

T.C.
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ATIKSU SİSTEMLERİNDE REHABİLİTASYON İÇİN ÖNCELİKLİ BÖLGELERİN
BELİRLENMESİ**



Cansu ORHAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

TEMMUZ – 2018

Tezin Başlığı: Atıksu Sistemlerinde Rehabilitasyon için Öncelikli Bölgelerin Belirlenmesi

Tezi Hazırlayan: Cansu ORHAN

Sınav Tarihi: 12.07.2018

Yukarıda adı geçen tez jürimizce değerlendirilerek İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Sınav Jüri Üyeleri

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Mahmut FIRAT
İnönü Üniversitesi

.....

Doç. Dr. Nihat KAYA
Fırat Üniversitesi

.....

Doç. Dr. Ö. Faruk DURSUN
İnönü Üniversitesi

.....

Prof. Dr. Halil İbrahim ADIGÜZEL

Enstitü Müdürü

ONUR SÖZÜ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum, “Atıksu Sistemlerinde Rehabilitasyon için Öncelikli Bölgelerin Belirlenmesi” başlıklı bu çalışmanın bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın tarafımdan yazıldığını ve yararlandığım bütün kaynakların hem metin içinde hem de kaynakçada yöntemine uygun biçimde gösterilenlerden oluştuğunu belirtir, bunu onurumla doğrularım.



Cansu ORHAN

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ATIKSU SİSTEMLERİNDE REHABİLİTASYON İÇİN ÖNCELİKLİ BÖLGELERİN BELİRLENMESİ

Cansu ORHAN

İnönü Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

156+ x sayfa

2018

Danışman: Prof. Dr. Mahmut FIRAT

Atıksu sistemlerinde zamanla çökme, ters eğim, tıkanma, yanlış bina bağlantısı, yağlanma, çatlak vb. arızalar meydana gelmektedir. Bu arızalar, fiziksel, işletme ve çevresel gibi farklı faktörlere bağlı olarak oluşmaktadır. Özellikle eski sistemlerde sürekli meydana gelen arızalar sonucu sokakta sürekli bakım onarım çalışmalarının yapılmasına neden olmaktadır. Bu arızaların sıklığı sistemin işletme maliyetini arttırmakta ve normal işletme koşullarını bozmaktadır. Bu nedenle atıksu sistemlerinde tüm faktörler aynı anda göz önüne alınarak riskli bölgeler belirlenmeli ve rehabilitasyon programı oluşturulmalıdır. Bu çalışmada, çoklu ölçütlü yöntemler uygulanarak atıksu sistemlerinde rehabilitasyon için öncelikli bölgelerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Faktörlerin ağırlık katsayılarının belirlenmesinde ENTROPI yöntemi uygulanmıştır. ENTROPI yöntemi sonuçlarına göre, en yüksek ağırlık katsayısı 0.121 ile ters eğim oranı için edilirken en düşük değer 0.0007 boru derinliği değişkeni için hesaplanmıştır. Ağırlık katsayıları ve saha verileri dikkate alınarak, ELECTRE, MAUT, TOPSIS ve PROMETHEE yöntemleri kullanılarak riskli ve rehabilitasyonda öncelikli bölgeler belirlenmiştir. Bunun için Çalışma kapsamında 19 mahalle ve bu mahalleleri oluşturan 52 kritik sokak belirlenerek 28 parametre göz önünde bulundurulmuştur. Bu dört farklı yöntem kullanılarak yapılan hesaplamalara göre bölgeler riski en yüksek olan mahalleden düşük risk taşıyan mahallelere doğru sıralanmaktadır. Her dört yöntemin risk önceliklendirmesi sonuçlarına göre genelde benzer bölgelerin riskli olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada elde edilen sonuçların özellikle eski ve sürekli arıza üreten atıksu sistemlerine sahip Su İdarileri için atıksu sistemlerinin yönetilmesi, rehabilitasyon önceliğinin belirlenmesi açısından referans oluşturacağı düşünülmektedir.

ANAHTAR KELİMELE: Atıksu sistemleri, rehabilitasyon, ENTROPI, çoklu-ölçütlü karar verme

ABSTRACT

Msc Thesis

DETERMINATION OF PRIORITY REGIONS FOR REHABILITATION IN WASTE SYSTEMS

Cansu ORHAN

Inonu University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Civil Engineering

156 + x pages

2018

Supervisor: Prof. Dr. Mahmut FIRAT

In wastewater systems, the different types of failures such as collapse, reverse slope, clogging, incorrect building connection, lubrication, cracks and so on occur. These failures are caused by different factors such as physical, operational and environmental factors. Failures that occur constantly in older systems, cause continuous maintenance and repair work in the street. The frequency of these failures increases the operating cost of the system and disrupts normal operating conditions. For this reason, considering all factors at the same time in the wastewater systems, risky areas should be determined and a rehabilitation program should be established. In this study, it is aimed to determine priority areas for rehabilitation in wastewater systems by applying multi-criteria methods. The ENTROPI method is applied to determine the weight coefficients of the factors. According to the results of the ENTROPI method, the highest weight coefficient is for the reverse slope ratio with 0.121, while the lowest value is calculated for the pipe depth variation with 0.0007. Considering the weight coefficients and field data, priority areas in risky and rehabilitation were determined using the methods of ELECTRE, MAUT, TOPSIS and PROMETHEE. For this, in the field of application, 19 regions and 52 critical streets were determined and 28 parameters were considered. According to the calculations made using these four different methods, the regions are ordered from the region with the highest risk to the region with the lowest risk. According to the results of the risk prioritization of all four methods, it is generally determined that similar areas are risky. It is considered that the results obtained in the study will be used as a reference in terms of determining the priority of rehabilitation for wastewater systems for Water Authorities having wastewater systems which produce old and continuous failure.

KEYWORDS: Wastewater systems, rehabilitation, ENTROPI, multi-criteria decision analysis

TEŞEKKÜR

Bu araştırma sürecinde değerli bilgi ve tecrübeleriyle desteğini esirgemeyen danışman hocam Prof. Dr. Mahmut FIRAT' a sonsuz teşekkürlerimi ve saygılarımı arz ederim.

Yüksek Lisans süreci boyunca ihtiyacım olan bilgi ve veri birikimini paylaşan, yol gösteren ve yardımını esirgemeyen başta Genel Müdür Doç. Dr. Özgür ÖZDEMİR olmak üzere Malatya Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanall İdaresi (MASKİ) Genel Müdürlüğü personeline,

Özellikle çalışma kapsamında yapılan saha uygulamaları ve ölçümleri için MASKİ Genel Müdürlüğü Kanalizasyon Daire Başkanlığı ve personeline;

Tezin veri toplama, derleme, planlama ve saha uygulamaları kısmında desteklerinden dolayı MASKİ Genel Müdürlüğü Kanalizasyon Daire Başkanlığı personeli İnşaat Mühendisi Yusuf Kenan ÖZDEMİR, Bilgi İşlem Daire Başkanlığı personeli Harita Mühendisi Yusuf KOCAMAN'a;

Ayrıca eğitim-öğretim hayatım boyunca bana her konuda destek veren çok kıymetli Aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışma İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi, İÜ-BAP FYL-2017-582 numaralı projesi ile desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	iv
TEŞEKKÜR.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	4
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	12
3.1. ELECTRE (Fuzzy Elemination and Choice Translating Reality English).....	12
3.2. TOPSIS (TECHNIQUE FOR ORDER PREFERENCE BY SIMILARITY TO IDEAL SOLUTION).....	23
3.3. PROMETHEE 2 (Preference Ranking Organization Method For Enrichment Evaluations).....	31
3.4. MAUT YÖNTEMİ (MULTİ-ATTRİBUTE UTİLİTY THEORY).....	38
3.5. ENTROPI YÖNTEMİ.....	44
4. ATIKSU SİSTEMLERİNDE KARŞILAŞILAN HATA TÜRLERİ.....	48
4.1. Atıksu Borularının Analizinde Dikkate Alınan Faktörler.....	48
4.2. Verilerin Elde Edilmesi.....	55
5. ÇALIŞMA ALANI ve VERİ.....	68
6. ATIKSU SİSTEMLERİNDE REHABİLİTASYON İÇİN ÖNCELİKLİ BÖLGELERİN BELİRLENMESİ.....	76
6.1. Verilerin Ön Analizi.....	78
6.1.1. Zemin Özelliği.....	78
6.1.2. Kamera Görüntüsünün Alınamadığı Durumlar.....	95
6.2. Karar Destek Yazılımının Geliştirilmesi.....	120
6.2.1. ENTROPI Yöntemi ile Ağırlık Katsayılarının Belirlenmesi.....	121
6.2.2. Rehabilitasyonda Öncelikli Bölgelerin ELECTRE Yöntemi ile Belirlenmesi.....	124
6.2.3. Rehabilitasyonda Öncelikli Bölgelerin TOPSIS Yöntemi ile Belirlenmesi.....	126
6.2.4. Rehabilitasyonda Öncelikli Bölgelerin PROMETHE-2 Yöntemi ile Belirlenmesi.....	130
6.2.5. Rehabilitasyonda Öncelikli Bölgelerin MAUT Yöntemi ile Belirlenmesi.....	133
6.3. Kullanılan Yöntemlerin Matlab Kodları.....	135
6.3.1. Entropi yöntemi ile ağırlık katsayılarının elde edilmesinde kullanılan MATLAB kodları.....	135
6.3.2. ELECTRE yöntemi ile öncelik sıralamasında kullanılan MATLAB kodları.....	136
6.3.3. MAUT yöntemi ile öncelik sıralaması MATLAB kodları.....	140
6.3.4. TOPSIS yöntemi ile öncelik sıralaması MATLAB kodları.....	141
6.3.5. PROMETHEE-2 yöntemi ile öncelik sıralaması MATLAB kodları.....	142
7. SONUÇLAR.....	144
8. KAYNAKLAR.....	148
9. ÖZGEÇMİŞ.....	157

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1.	ELECTRE Yöntemi İşlem Adımları.....	17
Şekil 3.2.	TOPSIS Yöntemi İşlem Adımları.....	27
Şekil 3.3.	PROMETHEE 2 Yönteminin İşlem Adımları.....	35
Şekil 3.4.	MAUT Yönteminin İşlem Adımları.....	43
Şekil 3.5.	ENTROPI Yöntemi İşlem Adımları.....	47
Şekil 4.1.	Kanalizasyon Hatlarına Etki Eden Faktörler.....	53
Şekil 4.2.	Parametre Verilerinin Elde Edilme Biçimi.....	56
Şekil 4.3.	Kombine Aracı ve Vidanjör ile Kanal Temizliği (MASKİ, 2018)	57
Şekil 4.4.	Kanal Görüntüleme Aracı ve Kapalı Devre TV (MASKİ, 2018).	58
Şekil 4.5.	Yapısal Kusurlar, Yağ ve Gres (MASKİ, 2018).....	59
Şekil 4.6.	Yapısal Kusurlar, Boru Malzemesi Bütünlüğü (MASKİ, 2018)..	60
Şekil 4.7.	Yapısal Kusurlar, Çökme (MASKİ, 2018).....	61
Şekil 4.8.	Yapısal Kusurlar, Bozulma/Deformasyon (MASKİ, 2018).....	62
Şekil 4.9.	Yapısal Kusurlar, Ağaç ve Bitki Kökleri (MASKİ, 2018).....	62
Şekil 4.10.	Yapısal Kusurlar, Mıcır (MASKİ, 2018).....	63
Şekil 4.11.	Yapısal Kusurlar, Moloz (MASKİ, 2018).....	64
Şekil 4.12.	Yapısal Kusurlar, Tıkanıklık (MASKİ, 2018).....	64
Şekil 4.13.	Yapısal Kusurlar, Bina Bağlantı Yanlış İmalatı (MASKİ, 2018).	65
Şekil 4.14.	Yapısal Kusurlar, Noktasal Tamir Oranı (MASKİ, 2018).....	66
Şekil 4.15.	Aşırı Yükleme/Doluluk Oranı Aşımı (MASKİ, 2018).....	66
Şekil 4.16.	Ters Eğim Oranı (MASKİ, 2018).....	67
Şekil 5.1.	Malatya Lokasyon Haritası.....	68
Şekil 5.2.	Atıksu Şebekesinin Boru Çapına Göre Dağılımı (MASKİ, 2018)	70
Şekil 5.3.	Malatya Atıksu Şebekesinin Boru Çapına Göre Yüzdelik Dağılımları (MASKİ, 2018).....	70
Şekil 5.4.	Kritik Sokaklar ve Arıza Sayıları.....	71
Şekil 5.5.	Çalışma Alanı Atıksu Boru Sayıları.....	72
Şekil 5.6.	2015-2016-2017 Yıllarında Kanalizasyon Ve Yağmursuyu Şebeke Temizliği Yapılan Mahalleler (MASKİ, 2018).....	73
Şekil 5.7.	Çalışma Alanı Atıksu Şebekelerinin Sayısal Haritası (MASKİ,2018).....	74
Şekil 5.8.	Çalışma Alanı Mahallelerin Toplam Bina Sayıları (MASKİ, 2018).....	75
Şekil 6.1.	Kritik Sokakların Arıza Sayıları.....	79
Şekil 6.2.	Kritik Mahallelerde Arıza Sayıları.....	80
Şekil 6.3.	Kritik Mahallelerde Arıza Yoğunluk Haritası.....	80
Şekil 6.4.	Zemin Özelliği Yüzdeleri.....	84
Şekil 6.5.	Zemin Davranışı Yüzdeleri.....	84
Şekil 6.6.	Uygulama Alanı Zemin Özelliği Haritası (MASKİ, 2017).....	85
Şekil 6.7.	Yeşilyurt ve Battalgazi İlçeleri Atıksu Boru Sayısal Haritası (MASKİ, 2018).....	86
Şekil 6.8.	Kritik Sokakların Uzunlukları.....	87

Şekil 6.9.	Kritik Mahallelerde Toplam Sokak Uzunlukları.....	88
Şekil 6.10.	Uygulama Alanı Atıksu Boru Uzunlukları Dağılımı.....	89
Şekil 6.11.	Uygulama Alanı Kanalizasyon Hat Tipi Dağılımları.....	90
Şekil 6.12.	Uygulama Boru Malzemesi Dağılımı.....	91
Şekil 6.13.	Kritik Sokakların Alanları.....	92
Şekil 6.14.	Kritik Mahallelere Ait Alan Bilgileri.....	93
Şekil 6.15.	Kritik Mahallelerin Kamera Metrajları.....	93
Şekil 6.16.	Kritik Sokakların Kamera Metrajları.....	94
Şekil 6.17.	Kritik Sokakların Boru Eğimleri.....	98
Şekil 6.18.	Kritik Mahallelerin Boru Eğimleri.....	99
Şekil 6.19.	Uygulama Alanının Boru Eğimlerine Göre Dağılımı.....	100
Şekil 6.20.	Uygulama Alanı Boru Çapları Dağılımı.....	101
Şekil 6.21.	Kritik Sokakların Boru Yenileme Maliyetleri.....	102
Şekil 6.22.	Kritik Mahallelerin Boru Yenileme Maliyetleri.....	103
Şekil 6.23.	Kritik Sokaklara Ait Yapısal Kusurlar; Yağ ve Gres, Ağaç ve Bitki Kökleri.....	104
Şekil 6.24.	Kritik Sokaklara Ait Yapısal Kusurlar; Boru Malzemesi Bütünlüğü, Çökme Durumu.....	105
Şekil 6.25.	Kritik Sokaklara Ait Yapısal Kusurlar; Bozulma/Deformasyon Oranı, Noktasal Tamir Oranı.....	106
Şekil 6.26.	Kritik Sokaklara Ait Yapısal Kusurlar; Mıcır, Moloz Parçası....	107
Şekil 6.27.	Kritik Sokaklara Ait Yapısal Kusurlar; Bina Bağlantı Yanlış İmalatı, Tıkanıklık.....	108
Şekil 6.28.	Kritik Sokaklara Ait Yapısal Kusurlar.....	109
Şekil 6.29.	Kritik Mahallelere Ait Yapısal Kusur Yüzdeleri.....	110
Şekil 6.30.	Kritik Sokaklara Ait Nüfus Verileri.....	112
Şekil 6.31.	Kritik Mahallelerin Bina Bağlantı Boru Sayısı Ve Konut Yoğunluğu.....	113
Şekil 6.32.	Kritik Mahallelere Ait Nüfus Bilgileri.....	114
Şekil 6.33.	Kritik Mahallelerin Bina Bağlantı Sayısı Boru Sayıları.....	114
Şekil 6.34.	Uygulama Alanı Trafik Hacmi Yüzdeleri.....	115
Şekil 6.35.	Uygulama Alanı Sokak Sınıfı Yüzdeleri.....	115
Şekil 6.36.	Uygulama Alanı Hat Tipi Gösterimi (MASKİ, 2018.....	116
Şekil 6.37.	Uygulama Alanı Hat Tipi Yüzdeleri.....	116
Şekil 6.38.	Karar destek sistemi arayüzü.....	120
Şekil 6.39.	ELECTRE Yöntemi Risk Sıralaması.....	125
Şekil 6.40.	TOPSIS Yöntemi Risk Sıralaması.....	129
Şekil 6.41.	PROMETHEE Yöntemi Risk Sıralaması.....	132
Şekil 6.42.	MAUT Yöntemi Risk Sıralaması.....	134

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1.	Örnek Karar Matrisinin Oluşturulması.....	18
Çizelge 3.2.	Normalize Edilmiş Karar Matrisi.....	18
Çizelge 3.3.	Ağırlık Katsayısı İle Çapılmış Normalleştirilmiş Karar Matrisi..	19
Çizelge 3.4.	Alternatiflerin Kıyaslanması.....	19
Çizelge 3.5.	Uyumluluk Matrisi.....	20
Çizelge 3.6.	Uyumsuzluk Matrisi.....	20
Çizelge 3.7.	G Matrisi.....	21
Çizelge 3.8.	H Matrisi.....	21
Çizelge 3.9.	Normalleştirilmiş Karar Matrisinin Hesaplanması.....	28
Çizelge 3.10.	Ağırlıklı Normalleştirilmiş Karar Matrisinin Hesabı.....	28
Çizelge 3.11.	Pozitif ve Negatif İdeal Çözüm Değerleri.....	29
Çizelge 3.12.	Ayırma Ölçütlerinin Hesaplanması.....	29
Çizelge 3.13.	İdeal Çözümlere Göre Yakınlık Derecesinin Hesaplanması.....	30
Çizelge 3.14.	Alternatiflerin Sıralanması.....	30
Çizelge 3.15.	Veri Matrisinin Oluşturulması.....	32
Çizelge 3.16.	Örnek Veri Matrisinin Oluşturulması.....	36
Çizelge 3.17.	Ortak Değerlendirme Fonksiyonlarının Elde Edilmesi.....	36
Çizelge 3.18.	Alternatiflerin İkili Karşılaştırılması Değerleri.....	36
Çizelge 3.19.	İkili Alternatifler İçin Tercih İndeksi Hesapları.....	37
Çizelge 3.20.	Tercih İndeksi Matrisi.....	37
Çizelge 3.21.	Alternatiflerin Üstünlük Değerleri.....	37
Çizelge 3.22.	Örnek Karar Matrisinin Kurulması.....	39
Çizelge 3.23.	Parametrelerin Ağırlık Katsayıları.....	40
Çizelge 3.24.	Sütunların Minimum Ve Maksimumları.....	40
Çizelge 3.25.	Normalleştirilmiş Karar Matrisi.....	41
Çizelge 3.26.	Karar Noktalarının Fayda Değerlerinin Tayini.....	42
Çizelge 3.27.	Örnek Karar Matrisinin Normalize İşlemi.....	45
Çizelge 3.28.	Parametrelerin entropi değerlerinin tayini.....	46
Çizelge 3.29.	Her bir parametre için enntropi değerlerinin tayini.....	46
Çizelge 3.30.	Ağırlık katsayıları hesabı.....	47
Çizelge 4.1.	Atıksu borularının analizi ve modellenmesinde literatürde kullanılan parametreler.....	49
Çizelge 4.1.	Atıksu borularının analizi ve modellenmesinde literatürde kullanılan parametreler (devam).....	50
Çizelge 4.1.	Atıksu borularının analizi ve modellenmesinde literatürde kullanılan parametreler (devam).....	51
Çizelge 4.2.	Atıksu borularının yapısal durumunu etkileyen fiziksel faktörler ve tanımları.....	54
Çizelge 4.3.	Atıksu borularının yapısal durumunu etkileyen işletme faktörleri ve tanımları.....	54
Çizelge 4.4.	Atıksu boru hatlarının yapısal durumunu etkileyen çevresel faktörler ve tanımları.....	55
Çizelge 5.1.	1929-2016 Yılları Arası Malatya Mevsim Normalleri (MGM, 2016).....	69

Çizelge 5.2.	Çalışma alanı 2016 ve 2017 yılları temizlik ve görüntüleme işlemleri (MASKİ, 2018)	69
Çizelge 6.1.	Battalgazi İlçesi, Kritik Sokakların Zemin Özellikleri.....	81
Çizelge 6.2.	Battalgazi İlçesi Zemin Özelliklerine Göre Kapladıkları Alanlar	82
Çizelge 6.3.	Yeşilyurt İlçesi, Kritik Sokakların Zemin Özellikleri.....	82
Çizelge 6.4.	Yeşilyurt İlçesi Zemin Özelliklerine Göre Kapladıkları Alanlar	83
Çizelge 6.5.	Zemin Özelliği Tanımı Ve Zemin Davranışları.....	83
Çizelge 6.6.	Uygulama Alanı Zemin Özelliklerine Göre Kapladıkları Alanlar.....	83
Çizelge 6.7.	Görüntü Alınamayan Kamera Metrajları.....	96
Çizelge 6.7.	Görüntü Alınamayan Kamera Metrajları (devam).....	97
Çizelge 6.8.	Atıksu değişkenleri sayısal verileri.....	117
Çizelge 6.8.	Atıksu değişkenleri sayısal verileri(devam).....	118
Çizelge 6.9.	ENTROPİ değerleri.....	122
Çizelge 6.10.	Parametrelerin ağırlık katsayıları.....	123
Çizelge 6.11.	ELECTRE yöntemi risk önceliklendirmesi.....	124
Çizelge 6.12.	TOPSİS yöntemi negatif ideal toplamı.....	126
Çizelge 6.13.	TOPSİS yöntemi negatif ideal çözümlere yakınlık dereceleri.....	127
Çizelge 6.14.	TOPSİS Yöntemi Tercih Üstünlüğüne Göre Alternatiflerin Sıralaması.....	128
Çizelge 6.15.	PROMETHE-2 yöntemi pozitif ve negatif üstünlükler.....	130
Çizelge 6.16.	PROMETHE Yöntemi Risk Önceliklendirmesi.....	131
Çizelge 6.17.	MAUT Yöntemi Risk Önceliklendirmesi.....	133

1 GİRİŞ

Kentsel alanlarda abonelere iletilen ve aboneler tarafından kullanılan suyun çevreye zarar vermeden uzaklaştırılması için atıksu sistemleri kullanılmaktadır. Yönetmelikte atıksu sistemleri ile yağmursuyu sistemlerinin ayrı hat olarak planlanması ve inşa edilmesi önerilmektedir. Ancak özellikle eski yerleşim yerlerinde hizmet veren sistemlerin önemli bir çoğunluğu birleşik sistem olarak ifade edilen ve yağmursuyu ile atık suyu beraber taşıyan sistemler olarak yapılmıştır. Bu durum sistemin işletilmesini güçleştirmekte ve arıtma tesisinin işletme maliyetini arttırmaktadır.

Mevcutta hizmet veren atıksu sistemlerinde zaman içerisinde çeşitli sebeplerden dolayı arızalar ve hasarlar oluşmakta ve bu da sistemin normal işletme koşullarını bozmaktadır. Özellikle, çökme, ters eğim oluşması, yanlış kullanım vb. birçok arıza meydana gelen boru hatları için yenileme ya da lokal onarım gerçekleştirme gibi seçeneklere detaylı analiz yapılarak karar verilmelidir. Uygulama alanında atıksu boru hatlarına ait tüm bileşenler, arıza sebep olan faktörler dikkate alınarak yenilemede öncelikli hatların belirlenmesi işletme maliyetinin azaltılması ve normal işletme koşullarının sağlanması açısından oldukça önemlidir. Bunu gerçekleştirebilmek için geçmişte gözlenmiş arıza kayıtları, saha verileri esas alınarak oluşturulmuş bir veri tabanı gereklidir.

Yapılan bu tez çalışmasının amaçları temel olarak aşağıda verilmektedir;

- Uygulama alanında saha verileri dikkate alınarak arıza ve hasar riski fazla olan sokakların belirlenmesi
- Bu sokaklarda saha verileri esas alınarak atıksu boru hatlarında meydana gelen arıza türleri ve bu arızalara sebep olan faktörlerin belirlenmesi
- Atıksu hatlarının rehabilitasyonunda öncelikli sokakların belirlenmesi için belirlenen faktörlere ait ağırlık katsayılarının ENTROPI yöntemi ile hesaplanması
- Saha verileri ve ENTROPI yöntemi ile hesaplanan ağırlık katsayıları temel alınarak çok ölçütlü karar verme yöntemleri uygulanarak rehabilitasyonda öncelikli sokakların belirlenmesi

- ENTROPI ve ELECTRE yöntemlerinin birlikte kullanılması ile rehabilitasyonda öncelikli bölgelerin belirlenmesi
- ENTROPI ve TOPSIS yöntemlerinin birlikte kullanılması ile rehabilitasyonda öncelikli bölgelerin belirlenmesi
- ENTROPI ve PROMETHEE yöntemlerinin birlikte kullanılması ile rehabilitasyonda öncelikli bölgelerin belirlenmesi
- ENTROPI ve MAUT yöntemlerinin birlikte kullanılması ile rehabilitasyonda öncelikli bölgelerin belirlenmesi

Yukarıda verilen amaçların gerçekleştirilmesinde Malatya ili merkez atıksu sistemi uygulama alanı olarak seçilmiş ve bu tez kapsamında yapılan çalışmalar ve saha verileri MASKİ Genel Müdürlüğü Kanalizasyon Daire Başkanlığı ile koordineli olarak birlikte yürütülmüştür. Tez çalışması temel olarak aşağıda çalışmalar gerçekleştirilmiştir;

- **Riskli sokakların tespiti**
 - 2 yıllık arıza kayıtlarının elde edilmesi
 - Arıza yoğunluk sıralamasının elde edilmesi
 - Çalışma alanı olarak belirlenen Yeşilyurt ve Battalgazi ilçelerinde riskli mahallelerin tespiti
 - Riskli mahalleler içinde sokakların arıza yoğunluğunun tespiti
 - Riskli sokakların belirlenmesi
- **Çalışma alanına ait verilerin elde edilmesi**
 - Uygulama alanı projelerinin elde edilmesi
 - Uygulama alanı kanal görüntülerinin elde edilmesi
 - Uygulama alanı meteoroloji ve iklim verileri
 - Uygulama alanı zemin haritası
 - Atıksu boru sayısal haritası
 - Uygulama alanı nüfus bilgileri
 - Uygulama alanı konut yoğunluğu ve sokak bağımsız birim sayılarının elde edilmesi
- Atıksu sisteminde arızalara sebep olabilecek verilerin elde edilmesi
 - Çevresel parametrelerin verilerinin elde edilmesi
 - Fiziksel parametrelerin verilerinin elde edilmesi
 - İşletme parametrelerinin verilerinin elde edilmesi

- ENTROPI yöntemi ile ağırlık katsayılarının belirlenmesi
- Riskli bölgelerin önceliklendirilmesi
- Her bir yöntem için risk sonuçların analiz edilmesi
- Bozulma riskine göre bölgelerin sınıflandırılması

Tez çalışması temel olarak aşağıda verilen bölümlerden oluşmaktadır;

- Literatür Özeti; çok ölçütlü karar verme yöntemleri ve uygulamaları, atıksu sistemlerinin analizi konuları kapsamında literatür çalışmalarını kapsamaktadır.
- Yöntem; çok ölçütlü karar verme yöntemlerinin matematiksel yapısını ve işlem adımlarını kapsamaktadır.
- Çalışma Alanı; Uygulama alanı ve özelliklerini ve saha verilerini içermektedir.
- Atıksu sistemlerinde karşılaşılan arıza türleri
- Atıksu sistemlerinin rehabilitasyonunda öncelikli bölgelerin belirlenmesi
- Sonuçlar

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Hızla artan insan nüfusu ve sağlık, güvenlik ve çevre standartlarına uygun kaliteli bir altyapıya duyulan ihtiyaç ve sistemde zamanla oluşan kusurlar sebebiyle kanalizasyon sistemleri yetersiz hale gelmekte ve zamanla sistemde sorunlar gözlenmektedir. Atıksu sistemlerindeki sorunların çözümü için bir rehabilitasyon programı belirlenmeli ve kanalizasyonların durumunu ve performansını değerlendirmek için modeller ve araçlar geliştirilmelidir. Ancak atıksu şebekelerinin yenilenmesi ve rehabilitasyonu, büyük ve oldukça masraflı bir küresel sorun haline gelmiştir. Son yıllarda gelişen bilgisayar teknolojisine bağlı olarak yeni modelleme yöntemleri önerilmekte ve İnşaat mühendisliği alanında uygulanmaktadır. Bu yöntemler genel olarak tahmin çalışmaları, kontrol, çok değişkenli karar verme şeklinde verilebilir.

Kim vd. (2005) yaptığı çalışmada boru hatlarındaki bozulmaya göre rehabilitasyon için en uygun zamanlama modelini önermişlerdir. Her boru elamanı ve boru çapı için hesaplanan bozulma derecesi ile en uygun rehabilitasyon modeli programlama (IP), kısa yola dayalı, bakım, rehabilitasyon süresi ve maliyetini hesaplamak ve değiştirmek için olasılık sınır ağları modeli kullanılmıştır. Bu çalışma, optimal rehabilitasyon modeli için en uygun yenileme ve rehabilitasyon süreleri belirlenmiştir.

Yun vd. (2006) çalışmalarında bulanık sentetik değerlendirme yöntemi ile ağırlık katsayısı hesaplarında oluşan yetersizlikler sebebiyle çalışma için seçilen göstergelerin ağırlık katsayılarının hesabında ENTROPI yönteminin kullanılması ve sonuçların her iki yöntem için kıyaslanarak yeni bir ağırlık yönteminin geliştirilmesi hedeflenmiştir. Değerlendirme göstergelerinin ağırlık katsayılarının hesaplanması amacıyla geliştirilen yöntem, Threc Gorges alanında belirlenen 13 bölge için 4 adet göstergenin kullanımıyla su kalitesi değerlendirmesinde uygulanmıştır. Çalışma sonucunda bulanık sentetik yönteminde anormal değerler ortaya çıkarıp yanlış değerlendirmelere yol açtığı fakat ENTROPI yönteminin göstergelerin değerlendirilmesinde daha mantıklı sonuçlar ortaya çıkardığı görülmüştür.

Chughtai vd. (2008) tarafından yapılan çalışmada geliştirilen model ile kanalizasyon hatlarında kritik noktaların belirlemesi, rehabilitasyonda öncelikli bölgelerin ortaya konulması hedeflenmiştir. Geçmişe dönük toplanan verilerle, kanalizasyon için çoklu doğrusal regresyon yöntemi kullanılarak yapısal ve işletme durum değerlendirme modelleri geliştirilmiştir.

Barreto vd.(2010) yaptıkları çalışmada çok amaçlı optimizasyon ve hidrodinamik modeller kombinasyonunu da sağlayarak, kentsel drenaj rehabilitasyon sistemini analiz etmeyi hedeflemiştir. Bu çalışmada boru uzunluğu, boru tipi, bağlantı tipi, boru çapı, arıza tipi şeklinde değişkenler kullanılarak CBS sisteminden yararlanılmıştır. Bu yaklaşım ile kentsel drenaj varlıklarının en uygun rehabilitasyonu için yöntem sunulmuştur.

Ana vd. (2010) kentsel drenaj boruları yapısal bozulma sebeplerini tahmin etmede farklı istatistiksel modellerin açıklanması hedeflenmiştir. Kentsel drenaj boruları yapısal bozulma modellerinden fiziksel modeller, yapay zeka modelleri ve istatistiksel modeller kullanılmıştır. Çalışma sonunda kentsel drenaj altyapı varlık yönetim sistemleri için bir çeşit uygulamalar elde edilmiştir.

Shahata vd. (2010) tarafından yapılan çalışmanın amacı, su ve kanalizasyon şebeke rehabilitasyon konusunda güvenilir ve optimum karar sağlamak ve karar verme sürecini kolaylaştırmak için bir metodoloji kurmaktır. Çalışmada CCTV verileri kullanılmış ve analitik hiyerarşi proses (AHP) yönteminden yararlanılmıştır. Bu araştırma çalışmasında, yol ağı, su dağıtım şebekesi, atıksu dağıtım ağı entegre varlık yönetimi için bir karar destek çerçevesi kurulmuştur.

Sun vd. (2011) yaptıkları çalışmada, sel risk maliyetini en aza indirmek ve sel riskinin azaltılması için, fırtına yağışlara bağlı olarak ortaya çıkabilecek sel riski temel alınarak en uygun kanalizasyon ağ tasarımı amaçlanmıştır. Tasarlanmış kanalizasyon sisteminin sel dönüş süresini belirlemek amacıyla, tasarım ağının performansları tasarım fırtınaları altında analiz edilmiştir.

Tagherouit vd. (2011) tarafından yapılan çalışmanın amacı, yapısal ve hidrolik performans etkilerini dikkate alarak kanalizasyon şebekesinin performansının değerlendirilmesi için sistematik bir yöntem geliştirilmek ve kanalizasyon rehabilitasyonu öncelikleri için bir sıralama düzeni geliştirmektir. Bu çalışmada fuzzy uzman sistem kullanılmıştır.

Vucijak vd. (2011) tarafından yapılan çalışmada Bosna Hersek'te Bihac Belediyesi için atıksu sistemlerinde öncelik ölçütleri için bir dizi seçim sunulması amaçlanmıştır. Bu çalışma için çoklu seçim yöntemlerinden VIKOR yöntemi uygulanmıştır. Bu metodoloji ile kriterlerin ağırlık katsayıları büyükten en küçüğe doğru sıralanarak kriterlerin ağırlık vektörleri elde edilmiştir.

Ammar vd. (2012) tarafından yürütülen çalışmada rehabilitasyon yöntemlerinin belirlenmesi ve parametrelerin tanımlanması, mevcut rehabilitasyon modellerinin sıralanması ve en uygun rehabilitasyon modelinin seçilmesi, belirlenen parametrelerin rehabilitasyon noktalarına etkisinin incelenmesi hedeflenmiştir. Çalışmada Fuzzy-tabanlı LCC modeli kullanılmaktadır. Çalışma sonucunda mevcut rehabilitasyon teknikleri incelenmiş birbirleri ile kıyaslamaları yapılmış ve uygun bir rehabilitasyon modeli geliştirilerek pratik bir model bulunmaya çalışılmıştır.

Carriço vd. (2012) tarafından yapılan çalışmanın amacı, performans ve maliyeti dikkate alarak, kanalizasyon rehabilitasyon müdahalelerin önceliklendirilmesi için sıralama yöntemleri oluşturmak ve sıralamaları karşılaştırmaktır. Bunun için ELECTRE TRI ve ELECTRE III yöntemleri ile karşılaştırma yapılmıştır. Sonuçlar farklı rehabilitasyon öncelikleri için farklı tercihlerinde uygulanabileceğini ortaya koymuştur.

Hosseini vd. (2012) tarafından yapılan çalışmanın amacı, ayırık kanalizasyon sistemlerinin hidrolik performansını, derinlik ve borularda akış hızı açısından değerlendirmek, belirsizliklerin analizi ve seçilmesi dahil tüm parametreleri değerlendirmektir. Çalışma sonunda geliştirilen bulanık tabanlı model, belirsizlik içeren parametreler altında ayırık kanalizasyon sistemlerinin hidrolik performans analizi için kullanılmıştır.

Ennaouri vd. (2013) kanalizasyon borularında genel hidrolik ve yapısal bozulma durumlarını ölçmek için sayısal yeni bir model tasarlanması hedeflenmiştir. Kanalizasyon bozulma durumunu değerlendirmek için tasarlanan bu çalışmada açıklanan model, tespit edilen 15 faktöre dayalı bozulmanın hidrolik ve yapısal bileşenlerini içermektedir. Sonuçlar boru bozulma modelinin yanı sıra yapısal faktörler ve hidrolik faktörlerin entegre edilmesi gerektiği vurgulanmıştır.

Zhou vd. (2013) yaptıkları çalışmada yağmurun etkisiyle meydana gelen sel riskini göz önünde bulundurarak artan aşırı yağışın yanı sıra ek çevresel faktörleri de göz önüne alarak drenaj sistemi için bir çerçeve sunmayı amaçlamıştır. Sonuçlar sel risk değerlendirmesi, su baskını modelleme, iklim değişikliği, çevre değerlendirme araçlarını kapsamaktadır.

Bowering vd. (2014) çalışmalarında kentin altyapısının tehlike ve güvenlik açığını hesaplamak için bir risk endeksi hazırlamıştır. CBS veri tabanı kullanılarak 13 değişken üzerinde inceleme yapmışlardır. Risk tablosu, Risk haritası ve Yüksek risk alanlarının sıralaması hedeflenmiştir.

Maurer vd. (2013) birleşik kanalizasyon ve nicel bir altyapıya sahip yerleşim bölgesini temsil etme yeteneğine sahip genel bir kanalizasyon alt yapı modeli üretmeyi hedeflemiştir. Yağış, konut yoğunlukları ve alan büyüklüğüne göre gerekli kanalizasyon borularının uzunluğu ve boyut dağılımını hesaplanmıştır.

Mukherje vd. (2013) 'nin yürüttükleri çalışmanın amacı AHP literatürünü, AHP puanlama ölçeğini, geliştirilmiş AHP çeşitlerini incelemek ve sıralama özelliğini gözden geçirmek, TOPSIS'in normalizasyon işlemlerini incelemek ve çeşitli versiyonların kullanımı ile ideale yakın çözümleri elde edebilmektir. Bu amaçla, 1980'den 2013'e kadar AHP, TOPSIS ve bu yöntemlerin birlikte kullanımını içeren 61 çalışma çeşitli kaynaklardan toplanmıştır. Yapılan literatür taramaları sonucunda AHP ve TOPSIS yöntemlerinin detaylı analizi yapılarak yöntemlerin eksik noktaları incelenmiş ve bu noktalar üzerinde çalışılarak nasıl ideal bir çözüme ulaşılabileceği üzerinde tartışılmıştır.

Rokstad vd. (2015) tarafından altyapı varlık yönetimi için planlanan kanalizasyon bozulma modelleri uygulanmış ve modellerin hangi ağ oranının bir fonksiyonu olduğu hakkında değerlendirmeler tartışılmıştır. Çalışmada CCTV durum değerlendirmeleri kullanılmıştır. Değerlendirmeler bir bütün olarak ağ üzerindeki her bir durumu değerlendirmek, kanalizasyon sınıfı oranlarını tahmin etmek, ayrık boruları tanımlamak, kritik durum sınıfını değerlendirmek için bir ağ üzerinde yapılmıştır.

Choi vd. (2015) yılında yaptıkları çalışmada tüketicilere herhangi bir arıza durumunda daha iyi su temin hizmeti sunabilmek amacıyla bir su kaynağı için risk değerlendirme modeli geliştirmeyi hedeflemişlerdir. Bu çalışmada Kore Cumhuriyeti'nde bir su kaynağı üzerinde etkili 12 farklı değişken kullanılmış ve EPANET 2.0, ProbPB, ImpPB, SPSS 18 gibi yöntemler kullanılmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen risk değerlendirme modeli vasıtasıyla su kaçak oranları en aza indirilmiş ve gelir getiren su oranlarında yükselmeler gözlenmiştir.

Hlodversdottir vd. (2015) yaptıkları çalışmada simülasyon tahminleri ile sistem ağındaki zayıf noktaları tespit etmişlerdir. Uygun kanalizasyon modellemesinin bulunması için Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılmıştır. Sonuç olarak kanalizasyon hatlarında güvenlik açıklıklarını içeren sonuçlara ulaşım taşkın riskine dayanıksız olan bacaların tespiti ve düşük ya da büyük ölçüde değişen boru çaplarının azaltılması gereği vurgulanmıştır.

Marzouk vd. (2015) tarafından yapılan çalışmada amaç, rehabilitasyon faaliyetleri için hattın durumu ve faktörlerin etkilerine göre bir rehabilitasyon öncelik sıralaması oluşturmaktır. Bu çalışmada 28 değişken incelenmiş, veriler CBS sistemi kullanılarak elde edilmiş ve Excel üzerinde yazılmıştır.

Abdellatif vd. (2015) tarafından yapılan çalışmada, iklim değişikliği nedeniyle yağış şekillerinde değişiklik meydana geldiği ve bunun da akış hacimlerinde artışa ve kentsel drenaj sistemleri üzerinde olumsuz etkilere neden olduğu vurgulanmıştır. Bu nedenle bu çalışmada farklı modeller uygulanarak sel risk değerlendirmesi yapılmış, kentsel drenaj sistemi, iklim değişikliğinin etkilerinin değerlendirilmesi amaçlanmış ve bunun için iki emisyon senaryoları yüksek (A1FI) ve düşük (B1) kullanılmıştır.

Tscheikner vd. (2016) tarafından yapılan çalışmada, su dağıtım ve/veya kanalizasyon şebekesinin rehabilitasyonunda teknik olarak gerekli olan alanların AHP yöntemi ile belirlenmesi amaçlanmıştır. Kanalizasyon teknik öncelik ağırlıkları Analitik Hiyerarşi süreci ve önemi bir ölçek ile ikili karşılaştırma kullanılarak 1 den 9 a kadar numaralandırılarak tahmin edilmiştir.

Al-Zahrani vd. (2015) yaptıkları çalışmada, herhangi bir su dağıtım ağında bölgesel riske göre öncelik vermek için bulanık tabanlı bir karar destek sistemi geliştirilmiştir. Modelde, su kalitesi, hidrolik, yapısal olmak üzere farklı kategorilerde toplamda 19 faktör göz önünde bulundurulmuştur. Bu çalışmanın sonuçları risk endekslerinin en yüksek ve en düşük değer olduğu kriterleri göstermektedir.

Ebrahimian vd. (2015) tarafından yapılan çalışmanın amacı, kentsel yağmursuyu projelerinde en uygun inşaat yönteminin seçilmesi için basit, planlı ve sistemli bir çoklu-ölçütlü yaklaşımı kullanmaktır. Bu çalışmada AHP ve Fuzzy AHP yöntemleri karma olarak kullanılmıştır.

Cherqui vd. (2015) Şiddetli yağış ve sel iyi çalışılmış ve mevcut simülasyon yazılımı tahmin ve koruma düzeyini artırmak için kullanılabilir. Burada işletme ve bakım sırasında toplanan CBS ve verileri kullanarak, sel riskini değerlendirmek için bir yöntem önerilmektedir. Önerilen yaklaşım açık ve anlaşılır karar vericileri sağlamayı amaçlamaktadır.

Chen vd. (2015) Çin Hohhot Ovası'nda yürütülen çalışmada yeraltı suyu sürdürülebilirliğinin değerlendirilmesinde AHP ve Entropi yöntemleri kullanılarak kurak bölgeler için hayati bir önem taşıyan yeraltı suyunun nicel ve nitel göstergeler yardımıyla sürdürülebilirliğinin değerlendirilmesi için rasyonel sonuçlar veren bir sınıflandırma yapmayı istemişlerdir. Çalışmada kaynak arayışı ve çevre koşullarının karmaşası sebebiyle sürdürülebilirliğin değerlendirilmesinde yer altı suyu kaynağı, ekoloji ve çevre, sosyo-ekonomik talepler gibi çoklu göstergeler kullanılmıştır. Çalışmada öncelikle AHP ve Entropi yöntemleri kullanılarak çoklu göstergelerin ağırlık katsayıları belirlenmiş daha sonra bu çoklu gösterge gruplarının elemanları kendi aralarında değerlendirilerek birer ağırlık katsayıları bulunmuş ardından göstergelerin genel bir sıralamasının yapılabilmesi için ise her bir grubun puanı ile elemanlarının puanlarının çarpımı hesaplanmıştır. Her iki yöntem ile bulunan

sonuçların aritmetik ortalamaları alınarak göstergelerin ağırlık katsayıları hesaplanmış ve en yüksek ve en düşük ağırlık katsayısına sahip olan göstergeler yeraltı suyu kaynakları grubundan sınırsız akiferler için işlenebilir yeraltı suyu kaynakları göstergesi ve ekoloji ve çevre grubundan çökmüş arazi alanları göstergesi olmak üzere sırasıyla 0.1842 ve 0.0101 ağırlıkları bulunmuştur.

Kessili vd. (2016) yaptıkları çalışmada kanalizasyon rehabilitasyon önceliği için bir metodoloji geliştirmek amaçlanmıştır. Çalışmada 47 proje ve bunları değerlendirmek için 12 ölçüt AHP yöntemi ile analiz edilmiştir. Entegre bir yöntem olan AHP ile kanalizasyon rehabilitasyonu için bir öncelik sıralaması oluşturulmuştur.

Mounce vd. (2014) yaptıkları çalışmada birleşik kanalizasyon sistemleri üzerinde yağış verileri kullanılarak su derinliği ve kanal akış oranlarının hesaplanması ve aşırı yağış durumlarında taşkın ve geri tepmelerin önüne geçilmesi gibi hedefler belirlenmiştir. Çalışmada İngiltere'nin kuzeyinde bulunan bir toplama havzası için birleşik kanalizasyon akışlarının yağış miktarı, yağış aralığı, hava durumu verileri, akış derinliği, kanaldaki akış hızı, doluluk oranı gibi verileri doğrultusunda Yapay Sinir Ağları (ANN) yöntemi kullanılarak incelenmiştir. Çalışmanın sonucunda bir ANN modelinin sözde ters kural ile eğitilmiş tahminleri sonucunda 1 saatten fazla süre için tahmin edilemeyen veriler için %5'ten daha az hata ile birleşik kanalizasyon akış derinliğinin tahmin edilebilmesi yeteneğine sahip olduğu gösterilmiştir.

Del Giudice vd. (2016) tarafından yapılan çalışmanın amacı, kanalizasyon şebekelerinde geometrik ve hidrolik bilgi eksikliği olması durumlarında, farklı modelleme araçlarının benimsenmesi ve fon yönetimi için öncelik stratejilerinin geliştirilmesi için istatistiksel bir yöntem belirlemektir. Yapılan çalışmalar sonucunda kanalizasyon şebekesinin farklı parametre setleriyle oluşturulmuş bir açık haritası elde edilmiş ve bu haritaya göre bakım, rehabilitasyon, kritik nokta belirleme gibi işlemlerinde kolaylık sağladığı vurgulanmıştır.

Leu vd. (2016) çalışmalarının amacı su kaçağı tahmini için yeni bir model geliştirmektir. Bu çalışma, esas su dağıtım sistemlerinde yeni bir sızıntı tahmin sistemi için Bayes öğrenme yaklaşımı, ExSEM algoritması önerilmiştir. Bayes öğrenme sürecinde sızıntı tahmin doğruluğunu en üst düzeye çıkarmak için model dikkate alınarak kaçak ilgili faktörler, belirsizlikler, izleme verileri ve önceki bilgilerin katkısı dengelenmiştir.

Zhu vd. (2016) çalışmada su taşkın risklerinin değerlendirilmesi amacıyla yeni bir kentsel drenaj sistemi için bir yağmur suyu yönetim modeli önermek amaçlanmıştır. Çalışmada Çin'in Guangzhou kentinde bir yerleşim bölgesinde yedi değerlendirme endeksi seçilmiş ve yağış-akış olaylarının kalibre edilmesi için Yağmur Suyu Yönetim Modeli(SWMM) ve K-ortalama Kümeleme Yöntemi kullanılmıştır. Çalışma sonucunda ani bir sel veya taşkın durumunda başarılı olabilecek ve yağış yoğunluğu ve selden etkilenen bölgeler arasında olan ilişkiyi logaritmik olarak sunan yeni bir yaklaşım önerilmiştir.

Inanloo vd. (2016) yaptıkları çalışmada, ulaşım ve boru hattı sistemleri de dahil olmak üzere farklı altyapı şebekeleri üzerinde yapılan incelemeler ile ağların etkileşimlerini göz önünde bulundurarak bir nicel risk değerlendirme metodolojisi aracılığıyla doğrusal altyapı işleri için güvenlik sağlamak ve bu farklı ağların birbirlerine olan etki düzeylerini tahmin etmek için model geliştirmek hedeflenmiştir. Bu amaçla boru yaşı, boru çapı, boru uzunluğu, boru malzeme türü, trafik yoğunluğu, ve yol tipi gibi parametreler, AHP yöntemi ve ArcGIS ve ArcMap Programları kullanılarak incelenmiştir. Çalışma sonucunda hat üzerinde nicel risk değerlendirmeleri yapılmış, mekansal analizler doğrultusunda hassas bölgeler belirlenmiş, riskten etkilenen alanlar ve nüfusun tespiti yapılmıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. ELECTRE (Fuzzy Elemination and Choice Translating Reality English)

ELECTRE yöntemi ilk kez 1960'lı yılların ortalarında Banayoun tarafından ortaya çıkarılmış ve daha sonra Van Delft, Nijkamp, Roy ve diğer meslektaşları tarafından geliştirilmiştir. ELECTRE yönteminde üstünlük kavramı kullanılmaktadır. Bu yöntemde seçenekler veya alternatifler çiftler halinde seçilerek kıyaslama yapılır ve üstün ve zayıf alternatifler belirlenerek zayıf alternatifler kaldırılır (Roy vd., 1991). Çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan ELECTRE'de, karar vericilere nicel ve nitel kriterler, her bir kriterin uygun ağırlığı ile birleştirilerek en iyi seçimi yapmalarına olanak sağlamaktadır (Roy vd., 1991).

ELECTRE yöntemi İşlem Adımları:

Adım 1: Karar Matrisinin Oluşturulması

Değişken ve alternatif sayısına göre oluşturulan, alternatiflere ait değişken verilerini içeren başlangıç matrisidir. Bu karar matrisi (X_{ij}) oluşturulurken satırlara alternatifler sütunlarına ise karar vermede etkili olacak değişkenler yazılmaktadır (Govindan vd., 2016).

$$X = \begin{bmatrix} X_{11} & \dots & X_{1n} \\ \vdots & \dots & \vdots \\ X_{1m} & \dots & X_{mn} \end{bmatrix} \quad (3.1)$$

Adım 2: Normalleştirilmiş Karar Matrisinin Oluşturulması

Bu işlem adımında farklı boyut veya boyutlara sahip olan ölçütler boyutsuz ölçütlere aşağıda verilen rij denklemi yardımıyla çevrilerek normalleştirilmiş karar matrisi olan R matrisi oluşturulmaktadır (Govindan vd., 2016). Denklem (3.2)'de her i ve j değeri için sırasıyla uygulanarak aşağıda verilen R Normalleştirilmiş Karar Matrisi oluşturulmaktadır.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n x_{ij}^2}} \quad (3.2)$$

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & \dots & r_{1n} \\ \vdots & \dots & \vdots \\ r_{1m} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix} \quad (3.3)$$

Adım 3: *Parametre Ağırlıkları ile Normalleştirilmiş Karar Matrisinin Oluşturulması*

Normalleştirilmiş karar matrisindeki elemanların ENTROPI yöntemi ile bulunan ağırlık katsayıları ile çarpımıyla V, kriter ağırlıkları ile normalleştirilmiş karar matrisinin oluşturulmaktadır (Slowinski vd., 2013).

$$V = R * W = \begin{bmatrix} v_{11} & \dots & v_{1n} \\ \vdots & \dots & \vdots \\ v_{1m} & \dots & v_{mn} \end{bmatrix} \quad (3.4)$$

V; Kriter ağırlıkları ile normalleştirilmiş karar matrisi, R; Normalleştirilmiş karar matrisi, w_i ; Kriter ağırlıkları şeklinde yazılabilir.

Adım 4: *Uyum ve Uyuşmazlık Dizilerinin Belirlenmesi*

Uyum ve uyumsuzluk dizilerinin belirlenmesi için ölçüt ağırlıkları ile normalleştirilmiş karar matrisinin (V) satır elemanlarının kendi aralarında büyüklük dereceleri kıyaslanmaktadır (Roy vd., 2013). Uyum dizisi, S_{ke} 'nin belirlenmesi, $S_{ke} = \{j | v_{kj} \geq v_{ej}\}$ e, $k = 1, 2, \dots, m$ ve $e \neq k$ ve $j = 1, 2, \dots, m$ yazılabilir. Rastgele seçilen satır i' nin v değeri, j satırının v değerinden yüksek ve eşit ise k denilir ve S_{ke} uyum dizisi olarak sınıflandırılmakta eğer satır i' nin v değeri, j satırının v değerinden düşük ise e' dir ve uyumsuzluk kümesi, I_{ke} tarafından sınıflandırılmaktadır (Roy vd., 2013). Uyuşmazlık dizisi, I_{ke} 'nin belirlenmesinde $I_{ke} = \{j | v_{kj} < v_{ej}\}$ e, $k = 1, 2, \dots, m$ ve $e \neq k$ ve $j = 1, 2, \dots, m$

Adım 5: Uyum ve Uyuşmazlık Matrisinin Belirlenmesi

Uyum matrisini oluşturabilmek için 4. işlem adımında belirlenen uyum dizilerinden yararlanılmaktadır. Uyum matrisi olan C matrisi $m \times m$ boyutlu bir matris olup $k=e$ için değer almamaktadır. Uyum matrisinin her bir elemanı aşağıda verilen ilişki ile bulunmaktadır (Slowinski vd., 2013).

$$c_{ke} = \frac{\sum_{j \in S_{ke}} W_j}{\sum_{j=1} W_j} \quad (3.5)$$

Bileşenlerin normalleştirilmiş ağırlıkların toplamını bulmak için aşağıda verilen formül kullanılmaktadır (Slowinski vd., 2013).

$$c_{ke} = \sum_{j \in S_{ke}} W_j \quad (3.6)$$

Örnek olarak eğer $c_{12} = \{1,3\}$ olarak gösterilmişse bu durumda uyum matrisinde $c_{12} = w_1 + w_3$ olacaktır. Verilen formüller sonucu oluşturulan bir uyum matrisi denklem (7)'teki gibi yazılabilir. Ayrıca Uyuşmazlık matrisinin elde edilebilmesi için denklem (3.8)'de verilen formül kullanılmaktadır (Roy, 1991).

$$C = \begin{bmatrix} - & c_{12} & \dots & c_{1m} \\ c_{21} & - & \dots & c_{2m} \\ \vdots & \vdots & - & \vdots \\ c_{m1} & \dots & c_{m(m-1)} & - \end{bmatrix} \quad (3.7)$$

$$D = \begin{bmatrix} - & d_{12} & \dots & d_{1m} \\ d_{21} & - & \dots & d_{2m} \\ \vdots & \vdots & - & \vdots \\ d_{m1} & d_{m2} & d_{m(m-1)} & - \end{bmatrix} \quad (3.8)$$

$$d_{ke} = \frac{\max_{j \in I_{ke}} |V_{kj} - V_{ej}|}{\max_{j \in J} |V_{kj} - V_{ej}|} \quad (3.9)$$

Adım 6 : Uyum Üstünlük ve Uyuşmazlık Üstünlük Matrislerinin Belirlenmesi

Bu işlem adımında ise, karar vermede bir eşik olan anlaşma eşiği değeri hesabı aşağıda verilen formül doğrultusunda yapılmaktadır (Roy, 1991).

$$\bar{c} = \frac{c_{ke}}{m(m-1)} \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq e}}^m \sum_{\substack{e=1 \\ e \neq k}}^m \quad (3.10)$$

$m=1,2,\dots,n$ ve alternatif nokta sayısıdır. Burada c_{ke} ile $\bar{c}$ değerinin kıyaslaması yapılmakta ve yapılan büyüklük kıyasına göre üstünlük durumları belirlenmektedir. Eğer $c_{ke} > \bar{c}$ ise alternatifler arasındaki kıyasta k'nin e'den üstün olduğu, aksi takdirde ise üstün olmama durumu kabul edilmektedir. Anlaşmazlık eşiğinin değeri ise benzer şekilde denklem (3.11)'de verilen eşitlik ile hesaplanmaktadır (Roy, 1991).

$$f_{ke} = \begin{cases} 0, & c_{ke} \geq \bar{c} \\ 1, & c_{ke} < \bar{c} \end{cases} \quad (3.11)$$

$$\bar{d} = \frac{d_{ke}}{m(m-1)} \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq e}}^m \sum_{\substack{e=1 \\ e \neq k}}^m \quad (3.12)$$

Burada ise d_{ke} ile $\bar{d}$ kıyaslamaları aşağıda verilen denklikler ile yapılarak üstünlük tablosu doldurulmaktadır (Roy, 1991).

$$g_{ke} = \begin{cases} 0, & d_{ke} \geq \bar{d} \\ 1, & d_{ke} < \bar{d} \end{cases} \quad (3.13)$$

Uyuşmazlık üstünlük matrisi (G), uyum üstünlük matrisi (F) gibi oluşturulmuştur. Bu amaçla önce anlaşmazlık eşiği $\bar{d}$ 'nin hesabı yapılmaktadır. Uyumsuzluk kriteri ne kadar az olursa, uyumsuzluk derecesi alternatif k'nin alternatif e' ye üstünlüğünü gösterir. d_{ke} daha büyükse, uyumsuzluk derecesi yüksektir ve ihmal edilemez boyutta değildir; Sonuç olarak, uyumsuzluk üstünlük matrisi (G) aşağıdaki gibi hesaplanır. Önce c uyumsuzluk değerleri ile $\bar{c}$ 'lerin kıyası yukarıda verilen denklikler yardımı ile yapılarak C matrisi kurulur. Daha sonra C matrisinin elemanlarının hesaplanan $\bar{c}$, anlaşma eşiği ile kıyası verilen denklikler yardımı ile yapılır eğer $c \geq \bar{c}$ durumu varsa 1, yoksa 0 yazılarak G matrisi oluşturulmaktadır (Triantaphyllou, 2000).

Adım 7: Son Üstünlük Matrisinin Oluşturulması

Son üstünlük matrisi H, uyum üstünlük matrisi F'nin her elemanının uyumsuzluk üstünlük matrisi G ile çarpımı sonucu elde edilmektedir (Triantaphyllou, 2000).

$$h_{ke} = f_{ke} * g_k \quad (3.14)$$

Alternatiflerin net uzaklık ilişkileri, her alternatif için net uyum endeksini (Cnet) ve net uyumsuzluk indeksini (Dnet) hesaplayarak geliştirilebilir. Cnet, bir alternatifin diğer alternatifler üzerindeki üstünlüğünün derecesini ölçer ve aşağıdaki formülde verildiği şekilde hesaplanmaktadır (Triantaphyllou, 2000).

$$C_{net} = \sum_{\substack{q=1 \\ q \neq p}}^m C_{pq} - \sum_{\substack{q=1 \\ q \neq p}}^m C_{qp} \quad (3.15)$$

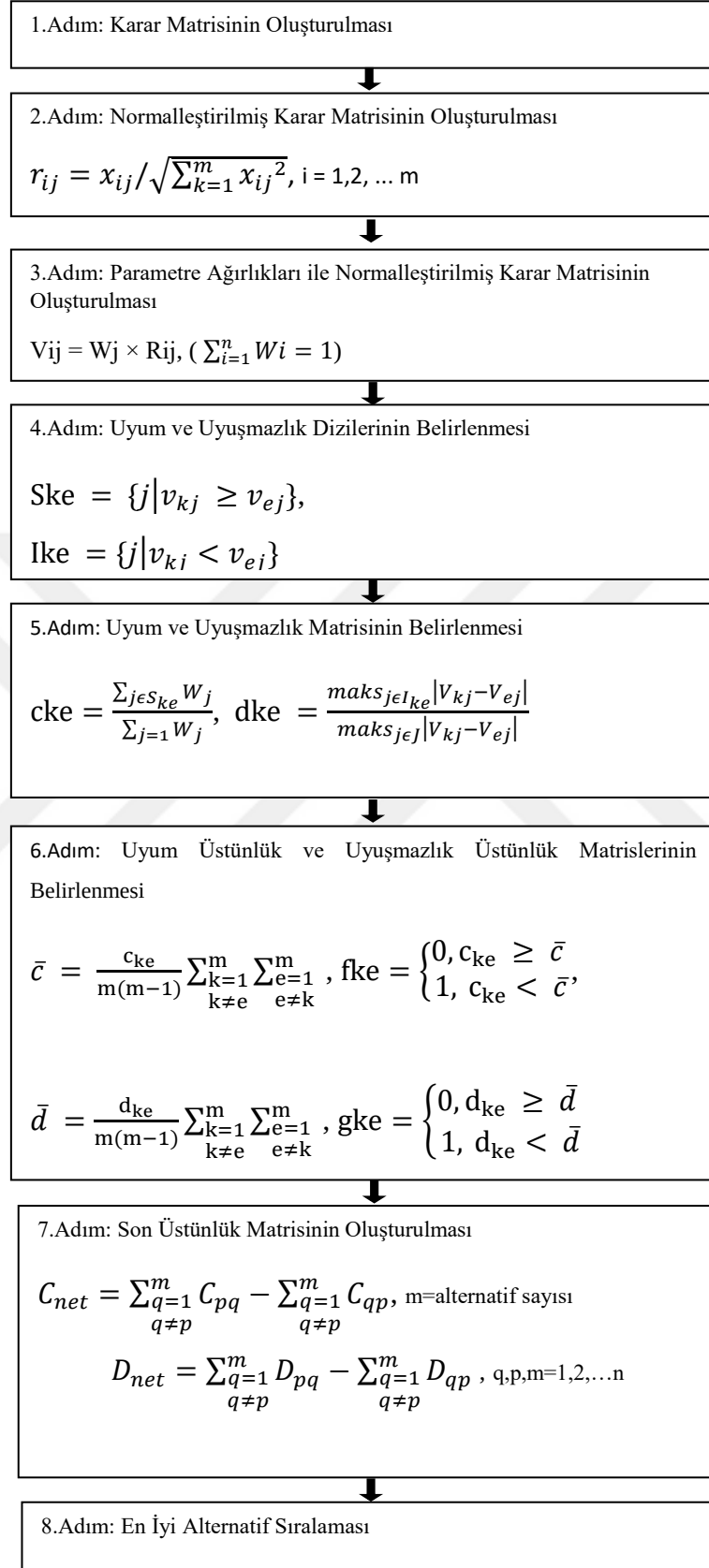
m=alternatif sayısı, q, p, m=1,2,...n. Aynı şekilde Dnet, bir alternatifin diğer alternatiflere göre göreceli uzaklığını hesaplar ve aşağıda verildiği gibi hesaplanmaktadır (Triantaphyllou, 2000).

$$D_{net} = \sum_{\substack{q=1 \\ q \neq p}}^m D_{pq} - \sum_{\substack{q=1 \\ q \neq p}}^m D_{qp} \quad (3.16)$$

Genel tercih (derece), her alternatif için daha yüksek Cnet ve daha düşük Dnet değerleri ile oluşturulabilir. Daha yüksek Cnet ve daha düşük Dnet değerleri, üst kademeleri seçer. Yani sıralama yapılırken bulunan Cnet değerleri büyüktür küçükçe doğru sıralanmakta ve Dnet değerleri de küçükten büyüğe doğru sıralanarak alternatifler arasında bir karşılaştırma işlemi yapılarak tercih sıralaması belirlenmektedir.

Adım 8: En İyi Alternatif Sıralaması

Nihai sıralama, 7. işlem adımında tahmini yapılan net uyum ve uyumsuzluk indeksi değerlerinin sıralamasına göre yapılır, burada herhangi iki alternatif arasında kararsız kalınma durumu olursa da oluşturulan H matrisinde o iki alternatifin üstünlük kıyasına bakılarak ta karar verilebilir (Belton vd., 2002). ELECTRE yönteminin uygulanmasında işlem adımları Şekil 3.1’de verilmiştir.



Şekil 3.1. ELECTRE yöntemi işlem adımları

Yöntemin daha net anlaşılabilmesi için yukarıda belirtilen adımlarının uygulanmasına ilişkin bir örnek aşağıda verilmiştir (Çizelge 3.1). Verilen örnekte 4 farklı parametrenin etkisi altında olan 3 alternatif noktanın kendi aralarında sıralaması yapılacaktır. Karar matrisi aşağıda verildiği gibidir. Satırlar alternatif noktaları sütunlar ise parametreleri gösterecek şekilde matris kurulmaktadır.

Çizelge 3.1 Örnek Karar matrisinin oluşturulması

KM	P1	P2	P3	P4
A1	60	25	30	40
A2	40	50	35	15
A3	45	75	30	55

$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n x_{ij}^2}}$ formülü kullanılarak $i=1$ ve $j=1$ hücresi için normalizasyon işlemi örneği verilmiştir ($r_{11} = \frac{60}{\sqrt{60^2+40^2+45^2}}=0.7059$). Benzer şekilde işlemlere devam edilerek aşağıdaki normalize edilmiş karar matrisi tablosu doldurulmaktadır (Çizelge 3.2).

Çizelge 3.2 Normalize edilmiş karar matrisi

X	P1	P2	P3	P4
A1	0.7059	0.2673	0.5455	0.5744
A2	0.4706	0.5345	0.6364	0.2154
A3	0.5294	0.8018	0.5455	0.7898

Bu işlem adımında normalleştirilmiş karar matrisinin, ENTROPI yönteminde hesaplanmış olan parametrelerin ağırlık katsayıları ile çarpımı yapılmaktadır (Çizelge 3.3). $i=1$ ve $j=1$ hücresi için $0.7059*0.2=0.1411$ elde edilirken, $i=1$ ve $j=2$ hücresi için $0.2672*0.25=0.0668$ şeklinde hesaplanır.

Çizelge 3.3 Ağırlık katsayısı ile çarpılmış normalleştirilmiş karar matrisi

	P1	P2	P3	P4
W	0.2	0.25	0.3	0.25
A1	0.1411	0.06681	0.16363	0.14359
A2	0.0941	0.13363	0.19090	0.05384
A3	0.1058	0.20044	0.16363	0.19743

Normalleştirilmiş karar matrisi üzerinde her bir alternatif için yapılan karşılaştırmalar ile uyum setleri ve uyuşmazlık setleri kurulacaktır. Herhangi bir alternatif kendisi ile kıyaslanamayacağından oluşturulan matriste köşegen hücreler boş olacaktır. y_{11} ile y_{12} 'nin kıyasında; $y_{11} = 0.1411$ ve $y_{12} = 0.09411$ 'dir. $y_{11} > y_{12}$ olduğundan tabloya 1 değeri yazılır. y_{21} ile y_{23} 'nin kıyasında; $y_{21} = 0.06681$ ve $y_{23} = 0.20044$ 'dir. Bu durumda $y_{21} < y_{23}$ olduğundan tabloya 0 değeri yazılacaktır. Bu şekilde tüm alternatifler için satır kıyası yapılarak aşağıdaki tablo elde edilmektedir (Çizelge 3.4).

Çizelge 3.4 Alternatiflerin kıyaslanması

Satır Karşılaştırma	P1	P2	P3	P4
12	1	0	0	1
13	1	0	1	0
21	0	1	1	0
23	0	0	1	0
31	0	1	1	1
32	1	1	0	1

C, uyumluluk matrisi parametrelerin ağırlık katsayıları ile satır karşılaştırma matrisindeki satırların çarpımlarının toplamı şeklinde oluşturulmaktadır. Burada, $i=1$ ve $j=2$ hücresi için; $0.2*1+0.25*0+0.3*0+0.25*1=0.45$ elde edilirken, $i=1$ ve $j=3$ hücresi için; $0.2*1+0.25*0+0.3*1+0.25*0=0.5$ şeklinde hesaplanmaktadır.

Benzer şekilde tüm hücreler için işlemler tamamlanarak aşağıdaki C, uyumluluk matrisi oluşturulmaktadır.

Çizelge 3.5 Uyumluluk matrisi

C matrisi		
	0.45	0.5
0.55		0.3
0.8	0.7	

D, uyumsuzluk matrisini kurabilmek için ise normalleştirilmiş karar matrisinde mutlak fark alma işlemleri 4 parametre için de uygulanmaktadır. Pay hesabı için ise satır karşılaştırma tablosu ile bulunan paydaların kıyası yapılmaktadır. Satır karşılaştırma tablosundaki eğer 1 değeri varsa pay kısmı boş bırakılacak, eğer 0 değeri varsa da payda değeri aynen alınır ve bu şekilde devam edilerek pay değerleri bulunur. D, uyum üstünlük matrisi hesabı d uyumsuzluk pay değerlerinin d uyumsuzluk payda değerlerine mutlak değer içinde bölümü yapılmaktadır (Çizelge 3.6).

Çizelge 3.6 Uyumsuzluk matrisi

D matrisi		
	0.7445	0.1336
1		1
0.264117	0.189933	

C'ye bağlı G matrisinin oluşturulması için C uyumsuzluk değerleri ile $\bar{c}$ 'lerin kıyası yapılır. $\bar{c}$ ise aşağıda verilen denklem ile elde edilmektedir.

$$\bar{c} = \frac{c_{ke}}{m(m-1)} \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq e}}^m \sum_{\substack{e=1 \\ e \neq k}}^m = \frac{3.3}{3 * (3-1)} = 0.55$$

C matrisinin $\bar{c} = 0.55$ ile kıyası yapılarak eğer $c \geq \bar{c}$ durumu varsa 1, yoksa 0 yazılarak G matrisi aşağıdaki gibi oluşturulmaktadır (Çizelge 3.7).

Çizelge 3.7 G matrisi

G matrisi		
	0	0.00
1		0.00
1	1	

Aynı şekilde F matrisi de d'ye bağlı olarak aşağıdaki gibi oluşturulmaktadır. Burada ise d uyumsuzluk değerleri ile hesaplanan $\bar{d}$ değerinin kıyası yapılmakta ve F matrisi oluşturulmaktadır.

$$\bar{d} = \frac{d_{ke}}{m(m-1)} \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq e}}^m \sum_{\substack{e=1 \\ e \neq k}}^m = \frac{4.1988}{6} = 0.6998$$

Son üstünlük matrisi olan H matrisi kurulurken 6. işlem adımında bulunan F ve G matrisindeki değerlerin çarpımı yapılmaktadır (Çizelge 3.8).

Çizelge 3.8 H matrisi

H matrisi		
	0	0
1		0
0	0	

En iyi alternatif sıralaması yapılırken 2 farklı durum incelemesi yapılmaktadır. Bunlardan birincisi c uyumluluk değerlerinin büyükten küçüğe doğru olan sıralaması ile d uyumsuzluk değerlerinin küçükten büyüğe doğru olan sıralamasını karşılaştırmaktır. Eğer bu işlem ile alternatiflerin sıralamasında herhangi

iki alternatif arasında eşitlik veya yakınlık söz konusu ise de ikinci bir sıralama için de H matrisine göre alternatif kıyası yapılabilir.

c uyumluluk sıralaması için uyumluluk değerleri ile;

$$c1 \text{ için: } c12+c13-(c21+c31)$$

$$c2 \text{ için: } c21+c23-(c12+c32)$$

c3 için: $c31+c32-(c13+c23)$ işlemleri yapılmakta ve benzer şekilde d uyumsuzluk sıralaması için ise;

$$d1 \text{ için: } d12+d13-(d21+d31)$$

$$d2 \text{ için: } d21+d23-(d12+d32)$$

d3 için: $d31+d32-(d13+d23)$ işlemleri yapılmaktadır.

Yukarıda verildiği gibi uyumluluk ve uyumsuzluk sıralamalarının çakıştırılması ile A3, alternatifinin 1. sırada olduğu kesindir fakat A2 ve A1 alternatiflerinin kendi arasında sıralamasının kesin sonucu çıkmamıştır bu durumda E matrisi göz önünde bulundurularak A2 ve A1 arasında sıralamaya karar verilecektir. E matrisine bakıldığında üstünlüğü ifade eden 1 değeri A2 alternatifinde bulunmaktadır bu durumda A2 alternatifi A1'den üstündür. Sonuç olarak örnekte verilen 4 parametrenin etkisi altında bulunan 3 alternatifin sıralamasında 1. sırada A3, 2.sırada A2 ve 3. sırada ise A1 alternatifleri bulunmaktadır.

3.2. TOPSIS (TECHNIQUE FOR ORDER PREFERENCE BY SIMILARITY TO IDEAL SOLUTION)

Çok kriterli karar verme yöntemlerinden olan TOPSIS yöntemi ilk olarak Yoon tarafından 1980 yılında sunulmuş ve Hwang ve Yoon tarafından 1981 yılında geliştirilmiştir. TOPSIS yöntemi ile karar verme işlemi yapılırken incelenen alternatifin ideal çözüm noktasına (pozitif ideal çözüme) yakın olması ve ideal olmayan çözüm noktasına (negatif ideal çözüme) ise uzak Öklid uzunluğuna sahip olması gerekmektedir (Lai vd., 1994). TOPSIS, ideal çözümün yakınlığına göre bir dizi olası alternatifin sıralanmasında basit işlem adımları içeren, kolay ve kullanışlı bir tekniktir. (Yoon, 1980)

TOPSIS yöntemi, ENTROPI ve ELECTRE ile birlikte kullanılabilme avantajına sahiptir. İlk üç işlem adımında kullanılmak üzere ELECTRE yönteminde olan matrisler ve ENTROPI yönteminden ise parametrelerin ağırlık katsayıları alınmaktadır. Matematiksel olarak, TOPSIS yönteminin uygulanması aşağıdaki işlem adımlarını içerir (Chen vd., 1983).

Adım 1: Karar Matrisinin Oluşturulması

TOPSIS yönteminin ilk işlem adımı bir karar matrisi oluşturmaktır. Karmaşık birçok parametreden oluşan bir karar probleminin incelenmesinin zor olması ve çok farklı nitelikler içeren parametrelerin analizlerde kullanılmasının oldukça zor olması ve işlemlerde hata riskinin artmasına sebep olması gibi nedenlerden dolayı, bir karar problemi alt başlıklara ayrılarak incelenir. Bu ana başlık ve alt başlıklarından oluşan gösterim hiyerarşik yapı olarak adlandırılmaktadır. Literatür taramasında genellikle bir hiyerarşi seviyesindeki unsurlar yediden fazla olmamaktadır çünkü alt başlık sayıları da çok artırıldığında hem hesaplama süreleri artmakta hem de işlem karmaşasına sebep olabilmektedir (Yang ve Huang, 2008). Hiyerarşik yapının en üst kısmında çalışmadaki amaç belirlenmektedir. Bir alt kısmında çalışmada kullanılacak olan parametrelerin seçimi yapılmakta ve niteliklerine göre farklı alt başlıklar halinde sınıflandırılmış olan bu parametreler yer almaktadır. En alt kısımda ise çalışmada incelenecek olan karar alternatifleri gösterilmektedir. Farklı düzeylerden oluşmakta olan hiyerarşik yapı arasındaki öğeler, hedefin kararı etkileyen parametreler ve alternatif bölgeler ile ilişkisini temsil etmektedir (Lai vd., 1994).

$$\begin{array}{ccccc}
& C1 & \cdots & \cdots & Cn \\
L1 & x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\
KM = \vdots & x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2n} \\
& \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\
Ln & x_{m1} & \cdots & \cdots & x_{mn}
\end{array} \quad (3.17)$$

Burada 'i' kriter endeksi ($i = 1 \dots m$); m potansiyel alanların sayısıdır ve 'j' alternatif indekstir ($j = 1 \dots n$). C1, C2 ..., Cn elemanları parametreleri belirtirken; L1, L2 ..., Ln alternatif yerleri tanımlar. Matrisin elemanları, alternatif 'j' ye göre ölçütlerin i değerleri ile ilişkilidir.

Adım 2: Normalleştirilmiş Karar Matrisinin Hesaplanması

Normalleştirilmiş değerler, oluşturulan tasarım alternatiflerinin göreceli performansını temsil eden normalleştirilmiş karar matrisini (NKM) göstermektedir. Aşağıda verilen formül doğrultusunda normalleştirme işlemi yapılmaktadır (Chen vd., 1993).

$$NKM = R_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m a_{ik}^2}} \quad (3.18)$$

$$R_{ij} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ x_{m1} & \cdots & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (3.19)$$

Adım 3: Ağırlıklı Normalleştirilmiş Karar Matrisinin Hesabı

Yöntem, ELECTRE ile birlikte kullanılacaksa, ELECTRE yönteminde oluşturulan Y matrisi doğrudan kullanılabilir. Seçilen parametrelerin hepsi eşit öneme sahip olmayabilir ve bu yüzden ağırlıklandırma, farklı seçim ölçütlerinin göreceli önemini ölçmek için ENTROPI tekniğinden başlatılmıştır.

Ağırlıklı karar matrisi oluşturulurken, 2. işlem adımında kurulan normalleştirilmiş karar matrisinin her bir sütunu sırasıyla ağırlık katsayıları ile çarpılarak aşağıda verildiği gibi oluşturulmaktadır (Chen vd., 1993).

$$V = V_{ij} = W_j \times R_{ij} \quad (3.20)$$

$$V_{ij} = \begin{bmatrix} w_1x_{11} & w_2x_{12} & \cdots & w_nx_{1n} \\ w_1x_{21} & w_2x_{22} & \cdots & w_nx_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_1x_{m1} & \cdots & \cdots & w_nx_{mn} \end{bmatrix} \quad (3.21)$$

Adım 4: Pozitif ve Negatif İdeal Çözüm Değerlerinin Bulunması

Pozitif ideal (A+) ve negatif ideal (A-) çözümleri, aşağıda verilen formüller kullanılarak ağırlıklı karar matrisine göre her alternatif için ayrı tanımlanmaktadır.

Pozitif ideal çözümleme = $A^+ = \{ V_1^+, V_2^+, \dots, V_n^+ \}$, burada: $V_j^+ = \{ (\max (V_{ij}) , j \in J); (\min V_{ij}, j \in J') \}$ ve $1 \leq i \leq mn$

Negatif ideal çözümleme = $A^- = \{ V_1^-, V_2^-, \dots, V_n^- \}$, burada: $V_j^- = \{ (\min (V_{ij}) , j \in J); (\max V_{ij}, j \in J') \}$

Formüllerde, J faydalı olan niteliklerle ilişkilendirilirken J' faydalı olmayan niteliklerle ilişkilendirilmektedir (Vimal vd., 2012). Yukarıda verilen formülleri açıklayacak olursak, 3. işlem adımında oluşturulan ağırlıklı karar matrisinin her bir sütunu incelenecek, sütunlardaki maksimum olan değerler pozitif ideal çözümlemeler için ve her bir sütundaki minimum değerler ise negatif ideal çözümlemeler için kullanılacaktır.

Adım 5: Ayırma Ölçütünün Hesaplanması (Pozitif ve Negatif İdeal Çözüm Noktalarına Olan Uzaklık Değerlerinin Hesaplanması)

Bu işlem adımında her bir alternatif için ideal ve ideal olmayan çözümlerden ayrılma mesafesini hesaplanmaktadır. Pozitif ideal çözüme uzaklık; Pozitif ideal çözüme olan mesafe için ağırlıklı karar matrisinin her hücresinin elemanı ile pozitif ideal çözüm değerinin farklarının karekökleri toplamalarının karekökü alınır. Bu işlemin formülü aşağıda verilmektedir (Fazlollahtabar vd., 2011).

$$S_i = \sqrt{\sum_{j=1}^n (V_{ij} - V_j^+)^2} \quad (3.22)$$

Negatif ideal çözüme uzaklık; negatif ideal çözüme olan Öklid uzunluğunun belirlenmesinde ise ağırlıklı karar matrisi elemanları ile negatif ideal çözüm

değerlerinin farklarının kareleri toplamalarının karekökü aşağıda formülize edildiği gibi alınmaktadır (Fazlollahtabar vd., 2011).

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (V_{ij} - V_j^-)^2} \quad (3.23)$$

Adım 6: Her Konumun İdeal Çözümlere Göre Yakınlık Derecesinin Hesaplanması

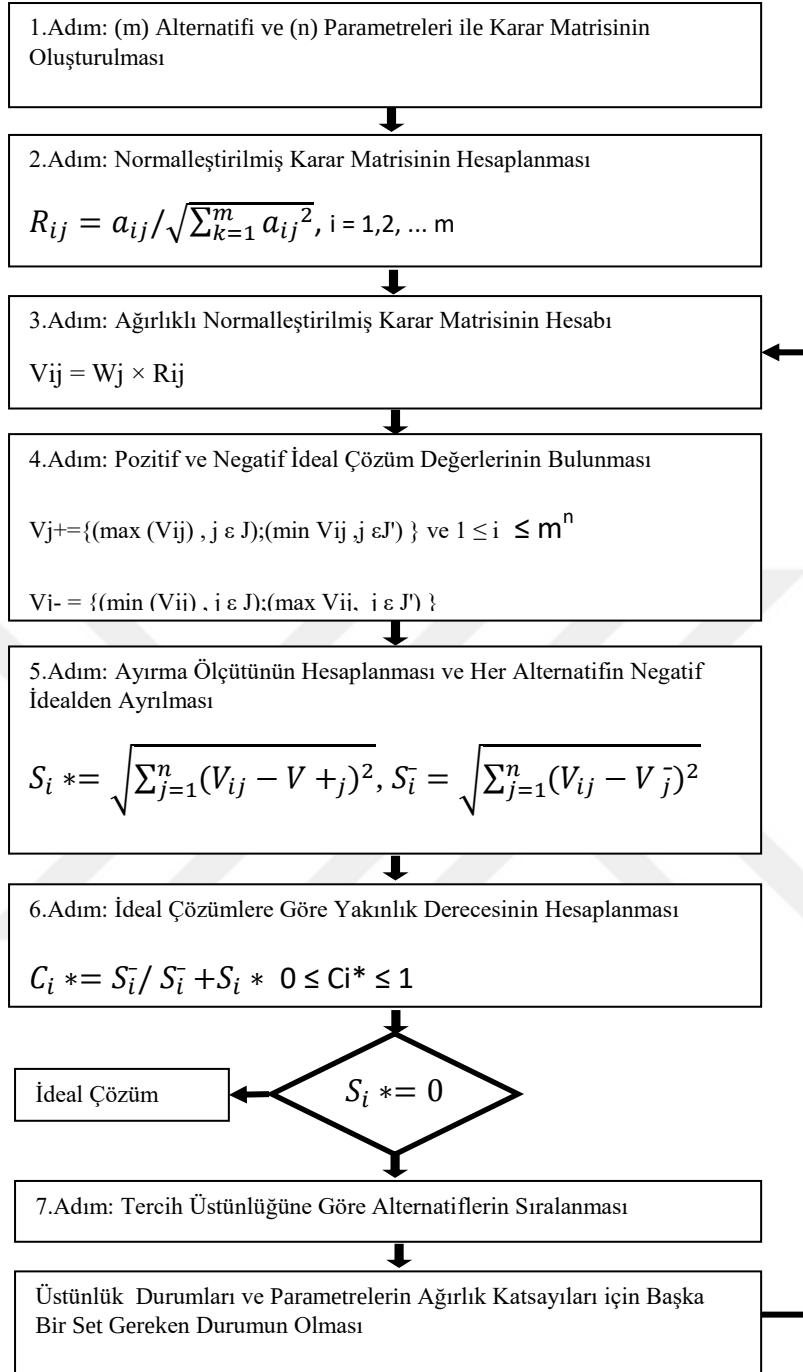
Her bir alternatif konum için potansiyel yerin ideal çözüme göre göreceli yakınlığı hesaplanmaktadır (Jadidi vd., 2010).

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^+}, 0 \leq C_i^* \leq 1 \quad (3.24)$$

C_i^* , bağıl optimal yakınlıktır. İdeal çözüm "1" (bir) sıralamasına sahip olmalı, en kötü alternatif "0" (sıfır) değerine yaklaşmalıdır. (Chen vd., 1993) Yani, C_i^* değerinin 1 olması ilgili konum için ideal çözüme mutlak olan yakınlığını, C_i^* değerinin 0 çıkması ise ilgili konum için negatif ideal çözüme mutlak olan yakınlık durumlarını göstermektedir (Jadidi vd., 2010).

Adım 7: Tercih Üstünlüğüne Göre Alternatiflerin Sıralanması

6. işlem adımında hesaplanan C_i değerine göre, göreceli yakınlık derecesi yüksekse, alternatif sıralamada daha önde yer alır bu da alternatifin performansının iyi olduğunu göstermektedir. TOPSIS yöntemi işlem adımları Şekil 3.2’de verilmiştir.



Şekil 3.2. TOPSIS yöntemi işlem adımları

TOPSIS yöntem örneği

Çok kriterli bir karar verme problemi için 3 tane karar noktası ve bu karar noktalarını etkileyen 4 parametre olsun. ENTROPI yöntemi ile parametrelerin kendi içindeki ağırlık katsayıları ise sırasıyla $w_1= 0.15$, $w_2= 0.25$, $w_3= 0.20$ ve $w_4 =0.40$ olarak kullanılsın bu durumda TOPSIS yöntemi ile sıralama aşağıdaki gibi yapılacaktır. Sütunlar etkili parametreleri satırlar ise alternatifleri oluşturacak şekilde karar matrisi ve normalleştirilmiş karar matrisi doldurulur. Matrisin 11 hücresinin hesabı aşağıdaki gibi olur. Normalleştirilmiş karar matrisi elemanlarının ağırlık katsayıları ile çarpılması sonucu ağırlıklı karar matrisi elde edilir.

$$KM = \begin{bmatrix} 24 & 5 & 60 & 50 \\ 12 & 10 & 40 & 50 \\ 36 & 15 & 20 & 100 \end{bmatrix}$$

$$R_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m a_{ik}^2}} = \frac{24}{\sqrt{24^2 + 12^2 + 36^2}} = 0.53452248$$

$$Y_{11} = 0.12 * 0.53452248 = 0.0641427$$

Çizelge 3.9 Normalleştirilmiş Karar Matrisinin Hesaplanması

X	P1	P2	P3	P4
A1	0.53452248	0.26726124	0.80178373	0.40824829
A2	0.26726124	0.53452248	0.53452248	0.40824829
A3	0.80178373	0.80178373	0.26726124	0.816496581

Çizelge 3.10 Ağırlıklı Normalleştirilmiş Karar Matrisinin Hesabı

Ağırlıklar	0.12	0.18	0.3	0.4
Y	P1	P2	P3	P4
A1	0.0641427	0.04810702	0.24053512	0.163299316
A2	0.03207135	0.09621405	0.16035675	0.163299316
A3	0.09621405	0.14432107	0.08017837	0.326598632

Ağırlıklı karar matrisi oluşturulduktan sonra Pozitif ideal çözümler için her bir sütununda yer alan maksimum değer (0.0641427, 0.03207135, **0.09621405**) ve Negatif ideal çözümler için ise sütunda yer alan en küçük değer (0.0641427, **0.03207135**, 0.09621405) seçilmektedir.

Çizelge 3.11 Pozitif ve negatif ideal çözüm değerleri

Y+	0.09621405	0.14432107	0.24053512	0.326598632
Y-	0.03207135	0.04810702	0.08017837	0.163299316

Ayırma ölçütleri hesaplanırken S+ hesabında Y+ değerleri kullanılırken, S- hesabında Y- değerleri kullanılmaktadır.

$$S + (11) = (0.0641427 - 0.09621405)^2 = 0.00102857 \text{ ve}$$

$$S - (11) = (0.0641427 - 0.03207135)^2 = 0.00102857 \text{ olarak hesaplanmaktadır.}$$

Çizelge 3.12 Ayırma ölçütlerinin hesaplanması

S+	P1	P2	P3	P4
S1	0.00102857	0.00925714	0	0.026666667
S2	0.00411429	0.00231429	0.00642857	0.026666667
S3	0	0	0.02571429	0
S-	P1	P2	P3	P4
S1	0.00102857	0	0.02571429	0
S2	0	0.00231429	0.00642857	0
S3	0.00411429	0.00925714	0	0.026666667

Her konumun ideal çözümlere göre yakınlık derecesinin hesaplanmasında, P1, P2, P3 ve P4 parametreleri için hesaplanan ayırma ölçütü değerlerinin satır toplamaları alınır ve bu toplamaların karekökünün alınması ile de S+ ve S- sütun değerleri elde edilir.

Çizelge 3.13 İdeal Çözümlere Göre Yakınlık Derecesinin Hesaplanması

	TOPLAM	S+		TOPLAM	S-
S1	0.03695238	0.192230021		0.026742857	0.163532435
S2	0.03952381	0.198805959		0.008742857	0.093503247
S3	0.02571429	0.160356745		0.040038095	0.200095215

Her bir alternatif için, 6. basamakta bulunan yakınlık derecelerine göre:

$$C_1^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^*} = \frac{0.163532435}{(0.163532435 + 0.192230021)} = 0.45966749$$

$$C_2^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^*} = \frac{0.093503247}{(0.093503247 + 0.198805959)} = 0.31987787$$

$$C_3^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^*} = \frac{0.200095215}{(0.200095215 + 0.160356745)} = 0.55512312$$

İşlemleri tekrarlanır ve sıralama katsayıları elde edilmiş olur. En iyi alternatif sıralaması için bulunan katsayılar büyükten küçüğe doğru sıralanmalıdır. Yakınlık derecesi değerlerinin sıralaması yapıldığında alternatif sıralamasının sırası ile A3, A1, A2 şeklinde çıktığı görülmektedir.

Çizelge 3.14 Alternatiflerin Sıralanması

ALTERNATİFLER	C*	SIRALAMA
A1	0.45966749	A3
A2	0.31987787	A1
A3	0.55512312	A2

3.3. PROMETHEE 2 (Preference Ranking Organization Method For Enrichment Evaluations)

Kısmi sıralama yapabilen PROMETHEE 1 ve tam sıralama yapabilen PROMETHEE 2 Yöntemleri Brans ve Vincke tarafından 1985 yılında ilk olarak ortaya çıkarılmıştır. Yöntemin amacı sonlu sayıda bir alternatif için ortak bir başlık halinde değerlendirilmesi yapılamayan çoklu ölçütler sıralama esasına dayanmaktadır (Vincke vd., 1985). Bu yöntemde de diğer çok kriterli karar verme yöntemlerinde olduğu gibi alternatiflerin sıralamasında üstünlük durumu kullanılmakta ve tercih yapısında ikili karşılaştırma matrisleri kullanılmakta ve alternatifler performans fonksiyonları ve parametrelerin ağırlık katsayıları ile ilişkili olan değerlendirme kriteri (EC) şeklinde tanımlanmaktadır. Karar vericiler tarafından EC'nin tanımlanmasının ardından tercih eşikleri seçilmekte ve son olarak değerlendirme matrisi tablosu olan EM oluşturulmaktadır (Brans vd., 1985).

PROMETHEE Yöntemleri için iki çeşit bilgi türü gerekmektedir (Brans vd., 1985). Bunlar; (i) Ağırlıkların göreceli önemleri hakkında bilgiler ve (ii) Karar vericilerin tercih fonksiyonları hakkındaki bilgilerdir. PROMETHEE Yöntemlerini diğer çok kriterli karar verme yöntemlerinden ayıran temel farklar ise değerlendirme parametrelerinin birbirleri arasındaki ilişkilerini gösteren ağırlık katsayıları ve değerlendirmede her bir parametrenin kendi aralarında olan veri kümesinin dağılımı yoluyla hesaplanan iç ilişkilerinin de dikkate alınmasıdır (Roozbahani vd., 2012).

Bu yöntem için gerekli olan işlem adımları aşağıda matematiksel olarak sunulmuştur:

Adım 1: *Veri Matrisinin Oluşturulması*

Veri matrisi aşağıda verildiği gibi alternatifler, parametreler ve parametre ağırlıklarından oluşmaktadır. Çalışmada kullanılacak parametreler $f_1, f_2, \dots, f_n$ şeklinde sütunlarda, bu parametrelerin etkilediği alternatif noktalar (a,b,c) ve parametrelerin ağırlık katsayıları ($W_1, W_2, \dots, W_n$) ise satırlarda yer almaktadır (Çizelge 3.9).

Çizelge 3.15 Veri Matrisinin Oluşturulması

Veri matrisi	a	b	...	W
f1	f1(a)	f1(b)	...	W1
f2	f2(a)	f2(b)	...	W2
⋮	⋮	⋮	...	⋮
Fi	fi(a)	fi(b)	...	⋮
⋮	⋮	⋮	...	⋮
Fn	fn(a)	fn(b)	...	Wn

Adım 2: Tercih Fonksiyonlarının Tahmini

PROMETHEE yönteminde literatürde adı geçen tercih fonksiyonları çeşitleri aşağıda verildiği gibidir (Vincke vd., 1985); 1.tip olağan fonksiyon, 2.tip U şekli fonksiyonu, 3.tip V şekli fonksiyonu, 4.tip Seviye fonksiyonu, 5.tip Lineer(doğrusal) fonksiyon ve 6.tip Gaussian fonksiyonu şeklinde verilebilir.

Adım 3: Alternatiflerin İkili Karşılaştırılması Sonucu Ortak Değerlendirme Fonksiyonlarının Elde Edilmesi

2. işlem adımında verilmiş olan tercih fonksiyonları, tercih ve tarafsızlık eşikleri gibi bazı tercihli parametrelerin tanımlanmasını gerektirir. Bunun yanı sıra, gerçek zamanlı uygulamalarda, karar vericiler tarafından hangi tercih fonksiyonu çeşidinin tüm parametreler için uygun olacağını belirlemek bu doğrultuda parametreleri belirlemek oldukça zor olabilmektedir. Bu sorunun çözülebilmesi amacıyla alternatiflerin ikili kıyasında a ve b alternatifleri için C parametresi değerleri arasındaki fark çalışmalara uyarlanmaktadır (Roozbahani vd., 2012).

$$P_i(a, b) = \begin{cases} 0, & C_i(a) - C_i(b) \leq 0 \\ 1, & C_i(a) - C_i(b) > 0 \end{cases} \quad (3.25)$$

Pi fonksiyonu, belirli bir parametre açısından iki alternatif olan a ve b'nin ikili değerlendirilmesi ile aralarındaki farkın 0 ile 1 arasında değişmekte olan tercih

derecesine aşağıda matematiksel olarak ifade edilen fonksiyon vasıtasıyla çevirmektedir (Brans vd., 2005).

$$Pi(a, b) = Fi[Ci(a) - Ci(b)] \quad (3.26)$$

$$0 \leq Pi(a, b) \leq 1$$

Burada, Ci: Parametreler, a,b: alternatifler, Fi ise Ci parametrelerine bağlı olarak a ve b alternatifleri arasındaki eğilimin azalan bir fonksiyonunu ifade etmektedir.

Adım 4: İkili Alternatifler için Tercih İndeksi Hesapları

Her ikili alternatif için sırasıyla tercih indeksi hesabı aşağıda verilen formül ile yapılmaktadır (Benmamar vd., 2016).

$$\pi(a, b) = \sum_{i=1}^n Pi(a, b) * wi \quad (3.27)$$

Burada a ve b alternatifler, wi ise alternatiflerin ağırlık katsayılarıdır. Bütün alternatif çiftleri için toplam üstün tercih indeksi hesabı ise aşağıda verilen matematiksel formül ile hesaplanır (Benmamar vd., 2016).

$$\pi(a, b) = \frac{\sum_{i=1}^n Pi(a, b) * wi}{\sum_{i=1}^n wi} \quad (3.28)$$

Adım 5: Alternatiflerin Pozitif ve Negatif Üstünlüklerinin Belirlenmesi

Bir alternatifin diğer alternatif üzerindeki hakimiyet derecesini gösteren pozitif ve üstünlükler aşağıda verilen formüller ile hesaplanmaktadır (Kessili vd., 2016). Bu denklemlerde ikili karşılaştırma için a alternatifi sabit tutulur ve sırasıyla b,c,...n alternatiflerine kadar ikili karşılaştırması yapılmaktadır (Brans vd., 2005).

$$\emptyset^+(a) = \frac{1}{n-1} \sum \pi(a, b) \quad (3.29)$$

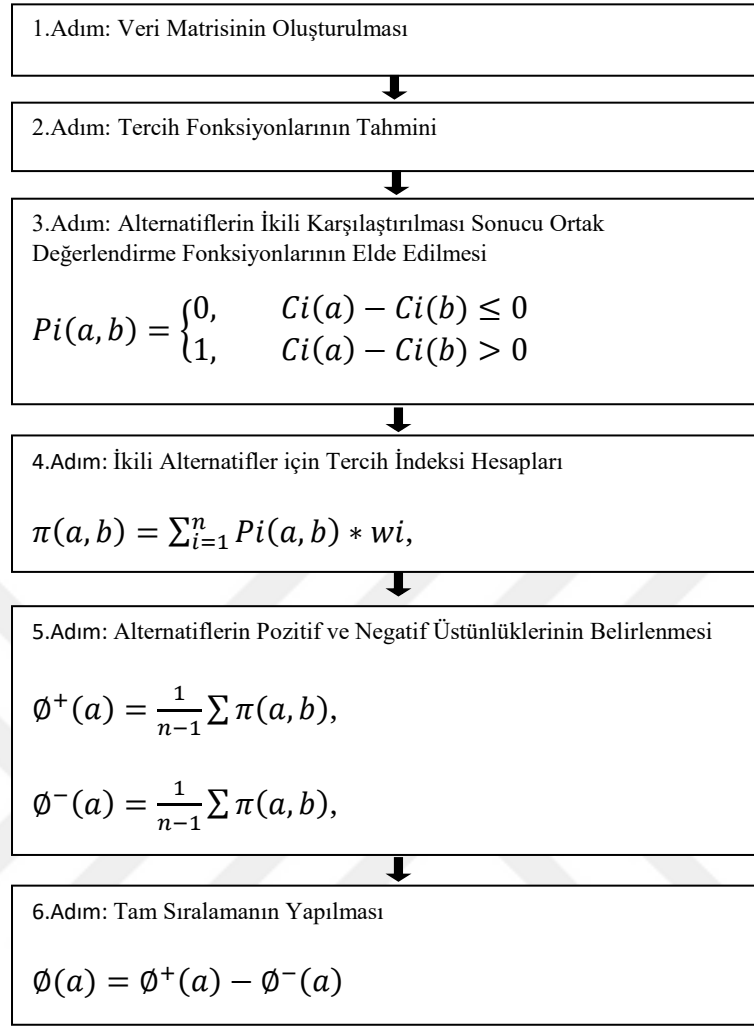
$$\emptyset^-(a) = \frac{1}{n-1} \sum \pi(a, b) \quad (3.30)$$

Adım 6: Tam Sıralamanın Yapılması

PROMETHEE II yöntemi alternatiflerin tam sıralaması yapılmaktadır. Hesaplanan üstünlük değerlerine göre alternatiflerin hepsi aynı düzlemde değerlendirilmekte ve sıralaması oluşturulmaktadır. Aşağıda verilen denklemde $\emptyset(a)$ değeri ne kadar yüksek çıkarsa, alternatif de o doğrultuda iyi anlamına gelmektedir (Kessili vd., 2016).

$$\emptyset(a) = \emptyset^+(a) - \emptyset^-(a) \quad (3.31)$$

Eğer $\emptyset(a)$ değeri $\emptyset(b)$ değerinden büyük çıkarsa bu a alternatifinin b alternatifinden üstün olduğu, sıralamada daha önde geleceğini göstermektedir ve eğer $\emptyset(a)$ değeri $\emptyset(b)$ değerine eşit çıkarsa da her iki alternatif birbirinden farksız çıkmıştır, bu durumda da sıralamada aynı sırada yer almaları gerekmektedir (Kessili vd., 2016). PROMETHEE 2 yönteminin işlem adımları Şekil 3.3'te verilmiştir.



Şekil 3.3. PROMETHEE 2 yönteminin işlem adımları

PROMETHEE 2 yöntemi örnek çalışma

Örnek çalışmada eşit ağırlık katsayılarına sahip 5 fonksiyon ve 4 alternatiften oluşan veri matrisi kullanılarak alternatiflerin risk sıralaması incelenecektir.

Çizelge 3.16 Örnek veri matrisinin oluşturulması

Veri matrisi	a	b	c	d	Wi
f1	10	20	15	25	0.2
f2	2	7	4	3	0.2
f3	200	300	300	400	0.2
f4	6	12	4	15	0.2
f5	32	16	8	24	0.2

f1 fonksiyonu için $p(a,b)$ belirlenirken b parametresinin değeri a parametresinden çıkarılır. Sonuç sıfırdan küçükse 0, değilse 1 değeri tabloya yazılır.

Çizelge 3.17 Ortak değerlendirme fonksiyonlarının elde edilmesi

	a-b	$p(a,b)$
f1	-10	0
f2	-5	0
f3	-100	0
f4	-6	0
f5	16	1

Benzer şekilde işlemlere devam edilerek alternatiflerin ikili karşılaştırılması değerleri aşağıdaki tabloda verildiği şekilde elde edilir.

Çizelge 3.18 Alternatiflerin ikili karşılaştırılması değerleri

	$p(a,b)$	$p(a,c)$	$p(a,d)$	$p(b,a)$	$p(b,c)$	$p(b,d)$	$p(c,a)$	$p(c,b)$	$p(c,d)$	$p(d,a)$	$p(d,b)$	$p(d,c)$
f1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1	1
f2	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0
f3	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	1
f4	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1
f5	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1

Alternatiflerin ikili karşılaştırılması değerleri fonksiyon ağırlıkları ile çarpılarak oluşturulan ikili alternatifler için tercih indeksi hesapları sonuçları tabloda verilmiştir. Tercih indeksi hesapları matris formunda yazıldığında verilen matris elde edilmektedir.

Çizelge 3.19 İkili alternatifler için tercih indeksi hesapları

$\pi(a,b)$	0.2	$\pi(c,a)$	0.6
$\pi(a,c)$	0.4	$\pi(c,b)$	0
$\pi(a,d)$	0.2	$\pi(c,d)$	0.2
$\pi(b,a)$	0.8	$\pi(d,a)$	0.8
$\pi(b,c)$	0.8	$\pi(d,b)$	0.8
$\pi(b,d)$	0.2	$\pi(d,c)$	0.8

Çizelge 3.20 Tercih indeksi matrisi

	A	b	c	d
a	0	0.2	0.4	0.2
b	0.8	0	0.8	0.2
c	0.6	0	0	0.2
d	0.8	0.8	0.8	0

Alternatiflerin pozitif ve negatif üstünlüklerinin belirlenmesi

$$\phi^+(a) = \frac{1}{n-1} \sum \pi(a,b) = \frac{1}{4-1} \sum (0 + 0.2 + 0.4 + 0.2) = 0.266666667$$

$$\phi^-(a) = \frac{1}{n-1} \sum \pi(a,b) = \frac{1}{4-1} \sum (0 + 0.8 + 0.6 + 0.8) = 0.733333333$$

Pozitif üstünlük hesaplanırken matrisin satır toplamı alınırken negatif üstünlükte sütun toplamı alınmaktadır. Tüm alternatifler için hesaplanan üstünlük değerleri tablo halinde verilmiştir.

Çizelge 3.21 Alternatiflerin üstünlük değerleri

Pozitif Üstünlük	Negatif Üstünlük
0.266666667	0.733333333
0.6	0.333333333
0.266666667	0.666666667
0.8	0.2

Tam Sıralamanın Yapılması

$$\phi(a) = \phi^+(a) - \phi^-(a) = 0.266666667 - 0.733333333 = -0.466666667$$

$$\phi(b) = \phi^+(b) - \phi^-(b) = 0.6 - 0.333333333 = 0.266666667$$

$$\phi(c) = \phi^+(c) - \phi^-(c) = 0.266666667 - 0.666666667 = -0.4$$

$$\phi(d) = \phi^+(d) - \phi^-(d) = 0.8 - 0.2 = 0.6$$

Her alternatif için pozitif ve negatif üstünlük farkları alınarak sıralama puanları oluşturulur. Bu örnek için sıralama d,b,c ve a şeklinde oluşmuştur.

3.4. MAUT YÖNTEMİ (MULTİ-ATTRIBUTE UTILITY THEORY)

Çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan MAUT yöntemi ilk olarak Fisburn (1967) tarafından ortaya atılmış ve Keeney (1974) tarafından kullanılmıştır. Daha sonra bu yöntem geliştirilerek Loken (2007) tarafından kullanılmıştır. 5'lik 10'luk veya 100'lük puanlama stilleri içeren MAUT yöntemi nicel niteliklerin yanı sıra nitel olan niteliklerin de fayda veya zarar incelemeleri için sayısal bir kimlik kazanmasında oldukça yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir (Edwards vd., 1986). Bu yöntemin 5 işlem adımı aşağıda verildiği gibidir (Loken, 2007).

Adım 1: Karar Matrisinin Oluşturulması

Bu işlem adımında karar vermede etkili olan parametreler belirlenmekte ve ardından bu parametrelerin etkilediği karar noktaları tayin edilerek hiyerarşik ağ oluşturulmaktadır.

Adım 2: Ağırlık Katsayılarının Belirlenmesi

Belirlenen tüm parametreler için toplamları 1'e eşit olacak şekilde her bir parametre için ağırlık katsayıları atanmaktadır.

Adım 3: Parametrelerin Değer Atamaları

Bu işlem adımı nicel parametreler için karar noktalarından elde edilen verileri kullanırken nitel olan parametreler için de ENTROPI yönteminde olduğu gibi parametreler arasında ikili karşılaştırmalar yaparak 5'lik 10'luk veya 100'lük puanlama stillerine göre değer atamaları yapılmaktadır.

Adım 4: Karar Matrisinin Normalizasyonu

Adım 3'te nicel ve nitel parametreler için atanan değerler birleştirilerek bir karar verme matrisi kurulmakta ve ardından aşağıda bu matrisin normalizasyon işlemi yapılmaktadır. Diğer çok kriterli karar verme yöntemlerinden farklı olarak her bir parametre için öncelikle en iyi ve en kötü olan değerler tespit edilmektir. En iyi değer için 1 sayısı atanırken, en kötü değer için 0 sayısı atanmaktadır. Ve arada kalan diğer değerler için ise aşağıda verilen eşitlik kullanılarak değerler atanmaktadır (Loken, 2007).

$$u_i(x_i) = \frac{x - x_i^-}{x_i^+ - x_i^-} \quad (3.32)$$

Burada x_i^+ , parametre için en iyi değeri(maksimumu) ifade ederken x_i^- en kötü değeri (minimumu) göstermektedir. x ise işlem yapılan satır için fayda değeridir.

Adım 5: Karar Noktalarının Fayda Değerlerinin Tayini

Normalleştirilmiş karar matrisi üzerinde her bir satır için parametre ve karar noktaları için belirlenen fayda değerlerinin ağırlık katsayısı ile çarpımlarının toplamından oluşan eşitlik ile fayda değerlerinin atandığı işlem adımıdır (Loken, 2007).

$$u(x) = \sum_1^m u_i(x_i) * w_i \quad (3.33)$$

u(x), karar noktaları için fayda değeri, $u_i(x_i)$, parametre ve karar noktaları için fayda değeri, w_i , parametreler için toplamları 1'e eşit olan ağırlık katsayılarıdır. Yöntemin daha iyi anlaşılabilmesi için hazırlanan örnek aşağıda verilmiştir.

Adım 1: Karar matrisinin oluşturulması:

A1,A2...A5 şeklinde tanımlanan 5 karar noktası ve P1, P2, P3 ve P4 ile tanımlanan bu karar noktalarını etkileyen parametrelerden oluşan karar matrisi kurulur.

Çizelge 3.22 Örnek karar matrisinin kurulması

	P1	P2	P3	P4
A1	3	100	2000	20
A2	8	150	1500	10
A3	5	500	4000	30
A4	2	250	2050	40
A5	4	100	1200	50

Adım 2: Ağırlık katsayılarının belirlenmesi:

Bir sıralama yöntemi olan MAUT yöntemi parametrelerin ağırlık katsayılarını ENTROPI gibi ağırlık katsayısını belirleyen yönteminden almaktadır. Bu örnek çalışmada ENTROPI yönteminden alınan katsayılar kullanılacak ve ENTROPI yönteminin örneğinde ise çalışmada kullanılan 4 parametrenin ağırlık katsayılarının detaylı analizi örnek çalışma olarak gösterilecektir.

Çizelge 3.23 Parametrelerin ağırlık katsayıları

	P1	P2	P3	P4
Wi	0.201	0.394	0.178	0.228

Adım 3: Parametrelerin Değer Atamaları:

Örnek çalışmada her parametrenin sayısal verisi mevcut olduğundan doğrudan karar matrisine değerleri yazılmıştır.

Adım 4: Karar Matrisinin Normalizasyonu:

Öncelikle karar matrisinde her sütun için minimum ve maksimum değerler belirlenir.

Çizelge 3.24 Sütunların minimum ve maksimumları

min	2	100	1200	10
max	8	500	4000	50

Daha sonra oluşturulan normalize karar matrisine minimum değerinin olduğu hücrelere 0, maksimum değerlerin olduğu hücrelere 1 yazılırken ara değerler için ise $u_i(x_i)$ işlemi uygulanarak matris tamamlanır. Örnek olarak 1.sütun için karar matrisinde minimum olan 2 değerini içeren hücre olan 1.sütun 4. satırın yeri tespit edilir ve normalize karar matrisinde buraya 0 değeri yazılır. Aynı şekilde 2.sütun için karar matrisinde maksimum olan 500 değerinin olduğu 2. sütun 3. satıra normalize

karar matrisinde 1 değeri yazılır. Ara değerler için 1. sütundan örnek verecek olursak minimum (2) ve maksimum (8) değerlerin dışında kalan ara değerler (3,5,4) için sırasıyla:

$$u_i(x_i) = \frac{x - x_i^-}{x_i^+ - x_i^-} = \frac{3 - 2}{8 - 2} = 0.17$$

$$u_i(x_i) = \frac{x - x_i^-}{x_i^+ - x_i^-} = \frac{5 - 2}{8 - 2} = 0.5$$

$$u_i(x_i) = \frac{x - x_i^-}{x_i^+ - x_i^-} = \frac{4 - 2}{8 - 2} = 0.33$$

Çizelge 3.25 Normalleştirilmiş karar matrisi

	P1	P2	P3	P4
A1	0.17	0	0.29	0.25
A2	1	0.125	0.107	0
A3	0.5	1	1	0.5
A4	0	1	1	0.75
A5	0.33	0	0	1

Adım 5: Karar Noktalarının Fayda Değerlerinin Tayini:

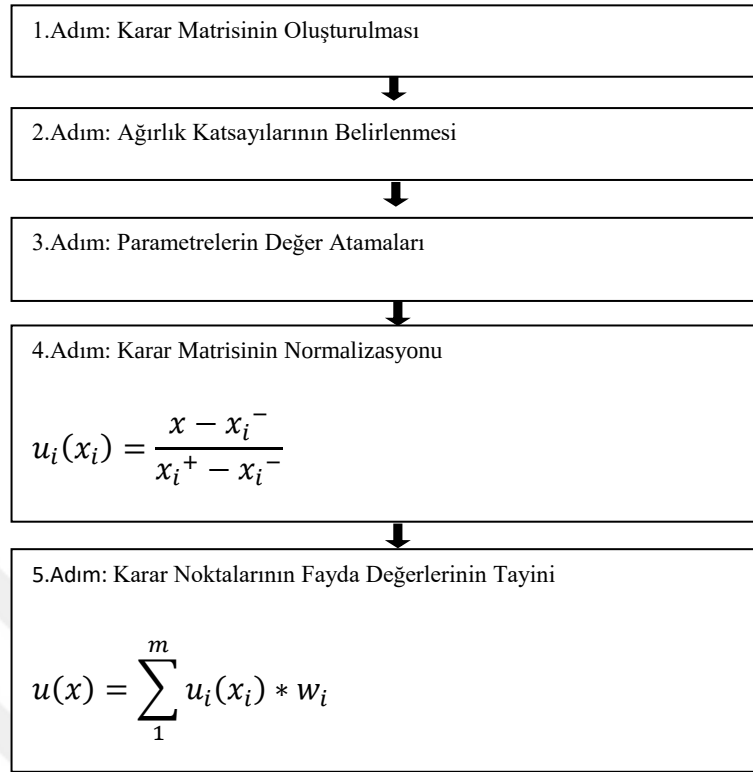
4. işlem adımında hesaplanan normalize karar matrisi ile 2. işlem adımında ENTROPI yönteminden çekilen ağırlık katsayılarının çarpımları ile u(x) matrisi bulunmaktadır.

Çizelge 3.26 Karar noktalarının fayda değerlerinin tayini

	P1	P2	P3	P4			P1	P2	P3	P4
Wi	0.201	0.394	0.178	0.228	×	A1	0.17	0	0.29	0.25
						A2	1	0.125	0.107	0
						A3	0.5	1	1	0.5
						A4	0	1	1	0.75
						A5	0.33	0	0	1

=	P1	P2	P3	P4	Σ
A1	0.033	0	0.051	0.057	0.141
A2	0.201	0.049	0.019	0	0.269
A3	0.1	0.394	0.178	0.114	0.786
A4	0	0.148	0.054	0.171	0.373
A5	0.067	0	0	0.228	0.295

İşlemler sonunda $u(x)$ matrisinde her bir satırın toplamı bulunur ve alternatif noktalar için sıralama yapılır. Bu çalışmada sıralama A3, A4, A5, A2 ve A1 şeklinde bulunmuştur. Şekil 3.4'te MAUT yöntemi işlem adımları gösterilmiştir.



Şekil 3.4. MAUT yöntemi işlem adımları

3.5. ENTROPI YÖNTEMİ

Shannon ve Weaver (1949) bilginin içindeki belirsizliklerin ölçülmesi olarak tanımlanmış olan ve temelinde fiziksel ve enformasyon bilimlerini bulunduran ENTROPI yöntemi, ELECTRE yönteminde de kullanıldığı gibi satırlarında karar noktalarını sütunlarda ise bu karar noktalarını etkileyen parametreleri bulunduran karar verme matrisin oluşturulduğu durumda uygulanabilen yöntemdir (Riley vd., 2010). İlk olarak Shannon tarafından ortaya atılan bu yöntem 2009 yılında Wang ve arkadaşı Lee' nin yaptıkları çalışma ile geliştirilerek günümüzde kullanılan halini almıştır. Bu yöntem aşağıda verilen 3 işlem adımından oluşmaktadır. (Lee vd., 2012)

Adım 1: Karar Matrisinde Normalizasyon İşlemi

Verilen denklem ile karar matrisinin her hücresi için aşağıda verilen standartlaştırılmış normalizasyon formülü kullanılarak tamamlanan işlem adımıdır (Zhi-hong, 2006)

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{Max_j} \quad (3.34)$$

Adım 2: Her Bir Parametre için ENTROPI Değerlerinin Tayini

ENTROPI değeri olan e_j verilen denklem ile bulunmaktadır. Burada i, karar noktalarını gösterirken j, parametreleri göstermektedir. p_{ij} , normalize edilen değerler ve x_{ij} , verilen fayda değerleridir. k, ENTROPI katsayısıdır ve aşağıda verildiği gibi hesaplanmaktadır ve p_{ij} , normalize edilen değerler, n; karar verme noktası sayısıdır.

$$e_j = -k \sum_{i=1}^m p_{ij} \ln(p_{ij}) \quad (3.35)$$

$$p_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^m x_{ij}} \quad (3.36)$$

$$k = \frac{1}{\ln(n)} \quad (3.37)$$

Adım 3: Ağırlık Katsayısı Hesapları

Son işlem adımında ise her bir parametre için ağırlık katsayılarının hesabı verilen formül ile yapılmaktadır.

$$w_j = \frac{1-e_j}{\sum_1^m (1-e_j)} \quad (3.38)$$

w_j , parametrelerin ağırlık katsayılarını temsil etmekte ve bu katsayıların toplamı ise 1'i vermektedir ($\sum_1^m w_j = 1$). Diğer ÇKKV yöntemlerinde de olduğu gibi ağırlık katsayılarının toplamlarının 1'e eşit olmaması durumunda işlemlerde bir hata yapıldığı tahmin edilmektedir. MAUT Yönteminde verilen örnek çalışma için ağırlık katsayılarının hesabı aşağıda verilen işlem adımları sonucunda hesaplanmıştır.

Adım 1: Karar Matrisinde Normalizasyon İşlemi

Bu işlem adımı için karar matrisindeki her hücre kendi sütununun maksimum değerine bölünmektedir. Aşağıdaki matrisin 1. hücrelerini açıklayacak olursak karar matrisindeki 3 değeri kendi sütununun maksimumu olan 8'e bölünmüş ve 0.375 değeri elde edilmiştir. Tüm hücreler için bu işlem adımı tekrarlanarak aşağıdaki normalize karar matrisi oluşturulmuştur.

Çizelge 3.27 Örnek karar matrisinin normalize işlemi

	P1	P2	P3	P4
A1	0.375	0.2	0.5	0.4
A2	1	0.3	0.375	0.2
A3	0.625	1	1	0.6
A4	0.25	0.5	0.5125	0.8
A5	0.5	0.2	0.3	1

Adım 2: Her Bir Parametre için ENTROPI Değerlerinin Tayini

p_{ij} , matrisinin hesabı için formülünde verildiği gibi her hücrenin kendi sütun toplamına bölümü yapılmaktadır. Aşağıdaki matrisin 1. hücresi aşağıdaki gibi bulunmuştur.

$$p_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_1^j x_{ij}} = \frac{0.375}{0.375 + 1 + 0.625 + 0.25 + 0.5} = 0.136$$

Çizelge 3.28 Parametrelerin ENTROPI değerlerinin tayini

p_{ij}	P1	P2	P3	P4
A1	0.136	0.091	0.186	0.133
A2	0.364	0.136	0.139	0.067
A3	0.227	0.455	0.372	0.2
A4	0.091	0.227	0.191	0.267
A5	0.182	0.091	0.112	0.333

ENTROPI katsayısı olan k'nın :

$$k = \frac{1}{\ln(n)} = \frac{1}{\ln(5)} = -0.621334935$$

Sıradaki işlem e_j matrisinin hesabıdır. Aşağıdaki matris e_j 'nin formülündeki $\sum_{j=1}^m p_{ij} \ln(p_{ij})$ 'nin hesabını göstermektedir. ($e_j = -k \sum_{j=1}^m p_{ij} \ln(p_{ij})$) Daha sonra her bir sütunun toplamaları bulunur ve formülde verildiği gibi ENTROPI katsayısı ile çarpımları yapılarak sütunların e_j değerleri bulunur. ENTROPI yöntemi işlem adımları Şekil 3.5'te verilmiştir.

Çizelge 3.29 Her bir parametre için ENTROPI değerlerinin tayini

	P1	P2	P3	P4
A1	0.136*ln(0.136) = -0.272	-0.218	-0.313	-0.269
A2	-0.368	-0.272	-0.275	-0.181
A3	-0.337	-0.358	-0.368	-0.322
A4	-0.218	-0.337	-0.316	-0.352
A5	-0.310	-0.218	-0.245	-0.366
Σ	-(0.272+0.368+0.337+0.218+0.310)= -1.50422	-1.40279	-1.5163	-1.48975
e_j	-1.50422*-0.621334935 = 0.934626	0.871605	0.942129	0.925634

Adım 3: Ağırlık Katsayısı Hesapları

Son işlem adımı olan ağırlık katsayısı hesabı formülü kullanılarak aşağıdaki sonuçlar bulunmaktadır ($w_j = \frac{1-e_j}{\sum_{j=1}^m (1-e_j)}$).

Çizelge 3.30 Ağırlık katsayıları hesabı

1-e _j	1-0.934626 =0.065374	0.128395	0.057871	0.074366	
w _j	0.20053	0.393843	0.177514	0.228113	Σ=1

$$W_{P1} = \frac{0.065374}{0.065374 + 0.128395 + 0.057871 + 0.074366} = 0.20053$$

$$W_{P2} = \frac{0.128395}{0.065374 + 0.128395 + 0.057871 + 0.074366} = 0.393843$$

$$W_{P3} = \frac{0.057871}{0.065374 + 0.128395 + 0.057871 + 0.074366} = 0.177514$$

$$W_{P4} = \frac{0.074366}{0.065374 + 0.128395 + 0.057871 + 0.074366} = 0.228113$$

1.Adım: Karar Matrisinde Normalizasyon İşlemi

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{Makj}$$



2.Adım: Her Bir Parametre için Entropi Değerlerinin Tayini

$$e_j = -k \sum_{j=1}^m p_{ij} \ln(p_{ij})$$

$$p_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_1^j x_{ij}}$$

$$k = \frac{1}{\ln(n)}$$



3.Adım: Ağırlık Katsayısı Hesapları

$$w_j = \frac{1 - e_j}{\sum_1^m (1 - e_j)}$$

$$\sum_1^m w_j = 1$$

Şekil 3.5. ENTROPI yöntemi işlem adımları

4. ATIKSU SİSTEMLERİNDE KARŞILAŞILAN ARIZA TÜRLERİ

4.1. Atıksu Borularının Analizinde Dikkate Alınan Faktörler

Nüfusun artması ile birlikte sağlıklı, güvenilir ve çevre standartlarına uygun kaliteli altyapı ihtiyacı da artmaktadır. Altyapı sistemlerinde çeşitli faktörlerin etkisiyle zamanla deformasyon oluşmakta ve sistem yeterli hizmeti sunamamaktadır. Atıksu sistemlerinin rehabilitasyonunda öncelikli bölgelere karar vermek için en önemli aşama olan parametrelerin seçimi için literatürde atıksu sistemleri ile ilgili yapılan çalışmalar incelenmiştir. Bu çalışmalarda farklı bölgelerde farklı modelleme yöntemleri kullanılarak atıksu sistemleri analiz edilmiştir.

Bu bölümde yapılan detaylı literatür incelemesi sonucunda atıksu sistemlerinde bozulmalara sebep olabilecek parametreler belirlenmiştir. Literatürde araştırmacılar tarafından değerlendirilen atıksu borularında bir grup bozulma faktörü üzerinde yapılan çeşitli çalışmalar Çizelge 4.1’de gösterilmektedir.

Çizelge 4.1 Atıksu borularının analizi ve modellemesinde literatürde kullanılan parametreler

Araştırma Referansı	Atıksu Bozulma Faktörleri
Chughtai ve Zayed (2008)	Boru uzunluğu, boru çapı, boru malzemesi, boru derinliği, boru yaşı, ortalama derinlik, boru eğimi, bakım ve onarım stratejileri, atık tipi, yeraltı suyu seviyesi, toprak tipi, yatak koşulları, buzlanma faktörü, trafik hacmi, araçların boru yüzeyine yakınlığı, tıkanıklık, yağlar, gresler ve bitki kökleri, pompa istasyonu, işletme ve bakım geçmişi(kayıtları), yetersiz akış kapasitesi, sızma girişi, yetersiz kanalizasyon geçişi, deprem bölgesi, malzeme derinliği, yatak eğimi, arıza geçmişi, diğer yeraltı tesislerine yakınlık, sokak kategorisi
Ennaouri ve Fuamba (2013)	Boru yaşı, boru çapı, boru malzemesi, toprak tipi, geometrik biçim, trafik yükü, derinlik, yeraltı suyu seviyesi, atık türü, akış kapasitesi, sızma, süzülme, ek boru tutarı
Tagherouit vd.,(2011)	Boru malzemesi bütünlüğü, hareketli yüklerin varlığı, boru kapasitesi, boru yaşı, boru malzemesi, boru çapı, hidrolik arızaların varlığı, boru gömülme derinliği, yapısal kusurlar, bozulma oranı
Mounce vd., (2014)	Yağış miktarı, yağış aralığı, tekniğin süresi, kuru ve ıslak hava koşulları, akış derinliği, akış hızı
Padulano vd.,(2016)	Boru yaşı, boru genişliği, muayene bacası derinliği, boru yüksekliği, boru uzunluğu, boru eğimi, boru malzemesi, zemin koşulları, boru çeşidi, eşdeğer çap, katı madde oranı ve sedimantasyon, kanalizasyon yaşı, sokak eğimi
Barreto vd.,(2010)	Boru uzunluğu, boru yenileme maliyeti, maksimum boru maliyeti, arazi kullanımı katsayıları, su derinliği, sel süresi, arazi tipi, arıza faktörü, boru çapı, bağlantı tipi
Ana ve Bauwens (2008)	Boru yaşı-şekli-boyutu, kanalizasyon derinliği-hat uzunluğu-malzemesi, kanalizasyon eğimi, kanalizasyon tipi, bağlantı tipi ve malzeme, yeraltı suyu seviyesi, sızma/dışarı sızma, ağaçların varlığı, toprak / dolgu tipi, trafik ve yüzey yükleri, sediment seviyesi, kanalizasyon özellikleri, bakım ve onarım stratejileri, yükleme yöntemi, işçilik standardı

Çizelge 4.1 Atıksu borularının analizi ve modellemesinde literatürde kullanılan parametreler (devam)

Rokstad ve Ugarelli (2015)	Boru çapı, atık türü (yağmur suyu, pis su, kombine), inşaat süresi, yol trafiği, yatak koşulları, toprağın tipi, ağaçların varlığı, kontrol sıklığı, boru cinsi, boru sayısı, numune yaşı, toplam boru sayısı
Choi ve Koo (2015)	Boru çapı, boru malzemesi, boru yaşı, boru derinliği, yol sınıfı, bölge alanı, sokak kategorisi, inşaat süresi, yenileme maliyeti, boru sayısı, boru uzunluğu
Vucijak vd., (2011)	Nüfus, atıksu toplama sistemi, şebeke su temini durumu, kentleşme derecesi, atıksu bağlantı oranı, su kaynağına yakınlık
Zhou vd., (2013)	Aşırı yükleme, sızdırmazlık, iklim, havza büyüklüğü, yıllık ortalama yağış, şehir gelişimi, nüfus, süzülme, yağış derinlikleri, yağış süresi, toprak kapasitesi, drenaj sistemi, sistem bakımı, yeraltısu seviyesi, topografya, sızma, boru çapı
Ebrahimian vd., (2015)	Su kalitesi, maliyet, güvenlik açığı, çevre etkileri, inşaat süresi, trafik, peyzaj, esneklik, duyarlılık, toprak çöküşü, malzeme cinsi, işçilik, ekipmanlar
Maurer vd., (2012)	Bölge alanının boyutu, alanın şekil faktörü, bir konut arsa şekil faktörü, ana gövde üzerinde tali hatların sayısı, inşaat maliyeti, borunun ortalama derinliği, borunun eğimi, kanalizasyon sisteminin toplam uzunluğu, toplam alanın genişliği, toplam alanın uzunluğu, konut yoğunluğu, atıksu üretimi, akış katsayısı
Cherqui vd., (2015)	Yetersiz bakım ve onarım sıklığı, iklim değişikliği, yetersiz kapasite, tıkanıklık, kanalizasyon borularında kusurlar, boru çöküşü, tortu, yağ ve gres(fog), katı çökmesi, ağaç köklerinin varlığı, kanalizasyona aşırı yükleme, içme suyu borusu patlaması, boru çapı, boru malzemesi
Sun vd., (2011)	Boru çapları, yağış tipi, yağış süresi, sel hacmi, taşkın su hızı, sel süresi, boru hattı maliyeti, hendek genişliği, yatak maliyeti, nüfus, boru eğimi
Shahata ve Zayed (2010)	Boru boyutu, boru tipi, boru derinliği, toprak cinsi, düşük erişilebilirlik, boru malzemesi, kaldırım(boru yeri), yol tipi, transit güzergâhı, iş arızası, kritik müşterilerin, alt yapıda, yol genişliği, toprak tipi, trafik yoğunluğu

Çizelge 4.1 Atıksu borularının analizi ve modellemesinde literatürde kullanılan parametreler (devam)

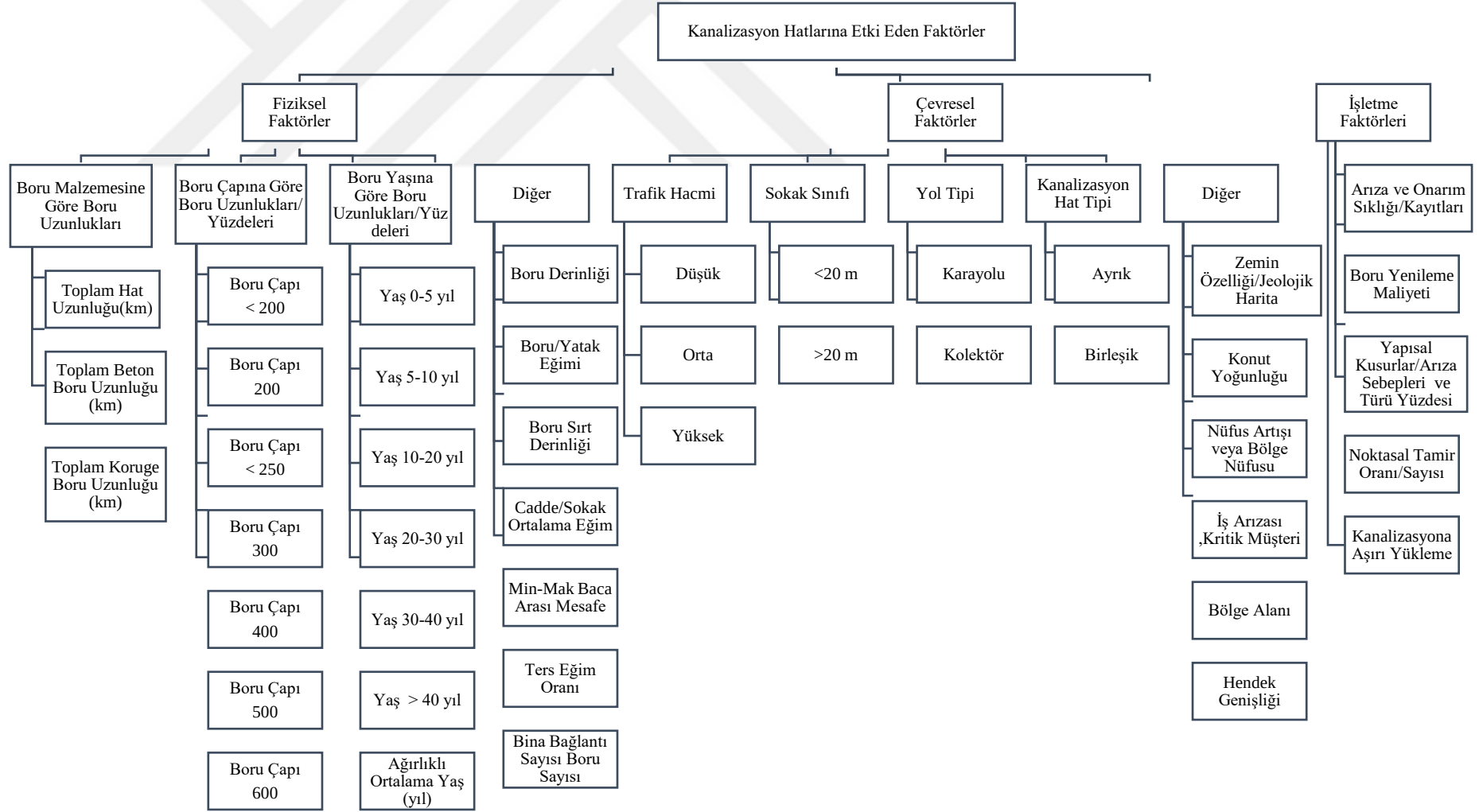
Rahmati Vd.,(2016)	Arazi Kullanımı, Geçmiş Arıza Kayıtları, Havza Eğimi, Havza Şekli, Genel Eğim, Drenaj Yoğunluğu, Hasar, Meralarda Bozulma, Ağaçları Yok Edilme Oranı, Yanlış Tasarım Ve / Veya Köprü İnşaatı
Sitzenfrei Vd.,(2015)	Güvenlik Açığı, Bozulma Oranı, Boru Bağlantı Parçaların Sayısı, Bağlantı Yaşı, Bağlantının Teknik Tasarım Ömrü, Boruya Bağlı Ev Bağlantılarının Toplam Sayısı, Ev Bağlantısı Yaşı, Ev Bağlantısı Teknik Tasarım Ömrü, Yapı Cinsi (Normal Bina, Hastane.. Vb)
Zhu Vd.,(2016)	Dayanıklılık, Genişlik, Manning Pürüzlülük Katsayısı, Derinlik, Arıza, Depolama, Su Baskını Süresi, Akış Katsayısı, Toplam Sel Miktarı, Sızdırmaz Yüzey Alanı, Havza Alanı, Maksimum Su Akışı, Boru İletim Kapasitesi
Inanloo Vd.,(2016)	Boru Yaşı, Boru Çapı, Boru Malzemesi, Boru Uzunluğu, Trafik, Yol Tipi (Karayolu ,Kolektör Ve Diğer)
Carriço Vd.,(2012)	Boru Malzemesi, Boru Çapı, Su Seviyesi, Maksimum Akış Hızı, Onarım Maliyeti, Çökme Riski, Enine Kesit Çapı, Malzeme Cinsi, Derinlik, Eğim

İncelenen çalışmalar sonucunda Atıksu sistemlerinin analizinde kullanılan 226 parametre tespit edilmiş ve bu parametreler Çizelge 4.1’de belirtilmiştir. Görüleceği gibi literatürde çoğu çalışmada yapısal kusurlar ele alınmıştır ve en yaygın kullanılan parametreler boru yaşı, boru çapı, boru uzunluğu ve toprak türüdür. Ayrıca literatür taramasında çok sayıda farklı nitelikte verilmiş olan parametrelerin tek bir çalışmada ele alınması oldukça zor olduğu düşüncesi ile Ennaouri vd., (2013) ve Zayed vd.,(2008), çalışmalarında faktörlerin fiziksel faktörler, çevresel faktörler gibi ana başlıklar halinde sınıflandırıldığı görülmüştür. Yapılan bu çalışmalar incelendiğinde, en önemli adımın dikkate alınacak faktör ve alt faktörlerin belirlenmesi olduğu vurgulanmıştır.

- Bu kadar farklı nitelikteki parametrelerin incelenmesi ve analizlerde kullanılması oldukça zor olması ve işlem sayısını artırdığı için hata riskinin fazla olması,
- Modelleme amacına uygun olmayan veya ilgili olmayan parametrelerin kullanılması,
- Artan parametre sayısının sistemin karmaşıklığını arttırması gibi sebeplerden dolayı benzer grupta yer alan parametrelerin gruplandırılarak incelenmesinin daha doğru sonuçlar açığa çıkardığı tespit edilmiştir.

Bu amaçla, atıksu sistemlerindeki kusurlara sebep olabilecek parametreler, bir borunun yapısal durumunu ve çalışma koşullarını tanımlayan Fiziksel Faktörler (boru malzemesi, boru çapı gibi), bir boru üzerinde etkili olan dış faktörleri içeren Çevresel Faktörler(zemin özellikleri, trafik hacmi gibi) ve bir borunun hizmet gereksinimlerini karşılayabilme düzeyini tanımlayan İşletme Faktörleri(arıza ve onarım sıklığı kayıtları gibi) şeklinde ana faktörler gruplar halinde incelenmiştir (Şekil 4.1). Bu çalışma kapsamında parametrelerin seçiminde temel olarak aşağıda verilen ölçütler göz önünde bulundurulmuştur;

- Parametrelerin çalışmaya uygunluğu,
- Parametrelerin elde edilebilirliği/ ölçülebilirliği,
- Parametrelerin tutarlılığı,
- Parametrelerin uygulanabilirliği,
- Parametrelerin güvenilirliği ve karşılaştırılabilirliği



Şekil 4.1 Kanalizasyon hatlarına etki eden faktörlerin ana başlıklar altında incelenmesi

Detaylı literatür incelemesi ve verilen ölçütler göz önünde bulundurularak çalışma için Fiziksel Faktörler, Çevresel Faktörler ve İşletme Faktörleri başlıkları altında belirlenen parametreler Çizelge 4.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.2 Atıksu borularının yapısal durumunu etkileyen fiziksel faktörler

Ana Faktör	Alt Faktör	Açıklama
Fiziksel Faktörler	Boru Uzunluğu	İki muayene bacası arası boru uzunluğu(m)
	Boru Çapı	İncelenen borunun çapı (mm)
	Boru Malzemesi	Beton, koruge veya asbestli çimento boru türleri
	Boru Derinliği	Borunun montaj derinliği(m)
	Boru Yaşı	Yerleştirilen borunun yaşı (yıl)
	Boru/ Yatak Eğimi	Boru içindeki eğim
	Boru Sırt Derinliği	Boru üzerindeki gömlek malzeme ve asfalt kalınlığının toplamı
	Sokak Ortalama Eğim	Proje üzerindeki borunun eğimi
	Min/Mak Baca Arası Mesafe	Çalışma alanında iki muayene bacası arası uzunlukların minimum ve maksimum değerleri
	Toplam Hat Uzunluğu	Çalışma alanında muayene bacası arası uzunlukların toplamı
	Küçük Boru Sayısı	200 mm çapından küçük boruların sayısı
	Bina Bağlantı Sayısı	Ana hat üzerine bağlı olan rabıt bağlantı sayısı

Çizelge 4.3 Atıksu borularının yapısal durumunu etkileyen işletme faktörleri

Ana Faktör	Alt Faktör	Açıklama
İşletme Faktörleri	Trafik Hacmi	Yüksek, Orta veya Düşük
	Sokak Sınıfı	>20 m Veya <20 m Sokaklar
	Yol Tipi	Karayolu, Kolektör ve Diğer
	Zemin Özelliği/Jeolojik Harita	Zemin Karakteristiklerinin Belirlenmesi
	Kanalizasyon Hat Tipi	Ayrık-Birleşik
	Konut Yoğunluğu	Bölgedeki Konut Sayılarının Bölge Alanına Oranı
	Nüfus Artışı veya Bölge Nüfusu	Geçmiş Yıllardaki Bölge Nüfusundaki Artış
	Kritik Müşteri	Hastaneler, Kamu Kurumları, Okullar ve Askeriye gibi Büyük Su Tüketicileri
	Bölge Alanı	Çalışılan Bölgenin Alanı

Çizelge 4.4 Atıksu boru hatlarının yapısal durumunu etkileyen çevresel faktörler

Ana Faktör	Alt Faktör	Açıklama
Çevresel Faktörler	Arıza Ve Onarım Sıklığı/Kayıtları	Geçmişteki Arıza Sayıları
	Boru Yenileme Maliyeti	1 m Boru Üzerinde Hesaplanan Maliyet
	Maksimum Boru Maliyeti	Çalışma İçin Hesaplanan Maksimum Maliyet
	Yapısal Kusurlar/Arıza Sebepleri Ve Türü Yüzdesi	(Yağ-Gres, Boru Malzemesi Bütünlüğü, Çökme Durumu, Mıdır, Bozulma Oranı/Deformasyon, Ağaç Ve Bitki Kökleri, , Tıkanıklık, Bina Bağlantı Yanlış İmalatı) Sayısı /Boru Uzunluğu
	Noktasal Tamir Oranı/Sayısı	Hat Üzerinde Tamir Yapılan Noktaların Sayısının Hat Uzunluğuna Oranı
	Kanalizasyona Aşırı Yükleme	Yarı Dolu Boyutlandırılan Kanalizasyon Hatları Üzerinde Doluluk Oranı Aşımı
	Yetersiz Akış Kapasitesi	Hat İçinde Tıkanıklık, Çökme, Kayma Gibi Durumlarda Atıksu Akışının Engellendiği Borular
	Kişi Başına Düşen Günlük Su Tüketimi	Çalışma Alanında Tüketilen Toplam Su Miktarının Kişi Sayısına Oranı (litre)

4.2. Verilerin Elde Edilmesi

Bozulma sürecini etkileyen parametrelerin ana faktör ve alt faktörler şeklinde sınıflandırılmasından sonra belirlenen parametreler için sayısal verilerin araştırılması adımına geçilmiştir. Bu çalışmada verilerin elde edilmesi kısmında üç farklı sistem kullanılmıştır. Çalışma alanı için seçilen bölgelerin Atıksu projelerinin detaylı analizi yapıldığında sayısal verilerine doğrudan ulaşılabilen parametreler için proje okuma yöntemi kullanılmıştır.

Sayısal verileri proje üzerinde bulunmayan borunun içyapısıyla ilgili olan parametrelerin verileri için kanal görüntüleme yöntemi kullanılmıştır.

Her iki yöntemle de ulaşılamayan atıksu borularına etki eden hidrolik, yapısal performans ve arızalara sebep olabilecek diğer parametreler ve veriler için ise MASKİ veri tabanı kullanılmıştır. Şekil 4.2’de her bir sistemle elde edilebilen parametrelerin detayı verilmiştir.



Şekil 4.2. Parametre verilerinin elde edilme biçimi

Kanal Görüntüleme Aracı ve Özellikleri

Kanal görüntüleme işlemi genellikle su kullanımının fazla olmadığı sabah erken saatler veya gece saatlerinde hat içindeki atık suyun minimum olduğu yağışın olmadığı günlerde su geçirmeyen kamera ile yapılmaktadır. Eğer bu şartlar sağlanamıyorsa kanal içindeki kusurların net tespiti için atıksu kanal içinde farklı bir noktaya yönlendirilmekte veya biriktirme hazneleri ile bir noktada tutulmaktadır. Görüntüleme öncesi küçük çaplı borularda kombine aracıyla, sediment maddelerin çok olduğu büyük çaplı toplama kanallarında ise vidanjör ile kanal temizliği yapılmakta ve ardından temiz kanalda görüntü alımına başlanmaktadır (Şekil 4.3).



Şekil 4.3. Kombine Aracı ve Vidanjör ile Kanal Temizliği (MASKİ,2018)

Kanal görüntülemeye SİBORT marka kanal içinde devrilmeyi önleyecek aktif devrilme kontrol sistemi içeren, su geçirmez, çelik gövdeden üretilen, lambalı, darbelere, erozyona ve kanal içinde karşılaşılabilecek tüm kimyasal maddelere dayanıklı, her iki yönde 360 derece hareket edebilen başlıklı ve kanal içinde herhangi bir madde ile karşılaştığında ilerlemesi mümkün olmadığı durumlarda geriye doğru hareket edebilen mekanizmaya sahip kamera kullanılmaktadır (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Kanal Görüntüleme Aracı ve Kapalı Devre TV (MASKİ, 2018)

Ø200 ile Ø1000’lik borular arasında görüntü alabilen aracın uzunluğu 50cm, tekerler dahil toplam genişliği 20cm, ayarlanabilir yüksekliği minimum 15cm, damperin kalktığı yüksekliği 40 cm ve lastiklerin takıldığı yüksekliği ise 60 cm’e kadar ulaşmaktadır. Lastikler atıksu debisinin çok yüksek olabileceği Ø600’lük ve üzeri borularda suyun kamerayı götürmemesi için kameranın yüzer şekle getirilip halatlar ile kanala salındığı durumlarda takılmaktadır.

Yapısal Kusurlar

Çalışmada muayene bacasından muayene bacasına alınan görüntülerde iki baca arası uzunlukta görülen yapısal kusur sayısının hat uzunluğuna bölünmesi ve bu sonucun yüzdelik orana çevrilmesiyle yapısal kusur yüzdesi elde edilmektedir. Aşağıda yapısal kusurlar detaylı bir şekilde örnekleri ile açıklanmıştır.

➤ **Yağ-Gres**

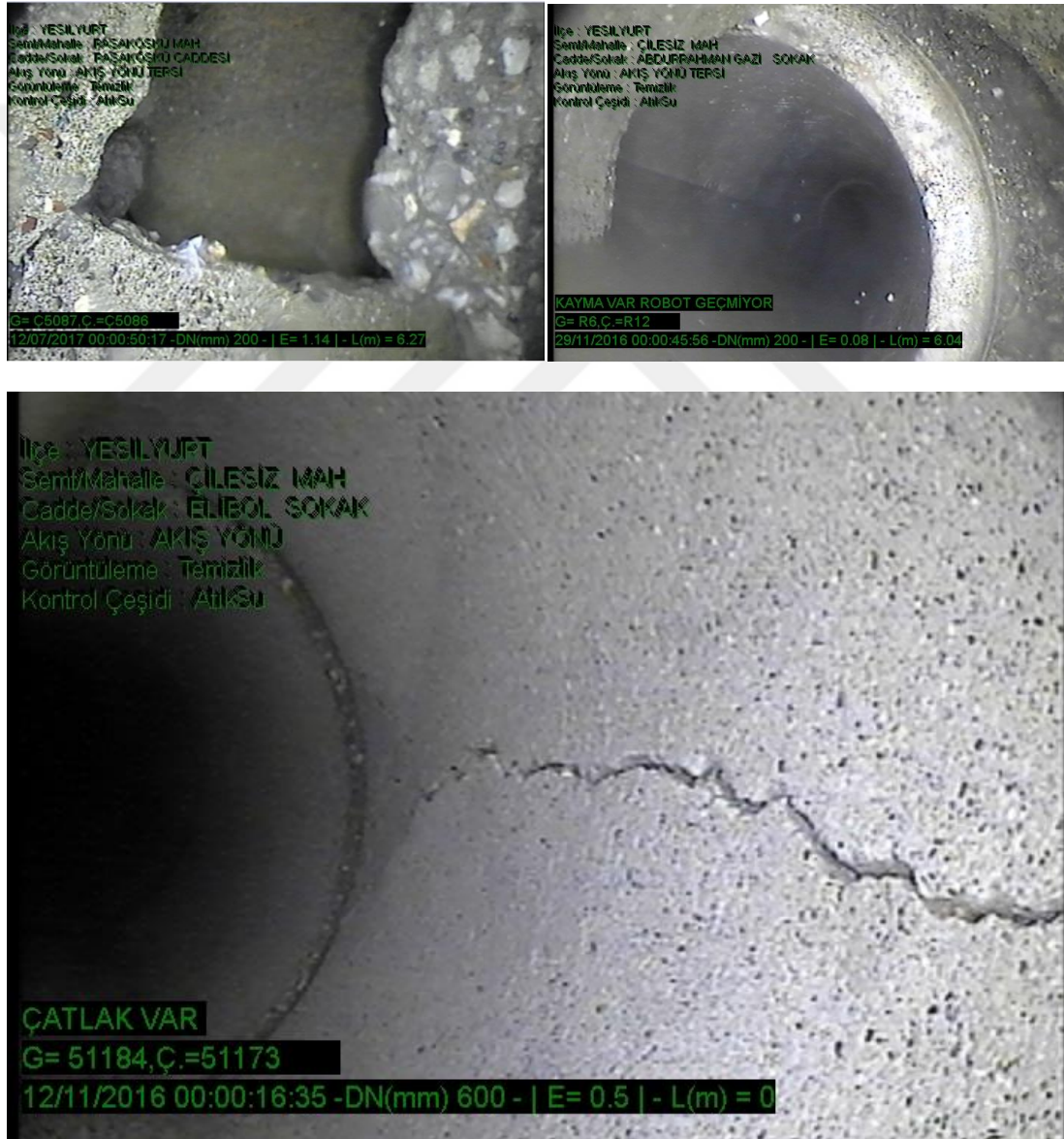
Genellikle lokantalar, aşevleri ve hastane, askeriye, kamu kurumları gibi büyük su tüketicilerinin bulunduğu yerlerde atık suların yağ oranlarının yüksek olduğu görülmektedir. Aşağıdaki resimde verildiği gibi yoğunluğu suyun yoğunluğundan küçük olan yağ parçacıkları akış seviyesinin üzerinde birbirlerine tutunarak yağ kütleleri oluşturmaktadır. Biriken bu yağ parçacıkları zamanla yığılarak boruda yetersiz akış kapasitesine neden olmaktadır (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. Yapısal Kusurlar, Yağ ve Gres (MASKİ, 2018)

➤ Boru Malzemesi Bütünlüğü

Zeminin gevşek olduğu, boru sırt derinliğinin olması gerekenden fazla bırakılması sonucu toprak basıncının arttığı ve trafik yoğunluğunun fazla olduğu durumlarda, Kil içeren toprak türlerinin bulunduğu zeminlerde nemi tutan toprağın sıcaklık etkisiyle soğuk havalarda donarak yükselmesi ve sıcak havalarda alçalması sonucu boruyu hareket ettirmesi ile birleşim noktalarında kırılma ve çatlaklara sebep olmaktadır. Ayrıca deprem etkisiyle oluşan yatay titreşimler sonucu boru bütününde yatay çatlaklar oluşmaktadır.



Şekil 4.6. Yapısal Kusurlar, Boru Malzemesi Bütünlüğü (MASKİ, 2018)

➤ Çökme

Bağlantı noktalarındaki işçilik hatası, yüzeysel yüklerin oluşturduğu basınç etkisi, toprak basıncı ile oluşan titreşimlerin etkisi, boruda yaşlanma, boru malzemesinin istenen standartlara uygun olmaması, içmesuyu çalışmalarında kepçelerin yanlışlıkla atıksu borularını kırması, zeminde yeraltı suyu veya sızıntılar etkisiyle boru altındaki topraktaki ince malzemelerin yıkanarak azalması ve boru altında yatak malzemesi zayıflığı oluşması gibi sebeplerden dolayı borunun belirli bir kısmında çökmeler gözlenmektedir (Şekil 4.7).



Şekil 4.7. Yapısal Kusurlar, Çökme (MASKİ, 2018)

➤ Bozulma/Deformasyon

Boru içindeki atık suyun asidik oranının yüksek olması ve özellikle yaz aylarında buharlaşmanın etkisiyle bu asit yoğunluğunun artması ve boru iç yüzeyini tahrip etmesi, boru hizmet süresinin fazla olması gibi sebeplerden dolayı atıksu boru şebekesinin fiziki şartları zayıflayarak deformasyonlar oluşmaktadır (Şekil 4.8).



Şekil 4.8. Yapısal Kusurlar, Bozulma/Deformasyon (MASKİ, 2018)

➤ Ağaç ve Bitki Kökleri

Ağaç ve bitki köklerinin kış aylarında büyümeleri için atıksu borularının ılık bir ortam sunması yaz aylarında ise kurak yerlerde su ihtiyaçlarının karşılanabilmesi ve yağ oranı yüksek olan boruların bulunduğu yerlerde ise besin ihtiyaçları için atıksu borularına yönelme eğilimleri yapılan araştırmalarda görülmüştür. Boru birleşim noktaları, bina bağlantı yerleri, kırılma ve çatlakların bulunduğu boru üzerinde güvenlik açığı bulunan noktalardan ince kılcallar halinde boruya girmekte ve zamanla gelişerek boruyu çatlatmaktadır. Ağaç ve bitki kökleri hem boruyu çatlatmaları hem de boru içinde tıkanıklık ve yığılmalara sebep olmaları bakımından kusur oluşturmaktadır (Şekil 4.9).



Şekil 4.9. Yapısal Kusurlar, Ağaç ve Bitki Kökleri (MASKİ, 2018)

➤ Mıdır

Mıdır içmesuyu rehabilitasyon çalışmaları sonucu veya herhangi bir tadilat sonucu bina bağlantılarından atıksu borularına dolarak burada yığılmalara sebep olmakta ve ağırlığı sebebiyle kombine aracı ile hattın yıkanarak temizlenmesi sonucu bir ilerleme göstermeyerek hattın akış kapasitesini azaltmaktadır. Ayrıca mıdırın bulunduğu noktalarda kanal görüntüleme aracı sürekli sallandığı için eğimi ters olarak gösterebilmekte ve eğim hesaplarında sorun oluşturabilmektedir (Şekil 4.10).



Şekil 4.10. Yapısal Kusurlar, Mıdır (MASKİ, 2018)

➤ Moloz Parçası

Halk arasında yanlış bilinen, bina borularında oluşan tıkanıklığı açması için boruya atılan moloz parçaları ana boruların özellikle birleşim noktalarındaki girintilere takılarak burada kağıt mendil, ıslak mendil gibi maddelerin takılıp birikmelerine neden olmaktadır. Zamanla bu birikmeler tıkanıklığa dönüşmekte ve atıksu borusu içinde akış kapasitesini azaltan bir faktöre dönüşebilmektedir. Mıdırda görülen probleme benzer olarak moloz parçaları da boruda sıkıştığı için kombine ile kanalın yıkanarak temizlenmesi işleminde ilerleme görülmemekte ve kalıcı tıkanıklığa sebep verebilmektedir (Şekil 4.11).



Şekil 4.11. Yapısal Kusurlar, Moloz (MASKİ, 2018)

➤ Tıkanıklık

Kanal temizleme sıklığının az olduğu, çok fazla kağıt ve ıslak mendilin atıldığı, yapısal kusurlar sebebiyle akış kapasitesinin azaldığı noktalarda ve çökmenin olduğu yerlerde hatta toprak girmesi gibi sebeplerle de tıkanıklık görülmektedir (Şekil 4.12).



Şekil 4.12. Yapısal Kusurlar, Tıkanıklık (MASKİ, 2018)

➤ Bina Bağlantı Yanlış İmalatı

Dikkatsiz şekilde yapılan bina bağlantılarının atıksu borusu içinde fazla girintiler yaparak akışı kısıtladığı bir kusurdur. Kanal görüntüleme aracının geçmesini engellediği durumlarda kamera geriye giderek hattan çıkarılmakta ve diğer muayene bacasından kusurlu noktaya doğru tekrar bırakılarak muayene bacaları arası görüntü alımı tamamlanmaktadır (Şekil 4.13).



Şekil 4.13. Yapısal Kusurlar, Bina Bağlantı Yanlış İmalatı (MASKİ, 2018)

➤ Noktasal Tamir Oranı

Boru üzerinde tamir yapılmış noktaların sayısının boru uzunluğuna bölünmesiyle bulunmaktadır. Tamir edilmiş noktalar güvenlik açığı oluşturduğundan literatür çalışmalarında tamir sayısına önem verilmiştir (Şekil 4.14).

➤ Bina Bağlantı Sayısı

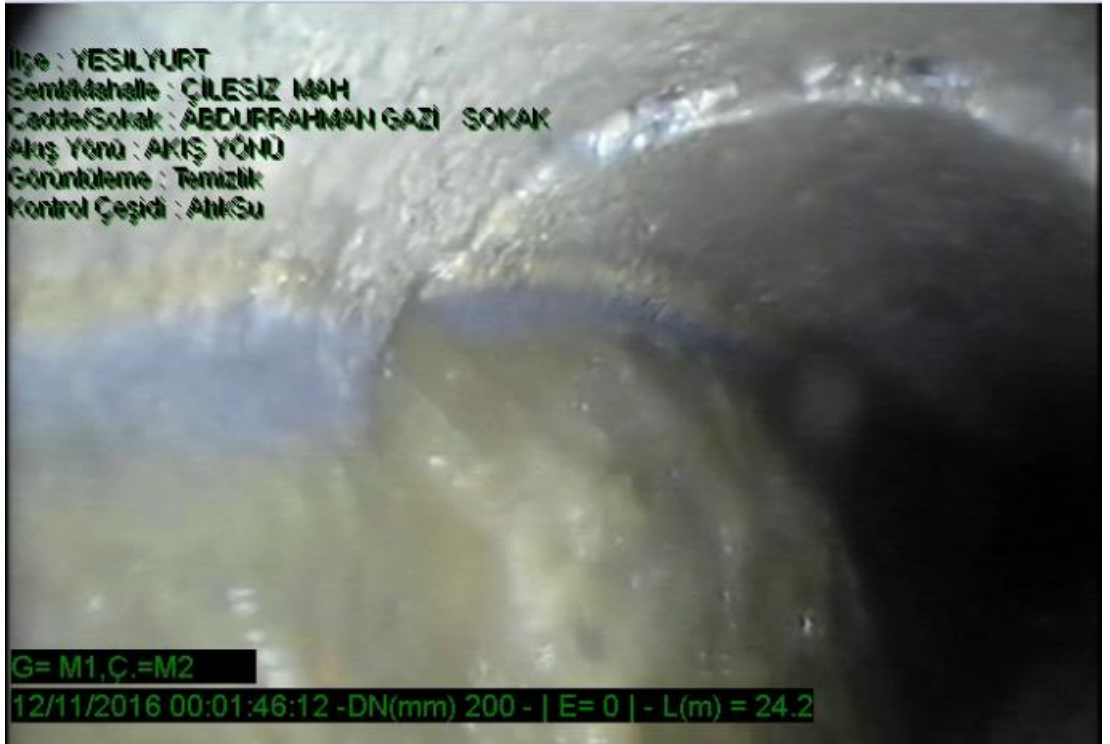
Atıksu borusu üzerindeki abone bağlantı sayıları bölgedeki bina sayısı hakkında bilgi vermekte ve yeni yerleşim noktalarını bulundurmayan eski atıksu projelerinin daima güncellenmesine olanak sağlamaktadır.

➤ Aşırı Yükleme/Doluluk Oranı Aşımı

Atıksu boru kapasitesi hesabının yanlış yapılması, zamanla artan kentleşme ile ana hatlara gelen atıksuyun artması, zemin koşullarına bağlı olarak yerin derinliklerinde oluşan ve yüzeye çıkmayan içmesuyu sızıntıları ve patlamaları gibi içme suyu şebekesi kusurları sonucu bu suların zayıf noktalardan atıksu şebekelerine sızması, beklenenin üzerinde yağış alınması ve hatta akış kapasitesinin azalması gibi durumlarda doluluk oranı aşımı görülmektedir (Şekil 4.15).



Şekil 4.14. Yapısal Kusurlar, Noktasal Tamir Oranı (MASKİ, 2018)



Şekil 4.15. Aşırı Yükleme/Doluluk Oranı Aşımı (MASKİ, 2018)

➤ Boru Malzemesi

Kanal görüntüleme ile boru malzemesi türü tespit edilmekte ve bir hat üzerinde boru malzemesinin çeşitlilik gösterdiği noktalarda tamir yapılmış olduğu da tespit edilebilmektedir.

➤ Ters Eğim Oranı

Zemin eğiminin sıfırdan küçük olduğu ve boru sırt noktası ile yol yüzeyi arasında kalan hat başındaki derinliğin minimum projelendirme derinliğine eşit ve hat sonundaki derinliğin ise maksimum projelendirme derinliğinden küçük olduğu durumlarda ters eğim oluşmakta boru eğimi minimum proje eğimine eşit seçilmektedir. (Zeydan, 2018).

Akış yönünde eğimin negatif olarak gösterildiği noktalarda ters eğim tespit edilmektedir. Ters eğimin bulunduğu uzunluğun hat uzunluğuna bölünmesi ve bu oranın yüzdelik sayıya çevrilmesi ile ters eğim oranı bulunmaktadır (Şekil 4.16).



Şekil 4.16. Ters Eğim Oranı (MASKİ, 2018)

5. ÇALIŞMA ALANI ve VERİ

Atıksu sistemlerinde bozulma sürecini etkileyen parametrelerin incelenmesi ve riskli olan bölgelerin tespiti için yürütülen çalışmada uygulama alanı Malatya ili seçilmiştir. Malatya İli, 35 54' ve 39 03' kuzey enlemleri ile 38 45' ve 39 08' doğu boylamları arasında yer almaktadır. Doğu Anadolu Bölgesi'nin Yukarı Fırat bölümünde bulunan Malatya Ovasının güneyinde bulunur. Doğuda Elazığ ve Diyarbakır, güneyde Adıyaman, batıda Kahramanmaraş, kuzeyde Sivas ve Erzincan illeri ile komşudur. 12259 km² alana sahip olan Malatya ili toplam 13 ilçeden oluşmaktadır. Çalışma alanı olarak seçilen Battalgazi ve Yeşilyurt ilçeleri ise sırası ile 947 ve 953 km² alana sahiptir. (Türkiye Mülki İdare Bölümleri Haritası, 2014). Şekil 5.1'de, lokasyon haritasında Malatya'nın Türkiye üzerinde konumu ve çalışma alanı olarak belirlenen Battalgazi ve Yeşilyurt ilçeleri gösterilmektedir.



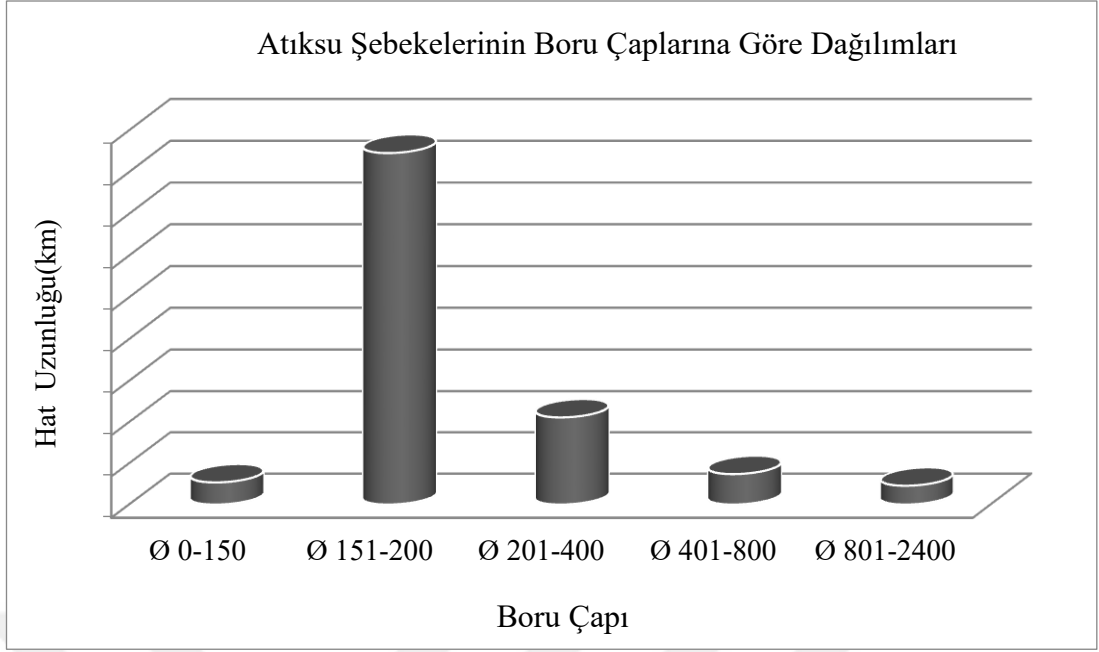
Şekil 5.1. Malatya Lokasyon Haritası

Genellikle karasal iklim koşullarının hakim olduğu Malatya’da yazlar sıcak ve kurak, kışlar ise soğuk ve kar yağışlıdır. Ortalama yağışlı gün sayısı 88 gün ve aylık toplam yağış miktarı ortalaması ise 376.4mm’dir. 2 mm yağış ile Ağustos ayı yılın en kurak ayı ve ortalama 58 mm yağış miktarı ile en fazla yağış Nisan ayında görülmektedir.(MGM, 2016). Toprak tipi çoğunlukla kireçsiz kahverengi orman toprağından oluşmakta ve yıllık olarak ortalama sıcaklık değerleri -25°C ve 41°C arasında değişmektedir (Çizelge 5.1).

Çizelge 5.1 1929-2016 Yılları Arası Malatya Mevsim Normalleri (MGM, 2016)

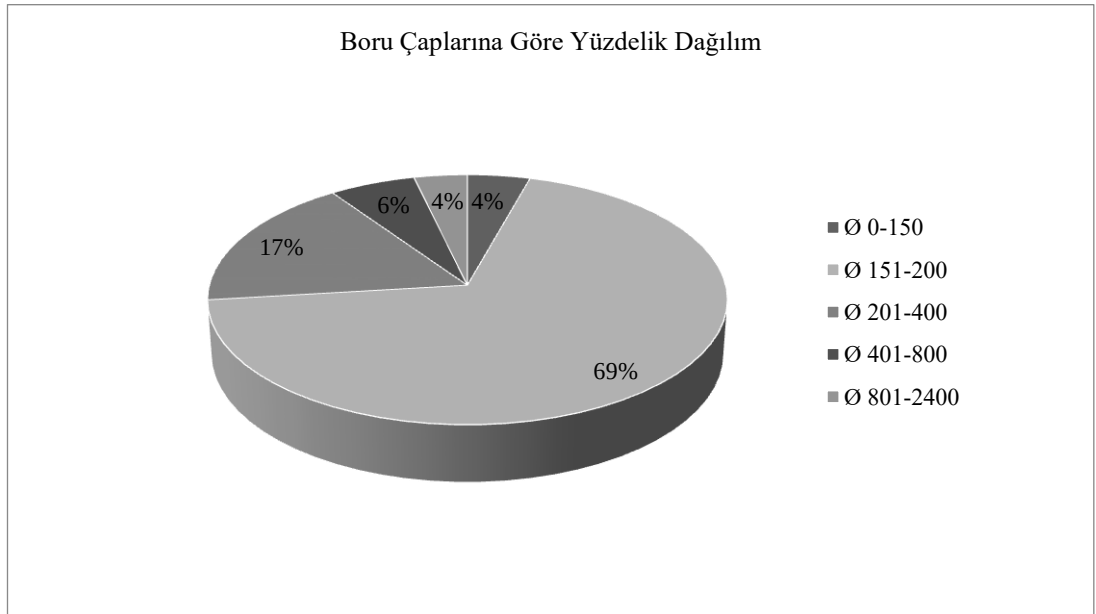
Aylar	Ort. Sıcaklık (°C)	Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	Ort. Düşük Sıcaklık (°C)	Ort. Güneşlenme Süresi (saat)	Ort. Yağışlı Gün Sayısı	Aylık Toplam Yağış Miktarı Ort. (mm)	En Yüksek Sıcaklık (°C)	En Düşük Sıcaklık (°C)
Ocak	-0.4	3	-3.4	3.3	10.6	41.8	15.4	-25.1
Şubat	1.4	5.3	-2.1	4.4	10.4	40.1	20.3	-21.2
Mart	6.7	11.5	2.1	5.7	10.9	49.1	27.2	-13.9
Nisan	12.9	18.3	7.4	7.3	10.5	54.9	33.7	-6.6
Mayıs	17.9	23.8	11.8	9.3	9.8	44.6	36	0.1
Haz.	23	29.5	16.1	11.6	4.6	16.9	40	4.9
Tem.	27	33.8	19.8	12.5	0.9	2.1	42.2	10
Ağu.	27	33.7	19.8	11.8	0.7	1.8	41.9	9.3
Eylül	22.4	29	15.4	10	2	6.5	38.8	3.2
Ekim	15.5	21.2	9.8	7.5	6.3	35.7	34.4	-1.2
Kasım	7.9	12.4	3.9	5.2	8.3	41.8	25	-12
Aralık	2	5.3	-0.8	3.1	10.4	39.6	18	-22.2
Yıllık	13.6	18.9	8.3	91.7	85.4	374.9	42.2	-25.1

1929 ve 2016 arası ölçüm periyoduna göre ortalama sıcaklık 13.6°C, 26.8°C sıcaklık ile Temmuz ayı yılın en sıcak ayı olurken Ocak ayında ortalama sıcaklık -0.9°C olup en düşük sıcaklık değerine sahiptir. Rakımı 954 m olan Malatya ilinde don derinliği ise tüm ilçelerde eşit olmak üzere 1 m olarak kabul edilmektedir. Toplamda 1229.4 km atıksu şebekesine sahiptir, bu değer boru çaplarına göre dağılımı Şekil 5.2 ve 5.3’te verildiği gibidir.



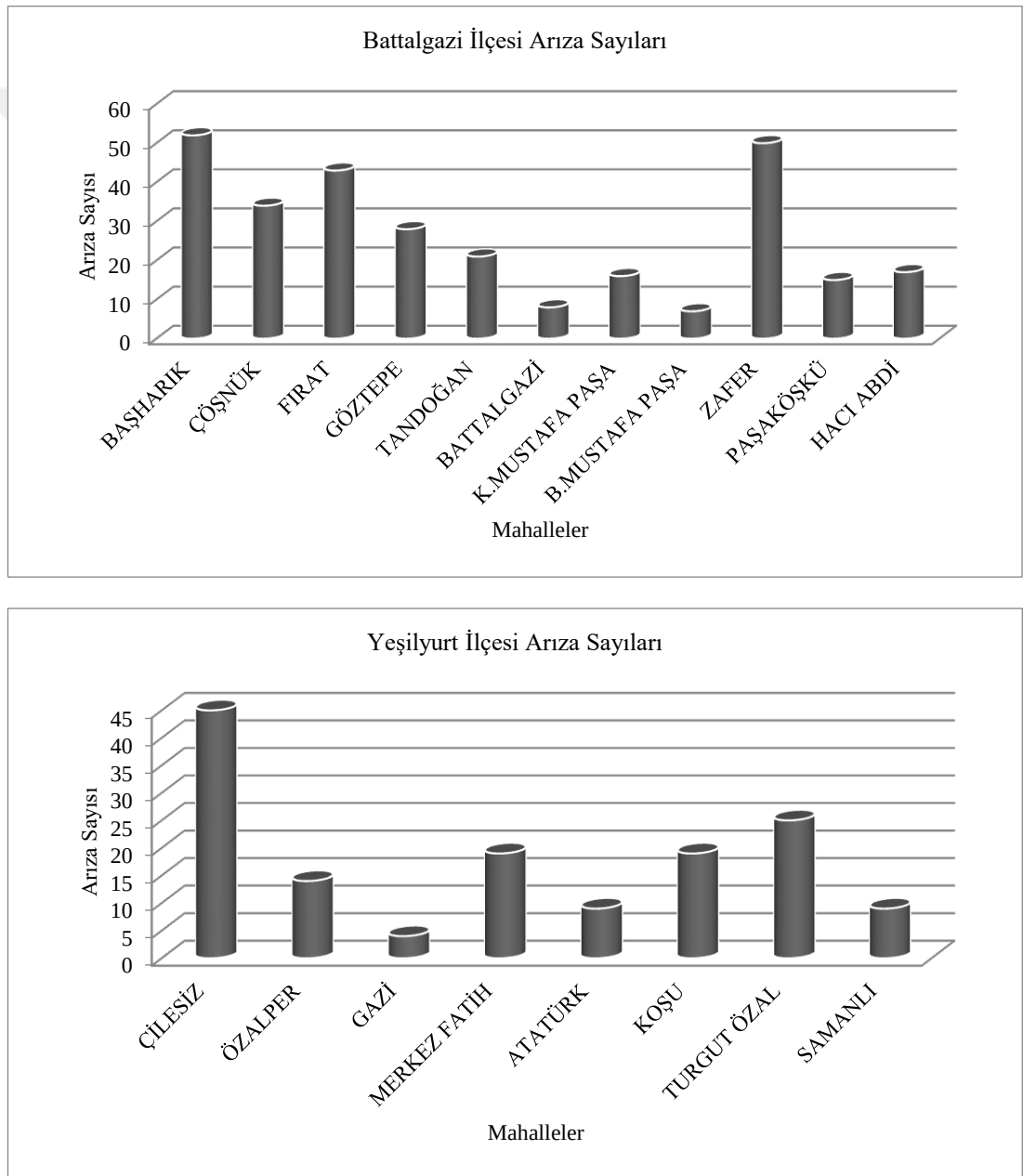
Şekil 5.2. Atıksu Şebekesinin Boru Çapına Göre Dağılımı (MASKİ, 2018)

Yukarıdaki grafikte de görüleceği gibi Ø151-200'lük olarak kullanılan abone bağlantı boruları mevcut uzunluğu en yüksek değere sahiptir ve bu değer 845.58 km'dir. En düşük değer ise toplama borularına ait olan Ø801-2400'lük borulara aittir ve 45.43 km' dir. Bu değerlerin yüzdelik olarak gösterimi ise aşağıda verildiği gibidir.



Şekil 5.3. Malatya Atıksu Şebekesinin Boru Çapına Göre Yüzdelik Dağılımları (MASKİ, 2018)

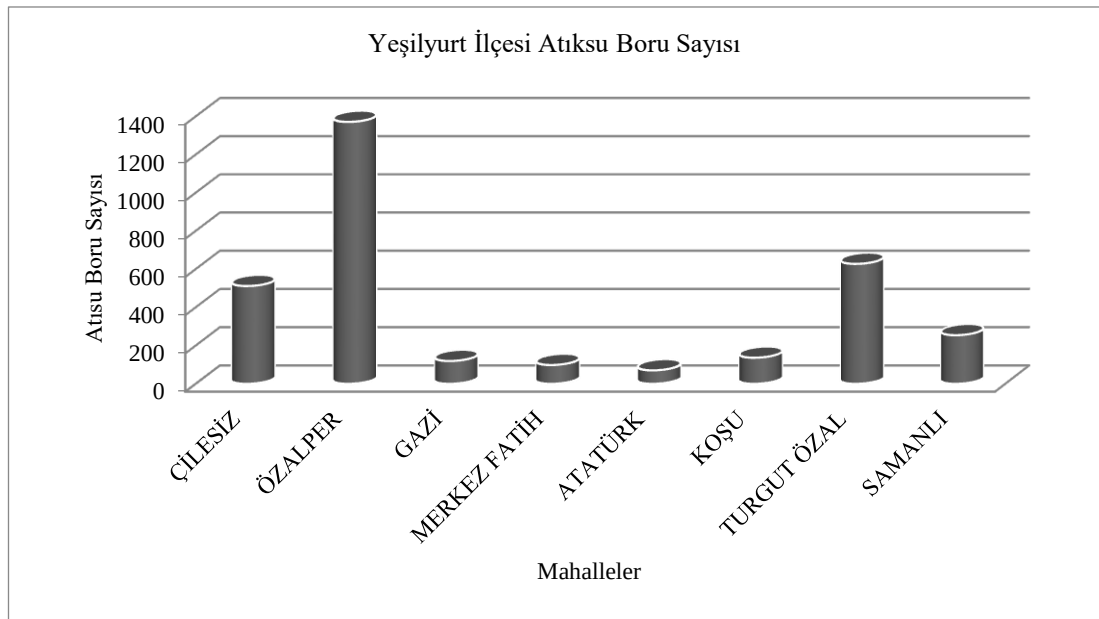
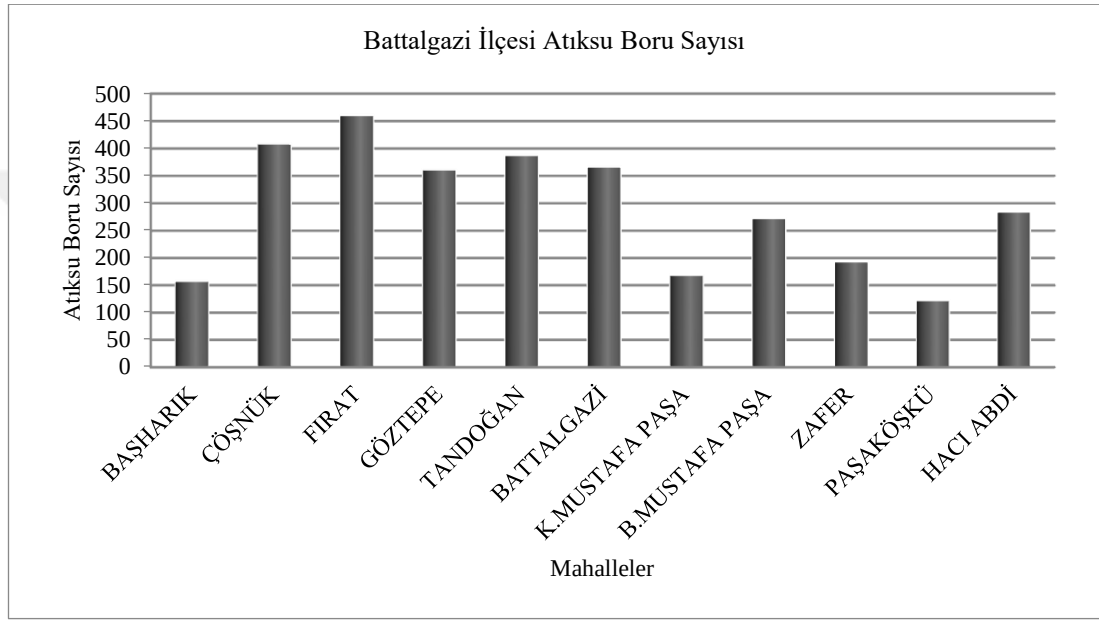
Çalışmada nüfusun yoğunlukta olduğu merkez ilçeler olan Yeşilyurt ve Battalgazi ilçeleri benzer eğim, boru cinsi, boru yaşı, boru uzunlukları, boru derinliği, doluluk oranı ve bölge nüfusu gibi özellikleri göz önünde bulundurularak bölgeler halinde incelenmiştir. Çalışma alanında 2016 yılı Haziran ayı itibariyle sistemde kaydı tutulmaya başlanan yaklaşık 50000 arıza verisi incelenerek merkez ilçelere bağlı mahalleler üzerinde kanal temizleme işlemi yapılarak kamera görüntüleri alınmış olan 19 mahalle için arızanın yoğunlukta olduğu 52 kritik sokağın tespiti yapılmıştır. İncelenen arıza verilerinin mahallelere göre dağılımını içeren grafikler Şekil 5.4'te verildiği gibidir.



Şekil 5.4. Kritik mahalleler ve arıza sayıları

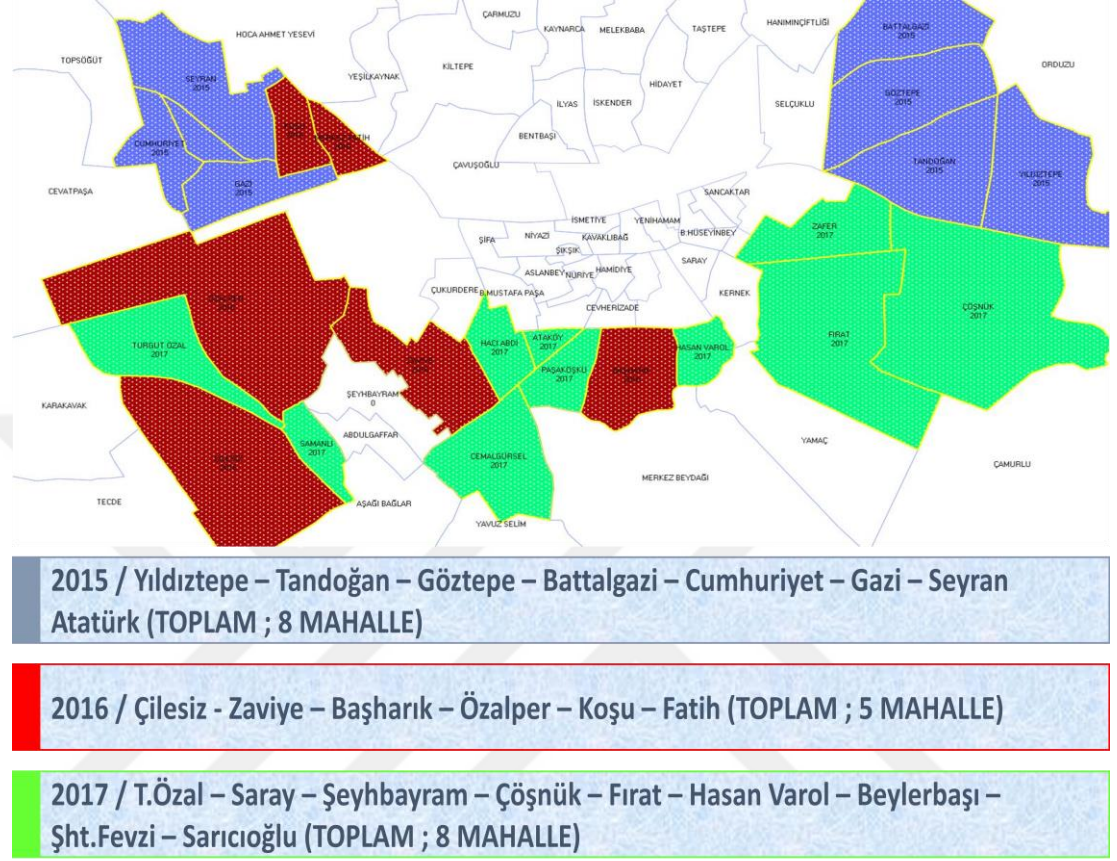
Şekil 5.4 incelendiğinde 52 arıza ile en yüksek arıza sayısına sahip mahalle Başharık mahallesi ve bunu takiben sırasıyla 50 ve 43 arıza sayıları ile Zafer ve Fırat mahalleleri Battalgazi ilçesindeki yüksek arızalı yerleri oluştururken 45 arıza sayısı ile Çilesiz mahallesi de Yeşilyurt ilçesinde en yüksek arızaya sahip mahalleyi oluşturmaktadır.

Çalışma alanında her bir mahallede bulunan muayene bacasından muayene bacasına atılan toplam atıksu borularının sayılarını içeren tablo aşağıda verilmiştir.



Şekil 5.5. Çalışma Alanı Atıksu Boru Sayıları

Yeşilyurt ve Battalgazi ilçelerinde 2015 yılında kaydı tutulmaya başlanan temizlik ve kanal görüntüleme işlemlerinin yıllara göre dağılımını içeren mahalleleri gösteren harita Şekil 5.6'da verilmiştir.



Şekil 5.6. 2015-2016-2017 Yıllarında Kanalizasyon Ve Yağmursuyu Şebeke Temizliği Yapılan Mahalleler (MASKİ, 2018)

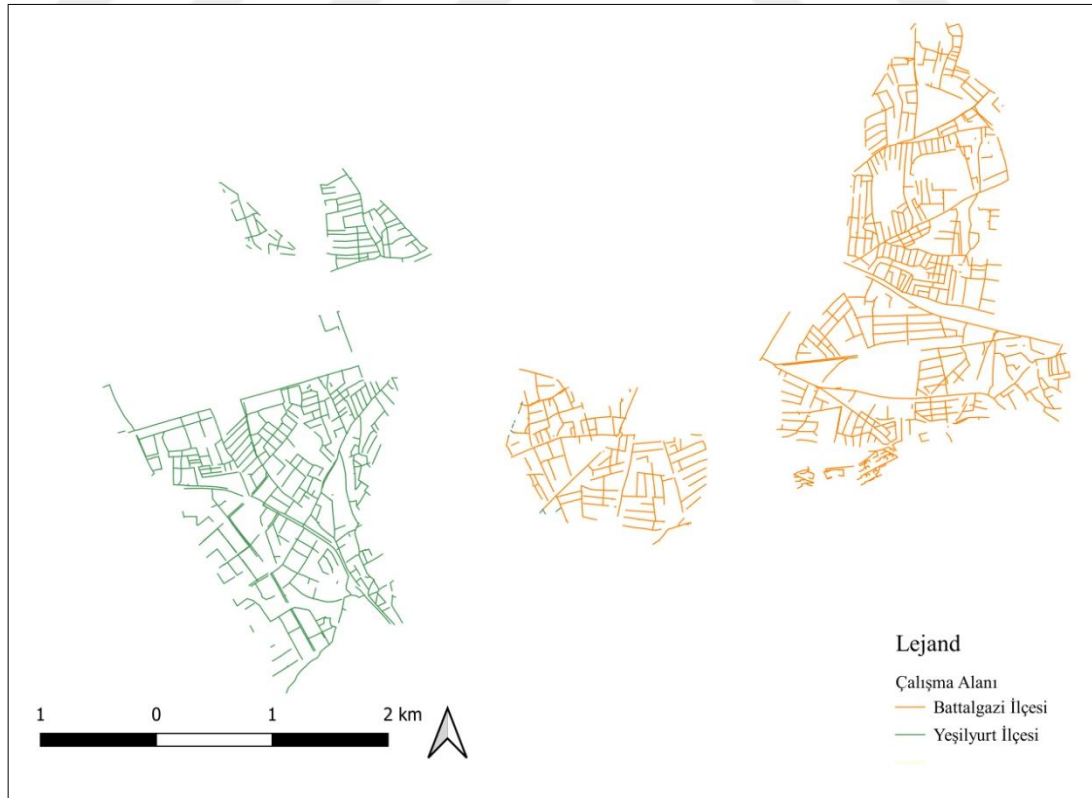
2016 yılında toplamda 64019 metre ve 2017 yılında 89953 metre kanalizasyon hattı temizleme ve görüntüleme işlemi yapılmıştır. Battalgazi ve Yeşilyurt ilçelerindeki temizlik ve görüntüleme işlemleri Çizelge 5.2'de verilmiştir.

Çizelge 5.2. Çalışma alanı 2016 ve 2017 yılları temizlik ve görüntüleme işlemleri (MASKİ, 2018)

YIL	İLÇE	GÖRÜTÜLEME	TEMİZLİK
2016	YEŞİLYURT	50.720	52,283
	BATTALGAZİ	10,648	11,736
	TOPLAM	61,368	64,019
2017	YEŞİLYURT	43,954	48,520
	BATTALGAZİ	37,106	41,433
	TOPLAM	81,060	89,953

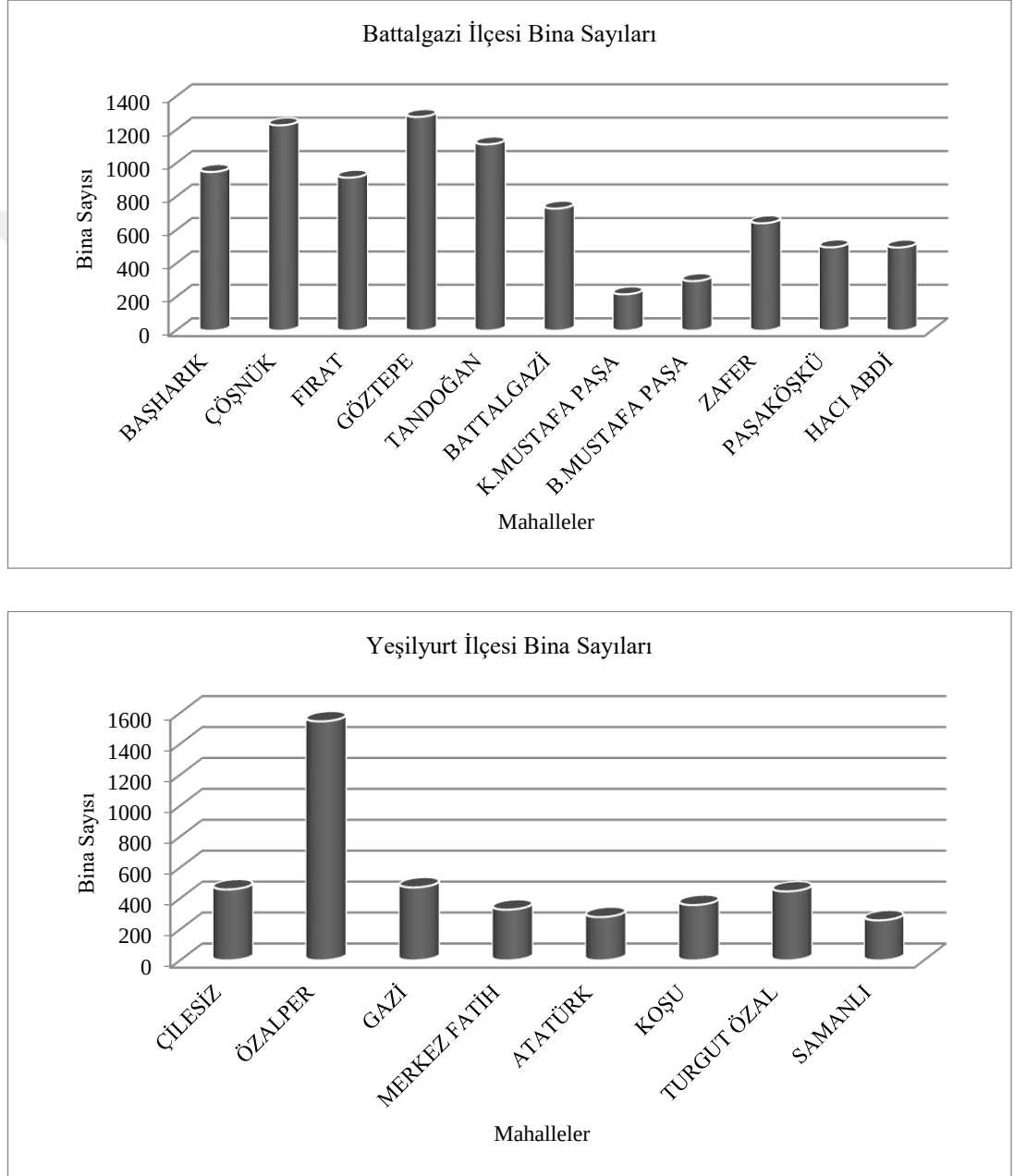
2017 yılında Battalgazi İlçesinde 41.433 metre, Yeşilyurt İlçesinde 48.520 metre olmak üzere toplam 89.953 metre hattın temizliği yapılmıştır.

Tez kapsamında incelenen arıza verileri doğrultusunda yüksek arıza potansiyeline göre belirlenen kritik mahallelerde bozulma sürecine etki eden parametrelerin sayısal verileri Bölüm 4’te verilen şekillerde elde edilmiştir. Çalışma için Battalgazi ve Yeşilyurt ilçelerindeki kritik mahallelerin atıksu borularının konumlarını gösteren sayısal harita aşağıda verildiği gibidir.



Şekil 5.7. Çalışma Alanı Atıksu Şebekelerinin Sayısal Haritası (MASKİ,2018)

Malatya, 2017 TUİK verilerine göre 786676 nüfusa sahiptir. Bu nüfusun yaklaşık 565000'i ise Yeşilyurt ve Battalgazi ilçelerinde bulunmaktadır. Battalgazi ilçesinde kritik mahallelerde toplamda 8901 bina bulunurken Yeşilyurt ilçesinde seçilen kritik mahallelerde toplam 6350 bina bulunmakta ve mahallelerdeki bina sayılarını gösteren tablolar ise aşağıda verilmektedir.



Şekil 5.8. Çalışma Alanı Mahallelerin Toplam Bina Sayıları (MASKİ,2018)

6. ATIKSU SİSTEMLERİNDE REHABİLİTASYON İÇİN ÖNCELİKLİ BÖLGELERİN BELİRLENMESİ

Yapılan tez kapsamında atıksu sistemlerinde riskli bölgelerin belirlenmesi ve önceliklendirilmesi amacıyla öncelikle sistemde bozulmalara sebep olabilecek parametrelerin analizi yapılmıştır. MASKİ Genel Müdürlüğü tarafından elde edilen verilerde arıza yoğunluğuna göre çalışma alanı içerisinde arıza riski yüksek olan bölgelerin tespiti yapılmıştır. Bu bölgeler üzerinde belirlenen parametrelerin verileri elde edilmiştir. Tez kapsamında belirlenen yöntemler aracılığı ile elde edilen verilerin analiz edilmesiyle riskli bölgelerin birer öncelik sıralaması oluşturulmuştur. Yapılan başlıca analiz ve değerlendirmeler aşağıdaki gibi verilmektedir:

➤ Riskli sokakların tespiti

- 2 yıllık arıza kayıtlarının elde edilmesi
- Arıza yoğunluk sıralamasının elde edilmesi
- Çalışma alanı olarak belirlenen Yeşilyurt ve Battalgazi ilçelerinde riskli mahallelerin tespiti
- Riskli mahalleler içinde sokakların arıza yoğunluğunun tespiti
- Riskli sokakların belirlenmesi

➤ Çalışma alanına ait verilerin elde edilmesi

- Uygulama alanı projelerinin elde edilmesi
- Uygulama alanı kanal görüntülerinin elde edilmesi
- Uygulama alanı meteoroloji ve iklim verileri
- Uygulama alanı zemin haritası
- Atıksu boru sayısal haritası
- Uygulama alanı nüfus bilgileri
- Uygulama alanı konut yoğunluğu ve sokak bağımsız birim sayılarının elde edilmesi

➤ **Atıksu sisteminde arızalara sebep olabilecek verilerin elde edilmesi**

- Çevresel parametrelerin verilerinin elde edilmesi
- Fiziksel parametrelerin verilerinin elde edilmesi
- İşletme parametrelerinin verilerinin elde edilmesi

➤ **ENTROPI yöntemi ile ağırlık katsayılarının belirlenmesi**

➤ **Riskli bölgelerin önceliklendirilmesi**

- ENTROPI ve ELECTRE yöntemlerinin birlikte kullanılması ile rehabilitasyonda öncelikli bölgelerin belirlenmesi
- ENTROPI ve TOPSIS yöntemlerinin birlikte kullanılması ile rehabilitasyonda öncelikli bölgelerin belirlenmesi
- ENTROPI ve PROMETHEE yöntemlerinin birlikte kullanılması ile rehabilitasyonda öncelikli bölgelerin belirlenmesi
- ENTROPI ve MAUT yöntemlerinin birlikte kullanılması ile rehabilitasyonda öncelikli bölgelerin belirlenmesi

➤ **Her bir yöntem için risk sonuçların analiz edilmesi**

➤ **Bozulma riskine göre bölgelerin sınıflandırılması**

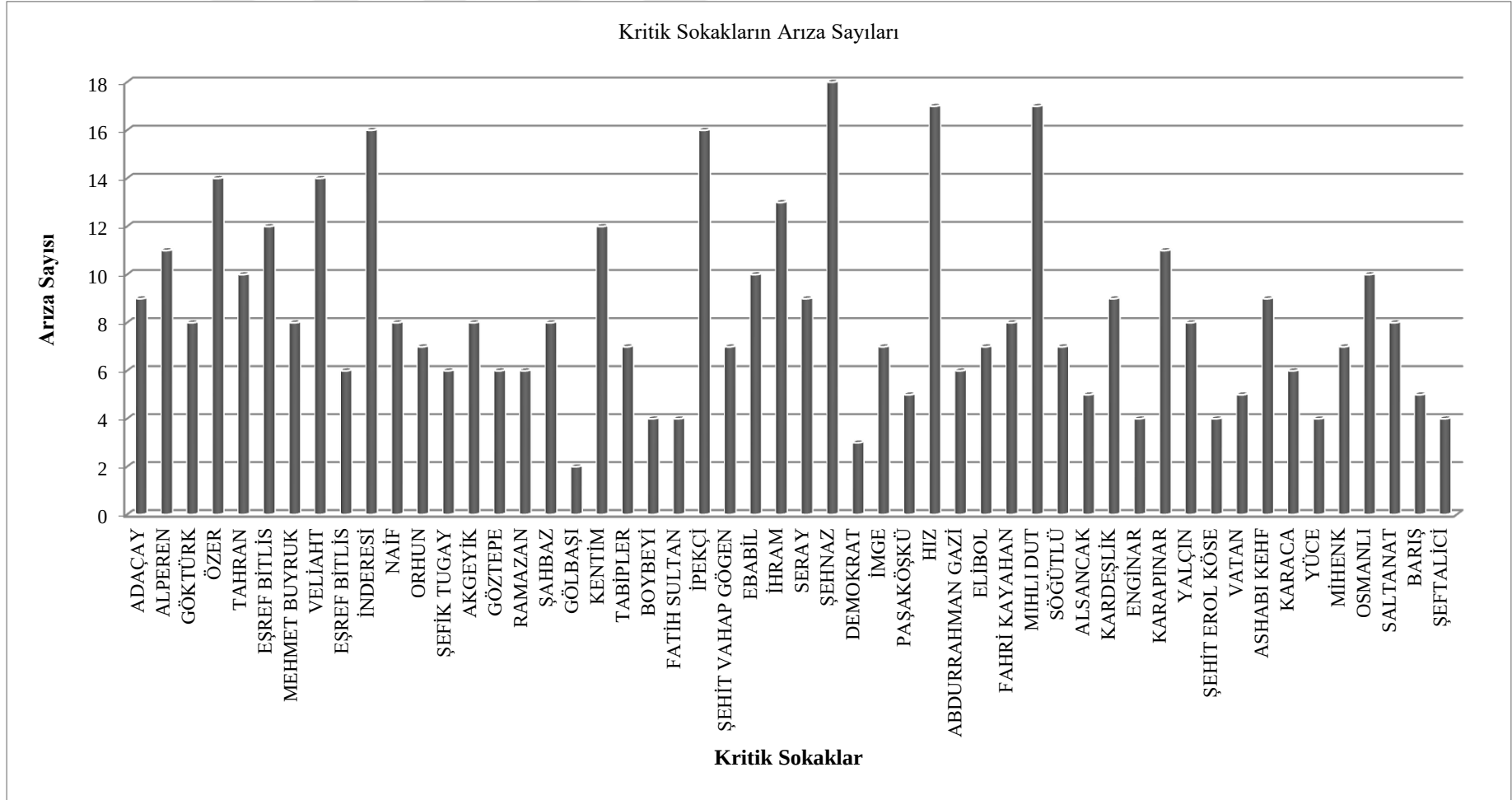
6.1. Verilerin Ön Analizi

Çalışma kapsamında uygulama alanında MASKİ tarafından 2016 yılı Haziran ayı itibariyle tutulan arıza kayıtlarına ulaşılmış ve bu kayıtlara göre çalışma alanında en çok arıza görülen noktaların tespiti yapılmıştır. Uygulama alanındaki arıza sayılarını gösteren grafik Şekil 6.1’de verilmiştir. Bu grafik incelendiğinde en fazla arıza olan yerler Zafer mahallesinde bulunan Şehnaz sokak ve bunu takiben Hacı Abdi mahallesindeki Hız sokak, Çilesiz mahallesinde bulunan Mıhlıdut caddesi olduğu görülmektedir. Diğer taraftan en az arıza olan yer ise Tandoğan mahallesindeki Gölbaşı sokak olarak belirlenmiştir.

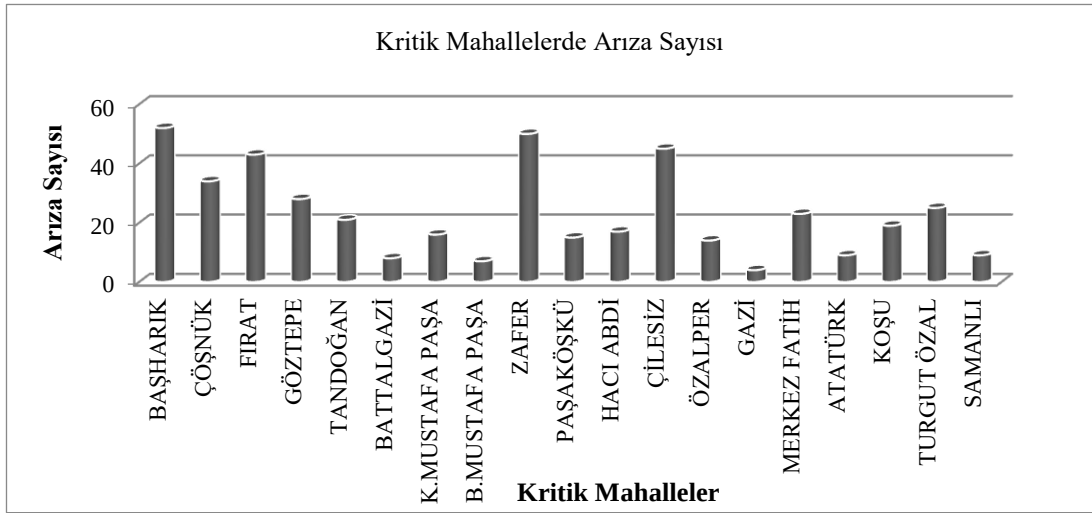
Şekil 6.2’de arıza sayıları mahalle bazında incelendiğinde, en çok arıza görülen yerler sırası ile Başharık, Zafer, Çilesiz ve Fırat mahalleleri olarak belirlenmiştir. Şekil 6.3’te arıza sayılarının birim atıksu boru uzunluğu kullanılarak boyutsuz ifadeye dönüştürülmesiyle elde edilen arıza yoğunluk haritası sunulmuştur. Harita incelendiğinde arıza yoğunluğu en yüksek ve en düşük mahalle Gazi ve B.Mustafa Paşa olduğu görülmektedir.

6.1.1. Zemin Özelliği

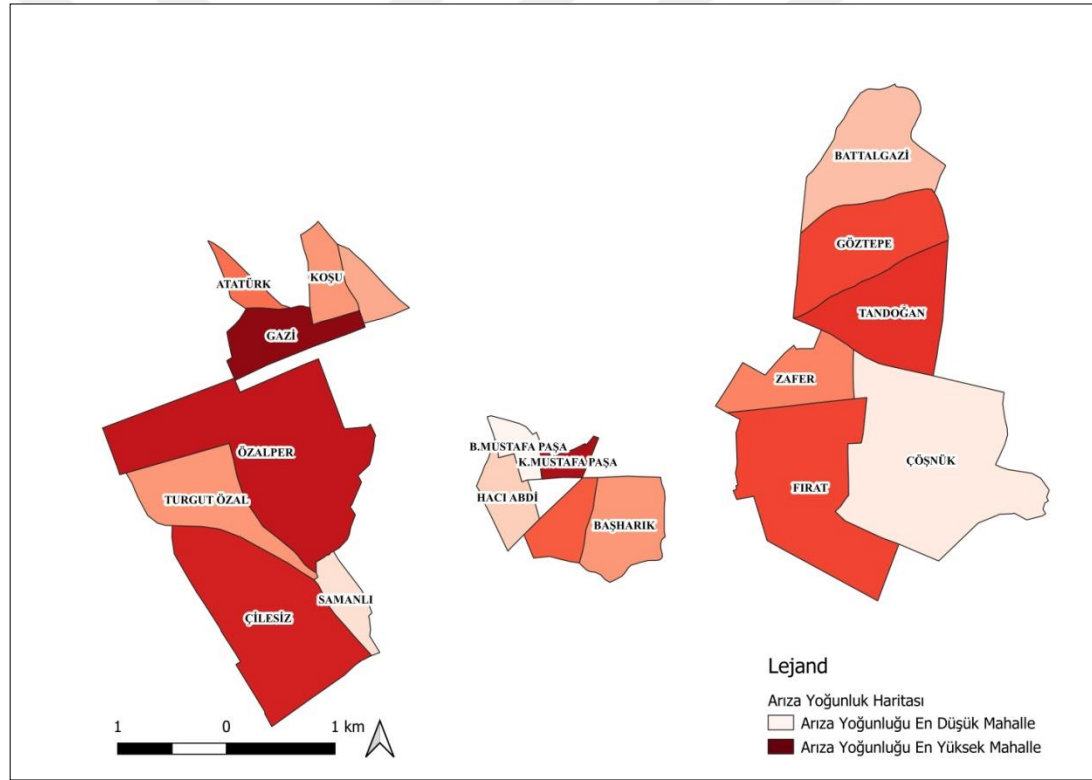
Alp kıvrımlaşması sonrasında şekillenmiş olan Malatya ili, 3.jeolojik zamanın sonlarında ve 4. jeolojik zamanın başlarında oluşan kıvrımlaşma ve kırılmalar sonucunda yükseliş ve çöküşlerle günümüzdeki haline gelmiştir. Uygulama alanının sahip olduğu zemin özellikleri detaylı şekilde Çizelge 6.1 ve 6.3’te verilmektedir.



Şekil 6.1. Kritik Sokakların Arıza Sayıları



Şekil 6.2. Kritik Mahallelerde Arıza Sayıları



Şekil 6.3. Kritik Mahallelerde Arıza Yoğunluk Haritası

Çizelge 6.1 Battalgazi ilçesi, kritik sokakların zemin özellikleri

İLÇE	MAHALLE	KRİTİK SOKAK	ZEMİN ÖZELLİĞİ
BATTALGAZİ	BAŞHARIK	ADAÇAY	Tyk
		ALPEREN	Tyk
		GÖKTÜRK	Tyk
		ÖZER	Tyk
		TAHRAN	Tyk
	ÇÖŞNÜK	EŞREF BİTLİS	Tyk ve Qal
		MEHMET BUYRUK	Tyk ve Qal
		VELİAHT	Tyk ve Qal
	FIRAT	EŞREF BİTLİS	Tyk ve Qal
		İNDERESİ	Tyk ve Qal
		NAİF	Tyk ve Qal
		ORHUN	Tyk ve Qal
		ŞEFİK TUGAY	Tyk ve Qal
	GÖZTEPE	AKGEYİK	TQb ve Qal
		GÖZTEPE	TQb ve Qal
		RAMAZAN	TQb ve Qal
		ŞAHBAZ	TQb ve Qal
	TANDOĞAN	GÖLBAŞI	TQb ve Qal
		KENTİM	TQb ve Qal
		TABİPLER	TQb ve Qal
	BATTALGAZİ	BOYBEYİ	TQb ve Qal
		FATİH SULTAN	TQb ve Qal
	K.MUSTAFA PAŞA	İPEKÇİ	Qal
	B.MUSTAFA PAŞA	ŞEHİT VAHAP GÖGEN	Qal
	ZAFER	EBABİL	Tyk ve Qal
		İHRAM	Tyk ve Qal
		SERAY	Tyk ve Qal
		ŞEHNAZ	Tyk ve Qal
	PAŞAKÖŞKÜ	DEMOKRAT	Tyk
		İMGE	Tyk
		PAŞAKÖŞKÜ	Tyk
	HACI ABDİ	HIZ	Qal

Battalgazi İlçesi zemin özellikleri incelendiğinde en fazla alan kaplayan zemin türü Tyk ve Qal olduğu görülmekte ve kapladığı alan 1496051.865 m²'dir. Diğer zemin özelliklerinin Battalgazi ilçesinde kapladıkları alanlar Çizelge 6.2'de verilmiştir.

Çizelge 6.2 Battalgazi ilçesi zemin özelliklerine göre kapladıkları alanlar

Zemin Özelliği	Alan
Tyk	377350.636
Tyk ve Qal	1496051.865
TQb ve Qal	495828.389
Qal	51390.535

Çizelge 6.3 Yeşilyurt ilçesi, kritik sokakların zemin özellikleri

İLÇE	MAHALLE	KRİTİK SOKAK	ZEMİN ÖZELLİĞİ
YEŞİLYURT	ÇİLESİZ	ABDURRAHMAN GAZİ	Qal, Tyk ve TQb
		ELİBOL	Qal, Tyk ve TQb
		FAHRİ KAYAHAN	Qal, Tyk ve TQb
		MIHLI DUT	Qal, Tyk ve TQb
		SÖĞÜTLÜ	Qal, Tyk ve TQb
	ÖZALPER	ALSANCAK	Qal
		KARDEŞLİK	Qal
	GAZİ	ENGİNAR	TQb
	MERKEZ FATİH	KARAPINAR	TQb
		YALÇIN	TQb
	ATATÜRK	ŞEHİT EROL KÖSE	TQb
		VATAN	TQb
	KOŞU	ASHABI KEHF	TQb
		KARACA	TQb
		YÜCE	TQb
	TURGUT ÖZAL	MİHENK	Qal
		OSMANLI	Qal
		SALTANAT	Qal
	SAMANLI	BARIŞ	Qal
		ŞEFTALİCİ	Qal

Yeşilyurt ilçesinde en fazla bulunan zemin özelliği Qal, Tyk ve TQb'dir ve ilçede bu zemin türünün kapladığı alan 607234.697 m² olarak belirlenmiştir. Zemin özelliklerinin açıklaması ve zemin davranış şekilleri Çizelge 6.5'te verilmiştir.

Çizelge 6.4 Yeşilyurt ilçesi zemin özelliklerine göre kapladıkları alanlar

Zemin Özelliği	Alan
Qal	415936.670
Qal, Tyk ve TQb	607234.697
TQb	149646.758

Çizelge 6.5 Zemin özelliği tanımı ve zemin davranışları

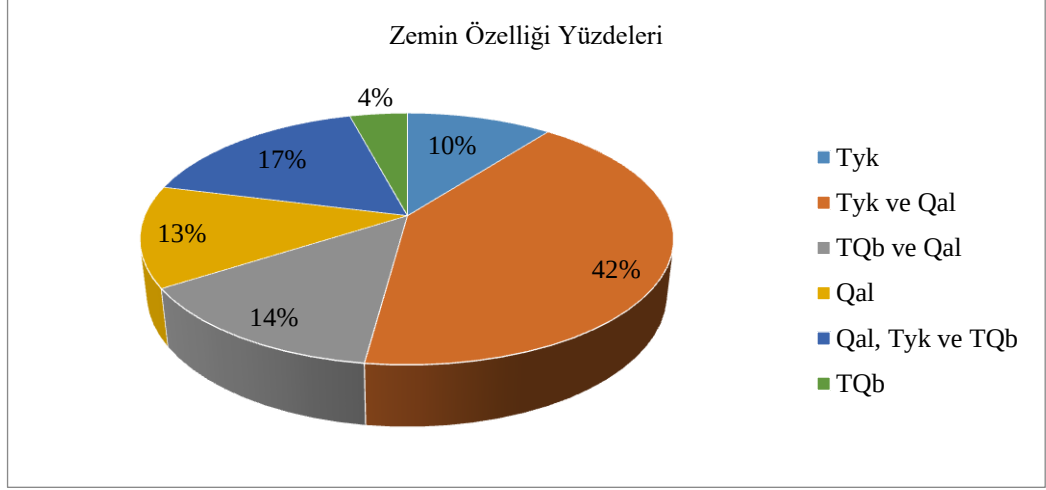
Zemin Özelliği	Tanım	Zemin Davranışı
TQb ve Qal	Pliyosen-Kuvaterner, Çakıltası-Kumtaşı, Çamurtaşı ve Kuvaterner, Alüvyon, Karasal, Çökel kaya	Hareketli
TQb	Pliyosen-Kuvaterner, Çakıltası-Kumtaşı, Çamurtaşı	Hareketli
Tyk ve Qal	Orta-Üst Eosen, Kumtaşı-Kireçtaşı, Şelf ve Kuvaterner, Alüvyon, Karasal, Çökel kaya	Ortalama
Qal	Kuvaterner, Alüvyon, Karasal, Çökel kaya	Hareketli
Tyk	Orta-Üst Eosen, Kumtaşı-Kireçtaşı, Şelf	Ortalama
Qal	Kuvaterner, Alüvyon, Karasal, Çökel kaya	Hareketli
Qal, Tyk ve TQb	Kuvaterner, Alüvyon, Karasal, Çökel kaya, Orta-Üst Eosen, Kumtaşı-Kireçtaşı, Şelf ve Pliyosen-Kuvaterner, Çakıltası-Kumtaşı,Çamurtaşı	Hareketli
Tyk, Tyf ve C-TRmm	Orta-Üst Eosen, Kumtaşı-Kireçtaşı, Şelf, Orta-Üst Eosen, Çakıltası-Kumtaşı-Çamurtaşı ve Alt Karbonfiber-Üst Triyas,Mermer	Ortalama

Verilen çizelgeler incelendiğinde uygulama alanı üzerinde en fazla bulunan zemin özelliği Tyk ve Qal'dir ve ortalama bir zemin hareketine sahiptir. Aşağıdaki tabloda bu zemin özelliklerinin kapladığı alanlar verilmektedir.

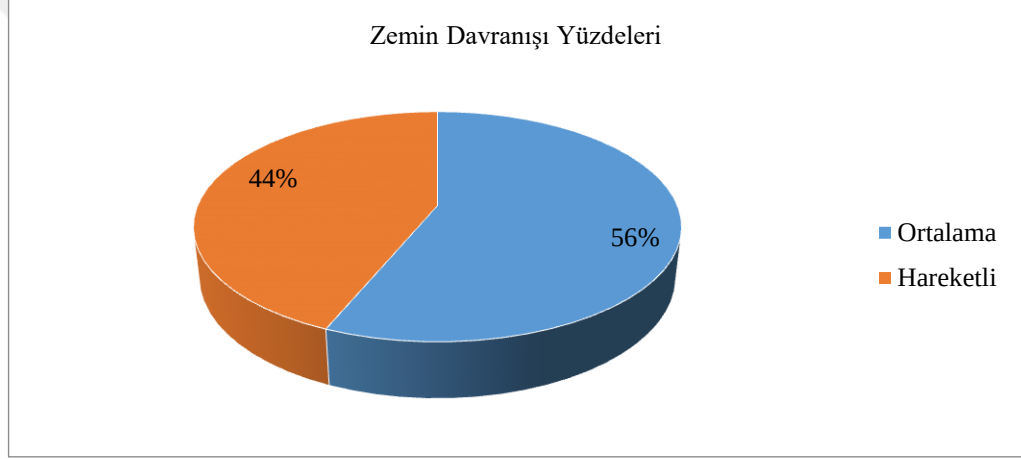
Çizelge 6.6 Uygulama alanı zemin özelliklerine göre kapladıkları alanlar

Zemin Özelliği	Alan
Tyk	377350.636
Tyk ve Qal	1496051.865
TQb ve Qal	495828.389
Qal	467327.205
Qal, Tyk ve TQb	607234.697
TQb	149646.758

Zemin özelliklerine göre uygulama alanının kapladığı alanların yüzdelik dağılımı Şekil 6.4'de verildiği gibidir. Ayrıca zemin davranışlarına göre ortalama ve hareketli zeminlerin kapladığı alanların yüzdelik dağılımları Şekil 6.5'te verilmiştir.

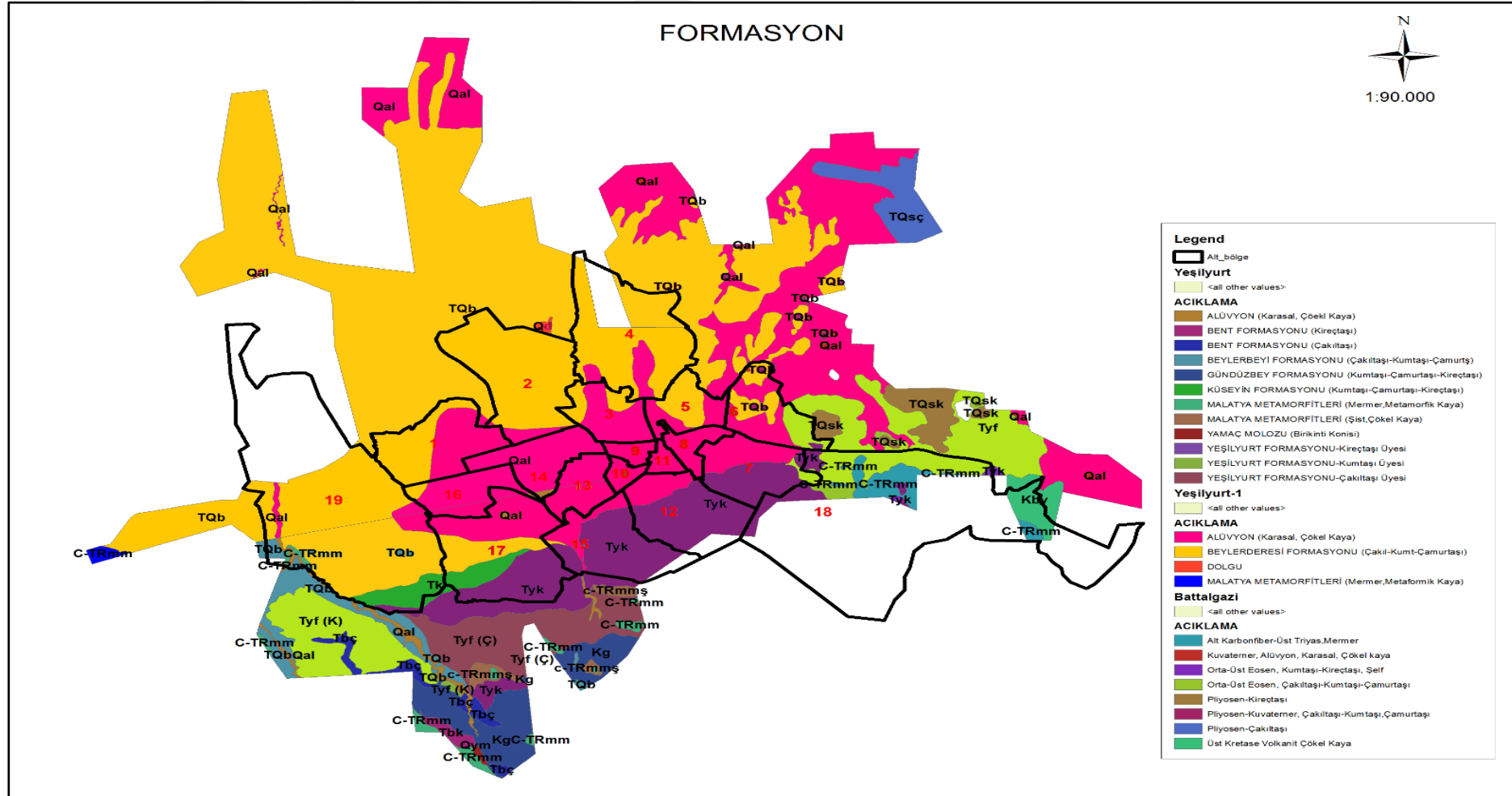


Şekil 6.4. Zemin özelliği yüzdeleri

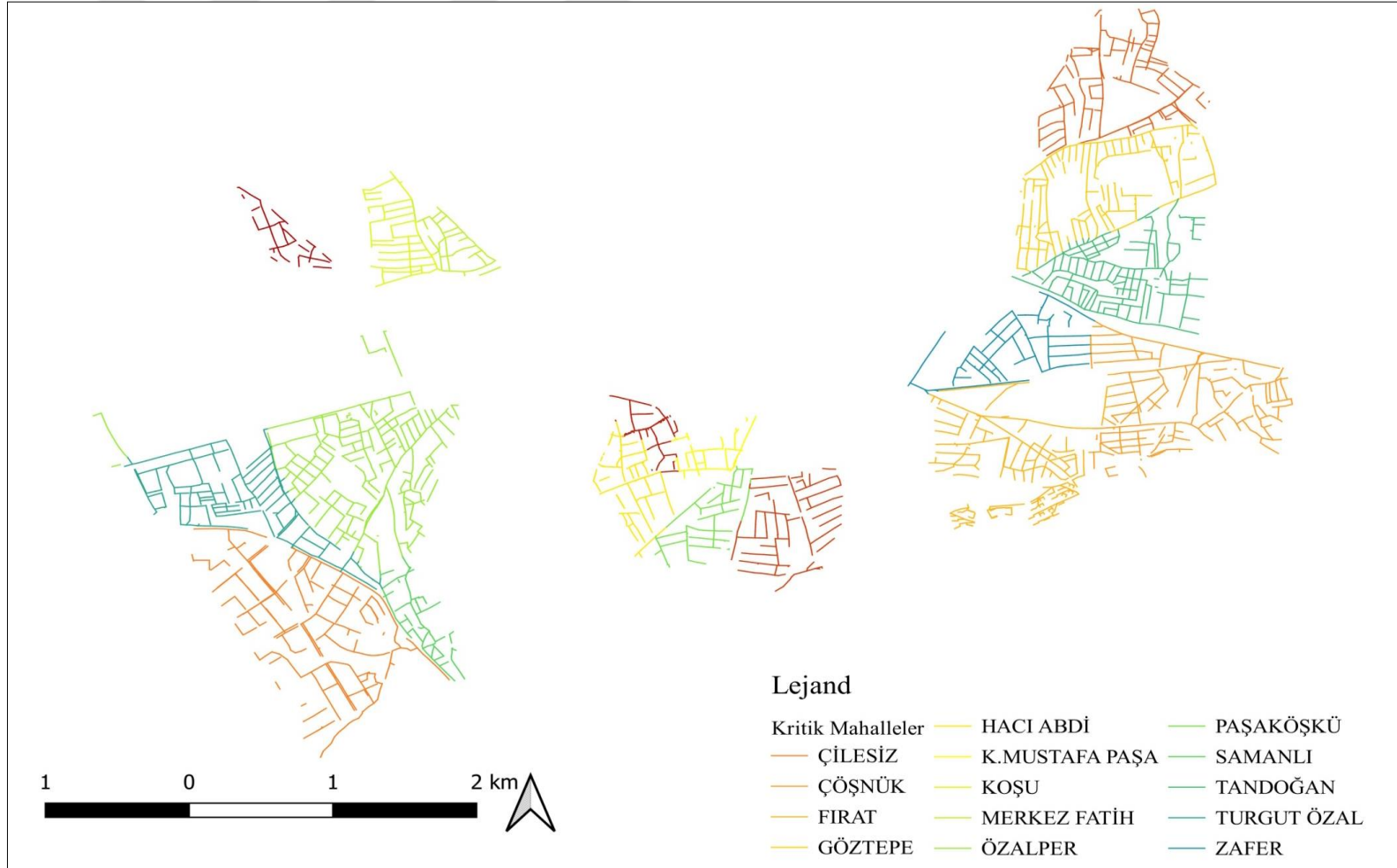


Şekil 6.5. Zemin davranışı yüzdeleri

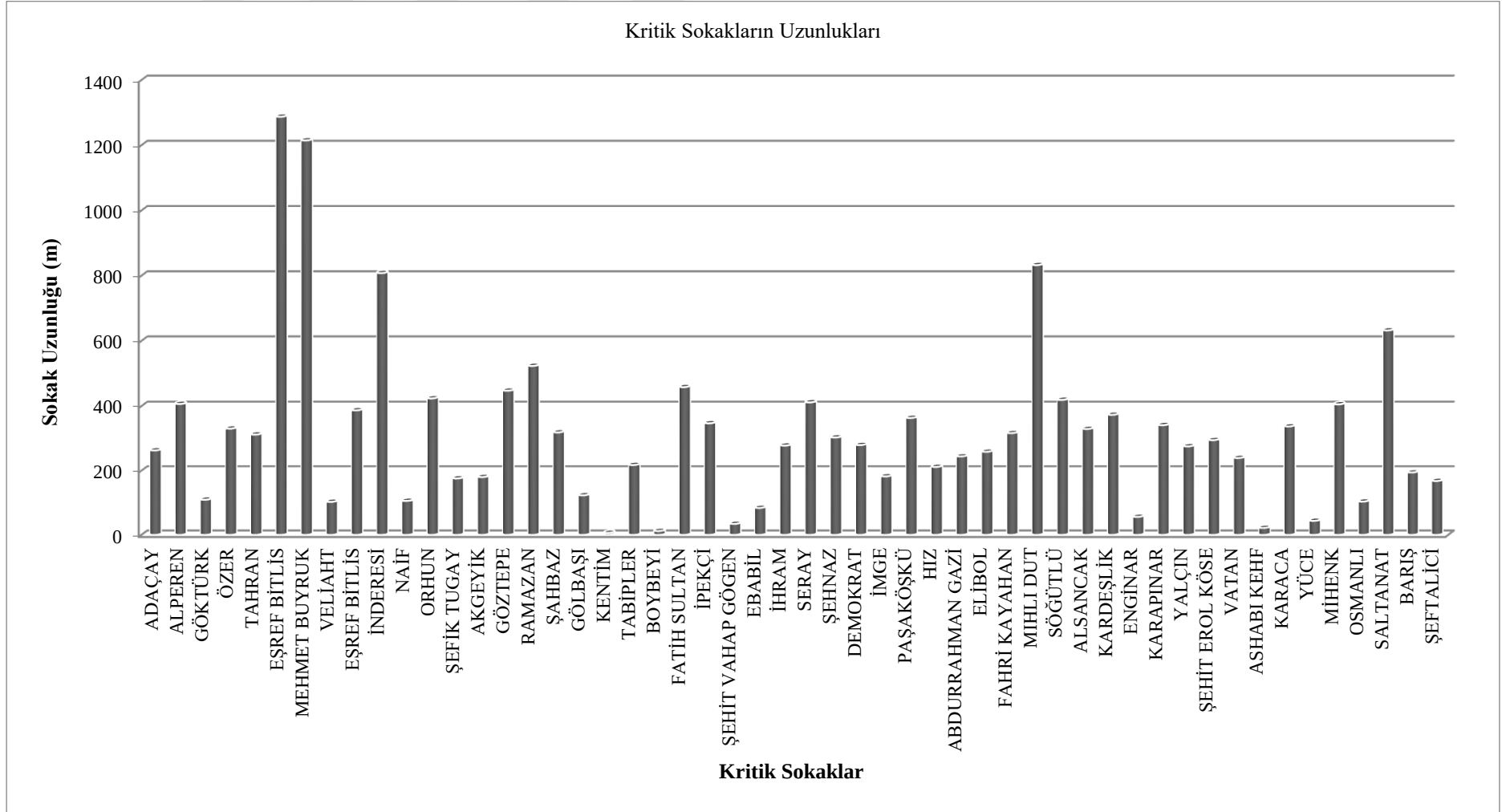
Zemin davranış özelliklerine göre ortalama değere sahip bölgelerin alanı 2023049.26 m² iken hareketli değere sahip bölgelerin alanı ise 1570390.29 m² olarak bulunmuştur. İlçe bazında incelendiğinde Battalgazi ilçesinde 1326183.58 m² fark ile ortalama zemin davranışı hakimken Yeşilyurt ilçesinde 873524.61 m² fark ile hareketli zemin davranışının hakim olduğu tespit edilmiştir. Şekil 6.6'da uygulama alanının zemin özelliklerini gösteren harita ve Şekil 6.7'de Yeşilyurt ve Battalgazi ilçeleri atıksu boru sayısal haritası verilmektedir.



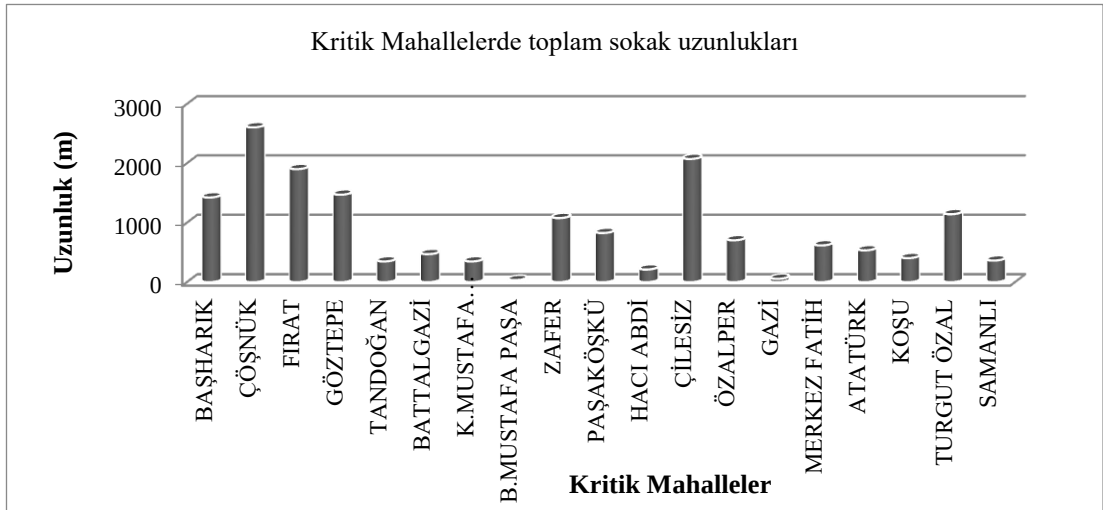
Şekil 6.6. Uygulama alanı zemin özelliği haritası (MASKİ, 2017)



Şekil 6.7. Yeşilyurt ve Battalgazi İlçeleri Atıksu Boru Sayısal Haritası (MASKİ, 2018)

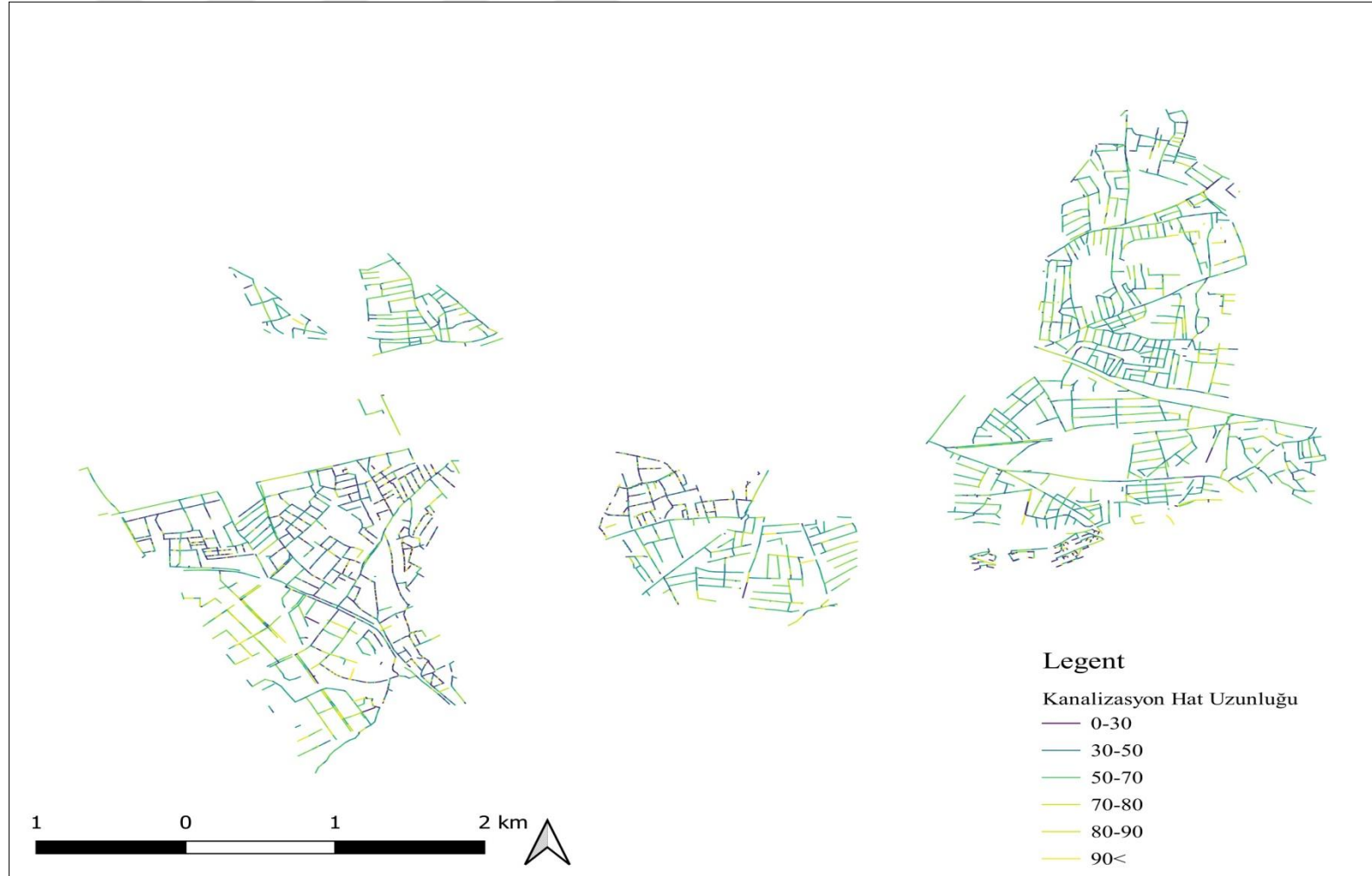


Şekil 6.8. Kritik sokakların uzunlukları

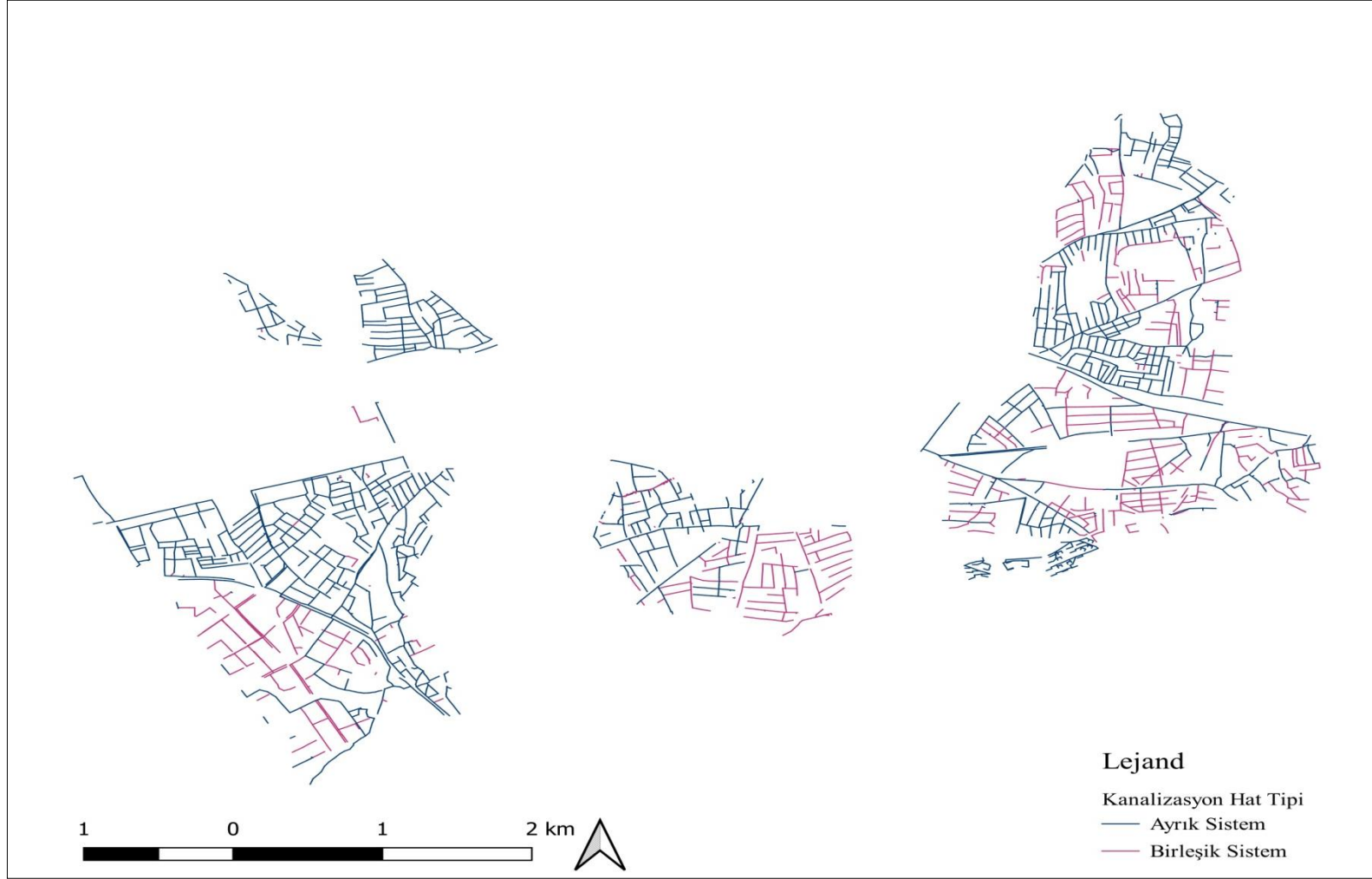


Şekil 6.9. Kritik Mahallelerde toplam sokak uzunlukları

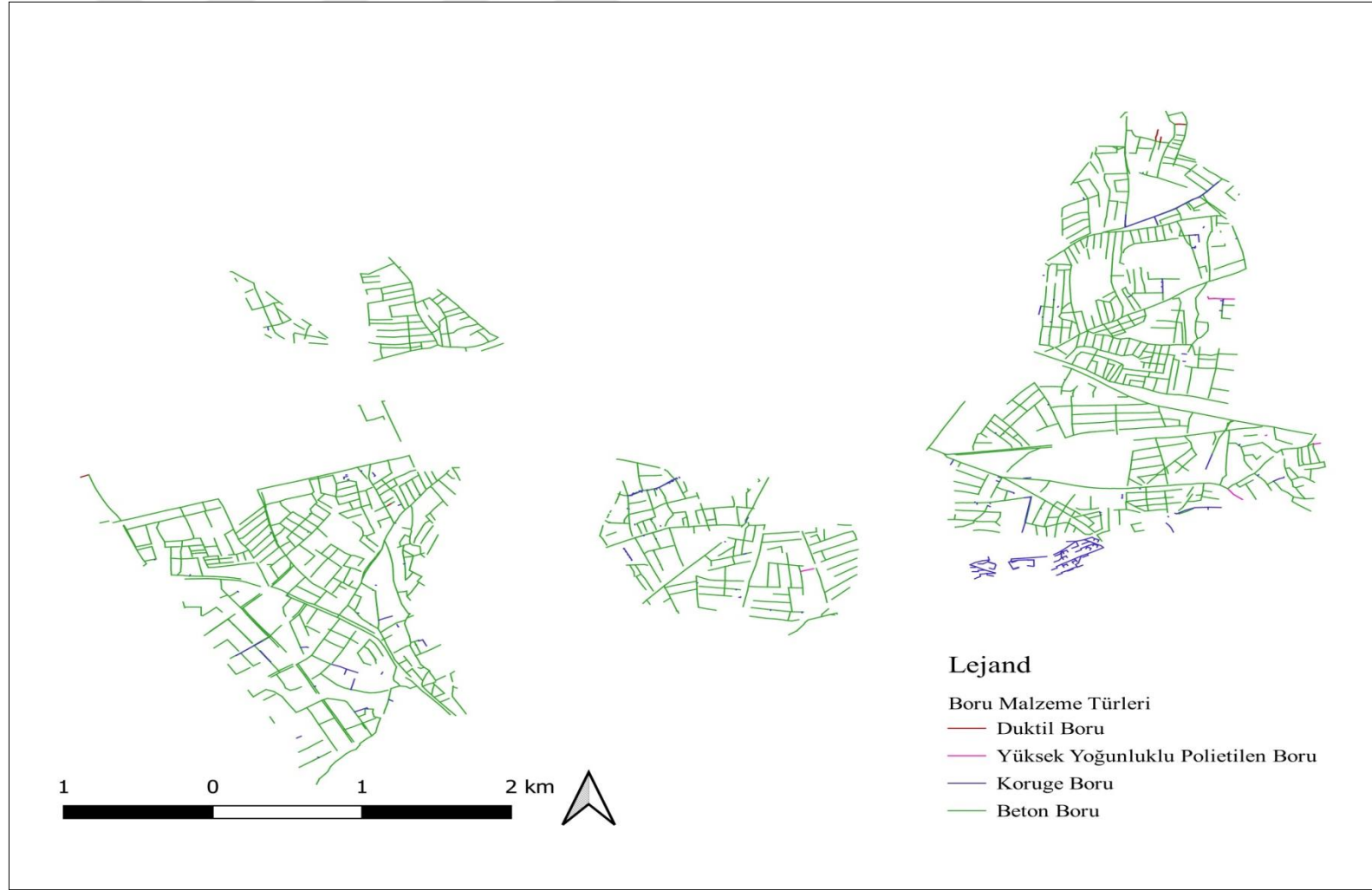
Şekil 6.8 incelendiğinde 1287 m ile Eşref Bitlis caddesi 1.sırada yer alırken 1215 m ile Mehmet Buyruk caddesi 2. sırada ve 832 m ile Mihlîdüt caddesi 3. sırada yer almaktadır. Literatür çalışmalarında cadde sokak uzunlukları arttıkça bozulma riskinin de arttığı görüldüğü için çalışmada sokak uzunlukları yüksek öneme sahiptir. Şekil 6.9’da ise sırasıyla 2605.68 ve 2072.26 m ile Çöşnük ve Çilesiz mahalleleri en uzun atıksu boru hattına sahipken Gazi ve B.Mustafa Paşa mahalleleri en kısa uzunluğa sahiptir.



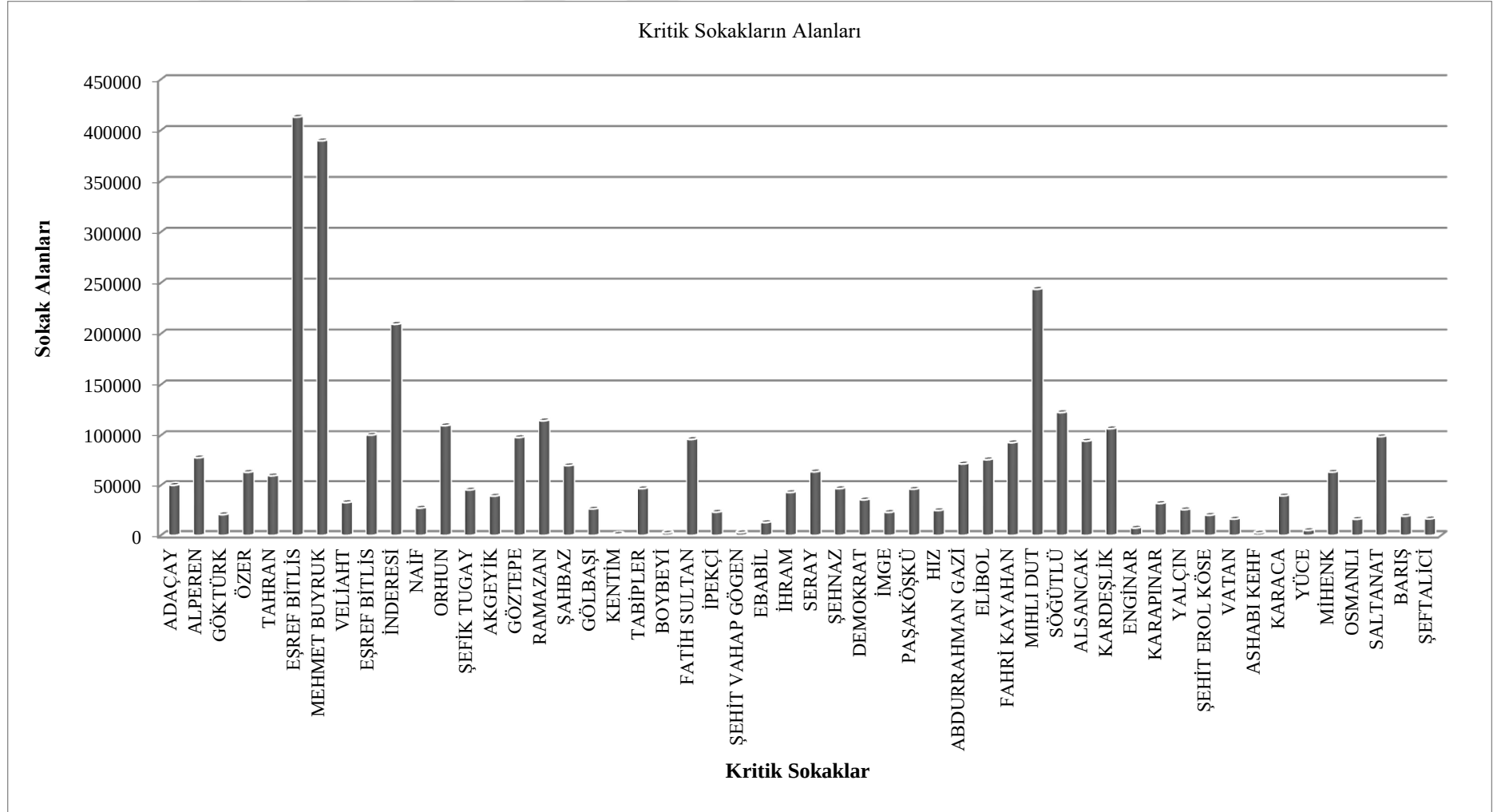
Şekil 6.10. Uygulama alanı atıksu boru uzunlukları dağılımı



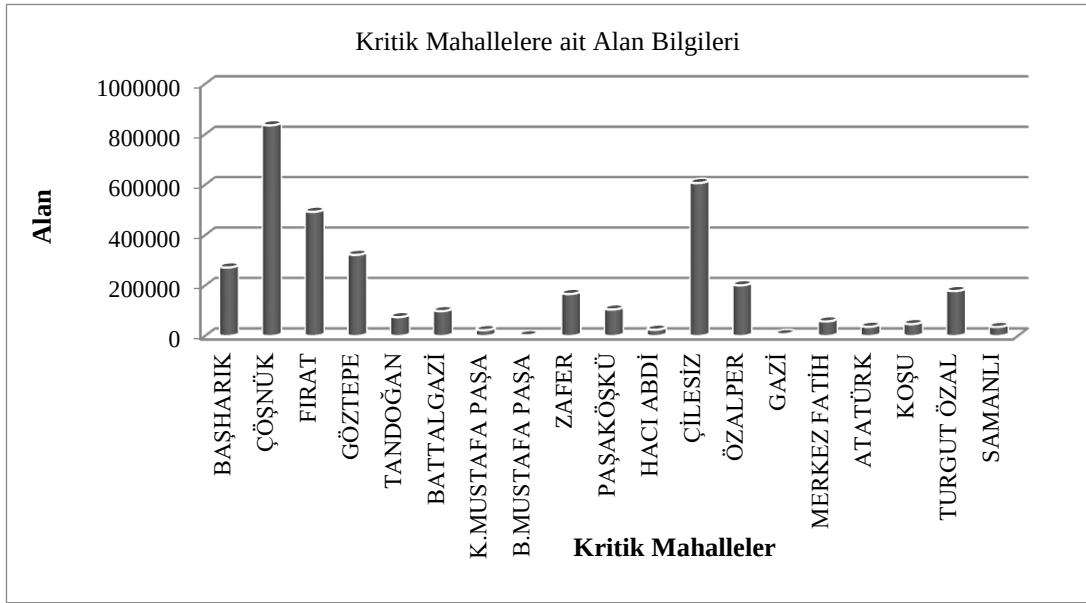
Şekil 6.11. Uygulama alanı kanalizasyon hat tipi dağılımları



Şekil 6.12. Uygulama boru malzemesi dağılımı

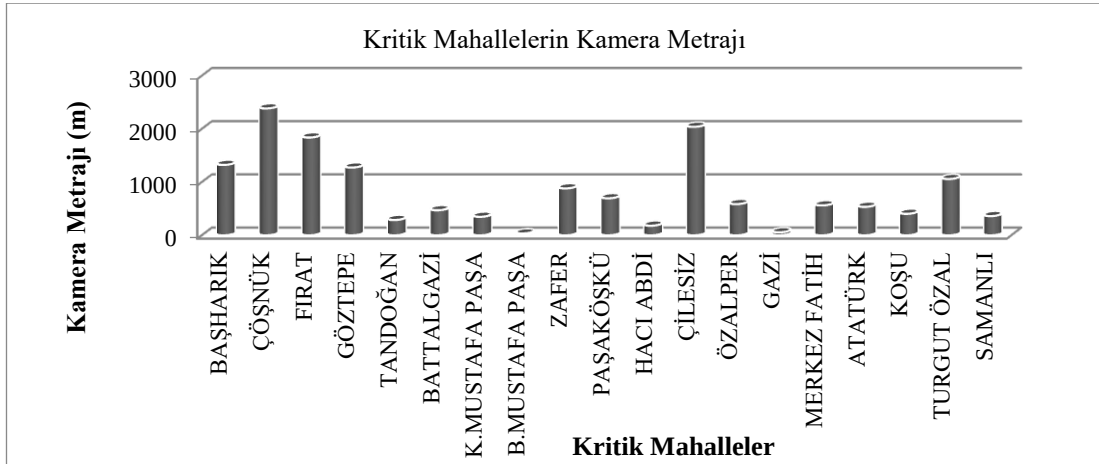


Şekil 6.13. Kritik sokakların alanları



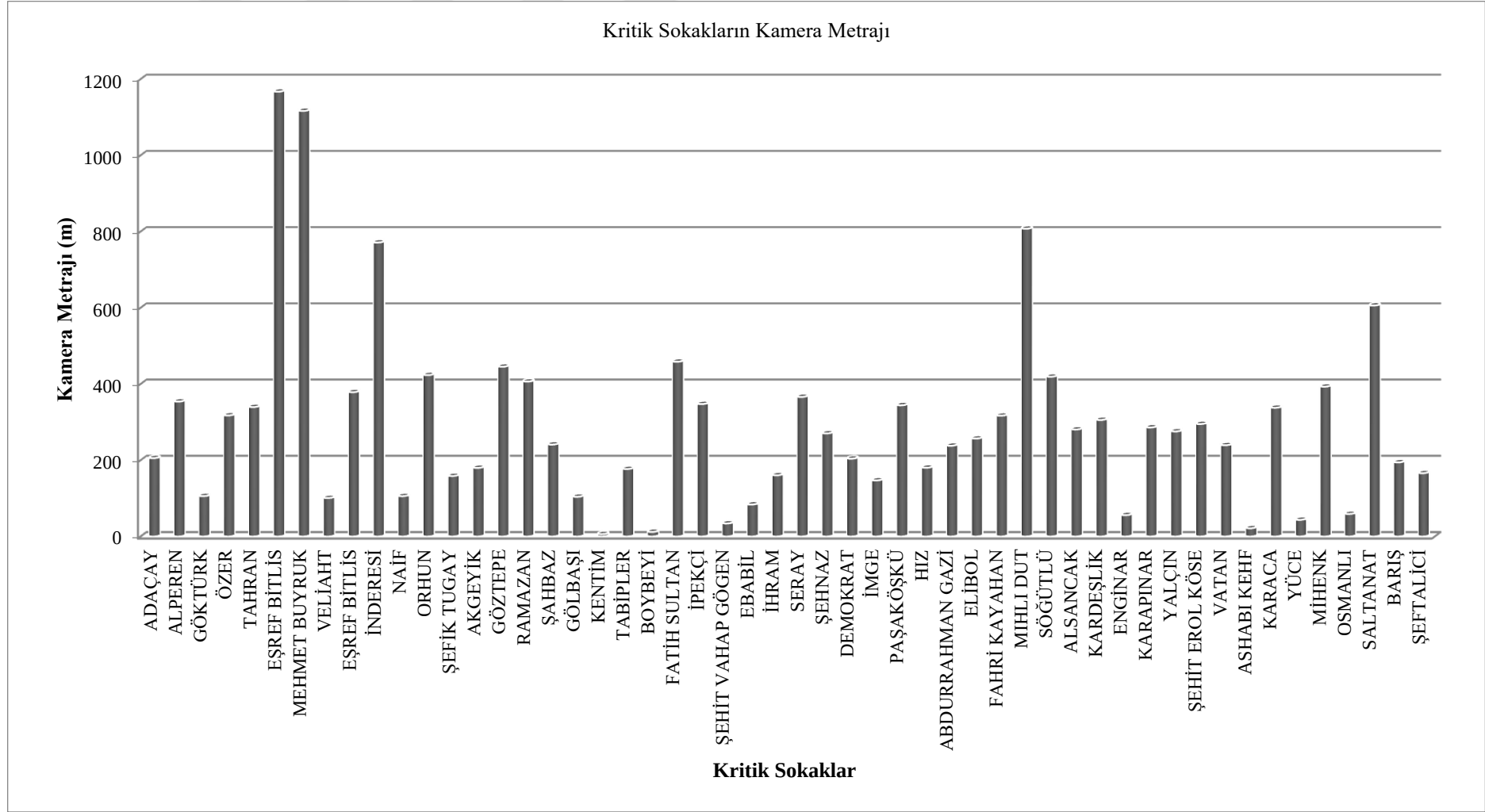
Şekil 6.14. Kritik Mahallelere Ait Alan Bilgileri

Şekil 6.13'te 413205.247 m², 389896.069 m² ve 244000.361 m² alanlar ile sırasıyla Eşref Bitlis, Mehmet Buyruk ve Mıhlıdud caddeleri en fazla alana sahipken 1379.982 m² ile Tandoğan mahallesi Kentim sokak en küçük alana sahiptir. Şekil 6.14'te alan bilgileri mahalle bazlı incelendiğinde ise Çöşnük ve Çilesiz mahallelerinin alanları en fazladır.



Şekil 6.15. Kritik Mahallelerin Kamera Metrajları

Şekil 6.15 ve 6.16'da verilen kamera metrajı değerleri incelendiğinde sokak uzunlukları ile paralel bir düzen görülmektedir fakat bazı durumlarda kamera görüntüsü alınamamaktadır. Kamera görüntüsünün alınamadığı durumlar aşağıda detaylı açıklanmış ve kamera görüntüsü alınamayan sokak metrajları verilmiştir.



Şekil 6.16. Kritik sokakların kamera metrajları

6.1.2. Kamera görüntüsünün alınamadığı durumlar

İki muayene bacası arasında görüntü alınırken 1nolu bacadan 2 nolu bacaya doğru gönderilen kamera aşağıdaki sorunlar ile karşılaşabilmektedir.

- Bazen hat içerisinde çökme ve boru malzemesi bütünlüğünün bozulması gibi sorunlarla karşılaşabilmektedir. Bu durumda kamera geri çekilir, 2 nolu bacadan 1 nolu bacaya doğru gönderilir, hatta eksik kalan görüntü alınır, fakat çökme ve bozulmanın olduğu hat boyunca görüntü alınamamaktadır.
- Hatta kayma durumu olduğunda kamera bu yönde ilerleyememekte fakat 2 nolu bacadan 1 nolu bacaya gönderilerek eksik görüntü tamamlanmaktadır.
- Ağaç, bitki kökleri, mıcır ve moloz parçası ve tıkanıklık gibi yapısal kusurların olduğu durumlarda eğer tıkanıklık tüm hat boyunca devam etmiyorsa kamera 2 nolu bacadan gönderildiğinde görüntünün tamamı alınabilmektedir.
- Yapısal kusurlardan bina bağlantı yanlış imalatı ile karşılaşıldığında kamera 2 nolu bacadan gönderildiği zaman görüntünün tamamı alınabilmekte fakat 2 nolu bacadan gönderildiğinde de tekrar bir yanlış imalat ile karşılaşıldığında iki bina yanlış imalatı arasında kalan görüntü alınamamaktadır.
- Hat içinde ters eğimle karşılaşıldığında kameranın ilerlemesi mümkün değilse 2nolu bacadan kamera gönderildiğinde görüntünün tamamı alınabilmekte fakat doluluk oranı yüksek olduğu ve eğimin fazla olduğu durumlarda görüntü ters eğim boyunca alınamamaktadır.

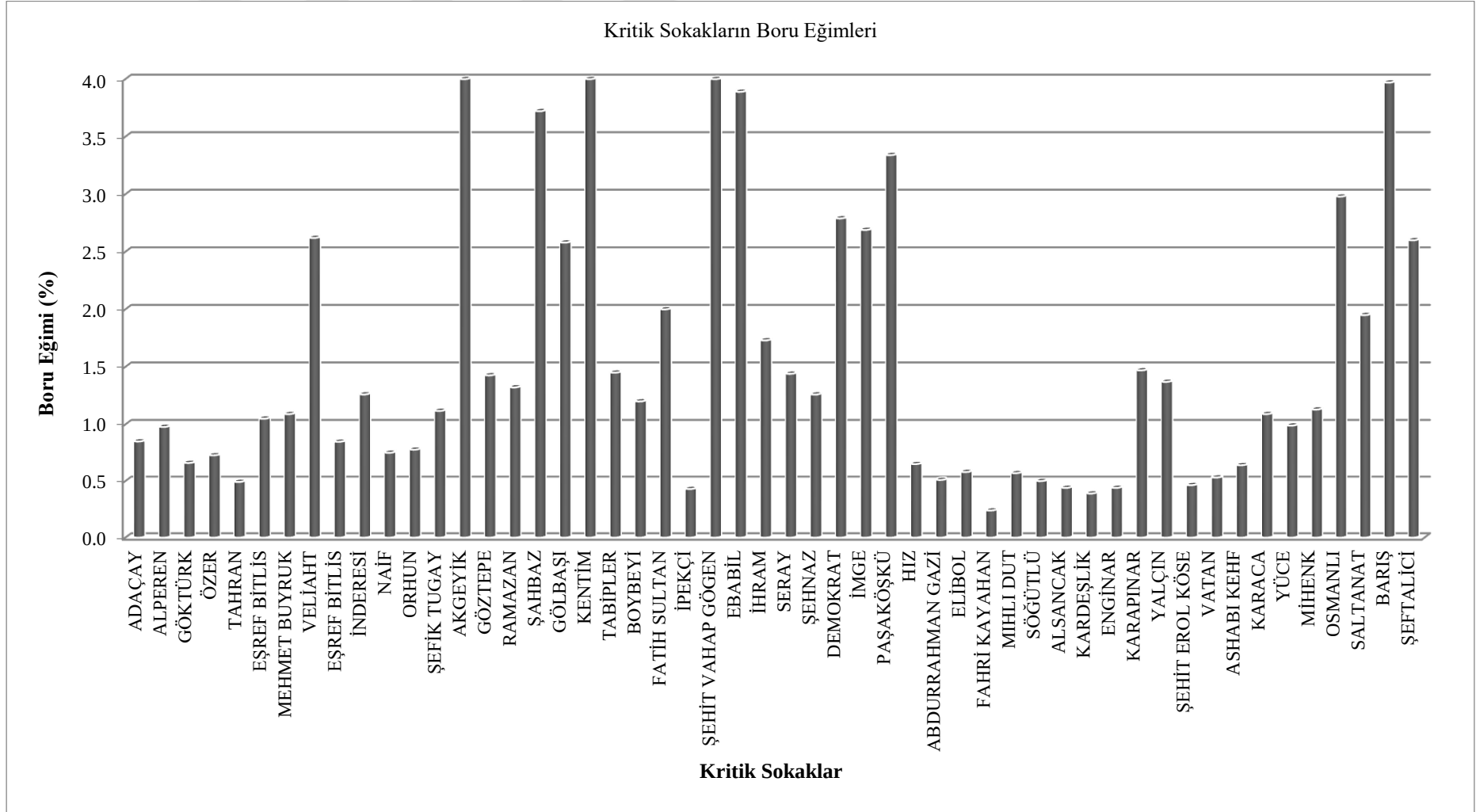
Çizelge 6.7’de yukarıda açıklanana sebeplerden kaynaklanan görüntüsü alınamayan kamera metrajları verilmiştir.

Çizelge 6.7 Görüntü alınamayan kamera metrajları

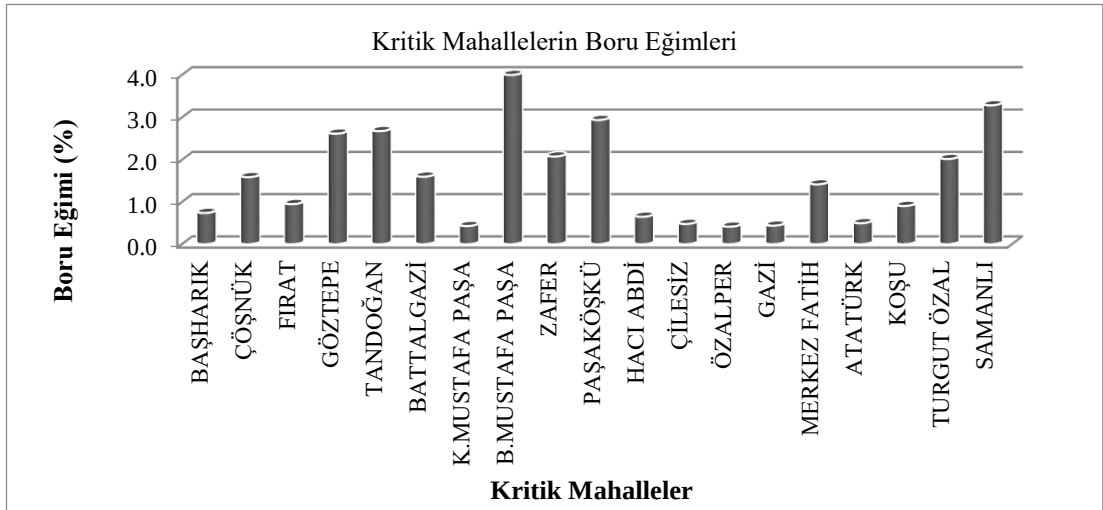
İLÇE	MAHALLE	KRİTİK SOKAK	GÖRÜNTÜ ALINAMAYAN KAMERA METRAJİ
BATTALGAZİ	BAŞHARIK	ADAÇAY	57.500
		ALPEREN	52.790
		GÖKTÜRK	3.600
		ÖZER	13.470
		TAHRAN	0.000
	ÇÖŞNÜK	EŞREF BİTLİS	120.420
		MEHMET BUYRUK	98.300
		VELİAHT	1.950
	FIRAT	EŞREF BİTLİS	8.550
		İNDERESİ	36.940
		NAİF	0.000
		ORHUN	0.290
		ŞEFİK TUGAY	17.050
	GÖZTEPE	AKGEYİK	0.000
		GÖZTEPE	1.930
		RAMAZAN	117.070
		ŞAHBAZ	77.860
	TANDOĞAN	GÖLBAŞI	19.150
		KENTİM	0.000
		TABIPLER	40.580
	BATTALGAZİ	BOYBEYİ	0.000
		FATİH SULTAN	0.000
	K.MUSTAFA PAŞA	İPEKÇİ	0.000
	B.MUSTAFA PAŞA	ŞEHİT VAHAP GÖGEN	0.000
	ZAFER	EBABİL	0.000
		İHRAM	117.530
		SERAY	45.410
		ŞEHNAZ	32.690
	PAŞAKÖŞKÜ	DEMOKRAT	75.670
		İMGE	35.030
		PAŞAKÖŞKÜ	19.470
	HACI ABDİ	HIZ	31.190

Çizelge 6.7 Görüntü alınamayan kamera metrajları (devam)

İLÇE	MAHALLE	KRİTİK SOKAK	GÖRÜNTÜ ALINAMAYAN KAMERA METRAJİ
YEŞİLYURT	ÇİLESİZ	ABDURRAHMAN GAZİ	6.140
		ELİBOL	1.850
		FAHRİ KAYAHAN	0.000
		MIHLI DUT	25.020
		SÖĞÜTLÜ	0.000
	ÖZALPER	ALSANCAK	49.150
		KARDEŞLİK	67.640
	GAZİ	ENGİNAR	0.000
	MERKEZ FATİH	KARAPINAR	55.580
		YALÇIN	0.000
	ATATÜRK	ŞEHİT EROL KÖSE	0.000
		VATAN	0.000
	KOŞU	ASHABI KEHF	0.000
		KARACA	0.000
		YÜCE	0.000
	TURGUT ÖZAL	MİHENK	12.490
		OSMANLI	44.680
		SALTANAT	26.380
	SAMANLI	BARIŞ	0.000
		ŞEFTALİCİ	1.700



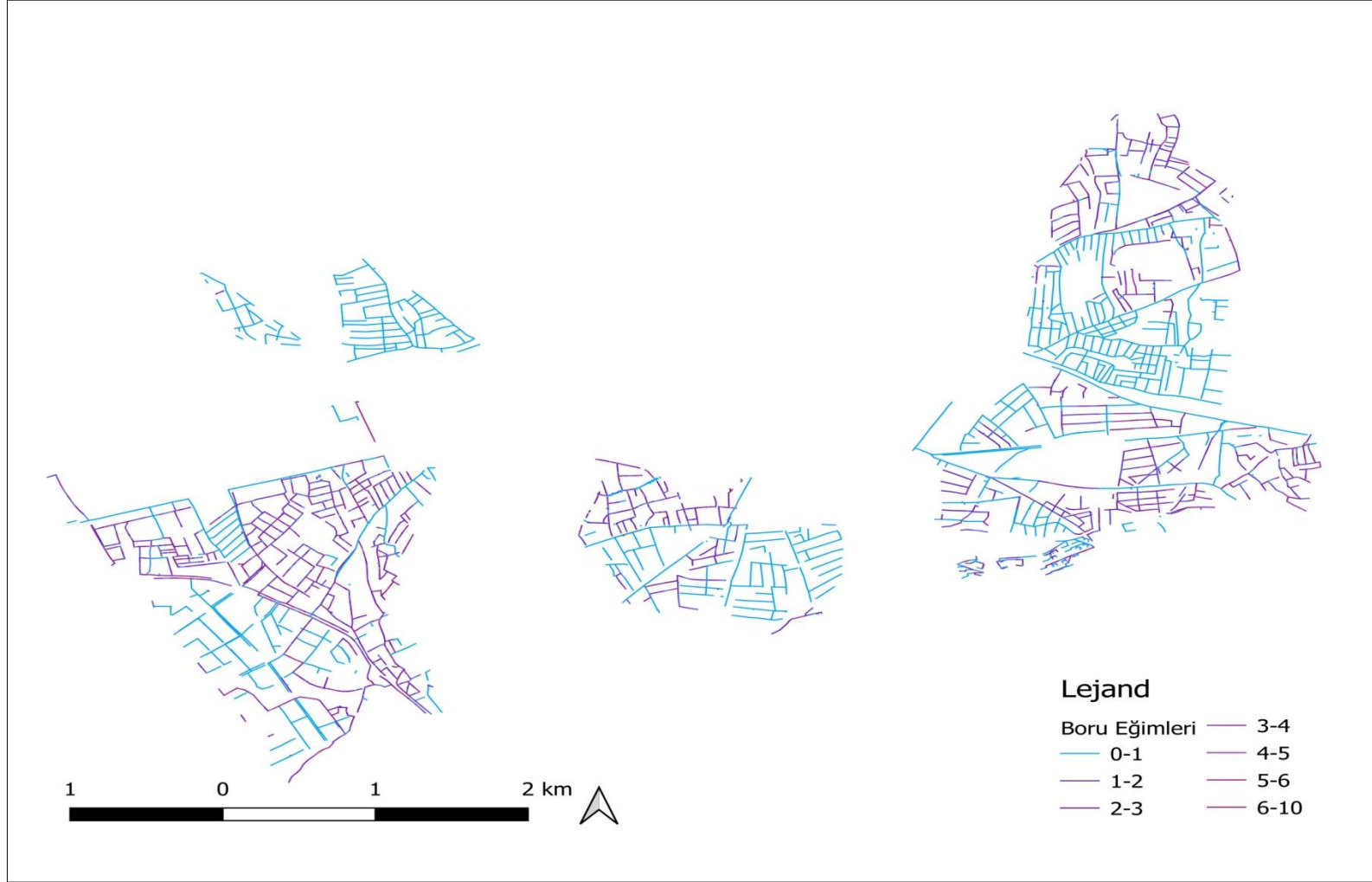
Şekil 6.17. Kritik sokakların boru eğimleri



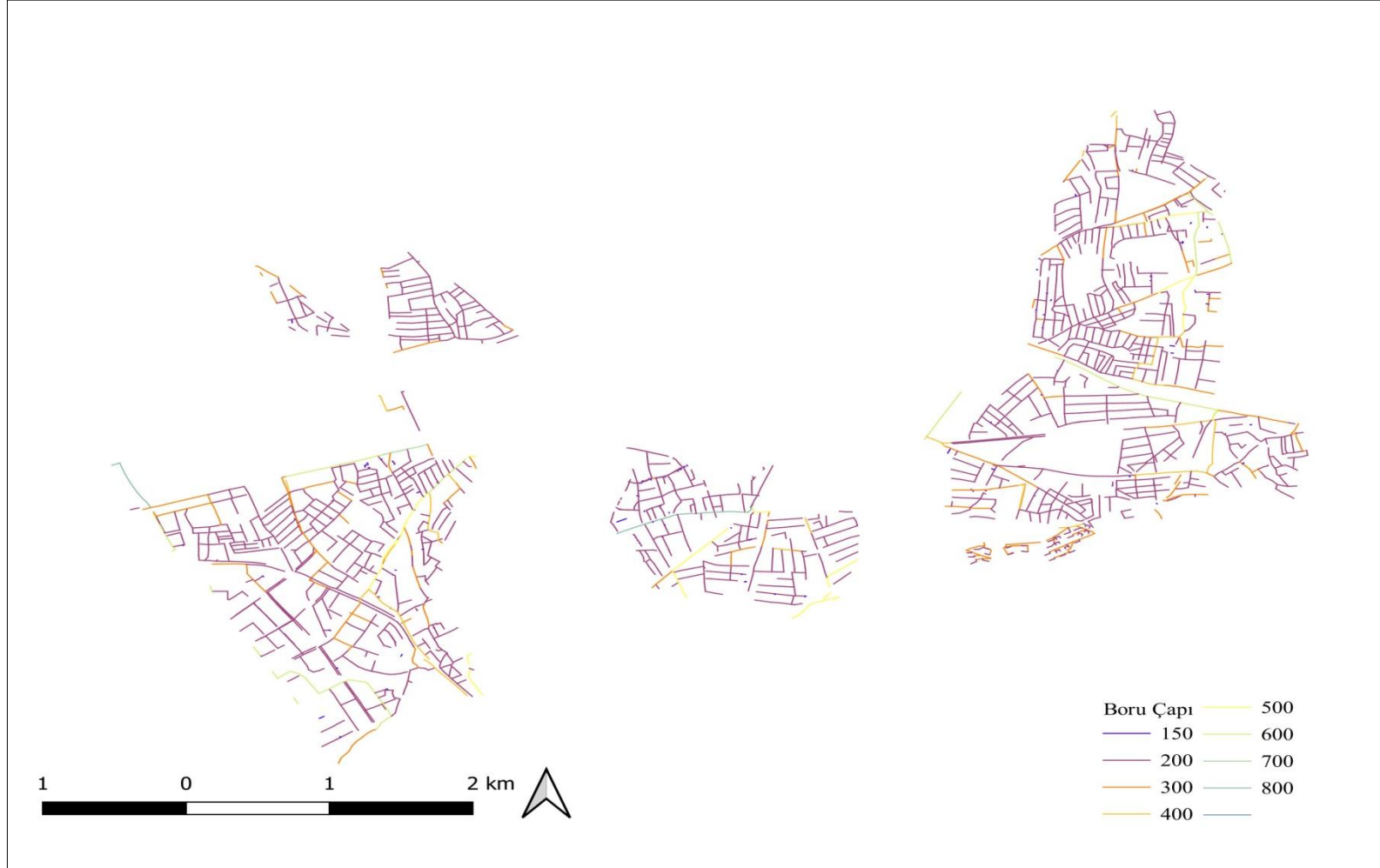
Şekil 6.18. Kritik Mahallelerin Boru Eğimleri

Şekil 6.17 incelendiğinde Kentim, Şehit Vahap Gögen ve Akgeyik sokaklarında yüksek eğim değerleri görülürken Fahri Kayahan caddesinde eğimin düşük olduğu görülmektedir. Boru eğimi düşük olduğunda hat içinde çökelmeler oluşmakta ve akış kapasitesi zamanla düşmektedir, eğim büyük olduğunda ise boru tabanında aşınmalar görülmektedir. Bu sebeple mecra çapına bağlı uygun eğimlerin alınması oldukça önemlidir.

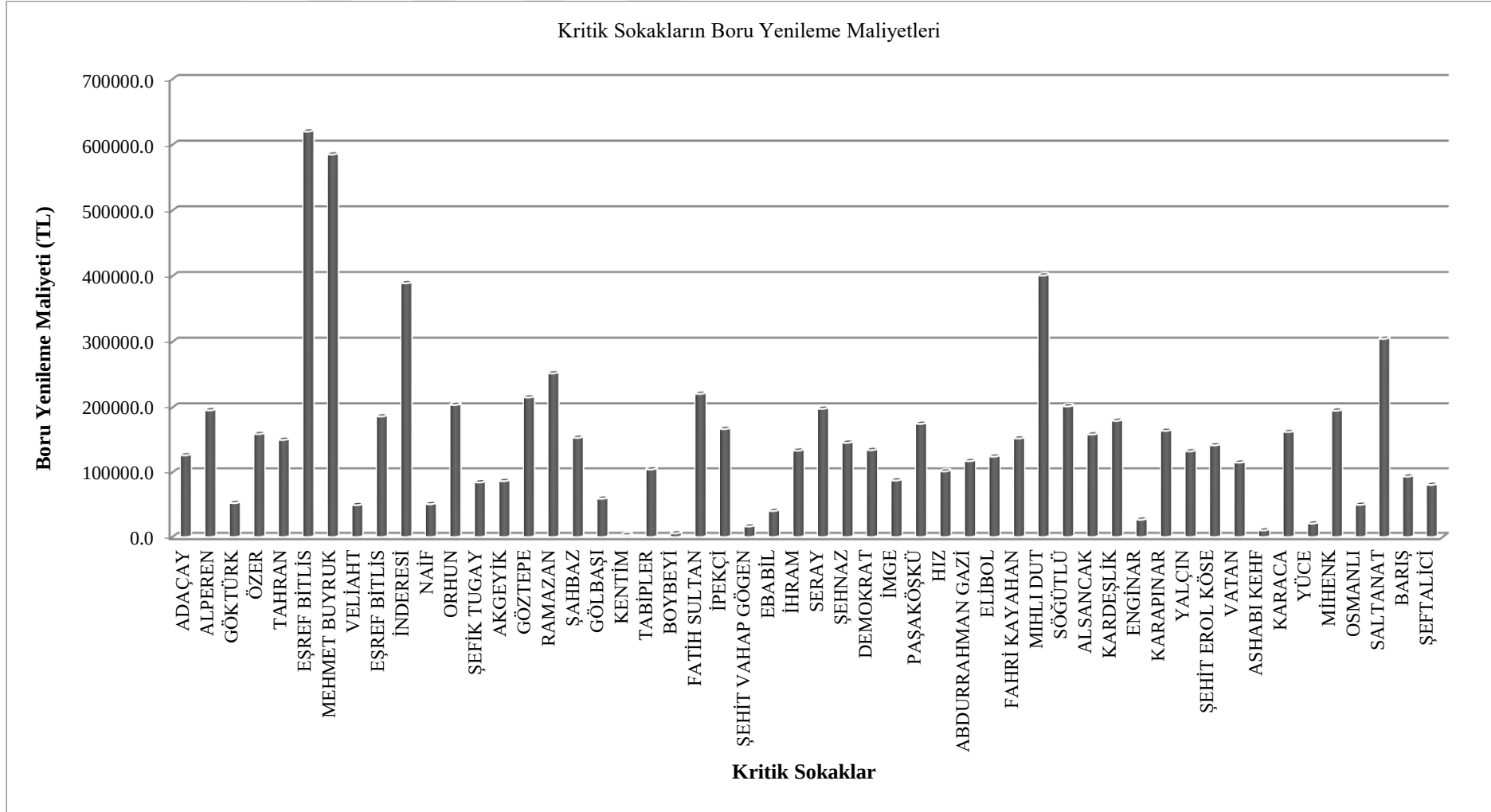
Şekil 6.18’de B.Mustafa Paşa, Samanlı ve Paşaköşkü mahallelerinde boru eğimlerinin oldukça yüksek olduğu görülmüştür.



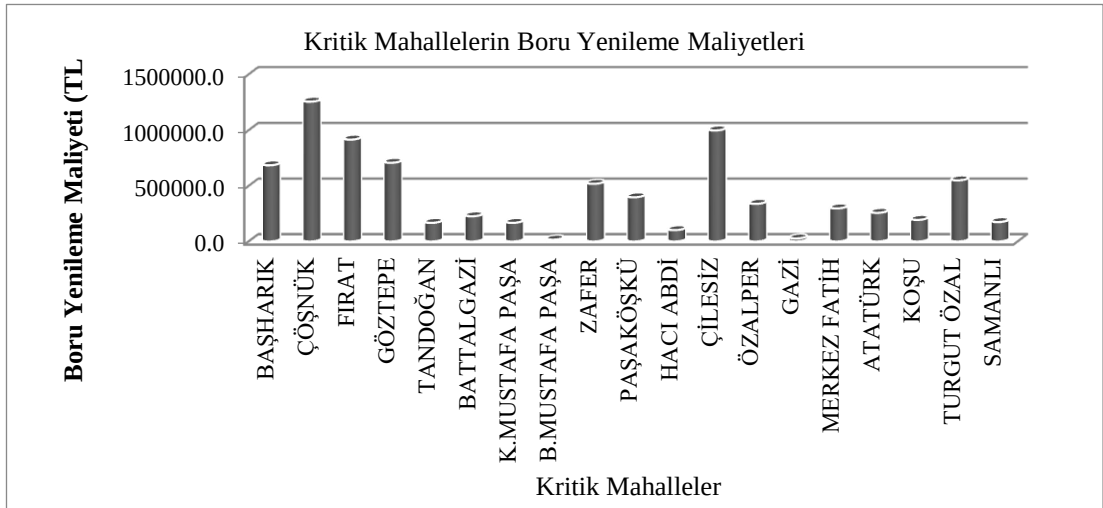
Şekil 6.19. Uygulama alanının boru eğimlerine göre dağılımı



Şekil 6.20. Uygulama alanı boru çapları dağılımı



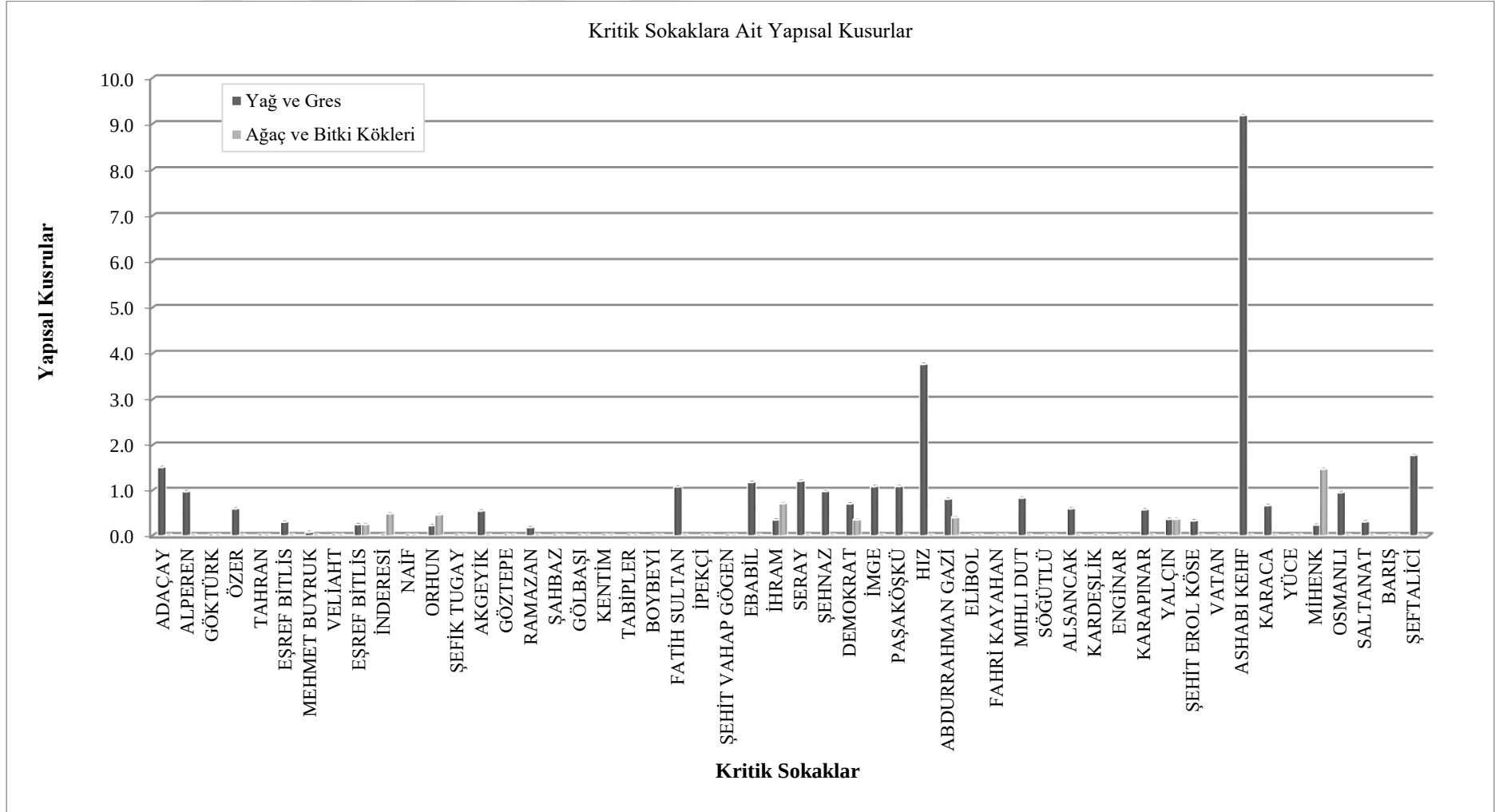
Şekil 6.21. Kritik sokakların boru yenileme maliyetleri



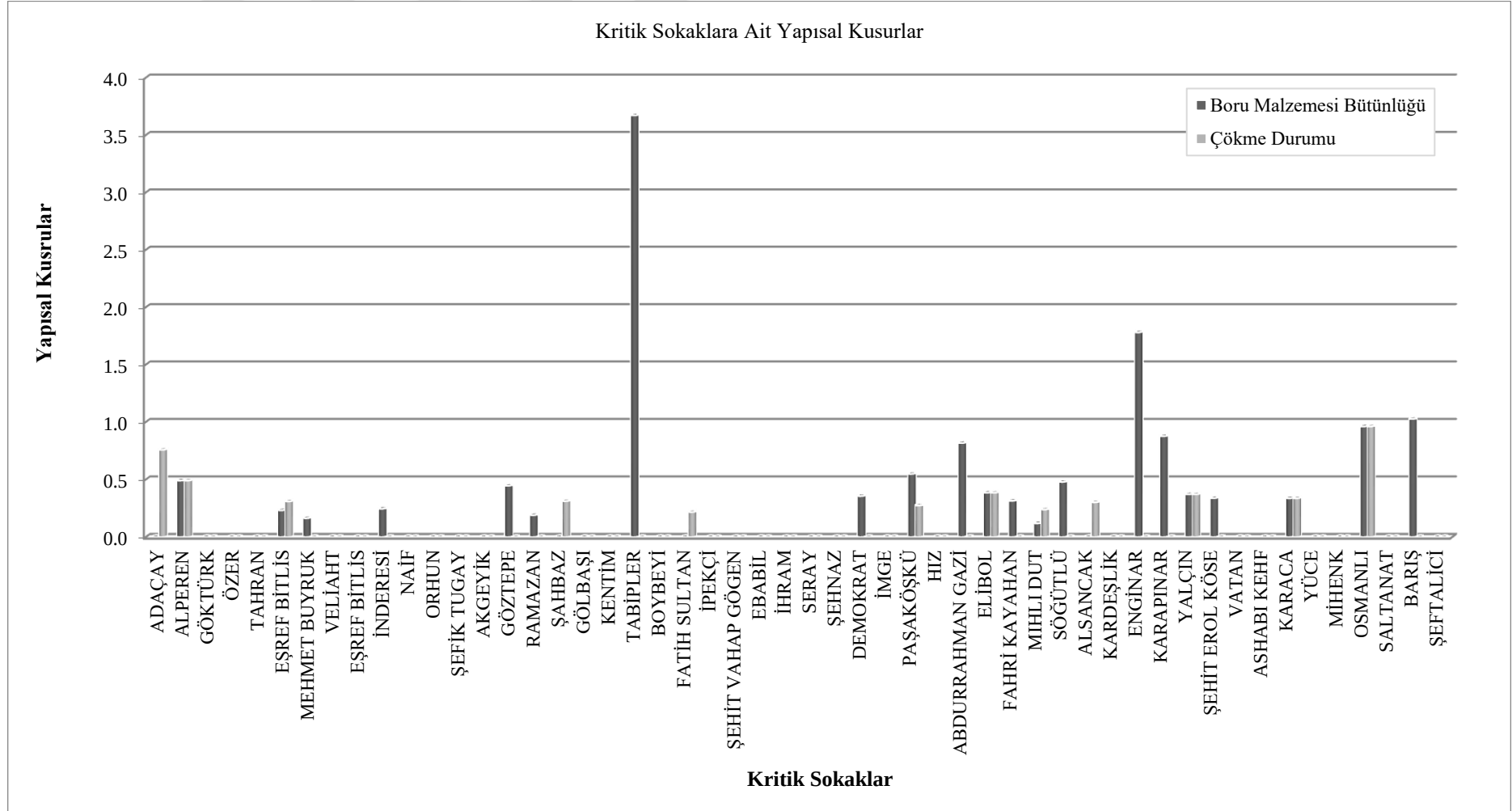
Şekil 6.22. Kritik Mahallelerin Boru Yenileme Maliyetleri

Şekil 6.21’de boru yenileme maliyeti en yüksek olan bölgeler sırası ile Eşref Bitlis ve Mehmet Buyruk caddesidir. Boru yenileme maliyeti kamyon, kepçe çalışma süresi, dolgu harç masrafları, çalışan işçi ve usta sayısı ve diğer masraflar göz önünde bulundurularak 1 metre için 482 TL olarak hesaplanmış ve sokak uzunlukları ile çarpılarak toplam maliyet elde edilmiştir.

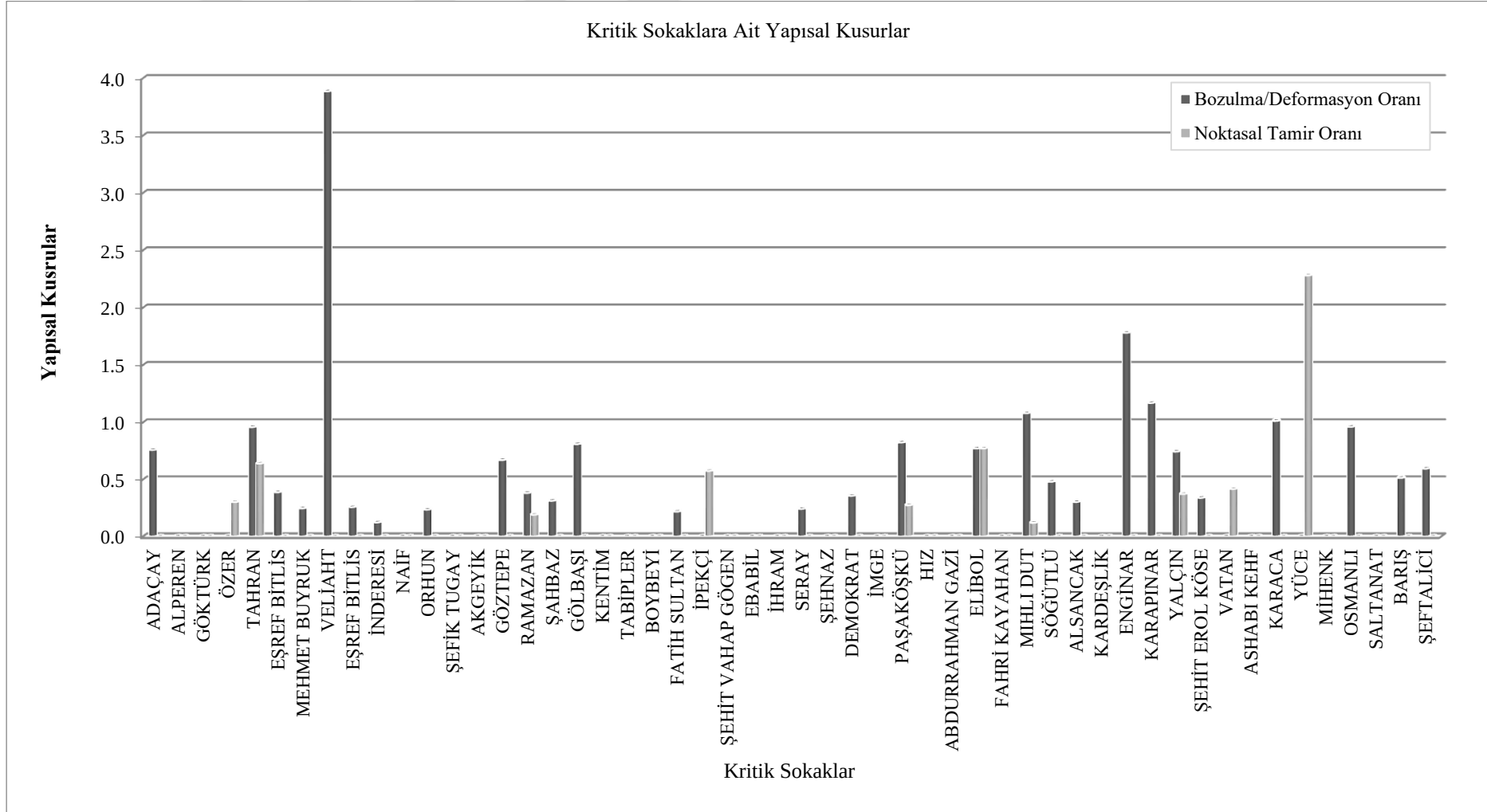
Şekil 6.22’de boru yenileme maliyetinin en yüksek olduğu mahalleler Çöşnük, Çilesiz, Fırat ve Göztepe mahallelerinin olduğu görülmektedir.



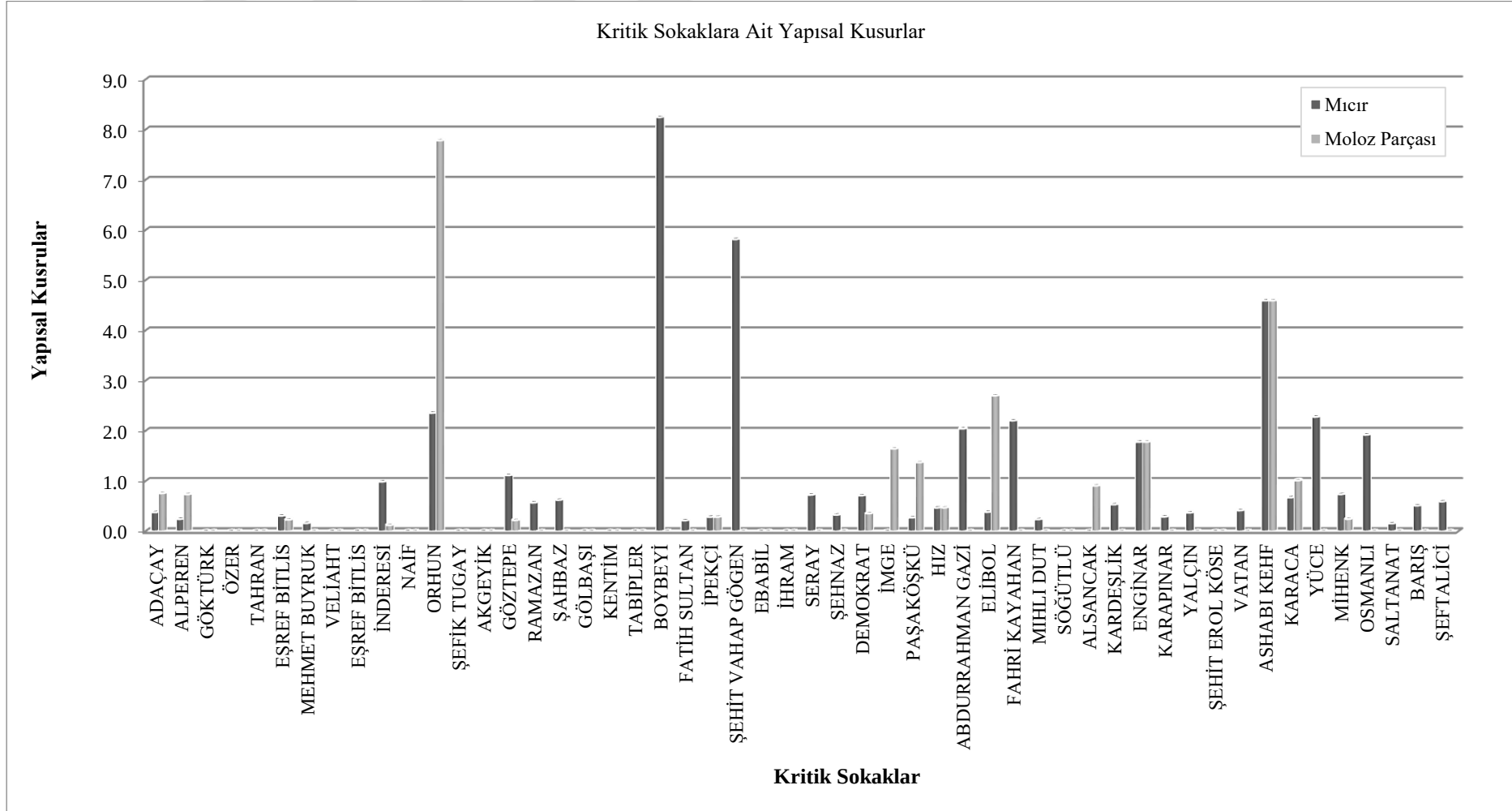
Şekil 6.23. Kritik Sokaklara ait yapısal kusurlar; yağ ve gres, ağaç ve bitki kökleri



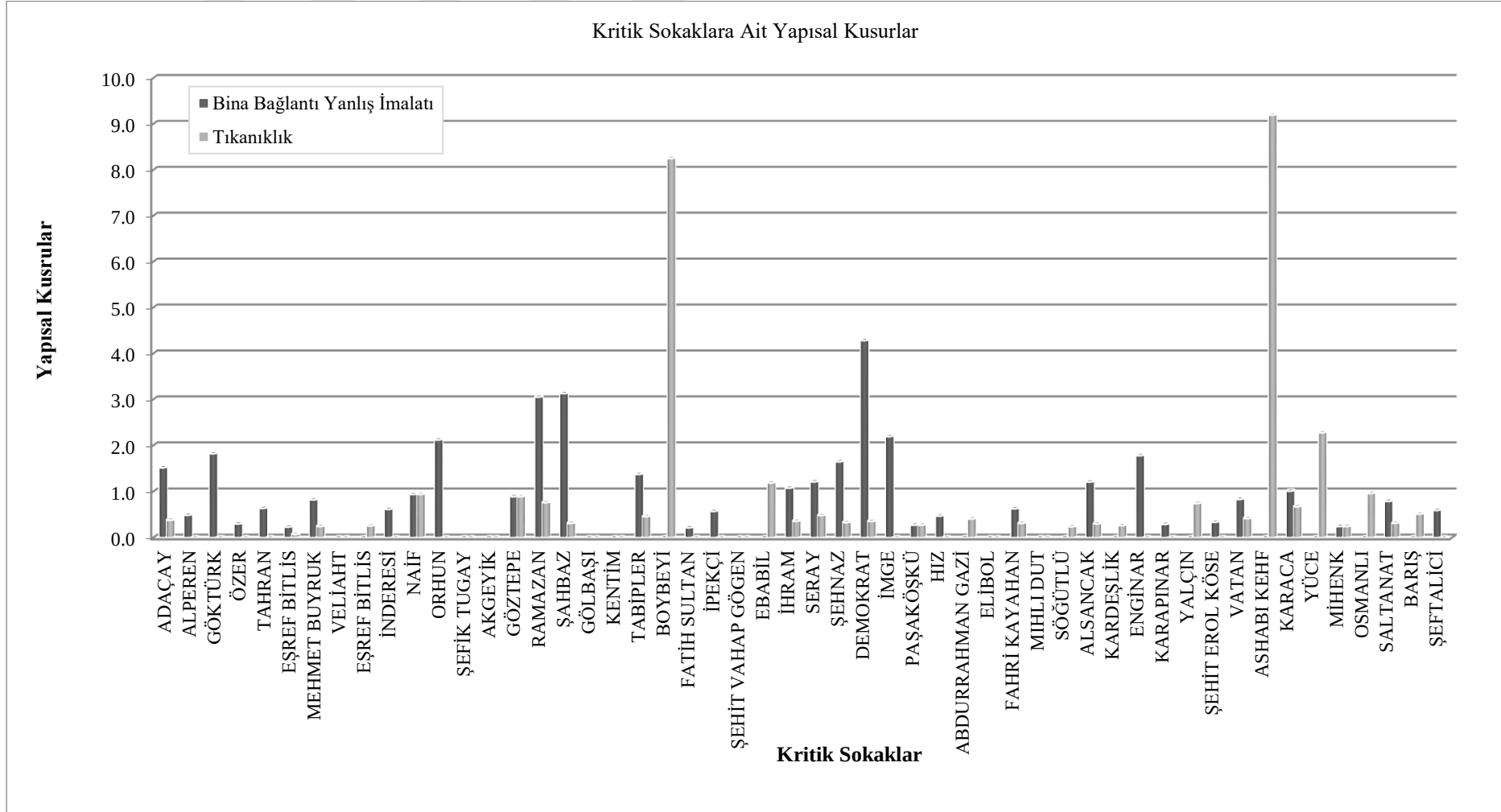
Şekil 6.24. Kritik sokaklara ait yapısal kusurlar; boru malzemesi bütünlüğü, çökme durumu



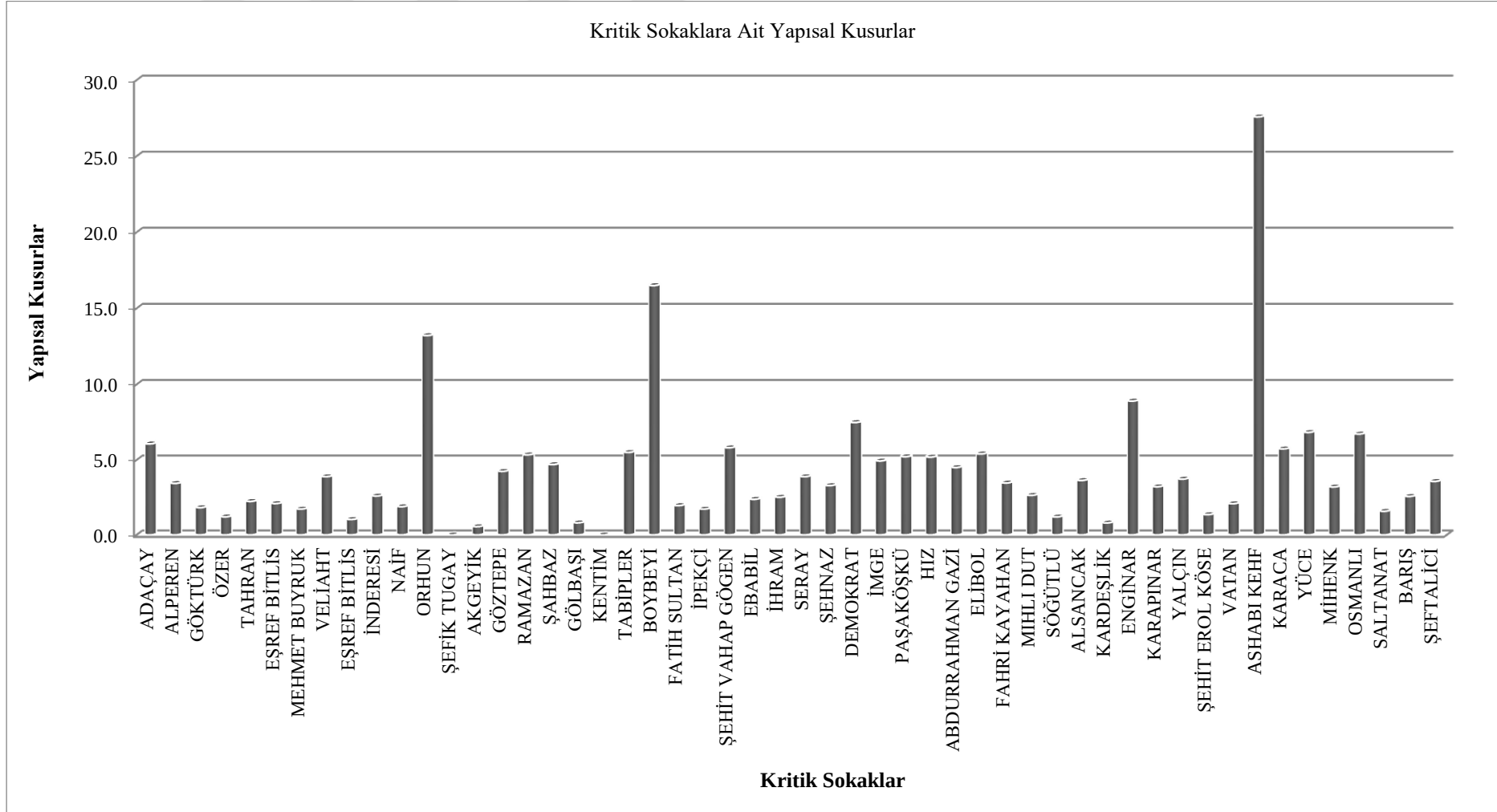
Şekil 6.25. Kritik sokaklara ait yapısal kusurlar; bozulma/deformasyon oranı, noktasal tamir oranı



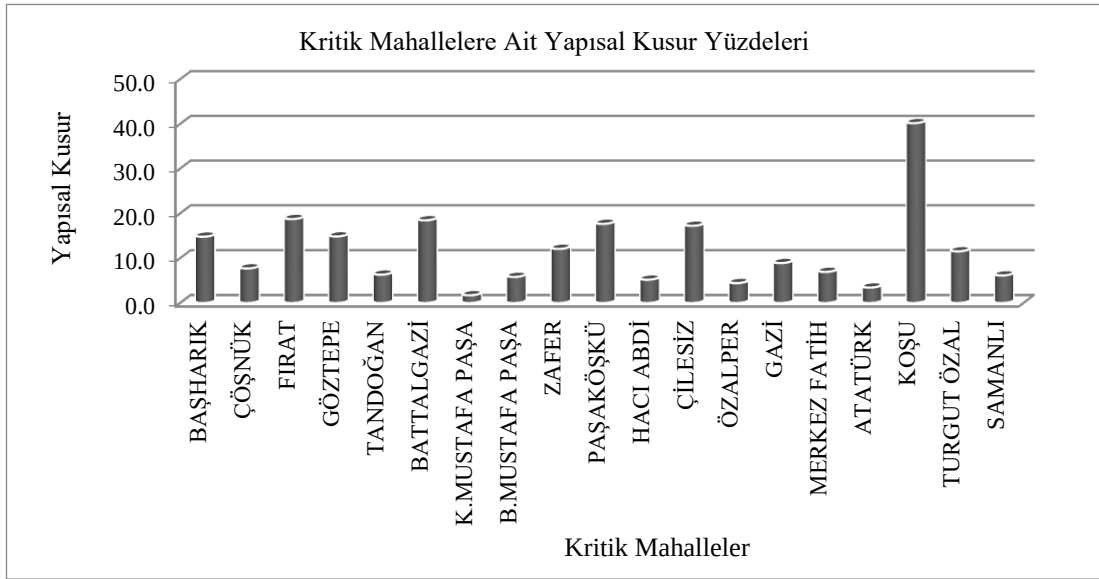
Şekil 6.26. Kritik sokaklara ait yapısal kusurlar; mıçır, moloz parçası



Şekil 6.27. Kritik sokaklara ait yapısal kusurlar; bina bağlantı yanlış imalatı, tıkanıklık



Şekil 6.28. Kritik sokaklara ait yapısal kusurlar



Şekil 6.29. Kritik mahallelere ait yapısal kusur yüzdeleri

Şekil 6.23'te yağ ve gres yüzdesinin en fazla olduğu yerler Ashabı Kehf ve Hız sokakları iken ağaç ve bitki köklerinin en fazla olduğu yerler Mihenk, İnderesi ve Orhun sokakları olmuştur. Lokanta ve yemekhanelerin bulunduğu sokaklar üzerinde yağ ve gres oranı ile ağaç ve bitki kökü oranlarının paralellik gösterdiği görülmektedir.

Şekil 6.24'te Tabipler, Enginar ve Barış sokaklarında sırası ile 3.672, 1.782, 1.028 değerleri ile boru malzemesi bütünlüğü en bozukken Osmanlı ve Adaçay sokaklarında 0.962 ve 0.760 ile çökme oranı en yüksek değerlere sahip olduğu bulunmuştur.

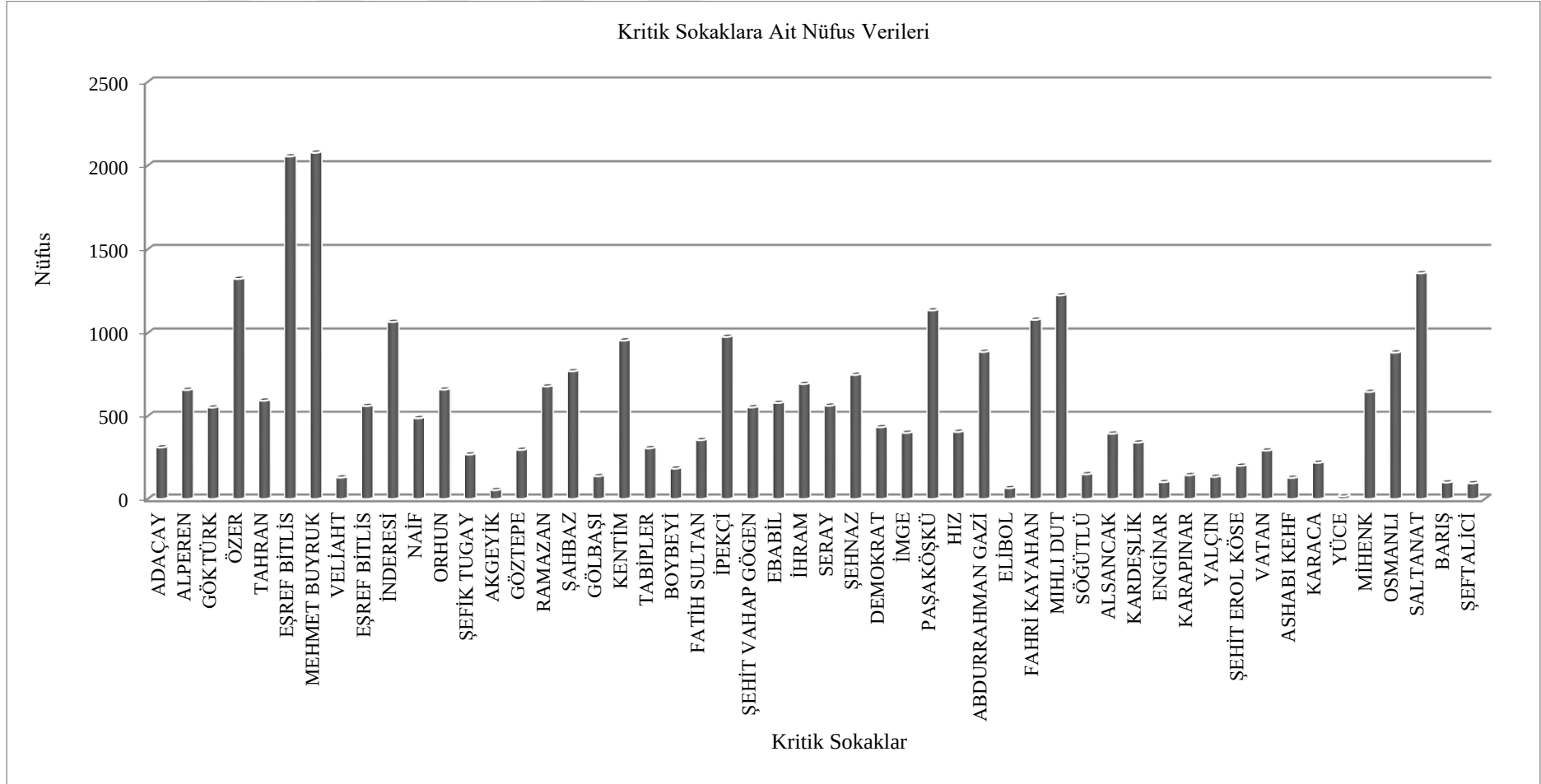
Şekil 6.25'de Bozulma/deformasyon oranları yüksek olan Veliaht, Enginar, Karapınar, Mıhlıdut ve Karaca sokakları 1. dereceden arıza riskine sahipken noktasal tamir oranı yüksek olan noktalarda ise güvenlik açığı olduğundan 2.dereceden riskli olan bölgeleri Yüce, İpekçi, Elibol, Tahran ve Vatan sokakları oluşturmaktadır.

Şekil 6.26'da hat içerisinde tıkanıklık ve yetersiz akış kapasitesine sebep olan mıcır ve moloz parçası parametrelerinin en çok görüldüğü sokaklar mıcır için Boybeyi, Şehit Vahap Gögen, Ashabı Kehf, Orhun ve moloz parçası için Orhun, Ashabı Kehf, Elibol ve İmge olarak bulunmuştur.

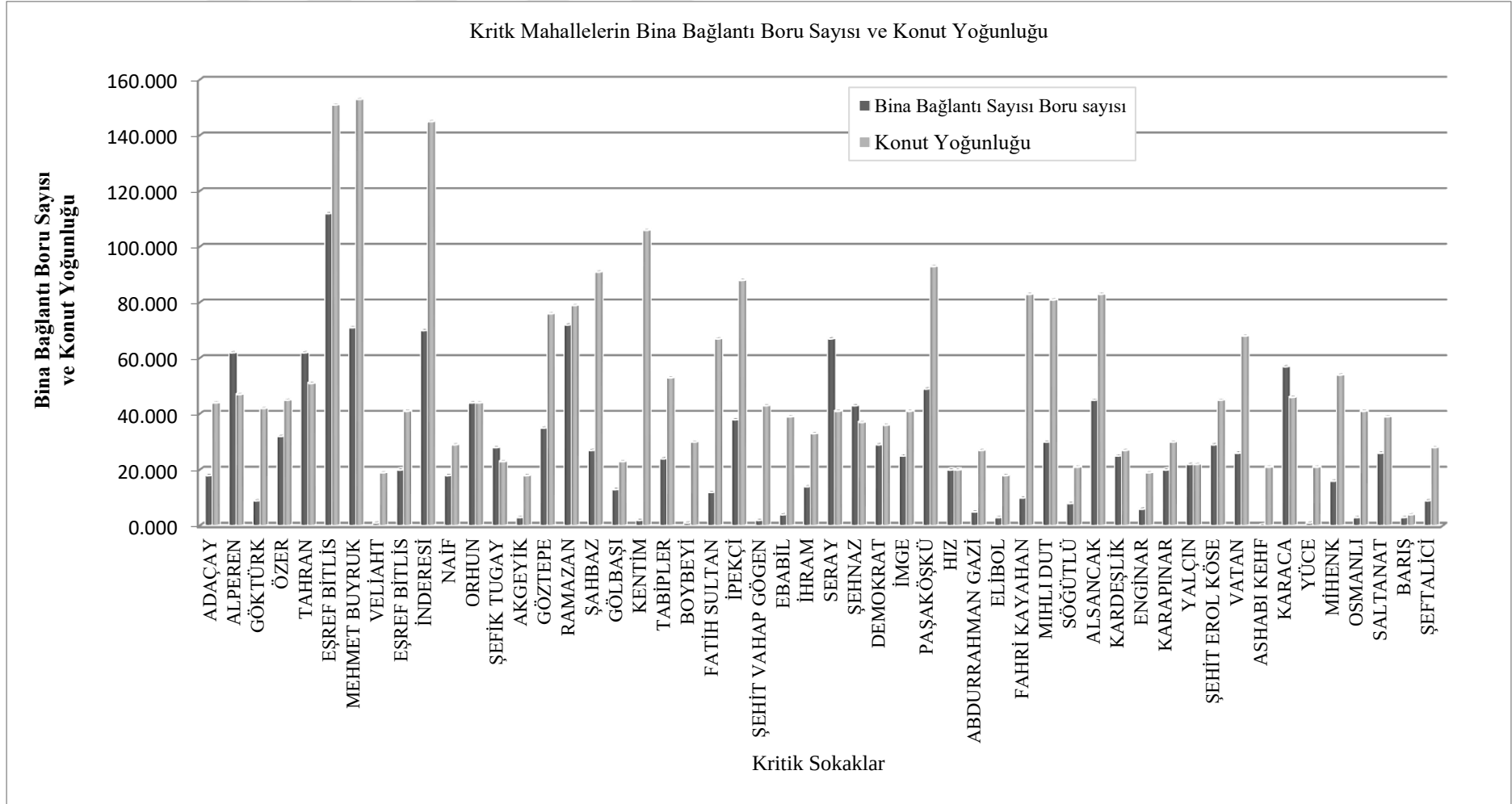
Şekil 6.27 incelendiğinde tıkanıklığın en fazla olduğu noktalar 9.195 ile Ashabı Kehf ve 8.251 ile Boybeyi tıkanıklığı en fazla sokaklar iken Demokrat, 4.286 değeri ile bina bağlantı yanlış imalatının en fazla olduğu sokaktır. Diğer sokalarda ise bina bağlantı yanlış imalatının hatta saplandığı noktalarda akış kapasitesi düşüklüğü sebebiyle tıkanıklık durumunun çoğunda oluştuğu görülmüştür.

Şekil 6.28 incelendiğinde her sokak için hesaplanan yapısal kusurların satır toplamaları alınarak tek başlık altında incelendiğinde 27.586 ile Ashabı Kehf, 16.502 ile Boybeyi, 13.213 ile Orhun, 8.909 ile Enginar, 7.501 ile Demokrat sokak listenin ilk 5 sıralamasını almıştır.

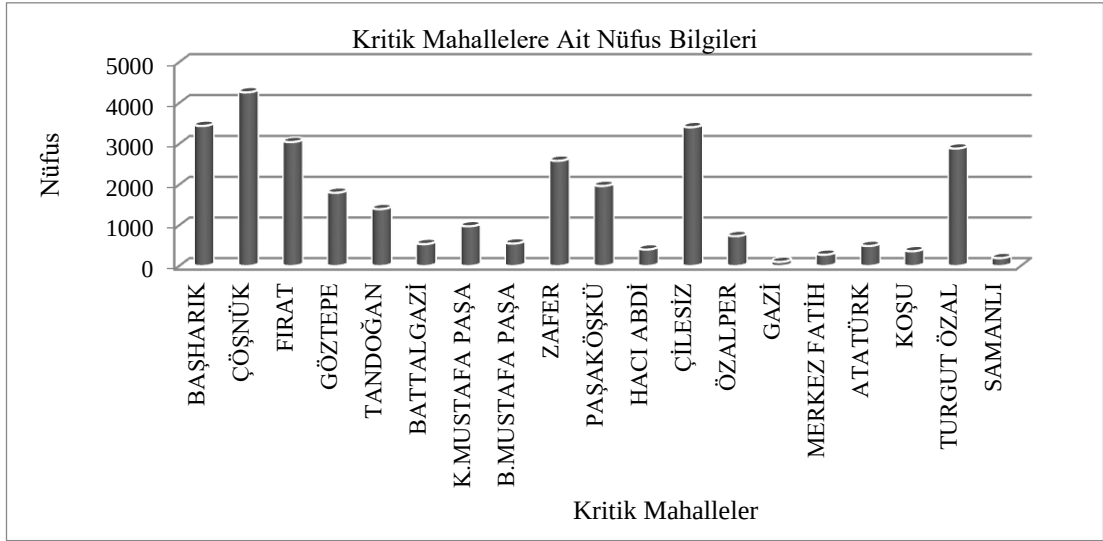
Şekil 6.29’da ise yapısal kusur yüzdeleri mahalle bazında incelenmiştir. Görsel incelendiğinde yapısal kusurların en yoğun görüldüğü yer Koşu mahallesidir. Fırat, Battalgazi, Paşaköşkü ve Çilesiz mahalleleri de benzer oranlar ile 2. sırada yoğunluğun görüldüğü yerlerdir.



Şekil 6.30. Kritik sokaklara ait nüfus verileri

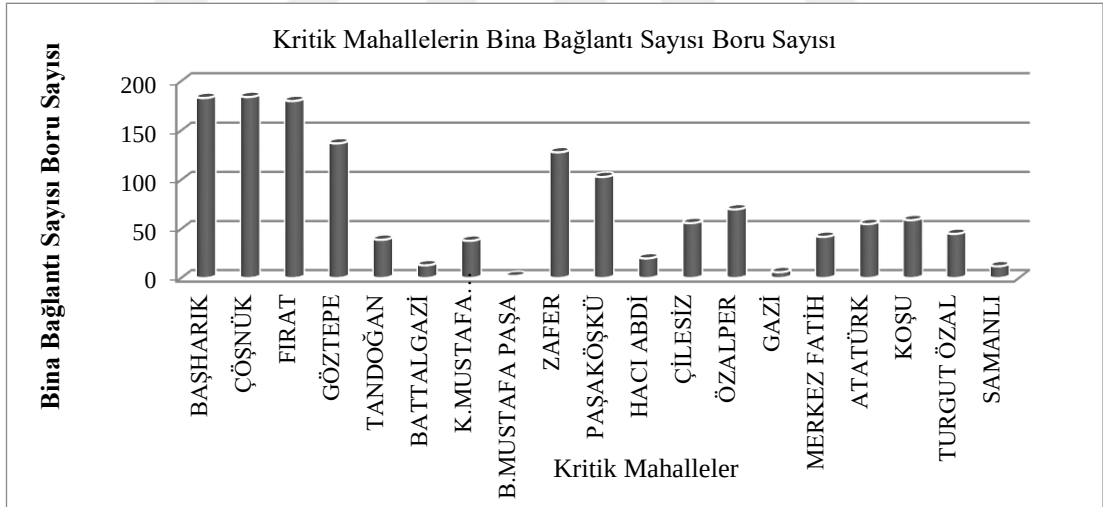


Şekil 6.31. Kritik mahallelerin bina bağlantı boru sayısı ve konut yoğunluğu



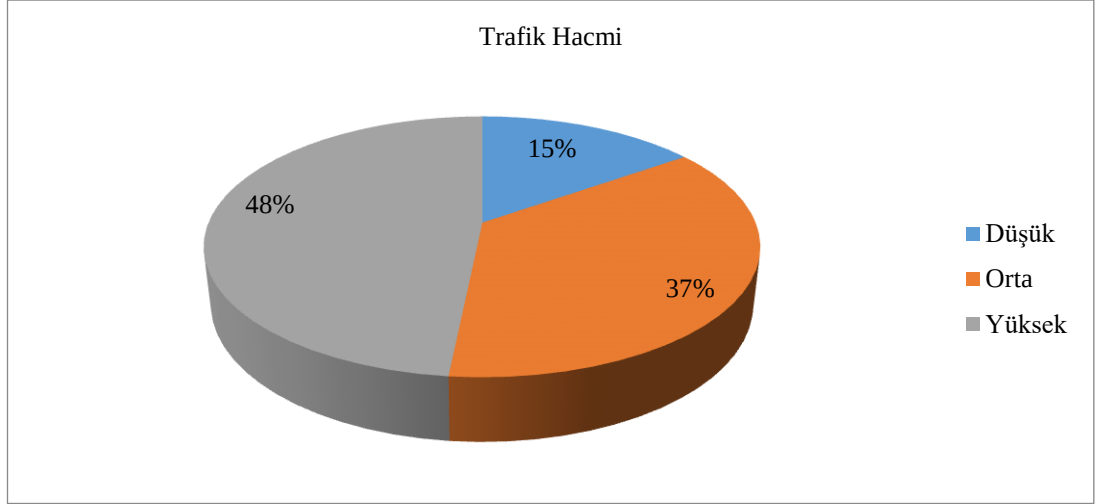
Şekil 6.32. Kritik mahallelere ait nüfus bilgileri

Şekil 5.30'da Mehmet Buyruk ve Eşref Bitlis sokakları sırasıyla 2078 ve 2056 kişi ile en fazla nüfusa sahipken Yüce, Akgeyik ve Elibol sokakları sırasıyla 17, 54 ve 66 kişilik nüfusa sahiptir.



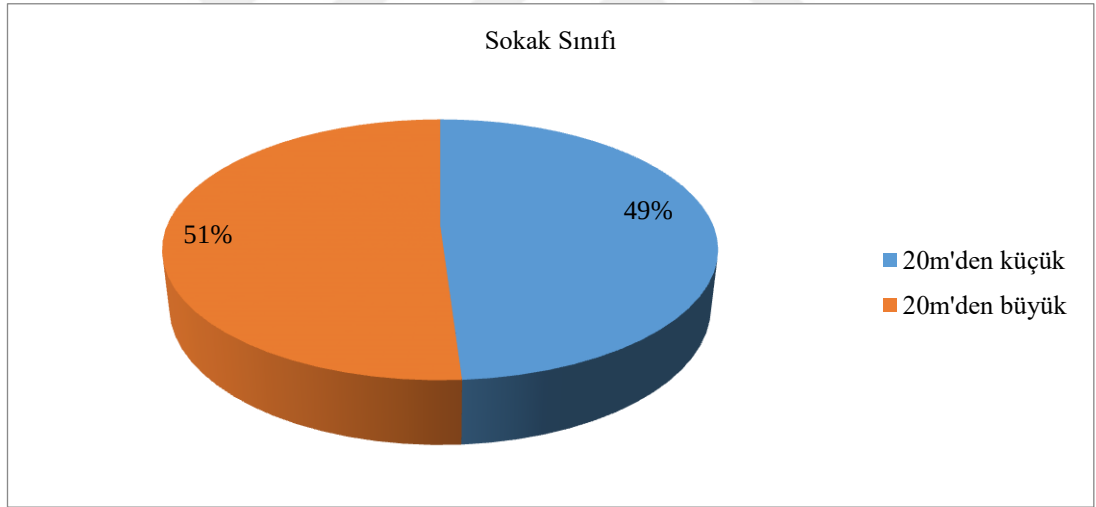
Şekil 6.33. Kritik mahallelerin bina bağlantı sayısı boru sayıları

Şekil 6.31'de Bina bağlantı boru sayılarının en fazla olduğu sokaklar; 112 bağlantı ile Eşref Bitlis, 72 Bağlantı ile Ramazan, 70 bağlantı ile İnderesi ve 67 bağlantı ile Seray olduğu ve Konut yoğunluğunun 153 konut ile Mehmet Buyruk ve 151 konut ile Eşref Bitlis sokaklarında en fazla olduğu görülmektedir.



Şekil 6.34. Uygulama Alanı Trafik Hacmi Yüzdeleri

2526.000 metre hat uzunluğunun düşük, 6045.650 metre hat uzunluğunun orta ve 8037.290 metrenin yüksek trafik hacmine sahip olduğu belirlenmiş ve bu değerlerin yüzdelik oranlarının gösterimi Şekil 5.30'da verilmiştir.

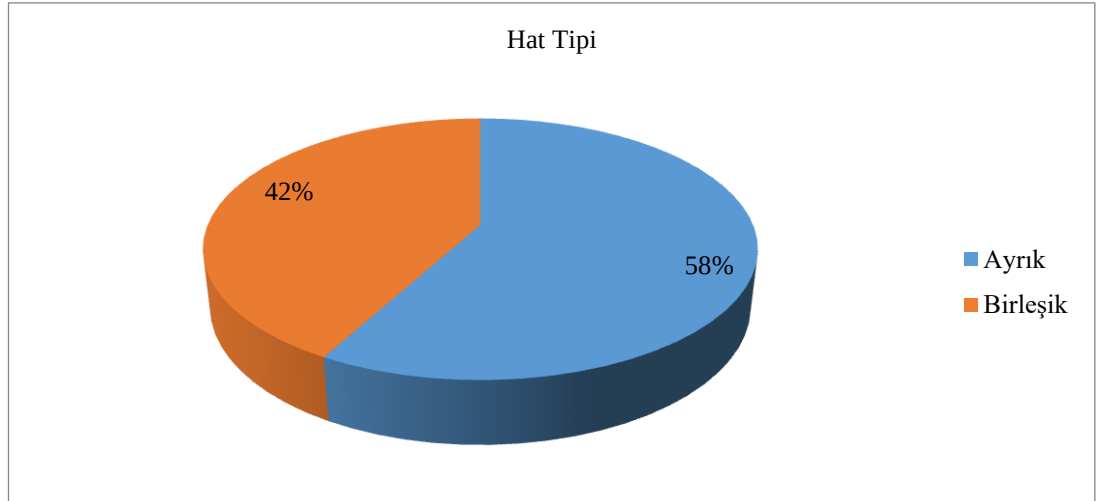


Şekil 6.35. Uygulama Alanı Sokak Sınıfı Yüzdeleri

Uygulama alanında bulunan 34 sokağın 20 m'den küçük ve 18 sokağın ise 20 m'den büyük sokak sınıfında bulunduğu belirlenmiştir. Sırasıyla 20 metreden küçük ve büyük olan sokakların uzunluğunun 8132.84 ve 8476.1 m olarak bulunmuş ve Şekil 6.35'de bu değerlerin yüzdelik dağılımı gösterilmiştir. Şekil 5.33'de uygulama alanı kanalizasyon hat tipi ve Şekil 6.36'da hat tipi dağılım yüzdeleri gösterilmektedir.



Şekil 6.36. Uygulama Alanı Hat Tipi Gösterimi (MASKİ, 2018)



Şekil 6.37. Uygulama Alanı Hat Tipi Yüzdeleri

32 sokak ayrık ve 22 sokak birleşik hat tipine sahip olmakta ve ayrık hat tipine sahip hat uzunluğu 9628.47 metre iken birleşik kanalizasyon sistemine sahip hat uzunluğu ise 6980.47 metre uzunluktadır.

Çizelge 6.8 Atıksu değişkenleri sayısal verileri

MAHALLE	Boru Çapı	Mahalle Uzunluğu	Kamera Metrajı	Görüntü Alınmayan Temizlik Metrajı	Boru Malzemesi	Boru Eğimi	Ters Eğim Oranı	Ortalama Eğim	Min. Baca Arası Mesafesi	Mak. Baca Arası Mesafe	Yapısal Kusur Yüzdesi	Bina Bağlantı Sayısı Boru sayısı	Aşırı Yükleme	250 mm Çapından Küçük Boru Sayısı
BAŞHARIK	200	1423.38	1323.25	127.36	1	0.742	0.730	0.004	1.51	64.87	14.79	183	0.40	39
ÇÖŞNÜK	400	2605.68	2385.01	220.67	1	1.590	0.047	0.048	1.24	75.5	7.71	184	0.40	33
FIRAT	300	1901.46	1838.63	62.83	1	0.951	0.078	0.043	1.02	72.41	18.73	180	0.50	43
GÖZTEPE	200	1470.47	1273.61	196.86	1	2.618	0.212	0.011	1.46	168.73	14.85	137	0.50	43
TANDOĞAN	200	347.68	287.95	59.73	1	2.677	0.141	0.033	6.4	57.61	6.32	39	0.30	13
BATTALGAZİ	300	470.71	470.71	0.10	1	1.600	0.001	0.131	0.85	58.1	18.46	13	0.70	14
K.M. PAŞA	200	347.54	347.54	0.10	1	0.430	0.001	0.003	27.08	47.18	1.73	38	0.40	9
B.M. PAŞA	200	34.37	34.37	0.10	2	4.000	0.001	0.002	11.76	22.61	5.82	2	0.50	2
ZAFER	200	1077.30	881.67	195.63	1	2.080	0.235	0.010	0.19	59.96	12.08	128	0.70	34
PAŞAKÖŞKÜ	200	826.07	695.90	130.17	1	2.940	0.250	0.051	2.97	54.29	17.66	103	0.70	25
HACI ABDİ	200	211.75	180.56	31.19	1	0.650	0.265	0.051	8.5	56.05	5.19	20	0.60	8
ÇİLESİZ	200	2072.26	2039.25	33.01	1	0.480	0.037	0.203	2.88	65.33	17.22	56	0.50	47
ÖZALPER	200	703.56	586.77	116.79	1	0.415	0.001	0.013	6.76	62.82	4.44	70	0.60	20
GAZİ	200	56.12	56.12	0.10	1	0.440	0.001	0.002	19.71	36.41	8.91	6	0.50	2
M. FATİH	200	617.73	562.15	55.58	1	1.420	0.001	0.024	9.84	51.96	6.94	42	0.60	16
ATATÜRK	200	534.68	534.68	0.10	1	0.498	0.030	0.002	0.88	58.65	3.44	55	0.80	15
KOŞU	200	403.50	403.50	0.10	1	0.907	0.001	0.002	1.75	52.65	40.18	59	0.80	15
T. ÖZAL	300	1142.15	1058.60	83.55	1	2.020	0.229	0.036	0.64	60.18	11.52	45	0.70	13
SAMANLI	200	362.53	360.83	1.70	1	3.285	0.001	0.011	0.81	59.9	6.14	12	0.60	12

Çizelge 6.8 Atıksu değişkenleri sayısal verileri (devam)

MAHALLE	Boru Derinliği	Boru Sirt Derinliği	Bölge Alanı	Bölge Nüfus u	Boru Yenileme Maliyeti	Boru yaşı	Arıza Sayısı	Zemin Özelliği	Trafik Hacmi	Sokak Sınıfı	Hat Tipi	Konut Sayısı	Bağımsız Birim Sayısı	Kritik Müşteri Sayısı
BAŞHARIK	1.953	2.156	272031.00	3442	686069.16	21	52	1	2	1	2	229	1246	3
ÇÖŞNÜK	2.103	2.075	836126.93	4264	1255937.76	20	34	1	3	2	2	323	1854	7
FIRAT	2.517	2.003	493044.78	3047	916503.72	16	43	1	2	2	2	282	1218	5
GÖZTEPE	2.138	1.928	322162.50	1803	708766.54	25	28	2	3	1	1	264	775	2
TANDOĞAN	2.097	2.232	74967.52	1401	167581.76	25	21	2	3	2	1	182	492	1
BATTALGAZİ	2.500	2.703	98698.37	540	226882.22	20	8	2	2	1	2	97	182	2
K.M. PAŞA	2.000	2.203	23413.53	978	167514.28	10	16	2	3	1	1	88	408	2
B.M. PAŞA	2.000	2.203	2905.85	554	16566.34	10	7	2	2	1	1	43	204	1
ZAFER	2.428	2.478	166880.15	2590	519258.60	25	50	1	2	1	1	150	975	2
PAŞAKÖŞKÜ	2.367	2.501	105319.64	1970	398165.74	15	15	1	3	1	1	170	981	2
HACI ABDİ	2.730	2.933	25071.15	406	102063.50	15	17	2	2	1	1	20	155	1
ÇİLESİZ	2.214	1.923	607234.70	3410	998829.32	8	45	2	3	2	2	230	1756	1
ÖZALPER	2.335	1.920	201315.16	736	339115.92	10	14	2	2	1	1	110	323	2
GAZİ	2.000	2.203	7483.02	102	27049.84	25	4	1	1	1	1	19	36	1
M. FATİH	2.020	2.240	58012.82	278	297745.86	25	23	1	1	1	1	71	126	1
ATATÜRK	2.000	2.203	36783.45	494	257715.76	25	9	1	2	1	1	113	180	1
KOŞU	2.000	2.203	47367.47	364	194487.00	25	19	1	2	1	1	88	158	1
T. ÖZAL	2.383	2.588	178618.91	2889	550516.30	15	25	2	3	2	1	134	1087	2
SAMANLI	1.870	2.087	36002.60	195	174739.46	13	9	2	2	2	2	32	121	1

Çizelge 6.8’de atıksu değişkenlerinin 19 kritik mahalle için sayısal verilerini içeren tablo sunulmuştur. Sözel verileri içeren boru malzemesi, zemin özelliği, trafik hacmi, sokak sınıfı, hat tipi parametrelerinin değerleri sayısal verilere dönüştürülerek kullanılmıştır. Sözel ifadelerin sayısal verilere dönüştürülmesi işleminde arızayı etkileme durumu göz önüne alınmış yüksek risk taşıyanlara büyük numaralar verilmiştir.

Boru malzemesi parametresinde beton borular için 1 değeri kullanılırken, koruge boru için 2 şeklinde numaralandırma yapılmıştır.

Ortalama ve hareketli zemin çeşidinden oluşmakta olan zemin özelliği parametresi için sırasıyla 1 ve 2 değerleri kullanılmıştır.

Trafik hacmi için düşük, orta ve yüksek şeklinde sınıflandırma yapılırken sırasıyla 1,2 ve 3 şeklinde numaralandırma yapılmıştır.

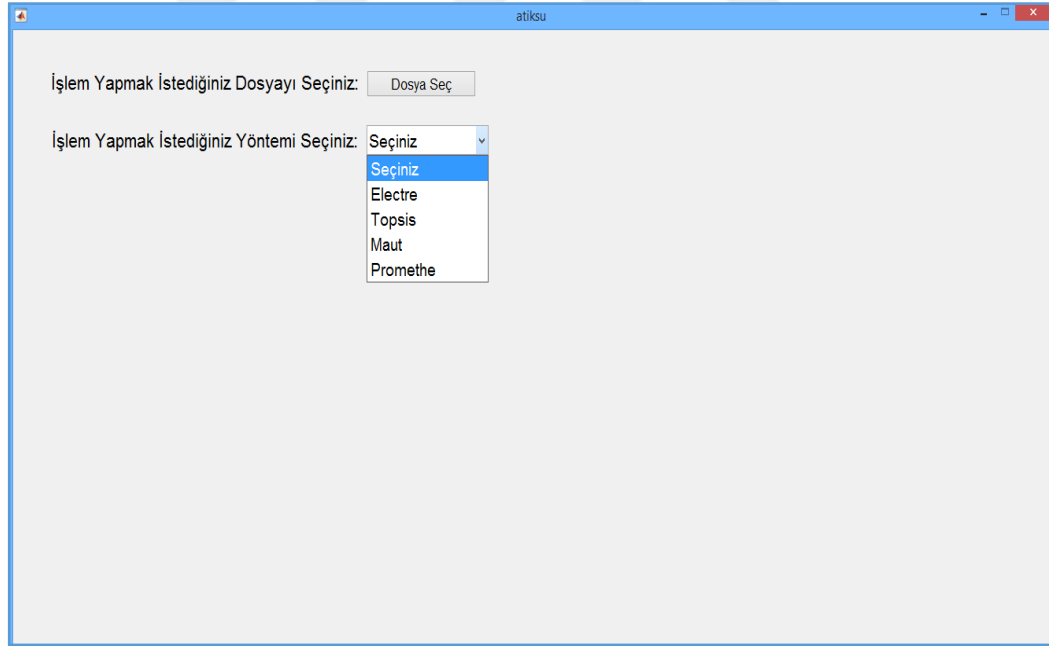
Sokak sınıfı sınıflandırmasında 20 m değeri eşik kabul edilerek sokaklar 20 metreden büyük ve küçük şeklinde incelenmiş ve büyük sokaklar için 2, küçük sokaklar için 1 numaraları verilmiştir.

Kanalizasyon hat tipi ayırık ve birleşik sistemden oluşmaktadır. Birleşik sistemlerde arıza potansiyeli daha yüksek olduğu için birleşik sistem için 2, ayırık sistem için mahallelere 1 numaralandırması yapılmıştır.

6.2. Karar Destek Yazılımının Geliştirilmesi

Karar Destek Sistemleri (KDS), bir karar aşamasında, toplanmış bilgilerden faydalanarak karar vermeyi kolaylaştıran sistemlerdir. Günümüzde karar destek sistemleri bilgisayar tabanlı, insan tabanlı veya ikisinin karışımı şeklinde tasarlanmaktadır (Ataç, 2003).

Günümüzde, klinik ve laboratuvar uygulamaları, Finans / Risk uygulamaları, Tarım sektörü ve yer bilim çalışmaları gibi birçok alana özel KDS'ler geliştirilmiştir. Bu çalışmada kanalizasyon borularının risk sıralamasının yapılması için uzmanlara yardımcı olabilecek ve uzmanların karar verme anında işlerini hızlandırabilecek MATLAB tabanlı KDS geliştirilmiştir. Geliştirilen KDS, 19 kritik mahalle için atık su borularının risk sırasına göre önceliklendirme işlemini ELECTRE, TOPSIS, PROMETHE ve MAUT yöntemlerine göre yapabilmektedir. Geliştirilen KDS'nin arayüzü Şekil 6.38 de sunulmuştur.



Şekil 6.38 Karar destek sistemi arayüzü

Geliştirilen KDS kritik mahallelerde yer alan atık su borularına ait 29 parametreyi giriş olarak kabul etmektedir. Atık su borularının risk sırasına göre önceliklendirme işlemini ELECTRE, TOPSIS, PROMETHE, MAUT yöntemlerine göre yapabilmektedir. Çalışmada kritik mahalle olarak 19 adet mahalle belirlenmiştir.

6.2.1. ENTROPI Yöntemi ile Ağırlık Katsayılarının Belirlenmesi

Çalışmanın bu bölümünde önceki bölümde verilen faktörlerin ağırlık katsayıları hesaplanmıştır. Bunun için yöntem kısmında detaylı bir şekilde açıklanan ENTROPI yöntemi uygulanmıştır. Faktörlere ait ağırlık katsayıları mahallelerin performansının belirlenmesi, rehabilitasyonda öncelikli bölgelerin belirlenmesinde kullanılacak olup bu katsayıların doğru bir şekilde hesaplanması oldukça önemlidir. ENTROPI yöntemi ile ağırlık katsayısının hesaplanmasında aşağıdaki yol izlenmiştir;

1.Adım: Karar Matrisinde Normalizasyon İşlemi

Çizelge 6.8’de verilen satırları mahalleleri sütunları parametreleri oluşturan karar matrisi tablosunun her hücresi için aşağıda verilen denklem yardımı ile normalizasyon işlemi yapılmıştır.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{M_{akj}} \quad (6.1)$$

2.Adım: Her Bir Parametre için Entropi Değerlerinin Tayini

Her bir parametrenin ENTROPI değeri tahmini için öncelikle p_{ij} , normalize değerler matrisi oluşturulmuştur. Bu işlem adımında 1.işlem adımındaki normalize edilmiş karar matrisinin her hücresinin kendi bulunduğu hücrenin sütun değerleri toplamına oranı alınmıştır. k , ENTROPI katsayısı 19 mahalleden oluşan karar matrisi için $\frac{1}{\ln(19)}$ ile hesaplanmış ve negatifi alınmıştır. Tüm bu işlemler sonunda e_j , entropi değerleri Çizelge 6.9’daki gibi tayin edilmiştir.

$$e_j = -k \sum_{j=1}^m p_{ij} \ln(p_{ij}) \quad (6.2)$$

$$p_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_1^j x_{ij}} \quad (6.3)$$

$$k = \frac{1}{\ln(n)} \quad (6.4)$$

Çizelge 6.9 ENTROPI değerleri

Mahalle İsimleri	Entropi Değerleri
Başharık	0.516
Çöşnük	0.634
Fırat	0.468
Göztepe	0.438
Tandoğan	0.233
Battalgazi	0.191
K.Mustafa Paşa	0.179
B.Mustafa Paşa	0.104
Zafer	0.385
Paşaköşkü	0.345
Hacı Abdi	0.167
Çilesiz	0.519
Özalper	0.211
Gazi	0.084
Merkez Fatih	0.167
Atatürk	0.101
Koşu	0.129
Turgut Özal	0.331
Samanlı	0.109

3.Adım: Ağırlık Katsayısı Hesapları

Verilen denklem ile 2.adımda hesaplanan e_j değerleri kullanılarak her bir parametre için toplamı 1 olacak şekilde ağırlık katsayısı hesabı yapılmıştır. Parametrelerin ağırlık katsayısı değerleri Çizelge 6.10'da verilmiştir.

$$w_j = \frac{1-e_j}{\sum_{j=1}^m (1-e_j)} \quad (6.5)$$

Çizelge 6.10 Parametrelerin ağırlık katsayıları

Faktör	Ağırlık Katsayısı	Faktör	Ağırlık Katsayısı
Boru Çapı	0.0036	Boru Derinliği	0.00076
Mahalle Uzunluğu	0.0442	Boru Sırt Derinliği	0.00094
Kamera Metrajı	0.0447	Bölge Alanı	0.08064
Görüntü Alınmayan Temizlik Metrajı	0.0858	Bölge Nüfusu	0.04985
Boru Malzemesi	0.0025	Boru Yenileme Maliyeti	0.04420
Boru Eğimi	0.0324	Boru yaşı	0.00814
Ters Eğim Oranı	0.1212	Arıza Sayısı	0.02738
Cadde/Sokak Ortalama Eğim	0.0975	Zemin Özelliği	0.00764
Minimum Baca Arası Mesafe	0.0879	Trafik Hacmi	0.00584
Maksimum Baca Arası Mesafe	0.0107	Sokak Sınıfı	0.0081
Yapısal Kusur Yüzdesi	0.0317	Kanalizasyon Hat Tipi	0.0081
Bina Bağlantı Sayısı Boru sayısı	0.0482	Konut Sayısı	0.0299
Kanalizasyona Aşırı Yükleme	0.0041	Bağımsız Birim Sayısı	0.0522
250 mm Çapından Küçük Boru Sayısı	0.0310	Kritik Müşteri Sayısı	0.0304

Entropi ile belirlenen parametrelerin ağırlık katsayıları incelendiğinde atıksu borularında arızaya sebep olabilecek parametreler içinde en etkili olanının ters eğim oranı olduğu görülmekte ve 0.121 katsayısını almaktadır. Bozulma sürecine etkisi en düşük olan parametrelerin ise boru derinliği ve boru sırt derinliği olduğu görülmekte ve sırasıyla 0.00077 ve 0.00095 katsayılarını aldıkları görülmektedir.

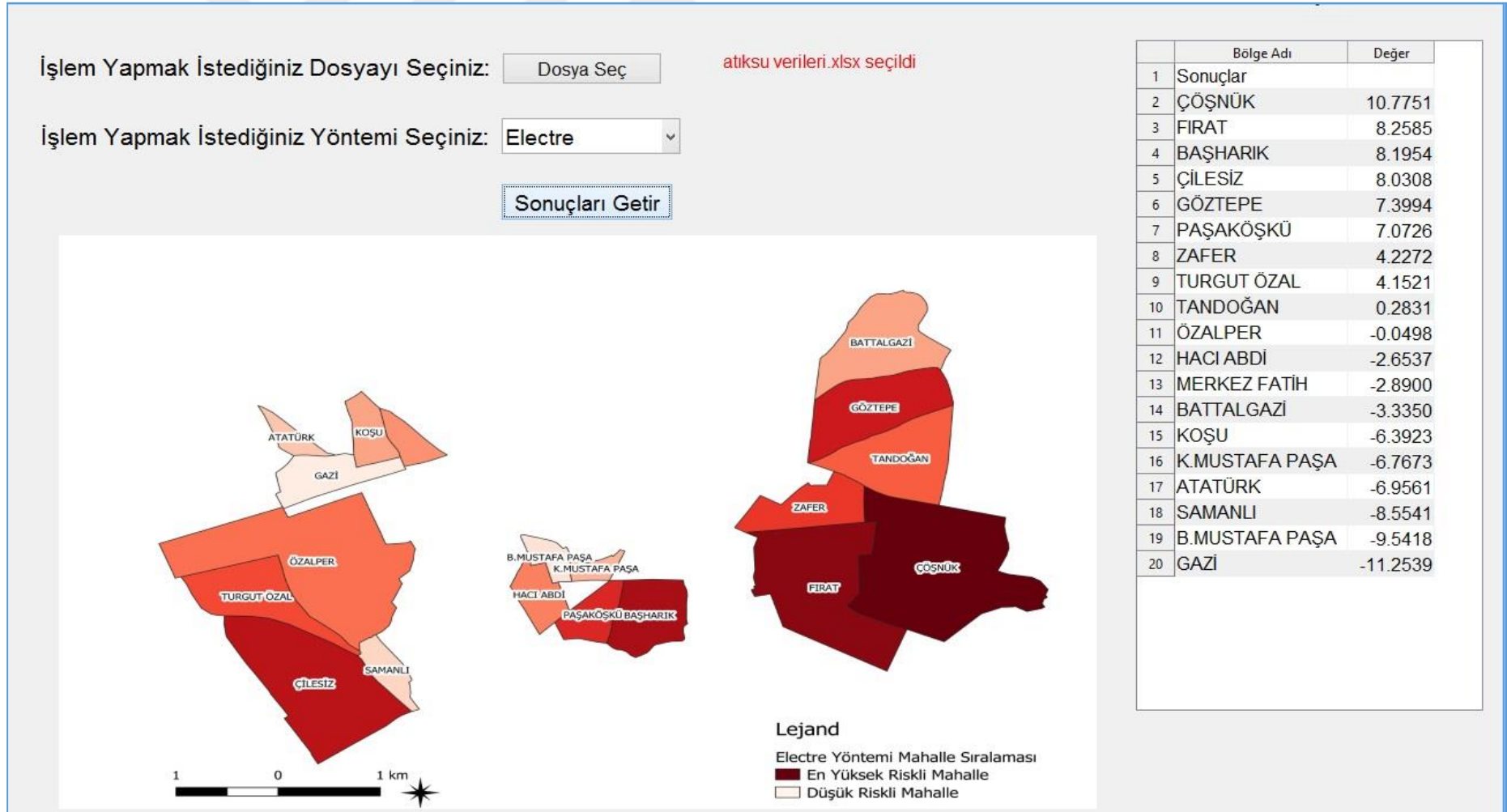
6.2.2.Rehabilitasyonda Öncelikli Bölgelerin ELECTRE Yöntemi ile Belirlenmesi

Bir önceki bölümde belirlenen ağırlık katsayıları ve faktörlere ait saha verileri kullanılarak ELECTRE yöntemi ile atıksu sistemlerinde rehabilitasyonda öncelikli bölgeler belirlenmiştir. ELECTRE yöntemine göre kritik mahallelerin risk sıralaması ve değerleri Çizelge 6.11’de verilmiştir.

Çizelge 6.11 ELECTRE yöntemi ile risk önceliklendirmesi

Sıralama	Mahalle İsimleri	Değerler
1	ÇÖŞNÜK	10.7751
2	FIRAT	8.2585
3	BAŞHARIK	8.1954
4	ÇİLESİZ	8.0308
5	GÖZTEPE	7.3994
6	PAŞAKÖŞKÜ	7.0726
7	ZAFER	4.2272
8	TURGUT ÖZAL	4.1521
9	TANDOĞAN	0.2831
10	ÖZALPER	-0.0498
11	HACI ABDİ	-2.6537
12	MERKEZ FATİH	-2.8900
13	BATTALGAZİ	-3.3350
14	KOŞU	-6.3923
15	K.MUSTAFA PAŞA	-6.7673
16	ATATÜRK	-6.9561
17	SAMANLI	-8.5541
18	B.MUSTAFA PAŞA	-9.5418
19	GAZİ	-11.2539

Risk değerlerine göre mahalleler büyükten küçüğe doğru sıralandığında ilk 5 mahalle Çöşnük, Fırat, Başharık, Çilesiz, Göztepe ve son sıradaki 5 mahalle ise Küçük Mustafa Paşa, Atatürk, Samanlı, Büyük Mustafa Paşa ve Gazi şeklinde olmuştur. Şekil 6.39’da ELECTRE yöntemine göre yapılan sıralama ve risk haritası mevcuttur. Renklendirme yüksek risk değerinden düşük risk değerine doğru koyu kırmızıdan başlanarak yapılmıştır.



Şekil 6.39. ELECTRE yöntemi risk sıralaması

6.2.3.Rehabilitasyonda Öncelikli Bölgelerin TOPSIS Yöntemi ile Belirlenmesi

TOPSIS yönteminde kritik mahallelerin risk sıralamasında 5. işlem adımını içeren ayırma ölçütlerinin hesaplanması ve her alternatifin negatif ideallerinden ayrılması işlemi verilen denklem ile tamamlanmış ve sonuçları Çizelge 6.12’de tablo halinde sunulmuştur.

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (V_{ij} - V_j^-)^2} \quad (6.6)$$

Çizelge 6.12 TOPSIS yöntemi negatif ideal toplamı

Mahalle İsmi	S(negatif) Toplamları
Başharık	0.0110897395373681
Çöşnük	0.0150305903656070
Fırat	0.0161543279555255
Göztepe	0.0151392170354980
Tandoğan	0.0182801701712526
Battalgazi	0.0205660982145145
K.Mustafa Paşa	0.0224150422832686
B.Mustafa Paşa	0.0244740005347823
Zafer	0.0160880836533918
Paşaköşkü	0.0141529000366202
Hacı Abdi	0.0165078078841391
Çilesiz	0.0137546116000261
Özalper	0.0209814758949513
Gazi	0.0238977996770157
Merkez Fatih	0.0217104770141265
Atatürk	0.0250863163273761
Koşu	0.0252802913585744
Turgut Özal	0.0156325453093614
Samanlı	0.0256686998836413

TOPSIS yönteminde 6. işlem adımında ise ideal çözümlere göre yakınlık derecelerinin hesaplanması işlemi verilen denklem yardımıyla hesaplanmış ve sonuçları Çizelge 6.13'te verilmiştir. Çizelge 6.14'te yapılan risk önceliklendirmesine göre renklendirilen harita Şekil 6.40'da verildiği şekildedir.

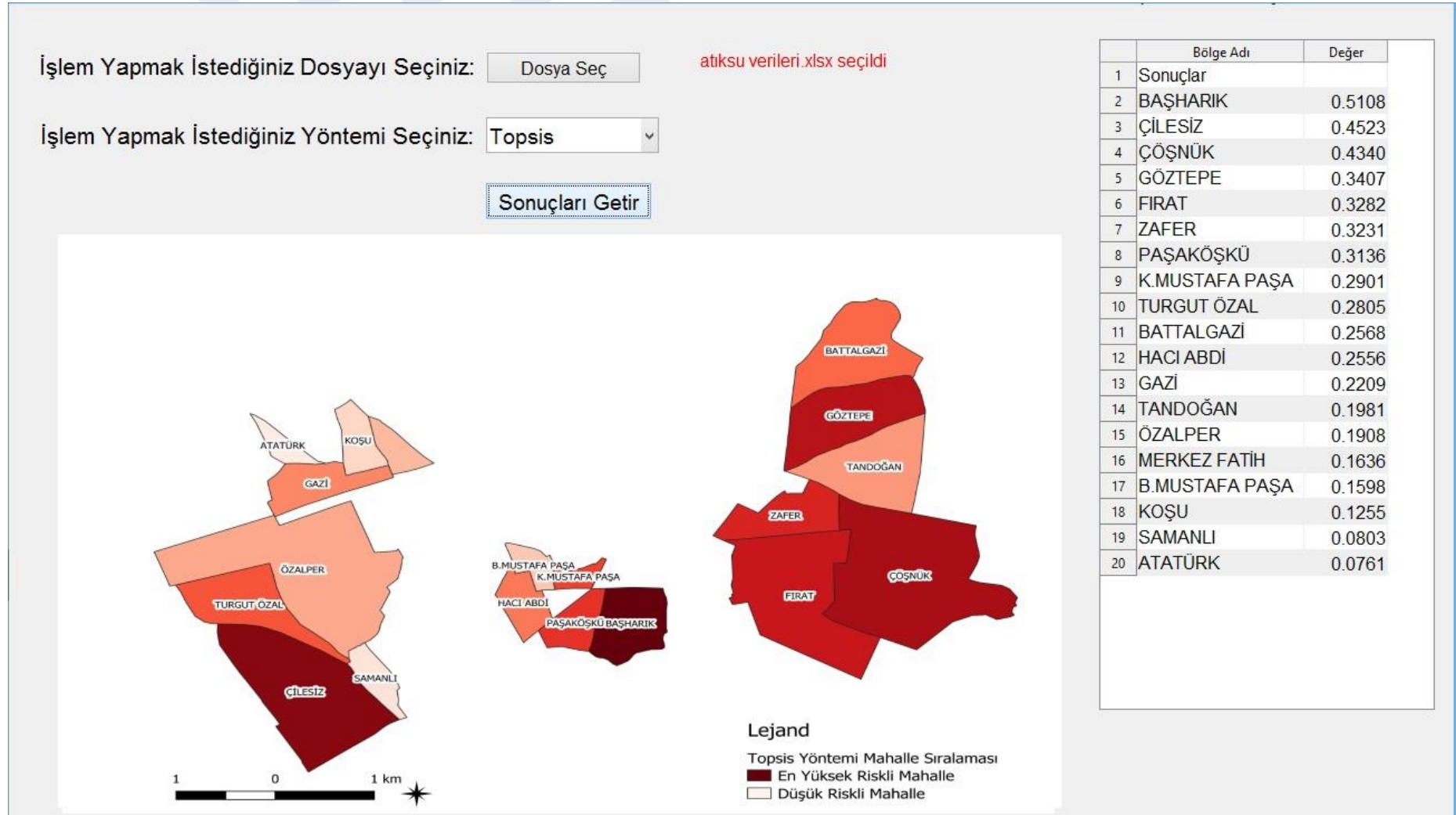
$$C_i^* = S_i^- / S_i^- + S_i^+, \quad 0 \leq C_i^* \leq 1 \quad (6.7)$$

Çizelge 6.13 TOPSIS yöntemi ideal çözümlere yakınlık dereceleri

Mahalle İsmi	Ci* Değerleri
Başharık	0.510779445645928
Çöşnük	0.433989193874104
Fırat	0.328183060769589
Göztepe	0.340704016615507
Tandoğan	0.198116403832737
Battalgazi	0.256813638173085
K.Mustafa Paşa	0.290073683111104
B.Mustafa Paşa	0.159815937973316
Zafer	0.323130045204419
Paşaköşkü	0.313572816291244
Hacı Abdi	0.255638327267057
Çilesiz	0.452320587558615
Özalper	0.190808925987303
Gazi	0.220911680097860
Merkez Fatih	0.163576150112630
Atatürk	0.0761383227216370
Koşu	0.125543377594215
Turgut Özal	0.280501069941430
Samanlı	0.0802567500463823

Çizelge 6.14 TOPSIS yöntemi tercih üstünlüğüne göre alternatiflerin sıralaması

Sıralama	Mahalle İsimleri	Değerler
1	BAŞHARIK	0.5108
2	ÇİLESİZ	0.4523
3	ÇÖŞNÜK	0.4340
4	GÖZTEPE	0.3407
5	FIRAT	0.3282
6	ZAFER	0.3231
7	PAŞAKÖŞKÜ	0.3136
8	K.MUSTAFA PAŞA	0.2901
9	TURGUT ÖZAL	0.2805
10	BATTALGAZİ	0.2568
11	HACI ABDİ	0.2556
12	GAZİ	0.2209
13	TANDOĞAN	0.1981
14	ÖZALPER	0.1908
15	MERKEZ FATİH	0.1636
16	B.MUSTAFA PAŞA	0.1598
17	KOŞU	0.1255
18	SAMANLI	0.0803
19	ATATÜRK	0.0761



Şekil 6.40. TOPSIS yöntemi risk sıralaması

6.2.4.Rehabilitasyonda Öncelikli Bölgelerin PROMETHE-2 Yöntemi ile Belirlenmesi

PROMETHE-2 yöntemine göre 5. işlem adımını içeren alternatiflerin pozitif ve negatif üstünlüklerinin belirlenmesi işlemi verilen denklemler yardımıyla hesaplanmış ve değerleri Çizelge 6.15 te verilmiştir.

$$\emptyset^+(a) = \frac{1}{n-1} \sum \pi(a, b) \quad (6.8)$$

$$\emptyset^-(a) = \frac{1}{n-1} \sum \pi(a, b) \quad (6.9)$$

Çizelge 6.15 PROMETHE-2 yöntemi pozitif ve negatif üstünlükler

Mahalle İsmi	$\emptyset^+(a)$	$\emptyset^-(a)$
Başharık	0.557539682539682	0.309523809523810
Çöşnük	0.696428571428571	0.216269841269841
Fırat	0.656746031746032	0.244047619047619
Göztepe	0.573412698412698	0.255952380952381
Tandoğan	0.420634920634921	0.424603174603175
Battalgazi	0.434523809523810	0.414682539682540
K.Mustafa Paşa	0.238095238095238	0.569444444444445
B.Mustafa Paşa	0.196428571428571	0.621031746031746
Zafer	0.525793650793651	0.301587301587302
Paşaköşkü	0.537698412698413	0.303571428571429
Hacı Abdi	0.317460317460317	0.511904761904762
Çilesiz	0.603174603174603	0.269841269841270
Özalper	0.371031746031746	0.448412698412698
Gazi	0.117063492063492	0.676587301587302
Merkez Fatih	0.325396825396825	0.500000000000000
Atatürk	0.265873015873016	0.527777777777778
Koşu	0.281746031746032	0.498015873015873
Turgut Özal	0.581349206349206	0.293650793650794
Samanlı	0.265873015873016	0.579365079365079

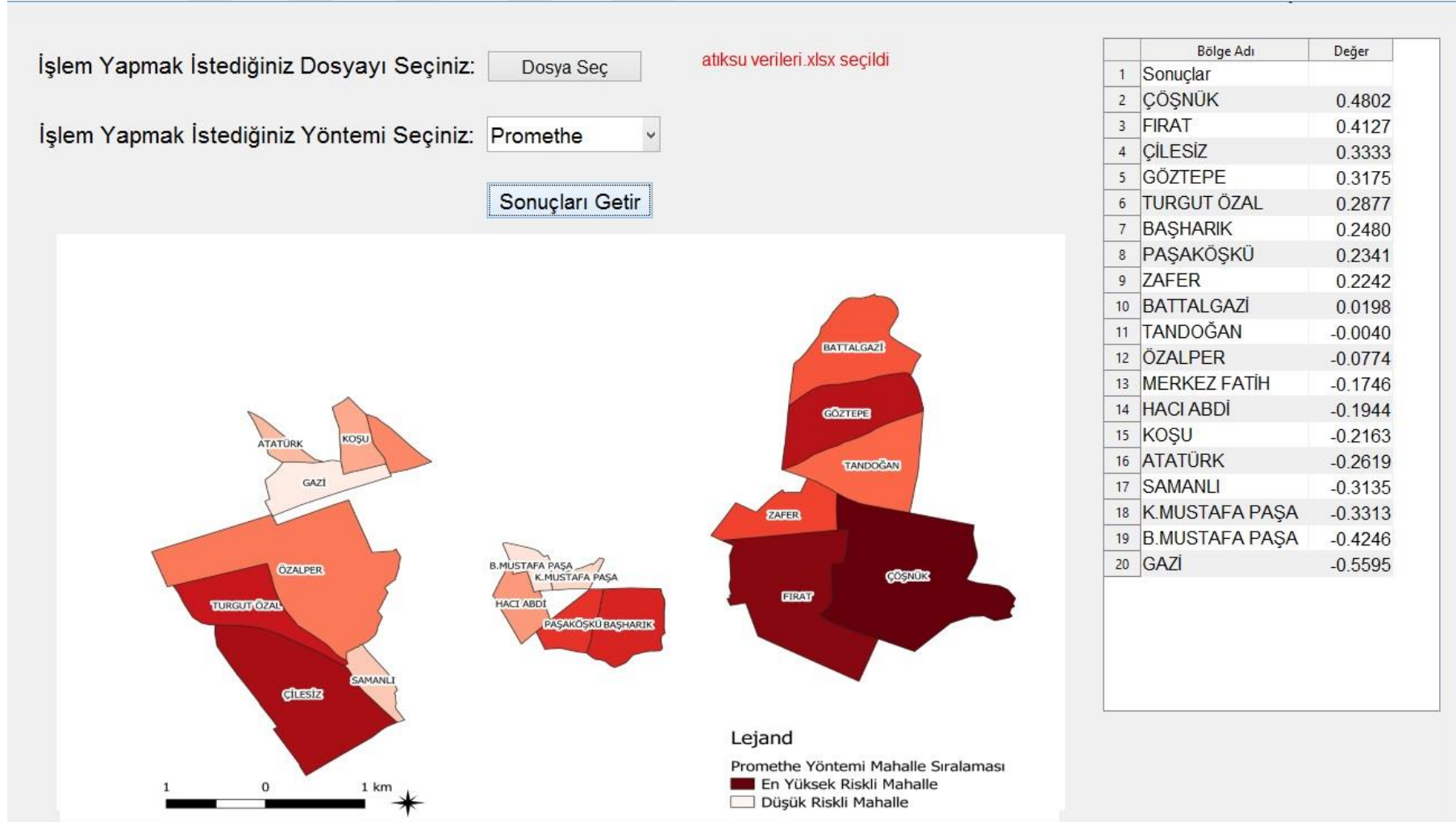
$$\emptyset(a) = \emptyset^+(a) - \emptyset^-(a) \quad (6.10)$$

PROMETHE-2 yöntemi 6. işlem adımıyla mahallelerin risk sıralamasında yukarıda verilen denklem ile pozitif üstünlük değerlerinden negatif üstünlük değerlerinin çıkarılmasıyla oluşturulan net sıralama Çizelge 6.41’de verildiği şekildedir.

Çizelge 6.16 PROMETHE-2 yöntemi risk önceliklendirmesi

Sıralama	Mahalle İsimleri	Değerler
1	ÇÖŞNÜK	0.4802
2	FIRAT	0.4127
3	ÇİLESİZ	0.3333
4	GÖZTEPE	0.3175
5	TURGUT ÖZAL	0.2877
6	BAŞHARIK	0.2480
7	PAŞAKÖŞKÜ	0.2341
8	ZAFER	0.2242
9	BATTALGAZİ	0.0198
10	TANDOĞAN	-0.0040
11	ÖZALPER	-0.0774
12	MERKEZ FATİH	-0.1746
13	HACI ABDİ	-0.1944
14	KOŞU	-0.2163
15	ATATÜRK	-0.2619
16	SAMANLI	-0.3135
17	K.MUSTAFA PAŞA	-0.3313
18	B.MUSTAFA PAŞA	-0.4246
19	GAZİ	-0.5595

PROMETHE-2 yönteminin bulduğu risk sıralaması Şekil 5.39 de verilmiştir. Sonuçlara göre en riskli ilk 5 mahalle Çöşnük, Fırat, Çilesiz, Göztepe, Turgut Özal mahalleleri olarak bulunmuştur.



Şekil 6.41. PROMETHE-2 yöntemi risk sıralaması

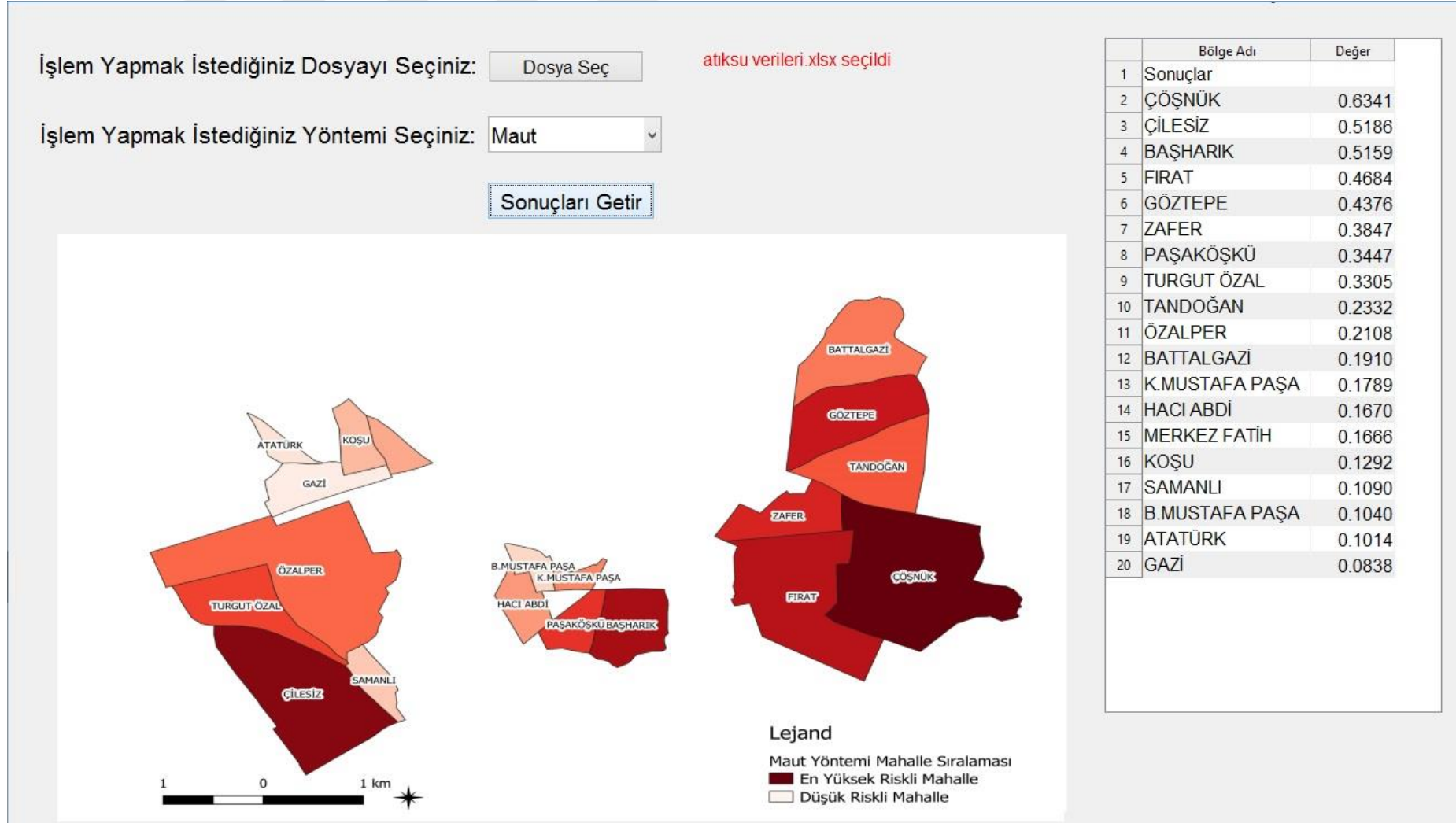
6.2.5.Rehabilitasyonda Öncelikli Bölgelerin MAUT Yöntemi ile Belirlenmesi

MAUT yöntemine göre 5. işlem adımında oluşturulan fayda değerleri tayini katsayılarına göre yapılan sıralama Çizelge 6.17’de verilmiştir.

Çizelge 6.17 MAUT yöntemi risk önceliklendirmesi

Sıralama	Mahalle İsimleri	Değerler
1	ÇÖŞNÜK	0.6341
2	ÇİLESİZ	0.5186
3	BAŞHARIK	0.5159
4	FIRAT	0.4684
5	GÖZTEPE	0.4376
6	ZAFER	0.3847
7	PAŞAKÖŞKÜ	0.3447
8	TURGUT ÖZAL	0.3305
9	TANDOĞAN	0.2332
10	ÖZALPER	0.2108
11	BATTALGAZİ	0.1910
12	K.MUSTAFA PAŞA	0.1789
13	HACI ABDİ	0.1670
14	MERKEZ FATİH	0.1666
15	KOŞU	0.1292
16	SAMANLI	0.1090
17	B.MUSTAFA PAŞA	0.1040
18	ATATÜRK	0.1014
19	GAZİ	0.0838

Çizelge 6.17’de MAUT yöntemi sıralaması sonucu hesaplanan risk değerlerine göre oluşturulan harita Şekil 6.42’de verilmiştir. Görsel incelendiğinde Çöşnük, Çilesiz, Başharık, Fırat, Göztepe mahallelerinin risk değerlerinin en yüksek Koşu, Samanlı, Büyük Mustafa Paşa, Atatürk ve Gazi mahallelerinin risk değerlerinin en düşük olduğu görülmüştür.



Şekil 6.42. MAUT yöntemi risk sıralaması

6.3. Kullanılan Yöntemlerin Matlab Kodları

6.3.1. ENTROPI yöntemi ile ağırlık katsayılarının elde edilmesinde kullanılan MATLAB kodları

```
function agirlik = agirlik_entropi(A)
[m,n]=size(A);
A_min = min(A);
A_max = max(A);
%2. Adim: değer / max
%her değeri kendi sütun max ına böl
A_max_dizi = A ./ A_max;
%her değeri kendi satırın toplamına böl
A_toplam = A_max_dizi ./ sum(A_max_dizi);
k_deger = 1 / log(m);
k_deger_negatif = - k_deger;
%ln değer ile çarpma işlemi
A_ln_carpma = A_toplam .* log(A_toplam);
%tüm sütunları topladı
toplam = sum(A_ln_carpma);
toplam_yeni = toplam * k_deger_negatif;
toplam_yeni2 = 1 - toplam_yeni;
agirlik = toplam_yeni2 / sum(toplam_yeni2);
end
```

6.3.2. ELECTRE yöntemi ile öncelik sıralamasında kullanılan MATLAB kodları

```
clc;clear;
%1.Adım Excel Okuma
A = xlsread('data1.xlsx');
[m,n]=size(A);
%2. Adım
X = zeros(m,n);
for i=1:n
tmp=sqrt(sum((abs(A(:,i))).^2));
for j=1:m
X(j,i)= A(j,i) / tmp;
end
end
%3.Adım: Ağırlıklar ile çarpma X2
%ağırlık entropi fonksiyonu çağırma işlemi
weight=agirlık_entropi(A);
%weight = [0.173 0.125 0.137 0.062 0.077 0.092 0.334];
X2 = X .* weight;
%ağırlık hesaplama diğer yöntem
% for i=1:n
%   X2(:,i) = weight(i) * X(:,i);
% end
%4.Adım: Karşılaştırma İşlemi X3
counter=1;
X3=zeros(0);
for i=1:m
a=X2(i,:);
for j=1:m
if i ~= j
b=X2(j,:);
X3(counter,:) = a >= b;
counter = counter + 1;
```

```

end
end
end
%5. Adim: C matrisi
C_matrisi = sum((X3 .* weight),2);
%6. Adim: Uyumluluk Eşik Değeri
uyumluluk_esik_degeri = sum(C_matrisi) / size(C_matrisi,1);
%7.Adim: G_Matrisi hesaplama
G_matrisi=zeros(0);
for i=1:size(C_matrisi,1)
G_matrisi(i) = C_matrisi(i) >= uyumluluk_esik_degeri;
end
G_matrisi = G_matrisi';
%8. Adim: Mutlak Fark
counter=1;
D_payda=zeros(0);
for i=1:m
a=X2(i,:);
for j=1:m
if i ~= j
b=X2(j,:);
D_payda(counter,:) = abs(a - b);
counter = counter + 1;
end
end
end
%9. Adim: D_payda max alma
D_payda_max=zeros(0);
for i=1:size(D_payda,1)
D_payda_max(i) = max(D_payda(i,:));
end
D_payda_max = D_payda_max';
%10. Adim: pay hesaplama 1 olan yerlere 0 yazıldı

```

```

D_pay=zeros(0);
for i=1:size(D_payda,1)
D_pay(i,:) = (~X3(i,:)) .* D_payda(i,:);
end
%11. Adim: pay max hesaplama
D_pay_max=zeros(0);
for i=1:size(D_pay,1)
D_pay_max(i) = max(D_pay(i,:));
end
D_pay_max = D_pay_max';
%12. Adim: D_uyumsuzluk matrisi
D_uyumsuzluk_matrisi = D_pay_max ./ D_payda_max;
%13. Adim: Uyumsuzluk Eşik Değeri
uyumsuzluk_esik_degeri = sum(D_uyumsuzluk_matrisi) /
size(D_uyumsuzluk_matrisi,1);
%13. Adim 2: F_Matrisi hesaplama
F_matrisi=zeros(0);
for i=1:size(D_uyumsuzluk_matrisi,1)
F_matrisi(i) = D_uyumsuzluk_matrisi(i) >= uyumsuzluk_esik_degeri;
end
F_matrisi = F_matrisi';
%14. Adim: E matrisi
E_matrisi = F_matrisi .* G_matrisi;
%matrisleri düzenleme işlemi
C_matrisi_yeni = duzenleme(C_matrisi,m);
D_uyumsuzluk_matrisi_yeni = duzenleme(D_uyumsuzluk_matrisi,m);
E_matrisi_yeni = duzenleme(E_matrisi,m);
F_matrisi_yeni = duzenleme(F_matrisi,m);
G_matrisi_yeni = duzenleme(G_matrisi,m);
%son adım
for i=1:m
c(i)=nansum(C_matrisi_yeni(i,:))-nansum(C_matrisi_yeni(:,i));

```

```

d(i)=nansum(D_uyumsuzluk_matrisi_yeni(i,:))-
nansum(D_uyumsuzluk_matrisi_yeni(:,i));
c=c';
d=d';
end
%c büyükten küçüğe indisli sıralama
[c_degerler,c_indisler]=sort(c,'descend');
%d küçükten büyüğe indisli sıralama
[d_degerler,d_indisler]=sort(d,'ascend');
son= [c_indisler,d_indisler];
list = zeros();
for i=1:m
if c_indisler(i) ~= d_indisler(i)
if find(list == c_indisler(i))
deger(i) = d_indisler(i);
list = [list,d_indisler(i)];
elseif find(list == d_indisler(i))
deger(i) = c_indisler(i);
list = [list,c_indisler(i)];
else
k = nansum(E_matrisi_yeni(c_indisler(i),:));
l = nansum(E_matrisi_yeni(d_indisler(i),:));
if k > l
deger(i) = c_indisler(i);
list = [list,c_indisler(i)];
else
deger(i) = d_indisler(i);
list = [list,d_indisler(i)];
end
end
else
deger(i) = c_indisler(i);
end
end
eger = deger';
son = [son,deger]

```

6.3.3. MAUT yöntemi ile öncelik sıralaması MATLAB kodları

```
clc;clear;
%1.Adım Excel Okuma
A = xlsread('data1.xlsx');
[m,n]=size(A);
A_min = min(A);
A_max = max(A);
normalize_etme = (A- A_min) ./ (A_max - A_min);
%ağırlık entropi fonksiyonu çağırma işlemi
agirlik=agirlik_entropi(A);
%normalize edilen değerler ile ağırlıkların carpimi
carpma = normalize_etme .* agirlik;
%herbir satırı toplama
toplama = sum(carpma,2);
%büyükten küçüğe indisli sıralama
[degerler,indisler]=sort(toplama,'descend');
siralama = [degerler,indisler];
```

6.3.4. TOPSIS yöntemi ile öncelik sıralaması MATLAB kodları

```
clc;clear;
%1.Adım Excel Okuma
A = xlsread('data1.xlsx');
[m,n]=size(A);
%karaleri toplamının karekökü
X_matrisi = zeros(m,n);
for i=1:n
tmp=sqrt(sum((abs(A(:,i))).^2));
for j=1:m
X_matrisi(j,i)= A(j,i) / tmp;
end
end
%ağırlık entropi fonksiyonu çağırma işlemi
agirlik=agirlik_entropi(A);
%Y_matrisi hesaplama
Y_matrisi = X_matrisi .* agirlik;
%Y_matrisi max-min bulma
Y_matrisi_min = min(Y_matrisi);
Y_matrisi_max = max(Y_matrisi);
%S pozitif hesaplama
S_pozitif =(Y_matrisi - Y_matrisi_max).^2;
S_pozitif_toplam = sum(S_pozitif,2);
S_pozitif_toplam2 = sqrt(S_pozitif_toplam);
%S negatif hesaplama
S_negatif =(Y_matrisi - Y_matrisi_min).^2;
S_negatif_toplam = sum(S_negatif,2);
S_negatif_toplam2 = sqrt(S_negatif_toplam);
%c hesaplama
C_deger = S_negatif_toplam2 ./ (S_pozitif_toplam2 + S_negatif_toplam2);
%büyükten küçüğe indisli sıralama
[degerler,indisler]=sort(C_deger,'descend');
siralama = [degerler,indisler];
```

6.3.5. PROMETHEE yöntemi ile öncelik sıralaması MATLAB kodları

```
clc;clear;
%1.Adım Excel Okuma
A = xlsread('atıksu4.xlsx');
[m,n]=size(A);
say=1;
for i=1:m
for j=1:m
    if i ~= j
        tmp= A(i,:)-A(j,:);
        fark(say,:)=tmp;
        tmp(tmp <= 0) = 0;
        tmp(tmp > 0) = 1;
        siniflandir(say,:)=tmp;
        say = say + 1;
    end
end
end
%ağırlık entropi fonksiyonu çağırma işlemi
agirlik=agirlik_entropi(A);
top_entropi= sum(agirlik);
%0-1 ayrıştırma toplamının entropiye bölme
bolme = sum(siniflandir,2);
sayac=1;
for i=1:m
    for j=1:m
        if i == j
            tablo(i,j)=0;
        else
            tablo(i,j)=(bolme(sayac));
            sayac = sayac + 1 ;
        end
    end
end
```

```
end
tablo2 = tablo / n;
%pozitif
pozitif = ( 1 / (m - 1) ) * sum(tablo2,2);
%negatif
negatif = ( 1 / (m - 1) ) * sum(tablo2);
%net
net = pozitif - negatif;
%büyükten küçüğe indisli sıralama
[degerler,indisler]=sort(net,'descend');
siralama = [degerler,indisler];
```

7. SONUÇLAR

Atık Su Sistemlerinde Riskli Bölgelerin Belirlenmesi ve Önceliklendirilmesi adlı tez çalışmasında Malatya ili merkez ilçeleri olan Yeşilyurt ve Battalgazi ilçelerinde hizmet veren atıksu sistemi uygulama alanı olarak seçilmiştir. Uygulama alanında 2016 Haziran – 2018 Ocak ayları arasında atıksu sistemlerinde meydana gelen arıza sayıları göz önünde bulundurularak 19 mahallede 52 kritik sokak tespit edilmiştir.

Atıksu sistemlerinde bozulmalara sebep olabilecek boru uzunluğu, boru eğimi, yapısal kusur yüzdesi ve doluluk oranı aşımı gibi 28 parametre fiziksel, işletme ve çevresel faktörler belirlenmiş ve bu faktörlere ait veriler saha çalışmaları, kanal görüntüleme (CCTV) ve proje okuma gibi yöntemlerle elde edilmiştir. Çalışma kapsamında temel olarak aşağıdaki analiz ve değerlendirme sonuçları elde edilmiştir;

Saha ve kanal görüntüleme verilerine göre;

- Boru çapları incelendiğinde yoğunlukta 200'lük boruların kullanıldığı, Çöşnük (400), Fırat (300) Battalgazi (300) ve Turgut Özal (300) mahallelerinde 200mm'nin üzerinde boru çapı kullanıldığı tespit edilmiştir. 250 mm çapından küçük boru sayısı 403'tür.
- Boru uzunluğu bakımından, 2605.68 m ile Çöşnük ve 2072.26 m ile Çilesiz mahalleleri en yüksek değerlere sahiptir.
- Yapısal kusurlar, ters eğim, hatta çökme ve kayma gibi sebeplerden dolayı görüntü alınamayan kamera metrajının en yüksek olduğu mahalleler sırası ile Çöşnük, Göztepe, Zafer ve Başharık mahalleleridir.
- Ortalama boru eğimi % 1.565 ve ortalama ters eğim oranı % 0.119 olarak bulunmuştur.
- Cadde/sokak ortalama eğimi % 0.058 ve en yüksek eğimler % 0.203 ile Çilesiz mahallesinde görülmüştür.
- Minimum baca arası mesafe hat başı ile kanal arasındaki bağlantı noktalarındadır ve 0.64 metredir. Maksimum baca arası mesafe 168.73 metre ile Göztepe mahallesindedir.
- Yapısal kusur yüzdesi bakımından en düşük değere sahip mahallelerin K.Mustafa Paşa, Atatürk ve Özalper olduğu görülmüştür.

- Bina bağlantı sayıları boru sayısı bakımında 184, 183, 180 ile sırasıyla Çöşnük, Başharık ve Fırat mahalleleri en yüksek değerlere sahiptir.
- Uygulama alanında ortalama % 57 kanalizasyon doluluk oranı görülmektedir.
- Boru derinlikleri incelendiğinde en yüksek değer 2.730m ile Hacı Abdi mahallesinde görülmektedir.
- En yüksek bölge alanına sahip Çöşnük mahallesinde nüfus 4264 kişidir. Uygulama alanında ortalama nüfus 1550'dir.
- Boru yenileme maliyeti açısından atıksu boruları incelendiğinde en riskli yer olan Çöşnük mahallesinin 1255937.76 TL ile en yüksek maliyete sahip olduğu fakat maliyeti yüksek olan her mahallenin arıza riskinin yüksek olmadığı ve bu sebeple sadece en riskli noktalarda rehabilitasyon çalışması yapılarak mali olarak büyük oranda fayda sağlanabileceği tespit edilmiştir.
- Ortalama boru yaşı 18 yıl iken, en eski borulara sahip mahallelerin Göztepe, Tandoğan, Zafer, Gazi, Merkez Fatih ve Koşu olduğu tespit edilmiştir.
- Arızaların yoğunlukta meydana geldiği yerler Başharık, Zafer, Çilesiz ve Fırat mahalleleridir ve uygulama alanında yıllık ortalama arıza sayısı 23 olarak bulunmuştur.
- Toplam 10 mahalle hareketli zemin özelliğine sahipken 9 mahalle ortalama zemin özelliğindedir.
- Nüfusun en düşük olduğu Gazi ve Merkez Fatih mahalleleri düşük trafik hacmine sahip olduğu görülmüştür.
- Uygulama alanında sokak sınıfları incelendiğinde 6 mahallede 20m'den büyük sokaklar bulunurken 13 mahallede sokaklar 20m'den küçük özelliğe sahiptir.
- Kanalizasyon hat tipi yoğunlukta olarak ayırık sistemdir. 6 mahallede birleşik sistemin olduğu görülmüştür.
- Konut sayısı ve bağımsız birim sayısının en fazla olduğu mahalleler sırası ile Çöşnük, Fırat, Çilesiz ve Başharık'tır. Ortalama konut sayısı 139'dur.
- Kritik müşteri sayısının en fazla olduğu mahallelerin sırası ile Çöşnük, Fırat ve Başharık olduğu görülmüştür.

Atıksu sistemlerinde öncelikli bölgelerin belirlenmesinde yapılan değerlendirmelerde:

- Elde edilen faktörlerin sayısal verileri KDS’de giriş alınarak ENTROPI yöntemi ile ağırlık katsayıları hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalara göre en yüksek ağırlık katsayısı 0.121 ile ters eğim oranı faktörü için elde edilirken, en düşük katsayı ise 0.0007 ile boru derinliği faktörü için belirlenmiştir.
- Bu ağırlık katsayıları ile problem doğası değerlendirildiğinde genel anlamda yüksek ağırlık katsayısına sahip faktörlerin arıza ve hasar üzerinde etkili olduğu görülmekte ve problemin doğasıyla uyumlu söylenebilir.
- ELECTRE, TOPSIS, PROMETHEE VE MAUT yöntemleri uygulanarak rehabilitasyonda öncelikli bölgeler belirlenmiştir.
- ENTROPI-ELECTRE değerlendirmesinde öncelikli bölge sıralamaları bulunmuş ve boru bozulma riski en yüksek olan ilk 5 mahalle Çöşnük, Fırat, Başharık, Çilesiz, Göztepe olarak tespit edilmiştir.
- ENTROPI-ELECTRE yöntemlerinin sonuçlarına göre en düşük riskli 5 mahalle ise Küçük Mustafa Paşa, Atatürk, Samanlı, Büyük Mustafa Paşa ve Gazi mahallesi olarak tespit edilmiştir.
- ENTROPI-TOPSIS değerlendirmesinde öncelikli bölge sıralamaları bulunmuş ve risk sıralamasında en yüksek riske sahip olan ilk 5 mahalle Başharık, Çilesiz, Çöşnük, Göztepe, Fırat olarak tespit edilmiştir.
- ENTROPI- TOPSIS yöntemlerinin sonuçlarına göre düşük riske sahip olan son 5 mahalle ise Merkez Fatih, Büyük Mustafa Paşa, Koşu, Samanlı ve Atatürk’tür.
- ENTROPI -MAUT değerlendirmesinde öncelikli bölge sıralamaları bulunmuş ve boru bozulma riski en yüksek olan ilk 5 mahalle Çöşnük, Çilesiz, Başharık, Fırat, Göztepe olarak bulunmuştur.
- ENTROPI -MAUT yöntemlerinin sonuçlarına göre riski en düşük mahalleler Koşu, Samanlı, Büyük Mustafa Paşa, Atatürk ve Gazi olarak bulunmuştur.
- ENTROPI- PROMETHE-2 değerlendirmesinde öncelikli bölge sıralamaları bulunmuş ve ve risk sıralamasında en yüksek riske sahip olan mahalle sıralaması Çöşnük, Fırat, Çilesiz, Göztepe, Turgut Özal şeklinde elde edilmiştir.

- ENTROPI- PROMETHE-2 yöntemlerinin sonuçlarına göre düşük riske sahip mahalleler Atatürk, Samanlı, Küçük Mustafa Paşa, Büyük Mustafa Paşa, Gazi mahallesi şeklinde bulunmuştur.

Riskli bölgelerin belirlenmesi ve önceliklendirilmesi çalışması analiz ve değerlendirmeleri sonucunda;

- Arıza potansiyeli yüksek olan bölgelerin tespit edilmesiyle rehabilitasyon çalışmasının başlangıç noktası belirlenerek bu noktalarda oluşabilecek büyük çapta arıza ve mağduriyetlerin önüne geçilebileceği,
- Belirlenen en riskli mahallelerin sokak bazlı ve hatta bacadan bacaya kullanılan boru bazlı da incelenebileceği ve bu sebeple arıza potansiyeli en yüksek olan boruların belirlenerek öncelikli olarak bakım ve onarımının yapılabilceği,
- Rehabilitasyon kapsamında olan cadde ve sokaklar incelendiğinde bakım ve onarıma ihtiyaç duymayan boruların tespit edilmesiyle hem rehabilitasyon süresinin kısılması açısından hemde maliyet açısından büyük faydalar sağlanabileceği görülmüştür.

KAYNAKLAR

Abdellatif, M., Atherton, W., Alkhaddar, R., Osman, Y. (2015). Flood risk assessment for urban water system in a changing climate using artificial neural network. *Natural Hazards*. **79**, 1059-1077.

Adhikary P., Kundu S., Roy PK., Mazumdar A. (2013). Optimum selection of hydraulic turbine manufacturer for AHP. *MCDA or MCDM Tools*. **28**, 914-919. doi:10.5829/idosi.wasj.2013.28.07.1373.

Al-Barqawi, H., Zayed, T., 2008. Infrastructure Management: Integrated AHP/ANN Model to Evaluate Municipal Water Mains' Performance. *Journal of Infrastructure Systems*. **14**, 305-318.

Al-Zahrani, M., Abo-Monasar, A., Sadiq, R. (2015). Risk-based prioritization of water main failure using fuzzy synthetic evaluation technique. *Journal of Water Supply: Research and Technology – AQUA*. **65**, jws2015051.

Ammar, M. A., Moselhi, O., Zayed, T.M. (2012). Decision support model for selection of rehabilitation methods of water mains. *Structure and Infrastructure Engineering*. **8**, 847–855.

Ana, E. V., Bauwens, W. (2010). Modeling the structural deterioration of urban drainage pipes: the state-of-the-art in statistical methods. *Urban Water Journal*. **7**, 47–59.

Ataç, B. (2003). A Decision Support System For Optimal Equipment Selection In Open Pit Mining: Analytical Hierarchy Process. *İstanbul Üniv. Müh. Fak. Yerbilimleri Dergisi*. **16**, 1-9.

Brans, J.P., Vincke, Ph., Mareschal, B. (1985). How to select and how to rank projects: The Promethee method. *European Journal of Operational Research*. **24**, 228-238.

Brans, J.P., Mareschal, B. (2005). Promethee Methods. (pp 163-186) In: Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys. *International Series in Operations Research & Management Science*, **78**. Springer, New York, NY.

Barreto, W., Vojinovic, Z., Price, R., Solomatine, D. (2010). Multiobjective Evolutionary Approach to Rehabilitation of Urban Drainage Systems, *Journal of Water Resources Planning and Management*. **136**, 547–554.

Belton, V. and T.J. Stewart. (2002). *Multiple Criteria Decision Analysis*. Kluwer Academic Publishers. Boston, MA, 261.

Bowering, E.A., Peck, A.M., Simonovic, S.P. (2014). A flood risk assessment to municipal infrastructure due to changing climate part I: methodology. *Urban Water Journal*. **11**, 20-30.

Chang C.-I., Du Y., Wang J., Guo S.-M., Thouin P.D. (2006). Survey and comparative analysis of entropy and relative entropy thresholding techniques. *IEE Proceedings - Vision, Image and Signal Processing*. **6**, 837 – 850.

Chen, J., Zhang, Y., Chen, Z. (2015). Improving assessment of groundwater sustainability with analytic hierarchy process and information entropy method : a case study of the Hohhot Plain , China. *Environmental Earth Sciences*. **73**, 2353–2363.

Chen, S.J., Hwang, C.L. (1993). Fuzzy Multiple Attribute decision-making, Methods and Applications. *Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems*. **375** (Springer, Heilde).

Cherqui, F., Belmeziti, A., Granger, D., Sourdril, A., Le Gauffre, P. (2015). Assessing urban potential flooding risk and identifying effective risk-reduction measures. *Science of the Total Environment*. **514**, 418–425.

Carriço, N., Covas, D. I. C., Céu Almeida, M., Leitão, J. P., & Alegre, H. (2012). Prioritization of rehabilitation interventions for urban water assets using multiple criteria decision-aid methods. *Water Science and Technology*. **66**, 1007–1014.

Choi, T., Koo, J. (2015). A water supply risk assessment model for water distribution network. *Desalination and Water Treatment*. **54**, 1410–1420.

Chughtai, F., Zayed, T. (2008). Infrastructure Condition Prediction Models for Sustainable Sewer Pipelines. *Journal of Performance of Constructed Facilities*. **22**, 333–341.

Del Giudice, G., Padulano, R., Siciliano, D. (2016). Multivariate probability distribution for sewer system vulnerability assessment under data-limited conditions. *Water Science and Technology*. **73**, 751–760.

Ebrahimian, A., Ardeshtir, A., Zahedi Rad, I., Ghodsypour, S. H. (2015). Urban stormwater construction method selection using a hybrid multi-criteria approach. *Automation in Construction*. **58**, 118–128.

Edwards, W., & Newman, J. R. (1986). Multiattribute evaluation. In H. R. Arkes & K. R. Hammond (Eds.), *Judgment and decision making: An interdisciplinary reader* (pp. 13-37). New York, NY, US: Cambridge University Press. (This chapter originally appeared in Edwards, W., & Newman, J. R. "Multiattribute Evaluation" (pp. 7-32). Beverly Hills, CA: Sage 1982)

Ennaouri, I., Fuamba, M. (2013). New Integrated Condition-Assessment Model for Combined Storm-Sewer Systems. *Journal of Water Resources Planning and Management*. **139**, 53–64.

Fazlollahtabar, H., Mahdavi, I., TalebiAshoori, M., Kaviani, S., Mahdavi-Amiri, N. (2011), A multi-objective decision-making process of supplier selection and order allocation for multi-period scheduling in an electronic market, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, **52**, 1039–1052.

Govindon,K., Martin, B., J. (2016). ELECTRE: A comprehensive literature review on methodologies and applications. *European Journal of Operational Research*. **250**, 1-29.

Hlodversdottir, A. O., Bjornsson, B., Andradottir, H. O., Eliasson, J., Crochet, P. (2015). Assessment of flood hazard in a combined sewer system in Reykjavik city centre. *Water Science and Technology*. **71**, 1471–1477.

Hosseini, S. M., Ghasemi, A. (2012). Hydraulic performance analysis of sewer systems with uncertain parameters. *Journal of Hydroinformatics*. **14**, 682.

Hwang, C.L., Yoon, K. (1981). Multiple Attribute Decision Making Methods and Applications, Springer, Berlin Heidelberg, 259.

Inanloo, B., Tansel, B., Shams, K., Jin, X., Gan, A. (2016). A decision aid GIS-based risk assessment and vulnerability analysis approach for transportation and pipeline networks. *Safety Science*. **84**, 57–66.

Jadidi, O., Firouzi, F., Bagliery, E., (2010), TOPSIS Method for Supplier Selection Problem, *World Academy of Science, Engineering and Technology* **47**, 956-958

Kessili, A., Benmamar, S. (2016). Prioritizing sewer rehabilitation projects using AHP-PROMETHEE II ranking method. *Water Science and Technology*. **73**, 283–291.

Kim, E.S., Baek, C.W., Kim, J.H. (2005). Estimate of pipe deterioration and optimal scheduling of rehabilitation. *Water Science and Technology: Water Supply*. **5**, 39–46.

Lai, Y.J., Liu, T.Y., Hwang, C.L. (1994). TOPSIS for MODM. *European Journal of Operational Research*, **76**, 486-500

Lee, P. T. W., Lin, C. W., Shin, S. H., (2012), “A Comparative Study on Financial Positions of Shipping Companies in Taiwan and Korea Using Entropy and Grey Relation Analysis”, *Expert Systems with Applications* **39**, 5649-5657.

Leu, S.S., Bui, Q.N. (2016). Leak Prediction Model for Water Distribution Networks Created Using a Bayesian Network Learning Approach. *Water Resources Management*. **30**, 2719–2733.

Loken, E. (2007). Use of multicriteria decision analysis methods for energy planning problems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. **11**, 1584-1595.

Marzouk, M., Hamid, S. A., El-Said, M. (2015). A methodology for prioritizing water mains rehabilitation in Egypt. *HBRC Journal*. **11**, 114–128.

MASKİ (2018). Malatya Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanalizasyon İdaresi.

Maurer, M., Scheidegger, A., Herlyn, A. (2013). Quantifying costs and lengths of urban drainage systems with a simple static sewer infrastructure model. *Urban Water Journal*. **10**, 268–280.

MGM (2016). Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü.

Mounce, S. R., Shepherd, W., Sailor, G., Shucksmith, J., Saul, A.J. (2014). Predicting combined sewer overflows chamber depth using artificial neural networks with rainfall radar data. *Water Science and Technology*. **69**, 1326–1333.

Riley, M.A., Baker, A.A., Schmit, J.M., Weaver, E. (2010). Effects of Visual and Auditory Short-Term Memory Tasks on the Spatiotemporal Dynamics and Variability of Postural Sway. *Journal of Motor Behavior*. **37**, 311-324.

Mukherjee, K., Sarkar, B. And Bhattacharyya, A. (2013) 'Supplier selection by F-compromise method: a case study of cement industry of NE India'. *International Journal of Computational Systems Engineering*. **1**, 162-174.

Rahmati, O., Haghizadeh, A., Stefanidis, S. (2016). Assessing the Accuracy of GIS-Based Analytical Hierarchy Process for Watershed Prioritization; Gorganrood River Basin, Iran. *Water Resources Management*. **30**, 1131–1150.

Rokstad, M. M., Ugarelli, R. M. (2015). Evaluating the role of deterioration models for condition assessment of sewers. *Journal of Hydroinformatics*. **17**, 789–804.

Roobahani, Abbas, and Banafsheh Zahraie. 2012. "PROMETHEE with Precedence Order in the Criteria (PPOC) as a New Group Decision Making Aid : An Application in Urban Water Supply Management. *Water Resources Management*. **26**, 3581–99.

Roy, B. (1991) The outranking approach and the foundations of ELECTRE methods. *Theory and Decision* **31**, 49-73.

Shahata, K., Zayed, T. (2010). Integrated decision-support framework for municipal infrastructure asset. *ASCE Pipelines Proceedings*. **514**, 1492–1502.

Shannon, C. E. & Weaver, W. (1949). *The Mathematical Theory of Communication*. The University of Illinois Press. Urbana, USA, 98.

Slowinski, R., Roy, B. (2013). An Overview of ELECTRE Methods and their Recent Extensions. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*. **20**, 61-85.

Sun, S., Djordjević, S., Khu, S.T. (2011). A general framework for flood risk-based storm sewer network design. *Urban Water Journal*. **8**, 13–27.

Tagherout, W. Ben, Bennis, S., Bengassem, J. (2011). A Fuzzy Expert System for Prioritizing Rehabilitation of Sewer Networks. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*. **26**, 146–152.

Tscheikner-Gratl, F., Sitzenfrei, R., Rauch, W., Kleidorfer, M. (2016). Integrated rehabilitation planning of urban infrastructure systems using a street section priority model. *Urban Water Journal*. **13**, 28-40.

Triantaphyllou E. (2000) Multi-Criteria Decision Making Methods. In: Multi-criteria Decision Making Methods: A Comparative Study. *Applied Optimization*. **44**. Springer, Boston, MA.

Vimal J., Chaturverdi V., Dubey A.K., (2012). Application of topsis method for supplier selection in manufacturing industry, *IJREAS*. **2**, 25-35.

Yang T., Huang G., Kuo Y. (2008). The use of grey relational analysis in solving multiple attribute decision-making problems, *Computers & Industrial Engineering*. **55**, 80-93.

Yoon, K. (1980). System selection by multiple attribute decision making, Ph.D. Dissertation, Kansas State University, Manhattan, Kansas. 328.

Yun, L., Sun, J., Zou, Z., (2006). Entropy method for determination of weight of evaluating indicators in fuzzy synthetic evaluation for water quality assessment, *Journal of Environmental Sciences*. **18**, 1020-1023.

Vucijak, B., Ceric, A. (2011). Multicriteria prioritization of wastewater projects on example of bihać municipality. *Annals of DAAAM and Proceedings of the International DAAAM Symposium*. **22**, 933–935.

Zeydan. (2008). <http://cevre.beun.edu.tr/zeydan/kanal/yagmur-kanal-04.pdf> (on-line access on 19 March, 2008).

Zhi-hong, Z.O.U. (2006). Entropy Method for Determination of Weight of Evaluating Indicators in Fuzzy Synthetic Evaluation. *Journal of Environmental Sciences*. **18**, 1020–1023.

Zhou, Q., Panduro, T. E., Thorsen, B. J., Arnbjerg-Nielsen, K. (2013). Adaption to extreme rainfall with open urban drainage system: An integrated hydrological cost-benefit analysis. *Environmental Management*. **51**, 586–601.

Zhu, Z., Chen, Z., Chen, X., He, P. (2016). Approach for evaluating inundation risks in urban drainage systems. *Science of the Total Environment*. **553**, 1–12.

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Cansu ORHAN

Doğum Yeri ve Tarihi: TOKAT - 28.08.1992

Adres: Çilesiz Mahallesi Fahri Kayahan Bulvarı Mizan Sokak Greenpark Evleri B Blok Daire 5

E-Posta: cansuorhan44@gmail.com

Lisans: İnönü Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği

Yüksek Lisans (Varsa):

Mesleki Deneyim ve Ödüller:

Malatya İmar Yapı Denetim Ltd. Şti. Malatya (2017-.....)

Yayın Listesi:

Yılmaz, S., Özdemir, Ö., Orhan, C., Fırat, M. (2017). AHP Yöntemi İle Konut Sayaçlarında Hataya Sebep Olan Faktörlerin Önem Sıralarının Belirlenmesi. *Adıyaman Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*. 7, 99-109.

Kilinç Y., Özdemir, Ö., Orhan, C., Fırat, M. (2018). Evaluation of technical performance of pipes in water distribution systems by analytic hierarchy process. *Sustainable Cities and Society*. 42, 13-21

Gündoğar, M., Orhan, C., Fırat, M. (2018). Structural and Technical Evaluation of Pumped Water Supply Systems by using Analytical Hierarchy Process. *Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences*. (SCI, in press).