

**T.C.**  
**BAYBURT ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ERZURUM İLİ HORASAN İLÇESİ İÇME SUYU ŞEBEKE HATTININ**  
**FARKLI BORU TİPLERİ İÇİN NETCAD PROGRAMIYLA TASARIMI VE**  
**MALİYET ANALİZİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Fatih ATAKUL**

**NİSAN - 2019**

**BAYBURT**



**ERZURUM İLİ HORASAN İLÇESİ İÇME SUYU ŞEBEKE HATTININ  
FARKLI BORU TİPLERİ İÇİN NETCAD PROGRAMIYLA TASARIMI VE  
MALİYET ANALİZİ**

**Fatih ATAKUL**

**Yüksek Lisans Tezi  
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı  
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Gökçen ERYILMAZ TÜRKKAN**

**T.C.**  
**BAYBURT ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ERZURUM İLİ HORASAN İLÇESİ İÇME SUYU ŞEBEKE HATTININ**  
**FARKLI BORU TİPLERİ İÇİN NETCAD PROGRAMIYLA TASARIMI VE**  
**MALİYET ANALİZİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Fatih ATAKUL**

**2019**  
**BAYBURT**  
**Her Hakkı Saklıdır**

**TEZ ONAY SAYFASI**

**ERZURUM İLİ HORASAN İLÇESİ İÇME SUYU ŞEBEKE HATTININ  
FARKLI BORU TİPLERİ İÇİN NETCAD PROGRAMIYLA TASARIMI VE  
MALİYET ANALİZİ**

Dr. Öğr. Üyesi Gökçen ERYILMAZ TÜRKKAN danışmanlığında, Fatih ATAKUL tarafından hazırlanan bu tez çalışması 26/04/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Doç. Dr. Adem BAYRAM

İmza : 

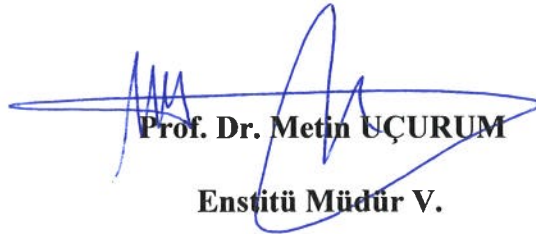
Üye : Dr.Öğr. Üyesi Uğur SERENCAM

İmza : 

Üye : Dr.Öğr. Üyesi Gökçen ERYILMAZ TÜRKKAN

İmza : 

Yukarıdaki sonucu onaylıyorum.

  
**Prof. Dr. Metin UÇURUM**  
**Enstitü Müdür V.**

Not: Bu tezde kullanılan ve başka kaynaklardan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

## TEZ BİLDİRİMİ

Bu tez içindeki bütün bilgilerin bilimsel ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu ve bu çalışmada şahsıma ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.



Fatih ATAKUL

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

# ERZURUM İLİ HORASAN İLÇESİ İÇME SUYU ŞEBEKE HATTININ FARKLI BORU TİPLERİ İÇİN NETCAD PROGRAMIYLA TASARIMI VE MALİYET ANALİZİ

Fatih ATAKUL

Bayburt Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Gökçen ERYILMAZ TÜRKKAN

Günümüzde nüfusun artmasından dolayı yaşam alanları genişlemekte olup, mevcut kullanılmakta olan içme suyu şebeke sistemleri yetersiz kalabilmektedir. İçme suyu şebekelerinin yapım masrafları çok yüksek meblağlara ulaştığından içme suyu şebekelerinin projelendirme kriterlerinin seçimine yeterince önem verilmelidir. Ayrıca yapılacak olan içme suyu projelerinin en uygun şekilde hidrolik hesaplarının yapılması ve boyutlandırılması, yapım maliyetinin optimum seviyelere düşmesine imkan sağlayacaktır. Buna bağlı olarak ülke ekonomisine katkı sağlanabilecektir.

Bu çalışmada Erzurum İli, Horasan İlçesi çalışma alanı olarak tercih edilmiştir. Bu bölgenin tercih edilmesinin sebebi, bölgenin stratejik konumu ve mevcut içme suyunun 30 yıl sonra ihtiyacı karşılayamayacağına öngörülmesidir. İller Bankası Teknik Şartnamesinde belirtilen kriterler göz önüne alınarak içme suyu şebekesi için netcad yazılımı ile hidrolik hesaplamalar yapılmıştır. Yapılan bu çalışmada poli etilen, polivinil klorür, çelik ve düktil borular kullanılarak hidrolik hesaplamalar gerçekleştirilmiştir. Ayrıca farklı boru tiplerinin maliyete etkisi araştırılmış olup, boru tipleri arasında en yüksek maliyetli borunun çelik, en düşük maliyetli borunun ise poli etilen boru olduğu belirlenmiştir.

**2019, 80 sayfa**

**Anahtar Kelimeler:** Boru Tipleri, İçme Suyu Şebekesi, Maliyet Analizi, Netcad/Water

## **ABSTRACT**

MSc Thesis

### **DESIGN AND COST ANALYSIS OF DRINKING WATER NETWORK LINE OF ERZURUM PROVINCE HORASAN DISTRICT FOR DIFFERENT PIPE TYPES WITH NETCAD PROGRAM**

Fatih ATAKUL

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

Supervisor: Assist. Dr. Öğr. Üyesi Gökçen ERYILMAZ TÜRKKAN

At the present time, home range is extending due to increasing population and current drinking water network systems remain incapable. As the construction costs of drinking water network is too expensive, we should put emphasis on project design criteria of drinking water networks. In addition, appropriate hydraulic calculation and sizing of these drinking water projects will help to diminish the construction costs to optimum level which in turn contribute to the national economy.

In this study, Horasan District of Erzurum Province was preferred as a study area. The reason why this region is preferred is that the region's strategic location and the current drinking water cannot meet the need after 30 years. Hydraulic calculations were made by netcad software for the drinking water network by taking into consideration the criteria specified in the Province Bank Technical Provisions. In this study, hydraulic calculations were performed by using poly ethylene, polyvinyl chloride, steel and ductile pipes. In addition, the effect of different pipe types on the cost has been investigated, the most costly pipe among the pipe types is steel, and the lowest cost pipe is poly ethylene pipe.

**2019, 80 pages**

**Keywords:** Pipe Types, Drinking Water Network, Cost Analysis, Netcad/Water

## TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleőtirilmesinde, değerli bilgilerini benimle paylaőan, kıymetli zamanını ayırıp sabırla ve büyük bir ilgiyle bana faydalı olabilmek için elinden gelenden fazlasını sunan, güler yüzünü ve samimiyetini benden esirgemeyen ve gelecekteki meslek hayatımda da verdiği değerli bilgilerden faydalanacağımı düőündüęüm, danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Gökçen ERYILMAZ TÜRKKAN'a teőekkürü bir borç bilir ve őükranlarımı sunarım.

Ders aőamalarında konu, kaynak ve yöntem açısından bana yardımda bulunarak yol gösteren kıymetli Doç. Dr. Engin YENER'e de sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

Çalıőmalarım boyunca yardımını hiç esirgemeyen değerli Umut ÖNER'e ve Kemal ÇINAR'a teőekkürü bir borç bilirim.

Bu çalıőmadaki değerli katkılarından dolayı jüri üyelerine ve çalıőmalarım boyunca maddi, manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan aileme de teşekkür ederim.

Fatih ATAKUL

Nisan/2019



## İÇİNDEKİLER

<b>ÖZET</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	<b>iii</b>
<b>SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ</b> .....	<b>vii</b>
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....	<b>ix</b>
<b>ÇİZELGELER DİZİNİ</b> .....	<b>x</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>2. KAYNAK ÖZETLERİ</b> .....	<b>2</b>
<b>3. GENEL BİLGİLER</b> .....	<b>7</b>
3.1 İÇME VE KULLANMA SUYUNUN ÖNEMİ.....	7
3.2 İÇME SUYUNUN NİTELİKLERİ VE ÖZELLİKLERİ .....	7
3.3 SU TÜKETİMİNE ETKİ EDEN FAKTÖRLER .....	8
3.4 İÇME SUYU TEMİNİ TESİSLERİNİN ELEMANLARI .....	8
3.5 İÇME SUYU DAĞITIM SİSTEMLERİ .....	9
3.5.1 Dal Sistem .....	11
3.5.2 Ağ Sistem .....	11
3.6 İÇME SUYU ŞEBEKELERİNDE KULLANILAN BORU ÇEŞİTLERİ.....	12
3.6.1 Düktil Borular .....	12
3.6.2 Plastik Borular.....	14
3.6.2.1 Polivinil Klorür (PVC) Borular.....	14
3.6.2.2 Poli Etilen (PE) Borular .....	15
3.6.2.3 Cam Elyaf Takviyeli Polyester (CTP) Borular .....	19
3.6.3 Çelik Borular .....	20
3.6.4 Beton Borular .....	22
3.6.5 Asbest Çimento Borular .....	22
3.7 GELECEKTEKİ NÜFUS HESABI .....	23
3.7.1 İller Bankası Yöntemi .....	23
3.7.2 Aritmetik (Lineer) Artış Yöntemi .....	24

3.7.3 Geometrik Artış (Ekspansiyel) Yöntemi.....	25
3.7.4 Lojistik S Eğrisi Yöntemi .....	25
3.7.5 Azalan Hızlı Geometrik Artış Yöntemi .....	26
3.7.6 Grafik Yöntem .....	27
3.8 İÇME SUYU İHTİYACININ BELİRLENMESİ.....	27
3.8.1 İnsan Su İhtiyacı.....	28
3.8.2 Ticaret, Sanayi, Hizmet Sektörü Su İhtiyacı.....	29
3.8.3 Turizm İçin Su İhtiyacı .....	30
3.8.4 Hayvan Su İhtiyacı.....	30
3.8.5 Kayıp – Kaçak Su Miktarı.....	31
3.8.6 Özel Su İhtiyacı.....	31
3.8.7 İletim Debisi.....	32
3.8.8 Yangın Debisi .....	32
3.8.9 Şebeke Debisi.....	33
<b>4. MATERYAL VE YÖNTEM.....</b>	<b>34</b>
4.1 NETCAD .....	34
4.2 ÖLÜ NOKTALAR YÖNTEMİ .....	37
<b>5. ÇALIŞMA ALANI.....</b>	<b>40</b>
<b>6. ARAŞTIRMA BULGULARI.....</b>	<b>42</b>
6.1 GELECEKTEKİ NÜFUS HESABI .....	42
6.2 TOPLAM SU İHTİYACI HESABI .....	42
6.3 MALİYET ANALİZİ.....	42
6.3.1 Boru Metraжі .....	43
6.3.2 Kazı-Dolgu Metraжі .....	43
6.3.3 Boru Maliyeti .....	45
6.3.4 Kazı-Dolgu Maliyeti .....	46
6.3.5 Nakliye Maliyeti.....	47
6.3.6 Toplam Maliyet.....	48
<b>7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....</b>	<b>49</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>51</b>
<b>EKLER.....</b>	<b>56</b>

<b>EK-1.....</b>	<b>57</b>
<b>EK-2.....</b>	<b>59</b>
<b>EK-3.....</b>	<b>61</b>
<b>EK-4.....</b>	<b>63</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ</b>	



## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

### Simgeler

A	:	Zorluk Katsayısı
Ç	:	Çoğalma Katsayısı
F	:	Bir ton Boru İçin Nakliye Tutarı
G	:	Malzeme Yoğunluğu
K	:	Taşıt Katsayısı
$k_a$	:	Aritmetik Artış Sabiti
$k_d$	:	Ortalama Artış Hızı
L	:	Doygunluk Değeri (Nüfus)
M	:	Taşıma Mesafesi
n	:	Son Nüfus Sayımından Projenin Başlamasına Kadar Geçen Süre
$N_{BBH}$	:	Büyükbaş Hayvan Sayısı
$N_E$	:	İlk Nüfus Sayım Değeri
$N_G$	:	Gelecekteki Nüfus Değeri
$N_{KBH}$	:	Küçükbaş Hayvan Sayısı
$N_S$	:	Son Nüfus Sayım Değeri
q	:	Birim Debi
$Q_{HAY}$	:	Hayvan Su İhtiyacı
$Q_{HI}$	:	Nüfuslara Göre İnsan Suyu İhtiyaçları
$Q_{İNSAN}$	:	İnsan Su İhtiyacı
$Q_{iletim}$	:	İletim Debisi
$Q_{özel}$	:	Özel Su İhtiyacı
$Q_{şebeke}$	:	Şebeke Debisi
$Q_{yangın}$	:	Yangın Debisi
r	:	Geometrik Artış Sabiti
t	:	Projenin Başladığı Yıl
$T_E$	:	$N_E$ Nüfusunun Belirlendiği Yıl
$T_G$	:	$N_G$ Nüfusunun Belirlendiği Yıl
$T_S$	:	$N_S$ Nüfusunun Belirlendiği Yıl
UV	:	Ultraviyole (Morötesi)
$\Delta t$	:	Yıl Farkı

## **Kısaltmalar**

ABC	:	Yapay Arı Kolonisi
CTP	:	Cam Elyaf Takviyeli Polyester
DEW	:	Distributed Engineering Workstation
DSİ	:	Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü
E-23	:	Uluslararası Yol Ağı
ESKİ	:	Erzurum Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü
GA	:	Genetik Algoritma
KSS	:	Küçük Sanayi Sitesi
LDPE	:	Alçak Yoğunluklu Polietilen
OSB	:	Organize Sanayi Bölgesi
PE	:	Poli Etilen
PN	:	Basınç Sınıfı
PSO	:	Parçacık Sürü Optimizasyon
PVC	:	Polivinil Klorür

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1 Bir su temini tesisinin elemanları .....	9
Şekil 3.2 İçme suyu şebeke tipleri .....	10
Şekil 3.3 Düktil boru.....	13
Şekil 3.4 PVC boru .....	15
Şekil 3.5 PE borular .....	16
Şekil 3.6 Alın kaynak makinesi .....	18
Şekil 3.7 Elektrofüzyon kaynak makinesi .....	18
Şekil 3.8 CTP boru.....	20
Şekil 3.9 Çelik boru .....	21
Şekil 3.10 Beton boru .....	22
Şekil 3.11 Asbest çimento borular .....	23
Şekil 5.1 Erzurum, Horasan İlçe haritası .....	40
Şekil 6.1 Boru tipi- toplam maliyet karşılaştırması .....	48

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1 Nüfuslara göre insan suyu ihtiyaçları .....	28
Çizelge 3.2 Hayvan su ihtiyacı .....	30
Çizelge 3.3 Evsel olmayan birimlerde özel su ihtiyacı (Anonim, 2013).....	31
Çizelge 3.3 Evsel olmayan birimlerde özel su ihtiyacı (Anonim, 2013) (devamı).....	32
Çizelge 3.4 İller bankası yönetmeliğine göre yangın debileri .....	33
Çizelge 6.1 Boru metraжі .....	43
Çizelge 6.2 Kazı metraжі .....	44
Çizelge 6.3 El ile dolgu metraжі .....	44
Çizelge 6.4 Makine dolgu metraжі.....	44
Çizelge 6.5 Boru tiplerine göre boru maliyeti .....	45
Çizelge 6.6 Kazı maliyeti.....	46
Çizelge 6.7 El ile dolgu maliyeti .....	46
Çizelge 6.8 Makine ile dolgu maliyeti .....	47
Çizelge 6.9 Nakliye maliyeti.....	47
Çizelge 6.10 Toplam maliyet.....	48

## 1. GİRİŞ

Su, canlıların yaşamını sürdürebilmesi için gerekli olan en önemli yaşamsal ihtiyaçlardan biridir. Yeterli miktarda ve kalite bakımından iyi bir içme suyuna ulaşım canlılar için yaşamsal bir gereklilik olmasının yanında, sosyal ve ekonomik gelişmişlik açısından da ele alınabilecek önemli bir faktördür.

İçme suyu şebeke hattı tasarlaması yapılmadan önce birçok parametre söz konusudur. Suyun kalitesi, su kaynakları, su ihtiyacının belirlenmesi, su ihtiyacının kullanım alanlarına göre değişiklik göstermesi, su dağıtım sistemlerinin tasarlanması, maliyet hesabının yapılması gibi parametreler tüm süreci etkilemektedir.

Alt yapı sistemleri bir bölgenin en önemli yapılarından biridir. Bölge gelişiminde büyük etkisinin olması ve maliyetin optimum düzeyde olması oldukça önem arz etmektedir. Alt yapı sistemlerinin, bölgenin zaman içerisinde değişen durumlarına göre kullanılabilir olması gerekmektedir. Tüm bunların sağlanması için tasarım aşamasında alınacak doğru kararlar ile daha verimli hale gelmesi hedeflenmelidir.

Bu çalışmada Erzurum İli Horasan İlçe merkezi için İller Bankası Teknik Şartnamesinde belirtilen kriterler kullanılarak içme suyu şebekesi projelendirilmiştir. Projelendirmede %100 yerli ve oldukça popüler bir yazılım olan netcad tercih edilmiştir. Çalışmada poli etilen, polivinil klorür, çelik ve düktil tip boruların ekonomik analizi gerçekleştirip en optimum boru tipinin belirlenmesi amaçlanmıştır.



## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

Literatürde konuyla ilgili benzer birçok çalışma yer almaktadır. Bunlardan bir kısmını şu şekilde sıralayabiliriz:

Öztürk (1996), Kahramanmaraş için içme ve kullanma suyu ihtiyacının tespiti üzerine bir çalışma gerçekleştirmiştir. Çalışmada evsel su tüketimi tespiti konulu bir anket çalışması yapmıştır. Yapılan anket çalışması sonucu çoklu regresyonda en küçük kareler yöntemi kullanılarak su tüketim sonuçlarını elde etmiş. Ayrıca su tüketimine etki eden etmenleri ele alıp geçmiş senelerdeki su tüketimini inceleyip ilin 40 yıl sonraki su ihtiyacını hesaplamıştır.

Önen (1998), içme suyu şebeke hesaplarında kullanılan ölü noktalar yöntemi ve hardy-cross yöntemini kıyaslamalı olarak incelemiştir. Üç gözlü bir şebeke tasarlayarak her iki yöntemle hidrolik hesaplamalar yapmış çözümlerde farklılıklar olduğunu belirlemiştir. Şebekedeki borulardan geçen debi değerleri ve boru çapları açılarından bu farklılıkları yorumlamıştır. Ölü noktalar yönteminin pratik, kolay ve zaman bakımından daha kısa sürede çözüme ulaşılması gibi sebeplerle tercih edilmesi gerektiğini çalışmasında belirtmiştir.

Erdin (2001), çalışmasında İzmir ilinin tamamını ele almıştır. Şehir bölge planlamada su ve kanalizasyon sistemleri proje eşiklerinin değerlendirilmesi konusunu çalışmıştır. Kentsel mekanların oluşumuna doğrudan etkisi olan kentsel altyapı sistemlerinin ve özellikle bu sistemlerden su ve kanalizasyon sistemlerinin mekanının oluşturulması ve yönlendirilmesi üzerindeki etkileri üzerinde durmuştur.

Çelik (2004), çalışmasında içme suyu şebekelerinin çözümünde kullanılan hesap yöntemlerinden ölü noktalar yöntemi ile, son yıllarda gelişmekte olan optimizasyon yöntemlerinden genetik algoritma yönteminin uyumluluğunu araştırmıştır. Şebeke hesapları son derece karmaşık hesap esasları içerdiğinden, genetik algoritma gibi belli bir esneklikle işlem yapan yöntemlerin, bu hesap yöntemlerine uyum sağlayacağını öngörmüştür. Buradan hareketle problemin doğal parametre setini oluşturmuş, içme suyu şebekelerinde hızların minimum ve maksimum değerlerini sınırlayıcı olarak

kullanılmıştır. Esas olarak, ölü noktalar yöntemi ile genetik algoritma yönteminin uyumunu araştıran bir çalışma gerçekleştirmiştir.

Günel vd. (2005), çalışmalarında İller Bankası içme suyu projelerinin hazırlanmasına ait yönetmeliği kullanarak, ölü nokta ve hardy-cross yöntemleri ile Gaziantep ilinin belirli bir bölgesi için içme suyu şebeke projesini tasarlamışlardır. Her iki yöntem sonucunda elde edilen enerji yük kayıplarını ve debileri karşılaştırmışlardır. Çalışmanın sonucunda boru çapının maliyetle doğrudan ilgisi olduğunu ancak boru çapının enerji kaybı ile ters orantılı olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca, hardy-cross yönteminin, diğer yöntemle kıyasla daha verimli olduğunu göz önüne sermişlerdir.

Keleş (2005), çalışmasında optimizasyon tekniklerinin kesin sonuç sağlamamasına rağmen kısmi sayım yönteminin optimum sistem kombinasyonunu belirlemede tasarımcı için etkili olduğunu belirlemiştir.

Önpeker (2005), yapılan çalışmada şebekelerde seçilecek olan göz alanları farklı senaryolar altında Hydronet programına aktarmış. Kentin içme suyu şebekesi için her bir senaryonun boyutlandırılması sonucunda elde edilen boru maliyetlerini araştırmıştır. Çalışmada, göz alanlarının küçülmesi şebekelerdeki boru maliyetlerini nasıl etkilediği incelenmiştir. Göz alanlarının küçültülmesi sonucunda; şebekedeki boru maliyetlerinin azaldığını ispatlamıştır. İçme suyu dağıtım sistemi projelerinde seçilebilecek olan göz alanlarının imkanlar dahilinde küçük olarak seçilmesinin maliyetleri düşüreceği anlamını taşımaktadır.

Özdağlar vd. (2006), çalışmalarında genetik algoritmalarla kompleks içme suyu dağıtım sistemlerinin optimizasyonu konusunu irdelemişlerdir. Dohc programı yardımıyla elde edilen çözümle Suganet programıyla elde edilen çözümü kıyaslamışlardır. Suganet çözümünün maliyet açısından daha ucuz, hidrolik açıdan da daha iyi sonuçlar verdiğini belirlemişlerdir.

Mermer (2007), çalışmasında yapay sinir ağlarını kullanarak kentsel içme suyu ihtiyacının tahminini gerçekleştirmiştir.

Mutlu (2008), hardy cross yöntemiyle içme suyu projelerinin hazırlanmasında netcad/water yazılımının Coğrafi bilgi sistemleri çözümleri ile ilgili bir çalışma gerçekleştirmiştir.

Newbold (2009), çalışmasında DEW (Distributed Engineering Workstation) modeli ile epanet çözüm yöntemini karşılaştırmıştır. Model çözümlerindeki yaklaşımlar daha iyi anlayabilmek için todini, hardy cross ve DEW yöntemleri incelenerek kıyaslama yapılmıştır. Ancak, daha karmaşık şebeke sistemleri için DEW ve epanet yöntemleri ile çalışıldığında sonuçlar farklılaşmıştır. DEW modelinin seçilen tolerans değerine göre hassasiyetinin etkilendiğini belirlemiştir. DEW modelinde daha düşük tolerans değeri verilerek yapılan çözümlerde ise epanet yöntemi ile daha benzer sonuçlar elde edildiği kanaatine varmıştır.

Tekatlı (2010), çalışmasında içme suyu şebeke dağıtım sistemlerinin çözümünde kullanılan netcad/water 2005 modülü ile netcad/ water modülünün sonuçlarını karşılaştırmıştır. Uygulama alanı olarak Kahramanmaraş İl Özel idaresine bağlı Hacıağalar Beldesini seçmiştir. Bu beldenin içme suyu sistemi, hem açık hem de kapalı şebeke olarak değerlendirmiştir. Her iki sistem içinde optimum tasarımlar elde etmeye çalışmıştır. netcad/water 2005 modülünün netcad/ water modülüne göre daha ekonomik çözüm sunduğunu belirlemiştir.

Çağlısoy (2010), farklı boru tipleri ile yapılan şebeke hesabında boru çaplarını ve boylarını aynı alarak, üretim, işçilik ve boru fiyatlarına göre değerlendirmeler yaparak en uygun borunun PVC, en pahalı borunun ise font boru olduğunu belirlemiştir.

Selçuk (2014), çalışmasında ölü nokta ve hardy-cross yöntemlerini bilgisayar programlarını kullanarak karşılaştırmıştır. Seçilen şebekeyi ölü nokta yöntemi ile ve hardy-cross yöntemi ile tasarlamıştır. İsucad programında ölü nokta yöntemini kullanmış, watercad ve epanet programlarında ise hardy-cross yöntemini kullanmıştır. Gerçekleştirilen tasarımların birbirine çok benzer olduğu ve bu iki yöntemin farkının tasarımı etkilemediğini belirlemiştir.

Yılmaz (2015), su dağıtım şebekelerinin metasezgisel yöntemlerle optimizasyonu konusunu çalışmasında ele almıştır. Bu çalışmayı, yeni bir metasezgisel optimizasyon yöntemi olan yapay arı kolonisi (ABC) algoritmasının şebeke maliyet optimizasyonu konusunda nasıl davranacağı üzerine kurgulamıştır. Bunun yanında ABC yönteminin davranışının karşılaştırmalı olarak incelenebilmesi amacıyla parçacık sürü optimizasyonu (PSO) ve genetik algoritma (GA) yöntemlerini de birer test yöntemi olarak tercih etmiştir. Bu yöntemlerle, literatürde birer test şebekesi olarak kullanılan Alperovits ve Shamir, Hanoi ve New York su dağıtım şebekeleri üzerinde ve özellikle ABC yönteminin gerçek bir su dağıtım şebekesi üzerindeki başarısının incelenebilmesi amacıyla Ankara'ya bağlı Akyurt ilçesi su dağıtım şebekesinin bir kısmı üzerinde maliyet optimizasyonu gerçekleştirmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda ABC yönteminin en az bahsi geçen diğer yöntemler kadar başarılı sonuçlar üretebildiği ve su dağıtım şebekelerinin maliyet optimizasyonu konusunda güvenle kullanılacak bir yöntem olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Alan (2017), çalışmasında içme suyu şebeke sisteminde suyun hangi şekilde kaynaktan alınıp dağıtılacağını, güzergah tespitini, boru çaplarını, uygun işletme basınçlarını ve maliyete kadar bütün detayları ele almış ve incelemiştir.

Gerger ve Toplamacı (2017), çalışmalarında içme suyu iletim hatlarında kullanılan boruların maliyete etkisini incelemiştir. Çelik boru, yüksek yoğunluklu polietilen ve cam elyaf takviyeli polyester boruların farklı çapları için maliyet hesapları gerçekleştirmiştir. Yapılan hesaplamalarda maliyeti en düşük boru tipi cam elyaf takviyeli polyester boru olarak belirlemiştir. Cam elyaf takviyeli polyester boruyu sırasıyla çelik ve poli etilen boru takip etmiştir.

Majıdı (2017), çalışmasında İller Bankası içme suyu projelerinin hazırlanmasına ait yönetmelik çerçevesinde, epanet bilgisayar programını kullanarak, Bursa ili içerisindeki Görükle mahallesinin, içme suyu dağıtım şebekesini en ekonomik şekilde tasarlamıştır.

Alashan (2018), içme suyu şebekelerinde ölü noktalar yöntemi kullanılarak şematik çözüm ile ilgili bir çalışma gerçekleştirmiştir. Ölü noktalar yönteminin kullanımı ülkemizde yaygın olmasına rağmen, söz konusu yöntemin çözümü hususunda özellikle

yeni uygulayıcıların hata yapma olasılığı yüksektir. Bu hataları en az düzeye indirmek amacıyla söz konusu yöntem için şematik bir çözüm yolu geliştirmiştir. Ayrıca çözüm yolunu bir uygulama problemi üzerinde deneyerek başarılı sonuç elde etmiştir.

Bu çalışmaların dışında literatürde birçok çalışma söz konusudur. Bunları ise şu şekilde sıralayabiliriz: Alperovits ve Shamir, 1977; Wheeler 1977; Karpuzcu, 1985; Wood ve Funk, 1993; Topacık ve Eroğlu, 1998; Sarıcaoğlu ve Büyükgüngör, 1998; Eaton, 2001; Huddleston vd., 2004; Liong ve Md, 2004; Kahraman ve Özdağlar, 2004; Lopes, 2004; Türkdoğan ve Yetilmezsoy, 2004; Bostancı, 2005; Karpuzcu, 2005; Bay, 2006; Bhave, 2006; Gedik, 2009; Karadoğan, 2010; Moosavian ve Jaefarzadeh, 2014; Şekerdağ, 2014; Niazkar ve Afzali, 2017; Raoni vd., 2017.

### **3. GENEL BİLGİLER**

#### **3.1 İçme ve Kullanma Suyunun Önemi**

Su, hidrolojik çevrim sırasında birçok organizma ve kirletici maddelerle temas eder ve kirlenir. Nüfus artışı ve buna bağlı olarak çevre kirlenmesi doğadaki arıtılmamış suların daha çok kirlenmesine sebep olur. Bu nedenle doğadaki suları içmek ve gerekli tedbirleri almadan kullanmak sakıncalı olabilmektedir. Su insanlar için sadece biyolojik bir ihtiyaç maddesi olmayıp aynı zamanda temizliği de sağladığından, hastalıklara karşı korur. Yeteri kadar su bulunmadığı hallerde kirli ortam mikropların kolayca üremesine sebep olur. Sadece içmeye yetecek kadar suyu olan bir kimsenin bu suyu temizlik için kullanamayacağı doğaldır. Bundan dolayı insanlara içilebilir özellikte su temin etmek gereklidir.

Suyun temin edildiği kaynaktan, kullanım yerine kadar kirlenmeden sıhhi ve fenni biçimde getirilmesini sağlayan su getirme tesislerinin yapılması gereklidir. Bir birleşme merkezine getirilen su içme suyu, kullanma suyu, park, bahçe sulama suyu, yüzmeye havuzları, park ve bahçe havuz suyu, sanayi suyu, yangın suyu, kanalizasyon ve sanayi atıklarını arıtma suyu olarak kullanılır. Suyun zaman zaman kesilmesi diğer bir takım teknik sakıncalarla birlikte sıhhi olumsuzlukları da beraberinde getirir. Şebekede su kesildiği zaman borular içinde atmosfer altı basınç oluşarak boruların ek yerlerinden boru içine hava ve zemin içinde bulunan pis suların girmesine ve suların kirlenmesine sebep olur. Sıhhi ve kaliteli su getirmenin koşulu da suyun yeterli ve devamlı akmasının sağlanmasıdır.

#### **3.2 İçme Suyunun Nitelikleri ve Özellikleri**

Suyun kalitesi suyun hidrolik çevriminde takip ettiği yola göre değişmektedir. Su değerlendirildiği ve kontrol altına alınabildiği ölçüde yararlıdır. Suyun kalitesini arıtma ve dağıtım sistemlerinin durumu belirler. Yüzeysel suları çok miktarda çözülmüş halde bulunan organik maddeleri taşıdığından kalitesi bozulmaktadır.

Yeraltı suları yüzey sularına kıyasla daha kalitelidir. Çünkü yüzey suları toprak içerisinde süzülürken su içerisindeki bakteriler ve zararlı maddeler temizlenir. Kaliteli bir içme suyunda aşağıdaki özellikler aranır;

- ❖ Renksiz olması,
- ❖ Bulanık olmaması,
- ❖ Kokusuz ve tatsız olması,
- ❖ Serin olması,
- ❖ Sertlik derecesinin düşük olması,
- ❖ İçinde hastalık yapan bakterilerin bulunmaması gerekir.

### 3.3 Su Tüketimine Etki Eden Faktörler

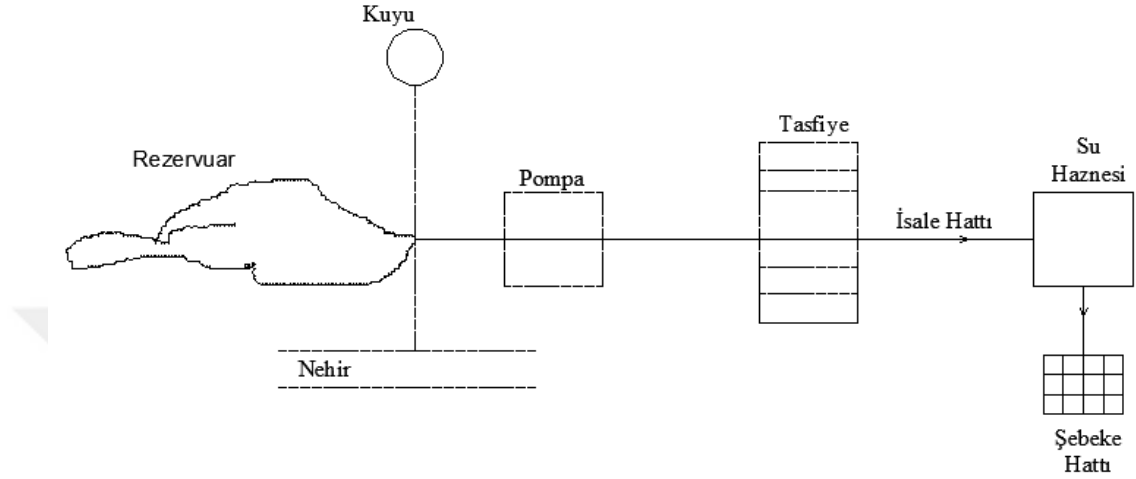
Yerleşim yerlerindeki genel su tüketimi üzerinde etki yapan başlıca faktörler şunlardır:

- ❖ Nüfus,
- ❖ Sosyo-ekonomik yapı,
- ❖ İklim,
- ❖ Ekonomik yaşam seviyesi,
- ❖ Kanalizasyon durumu,
- ❖ Su tarifesi,
- ❖ Su sayaçları,
- ❖ Su kalitesi,
- ❖ Su kayıpları,
- ❖ İşletme basıncı,
- ❖ İşletme yönetimi ve eğitim.

### 3.4 İçme Suyu Temini Tesislerinin Elemanları

Toplumun ihtiyacı olan içme suyunu temin eden tesis elemanları Şekil 3.1’de gösterilmiştir. Kaynak, uygun kalitede ve yeterli miktarda suyun temin edildiği kısımdır. Kaptaj, suların kaynaktan alınmasını sağlayan yapıdır. İsale hattı, kaynaktan alınan suların kullanılacak bölgeye iletilmesini sağlayan tesistir.

Tasfiye tesisleri ise gerekli olması durumunda, kaynaktan alınan ham suları temizlemeye yarayan tesistir. Tesisin son elemanı olan şebeke ihtiyaç bölgesine getirilmiş olan suları ihtiyaç sahiplerine dağıtan tesistir (Önen, 1998).



**Şekil 3.1** Bir su temini tesisinin elemanları

### 3.5 İçme Suyu Dağıtım Sistemleri

İsale hattı ile taşınan suları sarfiyat yerlerine dağıtan boru sistemine içme suyu şebekesi adı verilir. Şebeke ana boru, tali boru ve esas borulardan oluşur. Ana boru depo ile şebeke başlangıcı arasında döşenen ve su dağıtımını yapmayan boruya denir. Bu boruya asla abone bağlantısı yapılmaz. Ayrıca ana boru yangın debisini de taşıyabilecek şekilde yapılır. Tali boru, şebeke esas borularından su alan ve nüfusa göre belirlenen yangın debisini de taşıyacak kapasitedeki borulara denir. Esas boru ise şebekenin nüfus yoğunluğu fazla olan sokaklardan geçirilen, kapalı göz teşkil eden ve bu göze bağlı diğer boruları da besleyen ve nüfusa göre yangın debisi taşıyacak kapasitedeki borulara denir.

Bazı hallerde içilebilecek kalitede suyun temin edilmesi zor ve pahalı olabilir. Bu durumda evler için içme suyu temin eden bir şebeke ile genel hizmetler için ham su temin eden ayrı bir şebeke düşünülebilir.



Genel hizmetler için teşkil edilen şebekede fazla basınç gerekmediği için daha düşük kaliteli ve ucuz boru kullanılabilir. Ancak bu tip uygulamaların pek çok sakıncaları vardır.

Şebeke sistemleri temelde 2 çeşittir. Bunlar dal sistem ve ağ sistemdir. İçme suyu şebeke sistemlerine detaylı olarak Şekil 3.2’de değinilmiştir.

İçme suyu sistem tasarımı, çalışma alanındaki kentlerin uzun dönem imar planına göre oluşturulur. Şebekeler topoğrafik şartlar dikkate alınarak, suyu en kısa yoldan dağıtacak şekilde düzenlenir. Kapalı göz oluşturulamayan uç sokaklar dal sistemi ile beslenir. Dal sistemi zorunlu kalmadıkça önerilmez. Ana ve esas borular tüketim bölgelerinin ağırlık merkezlerinden ve tercihen suyun yer çekimi yönünde akımını mümkün kılacak şekilde yerleştirilir. Şebekelerde depolardan çıkan borular ana boru, göz sistemini oluşturan borular esas boru, kentte imar planındaki tüm sokaklardan küçük çaplı borular ise tali boru olarak anılır (Anonim, 2013).



Şekil 3.2 İçme suyu şebeke tipleri

### 3.5.1 Dal Sistem

Eğimli arazilerde uygulanan Şebeke dağıtım sistemidir. Ancak belirli durumlarda dal sistem uygulanır. Dal sistemde borularda su yalnızca bir yönde akar. Borular, bir ağacın dalları gibi birbiri ile birleşmeden meskûn bölgeye dağıtılır. Sahil kesimlerde, yamaç ile deniz arasında sıkışıp kalmış alanlarda, kenar semtlerde, ana cadde ve sokakları takip eden Őeritvari iskân bölgelerinde tercih edilir.

Dal sistemin avantajları:

- 1) Boru çapları ve uzunlukları daha küçük olduğundan sistem daha ekonomiktir (Muslu, 2005).
- 2) Hidrolik durum açıktır ve sistemin hesabı kolaydır.

Dal sistemin dezavantajları:

- 1) Bir boru kırılması veya tamir halinde, bu borulardan su alan bütün bölgeler susuz kalır.
- 2) Boruların uç noktalarında debi sıfır olduğundan hızlarda çok küçük olur. Bu yüzden yabancı maddeler çökelir ve su bayatlar.

### 3.5.2 Ağ Sistem

Ağ sistemde boruların birbiriyle birkaç yerden bağlantılı olması herhangi bir bölgeye birkaç yoldan su iletimine olanak sağlar. Bu sistem genellikle düz arazilerde uygulanır. Muslu (1997). Bu sistemde bütün borular birbiri ile birleşmiş olup, hiçbir fiziki ölü nokta mevcut değildir. Su herhangi bir noktaya, birden fazla yönden ulaşabilir.

Ağ sistemin avantajları:

- 1) Su çeşitli yönlerde akma imkânına sahip olup, ölü bölgeler ve yavaş akımlar oluşturmaz.

- 2) Bir boru kırılması veya tamir halinde, bu borulardan su alan bölge, başka bir kısımdan su alabilir.
- 3) İşletme esnekliği mevcuttur.

Ağ sistemin dezavantajları:

- 1) Hidrolik hesabı daha zordur.
- 2) Daha fazla boru ve boru özel parçasına ihtiyaç vardır.

### 3.6 İçme Suyu Şebekelerinde Kullanılan Boru Çeşitleri

İçme suyu şebekesinde kullanılacak borular maruz kalacakları basınç, iletecekleri su ve döşeneceği zeminin durumuna göre seçilir. Genel olarak borularda aranılan özellikler dayanıklılık, kırılmadan bükülebilme ve darbeye karşı dayanımdır. Şebeke tasarımında kullanılan boru tipleri aşağıda sıralanmıştır.

- 1) Düktil borular
- 2) Plastik borular
  - 2.1) Polivinil klorür (PVC) borular
  - 2.2) Poli etilen (PE) borular
  - 2.3) Cam elyaf takviyeli polyester (CTP) borular
- 3) Çelik borular
- 4) Beton borular
- 5) Asbest çimento borular

#### 3.6.1 Düktil Borular

Günümüzde font döküm borularının yerini düktil borular almıştır. Düktil döküm borular santrifüj döküm tekniği ile üretilmiş sfero dökme demir borulardır. Normal dökme demirlerde grafitler lameller şeklindedir. Bu durum kırılğan bir yapıya neden olur. Fakat düktil dökme demirin küresel grafitli yapıda olması çelik gibi esnek olmasını sağlamaktadır. Düktil borular font borulara göre, yüksek mukavemetli ve daha esnektir.

Korozyon dayanımı ve üretim standartları açısından diğer döküm borularla benzer özelliktedir (Şekil 3.3), (Çağlısoy, 2010).



**Şekil 3.3** Düktil boru

Düktil boruların ekonomik ömrü 50-60 yıl olarak alınmaktadır. Düktil borular, içten pozitif/negatif basınç ve su darbesi, dıştan yer hareketleri nedeniyle oluşan aşırı yüklere karşı koyabilme özelliğine sahiptir. Ağır trafik yükü, yer hareketleri nedeniyle oluşan kaymalar ve gömülü boru üzerindeki toprak yükü gibi etkenler yeraltında döşenmiş olan borular üzerinde aşırı ağırlık etkisi oluşturmaktadır. Farklı malzemelerden üretilen borularla yapılan testler, düktil döküm boruların yaygın ve noktasal yüklere karşı çok daha dirençli olduğunu göstermiştir. Düktil borular, deforme olmadan esneyebilme özellikleri açısından, ağır yük etkisi karşısında çelik profillere benzemektedir. Bu özelliği, düktil boruların olağan dışı yükler ve etkiler karşısında isale ve dağıtım hatlarının sağlıklı olarak hizmet vermesini sağlamaktadır. Düktil boruların korozyon dayanım özelliği, laboratuvarında ve sahada yapılan testlerle de ortaya çıkmıştır. Birçok zemin türünde, düktil boruların korozyona karşı korunmasına gerek yoktur. Çok çeşitli ek ve bağlantı parçalarının olması, düktil boruların saha montajlarının, diğer borulara göre daha pratik yapılmasını sağlamaktadır. Bu boruların sahada kolaylıkla kesilebilme ve delinebilme özellikleri de mevcuttur. Düktil borular, az ekipman desteği ile hızlı ve ekonomik montaj imkanı sunar (Çağlısoy, 2010).

### 3.6.2 Plastik Borular

Hafif oldukları için taşınması ve montajı kolaydır. Korozyona karşı dayanımı yüksektir. Günümüzde plastik boru çeşitlerinden polietilen borular çokça tercih edilmektedir.

#### 3.6.2.1 Polivinil Klorür (PVC) Borular

PVC basınçlı içme suyu boruları geçme ve yapıştırma muflu olmak üzere iki tiptedir. Bu tip borular çeşitli çaplarda, çeşitli et kalınlıklarında ve organik ve inorganik asitlere karşı dayanıklı olarak üretilmektedir.

Bu borular yeraltı ve yerüstü basınçlı su taşıma sistemlerinde (şehir ve endüstriyel alanlar temiz su sistemleri), tarımsal sulama sistemlerinde (ana taşıyıcı ve dağıtıcı boru), elektrik ve haberleşme sistemlerinde (kablo ve ağ sistemi döşenmesi), kanalizasyon, pis su ve atık madde deşarj sistemlerinde, kimyasal ve endüstriyel tesislerde tercih edilmektedir (Şekil 3.4).

Bu boruların avantajları şu şekilde sıralanabilir.

- ❖ Borular hafiftir.
- ❖ Montajı oldukça kolaydır.
- ❖ Ömürleri uzundur.
- ❖ Çürümeye ve korozyona dayanıklıdır.
- ❖ Basınç kaybı düşüktür.
- ❖ Yüzeyi pürüzsüzdür.
- ❖ Yanıcı, parlayıcı ve infilak edici değildir.
- ❖ Yüksek darbe dayanımı mevcuttur.
- ❖ Ek parçalara uyumludur.



**Şekil 3.4** PVC boru

### 3.6.2.2 Poli Etilen (PE) Borular

Polietilen, çok çeşitli ürünlerde kullanılan bir termo plastiktir. İsmi monomer haldeki etilenden alır. Etilen kullanılarak polietilen üretilir. Plastik endüstrisinde genelde ismi kısaca PE olarak kullanılır. Polietilenin üretim şekli, etilenin polimerizasyonu ile olur. Teknolojideki ilerlemeler, plastik hammadde üretiminde de önemli gelişmelerin yaşanmasını sağlamıştır.

1950'li yıllarda geliştirilen düşük yoğunluklu polietilen (PE 32-LDPE), ilk kez içme suyu boruları için kullanılmıştır. Daha sonra PE 63 hammaddesi geliştirilerek yüksek basınç gerektirmeyen sistemlerde kullanımı başarı ile uygulanmıştır. PE boru ve aksesuarları bütün dünyada ve Türkiye’de yeraltı ve yerüstü şebekelerinde, sulama sistemlerinde, kanalizasyon ve drenaj sistemlerinde, deniz deşarjı ve atık su sistemlerinde, yangın suyu ve soğutma suyu sistemlerinde ve doğalgaz yer altı tesisatlarında kullanılmaktadır (Şekil 3.5).



Şekil 3.5 PE borular

PE boruların avantajları şu şekilde sıralanabilir.

- ❖ Esneklik kabiliyeti yüksektir.
- ❖ Montaj kolaylığı mevcuttur.
- ❖ Kesin sızdırmazlık sağlar.
- ❖ Kanal dışında birleştirilebilir.
- ❖ Ömrü uzundur.
- ❖ Direnci yüksektir.
- ❖ Kırılma özelliği yok denecek kadar azdır.
- ❖ Darbe dayanımı ve çatlak yayılma dirençleri yüksektir.
- ❖ UV ışınlarına karşı dayanıklıdır.
- ❖ Katodik koruma yapılmasına gerek yoktur.
- ❖ Kimyasallara karşı dirençlidir.
- ❖ PE borular alın kaynağı veya elektrofüzyon kaynağında ek parça birleştirilebilir.
- ❖ Dönüşlerde bükülebilme özelliğinden dolayı daha az dirsek gerektirir.
- ❖ Polietilen termoplastik ürün grubuna girdiğinden geri dönüşümü olan bir üründür.
- ❖ Hatalı üretilen tekrar kullanılabilir.
- ❖ Borular oldukça yüksek uzama kabiliyetine sahiptir.
- ❖ PE borular çok düşük sıcaklıklarda elastik özelliğini korur.
- ❖ Basınç kaybı hesaplarında hidrolik pürüzsüz eğrisinde olduğundan daha düşük enerjili pompa seçilerek ilk yatırım ve işletme maliyetlerinde tasarruf sağlar.

- ❖ Döşeme sırasında arazi şekline uyum sağlar.
- ❖ Kanal dışarısında birleştirme yapılarak kanala indirilmesi sayesinde pratiklik sağlar.

PE boruların dezavantajları şu şekilde sıralanabilir.

- ❖ Darbe dayanımı düşüktür.
- ❖ Aşınmaya karşı hassastır.
- ❖ Sıcak su borunun dayanımını düşürmektedir.
- ❖ İmalatı kaliteli işçilik ister.

PE borularda birleştirme yöntemleri alın kaynak yöntemi ve elektrofüzyon kaynak yöntemi olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Alın kaynak yöntemi alın kaynağı, aynı çap ve et kalınlığındaki boruların basınç ve sıcaklık yardımıyla alın alına birleştirilmesi suretiyle gerçekleştirilen bir bağlantı yöntemidir. Alın kaynak yapılacak parçaların ağız kısımları, düzgünce tıraşlanarak erime sıcaklığına kadar ısıtılır (200-220 °C). Daha sonra da belirli bir basınçla birbirine alın alına yapıştırılır. Alın kaynak basıncı, sıcaklık ve zaman malzemenin kendi kimyasal ve fiziksel özelliklerini bozmayacak şekilde ayarlanır.

Alın kaynağı yönteminde alın kaynak bölgeleri ısıtıcı üzerine belirli bir basınçla bastırılır. Alın kaynak sıcaklığında hemen hemen sıfır basınçta beklenir ve basınç altında birleştirilir. Şekil 3.6'da alın kaynak makinesine yer verilmiştir. Kaliteli bir alın kaynağında bağlantı en az orijinal borunun sahip olduğu dayanıma sahiptir. Kaliteli bir alın kaynağı elde edebilmek için alın kaynak basıncı, sıcaklık ve zaman parametreleri özenle ayarlanmalıdır.





**Şekil 3.6** Alın kaynak makinesi

Elektrofüzyon kaynak yönteminde ise kaynak, manşon kısmındaki ısıtma rezistansları ile yapılır. Manşon içine borular yerleştirildikten sonra kaynak makinesinin uçları manşonun delik içerisindeki rezistans uçlarına bağlanarak rezistanslar akım ile ısıtılır. Boru üzerindeki basınç ile boru içerisinde oluşan basınç sayesinde kaynak işlemi gerçekleşir. Bu kaynak işlemi için kullanılan elektrofüzyon kaynak makineleri hafif olduğu gibi, değişken kaynak parametreleri ile kaynak yapma ve gerekirse yapılan kaynakların bilgi dokümanlarının alınmasına da olanak verirler. Şekil 3.7’de elektrofüzyon kaynak makinesine yer verilmiştir.



**Şekil 3.7** Elektrofüzyon kaynak makinesi

### 3.6.2.3 Cam Elyaf Takviyeli Polyester (CTP) Borular

Cam elyaf takviyeli polyester (CTP), cam elyafı ile taşıyıcı bir matriks reçinenin birleştirilmesi ile elde edilen kompozit bir malzemedir. CTP, ortam koşullarına dayanıklı, esnek ama yeterli mekanik dayanıma sahip olmayan plastik (ör: polyester reçine) ile, yüksek mekanik dayanımlı cam elyafının bir araya getirilmesi ile elde edilen üstün nitelikli bir kompozit mühendislik malzemesidir. CTP malzemenin hammaddeleri doymamış polyester reçine ve cam elyafıdır. CTP borular Şekil 3.8’de gösterilmiş olup, kullanım alanları şunlardır.

- ❖ İçme ve ham su taşımacılığı ve dağıtımı,
- ❖ Kent yağmur suyu altyapı hatları,
- ❖ Basıncılı/basınçsız pis su ve ana tahliye borulama sistemleri,
- ❖ Evsel ve sanayi atık su sistemleri borulama hatları,
- ❖ Soğutma sistemleri borulama hatları,
- ❖ Denizaltı borulama hatları,
- ❖ Kimyasal tesislerin borulama hatları,
- ❖ Enerji santralleri,
- ❖ Deşarj hatları,
- ❖ Hidroelektrik santral hatları,
- ❖ Kimyevi maddelerin taşınması,
- ❖ Boru çakma ve eski şebekeye yeniden döşeme uygulamaları.

CTP boruların avantajları şu şekilde sıralanabilir.

- ❖ Yüksek özgül mukavemet sağlar.
- ❖ Mükemmel elastikiyet mevcuttur.
- ❖ Hafif olması sebebiyle uzun boylarda itme kolaylığı sağlar.
- ❖ Yüksek korozyon dayanımı sağlar.
- ❖ Üstün boyutsal stabilite mevcuttur.
- ❖ Tasarım esnekliği sağlar.
- ❖ Değişik yöntemlerle üretilebilme esnekliği sağlar.
- ❖ Kolay tamir edilebilirlik özelliği mevcuttur.

- ❖ Kimyasallara dayanımı yüksektir.
- ❖ Isıl dayanımı yüksektir.
- ❖ Kendinden renklendirilebilme olanağı vardır.
- ❖ Alev geciktirici katkıları ile alev direnci niteliği sağlar.
- ❖ İstenildiğinde ışık geçirgenlik özelliği sağlar.
- ❖ Yüksek amortisman süreleri mevcuttur.
- ❖ Montajı hızlı ve kolaydır.
- ❖ Taşınma maliyetleri oldukça uygundur.
- ❖ Aşırı yüksek pH koşullarında da kullanılabilir.
- ❖ Elektriği yalıtır.
- ❖ Koruyucu kaplama ihtiyacı yoktur.
- ❖ Boru cidarında korozyondan dolayı pürüzlülük oluşmaz.
- ❖ Pahalı katodik koruma gerektirmez.
- ❖ Düz olan iç yüzeyi sayesinde sürtünme kaybı oldukça azdır.
- ❖ Boruların ömrü uzundur.



**Şekil 3.8** CTP boru

### 3.6.3 Çelik Borular

Üretim boyları diğer borulara göre daha uzun olduğu için döşenmesi daha kolaydır. Yüksek basınç dayanımı gerektiren yerlerde kullanılır. Küçük çaplarda dikişsiz, büyük çaplarda kaynaklı olarak üretilmektedir.

Vidalı, kaynaklı ve flanşlı olarak birleştirilebilirler. Korozyon dayanımları az olduğu için bitümlü kaplama yapılması gerekir (Çağlısoy, 2010).

Çekme dayanımı oldukça yüksektir. Deprem bölgelerinde kullanılmaya elverişlidir. Baş bağlanması çok çeşitli şekillerde yapılabilir. Bağlantı şekillerinden güvenilir ve ucuz olanı kaynakla bağlantıdır. Yüksek işletme basınçlarında çalışmaya elverişlidir. Çok geniş üretim standardı vardır. Birçok çapta üretim söz konusudur. Muflu bağlantılar sayesinde küçük açılı dönüşler dirsek kullanılmadan dönülebilir ve yüksek basınç altında çalışan hatlarda suyun hareketinden dolayı oluşan etki kuvvetlerine karşı tespit kitlesi yapılmadan karşı koyabilirler (Şekil 3.9).

Çelik boruların en önemli dezavantajı korozyondur. İsale hatlarındaki çelik boruların korozyona karşı korumak için katodik koruma yapılmalıdır. Katodik koruma borulara iç ve dıştan kaplama yapılması şeklinde gerçekleştirilir. Katodik kaplama yapılmaması durumunda korozyon nedeniyle isale hattı zarar görür. Borunun korozyona uğraması sonucunda içerisindeki sıvının doğaya yayılmasıyla çevre kirliliği meydana gelecektir.



Şekil 3.9 Çelik boru

### 3.6.4 Beton Borular

Büyük çaplar ve basınçsız sistemlerde kullanılır. Birleştirilmesi ve sızdırmazlığının sağlanması oldukça zordur. Asitli, amonyaklı ve agresif sular beton borulara zarar verir (Şekil 3.10).



Şekil 3.10 Beton boru

### 3.6.5 Asbest Çimento Borular

Çimento, su ve amyanattan elde edilen karışım yüksek basınç altında tabakalar halinde bir silindire sarılması ile elde edilir. Korozyona karşı beton borulara göre daha yüksek dayanımlara sahiptirler. Pürüzlülükleri az olduğu için hidrolik yük kayıpları da azdır. Yük kayıpları az olduğu için aynı çaptaki çelik ve döküm borulara göre daha fazla debi iletebilirler. Baş bağlamaları lastik contalı manşonlarla düzenlenir (Çağlısoy, 2010).

Asbest, kristal yapısına sahip olan magnezyum silikat, kalsiyum-magnezyum silikat, demir-magnezyum silikat ve kompleks sodyum-demir silikat bileşimindeki bir grup mineralin adıdır. Asbestin üretimi, kullanımı insan sağlığı açısından oldukça zararlıdır. Asbest, kansere neden olmaktadır. Ülkemizde ise 2010 yılı itibari ile yayımlanan ilgili yönetmelikle asbest kullanımı ve üretimi yasaklanmıştır. Asbestin kanserojen etkisinin belirlenmesiyle, yasaklanan tarihten itibaren ülkemizde kullanılmamaktadır (Şekil 3.11).



**Şekil 3.11** Asbest çimento borular

### 3.7 Gelecekteki Nüfus Hesabı

Su temini projelerinin boyutlandırılmasında kullanılacak debi, ihtiyacı karşılanacak nüfus ile kişi başına bir günde kullanılan su miktarının çarpılması ile belirlenir. Bunu için söz konusu yerleşim merkezinin proje süresi sonundaki nüfusunun mümkün olduğu kadar doğru olarak tahmin edilmesi gerekir. Bu çalışmada gelecekteki nüfus hesabı İller Bankası Yöntemi ile yapılmıştır (Anonim, 2013). Yerleşim merkezlerinin gelecekteki nüfuslarını hesaplamada kullanılan yöntemler aşağıda sıralanmıştır.

- ❖ İller bankası yöntemi
- ❖ Aritmetik (lineer) artış yöntemi
- ❖ Geometrik artış (eksponansiyel) yöntemi
- ❖ Lojistik S eğrisi yöntemi
- ❖ Azalan hızlı geometrik artış yöntemi
- ❖ Grafik yöntem

#### 3.7.1 İller Bankası Yöntemi

Bu yöntem, geometrik artış yöntemi esasına göre artışın sınırlandırıldığı bir yöntemdir. Artış hızı denklem (3.1)'deki çoğalma katsayısı ile ifade edilir. Denklem (3.1) ile elde

edilen  $\zeta > 3$  ise  $\zeta = 3$  alınır.  $1 \leq \zeta \leq 3$  ise  $\zeta$  için bulunan değer alınır.  $\zeta < 1$  ise  $\zeta = 1$  alınır. Gelecekteki nüfus hesabı için ise denklem (3.2) kullanılmaktadır.

$$\zeta = \left[ \left( \frac{N_S}{N_E} \right)^{1/(T_S - T_E)} - 1 \right] \times 100 \quad (3.1)$$

$$N_G = N_S \times [1 + \zeta/100]^n \quad (3.2)$$

$\zeta$ : Çoğalma katsayısı

$N_G$ : Gelecekteki nüfus değeri (Hesaplanacak nüfus)

$N_S$ : Son nüfus değeri

$N_E$ : İlk nüfus değeri

$T_E$ :  $N_E$  nüfusunun belirlendiği yıl

$T_S$ :  $N_S$  nüfusunun belirlendiği yıl

$T_G$ :  $N_G$  nüfusunun belirlendiği yıl

$n$ : Son nüfus sayımından projenin başlatılmasına kadar geçen süre ( $T_G - T_S$ )

### 3.7.2 Aritmetik (Lineer) Artış Yöntemi

Bu yöntemde nüfusun birim zamandaki artışının sabit kaldığını ifade eden bir matematiksel model kullanılır. Yani  $\Delta t$  gibi bir zaman aralığında  $\Delta y$  gibi bir nüfus artışı söz konusu ise nüfus artış hızı olan  $\Delta y/\Delta t$  sabit olup  $k_a$  aritmetik artış sabiti denklem (3.3)'de belirtildiği şekilde ifade edilir. Gelecekteki nüfus hesabı içinse denklem (3.4) kullanılmaktadır.

$$k_a = \frac{N_S - N_E}{T_S - T_E} \quad (3.3)$$

$$N_G = N_S + [k_a \times (T_G - T_S)] \quad (3.4)$$

$k_a$ : Aritmetik artış sabiti

$N_S$ : Son nüfus sayım değeri

$N_E$ : İlk nüfus sayım değeri

$T_E$ :  $N_E$  nüfusunun belirlendiği yıl

$T_S$ :  $N_S$  nüfusunun belirlendiği yıl

$T_G$ :  $N_G$  nüfusunun belirlendiği yıl

### 3.7.3 Geometrik Artış (Eksponansiyel) Yöntemi

Nüfus artış hızı nüfusun logaritmik bir fonksiyonu olarak ifade edilir. Nüfus artış hızı ve gelecekteki nüfus hesabı denklem (3.5) ve denklem (3.6)'da ifade edilmiştir.

$$r = \frac{\ln N_S - \ln N_E}{T_S - T_E} \quad (3.5)$$

$$N_G = N_S \times e^{r(T_G - T_S)} \quad (3.6)$$

$r$ : Geometrik artış sabiti

$N_G$ : Gelecekteki nüfus değeri

$N_S$ : Son nüfus sayım değeri

$N_E$ : İlk nüfus sayım değeri

$T_E$ :  $N_E$  nüfusunun belirlendiği yıl

$T_S$ :  $N_S$  nüfusunun belirlendiği yıl

$T_G$ :  $N_G$  nüfusunun belirlendiği yıl

### 3.7.4 Lojistik S Eğrisi Yöntemi

Doygunluk değeri olarak genelde imar planında öngörülen nihai (doygunluk nüfusu) nüfus esas alınır. Hesaplamalarda denklem (3.7), denklem (3.8), denklem (3.9) ve denklem (3.10) kullanılır.

$$m = \frac{L - y_0}{y_0} \quad (3.7)$$



$$b = \left(\frac{1}{\Delta t}\right) \times \ln \left[ \frac{y_0 \times (L - y_1)}{[(y_1 \times (L - y_0))]} \right] \quad (3.8)$$

$$\Delta t = t_{son} - t_{ilk} \quad (3.9)$$

Not:  $t_2 - t_1 = t_1 - t_0$  olmalı.

$$L = \frac{2 \times y_0 \times y_1 \times y_2 - y_1^2 \times (y_0 + y_2)}{(y_0 \times y_2) \times y_1^2} \quad (3.10)$$

L: Doygunluk değeri

$y_0$ :  $t_0$  yılındaki nüfus

$y_1$ :  $t_1$  yılındaki nüfus

$y_2$ :  $t_2$  yılındaki nüfus

Bu yöntemle göre gelecekteki nüfus, denklem (3.11) ile hesaplanmaktadır.

$$y_m = \frac{L}{1 + m \times e^{b \Delta t}} \quad (3.11)$$

$y_m$ :  $t_m$  yılındaki nüfus (gelecekteki nüfus)

b, m: Katsayılar

$\Delta t$ : Yıl farkı

### 3.7.5 Azalan Hızlı Geometrik Artış Yöntemi

Bu yöntem, geometrik artış yöntemine bir sınır şart konularak elde edilir. Bu sınır şart, bölgedeki nüfusun bir doygunluk noktasına ulaşacağı varsayımını getirmekte ve nüfus artış hızı mevcut nüfusun doygunluk nüfusuna olan uzaklığına oranı olarak ifade edilmektedir. Nüfus artış hızı denklem (3.12) ile bulunur.

$$k_d = \ln \left( \frac{L-y_s}{L-y_i} \right) / (t_s - t_i) \quad (3.12)$$

Nüfus artış hızı belirlendikten sonra gelecekteki nüfus denklem (3.13) ile hesaplanmaktadır.

$$N_G = N_M + (N_M - N_i) \times [L - e^{-k_d(t_s-t_i)}] \quad (3.13)$$

$N_G$ : Gelecekteki nüfus

$N_M$ : Mevcut nüfus

$N_i$ : Geçmiş yıllardaki ardışık nüfus verileri

$L$ : Doygunluk değeri

$t_i$ : Ardışık nüfus sayım yıllarının birincisi

$t_s$ : Ardışık nüfus sayım yıllarının ikincisi

$y_i$ : Sondan bir önceki nüfus sayımı

$y_s$ : Son nüfus sayımı

$k_d$ : Ortalama artış hızı

### 3.7.6 Grafik Yöntem

Bu yöntemde yerleşim merkezinin geçmiş yıllardaki nüfusu zamana bağlı olarak bir grafik üzerinde gösterilir. Tahmini yapacak olan mühendis tecrübelerinden yararlanarak grafiği uzatır. Gelecek yıllardaki nüfusu tahmin etmeye çalışır. Günümüzde tercih edilmeyen bir yöntemdir.

### 3.8 İçme Suyu İhtiyacının Belirlenmesi

İçme suyu tesislerinin boyutlarının belirlenmesindeki en temel konu nüfus ve tüketim projeksiyonlarının gerçekçi yapılmasıdır. İçme suyu ihtiyacı, çalışma alanının nüfusu, tüketicilerin sosyo-ekonomik durumu, tüketime verilen suyun kalitesi, ölçülmüş su üretimi, kullanım kayıtları atık su sisteminin mevcudiyeti, iklim, suyun metreküp fiyatı, su şebekesinden sulanan yeşil alanının büyüklüğü vb. faktörler dikkate alınarak hesaplanır.

Tüketime verilen su miktarının belirlenmesinde gerçekçi bir yaklaşım için, yerleşim alanının son yıllarda kayda geçmiş tahakkuk verilerinden faydalanılır. Bu veriler konut, sanayi, ticaret, inşaat ve hizmet sektörü olarak ayrılarak, tablolara aktarılır. Böylece yerleşim alanında konut ve diğer sektörlerin hangi oranlarda su kullandığı belirlenir. Toplam içme suyu ihtiyacı genel anlamda insan su ihtiyacı, ticaret, sanayi, hizmet sektörü, turizm, hayvan su ihtiyacı ve özel ihtiyaçlardan oluşur. Bu değerlere kayıp-kaçak miktarı ilave edilerek toplam su ihtiyacı belirlenir.

### 3.8.1 İnsan Su İhtiyacı

İller bankası yönetmeliğine göre insan suyuna Çizelge 3.1’de yer verilmiştir. Çizelge 3.1’deki değerler bir kişinin bir yaz günündeki ortalama su ihtiyacıdır. Yerleşim bölgelerinin gelecekteki nüfusuna bağlı olarak kişi başına günde aşağıdaki miktarlarda su hesabı esas alınmaktadır. Şebeke su kayıpları değerlere dâhildir. Şebeke hesabında, bu değerlere göre hesaplanacak toplam ihtiyaç 1,5 ile çarpılarak bulunur (Anonim, 2013).

**Çizelge 3.1** Nüfuslara göre insan suyu ihtiyaçları

Gelecekteki Nüfus	İnsan Su İhtiyacı (l/kişi×gün)
3000’ e kadar	60
3001 – 5000	70
5001 – 10000	80
10001 – 30000	100
30001 – 50000	120
50001 – 100000	170
100001 – 200000	200
200001 – 300000	225

Nüfusu 300000’den büyük yerleşim bölgelerinde kişi başına ve özel su ihtiyacı gibi hususlarda idare ile anlaşmaya varılarak karar verilir.

İmar planına göre gelişim ve yerleşim durumlarında değişik karakter gösteren alanlarda farklı ihtiyaç miktarları da hesaba katılabilmektedir. Çizelge 3.1’de verilen su miktarının birimi l/kişi×gün’ dür. Denklem (3.14) kullanılarak insan suyu ihtiyacı l/s olarak hesaplanır.

$$Q_{H0} = \frac{N_g \times Q_{H1}}{86400} \quad (3.14)$$

$Q_{H1}$ : İnsan Su ihtiyacı

$N_g$ : Gelecekteki nüfus

$Q_{H0}$ : Gelecekteki nüfusun su ihtiyacı

### 3.8.2 Ticaret, Sanayi, Hizmet Sektörü Su İhtiyacı

Ticaret, sanayi, hizmet sektörü su tüketim miktarı, tahakkuk verilerinden elde edilemiyorsa, net tüketim miktarının, sektörün gelişmişlik seviyesi göz önüne alınarak, % 5 ile -% 10’u arasında bir değer kabul edilir.

Sanayi su ihtiyacının belirlenmesinde; yerleşim alanındaki mevcut endüstri tesisleri ve yeni yatırımların gerçekleşme durumu incelenir. İçme-kullanma suyunun şebekeden alınma durumu etüt edilir. Çalışma hizmet alanı içinde yer alan organize sanayi bölgesinin ya da küçük sanayi sitesinin tüketim verileri gerçekçi olarak elde edilmeye çalışılır. Mevcut organize sanayi bölgesi için ileriye dönük gelişme planlanıp planlanmadığı araştırılır ve su ihtiyacı ayrıca dikkate alınır.

T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından, Etüt-Proje Mühendislik Hizmetleri Teknik Şartnamesinde, organize sanayi bölgeleri için 0,40 l/s×ha içme kullanma suyu tüketimi öngörülmüştür. Küçük sanayi sitesi için dükkân başına 6 kişi kabul edilmiş ve kişi başı su ihtiyacı 100 l/kişi×gün olarak belirlenmiştir. T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, organize sanayi bölgeleri ve küçük sanayi siteleri için altyapı projeleri tasarım kriterlerinde bulunan bu değerleri tüketim verileri elde edilemeyen tesisler için belirlemiştir.

### 3.8.3 Turizm İçin Su İhtiyacı

Turistik alanlarda su ihtiyacını belirlemek amacıyla bölgedeki tüm turistik nitelikli tesislerin (otel, kamp alanı, pansiyon, yazlık konut, marina, spor amaçlı tesis vb.) sayısı, nitelikleri, yatak kapasiteleri ve doluluk oranları ile günü birlik turist nüfusu belirlenir.

### 3.8.4 Hayvan Su İhtiyacı

Çalışma alanında hayvan besiciliği yapılıyorsa içme suyu ihtiyacında dikkate alınır. Projenin düzenlendiği tarihteki hayvan sayıları belirlenerek, hayvan besiciliğindeki gelişme olasılığı dikkate alınır. Hayvan su ihtiyacı izelge 3.2’de belirtilmiştir.

**Çizelge 3.2** Hayvan su ihtiyacı

Hayvan Türü	Tüketim (l/gün)
Büyükbaş hayvan	50
Küçükbaş hayvan	15

Özel durumlarda hayvancılıktaki gelişme göz önüne alınır. Projelendirme de kk bölgelerde hayvan suyu ihtiyacı büyük önem taşır. Hayvan suyu ihtiyacı debisi denklem (3.15) kullanılarak l/s olarak hesaplanır.

$$Q_{Hay} = \frac{(N_{BBH} \times 50) + (N_{KBH} \times 15)}{86400} \quad (3.15)$$

$Q_{Hay}$  : Hayvan su ihtiyacı

$N_{BBH}$  : Büyükbaş hayvan sayısı

$N_{KBH}$  : Küçükbaş hayvan sayısı

### 3.8.5 Kayıp – Kaçak Su Miktarı

Kayıtlı verilerden tüketime verilen su miktarı ile tahakkuka bağlanan su miktarı tespit edilerek kaçak kullanım ve fiziki kayıp oranı belirlenmeye çalışılır. Bunun mümkün olmaması ya da belirlenen bu oranın % 30'un üzerinde olması halinde proje başlangıç yılı için kayıp kaçak oranı, toplam brüt su ihtiyacının yaklaşık % 30'u olarak alınır.

### 3.8.6 Özel Su İhtiyacı

Hava alanı, hastane, fabrika, otel gibi büyük yapıların yer alması durumunda özel su ihtiyacı hesaba katılmalıdır. Çalışma alanı içinde uç debi verilmesi gereken özel tesisler için Çizelge 3.3'de yer alan diğer tüketim unsurlarından yararlanılır.

**Çizelge 3.3** Evsel olmayan birimlerde özel su ihtiyacı (Anonim, 2013)

Tesis	Su İhtiyacı (l/gün)
Hava alanı (Kişi Başı)	10-20
Hamam (Kişi Başı)	100
Pansiyoner (Kişi Başı)	190
Fabrika İşçisi (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 (Y.hane, Spor S. Duşu Olan ) (Öğrenci Başı)	95
Okul (Yemekhane Olan) (Öğrenci Başı)	75
Okul (Öğrenci Başı)	25
Kışla (Asker Başı)	100
Yüzme Havuzu	500 l/m <sup>2</sup>

**Çizelge 3.3** Evsel olmayan birimlerde özel su ihtiyacı (Anonim, 2013) (devamı)

Sinema, Tiyatro (Koltuk Başı)	20
Günlük İşçi (Kişi Başı)	60
Yıkama İstasyonu (Araç Başı)	50
Mezbahada Kesilen B. Baş Hayvan	300 - 400
Mezbahada Kesilen K. Baş Hayvan	150 - 300

### 3.8.7 İletim Debisi

Kentin ihtiyacı için depoya iletilmesi gereken su miktarı denklem (3.16)'da yer verildiği üzere insan, hayvan ve özel su ihtiyaçlarının toplamıdır.

$$Q_{İLETİM} = Q_{İNSAN} + Q_{HAYVAN} + Q_{ÖZEL} \quad (3.16)$$

Projesi yapılan kentin yakınındaki bir yerleşme yerine su verilmesi planlanıyor ise gerekli su debisini özel debi olarak iletim debisinin hesabında göz önüne almak ve kent çıkışında da uç debi olarak hesaplara dâhil etmek gereklidir. Sonuçlar enterpolasyonla yuvarlatılır.

### 3.8.8 Yangın Debisi

Yerleşim bölgelerinde çıkan yangınların söndürülmesinden en çok kullanılan yöntem yangın üzerine su sıkmaktır. Su sıkmak, en iyi yöntem olmasa bile ucuz olduğu için çoğu kez yangınlar, özellikle konut yangınları, su sıkılarak söndürülür. Yangın söndürme için büyük debide suya ihtiyaç vardır. Bu suyu, su dağıtım şebekesinden almak mümkündür. Bunun için borular boyutlandırılırken yangın söndürmek için gereken debiyi de (yangın debisi) göz önüne almak gerekir. Projede kullanılması gereken yangın debileri Çizelge 3.4'de sunulmuştur (Anonim, 2013).

**Çizelge 3.4** İller bankası yönetmeliğine göre yangın debileri

Nüfus ( $N_g$ )	Ana Boru (l/s)	Esas Boru(l/s)	Tali Boru (l/s)
$N_g < 10000$	5	5	2,5
$10000 < N_g < 50000$	10	5	2,5
$50000 < N_g$	20	10	5

### 3.8.9 Şebeke Debisi

Kentlerin su ihtiyacı gün içinde değişiklikler gösterir. Bu nedenle bazen ufak bazen de büyük debilerin dağıtılması gerekmektedir. Bu değişen ihtiyacın karşılanabilmesi için depodan kente gönderilecek olan su (şebeke debisi) aşağıdaki denklem (3.17) ile hesaplanır.

$$Q_{\text{ŞEBEKE}} = 1,5 \times Q_{\text{İLETİM}} + Q_{\text{YANGIN}} \quad (3.17)$$

İçme suyu ihtiyacı belirlendikten sonra projelendirme aşamasına geçilmektedir. İçme suyu dağıtım sistemlerinin çözümü için çeşitli yöntemler söz konusudur. Bu yöntemlere Materyal ve Yöntem başlığı altında yer verilmiştir.



## 4. MATERYAL ve YÖNTEM

İçme suyu şebekelerinin hidrolik hesabının yapılmasında birçok yöntem vardır. Bu yöntemler şunlardır:

- ❖ Ölü noktalar yöntemi
- ❖ Hardy cross yöntemi
- ❖ Eşdeğer borular yöntemi
- ❖ Newton Raphson yöntemi
- ❖ Gradient yöntem
- ❖ Doğrusal yöntem

En yaygın olarak kullanılan yöntemler ölü noktalar yöntemi ve Hardy Cross yöntemidir. Ayrıca içme suyu şebeke sistemlerinin hesaplamalarında Netcad, Epanet, Isubad, Mssu, Mikenet, Suganet, Genetik Algoritma yöntemi, AnkiSoft ve Wadsop gibi çok sayıda program kullanılmaktadır. Bu çalışmada Türkçe yazılım olması ve hidrolik hesaplamaların hızlı yapılmasından dolayı Netcad yazılımı tercih edilmiştir. Çalışmada Netcad programı içerisindeki ölü noktalar yöntemi olarak bilinen kapalı sistem ile şebeke çözümlenmeleri gerçekleştirilmiştir.

### 4.1 Netcad

1987 yılında geliştirilmeye başlanan bir yazılım türüdür. 25 yıla yakın kamu ve özel sektörün ihtiyaçlarını karşılamakta olup, yapısında çeşitli profesyonel çözümler bulundurmaktadır. Netcad, uyumlu yazılım ve sistem çözümleri üretebildiği için dünya standartlarında yerel gereksinimleri de karşılayabilecek kapasitededir.

Netcad yazılım programı içerisinde imar ve kadastro uygulamaları (Netmap), şehir ve bölge planlamaları (Planet), halihazır harita ve arazi uygulamaları (Netsurf), yol, kanal, baraj projelendirme uygulamaları (Netpro), içme suyu projelendirme uygulamaları (Netcad/Water), atıksu projelendirme uygulamaları (Netpro /Atıksu), kazı planı uygulaması (ExcaneT), havza yağış taşkın modelleme (Nethydro), trafik işaretleri

projelendirme uygulaması (Tranet) gibi mühendislik projelerinin daha kolay, doğru, hızlı, ekonomik ve güvenli yapılmasını sağlayan bir yazılımdır (Anonim, 2017).

Netcad yazılımları, bugün birçok ilimizde, kamu kurum ve kuruluşlarında, özel sektörde etkin olarak kullanılmaktadır. Netcad yazılımları, çoğu üniversitede ders aracı olarak kullanılmakta ve sektörel uygulamalarda birçok kişinin ücretsiz eğitilmesinde rol almaktadır.

Netcad/water içme suyu projelendirme modülüdür. Netcad/water içme suyu isale hatlarında cazibeli-terfili sistem, açık sistem (dallı) – kapalı sistem (ölü noktalar) ve hardy cross sistemleri ile bütünlüklü çözüm sunar. Netcad/water modülünün genel özellikleri şunlardır:

- ❖ Netcad/water ile isale hattı çözümlerinde her türlü içme suyu proje işlemlerini hızla ve kolaylıkla gerçekleştirir.
- ❖ Netcad/water içme suyu projelerinin, Su ve Kanalizasyon İdareleri, İl Özel İdareleri, İller Bankası gibi kurumların şartnamelerine uygun olarak çözülebilmesini sağlar.
- ❖ Hesaplamalarda şartname değerlerinin dışında gereksinimlerine göre kullanıcının tanımlayacağı değişiklikler de yapmak mümkündür.
- ❖ Netcad/water, içme suyu projelerinin coğrafi bilgi sistemleri ile uyumlu olarak çalışır.
- ❖ İsale ve şebeke çözümlerinde basınç, yük kaybı ve pompa hesaplamaları, hız, debi, boru çapının belirlenmesi, sanat yapısı atama gibi işlemleri otomatik olarak gerçekleştirir.
- ❖ İsale hattı çözümlerinde pompa tipi ve gücünü otomatik belirler.

- ❖ Hidrolik modelleme işlemlerini hızlıca gerçekleştirir. Akış hızı, yük kaybı, debi gibi hidrolik değerler istenen zaman aralığına göre simüle eder. Bu sayede akış hızlarının fazla olduğu saatler tanımlanan zaman aralıkları için simülasyon içerisinde izlenebilir.
- ❖ Hız ve basınç, yük kaybı, boru uygunluğu ve geometri kontrolleri, göz hesap kontrolleri otomatik olarak yapar.
- ❖ Kontrol işlemleri sayesinde olası hidrolik hataların önüne geçilmiş olunur.
- ❖ İçme suyu projeleri için çok sayıda boru tipini içeren boru kütüphanesinden seçilebilen boru ile boru çapı tayinlerini kolayca gerçekleştirir.
- ❖ Mevcut boru kütüphanesine özel üretimle üretilen boru tipleri de kolaylıkla eklenerek eleman kütüphanesi genişletilebilir.
- ❖ İsale ve şebeke çözümlerinde, içme suyu projeleri için gerekli rapor, metraj ve plan çizimlerini hızlıca oluşturur.
- ❖ Hesap tablolarını, simülasyon bilgilerini, düğüm detaylarını, plan ve dirsek çizimlerini, isale ve şebeke çözümlerine ait her türlü proje çıktısını mevzuat ve yönetmeliklere uygun olarak çıkarır.
- ❖ Netcad/water, ölü nokta ile çözülen kapalı şebeke çözümlerinde, her bir göz için sisteme farklı koldan giren suyun hesap debisini, yük kayıplarını, boru çaplarını ve tiplerini birçok iterasyon sonucunda hesaplayarak ölü noktanın yerini hızlıca belirler.
- ❖ İçme suyu projelerinde hattın çizimi esnasında kullanılan dinamik profil ile hattın profili ve en kesitleri anlık olarak izlenebilir. Bu özellik sayesinde hat tasarlanırken proje kontrol altında ilerlemiş olur.

- ❖ İsale hatlarında suyun alındığı kota ve debiye göre vantuz, tahliye, maslak(basınç kırıcı) gibi sanat yapılarının yer tayinlerini otomatik olarak gerçekleştirir.

## 4.2 Ölü Noktalar Yöntemi

Ölü noktalar yöntemi, özellikle ülkemizde yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemde bir şebeke sistemine iki koldan da su geldiği düşünülür. Her iki koldan da sisteme giren sular abonelere dağıtılarak bir noktada biter. Bu noktaya ‘ölü nokta’ adı verilir. Ölü nokta aslında gerçekte var olmayan, hayali bir noktadır. Ölü noktaya gelen bir yöndeki akımların yük kayıplarının toplamı ile diğer yönden gelen akıma ait yük kayıpları toplamının birbirine eşit olması gerekmektedir.

Ölü noktalar yönteminde boruların hesap debisi, ilgili borunun hesap debisine yangın debisinin de eklenmesi ile elde edilir. Su dağıtım şebekelerinde boru boyunca farklı noktalardan su çekimi yapılmaktadır. Bu durum hidrolik olarak oldukça karmaşık bir durum olduğu için debi değerinin boru boyunca üniform değiştiği kabulü yapılır. Yani bir boru üzerindeki debi değişimi ya trapez şeklinde ya da üçgen şeklinde olmaktadır. Üçgen şeklindeki debi değişimi, sistemdeki ölü noktaların olduğu bölgelerde ve tali borularda görülmektedir.

Ölü noktalar yönteminde suyun şebekeden sadece belirli düğüm noktalarından değil, bütün borular boyunca çekildiği kabul edilir. Bu kabul ile çift uçtan beslenen bir borunun belirli bir noktasında (ölü nokta) debinin sıfır olduğu varsayılır. Bu varsayım ile kapalı gözlerden oluşan bir şebeke ölü noktalardan kesilerek hidrolik çözümü çok daha basit olan bir dal şebeke sistemine dönüştürülür (Sevük ve Altınbilek, 1977).

Hesaplama yapılırken ölü noktalardan başlanarak her bir borunun uç ve baş debileri hesaplanmaktadır. Su dağıtım şebekesinde seçilen boru çaplarına göre oluşacak yük kayıpları göz önüne alındığında, düğüm noktalarında farklı yönlerden gelerek hesaplanan basınçların ideal durumda eşit olması gerekir. Ancak genel olarak bunu sağlamak zor olduğundan, İller Bankası yönetmeliğine göre gelecekteki nüfusu 50000’e

kadar olan beldelerde 1 m'ye kadar olan kapanma hatasına müsaade edilmektedir. Daha büyük beldelerde bu değerin 2 m'ye çıkarılması mümkündür. Farklar daha büyük olduğunda, seçilen boru çaplarını veya ölü noktaların yerlerini değiştirerek, basınç farkları yukarıda verilen sınırlar içinde kalıncaya kadar hesaplar tekrarlanmaktadır (Öziş, 1983; Muslu, 2008; Topacık ve Eroğlu, 1998).

Ölü noktada şebeke beslemesi tek bir noktada yapılabilmektedir ve sadece kararlı hal (stady state) için çözüm alınabilmektedir. Ölü nokta yönteminde yangın debisi boru boyunca her noktadan çekilebilmekle birlikte şebekenin beslenmesi bir noktadan sadece bir noktadan gerçekleşebilir (Selçuk, 2014).

Sistemin Avantajları:

- ❖ Su çeşitli yönlerden bir noktaya gelir.
- ❖ Arıza halinde bir noktası başka bir taraftan su alabilir.
- ❖ Su sarfiyatındaki değişmelerin tesiri daha az olur.

Sistemin Dezavantajları:

- ❖ Hidrolik hesabı karışıktır.
- ❖ Boru ve boru özel parçalarına daha fazla gereksinim duyulur.

Ölü nokta yöntemi için işlem adımları kısaca şu şekilde özetlenebilir:

- ❖ Şebekeden çekilecek maksimum debi hesaplandıktan sonra kesafet katsayıları belirlenir. Böylece, boruların gerçek uzunlukları ile kesafet katsayıları çarpılarak izafi boru boyları belirlenir.
- ❖ Hesaplarda kullanılacak debi, toplam izafi boru boyuna bölünerek birim izafi debi hesaplanır.
- ❖ Ölü noktalarda her bir gözün ya da borunun ters yönlü izafi debileri ile uzunlukları çarpılarak debinin sıfırlanması sağlanmaya çalışılır.

- ❖ Yük kayıpları arasındaki tolerans yaklaşık 1 m olarak kabul edilir ve söz konusu fark istenilen düzeye getirilir (Sevük ve Altınbilek, 1977).



## 5. ÇALIŞMA ALANI

Bu çalışmada bölgenin stratejik konumu ve mevcut içme suyunun 30 yıl sonra ihtiyacı karşılayamayacağını öngörülmesinden dolayı çalışma alanı olarak Erzurum İli, Horasan İlçesi tercih edilmiştir. Yapılacak olan çalışma için seçilen bölgenin (Erzurum İli Horasan İlçesine ait) haritası Şekil 5.1’de sunulmuştur. Horasan İlçesi Erzurum İlinin doğusunda Aras Nehrinin kenarında kurulmuştur. Yüz ölçümü 1662 km<sup>2</sup>’dir. Deniz seviyesinden yüksekliği 1650 m’dir. Bölge, Aras nehri boyunca uzanan geniş düzlüklerle, kuzey ve güneyden çevrili geniş sırtlardan meydana gelmektedir. Belli başlı akarsuları Aras Nehri, Zars Çayı, Serköllü Çayıdır. İlçede halk çoğunlukla ziraat ve hayvancılıkla uğraşır. Son yıllarda hayvancılığa verilen önem artmıştır. Yetiştirilen tarım ürünleri pancar, patates, ayçiçeği, buğday ve arpadır.



Şekil 5.1 Erzurum, Horasan İlçe haritası

Erzurum’a 80 km uzaklıkta olan Horasan, Kars, İğdır ve Ağrı’yı Erzurum üzerinden yurdun diğer yerlerine bağlayan önemli karayollarının kavşağında yer alır. İğdır, Kars-

Erzurum karayolu, Gürbulak sınır kapısından gelerek Doğu Beyazıt ilçesi ve Ağrı ilinden geçen E-23 karayolu ile Horasan'da birleşir. Ayrıca Erzurum-Kars demiryolu da buradan geçmektedir. İlçe yollarının %20'si asfalt, %70'i parke,%10'u stabilize edilmiştir.

Bölgenin doğal bitki örtüsü bozkır (Step)'tir. Dağ yamaçlarında bozulmuş orman ve dağların yükseklerinde dağ çayırlarına rastlanır. Bölgenin kuzeyi ve güneyi sıradağlar ile çevrildiği için denizel etkiye kapalı bir konumda yer almaktadır. Yazlar genellikle kısa ve sıcak geçmekle beraber kış ayları uzun ve soğuk geçmektedir. Yıllık ortalama sıcaklık değeri 6,4°C yıllık ortalama yağış değerleri ise 406,3 mm kadardır.





## 6. ARAŞTIRMA BULGULARI

### 6.1 Gelecekteki Nüfus Hesabı

Söz konusu bölgenin içme suyu ihtiyacı belirlenirken İller Bankası Teknik Şartnamesi kullanılarak netcad/water programı ile hesaplamalar yapılmıştır. Kullanılan her tip boru için netcad/water program çıktıları EKLER kısmında sunulmuştur. Çalışmada bölgenin 2018 yılı nüfusu ortalama 4000 kişidir. Yapılan hesaplamalarda İller Bankası yöntemi kullanılarak gelecekteki nüfusu (30 yıllık) ortalama 9709 kişi olarak hesaplanmıştır. Hesaplamalarda güvenli tarafta kalmak amacıyla bu değer 10001 kişi olarak alınmıştır.

### 6.2 Toplam Su İhtiyacı Hesabı

İller Bankası Teknik şartnamesine göre Çizelge 3.1'de belirtilen değerler dikkate alınarak insan su ihtiyacı 100 l/kişigün olarak alınmıştır. Ayrıca bölgede 1000 adet büyükbaş hayvan ve 750 adet küçükbaş hayvan olduğu kabul edilerek hesaplamalara dahil edilmiştir.

Netcad/water programına gerekli veriler (insan su ihtiyacı, büyükbaş ve küçükbaş hayvan sayısı su ihtiyacı, yangın debisi) girilerek bölgenin 30 yıllık toplam içme suyu ihtiyaç debisi ortalama  $Q_{\text{Toplam}}=11,95$  l/s olarak belirlenmiştir.

### 6.3 Maliyet Analizi

Erzurum İli Horasan İlçesine ait içme suyu şebekesinde boru, boru döşemesi, kazı, dolgu ve nakliye hesabı da dahil edilerek hesaplamalar yapılmıştır. Özel şebeke (ev) bağlantıları, yangın hidrantı, vana, dirsek, kör tapa vb. malzemeler farklı tip boruların kıyaslanmasında maliyeti etkilemeyeceğinden metraj ve keşfe dahil edilmemiştir. Çalışmada Horasan İlçesine ait içme suyu şebekesinin maliyet analizinde PE, PVC, çelik ve düktil tip borular kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır. Asbest çimento borular insan sağlığına zararlı olduğundan, beton borular ve CTP borular ise piyasada üretilen standart çapların çok büyük olması sebebiyle çalışmada tercih edilmemiştir.

### 6.3.1 Boru Metraji

İçme suyu şebeke hattında kullanılan PE, PVC, çelik ve düktil borular için boru metraji Çizelge 6.1’de sunulmuştur.

**Çizelge 6.1** Boru metraji

PE	Boru çapları (mm)	75	90	110	125	140	160	180
	Boru uzunlukları (m)	4042	543	1453	200	98	195	1725
PVC	Boru çapları (mm)	63	90	110	125	140	160	-
	Boru uzunlukları (m)	4584	1653	205	87	87	1639	-
Çelik	Boru çapları (mm)	50	60	80	100	125	150	200
	Boru uzunlukları (m)	52	4532	87	87	107	1483	1906
Düktil	Boru çapları (mm)	80	100	125	150	200	-	-
	Boru uzunlukları (m)	4477	1120	969	44	1639	-	-

### 6.3.2 Kazı-Dolgu Metraji

Hem iletim hattı hem de şebeke hatlarında, don, darbe, trafik yükü, ısı vb. etkiler göz önünde alınarak hendek derinliği, boru üstünden zemin seviyesine kadar en az 1 m olacak şekilde belirlenir. Ancak 2000 m kotunun üstündeki yerlerde boru üstünden zemin seviyesine kadar olan derinlik en az 1,25 m olmalıdır (Anonim, 2013).

Çalışmada hendek ve dolgu hesabında İller Bankası Teknik Şartnamesinin esasları kullanılmıştır. Yapılacak olan içme suyu şebeke hattının hendek kazı ve dolgu işlemleri İller Bankası Teknik Şartnamesinin “Hendek Genişlik ve Derinlikler” bölümünde açıklandığı şekilde hesaplamalar yapılmıştır. Hendek derinlikleri boru üst kotundan itibaren 1 m alınarak maliyet hesabı oluşturulmuştur. İçme suyu şebeke hattında kullanılan tüm borular için kazı metraji aynı miktarda olup Çizelge 6.2’de gösterilmiştir. Dolgu metraji için de İller Bankası Teknik Şartnamesinde geçen ifadelerden faydalanılmıştır. Hendek dolgularında 200 mm dış çapa kadar olan (200 mm dahil)

boruların boşluk hacimleri düşülmemiş olup, 200 mm'den büyük çaplı boruların boşluk hacimleri düşülmüştür. Çalışma yapılan bölgede 200 mm'den büyük çapta boru olmadığı için hesaplamalarda boşluk hacimleri düşülmemiştir. İçme suyu şebeke hattında kullanılan PE, PVC, çelik ve düktil borular için dolgu metrajı Çizelge 6.3 ve Çizelge 6.4'de sunulmuştur.

**Çizelge 6.2 Kazı metrajı**

Boru Tipi	Hacim hesabı (m <sup>3</sup> )			Kazı hacmi (m <sup>3</sup> )
	En	Boy	Yükseklik	
PE, PVC, Çelik ve Düktil	0,60	8256	1	4953,60

**Çizelge 6.3 El ile dolgu metrajı**

Boru Tipi	Hacim hesabı (m <sup>3</sup> )			Dolgu Hacmi (m <sup>3</sup> )
	En	Boy	Yükseklik	
PE, PVC, Çelik ve Düktil	0,60	8256	0,30	1486,08

**Çizelge 6.4 Makine dolgu metrajı**

Boru Tipi	Hacim hesabı (m <sup>3</sup> )			Dolgu hacmi (m <sup>3</sup> )
	En	Boy	Yükseklik	
PE, PVC, Çelik ve Düktil	0,60	8256	0,70	3467,52

### 6.3.3 Boru Maliyeti

İçme suyu şebeke hattında kullanılan PE, PVC, çelik ve düktil borular için boru maliyet hesabında; işçilik, boru bedeli, boruların kesilme bedeli, boru birleştirme (alın kaynağı ve elektrofüzyon kaynak) bedelleri dahil edilmiştir. Kullanılan her bir boru tipi için 2018 yılı birim fiyatları kullanılarak boru maliyetine (işçilik ve malzeme dahil) Çizelge 6.5’de yer verilmiştir.

**Çizelge 6.5** Boru tiplerine göre boru maliyeti

Boru maliyeti (TL) (işçilik ve malzeme dahil)							
Boru Tipi	Çap (mm)						
	75	90	110	125	140	160	180
PE	92.729,7	17.791,5	67.436,0	12.618,7	6.834,2	16.390,6	173.877,3
Boru Tipi	63	90	110	125	140	160	-
PVC	120.335,1	80.519,7	14.364,5	8.116,5	10.046,9	243.319,8	-
Boru Tipi	50	60	80	100	125	150	200
Çelik	2.042,1	220.631,6	5.413,4	7.389,7	11.855,5	199.275,4	391.808,1
Boru Tipi	80	100	125	150	200	-	-
Düktil	326.110,7	88.705,7	98.976,9	4.864,4	230.641,8	-	-

### 6.3.4 Kazı-Dolgu Maliyeti

İçme suyu şebeke hattında kullanılan PE, PVC, çelik ve düktil borular için 2018 yılı birim fiyatları kullanılarak kazı-dolgu maliyet hesabı yapılmış ve kazı maliyet hesabı Çizelge 6.6'da sunulmuştur. Kazı maliyeti hesaplamalarında, kazı derinliği 2 m'den küçük olan kazılarda dar-derin içme suyu kazı birim fiyatları kullanılmış olup 2 m'yi aşması durumunda ise geniş-derin kazı birim fiyatları kullanılmıştır. Tüm borular için kazı hacmi aynı miktardadır.

**Çizelge 6.6** Kazı maliyeti

Kazı hacmi (m <sup>3</sup> )	Birim fiyat (TL)	Toplam tutar (TL)
4953,60	9,61	47.604,0

Dolgu işlemlerinde 30 cm el ile dolgu yapılmış olup, kalan kısım makine ile doldurulmuştur. El ile yapılan dolgunun tamamında kum kullanılmış olup, geriye kalan kısım ise stabilize malzeme ile doldurulmuştur.

Hendek dolgularında 200 mm dış çapa kadar olan (200 mm dahil) boruların boşluk hacimleri minha edilmeden maliyet hesabı yapılmıştır. Yapılan dolgu maliyet hesabına ise 2018 yılı birim fiyatları kullanılarak Çizelge 6.7 ve Çizelge 6.8'de yer verilmiştir.

**Çizelge 6.7** El ile dolgu maliyeti

El ile dolgu hacmi (m <sup>3</sup> )	Birim fiyat (TL)	Toplam tutar (TL)
1486,08	22,75	33.808,3

**Çizelge 6.8** Makine ile dolgu maliyeti

Makine ile dolgu hacmi (m <sup>3</sup> )	Birim fiyat (TL)	Toplam tutar (TL)
3467,52	13,29	46.083,3

**6.3.5 Nakliye Maliyeti**

Nakliye hesabının ekonomik olması istenmektedir. Nakliye maliyetin ekonomik olması amacıyla Erzurum İli Horasan İlçesine en yakın boru fabrikaları dikkate alınarak hesap yapılmıştır. Ayrıca İller Bankası'nın taşıma denklemleri kullanılmış olup, taşıma mesafesi 10 km'den fazla olduğu için gerekli hesaplamalar denklem (6.1) kullanılarak işlemler gerçekleştirilmiştir. Çizelge 6.9'da en ekonomik olacak şekilde gerçekleştirilmiş olan nakliye maliyetlerine yer verilmiştir.

$$F = (0,76578 M + 25202) 0,0003866 \quad (6.1)$$

M: Taşıma mesafesi

F: Bir ton boru için nakliye tutarı

**Çizelge 6.9** Nakliye maliyeti

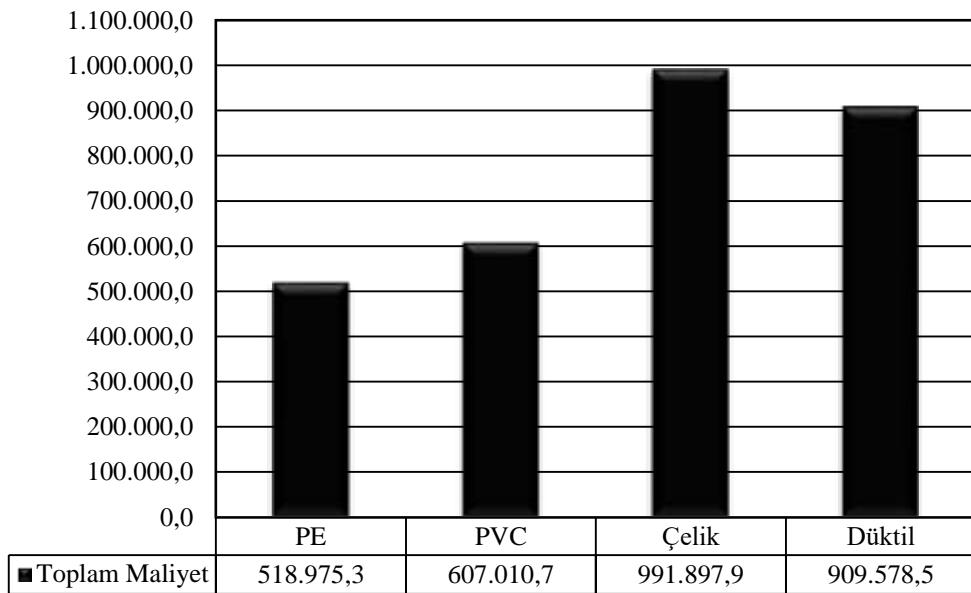
Boru Tipi	Boruların satın alındığı iller	Toplam tutar (TL)
PE	Elazığ	3.801,7
PVC	Elazığ	2.812,6
Çelik	Samsun	25.986,5
Düktül	Samsun	32.783,4

### 6.3.6 Toplam Maliyet

Çalışmada hesaplanan boru (işçilik ve malzeme dahil) maliyeti, kazı-dolgu ve nakliye maliyetleri kullanılarak toplam maliyet hesaplanmıştır (Çizelge 6.10, Şekil 6.1).

**Çizelge 6.10** Toplam maliyet

Boru Tipi	Boru Maliyeti (İşçilik ve Malzeme dahil)	Kazı Maliyeti	Dolgu Maliyeti (El ve Makine)	Nakliye Maliyeti	Toplam Maliyet (TL)
PE	387.678,0	47.604,0	79.891,6	3.801,7	518.975,3
PVC	476.702,5	47.604,0	79.891,6	2.812,6	607.010,7
Çelik	838.415,8	47.604,0	79.891,6	25.986,5	991.897,9
Düktül	749.299,5	47.604,0	79.891,6	32.783,4	909.578,5



**Şekil 6.1** Boru tipi- toplam maliyet karşılaştırması

## 7. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu çalışmada Erzurum İli, Horasan İlçe merkezi için İller Bankası Teknik Şartnamesinde belirtilen kriterler kullanılarak çalışılan bölgenin içme suyu şebekesi için hidrolik hesaplamalar yapılmıştır. Çalışmada, bölgenin 2018 yılı ortalama nüfusu dikkate alınarak 30 yıllık proje ömrü için gelecekteki nüfus hesabı yapılmıştır. İnsan su ihtiyacı, büyükbaş ve küçükbaş hayvan su ihtiyacı ve yangın debisi hesaba katılarak netcad programı ile hidrolik hesaplamalar yapılmıştır. Hidrolik hesaplamalar netcad yazılımı içerisinde yer alan ölü noktalar yöntemi olarak bilinen kapalı sistem ile gerçekleştirilmiştir. Çalışmada PE, PVC, çelik ve düktil borular kullanılmıştır.

Bu çalışmada, içme suyu şebeke hatlarında kullanılan farklı tip borular tercih edilmeye çalışılmıştır. Ancak asbest çimento borular insan sağlığı açısından zararlı olduğundan tercih edilmemiştir. Piyasada üretilen standart çapları tasarlanan şebeke hattı için çok büyük olması sebebiyle beton ve CTP borular da çalışmada tercih edilmemiştir. İçme suyu şebeke hatlarında CTP boruların kullanılmak istenilmesi durumunda özel üretim yapılması gerekmektedir. Bu durum da maliyeti arttırmaktadır.

Bu çalışmada kullanılan PE, PVC, çelik ve düktil olmak üzere toplam dört farklı tipteki boru için hidrolik hesaplamalar ayrı ayrı yürütülmüştür. Boru çapları ve boru uzunluklarındaki değişimler göz önüne alınıp boru tipinin maliyete etkisi irdelenmiştir. Kazı-dolgu maliyetleri bütün boru tipleri için aynıdır. Sadece boru maliyetinde ve nakliye maliyetinde boru tipine göre değişiklik söz konusu olmaktadır. Özel şebeke (ev) bağlantıları, yangın hidrantı, vana, dirsek, kör tapa vb. malzemeler farklı tip boruların kıyaslanmasında maliyeti etkilemeyeceğinden metraj ve keşfe dahil edilmemiştir.

Değerlendirmeler sonucu boru maliyeti (işçilik ve malzeme dahil) en yüksek çelik borunun iken, en düşük boru maliyeti (işçilik ve malzeme dahil) ise PE borunudur. Boruların nakliye maliyetinde ise en yüksek olan düktil boru iken, en düşük nakliye maliyeti PVC borununkidir. Toplam maliyet açısından kıyaslama yapıldığında en yüksek maliyetli boru çelik boru olurken, en düşük maliyetli borunun ise PE boru olduğu görülmektedir.



Sonuç olarak dört farklı boru tipi kullanılarak yapılan içme suyu şebeke hesabında farklı metrajlar ve farklı boru çapları hesaplanmıştır. Tüm faktörler dikkate alındığında en ekonomik boru olarak PE boru, en pahalı boru ise çelik boru olduğu belirlenmiştir. Ayrıca boru seçimi yapılırken boruların ekonomikliğinin yanında boru ömrü, dış etkilere karşı dayanımının yüksek olması ve montaj işlemlerinin kolay olması gibi özelliklerin de dikkate alınması oldukça önem arz etmektedir.

Bu çalışmadan farklı olarak, mevcut çalışmada kullanılan boru tiplerine ilaveten CTP boru tipi dahil edilebilir. Ayrıca farklı bir içme suyu şebeke tasarım programı kullanılarak mevcut çalışma ile kıyaslama yapılır. Bu sayede mevcut çalışma ilerletilip, geliştirilebilir.



## KAYNAKLAR

- Alan, E. (2017). *Gaziantep İli Şehitkamil İlçesi Yeditepe Mahallesi İçme Suyu Şebekesi Tasarımı. Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Gelişim Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Alashan, S. (2018). *İçme Suyu Şebekelerinde Hesap Debilerinin Ölü Noktalar Yöntemi ile Şematik Çözümü. Su Vakfı Dergisi*, 7.
- Anonim, (2013). *İçme Suyu Tesisleri Etüt, Fizibilite ve Projelerinin Hazırlanmasına Ait Teknik Şartname*, İller Bankası Anonim Şirketi, Ankara.
- Anonim, (2017). *Netcad/Water Modülü Kullanım Kılavuzu*, Ankara.
- Alperovits, E., Shamir, U. (1977). *Design of Optimal Water Distribution Systems. Water Resources Research*, 13(6), 885-900.
- Bay, M. E. (2006). **İçme Suyu Proje El Kitabı**. Teknik Yayınevi, 6-15,62,67,143-145.
- Bhave, P. R. (2006). *Analysis of Water Distribution Networks. Alpha Science International First Publication*, İngiltere, 122.
- Bostancı, N. (2005). *İçme Suyu Temini Sistemlerinde Karşılaşılan Sorunlar ve Çözüm Önerileri. II. Ulusal Su Mühendisliği Sempozyumu*, İzmir, 775-785, 21-24 Eylül.
- Çağlısoy, T. (2010). *İçme Suyu Şebekelerinde Boru Türünün Maliyete Etkisi ve İldem-Kayseri Örneği. Yüksek Lisans Tezi*, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Çelik, M. A. (2004). *İçme Suyu Şebekelerinin Optimum Tasarımı. Yüksek Lisans Tezi*, Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

- Erdirin, H. E. (2001). *Şehir Planlamada Su ve Kanalizasyon Sistemleri Proje Eşiklerinin Değerlendirilmesi*. **Yüksek Lisans Tezi**, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Eaton, L. K. (2001). *Hardy Cross and the Moment Distribution Method*, **Nexus Network Journal**. 3, 15-24.
- Gedik, N. (2009). *Su Temini ve Çevre Sağlığı Ders Notları*, Balıkesir Üniversitesi, Balıkesir.
- Gerger R., Toplamacı M. M. (2017). *İçme Suyu İletim Hatlarında Kullanılan Boru Tiplerinin Ekonomik Analizi*. **Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi**, 71-77.
- Günel, M., Bulut, S., Günel, A.Y. (2005). *İçme Suyu Şebekelerinde Hardy-Cross ve Ölü Nokta Metotlarının Karşılaştırılması*. **Antalya Yöresinin İnşaat Mühendisliği Sorunları Kongresi**, Bildiriler Kitabı, Cilt 2, 100-106, Antalya.
- Huddleston, D. H., Alarcon, V. J., Chen, W. (2004). *A Spreadsheet Replacement for Hardy Cross Piping System Analysis in Under Graduate Hydraulics*. **Proceedings of the 2004 World Water and Environmental Resources Congress**, Critical Transitions in Water and Environmental Resources Management.
- Kahraman, A., M., Özdağlar, D. (2004). *Su Dağıtım Sistemlerinin Genetik Algoritma ile Optimizasyonu*. **DEÜ Fen ve Mühendislik Dergisi**, Cilt:6, Sayı:3, S. 1-18.
- Karadoğan, H. (2010). *Boru Hatları Tasarımı*. **Tesisat Mühendisliği Dergisi**, No 119, 5-10.
- Karpuzcu, M. (1985). *Su Kaynakları*. **B. Ü. Matbaası**, İstanbul.
- Karpuzcu, M. (2005). *Su Temini ve Çevre Sağlığı*. **Kubbealtı Neşriyat**, İstanbul.

- Keleş, G. (2005). *Water Distribution Network Design by Partial Enumeration*. **Yüksek Lisans Tezi**, ODTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Liong, S., Md. A (2004). *Optimal Design of Water Distribution Network Using Shuffled Complex Evolution*. **Journal of The Institution of Engineers, Singapore Vol. 44, Issue 1**.
- Lopes, A. M. G. (2004). *Implementation of the Hardy-Cross Method for the Solution of Piping Networks*. **Computer Applications in Engineering Education**.
- Majıdı, G. A. (2017). *Epanet Programıyla Bir Yerleşim Bölgesinin İçme Suyu Şebekesinin Tasarımı*. **Bitirme Tezi**, Uludağ Üniversitesi.
- Moosavian, N., Jaefarzadeh, M. R. (2014). *Hydraulic Analysis of Water Supply Networks Using a Modified Hardy Cross Method*. **International Journal of Engineering, 27, 1331-1338**.
- Muslu, Y. (1997). *Su ve Atık Su Teknolojisi*. İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Mutlu, Ö. (2008). *Hardy Cross Yöntemiyle İçme Suyu Projelerinin Hazırlanmasında Netcad/Water Yazılımın CBS Çözümleri*. **TMMOB 2. Su Politikaları Kongresi**, Ankara, 97-107.
- Mermer, M. (2007). *Kentsel İçme Suyu İhtiyacının Yapay Sinir Ağlarıyla Tahmini*. **Yüksek Lisans Tezi**, Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü.
- Newbold, J. R. (2009). *Comparison and Simulation of a Water Distribution Network in Epanet and a New Generic Graph Trace Analysis Based Model*. **Yüksek Lisans Tezi**, Virginia Polytechis Institute and State University.
- Niazkar, M., Afzali, S. H. (2017). *Analysis of Water Distribution Networks Using Matlab and Excel Spreadsheet, H-Based Methods*. **Computer Applications in Engineering Education**.

- Önen, F. (1998). *İçme Suyu Şebeke Hesaplarında Kullanılan Yöntemlerin Karşılaştırmalı Olarak İncelenmesi ve Değerlendirilmesi*. **Yüksek Lisans Tezi**, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Önpeker, A. N. (2005). *Cross Metoduyla İçme Suyu Dağıtım Sistem Çözümünde Uygun Göz Alanlarının Araştırılması*. **Yüksek Lisans Tezi**, Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Özdağlar, D., Benzedem, E. ve Kahraman, A. M. (2006). *Kompleks Su Dağıtım Şebekelerinin Genetik Algoritma ile Optimizasyonu*. **İMO Teknik Dergi**, 2006 3851-3867.
- Raoni, R., Secchi, A. R., Biscaia Jr, E.C. (2017). *Novel Method for Looped Pipeline Network Resolution*. **Computers and Chemical Engineering**, 96, 169–182.
- Öztürk, Y. (1996). *Kahramanmaraş İlinde İçme ve Kullanma Suyu İhtiyacının Tespiti*. **Yüksek Lisans Tezi**, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Sarıcaoğlu, K., Büyükgüngör, H. (1998). *İçme Suyu Şebekelerinin Hesabında Bilgisayar Kullanımı*. **PÜ. Mühendislik Bilimleri Dergisi**, 4, 3, 767-775.
- Sevük, S., Altınbilek, D. (1977). *Su Dağıtım Şebekeleri Projelendirme ve Bilgisayarla Çözüm Esasları*. **ODTÜ Yayınları**, Ankara.
- Selçuk, A. (2014). *İçme Suyu Şebekelerine Ait Tasarım Metotlarının (Ölü Nokta ve Hardy Cross) Bilgisayar Programları Kullanarak Karşılaştırılması*. ODTÜ, Ankara.
- Şekerdağ, N. (2014). *Su Getirme ve Kanalizasyon Problemleri*. **Nobel Akademik Yayıncılık**, Ankara.
- Topacık, D., Eroğlu, V. (1998). *Su Temini ve Atıksu Uzaklaştırılması Uygulamaları*. **İnşaat Fakültesi Matbaası**, İstanbul Teknik Üniversitesi, 222, 223, 329

Tekatlı, M. (2010). *Water Distribution Network Analysis Using Netcad*. **Yüksek Lisans Tezi**, Gaziantep Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Türkdoğan, İ., Yetilmezsoy, K. (2004). *Su Getirme ve Kanalizasyon Uygulamaları*. **Su Vakfı Yayınları**, İstanbul.

Wheeler, W. (1977). *Hardy Cross Distribution Analysis*, **Water & Sewage Works**.

Wood, D. J., Funk, J. E. (1993). *Hydraulic Analysis of Water Distribution Systems in Water Supply Systems, State of The Art and Future Trends*. E. Cabrera and F. Martinez, eds., **Computational Mechanics Publications**, Southampton, 41-85.

Yılmaz, V. (2015). *Su Dağıtım Şebekelerinin Metasezgisel Yöntemlerle Optimizasyonu*. **Doktora Tezi**, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

**EKLER**

**Ek-1:** PE Boru İçin Netcad ıktısı

**Ek-2:** PVC Boru İçin Netcad ıktısı

**Ek-3:** elik Boru İçin Netcad ıktısı

**Ek-4:** Düktil Boru İçin Netcad ıktısı



**EK-1**  
**PE Boru İçin Netcad Çıktısı**

BORU HATTI	ZUNLUKLAR		DEBİLER			0.55 P	Q1	YANGIN DEBİSİ	HESAP DEBİSİ	CİNSİ	BORUDA METREDE		HIZ	KA YIP	KOTLAR		ZEMİN KOTU	İŞLETME BASINCI	STATİK BASINÇ
	M	K	UZUNLUK	İZAFİ UZUNLUK	İZAFİ DEBİ						UÇ DEBİSİ	BAŞ DEBİSİ			Qc	BAŞ DEBİSİ			
1106-M1	449	1.0	449	1.217	0.000	1.217	0.669	0.669	5.000	5.669	96.8/110	0.006097	0.77	2.74	M1	1577.23	1558.95	18.28	35.69
1106-107	302	1.0	302	0.819	0.000	0.819	0.450	0.450	2.500	2.950	66.0/75	0.011739	0.86	3.55	107	1574.50	1557.95	16.55	36.69
1108-106	39	1.0	39	0.107	2.035	0.000	2.035	2.094	5.000	7.094	96.8/110	0.009231	0.96	0.36	106	1578.06	1555.51	22.55	39.13
1110-111	121	1.0	121	0.327	0.000	0.327	0.180	0.180	2.500	2.680	66.0/75	0.009827	0.78	1.19	111	1572.70	1558.16	14.54	36.48
1110-112	52	1.0	52	0.141	0.000	0.141	0.078	0.078	2.500	2.578	66.0/75	0.009145	0.75	0.48	112	1573.40	1557.40	16.00	37.24
1109-110	192	1.0	192	0.519	0.469	0.988	0.286	0.754	2.500	3.254	66.0/75	0.014074	0.95	2.70	110	1573.88	1557.61	16.26	37.02
1109-113	75	1.0	75	0.203	0.000	0.203	0.112	0.112	2.500	2.612	66.0/75	0.009368	0.76	0.70	113	1575.89	1556.26	19.63	38.38
1108-109	95	1.0	95	0.258	1.191	1.449	0.142	1.333	2.500	3.833	66.0/75	0.019052	1.12	1.82	109	1576.59	1556.82	19.77	37.82
1108-114	91	1.0	91	0.245	0.000	0.245	0.135	0.135	2.500	2.635	66.0/75	0.009524	0.77	0.86	114	1577.54	1555.38	22.16	39.26
1115-108	130	1.0	130	0.353	3.837	4.190	0.194	4.031	5.000	9.031	110.2/125	0.007678	0.95	1.00	108	1578.41	1555.85	22.56	38.79
1115-116	498	1.0	498	1.350	0.000	1.350	0.742	0.742	2.500	3.242	66.0/75	0.013979	0.95	6.96	116	1572.41	1559.02	13.39	35.62
1117-115	70	1.0	70	0.188	5.540	5.728	0.104	5.643	5.000	10.643	110.2/125	0.010404	1.12	0.72	115	1579.38	1555.06	24.32	39.58
1118-119	480	1.0	480	1.300	0.000	1.300	0.715	0.715	2.500	3.215	66.0/75	0.013760	0.94	6.60	119	1572.90	1558.81	14.09	35.83
1118-120	105	1.0	105	0.285	0.000	0.285	0.157	0.157	2.500	2.657	66.0/75	0.009670	0.78	1.02	120	1578.49	1554.32	24.17	40.32
1117-118	63	1.0	63	0.171	1.585	1.755	0.094	1.679	2.500	4.179	79.2/90	0.009205	0.85	0.58	118	1579.50	1555.25	24.25	39.39
1121-117	98	1.0	98	0.265	7.484	7.748	0.146	7.629	5.000	12.629	123.4/140	0.008234	1.06	0.80	117	1580.08	1554.39	25.69	40.25
1123-124	66	1.0	66	0.178	0.000	0.178	0.098	0.098	2.500	2.598	66.0/75	0.009277	0.76	0.61	124	1572.19	1558.87	13.32	35.77
1123-125	63	1.0	63	0.171	0.000	0.171	0.094	0.094	2.500	2.594	66.0/75	0.009252	0.76	0.58	125	1572.22	1558.12	14.10	36.52
1122-123	451	1.0	451	1.223	0.349	1.572	0.673	1.022	2.500	3.522	66.0/75	0.016287	1.03	7.35	123	1572.80	1557.67	15.13	36.97
1122-126	77	1.0	77	0.208	0.000	0.208	0.115	0.115	2.500	2.615	66.0/75	0.009388	0.76	0.72	126	1579.43	1554.55	24.88	40.09
1121-122	72	1.0	72	0.194	1.780	1.975	0.107	1.887	2.500	4.387	79.2/90	0.010073	0.89	0.72	122	1580.15	1554.32	25.83	40.32
1127-121	107	1.0	107	0.291	9.723	10.014	0.160	9.883	5.000	14.883	141.0/160	0.005832	0.95	0.63	121	1580.87	1553.31	27.56	41.33
1131-132	65	1.0	65	0.176	0.000	0.176	0.097	0.097	2.500	2.597	66.0/75	0.009270	0.76	0.60	132	1572.61	1557.98	14.63	36.66
1131-133	93	1.0	93	0.251	0.000	0.251	0.138	0.138	2.500	2.638	66.0/75	0.009544	0.77	0.88	133	1572.33	1557.21	15.12	37.43
1130-131	334	1.0	334	0.904	0.427	1.330	0.497	0.924	2.500	3.424	66.0/75	0.015460	1.00	5.16	131	1573.21	1558.12	15.09	36.52
1130-134	71	1.0	71	0.192	0.000	0.192	0.106	0.106	2.500	2.606	66.0/75	0.009329	0.76	0.66	134	1577.71	1554.93	22.78	39.71



## PE Boru İçin Netcad Çıktısı (devamı)

BORU HATTI	ZUNLUKLAR		DEBİLER				BORUDA				KOTLAR		İŞLETME		STATİK BASINÇ					
	HAKİKİ UZUNLUK	K	İZAFİ UZUNLUK	L	İZAFİ DEBİ	UÇ DEBİSİ	BAŞ DEBİSİ	0.55 P Qc	QI	YANGIN DEBİSİ	HESAP DEBİSİ	CİNSİ	METREDE KAYIP	HIZ V		KAYIP J x L	NO	PIYEZOM. KOTU	ZEMİN KOTU	İŞLETME BASINCI
NO	M		M		lt/sn	lt/sn	lt/sn	lt/sn	lt/sn	lt/sn	lt/sn	mm	m/m	m/sn	m	NO	m	m	m	
1 129-130	47	1.0	47	1.0	0.127	1.523	1.650	0.070	1.593	2.500	4.093	66,0/75	0.021507	1.20	1.01	130	1578.37	1555.52	22.85	39.12
1 128-129	95	1.0	95	1.0	0.257	1.650	1.907	0.141	1.792	2.500	4.292	79,2/90	0.009670	0.87	0.92	129	1579.38	1555.23	24.15	39.41
1 128-135	79	1.0	79	1.0	0.215	0.000	0.215	0.118	0.118	2.500	2.618	66,0/75	0.009413	0.77	0.75	135	1579.56	1553.74	25.82	40.90
1 127-128	101	1.0	101	1.0	0.273	2.122	2.396	0.150	2.273	2.500	4.773	79,2/90	0.011771	0.97	1.19	128	1580.30	1554.55	25.75	40.09
1 136-127	87	1.0	87	1.0	0.236	12.410	12.646	0.130	12.540	5.000	17.540	141,0/160	0.007903	1.12	0.69	127	1581.48	1553.23	28.25	41.41
1 137-138	95	1.0	95	1.0	0.258	0.000	0.258	0.142	0.142	2.500	2.642	66,0/75	0.009569	0.77	0.91	138	1580.76	1553.07	27.69	41.57
1 139-140	64	1.0	64	1.0	0.172	0.000	0.172	0.095	0.095	2.500	2.595	66,0/75	0.009257	0.76	0.59	140	1579.53	1554.69	24.84	39.95
1 141-142	335	1.0	335	1.0	0.907	0.000	0.907	0.499	0.499	2.500	2.999	66,0/75	0.012098	0.88	4.05	142	1575.11	1558.00	17.11	36.64
1 141-143	70	1.0	70	1.0	0.191	0.000	0.191	0.105	0.105	2.500	2.605	66,0/75	0.009324	0.76	0.66	143	1578.50	1555.45	23.05	39.19
1 139-141	54	1.0	54	1.0	0.145	1.098	1.243	0.080	1.177	2.500	3.677	66,0/75	0.017646	1.07	0.95	141	1579.16	1555.16	24.00	39.48
1 137-139	170	1.0	170	1.0	0.461	1.415	1.876	0.253	1.669	2.500	4.169	79,2/90	0.009165	0.85	1.56	139	1580.11	1554.93	25.18	39.71
1 136-137	43	1.0	43	1.0	0.116	2.134	2.249	0.064	2.197	2.500	4.697	79,2/90	0.011430	0.95	0.49	137	1581.67	1553.74	27.93	40.90
1 102-136	87	1.0	87	1.0	0.235	14.895	15.130	0.129	15.024	5.000	20.024	158,6/180	0.005697	1.01	0.49	136	1582.16	1553.32	28.84	41.32
1 104-M1	697	1.0	697	1.0	1.887	0.000	1.887	1.038	1.038	5.000	6.038	96,8/110	0.006851	0.82	4.77	M1	1577.23	1558.95	18.28	35.69
1 104-105	67	1.0	67	1.0	0.182	0.000	0.182	0.100	0.100	2.500	2.600	66,0/75	0.009293	0.76	0.63	105	1579.20	1555.16	24.04	39.48
1 103-104	224	1.0	224	1.0	0.606	2.070	2.676	0.333	2.403	5.000	7.403	96,8/110	0.009989	1.01	2.24	104	1579.83	1555.27	24.56	39.37
1 102-103	44	1.0	44	1.0	0.119	2.676	2.795	0.065	2.741	5.000	7.741	96,8/110	0.010849	1.05	0.48	103	1582.15	1553.35	28.80	41.29
1 101-102	1639	0.0	0	0.000	17.925	17.925	17.925	0.000	17.925	5.000	22.925	158,6/180	0.007317	1.16	11.99	102	1582.64	1553.07	29.57	41.57

**EK-2**  
**PVC Boru İçin Netcad Çıktısı**

BORU HATTI	UZUNLUKLAR		DEBİLER		BAŞ DEBİSİ		0.55 P Qc		YANGIN DEBİSİ		HESAP DEBİSİ		CİNSİ PVC		BORUDA METREDE KAYIP		HIZ V		KAYIP J x L		KOTLAR NO PİYEZOM. KOTU		ZEMİN KOTU		İŞLETME BASINCI		STATİK BASINÇ	
	M	K	UZUNLUK	İZAFİ UZUNLUK	İZAFİ DEBİ	UZUNLUK	BAŞ DEBİSİ	0.55 P	Qc	YANGIN DEBİSİ	HESAP DEBİSİ	CİNSİ PVC	mm	mm	m/m	m/sn	m	NO	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
1 106-M1	321	1.0	321	0.870	0.870	0.870	0.478	0.478	5.000	5.000	5.000	80/90	80/90	0.011055	0.96	3.55	M1	1576.73	1557.96	18.77	36.68							
1 106-107	302	1.0	302	0.819	0.819	0.819	0.450	0.450	2.500	2.500	2.500	50/63	50/63	0.014440	0.91	4.36	107	1575.12	1557.95	17.17	36.69							
1 108-106	39	1.0	39	0.107	1.688	1.795	0.059	1.747	5.000	5.000	5.000	80/90	80/90	0.011055	0.96	0.44	106	1577.38	1555.51	21.87	39.13							
1 110-111	120	1.0	120	0.326	0.000	0.326	0.179	0.179	2.500	2.500	2.500	50/63	50/63	0.014440	0.91	1.74	111	1574.78	1558.15	16.63	36.49							
1 110-112	52	1.0	52	0.141	0.000	0.141	0.078	0.078	2.500	2.500	2.500	50/63	50/63	0.014440	0.91	0.75	112	1575.29	1557.40	17.89	37.24							
1 109-110	192	1.0	192	0.519	0.467	0.987	0.286	0.753	2.500	2.500	2.500	50/63	50/63	0.014440	0.91	2.77	110	1575.68	1557.61	18.06	37.02							
1 109-113	75	1.0	75	0.203	0.000	0.203	0.112	0.112	2.500	2.500	2.500	50/63	50/63	0.014440	0.91	1.08	113	1576.55	1556.26	20.29	38.38							
1 108-109	95	1.0	95	0.259	1.190	1.448	0.142	1.332	2.500	2.500	2.500	50/63	50/63	0.014440	0.91	1.38	109	1577.11	1556.82	20.29	37.82							
1 108-114	91	1.0	91	0.245	0.000	0.245	0.135	0.135	2.500	2.500	2.500	50/63	50/63	0.014440	0.91	1.31	114	1577.14	1555.38	21.76	39.26							
1 115-108	130	1.0	130	0.353	3.489	3.842	0.194	3.683	5.000	5.000	5.000	80/90	80/90	0.011055	0.96	1.44	108	1577.82	1555.85	21.97	38.79							
1 115-116	498	1.0	498	1.350	0.000	1.350	0.742	0.742	2.500	2.500	2.500	50/63	50/63	0.014440	0.91	7.19	116	1575.56	1559.02	16.54	35.62							
1 117-115	70	1.0	70	0.188	5.192	5.380	0.104	5.295	5.000	5.295	5.295	80/90	80/90	0.012293	1.02	0.85	115	1579.27	1555.06	24.21	39.58							
1 118-119	480	1.0	480	1.300	0.000	1.300	0.715	0.715	2.500	2.500	2.500	50/63	50/63	0.014440	0.91	6.93	119	1576.15	1558.81	17.34	35.83							
1 118-120	105	1.0	105	0.285	0.000	0.285	0.157	0.157	2.500	2.500	2.500	50/63	50/63	0.014440	0.91	1.52	120	1578.92	1554.32	24.60	40.32							
1 117-118	63	1.0	63	0.171	1.585	1.756	0.094	1.679	2.500	2.500	2.500	50/63	50/63	0.014440	0.91	0.91	118	1579.70	1555.25	24.45	39.39							
1 121-117	98	1.0	98	0.265	7.136	7.400	0.146	7.281	5.000	7.281	7.281	100/110	100/110	0.007536	0.90	0.74	117	1580.17	1554.39	25.78	40.25							
1 123-124	66	1.0	66	0.178	0.000	0.178	0.098	0.098	2.500	2.500	2.500	50/63	50/63	0.014440	0.91	0.95	124	1576.54	1558.87	17.67	35.77							
1 123-125	63	1.0	63	0.171	0.000	0.171	0.094	0.094	2.500	2.500	2.500	50/63	50/63	0.014440	0.91	0.91	125	1576.56	1558.12	18.44	36.52							
1 122-123	451	1.0	451	1.223	0.349	1.572	0.673	1.022	2.500	2.500	2.500	50/63	50/63	0.014440	0.91	6.52	123	1577.03	1557.67	19.36	36.97							
1 122-126	77	1.0	77	0.208	0.000	0.208	0.115	0.115	2.500	2.500	2.500	50/63	50/63	0.014440	0.91	1.11	126	1579.83	1554.55	25.28	40.09							
1 121-122	72	1.0	72	0.194	1.781	1.975	0.107	1.887	2.500	2.500	2.500	50/63	50/63	0.014440	0.91	1.04	122	1580.40	1554.32	26.08	40.32							
1 127-121	107	1.0	107	0.291	9.375	9.666	0.160	9.535	5.000	9.535	9.535	100/110	100/110	0.012412	1.18	1.33	121	1580.94	1553.31	27.63	41.33							
1 131-132	65	1.0	65	0.176	0.000	0.176	0.097	0.097	2.500	2.500	2.500	50/63	50/63	0.014440	0.91	0.94	132	1577.52	1557.98	19.54	36.66							
1 131-133	93	1.0	93	0.251	0.000	0.251	0.138	0.138	2.500	2.500	2.500	50/63	50/63	0.014440	0.91	1.34	133	1577.31	1557.21	20.10	37.43							
1 130-131	334	1.0	334	0.904	0.427	1.331	0.497	0.924	2.500	2.500	2.500	50/63	50/63	0.014440	0.91	4.82	131	1578.00	1558.12	19.88	36.52							
1 130-134	71	1.0	71	0.192	0.000	0.192	0.106	0.106	2.500	2.500	2.500	50/63	50/63	0.014440	0.91	1.02	134	1579.97	1554.93	25.04	39.71							

## PVC Boru İçin Netcad Çıktısı (devamı)

BORU HATTI	UZUNLUKLAR		DEBİLER		BAŞ		0.55 P		YANGIN		HESAP		VE CİNSİ		BORUDA		KAYIP		KOTLAR		İŞLETME		STATİK	
	HAKIKİ UZUNLUK	K	UZUNLUK	İZAFİ	UZUNLUK	DEBİ	İZAFİ	UZUNLUK	DEBİ	UZUNLUK	DEBİ	UZUNLUK	DEBİ	PVC	mm	METREDE	KAYIP	V	J x L	NO	PİYEZOM.	ZEMİN	BASINCI	STATİK
NO	M		L						Q1	DEBİSİ	DEBİSİ	DEBİSİ	mm	m/m	m/sn	m	NO	m	m	m	m	m	m	
1 129-130	47	1.0	47	0.127	1.523	1.650	0.070	1.593	2.500	2.500	2.500	2.500	50/63	0.014440	0.91	0.68	130	1580.50	1555.52	24.98	24.98	39.12		
1 128-129	95	1.0	95	0.257	1.650	1.907	0.141	1.792	2.500	2.500	2.500	50/63	0.014440	0.91	1.37	129	1580.85	1555.23	25.62	25.62	39.41			
1 128-135	79	1.0	79	0.215	0.000	0.215	0.118	0.118	2.500	2.500	2.500	50/63	0.014440	0.91	1.15	135	1580.96	1553.74	27.22	27.22	40.90			
1 127-128	101	1.0	101	0.273	2.123	2.396	0.150	2.273	2.500	2.500	2.500	50/63	0.014440	0.91	1.46	128	1581.56	1554.55	27.01	27.01	40.09			
1 136-127	87	1.0	87	0.236	12.062	12.299	0.130	12.192	5.000	5.000	5.000	110/125	0.010524	1.17	0.92	127	1582.32	1553.23	29.09	29.09	41.41			
1 137-138	95	1.0	95	0.258	0.000	0.258	0.142	0.142	2.500	2.500	2.500	50/63	0.014440	0.91	1.37	138	1582.23	1553.07	29.16	29.16	41.57			
1 139-140	64	1.0	64	0.172	0.000	0.172	0.095	0.095	2.500	2.500	2.500	50/63	0.014440	0.91	0.92	140	1581.20	1554.69	26.51	26.51	39.95			
1 141-142	335	1.0	335	0.907	0.000	0.907	0.499	0.499	2.500	2.500	2.500	50/63	0.014440	0.91	4.83	142	1578.78	1558.00	20.78	20.78	36.64			
1 141-143	70	1.0	70	0.191	0.000	0.191	0.105	0.105	2.500	2.500	2.500	50/63	0.014440	0.91	1.02	143	1580.75	1555.45	25.30	25.30	39.19			
1 139-141	54	1.0	54	0.145	1.098	1.243	0.080	1.178	2.500	2.500	2.500	50/63	0.014440	0.91	0.77	141	1581.28	1555.16	26.12	26.12	39.48			
1 137-139	170	1.0	170	0.461	1.415	1.876	0.253	1.669	2.500	2.500	2.500	50/63	0.014440	0.91	2.46	139	1581.68	1554.93	26.75	26.75	39.71			
1 136-137	43	1.0	43	0.116	2.134	2.249	0.064	2.197	2.500	2.500	2.500	50/63	0.014440	0.91	0.62	137	1582.94	1553.74	29.20	29.20	40.90			
1 102-136	87	1.0	87	0.235	14.548	14.783	0.129	14.677	5.000	5.000	5.000	125/140	0.008562	1.12	0.74	136	1583.26	1553.32	29.94	29.94	41.32			
1 104-M1	825	1.0	825	2.235	0.000	2.235	1.229	1.229	5.000	5.000	5.000	80/90	0.011055	0.96	9.12	M1	1576.73	1557.96	18.77	18.77	36.68			
1 104-105	67	1.0	67	0.182	0.000	0.182	0.100	0.100	2.500	2.500	2.500	50/63	0.014440	0.91	0.97	105	1580.56	1555.16	25.40	25.40	39.48			
1 103-104	224	1.0	224	0.606	2.417	3.023	0.333	2.750	5.000	5.000	5.000	80/90	0.011055	0.96	2.47	104	1581.07	1555.27	25.80	25.80	39.37			
1 102-103	44	1.0	44	0.119	3.023	3.142	0.065	3.089	5.000	5.000	5.000	80/90	0.011055	0.96	0.49	103	1583.53	1553.35	30.18	30.18	41.29			
1 101-102	1639	0.0	0	0.000	17.925	17.925	0.000	17.925	5.000	5.000	5.000	150/160	0.006484	1.05	10.62	102	1584.02	1553.07	30.95	30.95	41.57			

**EK-3**  
**Çelik Boru İçin Netcad Çıktısı**

BORU HATTI	UZUNLUKLAR		DEBİLER		BAŞ DEBİSİ		0.55 P		YANGIN		HESAP		BORUDA		KOTLAR		İŞLETME		STATİK BASINÇ
	HAKIKİ UZUNLUK	UZUNLUK	İZAFİ UZUNLUK	DEBİ	İZAFİ UZUNLUK	UC DEBİSİ	BAŞ DEBİSİ	Qc İt/sn	Q1 İt/sn	YANGIN DEBİSİ	HESAP DEBİSİ	CİNSİ ÇELİK	METREDE KAYIP	HIZ V	KAYIP J x L	NO	KOTU m	ZEMİN KOTU	
1136-M1	86	1.0	86	0.234	0.000	0.234	0.129	0.129	5.000	5.129	889/4	0.018651	1.00	1.61	M1	1592.84	1553.07	39.77	39.77
1137-138	95	1.0	95	0.258	0.000	0.258	0.142	0.142	2.500	2.642	76.1/3.65	0.012023	0.71	1.14	L38	1592.84	1553.07	39.77	39.77
1139-140	64	1.0	64	0.173	0.000	0.173	0.095	0.095	2.500	2.595	76.1/3.65	0.011631	0.70	0.74	140	1592.84	1554.80	38.04	38.04
1141-142	330	1.0	330	0.896	0.000	0.896	0.493	0.493	2.500	2.993	76.1/3.65	0.015143	0.81	5.00	142	1592.84	1557.90	34.94	34.94
1141-143	70	1.0	70	0.191	0.000	0.191	0.105	0.105	2.500	2.605	76.1/3.65	0.011715	0.70	0.82	143	1592.84	1555.35	37.49	37.49
1139-141	54	1.0	54	0.146	1.087	1.232	0.080	1.167	2.500	3.667	76.1/3.65	0.022052	0.99	1.18	141	1592.84	1555.16	37.68	37.68
1137-139	170	1.0	170	0.461	1.405	1.866	0.254	1.659	2.500	4.159	76.1/3.65	0.027834	1.12	4.73	139	1592.84	1554.93	37.91	37.91
1136-137	43	1.0	43	0.116	2.124	2.240	0.064	2.188	2.500	4.688	76.1/3.65	0.034738	1.26	1.48	137	1592.84	1553.74	39.10	39.10
1127-136	87	1.0	87	0.237	2.474	2.711	0.130	2.605	5.000	7.605	114.3/5	0.011228	0.89	0.98	136	1592.84	1553.32	39.52	39.52
1131-132	65	1.0	65	0.176	0.000	0.176	0.097	0.097	2.500	2.597	76.1/3.65	0.011647	0.70	0.76	132	1592.84	1558.05	34.79	34.79
1131-133	93	1.0	93	0.251	0.000	0.251	0.138	0.138	2.500	2.638	76.1/3.65	0.011993	0.71	1.11	133	1592.84	1557.39	35.45	35.45
1130-131	334	1.0	334	0.905	0.427	1.332	0.498	0.925	2.500	3.425	76.1/3.65	0.019437	0.92	6.48	131	1592.84	1558.12	34.72	34.72
1130-134	71	1.0	71	0.192	0.000	0.192	0.106	0.106	2.500	2.606	76.1/3.65	0.011722	0.70	0.83	134	1592.84	1554.93	37.91	37.91
1129-130	47	1.0	47	0.128	1.525	1.652	0.070	1.595	2.500	4.095	76.1/3.65	0.027048	1.10	1.27	130	1592.84	1555.52	37.32	37.32
1128-129	95	1.0	95	0.258	1.652	1.910	0.142	1.794	2.500	4.294	76.1/3.65	0.029531	1.16	2.80	129	1592.84	1555.23	37.61	37.61
1128-135	79	1.0	79	0.215	0.000	0.215	0.119	0.119	2.500	2.619	76.1/3.65	0.011827	0.71	0.94	135	1592.84	1553.74	39.10	39.10
1127-128	101	1.0	101	0.274	2.125	2.399	0.150	2.276	2.500	4.776	76.1/3.65	0.035952	1.29	3.62	128	1592.84	1554.55	38.29	38.29
1121-127	107	1.0	107	0.292	5.110	5.402	0.160	5.270	5.000	10.270	139.77/10	0.007957	0.83	0.86	127	1592.84	1553.23	39.61	39.61
1123-124	66	1.0	66	0.178	0.000	0.178	0.098	0.098	2.500	2.598	76.1/3.65	0.011656	0.70	0.77	124	1592.84	1558.69	34.15	34.15
1123-125	63	1.0	63	0.171	0.000	0.171	0.094	0.094	2.500	2.594	76.1/3.65	0.011626	0.70	0.73	125	1592.84	1558.12	34.72	34.72
1122-123	451	1.0	451	1.225	0.350	1.574	0.674	1.023	2.500	3.523	76.1/3.65	0.020478	0.95	9.24	123	1592.84	1557.67	35.17	35.17
1122-126	77	1.0	77	0.209	0.000	0.209	0.115	0.115	2.500	2.615	76.1/3.65	0.011797	0.71	0.91	126	1592.84	1554.55	38.29	38.29
1121-122	72	1.0	72	0.194	1.783	1.977	0.107	1.890	2.500	4.390	76.1/3.65	0.030762	1.18	2.21	122	1592.84	1554.32	38.52	38.52
1117-121	98	1.0	98	0.265	7.379	7.644	0.146	7.525	5.000	12.525	165.1/8	0.004967	0.72	0.49	121	1592.84	1553.31	39.53	39.53
1118-119	480	1.0	480	1.302	0.000	1.302	0.716	0.716	2.500	3.216	76.1/3.65	0.017298	0.87	8.30	119	1592.84	1558.66	34.18	34.18
1118-120	105	1.0	105	0.285	0.000	0.285	0.157	0.157	2.500	2.657	76.1/3.65	0.012150	0.72	1.28	120	1592.84	1554.32	38.52	38.52

## Çelik Boru İçin Netcad Çıktısı (devamı)

BORU HATTI	UZUNLUKLAR		DEBİLER				YANGIN				HESAP		ÇİNSİ		BORUDA		KOTLAR		İŞLETME		STATİK BASINÇ
	HAKIKİ UZUNLUK	K	İZAFİ UZUNLUK	L	İZAFİ DEBİ	UÇ DEBİSİ	BAŞ DEBİSİ	0.55 P Qc	Q1	YANGIN DEBİSİ	HESAP DEBİSİ	ÇELİK ÇELİK	ÇİNSİ ÇELİK	KAYIP	HIZ	KA YİH	NO	PIYEZOM. KOTU	ZEMİN KOTU	BASINCI	
1117-118	63	1.0	63	1.587	0.171	1.587	1.758	0.094	1.681	2.500	4.181	76.1/3.65	76.1/3.65	0.028109	1.13	1.77	118	1592.84	1555.25	37.59	37.59
1115-117	70	1.0	70	9.402	0.189	9.402	9.591	0.104	9.506	5.000	14.506	165.1/8	165.1/8	0.006517	0.83	0.45	117	1592.84	1554.39	38.45	38.45
1115-116	498	1.0	498	0.000	1.352	0.000	1.352	0.743	0.743	2.500	3.243	76.1/3.65	76.1/3.65	0.017573	0.87	8.76	116	1592.84	1558.81	34.03	34.03
1108-115	130	1.0	130	10.942	0.354	10.942	11.296	0.195	11.137	5.000	16.137	165.1/8	165.1/8	0.007937	0.93	1.03	115	1592.84	1555.06	37.78	37.78
1110-111	116	1.0	116	0.000	0.315	0.000	0.315	0.173	0.173	2.500	2.673	76.1/3.65	76.1/3.65	0.012291	0.72	1.43	111	1592.84	1558.22	34.62	34.62
1110-112	52	1.0	52	0.000	0.142	0.000	0.142	0.078	0.078	2.500	2.578	60.3/3.65	60.3/3.65	0.040893	1.17	2.13	112	1592.84	1557.51	35.33	35.33
1109-110	192	1.0	192	0.457	0.520	0.457	0.977	0.286	0.743	2.500	3.243	76.1/3.65	76.1/3.65	0.017570	0.87	3.37	110	1592.84	1557.61	35.22	35.22
1109-113	75	1.0	75	0.000	0.203	0.000	0.203	0.112	0.112	2.500	2.612	76.1/3.65	76.1/3.65	0.011771	0.70	0.88	113	1592.84	1556.25	36.59	36.59
1108-109	95	1.0	95	1.180	0.259	1.180	1.439	0.142	1.323	2.500	3.823	76.1/3.65	76.1/3.65	0.023817	1.03	2.27	109	1592.84	1556.82	36.02	36.02
1108-114	91	1.0	91	0.246	0.246	0.000	0.246	0.135	0.135	2.500	2.635	76.1/3.65	76.1/3.65	0.011967	0.71	1.08	114	1592.84	1555.35	37.49	37.49
1106-108	39	1.0	39	0.107	0.107	12.981	13.088	0.059	13.040	5.000	18.040	165.1/8	165.1/8	0.009755	1.04	0.38	108	1592.84	1555.85	36.99	36.99
1106-107	302	1.0	302	0.820	0.820	0.000	0.820	0.451	0.451	2.500	2.951	76.1/3.65	76.1/3.65	0.014754	0.80	4.46	107	1592.84	1558.02	34.82	34.82
1104-106	1146	1.0	1146	3.108	3.108	13.907	17.016	1.710	15.617	5.000	20.617	165.1/8	165.1/8	0.012489	1.18	14.31	106	1592.84	1555.51	37.33	37.33
1104-105	67	1.0	67	0.183	0.183	0.000	0.183	0.100	0.100	2.500	2.600	76.1/3.65	76.1/3.65	0.011676	0.70	0.79	105	1592.84	1555.16	37.68	37.68
1103-104	224	1.0	224	0.607	0.607	17.198	17.805	0.334	17.532	5.000	22.532	219.1/10	219.1/10	0.003604	0.73	0.81	104	1592.84	1555.27	37.57	37.57
1102-103	44	1.0	44	0.119	0.119	17.805	17.924	0.065	17.871	5.000	22.871	219.1/10	219.1/10	0.003705	0.74	0.16	103	1592.84	1553.35	39.49	39.49
1102-M1	0	1.0	0	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	5.000	5.000	88.9/4	88.9/4	0.017795	0.98	0.00	M1	1592.84	1553.07	39.77	39.77
1101-102	1639	0.0	0	0.000	0.000	17.925	17.925	0.000	17.925	5.000	22.925	219.1/10	219.1/10	0.003721	0.74	6.10	102	1592.84	1553.07	39.77	39.77

**EK-4**  
**Düktül Boru İçin Netcad Çıktısı**

BORU HATTI	UZUNLUKLAR		DEBİLER		BAŞ DEBİSİ	0.55 P	Qc	YANGIN DEBİSİ	HESAP DEBİSİ	CİNSİ DÜKTÜL	BORUDA		KAYIP	KAYIP	NO	KOTLAR		ZEMİN KOTU	İŞLETME BASINCI	STATİK BASINÇ
	M	K	L	UZUNLUK							DEBİ	UZUNLUK				İZAFİ	İZAFİ			
1121-M1	197	1.0	197	0.534	0.000	0.534	0.294	5.000	5.294	98.0/118	0.007779	0.70	1.53	M1	1583.70	1559.20	1559.20	24.50	42.24	42.24
1123-124	95	1.0	95	0.259	0.000	0.259	0.142	2.500	2.642	78.0/98	0.006531	0.55	0.62	124	1579.41	1555.73	1555.73	23.68	45.71	45.71
1123-125	75	1.0	75	0.203	0.000	0.203	0.112	2.500	2.612	78.0/98	0.006392	0.55	0.48	125	1579.57	1555.95	1555.95	23.62	45.49	45.49
1122-123	192	1.0	192	0.520	0.462	0.982	0.286	2.500	3.248	78.0/98	0.009566	0.68	1.83	123	1580.04	1556.82	1556.82	23.22	44.62	44.62
1122-126	52	1.0	52	0.142	0.000	0.142	0.078	2.500	2.578	78.0/98	0.006239	0.54	0.33	126	1581.55	1557.66	1557.66	23.89	43.78	43.78
1121-122	113	1.0	113	0.306	1.123	1.430	0.168	2.500	3.792	78.0/98	0.012739	0.80	1.44	122	1581.88	1557.02	1557.02	24.86	44.42	44.42
1118-121	31	1.0	31	0.083	1.963	2.047	0.046	5.000	7.009	98.0/118	0.013075	0.93	0.40	121	1583.32	1560.86	1560.86	22.46	40.58	40.58
1119-120	48	1.0	48	0.130	0.000	0.130	0.071	2.500	2.571	78.0/98	0.006210	0.54	0.30	120	1579.33	1555.15	1555.15	24.18	46.29	46.29
1118-119	423	1.0	423	1.146	0.130	1.276	0.630	2.500	3.260	78.0/98	0.009633	0.68	4.07	119	1579.63	1555.12	1555.12	24.51	46.32	46.32
1114-118	54	1.0	54	0.146	3.322	3.469	0.081	5.000	8.403	98.0/118	0.018288	1.12	0.99	118	1583.69	1560.86	1560.86	22.83	40.58	40.58
1115-116	63	1.0	63	0.171	0.000	0.171	0.094	2.500	2.594	78.0/98	0.006312	0.54	0.40	116	1579.14	1554.95	1554.95	24.19	46.49	46.49
1115-117	105	1.0	105	0.285	0.000	0.285	0.157	2.500	2.657	78.0/98	0.006597	0.56	0.69	117	1578.84	1554.32	1554.32	24.52	47.12	47.12
1114-115	437	1.0	437	1.184	0.456	1.640	0.651	2.500	3.607	78.0/98	0.011618	0.76	5.07	115	1579.54	1555.25	1555.25	24.29	46.19	46.19
1108-114	57	1.0	57	0.155	5.109	5.264	0.085	5.000	10.195	124.0/144	0.008322	0.85	0.48	114	1584.62	1560.86	1560.86	23.76	40.58	40.58
1110-111	86	1.0	86	0.232	0.000	0.232	0.128	2.500	2.628	78.0/98	0.006463	0.55	0.55	111	1577.76	1554.33	1554.33	23.43	47.11	47.11
1110-112	77	1.0	77	0.209	0.000	0.209	0.115	2.500	2.615	78.0/98	0.006405	0.55	0.49	112	1577.81	1554.33	1554.33	23.48	47.11	47.11
1109-110	348	1.0	348	0.944	0.441	1.384	0.519	2.500	3.460	78.0/98	0.010752	0.73	3.74	110	1578.31	1554.32	1554.32	23.99	47.12	47.12
1109-113	49	1.0	49	0.133	0.000	0.133	0.073	2.500	2.573	78.0/98	0.006218	0.54	0.31	113	1581.74	1557.06	1557.06	24.68	44.38	44.38
1108-109	189	1.0	189	0.511	1.517	2.029	0.281	2.500	4.299	78.0/98	0.016068	0.90	3.03	109	1582.05	1557.02	1557.02	25.03	44.42	44.42
1106-108	515	1.0	515	1.395	7.293	8.688	0.767	5.000	13.061	124.0/144	0.013160	1.08	6.77	108	1585.08	1560.86	1560.86	24.22	40.58	40.58
1106-107	67	1.0	67	0.182	0.000	0.182	0.100	2.500	2.600	78.0/98	0.006340	0.55	0.43	107	1591.17	1554.69	1554.69	36.48	46.75	46.75
1104-106	52	1.0	52	0.142	8.871	9.013	0.078	5.000	13.949	124.0/144	0.014864	1.16	0.78	106	1591.60	1554.69	1554.69	36.91	46.75	46.75
1104-105	64	1.0	64	0.173	0.000	0.173	0.095	2.500	2.595	78.0/98 D	0.006316	0.54	0.40	105	1591.95	1554.69	1554.69	37.26	46.75	46.75
1103-104	171	1.0	171	0.464	9.186	9.650	0.255	5.000	14.441	124.0/144	0.015849	1.20	2.71	104	1592.35	1554.69	1554.69	37.66	46.75	46.75
1102-103	44	1.0	44	0.119	9.650	9.769	0.065	5.000	14.715	150.0/170	0.006500	0.84	0.29	103	1594.97	1553.07	1553.07	41.90	48.37	48.37
1127-M1	293	1.0	293	0.795	0.000	0.795	0.437	5.000	5.437	98.0/118	0.008173	0.72	2.40	M1	1583.70	1559.20	1559.20	24.50	42.24	42.24

## Düktül Boru İçin Netcad Çıktısı (devamı)

BORU HATTI	UZUNLUKLAR		DEBİLER		BAŞ DEBİSİ	0.55 P	Q1	Qc	YANGIN DEBİSİ	HESAP DEBİSİ	CİNSİ	BORUDA		KAYIP	NO	KOTLAR		İŞLETME	STATİK
	HAKIKİ	UZUNLUK	İZAFİ	UZUNLUK								DEBİ	UZUNLUK			UZUNLUK	UZUNLUK		
NO	M	K	L	L	l/sn	l/sn	l/sn	l/sn	l/sn	l/sn	mm	m/m	m	m	m	m	m	m	m
1127-128	357	1.0	357	0.968	0.968	0.533	0.533	2.500	3.033	78.0/98	0.008426	0.64	3.01	128	1583.08	1560.86	22.22	40.58	
1129-127	39	1.0	39	0.107	1.763	0.059	1.822	5.000	6.822	98.0/118	0.012436	0.91	0.49	127	1586.09	1556.02	30.07	45.42	
1129-130	91	1.0	91	0.246	0.000	0.135	0.135	2.500	2.635	78.0/98	0.006498	0.55	0.59	130	1586.02	1555.12	30.90	46.32	
1131-129	405	1.0	405	1.098	2.115	0.604	2.719	5.000	7.719	98.0/118	0.015631	1.03	6.33	129	1586.61	1555.73	30.88	45.71	
1133-134	95	1.0	95	0.258	0.000	0.142	0.142	2.500	2.642	78.0/98	0.006529	0.55	0.62	134	1590.06	1553.07	36.99	48.37	
1136-137	277	1.0	277	0.751	0.000	0.413	0.413	2.500	2.913	78.0/98	0.007821	0.61	2.17	137	1585.49	1557.19	28.30	44.25	
1136-138	70	1.0	70	0.191	0.000	0.105	0.105	2.500	2.605	78.0/98	0.006361	0.55	0.45	138	1587.21	1554.68	32.53	46.76	
1135-136	54	1.0	54	0.146	0.941	0.080	1.022	2.500	3.522	78.0/98	0.011111	0.74	0.60	136	1587.66	1554.69	32.97	46.75	
1135-139	71	1.0	71	0.192	0.000	0.106	0.106	2.500	2.606	78.0/98	0.006365	0.55	0.45	139	1587.81	1554.69	33.12	46.75	
1133-135	170	1.0	170	0.461	1.279	0.254	1.533	2.500	4.033	78.0/98	0.014278	0.85	2.43	135	1588.26	1554.69	33.57	46.75	
1132-133	79	1.0	79	0.215	1.998	0.118	2.117	2.500	4.617	78.0/98	0.018337	0.97	1.46	133	1590.68	1553.70	36.98	47.74	
1140-141	484	1.0	484	1.313	0.000	0.722	0.722	2.500	3.222	78.0/98	0.009426	0.68	4.56	141	1585.41	1557.19	28.22	44.25	
1140-142	63	1.0	63	0.170	0.000	0.094	0.094	2.500	2.594	78.0/98	0.006310	0.54	0.40	142	1589.57	1554.59	34.98	46.85	
1132-140	142	1.0	142	0.385	1.483	0.212	1.695	2.500	4.195	78.0/98	0.015356	0.88	2.18	140	1589.96	1554.69	35.27	46.75	
1131-132	101	1.0	101	0.273	4.082	0.150	4.232	2.500	6.732	98.0/118	0.012135	0.90	1.22	132	1592.13	1554.33	37.80	47.11	
1143-131	87	1.0	87	0.237	7.569	0.130	7.699	5.000	12.699	124.0/144	0.012494	1.05	1.09	131	1593.35	1554.32	39.03	47.12	
1143-144	43	1.0	43	0.116	0.000	0.064	0.064	2.500	2.564	78.0/98	0.006175	0.54	0.26	144	1594.23	1553.70	40.53	47.74	
1102-143	87	1.0	87	0.235	7.921	0.129	8.050	5.000	13.050	124.0/144	0.013141	1.08	1.14	143	1594.49	1553.59	40.90	47.85	
1101-102	1639	0.0	0	0.000	17.925	0.000	17.925	5.000	22.925	201.4/222	0.003519	0.72	5.77	102	1595.67	1553.07	42.60	48.37	

## ÖZGEÇMİŞ



### **Kişisel Bilgiler**

Adı Soyadı: Fatih ATAKUL

Doğum Yeri: Erzurum /Narman

Doğum Tarihi: 14.09.1993

İletişim (Telefon/e-posta): 0545 362 89 05/ f.atakul25@gmail.com

### **Eğitim Durumu**

Ortaokul: Ahmet Yesevi Ortaokulu (2004-2007)

Lise: Kazım Karabekir Endüstri Meslek Lisesi (2007-2011)(Okul Birinciliği)

Lisans: Bayburt Üniversitesi (2011-2015)

### **İş Tecrübeleri**

Erzurum Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü (Kamu)