



İçme Suyu Dağıtım ve Atıksu Toplama Şebekelerinde Maliyet Analizi: İstanbul Asya Yakası Örneği

Cost Analysis in Drinking Water Distribution and Sewer Networks: The Case of Istanbul Asian Side

İbrahim Tıryak¹ , Büşra Çiçekalan^{2*} , İzzet Öztürk³ 

¹ İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi (İSKİ), Atıksu İnşaat Dairesi Başkanlığı İstanbul, TÜRKİYE

^{2,3} İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, İstanbul TÜRKİYE

Sorumlu Yazar / Corresponding Author *: cicekalan@itu.edu.tr

Geliş Tarihi / Received: 03.07.2019

Kabul Tarihi / Accepted: 06.10.2019

Araştırma Makalesi/Research Article

DOI: 10.21205/deufmd.2020226423

Atıf şekli/ How to cite: TIRYAK, İ., ÇİÇEKALAN, B., ÖZTÜRK, İ. (2020). İçme Suyu Dağıtım ve Atıksu Toplama Şebekelerinde Maliyet Analizi: İstanbul Asya Yakası Örneği. DEUFMD 22(64),233-246.

Öz

Türkiye’de su temini ve atıksu hizmetleri özerk bütçeli Su ve Kanalizasyon İdareleri (SUKİ) tarafından yürütülmektedir. SUKİ’ler üzerine düşen sorumluluğu gerçekleştirebilmek için büyük yatırımlar yapmaktadır. Bu çalışmada, İstanbul şehri için İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi (İSKİ) sorumluluk alanında bulunan içme suyu dağıtım ve atıksu toplama şebekeleri için maliyet analizi yapılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre; içme suyu dağıtım şebekelerinde, Ø(100-600) mm anma çaplı hatların birim inşaat maliyeti ortalama kaplamasız borularda ~98 \$/m iken, kaplamalı borularda ise ~107\$/m olduğu bulunmuştur. Atıksu toplama şebekelerinde ise Ø(300-600)mm anma çaplı borularda birim fiyat 200 \$/m ile 276\$/m aralığında değişmektedir. İçme suyu dağıtım ve atıksu toplama şebekeleri için hesaplanan hektar başına düşen mal varlığı ile hektar başına toplam şebeke uzunluğu arasında doğrusal bir ilişki olduğu görülmüştür. İçme suyu dağıtım ve atıksu toplama şebekelerinde, birim şebeke uzunluğu başına düşen ortalama birim maliyet sırasıyla yaklaşık 77.825 \$/km ve 294.664 \$/km olarak bulunmuştur. Kişi başına ortalama birim maliyet ise içme suyu dağıtım şebekeleri için 68 \$/kişi, atıksu toplama şebekesi için ise 254 \$/kişi’dir. Çalışmada elde edilen özgül maliyet verilerinin yatırım planlamalarında değerlendirilmesinde yol gösterici olması beklenmektedir.

Anahtar Kelimeler: maliyet analizi, içme suyu dağıtım şebekesi, atıksu toplama şebekesi, İSKİ

Abstract

In Turkey, the water supply and wastewater services are carried out by Water and Sewerage Administrations which are an autonomous budget organization in Turkey. They make outsized investments in order to fulfill their responsibility. In this study, the cost analysis for the drinking water distribution and sewer network in Istanbul, which are under the responsibility of Istanbul Water and Sewerage Administration (İSKİ), has been conducted. According to the results of the study, the average unit construction cost of the pipelines with nominal diameter of Ø(100-600) mm is ~98 \$/m for unlined pipes while ~107\$/m for lined pipes in the drinking water distribution network. In the sewer network, the average unit construction cost of the pipes with nominal diameter of Ø(300-

600)mm varies between 200 \$/m and 276 \$/m. The result of the study shows that there is a linear relationship between the amount of assets per hectare & total network length per hectare calculated for both drinking water distribution and sewer networks. In drinking water distribution and sewer networks, the average unit cost per unit network length was approximately 77,825 \$/km, and 294,664 \$/km, respectively. The average unit cost per person is 68 \$/capita for drinking water distribution networks, and 254 \$/capita for sewer networks. The specific cost data obtained in the study is expected to be a guide in investment planning.

Keywords: cost analysis, water distribution network, sewer network, ISKI

1. Giriş

Su yönetimi stratejik bir konudur. Su hizmetleri genellikle kullanıcı (yararlanıcı) için karşılanabilir düzeyde olması gerektiğinden; yararlanıcı (abone) ve çevreyi koruyacak şekilde düzenlenmiş olan yönetmeliklere uygun şekilde yürütülür [1].

2009 yılında imzalanan “İstanbul Su Mutabakatı”nda, suyun kamu malı olduğu ve kaliteli suya erişimin tüm insanların en temel haklarından biri olduğu vurgulanmıştır. Ayrıca, su yönetiminde su talebini karşılayabilen, küresel değişikliklere uyumlu ve gerekli önlemleri alabilen kalıcı ve ekonomik bir yaklaşımın gerekli olduğu belirtilmiştir [2,3].

Türkiye’de su yönetimi merkezi olup, stratejik kararlar ve planlar merkezi hükümet tarafından alınmaktadır. Türkiye’de su kaynaklarının yönetimi, gelişimi ve korunması ile doğrudan ve dolaylı olarak sorumlu çeşitli kamu ve özel sektör kuruluşları bulunmakla birlikte; su kaynaklarının yönetimi ile yönetim ve kullanım planlamalarının yapılmasında, iyileştirme ve geliştirme çalışmalarında, koruma önlemlerinin belirlenmesinde ve denetiminde kamu ağırlıklı bir yapı mevcuttur [4].

Belediyeler, kendi hizmet alanlarındaki su ve atıksu hizmetlerinden sorumludur. 2560 sayılı Kanun hükümleri uyarınca, su temini ve atıksu hizmetlerini yürütme üzere, her Büyükşehir Belediyesinde özerk bütçeli Su ve Kanalizasyon İdareleri (SUKİ) kurulmuştur [5]. 2560 sayılı Kanuna göre SUKİ, her tür taşınır ve taşınmaz malın satın alınması, kiralanması ve satılması yetkisine sahiptir. SUKİ’ler ilgili tesisleri, doğrudan veya diğer kamu ve özel kuruluşlarla ortak olarak kurabilmekte ve işletebilmektedir [6].

SUKİ’ler, sorumlu olduğu su ve kanalizasyon hizmetlerini gerçekleştirebilmesi için büyük yatırımlar yapmaları ve ihtiyaçları karşılama

açısından zaman ve teknolojiyi yerinde kullanması gerekmektedir. Bu nedenle Master Planı ve fizibilite çalışmalarının çok iyi bir şekilde yapılması gerekmektedir.

İstanbul’da ilk Su İdaresi, İstanbul Sular İdaresi adı ile 1969 yılında kurulmuş olup, atıksu hizmetleri ise Belediye Mecralar Dairesi’nce yürütülmüştür. 1981 yılında İstanbul’un su ve kanalizasyon hizmetleri 2560 Kanunu ile birleştirilerek, İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi (ISKİ) kurulmuştur. İSKİ bünyesinde, gün itibari ile İstanbul il sınırlarının tamamına hizmet veren, 21 içme suyu arıtma tesisi ve 89 atıksu arıtma tesisi bulunmaktadır [7].

Bu çalışmada, İstanbul Asya yakasında bulunan 14 ilçedeki içme suyu ve atıksu şebekeleri ile su/atıksu tünelleri için maliyet analizi yapılması amaçlanmaktadır. Aynı zamanda hektar başına düşen altyapı malvarlığı ile ilçe genelinde bin kişi başına düşen şebeke altyapı maliyetleri ve hektar başına toplam şebeke uzunluğu gibi özgül maliyet değerleri hesaplanmıştır. Çalışma sonuçları, su ve atıksu hizmetleri ile ilgili olarak, gelecekte yapılması planlanan yatırımlar için yol gösterici olması beklenmektedir.

2. Materyal ve Metot

2.1. İncelenen idareler

Çalışma kapsamında; İstanbul Asya yakasında bulunan 14 ilçedeki içme suyu dağıtım ve atıksu toplama şebekeleri ile su/atıksu tünelleri için birim (metretül) maliyetleri ve bu maliyetlerin metraj ve nüfus yoğunluğu ile ilişkisini gösteren özgül değerler belirlenmiştir. Analiz edilen ilçeler ile ilgili sayısal veriler Tablo 1’de sunulmuştur.

2.2. Çalışma metodolojisi

Çalışmada; içme suyu dağıtım şebekeleri için maliyet analizi iki ana kategoride değerlendirilmiştir. Bu kategoriler; Ø100- Ø600 mm anma çaplı şebeke hatları ile Ø700- Ø3000

mm anma çaplı isale iletim hatlarıdır. Atıksu toplama şebekelerinde maliyet analizi de iki ana bölüm halinde ele alınmıştır. Atıksu toplama şebeke hatlarında maliyet analizi de Ø300- Ø600

mm anma çapları için gerçekleştirirken, tali, ana kanal ve ana toplayıcı kolektör ile tünel hatlarında ise Ø700- Ø3000mm anma çapları için hesaplamalar yapılmıştır.

Tablo 1. İstanbul Asya Yakası İlçeleri (İSKİ 2018 yılı verileri)

İlçeler ↓	Veriler→	Yüz Ölçümü	Nüfus	İçme Suyu Dağıtım Şebeke Uzunluğu	Atıksu Toplama Şebeke Uzunluğu
Birim		km ²	kişi	km	km
Adalar		11	14.904	114	61
Ataşehir		25	433.873	478	441
Beykoz		313	251.087	845	648
Çekmeköy		148	248.895	514	321
Kadıköy		25	451.453	430	405
Kartal		38,5	459.298	469	420
Maltepe		50	490.151	495	396
Pendik		180	695.904	985	694
Sancaktepe		62,4	402.391	569	584
Sultanbeyli		35	329.985	552	512
Şile		800	34.241	895	374
Tuzla		123	252.923	1.257	480
Üsküdar		35,7	533.570	485	443
Ümraniye		45	699.901	810	741

Asya Yakasındaki içme suyu dağıtım şebekelerinin maliyet analizi; şebekedeki çaplara bağlı metraj çalışması sonuçları ile ilçe genelinde yer alan şube yolu sayısı (ilçede yer alan bina sayısı) ve özel aksam tipi ve adeti (hidrant, vantuz, tahliye vanalar, küresel vanalar, kelebek vanalar, sürgülü vana ve basınç düşürücü vana) verileri kullanılarak yapılmıştır.

Bezer yaklaşımla, atıksu toplama şebekelerinde maliyet analizi de ilçe bazlı olarak atıksu toplama şebekelerinde kullanılan boru çaplarına göre metrajlar, toplam baca ve toplam parsel bağlantı adetleri kullanılarak yapılmıştır. Toplam parsel bağlantı adedi ilçede yer alan bina sayısına göre

hesaplanmıştır. Çapı Ø300- Ø600mm arasında olan şebeke hatlarında 50 metrede bir baca, çapı Ø600 mm'den yüksek hatlarda 100 metrede bir baca olduğu esas alınmıştır.

İSKİ tarafından kullanılmakta olan ve İstanbul içme suyu ile atıksu altyapılarını konumsal olarak değerlendirmeye imkan veren bir coğrafi bilgi sistemi olan İSKABİS'ten alınan metraj verileri ile, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı [8] tarafından yayınlanan "Yapı, Tesis ve Onarım İşleri İhalelerinde Kullanılan Müteahhitlik Karneleri ve İş Bitirme Belgelerinin 2017 yılına Ait Değerlendirme Katsayıları Hakkında Tebliğ" uyarınca 2017 yılı birim fiyatları (BF)

kullanılarak içme suyu dağıtım ve atıksu toplama şebekeleri için birim maliyetler hesaplanmıştır. Bu hesaplamalara; boru malzemesi, bağlantı parçaları, kazı, dolgu ve döşeme maliyetleri dahil iken vergiler, mühendislik giderleri ve bilinmeyen giderler ise dahil edilmemiştir. Çalışmada, 2017 yılına ait ortalama döviz kuru değeri, 3,65 \$/TL, kullanılmıştır.

İçme suyu dağıtım ve atıksu toplama şebekelerinde yıllık toplam maliyet, yıllık ilk yatırım ve işletme maliyetini kapsamaktadır. Bu

kapsamda, ilk yatırım bedeli hesaplanırken boru hatları ve özel aksamlar için proje ömrü $N=50$ ve şube yolları için $N=25$ yıla göre Sermaye Ödeme Faktörleri (SÖF) kullanılmıştır. Sermaye ödeme faktörü (SÖF), yatırılmış sermayenin yıllık eşdeğer maliyetini olup, faktörün fonksiyonel gösterimi (A/P, %i, N) şeklindedir:

$$\text{Yıllık Maliyet} = \text{Toplam Maliyet} \times \text{SÖF} = \text{Toplam Maliyet} \times (A/P, \%i, N) \quad (1)$$

$$\text{Boru Hatları: } \sim \text{Toplam Maliyet} \times \text{SÖF1} ; [(n=50 \text{ yıl}, i= \%10) (\text{SÖF1}=0,10086)] \quad (2)$$

$$\text{Şube Yolları: } \sim \text{Toplam Maliyet} \times \text{SÖF2} ; [(n=25 \text{ yıl}, i= \%10) (\text{SÖF2}=0,11017)] \quad (3)$$

$$\text{Özel Aksamlar: } \sim \text{Toplam Maliyet} \times \text{SÖF3} ; [(n=50 \text{ yıl}, i= \%10) (\text{SÖF3}=0,10086)] \quad (4)$$

i	: Faiz oranı
N	: Proje ömrü
P	: Bir nakit akış diyagramında, serinin veya seri içerisindeki nakit akışlarının değeri
A	: Bir nakit akış diyagramında, uniform yıllık değer
SÖF	: Sermaye geri ödeme (sermaye geri kazanımı) faktörü
F	: Paranın (P değerinin) N yıl sonra sahip olacağı değer

Tünel Maliyet analizi yapılırken İSKİ tarafından büyük kısmı 2005 yılı öncesinde yapılan tünellerin imalat maliyeti 2017 yılına ötelenmiştir. P TL olan bir meblağın %i faiz oranıyla N. yılın sonunda elde edeceği değeri hesaplamada aşağıdaki formül kullanılarak 1(bir) metre tünel ve 1(bir) metre tünel shaftı açma maliyetleri hesaplanmıştır. Çalışmada elde edilen sonuçlar, 1999 yılı verileriyle hazırlanmış olan İSKİ Master Planı değerleriyle mukayeseli olarak değerlendirilebilmesi için Master Planı [10] verileri de aşağıdaki formül kullanılarak 2017 yılına ötelenmiştir.

$$F = P(1 + i)^N \quad (5) \quad [9]$$

İşletme bakım maliyetleri; 2015-2018 yılları arasındaki bakım, onarım, tamir, kanal görüntüleme, malzeme/yedek parça, personel maliyetleri 2015-2018 yılları arasındaki giderlerine göre hesaplanmıştır. Personel maliyeti, İSKİ şube müdürlüklerinin bünyesinde çalışmakta olan atıksu ve içme suyu personel giderleri ile hesaplanmıştır.

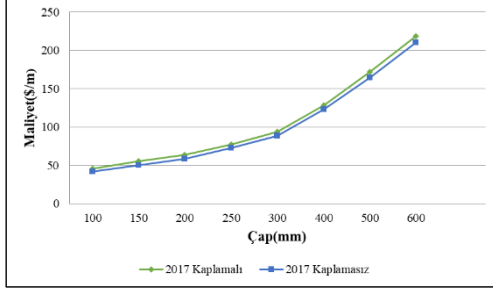
3. Bulgular

3.1. İçme suyu dağıtım şebekelerinde maliyet analizi

Yapılan incelemeler sonucunda; İstanbul Asya Yakası içme suyu dağıtım şebeke hatlarında 100-600 mm anma çaplı Düktil Font (DF), İsale ve yüksek çaplı iletim hatlarında ise Ø700- Ø3000 mm anma çaplı Çelik Boruları ağırlıklı olarak kullanıldığı görülmüştür. Güney Kore'de içme suyu dağıtım şebekeleri için gerçekleştirilen çalışmada da benzer bir dağılım gözlenmiş olup; içme suyu dağıtım şebeke hatlarındaki boruların %71'ni 50-500 mm anma çaplı DF boru oluşturmaktadır [11].

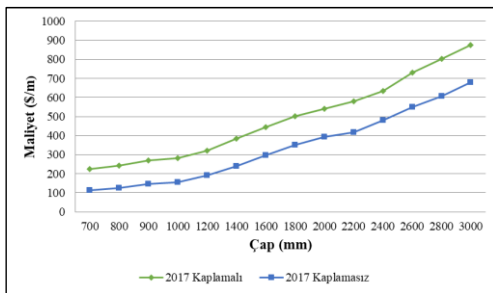
Bu doğrultuda, Ø100- Ø600 mm anma çaplı DF boru kaplamalı ve kaplamasız durum için incelenerek 2017 yılı birim fiyatlarıyla maliyet analizi yapılmıştır. Maliyet analizi sonucuna göre, içme suyu dağıtım şebekesinde (Ø100-Ø600) mm anma çaplı hatların ortalama birim inşaat maliyeti, kaplamasız borularda yaklaşık 98\$/m iken kaplamalı borularda ise yaklaşık 107\$/m'dir. Kaplamalı ve kaplamasız durum için DF boru birim maliyetleri Ø100-Ø300 mm ve Ø300- Ø600 mm aralıklarında iki ayrı doğrusal artış göstermektedir. Ø≤300 mm çaplarındaki birim maliyetlerin 45-90 \$/m, Ø>300 mm

çaplarında ise 123-210 \$/m aralığında değiştiği görülmüştür (Şekil 1).



Şekil 1. DF Boru ile inşa edilen içme suyu dağıtım şebekelerinde çapa(mm) göre birim maliyet (\$/m) grafiği

Yüksek çaplı iletim hatlarında, geri dolgu malzemesi kullanılması ve malzemenin tamamının ocaktan temin edilecek kırma taş dolgu malzemesi olması durumları için 2 farklı birim maliyet değeri esas alınmıştır. Bu kapsamda yapılan, Ø700- Ø3000 mm aralığında farklı çelik boru çapları için birim maliyet analizi sonucu Şekil 2'de sunulmuştur. Şekil 2 incelendiğinde; Ø1000 mm üstü ve altı çaplarda maliyet-çap ilişkisinin 2 ayrı doğru halinde ifade edilebileceği görülmektedir. Ø700-1000 mm çap aralığındaki kaplımalı ve kırma taş dolgu imalatlardaki birim maliyetler 220-280 \$/m aralığında değişmektedir. Ø1000-3000 mm aralığındaki maliyetlerde, kaplımalı ve taş dolgu iletim hatlarında, 320-840 \$/m aralığında çapa göre doğrusal bir artış göstermektedir. Bu maliyet verileri, mühendislik, vergi ve beklenmeyen giderler de gözönüne alınarak %20-25 oranında artırılarak ihaleye esas bitmiş toplam maliyetler elde edilebilir.

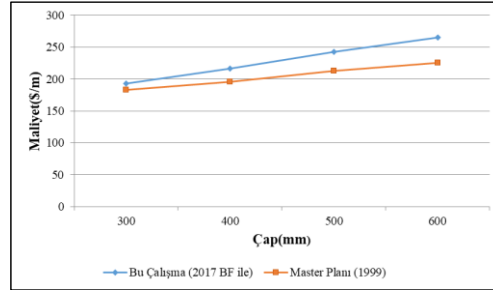


Şekil 2. Çelik boru ile yapılan içme suyu isale ve iletim hatlarında çapa (mm) göre birim inşaat maliyeti (\$/m) grafiği

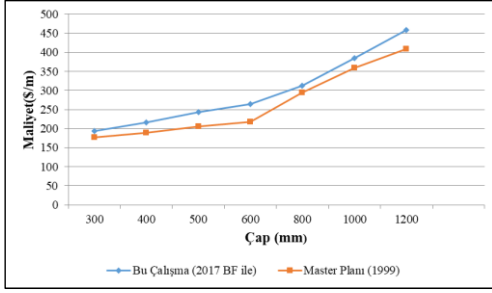
3.2. Atıksu toplama şebekelerinde maliyet analizi

İSKİ atıksu toplama şebekelerinde yaygın olarak beton ve betonarme borular kullanılmaktadır. Anma çapı (Ø200- Ø600) mm olan atıksu toplama şebekesinde standart muflu beton borular, anma çapı Ø700 mm ve üzeri olan kolektör hatlarında ise betonarme borular tercih edilmektedir. Boru çapı arttıkça, betonarme borulardaki hasır çelik donatı çift sıralı halde gelmektedir.

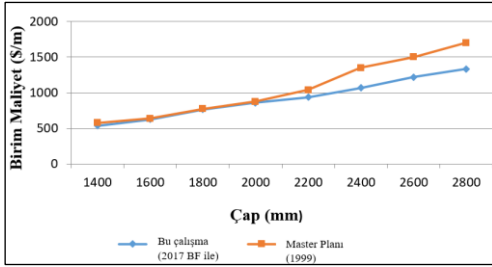
Atıksu toplama şebekelerinde ise Ø300- Ø600 mm anma çaplı borularda birim fiyat 200 \$/m ile 276 \$/m aralığında değişmektedir. Atıksu şebeke hatları (Ø300- Ø600), atıksu tali hatlar (Ø300- Ø 1200), ve atıksu kolektör hatları (Ø1400- Ø3000) için birim maliyet analizi yapılmış olup, elde edilen sonuçlar İSKİ Master Planı (1999) değerleri ile mukayeseli edilmiştir (Şekil 3-5). Atıksu toplama şebekesi ve tali hatlarında, 2017 yılına ötelenmiş İSKİ Master Planı (1999) verileri ile, bu çalışmada bulunan güncel değerlerle oldukça birbirine yakın olduğu söylenebilir. Atıksu kolektör (toplayıcı) hatları ile ilgili olarak bu çalışmada hesaplanan maliyetler ise genel olarak, özellikle Ø>2000 mm çaplarda İSKİ Master Planı [10] maliyetlerinin altında kalmıştır (Şekil 5). Bu durumun esas nedeninin, imalat teknolojisinde yaşanan gelişmeler dolayısıyla imalat maliyetinin azalmasıyla ilgili olabileceği düşünülmektedir.



Şekil 3. Çaplarına göre atıksu toplama şebeke hatlarında çap-birim maliyet değişimi



Şekil 4. Çaplarına göre atıksu tali hatlarda çap-birim maliyet değişimi

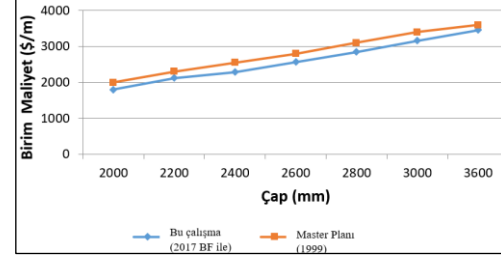


Şekil 5. Çaplarına göre atıksu kolektör hatlarda çap-birim maliyet değişimi

3.3. Su ve atıksu tünelleri için maliyet analizi

2017 yılı itibari ile İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi'nde toplam 145 km tünel imalatı tamamlanmıştır. Çaplarına göre tünel birim maliyet değerleri, İSKİ Master Planı [10] değerleri ile mukayeseli olarak değerlendirilmiştir (Şekil 6). Şekil 6 incelendiğinde, İstanbul'daki tünel yapım maliyetlerinin Master Planı'na [10] göre daha düşük bedellerle yapılabildiği görülmüştür. Bu durum, Türkiye'de yerli tünel makinesi üretimi

yapılmasından dolayı tünel imalatlarının daha ekonomik hale gelmiş olması ile açıklanabilir.

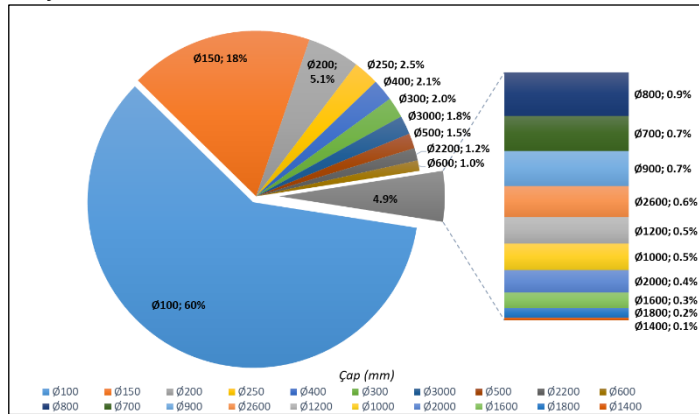


Şekil 6. Çaplarına göre tünel maliyet grafiği

4. İçme suyu dağıtım ve atıksu toplama şebekelerinde metraj, nüfus yoğunluğu ve maliyet ilişkileri

4.1. İçme suyu dağıtım şebekelerinde metraj, nüfus yoğunluğu ve maliyet ilişkileri

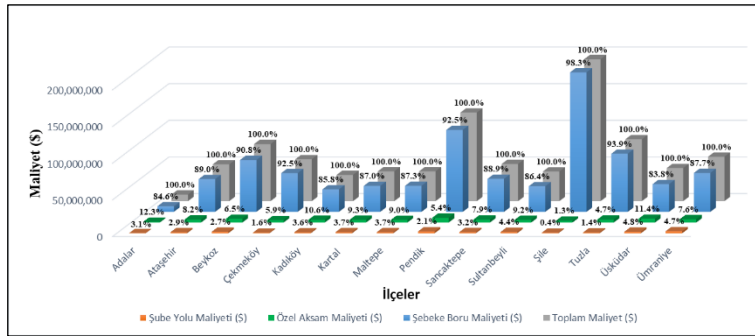
İstanbul Asya Yakası ilçelerindeki içme suyu dağıtım ve atıksu toplama şebekeleri için metraj, nüfus yoğunluğu ve maliyet ilişkileri incelenerek ilçe bazında çap-metraj analizi sonucuna göre; içme suyu dağıtım şebekelerinde çap dağılımında en yüksek pay %60'lık oran ile Ø100 mm'lik borulara aittir (Şekil 7). Ø700, 800, 900, 1000, 1200, 1400, 1600, 1800, 2000 ve 2600 mm çaplarında ise bu değer %1'in altında kalmaktadır. İlçe bazlı değerlendirme yapıldığında ise; Şile ve Çekmeköy ilçeleri dışındaki tüm ilçelerde bu dağılıma göre ilk iki sırada Ø100 mm ve Ø150 mm çaplı borular gelmektedir.



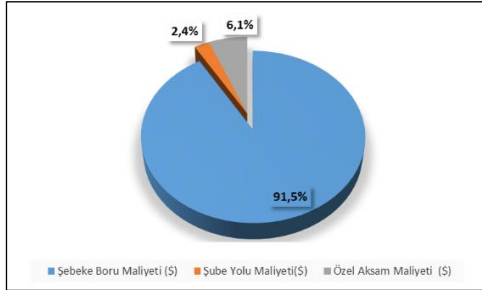
Şekil 7. Asya yakasında bulunan ilçelerdeki içme suyu dağıtım şebekelerinde çaplarına göre toplam metraj içerisindeki dağılımı (%)

14 ilçedeki içme suyu dağıtım şebekesi için yapılan maliyet analizi çalışmasının neticesinde; toplam maliyetin en yüksek ve en düşük olduğu ilçeler Şile (193.609.019 \$) ve Adalar (8.950.511 \$)'dir (Şekil 8). Toplam maliyeti oluşturan 3 ana maliyet kalemi (şebeke borusu, şube yolu ve özel aksam maliyeti) incelendiğinde ise; toplam maliyet içerisinde en yüksek pay şebeke boru maliyeti kalemi olup, tüm ilçelerde bu pay %80'in üzerindedir. Bu payın en düşük olduğu ilçe %83,8 ile Üsküdar iken en yüksek olduğu ilçe %98,3 ile Şile'dir. Bu durum toplam maliyeti oluşturan ana maliyet kaleminin şebeke boru maliyeti olduğunu göstermektedir. Şebeke boru maliyetini etkileyen önemli unsurdan biri boru

çapı olup, boru çapı artıça birim maliyette artmaktadır. Şile ilçesindeki şebeke boru maliyetinin yüksek olmasının temel nedenleri arasında; 14 ilçe arasında nispeten daha uzun bir şebeke hattına sahip olması (895 km) ile toplam şebeke uzunluğunun yaklaşık %20'sini Ø1000 mm ve üzeri boru çaplı boruların oluşturmasıdır. Toplam maliyet içerisinde en düşük paya sahip maliyet kalemi ise şube yolu maliyetidir. Asya yakasındaki ilçelerdeki bu payın %0,4 ile %4,8 arasında değiştiği görülmüştür (Şekil 8). İçme suyu dağıtım şebekelerinde; şebeke boru, şube yolu ve özel aksam maliyeti, toplam maliyetin sırasıyla yaklaşık %91,5, %2,4 ve %6,1'ini oluşturmaktadır (Şekil 9).



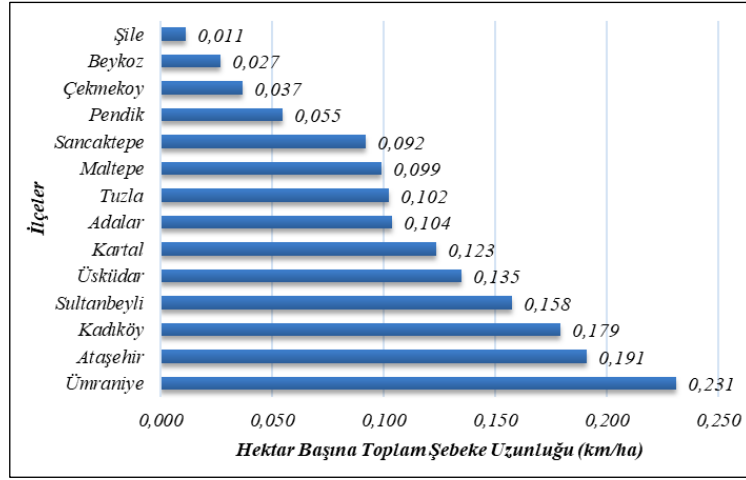
Şekil 8. İçme suyu dağıtım şebeke maliyet çizelgesi



Şekil 9. İçme suyu dağıtım şebekesinde maliyet kalemlerinin dağılımı (%)

İlçelerin nüfus ve yüzölçümlerine göre ilçe bazlı altyapı varlığı (boru hatları, şube yolu, özel aksam) ve özgül değer (hektar başına düşen malvarlığı, ilçe genelinde bin kişiye düşen parasal miktar, hektar başına toplam şebeke uzunluğu) verileri incelendiğinde; hektar başına

içme suyu dağıtım şebeke altyapı varlık değerinin en yüksek 20.066 \$/ha ile Ataşehir ilçesinde, en düşük ise 2.420 \$/ha ile Şile ilçesinde olduğu görülmektedir. 14 ilçe için bu değer ortalama 9.573 ± 5.299 \$/ha'dır. Asya yakasının bazı ilçelerinde orman arazilerinin çokluğu ve imar dışı alanlarının varlığından kaynaklı değişiklikler görülmektedir. Bu ilçeler; Şile, Adalar ve Beykoz olup, hektar başına toplam şebeke uzunluk değerleri sırasıyla 0,011, 0,104 ve 0,027 km/ha'dır. 14 ilçenin hektar başına toplam şebeke uzunluk değerine bakıldığında; bu değer 0,011 ile 0,231 km/ha aralığında değiştiği görülmekte olup (Şekil 10), en düşük değer gözlemlendiği Şile ve Beykoz ilçesinde bu durumun görece kırsal nüfusun fazla olması ve imara açılmış alanın düşük olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. İçme suyu dağıtım şebekesinde, ortalama hektar başına toplam şebeke uzunluğu ise $0,110 \pm 0,065$ km/ha'dır.



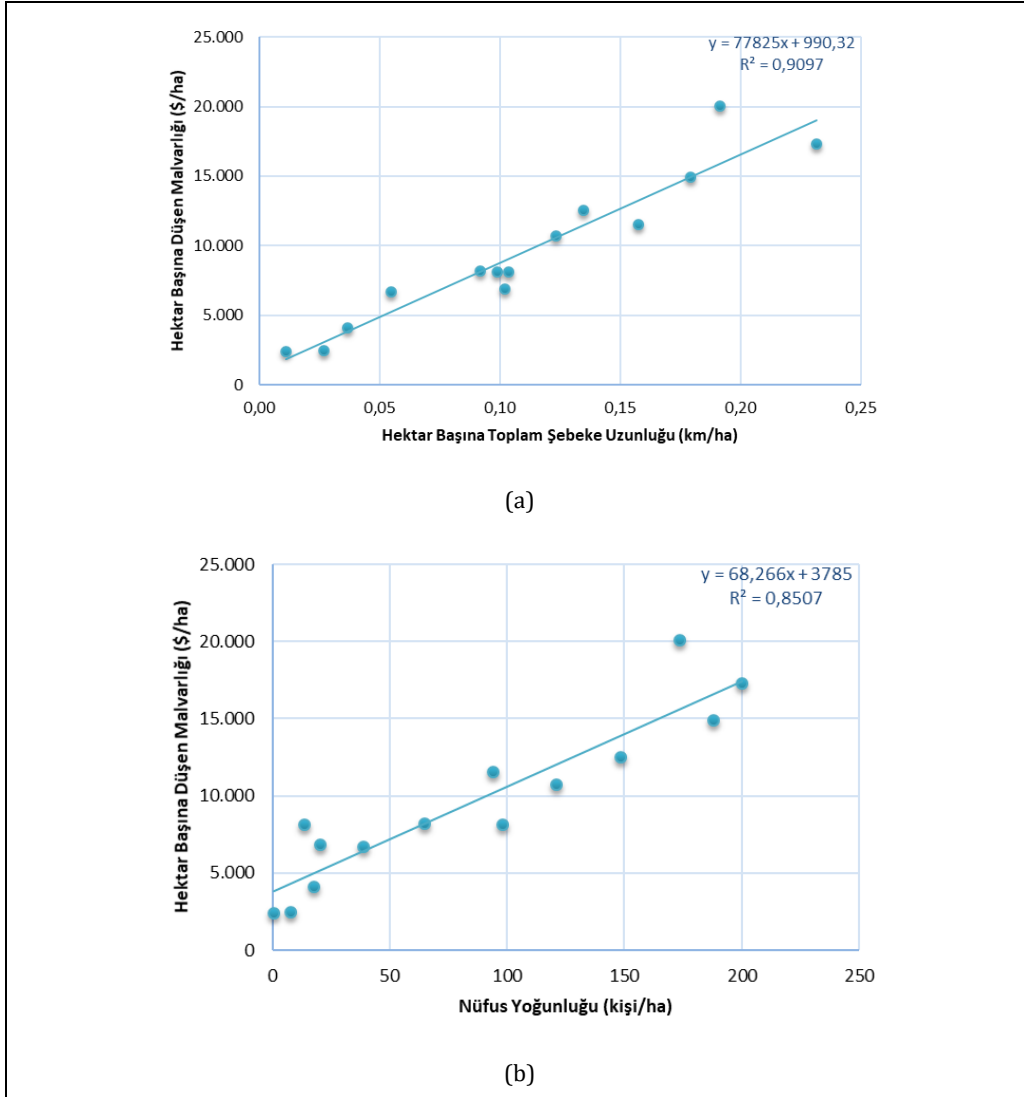
Şekil 10. Hektar Başına Toplam Şebeke Uzunluğu (km/ha)

Asya yakasındaki ortalama, maksimum ve minimum nüfus yoğunluğu ise 85, 200, 0,43 kişi/ha'dır. Minimum nüfus yoğunluğu Şile ilçesinde olup, bu durum ilçe yüzölçümünün yüksek olmasına karşın imara açılmış alanın düşük olmasından kaynaklanmaktadır. Benzer durum Beykoz ilçesi için de söz konusudur; ilçenin nüfus yoğunluğu 8 kişi/ha'dır. Adalar ilçesinde ise bu değer düşük olmasının sebebi, ilçe yüzölçümünün düşük olması ile imara açılmış alanın az olmasıdır. Ataşehir ilçesinde yüzölçümü (25 km²) Adalar ilçesi yüzölçümü (11 km²) gibi küçük olmasına karşın, Ataşehir'deki kentsel nüfusun fazla olması ve imara açılmış alanın yüksek olmasından dolayı ilçedeki nüfus yoğunluğu (174 kişi/ha) Adalar ilçesine (14 kişi/ha) göre daha yüksektir. Bu üç ilçe (Şile, Beykoz ve Adalar) ortalama nüfus yoğunluğu hesabına dahil edilmediğinde; Asya Yakasının ortalama nüfus yoğunluğu 106 kişi/ha'a yükselmektedir.

Mevcut nüfusun tamamı kentsel nüfus olarak nitelendirilen Kadıköy, Maltepe, Üsküdar ve

Sultanbeyli [12] ilçelerinde bin kişi başına düşen içme suyu dağıtım şebeke varlık değerinin diğer ilçelere göre nispeten daha düşük olduğu görülmekte olup, bu değer sırasıyla 79.214, 79.501, 84.456 ve 122.504 \$/1000 kişi'dir. Bu değer en yüksek olduğu ilçe ise 5.654.304 ile ilçesidir.

Asya yakası İçme Suyu Şebekeleri için hesaplanan hektar başına düşen malvarlığı ile toplam şebeke uzunluğu arasında doğrusal bir ilişki olduğu tespit edilmiştir (Şekil 11(a)). Bu iki özgül değer arasındaki oran, birim (km) şebeke uzunluğu başına birim maliyet değerini (\$/km) ifade etmesinden dolayı oldukça önemli bir gösterge niteliği taşımaktadır. Şekil 11(a) incelendiğinde; km şebeke uzunluğu başına birim maliyetin ~77.825 \$/km olduğu görülmektedir. Hektar başına düşen şebeke malvarlığı ile nüfus yoğunluğu arasında da doğrusal bir ilişki söz konusu olup, 14 ilçenin kişi başına birim maliyetin ortalaması yaklaşık 68 \$/kişi'dir (R²=0.85; Şekil 11(b)).

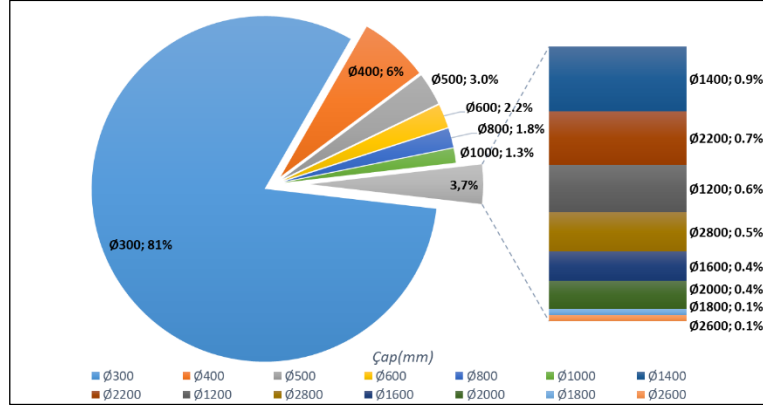


Şekil 11. İçme suyu şebekeleri birim maliyet grafiği: (a) hektar başına düşen şebeke malvarlığı – hektar başına toplam şebeke uzunluğu, (b) hektar başına düşen şebeke malvarlığı – nüfus yoğunluğu

4.2. Atıksu toplama şebekelerinde metraj, nüfus yoğunluğu ve maliyet ilişkileri

Atıksu toplam şebekesinin çaplarına göre toplam metraj içerisindeki dağılımı Şekil 12’de sunulmuştur. Atıksu toplama şebekelerinde yaygın olarak Ø300 mm çaplı boruların kullanıldığı, toplam metraj içerisinde Ø300 mm çaplı boru payının %81 olduğu görülmüştür.

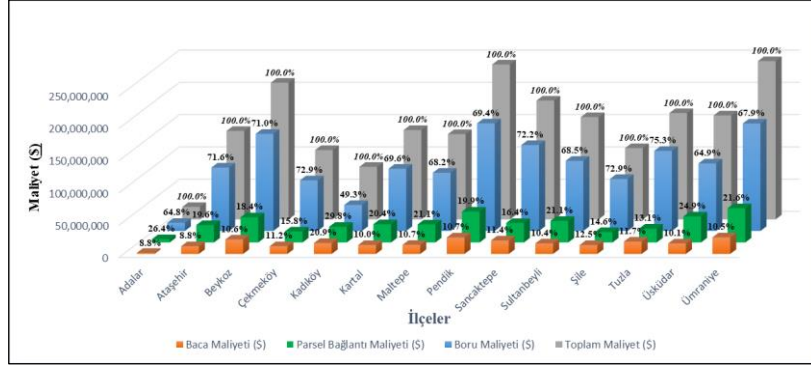
Ø1200, Ø1400, Ø1600, Ø1800, Ø2000, Ø2200, Ø2600 ve Ø2800 mm çaplı boruların toplam metraj içerisindeki payı ise %1’in altındadır. Tüm ilçelerde Ø300 mm çaplı borunun toplam metraj içerisindeki payı en yüksek olup, bu durum içme suyu dağıtım şebekeleri ile benzer olarak atıksu toplama şebekelerinde de düşük çaplı boruların yaygın kullanıldığını göstermektedir.



Şekil 12. Asya yakasında bulunan ilçelerdeki atıksu toplama şebekelerinde çaplarına göre toplam metraj içerisindeki dağılımı (%)

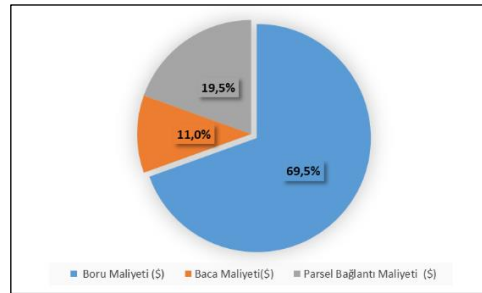
Atıksu toplama şebekeleri için yapılan maliyet analizi sonuçları değerlendirildiğinde (Şekil 13); içme suyu dağıtım şebeke maliyetinde olduğu gibi en düşük maliyet 19.414.981 \$ ile Adalar ilçesine aittir. En yüksek maliyet ise Ümraniye İlçesi'ne aittir (245.255.180 \$). Atıksu toplama şebekelerinde toplam maliyet, baca maliyeti,

parsel bağlantı maliyeti ve boru maliyetinden oluşmaktadır. Bu maliyet kalemleri incelendiğinde; toplam maliyet içerisinde en yüksek paya sahip maliyet kalemi boru maliyetine ait olup, tüm ilçelerde bu pay %49,3 ile %75,3 aralığında değişmektedir (Şekil 13).



Şekil 13. Atıksu toplama şebeke maliyet çizelgesi

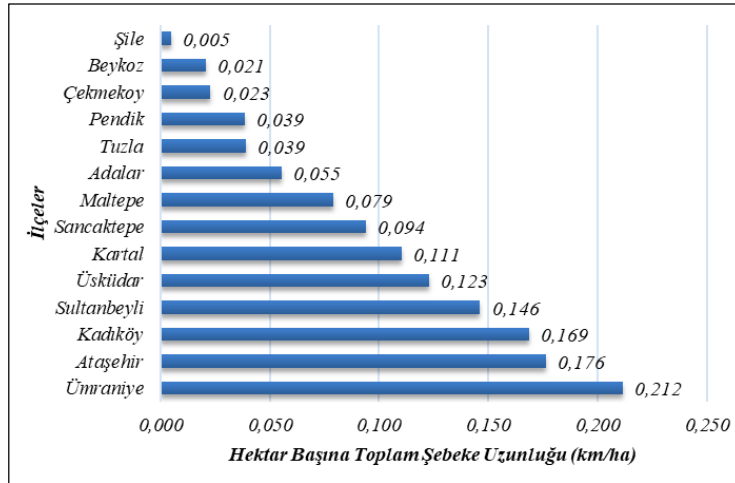
Atıksu toplama şebekelerinde; boru, baca ve parsel bağlantı maliyeti, toplam maliyetin sırasıyla yaklaşık %69,5, %11 ve %19,5'ünü oluşturmaktadır (Şekil 14). İçme suyu şebekeleri ile atıksu şebekesindeki maliyet dağılımı incelendiğinde; her iki şebekede de en yüksek paya sahip maliyet kalemi boru maliyetidir.



Şekil 14. Atıksu toplama şebekesindeki maliyet kalemlerinin dağılımı (%)

İlçe bazlı özgül değerler incelendiğinde; hektar başına atıksu toplama şebeke altyapı varlık değeri en yüksek ve en düşük ilçeler, 70.073 \$/ha ile Ümraniye, 1.381 \$/ha ile Şile'dir. Ortalama hektar başına içme suyu dağıtım şebeke altyapı varlık değeri ile karşılaştırıldığında; atıksu toplama şebekesindeki bu değeri (28.713 ± 20.160 \$/ha) içme suyu dağıtım şebekesinin (9.573 ± 5.299 \$/ha) yaklaşık 3 katıdır. 14 ilçenin hektar başına toplam şebeke uzunluk değerine bakıldığında;

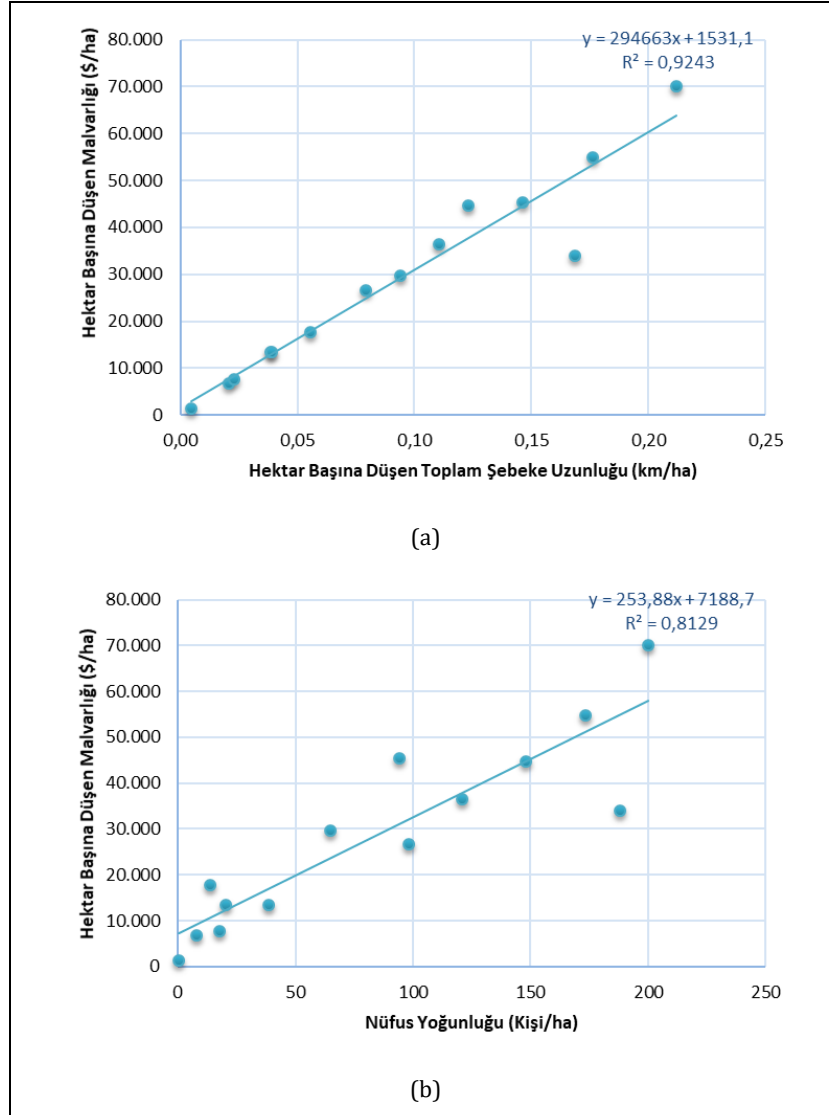
bu değer 0,005 ile 0,212 km/ha aralığında değişmekte olduğu görülmüştür. Söz konusu değer en düşük olduğu ilçeler; Şile ve Beykoz'dur. İçme suyu şebekesinde bu değer ortalama 0,110±0,065 km/ha, atıksu toplama şebekelerinde ise 0,092±0,066 km/ha'dır. İçme suyu dağıtım ve atıksu toplama şebekelerinde bu değer minimum olduğu ilçeler aynı olup, bu durum ilçelerdeki kırsal nüfusun fazla olmasından kaynaklanmaktadır (Şekil 15).



Şekil 15. Hektar başına toplam şebeke uzunluğu (km/ha)

Asya yakası içme suyu dağıtım şebekeleriyle benzer olarak, atıksu toplama şebekelerinde de hektar başına düşen malvarlığı ile birim şebeke uzunluğu ve nüfus değerleri arasında doğrusal bir ilişki bulunmaktadır (Şekil 16 (a) ve Şekil 16 (b)). Bu ilişkilere göre; birim şebeke uzunluğu (km) başına düşen ortalama birim maliyet 294.664 \$/km ($R^2: 0,92$)'dir (Şekil 16(a)). Kişi başına ortalama maliyet değeri ise 254 \$/kişi ($R^2:0,81$)'dir (Şekil 16(b)). Brezilya'daki kanalizasyon sistemi için gerçekleştirilen

maliyet analizi çalışmasında; birim maliyetin boru çapına bağlı olarak 170\$/kişi ile 770 \$/kişi aralığında değiştiği ifade edilmiştir [13]. İçme suyu dağıtım şebekesi birim maliyetleri ile karşılaştırıldığında (77.825 \$/km ve 68 \$/kişi); atıksu toplama şebekelerinde birim maliyetin, içme suyu dağıtım şebekesi maliyetinin yaklaşık 4 katı olduğu görülmektedir.



Şekil 16. Atıksu toplama şebekeleri birim maliyet grafikleri: (a) hektar başına düşen şebeke malvarlığı - hektar başına toplam şebeke uzunluğu, (b) hektar başına düşen şebeke malvarlığı - nüfus yoğunluğu

4.3. İçme suyu dağıtım ve atıksu toplama şebekelerinin yıllık maliyeti

İçme suyu dağıtım ve atıksu toplama şebekelerindeki göre toplam altyapı varlığının maliyeti 2017 yılı itibarıyla yaklaşık 3 milyar \$'dır. Bu maliyetin %67'si (2 milyar \$) atıksu toplama şebekesi, %33'ü ise (1 milyar \$) içme suyu dağıtım şebekesi için yapılan yatırımlardan oluşmaktadır. Yıllık toplam maliyetinin en

yüksek olduğu ilçe; içme suyu dağıtım şebekesinde Şile (19 Milyon \$/yıl), atıksu toplama şebekesinde ise Ümraniye (27 Milyon \$/yıl) 'dir. İçme suyu dağıtım ve atıksu toplama şebekelerinde en düşük toplam maliyet sırasıyla ~2 milyon ve 19 milyon \$/yıl ile Adalar ilçesine aittir.

14 ilçe genelinde yapılan analiz sonuçlarına göre; İçme suyu şebekelerinde kişi başına yıllık yatırım, işletme ve toplam maliyet değerleri sırasıyla 17, 2 ve 19 \$/kişi iken atıksu toplama

şebekelerinde bu değer sırasıyla 39, 5 ve 44 \$/kişi'dir. İçme suyu dağıtım ve atıksu toplama şebekelerindeki yıllık toplam maliyetin şebeke (mal) varlığı içerisindeki payı ise %11 olup, her iki şebekedeki yıllık toplam işletme ve bakım maliyetinin şebeke varlığı içerisindeki payı ise %1'dir. İSKİ Master Planı'nda ise bakım maliyetinin toplam varlık değerinin %0,5'i oluşturduğu ifade edilmektedir (IMC, 1999).

4. Tartışma ve Sonuç

İstanbul Asya Yakası ilçelerindeki içme suyu dağıtım ve atıksu toplama şebekeleri için yapılan maliyet analizi çalışmasında elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde; içme suyu dağıtım şebekesinde Ø(100-600) mm anma çaplı hatların birim inşaat maliyeti ortalama kaplamasız borularda yaklaşık 98\$/m, kaplamalı borularda ise yaklaşık 107\$/m'dir. Kaplamalı ve kaplamasız borularda birim inşaat maliyeti arasında ~%5,5 fark bulunmaktadır. Atıksu toplama şebekelerinde ise Ø(300-600)mm anma çaplı borularda birim fiyat 200 \$/m ile 276 \$/m aralığındadır.

Boru bedeli, kazı, döşeme, dolgu, kaplama, taşıma maliyetinin dahil edildiği birim inşaat maliyet değerlerine bakıldığında; kaplamalı ve kaplamasız borularda çapa göre birim maliyetin artma eğiliminde olduğu görülmüş olup, bu eğilim Ø100- Ø300 mm ve Ø300- Ø600 mm aralıklarında iki ayrı doğrusal artış şeklindedir. Ø≤300 mm çaplarındaki birim maliyetler 45-90 \$/m, Ø>300 mm çaplarda ise 123-210 \$/m aralığında değişmektedir.

Atıksu toplama şebekesinde ise, birim maliyet değeri ile İSKİ Master Plan (1999) değerleri kıyasladığında, çapa göre birim maliyet değerlerinin değişimi aynı eğilindedir. Ancak atıksu kolektör hatlarındaki birim maliyet ile Master Planı (1999) değerleri incelendiğinde, Ø1400-2000 mm çaplı boruların birim fiyatlarının hemen hemen aynı olduğu ancak daha büyük çaptaki borularda ise, özellikle Ø>2000 mm, İSKİ Master Planında (1999) rapor edilen değerlerin altında kaldığı görülmüştür. Bu durum, imalat teknolojisinde yaşanan gelişme ile açıklanabilir.

14 ilçedeki içme suyu dağıtım ve atıksu toplama şebekelerinin çaplara göre toplam metraj içerisindeki dağılımları incelendiğinde, en yüksek pay içme suyu dağıtım şebekesindeki %60'lık pay ile 100 mm çapında, %81'lik pay ile 300 mm çapında gözlenmiştir. Her iki şebeke

hattında da büyük çapa sahip boruların toplam metraj içerisindeki payı %1'in altındadır. Her iki şebekedeki toplam maliyeti oluşturan maliyet kalemlerin dağılımları dikkate alındığında, en yüksek payın boru maliyeti kalemine ait olduğu, içme suyu dağıtım şebekesinde bu payın %91,5, atıksu toplama şebekesinde ise %69,5 olduğu tespit edilmiştir. En düşük maliyet kalemi ise, içme suyu dağıtım şebekesinde şube yolu maliyeti (%2,4), atıksu toplama şebekesinde ise baca maliyetidir (%11).

Özgül maliyet değerler incelendiğinde, hem içme suyu dağıtım hem de atıksu toplama şebekesinde ortalama hektar başına şebeke uzunluk değerlerinin sırasıyla 0,110 km/ha ve 0,092 km/ha olduğu görülmüş olup, kentsel ve kırsal nüfus dağılımının bu özgül değerler üzerinde oldukça önemli bir etkiye sahip olduğu görülmüştür. Kırsal nüfusun yoğun olduğu Şile, Beykoz gibi ilçelerde bu değer düşük, kentsel nüfusun ağırlıklı olduğu Ümraniye, Kadıköy ve Ataşehir ilçelerinde ise yüksektir.

Asya Yakası içme suyu dağıtım şebekeleri ile atıksu toplama şebekelerinde, hektar başına düşen malvarlığı ve hektar başına toplam şebeke uzunluğu arasında doğrusal bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Bu ilişki sayesinde her iki şebeke için toplam şebeke uzunluğu başına ile nüfus yoğunluğu başına ortalama birim maliyet değerleri bulunmuştur. Elde edilen sonuçlar, atıksu toplama şebekesindeki birim maliyetlerin (294.664 \$/km ve 254 \$/kişi), içme suyu şebekesindeki birim maliyetlerden (77.825 \$/km ve 68 \$/kişi) yüksek olduğunu göstermektedir. Sacchidananda ve Debashis [14], çeşitli ülkelerdeki (Afrika ve Asya) atıksu toplama şebekeleri inceleyerek, bu şebekedeki birim maliyetin 2005 birim fiyatlarıyla 193 \$/kişi ile 258 \$/kişi aralığında değiştiğini ifade etmiştir. Çalışma sonucu elde edilen değer (254 \$/kişi) ile mukayese edildiğinde; Türkiye'de atıksu toplama şebekesi için yapılan yatırım miktarının Afrika ve Asya ülkelerindeki yatırım değeriyle benzerlik gösterdiği söylenebilir.

İçme suyu dağıtım ve atıksu toplama şebekeleri toplam altyapı (varlığı) maliyeti yaklaşık 3 milyar \$'dır. Bu maliyetin %67'sini (2 milyar \$) atıksu toplama şebekesi, %33'ü ise (1 milyar \$) içme suyu dağıtım şebekesi için yapılan yatırımlardan oluşmaktadır.

Teşekkür

Bu çalışmaya veri desteği sağlayan İSKİ'ye katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

Kaynakça

- [1] Alegre, H., Baptista, J.M., Cabrera Jr.E., Cubillo, F., Duarte, P., Hirner, W., Merkel, W., Parena, R. 2012. Manual of Best Practice Performance Indicators for Water Supply Services. Second Edition. IWA Publishing, İngiltere. 404s.
- [2] Dünya Su Konseyi 2009. İstanbul Water Consensus for Local and Regional Authorities. 5. Dünya Su Forumu, 16-22 Mart, İstanbul, 1-20.
- [3] İSKİ 2015. "İstanbul Su Mutabakatı" İmzalandı 23-03-2009". <https://www.iski.istanbul/web/tr-TR/kurumsal/haberler1/haberler-detay/andquot-istanbul-su-mutabakatianandquot-imzalandi>. (Erişim Tarihi: 25.06.2019).
- [4] Yıldız, D. 2011. Türkiye'de Su Yönetimi Nasıl Olmalı? USİAD, İstanbul, 216s.
- [5] Öztürk, İ., Özgün, H., Göktaş, O. 2017. Büyükşehir Su ve Kanalizasyon İdareleri ile Mukayeseli Değerlendirme Çalışması. Türkiye Su Enstitüsü, İstanbul, 124s.
- [6] Çelik, F.E. 2009/10. Su ve Atıksu Altyapı Yatırım Alanında Kamu Özel Ortaklığı Modeli. Memleket Siyaset Yönetimi (MSY), Cilt. 4, No. 10, s. 93-124.
- [7] İSKİ 2018. İSKİ 2018 Faaliyet Raporu, 162 s., İstanbul,
- [8] Çevre ve Şehircilik Bakanlığı 2017. Yapı, Tesis ve Onarım İşleri İhalelerinde Kullanılan Müteahhitlik Karneleri ve İş Bitirme Belgelerinin 2017 Yılına Ait Değerlendirme Katsayıları Hakkında Tebliğ. Resmi Gazete, Sayı: 30051.
- [9] Öztürk, İ., Kınacı, C., Genceli, E.A., Özgün, H., Cüceloğlu, G., Çiçekalan, B., Sabuncugil, A.Ö. 2019. Çevre Ekonomisi ve Tam Maliyet Esaslı Tarife Hesabı, Türkiye Belediyeler Birliği, Ankara, 251s.
- [10] İMC 1999. İSKİ Su Temini, Atıksu Toplama ve Arıtma, Yeraltısuyu Toplama ve Dere Islahları Master Planı. İstanbul Master Plan Konsorsiyumu, İstanbul.
- [11] Lee, H., Shin, H., Rasheed, U., Kong, M. 2017. Establishment of an Inventory for the Life Cycle Cost (LCC) Analysis of a Water Supply System. Cilt 9, No 8., s. 592.
- [12] Gökburun, İ. 2017. İstanbul'da Nüfusun Gelişimi Ve İlçelere Dağılımı (1950-2015). Journal of Anatolian Cultural Research, Cilt. 1, s. 110-130.
- [13] Sperling, M. V., Salazar, B. L. 2013. Determination of capital costs for conventional sewerage systems (collection, transportation and treatment) in a developing country. Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development, Cilt 3, No. 3, s. 365-374.
- [14] Sacchidananda, M., Debashis, C. 2016. Urbanization and Demand for Water and Sanitation Services: An Analysis on Cross-Region Investment Requirements, National Institute of Public Finance and Policy (NIPFP), New Delhi, Indian Institute of Foreign Trade (IIFT), New Delhi, MPRA Paper No. 74767