

T.C.
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**İÇME SUYU DAĞITIM SİSTEMLERİNDE BİNA (SERVİS)
BAĞLANTILARINDA MEYDANA GELEN ARIZALARIN ANALİZİ**

FURKAN BOZTAŞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

HAZİRAN – 2017

Tezin Başlığı: İçme Suyu Dağıtım Sistemlerinde Bina (Servis) Bağlantılarında
Meydana Gelen Arızaların Analizi

Tezi Hazırlayan: Furkan BOZTAŞ

Sınav Tarihi: 30.06.2017

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. M. Cihan AYDIN

.....

Bitlis Eren Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Apdulmutalip ŞAHİNASLAN

.....

İnönü Üniversitesi

Prof. Dr. Halil İbrahim ADIGÜZEL

Enstitü Müdürü

ONUR SÖZÜ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum, “İçme Suyu Dağıtım Sistemlerinde Bina (Servis) Bağlantılarında Meydana Gelen Arızaların Analizi” 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.

Furkan BOZTAŞ

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

İÇME SUYU DAĞITIM SİSTEMLERİNDE BİNA (SERVİS) BAĞLANTILARINDA MEYDANA GELEN ARIZALARIN ANALİZİ

Furkan BOZTAŞ

İnönü Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

94 + x sayfa

2017

Danışman: Prof. Dr. Mahmut FIRAT

İçme suyu dağıtım sistemlerinde gözlenen arızaların önemli bir kısmı bina (servis) bağlantısında meydana gelmektedir. Bu arızalar genel olarak yüzeye çıkmamakta ve önemli bir kısmı aktif kaçak kontrolü ile belirlenebilmektedir. Sızıntılardan kaynaklanan su kayıplarının azaltılması için bina bağlantılarında meydana gelen arızaların ve sebep olan faktörler analiz edilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada, içme suyu dağıtım sistemlerinde meydana gelen arızalar, bu arızaya sebep olan faktörler ve bu arızaların su kayıplarına etkisinin araştırılması amaçlanmıştır. Bunun için Malatya il merkezi içme suyu dağıtım sistemi uygulama alanı olarak seçilmiş ve 2007-2016 yıllarında arasında kaydedilmiş bina bağlantısı arıza kayıtları analiz edilmiştir. Çalışmada ayrıca, bina bağlantılarının su kayıplarına etkisini analiz etmek için uygulama alanında 11 adet alt ölçüm bölgesinde tespit edilen sızıntı ile debi ve basınç değişimleri izlenmiş ve aralarındaki ilişki değerlendirilmiştir. Bu analizlere göre, yüzeye çıkmayan ve tespit edilen sızıntıların önemli bir kısmı bina bağlantılarında meydana geldiği tespit edilmiştir. Ayrıca bu sızıntıların gece debisini ve dolayısıyla su kaybını doğrudan arttırdığı görülmüştür. Elde edilen sonuçların su temini sağlayan kurumlarda uygulayıcılar ve akademik çalışmalar için önemli kazanımlar sağlayacağı düşünülmektedir.

ANAHTAR KELİMELEER: Su dağıtım sistemi, bina bağlantısı, arıza analizi, su kayıpları, minimum gece debisi.

ABSTRACT

Msc Thesis

ANALYSIS OF LEAKAGES ON BUILDING (SERVICE) CONNECTIONS AT WATER DISTRIBUTION SYSTEMS

Furkan BOZTAŞ

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

94 + x pages

2017

Supervisor: Prof. Dr. Mahmut FIRAT

Most of the leakages observed in water distribution systems occur on consumer (service) connections. These leakages generally do not come up to surface and can be determined by active leakage control. To reduce water losses causing from leaks, leakages and reasons of leakages on service connections must be analyzed. In this study, it is aimed to investigate leakages on service connections, factors causing these leakages and effects of leakages on water losses. For this purpose, water distribution system of Malatya was chosen as the application area and service connection breakdowns recorded between the years of 2007-2016 and they were analyzed. Also, flows and pressures into 11 district metered areas are observed to analyze effect of service connection failures on water losses by minimum night flow analysis. According to this analysis, it was determined that a significant portion of the leakages that occurred on service connections do not come out to the surface. Also it was determined that these leakages increase water losses significantly. It is believed that the results obtained in this study will provide significant acquisitions for water companies and academic researchers.

KEYWORDS: water distribution system, service connection, leakage analysis, water losses, minimum night flow.

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 Malatya Belediyesi Su ve Kanalları İşleri (MASKİ) Genel Müdürü Dr. Özgür ÖZDEMİR'e ve MASKİ Genel Müdürlüğü personeline;

Tezin veri temini ve analiz kısmında desteklerinden dolayı MASKİ İçme suyu Daire Başkanı Sayın Fatih Mehmet DURMUŞÇELEBİ, Şube Müdürü Sayın Mustafa YILDIRIM ve Harita Müh. Yusuf KOCAMAN'a;

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

Bu çalışma İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi, İÜ-BAP 2016/136 numaralı projesi ile desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	iv
TEŞEKKÜR.....	v
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	3
3. ÇALIŞMA ALANI.....	7
4. MATERYAL VE YÖNTEM.....	18
4.1. Alt Ölçüm Bölgesi (AÖB) Yöntemi.....	20
4.2. Uzman Görüşlerinin Alınması.....	22
5. VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ VE ANALİZ.....	23
5.1. Abone Bağlantısı Arıza Kayıtları.....	25
5.2. Abone Bağlantılarında Meydana Gelen Arızaların Analizi.....	32
5.2.1. Mahalle Bazında Analiz.....	32
5.2.2. Servis Bağlantı Arızalarının Yıllara Göre Değişimi.....	39
5.2.3. Uzun Yıllar Aylık Analiz.....	45
5.2.4. Mevsimsel Analiz.....	46
5.2.5. Şebeke İşletme Basıncı Açısından Analiz.....	47
5.2.6. Jeolojik Analiz.....	51
6. UZMAN GÖRÜŞLERİ TEMEL ALINARAK İÇMESUYU DAĞITIM SİSTEMLERİNDE SERVİS BAĞLANTILARINDA ARIZAYA SEBEP OLAN FAKTÖRLERİN ARAŞTIRILMASI.....	52
7. ABONE BAĞLANTI ARIZALARININ SU KAYIPLARINA ETKİSİ.....	64
7.1. İzole Edilmiş Alt Ölçüm Bölgeleri.....	64
7.2. Alt Ölçüm Bölgelerinde Debi Ölçümü.....	66
7.3. Alt Ölçüm Bölgelerinde Sızıntı Noktalarının Tespiti.....	71
7.4. İzole Edilmiş Alt Ölçüm Bölgelerinde Abone Arızası-Su Kaybı İlişkisi ...	75
7.4.1. Detaylı AÖB İncelemesi: Sarıcıoğlu AÖB Örneği.....	77
7.4.2. Pilot AÖB’lerde Su Kayıplarının İncelemesi.....	80
7.5. İzole Edilmiş Alt Ölçüm Bölgelerinde Malzeme Kalitesi-Abone Arızası İlişkisi.....	85
7.6. İzole Edilmiş Alt Ölçüm Bölgelerinde Basınç-Abone Arızası İlişkisi.....	86

8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	88
9. KAYNAKLAR	91
ÖZGEÇMİŞ	94



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1 Çalışma Alanı	7
Şekil 3.2 Gündüzbey Pınarbaşı Kaptaj.....	9
Şekil 3.3 Yıllara Göre Gündüzbey Kaptaj Debi Grafiği (MASKİ, 2017)	10
Şekil 3.4 Yeşilyurt ve Battalgazi İlçeleri Sondaj Noktaları (MASKİ, 2017).....	11
Şekil 3.5 Malatya İçme Suyu Şebekesi Sayısal Haritası (MASKİ, 2017)	11
Şekil 3.6 Ana Dağıtım Depolarına Göre Depo Dağıtım Bölgeleri	12
Şekil 3.7 Şebeke Boru Çaplarına Göre Dağılım Grafiği.....	13
Şekil 3.8 Şebeke Boru Cinslerine Göre Dağılım Grafiği.....	14
Şekil 3.9 Çalışma Alanı Bina Yerleşim Haritası (MASKİ, 2017)	14
Şekil 3.10 Malatya ili Yeşilyurt, Battalgazi İlçeleri Jeolojik Formasyonu (MASKİ,2016).....	15
Şekil 3.11 Malatya Deprem Bölgeleri Haritası (Deprem Araştırma Dairesi, Ankara)	16
Şekil 4.1 Standart Su Denge Tablosu (IWA).....	19
Şekil 5.1 Malatya Merkez Mahalle Sınırları.....	26
Şekil 5.2 İçme Suyu Şebekesi ve Servis Bağlantısı Arıza Noktaları	27
Şekil 5.3 Servis Bağlantısı Mahallelere Göre Arıza Yoğunluğu (2007-2016)	37
Şekil 5.4 Servis Bağlantısı Arıza Noktaları Yoğunluk Haritası (2007-2016).....	37
Şekil 5.5 Yıllara Göre Servis Bağlantısı Arıza Sayıları Grafiği	39
Şekil 5.6 Mahallelere Göre Servis Bağlantısı Arıza Yoğunluğu (2007).....	40
Şekil 5.7 Mahallelere Göre Servis Bağlantısı Arıza Yoğunluğu (2008).....	40
Şekil 5.8 Mahallelere Göre Servis Bağlantısı Arıza Yoğunluğu (2009).....	41
Şekil 5.9 Mahallelere Göre Servis Bağlantısı Arıza Yoğunluğu (2010).....	41
Şekil 5.10 Mahallelere Göre Servis Bağlantısı Arıza Yoğunluğu (2011).....	42
Şekil 5.11 Mahallelere Göre Servis Bağlantısı Arıza Yoğunluğu (2012).....	42
Şekil 5.12 Mahallelere Göre Servis Bağlantısı Arıza Yoğunluğu (2013).....	43
Şekil 5.13 Mahallelere Göre Servis Bağlantısı Arıza Yoğunluğu (2014).....	43
Şekil 5.14 Mahallelere Göre Servis Bağlantısı Arıza Yoğunluğu (2015).....	44
Şekil 5.15 Mahallelere Göre Servis Bağlantısı Arıza Yoğunluğu (2016).....	44
Şekil 5.16 Aylara Göre Servis Bağlantısı Arıza Sayıları (2007-2016)	45
Şekil 5.17 Servis Bağlantısı Arızalarının Mevsimsel Dağılımı	47

Şekil 5.18 Malatya İçme Suyu Şebekesi Sayısal Modeli	48
Şekil 5.19 Ortalama Basınç ve Arıza Yoğunluğu Haritaları.....	50
Şekil 6.1 Çalışma Kapsamında Uzmanlara Sorulan Sorular.....	54
Şekil 6.2 Görüşü Alınan Uzmanların Kurumlara Göre Dağılımı	55
Şekil 6.3 Uzman Görüşlerine Göre Ağırlıklı Ortalama Puanların Dağılımı	55
Şekil 6.4 Değişkenlere 10 Puan verenlerin % si	56
Şekil 6.5 1-4 Arası Sorulara Verilen Cevaplara Göre Puan Dağılımı.....	57
Şekil 6.6 5-8 Arası Sorulara Verilen Cevaplara Göre Puan Dağılımı.....	59
Şekil 6.7 9-13 Arası Sorulara Verilen Cevaplara Göre Puan Dağılımı.....	61
Şekil 7.1 Uygulama Alanında Alt Ölçüm Bölgelerinin Genel Görünümü (MASKİ, 2017)	65
Şekil 7.2 Alt Ölçüm Bölgelerinde Debimetrelerin Dağılımı	67
Şekil 7.3 Alt Ölçüm Bölgelerinde Çalışma Öncesi ve Sonrası Debi Değişimleri	68
Şekil 7.4 Her Bir Alt Ölçüm Bölgesinde Tespit Edilen Sızıntıların Sayısal Harita Üzerinde Dağılımı (MASKİ, 2017)	73
Şekil 7.5 Sahada Sızıntı Tespiti Çalışmaları.....	74
Şekil 7.6 Nuriye AÖB için Gece Debisi Analizi (MASKİ, 2017)	76
Şekil 7.7 Kavaklıbağ AÖB için Gece Debisi Analizi (MASKİ, 2017).....	76
Şekil 7.8 Sarıcıoğlu AÖB Genel Görünüm.....	77
Şekil 7.9 Sarıcıoğlu AÖB Debi Grafiği	79
Şekil 7.10 Sarıcıoğlu AÖB Günlük Toplam Geçen Debi Grafiği.....	79
Şekil 7.11 Sarıcıoğlu AÖB Kümülatif Debi Grafiği.....	80
Şekil 7.12 Müdahale Edilen Arızaların Türlerine Göre Dağılımı.....	83
Şekil 7.13 Mahallelere ve Türlerine Göre Arıza Sayıları	84
Şekil 7.14 Sızıntı Noktalarına ait Görüntüler.....	85
Şekil 7.15 Dabakhane AÖB Debi Grafiği (MASKİ, 2017)	86
Şekil 7.16 Dabakhane AÖB Saha Çalışmaları Tekrar Başladıktan Sonra Debi Değişimi (MASKİ, 2017).....	87

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1 Çalışma Alanı Çaplarına Göre İçme Suyu Hattı Uzunlukları.....	12
Çizelge 3.2 Çalışma Alanı Boru Cinslerine Göre Hat Uzunlukları	13
Çizelge 3.3 Malatya Meteoroloji İstatistikleri (MGM, 2017).....	17
Çizelge 3.4 Malatya Yıllar İçinde Gerçekleşen En Düşük ve En Yüksek Değerler (1926-2016) (MGM, 2017)	17
Çizelge 5.1 Yıllara Göre Servis Bağlantısı Arıza Sayıları (MASKİ, 2017)	28
Çizelge 5.2 Mahallere Göre Servis Bağlantısı Arıza Oranı	33
Çizelge 5.3 Bölgelere Göre Ortalama Basınçlar (MASKİ, 2017)	49
Çizelge 7.1 Uygulama Alanında Alt Ölçüm Bölgeleri ile İlgili Açıklayıcı Bilgiler (MASKİ, 2017)	66
Çizelge 7.2 Uygulama Alanında Alt Ölçüm Bölgelerinde Tespit Edilen Sızıntılara ait Açıklayıcı Bilgiler (MASKİ, 2017)	72
Çizelge 7.3 Sarıcioğlu AÖB Karakteristik Özellikler.....	78
Çizelge 7.4 İzole Bölgelerde Gece Debilerinin Değişimi (MASKİ, 2017)	81
Çizelge 7.5 Türlerine Göre Müdahale Edilen Arıza Sayıları ve Kazandırılan Su Miktarı (MASKİ, 2017)	82

1. GİRİŞ

Su dağıtım sistemleri ya da isale hatlarında çeşitli sebeplere bağlı olarak arızalar ve hasarlar oluşmaktadır. Bu arızaların bir kısmı boru fiziksel ve/veya çevresel etkilere bağlı olarak kendiliğinden meydana gelirken bir kısmı da başka kurumların cadde ve sokakta yaptığı kazı sonucu oluşmaktadır. Kendiliğinden meydana gelen arızaların sadece % 10-15'lik kısmı yüzeye çıkarken geri kalan kısmı herhangi bir denetim yapılmadığı sürece tespit edilememektedir. Bu ikinci grupta yer alan arızalar ya da sızıntılar ancak Su ve Kanal İdarelerince sahada yapılacak denetimler ile belirlenmektedir. Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde hacimsel olarak su kayıplarının önemli bir kısmı, yüzeye çıkmayan arızalar sonucu oluşan sızıntılardan kaynaklanmaktadır.

İçme suyu dağıtım sistemlerinde meydana gelen arızalar ve etki eden faktörler ile ilgili literatürde farklı çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar incelendiğinde arızalar genel olarak, şebeke arızaları (şebeke boru hattı üzerinde ya da birleşim noktalarında), abone bağlantısı arızaları ve vana ve diğer donatım elemanları arızaları şeklinde ifade edilmiş ve tanımlanmıştır. Nicolini vd. (2014) tarafından yapılan çalışmada, İtalya'nın Udine kenti içme suyu şebekesi incelenmiş ve sistemdeki sızıntıların %58'inin servis bağlantılarında, %26'sının dağıtım borularında, %14'ünün vana ve boru ek yerlerinde, %2'sinin ise yangın hidrantlarında meydana geldiği ifade edilmiştir. Aydoğdu (2014) yaptığı çalışmada, Malatya içme suyu dağıtım sisteminde meydana gelen arıza kayıtlarını analiz etmiştir. Çalışma kapsamında incelenen dönemde toplam arızaların yaklaşık % 60'nın servis bağlantılarında meydana geldiği belirtilmiştir.

Arızalar sonucu oluşan sızıntıların (fiziksel kayıpların) en aza indirilmesinde, arızaya sebep olan faktörlerin analiz edilmesi, bu faktörlerin etkisinin en aza indirilmesi, bu arızaların zamansal ve/veya konumsal olarak yoğunlaştığı bölgelerin ve dönemlerin analiz edilmesi oldukça önemlidir.

Yapılan bu tez çalışmasında, içme suyu dağıtım sistemlerinde abone bağlantılarında (servis bağlantılarında) meydana gelen arızaların ve etki eden faktörlerin analizi ve bu arızaların su kayıplarına etkisinin araştırılması

hedeflenmiştir. Çalışma kapsamında MASKİ tarafından hizmet verilen ve Malatya il merkezinde yer alan içme suyu dağıtım sistemi uygulama alanı olarak seçilmiştir.

Çalışma kapsamında belirlenen hedefin gerçekleştirilmesi için temel olarak aşağıdaki verilen işlem adımlarının takip edilmesi amaçlanmıştır.

- İçme suyu dağıtım sistemlerinde abone bağlantılarında meydana gelen arızaların analiz edilmesi
- Abone bağlantısı (servis bağlantısı) arızalarının zamansal olarak değişiminin analiz edilmesi
- Abone bağlantısı (servis bağlantısı) arızalarının konumsal olarak değişiminin analiz edilmesi (yoğunlaştığı bölgelerin belirlenmesi)
- Abone bağlantısı arızalarına sebep olan faktörlerin saha verileri ile araştırılması
- Abone bağlantısı arızalarına sebep olan faktörlerin uzman görüşlerine göre değerlendirilmesi ve analiz edilmesi
- Uygulama alanında pilot alt ölçüm bölgelerinde (AÖB) tespit edilen sızıntıların analiz edilmesi ve abone bağlantıların etkisinin değerlendirilmesi
- Uygulama alanında pilot alt ölçüm bölgelerinde boru malzemesi ve işçilik kalitesinin abone arızalarına ve su kayıplarına etkisinin analiz edilmesi ve değerlendirilmesi

Tez çalışması temel olarak şu bölümlerden oluşmaktadır; (i) “Literatür Özeti”, (ii) Uygulama alanı ve kullanılan verilerin açıklandığı “Çalışma Alanı”, (iii) “Materyal ve Yöntem”, (iv) “Analiz ve Değerlendirme”, (v) “Abone Bağlantı Arızalarının Su Kayıplarına Etkisi”, (vi) “Sonuçlar” şeklindedir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Savic vd. (1994) basınç düzenlemesi ile sızıntıların azaltılması yönünde çalışmışlardır. Evolutionary design ve genetik algoritmalar prensiplerini kullanarak su şebekelerinde basınç düzenlemesi yapan bir program oluşturmuşlardır. Optimizasyon probleminde, izolasyon vanaları karar değişkenleri olarak kullanılırken, izin verilen minimum basınç değeri sınır değer olarak kullanılmıştır. Seçilen iki su şebekesinin sonuçları incelenerek uygulanan metodolojinin etkili yanları hesaplanmıştır.

Park S. (2004) çalışmasında, borularda patlaklara sebep olan faktörleri belirlemeye çalışmıştır. Bu amaçla oluşturulan orantılı riskler modeli örnek bir boru arıza veri tabanına uygulanmıştır. Uygulanan metodoloji çevresel faktörleri de göz önüne alarak daha koruyucu bir rehabilitasyon sağlamaya ve boru değişim kararlarının ne zaman alınması gerektiğine dair karar vermeye yardım etmektedir.

Tabesh vd. (2009) yaptıkları çalışmada, şebeke borularında arıza oranları ve boru dayanıklılığı tahmin yöntemi ortaya koymuştur. Bu amaçla, boru çapı, boru yaşı, şebeke uzunluğu, şebeke işletme basıncı ve kazı derinliği parametrelerini esas alan regresyon modeli oluşturulmuştur.

Aksela vd. (2009) yaptıkları çalışmada, su şebekelerinde sızıntıları tespit etmek için self organizasyon haritasına dayalı bir yöntem sunmuşlardır. Yöntemde kullanılan veriler, debimetre okumalarının vektörleri ve sızıntı konumlarının bilgileridir. Sunulan deneylerin sonuçları, debi verileri üzerinden şekillenen modelin tanımlanmış bir dağıtım şebekesi alanındaki sızıntıları tespit edebildiğini göstermektedir.

Park vd. (2009) yaptıkları çalışmada, su borularının kalan ekonomik kullanım ömürlerini hesaplamaya çalışmışlardır. Bu amaçla orantısal risk modeli oluşturulmuş ve Genel Boru Arıza Modeli (GPBM) kullanılarak boruların risk oranları ve ekonomik ömürleri hesaplanmıştır. Çalışma sonucunda kurulumundan itibaren 19 yılı doldurmuş dökme demir boruların, çelik borulardan daha düşük risk oranlarına sahip olduğu tespit edilmiştir.

Wang vd. (2009) yaptığı çalışmada, şebekelerde meydana gelen arıza oranlarının bilinmesi belediyeler için sistemin değerlendirilmesinde önemli bir ölçüt kullanılması sağlamaktadır. Çalışma kapsamında, şebeke ve elemanlarında meydana gelen arızalara etki eden değişkenlerin arıza tahmin modellerinin kurulmasında önemli katkılar sağlayacağı belirtilmiştir.

Christodoulou ve Deligianni (2010), tarafından yapılan çalışmada, içmesuyu dağıtım sistemlerinde uzun vadeli çözüm getirecek stratejilerin ortaya konulması gerektiği ve bunun için de risk oluşturabilecek tüm bileşenlerin, faktörlerin ve çevresel etkilerin göz önünde bulundurulması gerektiği vurgulanmıştır.

Jafar vd. (2010) çalışmalarında, su iletim hatlarındaki arızaları modellemişlerdir. Tasarlanan sistemlerin performansları Fransa’da gerçek bir su şebekesinden alınan sonuçlarla karşılaştırılmıştır.

Wu vd. (2010) yaptıkları çalışmada şebeke işletme basıncı ve basınç ile ilişkili olarak değişen tüketim değerlerini modelleyerek sızıntı tespit modeli oluşturmuşlardır. Sızıntı tespit metodu, düğüm noktalarındaki sızıntıların ve onlarla alakalı tüketim katsayılarının optimizasyonun yapılarak elde edilen denklem sonuçları ile saha verileri arasındaki farkların minimize edilmesine dayanmaktadır.

Gomes vd. (2011) yaptıkları çalışmada su şebekelerinde basınç yönetiminin faydalarını tahmin etmeye çalışmışlardır. Çalışmada AÖB basınç yönetimi uygulanmıştır. AÖB girişlerinde kullanılan Basınç Kırıcı Vanalar (BKV) ile optimum işletme basıncına ulaşılarak elde edilen faydalar ortaya konulmuştur.

Mounce vd. (2011) yaptıkları çalışmada alt ölçüm bölgelerinde (AÖB) sızıntı tespiti için destek vektör makinesi adında sınıflandırma ve regresyon için bir araç olarak geliştirilen veri tabanlı istatistiksel bir teknik kullanmışlardır.

Tsitsifli vd. (2011) yaptıkları çalışmada, su dağıtım sisteminin gelecekteki davranışını ortaya koyabilmek, “tamir mi”, “değiştirme mi” sorularına cevap verebilmek için dağıtım sisteminin bütünleşik olarak değerlendirilmesi gerektiği, izleme, tamir ve değiştirme bileşenlerinin göz önünde bulundurulması gerektiğini vurgulamıştır.

Eliades vd. (2012) yaptıkları çalışmada AÖB'lerinde borularda oluşan sızıntıları oluştukları andan itibaren tahmin etmeyi amaçlamışlardır. AÖB bölgelerine giren debi verileri mevsimlik etkiler saf dışı edilerek kümülatif toplam (CUSUM) metodolojisi kullanılarak analiz edilmiştir. Palau vd. (2012) çalışmalarında, AÖB'lerine giren debiyi analiz etmişlerdir. Bu amaçla karmaşık matematik algoritmaları olmadan analiz yapmaya yarayan Temel Bileşen Analizi (PCA) adlı bir yöntem kullanmışlardır.

Tlili vd. (2012) tarafından yapılan çalışmada, içmesuyu dağıtım sistemlerinin uzun vadeli hizmet verebilmesi, vatandaşa kaliteli suyu iletilebilmesi için sistem davranışının bilinmesi, işletme koşullarının iyileştirilmesinin, arıza analizi yapılarak konumsal ve zamansal olarak arıza üzerinde etkili olabilecek faktörlerin değerlendirilmesinin gerekli olduğu vurgulanmıştır.

Shafiqul Islam vd. (2013) çalışmalarında su şebekelerindeki sızıntıları ekonomik yönden incelemişlerdir. Çalışma kapsamında Bangkok, Tayland'daki su şebekesi üzerinde pilot bir alt ölçüm bölgesi (AÖB) incelenmiştir. Çalışmada ekonomik sızıntı oranının ve aktif sızıntı kontrolü maliyetlerinin belirlenmesi amacıyla iki nomograf geliştirilmiştir. Çalışmanın su idarelerine kayıp-kaçak ekonomisi açısından farklı bir bakış açısı getirmesi beklenmektedir.

Aydoğdu (2014) yaptığı çalışmada, Malatya içme suyu dağıtım sisteminde meydana gelen arıza kayıtlarını analiz etmiştir. Çalışma kapsamında şebeke arızaları, servis bağlantı arızaları ve vana arızaları incelenmiş ve toplam arızaların yaklaşık % 60'nın servis bağlantılarında meydana geldiği belirtilmiştir.

Kanakoudis vd. (2014) çalışmalarında Yunanistan'da iki yerleşim birimine ait (Kos ve Kozani) su şebekelerinde su idaresi tarafından yapılan pilot uygulamaları incelemişlerdir. Uygulama kapsamında basınç yönetimi ile su kayıplarının azaltılması amaçlanmıştır. Seçilen pilot bölgelere giren suyun hacminde %25'lik bir tasarruf amaçlanmış olmasına rağmen, uygulama sonucunda % 60 oranında bir tasarruf sağlandığı gözlenmiştir.

Kutylowska (2014) Polonya'daki bir su dağıtım sistemi için yapay kılcal ağlar uygulaması yöntemi ile boru arıza modellemesini çalışmıştır. Model 173 adet servis bağlantısı arızası ile 147 adet dağıtım şebekesi arızasına uygulanmıştır. Oluşturulan model sonucunda servis bağlantıları için R^2 katsayısı 0.4142 olarak hesaplanmış olup, dağıtım şebekesi için deneysel veriler ve saha verileri arasında kayda değer bir ilişki tespit edilememiştir. Oluşturulan model su idareleri tarafından eski ve yıpranmış boruların rehabilitasyonu için kullanabilir olduğu belirtilmiştir.

Nicolini vd. (2014) tarafından yapılan çalışmada, İtalya'nın Udine kenti içmesuyu şebekesi incelenmiş ve sistemdeki su kayıplarının yerleri tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu çalışmada, sistemdeki sızıntıların %58'inin servis bağlantılarında, %26'sının dağıtım borularında, %14'ünün vana ve boru ek yerlerinde, %2'sinin ise yangın hidrantlarında meydana geldiği ifade edilmiştir.

Agathokleous vd. (2015) su şebekelerinde analitik ve neurofuzzy karar destek sistemleri, coğrafi bilgi sistemleri ve kablosuz sensör ağlarını entegre ederek bir yönetim sistemi oluşturmak amacıyla, kablosuz sensörler vasıtasıyla su şebekesinin gerçek zamanlı izlenmesi üzerinde çalışmışlardır. Metodoloji sürdürülebilir bir yönetim sistemi kurulması üzerine yoğunlaşmıştır.

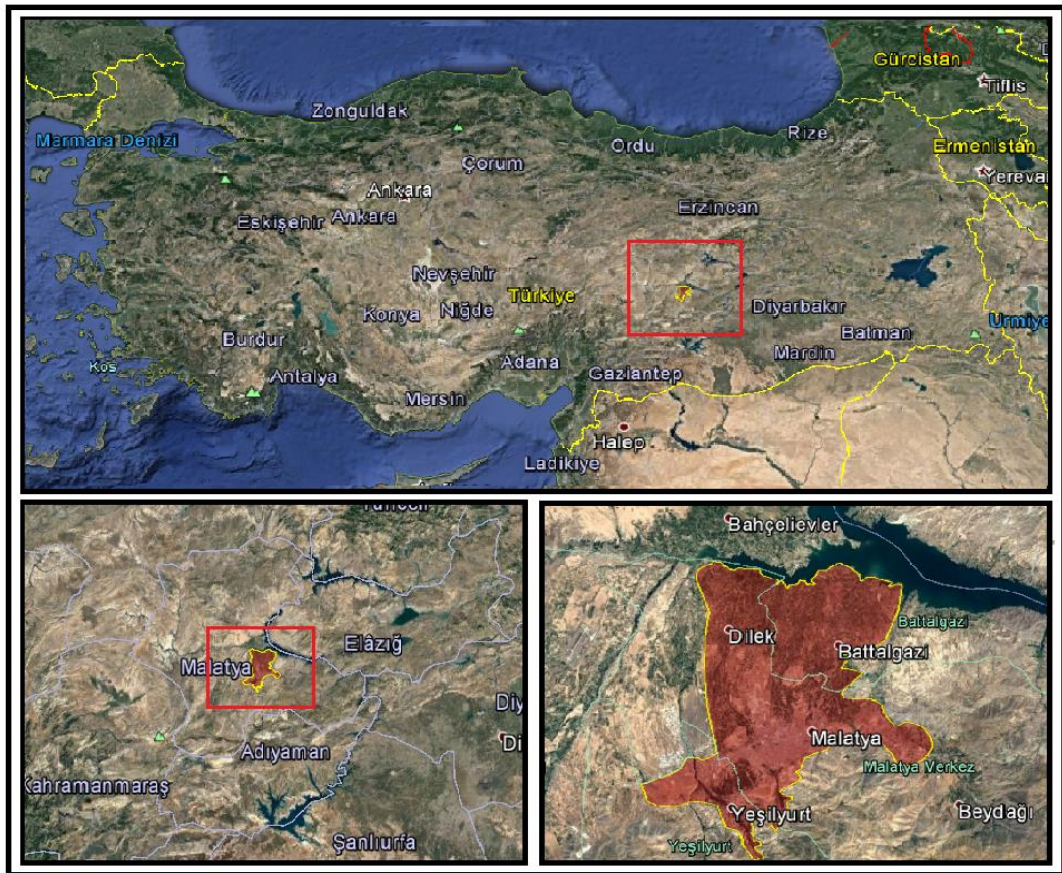
Aydogdu ve Firat (2015) tarafından yapılan çalışma içme suyu dağıtım sistemlerinde meydana gelen arıza oranının tahmin edilmesinde Bulanık Kümeleme ve LS-SVM yöntemleri birlikte kullanılmış ve Malatya içme suyu dağıtım sistemi için uygulama gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında, şebeke hattında meydana gelen arızalar ve bu arızalar üzerinde etkili olduğu düşünülen boru fiziksel özellikleri göz önünde bulundurulmuştur.

Kılınç (2017) yaptığı çalışmada, PVC ve AÇB boruların çevresel etkilere göre davranışı ve performansı analiz edilmiş ve değerlendirilmiştir. Çalışma kapsamında Malatya içme suyu dağıtım sistemi uygulama alanı olarak seçilmiş ve jeolojik yapı, iklim (maksimum ve minimum sıcaklık), su kesintisi ve su tüketim özelliği gibi değişkenler göz önünde bulundurularak değerlendirme yapılmıştır.

3. ÇALIŞMA ALANI

Abone hatlarında meydana gelen arızaların analizi ve su kayıplarına etkisinin değerlendirilmesinde Malatya ili merkez içme suyu dağıtım sistemi uygulama alanı olarak seçilmiştir. Malatya, Doğu Anadolu Bölgesi'nin Yukarı Fırat Havzasında; Adıyaman, Malatya, Elazığ, Bingöl, Muş, Van çöküntü alanının güneybatı ucunda yer almaktadır. Malatya ili, doğuda Elazığ ve Diyarbakır, güneyde Adıyaman, batıda Kahramanmaraş, kuzeyde Sivas ve Erzincan illeri ile çevrilidir (Şekil 3.1).

Çalışma alanı; Malatya ilinin Yeşilyurt ve Battalgazi ilçeleridir. Yeşilyurt ve Battalgazi ilçeleri 2014 yılında büyükşehir statüsü kazanan Malatya ilinin metropol ilçeleridir. Çalışma alanında içme suyu ve atık su faaliyetleri Malatya Su ve Kanalizasyon İdaresi (MASKİ) tarafından yürütülmektedir.



Şekil 3.1 Çalışma Alanı

Çalışma alanında bulunan yerleşim birimlerinden olan Battalgazi ilçesinin toplam nüfusu 304.397 kişidir. Çalışma alanında bulunan diğer yerleşim birimi olan Yeşilyurt ilçesinin toplam nüfusu ise 304.369 kişidir. Malatya Su ve Kanalizasyon İdaresi (MASKİ) tarafından, çalışma alanında toplamda 608.766 kişiye içme suyu hizmeti verilmektedir. Çalışma alanındaki ilçelerin toplam yüzölçümü 1900 km² olmakla beraber, ilçelerin kırsal alanları da bu yüzölçümüne dahildir.

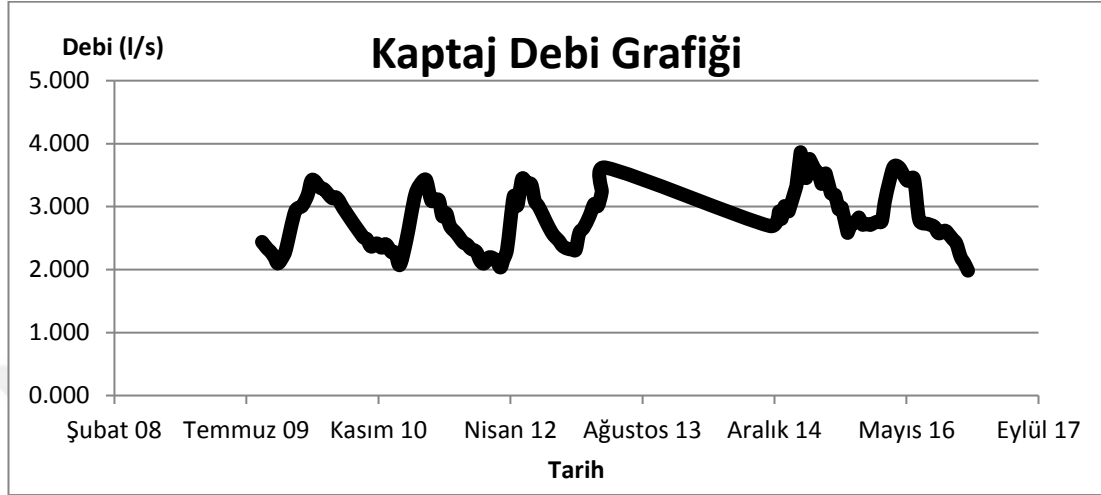
Yerleşim, genel olarak şehrin kuzeyinde deniz seviyesinden 690 metre yukarıda olan Karakaya Baraj Gölü kıyıları ile şehrin güneyinde bulunan Beydağ'ının eteklerinde yaklaşık olarak 1200 metre kotları arasında yayılmıştır. Yoğun yerleşimin olduğu bölge ise 900 metre kotlarındadır.

Malatya ili metropol bölgesine verilen suyun çok büyük bir bölümü şehrin güneyindeki Beydağlarında deniz seviyesinden 1205 m yukarıda bulunan ve şehrin neredeyse tamamına cazibe ile su iletme imkanı sunan Pınarbaşı Kaptaj sahasından sağlanmaktadır (Şekil 3.2). Bunun yanı sıra lokal bölgeler için çeşitli sondaj kuyuları da şehrin ihtiyacının karşılanmasında kullanılmaktadır.



Şekil 3.2 Gündüzbey Pınarbaşı Kaptaj

Yeşilyurt ilçesi Gündüzbey bölgesinde bulunan Pınarbaşı kaptaj kaynağının debisi yıl içerisinde 2000 l/s ve 3500 l/s arasında değişmektedir. Yıllık ortalama debi ise 2700 l/s'dir. Şehir merkezi su ihtiyacını karşılamada kullanılan Pınarbaşı Kaptaj kaynak debisinin yıllara göre değişimi Şekil 3.3'te gösterilmektedir.



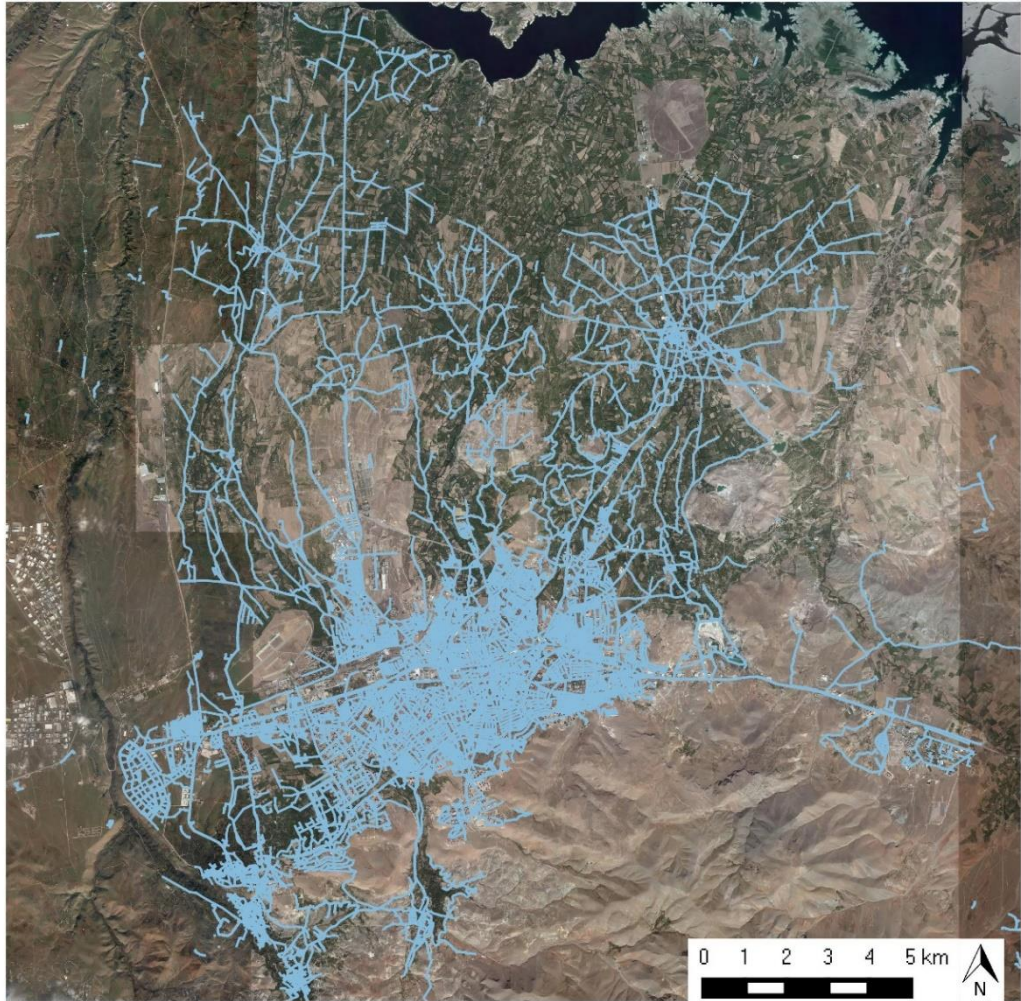
Şekil 3.3 Yıllara Göre Gündüzbey Kaptaj Debi Grafiği (MASKİ, 2017)

Şekil 3.3' te görüldüğü gibi Gündüzbey Kaptaj su kaynağının debisi özellikle Kasım-Aralık dönemlerinde 2000 l/s değerinin de altına düşebilmektedir. Bu da, Malatya için tek su kaynağı konumunda bulunan Gündüzbey Kaptaj kaynağının ilerleyen yıllarda Malatya'nın artan su ihtiyacına cevap veremeyecek olması anlamına gelmektedir. Bu amaçla MASKİ tarafından alternatif su kaynağı belirleme çalışmaları devam etmektedir. Çalışma alanında lokal bölgeler için açılmış olan ve su temin edilen çeşitli sondaj kuyuları mevcuttur. Şehrin belirli bölgelerindeki talepleri karşılayabilmek adına 9 adet sondaj kuyusu açılmıştır ve bu kuyulardan şehrin bazı bölgelerine su verilmektedir. Sondaj kuyularının lokasyonlarını gösteren uydu fotoğrafı Şekil 3.4'te gösterilmiştir.

Çalışma alanındaki, içme suyu iletim ve dağıtım hatlarının toplam uzunluğu yaklaşık 1700 km.'dir (Şekil 3.5). İçme suyu şebekesinde kullanılan boru tipleri 2014 yılına kadar AÇB boru, PVC boru, Font Boru, Çelik Boru ve Polietilen borulardır. Malatya Su ve Kanal İdaresi 2014 yılından sonra bahsi geçen boru tiplerini kullanmayı bırakmış ve ağırlıklı olarak Duktıl borular kullanılmaya başlanmıştır.

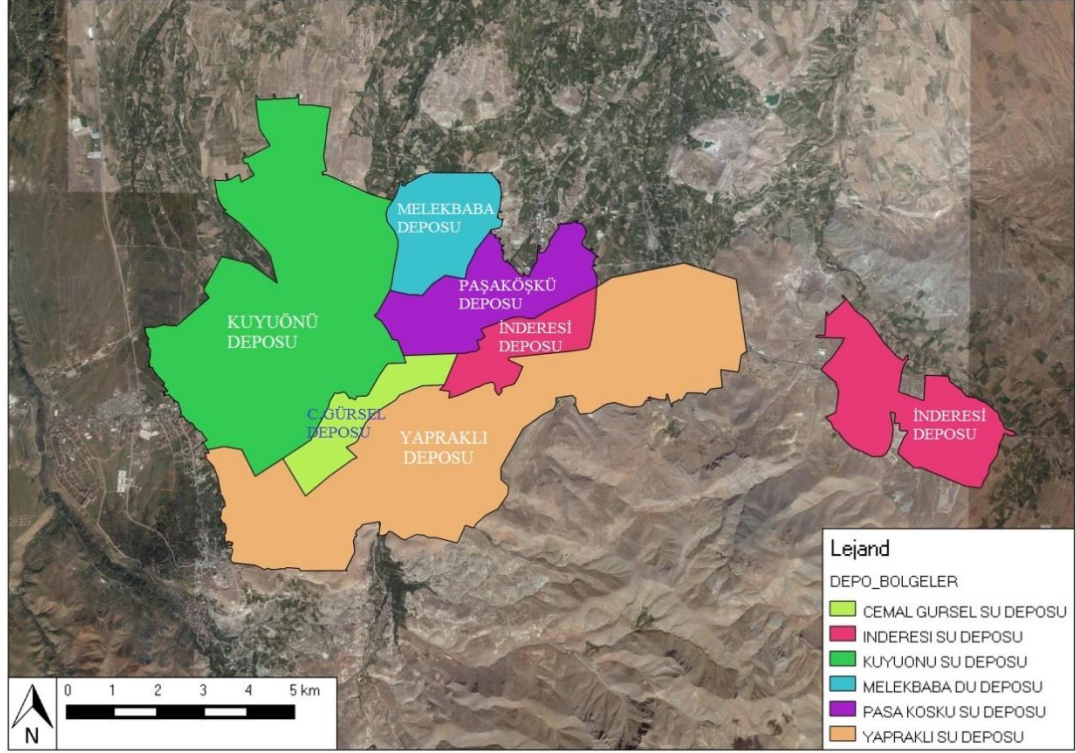


Şekil 3.4 Yeşilyurt ve Battalgazi İlçeleri Sondaj Noktaları (MASKİ, 2017)



Şekil 3.5 Malatya İçme Suyu Şebekesi Sayısal Haritası (MASKİ, 2017)

Çalışma alanında 6'sı ana dağıtım depoları olmak üzere toplamda 36 adet içme suyu deposu hizmet vermektedir. Ana dağıtım depolarına göre beslenme alanları Şekil 3.6'da gösterilmiştir.

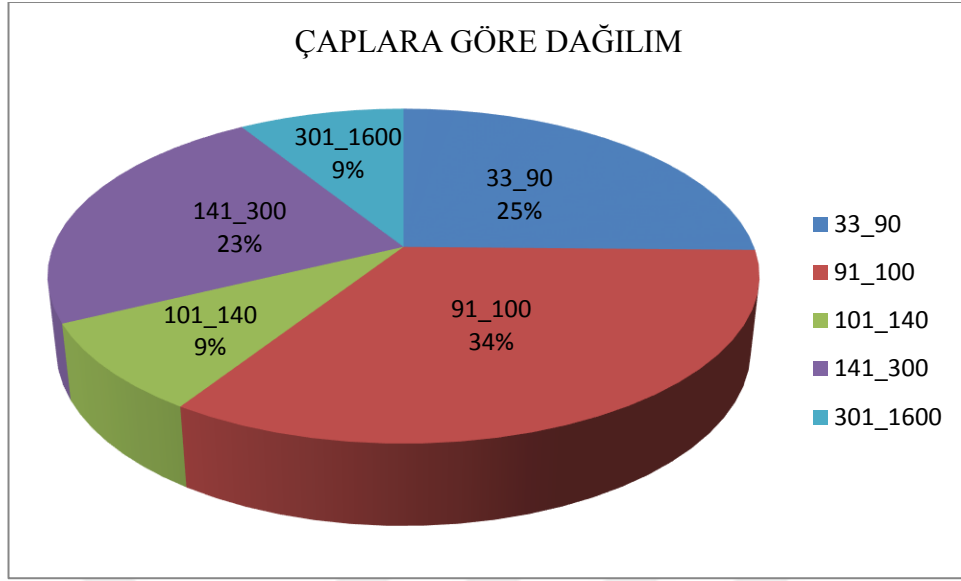


Şekil 3.6 Ana Dağıtım Depolarına Göre Depo Dağıtım Bölgeleri

İçme suyu şebekesinin karakteristiğine çaplar açısından bakılacak olursa, şebekenin büyük bölümünün (%34) 91-100 mm aralığında çap ölçüsüne sahip borulardan oluştuğu görülmektedir. Şebekede çapı 300 mm'den büyük boruların oranı ise %9 olarak görülmektedir (Çizelge 1, Şekil 3.7).

Çizelge 3.1 Çalışma Alanı Çaplara Göre İçme Suyu Hattı Uzunlukları

ÇAP (mm)	HAT UZUNLUĞU (km)
33-90	429.07
91-100	574.02
101-140	147.83
141-300	394.89
301-1600	151.38
TOPLAM	1697.19

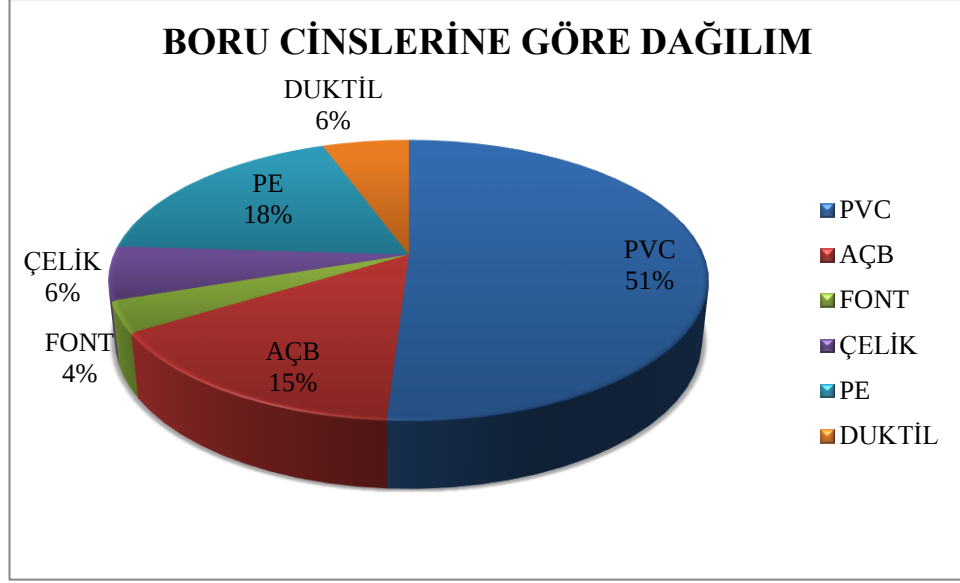


Şekil 3.7 Şebeke Boru Çaplarına Göre Dağılım Grafiği

İçme suyu şebekesinde kullanılan boru malzemelerine baktığımız zaman ise şebekede ağırlıklı olarak PVC boruların kullanıldığını görmekteyiz. Şebekenin yaklaşık %51'i (865.24 km) PVC borulardan oluşmaktadır. Mevcut şebekede en az kullanılan boru malzemesi ise font borudur ve şebeke içerisindeki payı %4'tür (Çizelge 3.2, Şekil 3.8).

Çizelge 3.2 Çalışma Alanı Boru Cinslerine Göre Hat Uzunlukları

BORU CİNSİ	HAT UZUNLUĞU (km)
PVC	865.24
AÇB	259.06
FONT	60.6
ÇELİK	104.7
PE	313.39
DUKTİL	94.2
TOPLAM	1697.19



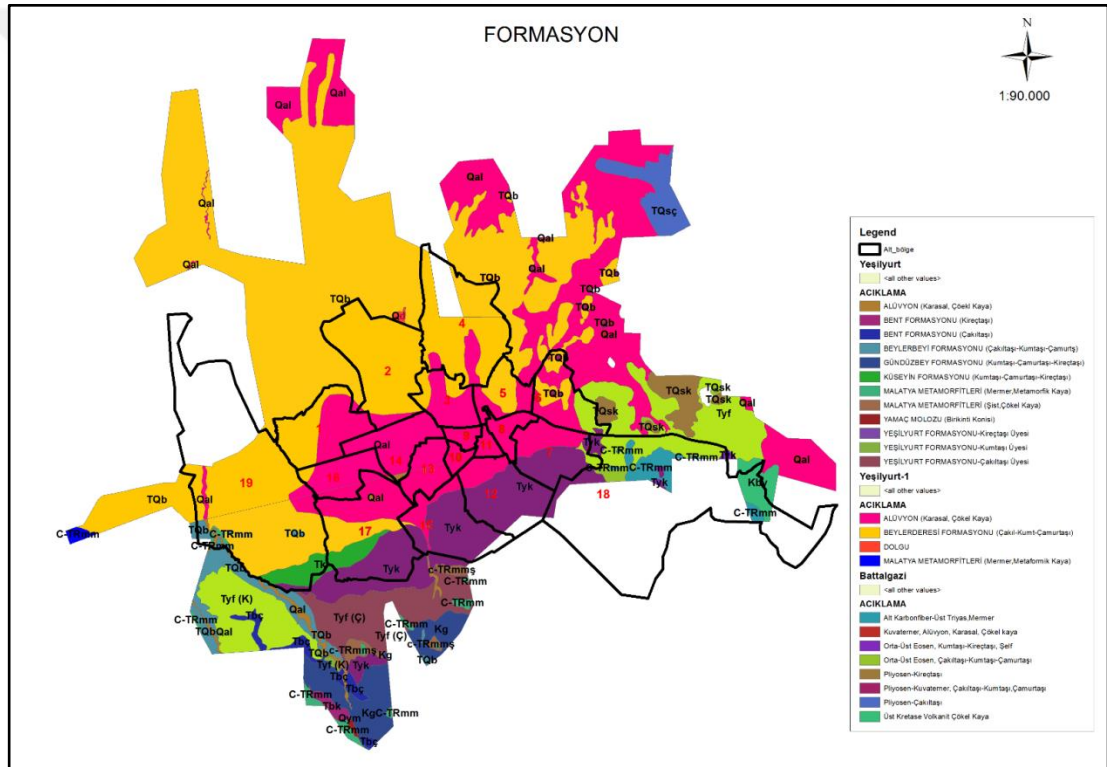
Şekil 3.8 Şebeke Boru Cinslerine Göre Dağılım Grafiği

Çalışmaya konu olan şebeke üzerinde yaklaşık 50,000 servis bağlantısı ve toplamda 220,000 abone bulunmaktadır. Uygulama alanına ait bina yerleşim haritasının bir bölümü Şekil 3.9’da verilmiştir.



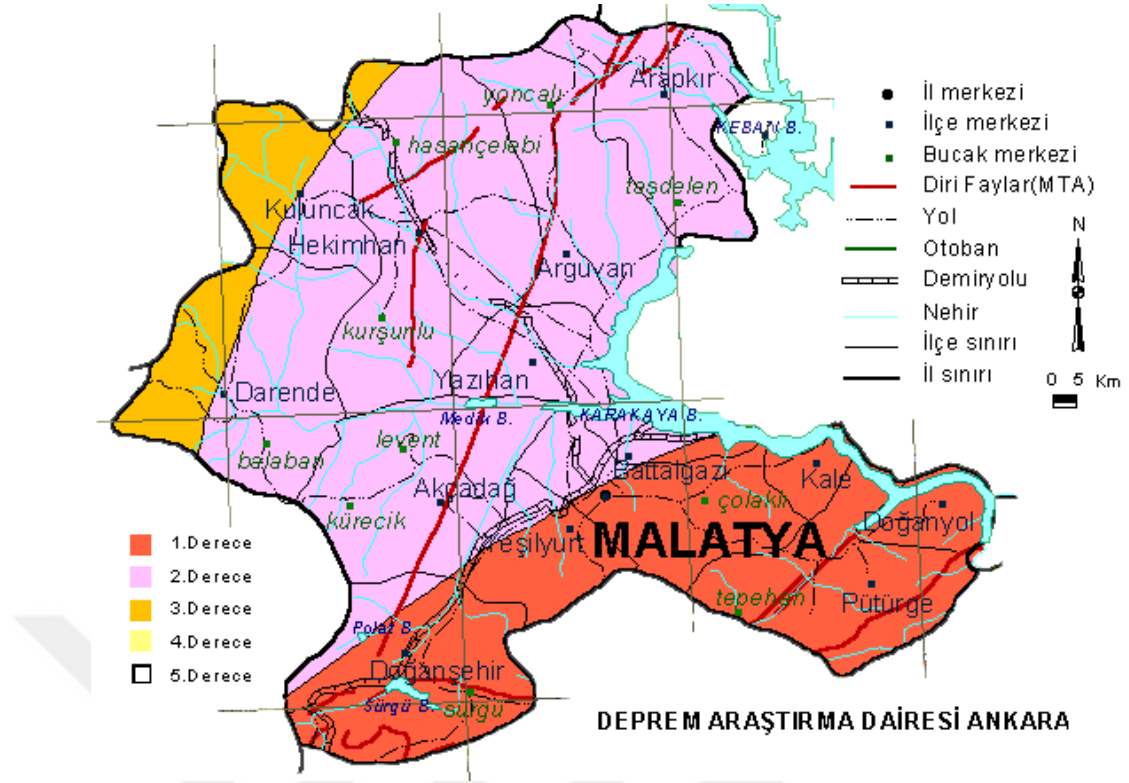
Şekil 3.9 Çalışma Alanı Bina Yerleşim Haritası (MASKİ, 2017)

Çalışma alanında birinci zamandan günümüze kadar oluşmuş jeolojik formasyonlar yer almaktadır. Malatya ilinin güneyindeki yükseltileri oluşturan jeolojik yapılar Doğu Torosların kolu olup yaşlı kayalardan oluşmaktadır. Güneybatıdan doğu yönüne doğru uzanan paleozoyik yaşlı metamorfik şistler ve mermer yapılı kireçtaşları bölgedeki en yaşlı kayalardır. Bu oluşumların üzerinde ise Kretase yaşlı fliş ve kireçtaşları ile Eosen ve Pliyosen yaşlı tortul kayaları yer alır. En üstte ise Malatya ovasındaki çöküntü havzasını dolduran Pliyosen ve Pliyo Kuvaterner yaşlı depozitler yer alır (MASKİ, 2016). Malatya ili Jeolojik Formasyonu haritası Şekil 3.10’da gösterilmiştir.



Şekil 3.10 Malatya ili Yeşilyurt, Battalgazi İlçeleri Jeolojik Formasyonu (MASKİ,2016)

Malatya ili metropol bölgesi 1. Derece deprem bölgesi sınırları içerisinde yer almaktadır (Şekil 3.11). Malatya ili; Karlıova (Bingöl)’den başlayıp 580 km uzunluk boyunca güneye Antakya’ya ilerleyen Doğu Anadolu Fay zonunun üzerindedir. Tarih boyunca bu fay zonu üzerinde büyüklüğü 7.8’e ulaşan bir çok deprem meydana gelmiş ve ağır hasarlara sebep olmuştur.



Şekil 3.11 Malatya Deprem Bölgeleri Haritası (Deprem Araştırma Dairesi, Ankara)

Malatya ovasındaki yeraltı suyu potansiyeli aktif olarak kullanılmaktadır. Yer altı sularından içme suyunun yanı sıra, Malatya ovasındaki verimli tarımlı arazilerinin sulaması için de önemli oranda yararlanılmaktadır. Malatya ovası aktiflerinin emniyetli rezervi 30.32 hm^3 / yıl olarak belirlenmiştir.

Uygulama alanında sert karasal iklim hüküm sürmektedir. Kışlar soğuk ve uzun, yazlar ise sıcak ve kurak geçer. Sıcaklık $-25.1 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ile $42.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ arasında değişir (Çizelge 3.4). Yılın üç ayı sıcaklık $30 \text{ }^{\circ}\text{C}$ nin üzerinde ve yılın 2.5 ayı boyunca da $0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ nin altında sıcaklıklar yaşanır. Yıllık yağış ortalaması ise 376 mm 'dir ve çalışma alanı yılın bir ayı boyunca karla örtülüdür. En yüksek sıcaklıklar Temmuz ayında kaydedilirken, en düşük sıcaklıklar ise Ocak ayında kaydedilmektedir. Yağışın en çok düştüğü ay ise Nisan ayıdır (Çizelge 3.3).

Çizelge 3.3 Malatya Meteoroloji İstatistikleri (MGM, 2017)

MALATYA	Ortalama Sıcaklık (°C)	Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (kg/m²)
Ocak	-0.4	3.1	-3.4	3.2	10.9	42.1
Şubat	1.4	5.3	-2.2	4.2	10.7	40.7
Mart	6.7	11.5	2.1	5.4	11	48.9
Nisan	13	18.3	7.5	7.2	10.7	54.7
Mayıs	18.1	23.9	11.9	9.2	10	44.5
Haziran	23.2	29.5	16.1	11.4	4.7	17.1
Temmuz	27.2	33.8	19.8	12.4	1	2.2
Ağustos	27	33.7	19.8	11.6	0.8	1.8
Eylül	22.3	29	15.4	10.1	2.1	6.6
Ekim	15.4	21.3	9.8	7.3	6.7	35.9
Kasım	7.8	12.5	3.9	5.2	8.6	42
Aralık	2	5.4	-0.9	3.1	10.8	39.9
Yıllık	13.6	18.9	8.3	90.3	88	376.4

Çizelge 3.4 Malatya Yıllar İçinde Gerçekleşen En Düşük ve En Yüksek Değerler (1926-2016) (MGM, 2017)

MALATYA	En Yüksek Sıcaklık (°C)	En Düşük Sıcaklık (°C)
Ocak	15.4	-25.1
Şubat	20.3	-21.2
Mart	27.2	-13.9
Nisan	33.7	-6.6
Mayıs	36	0.1
Haziran	40	4.9
Temmuz	42.5	10
Ağustos	41.5	9.3
Eylül	38.8	3.2
Ekim	34.4	-1.2
Kasım	25	-12
Aralık	18	-22.2

4. MATERYAL VE YÖNTEM

İnsanoğlunun medenileşme sürecinin en belirleyici parametresi olan su, hızla artan nüfus ve küresel iklim değişikliği sebebiyle, medenileşme sürecinde bulunduğu önemli konumunu sağlamlaştırarak, çok daha belirleyici ve önemli hale gelmiştir. Her ne kadar, deniz suyunu arıtmak gibi alternatif su kaynakları oluşturmak bir çözüm olarak dursa da yüksek enerji maliyetleri dolayısıyla eldeki su kaynaklarını korumak ve verimliliğini artırmak günümüzde en uygulanabilir çözüm olarak durmaktadır. Uluslararası Su Birliği (IWA)'nin yaptığı bir çalışmaya göre su kayıpları gelişmiş ülkelerde %8-24 aralığındadır. Yine aynı çalışmada su kaybı için kabul edilir sınır değer %10 olarak belirlenmiştir. Türkiye'de ise su kayıpları %34 mertebesinde (TÜİK,2014).

Su kayıplarının azaltılması dünyada ve ülkemizde güncel çalışma konularından biridir. Bu kapsamda, Orman ve Su İşleri Bakanlığı tarafından su kayıplarının kontrolü için 8 Mayıs 2014 tarihinde *“İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su kayıplarının Kontrolü”* yönetmeliği yayınlanmıştır. Bu yönetmeliğe göre; idareler su kayıp oranlarını yönetmeliğin yürürlük tarihinden itibaren, büyükşehir ve il belediyelerinde 5 yıl içerisinde en fazla %30, takip eden 4 yıl içerisinde ise en fazla %25 düzeyine; diğer belediyelerde 9 yıl içerisinde en fazla %30, takip eden 5 yıl içerisinde ise en fazla %25 düzeyine indirmekle yükümlüdürler (Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 2014).

Su kayıplarının takibi ve değerlendirmesi için su dengesinin oluşturulması gerekmektedir. 2014 yılında yayınlanan *“İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su kayıplarının Kontrolü”* yönetmeliği ile idarelerden standart su dengesi formlarının hazırlanması istenmiştir (Şekil 4.1). Bu forma göre, su kayıpları; *İdari Su Kayıpları* ve *Fiziksel Su Kayıpları* olmak üzere iki ana başlıkta incelenmektedir. İdari su kayıplarının temel bileşenleri illegal kullanım ve sayaç hataları iken, fiziksel su kayıplarının temel bileşenleri iletim-dağıtım hattındaki kaçaklar, depolarda oluşan taşmalar ve kaçaklar ile servis bağlantılarındaki kaçaklardır. Burada servis bağlantılarındaki su kayıplarının nitelik bakımından diğerlerine göre ehemmiyeti az olsa da nicelik bakımından bu bileşenler arasından en mühim olanı olarak öne çıkmaktadır.

Bu tez çalışması kapsamında servis bağlantılarındaki su kayıpları ve etkili parametreler incelenecektir. Çalışmanın sonucunda fiziksel su kayıplarının alt bileşenlerinden olan servis bağlantılarındaki su kayıplarının daha iyi analiz edilebilmesi, etkili parametrelerin ve etkilerinin belirlenerek su kayıplarının azaltılmasında ilgili kişi ve kurumlara ışık tutması beklenmektedir.

Sisteme Giren Hacim	Yasal Tüketim	Faturalandırılmış Yasal Tüketim	Faturalandırılmış Ölçülmüş Tüketim	Gelir Getiren Su
			Faturalandırılmış Ölçülmemiş Tüketim	
		Faturalandırılmamış Yasal Tüketim	Faturalandırılmamış Ölçülmüş Tüketim	Gelir Getirmeyen Su
			Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Tüketim	
	Su Kayıpları	İdari Kayıplar	Yasadışı Tüketim	
			Sayaç Hatası	
			Okuma Hatası	
		Fiziksel Kayıplar	İletim ve Dağıtım	
			Hatlarındaki Kaçaklar	
			Depolardaki Kaçaklar	
			Sayaç ile Dağıtım Borusu Arasında Bağlantı Hatlarındaki Kaçaklar	

Şekil 4.1 Standart Su Denge Tablosu (IWA, 2008)

Bu çalışmada izlenecek yol, Malatya ili içme suyu şebekesi arıza verilerinin (2007-2016) yılları için derlenmesi, bu verilerin CBS programı üzerine işlenmesi ve toplam arızaların içerisinde servis bağlantılarındaki arıza verilerinin ayıklanarak dağılımlarının belirlenmesi şeklinde olacaktır.

Pilot bölgelerde saha çalışmaları yapılarak arıza kayıtları dışında bugüne kadar arızaya mahal vermemiş servis bağlantıları incelenerek, servis bağlantılarında farkında olunmayan su kayıpları var mıdır? Varsa ne orandadır? sorularına cevap aranarak, şebekenin genel durumu ortaya koyulacaktır.

Son olarak, arıza dağılımlarının belirlenen parametreler ile ilişkisinin araştırılması olacaktır. Belirlenen parametreler aşağıdaki gibidir;

- Malzeme kalitesi ve İşçilik
- Şebeke İşletme Basıncı
- Trafik yükü
- Farkındalık, (Tespit-Müdahale)
- Sıcaklık Değişiklikleri
- Bitki Örtüsü (Ağaç Kökleri)
- Jeolojik Yapı

4.1. Alt Ölçüm Bölgesi (AÖB) Yöntemi

Alt ölçüm bölgeleri (AÖB), içme suyu dağıtım sistemlerindeki şebekeyi daha iyi kontrol edebilmek ve izleyebilmek için oluşturulan küçük su dağıtım şebekeleridir. AÖB yönteminde öncelikle izole edilecek bölgenin sınırları belirlenir. Sınırlar belirlenirken dikkat edilmesi gereken hususlar aşağıdaki gibidir;

AÖB Büyüklüğü

Belirlenen AÖB alanının ne çok büyük ne de çok küçük olması istenir. IWA standartlarında yerleşim bölgelerinde AÖB bölgelerinin 500 ile 3000 arasında servis bağlantısından oluşması önerilmektedir (IWA, 2007). AÖB alanının çok büyük olması bölgenin takibini zorlaştıracığından bölge içerisinde oluşması muhtemel olan küçük sızıntıların takibini zorlaştıracaktır. Bölgenin çok küçük olması ise şebekenin tamamında AÖB sayılarını artırarak yöntemi ekonomik olmaktan çıkaracaktır. Alt sınır belirlenirken, su maliyetleri de bir parametre olarak öne çıkabilmektedir. Su maliyetinin çok yüksek olduğu bölgelerde daha küçük AÖB'ler planlanabilir.

Topoğrafik Yapı

AÖB sınırları içerisinde basınç değerlerinde büyük farklılıkların olmaması adına, AÖB alanında zemin kotlarında büyük değişiklikler olmaması gerekir.

Yerleşim Şekli

AÖB için sınırları belirlenecek alanda çok katlı binalar mevcutsa, AÖB planlaması yapılırken servis bağlantı sayılarının alt sınıra yakın tutulması, etkin bir AÖB yönetimi için faydalı olacaktır.

Şebeke ve İzolasyon Durumları

AÖB planlaması yapılırken şebekenin komşu bölgelerle geçiş durumları titizlikle incelenmelidir. Bölgeyi izole edebilmek için kapatılması gereken vana sayısı belirlenmeli ve bu vanalar kapatılınca bölge içi veya bölge dışı etkilenebilecek yerlerin olup olmadığı denetlenmelidir. Eğer komşu bölgelere su akışı için açık tutulması gereken borular varsa, bu boruların üzerlerine debimetre yerleştirerek bölgeden çıkan debiler izlenmeli ve bu debiler çıkış debisi olarak hesaplanmalıdır.

Açık tutulması gereken boru sayısı fazla ise ve çıkış debimetresi sayısı artarak AÖB yönetimini ekonomik olmayan bir duruma getiriyorsa, AÖB yeniden planlanmalıdır. Aynı şekilde izole edilen bölgeye giriş debisinin de mümkün olan minimum sayıda olması gerekmektedir. Bu noktada giriş ve çıkış debimetre sayıları için ekonomik seviye, bölgedeki su maliyetleri ve sızıntı seviyeleri göz önünde bulundurularak idare tarafından belirlenmelidir.

AÖB tasarlanıp izole edildikten sonra bölgenin gerçekten bir AÖB olup olmadığı ve izolasyonun tam anlamıyla gerçekleşip gerçekleşmediği test edilmelidir. Özellikle eski şebekelerde bilinmeyen bazı bağlantılar olabilmekte ve bu durumda izolasyon sağlanamamaktadır. Bu amaçla bölgeye giren debi kapatılarak, borulardaki suyun kuruyup kurumadığı test edilmeli ve sıfır basınç testi yapılmalıdır. Giren debi kapatıldıktan sonra, AÖB sınırları içerisinde şebekenin basıncının sıfırlanması beklenir. Bu amaçla basınç ölçüm cihazları ile kontroller yapılmalı ve bölgenin izole olduğundan emin olunmalıdır.

AÖB tasarlanıp, izolasyon tam manasıyla sağlandıktan sonra bölgeye giren debiler izlenir. Bölgede saha taramaları yapılarak bölgedeki sızıntılar belirlenir ve tamir edilir. Bu noktadan sonra bölgeye giren debide azalma olması beklenir. Debiler izlenirken gün içerisinde tüketimde farklılıklar olacağından minimum gece debileri izlenmelidir.

Minimum gece debisi, bir AÖB'ye giren debinin minimuma ulaştığı gece saatlerinden okunan debidir. Çoğu durumda, minimum gece debisi sızıntılardan oluşurken, bu saatlerde tüketime dayalı debi göreceli olarak çok küçük değerlerde kalmaktadır (IWA, 2007). Bu anlamda bölgede gece tüketimi yüksek olduğu bilinen fabrika, otel, turistik mekanlar gibi yerler varsa, bu yerlerin tüketimleri takip edilerek gece debisinden çıkarılmalıdır.

Bölgeye giren minimum gece debisi ekonomik seviyeye kadar düşürüldükten sonra, bölgede gece debilerinde meydana gelen sürekli ve büyük değişiklikler bölgede yeni sızıntıların olduğu anlamına gelecektir. Bu durumda, saha taraması başlatılması ve sızıntının yerinin tespit edilmesi gerekmektedir. Eğer AÖB kendi içinde alt bölümlere ayrılabilirse, belirli saatlerde sadece belirli bölgelere su verilerek gece debisini artıran bölüm tespit edilebilir ve bu sayede tarama yapılacak alan daraltılmış olur.

4.2. Uzman Görüşlerinin Alınması

İçme suyu dağıtım sistemlerinde meydana gelen arıza kayıtlarının önemli bir kısmı servis bağlantılarında meydana gelmektedir. Sistemde meydana gelen arızalara sebep olan faktörlerin bilinmesi, bu faktörlerin etkisinin en aza indirilerek su kayıplarının azaltılması ve sistemin normal işletme koşullarının sağlanması açısından oldukça önemlidir. Birbirinden farklı işletme koşulları ve tüketim profillerine sahip şebekelerde bu faktörlerin etkisi veya etkilerinin büyüklüğü değişiklik gösterebilmektedir. Bu faktörleri ve etkilerini belirleyebilmenin yollarından biri de bu alanda çalışan ve bu faktörlerin sebep olduğu sorunlarla ve su kayıplarıyla en çok yüzleşen kişilerin görüşlerini almaktır. Bu amaçla, tez çalışması yapılırken; su ve kanal idarelerinde ve belediyelerde yönetici ve mühendis olarak çalışanlar, üniversitelerde bu alanda çalışan akademisyenler ile bu alandaki firmalarda çalışan özel sektör temsilcilerden oluşan uzmanların görüşleri alınmıştır. Servis bağlantılarında arızaya ve su kaybına sebep olabilecek 13 parametre belirlenmiş ve uzmanların bu parametrelerin etkilerini 1'den 10'a kadar puanlamaları istenmiştir. Toplam 94 uzmanın görüşleri alınmış ve sonuçlar analiz edilmiştir.

5. VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ VE ANALİZ

Yapılan bu tez kapsamında içme suyu şebekelerinde cadde ve sokaktan geçen esas boru ile bina arasında bağlantıyı sağlayan ve servis bağlantısı ya da abone bağlantılarında meydana gelen arızalar, sebep olan faktörler ve bu arızaların gelir getirmeyen su oranına etkisi analiz edilmiştir. Bunun için daha önce de bahsedildiği gibi Malatya ili, Battalgazi ve Yeşilyurt ilçe sınırları içinde yer alan mahalleler uygulama alanı olarak belirlenmiştir.

Tez kapsamında yapılan çalışmaların detaylarına girmeden önce genel hatlarıyla yapılan analizler şu şekilde sıralanabilir;

- Uygulama alanına ait verilerin elde edilmesi
 - İçme suyu dağıtım sistemi sayısal haritası
 - Uygulama alanı hali hazır haritası
 - Uygulama alanı jeoloji haritası
 - Uygulama alanı bina yerleşim haritası
 - Uygulama alanında abone bağlantılarında meydana gelen arıza kayıtları
 - Bölgelere ait ortalama basınçlar
 - İklim verilerinin elde edilmesi
 - Trafik yükü haritası ve cadde/sokak sınıfı (7m, 10m, 20m)
 - Depo beslenim bölgeleri haritası
- Verilen CBS ortamına aktarılması
 - Arıza veri tabanı oluşturulması
 - Abone/bina veri tabanı oluşturulması
 - Basınç haritasının oluşturulması
- Abone bağlantı arıza verilerinin analiz edilmesi
 - İklim verilerinin elde edilmesi ve arıza tarihine göre düzenlenmesi
 - Arıza ve etkili faktörler arasındaki ilişkinin istatistiksel olarak incelenmesi

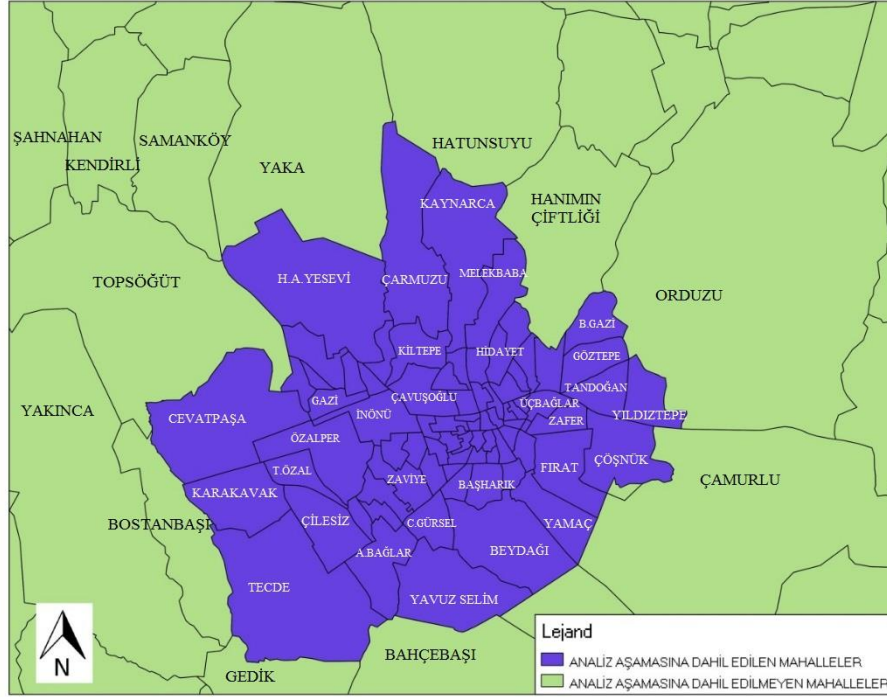
- Abone arızalarının mevsimlere göre değişiminin belirlenmesi
 - Abone arızalarının aylara göre değişiminin belirlenmesi
 - Abone arızalarının yıllara göre değişiminin belirlenmesi ve CBS haritasında değişimin görüntülenmesi
 - Abone arızalarının konumsal dağılımının belirlenmesi ve CBS haritasında değişimin görüntülenmesi
 - Konumsal dağılıma göre zemin cinsine göre arıza oranı değişimi ve ilişkisinin belirlenmesi
 - Uzman görüşlerine göre abone arızaları üzerindeki etkili değişkenler arasındaki ilişkinin değerlendirilmesi
 - Arıza oranının yağış ve sıcaklık ile ilişkisinin belirlenmesi
- Alt ölçüm bölgelerinde abone arızalarının su kayıplarına etkisinin araştırılması
 - Yüzeye çıkmayan sızıntıların sisteme giren debi ve su kaybı üzerindeki etkisinin analizi
 - Boru malzemesi ve işçilik kalitesi ile abone arızası-su kaybı arasındaki ilişkinin değerlendirilmesi
 - Basınç değişimi abone arızası-su kaybı ilişkisinin değerlendirilmesi

5.1. Abone Bağlantısı Arıza Kayıtları

Çalışma alanında sorumlu idare olan MASKİ Genel Müdürlüğünden elde edilen servis bağlantısı arızaları verileri bir araya getirilmiştir. Veriler arasından “yeni servis bağlantısı” başlığındaki veriler değerlendirmeye alınmamış sadece kendiliğinden meydana gelen arızalar göz önünde bulundurulmuştur. Çalışma kapsamında MASKİ hizmet alanı içinde yer alan toplamda 145 mahallenin 10 yıllık (2007-2016) verisi incelenmiştir.

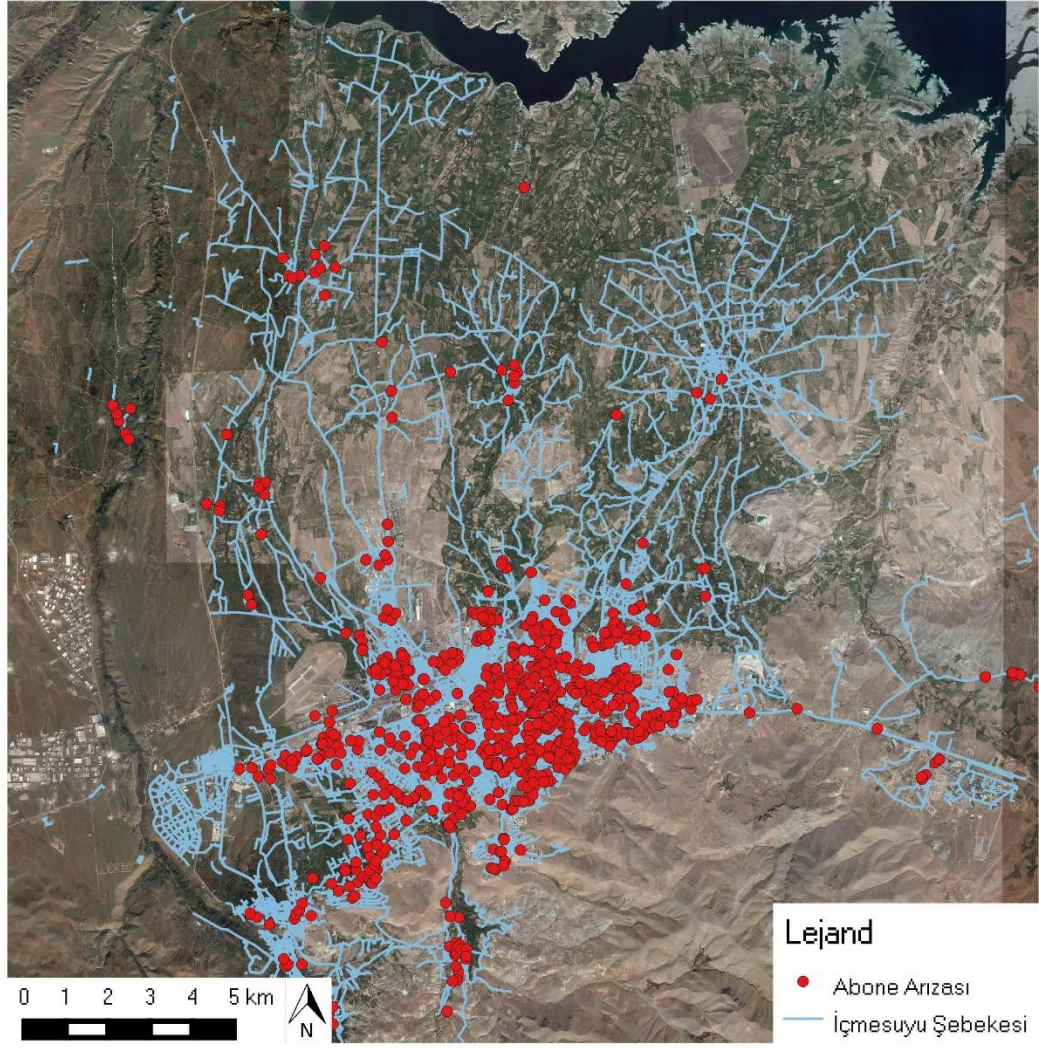
Veriler incelendiğinde 2007-2013 yılları için birçok mahallenin verisinin mevcut olmadığı görölmektedir (Çizelge 4.1). Bunun sebebi ise, Malatya ilinin 2014 yılında büyükşehir statüsüne kavuşmadan önce bu bölgelerin belde veya köy statüsünde olmaları ve bu bölgelerde su hizmetinin ilgili Belde ve İlçe belediyeleri tarafından verilmiş olması ve sisteme ait kayıtların tutulmaması gösterilebilir.

Servis bağlantılarındaki arızalar ve etkili parametreler açısından sağlıklı bir değerlendirme ve analiz yapabilmek adına çalışmanın analiz aşaması için bütünlüğü olan verilerin kullanılmasına karar verilmiştir. Çoğunluğu kırsal bölge olan mahalleler analiz aşamasına dahil edilmeyecektir. Çalışma kapsamında verisi incelenen ve analizlere dahil edilen ve edilmeyen mahalleler Şekil 4.1’de gösterilmiştir.



Şekil 5.1 Malatya Merkez Mahalle Sınırları

Şekil 5.1’de gösterilen haritaya göre çalışma kapsamına dahil edilen mahalle sayısı 78’dir. Analizler yapılırken 10 yıla ait (2007-2016) toplam 12.754 adet servis bağlantısı arızası incelenecektir. Bu çalışma kapsamında uygulama alanında gözlenmiş şebeke ve vana arızaları dikkate alınmamıştır. Uygulama alanında 10 yılda meydana gelen abone bağlantısı arızalarının sayısal ortamda mahallelere göre dağılımı Şekil 4.2’de gösterilmiştir.



Şekil 5.2 İçme Suyu Şebekesi ve Servis Bağlantısı Arıza Noktaları

Çizelge 5.1 Yıllara Göre Servis Bağlantısı Arıza Sayıları (MASKİ, 2017)

MAHALLE	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
ABDULGAFFAR	4	3	6	12	2	5	29	12	27	15
ADAGÖREN	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4
AĞILYAZI	0	0	0	0	0	0	0	0	4	8
AKPINAR	2	7	12	17	8	7	27	9	20	10
ALACAKAPI	0	0	0	0	0	0	0	13	52	80
ALİŞAR	0	0	0	0	0	0	16	8	31	14
ASLANBEY	7	5	8	8	10	3	11	17	130	15
AŞAĞI BAĞLAR	10	27	19	26	17	24	98	56	57	80
ATAKÖY	8	11	8	10	12	5	20	12	8	26
ATATÜRK	1	1	6	7	2	4	9	18	29	31
B.HÜSEYİNBEY	1	0	3	2	7	4	6	8	8	9
B.MUSTAFA PAŞA	17	10	13	12	7	11	24	14	91	14
BAĞTEPE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
BAHÇEBAŞI	0	0	0	0	0	0	25	17	22	30
BAHÇELİEVLER	0	0	0	0	0	0	0	2	28	30
BAŞHARIK	25	32	39	40	39	25	60	86	52	94
BATTALGAZİ	8	18	15	15	11	12	51	36	50	36
BENTBAŞI	4	6	3	2	2	4	16	19	9	19
BEYDAĞI	37	48	58	46	25	31	118	79	71	102
BEYLERBAŞI	9	12	17	14	15	7	17	32	11	10
BİNDAL	0	0	0	0	0	0	0	1	10	20
BORAN	0	0	0	0	0	0	0	4	12	23
BOSTANBAŞI	0	0	0	0	0	0	0	35	85	94
BULGURLU	0	0	0	0	0	0	18	25	23	16
CEMAL GÜRSEL	18	22	41	22	13	17	50	38	37	43
CEVATPAŞA	7	6	7	9	5	0	46	29	28	26
CEVHERİZADE	20	14	11	15	8	10	20	21	27	9
CİRİKPINAR	8	4	15	12	5	10	21	22	12	16
CUMHURİYET	8	7	11	12	21	11	30	26	57	48
ÇAMURLU	0	0	0	0	0	0	22	17	6	5
ÇARMUZU	13	14	18	13	11	10	39	38	30	39
ÇAVUŞOĞLU	10	25	24	23	12	22	117	103	72	113
ÇAYIRKÖY	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
ÇİLESİZ	3	12	6	11	7	7	40	60	103	129
ÇOLAKOĞLU	0	0	0	0	0	0	0	0	13	12
ÇÖŞNÜK	39	58	51	42	28	49	112	95	94	114
ÇUKURDERE	9	14	15	20	12	6	36	31	25	35
DABAKHANE	9	8	14	30	11	16	58	35	35	28
DİLEK	0	0	0	0	0	0	0	73	101	131
DOLAMANTEPE	0	0	0	0	0	0	0	5	14	13

Çizelge 5.1. Yıllara Göre Servis Bağlantısı Arıza Sayıları (devam)

MAHALLE	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
DURANLAR	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2
DURULDU	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3
ERENLİ	0	0	0	0	0	0	0	1	3	0
FATİH	8	16	4	11	4	11	12	17	20	31
FERHADİYE	5	22	20	17	8	8	22	14	26	15
FIRAT	58	61	66	59	30	32	195	121	65	79
GAZİ	3	8	19	17	22	6	33	38	19	39
GEDİK	0	0	0	0	0	0	0	18	33	29
GÖLLER	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1
GÖRGÜ	0	0	0	0	0	0	0	1	49	29
GÖZTEPE	19	27	34	31	17	28	91	75	76	58
GÜNDÜZBEY	0	0	0	0	0	0	0	55	55	65
HACI ABDİ	12	11	20	19	9	13	38	50	91	47
HACİHALİLOĞLUÇİFTLİĞİ	0	0	0	0	0	0	0	0	7	5
HACİYUSUFLAR	0	0	0	0	0	0	0	1	1	3
HALFETTİN	3	7	3	15	1	6	14	11	7	25
HAMİDİYE	6	9	12	27	12	10	16	19	19	41
HANIMINÇİFTLİĞİ	0	0	0	0	0	0	0	47	74	93
HASAN VAROL	9	24	18	30	8	16	40	39	37	28
HASIRCILAR	0	0	0	0	0	0	0	8	33	15
HATUNSUYU	0	0	0	0	0	0	0	25	80	60
HIROĞLU	0	0	0	0	0	0	0	12	9	23
HİDAYET	11	27	41	54	42	30	70	94	29	61
HİSARTEPE	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3
HOCA AHMET YESEVİ	7	13	10	21	14	2	48	42	49	51
İKİZCE	0	0	0	0	0	0	0	1	12	8
İLYAS	1	3	4	2	6	11	29	32	10	15
İNÖNÜ	18	24	28	15	15	18	88	67	50	63
İSKENDER	1	7	6	8	8	15	33	54	25	37
İSMETİYE	2	1	2	1	2	0	4	5	6	6
İSTİKLAL	17	21	36	31	19	11	36	33	37	27
İZZETİYE	4	4	6	4	5	7	12	8	15	12
K.HÜSEYİNBEY	8	16	3	15	8	8	11	3	2	5
K.MUSTAFA PAŞA	5	4	5	7	2	4	14	10	21	14
KADIÇAYIRI	0	0	0	0	0	0	0	2	6	9
KARAHAN	0	0	0	0	0	0	0	28	46	46
KARAKAŞ	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4
KARAKAVAK	21	23	31	27	21	23	103	82	81	85
KARAKÖY	0	0	0	0	0	0	0	0	2	6
KARATEPE	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4

Çizelge 5.1. Yıllara Göre Servis Bağlantısı Arıza Sayıları (devam)

MAHALLE	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
KAVAKLIBAĞ	9	3	9	11	2	1	16	2	8	7
KAYNARCA	5	16	16	9	10	5	34	16	24	30
KEMERKÖPRÜ	0	0	0	0	0	0	0	2	7	8
KENDİRLİ	0	0	0	0	0	0	7	12	12	6
KERNEK	28	6	14	7	10	10	31	36	104	21
KIRÇUVAL	4	9	4	5	2	4	10	6	11	17
KIRKPINAR	0	0	0	0	0	0	0	3	32	12
KIRLANGIÇ	0	0	0	0	0	0	0	0	8	14
KİLTEPE	20	17	34	32	29	19	58	76	54	60
KOŞU	4	11	5	6	9	5	21	29	16	39
KOYUNOĞLU	12	18	18	21	18	11	44	25	29	41
KOZLUK	0	0	0	0	0	0	0	0	8	8
KULUŞAĞI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
KUŞDOĞAN	0	0	0	0	0	0	0	0	17	12
MAHMUTLU	0	0	0	0	0	0	0	1	0	4
MELEKBABA	32	31	33	32	30	29	86	71	71	91
MOLLAKASIM	0	0	0	0	0	0	0	25	37	56
NİYAZİ	4	14	5	20	5	8	15	14	8	15
NURİYE	8	5	8	12	7	3	10	11	36	27
OLUKLU	0	0	0	0	0	0	0	0	2	7
ORDUZU	0	0	0	0	0	0	2	75	183	209
ÖZAL	0	0	0	0	0	0	0	1	38	21
ÖZALPER	32	42	56	52	49	49	141	112	126	130
PAŞAKÖŞKÜ	21	42	28	24	19	19	34	51	42	57
SALKÖPRÜ	6	5	10	13	15	11	28	46	19	63
SAMANKÖY	0	0	0	0	0	0	17	16	9	21
SAMANLI	2	7	8	6	5	3	23	17	12	61
SANCAKTAR	5	8	7	12	16	4	33	17	12	18
SARAY	16	23	15	25	16	13	39	37	35	28
SARICIOĞLU	7	14	14	17	11	10	17	37	30	35
SELÇUKLU	4	12	7	18	10	12	53	29	47	63
SEYRAN	11	12	26	34	14	23	64	36	49	85
SU	0	0	0	0	0	0	8	28	22	20
SULUKÖY	0	0	0	0	0	0	0	0	4	11
SÜTLÜCE	0	0	0	0	0	0	0	0	25	5
ŞAHNAHAN	0	0	0	0	0	0	0	27	36	62
ŞEHİT FEVZİ	8	15	19	22	13	11	27	36	21	34
ŞEYH BAYRAM	16	18	16	18	15	10	51	41	47	57
ŞIKŞIK	0	3	1	1	1	2	2	4	34	1
ŞİFA	10	5	11	21	13	8	34	35	25	23

Çizelge 5.1. Yıllara Göre Servis Bağlantısı Arıza Sayıları (devam)

MAHALLE	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
TANDOĞAN	23	30	27	36	36	30	98	66	60	64
TAŞTEPE	17	22	31	39	27	19	52	43	43	50
TECDE	26	49	48	49	29	29	156	170	253	190
TEPEKÖY	0	0	0	0	0	0	0	0	3	5
TOHMA	0	0	0	0	0	0	0	0	1	9
TOKLUCA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
TOPRAKTEPE	0	0	0	0	0	0	0	0	4	15
TOPSÖĞÜT	0	0	0	0	0	0	0	25	34	53
TOPTAŞ	0	0	0	0	0	0	0	7	21	41
TOYGAR	0	0	0	0	0	0	0	2	8	37
TURGUT ÖZAL	9	18	17	27	16	7	37	13	32	60
ÜÇBAĞLAR	8	15	2	18	19	10	23	35	37	22
YAKA	0	0	0	0	0	0	12	16	40	28
YAKINCA	0	0	0	0	0	0	0	41	86	55
YAMAÇ	12	25	11	8	4	6	34	30	25	18
YARIMCAHAN	0	0	0	0	0	0	0	1	2	8
YAVUZ SELİM	0	0	0	0	0	0	45	31	49	32
YAYGIN	0	0	0	0	0	0	0	4	3	8
YENİ	0	0	0	0	0	0	6	23	78	37
YENİHAMAM	7	3	1	10	4	3	16	18	10	19
YENİKÖY	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
YEŞİLKAYNAK	5	16	7	10	6	9	9	26	12	30
YILDIZTEPE	7	19	14	9	14	14	38	25	31	29
ZAFER	35	38	35	48	31	29	68	69	59	66
ZAVİYE	30	26	41	38	29	23	85	80	71	76

5.2. Abone Bağlantılarında Meydana Gelen Arızaların Analizi

Tez çalışmasının bu bölümünde uygulama alanından alınan arıza verilerinin çeşitli değişkenlere göre analizi ve değerlendirilmesi yapılmıştır. Bu analizler temel olarak şu şekilde verilebilir;

- Arıza kayıtlarının uzun yıllar aylık analizi
- Arıza kayıtlarının yıllara göre değişimi
- Arıza kayıtlarının mevsimsel olarak değişimi
- Arıza kayıtlarının sayısal ortamda konuma göre değişimi
- Arıza kayıtlarının çevresel etkilere göre değişimi

5.2.1. Mahalle Bazında Analiz

Belirli bir bölgedeki toplam arıza sayısı mekansal analiz açısından tek başına çok anlamlı bir veri olmayacağından dolayı verileri boyutsuz ifadelere dönüştürmek gerekmektedir. Bu nedenle bu çalışmada, karşılaştırma yapabilmek adına mekansal analiz aşamasında çalışılacak olan mahallelerin karakteristik özellikleri belirlenmiş, “*servis bağlantısı arıza oranı*” olarak ifade edilen parametre hesaplanmıştır. Bu tür çalışmalarda “birim şebeke uzunluğu ve birim zaman başına arıza sayısı” genel olarak kullanılan bir boyutsuzlandırma metodudur. Fakat bu çalışmada servis bağlantılarındaki arızalar çalışıldığından dolayı “*servis bağlantı sayısını*” esas alan bir boyutsuzlandırma tekniği daha anlamlı olacaktır. Çünkü yüksek şebeke metrajına ve düşük servis bağlantı sayısına sahip bir mahalle, düşük şebeke metrajı ve yüksek servis bağlantı sayısına sahip bir mahalleye göre avantajlı olacaktır. Bu yüzden verileri boyutsuzlandırmak adına “*servis bağlantı arıza oranı*” parametresi kullanılmıştır. Parametrenin hesaplanma şekli denklem 5.1 ile açıklanmıştır. Uygulama alanında yer alan mahalleler için hesaplanan abone bağlantısı arıza yoğunlukları Çizelge 5.2’de gösterilmiştir. Ayrıca hesaplanan bu parametrenin mahallelere göre konumsal değişimi Şekil 5.3’te verilmiştir.

$$i = n1/(n2*t) \quad (5,1)$$

i ; Servis bağlantı arıza oranı, $n1$; Bölge içerisinde kaydedilen servis bağlantısı arızası sayısı, $n2$; bölge içerisinde mevcut bulunan servis bağlantısı sayısı, t ; Arıza kayıtlarının elde edildiği zaman dilimi (yıl) olarak ifade edilir.

Çizelge 5.2 Mahallere Göre Servis Bağlantısı Arıza Oranı

MAHALLE	Şebeke Uzunluğu (m)	Servis Bağlantı Sayısı	Servis Bağlantı Arıza Sayısı	Servis Bağlantısı Arıza Oranı (arıza sayısı/abone bağlantı sayısı/yıl)
ABDULGAFFAR	2.643	233	59	0.0253
AKPINAR	1.147	521	87	0.0167
ASLANBEY	2.264	517	81	0.0157
AŞAĞI BAĞLAR	18.390	790	242	0.0306
ATAKÖY	2.086	308	78	0.0253
ATATÜRK	2.707	350	72	0.0206
B.HÜSEYİNBEY	1.280	408	33	0.0081
B.MUSTAFA PAŞA	4.621	524	124	0.0237
BAŞHARIK	10.137	1263	350	0.0277
BATTALGAZİ	11.839	1032	167	0.0162
BENTBAŞI	4.822	274	40	0.0146
BEYDAĞI	21.285	1841	400	0.0217
BEYLERBAŞI	2.284	475	112	0.0236
CEMAL GÜRSEL	19.879	997	206	0.0207
CEVATPAŞA	14.391	555	78	0.0141
CEVHERİZADE	3.111	460	117	0.0254
CİRİKPINAR	2.836	408	83	0.0203
CUMHURİYET	5.054	592	135	0.0228
ÇARMUZU	11.105	708	168	0.0237
ÇAVUŞOĞLU	31.311	2683	263	0.0098
ÇİLESİZ	20.255	669	148	0.0221
ÇÖŞNÜK	34.098	1653	423	0.0256
ÇUKURDERE	5.192	666	119	0.0179

Çizelge 5.2. Mahallere Göre Servis Bağlantısı Arıza Oranı (devam)

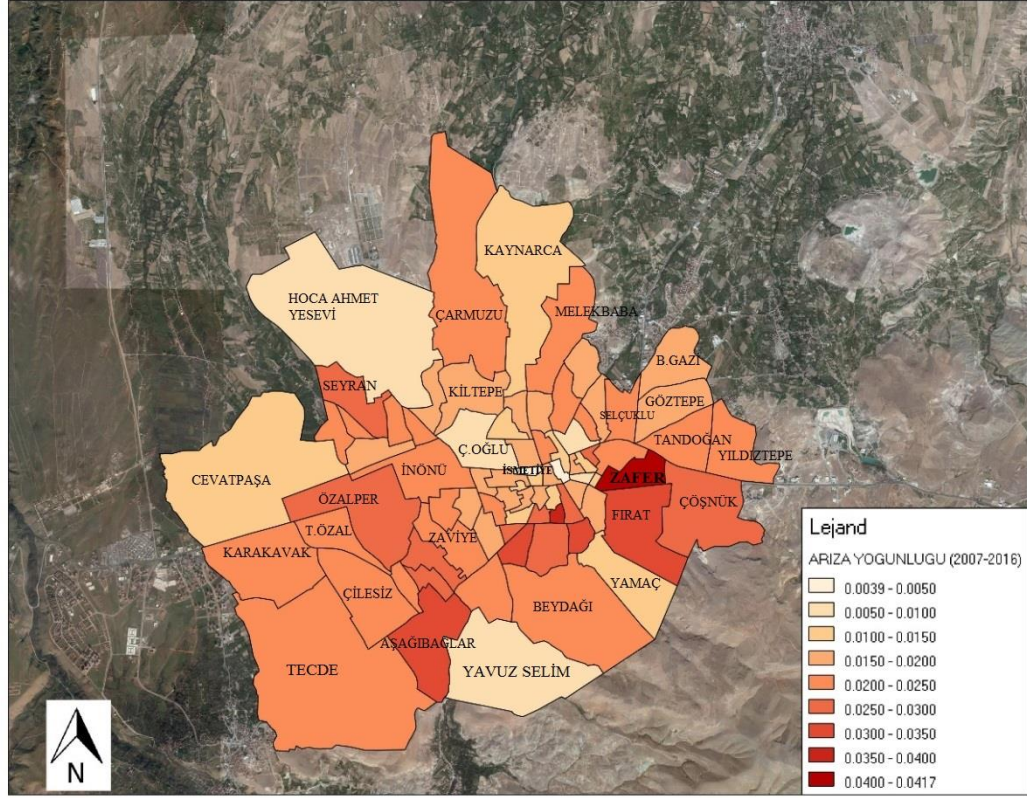
MAHALLE	Şebeke Uzunluğu (m)	Servis Bağlantı Sayısı	Servis Bağlantı Arıza Sayısı	Servis Bağlantısı Arıza Oranı (arıza sayısı/abone bağlantı sayısı/yıl)
DABAKHANE	1.879	1039	170	0.0164
FATİH	2.097	369	90	0.0244
FERHADİYE	1.959	310	124	0.04
FIRAT	25.405	1340	444	0.0331
GAZİ	5.470	688	128	0.0186
GÖZTEPE	16.473	1801	322	0.0179
HACI ABDİ	8.592	882	159	0.018
HALFETTİN	2.116	515	58	0.0113
HAMİDİYE	13.447	593	117	0.0197
HASAN VAROL	7.537	550	173	0.0315
HİDAYET	6.803	1330	330	0.0248
HOCA AHMET YESEVİ	28.490	1240	117	0.0094
İLYAS	3.017	274	45	0.0164
İNÖNÜ	17.161	841	209	0.0249
İSKENDER	7.407	481	91	0.0189
İSMETİYE	1.364	332	13	0.0039
İSTİKLAL	6.887	826	214	0.0259
İZZETİYE	4.567	512	54	0.0105
K.HÜSEYİNBEY	702	490	70	0.0143
K.MUSTAFA PAŞA	4.624	401	44	0.011
KARAKAVAK	24.579	1340	280	0.0209
KAVAKLIBAĞ	1.920	386	47	0.0122
KAYNARCA	21.515	771	108	0.014

Çizelge 5.2. Mahallere Göre Servis Bağlantısı Arıza Oranı (devam)

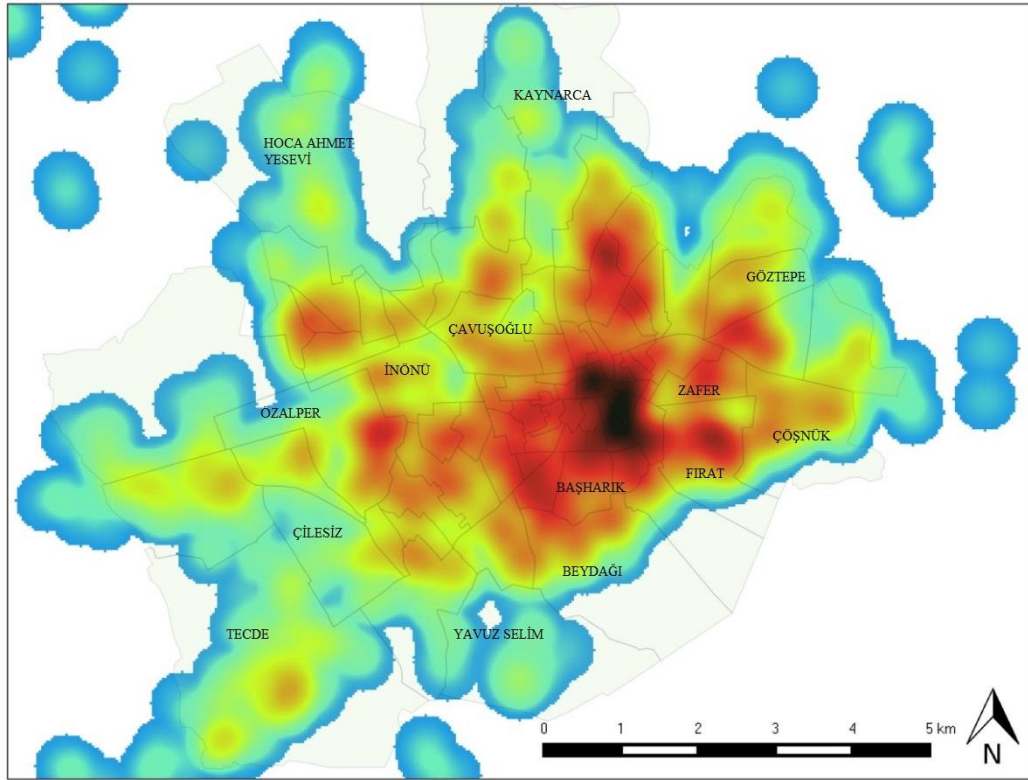
MAHALLE	Şebeke Uzunluğu (m)	Servis Bağlantı Sayısı	Servis Bağlantı Arıza Sayısı	Servis Bağlantısı Arıza Oranı (arıza sayısı/abone bağlantı sayısı/yıl)
KERNEK	4.631	701	131	0.0187
KIRÇUVAL	1.027	383	56	0.0146
KİLTEPE	17.073	1573	279	0.0177
KOŞU	5.089	424	90	0.0212
KOYUNOĞLU	7.078	623	150	0.0241
MELEKBABA	19.400	1696	340	0.02
NİYAZİ	2.299	412	74	0.018
NURİYE	3.892	396	72	0.0182
ÖZALPER	30.002	2054	516	0.0251
PAŞAKÖŞKÜ	11.208	753	239	0.0317
SALKÖPRÜ	6.718	540	108	0.02
SAMANLI	7.289	331	71	0.0215
SANCAKTAR	960	329	84	0.0255
SARAY	2.947	851	166	0.0195
SARICIOĞLU	6.585	1701	137	0.0081
SELÇUKLU	7.965	639	130	0.0203
SEYRAN	18.489	892	235	0.0263
ŞEHİT FEVZİ	8.621	796	149	0.0187
ŞEYH BAYRAM	13.839	661	172	0.026
ŞIKŞIK	2.118	153	16	0.0105
ŞİFA	6.444	721	120	0.0166
TANDOĞAN	18.847	1463	324	0.0221
TAŞTEPE	13.162	1327	245	0.0185

Çizelge 5.2. Mahallere Göre Servis Bağlantısı Arıza Oranı (devam)

MAHALLE	Şebeke Uzunluğu (m)	Servis Bağlantı Sayısı	Servis Bağlantı Arıza Sayısı	Servis Bağlantısı Arıza Oranı (arıza sayısı/abone bağlantı sayısı/yıl)
TECDE	58.743	2334	479	0.0205
TURGUT ÖZAL	12.739	610	144	0.0236
ÜÇBAĞLAR	6.334	582	125	0.0215
YAMAÇ	5.401	708	93	0.0131
YAVUZ SELİM	17.532	485	46	0.0095
YENİHAMAM	3.560	1146	56	0.0049
YEŞİLKAYNAK	6.008	507	93	0.0183
YILDIZTEPE	14.879	614	141	0.023
ZAFER	9.663	840	350	0.0417
ZAVİYE	33.057	1578	331	0.021



Şekil 5.3 Servis Bağlantısı Mahallelere Göre Arıza Yoğunluğu (2007-2016)



Şekil 5.4 Servis Bağlantısı Arıza Noktaları Yoğunluk Haritası (2007-2016)

Mahallelere göre yıllık servis bağlantısı arıza yoğunluğu incelendiğinde en yüksek yıllık arıza yoğunluğunun 0.0417 arıza/bağlantı/yıl ile Zafer mahallesinde olduğu görülmektedir (Çizelge 5.2). Bu rakam her yıl ortalama 24 servis bağlantısından birinin arıza verdiği anlamına gelmektedir. Yine 0.04 arıza/bağlantı/yıl arıza yoğunluğu ile Ferhadiye mahallesinin ve yıllık 0.0331 arıza/bağlantı/yıl arıza yoğunluğu ile Fırat mahallesinin servis bağlantılarındaki arızalar açısından en sorunlu mahalleler olduğu görülmektedir.

İsmetiye mahallesi ise yıllık 0.0039 arıza/bağlantı/yıl arıza yoğunluğu ile bu açıdan bölgedeki en sorunsuz mahalle olarak görülmektedir ki bu rakam da yıllık ortalama 256 bağlantıdan birinin arızalandığı anlamına gelmektedir. Malatya genelinde ise 2007-2016 yılları arasında ortalama arıza yoğunluğu 0.0199 arıza/bağlantı/yıl olarak hesaplanmıştır. Buna göre Malatya genelinde her yıl ortalama 50 bağlantıdan biri arıza vermektedir.

Servis bağlantısı arıza yoğunluk haritası incelendiğinde bölgelerin büyük çoğunluğunda arıza yoğunluğunun 0.02-0.03 arıza/bağlantı/yıl diliminde olduğu görülmektedir (Şekil 5.3). Ayrıca şehrin daha gelişmiş ve daha eski yerleşimlerin bulunduğu güney diliminde mahallelere göre arıza yoğunluğunun kuzey bölgelerine göre daha yüksek olduğu söylenebilir. Buna sebep olarak aşağıdaki faktörler sıralanabilir;

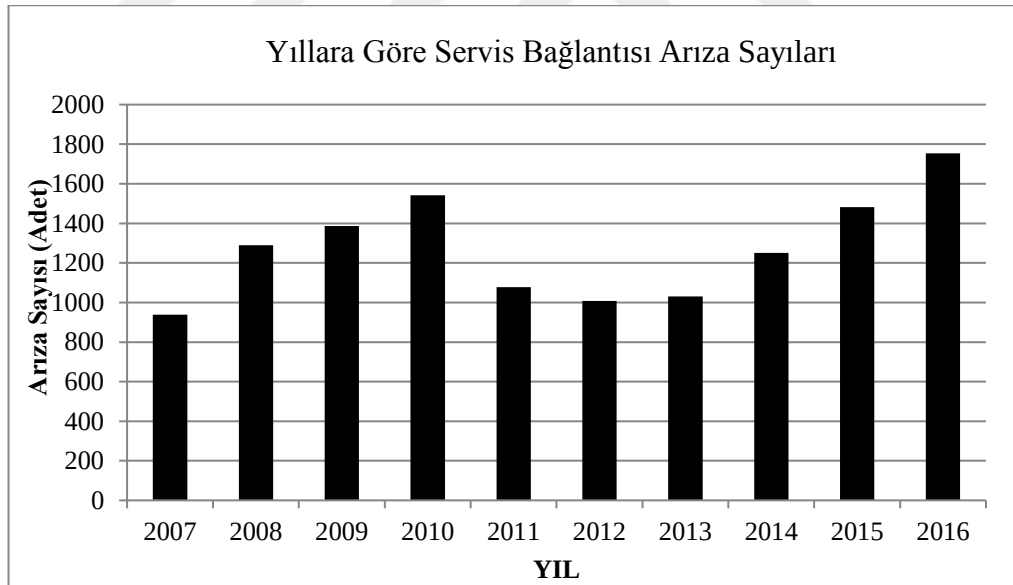
- Güney bölgelerindeki şebekenin, kuzey bölgelerindeki şebekeye göre daha yaşlı olması,
- Bu bölgelerdeki şebekenin daha çok trafik yüküne maruz kalması,
- Ticari alanların yoğun olması sebebiyle gün içerisinde tüketimde ve dolayısıyla şebeke işletme basıncında büyük dalgalanmaların olması.

Servis bağlantısı arıza noktalarının dağılımına ait yoğunluk haritası incelendiğinde de aynı şekilde şehrin ticari olarak gelişmiş olduğu ve insan sirkülasyonunun fazla olduğu bölgelerinin servis bağlantısı açısından daha sorunlu olduğu görülmektedir. (Şekil 5.4).

5.2.2. Servis Bağlantı Arızalarının Yıllara Göre Değişimi

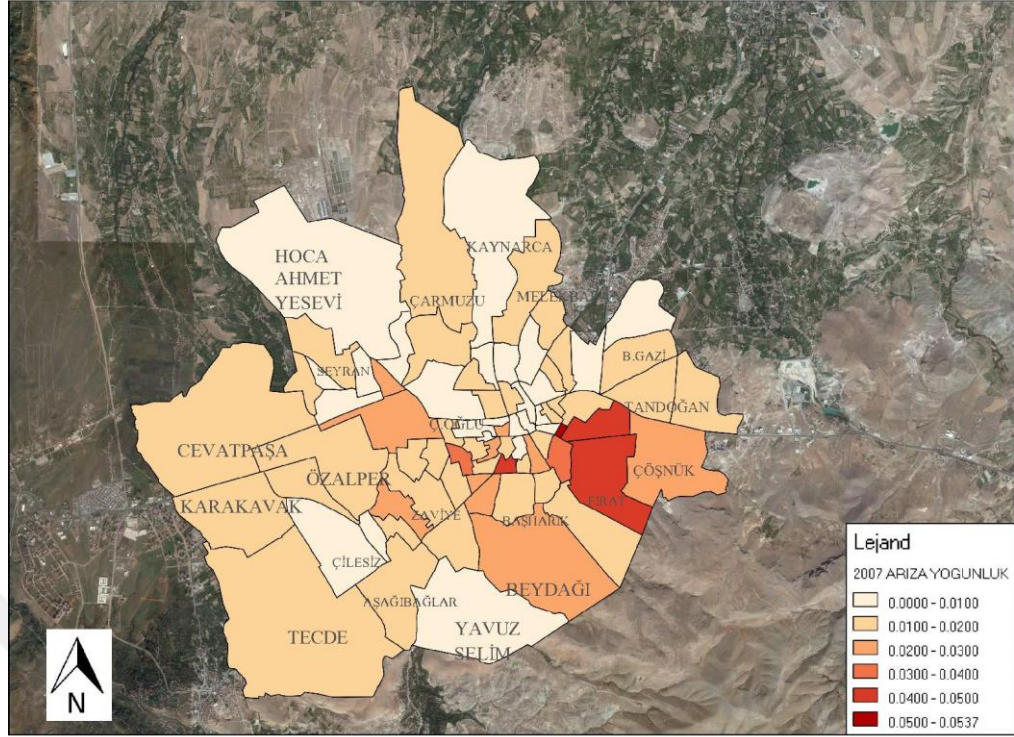
Çalışma alanında arızaların yıllara göre değişimi incelendiğinde 2007-2016 yılları arasındaki dönemde toplamda 12754 adet servis bağlantısı arızasının meydana geldiği görülmektedir. Bu zaman diliminde 938 adet kayda geçen servis bağlantısı arızası ile 2007 yılı en az arızanın meydana geldiği yıl olmakla beraber 2016 yılı ise 1753 kayıtlı arıza ile en çok arızanın meydana geldiği yıldır.

Servis bağlantılarında meydana gelen arızalar açısından yıllar arasında belirgin farklılıklar olduğu göze çarpmaktadır (Şekil 5.5). 2007 yılından itibaren doğrusala yakın bir eğilimle artan kayıt sayılarında 2011 ve 2012 yıllarında belirgin bir düşüş görülmekte, 2013-2016 diliminde ise yine 2007-2010 yıllarına benzer bir eğilimle artış göstermektedir. 2011 yılındaki düşüşün sebebi araştırıldığında, 2010-2011 yıllarında şehir merkezinde bazı sorunlu bölgelerde servis bağlantılarının yenilendiği görülmüştür. 2014 yılında arıza sayılarının tekrar artmaya başlaması ve 2016 yılında en yüksek noktaya ulaşması ise bu çalışmanın 7. bölümünde “Malzeme Kalitesi” ve “İşçilik Kalitesi” parametreleri ile detaylı olarak açıklanmıştır.

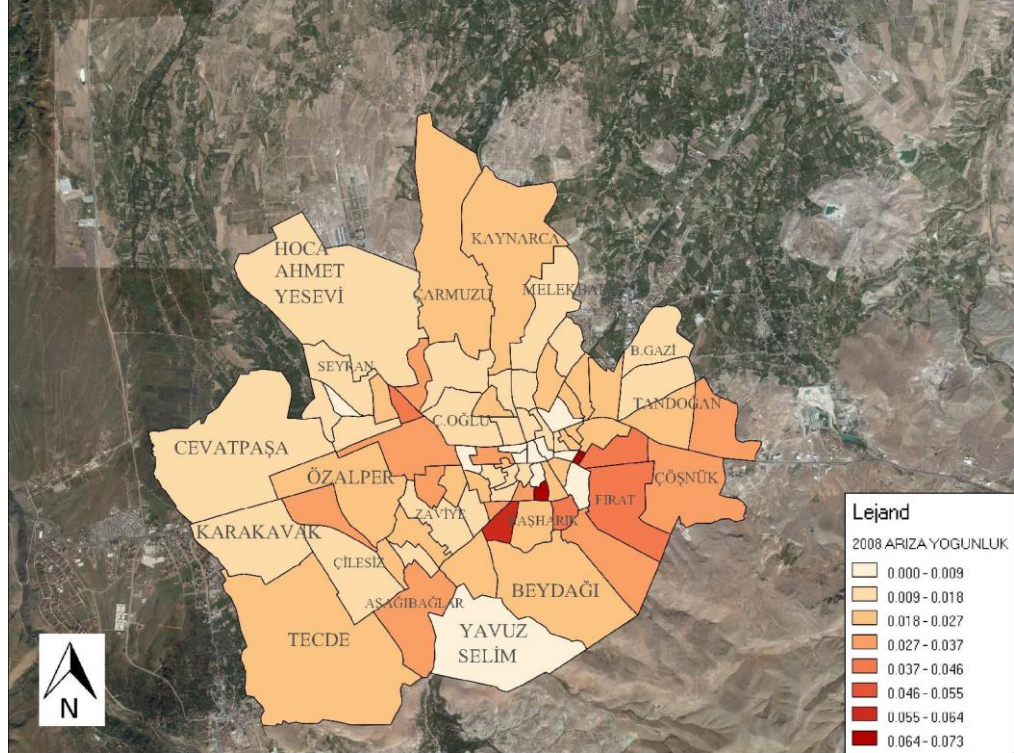


Şekil 5.5 Yıllara Göre Servis Bağlantısı Arıza Sayıları Grafiği

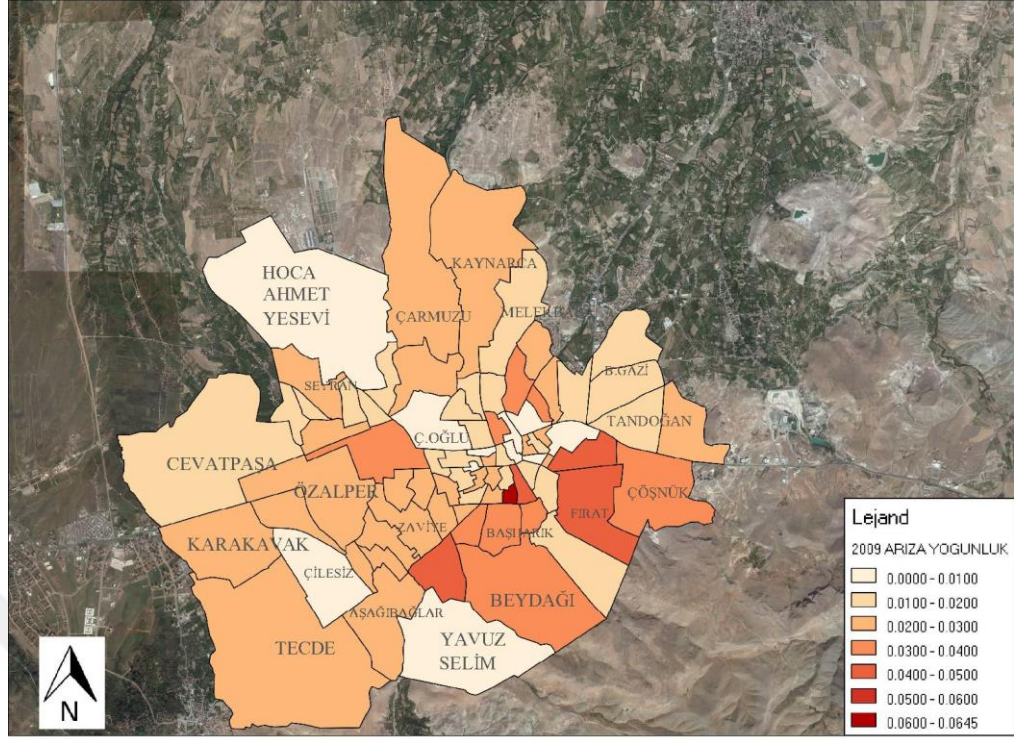
Servis bağlantısı arızalarının yıllar içerisinde mahallelere göre dağılımına bakıldığında ise genel olarak 2007-2014 yılları içerisinde genel olarak benzer bölgelerin sorunlu olduğunu fakat 2015-2016 yıllarında bu eğilimin değiştiğini görmekteyiz (Şekil 5.6 – 5.15).



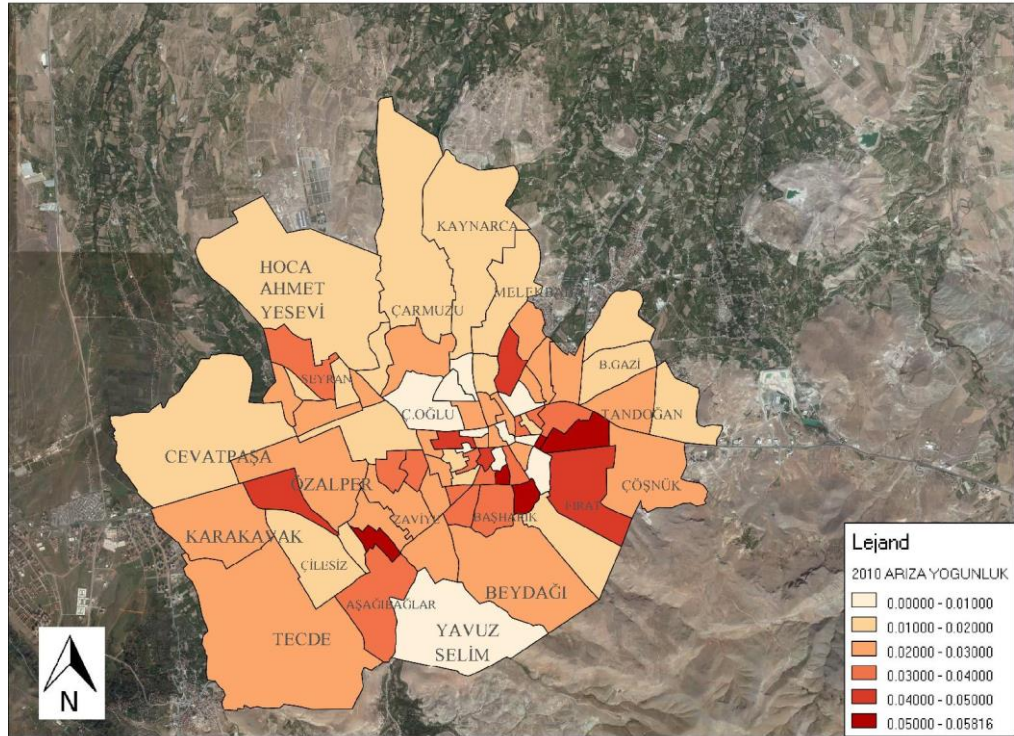
Şekil 5.6 Mahallelere Göre Servis Bağlantısı Arıza Yoğunluğu (2007)



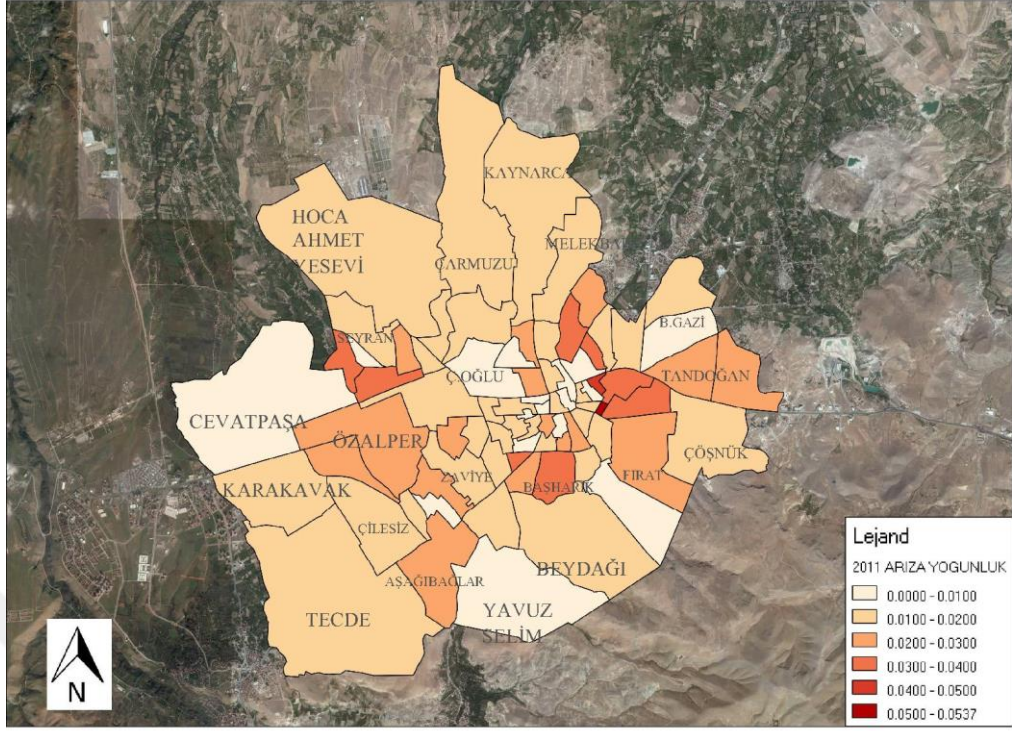
Şekil 5.7 Mahallelere Göre Servis Bağlantısı Arıza Yoğunluğu (2008)



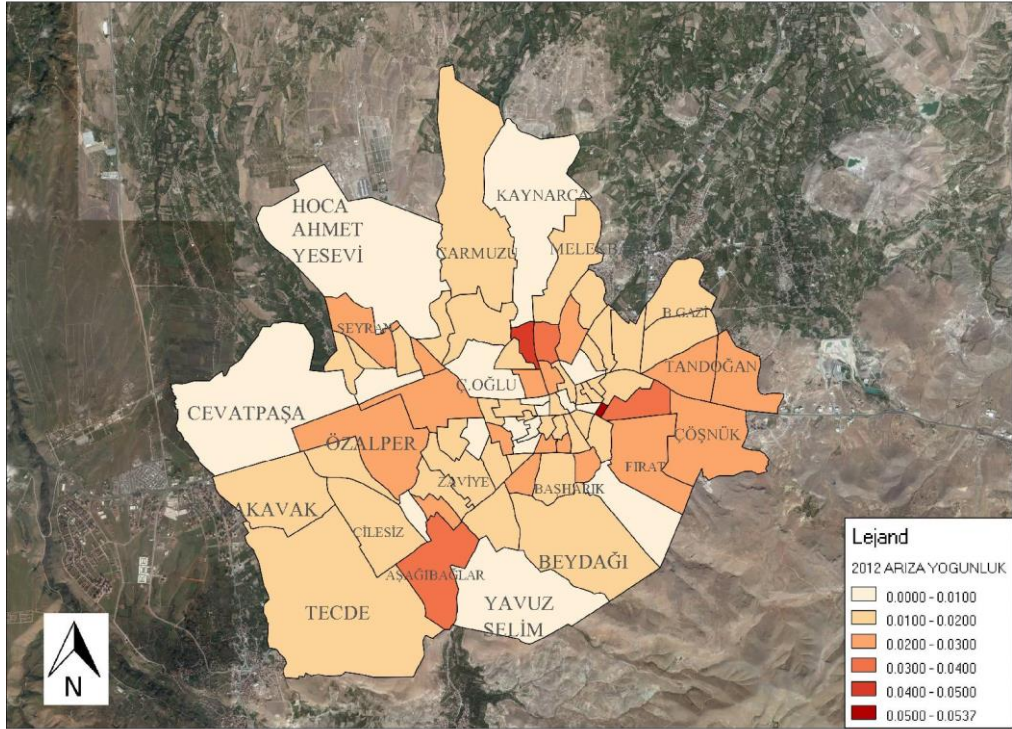
Şekil 5.8 Mahallelere Göre Servis Bağlantısı Arıza Yoğunluğu (2009)



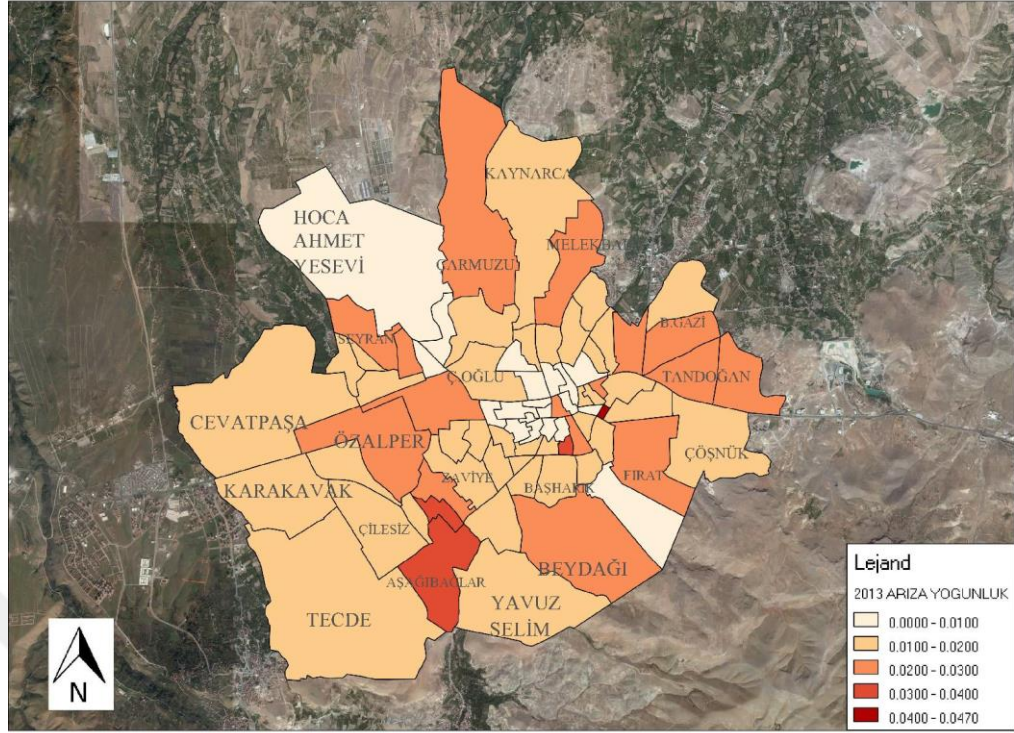
Şekil 5.9 Mahallelere Göre Servis Bağlantısı Arıza Yoğunluğu (2010)



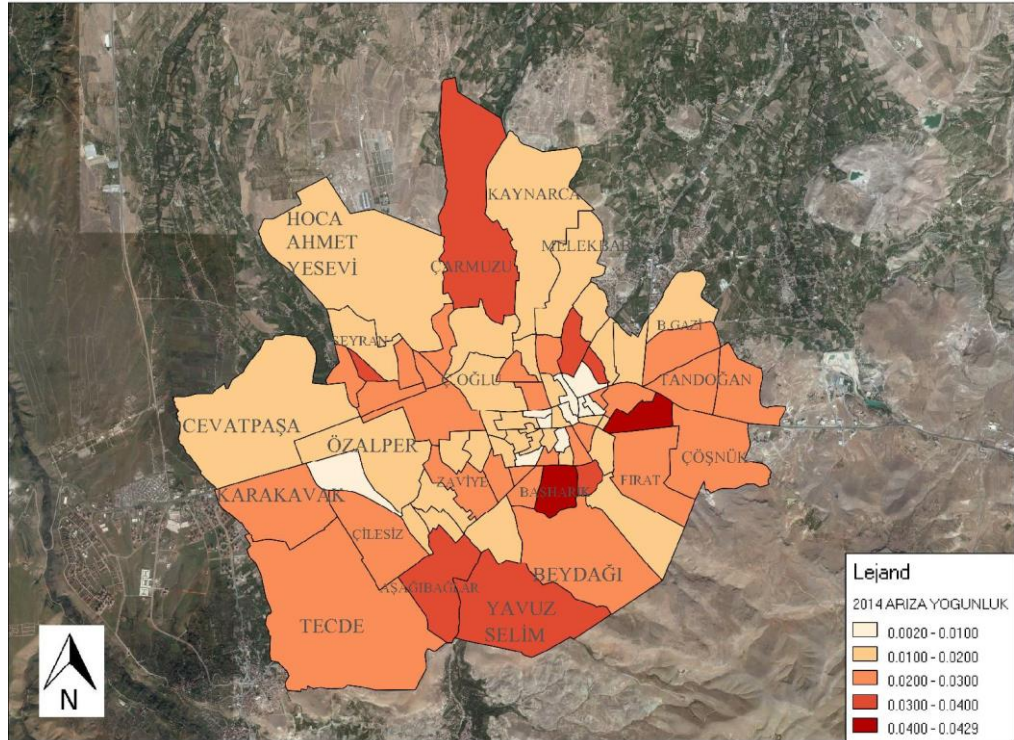
Şekil 5.10 Mahallelere Göre Servis Bağlantısı Arıza Yoğunluğu (2011)



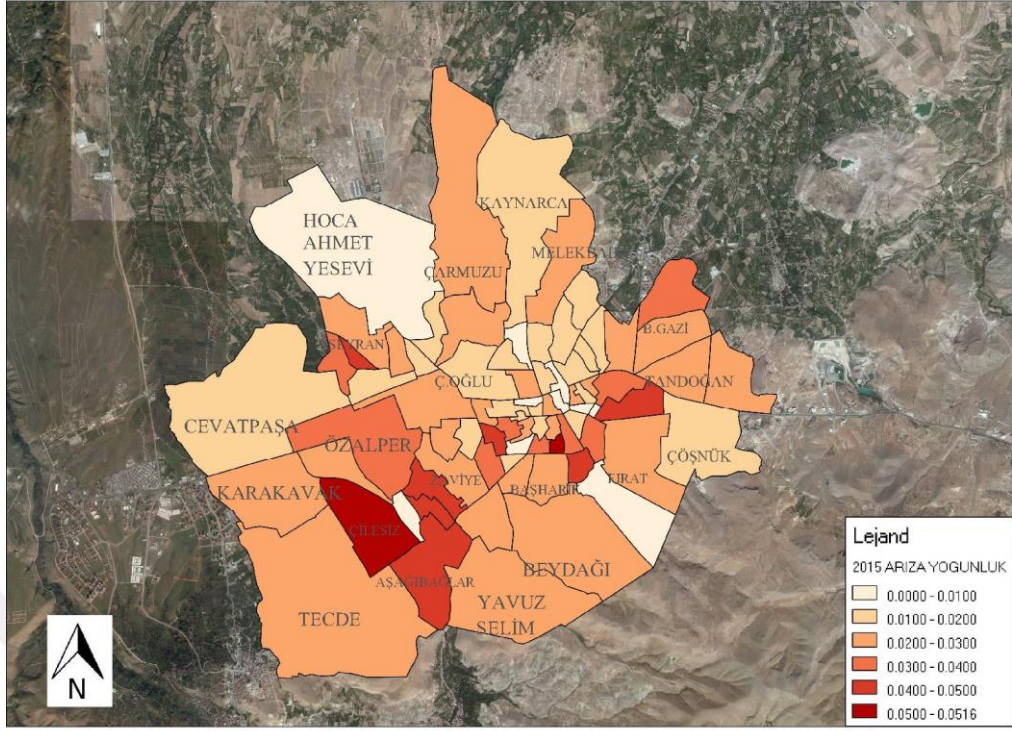
Şekil 5.11 Mahallelere Göre Servis Bağlantısı Arıza Yoğunluğu (2012)



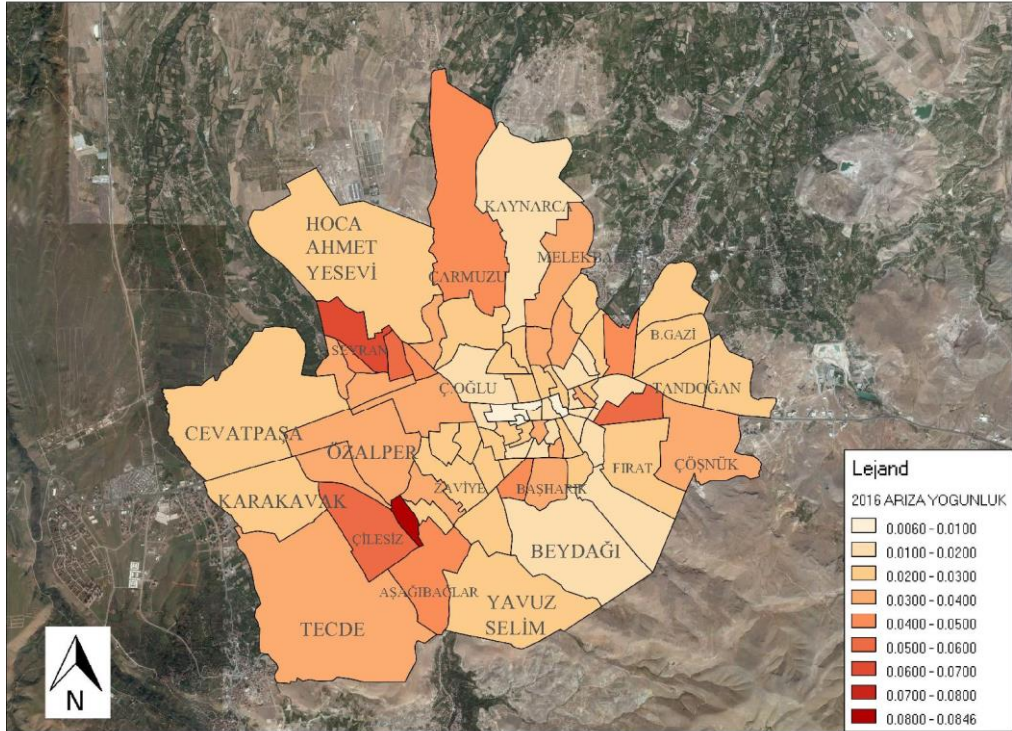
Şekil 5.12 Mahallelere Göre Servis Bağlantısı Arıza Yoğunluğu (2013)



Şekil 5.13 Mahallelere Göre Servis Bağlantısı Arıza Yoğunluğu (2014)



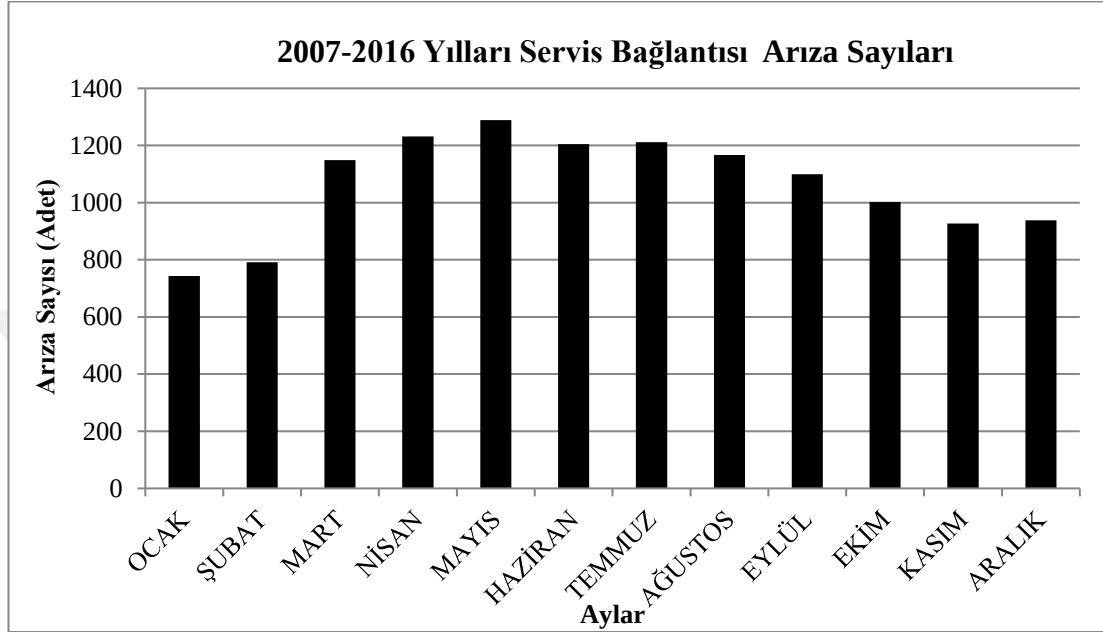
Şekil 5.14 Mahallelere Göre Servis Bağlantısı Arıza Yoğunluğu (2015)



Şekil 5.15 Mahallelere Göre Servis Bağlantısı Arıza Yoğunluğu (2016)

5.2.3. Uzun Yıllar Aylık Analiz

2007-2016 yılları arasında arıza sayılarının aylara göre dağılımı incelenmiştir (10 yıllık Ocak ayları toplamı, 10 yıllık Şubat ayları toplamı,...). Buna göre çalışma alanında, uzun yıllar periyodundaki toplam 12754 adet arızanın aylık dağılımı Şekil 5.16’da verilmiştir.



Şekil 5.16 Aylara Göre Servis Bağlantısı Arıza Sayıları (2007-2016)

Çalışma alanında, uzun yıllar periyodundaki toplam 12.754 adet arızanın aylık dağılımına bakıldığında 10 yıllık dönemde sırasıyla 743 ve 791 toplam arıza kaydıyla Ocak ve Şubat aylarının en az arızanın meydana geldiği aylar olduğu görülmektedir (Şekil 5.16). Toplam 1289 arıza kaydı ile Mayıs ayı en fazla sayıda servis bağlantısı arızasının meydana geldiği ay olarak görülmektedir, 1289 arıza kaydı ile de Nisan ayı takip etmektedir. Verilerin elde edildiği zaman periyodunda çalışma alanında servis bağlantılarında meydana gelen arızaların aylık toplam değerlerinin ortalaması ise 1063 adet arızadır.

10 yıllık dönemde meydana gelen servis bağlantısı arızalarının aylara göre dağılımı incelendiğinde arıza sayısının Ocak ayında minimuma ulaştığı, Mayıs ayına kadar arıza sayılarında belirgin bir artış olduğu görülmektedir. Mayıs ayından sonra ise yılsonuna kadar düzenli bir azalış meydana gelmektedir.

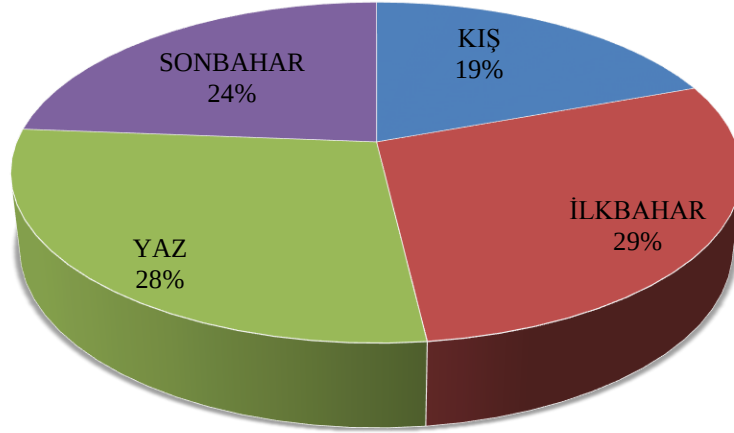
Aylık analiz açısından göz önünde bulundurulması gereken en önemli husus bu analizin kendiliğinden yüzeye ulaşan arızalar üzerinden yapılmış olması ve arıza kayıt tarihi olarak arızaya müdahale edilen tarihin kullanılmasıdır. Farklı bir deyişle, Nisan ayında müdahale edilmiş ve kayıtlara bu tarih itibarı ile geçmiş bir arıza daha önceki aylarda oluşmuş olabilir. Bu açıdan, aylık analiz yanıltıcı olma ihtimaline sahip olmakla beraber, arızanın ilk oluşma tarihinden bağımsız olarak yüzeye çıktığı anda idare tarafından anında ve etkili olarak müdahale edilebilmesi adına; yüzeye çıkan arızaların yoğunlaştığı tarihlerin bilinmesinin, önceden hazırlık ve ekiplerin koordinasyonunu sağlamak adına benzer karakteristikleri olan (şebeke yaşı, iklimsel özellikler vb.) içme suyu şebekelerine sahip idarelere fikir vereceği öngörülmektedir.

5.2.4. Mevsimsel Analiz

2007-2016 yılları arasında arıza sayılarının aylara göre dağılımı incelenmiş ve oluşan grafik Şekil 5.17’de gösterilmiştir. Çalışılan zaman periyodunda meydana gelen servis bağlantısı arızalarının mevsimsel dağılımları incelendiğinde ise, kış mevsiminin en az arızanın meydana geldiği mevsim olduğu görülmektedir. İlkbahar mevsimi ise en çok servis bağlantısı arızasının meydana geldiği mevsimdir. Toplam servis bağlantısı arızalarının %29’u ilkbahar mevsiminde kayda geçmiştir. Yine yaz mevsimi de %28 ile ortalamanın üzerinde bir kayda sahip iken, sonbahar mevsiminin ise %24 ile Ortalama bir arıza kaydına sahiptir.

Uzun yıllar aylık analiz aşamasında bahsedilen etki, mevsimsel analiz açısından da geçerlidir. Kış mevsiminde oluşmuş bir arızaya ilkbahar mevsiminde veya ilkbahar mevsiminde oluşmuş bir arızaya yaz mevsiminde müdahale edilmiş olabilir. Fakat mevsimsel analizde çalışılan zaman periyodu aylık analize göre daha uzun olduğu bu tür geçişlerin daha az olduğu ve bu etkinin daha az oluşacağı söylenebilir.

2007-2016 YILLARI SERVİS BAĞLANTISI ARIZALARININ MEVSİMSSEL DAĞILIMI



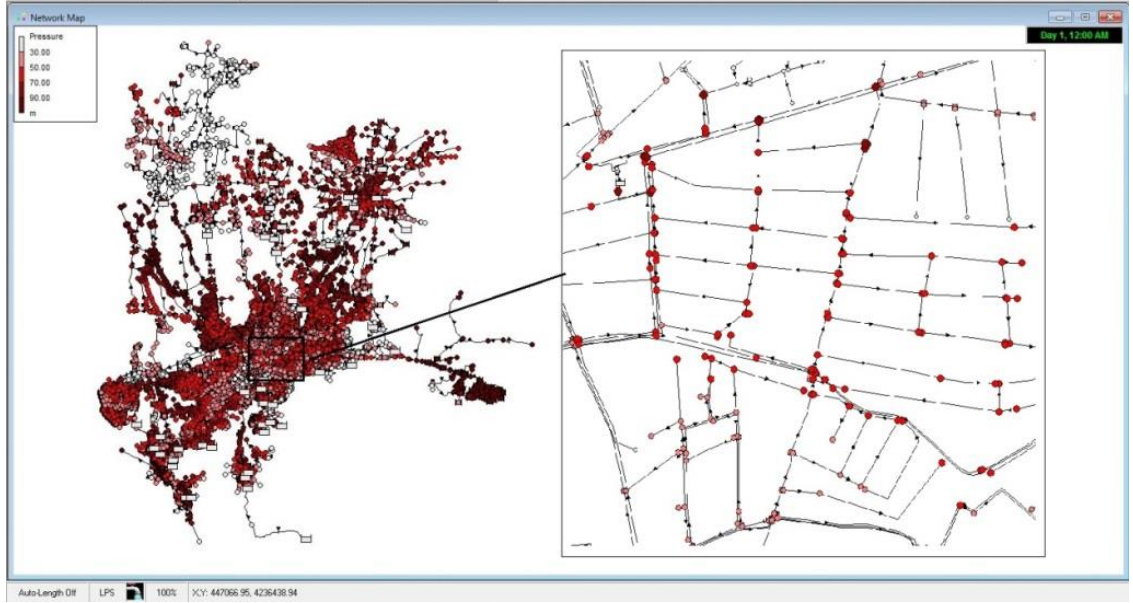
Şekil 5.17 Servis Bağlantısı Arızalarının Mevsimsel Dağılımı

Arızaların ilkbahar ve yaz mevsimlerinde artış göstermesinin sebebi, bu mevsimlerde tüketimin artması, dolayısıyla şebeke basıncında dalgalanmanın daha fazla görünmesinin yanı sıra, sert karasal iklimin hüküm sürdüğü uygulama alanında kış mevsiminde oluşan arızaların havaların ısınmasıyla ve zeminin çözülmesiyle yer üstüne çıkmasıdır. Ayrıca mevsimler arasındaki sert sıcaklık değişimlerinin de bu eğilimde katkısı olduğu söylenebilir.

5.2.5. Şebeke İşletme Basıncı Açısından Analiz

Malatya ili içme suyu şebekesi ortalama debi ve pik debi hesabına göre EPANET programında modellenmiş ve düğüm noktalarındaki basınçlar her iki duruma göre de hesaplanmıştır (Şekil 5.18).

Servis bağlantıları arızalarının analizi aşamasında çalışılan 79 bölge için ortalama debi hesabına göre hesaplanan düğüm noktası basınçlarının ortalamaları hesaplanmış ve her bölge için bir ortalama şebeke işletme basıncı hesaplanmıştır (Çizelge 5.4).



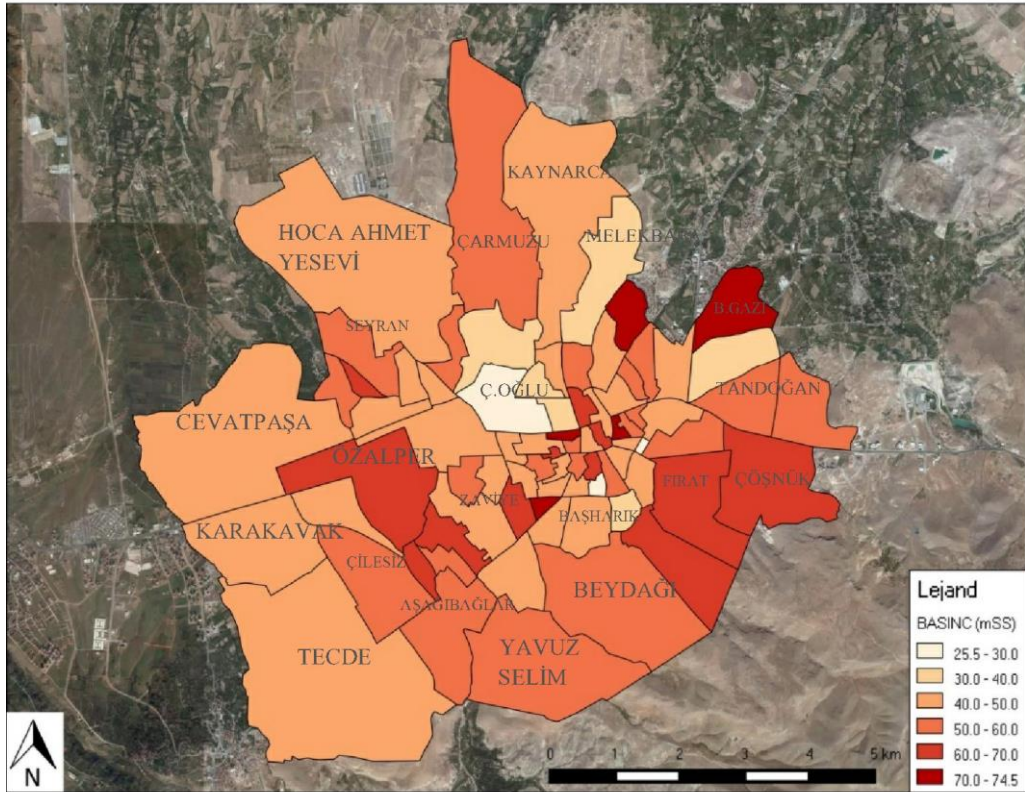
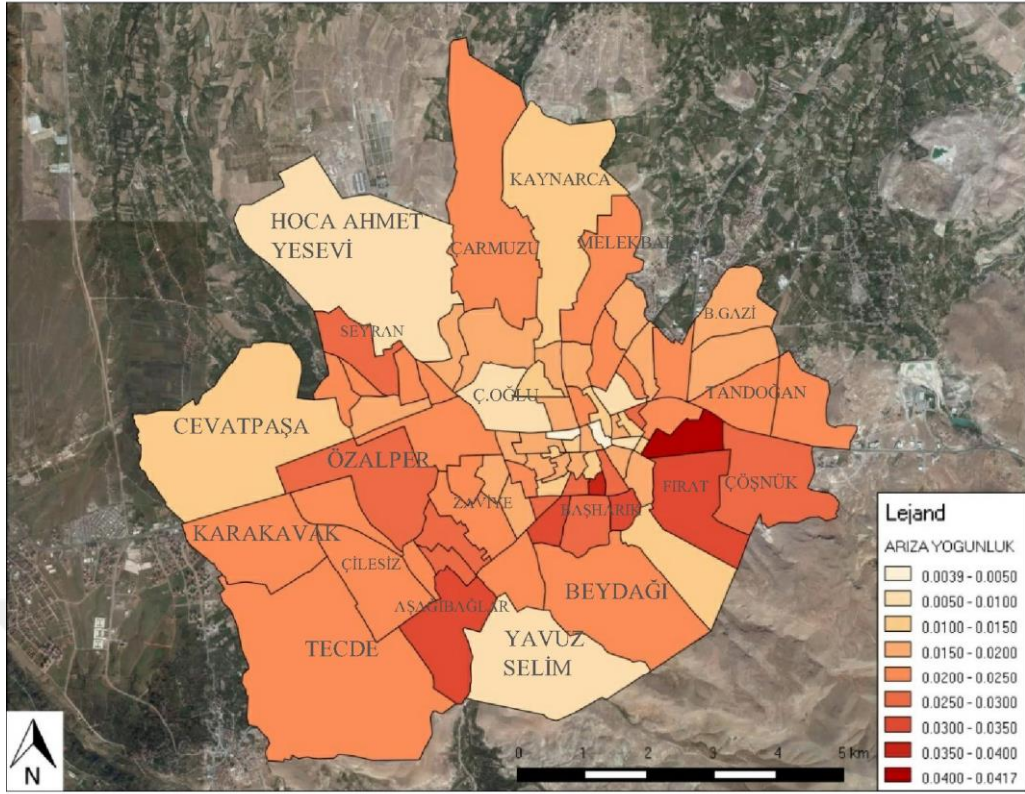
Şekil 5.18 Malatya İçme Suyu Şebekesi Sayısal Modeli (MASKİ, 2016)

Bölgelere göre arıza yoğunlukları haritası ve bölgelere göre ortalama basınç haritaları yan yana incelendiği zaman, haritaların çevrede genel olarak örtüşmekle beraber özellikle şehir merkezinde kayda değer bir ilişkinin oluşmadığı görülmektedir (Şekil 5.19). Buna sebep olarak basınç hesabının bölgelere göre ortalama basınç üzerinden yapılması gösterilebilir, bölge içi basınç dağılımlarında farklılıklar olabilir.

Her ne kadar basınç dağılımının hesaba katılmamış olması bir sebep olarak gösterilebilse bile, ilişkinin gözlemlenemediği yerler şehrin işlek bölgeleridir ve genel olarak düz bir zemin yapısına sahiptirler, asıl sebep ise arıza yoğunluk analizinin yerüstüne çıkan su kayıpları üzerinden yapılmış olmasıdır. Özellikle altyapının çok komplike olduğu ve sızıntıların kolaylıkla yerüstüne çıkmadan kendilerine bir yol bulabilecekleri yerlerde yerüstüne çıkmayan su kayıpları daha çok göz önünde bulundurulmalıdır.

Çizelge 5.3 Bölgelere Göre Ortalama Basınçlar (MASKİ, 2016)

Bölge (Mahalle)	Ortalama Basınç (mss)	Bölge (Mahalle)	Ortalama Basınç (mss)
ABDULGAFFAR	45.05	İZZETİYE	61.58
AKPINAR	54.82	K.HÜSEYİNBEY	58.88
ASLANBEY	45.34	K.MUSTAFA PAŞA	43.33
AŞAĞI BAĞLAR	52.38	KARAKAVAK	70.81
ATAKÖY	38.65	KAVAKLIBAĞ	47.33
ATATÜRK	69.33	KAYNARCA	63.03
B.HÜSEYİNBEY	68.70	KERNEK	54.05
B.MUSTAFA PAŞA	44.77	KIRÇUVAL	58.00
BAŞHARIK	48.40	KİLTEPE	56.79
BATTALGAZİ	66.05	KOŞU	66.63
BENTBAŞI	42.71	KOYUNOĞLU	41.94
BEYDAĞI	42.01	MELEKBABA	42.53
BEYLERBAŞI	48.86	NİYAZİ	51.71
CEMAL GÜRSEL	48.01	NURİYE	46.18
CEVATPAŞA	25.53	ÖZALPER	53.48
CEVHERİZADE	51.40	PAŞAKÖŞKÜ	47.47
CİRİKPINAR	50.34	SALKÖPRÜ	34.34
CUMHURİYET	74.54	SAMANLI	45.28
ÇARMUZU	57.54	SANCAKTAR	68.49
ÇAVUŞOĞLU	45.67	SARAY	67.58
ÇİLESİZ	47.69	SARICIOĞLU	49.85
ÇÖŞNÜK	43.67	SELÇUKLU	48.69
ÇUKURDERE	26.26	SEYRAN	66.58
DABAKHANE	39.69	ŞEHİT FEVZİ	50.34
FATİH	63.57	ŞEYH BAYRAM	35.19
FERHADİYE	53.61	ŞIKŞIK	46.66
FIRAT	48.34	ŞİFA	55.53
GAZİ	71.30	TANDOĞAN	59.20
GÖZTEPE	47.83	TAŞTEPE	44.99
HACI ABDİ	43.98	TECDE	61.98
HALFETTİN	46.69	TURGUT ÖZAL	49.83
HAMİDİYE	57.85	UÇBAĞLAR	64.47
HASAN VAROL	45.45	YAMAÇ	25.65
HİDAYET	53.68	YAVUZ SELİM	53.32
HOCA AHMET YESEVİ	73.40	YENİHAMAM	39.72
İLYAS	44.77	YEŞİLKAYNAK	73.79
İNÖNÜ	58.67	YILDIZTEPE	37.76
İSKENDER	43.79	ZAFER	50.26
İSMETİYE	51.51	ZAVİYE	41.30
İSTİKLAL	58.81		



Şekil 5.19 Ortalama Basınç ve Arıza Yoğunluğu Haritaları

5.2.6. Jeolojik Analiz

Uygulama alanında yeraltı su seviyesinin yüksek olması ve genel olarak yumuşak bir zemine sahip olması yalnız servis bağlantılarındaki arızaları değil şebeke arızalarının tümünü artıran bir faktördür. Fakat bölgede jeolojik açıdan büyük farklılıkların olmamasından dolayı jeolojik etkinin büyüklüğü konusunda detaylı bir analiz yapılamamıştır.



6. UZMAN GÖRÜŞLERİ TEMEL ALINARAK İÇMESUYU DAĞITIM SİSTEMLERİNDE SERVİS BAĞLANTILARINDA ARIZAYA SEBEP OLAN FAKTÖRLERİN ARAŞTIRILMASI

Tez çalışmasının bu bölümünde uzman görüşleri temel alınarak abone bağlantılarında meydana gelen arızalara etkili olan faktörler araştırılmış ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir. Bunun için, 26-28 Ekim 2016 tarihleri arasında Malatya’da düzenlenen Uluslararası Kentsel Su ve Atıksu Yönetimi Sempozyumu (UKSAY) kapsamında, Akademisyen ve Su ve Kanal İdaresi ve Belediye Yöneticisi/Çalışanı olmak üzere toplam 94 kişinin görüşleri alınmış ve 1’den 10’a kadar puan verilmesi istenmiştir.

Tez çalışmanın bu bölümünde elde edilen sonuçlar ve değerlendirmeler tezin çıktısı olarak, Antalya’da 13 - 17 Şubat 2017 tarihleri arasında düzenlenen “2. ULUSLARARASI SU VE SAĞLIK KONGRESİ” kapsamında Sözlü Sunulmuş ve tam metin bildiri olarak bildiriler kitabında yayınlanmıştır. Bu nedenle bu bölüm kapsamında verilen sonuçlar ve yapılan değerlendirmeler tam metin bildiri düzenlenerek oluşturulmuştur.

İçme suyu dağıtım sistemlerinde çeşitli sebeplerden dolayı arızalar meydana gelmektedir. Arızaya sebep olan faktörler temel olarak, boru karakteristik özellikleri (yaş, çap, basınç dayanımı vb.) ve çevresel etkiler (zemin özellikleri, trafik yükü, işçilik kalitesi vb.) şeklinde verilebilir. Sistemde meydana gelen arızalara sebep olan faktörlerin bilinmesi ve bu faktörlerin etkisinin en aza indirilmesi su kayıplarının azaltılması ve sistemin normal işletme koşullarının sağlanması açısından oldukça önemlidir. İçme suyu dağıtım sistemlerinde meydana gelen arıza kayıtlarının önemli bir kısmı servis bağlantılarında meydana gelmektedir.

Yapılan bu çalışmada, içme suyu dağıtım sistemlerinde servis (bina) bağlantılarında meydana gelen arızalara sebep olan faktörlerin araştırılması amaçlanmıştır. Bunun için su ve kanal idarelerinde ve belediyelerde yönetici ve mühendis olarak çalışanlar ile üniversitelerde akademisyenlerden oluşan uzmanların görüşleri alınmıştır.

Çalışma kapsamında servis bağlantılarındaki arızalara sebep olabilecek potansiyel faktörler listelenmiş ve uzmanlara toplam 13 soru yöneltilerek verilen cevaplara göre değerlendirme yapılmıştır. Uzman görüşleri doğrultusunda, içme suyu dağıtım sistemlerinde servis bağlantılarındaki su kayıplarında; servis bağlantısı yapılırken uygulanan işçilik kalitesi, aynı zamanda bağlantı yapılırken kullanılan malzeme kalitesi ve bağlantı yapılan şebeke borusunun yaşı öne çıkan parametreler olarak belirlenmiştir.

Uzman görüşleri temel alınarak içme suyu dağıtım sistemlerinde bina bağlantılarında meydana gelen arızalar ve bu arızaların sebep olduğu su kayıpları üzerinde etkili olabilecek parametrelerin araştırılması amacıyla su ve kanal idarelerinde ve belediyelerde yönetici ve mühendis olarak çalışanlar ile üniversitelerde akademisyenlerden oluşan uzmanlara sorulan sorular Şekil 6.1’de gösterilmiştir.

Bu çalışma 94 katılımcıya uygulanmış olup, katılımcıların verdikleri cevaplar katılımcıların çalışma alanlarına göre akademisyen, kamu çalışanları ve özel sektör çalışanları olarak meslek gruplarına ayrılarak kıyaslanmıştır (Şekil 6.2). Çizelge 6-6.1’de bütün katılımcıların belirlenen parametrelere verdikleri puanların ortalamaları verilmiştir.

Ayrıca yine Çizelge 6.1’de katılımcıların çalışma alanlarına göre verdikleri puanların ortalamaları verilmiştir. Meslek bilgisi vermemiş olan katılımcılar diğer kategorisinde değerlendirilmiştir. Çalışma kapsamında, 13 değişken için tüm katılımcılar tarafından verilen cevaplara göre her bir değişken ağırlık ortalama puan dağılımı Şekil 6.3’te gösterilmektedir.



Abone Bağlantılarındaki Arızaların Analizine İlişkin Görüşlerin Değerlendirilmesi

- A. Bu bölümde, sizden çalıştığınız kurum ve kendiniz hakkında genel bilgiler vermeniz istenmektedir. Lütfen aşağıdaki soruları okuyarak cevaplayınız.

Adınız – Soyadınız :
Mesleğiniz :
Çalıştığınız Kurum ve Birim :
Göreviniz :

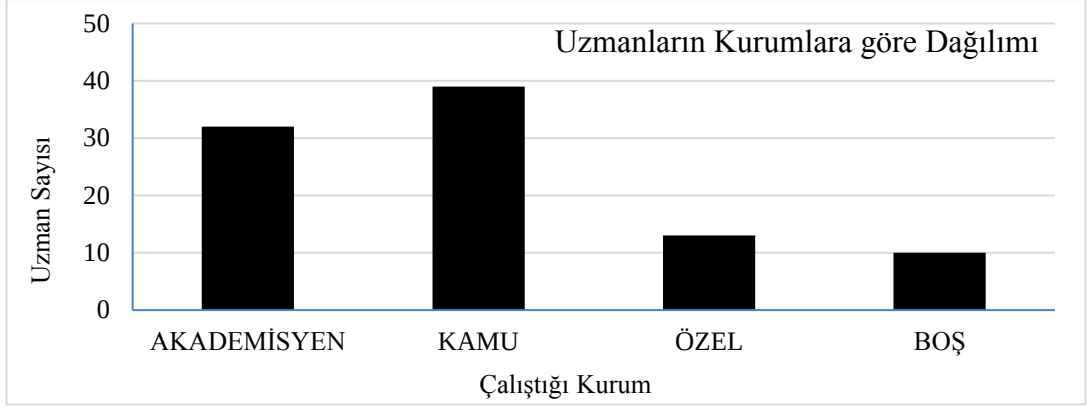
Eğitim Durumunuz ☐ Lisans ☐ Lisansüstü

- B. Bu bölümde **Servis (Abone) bağlantılarındaki arızalar ve/veya Su Kayıpları** üzerinde etkili olabileceği düşünülen **değişkenler** hakkındaki düşünceleriniz sorulmaktadır. İlgili parametrenin Servis bağlantılarındaki arızalara etkisini 1'den 10'a kadar puanlandırırsınız.

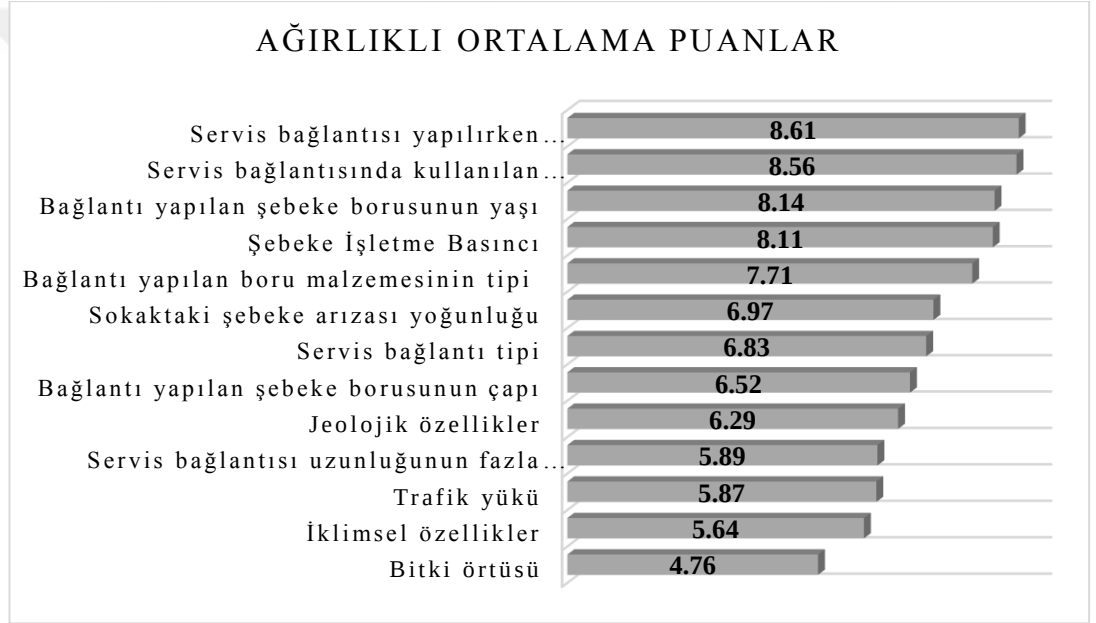
(1) Etkisiz (10) Çok Etkili

No	Sorular	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Şebeke İşletme Basıncının, Servis (Abone) bağlantılarındaki arızalar üzerindeki etkisi hakkında ne düşünüyorsunuz?										
2	Şebeke boru (bağlantı yapılan boru) malzemesinin (AÇB, Font, PVC, Duktıl, vs) Servis bağlantılarındaki arızalar üzerindeki etkisi hakkında ne düşünüyorsunuz?										
3	Şebeke boru (bağlantı yapılan boru) çapının, Servis bağlantılarındaki arızalar üzerindeki etkisi hakkında ne düşünüyorsunuz?										
4	Bağlantı yapılan şebeke boru yaşının, Servis bağlantılarındaki arızalar üzerindeki etkisi hakkında ne düşünüyorsunuz?										
5	Servis bağlantısında kullanılan malzeme kalitesinin, Servis bağlantılarındaki arızalar üzerindeki etkisi hakkında ne düşünüyorsunuz?										
6	Servis bağlantısı yapılırken uygulanan işçilik kalitesinin, Servis bağlantılarındaki arızalar üzerindeki etkisi hakkında ne düşünüyorsunuz?										
7	Sokaktaki şebeke arızası yoğunluğunun, Servis bağlantılarındaki arızalar üzerindeki etkisi hakkında ne düşünüyorsunuz?										
8	Servis bağlantı tipinin (kolyeli, kolyesiz, nipel, nipeliz vs), Servis bağlantılarındaki arızalar üzerindeki etkisi hakkında ne düşünüyorsunuz?										
9	Servis bağlantısı uzunluğunun fazla olmasının (şebeke borusundan site/bina girişine kadar), Servis bağlantılarındaki arızalar üzerindeki etkisi hakkında ne düşünüyorsunuz?										
10	İklimsel özelliklerin (sıcaklık değişimleri, vs), Servis bağlantılarındaki arızalar üzerindeki etkisi hakkında ne düşünüyorsunuz?										
11	Jeolojik özelliklerin (zemin özelliği, zemin hareketleri, vs), Servis bağlantılarındaki arızalar üzerindeki etkisi hakkında ne düşünüyorsunuz?										
12	Trafik yükünün, Servis bağlantılarındaki arızalar üzerindeki etkisi hakkında ne düşünüyorsunuz?										
13	Bitki örtüsünün (bitki kökleri), Servis bağlantılarındaki arızalar üzerindeki etkisi hakkında ne düşünüyorsunuz?										

Şekil 6.1 Çalışma Kapsamında Uzmanlara Sorulan Sorular



Şekil 6.2 Görüşü Alınan Uzmanların Kurumlara Göre Dağılımı

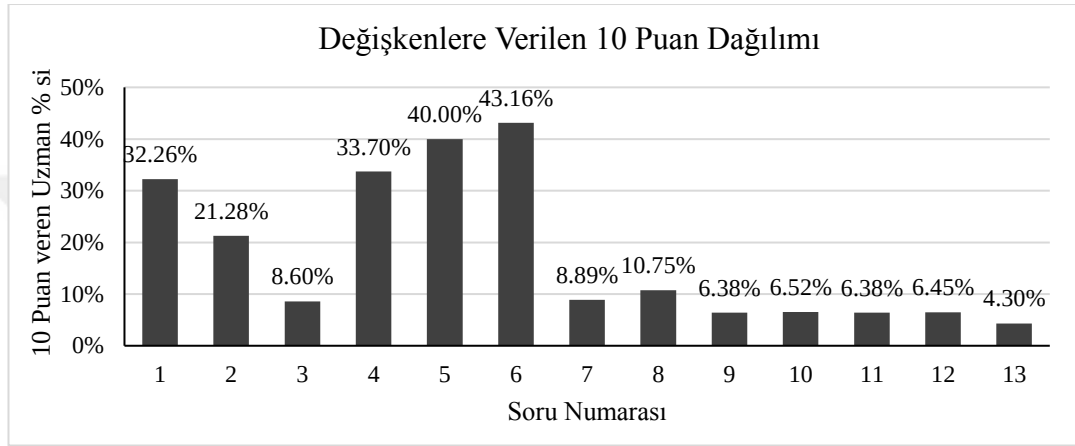


Şekil 6.3 Uzman Görüşlerine Göre Ağırlıklı Ortalama Puanların Dağılımı

Şekil 6.3'teki grafik, bütün katılımcıların verdikleri puanlara göre oluşturulmuş olup, katılımcılara göre servis bağlantılarındaki su kayıplarında; servis bağlantısı yapılırken uygulanan işçilik kalitesi, aynı zamanda bağlantı yapılırken kullanılan malzeme kalitesi ve bağlantı yapılan şebeke borusunun yaşı öne çıkan parametreler olarak belirlenmiştir. Tüm katılımcılara göre iklimsel özellikler ve bitki örtüsü en etkisiz parametreler olarak belirlenmiştir.

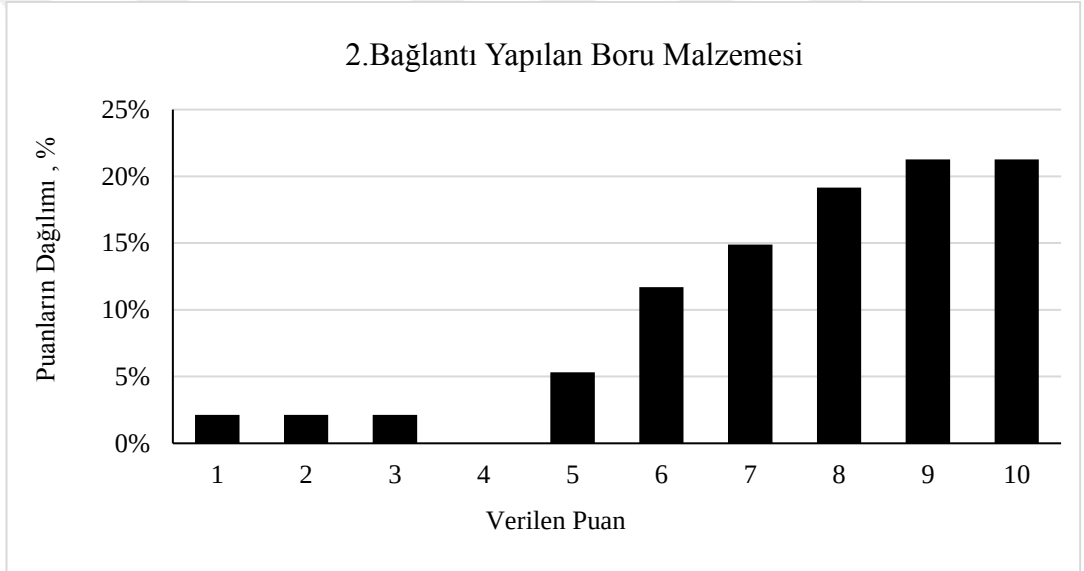
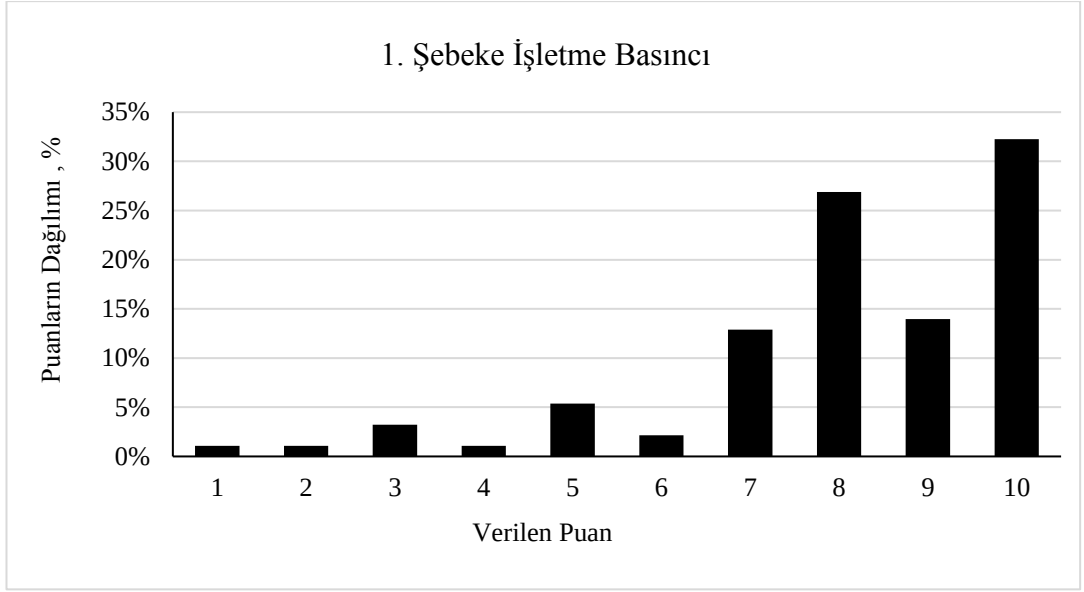
Katılımcıların çalışma alanlarına göre verdikleri cevaplara bakıldığında ise, akademisyenlerin tüm katılımcıların ortalamasına yakın cevaplar verdiği

görülmektedir. Kamu çalışanları ve özel sektör çalışanlarına bakıldığında ise öne çıkan parametreler servis bağlantısı yapılırken uygulanan işçilik kalitesi, bağlantı yapılırken kullanılan malzeme kalitesi ve şebeke işletme basıncı öne çıkan parametreler olarak görülmektedir. Burada en büyük fark olarak şebeke borusunun yaşı parametresi yerine şebeke işletme basıncının daha çok öne çıkması olarak görülmektedir.

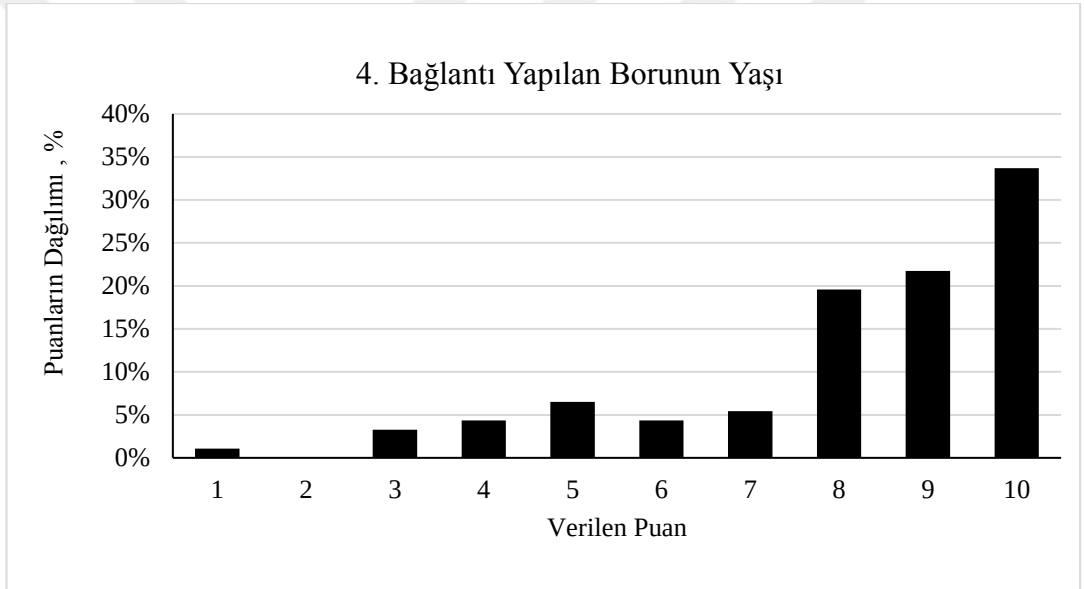
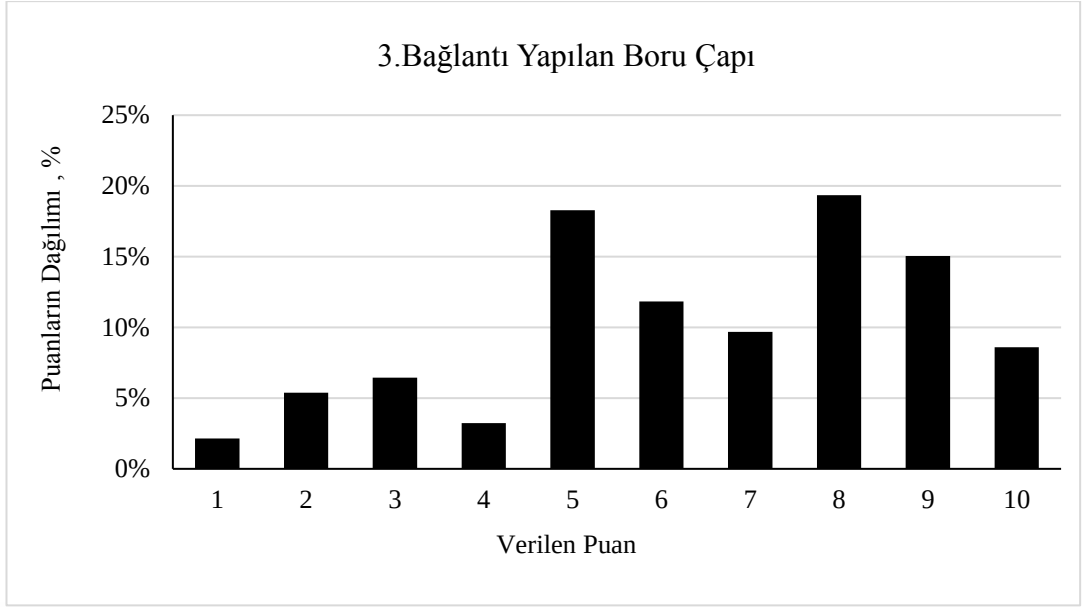


Şekil 6.4 Değişkenlere 10 Puan verenlerin % si

Şekil 6.4 incelendiğinde uzmanların en çok 10 puan verdiği değişken “işçilik kalitesi” ve “malzeme kalitesi” olduğu görülmüştür. Bu değişkenler/parametreler için hesaplanan ağırlıklı ortalamalar en yüksek puana sahip olup sırasıyla 8.61 ve 8.56 olarak hesaplanmıştır. Çalışma kapsamında uzmanlara sorulan 1-4 arası değişkenlere (sorulara) verilen cevaplara göre puan dağılımları Şekil 6.5’te gösterilmektedir.

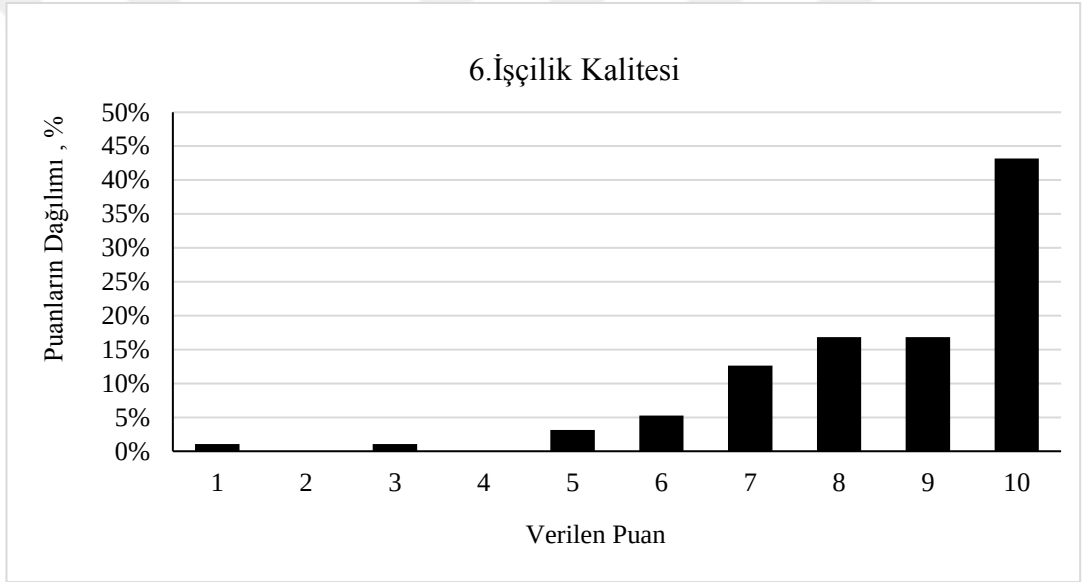
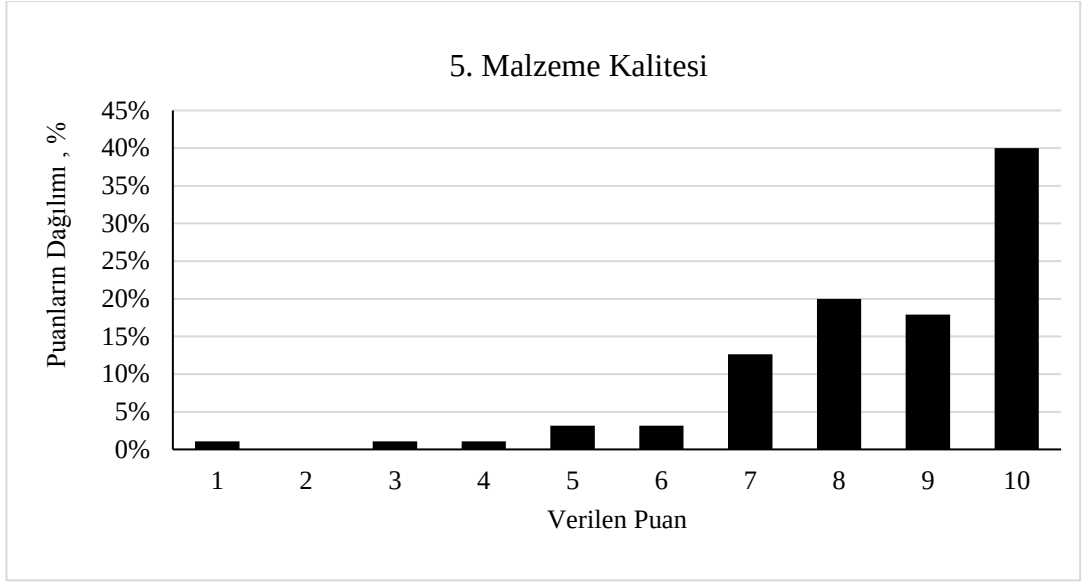


Şekil 6.5 1-4 Arası Sorulara Verilen Cevaplara Göre Puan Dağılımı

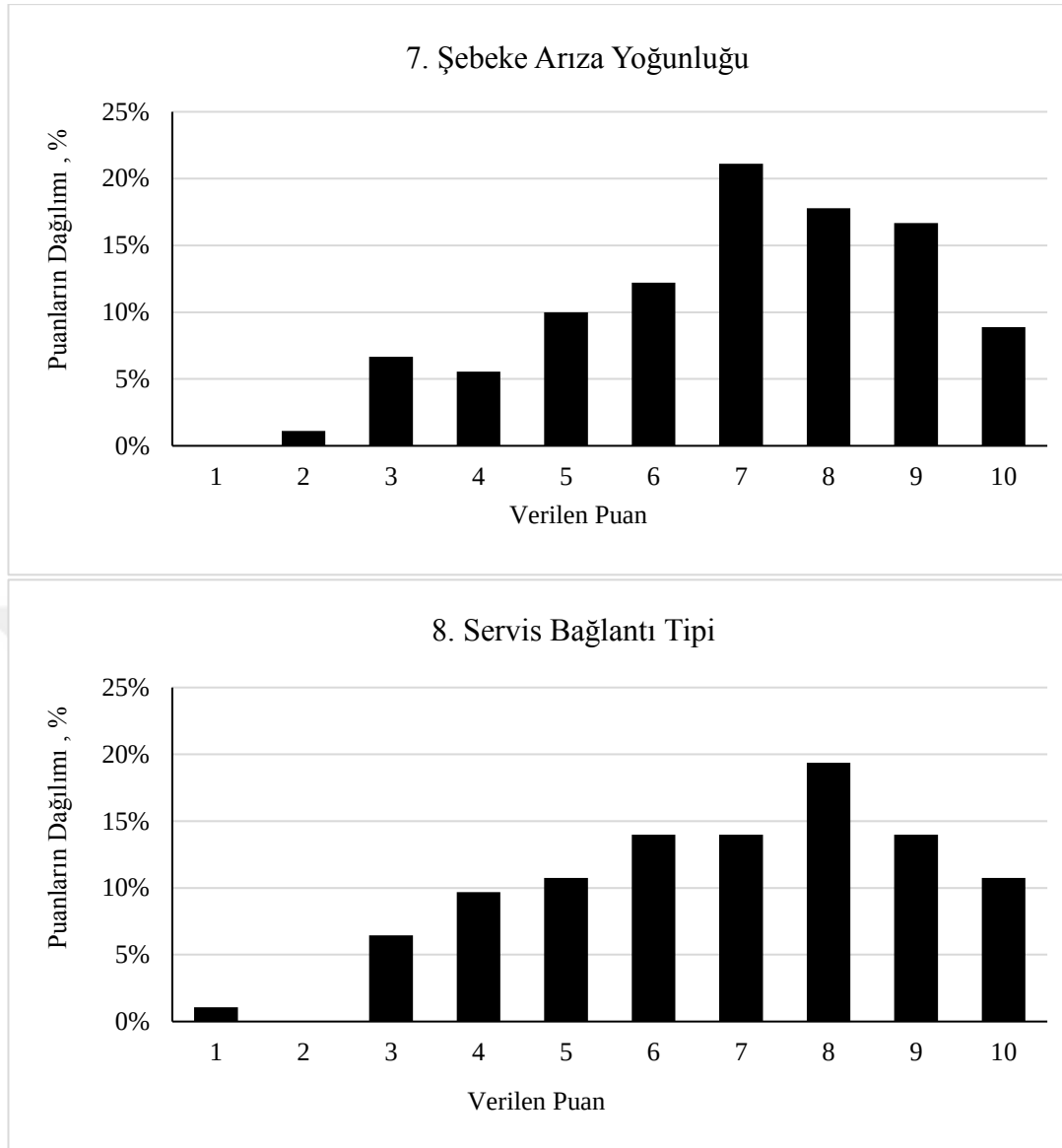


Şekil 6.5 1-4 Arası Sorulara Verilen Cevaplara Göre Puan Dağılımı (devamı)

Şekil 6.5 incelendiğinde, “şebeke işletme basıncı”, “bağlantı yapılan boru malzemesi” ve “bağlantı yapılan boru yaşı” grafiklerin sağa doğru kümелendiği ve uzmanların büyük bir kısmının 8’den yüksek puanlar verdikleri görülmektedir. “Bağlantı yapılan boru çapı” değişkeninde ise grafiğin daha eşit bir dağılım gösterdiği uzmanların bu değişkeni diğerlerine kıyasla biraz daha ikinci planda gördüğü anlaşılmıştır.

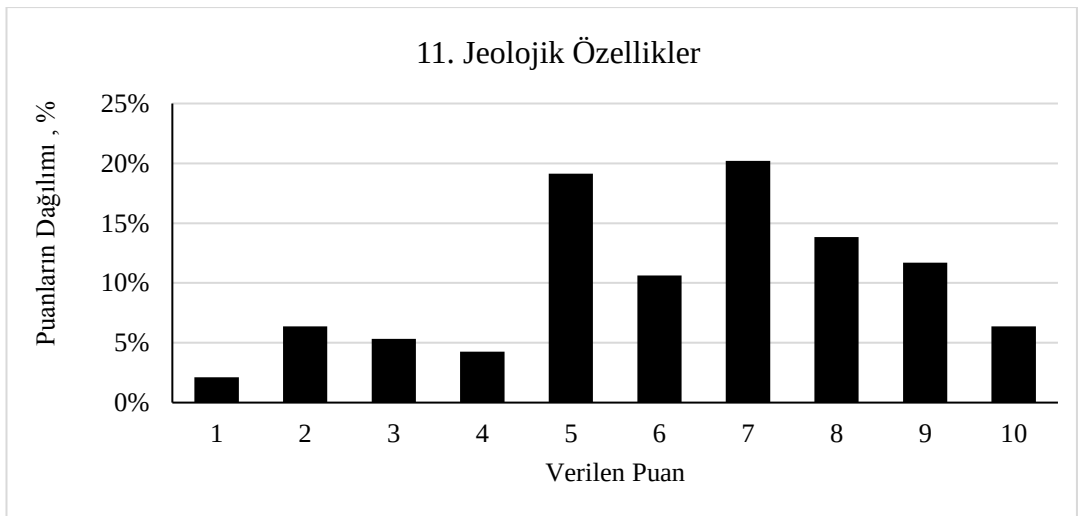
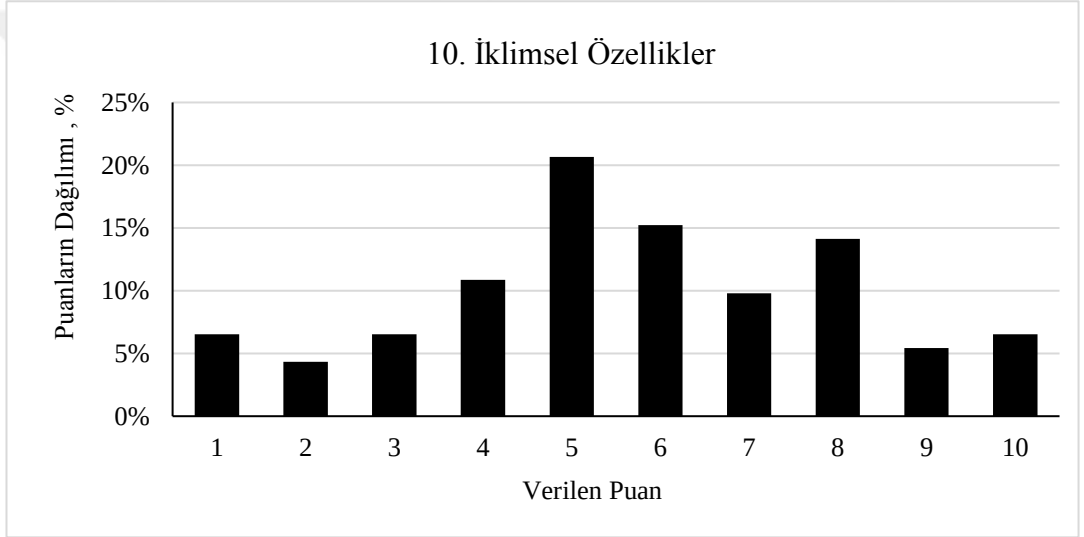
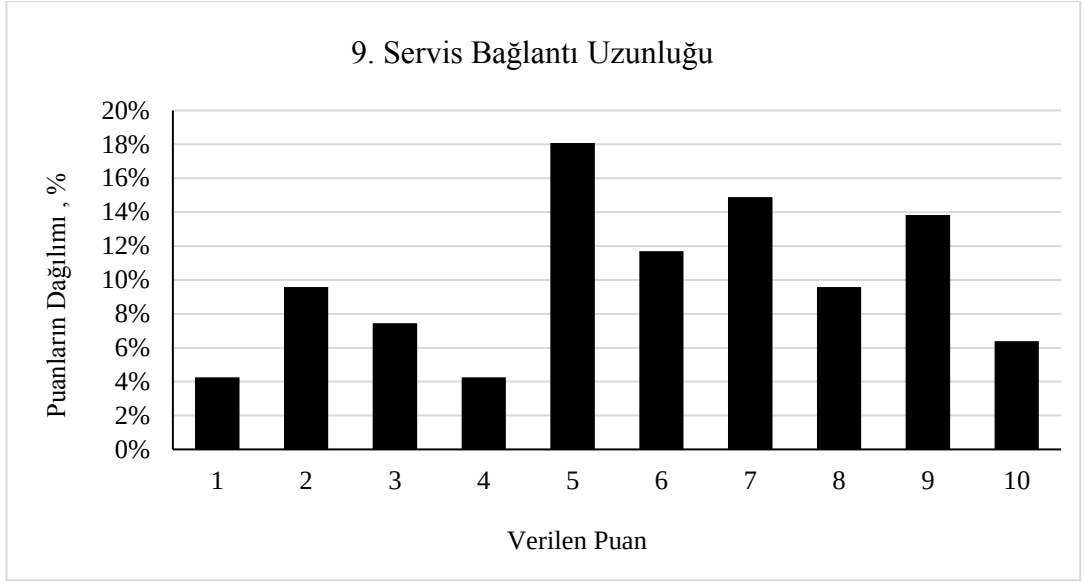


Şekil 6.6 5-8 Arası Sorulara Verilen Cevaplara Göre Puan Dağılımı

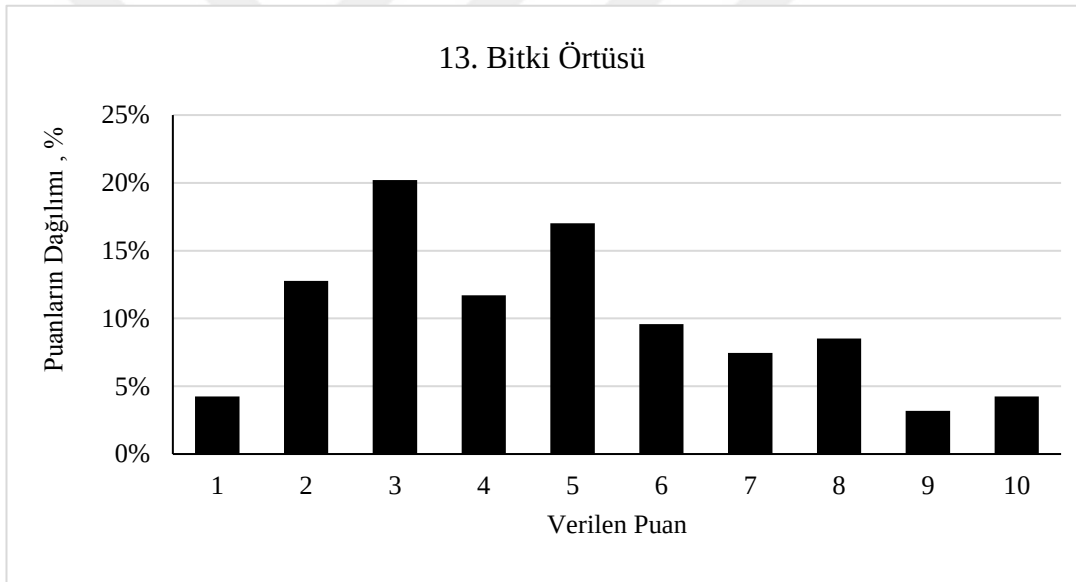
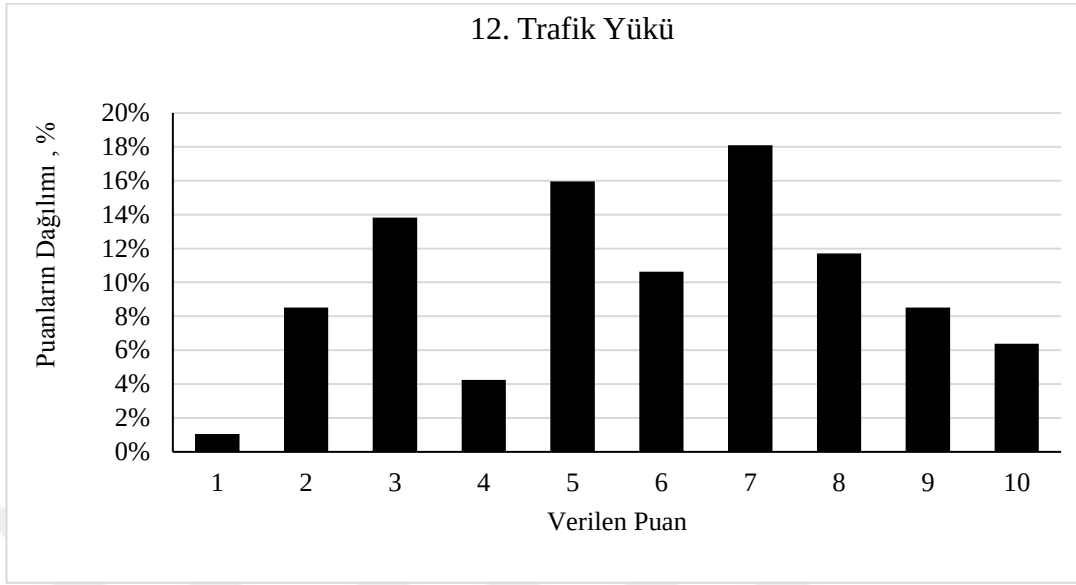


Şekil 6.6 5-8 Arası Sorulara Verilen Cevaplara Göre Puan Dağılımı (devamı)

Şekil 6.6 incelendiğinde, şekil 6.3’deki ağırlıklı ortalama puanlar ve Şekil 6.4’deki 10 puan verilen değişkenler grafiklerinden çıkan sonuçlara benzer olarak burada da “malzeme kalitesi” ve “işçilik kalitesi” değişkenlerine uzmanların verdikleri puanların grafiğin sağ tarafına doğru kümелendiği ve uzmanların önemli bir bölümünün bu değişkenlere 10 puan verdikleri görülmektedir. Bu da bu değişkenlerin uzmanlar tarafından en çok ehemmiyet gösterilen değişkenler olduğunu bir kez daha göstermektedir. “şebeke arıza yoğunluğu” ve “servis bağlantı tipi” değişkenleri içinse uzmanların verdikleri puanların grafiklerin tamamına dağıldığı ve yine uzmanların bu değişkenleri diğerlerine kıyasla biraz daha ikinci planda bıraktıkları görülmektedir.



Şekil 6.7 9-13 Arası Sorulara Verilen Cevaplara Göre Puan Dağılımı



Şekil 6.8 9-13 Arası Sorulara Verilen Cevaplara Göre Puan Dağılımı (devamı)

Şekil 6.4’te ortaya çıkan sonuçlara benzer olarak “Servis Bağlantı Uzunluğu”, “İklimsel Özellikler”, “Jeolojik Özellikler”, “Trafik Yüğü” ve “Bitki Örtüsü” değişkenlerine uzmanların verdikleri puanların grafiklerin tamamına yayıldığı ve uzmanların bu değişkenleri de diğerlerine kıyasla arka planda tuttuğu görülmektedir (Şekil 6.7). Özellikle “bitki örtüsü” değişkenine ait grafik incelendiğinde grafiğin daha çok sol tarafta kümелendiğı ve uzmanların bu değişkenin servis bağlantılarındaki su kayıpları üzerinde etkisinin en az olan değişken olduğunu düşündükleri görülmektedir.

Bu bölümde uzman görüşleri temel alınarak içme suyu dağıtım sistemlerinde bina (servis) bağlantılarında meydana gelen arızalar ve bu arızaların sebep olduğu su kayıpları üzerinde etkili olabilecek parametreler araştırılmıştır. Çalışma kapsamında servis bağlantılarındaki arızalara sebep olabilecek potansiyel faktörler listelenmiş ve uzmanlara toplam 13 soru yöneltilerek verilen cevaplara göre değerlendirme yapılmıştır. Bütün katılımcıların verdikleri puanlara göre oluşturulmuş olup, katılımcılara göre servis bağlantılarındaki su kayıplarında; servis bağlantısı yapılırken uygulanan işçilik kalitesi, aynı zamanda bağlantı yapılırken kullanılan malzeme kalitesi ve bağlantı yapılan şebeke borusunun yaşı öne çıkan parametreler olarak belirlenmiştir.

Tüm katılımcılara göre iklimsel özellikler ve bitki örtüsü en etkisiz parametreler olarak belirlenmiştir. Katılımcıların çalışma alanlarına göre verdikleri cevaplara bakıldığında ise, akademisyenlerin tüm katılımcıların ortalamasına yakın cevaplar verdiği görülmektedir. Çalışmanın amacına uygun olarak, su kayıplarına ve bileşenlerine daha detaylı bir bakış açısıyla yaklaşmış ve sonuç olarak konuyla alakalı katılımcıların tecrübeleri anket çalışması olarak realize edilmiştir.

Fiziksel kayıpların önemli bileşenlerinden olan “Servis Bağlantılarındaki Su Kayıpları” ile ilgili ileride yapılabilecek olan daha detaylı çalışmalarda öncelikli olarak hangi parametrelerin çalışılması gerektiği belirlenmiştir.

7. ABONE BAĞLANTI ARIZALARININ SU KAYIPLARINA ETKİSİ

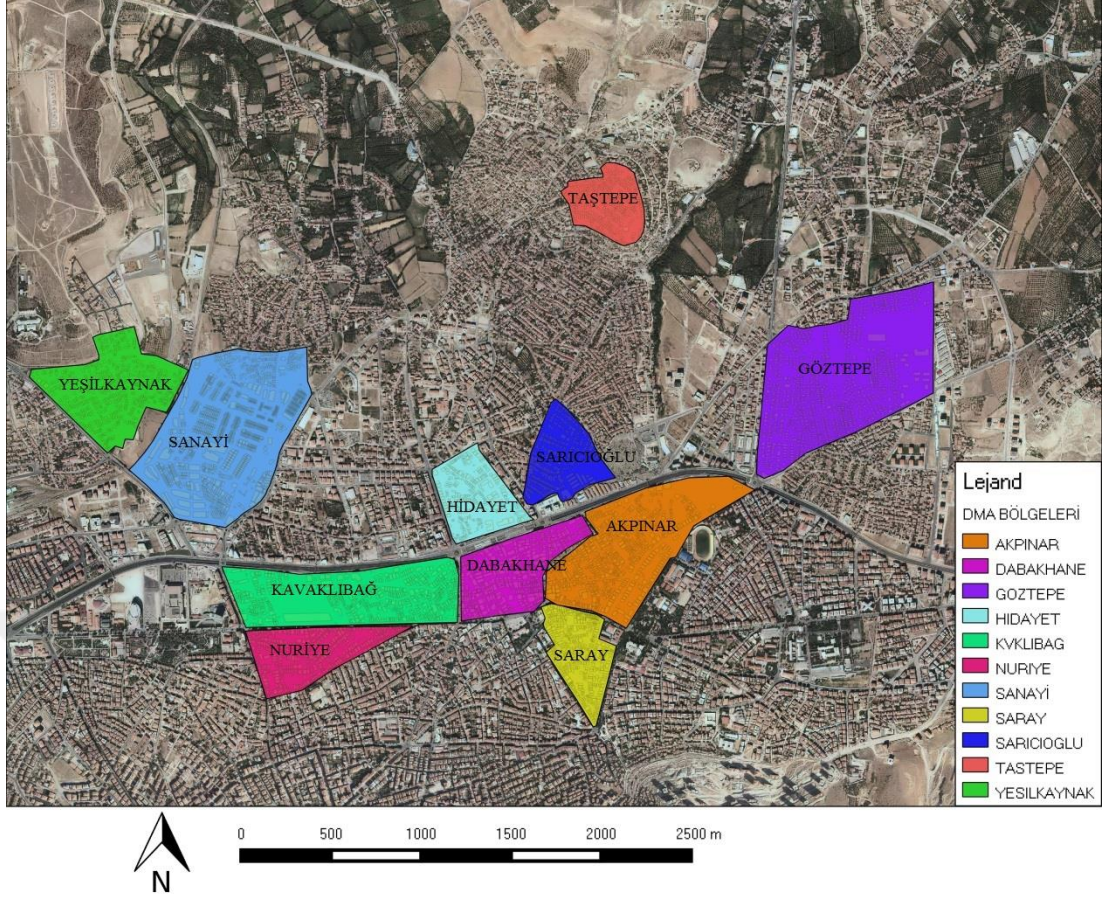
Daha önceden de bahsedildiği gibi içme suyu dağıtım sistemlerinde meydana gelen arızaların önemli bir kısmı abone bağlantılarında oluşmaktadır. Abone bağlantılarında meydana gelen arızalar genelde yüzeye çıkmadığı için dinleme cihazı vb. ekipmanlar ile sahada denetim yapılmadığı sürece tespit edilmesi mümkün olamamaktadır. Arızanın farkında olma ve yerini tespit etme süresi uzadıkça zamana bağlı olarak kaybolan su miktarı da artmaktadır.

Tez çalışmasının bu bölümünde abone bağlantılarında meydana gelen arızaların su kayıplarına etkisi araştırılmıştır. Bunun için Malatya il merkezinde sınırları diğer bölgelerle izole edilmiş 11 alt ölçüm bölgesinde (AÖB) tespit edilen sızıntıların sisteme verilen giriş debisine ve su kayıp oranına etkisi gerçek saha verileri ile analiz edilmiş ve değerlendirilmiştir.

7.1. İzole Edilmiş Alt Ölçüm Bölgeleri

Uygulama alanı olarak seçilen Malatya il merkezinde şebeke genelde çok eski olup kendiliğinden meydana gelen ve yüzeye çıkan arıza oranı yüksek seviyededir. Ancak daha önceden de vurgulandığı gibi yüzeye çıkan arızaların toplam arıza içerisindeki yeri yaklaşık % 10-15 düzeyindedir. Arızalarla ve su kayıpları ile daha iyi mücadele etmede son yıllarda alt ölçüm bölgesi olarak ifade edilen ve diğer bölgelerle sınırları kesin bir şekilde ayrılmış ve izole edilmiş bölgeler tanımlanmaktadır. Bu şekilde tanımlanan ve sisteme giriş debisi düzenli olarak ölçülen ve sistem içerisinde yer alan bu bölgelerde, sisteme ait tüm bileşenler net bir şekilde kontrol edilmektedir.

MASKİ Genel Müdürlüğü tarafından, mevcut şebeke koşullarında hizmet veren mahalleleri alt ölçüm bölgelerine dönüştürmek için pilot bölgeler seçilmiştir. Bu kapsamda literatürde yer alan ölçütler göz önünde bulundurularak şebeke rehabilitasyonu yapmadan mevcut 11 mahalle alt ölçüm bölgesine dönüştürülmüş ve bu bölgelerin genel görünümü Şekil 7.1’de verilmiştir (MASKİ, 2017). Çalışma alanında yer alan alt ölçüm bölgeleri hakkında bilgi sahibi olmak için bu bölgelere ait açıklayıcı bilgiler Çizelge 7.1’de verilmiştir.



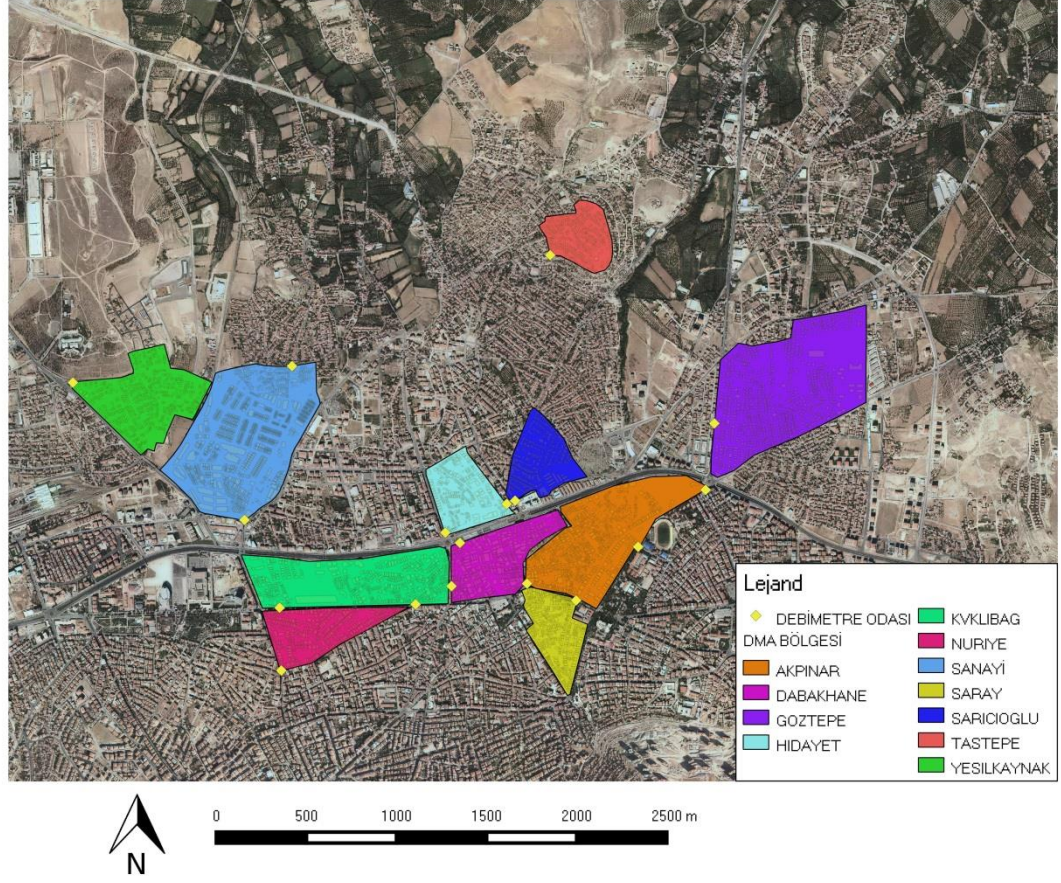
Şekil 7.1 Uygulama Alanında Alt Ölçüm Bölgelerinin Genel Görünümü (MASKİ, 2017)

Çizelge 7.1 Uygulama Alanında Alt Ölçüm Bölgeleri ile İlgili Açıklayıcı Bilgiler (MASKİ, 2017)

Sıra No	AÖB Adı	Abone Sayısı	Servis Bağlantı Sayısı	Şebeke Hat Uzunluğu (km)	Servis Bağlantısı Uzunluğu (km)	Şebeke Ort. Yaşı
1	DABAKHANE	2926	486	5.80	2.10	38
2	KAVAKLIBAĞ	2757	522	6.20	2.23	38
3	SANAYİ	1423	1267	12.36	4.45	34
4	TAŞTEPE	563	347	3.35	1.20	31
5	NURİYE	2217	422	2.92	1.05	36
6	AKPINAR	3939	676	8.50	3.06	38
7	YEŞİLKAYNAK	682	527	5.30	1.90	31
8	HİDAYET	1081	267	3.21	1.16	31
9	SARICIOĞLU	1451	333	3.34	1.20	31
10	GÖZTEPE	1522	1082	14.04	4.20	31
11	SARAY	2287	445	4.01	1.20	36

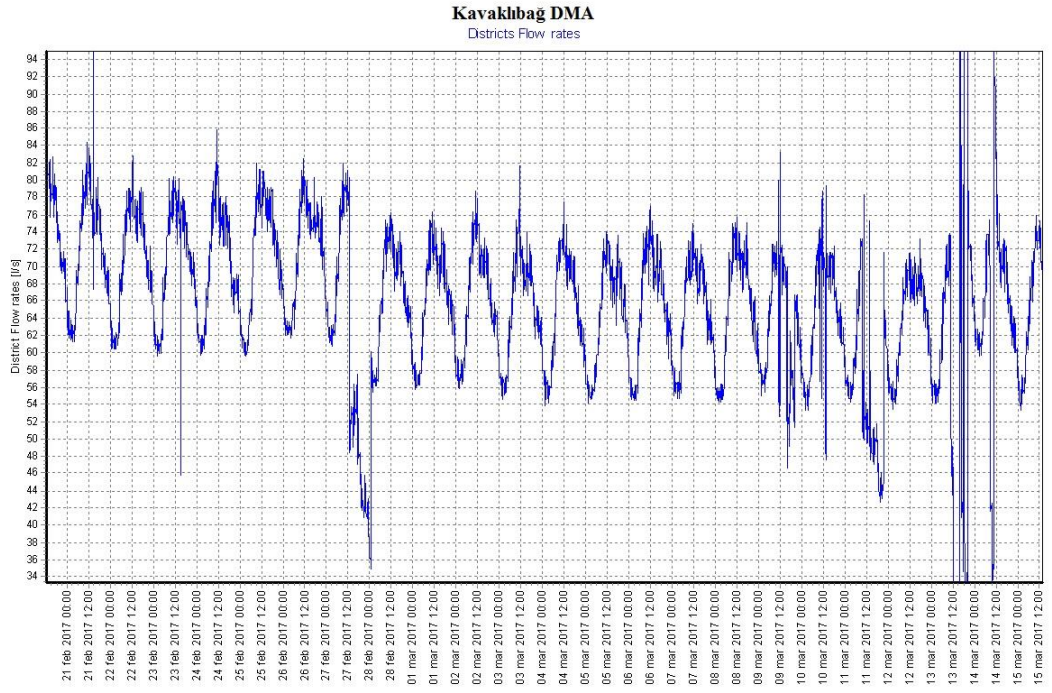
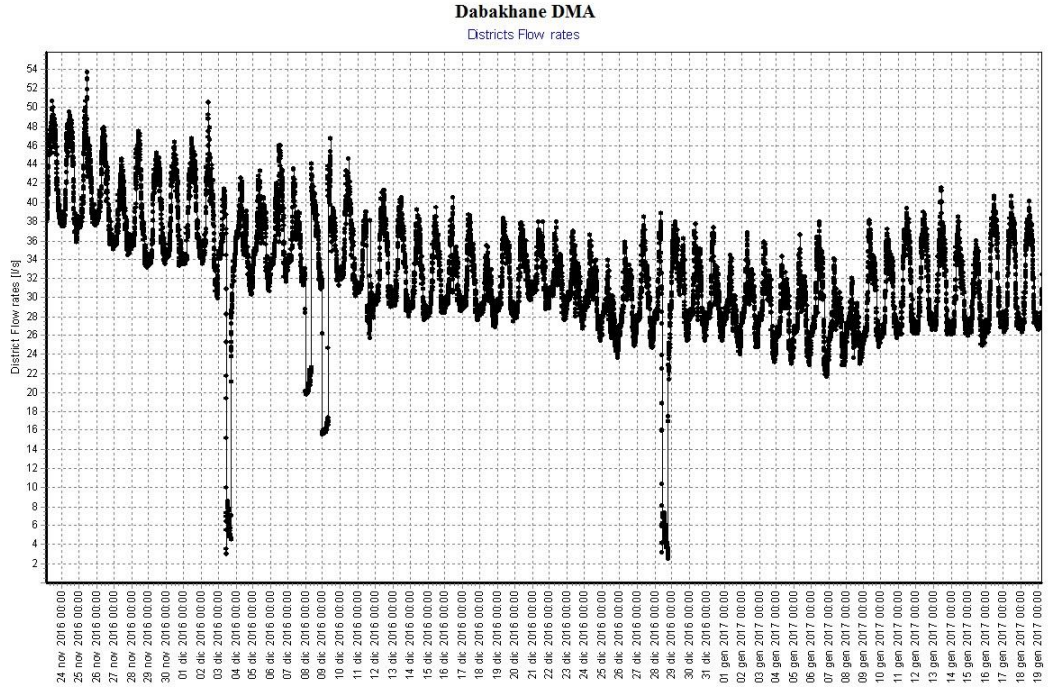
7.2. Alt Ölçüm Bölgelerinde Debi Ölçümü

Çalışma kapsamında sızıntı noktalarının su kaybına etkisine geçmeden önce bu alt ölçüm bölgelerine verilen debilerin zamana göre değişimleri izlenmesi için her bir alt ölçüm bölgesine yerleştirilen debimetre ölçümleri kullanılmıştır. Çalışma alanında 11 alt ölçüm bölgesinde yer alan debimetrelerin genel yerleşimi Şekil 7.2’de gösterilmiştir (MASKİ, 2017).

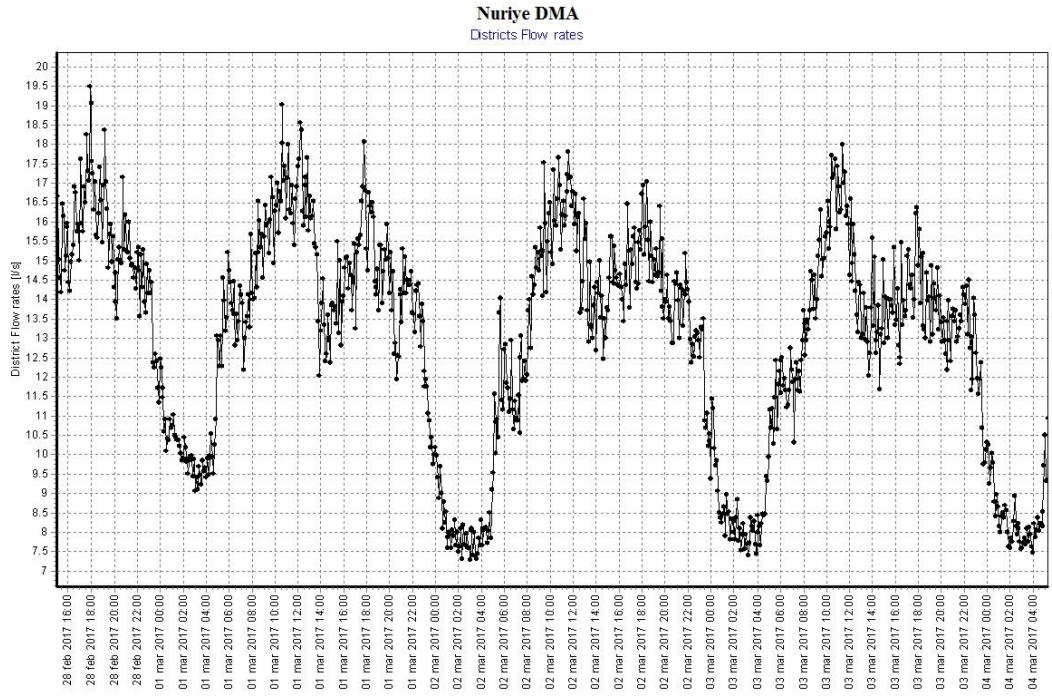
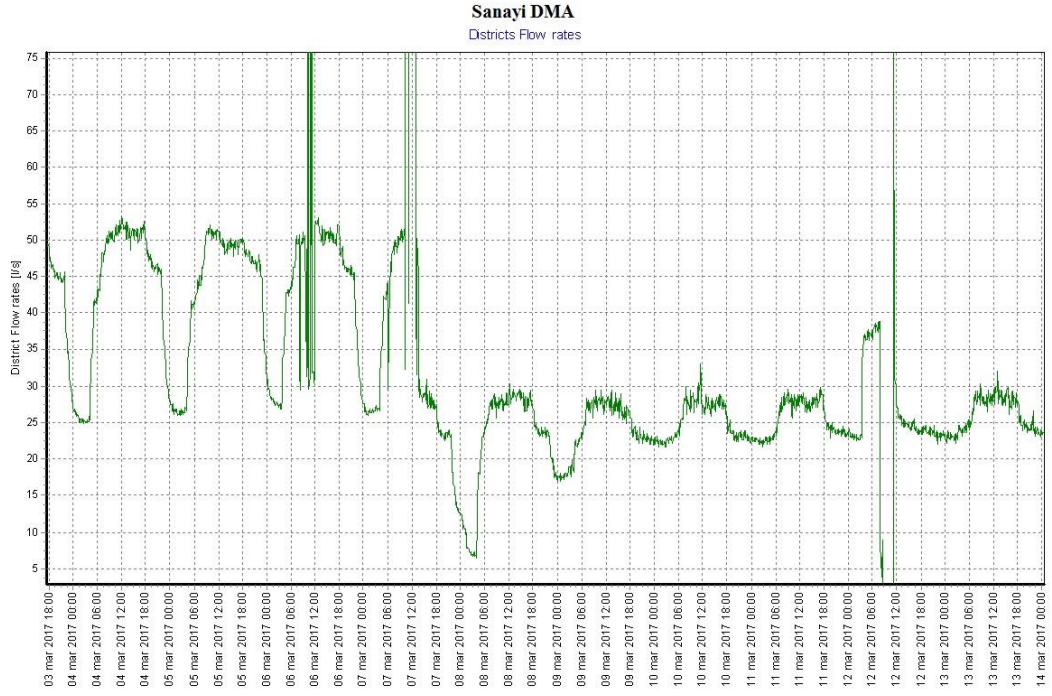


Şekil 7.2 Alt Ölçüm Bölgelerinde Debimetrelerin Dağılımı

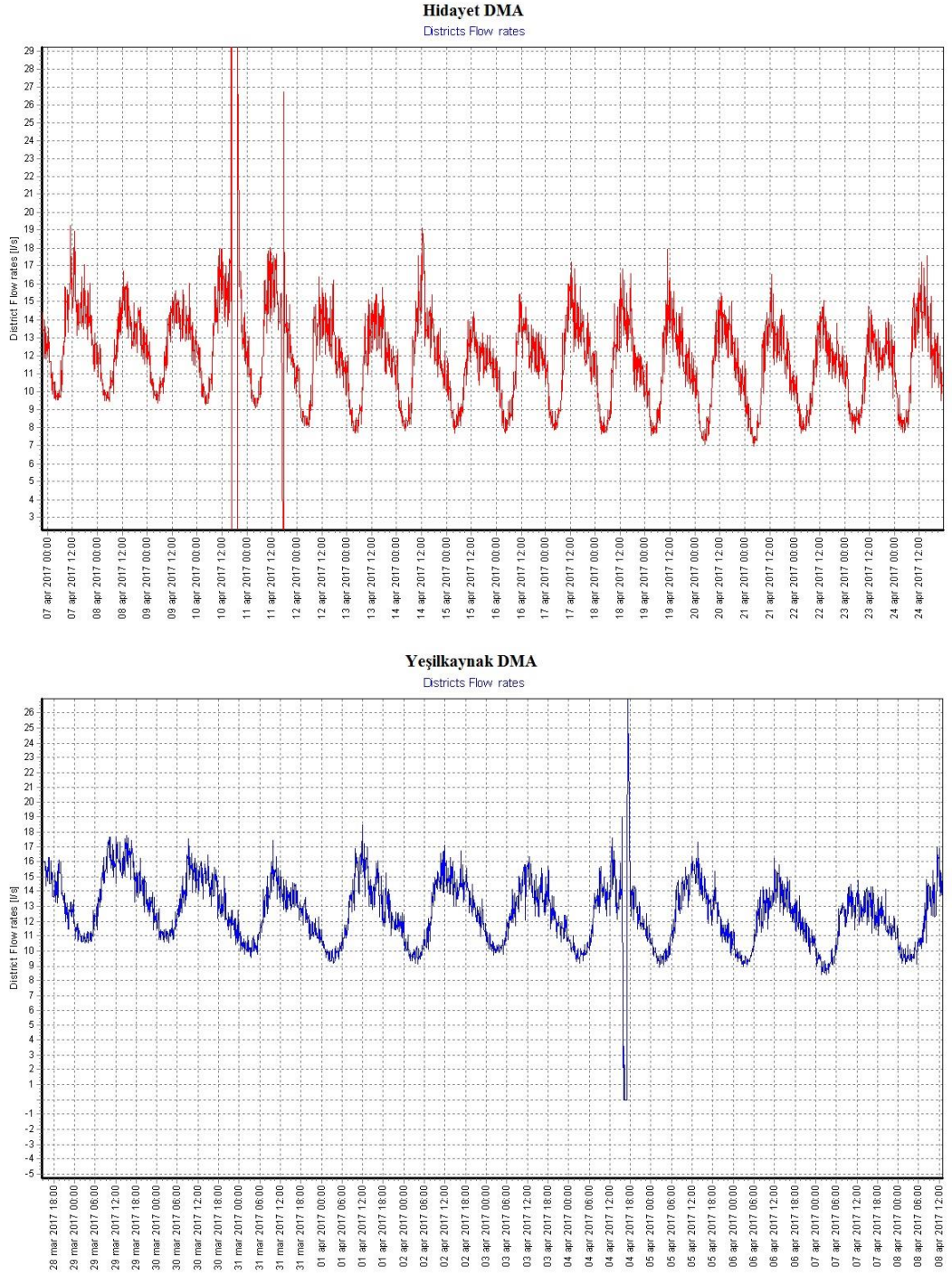
Sızıntı tespiti için önce sisteme verilen debiler hakkında bilgi edinmek ve daha sağlıklı değerlendirme yapmak için bu ölçümler izlenmiştir. Bu debiler her bir alt ölçüm bölgesinin girişinde yer alan ve anlık olarak debi ölçümü yapan ve anlık olarak kontrol edilen-izlenen debi değerlerini göstermektedir. Her bir alt ölçüm bölgesinde debimetre takıldıktan sonra ölçülen debilerin zamana göre değişimi Şekil 7.3'te gösterilmiştir (MASKİ, 2017).



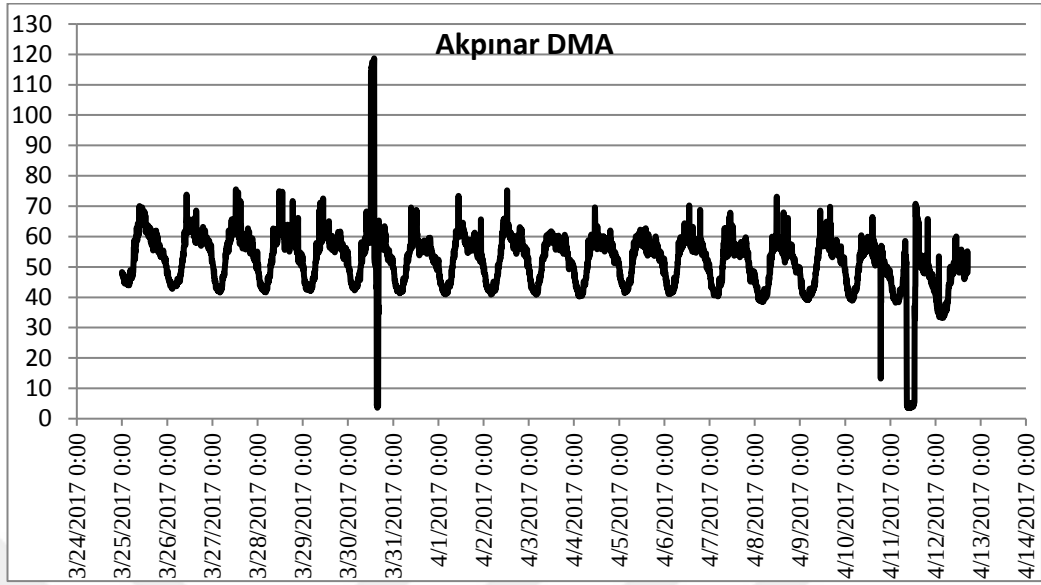
Şekil 7.3 Alt Ölçüm Bölgelerinde Çalışma Öncesi ve Sonrası Debi Değişimleri



Şekil 7.3 Alt Ölçüm Bölgelerinde Çalışma Öncesi ve Sonrası Debi Değişimleri
(devamı)



Şekil 7.3 Alt Ölçüm Bölgelerinde Çalışma Öncesi ve Sonrası Debi Değişimleri
(devamı)



Şekil 7.3 Alt Ölçüm Bölgelerinde Çalışma Öncesi ve Sonrası Debi Değişimleri
(devamı)

7.3. Alt Ölçüm Bölgelerinde Sızıntı Noktalarının Tespiti

Yukarıda tabloda karakteristik özellikleri detaylı bir şekilde verilen alt ölçüm bölgelerinde debiler izlenmeye başlanmış ve fiziki kayıp-kaçak tarama ekipleri tarafından akustik cihazlar vasıtası ile tarama yapılarak muhtemel sızıntı noktaları işaretlenmiştir. Uygulama alanında alt ölçüm bölgeleri için kontrol yapılan ve tespit edilen sızıntılar ile ilgili açıklayıcı bilgiler Çizelge 7.2’de verilmiştir.

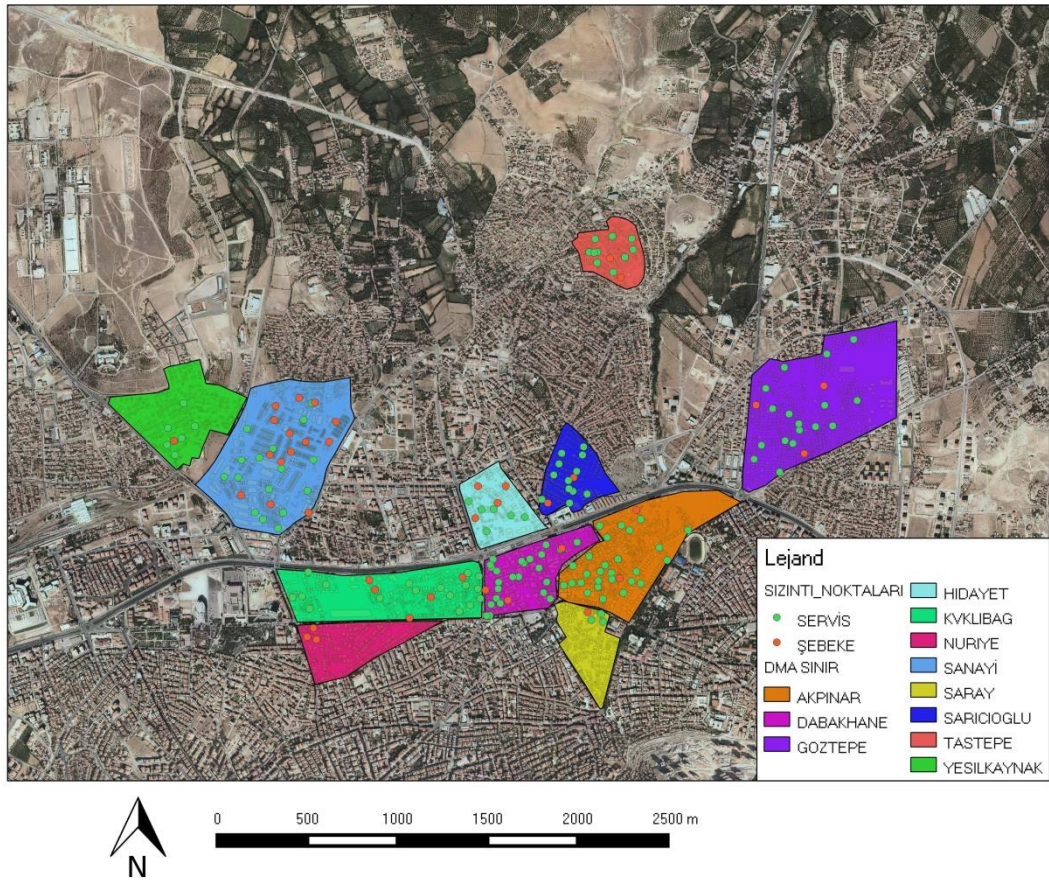
Çizelge 7.2 Uygulama Alanında Alt Ölçüm Bölgelerinde Tespit Edilen Sızıntılara ait Açıklayıcı Bilgiler (MASKİ, 2017)

Sıra No	AÖB Bölgesi	Tespit Edilen Nokta Sayısı	Giderilen Arıza Sayısı	Servis Bağlantı Arızası Sayısı	Diğer Şebeke Arızaları
1	DABAKHANE	48	27	24	3
2	KAVAKLIBAĞ	39	22	17	5
3	SANAYİ	43	30	16	14
4	TAŞTEPE	16	12	10	2
5	NURİYE	5	3	0	3
6	AKPINAR	36	29	27	2
7	YEŞİLKAYNAK	9	7	6	1
8	HİDAYET	13	10	6	4
9	SARICIOĞLU	15	14	12	2
10	GÖZTEPE	22	20	17	3
11	SARAY	5	4	3	1
	TOPLAM	251	178	138	40

Çalışma alanında bulunan ve MASKİ tarafından sınırları belirlenerek izole edilen 11 bölgede MASKİ Fiziki Kayıp-Kaçak Tarama ekiplerinin akustik cihazlarla yaptıkları taramalar neticesinde toplam 251 adet muhtemel sızıntı noktası belirlenmiştir. Yine MASKİ ekipleri tarafından sahada yapılan çalışmalar sonucunda 178 adet noktadaki arızalar giderilmiştir. Giderilen arızalardan 138 tanesi servis bağlantı hatları üzerindeki arızalar ve 40 tanesi de şebeke üzerindeki arızalardır (Çizelge 7.2).

Çizelge 7.2’de özet bilgileri verilen ve her bir alt ölçüm bölgesinde tespit edilen sızıntıların sayısal harita üzerinde dağılımı Şekil 7.4’de gösterilmiştir (MASKİ, 2017). Şekilde de görüldüğü gibi Yeşilkaynak, Nuriye ve Saray bölgelerinde fiziki tarama çalışmaları tamamlanmamış olup, bulunan sızıntılar bölgeler içerisinde taraması tamamlanmış olan küçük bölgelere aittir. Bu bölgelerin

de analiz aşamasına dahil edilmesine karar verilmiştir, çünkü aktif sızıntı kontrolü dinamik bir süreçtir ve hiç bitmez. Bir defa tarama yapıp, yerüstüne çıkmayan sızıntıların tespitinin ve tamiratının yapılması o bölgede çalışmanın bittiği anlamına gelmemektedir. Bu süreç “7.4 İzole Edilmiş Alt Ölçüm Bölgelerinde Basınç-Abone Arızası İlişkisi” başlığında daha detaylı açıklanacaktır. Sonuç olarak, analize geçildiği esnada mevcut bulunan bütün kayıtların analiz aşamasına dahil edilmesine karar verilmiştir.



Şekil 7.4 Her Bir Alt Ölçüm Bölgesinde Tespit Edilen Sızıntıların Sayısal Harita Üzerinde Dağılımı (MASKİ, 2017)

Çalışma alanında sahada yapılan denetimlerde tespit edilen sızıntılara ait saha görüntüleri Şekil 7.5’te gösterilmiştir. Saha fotoğraflarından da görüldüğü gibi tespit edilen sızıntılar genelde bina bağlantı noktasındadır.



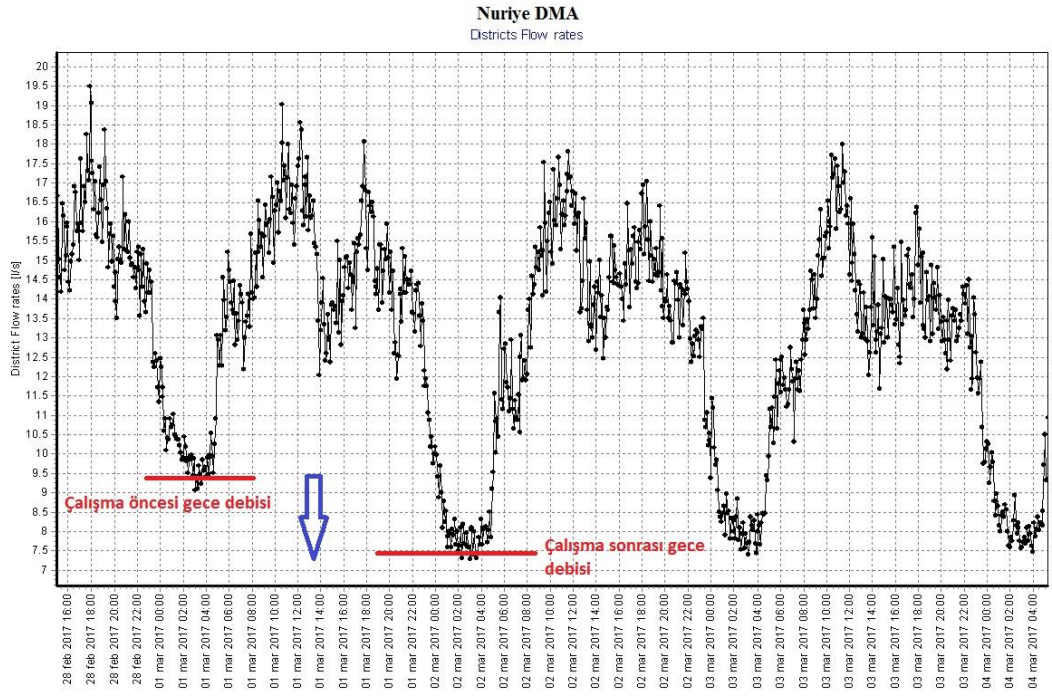
Şekil 7.5 Sahada Sızıntı Tespiti Çalışmaları (MASKİ, 2017)

7.4. İzole Edilmiş Alt Ölçüm Bölgelerinde Abone Arızası-Su Kaybı İlişkisi

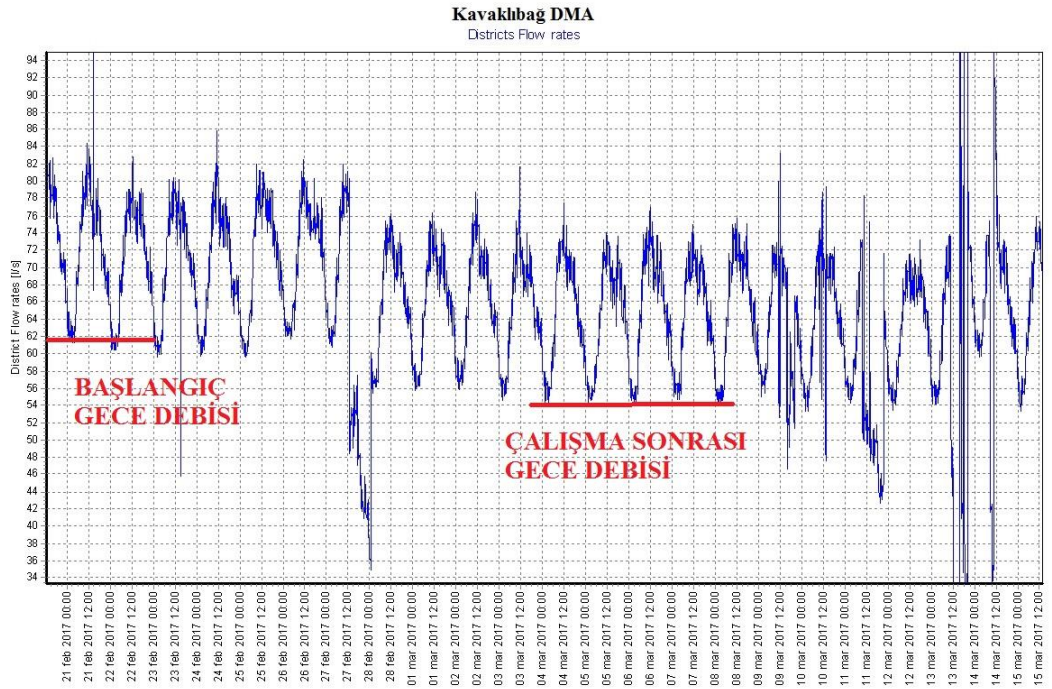
Su şebekelerinde çalışma alanının büyük ve kompleks yapısı nedeniyle su kayıp oranını belirleyebilmek için dünya genelinde çeşitli yaklaşımlar kullanılmaktadır. Bunlardan en yaygın olanı ve kabul göreni ise gece debisi analizidir (MNF analysis). Tüketime çok düşük olduğu gece saatlerinde (2 ile 4 arası) debimetre tarafından okunan debi değerinin büyük bir kısmı su dağıtım sistemindeki kayıplardan dolayı meydana gelmektedir.

Gece debisi analizi yapılırken dikkat edilmesi gereken husus, bölgede gece tüketiminin yüksek olduğu bilinen kullanıcılar (hastane, otel, fabrika,...) varsa, bunların yaptığı tüketim de göz önünde bulundurularak analiz yapılması gerekliliğidir.

Debisi ölçülebilen izole bir bölgede, şebekedeki sızıntıların biri veya bir kaçını tamir edildikten sonra minimum gece debisinde düşüş beklenir. Şekil 7.6 ve Şekil 7.7’de pilot AÖB’lerden Nuriye ve Kavaklıbağ bölgeleri için kaydedilen debilerin grafiği ve çalışma ile beraber minimum gece debilerinde meydana gelen değişimler gösterilmiştir.



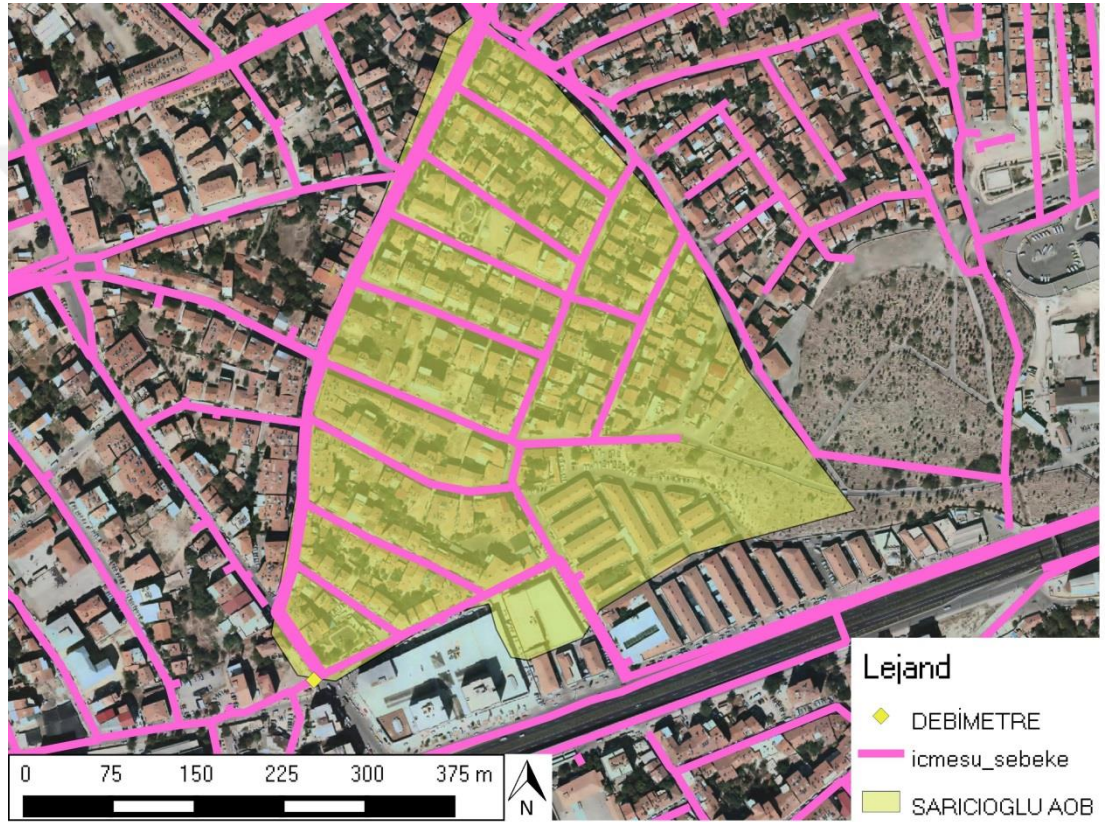
Şekil 7.6 Nuriye AÖB için Gece Debisi Analizi (MASKİ, 2017)



Şekil 7.7 Kavaklıbağ AÖB için Gece Debisi Analizi (MASKİ, 2017)

7.4.1. Detaylı AÖB İncelemesi: Sarıcıoğlu AÖB Örneği

Kendiliğinden yüzeye çıkmayan arızaları detaylı analiz edebilmek adına izole edilen pilot bölgelerden biri de Sarıcıoğlu AÖB'dir (Şekil 7.8). Bölgeye giren debiyi izleyebilmek için 400 mm çapındaki giriş borusunun üzerine debimetre yerleştirilmiş, ayrıca bölgeyi izole edebilmek için bölgeden komşu bölgelerle bağlantılı olan üç adet PVC şebeke boruları üzerindeki vanalar kapatılmıştır. Sarıcıoğlu bölgesinde içme suyu şebekesinin karakteristik özellikleri Çizelge 7.3 ile verilmiştir.



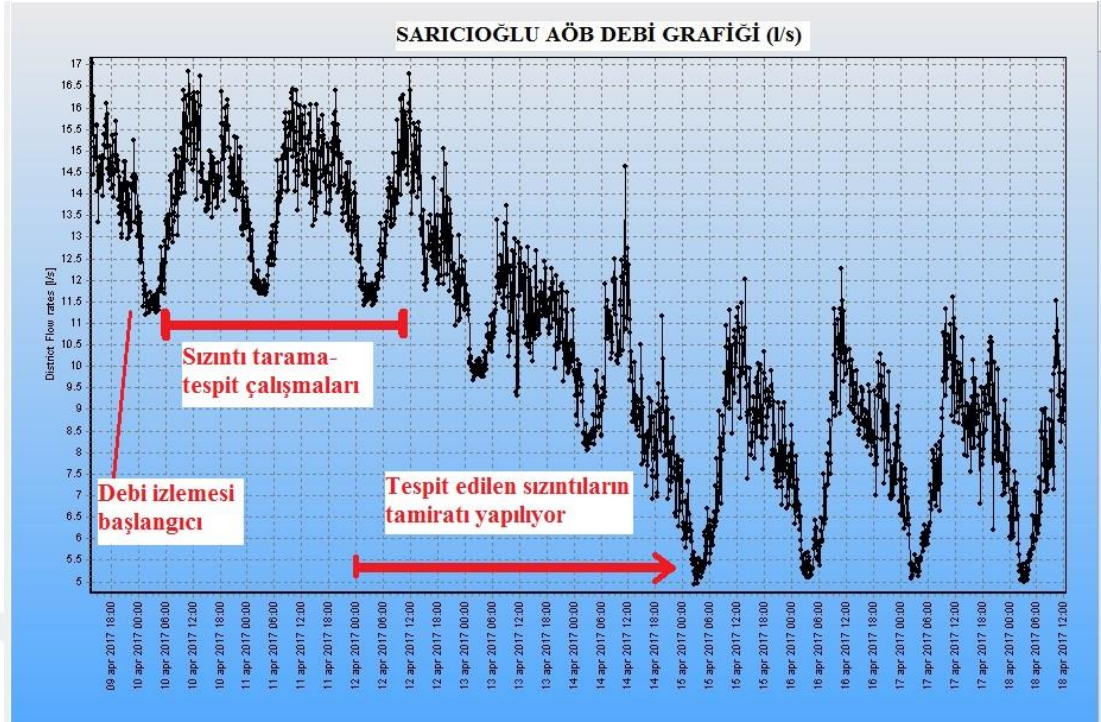
Şekil 7.8 Sarıcıoğlu AÖB Genel Görünüm

Çizelge 7.3 Sarıcıoğlu AÖB Karakteristik Özellikler

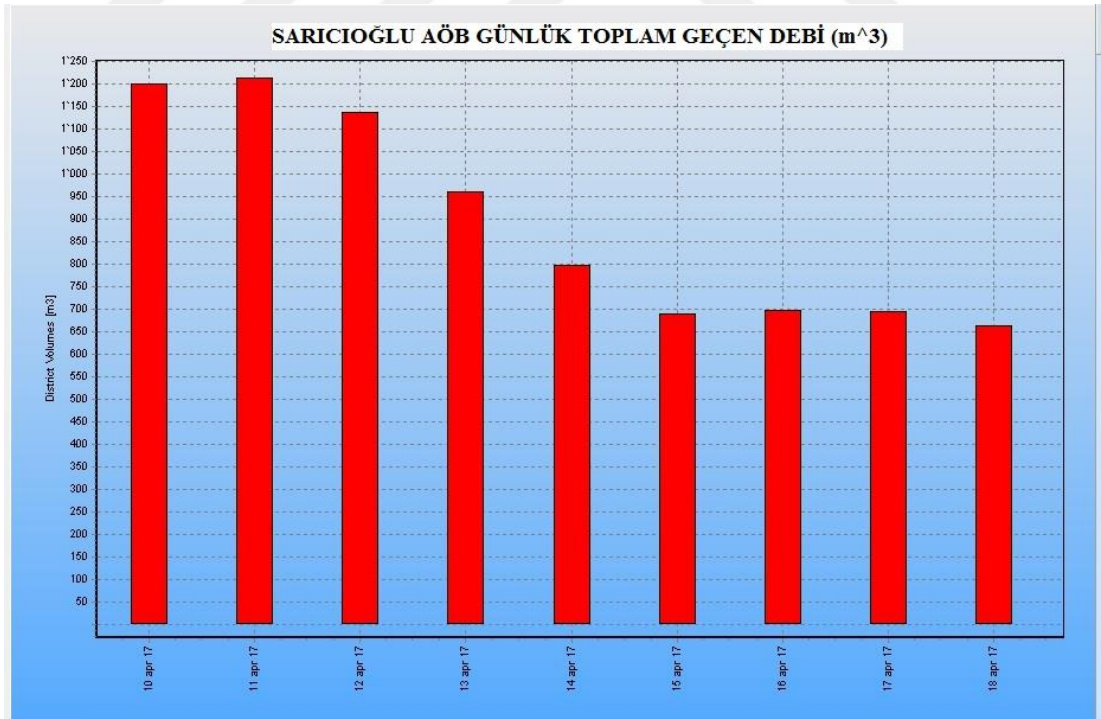
SARICIOĞLU AÖB	
Şebeke Uzunluğu	3341 m
Şebeke Boru Cinsi	AÇB (Asbest)-1147 m , PVC -2194 m
Şebeke Ortalama Yaşı	31 yıl
Servis Bağlantı Sayısı	333 adet
Abone Sayısı	1451 adet
Toplam Servis Bağlantı Uzunluğu	1204 m

Sarıcıoğlu AÖB’de ilk okunan minimum gece debisi değeri 11.5 l/s olarak gerçekleşmiştir. İlk okumadan sonra MASKİ ekiplerince sahada sızıntı tespit-tarama çalışmaları başlatılmıştır. 15 adet muhtemel sızıntı noktası belirlenmiş ve bu noktaların 14 tanesinde sızıntı tespit edilmiştir. Müdahale edilen 14 adet sızıntı noktasından 12 adedinin servis bağlantıları üzerinde olduğu görülmüştür. Bu sızıntılar tamir edildikten sonra ilk okumadan sonraki 6. gecede minimum gece debisi 5 l/s olarak okunmuştur (Şekil 7.9). Aynı zaman diliminde çalışma başlangıcında bölgeye giren günlük debi ortalama 1200 m³ civarında iken, sızıntılara müdahalenin başlamasıyla birlikte düşmeye başlamış ve 650 m³ dolaylarına gerilemiştir (Şekil 7.10). Değerlerin okunduğu zaman dilimi boyunca Sarıcıoğlu AÖB için oluşturulan kümülatif debi eğrisi incelendiğinde çalışılan zaman dilimi kısa olmasına rağmen, değerlerdeki değişimin büyüklüğünden dolayı eğrinin eğimindeki azalma net bir şekilde görülmektedir (Şekil 7.11).

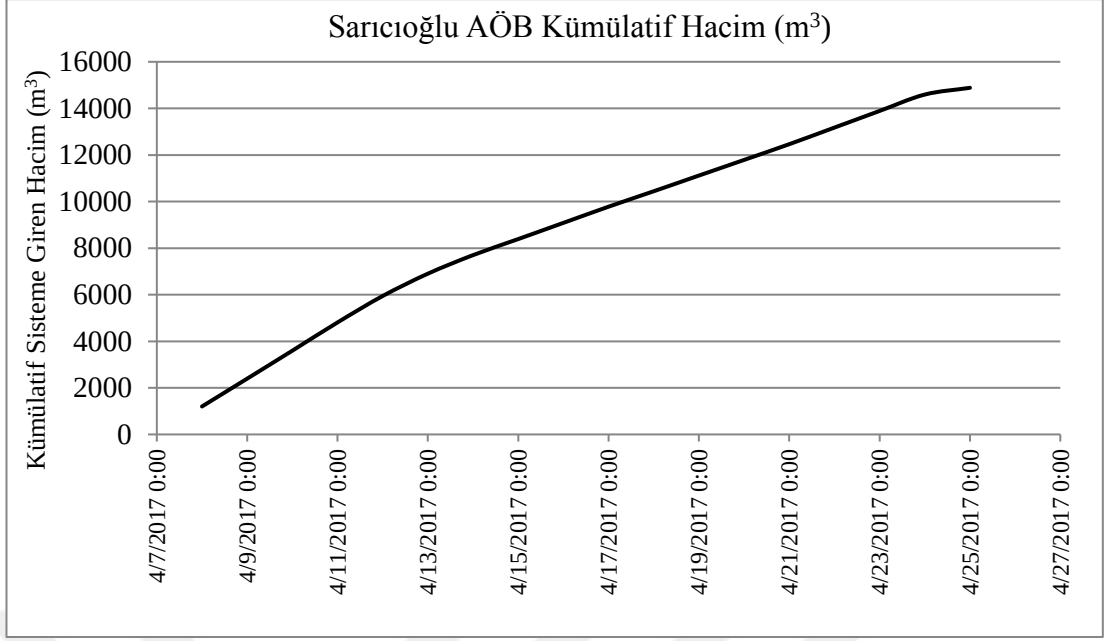
Çalışılan Sarıcıoğlu AÖB, toplamda 3.34 km uzunluğunda şebeke hattı ve 333 adet servis bağlantısından oluşmaktadır. 10 günlük bir çalışma ile bölgeye giren debinin yaklaşık yarısının yüzeye kendiliğinden çıkmayan sızıntılara ait olduğu ve bir şekilde yüzeyin altında kendine bir yol bularak kaybolduğu tespit edilmiştir. Müdahale edilen 14 sızıntıdan 12 adedinin servis bağlantıları üzerinde olması ise kendiliğinden yüzeye çıkmayan sızıntılar içerisinde servis bağlantıları üzerindeki sızıntıların önemli bir payının olduğunu ortaya koymaktadır.



Şekil 7.9 Sarıcıoğlu AÖB Debi Grafiği



Şekil 7.10 Sarıcıoğlu AÖB Günlük Toplam Geçen Debi Grafiği



Şekil 7.11 Sarıcıoğlu AÖB Kümülatif Debi Grafiği

7.4.2. Pilot AÖB’lerde Su Kayıplarının İncelemesi

Sarıcıoğlu AÖB’de yapılan çalışmanın benzeri belirlenen diğer 10 pilot bölgede de yapılmış ve yapılan çalışmalar sonucunda minimum gece debilerindeki değişimler izlenmiş ve kaydedilmiştir (Çizelge 7.3). Buna göre Sarıcıoğlu AÖB ile beraber toplam 11 pilot bölgede, çalışma neticesinde 100.7 l/s debi sisteme kazandırılmıştır.

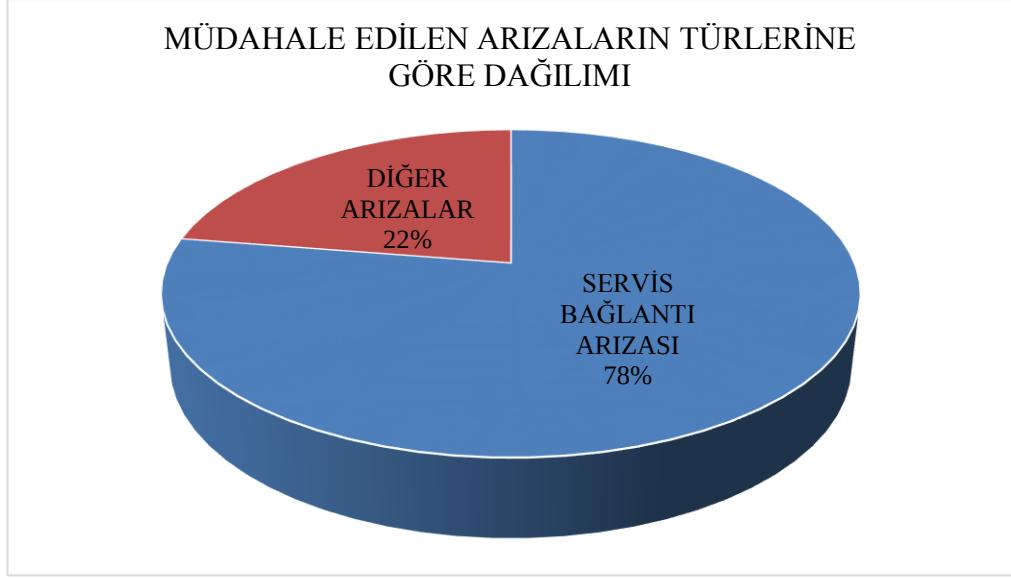
Çizelge 7.4 İzole Bölgelerde Gece Debilerinin Değişimi (MASKİ, 2017)

Sıra No	AÖB Bölgesi	Çalışma Başlangıcı Minimum Gece Debisi (l/s)	Çalışma Sonrası Minimum Gece Debisi (l/s)	Sisteme Kazandırılan Su Miktarı (l/s)
1	DABAKHANE	38	24	14
2	KAVAKLIBAĞ	62	34	28
3	SANAYİ	32	22	10
4	TAŞTEPE	15	7.6	7.4
5	NURİYE	9.5	7.5	2
6	AKPINAR	48	31	17
7	YEŞİLKAYNAK	10.5	8.2	2.3
8	HİDAYET	9.5	8	1.5
9	SARICIOĞLU	11.5	5	6.5
10	GÖZTEPE	20	10.6	9.4
11	SARAY	27	24.4	2.6
	TOPLAM	283	182.3	100.7

Çizelge 7.2 deki “servis bağlantı arıza sayısı” sütunu ile Çizelge 7.4 deki “sisteme kazandırılan su miktarı” sütunu bir arada incelendiğinde servis bağlantılarında meydana gelen arızaların bir su şebekesindeki fiziki kayıplar açısından ne kadar önemli olduğu görülmektedir (Çizelge 7.5). 11 pilot bölgede yapılan çalışmalar sonucunda toplamda 178 adet arızaya müdahale edilmiş ve müdahale edilen arızaların 138 adetinin servis bağlantılarında meydana geldiği görülmüştür.

Çizelge 7.5 Türlerine Göre Müdahale Edilen Arıza Sayıları ve Kazandırılan Su Miktarı (MASKİ, 2017)

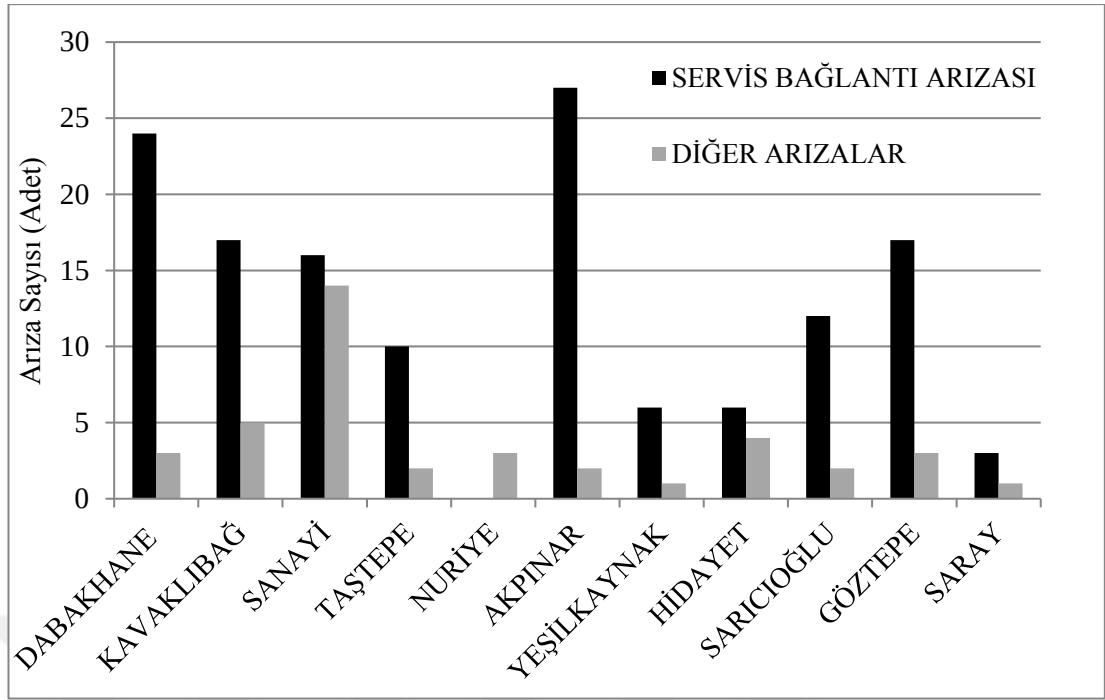
Sıra No	AÖB Bölgesi	Giderilen Arıza Sayısı	Servis Bağlantı Arızası Sayısı	Diğer Arıza Türleri (Şebeke, vana,...)	Sisteme Kazandırılan Su Miktarı (l/s)
1	DABAKHANE	27	24	3	14
2	KAVAKLIBAĞ	22	17	5	28
3	SANAYİ	30	16	14	10
4	TAŞTEPE	12	10	2	7.4
5	NURİYE	3	0	3	2
6	AKPINAR	29	27	2	17
7	YEŞİLKAYNAK	7	6	1	2.3
8	HİDAYET	10	6	4	1.5
9	SARICIOĞLU	14	12	2	6.5
10	GÖZTEPE	20	17	3	9.4
11	SARAY	4	3	1	2.6
	TOPLAM	178	138	40	100.7



Şekil 7.12 Müdahale Edilen Arızaların Türlerine Göre Dağılımı

Servis bağlantılarındaki su kayıplarının toplam su kayıpları içerisindeki yerinin araştırıldığı çalışmalarda servis bağlantılarındaki su kayıpları %60 mertebelerinde hesaplanmıştır (Nicolini, 2014; Aydoğdu, 2014). Nicolini (2014) çalışmasında Kuzey İtalya’da bulunan Udine kenti su şebekesini ve meydana gelen su kayıplarını incelemiş ve servis bağlantılarındaki arızaların toplam arızalar içindeki oranını %58 olarak hesaplamıştır.

Yine Aydoğdu (2014), bu çalışmanın yapıldığı Malatya kenti su şebekesini incelemiş ve servis bağlantılarındaki arızaların toplam arızalar içindeki oranını %60 olarak hesaplamıştır. 11 pilot bölgede yapılan bu çalışmada ise servis bağlantısı arızalarının toplam arızalar içindeki oranı %78 olarak hesaplanmıştır (Şekil 7.12). Her ne kadar bu çalışma pilot bölgelerde yapılmış olsa da, aynı çalışma alanını incelemiş olan Aydoğdu’nun sonuçları ile arada bu kadar fark olması kayda değerdir. Bunun sebebi de Aydoğdu’nun yerüstüne çıkan su kayıpları üzerinde çalışmış olmasıdır. Bu çalışma göstermiştir ki servis bağlantılarındaki su kayıplarının yerüstüne çıkmayan su kayıpları arasındaki yeri çok daha fazladır.



Şekil 7.13 Mahallelere ve Türlerine Göre Arıza Sayıları

Malatya genelinde fiziki su kayıplarının oranı %52'dir. Aynı zamanda sisteme giren debi ise ortalama 2300 l/s'dir. Debi birimi cinsinden toplam su kaybının ortalama 1200 l/s olduğu düşünüldüğünde, 11 pilot bölgede tamamı yerüstüne kendiliğinden çıkmayan su kayıpları ve ekseriyeti servis bağlantılarındaki su kayıpları üzerinde yapılan çalışmada sisteme kazandırılan 100 l/s suyun ne kadar önemli olduğu daha iyi görülecektir.

Verileri her bir pilot bölge için ayrı ayrı incelediğimiz zaman birçok bölgede özellikle de su kayıpları açısından sorunlu bölgelerde yerüstüne çıkmayan su kayıplarının önemli bir kısmını servis bağlantılarındaki arızaların oluşturduğunu görmekteyiz. Özellikle şehrin işlek bölgeleri olan Dabakhane ve Akpınar bölgelerinde yerüstüne çıkmayan sızıntılar çok daha fazla ön plana çıkmaktadır. Yine bu bölgelerde bu sızıntıların büyük bir kısmını servis bağlantılarındaki arızalar oluşturmaktadır (Şekil 7.13).

7.5. İzole Edilmiş Alt Ölçüm Bölgelerinde Malzeme Kalitesi-Abone Arızası İlişkisi

Malzeme kalitesi; sadece su şebekelerinde değil hemen hemen her türlü mühendislik tasarımında en ön sıralarda göz önünde bulundurulması gereken parametrelerden biridir. Pilot çalışmanın yapıldığı bölgelerde su şebekesinin döşendiği yıllarda servis bağlantıları için kullanılan malzemeler çoğunlukla galvaniz borular olmuştur. Bu malzemeler, normal şartlar altında performans açısından çok sıkıntı vermeseler de, zorlayıcı etkenlere (basınç dalgalanması, sıcaklık değişikliği, erozyon, korozyon, vb.) maruz kaldıklarında gerek yaşlarından ötürü gerekse de üretildikleri yıllardaki teknolojiye göre iyi performans verememektedirler. Yine bağlantı noktalarında kullanılan parçalar da uygun malzeme seçilmemesinden kaynaklı olarak birkaç yıl içerisinde iş göremez hale gelmektedirler (Şekil 7.14).



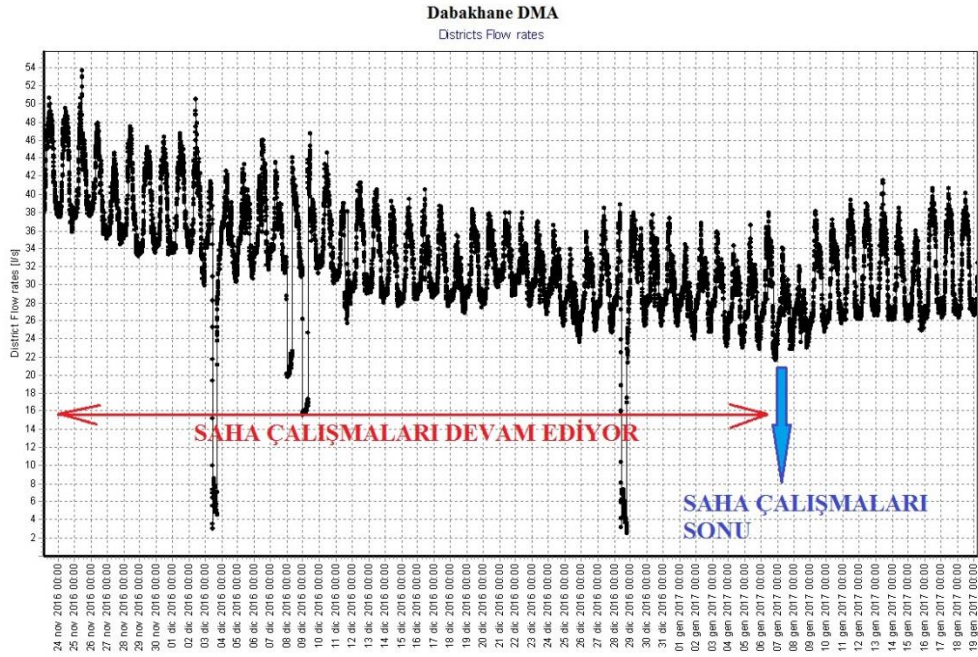
Şekil 7.14 Sızıntı Noktalarına ait Görüntüler (MASKİ, 2017)

Pilot bölgeler arasından olan Dabakhane bölgesinde servis bağlantıları 2012 yılında yenilenmiştir, fakat 5 sene içerisinde gelenen noktada şebekesi yıllardır yenilenmemiş birçok bölgeden daha çok sorunlu bir bölge haline gelmiştir.

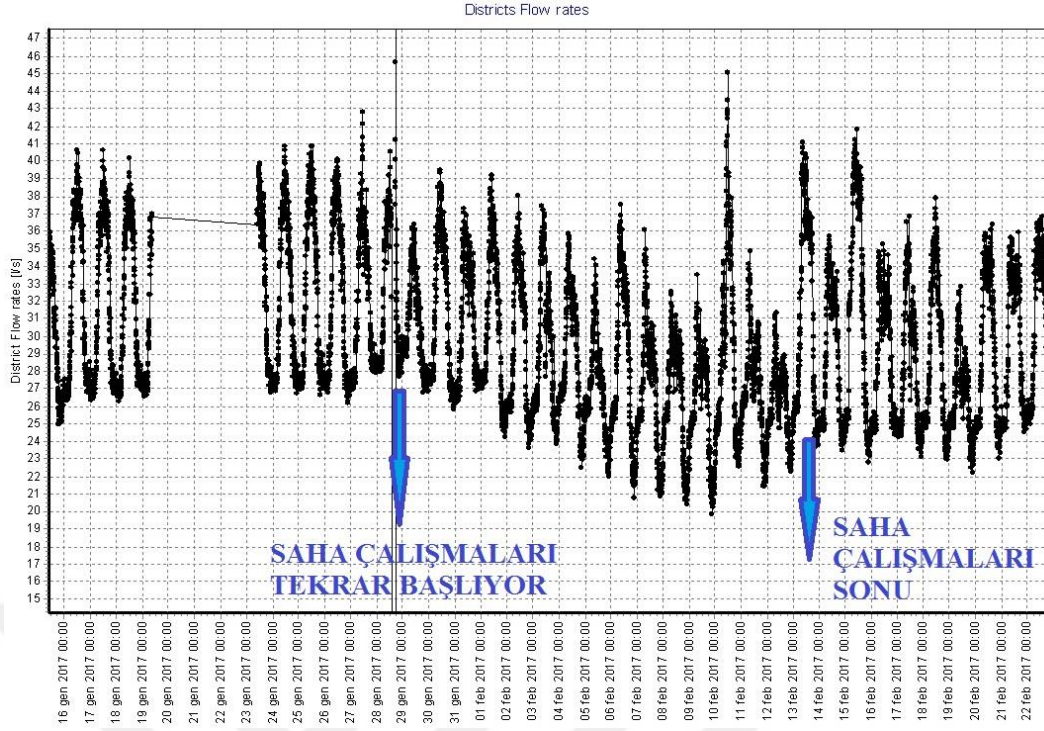
7.6. İzole Edilmiş Alt Ölçüm Bölgelerinde Basınç-Abone Arızası İlişkisi

Su şebekelerinde sızıntılar, şebeke işletme basıncı ile yüksek korelasyona sahiptirler, bu nedenle sızıntıları azaltmak için basınç yönetim planı uygulamaya konabilir (Tabesh vd., 2009).

Malatya içme suyu dağıtım şebekesi üzerinde 11 adet AÖB alanında yapılan pilot çalışmada, debiler izlenmiş kayıp-kaçak yönetimi uygulanmıştır. Debi grafiklerini incelediğimiz zaman saha çalışmaları (fiziki kayıp-kaçak tespit ve tamirat) nihayete erdikten sonra AÖB bölgelerinin debilerinde bir yükseliş gözlemlemekteyiz (Şekil 7.15). Bu durum ancak saha çalışmaları sonrası basınç yönetimi, basınç kırıcı vana, vb., uygulamalar yapılmadığından debideki azalmanın aynı zamanda basınçta bir artışa sebep olmasıyla açıklanabilir.



Şekil 7.15 Dabakhane AÖB Debi Grafiği (MASKİ, 2017)



Şekil 7.16 Dabakhane AÖB Saha Çalışmaları Tekrar Başladıktan Sonra Debi Değişimi (MASKİ, 2017)

Artan şebeke işletme basıncı yeni sızıntıların oluşumuna sebep olmuş, aynı bölgelerde yeni tarama ve tamirat faaliyetleri yapılarak tekrar bir debi düşüşü sağlanmış, fakat yine artan basıncın etkisiyle yeni sızıntılar oluşarak debide kısmi bir artışa sebep olmuştur (Şekil 7.16).

Sonuç olarak, debinin sürekli izlenmeye devam edilmesi gerekmektedir ve sıra dışı hareketler gözlemlendiğinde sahada yeni oluşan sızıntılar tespit edilip müdahale edilmelidir. Ayrıca kalıcı bir sızıntı kontrolü için, basınç yönetimi mutlaka uygulanmalıdır.

8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında, çalışma alanında bulunan toplamda 177 mahallede 2007-2016 yılları arasında gerçekleşen 25.158 adet servis bağlantısı arızası verisi Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ortamında incelenmiştir. Çalışma alanında verilerin elde edildiği zaman diliminde meydana gelen Büyükşehir statüsüne geçilmesi ve idari yapılanmadaki değişiklikten dolayı detaylı analizler verilerinde devamlılık bulunan merkezdeki 79 mahalle üzerinden yapılmıştır.

Detaylı analiz aşamasında arıza verilerinin bölgelere (mahalle) göre dağılımları incelenmiş, bölge sınırları eşdeğer olmadığından veriyi boyutsuzlandırmak ve bölgeleri kıyaslanabilir kılmak adına bölge sınırları içerisinde kalan servis bağlantı sayılarına servis bağlantısı arıza sayıları bölünerek arıza yoğunlukları hesaplanmıştır. 2007-2016 periyodunda, çalışma alanında en sorunlu bölgenin 0.0417 arıza/bağlantı/yıl arıza yoğunluğu ile Zafer mahallesi olduğu, en sorunsuz bölgenin 0.0039 arıza/bağlantı/yıl arıza yoğunluğu ile İsmetiye mahallesi olduğu görülmüştür. Malatya genelinde ise arıza yoğunluğu oranı 0.0199 arıza/bağlantı/yıl olduğu hesaplanmıştır. Bu rakam, Malatya genelinde yılda ortalama 50 servis bağlantısından birinin arıza oluşturduğu anlamına gelmektedir. Arıza yoğunluklarının yıllara göre değişimleri incelendiğinde ise yıllara göre bölgeler arasında değişiklikler olmakla beraber genel olarak aynı bölgelerin üst sıralarda olduğu görülmüştür.

Malatya içme suyu şebekesi sayısal modeli pik debi ve ortalama debi senaryolarına göre oluşturulmuş ve çalışma alanının şebeke işletme basıncı haritası elde edilmiştir. Basınç haritası ve bölgelere göre arıza yoğunluk haritaları incelendiğinde bir ilişki gözlemlenememiştir. Bunun sebeplerine bakılacak olursa;

- Bölgelerin ortalama arıza yoğunluk verisi ile ortalama basınç verisinin karşılaştırılması birinci sebep olarak ortaya çıkmaktadır. Bu faktörü saf dışı etmek için bölge içi basınç dağılımı ve arıza yoğunluk dağılımlarının daha detaylı incelenmesi gerekmektedir.

- Bir diğ er sebep ise, Şebeke işletme basıncının yüksek veya düşük olmasından çok basıncı dalgalanmalarının tüm Şebeke üzerinde daha fazla baskı oluŐturması ve daha çok arızaya sebep olmasıdır. Bu faktörü safdıŐı etmek için ise su kesintilerinin olduğu dönemler ve sonrasındaki arızaların incelenmesi önerilmektedir.

Servis bağlantısı arıza noktalarından oluşan yoğunluk haritası incelendiğinde arızaların Şehrin insan sirkülasyonu yüksek ve ticari olarak gelişmiş bölgelerinde yoğunlaştığı görülmüştür. Arızaların yoğunlaştığı bölgelerde 11 pilot bölgede yapılan çalışmada; bölgeler izole edilmiş, fiziki kayıp-k  ak tarama ekiplerince bölgelerde akustik cihazlarla taramalar yapılmış ve muhtemel arıza noktaları belirlenmiştir. Pilot  alıŐma ile kendiliğinden yer üstüne çıkan arızaların analiz edilmesiyle yapılan çalışmanın geri kalanından farklı olarak kendiliğinden yer üstüne çıkmayan servis bağlantısı arızaların su kayıplarına etkisinin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Çalışmanın nihayetinde tespit ve tamir edilen arıza noktalarının %78 inin servis bağlantısı arızaları olduğu tespit edilmiştir. Debiler sürekli izlenmiş ve arızalar tespit ve tamir edildikten sonra 11 bölgede gece debilerinde toplamda yaklaşık 100 l/s'lik bir azalma tespit edilmiştir. Pilot  alıŐma göstermiştir ki, kendiliğinden yer üstüne çıkmayan sızıntıların büyük çoğunluğu servis bağlantılarında oluşmaktadır ve her ne kadar tek baŐlarına küçük sızıntılar olarak görülseler bile, sayıca  okluklarından dolayı bir araya geldiklerinde büyük miktarlarda su kayıplarına sebep olabilmektedirler. Ayrıca pilot bölgelerden olan ve sorumlu idare olan MASK  yetkililerince verilen bilgiye göre 2012 yılında servis bağlantılarında yenileme yapılmış olan Dabakhane bölgesinde yer üstüne çıkmayan sızıntıların neredeyse tamamının servis bağlantılarında gerçekleŐmiŐ olması ve pilot çalışma sonucunda gece debisinin 14 l/s azalarak 38 l/s'den 24 l/s'ye d Ő m Ő olması servis bağlantılarında yaŐtan daha çok malzeme ve işçilik kalitesinin önemli olduğunu yakından göstermiştir.

Sonuc olarak, servis bağlantılarındaki sızıntıların önemli bir kısmı yerüstüne çıkmadan bir yol bularak kanalizasyona veya yeraltı sularına karıŐmaktadır. Su kayıplarının etkili bir Şekilde azaltılması için servis bağlantılarındaki sızıntıların üzerinde titizlikle durulması gerekmektedir. Bu amaçla,

- Şebeke işletme basınçlarının kontrol altında tutulması, basınç dalgalanmalarına sebep olabilecek her türlü su kesintisi, şebekeler arası kontrolsüz bağlantı yapılması, nüfusu hızlı değişen bölgelerde artan su talebi sonucu şebekenin hidrolik açıdan tasarım sınırlarının dışına çıkması gibi kriterlere dikkat edilmesi,
- Servis bağlantısı arızalarının sıklaştığı bölgelerin belirlenerek, bölgelerin detaylı olarak incelenmesi ve gerekli tedbirlerin (AÖB metodu, aktif sızıntı kontrolü, basınç yönetimi vb.) alınması,
- Sorunlu bölgelerde tedbirlere rağmen hala su kayıplarının azaltılması konusunda mesafe alınamamışsa, şebeke rehabilitasyonu, servis bağlantılarının yenilenmesi gibi tedbirlerin gündeme alınması,
- Gerek yeni şebeke döşeme çalışmaları, gerekse de mevcut şebekenin rehabilitasyonu sırasında, şebekede özellikle de servis bağlantılarında kullanılan malzemenin ve uygulanan işçiliğin kalitesine dikkat edilmesi,

başlıca dikkat edilmesi gereken hususlardır. Ayrıca, servis bağlantılarına su sayacı takılarak tüketimle karşılaştırmak farkındalık açısından önerilmektedir. Özellikle servis bağlantı uzunluğunun fazla olduğu site, vb. gibi yerlerde idare sınırının bittiği yere su sayacı konulması o bağlantıya ait tüketicilerin tüketimleriyle karşılaştırılarak hem servis bağlantısında meydana gelebilecek sızıntıları zamanında tespit edebilme, hem de varsa kaçak tüketimlerin tespit edilebilmesine yarayacağından geç kalmadan alınması gereken tedbirlerdendir.

9. KAYNAKLAR

- Agathokleous, A., Xanthos, S., Christodoulou, S.E. (2015). Real-time monitoring of water distribution networks. *Water Utility Journal*. **10**, 15-24.
- Aksela, K., Aksela, M., Vahala, R. (2009). Leakage detection in a real distribution network using a SOM. *Urban Water Journal*. **6**, 279-289.
- AWWA (2017) . <http://www.awwa.org/portals/0/files/resources/water%20knowledge/water%20loss%20control/iwa-awwa-method-awwa-updated.pdf> (erişim tarihi: 14 Şubat 2017).
- Aydoğdu, M. (2014). *İçme Suyu Şebekelerinde Meydana Gelen Arızaların Kümeleme Yöntemi İle Analizi*. Yüksek Lisans Tezi, İnönü Üniversitesi, Malatya.
- Aydogdu, M., Firat, M. (2015). Estimation of Failure Rate in Water Distribution Network Using Fuzzy Clustering and LS-SVM Methods. *Water Resources Management*. **29**, 1575-1590.
- Christodoulou, S., Deligianni A. (2010) A Neurofuzzy Decision Framework for the Management of Water Distribution Networks, *Water Resource Management*, **24**, 139–156.
- Eliades, D.G., Polycarpou, M.M. (2012). Leakage Fault Detection in District Metered Areas of Water Distribution Systems. *Journal of Hydroinformatics*. **14.4**, 992-1005.
- Gomes, R., Marques, A.S., Sousa, J. (2011). Estimation of the benefits yielded by pressure management in water distribution systems. *Urban Water Journal*. **8**, 65-77.
- IWA (2007). *DMA Management Guidance Notes*. London, UK: International Water Association
- Jafar, R., Shahrour, I., Juran, I. (2010). Application of Artificial Neural Networks (ANN) to model the failure of urban water mains. *Mathematical and Computer Modelling*. **51**, 1170-1180.

- Kanakoudis, V., Gonelas, K. (2014). Applying Pressure Management to Reduce Water Losses in Two Greek cities' WDSs: Expectations, Problems, Results and Revisions. *Procedia Engineering*, **89**, 318-325.
- Kılınç, Y. (2017). *Su Dağıtım Sistemlerinde PVC ve AÇB Borularının Performansının Çevresel Faktörlere göre Değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, İnönü Üniversitesi, Malatya.
- Kutylowska, M. (2014). Neural Network Approach for Failure Rate Prediction. *Engineering Failure Analysis*. **47**, 41-48.
- Mounce, S.R., Mounce, R.B., Boxall, J.B., (2011). Novelty detection for time series data analysis in water distribution systems using support vector machines. *Journal of Hydroinformatics*. **13.4**, 672-685.
- Nicolini, M., Giacomello, C., Scarsini, M., and Mion, M. (2014). Numerical modeling and leakage reduction in the water distribution system of Udine", *Procedia Engineering*, **70**, 1241-1250.
- Palau, C.V., Arregui, F.J., Carlos, M. (2012). Burst Detection in Water Networks Using Principal Component Analysis. *Journal of Water Resources Planning and Management*. **138**, 47-54.
- Park, S., Choi, C.L., Kim, J.H., Bae, C.H. (2010). Evaluating the Economic Residual Life of Water Pipes Using the Proportional Hazards Model. *Water Resource Management*. **24**, 3195-3217.
- Park, S. (2004) Identifying the Hazard Characteristics of Pipes in Water Distribution Systems by using the Proportional Hazards Model: 2. Applications. *KSCE Journal of Civil Engineering*. **8**, 669-677.
- Resmi Gazete (2017). <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2014/05/201405081.htm> (erişim tarihi: 18 Şubat 2017).

- Savic, D.A., Walters, G.A. (1994). An Evolution Program For Optimal Pressure Regulation In Water Distribution Networks. *Engineering Optimization*, **24**, 197-219.
- Shafiqul, I.M., Singh, Babel, M. (2013). Economic Analysis of Leakage in the Bangkok Water Distribution System. *Journal of Water Resources Planning and Management*.**139**, 209-216.
- Tabesh, M., Soltani, J., Farmani, R., Savic, D. (2009). Assesssing Pipe Failure Rate and Mechanical Reliability of Water Distribution Networks Using Data-Driven Modeling. *Journal of Hydroinformatics*. **11**, 1-17.
- Tsitsifli, S., Kanakoudis, V., Bakouros, I., (2011). Pipe Networks Risk Assessment Based on Survival Analysis. *Water Resource Management*. **25**, 3729–3746
- Tlili, Y., Nafi, A., Fratino, U. (2012). A spatial and temporal analysis for long term renewal of water pipes, Author manuscript, published in *12th edition of the World Wide Workshop for Young Environmental Scientists*, University Paris-Est, April 20-25, Paris.
- Wang, Y., Zayed, T., Moselhi, O. (2009). Prediction Models for Annual Break Rates of Water Mains. *Journal of Performance of Constructed Facilities*, **23**, February, 147–54.
- Wu, Z.Y., Sage, P., Turtle, D. (2010). Pressure-Dependent Leak Detection Model and Its Application to a District Water System. *Journal of Water Resources Planning and Management*. **136**, 116-128.

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad : Furkan BOZTAŞ
Doğum Yeri ve Tarihi : MALATYA 05.08.1986
Adres : Yakınca Mah. Oğuz Kağan Cad. No:65A-47
Yeşilyurt/MALATYA
E-posta : furkanboztas@maski.gov.tr
Lisans : Orta Doğu Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği

Mesleki Deneyim ve Ödüller : 2015 yılından itibaren Malatya Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğünde İnşaat Mühendisi olarak çalışmaktayım.

Yayın Listesi:

TEZDEN TÜRETİLEN YAYINLAR/SUNUMLAR

Furkan Boztaş, Mahmut Fırat, Özgür Özdemir, (2016), “Uzman Görüşleri Temel Alınarak Abone (Servis Bağlantısı) Arızalarına Sebep Olan Faktörlerin Araştırılması”, 2. Uluslararası Su ve Sağlık Kongresi, 575-578.