

ARAŞTIRMA MAKALESİ

Öne Çıkan Sonuçlar:

- Tasarımda ilk adım nüfus projeksiyonunun yapılmasıdır.
- Kot farkının fazla olduğu yerlerde basınç zonları oluşturulmalıdır.
- Farklı şartnamelere göre farkı tasarımlar ve maliyetler oluşabilir.

Yazışma yazarı:

Serdar KORKMAZ,
skorkmaz06@gmail.com

Referans:

Majidi, A.G., Korkmaz, S., Marrouchi, Y. (2018), Bilgisayar Programı ile İçmesuyu Dağıtım Şebekesi Tasarımı: Bursa, Görükle Mahallesi Uygulaması, Su Kaynakları, 3, (1) 24-33,

Makale Gönderimi : 23 TEMMUZ 2018
Online Kabul : 2 AĞUSTOS 2018
Online Basım : 15 AĞUSTOS 2018

Bilgisayar Programı ile İçmesuyu Dağıtım Şebekesi Tasarımı: Bursa, Görükle Mahallesi Uygulaması

Ajab Gul Majidi¹, Serdar Korkmaz¹, Yahia Marrouchi¹

¹Uludağ Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye.

Özet Bu çalışmada, Bursa'nın Nilüfer İlçesine bağlı Görükle mahallesinin içmesuyu şebekesinin tasarımı yapılmıştır. Bu tasarım İller Bankası içmesuyu tesisleri etüt, fizibilite ve projelerinin hazırlanmasına ait teknik şartnamesine göre yapılmıştır. Buna göre, öncelikle 35 yıllık nüfus projeksiyonu yapılmış, ardından, turizm, hayvancılık, yangın, acil durum, endüstriyel ve gelişme alanları su ihtiyaçları belirlenerek şebekeye girmesi gereken maksimum günlük tüketim debisi hesaplanmıştır. Bu debi, şebekede bulunan 705 düğüm noktasının her birine bağlanan boruların uzunluğu oranı kadar dağıtılmıştır. Şebeke, basıncı kontrol edebilmek amacıyla 9 ayrı basınç zonuna ayrılmıştır. Zonlar, ana borudan, üzerinde basınç ayarlayıcı vana bulunan tek bir boru ile ayrılmaktadır. Düğüm noktaları, konut, ticari ve sanayi alanları gibi farklı arz bölgelerine göre sınıflandırılmıştır ve buna göre 3 farklı talep eğrisi oluşturulmuştur. 24 saatlik şebeke analizi EPANET programı ile yapılmıştır. Analiz sonucuna göre her bölgede kritik basınçlara sahip olan düğüm noktaları ve kritik hızlara sahip olan hatlar incelenmiştir. Sonuçları tablo veya grafik şeklinde sunulmuştur. Boru çapları BUSKİ (Bursa Su ve Kanalizasyon İdaresi)'nin projelerinde kullanılan 100, 200, 300, 500, 600 mm'lik düktil borulardan seçilmiştir. Toplam boru uzunluğu 94454.1 m olarak belirlenmiştir. Kazı, dolgu, boru, dirsek, vana, yangın musluğu ve yangın hortumlarının birim fiyatları dikkate alınarak maliyet hesabı yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: İçmesuyu şebekesi, Epanet, Basınç zonu, Maliyet hesabı

Water Distribution Network Design by using a Computer Program: Application to Bursa, Görükle District

Abstract In this project, the drinking water distribution network of Görükle quarter of Nilüfer district in Bursa city was designed. The design was carried out according to technical standards and specifications for preparation of projects of drinking water facilities of İller Bankası. Accordingly, the population of the next 35 years was estimated and then, tourism, animal, fire, emergency, industrial water demands were estimated and the maximum daily water demand was calculated. The estimated daily water demand was distributed to 705 nodes in the network according to pipes lengths per node. The network was divided into 9 zones in order to control the pressure. Each zone was connected to the main pipe with a single pipe and was controlled by a valve. According to varying types of consumers, the nodes were classified into 3 different supply regions such as residential, commercial and industrial, and a different demand pattern was specified for each region. The network analysis was carried out in EPANET program for 24 hours and the most efficient pipe diameters were selected. Afterwards, critical pressures in nodes and critical velocities in pipes were observed. All the results are presented in tables and graphs. The diameters of pipes used were selected from 100, 200, 300, 500, and 600 mm ductile metal pipes which are usually used by BUSKI (Bursa water and sewerage administration) for their projects. The total pipe length was found to be 94454.1m. The total cost the project considering unit prices of excavation, fillings, pipes, pipe bends, valves, fire hydrants and fire hoses was also estimated.

Keywords: Water distribution network, Epanet, Pressure zone, Cost analysis

1. Giriş

Temel bir ihtiyaç oluşu sebebiyle içmesuyu temini artan nüfus ile beraber her zaman bir problem olarak insanların karşısına çıkmaktadır. Bunun için farklı yaklaşımlar ve hesap yöntemleri kullanılmaktadır. Bu çalışmanın amacı, sürekli büyümekte olan Bursa ili, Nilüfer ilçesine bağlı Görükle mahallesinin içmesuyu şebekesi tasarımının EPANET programı kullanılarak tasarlanması ve buna bağlı olarak şebeke borularının boyutlandırılması ve proje toplam maliyetinin hesaplanmasıdır.

2. Veri ve Çalışma Alanı

2.1 Çalışma Alanının Coğrafi Konumu

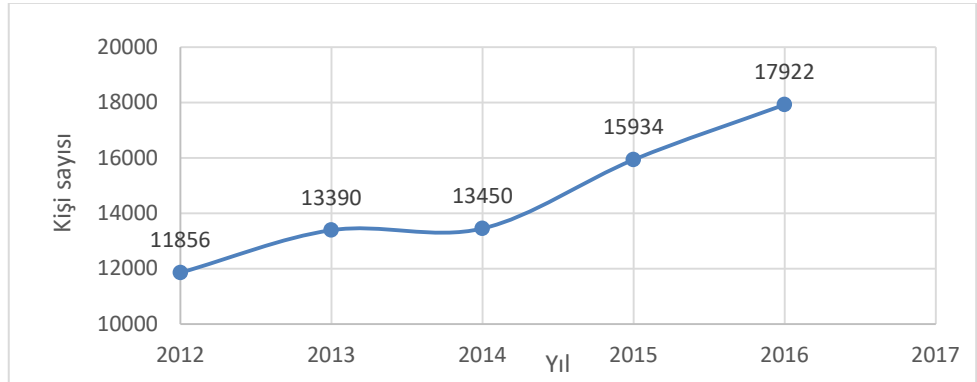
Görükle mahallesi, Bursa ilinde yer almakta olup, Nilüfer ilçesine bağlıdır (Şekil 1). Çalışılan bölgenin merkez koordinatları 40° 13' 46" Kuzey ve 28° 50' 29" Doğu şeklindedir. Görükle mahallesi, bağlı olduğu Nilüfer ilçe merkezine 18 kilometre mesafe uzaklıkta olup rakımı 129 metredir.



Şekil 1. Görükle mahallesinin sınırları.

2.2 Nüfus Gelişimi

Çalışma alanının geçmişten günümüze gözlenmiş nüfus değerleri TÜİK web sayfasından (URL2 2017) alınmış ve nüfus artış grafiği Şekil 2'de sunulmuştur.



Şekil 2. Görükle mahallesinin geçmişte nüfus gelişimi.

2.3 Nüfus Projeksiyonu

Proje hedef yılı, inşaatın bitiminden 30 yıl sonraki ihtiyacı karşılamak üzere düzenlendi. Ancak projenin ele alınmasından, tesisin işletmeye girişine kadar geçecek süre 5 yıl olarak bu süreye eklendi. Bu durum dikkate alınarak beşer yıllık aralıklarla 35 yıllık nüfus projeksiyonu Şekil 3'de gösterilmiştir.

Aritmetik Artış Yöntemine göre nüfus projeksiyon hesapları:

$$\text{Artış Hızı; } k_a = \frac{(N_s - N_e)}{(T_s - T_e)} = 1516.5$$

$$\text{Gelecekteki Nüfus; } N_G = N_s + [k_a \times (T_G - T_s)]$$

N_s = Son nüfus sayım değeri = 17922

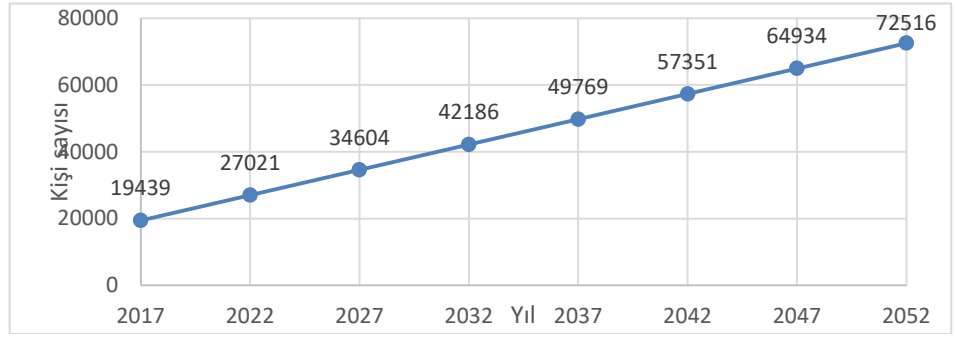
N_e = İlk nüfus sayım değeri = 11856

T_s = N_s nüfus sayımının belirlendiği yıl = 2016

T_e = N_e nüfus sayımının belirlendiği yıl = 2012

N_G = Hesaplanacak olan nüfus projeksiyon değeri

T_G = N_G nüfusunun belirleneceği yıl = 2051



Şekil 3. Beşer yıllık nüfus projeksiyonu.

3. İçmesuyu İhtiyaç Debisi Hesaplamaları

İçmesuyu ihtiyaç debisi hesaplamaları, İller Bankası içmesuyu tesisleri etüt, fizibilite ve projelerinin hazırlanmasına ait teknik şartnamesine (2013) göre yapılmıştır.

3.1 Evsel Su İhtiyacı

$Q_{\text{insan}} = N \times q_{\text{evsel}}$ (l/gün) eşitliği ile bulunur. Burada;

N: Proje başlangıç nüfusu (kişi) : 72516 kişi

Q_{evsel} : Evsel birim su tüketimi (l/kişi/gün): 110 lt/kişi/gün

Bu durumda verilen proje için insan su ihtiyacı şöyle hesaplanacaktır ;

$$Q_{\text{insan}} = N \times Q_{\text{evsel}} = 7976760 \text{ lt/gün} = 7976.76 \text{ m}^3/\text{gün}$$

3.2 Hayvan Su İhtiyacı

Projenin düzenlendiği tarihteki hayvan sayıları hesaba esas alınır.

Büyükbaş hayvan için 50 lt/gün

Küçükbaş hayvan için 15 lt/gün

Tavuk-ördek-hindi hayvan için 0.25 lt/gün

$Q_{\text{hayvan}} = N_b \times 50 + N_k \times 25 + N_t \times 25$ (l/gün) eşitliği ile bulunur. Burada;

N_b : Büyükbaş hayvan sayısı: 250 tane

N_k : Küçükbaş hayvan sayısı: 550 tane

N_t : Tavuk-ördek-hindi hayvan sayısı: 35000 tane

$$Q_{\text{hayvan}} = 250 \times 50 + 550 \times 15 + 35000 \times 0.25 = 29500 \text{ lt/gün} = 29.5 \text{ m}^3/\text{gün}$$

Evsel olmayan birimlerde özel su ihtiyacı Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Evsel olmayan birimlerde özel su ihtiyacı.

Tesis	Su İhtiyacı (l/gün)	Tesis×Kişi Sayısı	Top Kişi Sayısı	Su m ³ /gün
Hamam (kişi başı)	100	5×50	250	25
Pansiyoner (kişi başı)	190	25×10	250	47.5
Fabrika işçisi (kişi başı)	100	15×100	1500	150
Otel (yatak başı)	250-600	20×50	1000	400
Hastane (yatak başı)	250-600	1×450	450	180
Restoran (tuvaletli) (kişi başı)	25	150×100	1500	37.5
Yatılı okul (öğrenci başı)	150	50×100	5000	750
Okul (öğrenci başı)	25	35×500	17500	437.5
Kışla asker başına (asker başı)	100	1×50	50	5
Yüzme havuzu	500 l/m ²	99.65×100	9965 m ²	4982.5
Sinema-Tiyatro (koltuk başı)	20	1×200	200	4
Günlük işçi (kişi başı)	60	15×20	450	22.5
Yıkama istasyonu (araç başı)	50	15×20	450	22.5
Okul (yemekhane olan) (öğrenci başı)	75	1×500	500	37.5
Toplam				7085

$$Q_{\text{evsel olmayan}} = 7085 \text{ m}^3/\text{gün}$$

$$T_q = Q_{\text{evsel}} + Q_{\text{hayvan}} + Q_{\text{evsel olmayan}} = 7976.76 + 29.5 + 7085 = 15091.26 \text{ m}^3/\text{gün}$$

3.3 Yangın Hacmi

Yangın hacmi, depoların besleyeceği bölgenin nüfusuna göre yangın debisi, yangın sayısı ve süresine bağlı olarak belirlenir. Bölgenin nüfusu 72516 kişi (50.001-100.000) arasında olduğu için ve bu bölge üç kat ve üzeri binaların olduğu yerleşim alanı kabul edilirse; içmesuyu projelerinde kullanılacak yangın suyu miktarı:

$$Q_{\text{yangın}} = 432 \text{ m}^3/\text{gün}/\text{yangın}$$

$$\text{Yangın Süresi: } t = 3 \text{ saat}$$

$$\text{Yangın Sayısı: } n = 2$$

$$Q_{\text{yangın}} = 432 \times 2 = 864 \text{ m}^3/\text{gün}$$

3.4 Acil İhtiyaç Hacmi

$$Q_{\text{acil-ihitiyaç}} = \text{OGT} \times 0.10$$

$$\text{Ortalama Günlük Tüketim: } \text{OGT}_{\text{katsayısı}} \times Q = 1.2 \times 15091.26 = 18109.5 \text{ (m}^3/\text{gün)}$$

$$Q_{\text{acil-ihitiyaç}} = 18109.5 \times 0.10$$

$$Q_{\text{acil-ihitiyaç}} = 1810.85 \text{ m}^3/\text{gün}$$

3.5 Kayıp-kaçak Su Miktarı

Toplam brüt su ihtiyacının %15'i olarak alınmıştır.

$$\text{insan su ihtiyacı: } 7976.76 \text{ m}^3/\text{gün}$$

$$\text{hayvan su ihtiyacı: } 29.5 \text{ m}^3/\text{gün}$$

$$\text{Özel su ihtiyacı: } 7085 \text{ m}^3/\text{gün}$$

$$\text{Yangın su ihtiyacı: } 864 \text{ m}^3/\text{gün}$$

$$\text{Acil su ihtiyacı: } 1810.85 \text{ m}^3/\text{gün}$$

$$\text{Toplam: } = 17766.11 \text{ m}^3/\text{gün}$$

$$\text{Kayıp-kaçak su miktarı: } Q_k = Q_{\text{toplam}} \times 0.15 = 2664.9 \text{ m}^3/\text{gün}$$

35 yıl sonrası için toplam günlük su giriş debi ihtiyacı:

$$Q_{\text{debi}} = Q_{\text{evsel}} + Q_{\text{hayvan}} + Q_{\text{evsel olmayan}} + Q_{\text{acil-ihitiyaç}} + Q_{\text{yangın}} + Q_{\text{Kayıp-kaçak}}$$

$$Q_{\text{debi}} = 20431 \text{ m}^3/\text{gün}$$

Maksimum Günlük Tüketim (MGT): Bir Yıl içerisinde en çok su kullanılan güne ait tüketim miktarı;

$$\text{MGT} = Q_{\text{debi}} \times \text{MG Tüketim Katsayısı}$$

$$\text{MGT} = 20431 \times 1.5 = 30646.6 \text{ m}^3/\text{gün}$$

(İller Bankası 2013)

4. Bilgisayar Uygulaması

4.1 EPANET Programı

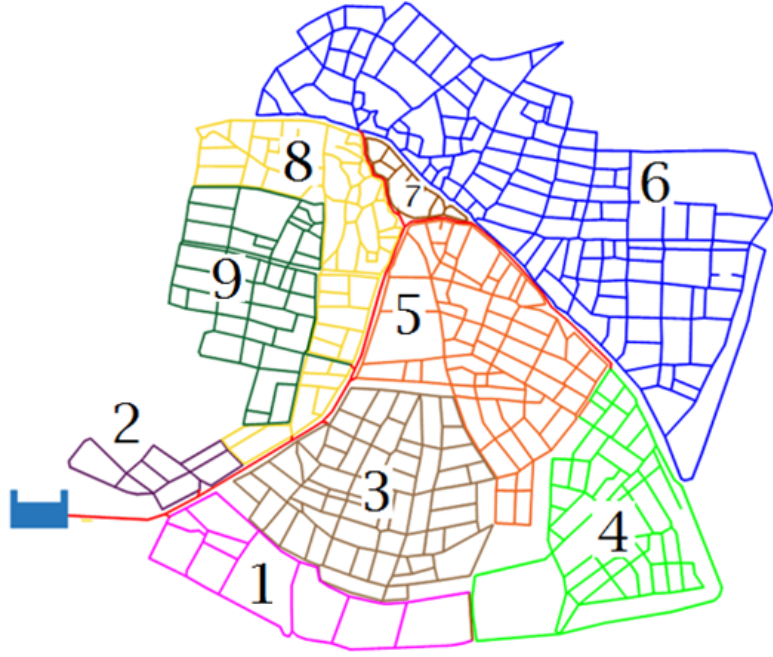
İçmesuyu şebekesinin tasarımında kullanılan programlarından birisi, EPANET programıdır. Bu program, ABD Çevre Koruma Ajansı tarafından geliştirilmiş bir uygulamadır. Epanet programı "gradient yöntemi" ile çözüm yapan bir su dağıtım şebekesi hidrolik hesap programıdır. Epanet'te belirli bir zaman ve belirli bir noktada şebekenin hidrolik durumunu karakterize eden debi sürekliliği ve yük kaybı eşitliklerini hesaplamak için kullanılan yöntem hibrit bir ağ-nokta yaklaşımı olarak söylenebilir. Epanet programına boru uzunlukları, çapları, pürüzlülük katsayıları, düğüm noktalarında su talepleri, arazi kotları, su alma yapıları, pompa, vana gibi ekipmanlarla ilgili veriler girilerek şebekede tek kararlı hidrolik durum (steady state simulation) yada birden fazla hidrolik durumlarına (extended period simulation) göre şebeke hidrolik hesapları yapılabilmektedir (Rossman, L.A., 2000).

4.2 Düğüm Noktaları

Şebekede bir veya birden fazla borunun birbirine bağlandığı yere "Düğüm noktası" (node) denir. İnşaat sırasında düğüm noktalarının hatasız yapılabilmesi için boruların detay planları çizilir. Düğüm noktaları planlanırken mümkün olduğunda az parça kullanılmalıdır. Düğüm noktaları şebekede akımın yön değiştirdiği yerler olduğundan şebekenin en çok zorlanan yerlerdir. Bu nedenle de arıza en çok buralarda oluşur. Bu projede Şekil 5.'te gösterildiği gibi 716 tane düğüm noktası yerleştirilmiş. URL1 (2017)'den alınan tüm noktaları ait deniz seviyesinden kot yüksekliği birer tane okuyarak manual olarak EPANET programa girilmiştir.

4.3 Basınç Zonları

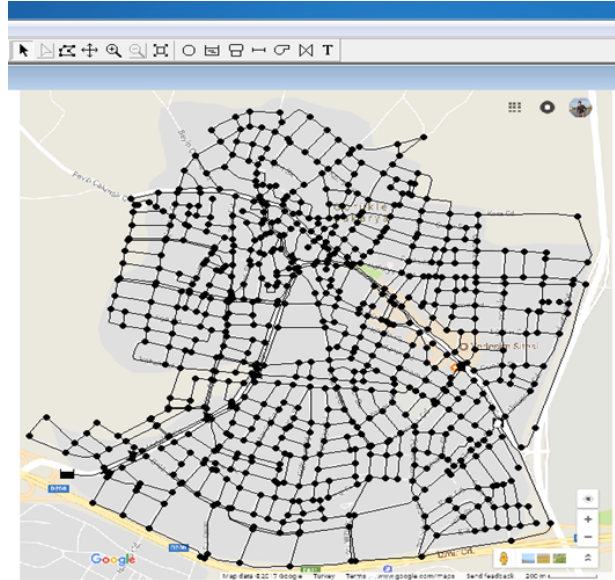
Bu çalışmada, Görükle mahallesi büyük bir yerleşim ve aynı anda kot farklılıkları çok fazla olduğu için 9 ayrı basınç zonuna ayrılmış ve tüm şebeke EPANET programında çözülmüştür. Şekil 4.'te tüm alt bölgeler farklı renklerle gösterilmiştir.



Şekil 4. Görükle Mahallesi'nin yüksekliğe göre farklı bölgeleri.

4.4 Boru Şebekesinin Oluşturulması

Boruların çiziminde programın properties kısmında boruların uzunluğunu önceden ölçekli girilmiş haritadan otomatik olarak hesaplanması için auto length komutunu açık (On) bırakılması gerekmektedir. Buna göre boru şebekesi Şekil 5'de sunulmuştur.



Şekil 5. Düğüm noktalarının birleştirilerek boru şebekesinin çizimi.

Excel'de Macro yazılarak, 705 tane düğüm noktasının her birine düşen toplam boru uzunluğu hesaplanmıştır. (Ana borulardaki düğüm noktaları hariç.)

Toplam günlük giriş debi = 30646.6 m³/gün

Toplam boru uzunluğu = 84454.1 m

Günlük bir metre boruya düşen su miktarı = Toplam günlük giriş debi / Toplam boru uzunluğu

Günlük bir metre boruya düşen su miktarı = 30646.6 m³/gün / 84454.1 m

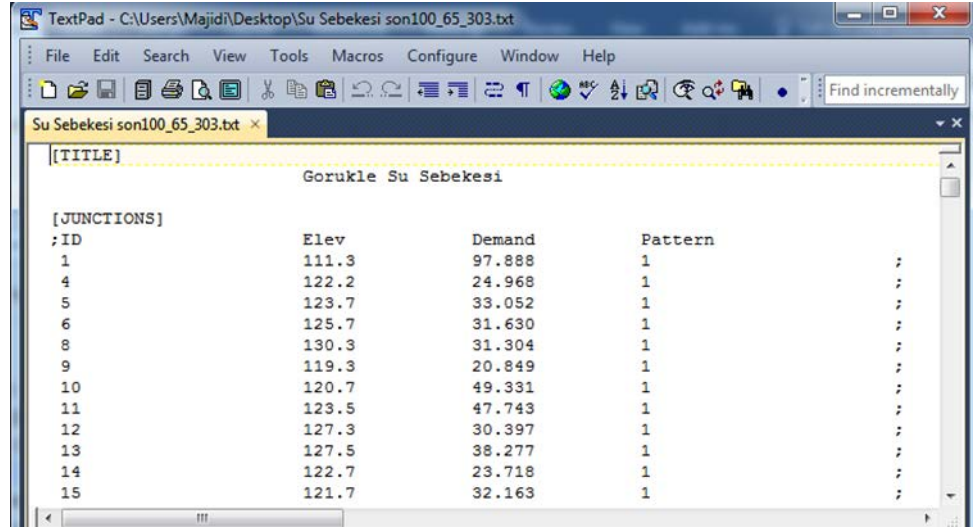
Günlük bir metre boruya düşen su miktarı = 0.362878771 m³/m/gün

Daha sonra 705 tane düğüm noktalarının günlük su tüketim ihtiyacı toplam günlük giriş debisi boruların uzunluk oranına göre aşağıdaki örnek gibi hesaplanmıştır.

Örnek: Birinci düğüm noktaya düşen toplam boru uzunluğu = 50 m. Birinci düğüm noktasının günlük su ihtiyacı = 50m* 0.362878771 m³/m/gün = 18.14394 m³/gün

Bu işlem projede olan tüm düğüm noktaları için tekrarlanmış ve tüm düğüm noktalarının günlük su

İhtiyacı daha önce Epanet'ten çıkartılmış TXT veri dosyasında yerleştirilip tekrar Epanet programına Şekil 6.'de gösterildiği gibi Import komutuyla girilmiştir.

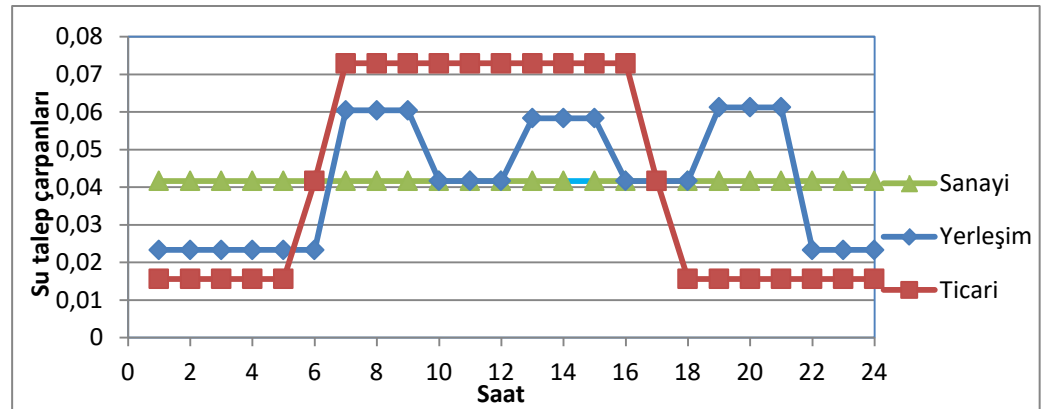


[JUNCTIONS]	ID	Elev	Demand	Pattern
	1	111.3	97.888	1
	4	122.2	24.968	1
	5	123.7	33.052	1
	6	125.7	31.630	1
	8	130.3	31.304	1
	9	119.3	20.849	1
	10	120.7	49.331	1
	11	123.5	47.743	1
	12	127.3	30.397	1
	13	127.5	38.277	1
	14	122.7	23.718	1
	15	121.7	32.163	1

Şekil 6. Epanet programına girilecek hazır veri dosyası.

4.5 Su Talep Çarpanları

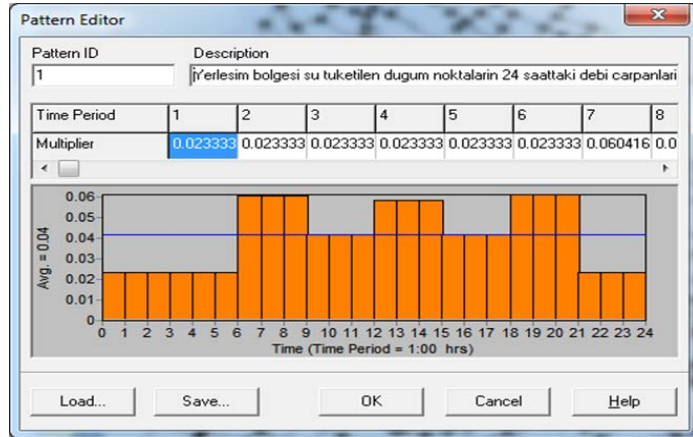
Bir su dağıtım şebekesi analizinde kullanılan düğüm talebi verileri normal olarak. Aylık su sayacı ölçümlerinden elde edilen tahminlerdir. Düğüm noktalarının talep çarpanları tüketici türüne göre değişen statik dağıtım faktörleridir. Su dağıtım sistemi konut, ticari ve endüstriyel alanlar gibi arazi kullanımına göre arz bölgelerine göre sınıflandırılır. 24 saatlik periyottaki farklı tüketici türleri için genel talep paternleri Şekil 7.'de gösterilmektedir. Yerleşim su talep çarpan değerleri İller Banka İçmesuyu teknik Şartnamesinden alınmıştır ama ticari ve sanayi su talep çarpan değerleri ise (Letting vd. 2017) makaleden alınmıştır.



Şekil 7. Saatlik bir periyot içinde farklı kullanıcı türleri için talep eğrileri (Letting, L. K. vd, 2017)

Bu çalışmada 9 bölgeden 2 tanesi çoğunlukla fabrikalardan oluşmaktadır. Sanayi bölgedeki düğüm noktaları gece gündüz eşit oranda su tüketimi kabul edilmiş ve düğüm noktaları sanayi bölgelere ait paterne göre çalıştırılmıştır. Sanayi, ticari ve yerleşim bölgelerin paternleri ayrı ayrı Şekil 8.'de gösterildiği gibi Epanet programına tanımlanmıştır. 24 saatlardaki debi çarpanlarının (Multipliers) toplamı bir olmalıdır.

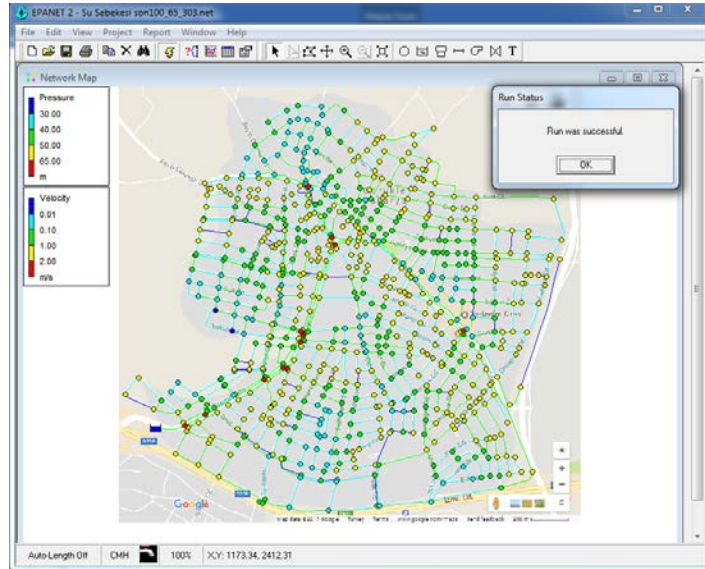
Projenin 2052 yılındaki yangın ve içmesuyu ihtiyacı İller Bankası (2013) yönetmeliğine göre, şebeke için 30646.6 m³/gün olarak hesaplanmıştır. Bu debiye göre, birim şebeke uzunluğuna düşen debi miktarı, q , hesaplanan şebeke için toplam günlük giriş debisi şebeke uzunluğuna bölünmesi ile $30646.6 \text{ m}^3/\text{gün}/84454.1\text{m}=0.36288 \text{ m}^3/\text{gün}/\text{m}$ olarak hesaplandı. Böylece bir metre boruya günlük ne kadar su debisi düştüğünü belirlenmiş. Şekil 5.'te gösterildiği gibi, şebekedeki toplam kapalı döngü ve boru sayısı, her bir borunu uzunluğu, debisi ve çapı programa girilmiştir. Program belirlenen hata oranına ulaştığında, program sonuçları dosyaya kaydedilmektedir. Bu sonuçlar, şebeke içerisindeki her bir boruya ait debi, eğim ve basınç değerleridir. Bu çalışmada hata oranı (tüm çıkışlardaki toplam debi/ ana borunun giriş debisi) 0.001 olarak alınmıştır. Gösterilen şebeke, 1 rezervuar, 705 düğüm noktası ve toplam 95.454 km'lik 1094 adet borudan oluşmaktadır. 705 adet su tüketilen düğüm noktasının debi çarpanları Şekil 7.'de gösterilmiştir. 24 saat boyunca şebeke, 23 nolu düğüm noktası olarak tanımlanan rezervuardan beslenmektedir.



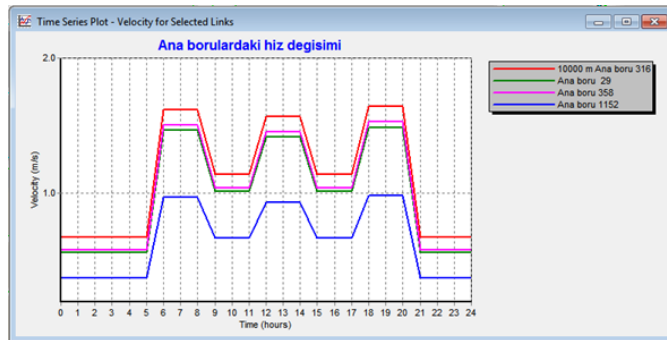
Şekil 8. Yerleşim bölgesinde su tüketilen düğüm noktaların 24 saatteki debi carpanları

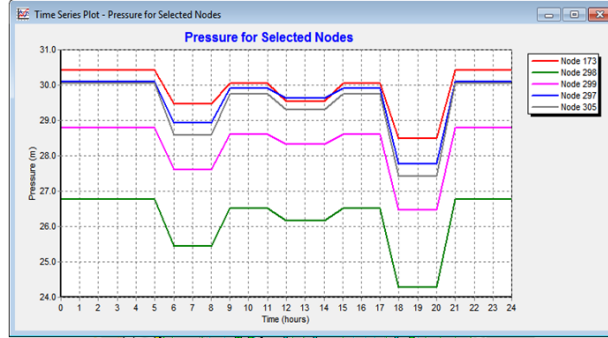
5. Analiz Sonuçları

Programı başarılı çalıştırılmış. Düğüm noktalarda basınç, metre cinsinden ve borularda hız, m/sn cinsinden farklı renklerle Şekil 9.'de gösterilmiştir. Şekil 10 ve 11'de sırasıyla 24 saatlik hız-zaman serisi ve basınç-zaman serisi gösterilmektedir.



Şekil 9. EPANET analiz sonucu basınç ve hız dağılımı





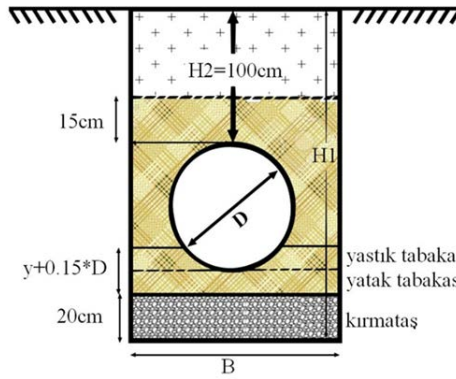
Şekil 11. Tüm şebekedeki en düşük basınca sahip olan 5 düğüm noktasının basınç değişim grafikleri

6. Maliyet Hesabı

6.1 Boruların Döşenmesi

Şekil 12'de kazı ve dolgu kesiti gösterilmektedir. Hendek genişliği Tablo 2'de sunulmuştur.

H1: Hendek derinliği (mm)
H2: Boru üst kotu ile tabii zemin arası mesafe (cm),
D: Boru iç çapı (cm),
y: yataklama yüksekliği (cm)(ymin=15cm)
B: Hendek genişliği (mm)



Şekil 12. Hendek kesiti.

Tablo 2. Boru çapına göre minimum hendek genişliği.

Boru Dış Çapı (mm)	Minimum hendek genişliği (B) (mm)
100 – 600	Boru Dış Çapı + 300
601 – 1600	Boru Dış Çapı + 600

Hendek derinliği 150 cm'den büyük ise minimum hendek genişliği 80 cm olacaktır. Boru güzergahında hendek kazısının yapıldığı kesim, boru montajının yapıldığı yerden en fazla 2 m ileride olacaktır. Dolgu malzemesi 15 cm tabakalar halinde serilecek ve mekanik kompaktörle standart proktor yoğunluğunun %85'i kadar sıkıştırılacaktır. Cadde ve yol geçişlerinde sıkıştırma standart proktor yoğunluğunun %95'i olacaktır. Şebekemizde 5 tür içmesuyu düktil boru kullanılmıştır. Bunlar 100, 200, 300, 500 ve 600 mm çaplarında borulardır. (HDPE Boruların Genel Teknik Şartnamesi, 2015)

6.2 Boru ve Vana Toplam Fiyatı

Boru ve vana maliyetleri Tablo 3 ve 4'de sunulmuştur.

Tablo 3. Vana, yangın hortumları, yangın muslukları ve dirseklerin toplam fiyatı.

	Çap(mm)	Birim fiyat (TL)	Vana sayısı	Toplam fiyat (TL)
Redüktörlü vanalar	300	2171.7	9	19545
Yangın hortumları	-	500	280	140000
Yangın muslukları	-	1300	280	364000
Dirsekler	-	400	1500	600000
Toplam				1123545

Tablo 4. Boruların toplam fiyatı.

Boru (mm)	Birim	Birim fiyatı* (TL)	Toplam uzunluk (m)	Toplam fiyat (TL)
Ø100	Metre (m)	14	74133.4	1037867.7
Ø200	Metre (m)	48	6192.9	297259.2
Ø300	Metre (m)	109	2523.2	275028.8
Ø500	Metre (m)	179	703.8	125989.2
Ø600	Metre (m)	250	10596.5	2649137.5
			Toplam	4385282.39

*URL3 (2016)

6.3 Kazı ve Dolgu İşleri

Kazı ve dolgu işlerinin maliyeti Tablo 5'de sunulmuştur. Ekskavatör ile her cins toprağın kazılması: 4.60 TL/m³
Kazım depo veya dolguya konulması: 3.38 TL/m³
(Birim Fiyat Tarifeleri Eki 2014)

Tablo 5. Kazı ve dolgu işleri toplam fiyatı.

Çap (mm)	Birim	Kazı hacmi (m ³)	Birim fiyatı (TL/m ³)	Dolgu hacmi (m ³)	Birim fiyatı (TL/m ³)	Toplam fiyat (TL)
Ø100	m ³	42997.38	4.60	25787.60	3.38	284950.03
Ø200	m ³	7679.19		4405.72		50215.66
Ø300	m ³	3330.62		1894.13		21723.03
Ø500	m ³	1171.91		739.99		7891.96
Ø600	m ³	24857.92		16381.13		169714.65
				Toplam		534495.34

Kum ve kırmataşın toplam maliyeti ise 2583085.45 TL olarak hesaplanmıştır.

6.4 Toplam Maliyet

Proje toplam maliyeti Tablo 6'de sunulmuştur.

Tablo 6. Toplam maliyet tablosu (TL)

Borular	Bağlantı parçaları	Kazı ve dolgu	Kum ve kırmataş	Toplam maliyet
4385282.39	1123545	534495.34	2583085.45	8626408.18

7. Sonuçlar

Mevcut çalışmada, Bursa ili, Nilüfer ilçesine bağlı Görükle mahallesinin içmesuyu dağıtım şebekesi tasarlanmıştır. Projenin yapılış tarihi olan 2017 yılında bölgenin nüfusu 17922 olarak, 35 yıl sonraki 2052 yılındaki nüfusu ise 72516 olarak alınmış ve şebeke girişindeki debi hesabı 2052 yılındaki nüfusa göre 30646.6 m³/gün olarak bulunmuştur. Projede düşüm noktalarının kotları 96.0 m ile 190.1 m arasında değişiklik gösterdiğinden yerleşim bölgesi 9 ayrı basınç zonuna ayrılmıştır. Tasarlanan şebeke, 705 düşüm noktası, 1093 boru (toplam boru uzunluğu 94454.1 m) ve 9 tane vanadan oluşmaktadır. Borular 985 tane 100 mm, 80 tane 200 mm, 21 tane 300 mm 3 tane 500mm ve 4 tane 600mm'lik çaplardan oluşmaktadır. Sistem bir tane rezervuardan 24 saat boyunca beslenmektedir. Bu rezervuar 260 m yükseklikte olup İzmir yolu üzerinden çapı 600 mm olan 10000 m'lik bir boru ile şebekeye bağlanmıştır. Görükle mahallesinin tüm düşüm noktalarının kotları dikkate alınarak İller Bankası içmesuyu şartnamesine göre Epanet programında çözülmüştür. Seçilen borular, BUSKİ (Bursa Su ve Kanalizasyon İdaresi)'nin kullanıldığı 100, 200, 300, 500, 600 mm'lik borulardır. Kazı, dolgu, dirsek, yangın musluğu, yangın hortumları, boru ve vanaların birim fiyatları dikkate alınarak maliyet hesabı yapılmıştır.

8. Kaynaklar

Birim Fiyat Tarifeleri Eki (2014), TC Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı Altyapı Yatırımları Genel Müdürlüğü.

İller Bankası, (2013), İçmesuyu tesisleri etüt, fizibilite ve projelerinin hazırlanmasına ait teknik şartname. Letting, L.K., and Hamam, Y. and Abu-Mahfouz, A.M., (2017), Estimation of Water Demand in Water Distribution Systems Using Particle Swarm Optimization, Water, 8(593), 1-16.

Rossman, L.A., (2000), EPANET 2 Users Manual, EPA United States Environmental Protection Agency.

HDPE Boruların Genel Teknik Şartnamesi, (2015), DSİ.
URL1, (2017), <http://www.mapcoordinates.net/en>.
URL2, (2017), <http://www.tuik.gov.tr/Start.do>.
URL3, (2016), <http://www.birimfiyat.net>.