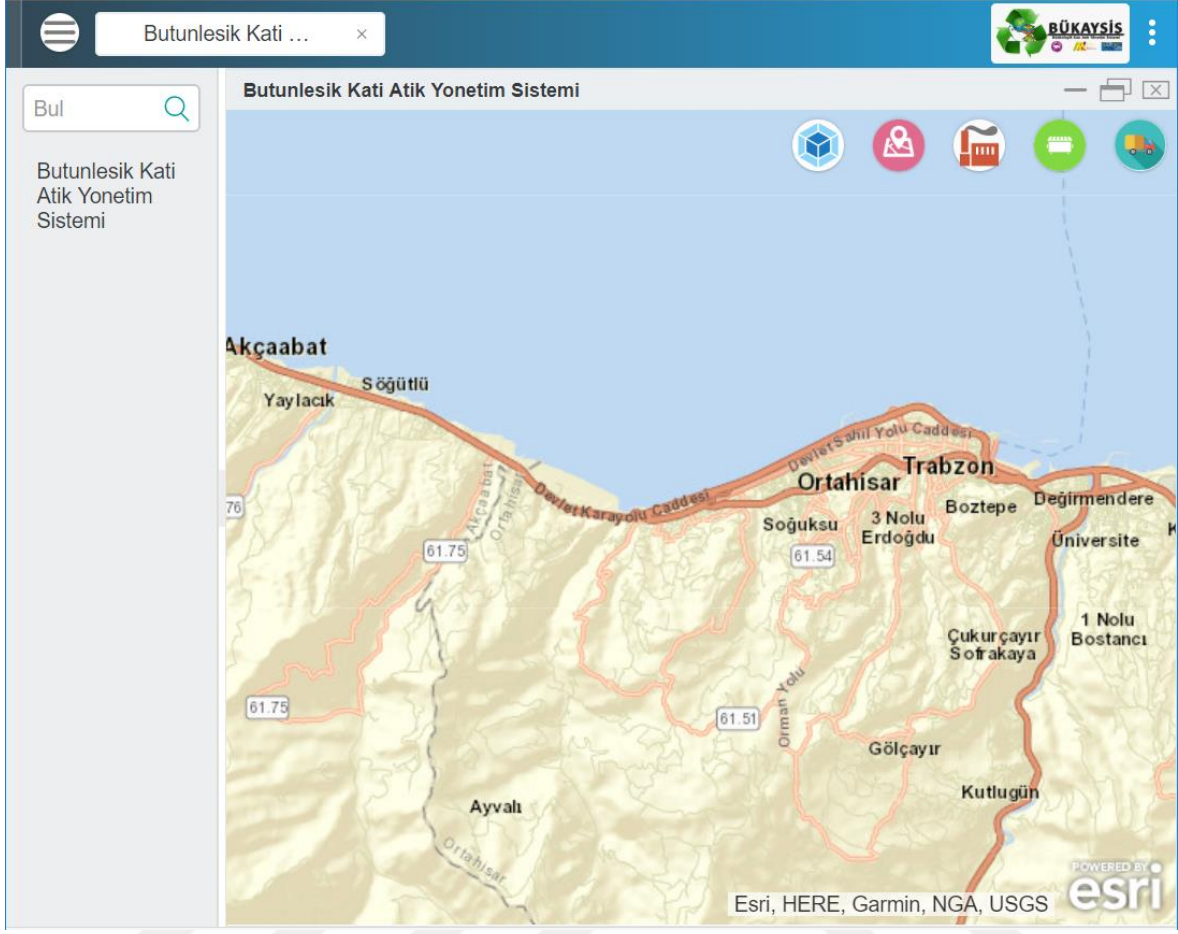
Giriş

Türkçe ▼

Şifremi unuttum ?

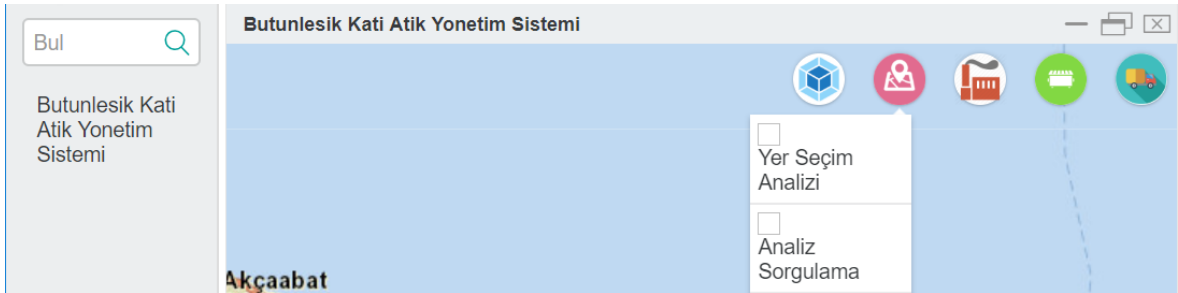
Şekil 49. Giriş arayüzü

Yazılıma giriş yaptıktan sonra kullanıcıyı Şekil 50’deki arayüz karşılamaktadır. Bu arayüz üzerinde sağ üst köşede bulunan menü üzerinden kullanıcılar yapmak istedikleri işlemleri yapabilirler. ‘Katı Atık Yönetim Sistemi’ arayüzünün ilgili tüm işlemlerine bu menü içerisinden erişilebilir.



Şekil 50. Yazılım arayüzü

Yer seçimi analizi için bahsi geçen menüden ilgili sekmeye tıklanır ve ‘Yer Seçimi Analizi’ sekmesine tıklanır (Şekil 51). Bu işlemten sonra kullanıcıya Şekil 52’deki pencere açılır. Bu pencere içerisinde kullanıcı hangi tesis için yer seçimi yapmak istiyorsa onu seçer ve işleme devam eder.

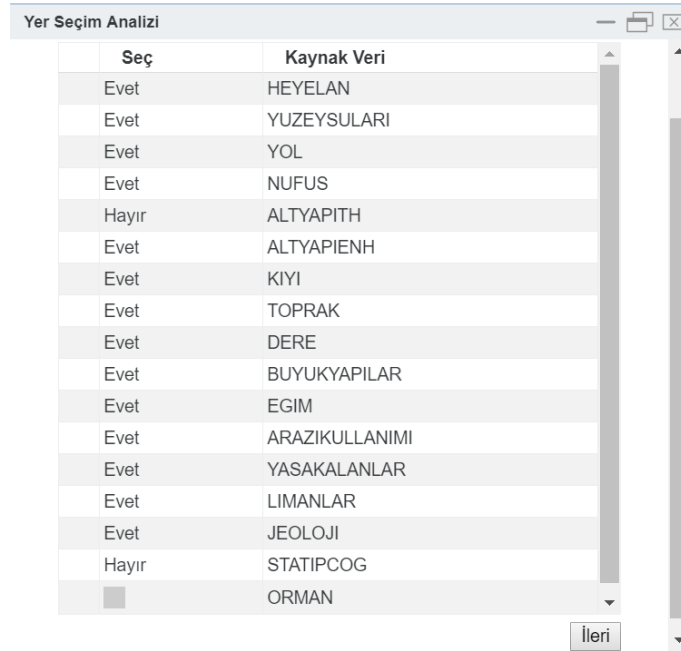


Şekil 51. Yer seçimi menüsü



Şekil 52. Tesis seçim menüsü

Analizin yapılacağı tesis seçildikten sonra kullanıcıya Şekil 53'deki pencere açılır. Bu pencereden kullanıcı analizde kullanmak istediği verileri seçilebilmektedir. Burada amaç mevcut olmayan verilerin analize sokularak performansın azalmasını engellemektir. Ayrıca kullanıcı var olan ancak kendisi için önemi olmadığını düşündüğü verileri kullanmamak suretiyle de analizini gerçekleştirebilmektedir.



Şekil 53. Analizde kullanılacak katmanların seçilmesi

Şekil 53'de 'İleri' sekmesine tıkladıktan sonra kullanıcıyı Şekil 54'teki pencere karşılar. Bu pencerede her katmanın –dolayısıyla kriterin- ilgili alt kriterlerine ilişkin puanlar girilmektedir. Bu puanlar varsayılan olarak bırakılacağı gibi kullanıcı tarafından belirlenebilmekte ve kullanıcı tanımlı olarak kaydedilebilmektedir.

Kaynak Veri	Min	Max	Puan
HEYELAN	300	500	1
YUZEYSULARI	1,000	1,500	5
YOL	2,000	5,000	9
NUFUS	0	300	1,000,000
ALTYAPIENH	500	1,000	3
KIYI	1,500	2,000	7
TOPRAK			
DERE			
BUYUKYAPILAR			
EGIM			
ARAZIKULLANIMI			
YASAKALANLAR			
LIMANLAR			
JEOLoji			

Şekil 54. Seçilen katmanlar için puan değerlerinin girilmesi

Şekil 54'te 'İleri' sekmesine tıkladıktan sonra kullanıcıyı Şekil 55'deki pencere karşılamaktadır. Bu pencerede kullanıcı her katmanın –dolayısıyla- kriterin ağırlığını girebilmektedir. Bu ağırlıklar varsayılan olarak bırakılacağı gibi kullanıcı tarafından belirlenebilmekte ve kullanıcı tanımlı olarak kaydedilebilmektedir. Bu pencerede 'Analizi Başlat' butonuna tıkladıktan sonra analiz başlatılmaktadır. Analiz bitirildikten sonra kullanıcı 'Analiz tamamlandı' yazılı bir kutucukla uyarılmaktadır. Daha sonra kullanıcıya Şekil 56'deki pencere açılmaktadır. Bu pencereden kullanıcı arzu ediyorsa çizdirme butonuna tıklayarak analiz yaptığı tesis için yer belirleme işlemine geçebilmektedir. Kullanıcı arzu ediyorsa ilgili analizi sorgulama kısmından görüntüleyebilmektedir.

Yer Seçim Analizi

Veri Tipi	Ağırlık
HEYELAN	0.05000000
YUZEYSULARI	0.10000000
YOL	0.10000000
NUFUS	0.10000000
ALTYAPIENH	1.00000000
KIYI	1.00000000
TOPRAK	0.10000000
DERE	0.20000000
BUYUKYAPILAR	1.00000000
EGIM	0.10000000
ARAZIKULLANIMI	0.15000000
YASAKALANLAR	1.00000000
LIMANLAR	1.00000000
JEOLOJI	0.10000000

Analiz Sınırı (Çizilmeyecekse Seçilmelidir):

Şekil 55. Seçilen katmanlar için ağırlık değerlerinin girilmesi

Yer Seçim Analizi

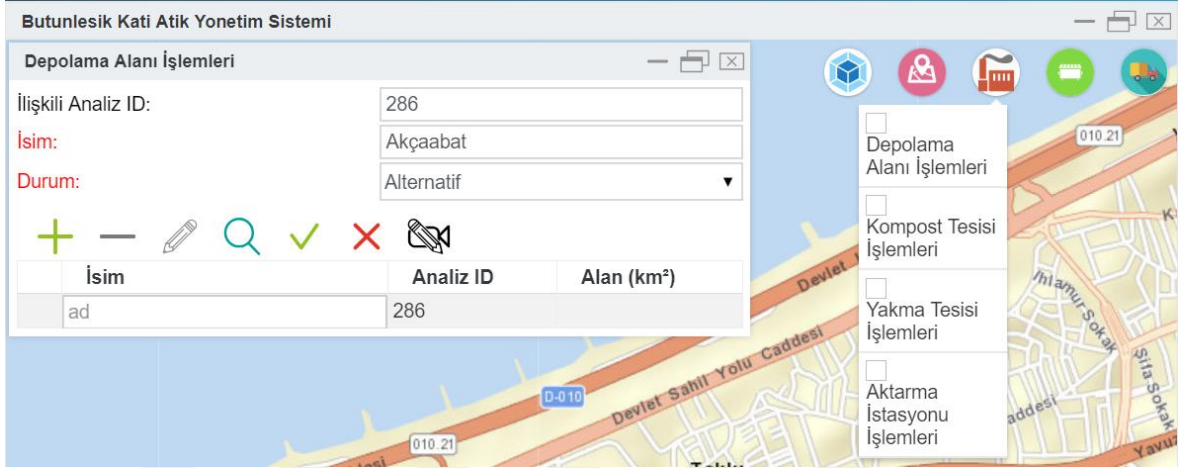
Veri Tipi	Ağırlık
JEOLOJI	0.30000000
ESYUKSELT1	0.20000000
STATIPCOG	0.30000000
TOPRAK	0.20000000

Analiz Sınırı (Çizilmeyecekse Seçilmelidir):

Varsayılan Ağırlıklar
 Kendi Ağırlıklarım

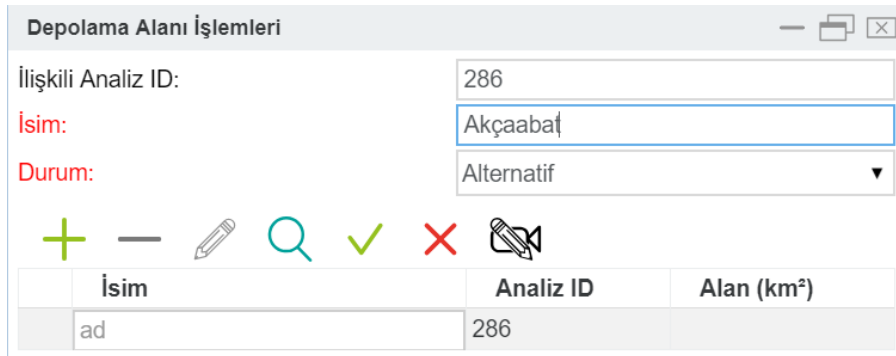
Şekil 56. Analiz bittiğinde kullanıcıya sunulan pencere

Kullanıcı arzu ediyorsa menüden ilgili sekmeye tıklayarak istediği herhangi bir tesis için yer belirleme işlemini gerçekleştirebilmektedir (Şekil 57).



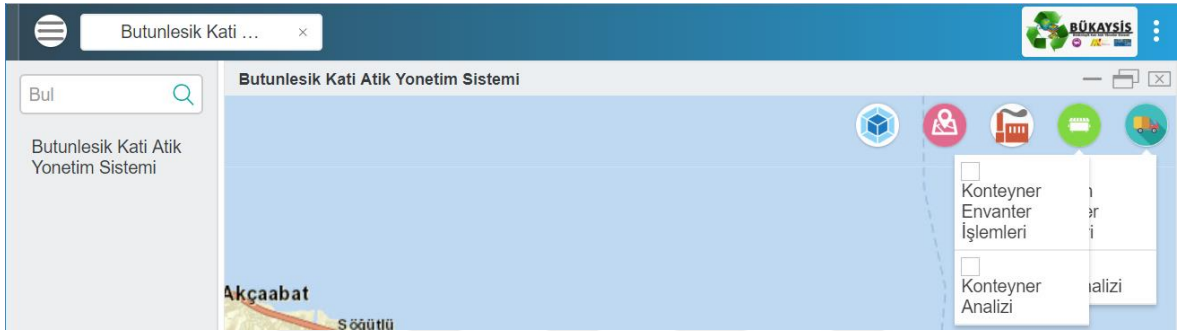
Şekil 57. Tesis işlemleri menüsü

Kullanıcı arzu ettiği tesis işlemini seçtikten sonra kendisine Şekil 58'deki gibi bir pencere açılacaktır. Buradan kullanıcı üzerinde belirleme yapmak istediği raster haritayı açmak için 'Analiz ID' kısmından ilgili analizi seçer. Böylelikle kendisine maliyet yüzey haritası açılır. Bu haritada yeşil rengeyle gösterilen pikseller uygun alanları temsil etmektedir. Bu harita üzerinden kullanıcı gerekli bilgileri girerek yer belirleme işlemini gerçekleştirmektedir.



Şekil 58. Depolama alanı işlemleri penceresi

Kullanıcı atık kutusu analizini gerçekleştirmek için menüden ilgili sekmeye tıklamakta ve ‘Atık kutusu Analizi’ sekmesine tıklamaktadır (Şekil 59). Daha sonra kullanıcıya Şekil 60’daki pencere açılmaktadır. Bu pencerede daha önce belirtilen parametreler girilmekte ve analiz başlatılmaktadır. Analiz tamamlandıktan sonra kullanıcı ‘Analiz Tamamlandı’ yazılı bir pencere ile uyarılmakta ve atık kutuları harita üzerinde görüntülenmektedir. Kullanıcı isterse ‘Atık kutusu Analizi’ menüsünden sorgulama yaparak daha önce gerçekleştirdiği analizleri görüntüleyebilmektedir (Şekil 60).



Şekil 59. Atık kutusu yeri belirleme ve güzergâh belirleme analizleri menüsü

Konteyner Analizi

Mahalle:

Envantere bakılacak mı?:

+ 🔍 ✓ ✗

	Göster	ID	Mahalle	Envanter	Tarih
<input type="checkbox"/>			FATİH	0	

Şekil 60. Atık kutusu yerlerinin belirlenmesi analizi veri giriş penceresi

Kullanıcı güzergâh analizini gerçekleştirmek için menüden ilgili sekmeye ve daha sonra ‘Rota Analizi’ sekmesine tıklamaktadır (Şekil 59). Bu işlemden sonra kullanıcıya Şekil 61’deki pencere açılmaktadır. Bu pencereden kullanıcı raporda daha önce bahsedilen parametreleri girerek analizi gerçekleştirmektedir. Analiz tamamlandıktan sonra kullanıcı ‘Analiz Tamamlandı’ yazılı bir pencere ile uyarılmaktadır. Daha sonra navigasyon dosyaları

kullanıcıya görüntülenmektedir (Şekil 69). Bu navigasyon ekranından kullanıcı istediği navigasyonu seçer ve bu navigasyon harita üzerinde görüntülenmektedir.

Rota Analizi

Mahalle:

Konteyner Analiz ID:

+ **Q** **✓** **✗**

	Göster	ID	Oluşturan	Tarih	İlişkili Konteyner Analiz ID	Mahalle Adı
--	--------	----	-----------	-------	------------------------------	-------------

Şekil 61. Güzergâh analizi veri giriş penceresi

3. BULGULAR VE İRDELEMELER

KADEP ürünü çıktı olarak kullanıcıya DÜKADET, KT, YT ve Aİ için en uygun yerleri, atık kutuları için en uygun yerleri ve toplama işlemi için en uygun güzergâhları sağlamaktadır. Pilot bölge için geliştirilen modeller test edilmiş ve elde edilen bulgular başlıklar halinde irdelenmiştir.

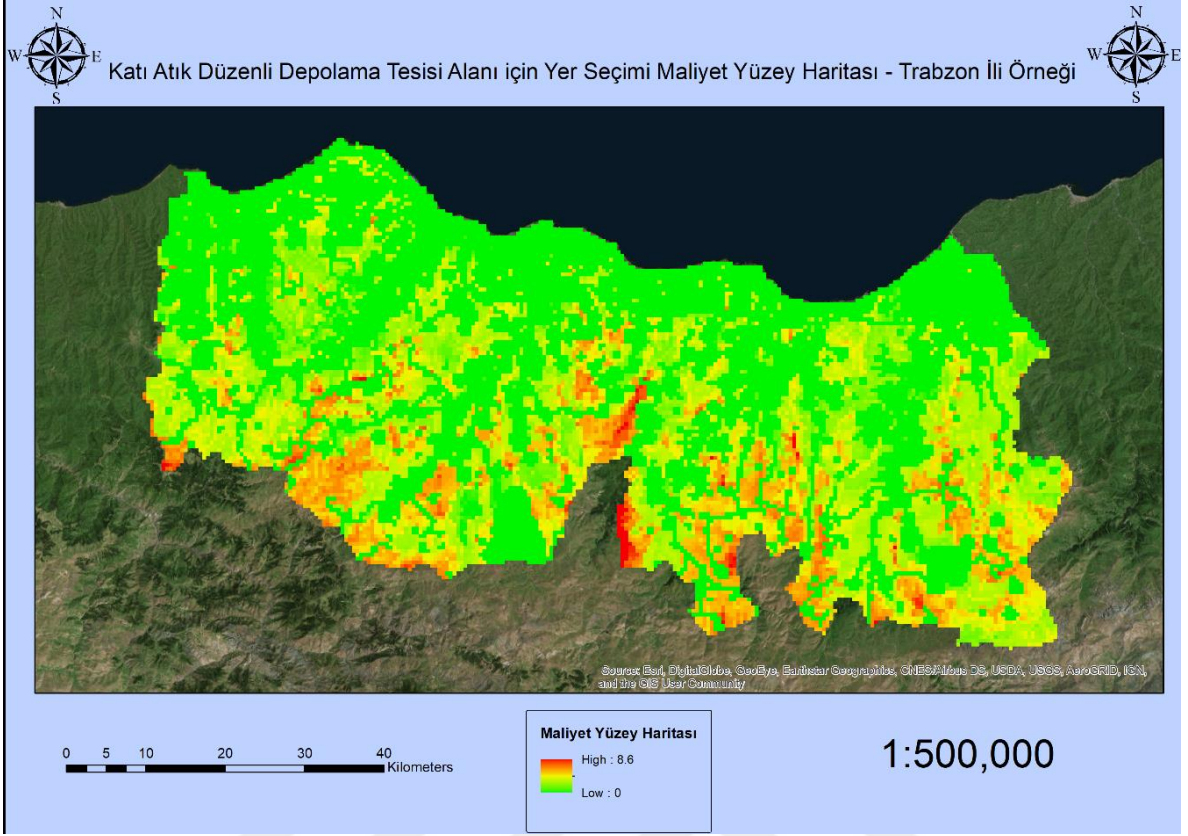
3.1. Yer Seçimi Analizi

3.1.1. DÜKADET Analizi

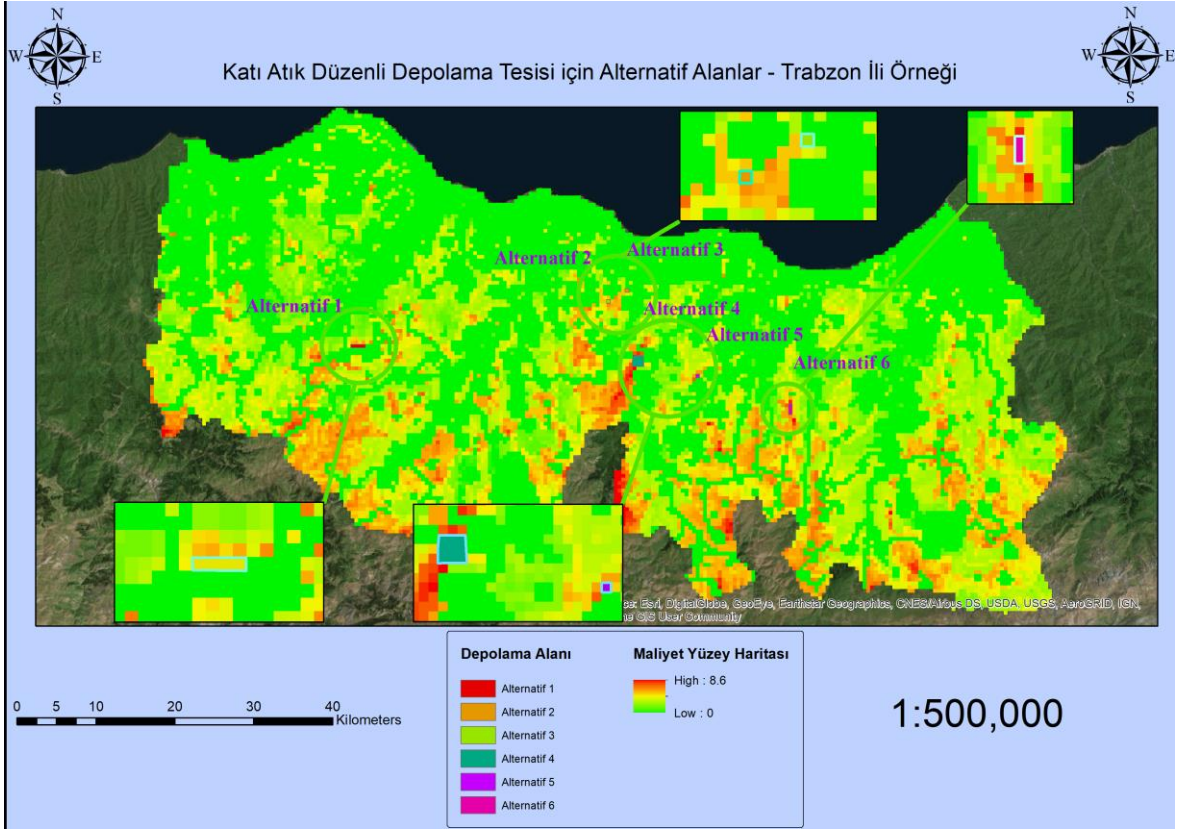
DÜKADET'ler için en uygun yer seçimi analizi raster haritalar üzerinden gerçekleştirilen bir analizdir. Bu analiz için girdi katmanlar kullanılarak ve ÇKKV yöntemi kullanılarak bir birikimli maliyet yüzey haritası oluşturulmaktadır. Oluşturulan maliyet yüzey haritası olası çözümleri uygunluk durumlarına göre gösteren bir haritadır. Bu analizin gerçekleştirilmesinde pilot bölge verileri ve ÇKKV yöntemlerinden AHP yöntemi kullanılarak bir maliyet yüzey haritası üretilmiş ve bu harita üzerinden alternatif bir alan belirlenmiştir. Maliyet yüzey haritası ve alternatif alan Şekil 62'te gösterilmiştir.

Elde edilen bu maliyet yüzey haritası üzerinde alternatifli olarak depolama alanları belirlenmiştir. Belirlenen alanlar Alternatif 1, Alternatif 2, Alternatif 3, Alternatif 4, Alternatif 5, Alternatif 6 olmak üzere altı adettir ve bunlar Şekil 63'de gösterilmiştir. Belirlenen depolama alanları için analiz sırasında oluşturulan raster haritalar kullanılarak uygunluk açısından her kritere göre ortalama uygunluk puanı belirlenmiştir. Bu puanlar Tablo 17'de gösterilmiştir. Buna göre tesis için en uygun alan belirlenen alanlar arasında Alternatif 5'tir. Alternatif 5'in toplam alanı 22 ha'dır.

Alternatif 5'in uydu görüntüsü ve maliyet yüzey haritası üzerindeki görüntüsü Şekil 64'te gösterilmiştir.



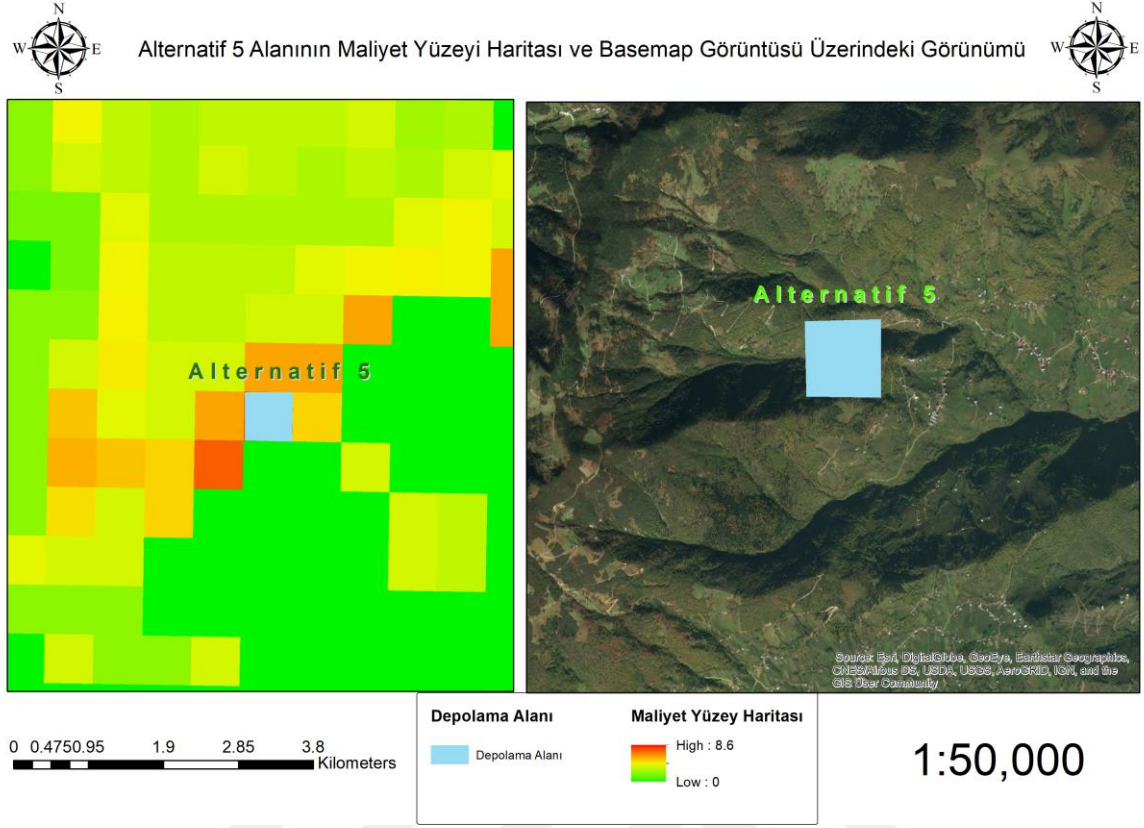
Şekil 62. Pilot bölgesinde DÜKADET yeri seçimi için üretilen maliyet yüzey haritası



Şekil 63. DÜKADET alanları için üretilen alternatifler

Tablo 17. Alternatifli DÜKADET alanlarının kriterlere göre uygunluk durumu

	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3	Alternatif 4	Alternatif 5	Alternatif 6
Heyelan	10	10	10	10	10	10
Arazi Kullanımı	7	2	10	9	9	7
Jeoloji	10	10	10	10	10	10
Toprak	7	9	9	9	9	9
Eğim	9	5	8	3	4	7
Akarsu	5	1	1	5	6	5
Yol	2	7	2	4	5	2
Nüfus	10	10	10	10	10	10
Yüzey Suları	10	10	10	10	10	10
TOPLAM	70	64	70	70	73	70



Şekil 64. DÜKADET için uygun görülen beşinci alternatifin uydu görüntüsü üzerindeki görünümü

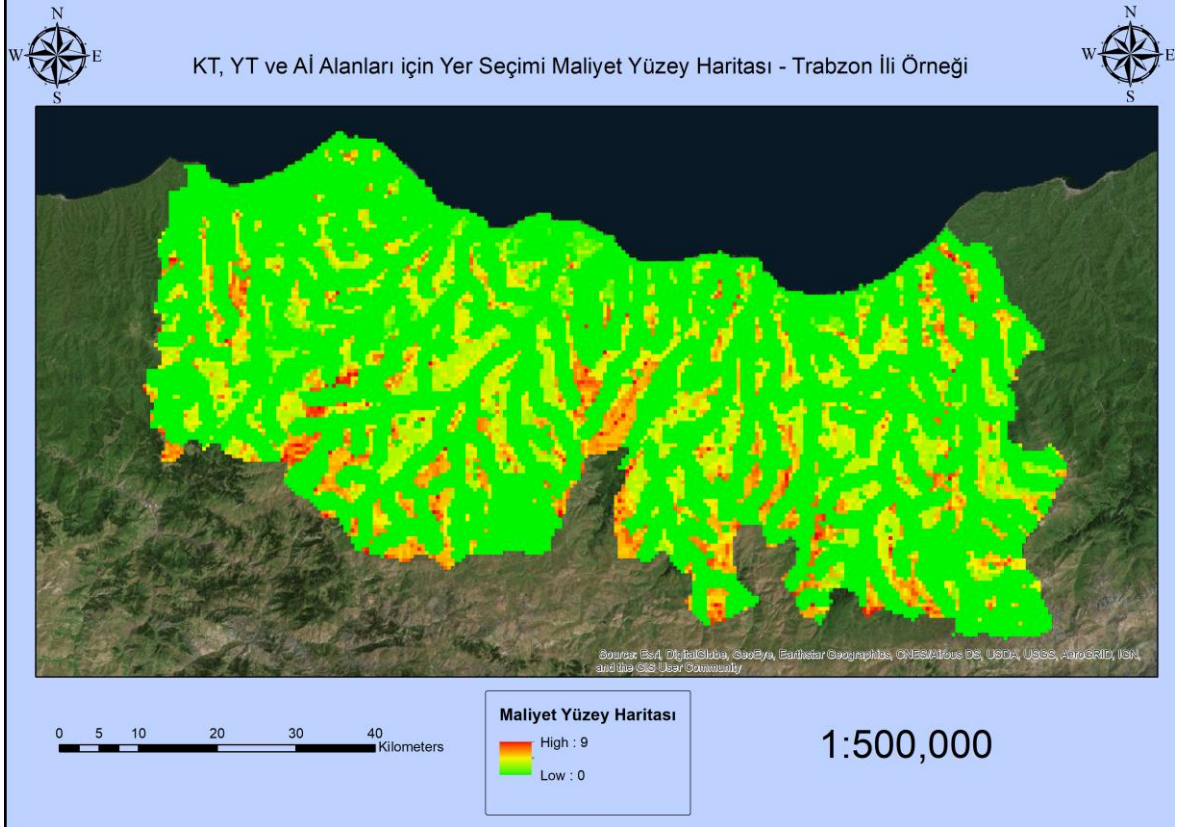
3.1.2. KT Analizi

KT'ler için gerçekleştirilen yer seçimi analizi de tıpkı DÜKADET analizinde olduğu gibi raster haritalar üzerinden gerçekleştirilen bir analizdir. KT yer seçimi ve DÜKADET yer seçimi arasındaki temel fark kullanılan girdi katmanların (yani kriterlerin) ve bunlara ilişkin ağırlık ve puanların farklı olmasıdır. KT yer seçimi için gerçekleştirilen analizde pilot bölge verileri ve ÇKKV yöntemlerinden AHP yöntemi kullanılarak bir maliyet yüzey haritası üretilmiştir. Üretilen maliyet yüzey haritası üzerinden alternatif bir alan belirlenmiştir. Maliyet yüzey haritası ve alternatif alan Şekil 65'de gösterilmiştir.

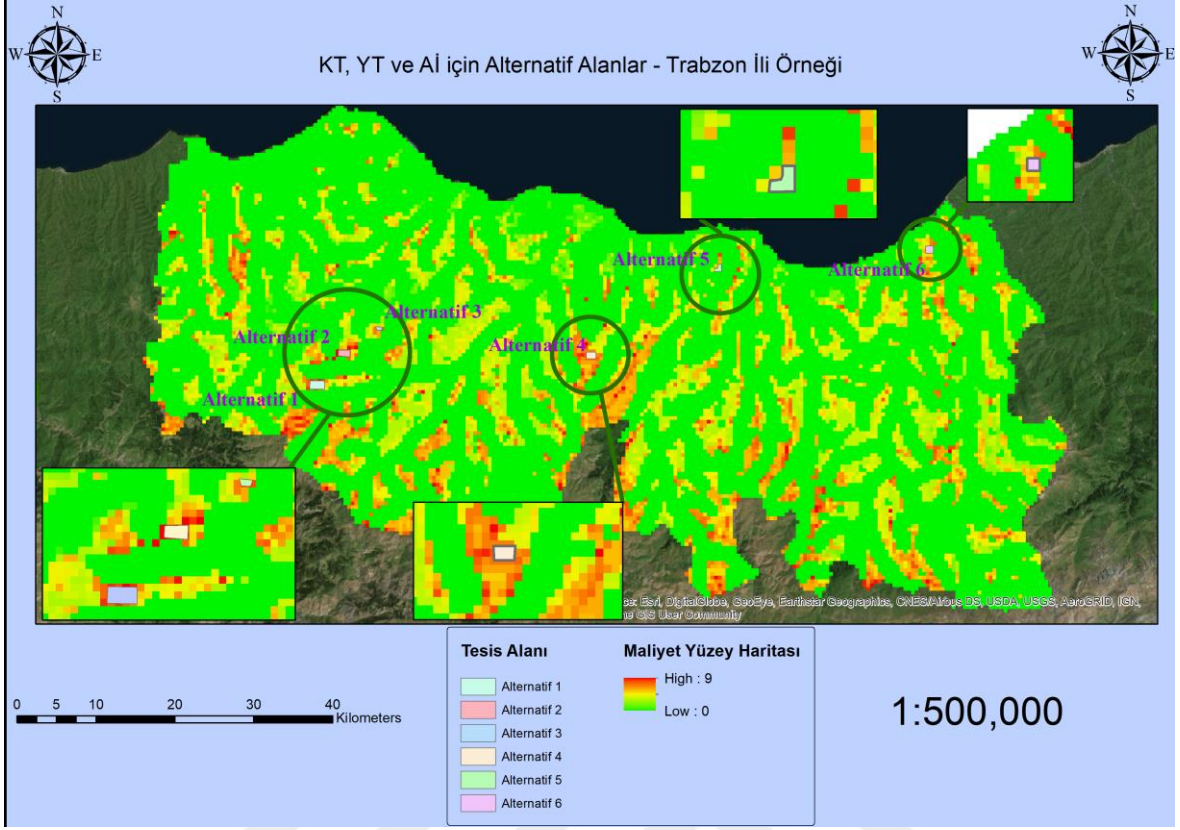
Elde edilen bu maliyet yüzey haritası üzerinde tesis alanları alternatifli olarak belirlenmiştir. Belirlenen alanlar Alternatif 1, Alternatif 2, Alternatif 3, Alternatif 4, Alternatif 5, Alternatif 6 olmak üzere altı adettir ve bunlar Şekil 66'de gösterilmiştir. Belirlenen tesis alanları için analiz sırasında oluşturulan raster haritalar kullanılarak

uygunluk açısından her kritere göre ortalama uygunluk puanı belirlenmiştir. Bu puanlar Tablo 18’de gösterilmiştir. Buna göre tesis için en uygun alan belirlenen alanlar arasında Alternatif 2’dir. Alternatif 2’nin alanı 126 ha’dır.

Alternatif 2’nin uydu görüntüsü ve maliyet yüzey haritası üzerindeki görüntüsü Şekil 67’de gösterilmiştir.



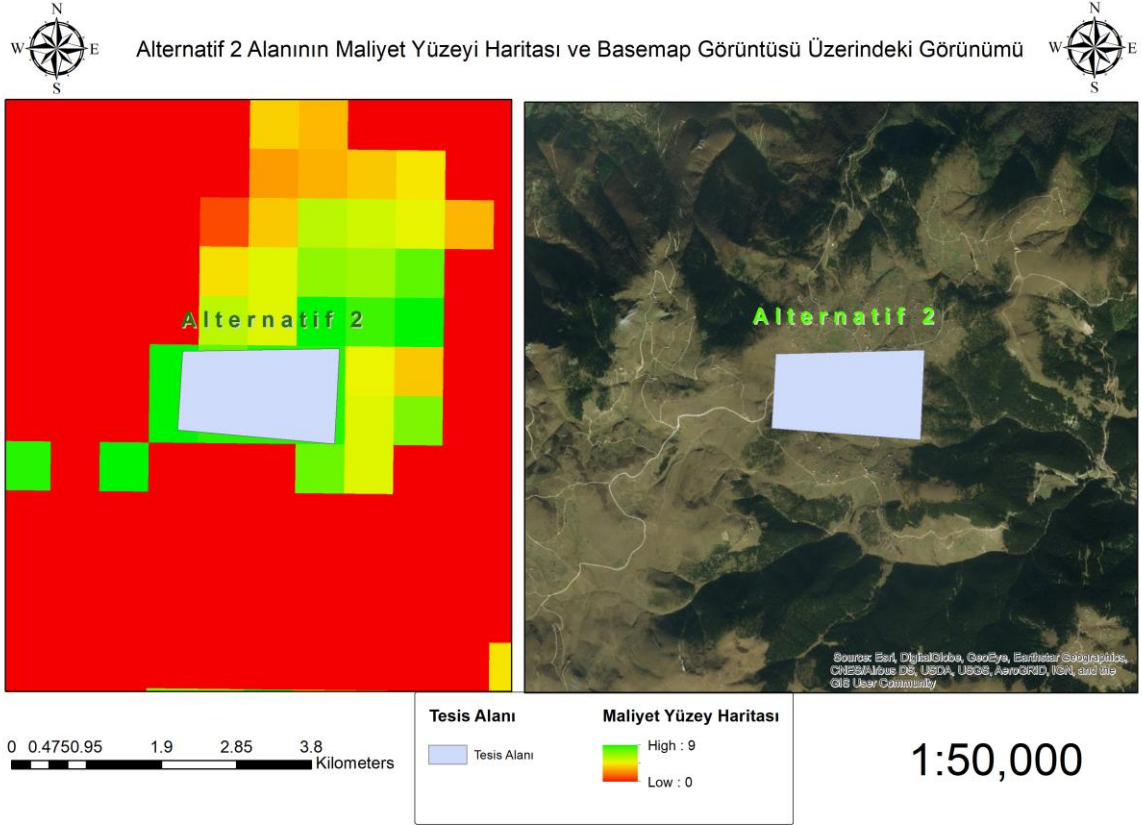
Şekil 65. KT, YT ve Aİ yeri seçimi için üretilen maliyet yüzey haritası



Şekil 66. KT, YT ve Aİ için üretilen alternatif alanlar

Tablo 18. Alternatifli KT, YT ve Aİ alanlarının kriterlere göre uygunluk durumu

	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3	Alternatif 4	Alternatif 5	Alternatif 6
Arazi Kullanımı	10	10	5	10	2	1
Toprak	6	6	9	9	9	7
Eğim	9	9	5	2	8	9
Yol	2	4	5	8	6	8
Nüfus	10	10	10	10	10	10
Altyapı	3	3	4	1	5	5
TOPLAM	40	42	38	40	40	40



Şekil 67. KT, YT ve Aİ alanı için uygun görülen ikinci alternatifin uydu görüntüsü üzerindeki görünümü

3.1.3. YT Analizi

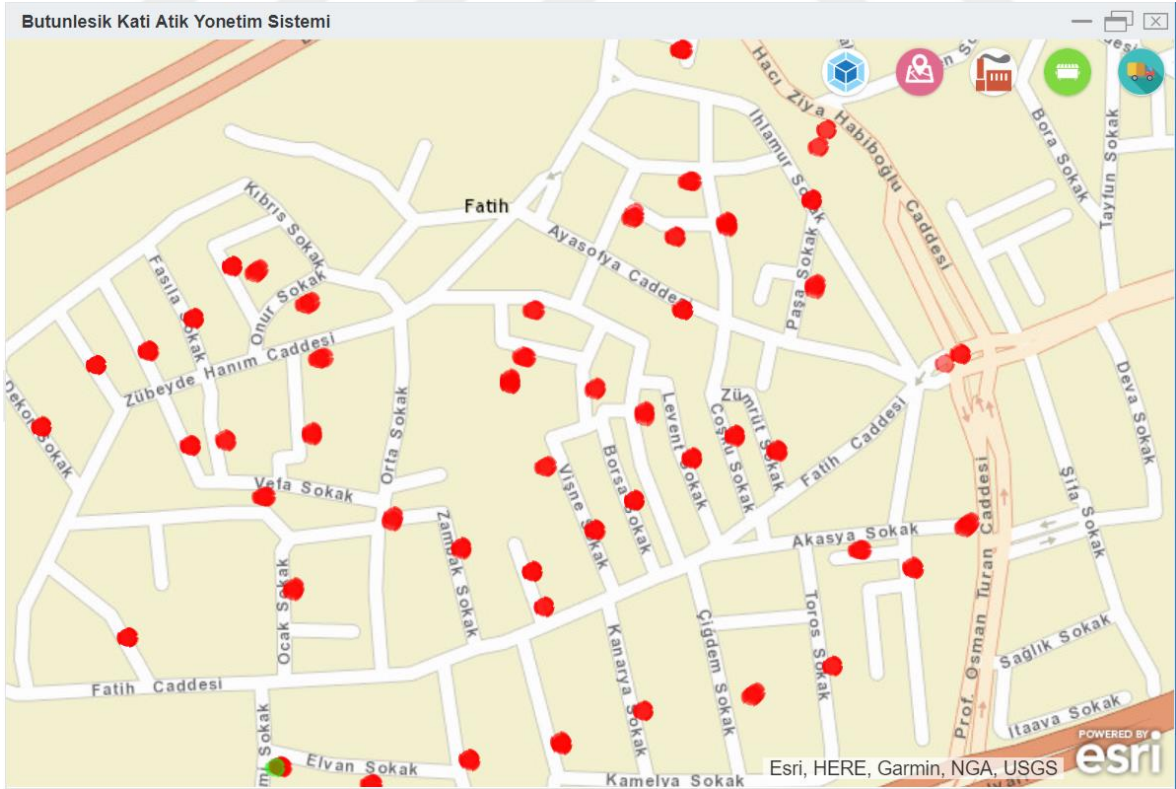
Diğer raster tabanlı yer seçimi analizleri gibi YT analizi de ÇKKV yöntemleri ile elde edilen maliyet yüzeği haritası üzerinde uygunluk analizi yapılarak en uygun yerlerin tespit edilmesi mantığına dayanmaktadır. Bu analizi DÜKADET analizinden ayıran en temel fark kullanılan girdi katmanların, ağırlıkların ve puanların farklı olmasıdır. Ancak analiz parametreleri KT analizi ile aynıdır. Dolayısıyla bu analiz için KT analizini gerçekleştirmek amacıyla ÇKKV yöntemlerinden AHP yöntemi kullanılarak üretilen maliyet yüzeği haritası kullanılmıştır. Daha sonra üretilen maliyet yüzeği haritası analiz edilerek YT için alternatif bir alan belirlenmiştir. Maliyet yüzeği haritası ve alternatif alan Şekil 66'de gösterilmiştir.

3.1.4. Aİ Analizi

Yazılımda raster tabanlı gerçekleştirilen analizlerden sonuncusu da Aİ'ler için en uygun yer seçimi analizidir. Aİ analizi için, pilot bölge verileri üzerinde belirlenen ağırlıklar kullanılarak ÇKKV yöntemlerinden AHP yöntemi uygulanmıştır. Uygulanan işlem sonucunda maliyet yüzey haritası elde edilmiştir. Kullanılan analiz parametreleri KT analizi ile aynı olduğu için elde edilen maliyet yüzey haritası da aynıdır. Daha sonra bu maliyet yüzey haritası analize tabi tutularak Aİ için alternatif bir alan belirlenmiştir. Maliyet yüzey haritası ve alternatif alan Şekil 66'de gösterilmiştir.

3.2. Atık Kutuları İçin En Uygun Yerlerin Belirlenmesi

Atık kutuları için pilot bölge testinde girdi verisi olarak tek tip ve 770 lt'lik atık kutuları kullanılmıştır. Yetkili idarelerle yapılan görüşmelerden bölge genelinde bu atık kutusunun kullanıldığı öğrenilmiştir. Yapılan testler sonucunda elde edilen atık kutularının harita üzerindeki görünümü Şekil 68'da gösterilmiştir.

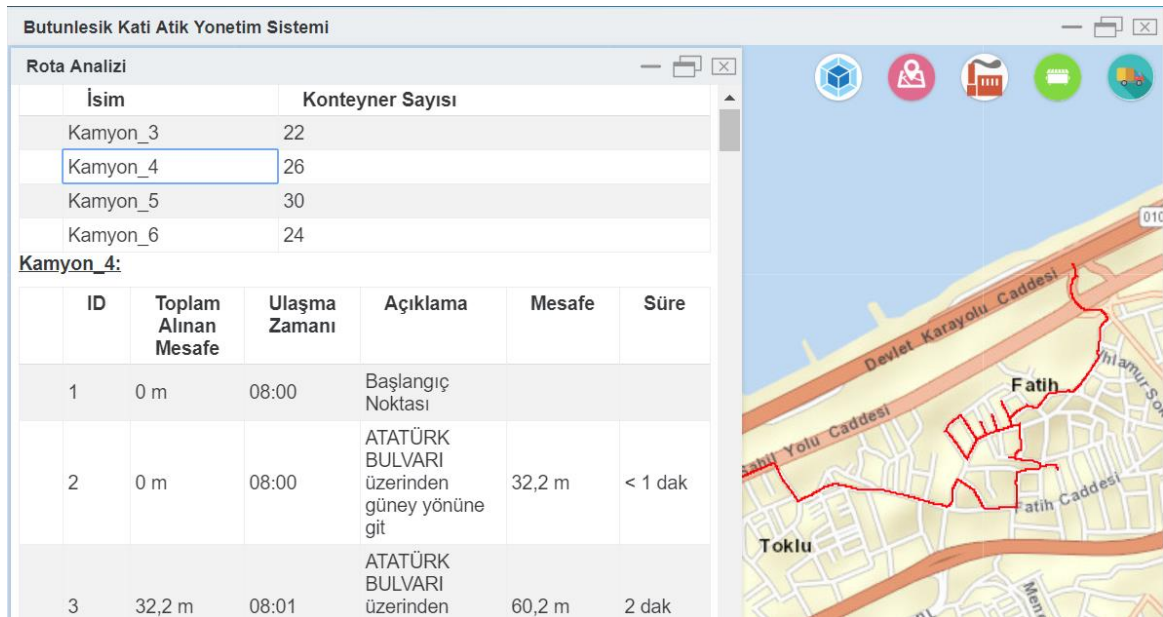


Şekil 68. Atık kutularının harita üzerindeki görünümü

Pilot bölge için seçilen kişi başına düşen günlük katı atık üretim miktarı TÜİK'ten elde edilmiştir ve kişi başı 1.2 kg'dır. Yerleştirilen atık kutularının toplam kapasitesi bölgede üretilen atığın toplamını karşılayabildiği görülmektedir. Atık kutularının toplam kapasitesinin pilot bölgedeki nüfusun ürettiği toplam atık miktarından fazla olmasının sebebi her atık kutusunun hanelere belli bir yürüme mesafesine yerleştirilmesidir. Bu durum bazı atık kutularının tam dolmamasına rağmen haneden uzak olmaması amacıyla analiz sonucunda yerleştirildiği noktada tespit edilmesinden kaynaklanmaktadır.

3.3. Atık Toplama Araçları İçin Güzergâh Belirleme

Atık toplama güzergâhları araçların garajdan AI'lere ya da bertaraf tesislerine varana kadar tüm atık kutularına uğrayan güzergâhlardır. KADEP ile birlikte bu güzergâhlar maliyet açısından optimize edilmektedir. Ayrıca bu güzergâhlar kullanıcıya (yani şoföre) anlık olarak sunulabilmekte, böylece atık kutularının toplanmaması durumunun önüne geçilebilmektedir. Öte yandan bu yazılımla birlikte güzergâhlar araç kapasitesine göre belirlenmekte, aynı kapasitedeki araçlara aynı atık kutusu yüklenmekte, böylelikle de iş gücü dağılımı daha adil olarak yapılabilmektedir. Güzergâh belirleme analizi pilot bölge için toplanan veriler üzerinde gerçekleştirilmiş ve elde edilen navigasyon dosyası Şekil 69'te gösterilmiştir.



Şekil 69. Güzergâh ve navigasyon bilgilerinin web arayüzündeki görünümü

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Katı atık üretimin büyük bir sorun haline geldiği günümüzde KKAYS'nin ne denli önemli olduğu özellikle gelişmiş ülkelerde daha iyi anlaşılmıştır. Gelişmiş ülkelerin birçoğunda atık toplama işlemi çok daha etkin bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir. Bunun en büyük nedenlerinden birisi de halkın KKAYS'ye bakışının ve katılımının iyi olmasıdır. Gelişmiş ülkelerde, gelişmemiş ya da gelişmekte olan ülkelere nazaran bertaraf işlemlerinde de önemli farklılıklar olduğu görülmektedir. Günümüzde, gelişmiş ülkeler atığın depolanmasını önlemek, bunun yerine atığın geri dönüşümü, geri kazanımı ve atıktan enerji elde etme yöntemlerine yönelmek amacıyla önemli tedbirler almaktadır. Atığın neredeyse hiç depolanmadan, kompostlama ve enerji elde etme yöntemleriyle bertaraf edildiği örneklerle rastlamak mümkündür.

Ancak görülmektedir ki KKAYS sürecini başından sonuna kadar yöneten, yönlendiren, karar vericiye kolaylık sağlayan bir platform yoktur. Dolayısıyla etkin yapıyor olsa bile birçok ülkede KKAYS aşamaları manuel olarak planlanmaktadır. Bu tez çalışmasının dayanağı da olan "Bütünleşik Katı Atık Yönetim Sistemleri için Servis Tabanlı Bir Karar-Destek Platformunun Geliştirilmesi" projesi ile geliştirilen KADEP karar vericiye KKAYS aşamalarında önemli kolaylıklar sağlamak ve süreci başından sonuna yönetebilme imkânı tanımaktadır.

Manuel yöntemlerle elde edilen çözümler insan kaynaklı birçok hatayı barındırmaktadır. Bunun en büyük sebebi karar verme sürecinde kullanılan kriterlerin insan aklıyla, birlikte değerlendirilebilmeleri için fazla olmasıdır. Geliştirilen KADEP ile kullanıcı tanımlı veriler kullanılarak %90'ın üzerinde bir otomasyon sağlanmıştır. Böylelikle insan kaynaklı hataların en aza indirgenmesi sağlanmaktadır.

Yazılımın en büyük çıkış noktalarından birisi katı atıkların bertarafı sırasında bertaraf tesisinden kaynaklanabilecek çevresel zararları en aza indireyecek çözümleri üreten bir platformun geliştirilmesidir. Bu bağlamda geliştirilen yazılım yapılan araştırmalar sonucunda elde edilen 30 kriteri bir arada değerlendirerek en uygun alanları kullanıcıya sunmaktadır. Bu alanlar tesisin çevreye verdiği zararı en aza indirirken, yapım ve işletme maliyetlerini de azaltmaktadır.

Yer seçimi analizleri manuel yöntemlerle yapıldığında çok fazla uğraş gerektiren, karmaşık ve uzun süren analizlerdir. Bunun en temel sebebi büyük veri kümelerine uygulanan işlemlerdir. Bu çalışmayla oluşturulan KADEP yer seçimini otomatik olarak yaparak kullanıcıya hiçbir karmaşaya izin vermeksizin en iyi alanları renklendirme yardımıyla sunabilmektedir. Ayrıca uygulanan model sayesinde yer seçimi analizinin gerçekleşme süresi önemli ölçüde azaltılmış ve yazılımın performansı artırılmıştır.

Yazılımın kullanıcı açısından en önemli özelliği esnek olmasıdır. Yapılan literatür taraması ile belirlenen değerler kullanıcı tanımlı olarak değiştirilebilmekte ve saklanabilmektedir. Ayrıca bu yazılım ile kullanıcı yaptığı her analizi ve bu analize ilişkin irdelemeleri veri tabanında saklayarak daha sonra görüntüleme ve karşılaştırma imkânına sahiptir.

Yazılımın bir diğer özelliği atık kutularının yerlerini nüfusa dayalı olarak belirleyebilmesidir. Yazılım farklı kapasitedeki atık kutularını nüfusun ürettiği çöp miktarına göre uygun yerlere yerleştirebilmektedir. Bu işlem sırasında yazılım ayrıca hanelerin atık kutularına olan yürüme mesafelerini de dikkate almaktadır. Bu durum atıkların, atık kutularından taşarak kötü görüntü ve koku oluşturmasını engellemektedir. Çünkü yerleştirilen atık kutuları üretilen atık miktarına göre yeter sayıda tesis edilmektedir. Ayrıca atık kutuları yerleştirilirken yürüme mesafeleri de dikkate alındığı için atıklar bu noktalarda daha etkin toplanabilmektedir.

Yazılımın gerçekleştirebildiği bir diğer analiz güzergâh analizidir. Bu analiz hem atık kutularında biriken atıkların toplanabilmesi için hem de Aİ'lerde geçici olarak biriktirilen atıkların bertaraf tesislerine aktarılabilmesi için izlenecek güzergâhı belirlemek amacıyla kullanılmaktadır. Bu analizin en önemli özelliği okul giriş-çıkış saatleri ve hastanelerin yoğun olduğu saatler gibi özel zamanlarda güzergâhın bu alanlardan geçmemesini sağlamasıdır. Böylelikle kaza riski ve araçlardan oluşacak rahatsızlıklar en aza indirgenmektedir. Yapılan testlerde belirlenen güzergâhın mevcut güzergâhlara göre yakıt tasarrufu sağladığı gözlenmiştir. Güzergâhlar kısaldığı için uzun vadede araç bakım masrafları ve yıpranma durumları da azalmaktadır. Belirlenen güzergâhlar interaktif olarak kullanıcı (şoför) tarafından görüntülenebilmektedir. Bu durum atık kutuları için olası toplanmama durumlarının da önüne geçmektedir.

Yer seçimi, uygun yer belirleme ve güzergâh analizi gibi analizler konumsal veriye bağlı analizlerdir. Bu tür analizlerde en büyük sorunlar verilerin temini ve verilerin

standartlaştırılması sırasında yaşanmaktadır. Gelişmemiş ya da gelişmekte olan ülkelerde veriler genellikle bir standarda bağlanmadığı için her veri üretici kurum ya da kuruluş standart açısından inisiyatif kullanmakta ve kendi ihtiyacına yönelik olarak veri üretmektedir. Bu durum bir amaç için üretilen verinin başka amaçlar doğrultusunda kullanılmasında çeşitli sorunlara sebep olmaktadır. Kimi zaman verinin üretildiği standart okunamadığı için standartlaştırılmamaktadır. Veri konusunda göze çarpan bir diğer sorunsal aynı verinin birden fazla kurum tarafından üretilmesidir. Türkiye örneğinde verilebileceği üzere; idari sınır veri birçok kurum tarafından kendi ihtiyaçları doğrultusunda üretilmekte ve bu veriler birbirlerine göre önemli farklılıklar içermektedir. Bunun yanı sıra aynı veri için farklı bölgelerde farklı kurum ya da kuruluşlara sorumluluk verilmesi durumu da söz konusudur. Örneğin Türkiye’de yol verisi için; şehirlerarası yollar için KGM, mücavir alan sınırları içindeki yollar için belediyeler, mücavir alan sınırları dışındaki yollar için ise il özel idareleri sorumludur. Bu durum veri ediniminde zamansal açıdan büyük sorunlara sebep olmaktadır.

Veri açısından karşılan en büyük sorunlardan birisi de verinin üretilmiyor olmasıdır. Bu çalışma kapsamında trafik verisi üretici herhangi bir kurum ya da kuruluştan temin edilemediği için kullanılmamıştır. Trafik verisi günümüzde yalnızca servis olarak sağlanmaktadır. Bu durum böylesi yazılımların maliyetini önemli ölçüde arttırmaktadır. Ancak yazılım trafik verisi temin edildiğinde kolaylıkla entegre edilecek biçimde tasarlanmıştır. Bir diğer sorun ise verilerin doğruluğunun bilinmemesidir. Örneğin kullanılan MERNİS verisi adres beyanına dayandığı için yanlış beyanların miktarı bilinmemektedir. Kuşkusuz yanlış beyanlar nedeniyle analizde kullanılan veri hata içermektedir. Bu durum da analizlin sağlıklı bir sonuç üretmesini olumsuz olarak etkilemektedir.

Öte yandan belirtmelidir ki mevcut verilerdeki kaba hatalar analizlerin doğruluğunu etkilemekte olsa bile karar vermek için yeterli olarak görülmektedir. Yer seçimi özelinde belirtilmesi gerekirse; geometrik hatalar zaten kullanılan raster çözünürlüğünden (raster haritaların piksel boyutundan) daha küçük olacağından dolayı analiz sonucunu çok etkilememektedir. Verinin güncel olmayışından kaynaklanan hatalar sonucu geometrik hatalara nazaran daha fazla etkilemektedir. Ancak maliyet yüzey haritası birikimli olarak her kriterden gelen değerleri barındırdığı için bu da analiz sonucunu önemli ölçüde etkilememektedir. Dolayısıyla mevcut verilerin önemli bir çoğunluğu analizleri

gerçekleştirebilmek için yeterli görülmektedir. Ancak ağ analizleri için mevcut durumda kurumlar tarafından üretilen yol verisinin yeterli olmaması gibi durumlar da söz konusudur.

Bu çalışma kapsamında ayrı toplama işlemi irdelenmemiştir. Bunun en büyük sebebi ayrı toplama için yeterli istatistiksel veriye ulaşılamamasıdır. Bu verinin üretilmesi durumunda bu çalışmanın yapılması da kuşkusuz faydalı olacaktır.

Bu çalışma “Bütünleşik Katı Atık Yönetim Sistemleri için Servis Tabanlı Bir Karar-Destek Platformunun Geliştirilmesi” başlıklı San-Tez projesi kapsamında yapılmıştır. Yapılan çalışmalarda veri ediniminde yaşanan sorunlar nedeniyle MERNİS verisi dışında iş yerine ilişkin çalışan verilerine erişilebilecek sistemlere erişim sağlanamamıştır. Bu sebeple çalışmada yalnızca evsel katı atıklar dikkate alınarak tasarım yapılmıştır. Ancak verinin temin edilmesi durumunda yazılıma kolaylıkla bütünleştirilebilecektir.

KKAYS tüm dünya için önemli bir gereksinimdir. Bütün ülkelerin bu sistemi optimize eden, iyileştiren çalışmalara ön ayak olması gerekmektedir. Ülkelerin mevzuatlarında KKAYS ile ilgili önemli boşluklar bulunmaktadır. Atıkların bertaraf edilmesi, toplanması ve taşınması çoğu ülkede bir standarda bağlanmamıştır. Bu durum sistemde önemli sorunlara yol açabilmektedir. Ülkeler KKAYS'nin işleyişini hiçbir boşluk kalmayacak şekilde yasa ve yönetmeliklerle belirlemeli ve çağın değişen gereksinimlerine göre güncellemelidir.

5. KAYNAKLAR

- Ahmed, S., M., Muhammad, H. ve Sivertun, A., 2006. Solid Waste Management Planning using GIS and Remote Sensing Technologies Case Study Aurangabad City, India, IEEE, 196-200.
- Akbari, V., Rajabi, M., A., Chavoshi, S., H. ve Shams, R., 2008. Landfill Site Selection by Combining GIS and Fuzzy Multi Criteria Decision Analysis, Case Study: Bandar Abbas, Iran, World Applied Sciences Journal 3, 1818,4952, 39-47.
- Akdoğan, A. ve Güleç, S., 2007. Sürdürülebilir Katı Atık Yönetimi ve Belediyelerde Yöneticilerin Katı Atık Yönetimi ile ilgili Tutum ve Düşüncelerinin Analizine Yönelik Bir Araştırma, H.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 25,1, 39-69.
- Al-Jarrah, O. ve Abu-Qdais, H., 2006. Municipal solid waste landfill siting using intelligent system, Waste Management, 26,3, 299-306.
- Al-Yaqout, A. F., Koushki, P. A. ve Hamoda, M. F., 2002. Public opinion and siting solid waste landfills in Kuwait, Resources Conservation and Recycling, 35,4, 215-227.
- Alavi, N., Goudarzi, G., Babaei, A. A., Jaafarzadeh, N. ve Hosseinzadeh, M., 2013. Municipal solid waste landfill site selection with geographic information systems and analytical hierarchy process: a case study in Mahshahr County, Iran, Waste Management & Research, 31,1, 98-105.
- Alpaydın, Ö., 2014. Gaziantep İli için Entegre Katı Atık Yönetiminde Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi Uygulanması, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Alpaydın, O., 2005. Trabzon Şehri Katı Atık Toplama İşleminin Coğrafi Bilgi Sistemi Destekli Optimizasyonu için Bir Uygulama, Ekoloji, 54, 1-6.
- Alpaydın, O., Arslankaya, E., Avsar, Y. ve Gonullu, M. T., 2004. GIS Supported Optimization of Solid Waste Collection in Trabzon, SİGMA Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, 22,4, 249-254.
- Alpaydın, O. ve Gonullu, M. T., 2007. Route optimization for solid waste collection: Trabzon (turkey) case study, Global Nest Journal, 9,1, 6-11.
- Aragones-Beltran, P., Pastor-Ferrando, J. P., Garcia-Garcia, F. ve Pascual-Agullo, A., 2010. An Analytic Network Process approach for siting a municipal solid waste plant in the Metropolitan Area of Valencia (Spain), Journal of Environmental Management, 91,5, 1071-1086.
- Armağan, B. ve Demir, İ., 2005. Eysel Katı Atık Toplama Sisteminin CBS tabanlı modellenmesi, İTÜ Dergisi/d, Mühendislik, 4,3, 119-125.

- Aydın, T., 2015. Samsun 19 Mayıs İlçesi Katı Atık Toplama Taşıma Sisteminin Coğrafi Bilgi Sistemi Destekli İrdelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, 19 Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Balaban, Y. ve Baki, B., 2010. Analitik Ağ Süreci Yaklaşımıyla En Uygun Katı Atık Bertaraf Sisteminin Belirlenmesi: Trabzon İli Örneği, Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 24,3.
- Baysal, G. ve Tecim, V. 2006. Katı Atık Depolama Sahası Uygunluk Analizinin Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Tabanlı Çok Kriterli Karar Yöntemleri ile Uygulaması, 4. Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri, Fatih Üniversitesi, İstanbul.
- Beskese, A., Demir, H. H., Ozcan, H. K. ve Okten, H. E., 2015. Landfill site selection using fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS: a case study for Istanbul, Environmental Earth Sciences, 73,7, 3513-3521.
- Bhushan, N. ve Rai, K., 2004. Strategic decision making : applying the analytic hierarchy process, Springer, London ; New York.
- Chang, N. B., Parvathinathan, G. ve Breeden, J. B., 2008. Combining GIS with fuzzy multicriteria decision-making for landfill siting in a fast-growing urban region, Journal of Environmental Management, 87,1, 139-153.
- Chen, Y., Yu, J. ve Khan, S., 2010. Spatial sensitivity analysis of multi-criteria weights in GIS-based land suitability evaluation, Environmental Modelling & Software, 25,12, 1582-1591.
- Cheng, S., Chan, C. W. ve Huang, G. H., 2003. An integrated multi-criteria decision analysis and inexact mixed integer linear programming approach for solid waste management, Engineering Applications of Artificial Intelligence, 16,5-6, 543-554.
- Cointreau, S., 1996, Sanitary Landfill Design and Siting Criteria.
- Cora, P., 2014. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Kullanılarak İstanbul Anadolu Yakasında Alternatif Katı Atık Depo Alanı Seçimi, Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kentsel Sistemler ve Ulaştırma Yönetimi Anabilim Dalı.
- Çalışkan, Y., 2013. Organik Madde İçeren Katı Atıkların Enerji Üretimi Amacıyla Anaerobik Kompostlaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Gebze Teknik üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Gebze.
- Çay, T., Nas, B., Berktaş, A. ve İşcan, F. 2007. Katı Atık Deponi Alanlarının Yer Seçiminde CBS Uygulaması, TMMOB Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, Ekim, KTÜ, Trabzon, Bildiriler Kitabı: 239-248.
- ÇMO. 2013. İzmir'de Katı Atık Yönetimi Sorunlar, Fırsatlar, TMMOB İzmir Kent Sempozyumu, Kasım, İzmir, Bildiriler Kitabı: 577-579.
- ÇOB, 2008, Atık Yönetimi Eylem Planı 2008-2012, Çevre ve Orman Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü.

- ÇŞB, 2014. Düzenli Depolama Tesisleri Saha Yönetimi ve İşletme Kılavuzu, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü.
- Demesouka, O. E., Vavatsikos, A. P. ve Anagnostopoulos, K. P., 2013. Suitability analysis for siting MSW landfills and its multicriteria spatial decision support system: Method, implementation and case study, Waste Management, 33,5, 1190-1206.
- Despotakis, V. K. ve Economopoulos, A. P., 2007. A GIS model for landfill siting, Global Nest Journal, 9,1, 29-34.
- EAA. 2013. Municipal waste management in Turkey (prepared by Ioannis Bakas and Leonidas Milios).
- Ekmekcioglu, M., Kaya, T. ve Kahraman, C., 2010. Fuzzy multicriteria disposal method and site selection for municipal solid waste, Waste Management, 30,8-9, 1729-1736.
- Elahi, A. ve Samadyar, H., 2015. Municipal Solid Waste Landfill Site Selection Using Analytic Hierarchy Process Method for Tafresh Town, Journal of Biodiversity and Environmental Sciences, 6,4, 9-21.
- Eraslan, E. ve Algün, O., 2005. İdeal Performans Değerlendirme Formu Tasarımında Analitik Hiyerarşi Yöntemi Yaklaşımı, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 20,1, 95-106.
- Eraslan, E., Kurt, M., Dizdar, E. N. ve Dağdeviren, M., 2005. Tedarikçi Seçimi Problemine Analitik Ağ Süreci ile Alternatif Bir Yaklaşım, Teknoloji Dergisi, 8,2, 115-122.
- Erden, T. ve Coşkun, M. Z. 2011. Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Analitik Hiyerarşi Yöntemi Yardımlarıyla İtfaiye İstasyon Yer Seçimi, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara.
- Ersoy, H. ve Bulut, F., 2009. Spatial and multi-criteria decision analysis-based methodology for landfill site selection in growing urban regions, Waste Management & Research, 27,5, 489-500.
- Eskandari, M., Homaei, M. ve Mahmoodi, S., 2012. An integrated multi criteria approach for landfill siting in a conflicting environmental, economical and socio-cultural area, Waste Management, 32,8, 1528-1538.
- Eskandari, M., Homaei, M., Mahmoodi, S., Pazira, E. ve Van Genuchten, M. T., 2015. Optimizing landfill site selection by using land classification maps, Environmental Science and Pollution Research, 22,10, 7754-7765.
- Garfi, M., Tondelli, S. ve Bonoli, A., 2009. Multi-criteria decision analysis for waste management in Saharawi refugee camps, Waste Management, 29,10, 2729-2739.
- T.C. Resmî Gazete, Atık Ara Depolama Tesisleri Tebliği, Başbakanlık Basımevi, 27916, 5.
- T.C. Resmî Gazete, Atık Yönetim Yönetmeliği, Başbakanlık Basımevi, 29314, 5.
- T.C. Resmî Gazete, Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik, Başbakanlık Basımevi, 27533, 6.
- T.C. Resmî Gazete, Kompost Tebliği, Başbakanlık Basımevi, 29286.

- T.C. Resmî Gazete, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, Başbakanlık Basımevi, 25687, 20.
- T.C. Resmî Gazete, Yeraltı Sularının Kirlenmeye ve Bozunmaya Karşı Korunması Yönetmeliği, Başbakanlık Basımevi, 28257,13.
- Gbanie, S. P., Tengbe, P. B., Momoh, J. S., Medo, J. ve Kabba, V. T. S., 2013. Modelling landfill location using Geographic Information Systems (GIS) and Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA): Case study Bo, Southern Sierra Leone, Applied Geography, 36, 3-12.
- Gemitzi, A., Tsihrintzis, V. A., Voudrias, E., Petalas, C. ve Stravodimos, G., 2007. Combining geographic information system, multicriteria evaluation techniques and fuzzy logic in siting MSW landfills, Environmental Geology, 51,5, 797-811.
- Genç, T. A., 2015. Kayseri İli Katı Atık Yönetimi ve Çözüm Önerileri, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Gorsevski, P. V., Donevska, K. R., Mitrovski, C. D. ve Frizado, J. P., 2012. Integrating multi-criteria evaluation techniques with geographic information systems for landfill site selection: A case study using ordered weighted average, Waste Management, 32,2, 287-296.
- Guiqin, W., Li, Q., Guoxue, L. ve Lijun, C., 2009. Landfill site selection using spatial information technologies and AHP: A case study in Beijing, China, Journal of Environmental Management, 90, 2414-2421.
- Higgs, G., 2006. Integrating multi-criteria techniques with geographical information systems in waste facility location to enhance public participation, Waste Management & Research, 24,2, 105-117.
- Hwang, C. L. ve Yoon, K., 1981. Multiple attribute decision making : methods and applications : a state-of-the-art survey, Springer-Verlag, Berlin ; New York.
- Illeperuma, I., A., K., S. ve Samarakoon, L., 2010. Locating Bins Using GIS, International Journal of Engineering & Technology IJET-IJENS, 10,2, 75-84.
- Javaheri, H., Nasrabadi, T., Jafarian, M., H., Rowshan, G., R. ve Khoshnam, H., 2006. Site Selection of Municipal Solid Waste Landfills Using Analytical Hierarchy Process Method in a Geographical Information Technology Environment in Giroft, Iran. J. Environ. Health. Sci. Eng., 3,3, 177-184.
- Kaç, S., 2014. Entegre Katı Atık Yönetimi: Edremit Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Karadimas, N. V. ve Loumos, V. G., 2008. GIS-based modelling for the estimation of municipal solid waste generation and collection, Waste Management & Research, 26,4, 337-346.
- Kashid, S., D., Nalawade, D., B., Nagne, A., D., Dhumal, R., K. ve Kale, K., V., 2015. Solid Waste and Waste Bin Management By Using RS & GIS: A Review, International Journal of Scientific & Engineering Research, 6,4, 554-557.

- Khushi, S. ve Ahmad, S., R., 2015. Geospatial Management of the Solid Waste System (A Case Study of Rawalpindi City), International Journal of Scientific and Technological Research, 1,1.
- Kısa, A., 2015. Tersine Lojistik Kapsamında Katı Atık Yönetiminin İncelenmesi: İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nde Bir Alan Çalışması, Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Koç, K., 2015. Geri Dönüştürülebilir Katı Atıkların Yönetimi ve Rota Optimizasyonu: Konya İli Meram İlçesi Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Korucu, M. K., 2011. Discussion of "Combining AHP with GIS for landfill site selection: A case study in the Lake Beyşehir catchment area (Konya, Turkey)", Waste Management, 30, 11, 2010, 2037-2046, Waste Management, 31,6, 1250-1251.
- Korucu, M. K., Arslan, O. ve Karademir, A., 2013. Siting a municipal solid waste disposal facility, Part one: An evaluation of different scenarios for a site selection procedure, Journal of the Air & Waste Management Association, 63,8, 879-885.
- Kyessi, A. ve Mwakalinga, V. 2009. GIS Application in Coordinating Solid Waste Collection: The Case of Sinza Neighbourhood in Kinondoni Municipality, Dar esSalaam City, Tanzania, FIG Working Week 2009, Eilat, Israel.
- Malczewski, J., 2006. Ordered weighted averaging with fuzzy quantifiers: GIS-based multicriteria evaluation for land-use suitability analysis, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 8,4, 270-277.
- Moeinaddini, M., Khorasani, N., Danehkar, A., Darvishsefat, A. A. ve Zienalyan, M., 2010. Siting MSW landfill using weighted linear combination and analytical hierarchy process (AHP) methodology in GIS environment (case study: Karaj), Waste Management, 30,5, 912-920.
- Mohammed, A., A., 2016. GIS and Remote Sensing Based Suitable Site Selection for Solid Waste Disposal: A Case Study of Asaita Town, Afar Regional State, Ethiopia, Addis Ababa University, College of Natural and Computational Sciences School of Earth Sciences.
- Nas, B., Cay, T., Iscan, F. ve Berktaş, A., 2010. Selection of MSW landfill site for Konya, Turkey using GIS and multi-criteria evaluation, Environmental Monitoring and Assessment, 160,1-4, 491-500.
- Ölmez, Ö., 2010. Tehlikeli Atık Yakma Tesisi Taban Küllerinin Beton Hammaddesi Olarak Kullanılması ile Bertaraf Edilmesinin Araştırması, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Paul, J. A. ve Hariharan, G., 2012. Location-allocation planning of stockpiles for effective disaster mitigation, Annals of Operations Research, 196,1, 469-490.
- Saaty, T. L., 1980. The analytic hierarchy process : planning, priority setting, resource allocation, McGraw-Hill, New York.

- Saaty, T. L., 1989. Hierarchical-Multiobjective Systems, Control-Theory and Advanced Technology, 5,4, 485-498.
- Sener, B., Suzen, M. L. ve Doyuran, V., 2006. Landfill site selection by using geographic information systems, Environmental Geology, 49,3, 376-388.
- Sener, S., Sener, E. ve Karaguzel, R., 2011. Solid waste disposal site selection with GIS and AHP methodology: a case study in Senirkent-Uluborlu (Isparta) Basin, Turkey, Environmental Monitoring and Assessment, 173,1-4, 533-554.
- Sener, S., Sener, E., Nas, B. ve Karaguzel, R., 2010. Combining AHP with GIS for landfill site selection: A case study in the Lake Beysehir catchment area (Konya, Turkey), Waste Management, 30,11, 2037-2046.
- Sezer, K., 2008. Karışık Kentsel Atık Kompost Tesisi Ünitelerinde Atık Profiline İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Bilimleri ve Mühendisliği Programı.
- Sharifi, M., Hadidi, M., Vessali, E., Mosstafakhani, P., Taheri, K., Shahoie, S. ve Khodamoradpour, M., 2009. Integrating multi-criteria decision analysis for a GIS-based hazardous waste landfill siting in Kurdistan Province, western Iran, Waste Management, 29,10, 2740-2758.
- Sumathi, V. R., Natesan, U. ve Sarkar, C., 2008. GIS-based approach for optimized siting of municipal solid waste landfill, Waste Management, 28,11, 2146-2160.
- Tavares, G., Zsigraiova, Z. ve Semiao, V., 2011. Multi-criteria GIS-based siting of an incineration plant for municipal solid waste, Waste Management, 31,9-10, 1960-1972.
- TOBB, 2013. 2012 Yılı Nüfus Göstergeleri, İktisadi Raporlama ve İstatistik müdürlüğü, Sayı:17.2/407.
- TÜİK, <http://www.tuik.gov.tr/UstMenu.do?metod=temelist> Türkiye İstatistik Kurumu, Temel İstatistik, Bertaraf Yöntemlerine Göre Belediye Atık Miktarı İstatistikleri. 02.07.2015.
- URL-1, İç İşleri Bakanlığı, Mülkü İdare Birimleri, Büyükşehir Belediye Sayısı, <https://www.e-icisleri.gov.tr/Anasayfa/MulkiIdariBolumleri.aspx>. 10.12.2015.
- URL-2, <http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=16176>. 18.12.2015.
- URL-3, http://eskisite.kahramanmarasbb.com/images/stories/Sempozyumlar/kahramanmaras_sempozyumu/c3/44_Emel_EREN_Mevhibe_DOSDOGRU_Ozer_CINAR_Cemil_KARA.pdf. 18.12.2015.
- URL-4, http://www.csb.gov.tr/gm/dosyalar/belgeler/belge389/Sektorel_rehber_atik.pdf. 25.12.2015.
- Vasilijevic, T., Srdjevic, Z., Bahcetic, R. ve Miloradov, M., V., 2012. GIS and the Analytic Hierarchy Process for Regional Landfill Site Selection in Transitional Countries: A Case Study From Serbia, Environmental Management, 49,2, 445-458.

- Vatalis, K. ve Manoliadis, O., 2002. A two-level multi-criteria DSS for Landfill Site Selection Using GIS: Case Study in Western Macedonia, Greece, Journal of Geographic Information and Decision Analysis, 6,1, 49-56.
- Vijay, R., Gautam, A., Kalamdhad, A., Gupta, A. ve Devotta, S., 2008. GIS-based locational analysis of collection bins in municipal solid waste management systems, Journal of Environmental Engineering and Science, 7,1, 39-43.
- Wang, G. Q., Qin, L., Li, G. X. ve Chen, L. J., 2009. Landfill site selection using spatial information technologies and AHP: A case study in Beijing, China, Journal of Environmental Management, 90,8, 2414-2421.
- Yesilnacar, M. I., Suzen, M. L., Kaya, B. S. ve Doyuran, V., 2012. Municipal solid waste landfill site selection for the city of Sanliurfa-Turkey: an example using MCDA integrated with GIS, International Journal of Digital Earth, 5,2, 147-164.
- Yıldırım, Ü., 2012. Mersin İli için Alternatif Katı Atık Depolama Alanlarının Analitik Hiyerarşi Prosesi ve Coğrafi Bilgi Sistemi Yöntemleriyle Saptanması, Yüksek Lisans Tezi, Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Anabilim Dalı.
- Yıldırım, V., 2009. Doğalgaz İletim Hatlarının Belirlenmesi İçin Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Raster Tabanlı Dinamik Bir Modeli Geliştirilmesi, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Yıldırım, V. 2014. Doğalgaz İletim Hattı Güzergâhlarının Belirlenmesi için Analitik Hiyerarşi Yöntemi ve Coğrafi Bilgi Sistemi Teknolojilerini Kullanarak Bir Karar-Destek Modelinin Geliştirilmesi, TÜBİTAK Projesi Sonuç Raporu, Trabzon.
- Yılmaz, A. ve Bozkurt, Y., 2010. Türkiye'de Kentsel Katı Atık Yönetimi Uygulamaları ve Kütahya Katı Atık Birliği (KÜKAB) Örneği, Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 15,1, 11-28.
- Yomralıoğlu, T., 2009. Coğrafi Bilgi Sistemleri Temel Kavramlar ve Uygulamalar, Secil Ofset, İstanbul.
- Zadeh, L. A., 1965. Fuzzy Sets, Information and Control, 8,3, 338-&.
- Zamorano, M., Molero, E., Hurtado, A., Grindlay, A. ve Ramos, A., 2008. Evaluation of a municipal landfill site in Southern Spain with GIS-aided methodology, Journal of Hazardous Materials, 160,2-3, 473-481.
- Zeleny, M., 1982. Multiple criteria decision making, McGraw-Hill, N.Y.

ÖZGEÇMİŞ

01.11.1991 tarihinde Trabzon iline bağlı Akçaabat ilçesinde doğdu. İlköğrenimine Doęanköy İlköğretim Okulunda başladı. Ortaokulu Samsun iline bağlı Bafra ilçesinde Mustafa Kemal Atatürk İlköğretim Okulunda tamamladı. Ortaöğrenimini yine Bafra ilçesinde bulunan Bafra Lisesinde tamamladı. 2011 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Harita Mühendisliği Bölümünü kazandı. Lisans öğrenimini bu bölümde 2015 yılında başarı ile tamamlayarak lisans diploması almaya hak kazandı. Yine 2015 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans öğrenimine başladı. 2017 yılı Nisan ayında Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünün Harita Mühendisliği Anabilim Dalı için açmış olduğu araştırma görevlisi kadrosuna girmeye hak kazandı. İyi derecede İngilizce bilmekte ve harita mühendisliği ile ilgili yazılımlar başta olmak üzere birçok bilgisayar yazılımını iyi seviyede kullanabilmektedir.