T.C.
MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
HİDROLİK BİLİM DALI

KENTSEL İÇME SUYU DAĞITIM SİSTEMİ TASARIMINDA AĞ VE DAL ŞEBEKELERİN KIYASLANMASI

Zakrullah SALEM

Danışman
Prof. Dr. Mehmet Ali YURDUSEV

Manisa–2021

Zakrullah SALEM	**KENTSEL İÇME SUYU DAĞITIM SİSTEMİN TASARIMINDA AĞ VE DAL ŞEBEKELERİN KIYASLANMASI**	**2021**

TAAHHÜTNAME

Bu tezin Manisa Celal Bayar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde, akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

Zakrullah SALEM

İÇİNDEKİLER

Sayfa

İÇİNDEKİLER I
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ II
ŞEKİLLER DİZİNİ III
TABLO DİZİNİ IV
1. GİRİŞ 1
2. KENTSEL İÇME SUYU ŞEBEKESİ TASARIMI 4
2.1 Kentsel İçme Kullanma Suyu Şebekeleri 4
2.2 İçme Suyu İhtiyacının Belirlenmesi 6
2.2.1 Gelecek Nüfus Tahmini 7
2.2.2 İnsan Su İhtiyacı 8
2.2.3 Şebeke debileri 9
2.3.1 Ölü nokta yönetimi 10
2.3.2 Hardy-Cross Metodu 11
3. UYGULAMA 15
3.1 Çalışma alanı 15
3.2 Su ihtiyacı hesabı 16
3.3 Şebeke çözümleri 19
3.4 Şebeke maliyet hesaplamaları 32
4. SONUÇLAR ve ÖNERİLER 40
5. KAYNAKÇA 42
ÖZGEÇMİŞ 44

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

$\boldsymbol{Q_{insan}}$	İnsan su ihtiyacı
q	Birim Debi
L	Boru uzunluğu
∅	Boru Çapı
EPA	Yazılama adı
N	Nüfus(kişi)
$\boldsymbol{N_y}$	Şehir yeni yıl sayımı
$\boldsymbol{N_e}$	Şehir eski nüfus sayımı
$\boldsymbol{N_g}$	Şehir gelecekte tahmin edilen nüfus
$\boldsymbol{a}$	İki nüfus sayım yıl arasında yıl sayısı
N	Son nüfus sayımından projenin başlamasına kadar geçen süre

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 Şebeke çeşitleri; (a) dal şebeke, (b) ağ şebeke 3
Şekil 2.1 Cazibeli(a) ve terfili (b) isale hatları..... 5
Şekil 2.2 Şebeke elemanları..... 6
Şekil 2.3 Ölü nokta yönteminde bir borudaki talep akışı..... 11
Şekil 2.4 Hardy-Cross yönteminde talep akışı..... 12
Şekil 2.5 EPANET ile bir içme suyu sistemin oluşturtulan elemanların gösterimi... 12
Şekil 3.1 Şebeke hesaplarında kullanılan hipotetik şebeke 15
Şekil 3.2 Gördes ilçesi yerleşimi 16
Şekil 3.3 Gördes ilçesi geçmiş nüfusların trendi 18
Şekil 3.4 Hipotetik şebeke üzerinde yapılan dallaştırma sonucu elde edilen şebekeler 21
Şekil 3.5 I, II, III, IV, V, VI. şebeke basıncı ve hız dağılımları 24
Şekil 3.6 I. Şebeke 5. ana boru için 24 saatlik hız grafikleri 25
Şekil 3.7 II. Şebeke 5. ana boru için 24 saatlik hız grafikleri 25
Şekil 3.8 III. Şebeke 5. ana boru için 24 saatlik hız grafikleri 26
Şekil 3.9 IV. Şebeke 5. ana boru için 24 saatlik hız grafikleri 26
Şekil 3.10 V. Şebeke 5. ana boru için 24 saatlik hız grafikleri 26
Şekil 3.11 VI. Şebeke 5. ana boru için 24 saatlik hız grafikleri 27
Şekil 3.12 I. Şebeke alansal basınç dağılımı..... 27
Şekil 3.13 II. Şebeke alansal basınç dağılımı 28
Şekil 3.14 III. Şebeke alansal basınç dağılımı 28
Şekil 3.15 IV. Şebeke alansal basınç dağılımı..... 28
Şekil 3.16 V. Şebeke alansal basınç dağılımı 29
Şekil 3.17 IV. Şebeke alansal basınç dağılımı..... 29
Şekil 3.18 I. Şebekeye ait 5 düğüm noktasındaki basınç değişimleri 30
Şekil 3.19 II. Şebekeye ait 5 düğüm noktasındaki basınç değişimleri 30
Şekil 3.20 III. Şebekeye ait 5 düğüm noktasındaki basınç değişimleri 30
Şekil 3.21 IV. Şebekeye ait 5 düğüm noktasındaki basınç değişimleri 31
Şekil 3.22 V. Şebekeye ait 5 düğüm noktasındaki basınç değişimleri 31
Şekil 3.23 VI. Şebekeye ait 5 düğüm noktasındaki basınç değişimleri 32
Şekil 3.24 Dallaştırma oranına göre şebeke maliyetlerinin değişimi 39

TABLO DİZİNİ

Tablo 2.1 Nüfusuna Bağlı Evsel Birim Su Tüketimi 8
Tablo 2.2 Evsel Olmayan Birimlerde Özel Su İhtiyacı 9
Tablo 3.1 Şebeke birim debi hesabı 17
Tablo 3.2 Gördes ilçesi nüfus değerleri 18
Tablo 3.3 Şebeke çözümlerinde kullanılan uç debilerin hesabı 21
Tablo 3.4 I. Şebeke maliyet tablosu 33
Tablo 3.5 II. Şebeke maliyet tablosu 34
Tablo 3.6 III. Şebeke maliyet tablosu 35
Tablo 3.7 IV. Şebeke maliyet tablosu 36
Tablo 3.8 V. Şebeke maliyet tablosu 37
Tablo 3.9 VI. Şebeke maliyet tablosu 38
Tablo 3.10 Dallaştırma oranına göre şebeke maliyetleri 39

TEŞEKKÜR

Çalışmamın her aşamasında bana destek olan, bilgi ve deneyimleri ile yol gösteren, bilgi ve tecrübesi ile lisansüstü öğrenim hayatımın tüm zorlu aşamalarında bana yardımcı olan tecrübeleri ile beni aydınlatan ve desteğini hiç eksik etmeyen, kendisini tanımaktan büyük mutluluk duyduğum sevgili hocam Sayın Prof. Dr. Mehmet Ali YURDUSEV'e, tezin hazırlanması sürecinde destek olan Doç. Dr. Mustafa Erkan Turan ve Ar. Dr. Ecem Tuncer'e ve öğrenim hayatım boyunca beni maddi ve manevi olarak destekleyen ve hep yanımda olan canım aileme yürekten teşekkür ederim.

Zakrullah SALEM
Manisa-2021

ÖZET

Yüksel lisans tezi

KENTSEL İÇME SUYU DAĞITIM SİSTEMİ TASARIMINDA AĞ VE DAL ŞEBEKELERİN KIYASLANMASI

Zakrullah SALEM

Manisa Celal Bayar Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Mehmet Ali YURDUSEV

Mevcut kentsel içme suyu şebekeleri, günümüzde sanayi ve nüfustaki artışlar nedeniyle yerleşim alanlarının genişlemesi nedeniyle yeterli olmayabilmektedir. Suyun kaynağından temin edilmesi yanında, kullanım noktalarına ulaştırılması da önemlidir. Kaynağından temiz ve yeterli bir şekilde alınan su, kullanım alanına mümkün olduğu kadar aynı miktar ve kalitede ulaştırılmalıdır. Bunu başarmak için şebeke, basınç ve hız değerlerine karşılık gelen boru malzemeleri ve boru çapları uygun bir şekilde seçilmelidir. İçme suyu şebeklerinin hidrolik hesapları yapılırken, şebekeler dal ve ağ şebekeler olarak dikkate alınırlar. Dal şebekede akım, her düğüm noktasına sadece bir borudan gelmektedir. Bu nedenle, tek bir boru beslemesi olduğu için, bu borudaki oluşacak herhangi bir arıza, bu borunun beslediği tüm borularda suyun kesilmesine neden olacaktır. Ağ sistemde tüm borular birbiriyle birleştirilerek fiziksel olarak ölü nokta oluşması engellenmekte ve herhangi bir düğüm noktasın birden fazla yönden su akışı sağlayabilmektedir. Bu durumda, bir boruda oluşacak herhangi bir arıza durumunda su akışı diğer borulardan sağlanabilmektedir.

İçme suyu sistemlerinin hidrolik hesaplamalarına dayalı boyutlandırmasının en optimum şekilde yapılması, maliyetleri daha makul seviyelere indirecektir. Bunun sonucu olarak ülke ekonomisine katkıda bulunulmuş olacaktır. Bu tez kapsamında kentsel içme suyu şebeke tasarımında yukarıda kısaca bahsedilen dal ve ağ şebeke tiplerinin tasarım ekonomisine etkisi değerlendirilmiştir. Bu amaçla kabul edilen hipotetik bir şebeke üzerinde, ağ şebekenin dallaştırılması ile şebeke maliyetinin nasıl etkilendiği araştırılmıştır. Web üzerinden serbest erişim imkânı bulunan EPANET yazılımı ile yapılan farklı tasarımlar sonucu dallaştırma oranı arttıkça şebeke maliyetinin de arttığı, doğal olarak ağ şebeke halinin en ekonomik sonuç verdiği ortaya konmuştur.

Anahtar Kelimeler: İçme suyu dağıtım sistemi, ağ şebeke, dal şebeke, ekonomi

2021, 55 sayfa

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

COMPARISON OF TREE AND GRID NETWORKS IN THE DESIGN OF URBAN DRINKING WATER DISTRIBUTION SYSTEM

Zakrullah SALEM

Manisa Celal Bayar University
Graduate School of Applied and Natural Sciences
Department of Civil Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Mehmet Ali YURDUSEV

Existing urban drinking water networks may not be sufficient due to the expansion of residential areas due to increases in industry and population. In addition to supplying the water from its source, it is also important to deliver it to the points of use. Clean and adequate water from its source should be delivered to the areas of use in the same quantity and quality as much as possible. To achieve this, pipe materials and pipe diameters should be selected appropriately corresponding to network pressure and velocity values. While making hydraulic calculations of drinking water networks, networks are considered as tree and grid networks. In a branch network, the current comes from only one pipe to each node. Therefore, since there is only one pipe supply, any failure in this pipe will cause water to be cut off in all pipes fed by this pipe. On the other hand; in the network system, all pipes are combined with each other, preventing the formation of a physical dead point. Any node can provide flow from more than one direction. In this case, in case of any failure in one pipe, the water flow can be provided from the other pipes.

Optimum sizing of drinking water systems based on hydraulic calculations will reduce costs to more reasonable levels. As a result, it will contribute to the country's economy. Within the scope of this thesis, the effect of the tree and grid network types mentioned briefly above on the design economy in urban drinking water network design has been evaluated. For this purpose, on a hypothetical network, it has been investigated how the network cost is affected by the branching of the grid network considered. As a result of different designs made with the EPANET software, which has free access over the web, it has been revealed that as the branching rate increases, the cost of the network increases. In conclusion, the grid network state has given the most economical result.

Keywords: Potable water distribution systems, tree networksi grid networks, economy

2021, 55 Pages

1. GİRİŞ

Su, canlıların yaşamı için en önemli yaşamsal ihtiyaçlardandır. İçme suyunun yeterli ve kaliteli kullanımı, canlılar için yaşamsal bir gereklilik olmasının yanı sıra toplumların sosyal ve ekonomik kalkınması açısından dikkate alınmalıdır ve kentsel altyapı sistemleri bir bölgedeki en önemli unsurlardandır. Bu sistemlerin geliştirilmesi yüksek maliyetler gerektirdiğinden mümkün kılınması için maliyetinin kabul edilebilir düzeyde olması çok önemlidir [13]. Zamanla değişen bölgenin koşullarına bağlı olarak altyapı sistemlerinin de geliştirilmesi zorunludur. Tüm bunların tasarım aşamasında alınan doğru kararlarla ve daha verimli olmaya odaklanmakla mümkün olacaktır.

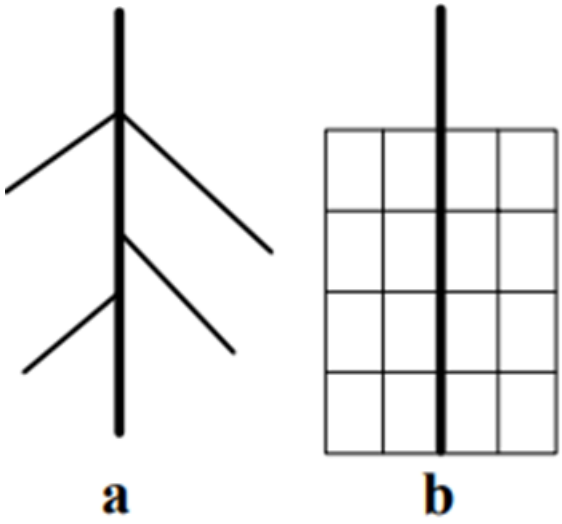
Dünyadaki tatlı, tuzlu ve sodalı gibi farklı bileşenler içeren su miktarı yüksek olmasına rağmen, kullanılabilecek tatlı su miktarı sanıldığından çok daha azdır [8]. Dünyadaki tatlı suyun çoğu buzullarda katı olarak bulunmaktadır. Aynı şekilde yer altı sularına ulaşabilmek için de su kuyularının açılması ve yer altında bulunan suların yer yüzeyine çekilebilmesi için pompalar ve elektriğe ihtiyaç vardır. Bu kadar zor koşullarda elde edilen kullanılabilir suyun kullanımına son derece özen gösterilmelidir. Bu durumda su dağıtım sistemlerinin daha hassas bir şekilde geliştirilmesi gerekir [14] Özellikle yüksek basınçlı şebekelerde, yüksek hızlarda üretilen borularda büyük kayıp ve kaçaklar ve yüksek enerji kayıpları ve sürtünmeden dolayı meydana gelebilmektedir. Bir içme suyu şebekesi tasarımında dikkate alınması gereken birçok parametre vardır [10] Su kalitesi, su kaynakları, su talebinin belirlenmesi, su talebinin kullanım ihtiyaçlarına göre değiştirilmesi, su dağıtım sistemlerinin tasarlanması, maliyetlerin hesaplanması gibi parametreler tüm süreci etkiler.

Su dağıtım şebeklerin tasarımda Hardy-Cross, Eşdeğer Borular ve Ölü Nokta gibi yöntemler kullanılmaktadır (Cross, 1936; Tung ve diğerleri, 1961; Muslu, 2005). Bu yöntemler literatürde yoğun bir şekilde kullanılmıştır (Sarıcaoğlu ve Büyük Güngör, 1998; Şirin ve Demir, 2007; Akbulut vd., 2011; Selçuk, 2014; Günal vd., 2005). Bu yöntemler arasında bulunan Hardy-Cross ve Eşdeğer Borular yöntemi yalnızca düğüm noktalarından besleme yapmak üzere tasarlanmıştır [7] Ölü Nokta yöntemi ise borulardan beslemeyi dikkate alır dolayısı ile borudaki akış hızı değişkendir. Bu farklılıklara rağmen, hız ve basınç tasarım sınırları dâhilinde, bir ağ

sisteminde olduğu gibi minimum enerji kaybı ile tasarlanmıştır. Eğer ağ üzerinde bir arıza ile karşılaşılacak olursa ağın diğer elemanları arızalı parçayı beslemeye çalışacağı için minimum enerji kaybı tasarımında değişiklik gösterecektir. Arıza olmayan durumlarda ise bu prensibe uyulmaktadır. Tasarım koşullarını iyi durumda karşılayan şebeke, hatalı duruma geçtiğinde tasarım koşullarını karşılamayacak düzeye gelecektir.

Su yönetimi alanında, içme suyu şebeke hatlarının üretiminin temeli, şebeke modellemesine dayalı uygun bir yapı ile en düşük kayıp-kaçak seviyesinden yararlanmaktır. Ağ modelleme; akış gereksinimi ve basınç gereksinimleri üzerine oluşturulan su kaynakları ve dağıtım şebeke bilgilerinden. (Tasarım debisi, malzeme cinsi, malzeme yaşı, basınç sınıfı, çap, et kalınlığı, sahadaki varlıklar) hareketle yapılabilmektedir.

Ülkemizde içme suyu dağıtım şebekeleri tasarlanırken, şebekeler dal ve ağ şebeke olarak ikiye ayrılmaktadır (Şekil 1.1). Dal şebekede akım, her düğüm noktasına sadece bir borudan gelmektedir. Böylece dalın sonunda ölü bir nokta oluşmaktadır. Dal üzerinde tek bir boru beslemesi olduğu için, bu borudaki oluşacak herhangi bir arıza, bu borunun beslediği tüm borularda suyun kesilmesine neden olacaktır. Ağ sistemde tüm borular birbiriyle birleştirilerek fiziksel olarak ölü nokta oluşması engellenmekte ve herhangi bir düğüm noktasın birden fazla yönden su akışı sağlayabilmektedir.[16] Bu durumda, bir boruda oluşacak herhangi bir arıza durumunda su akışı diğer borulardan sağlanabilmektedir. Dolayısı ile yerleşim yerinin yapısı zorlamadıkça, kentsel içme suyu şebekeleri çoklu beslenmeyi destekleyen ağ şebeke olarak tasarlanmaktadır. Sürekli artan nüfusun su ihtiyacını karşılamak için yeterli ve Tasarlanan boru ağından eşit miktarda su, su temini olarak bilinir. için altyapı Evler, ticari kuruluşlar, sanayi için suyun toplanması, iletilmesi, arıtılması, depolanması, dağıtımı ve sulamanın yanı sıra yangınla mücadele ve sokak yıkama gibi kamu ihtiyaçları için. Su temin sistemleri de kamu, ticari ve endüstriyel faaliyetler için gereksinimleri karşılar. Her durumda, su hem kaliteyi hem de ve miktar gereksinimleri. Himachal Pradesh'in Kathgarh (Indora) bölgesi için bir su temin sistemi planı IPH (SULAMA VE HALK SAĞLIĞI) tarafından sağlanan bilgilere dayanılarak yapılmıştır. BÖLÜM) departmanı, Indora Himachal Pradesh ve EPANET yazılımı kullanarak



Şekil 1.1 Şebeke çeşitleri; (a) dal şebeke, (b) ağ şebeke

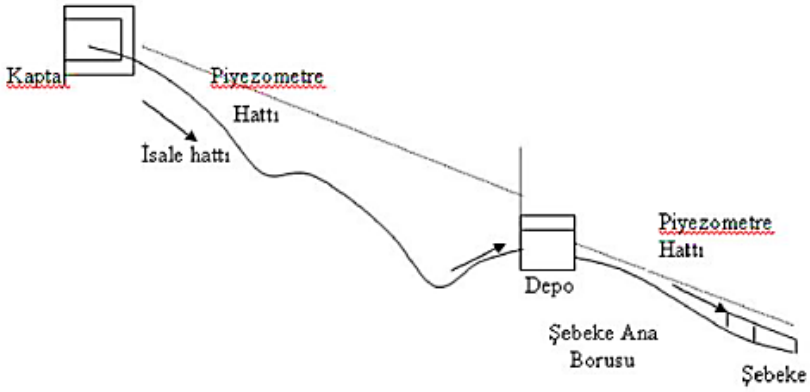
Her ne kadar dal şebeke oluşumu istisna ise de ağ şebekelerin tasarımında dal şebeke mantığının tasarım ekonomisine herhangi bir katkısının olup olmadığı araştırmaya değer bir olgu olarak değerlendirilmiştir. Dolayısı ile, bu tez kapsamında kentsel içme suyu şebeke tasarımında yukarıda kısaca bahsedilen dal ve ağ şebeke tiplerinin tasarım ekonomisine etkisi konu edinilmiştir. Bu amaç için kentsel içme suyu sistemi tasarım debisi hesabı için Manisa, Gördes nüfus verileri kullanılmıştır. Bir ağ şebekenin dal şebeke gibi çözülmesi için ise hipotetik bir şebeke kullanılmıştır. Şebeke bölüm bölüm dallaştırılmış ve şebeke maliyetinin nasıl etkilendiği araştırılmıştır. Çözümler web üzerinden serbest erişim imkânı bulunan EPANET yazılımı ile yapılmıştır. Sonuç olarak, dallaştırma oranı arttıkça şebeke maliyetinin de arttığı görülmüştür. Yapılan çalışma sonucu ağ şebeke tasarımında dal şebeke mantığının kullanılmasının tasarım ekonomisine bir katkı sunmadığı ortaya konmuştur.

Tezin sunumu bu bölümü takiben içme suyu dağıtım şebekesi tasarımı olgusu ele alınmış; ardından uygulama tanıtılmış ve sonuçlar incelenerek çalışma tamamlanmıştır.

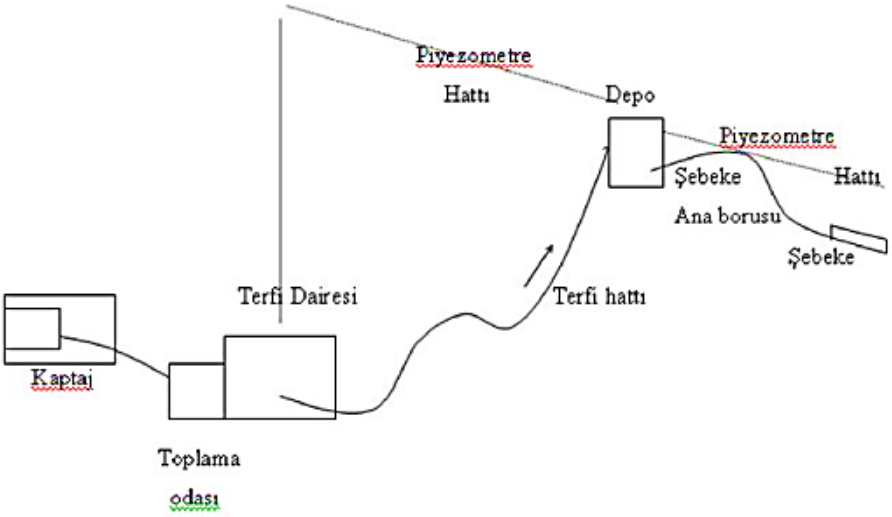
2. KENTSEL İÇME SUYU ŞEBEKESİ TASARIMI

2.1 Kentsel İçme Kullanma Suyu Şebekeleri

Kentsel içme suyu sistemleri öncelikle insan ihtiyaçlarını, daha sonra sanayi, yangın söndürme, bahçe sulama, hayvan ihtiyaçları ve benzeri talepleri karşılamak için tasarlanır ve inşa edilirler. Bu ihtiyaçların belirlenmesinden sonra gerekli suyu uygun kaynaklardan derlenerek yerleşim alanlarına isale hatları aracılığıyla, kaynak ve yerleşim yerinin topoğrafik durumuna göre ya cazibeli ya da terfili olarak iki farklı şekilde şebekeye iletilebilir (Şekil 2.1). Kaynaktan derlenen su yerleşim yerinde önce kentsel depolara getirilir. Bu depoların işlevi günlük olarak düzenleme yapmaktır. Depodan alınan su dağıtım şebekeleri ile son kullanıcılara sunulur. Su dağıtım şebekeleri, birbirine bağlı borulardan oluşan ve yerleşim alanına dağıtılan ve böylece kullanıcılara gerekli suyu sağlayan bir altyapı olarak tanımlamaktır. Depodan suyun alındığı boruya ana boru, göz ağlar oluşturan borulara esas boru ve şehirdeki tüm cadde ve sokaklardan geçen nispeten küçük çaplı borular tali boru olarak adlandırılmaktadır (Şekil 2.2). Bu şekilde oluşan şebekeler genellikle birbirine bağlı bir ağ şebeke olarak düzenlenir. Bunu yanında, şebekenin bir ağacın dalları gibi birbirine bağlanmamış dal formu da zaman zaman topoğrafyanın zorlaması ile uygulanabilmektedir (Şekil 2.2). Gerek ağ gerekse dal formunda olsun herhangi bir içme suyu şebekesinin yönetmeliklerce belirlenen bazı standartlara uygun olması gerekmektedir. Bu standartlar şebekeden maksimum verim alabilmek için ortaya konulmuş unsurlardır. Bu bağlamda aşağıda belirtilen hususlar bir şebekeden beklenen standartlar olarak sayılabilmektedir. [13]



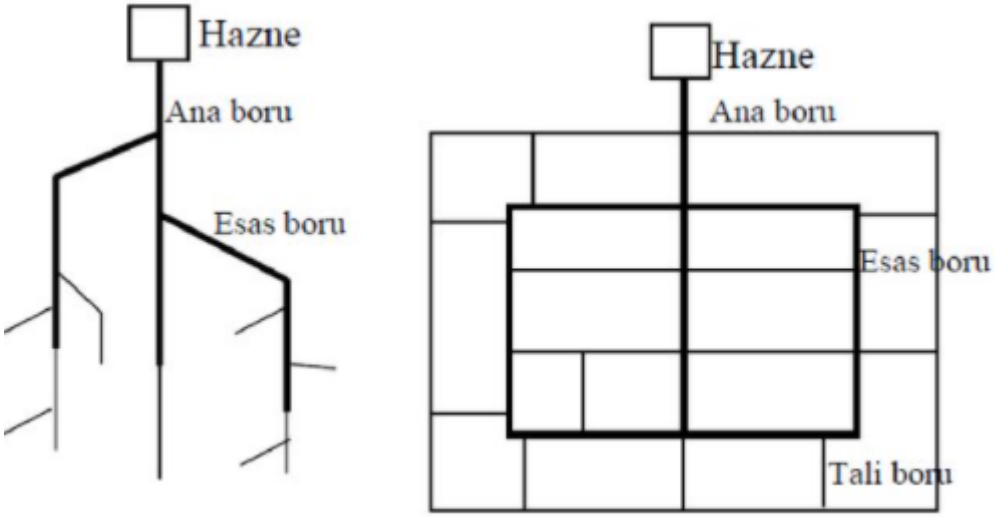
(a)



(b)

Şekil 2.1 Cazibeli(a) ve terfili (b) isale hatları

(https://slideplayer.biz.tr/slide/14065308/; 17.11.2021)



Dal Şebeke Ağ Şebeke

Şekil 2.2 Şebeke elemanları

(https://slideplayer.biz.tr/slide/14065308/; 17.11.2021)

- Şebekenin her noktasında ölçülen basınçlar, yönetmelikte belirtilen maksimum ve minimum sınırlar içinde kalmalıdır.
- Gözlerden oluşan bir ağ sisteminin bir göz toplam basınç değişimi $\pm$%20 den fazla olmamalıdır.
- Şebek tasarımı, kayıp ve kaçakları en aza indirecek şekilde yapılmalı ve kolay kullanım için yeterli valf ve tahliye ekipmanları yerleştirilmelidir.
- Şebekenin boru elemanlarındaki hızlar, yönetmelikte belirlenen maksimum ve minimum hız değerleri arasında kalmalıdır.

2.2 İçme Suyu İhtiyacının Belirlenmesi

İçme suyu sistemleri tasarımında ilk önce yapılması gereken husus, tüketiciler için gerçekçi tahminler oluşturmaktır. İçme suyu ihtiyacı, yerleşim yeri nüfusu, tüketicilerin sosyal-ekonomik durumu, tüketim için sağlanan suyun kalitesi, suyun üretim maliyeti ve kullanım fiyatı, geçmiş kullanım kayıtları, bir atık su sisteminin var olup olmadığı, su şebekesinden sulanan yeşil alanın büyüklüğü gibi faktörler dikkate alınarak hesaplanır [2]. Genel içme suyu ihtiyacı genellikle insanların içme kullanma suyu ihtiyacını tanımlarken, ticaret, sanayi, hizmet sektörü, turizm ve hayvan suyu

ihtiyaçları ise özel kullanımlar olarak sınıflandırılmaktadır. Bu değerlere şebekede oluşması muhtemel kaçak miktarı eklenerek toplam su talebi belirlenir.
Su kaybı şebekede oluşan fiziksel kayıplar, yasal olmayan kaçak kullanımlar ve varsa şebekeden çekilen fakat ölçülmeyen yasal kullanımlar gibi farklı bileşenlerden oluşmaktadır.[6] Su kaybının mertebesi, sisteme giren su miktarından ölçülen kullanım miktarını çıkarılması şeklindeki su bütçesi yöntemi kullanılabilmektedir [7]. Buradaki en önemli husus sağlıklı verinin bulunamamasıdır.

Kentsel içme suyu sistemlerinde tasarım debisinin belirlenmesi, ilgili yerleşim yerinin gelecek nüfusu, insan su ihtiyacı ve şebeke debilerinin belirlenmesi aşamalarını içermektedir.[1]

2.2.1 Gelecek Nüfus Tahmini

İçme suyu şebekeleri inşaattan 30 yıl sonra ihtiyacı karşılamak için oluşturulmaktadır. Ancak, projeden sonra tesisin faaliyete geçmesi için öngörülen 5 yıllık bir sürenin eklenmesi ile bugünden 35 yıl sonraki nüfus tahmini yapılmaktadır. Bu tahminler geçmiş nüfus kayıtlarından hareketle; aritmetik artış, geometrik artış ve İller Bankası yöntemlerine göre hesaplanabilmektedir.

Ülkemizde gelecek nüfus tahminleri genellikle İller Bankası yöntemine göre yapılmaktadır. Bu yöntem esasen bir geometrik art yöntemi olmakla beraber geometrik oranların hesaplanmasında bazı kısıtlamalar vardır. Bu yönteme göre 35 yıl sonraki nüfus

$$\boldsymbol{N_g = N_y \times \left(\frac{K_a}{100}\right)^{35+n}} \qquad \textbf{(2.1)}$$

Denklem (2.1) ile hesaplanmaktadır. Bu formülde K_a olarak verilen parametre çoğalma katsayısı olarak ifade edilmekte ve

$$\boldsymbol{K_a = \left(\sqrt[a]{\frac{N_y}{N_e}} - 1\right) \times 100} \qquad \textbf{(2.2)}$$

Denklem (2.2) ile hesaplanabilmektedir. Her iki formülde geçen değişkenler aşağıda tanımlanmıştır.

N_y: şehir yeni yıl sayımı

N_e: şehir eski nüfus sayımı

N_g: şehir gelecekte tahmin edilen nüfus

a: iki nüfus sayım yıl arasında yıl sayısı

n: Son nüfus sayımından projenin başlamasına kadar geçen süre

2.2.2 İnsan Su İhtiyacı

Yukarıdaki şekilde hesaplanan gelecek nüfus değeri kullanılarak insanların içme kullanma suyu ihtiyacı aşağıdaki formül ile hesaplanabilmektedir.

$$\boldsymbol{Q_{insan} = N \times q_{evsel}} \left(\frac{\boldsymbol{L}}{\boldsymbol{g\ddot{u}n}}\right) \quad \textbf{(2.3)}$$

Bu formüldeki q_{evsel} parametresi kişi başına günlük ortalama su tüketimini ifade etmekte ve İller Bankası yönetmeliğine göre Tablo (2.1)'den alınabilmektedir. Günlük ortalama su tüketimi değeri Tablo (2.1)'den de görülebileceği üzere yerleşim yeri nüfusu arttıkça artmaktadır. İller Bankası genel bir tablo öneriyor olmasına rağmen günlük ortalama su tüketimi iklimsel ve sosyokültürel birçok faktöre bağlı olarak değişebilmektedir. Kişilerin su kullanım alışkanlığı bütün bu faktörlerin üzerinde bir öneme sahiptir. İklim değişikliği olgusu ile daha da su stresine maruz kalmakta olan dünyamızda, su tüketim alışkanlıklarının yönetilerek kişi başı günlük ortalama su tüketimi değerlerinin düşürülmesi kaçınılmazdır. Bu olgu su talep yönetimi olarak ifade edilmekte ve dünyanın neredeyse 20 yıldır gündeminde ciddi bir şekilde yer almakla beraber, bu konuda henüz başarı oranı çok düşük olup daha incelenip düzenlenmesi gereken etkenler bulunmaktadır.

Tablo 2.1 Nüfusuna Bağlı Evsel Birim Su Tüketimi

Proje Başlangıç Nüfusu (N) (kişi)	Evsel Birim Su Tüketimi (q_{evsel}) (l/kişi/gün)
N≤50.000	**80 - 100**
50.000<N≤100.000	**100 - 120**
100.000<N	**120 - 140**

Bir şehrin ihtiyaçları için bir rezervuara verilmesi gereken su miktarına iletim debisi denir ve aşağıdaki denklemde belirtildiği gibi insan, hayvan ve özel su ihtiyaçlarının toplamıdır.

2.2.3 Şebeke debileri

$$Q_{İLETİM} = Q_{İNSAN} + Q_{HAYVAN} + Q_{ÖZEL} \quad (2.4)$$

Denklem (2.4) için özel su ihtiyaçları yerleşim yerinde bulunması muhtemel özel su tüketim yerleri ve bunlar için alınabilecek değerler İller Bankası'na göre verilmiştir (Tablo 2.2).

Tablo 2.2 Evsel Olmayan Birimlerde Özel Su İhtiyacı

Tesis	Su İhtiyacı (l/gün)
Havaalanı (kişi başı)	10-20
Hamam (kişi başı)	100
Pansiyoner (kişi başı)	190
Fabrika işçisi (kişi başı)	100
Otel (yatak başı)	250-600
Hastane (yatak başı)	250-600
Çamaşırhane	60 l/yıkama
Restoran (tuvaletli) (kişi başı)	25
Restoran (tuvaletsiz) (kişi başı)	10
Yatılı okul (öğrenci başı)	150
Okul (yemekhane, spor salonu ve duşu olan) (öğrenci başı)	95
Okul (yemekhane olan) (öğrenci başı)	75
Okul (öğrenci başı)	25
Kışla asker başına (asker başı)	100
Yüzme havuzu	500 l/m²
Sinema-Tiyatro (koltuk başı)	20
Günlük işçi (kişi başı)	60
Yıkama istasyonu (araç başı)	50
Mezbahada kesilen b.baş hayvan	300-400
Mezbahada kesilen k.baş hayvan	150-300

Su temini projesi için yerleşim yerine ulan uzaklığına göre farklı işlemler yapılmaktadır. Projenin uygulanacağı şehre yakın bir yerleşim yerine su temini planlanıyorsa, iletim akışının hesaplanmasında gerekli olan su akışı, spesifik akış hızı

olarak hesaplanmış olup, şehir çıkışındaki son akış olarak hesaplamalara dahil edilmelidir [10]

Şehirlerin su ihtiyaçları gün boyunca değişmekte ve bu nedenle bazen küçük ve bazen büyük akış hızlarının dağıtılması gerekir. Bu değişken ihtiyacı karşılamak için depodan şehre şebeke akışı aşağıdaki denklem ile hesaplanır. İçme suyu ihtiyacı belirlendikten sonra hidrolik hesaplama aşaması başlar [14]. Şebeke debisi hesaplanırken iletim debisi maksimum pik faktör olarak alınan 1,5 bir katsayı tablodan alınmaktır (Denklem 2.5).

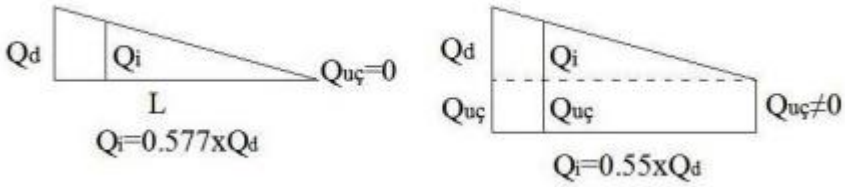
$$Q_{ŞEBEKE} = 1,5 \times Q_{İLETİM} + Q_{YANGIN} \quad (2.5)$$

2.3 Şebeke Hesap Yöntemleri

İçme suyu şebekelerinin hidrolik hesaplamasının birçok yöntemi var olup, en sık kullanılan yöntemler Ölü Nokta Yöntemi ve Hardy-Cross yöntemleridir. Bunlara ek olarak içme uyu şebekelerinin hesaplanmasında Genetik Algoritmalar gibi yapay zekâ yöntemleri de kullanılmaktadır. Şebeke tasarımları Netcad, Epanet, Isucad, Mssu, Mikenet, Suganet, Wadsop ve Ankisoft gibi birçok program kullanılarak gerçekleştirilebilmektedir.[5]

2.3.1 Ölü nokta yönetimi

Ölü nokta metodu özellikle Türkiye içerisinde yaygın olarak kullanılan bir metottur. Bu metotta suyun her iki koldan bir şebeke sistemine geldiği varsayılır. Her biri her iki koldan sisteme giren su aboneler arasında dağıtılır ve bir noktada biter. Bu noktaya ölü nokta denir. Ölü nokta, gerçekte var olmayan hayali bir noktadır. Metoda göre bir yönde ve diğer yönde ölü noktaya gelen akımların yük kayıplarının toplamları birbirine eşit olmalıdır. Diğer yöntemlerden farklı olarak, su kullanımı sadece düğümlerde değil, aynı zamanda şebeke borusu boyunca da yapıldığı kabul edilmektedir. Yani dağıtılacak debiler boru boyundan çekildiği kabul edilmektir. Şebeke borularındaki talep akışının Şekil 2.3'teki gibi olduğu kabul edilmektedir.



Şekil 2.3 Ölü nokta yönteminde bir borudaki talep akışı

2.3.2 Hardy-Cross Metodu

Bu metotta bir şebekenin tasarımda dağıtılmakta olan debinin Şekil 2,4'te gösterildiği gibi düğüm noktalardan çekildiği kabul edilmektir. Hardy-Cross metodun da şebeke tasarımı yaparken akış yönü tahmin yapılır. Bir kapalı devrede eğer akış saat akrebi yönündeyse pozitif; akış saat akrebini tersindeyse negatif olmaktadır. Yöntemin esası düğüm noktalarındaki basınçların düğüme birleşen hatlardan gelerek iterasyon yardımıyla dengelenmesidir.

$$\sum \boldsymbol{h} = \sum \boldsymbol{rQ^m} \tag{2.6}$$

Her bir kapalı devre için enerji kayıplarının cebirsel toplamı alınır

$$\mathbf{Q = Q_0 + \Delta Q} \tag{2.7}$$

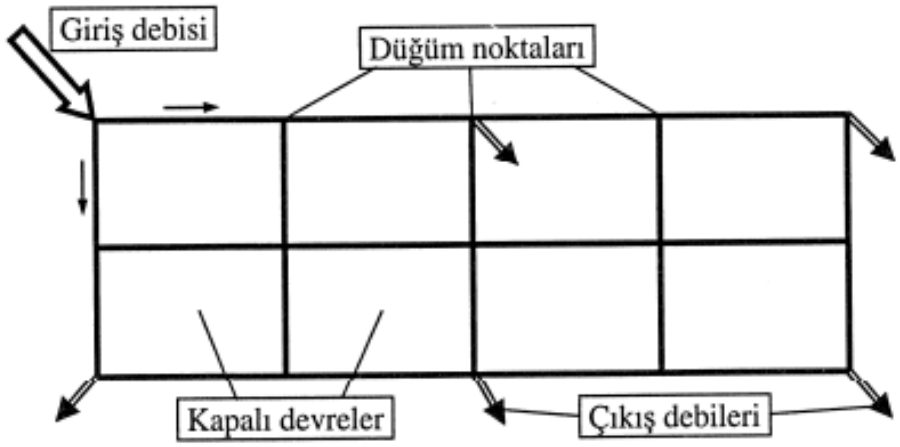
Bir borudaki başlangıç debisi Q_0 ise düzeltilmiş debi

$$\mathbf{h_s = r.Q^m} \tag{2.8}$$

$$\mathbf{\Delta Q = \frac{-\sum h_s}{m \sum \left(\frac{h_s}{Q_0}\right)}} \tag{2.9}$$

$$\mathbf{Q = Q_0 + \Delta Q} \tag{2.10}$$

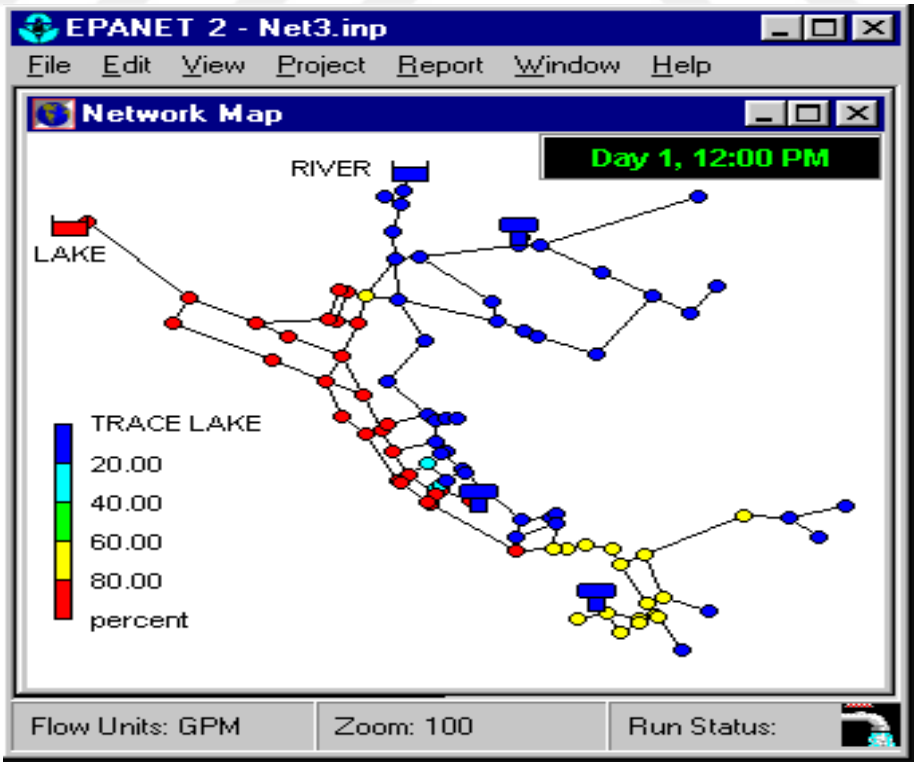
Bir devre üzerindeki her bir borunun debisi o devre ait ΔQ ile cebirsel olarak toplamlanarak düzeltilmiş debiler bulunur



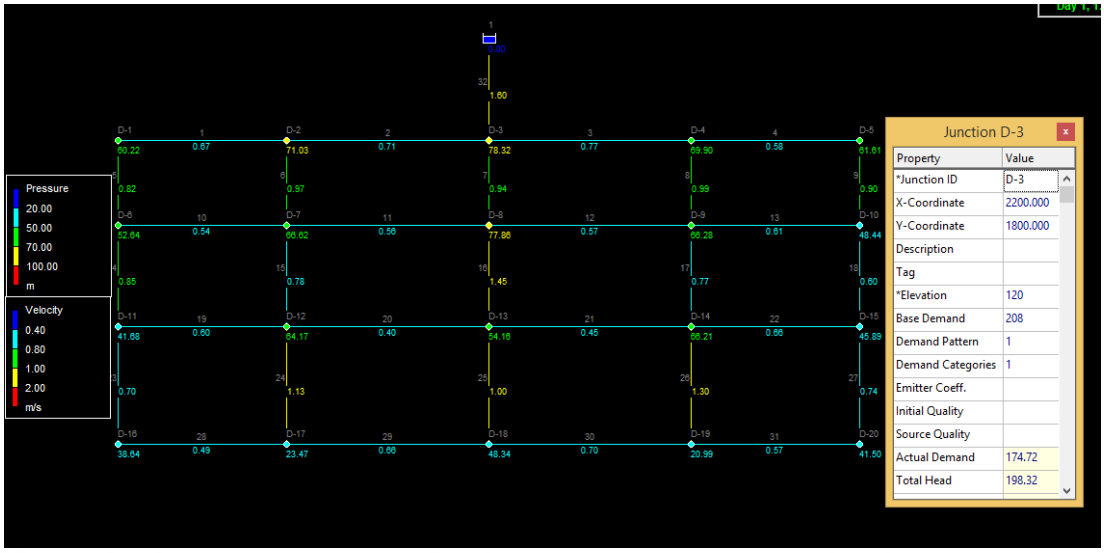
Şekil 2.4 Hardy-Cross yönteminde talep akışı

2.4 Şebeke Çözümünde Kullanılan Yazılım: EPANET

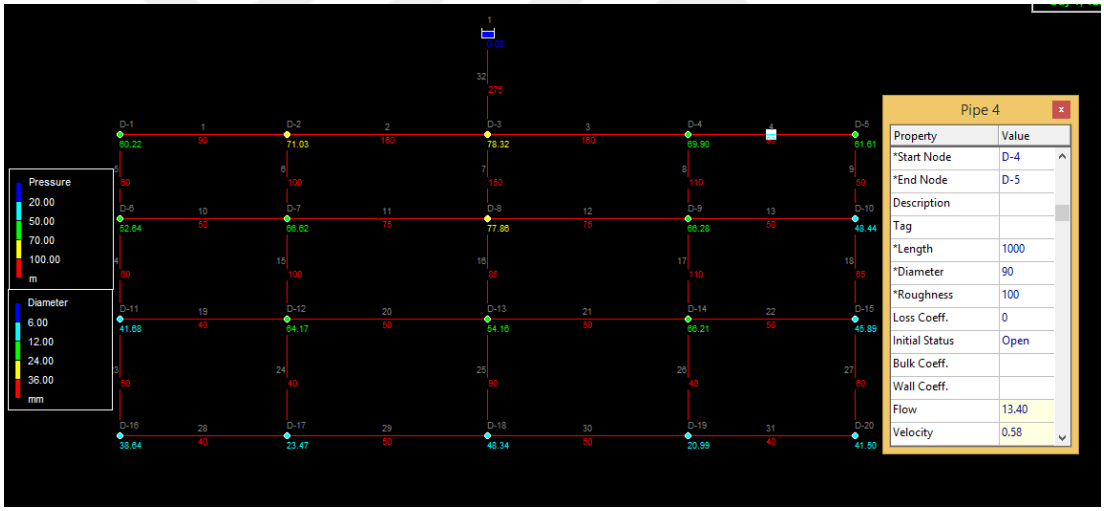
EPANET, Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı'nın (EPA) Su Temini ve Su Kaynakları Bölümü tarafından geliştirilen, halka açık bir su dağıtım sistemi modelleme yazılım paketidir. Basınçlı boru şebekelerinde hidrolik ve su kalitesi davranışının uzun vadeli simülasyonunu gerçekleştirir (Şekil d2.5). EPANET, ağ giriş verilerini düzenlemek, hidrolik ve su kalitesi simülasyonlarını çalıştırmak ve sonuçları çeşitli formatlarda görüntülemek için entegre bir ortam sağlamaktadır.



Şekil 2.5 EPANET ile bir içme suyu sistemin oluşturtulan elemanların gösterimi



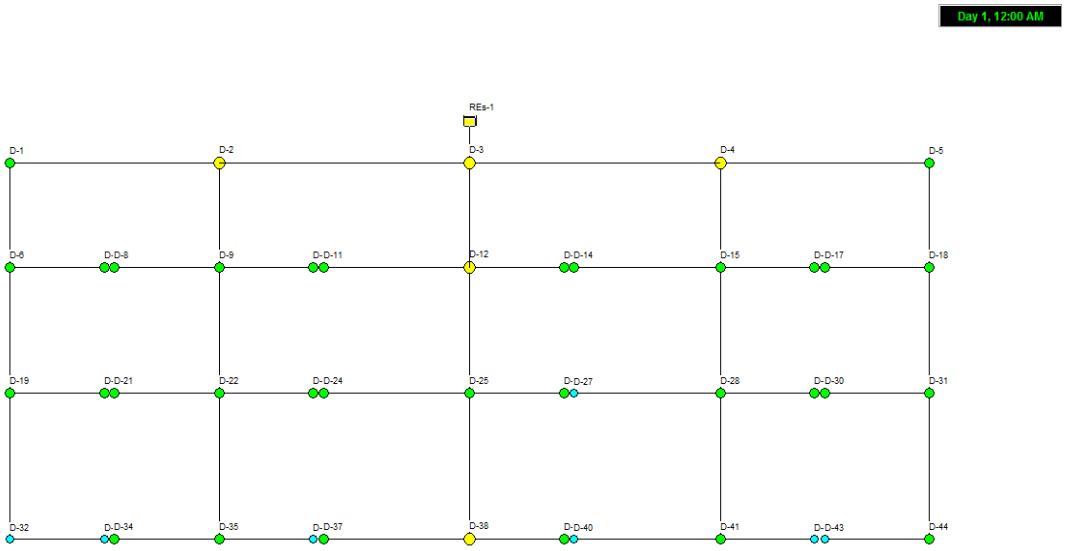
Şekil 2.6 Şebekesinin Planı üzerinde hız gösterme ve düğüm noktaları veri giriş sıkması



Şekil 2.7 Şebekesinin Planı üzeninde basıncı ve boru çapların gösterme veri giriş sıkması

Ağda bir veya daha fazla borunun birbirine bağlandığı yere "düğüm" denir (Şekil 2.6). İnşaat sırasında düğüm noktalarının hatasız yapılabilmesi için boruların detaylı planları çizilir. Düğümler planlanırken mümkün olduğunca az parça kullanılmalıdır. Düğümler ağda akımın yön değiştirdiği yerler olduğu için ağın en çok zorlandıkları yerlerdir. Bu nedenle arızalar daha çok burada meydana gelmektedir. Programın özellikler bölümünde daha önce girilen ölçekli haritadan boru boylarının otomatik olarak hesaplanması için borular çizilirken otomatik uzunluk komutu (On) açık bırakılmalıdır**.** EPANET hidrolik analiz için üç formülden birini kullanarak borular boyunca yük kayıplarını hesaplar.

Darcy Weisbach formülü Daha geniş bir hidrolik koşullar aralığında basınçlı akışı modellemek için kullanılır. Chezy manning formülü Manning denklemi için Chezy pürüzlülük katsayılarını kullanarak basınç akışını modellemek için kullanılır Hazen Williams formülü, basitleştirilmiş koşullar altında (türbülanslı akış, yaklaşık 60 derece Fahrenheit sıcaklık ve su benzeri viskozite) tam akış koşullarını modellemek için kullanılır. Bu çalışmada Hazen-Williams formül kullanılmış ve C pürüzlülük katsayısı 100 kabul edilmiştir.

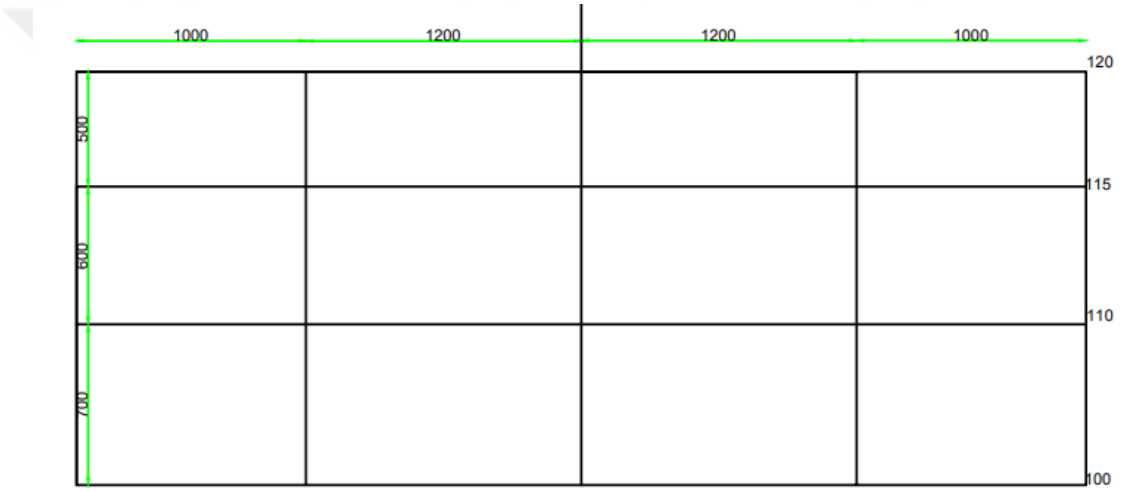


Şekil 2.8 EPANET ile boru şebekesinin oluşturulması

3. UYGULAMA

3.1 Çalışma alanı

Kentsel içme suyu tasarımında dal ve ağ şebekelerin kıyaslanmasının amaçlandığı bu çalışmada uygulama esasen Şekil 3.1 da verilen hipotetik bir şebeke üzerinde yapılmıştır. Bu şekilden görüleceği gibi hipotetik uygulama alanı toplamda 12 gözlü bir ağ oluşturmakta ve toplam alan 792 hektarı geçmektedir. Şebeke alanı kısa kenar doğrultusunda toplamda 20 metrelik kot farkıyla hafif meyilli bir araziden oluşmaktadır. Uzun kenar doğrultusunda herhangi bir kot farkı öngörülmemiştir. Bu şebekeye su sağlayan kentsel deponun kotu ise 220 metre olarak alınmıştır.



Şekil 3.1 Şebeke hesaplarında kullanılan hipotetik şebeke

Şebek hesaplamalarının Şekil 3.1 da verildiği gibi hipotetik bir şebeke üzerinde yapılmasına rağmen, tasarım debilerine esas su ihtiyacı hesaplamaları gerçek bir yerleşim yeri dikkate alınarak yapılmıştır. Bu amaçla Manisa Gördes ilçesi nüfus verileri kullanılmıştır (Şekil 3.2). Gördes ilçesinin yüzölçümü 1.447 kilometrekare, 2020 yılı nüfusu 27.000 ler civarındadır. İlçe topoğrafyası genellikle ormanlarla kaplı, sert meyilli yamaçlarla, bu yamaçlar arasındaki vadilerden oluşmaktadır. İlçenin başlıca geçim kaynakları tarım, hayvancılık, meyvecilikle ve madenciliktir. Gördes İlçesi, 38° 55' kuzey enlemi, 28° 18' doğu boylamı üzerindedir. Gördes, deniz seviyesinden 680 metre yüksekliktedir. İlçenin yazları kurak ve sıcak, kışları ılık ve yağışlı bir iklimi vardır. Yıllık yağış ortalaması 500- 700 m³ arasında değişmektedir.

Ortalama sıcaklık 11-13 C° dir. En önemli akarsuyu Gördes deresidir. (https://gordes.bel.tr/GORDESHAKKINDA 8.10.2021)



Şekil 3.2 Gördes ilçesi yerleşimi

3.2 Su ihtiyacı hesabı

Çalışma alanına ait 2008-2020 yılları arasındaki nüfus değerleri Tablo 3.2 da ve Şekil 3.3'te verilmiştir. Hem Tablo3.2'daki nüfus artış oranları hemde Şekil 3.3'teki grafik Gördes ilinde sistematik bir nüfus azalışının varlığını göstermektedir. Bunun en temel sebebinin iç göç olduğu bilinmektedir. Yukarıda açıklandığı gibi gelecek nüfus hesabı yapılması halinde proje tasarımında çok daha düşük bir nüfus değerinin kullanılma durumu ortaya çıkacağından bu çalışma kapsamında Gelecek nüfus değeri 50.000 olarak alınmıştır. Bu değer için Tablo 2.1'den kişi başı günlük ortalama su tüketimi 100 lt/kişi/gün olarak alınmıştır. Buna göre insan su ihtiyacı; Q_{insan} =50.000 x 100 = 5000000 lt/gün = 5000 m^3/gün olarak bulunur. Bu debiye ilaveten herhangi bir özel debi dikkate alınmamıştır. Şekil 3.1 da verilen hipotetik şebeke için birim debi hesabına esas toplam boru uzunluğu hesabı Tablo 3.1 de yapılmıştır. Bu tablodan görüldüğü üzere sokaklarda nüfusun homojen dağıldığı kabulü ile hipotetik şebekenin her cadde ve sokağı için yoğunluk katsayıları 1 kabul edilmiştir. Dolayısı ile izafi boru

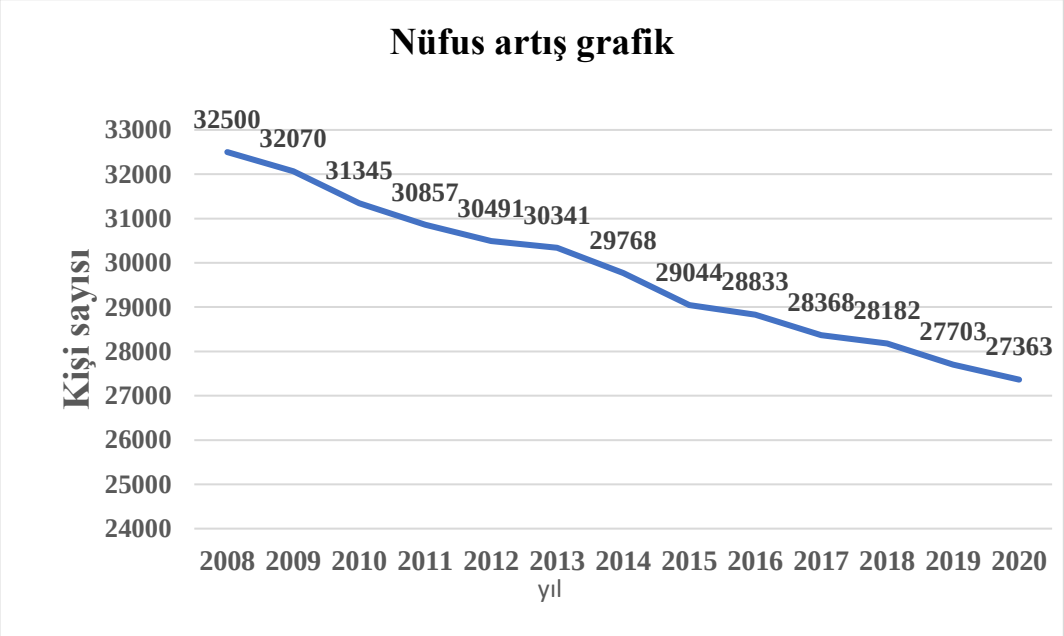
boyları toplamı 24800 metre olduğundan borulardaki su kullanımının hesaplandığı birim debi (Q/∑L) 0,0084 m^3/saat/metre olarak elde edilmiştir.

Tablo 3.1 Şebeke birim debi hesabı

Boru No	Gerçek Boru boyu (L)	Yoğunluk kat sayısı (K)	izafi boru boyu L=L*K
	M	_	M
1	1000	1	1000
2	1200	1	1200
3	1200	1	1200
4	1000	1	1000
5	500	1	500
6	500	1	500
7	500	1	500
8	500	1	500
9	500	1	500
10	1000	1	1000
11	1200	1	1200
12	1200	1	1200
13	1000	1	1000
14	600	1	600
15	600	1	600
16	600	1	600
17	600	1	600
18	600	1	600
19	1000	1	1000
20	1200	1	1200
21	1200	1	1200
22	1000	1	1000
23	700	1	700
24	700	1	700
25	700	1	700
26	700	1	700
27	700	1	700
28	1000	1	1000
29	1200	1	1200
30	1200	1	1200
31	1000	1	1000
32	1500	1	1500
		Toplam	28100

Tablo 3.2 Gördes ilçesi nüfus değerleri

Yıllar	Nüfus	Artış hızı (kişi/yıl)
	Kişi	K_a
2008	32500	-1,323076923
2009	32070	-2,260679763
2010	31345	-1,556867124
2011	30857	-1,186116602
2012	30491	-0,491948444
2013	30341	-1,888533667
2014	29768	-2,432141897
2015	29044	-0,726483955
2016	28833	-1,612735407
2017	28368	-0,655668359
2018	28182	-1,699666454
2019	27703	-1,227303902
2020	27363	-1,222230303

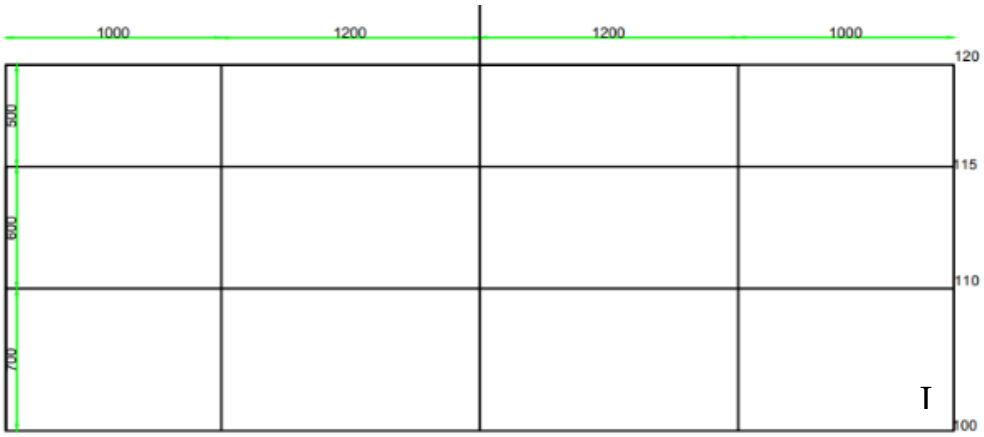


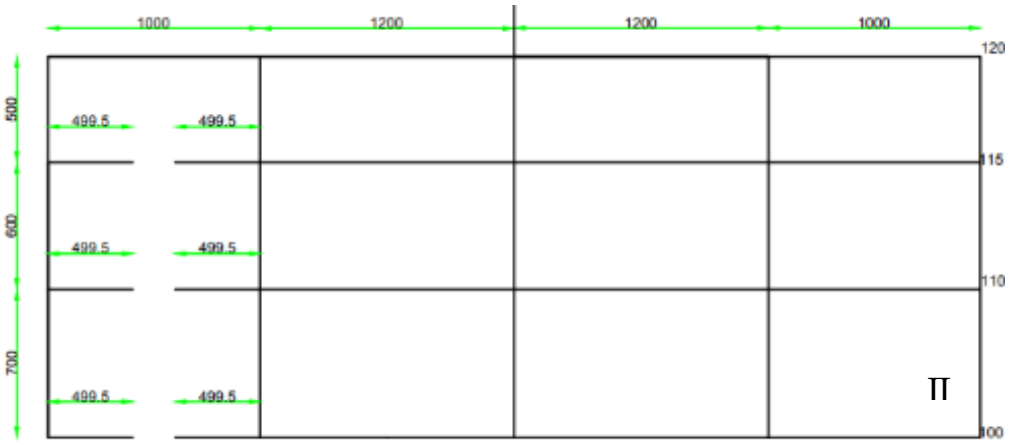
Şekil 3.3 Gördes ilçesi geçmiş nüfusların trendi

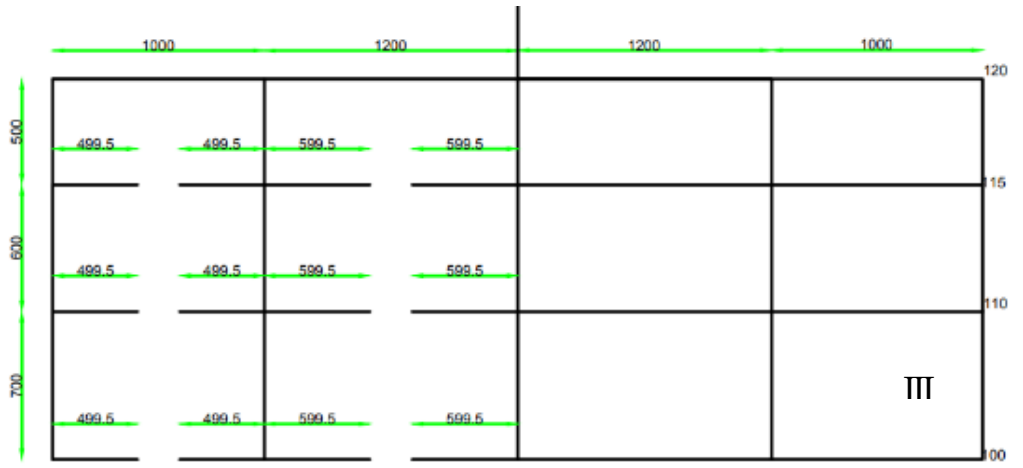
3.3 Şebeke çözümleri

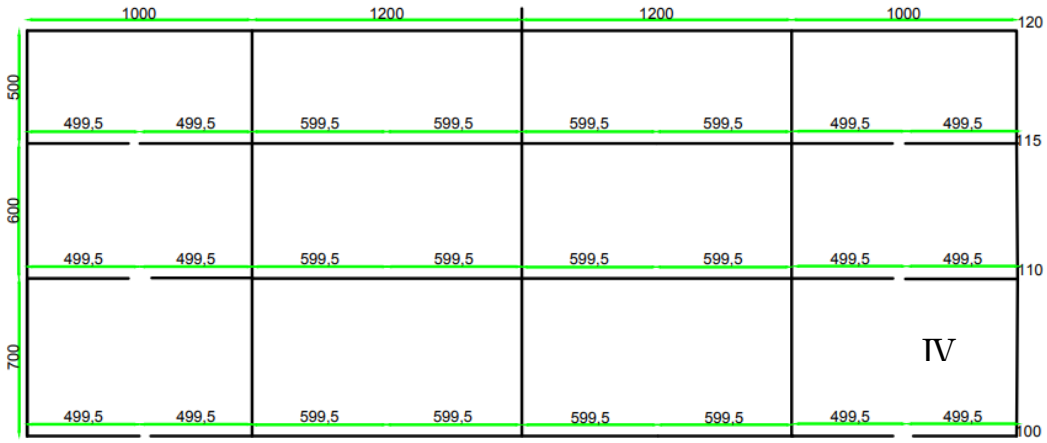
Kentsel içme suyu dağıtım sistemleri çözümünde bir ağ şebekenin dal şebeke gibi çözülmesinin sisteme herhangi bir ekonomi getirip getirmediği Şekil3.1'da verilen hipotetik şebekenin çeşitli şekillerde dal şebeke haline getirilmesi ile araştırılmıştır. Ağ şebekenin dallaştırılması işlemi kısa kenar boyunca (düşey) uzanan hatlar arasında kalan diğer yöndeki (yatay) hatların tam ortadan 1 metre ayırılması ile sağlanmıştır. Böylece önceden tek boru olan hat 50'şer cm kısa iki hat haline getirilmiştir (Şekil 3.4). Dikey hat aralarının birer (Şekil 3.4, I), ikişer (Şekil3.4, II ve III), üçer (Şekil 3.4, IV) ve dörder (Şekil 3.4, V) olarak ayrılması ile 5 adet farklı dallaştırma işlemi gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.4). İkişer dallaştırma soldaki iki düşey hat araları ve sağ ve soldaki birer dikey hat arası şeklinde iki farklı şekilde yapılmıştır (Şekil 3.4, II ve III). Böylece toplam 6 adet farklı şebeke çözümü gerçekleştirilmiştir. Şekil 3.4 de verilen şebekelerden I nolu şebeke %25, II ve III nolu şebeke %50, IV nolu şebeke %75 ve V nolu şebeke %100 dallaştırma yapılmış şebekeler olarak kabul edilmiştir.

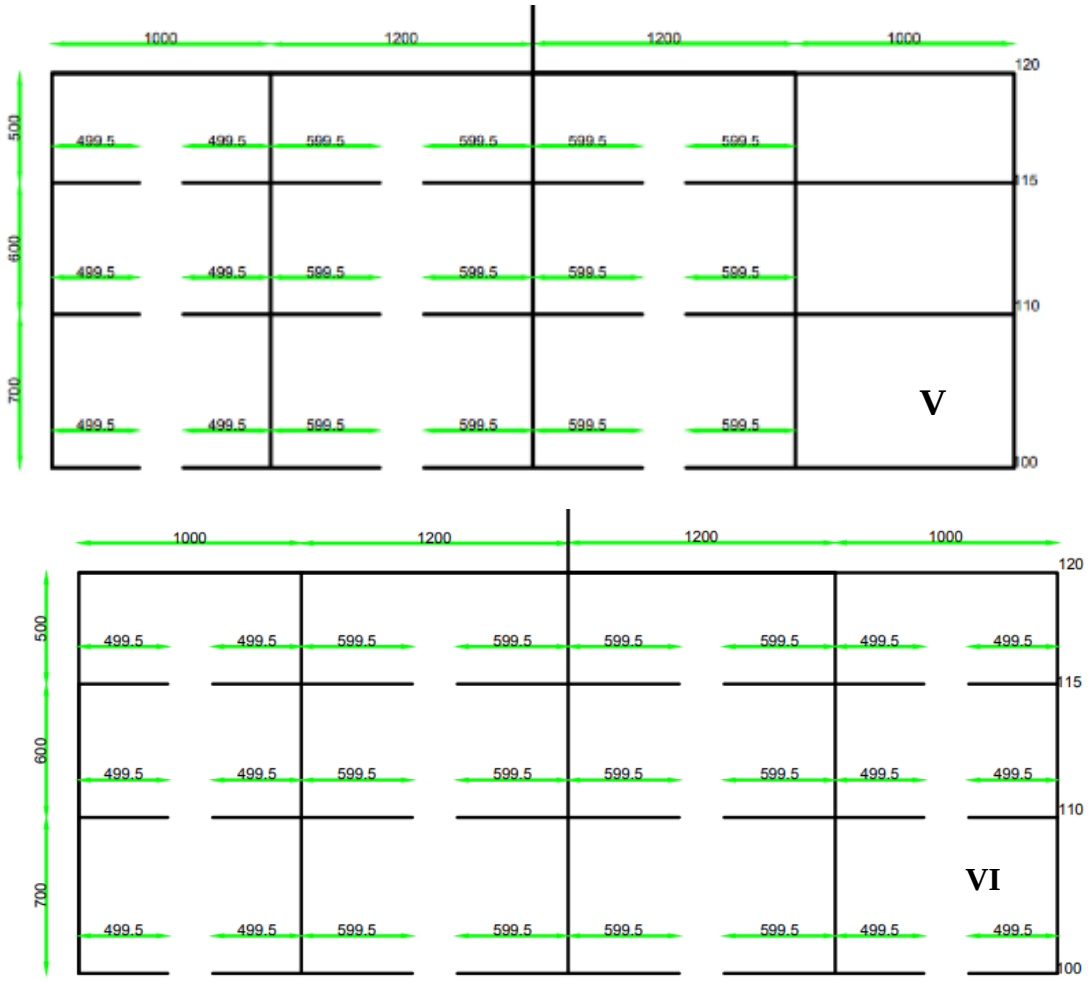
Şebeke çözümlerinin yapıldığı EPANET yazılımı Hardy-Cross yöntemine göre çözüm yaptığı için, bu yöntem için düğüm noktalarında uç debilerin hesaplanması gerekmektedir. Düğüm noktalarındaki uç debiler, o düğüme akımı olan borulardaki toplam kullanımı ifade etmektedir. Şekil 3.4 de verilen şebekelerden I nolu şebeke ağ şebeke çözümü olup, bu şebeke için uç debi hesabı Tablo 3.3 da verilmiştir. Bu tabloda düğümü besleyen boru sütunundaki borular başlangıç olarak öngörülen hatlardır. Diğer 6 şebeke için de uç debi hesabı benzer yaklaşımla yapılmıştır.




1000
1200
1200
1000
120
500
600
700
499.5
115
110
100
II


1000
1200
1200
1000
120
500
600
700
499.5
599.5
115
110
100
III


1000
1200
1200
1000
120
500
600
700
499,5
599,5
115
110
100
IV



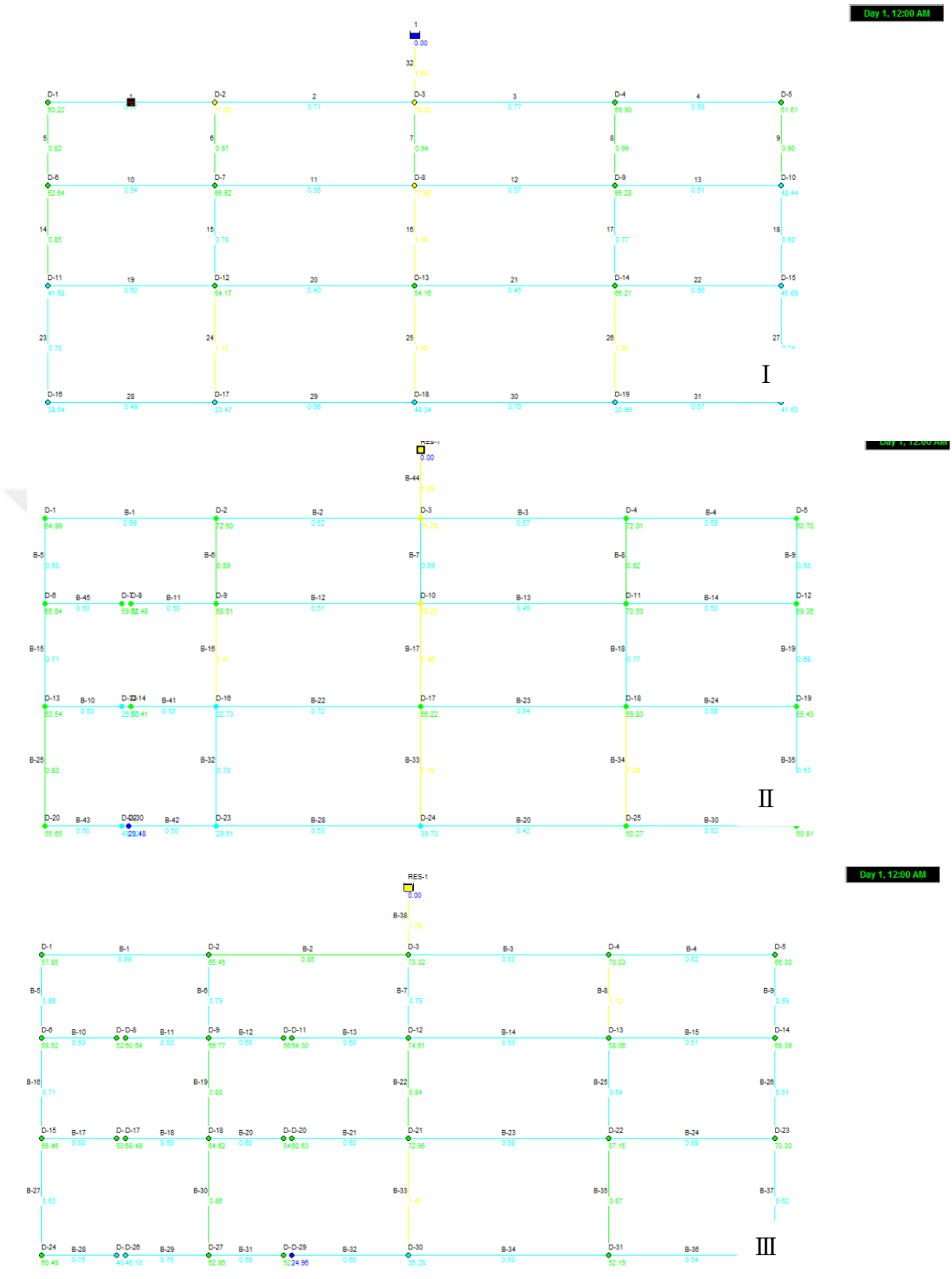
Şekil 3.4 Hipotetik şebeke üzerinde yapılan dallaştırma sonucu elde edilen şebekeler

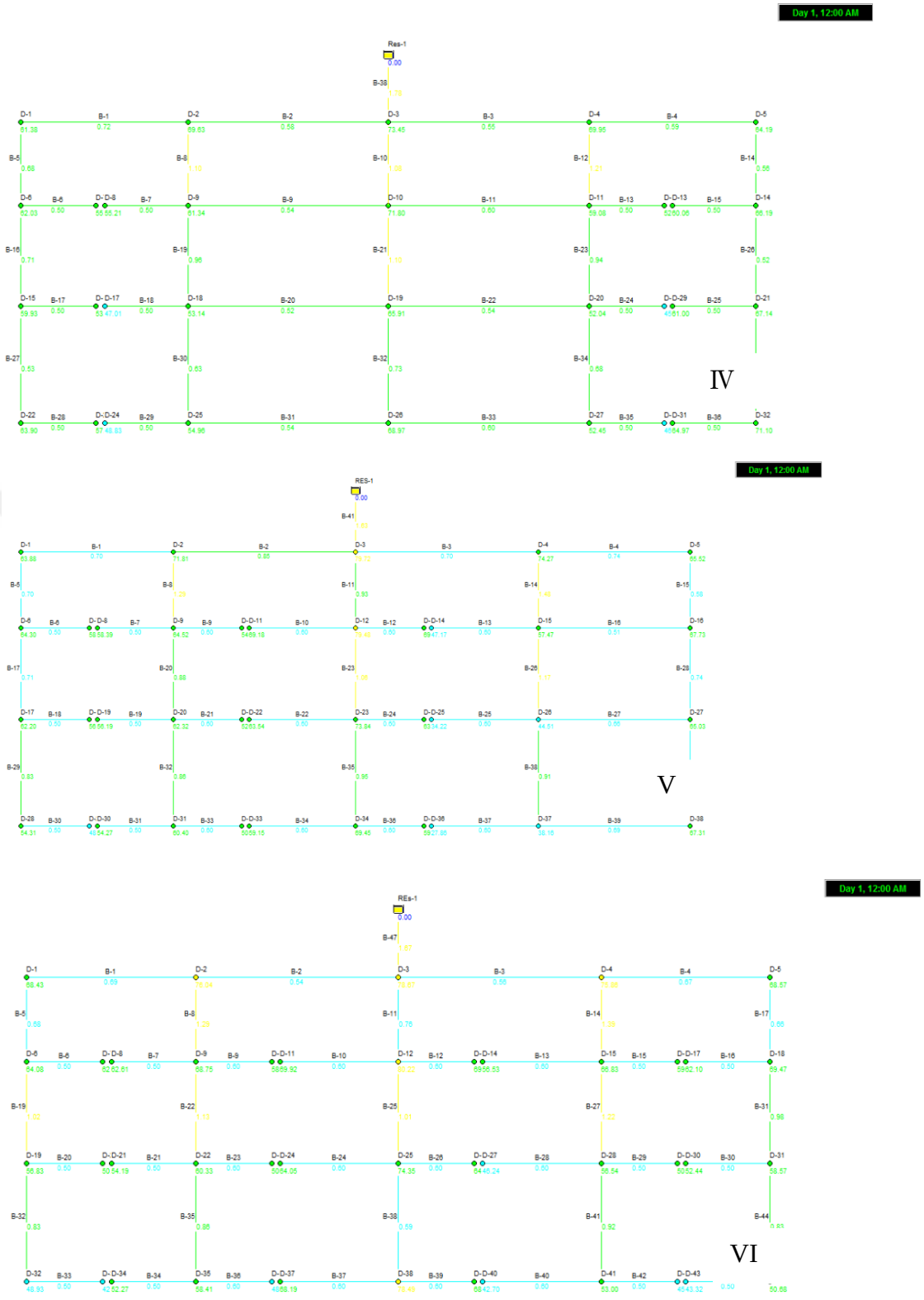
Tablo 3.3 Şebeke çözümlerinde kullanılan uç debilerin hesabı

Boru No	**Düğüm Nokta No**	**Düğümü Besleyen Borular**	**Birim Debi q=Q/∑L (m^3/saat/m)**	**Düğüm Noktasındaki Uç Debi (m^3/saat)**
1	D1	1	0,0084	8,4
2	D2	2	0,0084	10,8
3	D3	32	0,0084	208,55
4	D4	3	0,0084	10,8
5	D5	4	0,0084	8,4
6	D6	5	0,0084	4,2
7	D7	6_10	0,0084	12,6
8	D8	7_11	0,0084	14,28

9	D9	8_12	0,0084	14,28
10	D10	9_13	0,0084	4,2
11	D11	14	0,0084	5,02
12	D12	15_19	0,0084	13,44
13	D13	16_20	0,0084	15,12
14	D14	17_21	0,0084	15,12
15	D15	18_22	0,0084	8,4
16	D16	23	0,0084	5,88
17	D17	24_28	0,0084	14,28
18	D18	25_29	0,0084	16,2
19	D19	26_30	0,0084	15,96
20	D20	27_31	0,0084	5,88

Şebeke çözümleri sırasında çap seçimi yapılırken borulardaki hız limitleri 0.5-1,5 m/sn.; şebeke basınç limitleri ise 20-80 metre aralığında olacak şekilde davranılmıştır. Bu sınırları sağlayacak şekilde yapılan şebeke çözümleri sonucu elde edilen basınç ve hız dağılımları 6 adet şebeke için Şekiller 3.5,3.6,3.7,3.8,3.9,3.10, da verilmiştir.

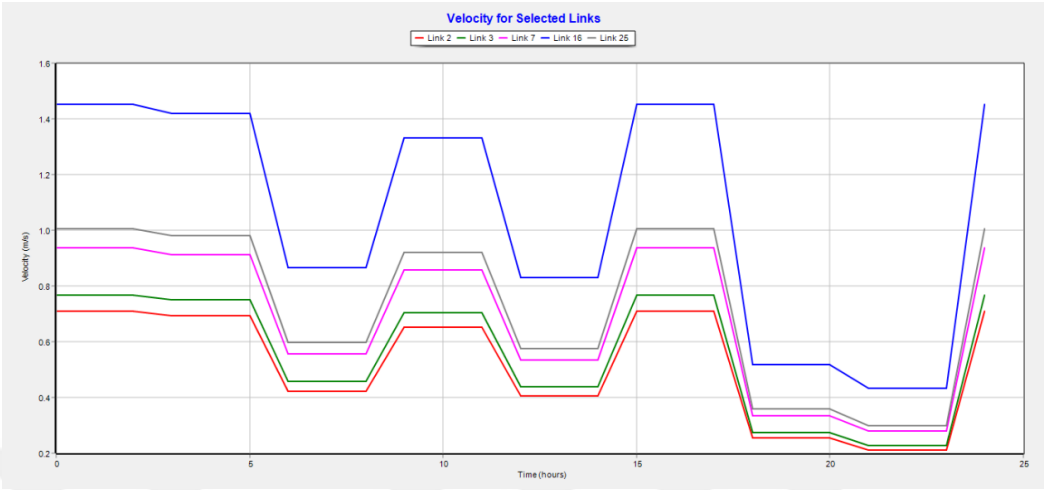

Day 1, 12:00 AM
I
II
RES-1
Day 1, 12:00 AM
III



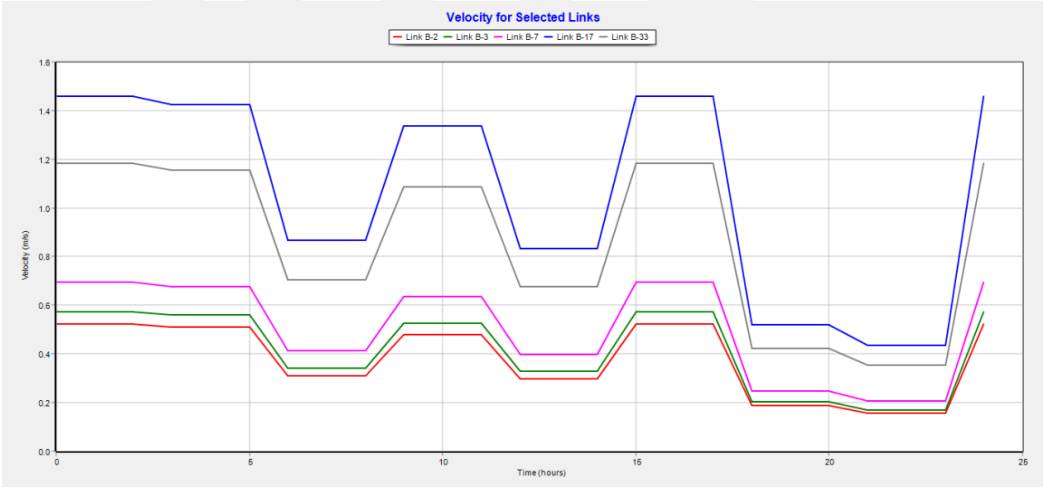
Şekil 3.5 I, II, III, IV, V, VI. şebeke basıncı ve hız dağılımları

Şebeke çözümleri sonucu tüm şebeke boruları için 24 saatlik hız grafikleri elde edilmektedir. 5. ana boru üzerindeki borular için hız grafikleri 6 ayrı şebeke için Şekiller 3.11, 3.12, 3.13,3.14,3.15,3.16, da verilmiştir. Bu şekillerin incelenmesi

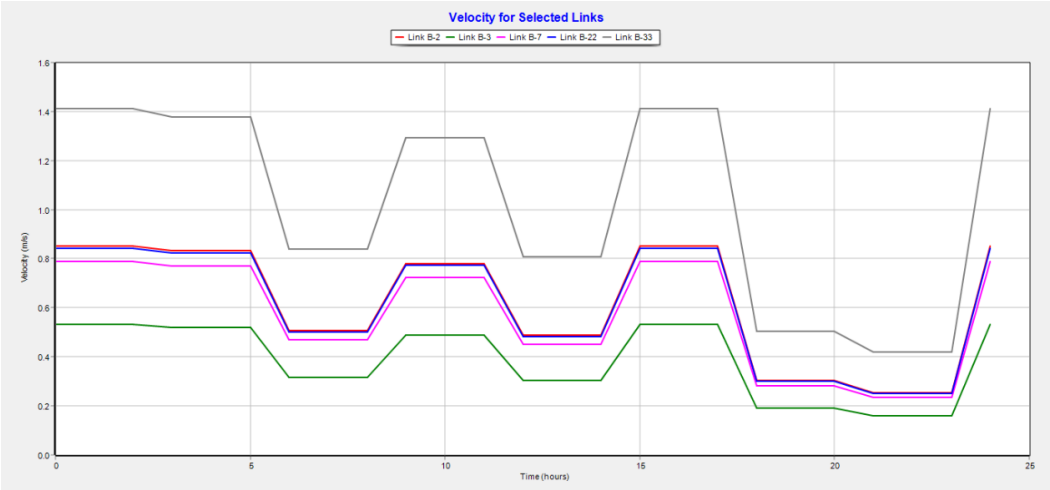
sonucu dallaştırma oranı arttıkça hız değerlerinin daha düşük seyrettiği söylenebilir. Bunun doğal sonucu olarak da boru çapları izafi olarak daha büyük olmaktadır.



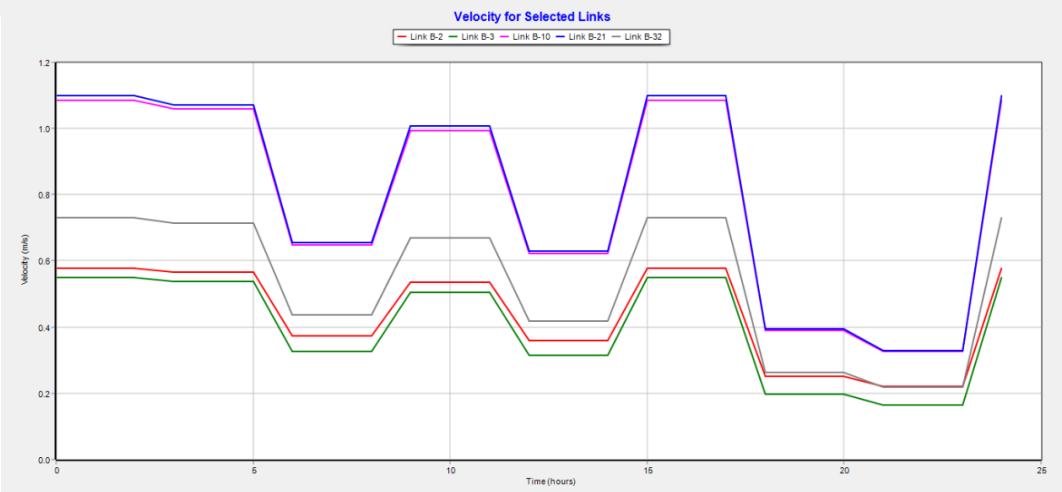
Şekil 3.6 I. Şebeke 5. ana boru için 24 saatlik hız grafikleri



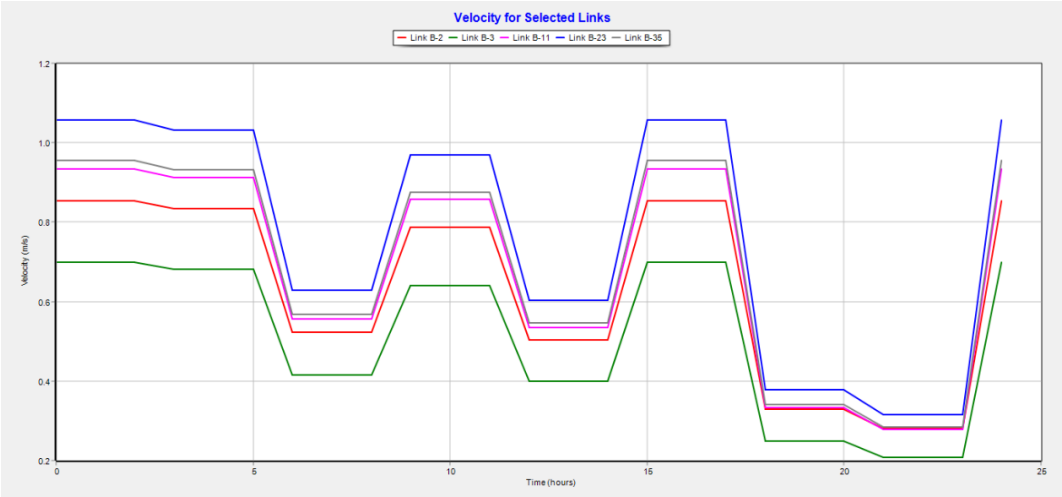
Şekil 3.7 II. Şebeke 5. ana boru için 24 saatlik hız grafikleri



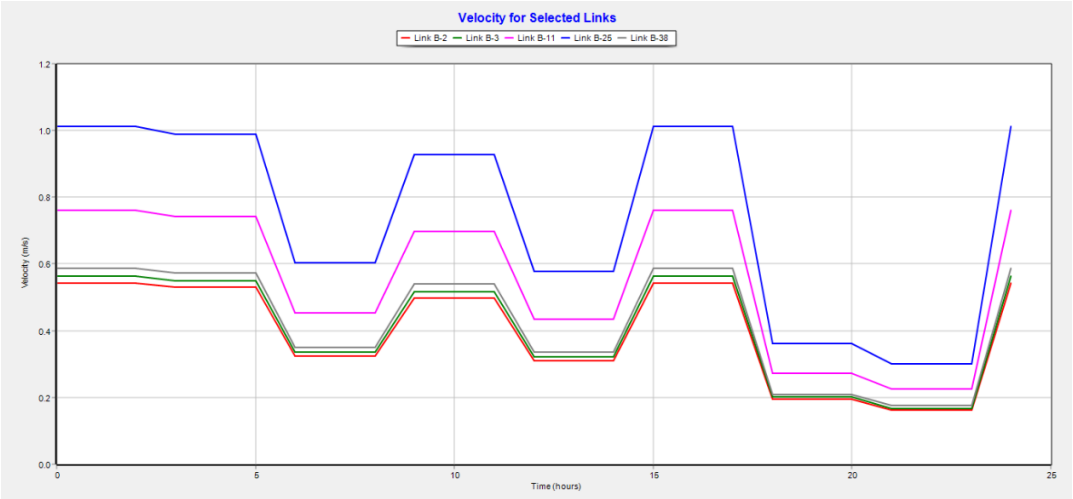
Şekil 3.8 III. Şebeke 5. ana boru için 24 saatlik hız grafikleri



Şekil 3.9 IV. Şebeke 5. ana boru için 24 saatlik hız grafikleri

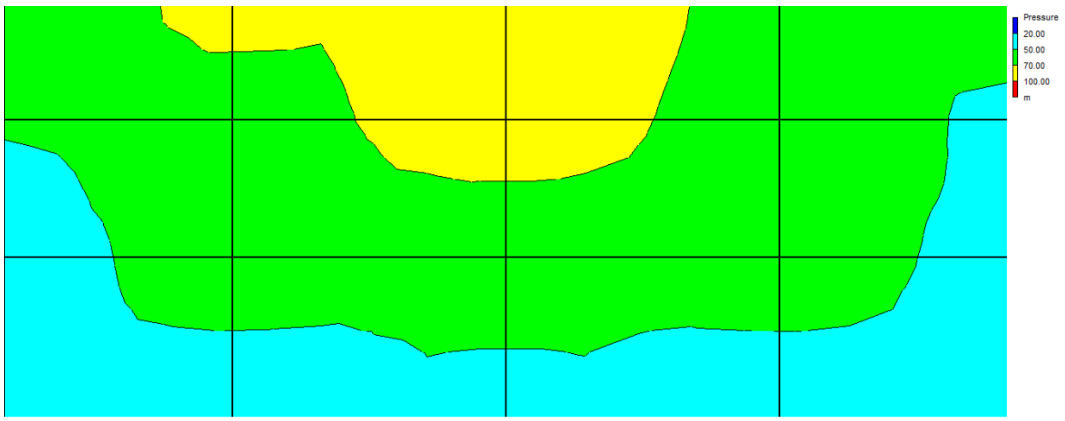


Şekil 3.10 V. Şebeke 5. ana boru için 24 saatlik hız grafikleri

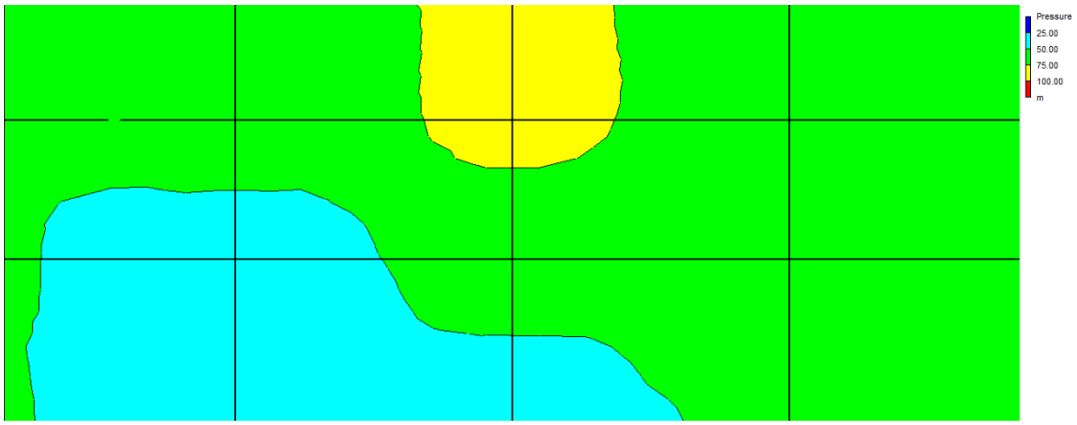


Şekil 3.11 VI. Şebeke 5. ana boru için 24 saatlik hız grafikleri

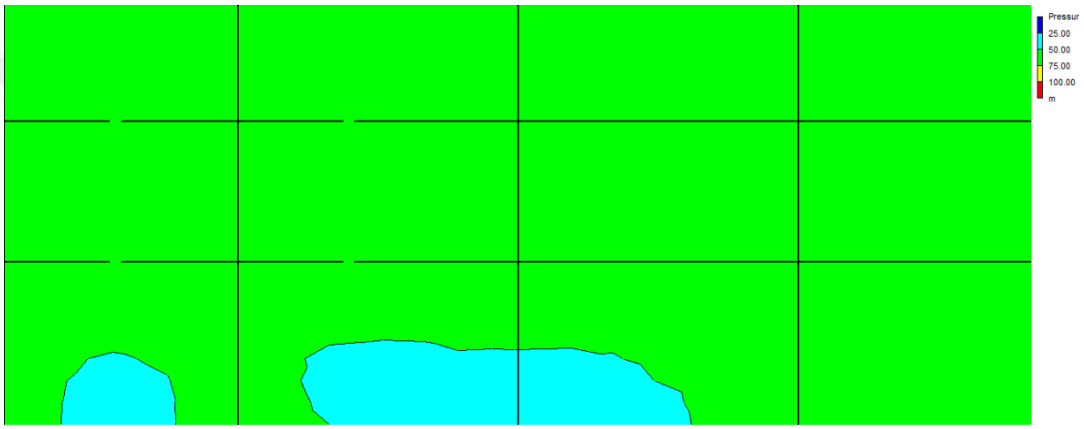
Şebeke çözümleri sonucu şebeklerde oluşan basınçların alansal dağılımı Şekiller 3.17,3.18,3.19,3.20,3.21,3.22, da verilmiştir. Bu şekillerin incelenmesi sonucu dallaştırma oranı arttıkça basınç değerlerinin daha düşük seyrettiği söylenebilir. Bu durumun daha önce Şekiller 3.11,3.12, 3.13,3.14,3.15,3.16 de verilen hız dağılımları ile uyumludur. Daha yüksek basınçlarla çalışan bir şebekede daha yüksek hızlar oluşmakta; bu da şebekeye ekonomi getirmektedir.



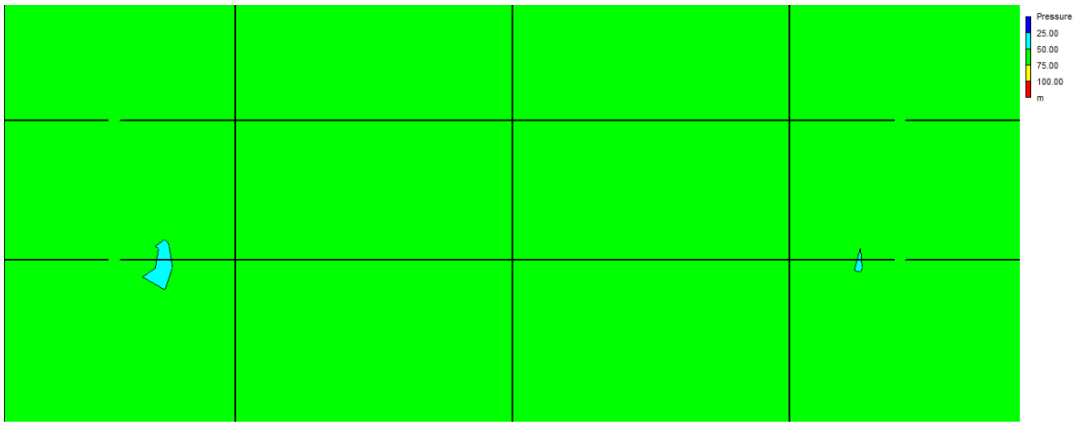
Şekil 3.12 I. Şebeke alansal basınç dağılımı



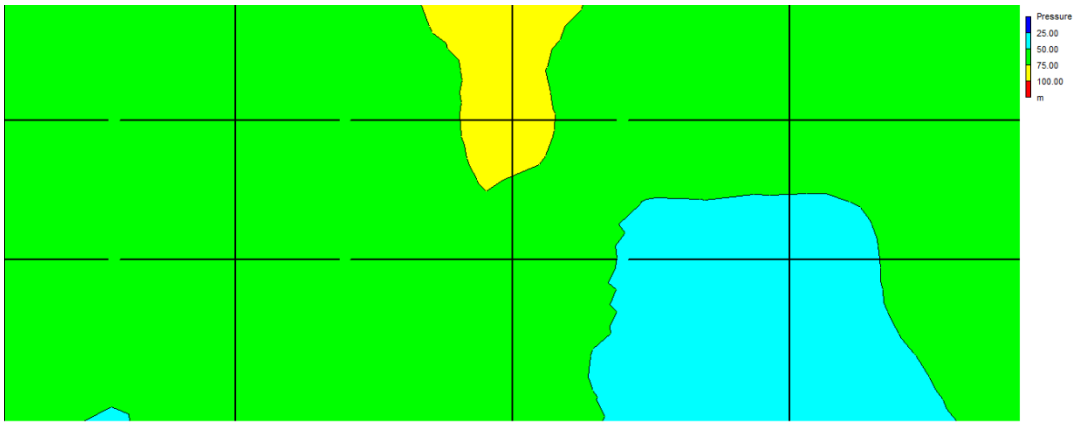
Şekil 3.13 II. Şebeke alansal basınç dağılımı



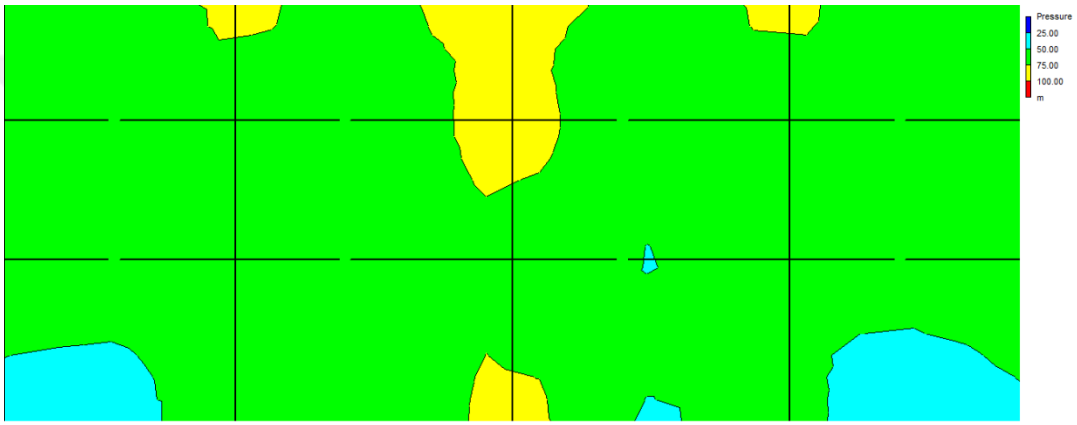
Şekil 3.14 III. Şebeke alansal basınç dağılımı



Şekil 3.15 IV. Şebeke alansal basınç dağılımı

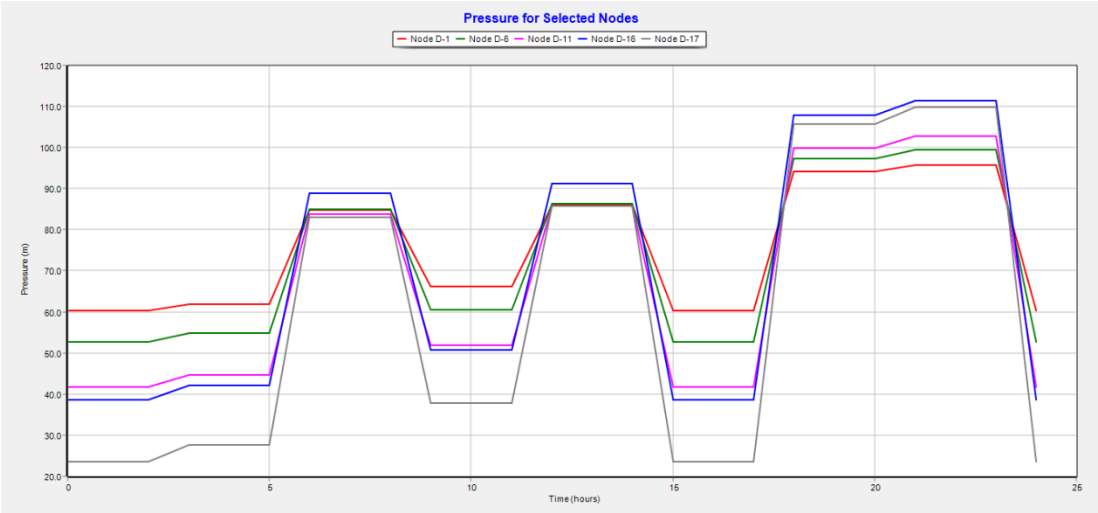


Şekil 3.16 V. Şebeke alansal basınç dağılımı

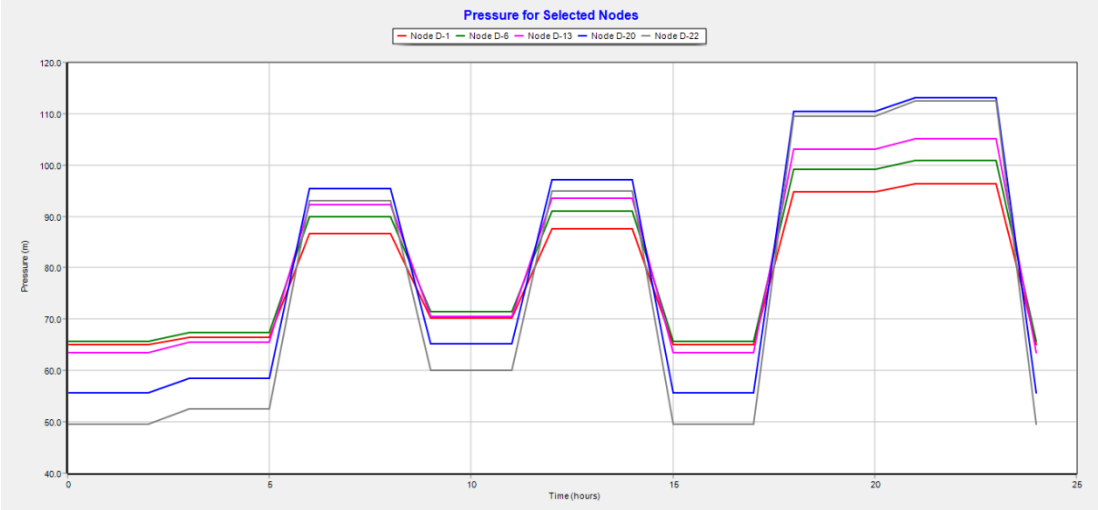


Şekil 3.17 IV. Şebeke alansal basınç dağılımı

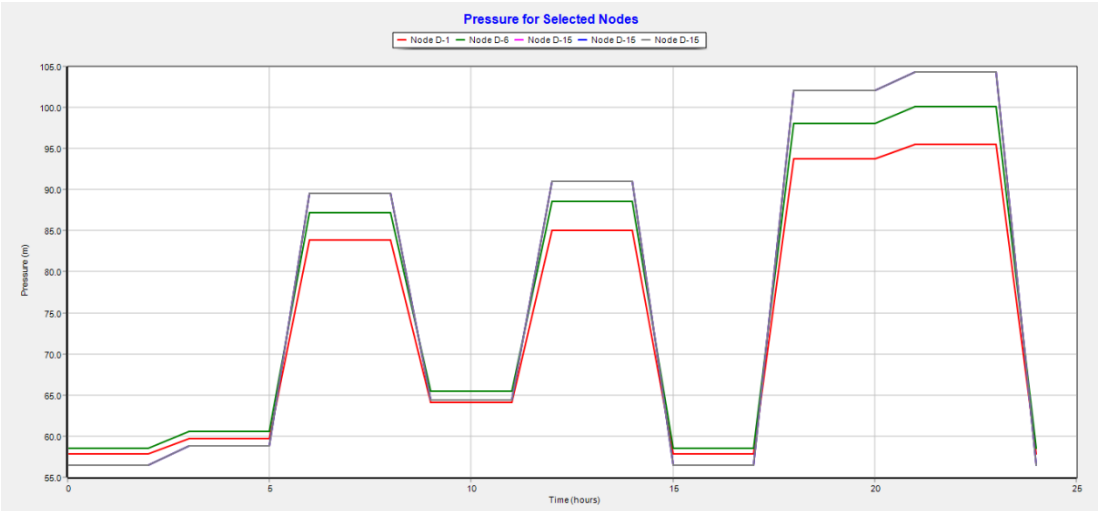
Oluşturulan 6 şebeke için hidrolik hesaplar sonucu elde edilen parametrelerden düğüm noktalarındaki basınç değişim grafiklerine örnek olarak seçilmiş 5 düğüm noktasında bu grafikler Şekiller 3.23 ,3.24 ,3.25 ,3.26 ,3.27 ,3.28 da verilmiştir.



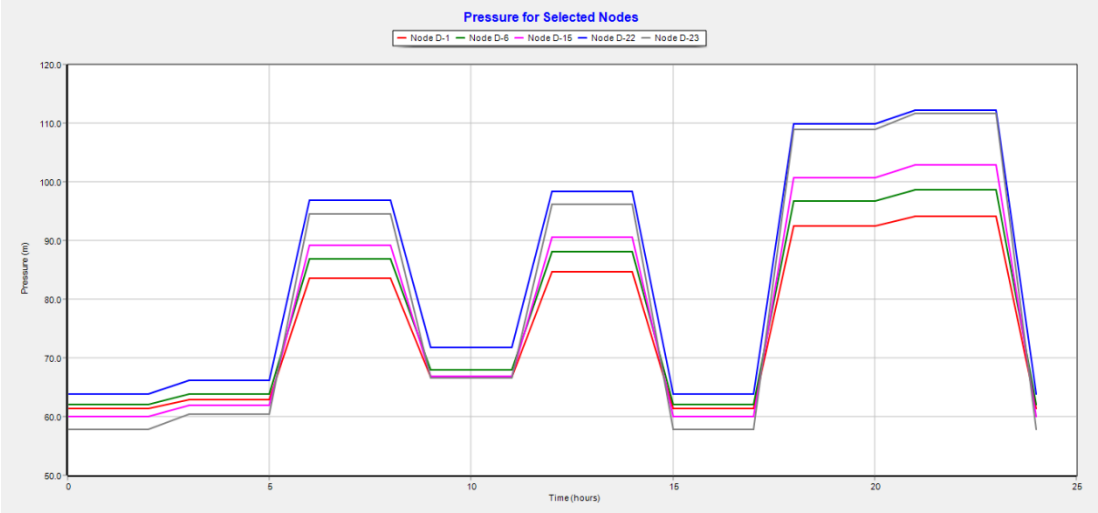
Şekil 3.18 I. Şebekeye ait 5 düğüm noktasındaki basınç değişimleri



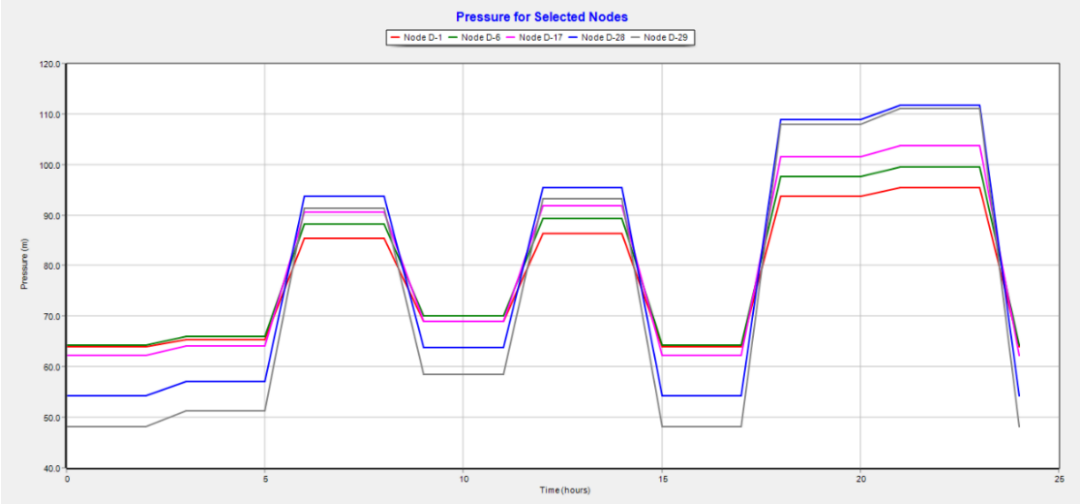
Şekil 3.19 II. Şebekeye ait 5 düğüm noktasındaki basınç değişimleri



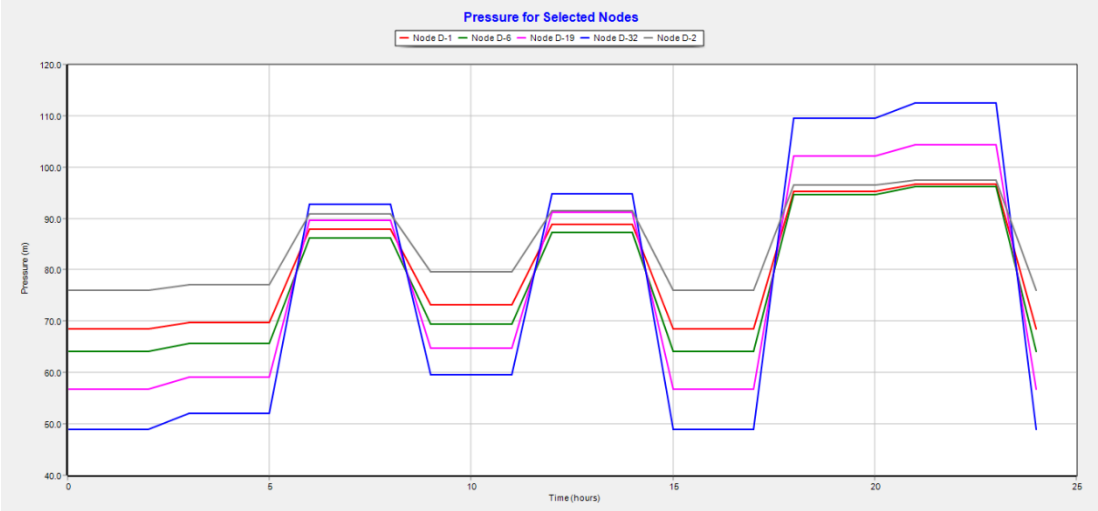
Şekil 3.20 III. Şebekeye ait 5 düğüm noktasındaki basınç değişimleri



Şekil 3.21 IV. Şebekeye ait 5 düğüm noktasındaki basınç değişimleri



Şekil 3.22 V. Şebekeye ait 5 düğüm noktasındaki basınç değişimleri



Şekil 3.23 VI. Şebekeye ait 5 düğüm noktasındaki basınç değişimleri

3.4 Şebeke maliyet hesaplamaları

Şekil 3.1 da verilen hipotetik şebeke çeşitli dallaştırma oranlarına göre oluşturulan 6 farklı şebeke için hidrolik hesaplar Bölüm 3.5'te anlatılmıştır. Bu aşamada her bir şebekedeki boru çapları belirlenmiştir. Dallaştırma olgusunun şebeke maliyetlerine olan etkisi her bir şebekenin maliyetleri belirlenerek değerlendirilmiştir. Hernekadar bir şebekenin maliyeti; boru maliyetleri, kazı maliyetleri ve şebeke üzerinde kullanılan vana benzeri teçhizat maliyetleri unsurlarından oluşmakta ise de bu çalışmada diğer maliyetlerin aynı olabileceği kabulü ile sadece boru maliyeti esas alınmıştır. Boru birim maliyetleri Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (ÇŞB) 2021 yılı rayiç bedellerinden alınmıştır.[4] Bölüm 3.4'te hidrolik tasarımı yapılan 6 şebekenin maliyetleri Tablolar 3.4,3.5 ,3.6 ,3.7 ,3.8 ,3.9 de hesaplanmıştır. Bu tablolarda boru boyları, çaplar ve maksimum basınç değerleri Bölüm 3.4 teki hidrolik hesaplardan alınmıştır. Birim fiyat değerleri ÇŞB rayiç değerleri olup boru çapı ve borunun maruz kaldığı basınca göre seçilmiştir.

Tablo 3.4 I. Şebeke maliyet tablosu

		Uzunluk	Çap			
Boru NO	**Link ID**	**Metre(M)**	**Ø(mm)**	**maksimum basınç**	*Birim fiyat (TL)*	*toplam fiyat (TL)*
1	Pipe 1	1000	90	75,49	13,45	13450
2	Pipe 2	1200	160	79,42	40,9	49080
3	Pipe 3	1200	160	75,09	40,9	49080
4	Pipe 4	1000	90	68,83	13,45	13450
5	Pipe 6	500	100	75,49	14,18	7090
6	Pipe 8	500	110	75,09	15,6	7800
7	Pipe 9	500	50	71,06	3,4	1700
8	Pipe 11	1200	75	79,99	7,45	8940
9	Pipe 12	1200	75	79,99	7,45	8940
10	Pipe 13	1000	50	71,06	3,4	3400
11	Pipe 19	1000	40	67,43	2,91	2910
12	Pipe 15	600	100	68,26	14,18	8508
13	Pipe 16	600	85	79,8	11,45	6870
14	Pipe 20	1200	50	80	3,4	4080
15	Pipe 22	1000	50	63,38	3,4	3400
16	Pipe 18	600	65	71,05	6,82	4092
17	Pipe 23	700	60	50,19	6,7	4690
18	Pipe 24	700	40	67,34	2,91	2037
19	Pipe 25	700	90	79,94	13,45	9415
20	Pipe 27	700	60	51,53	6,7	4690
21	Pipe 28	1000	40	67,3	2,91	2910
22	Pipe 29	1200	50	79,94	3,4	4080
23	Pipe 30	1200	50	79,94	3,4	4080
24	Pipe 7	500	150	79,33	29,298	14649
25	Pipe 5	500	60	70,71	6,7	3350
26	Pipe 14	600	60	56,11	6,7	4020
27	Pipe 10	1000	50	68,26	3,4	3400
28	Pipe 21	1200	50	80	3,4	4080
29	Pipe 17	600	110	63,38	15,6	9360
30	Pipe 26	700	40	69,81	2,91	2037
31	Pipe 31	1000	40	69,81	2,91	2910
32	Pipe 32	1500	275	79,9	123,07	184605

Tablo 3.5 II. Şebeke maliyet tablosu

		Uzunluk	Çap			
Boru NO	**Link ID**	**metre (M)**	**Ø(mm)**	**maksimum basınç**	*Birim fiyat (TL)*	*Toplam fiyat (TL)*
1	Pipe B-1	1000	125	61,89	25,3	25300
2	Pipe B-2	1200	200	78,56	64,5	77400
3	Pipe B-3	1200	200	78,56	64,5	77400
4	Pipe B-4	1000	90	65,09	13,45	13450
5	Pipe B-5	500	110	45,81	15,6	7800
6	Pipe B-6	500	90	61,89	13,45	6725
7	Pipe B-7	500	180	78,56	47,9	23950
8	Pipe B-8	500	125	62,7	25,3	12650
9	Pipe B-11	499,5	50	37,95	3,4	1698,3
10	Pipe B-12	1200	75	76,94	7,45	8940
11	Pipe B-13	1200	85	76,94	11,45	13740
12	Pipe B-14	1000	55	62,76	5,11	5110
13	Pipe B-15	600	90	43,65	13,45	8070
14	Pipe B-16	600	60	56,79	6,82	4092
15	Pipe B-17	600	90	76,94	13,45	8070
16	Pipe B-18	600	125	62,7	25,3	15180
17	Pipe B-19	600	70	45,07	7,4	4440
18	Pipe B-22	1200	60	75,92	6,82	8184
19	Pipe B-23	1200	60	75,92	6,82	8184
20	Pipe B-24	1000	55	56,92	5,11	5110
21	Pipe B-25	700	60	35,41	6,82	4774
22	Pipe B-28	1200	75	74,81	7,45	8940
23	Pipe B-30	1000	60	53,36	6,82	6820
24	Pipe B-32	700	60	39,92	6,82	4774
25	Pipe B-33	700	60	76,92	6,82	4774
26	Pipe B-34	700	60	56,06	6,82	4774
27	Pipe B-35	700	85	40,36	11,45	8015
28	Pipe B-9	500	70	47,86	7,4	3700
29	Pipe B-41	499,5	50	27,66	3,4	1698,3
30	Pipe B-42	499,5	50	34,64	3,4	1698,3
31	Pipe B-43	499,5	50	31,68	3,4	1698,3
32	Pipe B-44	1500	275	78,55	123,07	184605
33	Pipe B-45	499,5	50	24,63	3,4	1698,3
34	Pipe B-10	499,5	50	35,59	3,4	1698,3
35	Pipe B-20	1200	50	74,81	3,4	4080

Tablo 3.6 III. Şebeke maliyet tablosu

		Uzunluk	Çap			
Boru NO	**Link ID**	**metre (M)**	**Ø(mm)**	**maksimum basınç**	*Birim fiyat (TL)*	*Toplam fiyat (TL)*
1	Pipe B-1	1000	125	65,73	25,3	25300
2	Pipe B-2	1200	200	79,35	64,5	77400
3	Pipe B-3	1200	200	79,35	64,5	77400
4	Pipe B-4	1000	150	61,71	29,298	29298
5	Pipe B-5	500	110	56,13	15,6	7800
6	Pipe B-6	500	160	65,73	40,9	20450
7	Pipe B-7	500	160	79,35	40,9	20450
8	Pipe B-8	500	75	61,71	7,45	3725
9	Pipe B-9	500	125	48,8	25,3	12650
10	Pipe B-10	499,5	50	53,99	3,4	1698,3
11	Pipe B-11	499,5	50	63,43	3,4	1698,3
12	Pipe B-12	559,5	50	63,43	3,4	1902,3
13	Pipe B-13	599,5	50	77,05	3,4	2038,3
14	Pipe B-14	1200	50	77,05	3,4	4080
15	Pipe B-15	1000	60	56,38	6,7	6700
16	Pipe B-16	600	90	63,99	13,45	8070
17	Pipe B-17	499,5	50	48,75	3,4	1698,3
18	Pipe B-18	499,5	50	55,78	3,4	1698,3
19	Pipe B-19	600	125	63,43	25,3	15180
20	Pipe B-20	559,5	50	55,78	3,4	1902,3
21	Pipe B-22	600	125	77,05	25,3	15180
22	Pipe B-23	1200	60	71,93	6,7	8040
23	Pipe B-24	1000	60	50,5	6,7	6700
24	Pipe B-25	600	90	56,38	13,45	8070
25	Pipe B-26	600	110	48,46	15,6	9360
26	Pipe B-27	700	75	48,75	7,45	5215
27	Pipe B-29	499,5	40	44,16	2,91	1453,545
28	Pipe B-31	599,5	50	44,16	3,4	2038,3
29	Pipe B-32	599,5	50	76,62	3,4	2038,3
30	Pipe B-33	700	60	76,62	6,7	4690
31	Pipe B-34	1200	45	76,62	3	3600
32	Pipe B-35	700	75	52,62	7,45	5215
33	Pipe B-36	1000	40	52,62	2,91	2910
34	Pipe B-37	700	65	39,31	6,82	4774
35	Pipe B-38	1500	275	79,35	123,07	184605
36	Pipe B-28	499,5	40	40,41	2,91	1453,545
37	Pipe B-30	700	90	55,78	13,45	9415
38	Pipe B-21	599,5	50	71,93	3,4	2038,3

Tablo 3.7 IV. Şebeke maliyet tablosu

		Uzunluk	Çap			
Boru NO	**Link ID**	**metre (M)**	**Ø(mm)**	**maksimum basınç**	*Birim fiyat (TL)*	*Toplam fiyat (TL)*
1	Pipe B-1	1000	125	69,63	25,3	25300
2	Pipe B-2	1200	200	73,45	64,5	77400
3	Pipe B-3	1200	200	73,45	64,5	77400
4	Pipe B-4	1000	125	69,95	25,3	25300
5	Pipe B-5	500	110	62,03	15,6	7800
6	Pipe B-6	499,5	50	62,03	3,4	1698,3
7	Pipe B-7	499,5	50	61,4	3,4	1698,3
8	Pipe B-8	500	90	69,63	13,45	6725
9	Pipe B-9	1200	75	71,8	7,45	8940
10	Pipe B-11	1200	75	71,8	7,45	8940
11	Pipe B-12	500	90	69,95	13,45	6725
12	Pipe B-13	499,5	50	59,8	3,4	1698,3
13	Pipe B-14	500	110	66,19	15,6	7800
14	Pipe B-15	499,5	50	66,19	3,4	1698,3
15	Pipe B-16	600	90	62,03	13,45	8070
16	Pipe B-17	499,5	50	59,93	3,4	1698,3
17	Pipe B-18	499,5	50	53,14	3,4	1698,3
18	Pipe B-19	600	85	61,34	12,7	7620
19	Pipe B-20	1200	60	65,91	6,82	8184
20	Pipe B-21	600	125	71,8	25,3	15180
21	Pipe B-22	1200	60	95,91	6,82	8184
22	Pipe B-23	600	90	59,08	13,45	8070
23	Pipe B-24	499,5	50	52,04	3,4	1698,3
24	Pipe B-25	499,5	50	67,14	3,4	1698,3
25	Pipe B-26	600	90	67,14	13,45	8070
26	Pipe B-28	499,5	50	63,9	3,4	1698,3
27	Pipe B-29	499,5	50	54,94	3,4	1698,3
28	Pipe B-30	700	75	54,96	7,45	5215
29	Pipe B-32	700	110	68,97	15,6	10920
30	Pipe B-33	1200	60	68,97	6,82	8184
31	Pipe B-35	499,5	50	52,45	3,4	1698,3
32	Pipe B-36	499,5	50	71,1	3,4	1698,3
33	Pipe B-37	700	75	71,1	7,45	5215
34	Pipe B-38	1500	275	73,45	123,07	184605
35	Pipe B-10	500	160	73,45	40,9	20450
36	Pipe B-27	700	75	63,9	7,45	5215
37	Pipe B-31	1200	60	68,97	6,85	8220
38	Pipe B-34	700	75	52,45	7,45	5215

Tablo 3.8 V. Şebeke maliyet tablosu

		Uzunluk	Çap			
Boru NO	**Link ID**	**metre (M)**	**Ø(mm)**	**maksimum basınç**	*Birim fiyat (TL)*	*Toplam fiyat (TL)*
1	Pipe B-1	1000	125	64,44	25,3	25300
2	Pipe B-2	1200	250	79,16	64,5	77400
3	Pipe B-3	1200	250	79,16	64,5	77400
4	Pipe B-4	1000	125	68,64	25,3	25300
5	Pipe B-5	500	110	38,03	15,6	7800
6	Pipe B-6	499,5	50	35,13	3,4	1698,3
7	Pipe B-7	499,5	50	62,13	3,4	1698,3
8	Pipe B-8	500	125	64,44	25,3	12650
9	Pipe B-9	599,5	50	62,11	3,4	2038,3
10	Pipe B-10	599,5	50	79,11	3,4	2038,3
11	Pipe B-11	500	160	79,51	40,9	20450
12	Pipe B-12	599,5	60	79,51	6,7	4016,65
13	Pipe B-13	599,5	50	66,06	3,4	2038,3
14	Pipe B-14	500	95	68,64	14,197	7098,5
15	Pipe B-15	500	125	64,18	25,3	12650
16	Pipe B-16	1000	60	66,06	6,7	6700
17	Pipe B-17	600	90	35,13	13,45	8070
18	Pipe B-18	499,5	50	31,92	3,4	1698,3
19	Pipe B-19	499,5	50	58	3,4	1698,3
20	Pipe B-20	600	125	62,4	25,3	15180
21	Pipe B-21	599,5	50	58	3,4	2038,3
22	Pipe B-22	599,5	50	78,62	3,4	2038,3
23	Pipe B-23	600	120	79,51	17,01	10206
24	Pipe B-24	599,5	50	78,52	3,4	2038,3
25	Pipe B-25	599,5	50	55,05	3,4	2038,3
26	Pipe B-26	600	90	66,06	13,45	8070
27	Pipe B-27	1000	50	55,05	3,4	3400
28	Pipe B-28	600	90	52,48	13,45	8070
29	Pipe B-29	700	60	31,92	6,7	4690
30	Pipe B-30	499,5	50	31,84	3,4	1698,3
31	Pipe B-31	499,5	50	46,08	3,4	1698,3
32	Pipe B-32	700	90	78,52	13,45	9415
33	Pipe B-33	599,5	50	46,08	3,4	2038,3
34	Pipe B-34	599,5	50	77,63	3,4	2038,3
35	Pipe B-35	700	90	78,52	13,45	9415
36	Pipe B-36	599,5	50	77,63	3,4	2038,3
37	Pipe B-37	599,5	50	51,46	3,4	2038,3
38	Pipe B-38	700	75	55,05	7,45	5215
39	Pipe B-39	1000	40	38,71	2,91	2910
40	Pipe B-40	700	70	40,81	6,9533	4867,31
41	Pipe B-41	1500	300	79,16	152,38	228570

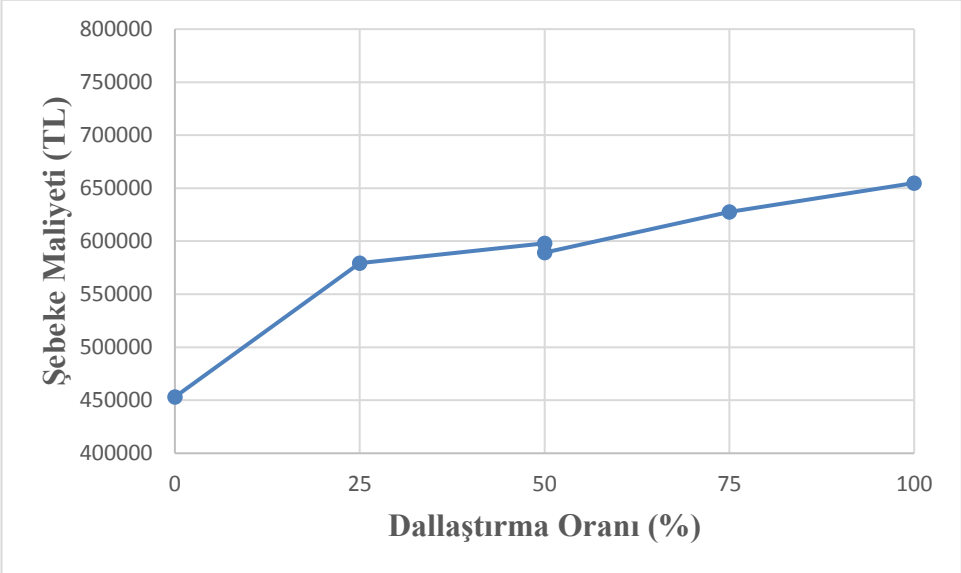
Tablo 3.9 VI. Şebeke maliyet tablosu

		Uzunluk	Çap			
Boru NO	**Link ID**	**metre (M)**	**Ø(mm)**	**maksimum basınç**	*Birim fiyat (TL)*	*Toplam fiyat (TL)*
1	Pipe B-1	1000	125	71,19	25,3	25300
2	Pipe B-2	1200	250	79,28	78	93600
3	Pipe B-3	1200	250	79,28	78	93600
4	Pipe B-4	1000	125	70,63	25,3	25300
5	Pipe B-5	500	110	64,16	15,6	7800
6	Pipe B-6	499,5	50	60,04	3,4	1698,3
7	Pipe B-8	500	125	71,19	25,3	12650
8	Pipe B-9	599,5	50	70,59	3,4	2038,3
9	Pipe B-11	500	160	79,28	40,9	20450
10	Pipe B-12	599,5	50	71,9	3,4	2038,3
11	Pipe B-13	599,5	50	69,24	3,4	2038,3
12	Pipe B-14	500	125	70,63	25,3	12650
13	Pipe B-15	599,5	50	69,24	3,4	2038,3
14	Pipe B-16	599,5	50	65,01	3,4	2038,3
15	Pipe B-17	500	110	65,01	15,6	7800
16	Pipe B-19	600	75	61,83	7,45	4470
17	Pipe B-20	499,5	50	61,83	3,4	1698,3
18	Pipe B-21	499,5	50	62,85	3,4	1698,3
19	Pipe B-22	600	110	70,59	15,6	9360
20	Pipe B-23	599,5	50	62,85	3,4	2038,3
21	Pipe B-24	599,5	50	58,89	3,4	2038,3
22	Pipe B-25	600	125	71,9	25,3	15180
23	Pipe B-26	599,5	50	58,89	3,4	2038,3
24	Pipe B-27	600	110	69,24	15,6	9360
25	Pipe B-28	599,5	50	56,92	3,4	2038,3
26	Pipe B-29	599,5	50	56,92	3,4	2038,3
27	Pipe B-30	499,5	50	62,45	3,4	1698,3
28	Pipe B-31	600	75	62,52	7,45	4470
29	Pipe B-32	700	60	64,2	6,7	4690
30	Pipe B-33	499,5	50	64,2	3,4	1698,3
31	Pipe B-34	499,5	50	59,7	3,4	1698,3
32	Pipe B-35	700	90	62,85	13,45	9415
33	Pipe B-36	599,5	50	59,07	3,4	2038,3
34	Pipe B-37	599,5	50	58,2	3,4	2038,3
35	Pipe B-38	700	90	58,98	13,45	9415
36	Pipe B-39	599,5	50	58,2	3,4	2038,3
37	Pipe B-40	599,5	50	51,26	3,4	2038,3
38	Pipe B-41	700	90	50,92	13,45	9415
39	Pipe B-42	599,5	50	51,26	3,4	2038,3
40	Pipe B-43	599,5	50	64,82	3,4	2038,3
41	Pipe B-44	700	60	64,82	6,7	4690
42	Pipe B-7	499,5	50	70,59	3,7	1848,15
43	Pipe B-10	599,5	50	71,9	3,4	2038,3
44	Pipe B-47	1500	300	79,28	152,38	228570

Tablolar 3.4, 3.5,3.6,3.7,3.8,3.9 de hesaplanan şebeke maliyetleri Tablo 3.10 de özetlenmiş ve Şekil 3.39 de gösterilmiştir. Bu tablo ve şekilden en düşük şebek maliyetinin hiç dallaştırma yapılmadığı yani ağ şebek çözümünün yapıldığı I nolu şebekede oluştuğu ve dallaştırma oranlarının artması ile şebeke maliyetinin arttığı net bir şekilde görülmektedir. Ayrıca iki farklı türde %50 dallaştırmanın yapıldığı III ve IV nolu şebekelerin maliyetlerinin birbirine yakın çıkması yapılan hesaplamaların tutarlılığını ortaya koymaktadır.

Tablo 3.10 Dallaştırma oranına göre şebeke maliyetleri

Şebeke No	Dallaştırma Oranı (%)	Şebeke Maliyeti (TL)
I	0	453103
II	25	579241
III	50	597935
IV	50	589327
V	75	627455
VI	100	654874



Şekil 3.24 Dallaştırma oranına göre şebeke maliyetlerinin değişimi

4. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Kentsel içme-kullanma suyu dağıtım sistemleri insanların sağlıklı ve yeterli suya erişimlerinin en önemli araçlarındandır. Günümüzde sağlıklı ve yeterli suya erişimi olmayan insan sayısının ürkütücü seviyelerde olması bu sistemlerin değerini ortaya koymakta önemli bir göstergedir. Günümüzde kentsel içme suyu dağıtım sistemlerinde oluşan kaçakların büyüklüğü en önemli önceliğin buraya verilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Kaçıp gitmesi engellenen her damla su yeni bir ihtiyaç sahibine ulaştırılacak bir can suyu niteliğindedir. Dolayısıyla bu sistemlerin tasarımından inşaatına, inşaatından işletmesine kadar her aşaması en yüksek düzeyde özen ve dikkati gerektirmektedir. Bu sistemlerin gerek inşaat gerekse işletmesi önemli parasal kaynak gerektirdiği açıktır. Aynı sistemi daha ekonomik bir yol ile kurmanın ya da işletmenin yolu olup olmadığı bu aşamalarda detaylıca araştırılmalıdır.

Bu çalışmada içme suyu dağıtım sistemlerinin tasarımı sırasında yapılacak ekonomik verimlilik çalışmalarına katkıda bulunmak amacı ile, genelde ağ şebeke olarak çözülen dağıtım şebekelerinin dal şebeke olarak çözülmesi halinde herhangi bir ekonomi sağlanıp sağlanmadığı araştırılmıştır. Bu amaçla hipotetik bir şebeke ele alınmış ve bu şebeke çeşitli yüzdelerle dallaştırılarak 6 farklı şebeke elde edilmiştir. Dallaştırılan şebekeler EPANET yazılımı ile çözülmüş ve elde edilen hidrolik değerlere göre her bir şebekenin maliyeti çıkarılmıştır. Yapılan bu çalışma sonucu varılan sonuçlar aşağıda belirtilmiştir.

- Farklı yüzdelerde dallaştırılan şebeklerden en düşük maliyetli olanı hiç dallaştırmanın yapılmadığı orijinal ağ şebekedir.
- Şebekenin hiç dallandırılmadığı durumdaki ekonomikliğin temel sebebi, şebekenin daha yüksek basınçlarda ve bunun sonucu olarak daha yüksek hızlarda çalıştırılabilmesidir.
- Dallaştırma oranı arttıkça şebeke maliyetleri artmaktadır. Ekonomiklikteki bu azalışın sebebi, dallaştırma arttıkça şebekenin daha düşük basınçlarda ve bunun sonucu olarak daha düşük hızlarda çalıştırılmak zorunda kalınmasıdır.
- Farklı iki türde %50 dallaştırmanın yapıldığı şebekelerin sonuçları birbirine oldukça yakındır. Bu da yapılan hesapların tutarlılığını ortaya koymaktadır.

Herhangi bir inşaat ya da işletme işlemine başlamadan işlem ekonomisinin sağlanması amacıyla yapılacak her türlü çalışma değerlidir ve gereklidir. Çünkü işlemlere başladıktan sonra proje ya da politika değiştirmek çoğu zaman mümkün olmamakta ya da daha aza ekonomik olabilmektedir. Dolayısı ile bir atasözünün tavsiye ettiği üzere "kırk düşünüp bir kere yapmak" mühendislik projelerinin gelişim süreçlerinde rehber edinilmelidir. Bu çalışma kapsamında yapılan çalışma ile herhangi bir sistemi doğasına uygun olarak yani nasılsa o şekilde olacak şekilde ele almanın uygun olacağı ortaya konmuştur. Yapılacak her basitleştirici kabul, her zorlayıcı modelleme sonuçları olumsuz yönde etkileyecektir. Tabii ki tasarım için analiz için kabuller yapmak ya da modeller yapmak bir zorunluluktur. Fakat, bu yapılırken gerçeğe olabildiğince bağlı kalmak gerekmektedir.

Bu çalışmanın gerek benzer akademik çalışmalar yapacak bilim insanlarına gerekse bu tür sistemleri tasarlayan, inşa eden ve işleten mühendislilere en azından motivasyon açısından katkıda bulunması beklenmektedir.

5. KAYNAKÇA

1. alan, eser. «yeditepe mahallesi içme suyu şebeke tasarım .» eylül 2017: 8-10.
2. Alashan, S. «İçme suyu şebekelerinde hesap debilerinin ölü noktalar yöntemi ile şematik çözümü".» *Su Vakfı Dergisi*, 2019: 17 -31.
3. *AWWA (2007), American Water Works Association, www.awwa.org* . tarih yok.
4. bakanlığı, T.C. çevre ve şehircilik. *inşaat ve tesisat Birim fiyat* . ankara, 2021.
5. Çağlısoy, T. «İçme suyu şebekelerinde boru türünün maliyete etkisi ve İldem Kayseri örneği.» *Yüksek Lisans Tezi, İnşaat Mühendisliği, Erciyes Üniversitesi*, 2010: 13-27.
6. Majıdı, G, A. «Epanet programıyla bir yerleşim bölgesinin içme suyu şebekesinin tasarımı.» *Bitirme Tezi, İnşaat Mühendisliği, Uludağ Üniversitesi*, 2017: 9-29.
7. Newbold, J, R. «Comparison and simulation of a water distribution network in epanet and a new generic graph trace analysis based model.» *Yüksek Lisans Tezi, Polytechis Institute and State University*, 2009: 29-41.
8. Selçuk, A. «İçme suyu şebekelerine ait tasarım metotlarının (ölü nokta ve hardy cross) bilgisayar programları kullanarak karşılaştırılması.» *ODTÜ*, 2014: 17-32.
9. *Sivas (2005), Sivas Belediyesi, Kentsel Altyapı Raporu, www.sivas.gov.tr.* tarih yok.
10. Tekatlı, M. «Water distribution network analysis using netcad.» *Yüksek Lisans Tezi, İnşaat Mühendisliği, Gaziantep Üniversitesi*, 2010: 8- 19.
11. Toprak, S, F Dikbaş, M Fırat, A.C Koç, Ü. G Bacanlı, ve A Dizdar. *Su Ka yıplarının Azaltılması ve Su Dağıtım Sistemlerinin Performanslarının İyileştirilmesi Üzerine Leonardo Da Vinci Projesi.* 2007.
12. *UNDP (2007), Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı, www.undp.org.tr* . tarih yok.
13. UNDP (2007), Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı, www.undp.org.tr. tarih yok.
14. volkan, yılmaz. «su dağıtım şebekelerinin metasegisel yöntemleri.» *15-16*, eylül 2015.

15. Yılmaz, V. «Su dağıtım şebekelerinin metasezgisel yöntemlerle optimizasyonu.» *Doktora Tezi, İnşaat Mühendisliği, Selçuk Üniversitesi*, 2015: 27-43.
16. kumar K., Arjun, A. DESIGN OF WATER DISTRIBUTION SYSTEM USINGEPANET Arjun Kumar*, Kankesh Kumar, Bharanidharan B, Neha Matial, Eshita Dey, Mahan Singh, Vivek Thakur, Sarit Sharma, Neeraj Malhotra nternational Journal of Advanced Research (2015), 3,(9), 789 - 812

ÖZGEÇMİŞ

Adı, Soyadı : Zakrullah SALEM
Yabancı Dil Türkçe, Farsça

Eğitim Durumu:

Lise : Mohammad Agâha Lisesi, Afganistan, 2011
Lisans : 19 Mayıs Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 2018
Yüksek Lisans : Celal Bayar Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 2021