

T.C.  
DİCLE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

150503

# İÇME SUYU ŞEBEKELERİNİN OPTİMUM TASARIMI

Melik Adnan ÇELİK

YÜKSEK LİSANS TEZİ

(İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI)

150503

DİYARBAKIR  
EYLÜL-2004

T.C  
DİCLE UNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ  
DIYARBAKIR

Melik Adnan ÇELİK tarafından yapılan bu çalışma , jürimiz tarafından İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir

Jüri Üyesinin

Ünvanı

Adı Soyadı

Başkan: Prof. Dr. M. Sedat HAYALIOĞLU.....


Üye : Yrd. Doç. Dr. Nizamettin HAMİDİ (Danışman).....

Üye : Yrd. Doç. Dr. Ayhan BEKLEYEN.....

Üye : Yrd. Doç. Dr. Halil GÖRGÜN (Yedek).....

Yukarıdaki bilgilerin doğruluğunu onaylarım.

23.09.2004



Prof. Dr. Çetin AYTEKİN

ENSTİTÜ MÜDÜRÜ



## TEŐEKKÜR

Bu çalışmanın gerek ders ve gerekse yazımı aőamalarında büyük destek ve ilgisini gördüğüm, değerli hocam ve tez danıőmanım Sayın Yrd.Doç.Dr. Nizamettin HAMİDİ hocama, mühendislik projelerinin optimizasyon yöntemleri ile çözümünde aydınlatıcı tavsiyeleriyle yol gösteren, Dicle Üniversitesi Müh.-Mim. Fak. İnşaat Mühendisliği Bölüm Başkanı Sayın Prof.Dr. Sedat HAYALİOğLU'na, metod alanında kaynak bulmamda büyük yardımlarını ve desteğini gördüğüm Araő.Gör. Özgür DEğERTEKİN'e, her zaman bilgi alıő veriőinde bulunduğum ve teknolojik yeniliklere olan merakından faydalandığım Araő.Gör. Necati KAYAALP'e ve teknik desteğini hiç bir zaman esirgemeyen Sedat OYMAK'a teőekkürü bir borç bilirim.



**İÇİNDEKİLER**

<b>AMAÇ</b> .....	IV
<b>ÖZET</b> .....	V
<b>SUMMARY</b> .....	VI
<b>1. GİRİŞ</b> .....	1
<b>2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR...</b> .....	5
<b>3. MATERYAL VE METOT</b> .....	8
<b>3.1. Materyal</b> .....	8
<b>3.2. Metot</b> .....	10
<b>3.2.1. Ölü Noktalar Yöntemi</b> .....	10
<b>3.2.2. Hardy-Cross Yöntemi</b> .....	10
<b>3.2.3. Genetik Algoritma Yöntemi</b> .....	11
<b>3.2.4. Genetik Algoritma Yönteminin Ölü Noktalar Yöntemine Uyarlanması</b> .....	18
<b>4. BULGULAR</b> .....	21
<b>4.1. Örnek Projenin Değerlendirilmesi</b> .....	21
<b>4.2. Genetik Algoritma Parametreleri</b> .....	24
<b>4.2.1. Sınırlayıcılar</b> .....	24
<b>4.2.2. Türetme Havuzu</b> .....	25
<b>4.3. Hesap Tabloları</b> .....	22
<b>5. SONUÇLAR</b> .....	34
<b>6. KAYNAKLAR</b> .....	37
<b>ŞEKİL VE TABLO LİSTESİ</b> .....	39
<b>ÖZGEÇMİŞ</b> .....	40

## AMAÇ

Su dağıtım şebekeleri önemli kentsel alt yapılardan biridir. Bu yapıların tasarım ve işletimi hidrolik açıdan oldukça karmaşık bir sorun olup, ülkemizin özellikle büyük kentlerinde önemli sorunlar ortaya çıkarmaktadır. Bir şebekeden tam olarak verim almak için, şebekenin projelendirilmesinin çok iyi yapılması gerekir. Projelendirmenin sağlıklı olabilmesi, hidrolik mühendisliği alanında çalışan araştırmacılar ve mühendislerin sürekli gündemlerinde olmuştur. Bu çalışmada, içme suyu şebekelerinin projelendirmesinde kullanılan hesap yöntemlerinden ölü noktalar metodu ile, modern optimizasyon yöntemlerinden genetik algoritmanın uyumunun araştırılmıştır. Bu çalışmada, halen kullanılmakta olan şebeke hesap yöntemlerinden ölü noktalar yöntemi, genetik algoritma optimizasyon yöntemiyle uyumlulaştırılarak, uygulanmış bir proje üzerinde tatbik edilmiştir. Optimum değerler, uygunluk şartları dahilinde, en küçük boru çapı esas alınarak uyumluluk şartları sağlanmış ve uygulanmış bir projeden alınan değerlerle çözüm yapılarak optimum sonucun elde edilmesi, bu çalışmanın amacı olarak sunulmuştur.

## ÖZET

Bu çalışmada, içme suyu şebekelerinin çözümünde kullanılan hesap yöntemlerinden ölü noktalar yöntemi ile, son yıllarda gelişmekte olan optimizasyon yöntemlerinden genetik algoritma yönteminin uyumluluğu araştırılmıştır. Şebeke hesapları son derece karmaşık hesap esasları içerdiğinden, genetik algoritma gibi belli bir esneklikle işlem yapan yöntemlerin, bu hesap metotlarına uyum sağlayacağı öngörülmüştür. Buradan hareketle; problemin doğal parametre seti oluşturulmuş, boru çapları ve genler gibi içme suyu şebekelerinde hızların belirli aralıklarda olması istendiğinden, hızların minimum ve maksimum değerleri sınırlayıcılar olarak kullanılmıştır. Doğal parametre seti ve sınırlayıcılara bağlı kalarak türetme operatörü " $\Phi_{\text{türetme}}=(f_i / \sum f_j)$ " bağıntısı olarak kullanılmıştır. Burada ;

$f_i$  : *En büyük itibari boyu veren borunun gerçek boyu ile çapının çarpımı,*

$\sum f_j$  : *Boru gerçek boyları ile çaplarının çarpımının toplamı,*

$\Phi_{\text{türetme}}$  : *En büyük itibari boyu veren gerçek boru boyu ile çapının çarpımının , toplam boy çarpı çapa oranıdır.*

Boru çapları küçüldükçe bu oran artma eğilimindedir. Bu anlamda, bu oranın maksimize edilmesi, işlemi optimum sonuca götürmektedir. Rasgele atanan ilk değişken olan boru çaplarına karşılık gelen genetik algoritma gen zinciri adım adım değiştirilmekte, yeni kombinasyonlar (kromozomlar; gen zincirleri) elde edilmekte ve en büyük türetme operatörüne sahip gen zinciri esas alınarak, basınçlar dengelenmektedir. Burada, boru birleşim yerlerinde kullanılan elemanların basınç dayanımlarının ihmal edilmiş ve sadece boru çapları üzerinden hesap yapılmıştır. Bu çalışma esas olarak, ölü noktalar metodu ile genetik algoritma yönteminin uyumunu araştıran bir ilk adımdır. Çalışmanın sonucu olarak, ele alınan hesap metodu ile optimizasyon yönteminin uyumu görülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Ölü Noktalar Yöntemi, Genetik Algoritma.

## SUMMARY

The aim of this study is to investigate the conformity of dead-end method, a project method of drinking-water networks, with genetic algorithm method, an optimisation method which gets to be developed in the last decades. Network calculations depend on very complex methods, because of this it is estimated that flexible optimisation methods, like genetic algorithm, will show more conformity with these methods as well. At this point; natural parameter set of the problem (diameters of pipes; genes) has been prepared, the limits (minimum and maximum values according to the dead-end method) have been determined, the reproduction operator has been formulated and, as a conclusion, the applied project results and the sample results have been compared. Reproduction operator has been formulated as " $\Phi_{\text{reproduction}}=(f_i / \sum f_j)$ ". Here ;

$f_i$  : *multiplication of the length and the diameter of the nominally longest pipe,*

$\sum f_j$  : *sum of the multiplication of the length and the diameters of all pipes in the network,*

$\Phi_{\text{reproduction}}$ : *the ratio of  $f_i$  to  $\sum f_j$ .*

This ratio inclines to get bigger as the diameters get smaller. So, maximization of this value (within limits) will bring the optimum result as well. The first variable (pipe diameters; string of genes) that is randomly determined gets to be mutated step by step, new combinations (chromosomes; string of genes) are obtained and by taking the greatest ratio of reproduction operator as basis, the pressures are balanced. But, it must be noted that, the resistance of the connection parts has been neglected in the sample solution. This study just includes the investigation of the conformity of dead-end method and genetic algorithm as a first step. As a result of the study, it has been defined that there is a conformity between the dead end method and genetic algorithm optimization method.

**Key Words** : Dead-End Method, Genetic Algorithm.

## 1. GİRİŞ

Yeryüzündeki nüfusun sürekli artmasına karşılık, diğer doğal kaynaklarda olduğu gibi su potansiyelinin sabit kalması, ekonomik bir değer olan su ile ilgili çalışmalarda yeni teknoloji ve yöntemlerin geliştirilmesine ve kullanılmasına özen gösterilmesini zorunlu kılmaktadır. Diğer taraftan dünya su kullanımındaki artış, genel nüfus artışından daha yüksek düzeyde seyretmektedir. Toplumların yaşam standardına bağlı olarak kaydedilen gelişmeler de, suya olan talebi artırmaktadır. Bu nedenle, çağdaş yaşamın gereği olarak su temini ve su dağıtım sistemleri önem kazanmaktadır.

Su temini, su dağıtım sistemleri ve kullanılmış suların uzaklaştırılması arasındaki bağlantı, bir bölgenin şehirleşmesi ne kadar fazla ve onun sağlık ekonomisi ne kadar ileri ise o derece büyük önem kazanır. Su temini ve kullanılmış suların uzaklaştırılması eski çağlara kadar uzanan köklere sahiptir.

Medeniyetin olmazsa olmaz şartı olan şehirleşme, insanoğlunun temel ihtiyaçlarından olan temiz su temini sorununu kaçınılmaz hale getirmiştir. Arkeoloji ve tarih biliminin tespit ettiği ilk içme suyu dağıtım sisteminin kurulduğu Nippur şehriden bu yana, bu alanda oldukça büyük gelişmeler yaşanmıştır (Muslu, 1985). Sümerler ilk olarak, kaynaklardan şehirlere su teminini su kemerleri inşa ederek ilk mühendisliğin harikaları halinde suyun iletilmesini sağlamış ve bu teknik yüzyıllarca devam etmiştir. Ayrıca eski çağların büyük yapıları arasında dikkati çeken ve Roma'ya su ileten 15 ilâ 80 km uzunluk, 1 ilâ 5 m<sup>2</sup>'nin üstünde enkesit alanlarına sahip dokuz akedükün mevcut olduğu bilinmektedir (Fair ve Geyer, 1980).

Her ne kadar temiz ve atık su tesislerinin ilk örnekleri Sümer şehir devletlerinde görülse de, bu tesislerin, modern hidrolik esaslar çerçevesinde bilimsel metotlarla inşası çalışmaları, 1800'lerin son çeyreğinde başlamıştır. Hidrolik biliminin gelişmesiyle suyun, taşınması yoluyla değil, iletilmesi yoluyla, kaynağından son kullanım yeri olan kullanım mekanlarına ulaştırılması sağlanmıştır.

Sağlık bakımından özellikleri tam olarak bilinmemekle beraber yeterli miktardaki su çok eskiden beri temin edilebildiği halde, getirilen suyun dağıtılması ve kullanılmış



suların uzaklaştırılması, 19. yüzyıllarda sanayileşme sonucu şehirlerin büyümesiyle birlikte ortaya çıkmıştır (Fair ve Geyer, 1980). Bu nedenle basınçlı boruların su temin sistemlerinde kullanılmaya başlanmasıyla birlikte oldukça pahalı olan ve yapımı çok uzun süren geleneksel teknikler terkedilmiş, bunun yerini modern su temin ve dağıtım sistemleri almıştır. Bu sistemler, şehirlerin cadde ve sokaklarından bir ağ (network) şeklinde geçirilerek, yerleşim yerinin ihtiyacı olan temiz suyun iletimini ve dağıtımını sağlamıştır.

Malzeme açısından daha ucuz olmasına karşın imalat açısından büyük yatırımlar olduğundan, içme suyu şebekelerinin tasarımı üzerine pek çok yöntem geliştirilmiştir. Tüm bu yöntemlerin amacı "yeterli ve uygun kapasitede, düşük maliyette ve gelecekteki nüfusa hizmet edebilecek kalitede tesisler" inşa etmektir.

İçme suyu şebekelerini su temin sistemleri içinde yer alan su alma yapısı, arıtma tesisi ve iletim hatlarından ayrı olarak değerlendirdiğimizde, bu kısmın oldukça karmaşık hesap esaslarına göre yapıldığı ve kullanılan bağıntıların ampirik (deneysel) esaslara dayandığı görülmektedir.

Her ne kadar çok çeşitli formül ve yöntem kullanılıyorsa da, temel yaklaşım "içme suyunu dağıtan boruların kesişim/birleşim noktalarındaki basınçların dengelenmesi esasına" dayanır. Bunlar içinde en popüler iki yöntem, "Hardy-Cross Yöntemi" ve "Ölü Noktalar Yöntemi"dir. Bir diğer yöntem olan "Eşdeğer Borular Yöntemi" ise, pratik bir yöntem olmasına karşın, hassas sonuçlar vermemektedir.

İçme suyu tesisleri, su alma yapılarından şehir şebekesine kadar ihtiyacı karşılamak amacıyla inşa edilen pahalı yatırımlardır ve bundan dolayı da her adımında optimizasyon gerektiren projelerdir. Ayrıca, birbiriyle bağlantılı olarak bir şebeke oluşturan ve sürekli olarak kendisinden su çekilen ve belirli periyotlarla su verilen bu borulardan oluşan sistemin nasıl işletileceği de ayrı bir sorundur. Bir içme suyu şebekesindeki borular, öngörülen meskun alan, yeşil alanlar, sanayi tesisi gibi ihtiyaçlar doğrultusunda yeterli miktarda suyu taşıyamıyorsa, şebeke sağlıklı çalışmıyor demektir. Şebeke ana borusuna verilen suyun tüm şebekenin ihtiyacını karşılaması

gerekmektedir. Ancak bir esas boru diğer bir esas boruya ait suyu da çekerse, şebekenin proje kriterlerinin bozuk olduğu anlamına gelir.

Bilindiği gibi akışkanlar, basıncın büyük olduğu yerden küçük olduğu yere doğru akış içindedirler. O halde burada esas mesele, şebekeyi oluşturan borularda oluşan basınçların, belirli kriterler çerçevesinde dengelenmesidir. Pek çok hidrolik bilimci bu problem üzerinde çalışmıştır. Bugünün yöntemleri arasında en sık kullanılanları Hardy Cross ve Ölü Noktalar Yöntemleridir. Her iki yöntem de, şebekeyi oluşturan borularda meydana gelecek basıncın tüm şebekeyi etkileyeceği ve dolayısıyla da basınç dengelemesinin, şebekenin tümünde (bütüncül olarak) yapılması gerektiği esasına dayanmaktadır.

Hardy Cross, dengelemenin esas borulardan geçecek debilerle yapılmasını esas alır. Ölü Noktalar Yöntemi ise dengelemenin, şebekeyi oluşturan gözlerde, birbirine zıt yönde akan suların karşılaştığı noktalarda yapılması üzerine kuruludur. Bu noktalarda basınçlar öyle dengelenmelidir ki, bir borudaki suyun, diğer boru tarafından çekilmesi önlenmelidir. Bu çalışmada, Hardy Cross Yöntemine göre daha fazla parametre içerdiğinden, Ölü Noktalar Yöntemi kullanılmıştır.

Yirminci yüzyılın ikinci yarısından itibaren üzerinde çalışılan bir konu da, doğanın taklit edilerek optimizasyon yöntemleri geliştirmesi olmuştur. Doğa, tüm işleyişinde, şaşırtıcı bir şekilde, kendi optimizasyon kurallarını işletir. Son yıllarda, gerek bu alanda ve gerekse diğer mesleki disiplinlerin çalışmalarında, Bulanık Mantık, Yapay Sinir Ağları ve Genetik Algoritma yöntemleri en çok kullanılan modern yöntemler olarak görülmektedir.

Genetik algoritma, İngiliz filozof Herbert SPENCER'in "en uygun olanı arama" olarak ifade ettiği, Darwinci doğal seçim esasına göre, doğal bir esneklik ve serbestlikle, tasarım özelliklerine uygun olarak, dilediği optimizasyon aracını kullanır. *Genetik algoritma; nonlineer, yapay, soyut, multimodal, vb. tüm optimizasyon problemlerinde kullanışlıdır.* Genlerin tek bir evrim sürecinde olduğu gerçeği, genetik algoritma mekanizmasının, bunlarla paralellik ve hedef birliği kurmasını sağlamaktadır (Jenkins, 1996).

Genetik algoritmanın hedefi ve fonksiyonel uyumu açısından, bu yöntemin evrimsel kalitesi tartışılmıştır. Bununla birlikte, bu optimizasyon yönteminin tüm problemlere uygulanabilirliği iddia edilemez. Golberg (1984), bu yöntemin özünde mevcut bir sonucu (uygun veya uygun olmayan) evrimsel bir yaklaşımla geliştirme, bileşenlerini değiştirerek en uygun olanı arama ve istenen sonucu (optimum sonuç) elde etme özelliği bulunduğundan, bir optimizasyon yöntemi olarak genetik algoritmanın gelişmesi ve uygulama alanının genişlemesi kaçınılmaz olduğunu belirtmektedir.

Genetik algoritma, bir araştırma ve optimizasyon aracı olarak günümüzde olgun bir seviyeye erişmiştir. Gerek bilimsel, gerekse mühendislik dallarında pek çok yararlı uygulamalarda kullanılmıştır. Bu başarının esas sebebi, geniş uygulama alanlı, düşük maliyetli ve hızlı bilgisayarlar üretilebilmesini amaçlayan, mikro- elektronik üretimdeki yaygın uygulamalardır.

Bu çalışmanın ana eksenini oluşturacak olan husus, ölü noktalar yönteminin genetik algoritma ile uyumunun tahkiki ve optimizasyon sürecinin, türetme operatörü olarak belirlenen, belirli bir operatöre bağlı olarak takibinin mümkün olup olmadığının araştırılmasıdır.

## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Şehir içme suyu şebekelerinin projelendirilmesinde, oldukça karmaşık hesap esasları kullanılmaktadır. Kullanılan formüller, katsayılar, yapılan kabuller, vb. gibi temel parametreler incelendiğinde, bunların çoğunlukla ampirik bağıntılara göre düzenlendiği görülmektedir. Bu durum, şebekelerin matematiksel kesinlikte çözümünü, oldukça zorlaştırmaktadır. Örneğin, bir içme suyu şebekesinin çalışma koşulu, esas borulardaki basınçların dengelenmesidir. Oysa, ne projelendirmede, ne de uygulamada boru birleşim noktalarında basınçlar tamamiyle dengelenemez. Kaldı ki, dengeleme yapılabilse dahi, tesisin inşasından sonra boru içinde akan suyun taşıdığı katı maddeler çökerek yılda ortalama olarak 0,5 mm boru iç cidarını daraltır. Bu değer 40 mm ve hatta daha fazla olması da rastlanan durumlardır (Muslu, 1985). Boru cidarının daralması sonucunda hız artarak yük kayıplarının da artmasına sebep olur. Yük kayıpları dengelemenin esasını teşkil ettiğinden, ölü noktalarda dengelenmiş bulunan basınçlarda kararsızlık yaratır. Basınç dengelemelerinde yapılan kabule göre, şehir nüfusuna dolayısıyla da şebekede taşınacak debiye bağlı olarak, birleşim yerlerindeki basınçlar, 1-2 mss farkla dengelenebilmektedir (Eroğlu ve Topacık, 1987).

Su dağıtım şebekeleri, borular, pompalar ve hazneler gibi elemanların birleşimiyle, bir veya birden fazla kaynaktan gelen işlenmiş suyun kullanıcılara ulaştırılmasını sağlamak üzere, geniş bir alana yayılı olarak teşkil edilirler. İçme suyu şebekesi en fazla yer tutan maliyetlerden biridir. Sisteme bağlı olarak, yıllık enerji maliyeti de önemli bir yer tutmaktadır.

Nüfus artışı, endüstriyel veya ticari büyüme ve kişi başına kullanım miktarının artması, içme suyuna gösterilen talebi arttırmaktadır. Ayrıca, şebeke borularının kırılması, birbirinden ayrılması ve paslanması neticesinde yatırım ve işletme maliyetlerini de arttırmaktadır. Bütün bu unsurlar, şebekelerin rehabilitasyonunu gerekli kılmaktadır. Bu amaca yönelik olarak, Gupta ve ark. 1998, genetik algoritma yöntemini kullanarak şebekelerin rehabilitasyonu için ve Morley ve ark. 2000, genetik algoritma platformunda boru şebekelerini optimize ederek yaptıkları çalışmalarda maliyet azalmasında önemli sonuçlar elde etmişlerdir. Walters ve ark. 1999, içme suyu şebekelerinin rehabilitasyonu üzerine yaptığı bir çalışmada, yeni hazne ve pompaj

istasyonunun kurulum maliyetleri ile suyun iletilmesi için gerekli enerji tüketimini analiz ederek daha ekonomik sonuçlar elde etmek amacı ile geliştirilmiş genetik algoritma tasarımını kullanmıştır. Bu çalışmalarda klasik yöntemlere göre daha ucuz maliyetle şebeke teşkilinin ve işletmesinin mümkün olduğuna dair sonuçlar dikkat çekmektedir.

Boru hidrolüğünde sürekli yük kayıplarının nedeni olan olgu, boru iç cidarlarının pürüzlülüğüdür. Türbülanslı akımlarda sürekli yük kayıpları Chezy, Kutter, Manning gibi formüllere ve Nikuradse, Prandtl ve Colebrook-White gibi bağıntılara göre hesaplanır. Bu ikinci tip formüllerde geçen  $k$  pürüzlülük katsayısının tayini, bilhassa önemli bir problemdir. Bu katsayı, boru çapı ( $D$ ) gibi uzunluk boyutunda olup, buna mutlak pürüzlülük denir. Bu sebeple  $k$  mutlak pürüzlülüğü, küçük boru çaplarında, büyük çaplara göre sonuca daha çok etki eder. Buna rağmen projelendirmede, böyle yüksek pürüzlülük değerlerine göre hesap yapmak ekonomik değildir. Bunun yerine, uygun tedbirlerle (boruların temizlenmesi, izolasyonu, tasfiyesi gibi), pürüzlülük değerinin büyük olmasını önlemek gerekir (Eroğlu ve Topacık, 1987).

Katı madde çökelmelerinden ve fabrikasyon hatalarından meydana gelen çentik şeklindeki pürüzlülük, aşırı derecede büyük  $k$  değerleri verir. Bir çok kereler tespit edilmiştir ki – çeşitli pürüzlülük şekillerinde – bilhassa dişli (çentikli), fakat aynı zamanda doğal pürüzlülük ve aşırı yumrulanmalarda, Colebrook, Prandtl ve V.Karman formüllerindeki  $k$  değerleri sabit olmayıp akış hızı ile değişmektedir. O halde bu formüller de her zaman doğru sonuçlar vermemektedir (Muslu, 1985).

Boru içinde akan akışkanın viskozitesi de sürekli yük kayıplarına etkindir. Viskozitesi yüksek olan bir akışkanda gerçekleşecek yük kaybı, viskozitesi düşük olan akışkana göre daha fazla olacaktır. Zira boru iç cidarında oluşacak sürtünme, viskoziteyle doğru orantılıdır.

Uzun boru hatları ve şebekelerde meydana gelen yersel kayıplar sürekli kayıpların yanında çok küçük olup, sürekli yük kayıpları içinde ele alınmaktadır. Yersel yük kayıpları, akışkanın içinde aktığı ortamda karşılaştığı geometrik değişimler ile akış istikametindeki değişimler sonucu meydana gelir. Örneğin şebeke projelendirmesinde, boru çapının daralması veya genişlemesi, vanalar, dirsekler, boruda oluşan kayıplar,

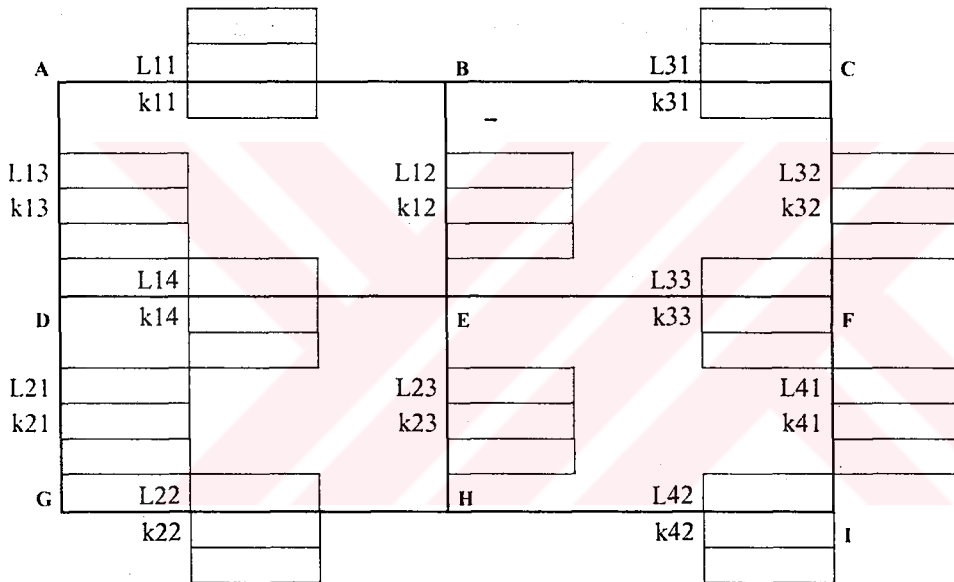
her ne kadar sürekli yük kayıpları içinde mütalaa edilse de, su sayacı ve daraltma parçaları gibi yerlerdeki büyük kayıpların ayrı olarak ele alınması, daha kesin sonuçlara ulaşılmasında önemlidir. Özel parça ve işletme teçhizatı çok olan kısa borularda da yersel kayıpların ayrıca ele alınması gereklidir. Su tasfiye tesislerinin çeşitli üniteleri arasında olduğu gibi, mevcut hidrolik eğimin çok az olduğu cazibeli akımlarda bilhassa dikkatli olmak ve gerekli emniyet payını bırakmak lazımdır (Muslu, 1985).

Hidrolik hesaplar çoğunlukla deneysel verilerle yüklü olduğundan, hesapların kolaylaştırılmasında tablo ve abaklardan faydalanılır. En çok kullanılanlar Darcy-Weissbach, Prandtl-Colebrook ve Hazen-Williams tablolarıdır. Bu tablolar, belirli boru tiplerine ve pürüzlülüğüne göre hesaplanmış veriler içerirler. Bu verilerin esası deneysel olup, ölçümlerin yorumlanmasına dayanır. Büyük oranda doğru sonuçlar vermelerine rağmen, bu verilerin uygulamada matematiksel bir kesinlikleri yoktur. Bir verinin laboratuvar ortamına uymaması halinde, matematiksel kesinliği bozacağı açıktır.

### 3. MATERYAL VE METOT

#### 3.1. Materyal

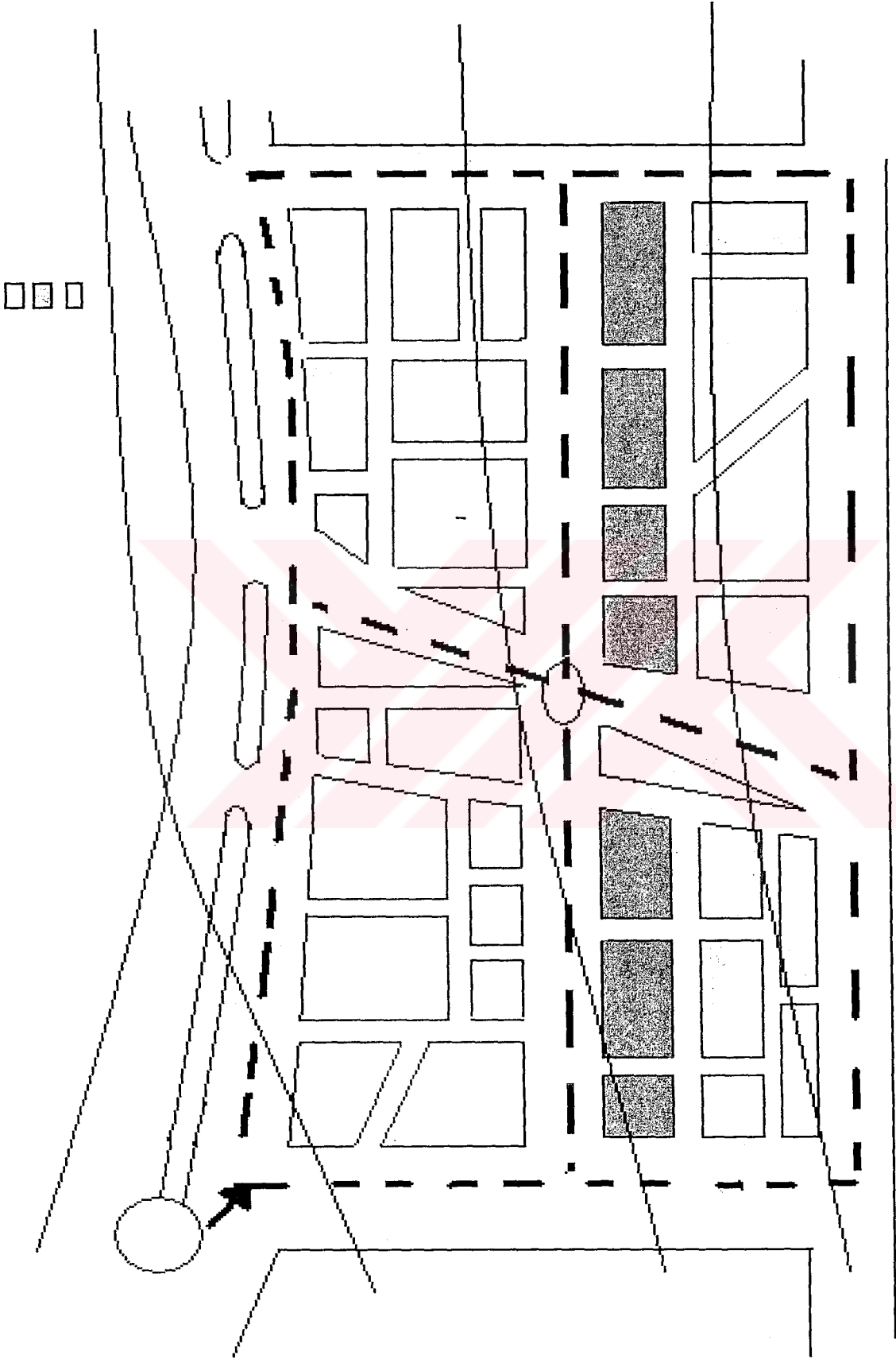
İçme suyu şebekelerinin optimum tasarımı ile ilgili yürütülen bu çalışmada, Elazığ ili Sivrice ilçesinde uygulanan içme suyu projesine ait bilgi ve veriler materyal olarak kullanılmıştır. Bu çalışma ile ilgili ölçeksiz şebeke planı Şekil 3'te ve şebekeye ait bilgi ve veriler Tablo 3'te verilmiştir. Ayrıca örnek uygulamada, İller Bankası çözümünde kullanılan veriler esas alınmıştır. Boru tipi, ölü noktaların yeri, boru pürüzlülüğü, vb. gibi değerler, uygulama projesi baz alınarak seçilmiştir.



Şekil 3.1 Şebeke Planı

Tablo 3. Şebekeye Ait Veriler

Boru Adı	L11	L12	L13	L14	L21	L22	L23	L31	L32	L33	L41	L42
Boru Boyu (m)	645	490	405	350	350	400	340	310	410	300	400	420
Kesafet Katsayısı (k)	1,5	1,5	1,3	1,5	1,4	1,5	1,3	1,4	1,5	1,5	1,4	1,5



Sekil 3.2 Sivrice 2. Kademe İçme Suyu Şebekesi (Ölçeksiz Plan)



## 3.2. Metot

### 3.2.1. Ölü Noktalar Yöntemi

Bu yöntem de özünde şebeke esas borularının birleşim noktalarındaki basınçların dengelenmesi esasına dayanır.

Ölü noktalar yönteminin işlem akışı, ana hatlarıyla şu şekildedir :

#### ● İhtiyaç debisinin tayini

↓ Şebeke esas borularının besleyeceği güzergahlarda, nüfus yoğunluk katsayılarının tespiti

↓ Şebekeyi oluşturan her göz için bir ölü nokta seçilmesi

↓ Esas borulara ait hesap debilerinin bulunması

↓ Her göz için yük kayıplarının yeterli yaklaşımda kapanıp kapanmadığının tahkiki

↓ Eğer yük kayıpları kapanmıyorsa, gerekli düzeltmelerin yapılması

⇒ 6. adımın sağlanması durumunda, düzeltmeler esnasında seçilen boru çaplarının esas alınarak şebekenin teşkili

Aşağıda belirtilen Hardy-Cross yöntemi ile karşılaştırdığımızda, bu yöntemin daha fazla esneklik sağladığı görülmektedir. En büyük avantajlarından biri, her göz için seçilen ölü noktanın yerinin opsiyonel olmasıdır. Her ne kadar bu seçimde, zıt yönde akan debilerin ölü noktada karşılaşana dek izledikleri yolun aşağı yukarı birbirine denk olması bir ilk yaklaşım ise de, mutlak değildir. Düzeltmeler yapılırken, bu yöntemin Hardy-Cross'a göre daha pratik olduğu da görülmektedir.

### 3.2.2. Hardy-Cross Yöntemi

İçme suyu şebekelerinin tasarımında kullanılan yöntemler içinde en çok kullanılan yöntemlerden biridir. Bu yöntem, Illinois Üniversitesi'nde yapı iskeletlerinde yük dağılımı üzerine çok değerli çalışmaları da bulunan, Amerikalı bilim adamı Hardy Cross tarafından geliştirilmiştir.

Cross bu yöntemi esas olarak, şebekeye giren debi ile şebekeden çekilecek olan debilerin belirli esaslara göre dengelemesi üzerine kurmuştur. Buna göre, şebeke esas borularından geçen debiler bu borularda belli basınçlar yaratırlar. O halde yapılması gereken, bu basınçların sınırlı bir esneklikle dengelenmesi olmalıdır. Bu yöntemin hesap akışını basitçe özetlemek gerekirse :

● Şebekedeki göz sayısının tespiti

↓ Akış yönünün tespiti (saat istikametinde pozitif, tersi istikamette negatif), her esas borudan geçecek bir ilk debinin tayini

↓ Her gözde meydana gelecek yük kaybının hesaplanması (yukarıdaki işaretleme sistemi esas alınarak)

↓ Her gözde oluşan yük kayıplarının kapanmasının tahkiki

↓ Yük kayıplarının kapanmasına yönelik olarak debi düzeltmelerinin yapılması

↓ İstenen yaklaşıma ulaşıncaya değin, 5. adımın tekrarlanması

⇒ Yeterli yaklaşıma ulaşıldığında, sonuç debilerin hesap debisi olarak alınması ve boyutlandırmaya gidilmesi

Dikkat edilirse, bu metodun özünde, boru birleşim noktalarında meydana gelecek basınçların dengelenerek, debilerin şebeke içinde sağlıklı olarak (birbirine karışmadan veya çok az bir miktarda karışarak) akmasını sağlamaktır.

Hardy Cross bu yöntemi geliştirirken, tıpkı yapı çerçevelerinde moment dağılımında kullanılan ve yine kendisinin modellediği Cross yönteminde kullanılan redörler gibi, düzeltme debileri ile sonuca gitmiştir.

Bu yöntem ülkemizde yaygın olarak kullanılmamaktadır. Örneğin İller Bankası Yönetmeliklerinde, şebeke hesap yöntemi olarak, ölü noktalar metodu tercih edilmektedir.

### 3.2.3. Genetik Algoritma Yöntemi

Genetik Algoritma, doğal seçme ve genetik kurallarına dayanmaktadır. Bu kurallar, çevreye en fazla uyum sağlayan canlının hayatına devam etmesi ve uyum

sağlayamayan canlının elenmesi olarak algılanabilir. GA'lar, bu iki kuralı bir arada kullanırken, en iyiyi aramayı amaç edinen bir yöntemdir. Kısacası en iyileme yöntemidir.

Bir tasarımcı için optimum tasarımı elde etmek, son derece çekici bir amaçtır. Sağlanacak ekonomik avantajın ötesinde, belirlenmiş bir hedefe uygunluk arz eden "en iyi" tasarımı yapmanın vereceği bir de tatmin duygusu vardır. Ortaya konan çaba, çoğunlukla, matematiksel altyapının ve bilgisayar yazılımlarının oluşturulmasına yöneliktir. Araştırılan yöntemler oldukça geniş bir alana yayılmış ve matematiksel olarak da karmaşık olabilmektedirler.

Yıllar boyunca, mühendislik sistemlerinin optimizasyonu için pek çok yöntem geliştirilmiştir. Uygun araçların bolluğunun yanında, hiçbir yöntem, çağdaş mühendislik problemlerinin yayıldığı alanın tümüne hitap edebilecek yetenekte olamadı. Dinamik programlama ve sayısal araştırma gibi yöntemler, evrensellik ilkelerini sağlamakla birlikte, problemin çapı büyüdükçe çözüm yeteneklerini yitirmektedirler. Bu tür yöntemler bir problem tipi için uygun olmakta, ancak benzer bir probleme dahi doğrudan uygulanamamaktadırlar (Jenkins, 1996).

En iyiyi arama yöntemleri içinde, en göze çarpan metotlarda biri de, doğal seleksiyon ilkelerini kullanan genetik algoritma metodudur. Genetik benzeşim, bu yöntemin ana temasıdır. Belirli bir uzunlukta tasarlanmış ve ikilik tabanda kodlanmış, ilk adımda rasgele ataması yapılan bireylerin oluşturduğu bir gen popülasyonunun türetilmesi esasına göre işlem yapar. Bu genetik zincirler, doğrudan veya dolaylı olarak, amaç fonksiyonuna uygun tasarım değişkenleri içerirler. Başlangıçta gelişigüzel atanan bu değişkenler bir araya geldiklerinde, bir "aile" oluştururlar. Bu "aile", amaca uygun bir tasarım oluşturan bir parametre setinden ibarettir. Her bir grubun "uygunluğu", daha sonra amaç fonksiyonuna göre değerlendirilir. Bundan sonraki aşamada, uygun zincirler (ebeveynler) seçilir ve kendi aralarında çaprazlama yapılmak suretiyle yeni "nesil"ler elde edilir. Bu ara işlemde, 0'dan 1'e veya 1'den 0'a, bir uygunluk katsayısı kullanmak yararlı olacaktır. Bu şekilde üreme, belli bir kontrol mekanizması ile gözlenebilecektir (Goldberg, 1984).

Her seleksiyon, çaprazlama ve mutasyon adımıdan sonra, her bir ailenin uygunluğu, ikilik tabandan sayısal değerlere dönüşüm yapılarak, tespit edilir ve amaç fonksiyonuna göre değerlendirilir. Bundan sonra döngü yeni bir nesil elde etmek üzere tekrarlanır. Yeterli yaklaşıma ulaşıldığında veya yeterli sayıda nesil elde edildiğinde döngüye son verilir. Genetik algoritmanın etkinliği, belli sayıda etkene bağlıdır.

Genetik algoritma, rasgele atanan bir yapay kromozom popülasyonunun içinden en uygun olan gen topluluğunun veya genin seçilmesi temelinde işlem yapar. Bu yöntem üç temel ilke ile çalışır (Goldberg, 1989):

1. *Genetik algoritma bir değişkenler kümesi üzerinde çalışır, değişkenin kendisiyle değil:* yani bir değişkenin kendi başına oluşturduğu sonuçlara göre değil, birden fazla değişkenin meydana getirdiği bir kompozisyonun amaç fonksiyonuna uygunluğunu irdeler.
2. *Genetik algoritma bir bireyler popülasyonunu araştırır, tek bir bireyi değil:* bu adım bahsekonu yöntemin en önemli unsurlarındandır. Burada birey olarak adlandırılan genetik kombinasyonların kendi aralarındaki (bir anlamda) evlilikleri, bu evliliklerin sonucunda ortaya çıkan yeni bireyleri (nesilleri), bu yeni bireylerin de dahil olduğu yeni popülasyonların araştırıldığı bir merhaledir. Amaç fonksiyonuna yönelik yeter sayıda birey sayısına ulaşıldığında, bu popülasyon baz alınarak en iyi zincir araştırılır.
3. *Genetik algoritma probabilistik geçiş kurallarına dayanır, deterministik geçiş kurallarına değil:* bu özellik de genetik algoritmanın sağladığı avantajlardan biridir. Genetik algoritma, rasgele atanan genleri kullanarak işlem yapmaya başlar. Belli bir esneklikle yeni gen zincirleri oluşturur. Bunu yaparken de deterministik geçiş kurallarını değil, olasılık dahilinde herhangi bir değişkeni kullanır. Bu adımın bir yerde durdurulması gerekir, zira genlerin yüzlerle ifade edildiği durumlarda türetme işlemi çok uzun sürebilir. Yeter sayıda birey elde edilip edilmediğini ise, türetme operatörünü kullanarak denetler. Amaç fonksiyonuna uygun sayıda birey sağlanmışsa bu adım durdurulur.

## Genetik Algoritma Operatörleri :

Kromozomlar : Yaşayan tüm organizmalar, hücrelerden oluşmuştur. Her hücrede aynı kromozom seti vardır. Kromozomlar DNA zincirlerinden oluşmuş olup, organizmaya bir model oluştururlar. Kromozom, genlerce teşkil edilen DNA bloklarıdır. Burada her gen, protein içeren bir kodu temsil eder. Basitçe söylemek gerekirse genler, kişinin göz rengi gibi, özelliklerini belirleyen kodlardır. Kromozomların tümüne, bir set halinde, genom, kısmi kromozom setine ise genotip denir. Genotip, doğum sonrası gelişecek organizmanın fenotipine esas teşkil eder (göz rengi, zeka, ten rengi, vb.).

Bir kromozomun kodlanması : Bir kromozomun kodu, sonuca yönelik olarak, bir takım bilgiler içermelidir. En çok kullanılan kodlama yöntemi ikilik tabanda kodlamadır. Bu durumda kromozom şu şekilde görülecektir:

Kromozom 1	11011010010010111010101
Kromozom 2	11001000100110011001110

Her kromozomun ikilik tabanda bir dizisi (zinciri) vardır. Bu dizideki her bit, çözüme dair bir bilgi içerir. Tüm dizi sayısal bir değer ifade etmektedir. Elbette, kodlamanın farklı yolları da bulunabilir. Bu tamamen çözülecek problemin özelliğine bağlıdır. Örneğin bu kodlama, doğrudan gerçek veya kesirli sayılarla da yapılabilir. Bazen permutasyon kullanmak daha pratik olabilir.

Türetme : Bu aşama sürecinde önce rekombinasyon (veya çaprazlama) oluşur. Ebeveynden alınan genler yeni bir kromozom oluştururlar. Bu yeni nesil, bundan sonra mutasyona tabi tutulur. Mutasyon, DNA elemanlarının bir parça değişmesi demektir. Bu değişimler, ebeveynden hatalı kopyalanan genlerden kaynaklanır. Yeni bir organizmanın uygunluğu, hayatta göstereceği başarıya bağlıdır.

Çaprazlama : Kodlamanın ne şekilde yapılacağı kararlaştırıldıktan sonra, çaprazlamaya geçilebilir. Bu aşamada, ebeveynden alınan genler çaprazlanarak yeni bir nesil elde edilir. Bunu yapmanın en kolay yolu, ebeveyne ait kromozom zincirinde

bir nokta tespit ederek, bundan öncesini veya sonrasını diğer ebeveynden alarak değiştirmektedir. Bu durumda çaprazlama (Çaprazlama noktası / ile ayrılmıştır) şu şekilde görülür:

Kromozom 1	11011/010010010111010101
Kromozom 2	11001/000100110011001110
Yeni Nesil 1	11011/000100110011001110
Yeni Nesil 2	11001/010010010111010101

Başka çaprazlama yolları da bulunabilir. Örneğin birden fazla çaprazlama noktası seçilebilir. Çaprazlama, kodlamaya bağlı olarak, daha karmaşık olabilmektedir. Özel bir probleme uygun olarak seçilmiş özel bir çaprazlama yöntemi, çözümün performansını arttıran bir husustur.

Mutasyon : Çaprazlamadan sonraki adımdır. Popülasyondaki çözümleri lokal (yersel) optimumlardan korumak için önemlidir. Mutasyon yeni nesli rasgele değiştirir. İkilik tabandaki kodlama baz alındığında, bitlerin 0'dan 1'e 1'den 0'a gelişigüzel değiştirilmesiyle sağlanır. Bu durumda mutasyon, şu şekilde gelişecektir:

Orijinal Nesil 1	11011000100110011001110
Orijinal nesil 2	11001010010010111010101
Mutant Nesil 1	11001110101101010111010
Mutant Nesil 2	10011110101010011001011

### **Genetik Algoritmayı Diğer Optimizasyon Yöntemlerinden Ayıran Temel Özellikler:**

Genetik algoritma, daha önce de değinildiği gibi, doğal genetik ve doğal seleksiyon mekanizmalarını kullanır ve bu özelliğiyle geleneksel optimizasyon yöntemlerinden ayrılır. Bu farklılıklar dört ana başlık altında özetlenebilir (Rajeev ve Krishnamoorthy, 1992) :

- Genetik algoritma, en iyiyi ararken, probleme özel bir *matematik bilgi* kullanmaz. Örneğin hesap esaslı algoritma kullanan yöntemler türetilmiş bilgiyi baz alırken, genetik algoritma bunun tersine, *probleme özel bilgiyi* esas alır.
- Genetik algoritma, sonlu uzunlukta zincirler oluşturan, kodlanmış tasarım değişkenleri kullanır. Bu zincirler, yapay kromozomları temsil eder. Zincirdeki her karakter, bir geni sembolize etmektedir.
- Genetik algoritma, geleneksel yöntemlerde olduğu gibi bir noktayı değil, bir noktalar popülasyonunu kullanır. Bunun anlamı, belirli bir zaman aralığında, bir tasarım sonuçları kümesinin elde edileceğidir.
- Genetik algoritma, geleneksel deterministik operatörler yerine, rasgele operatörler kullanır. Bu anlamda tam bir esneklikle çalışır.

Bu dört farklılık, genetik algoritmanın değerini de ortaya koymaktadır. Mevcut çalışma sonuçları göstermektedir ki bu yöntemin gücü, genetik operatörlerinin gücüne bağlıdır. Belirlenmiş genetik operatörler: türetme, çaprazlama, mutasyon, baskınlık, yapısal dönüşüm, kromozomlar-arası kopyalama/çoğalma, eleme, yer değiştirme, ayrışma, tür elde etme, göç ve bölüşüm operatörleridir. İrdelenen problemin doğasına uygun bu sayılanlardan başka operatörler elde etmek de mümkündür. Günümüzde yapılan çalışmalarda, daha ziyade, türetme ve çaprazlama operatörleri kullanılmaktadır.

Türetme operatörü en iyiyi araştırmaya vurgu yapar. Etkili bir türetmenin pek çok yolu bulunabilir. Basit yollardan biri, popülasyona dahil müstakil zincirlerin, uygunluk şartları dahilinde, oransal bazda türetmeye tabi tutulmasıdır. Uygunluk, maksimize veya minimize edilecek amaç fonksiyonuna göre belirlenir. Etkili bir türetmede, daha yüksek oranda uygunluk taşıyan zincirler, seleksiyon ve genetik eşleşmeler için, daha yüksek bir uygunluk değeri verirler.

### **Genetik Algoritmanın, Optimizasyon Probleminin Doğal Parametre Setine Gereksinimi:**

Türetme, daha önce elde edilmiş bir zincire, uygunluk şartları dahilinde, yeni bir popülasyon kopyalanması esasına dayanan bir genetik algoritma operatörüdür. Burada

uygunluk, maksimize edilen amaç fonksiyonuna aykırılık teşkil edilmemesidir. •Türetme ile birlikte, bir sonraki jenerasyonda, uygunluğu sağlayıcı daha fazla sayıda nesil (kopya) elde edilir. Türetme operatörünü, uygunluk dahilinde, seleksiyon amacına yönelik olarak uygulamanın pek çok yolu vardır. Burada ele alınacak olanı, " $\Phi_{\text{türetme}} = f_i / \sum f_j$ " şeklinde formülize edilebilecek olan ve oransal olarak daha yüksek bir olasılıkla türetme sağlayacak olanıdır. Burada ;

$f_i$  : *En büyük itibari boyu veren borunun gerçek boyu ile çapının çarpımı*  
( $f_i = L_i \times \emptyset_i$ ),

$\sum f_j$  : *Boru gerçek boyları ile çaplarının çarpımının toplamı* ( $\sum f_j = \sum L_j \times \emptyset_j$ ),

$\Phi_{\text{türetme}}$  : *En büyük itibari boyu veren gerçek boru boyu ile çapının çarpımının , toplam boy ve çaplarının çarpımına oranıdır.*

Türetme, aynı zamanda, genetik algoritmanın en uygun olanı arama sürecinde en önemli adımdır. En iyi zincirler, kötülerine oranla, daha fazla eşleşme sağlarlar.

Türetmeden sonra, çaprazlama iki adımda yürütülür. İlk önce yeni türetilen zincirler, eşleştirme havuzunda gelişigüzel eşleştirilirler. Daha sonra, her zincir çifti şu şekilde çaprazlanır: "k" indisli bir zincir, üniform olarak seçilir. Bu şekilde, 1'den k'ya kadar sıralanmış karakterlerin oluşturduğu, iki yeni zincir elde edilmiş olur.

Bunun nasıl olduğunu görmek için, önceki bir türetmeden gelişigüzel seçilmiş, yedişer karakterli A ve B zincirlerini ele alalım:

A= a1 a2 a3 a4 a5 a6 a7

B= b1 b2 b3 b4 b5 b6 b7                      bu zincirleri türeterek;

A'= b1 a2 a3 a4 a5 a6 a7

B'= a1b2 b3 b4 b5 b6 b7

yeni jenerasyonlarını elde ederiz.

Keza a1, ...,an ve b1,....., bn genleri kendi içlerinde de çaprazlamaya tabi tutularak;



$$A'' = b_1 a_2 a_3 a_4 a_5 a_6 b_7$$

$$B'' = a_1 b_2 b_3 b_4 b_5 b_6 a_7$$

jenerasyonları da elde edilebilir. Bu türetmeler, amaç fonksiyonuna en yakın sonuçlar (jenerasyonlar) elde edilinceye kadar sürdürülecektir.

### 3.2.4. Genetik Algoritmanın Ölü Noktalar Metoduna Uyarlanması

Bir problemin çözümünde genetik algoritma metodu ile işlem yapabilmek için, öncelikle doğal parametre seti, türetme operatörü ve amaç fonksiyonunun tespit edilmesi gerekir. Doğal olarak her problemin kendine mahsus şartlarından dolayı da tüm bu optimizasyon araçları problemden probleme değişiklik gösterir.

İçme suyu şebekelerinin genetik algoritma ile optimizasyonunda, her gözü oluşturan şebeke esas borularının ikilik tabanda yazılan kodları genleri ve bunların bir araya gelmesi de zinciri oluşturur. Uygunluk şartları dahilinde, bu zincirlere amaç fonksiyonunu sağlayacak şekilde yeni genler eklenerek ve/veya çıkarılarak türetme sağlanır ve doğrudan maliyeti minimize eder. Burada, maliyeti minimize eden zincir, boru hidroliğine uygun olan en küçük boru çapı esas alınarak belirlenecektir.

Uygulamanın çerçevesi şu şekilde belirlenmiştir:

1. Amaç Fonksiyonu : İçme suyu şebekelerinin, ölü noktalar metodu ve genetik algoritma kullanılarak, minimum maliyetle teşkil edilmesi.
2. Parametre Seti (Gen Havuzu):  
Burada, her boru (gen) için ikilik tabanda bir kod tayin edilmekte ve mutasyon, hesap tablolarının yanı sıra, bu kodlar üzerinden de belirlenmektedir.

### 3. Sınırlayıcılar:

- i)  $v$  : boru içinde suyun akış hızı  $\Rightarrow 0,6 \text{ m/sn} \leq v \leq 1,8 \text{ m/sn}$  (Boru cinsine bağlı olarak)
- ii)  $\Delta h_k : 0 \leq \Delta h_k \leq 1 \text{ mss}$
- iii) Eğer maliyeti düşürüyorsa uygunluk şartları dahilinde  $\Phi_{\min}$  alınır.

### 4. Türetme operatörünün tayin edilmesi:

Bu adımda türetme operatörü  $\Phi_{\text{türetme}} = f_i / \sum f_j$  şeklinde tasarlanmıştır. Burada en uzun itibari boya sahip borunun gerçek boyu ile çapının çarpımının, tüm boruların gerçek boyları ile çaplarının çarpımlarının toplamına oranı olarak tasarlanmıştır. Burada, neden  $\Phi_{\text{türetme}} = 1/\sum f_j$  olarak değil de,  $f_i$ 'nin  $\sum f_j$ 'ye oranı olarak atandığı sorusu akla gelebilir. Bunun sebebi, operatörün bu şekliyle, bir boruda oluşacak değişikliğin tüm şebekeye olan etkisinin takibini mümkün kılmasıdır. Yine öne sürülecek sorulardan biri, neden sadece çaplarla işlem yapılmadığı ve boy ile çapların çarpımının ele alındığıdır. Bunun da nedeni, çap arttıkça boru birim boy maliyetinin de artması, çap küçüldükçe de bu maliyetin azalmasıdır. Yani, birim boy maliyeti gibi değişken bir maliyettense, türetme operatörüne esas değişken olarak atanan çaplarla işlem yapmak, daha pratik bir yoldur. Ancak çap tek başına belirleyici değildir. Asıl olan o çaptan ne miktarda kullanıldığıdır. Bu durumda, boru gerçek boylarının türetme operatörünün hesabına dahil edilmesi gerekmektedir.

5. Gerçek (uygulanmış) bir projeden, bir şebeke çözümünün sonuçlarının derlenmesi.
6. Aynı şebekeyi, genetik algoritma yardımı ile çözecek hesap tablolarının oluşturulması.
7. Uygulama projesi sonuçları ile örnek çözümden elde edilecek sonuçların karşılaştırılması.

Yukarıdaki hususlara ek olarak bu çalışmada tüm hesaplar otomatik olarak Excel tablolarında yapılmış, bu tablolar vasıtasıyla genier rasgele tayin edilmiş ve türetme

operatörünün hangi değerde olduğu adım adım tespit edilmiştir. Türetim operatörüne bağlı olarak, yeni zincirlerin gerekip gerekmediği takip edilmiş ve gerekli yaklaşıma ulaşıldığında hesaplama durdurulmuştur. En yüksek  $\phi_{\text{türetim}}$  değerini veren adım esas alınarak, hidrolik şartlar dahilinde gerekli düzeltmeler yapılmıştır. Excel, kendi başına bir yazılım programı olmadığından, son adımdaki düzeltmeler manuel olarak girilmiştir.



## 4. BULGULAR

### 4.1 Örnek Projenin Değerlendirilmesi

Karşılaştırma yapılması için ele alınan örnek proje, İller Bankası tarafından Elazığ'ın Sivrice ilçesinde uygulanan içme suyu projesidir. Bu proje, iki kademeli olarak tasarlanan bir şebekeden oluşmaktadır. Birinci kademe nüfusun yaklaşık üçte birini, ikinci kademe ise üçte ikisini beslemektedir. Söz konusu şebeke, 1997 yılında projelendirilmiş ve inşasına 1998 yılında başlanmıştır. Sivrice şehir merkezinin 1990 yılı nüfusu 5261, 2000 yılı nüfusu 5432 olup, nüfus artış hızı binde 3,20'dir (%0,32). Proje ömrü 30 yıl olarak alınan şebekeye esas nüfus ise, 7322 kişi olarak hesaplanmıştır.

Yeni şebeke inşası aslında bir şebeke yenileme çalışmasıdır. Mevcut eski şebeke tamamen sökülmüş ve yeni borular ve birleşim elemanları ile donatılmıştır. Eski şebekede kaçağın %60'lar mertebesinde olduğu tahmin edilmektedir. Ayrıca, şebekenin bir kısmında, 1973'te yapılan tadilatla, asbestli boru kullanıldığı da bilinmektedir. Yeni şebekede kullanılan boru tipi, çelik font borudur. Son yıllarda gelişen iç turizm nedeniyle Sivrice'nin özellikle yaz aylarında içme suyu ihtiyacı maksimuma çıkmaktadır. Hazar Gölü'nün bu yakasında, kamu kuruluşları ve özel kişilere ait pek çok yazlık site bulunmaktadır. Bu yerleşimlerin çoğunun kendilerine ait su kuyuları bulunduğundan, bunların önemli bir kısmı şehir şebekesine bağlanmamıştır. Sivrice tren istasyonunun hemen alt kesiminde bulunan iki adet ve şehrin güneybatısına düşen üç adet siteye yeni şebekeden su verilecektir. Bu beş sitenin toplam yazlık nüfuslarının 1400 kişi olacağı hesaplanmıştır. Böylece ihtiyaç debisine esas nüfus 8722 kişi olmaktadır. Şebekeyi besleyen su alma yapısında da tadilatlar ve ekler yapılmıştır.

Şebeke iki kademeli olarak tasarlanmıştır. Birinci kademe, şehrin daha yüksek mahallelerine su iletmektedir. Buradaki imar durumuna göre, en fazla 2400 kişinin iskan edilebileceği öngörülmüştür. Şehrin göl yakasından başlayan ve daha alçak kesimlerini oluşturan mahalleler ise ikinci kademe ile beslenecektir. Bu kesimdeki imar ise, 4800 kişiye göre tasarlanmıştır. Bu nüfusa ek olarak toplam beş yazlık sitede bulunan 1400 kişinin de hesaba dahil edileceği hususuna yukarıda değinilmişti. Örnek

olarak kullanılan şebeke, bu ikinci kademeye ait olanıdır. Sözkonusu şebekeye ait mevcut proje değerleri Tablo 4.1'de ve içme suyu şebekesine ait şebeke planı ve hesaplamalara ilişkin bilgiler Tablo 4.2'de verilmiştir.

**TABLO 4.1. Mevcut Proje Değerleri**

$$\lambda = 0,0415$$

Boru No :	Qhesap	Çap (mm)	Hız (v=m/sn)	J (m/m)	$\Delta h_k$ (m)	
L11	0,014036	175	0,583864	0,00412	2,657625	UYGUN DEĞİL
L12*	0,00656	100	0,835619	0,014769	7,237048	UYGUN
L13	0,020435	175	0,850026	0,008733	3,53696	UYGUN
L14*	0,012771	125	1,041165	0,018343	6,42017	UYGUN
L21	0,010836	125	0,883457	0,013207	4,622509	UYGUN
L22	0,008766	125	0,714697	0,008643	3,457346	UYGUN
L23*	0,005938	125	0,484108	0,003966	1,348349	UYGUN DEĞİL
L31	0,008339	125	0,679852	0,007821	2,424538	UYGUN
L32	0,006305	100	0,803182	0,013645	5,594492	UYGUN
L33*	0,008162	125	0,665456	0,007493	2,248012	UYGUN
L41	0,006188	100	0,788315	0,013145	5,257854	UYGUN
L42	0,007337	100	0,934625	0,018477	7,760203	UYGUN

**Tahkik :**

$$1. \text{ Göz : } \begin{matrix} I\Delta h_{k11-} \\ 12- \end{matrix} \Delta h_{k13-14I} = 0,062458 \text{ m}$$

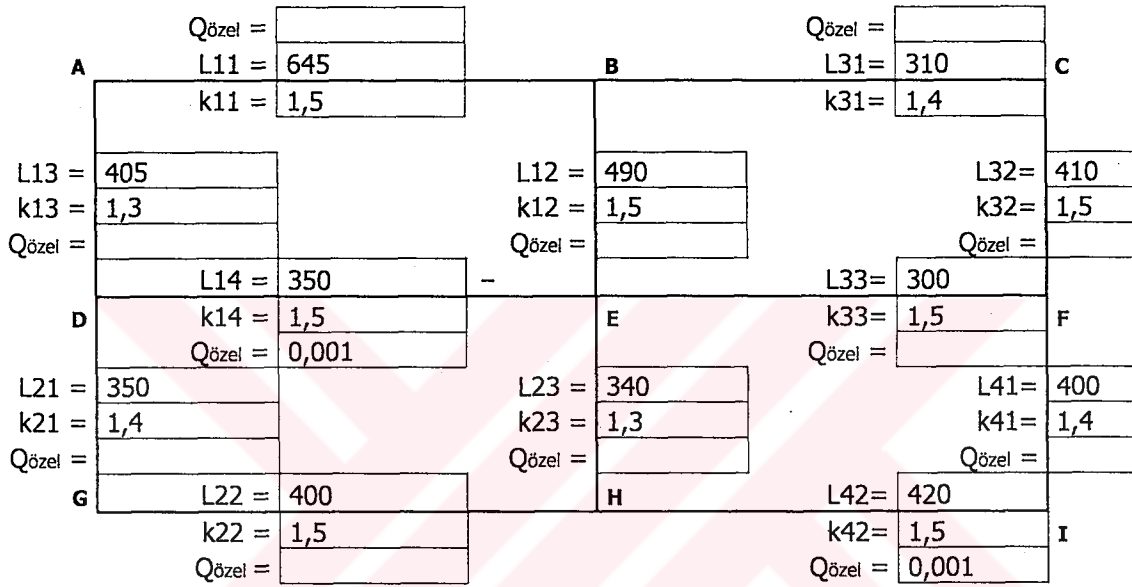
$$2. \text{ Göz : } \begin{matrix} I\Delta h_{k14-} \\ 23- \end{matrix} \Delta h_{k21-22I} = 0,311335 \text{ m}$$

$$3. \text{ Göz : } \begin{matrix} I\Delta h_{k31-} \\ 32- \end{matrix} \Delta h_{k12-33I} = 1,46603 \text{ m}$$

$$4. \text{ Göz : } \begin{matrix} I\Delta h_{k33-} \\ 41- \end{matrix} \Delta h_{k23-42I} = 1,602686 \text{ m}$$

TABLO 4.2. İçme Suyu Şebekesine Ait Şebeke Planı ve Hesaplamalara Ait Bilgiler

Nüfusu Giriniz, N=  kişi  
 Kişi başı ortalama iht.deb., qor.=  (m3/sn)

**Ölü Noktalarla Temas****Durumu:**

(\* 1: AkışVar, 0: Akış Yok)

**Hesaplamalar :**

$$Q_{ih.} = \text{0,02691} \text{ m3/sn}$$

$$\Sigma L_i = \text{6975} \text{ mt}$$

$$q_i = \text{3,86E-06} \text{ m3/sn*mt}$$

$$Q_{yangın} = \text{0,005} \text{ m3/sn}$$

L11uç	1
L12uç	0
L13uç	1
L14uç	1
L21uç	1
L22uç	1
L23uç	0
L31uç	1
L32uç	0
L33uç	1
L41uç	0
L42uç	0

## 4.2. Genetik Algoritma Parametreleri

Yukarıda da değinildiği gibi, genetik algoritma optimizasyon yönteminin bir probleme uygulanmasında en önemli unsur, türetme operatörünün doğru tayin edilmesidir. Ölü noktalar metoduna uygulamada, türetme operatörü olarak,

$(\Phi_{\text{türetme}}=f_i / \sum f_j)$ 'nin kullanılacağı belirtilmişti. Bu operatör farklı verilerle de tahkik edildiğinde görülecektir ki :

- i) boru çapları büyütüldüğünde,  $\Phi_{\text{türetme}}$  küçülmektedir,
- ii) boru çapları küçültüldüğünde,  $\Phi_{\text{türetme}}$  büyümektedir,
- iii) operatörün en uzun borunun gerçek boyu ile çapının çarpımının, toplam boy çarpı çapa oranı gerçekçi bir yaklaşımdır, zira en uzun borunun gerçek boyu ile çapının çarpımı, maliyeti en fazla etkileyen değerdir,
- iv) yanı sıra, bu en uzun borunun çapının büyütülmesi  $\Phi_{\text{türetme}}$ 'yi büyütürken, yük kayıplarının dengelenmesi esnasında, kendisiyle aynı gözde bulunan boru çaplarının küçülmesini veya aynı kalmasını sağlamakta, bu da maliyete olumlu etkide bulunmaktadır.

İncelenen örnekte her borunun bir gen olarak kabul edileceği ve şebekenin tamamının ise bir gen zinciri oluşturacağı zikredilmişti. Bu genlerin belirli bir sayısal kod ile gösterilmesi, genetik algoritmanın modellenmesinde önemli bir unsurdur. Her ne kadar bu gösterimin başka yolları da olsa bile (harf ile gösterim, rakam ile gösterim, vb.), bu çalışmada ikilik tabanda kodlamanın daha uygun olacağı öngörülmektedir. Bu kapsamda, ilk olarak rasgele bir gen (boru çapı) tüm borular için tayin edilerek, uygunluk şartları ve sınırlayıcılar dahilinde,  $\Phi_{\text{türetme}}$  %17-20 mertebesine yükselene dek türetme yapılmaktadır.

### 4.2.1. Sınırlayıcılar

Optimizasyon problemlerinde bir diğer önemli unsur da sınırlayıcılardır. Üzerinde çalışılan örnekte, ölü noktalar metodunda esas alınan hidrolik esaslar (boru hidroliği) esas alınmıştır. Bunlar ;

ii) şebekeyi oluşturan her göz için, yük kayıpları kapanma farkı en fazla 1 mss olarak (nüfus 50.000 kişiden az olduğundan), alınacak ve bu değerler sağlanmadığında düzeltmeye gidilecektir.

#### 4.2.2. Türetme Havuzu

Türetme havuzu, yeni gen zincirlerinin elde edilmesi sürecinde, ebeveyn zincirlerin karşılıklı olarak gen değiştirdikleri bir veri topluluğudur. Uygunluk şartlarını taşıyan zincirler seçilerek türetme havuzuna alınır ve gerek gen topluluğundan, gerekse birbirleri arasında gen alışverişi yapılarak, en uygun zincir oluşturulur. Gen değişimleri ve yeni zincirlerin genetik kodlaması ile genlerin ikilik tabanda verilen kodları, Tablo 4.4 ve Tablo 4.5'te verilmektedir.

**TABLO 4.3. Türetme Havuzu**

Sıra No:	Çap (mm)	Genetik Kod
1	80	00001
2	100	00010
3	125	00011
4	150	00100
5	175	00101
6	200	00110
7	250	00111
8	300	01000
9	350	01001
10	400	01010
11	450	01011
12	500	01100
13	550	01101
14	600	01110
15	650	01111
16	700	10000
17	750	10001
18	800	10010
19	850	10011
20	900	10100
21	950	10101
22	1000	10110
23	1100	10111
24	1200	11000

**Not :** Hidrolik Eğim'in (J) hesaplanmasında Darcy-Weissbach Formülü kullanılmıştır. Boru cinsi çelik font boru olup, pürüzlülük katsayısı ( $\lambda$ )= 0,0415 olarak alınmıştır.



### 4.3. Hesap Tabloları

Ele alınan örnek projenin, genetik algoritma yöntemi ile optimizasyonunda kullanılan hesap tabloları, genetik kodlar ve genetik mutasyonun genetik kodlar vasıtasıyla takip edildiği tablolar aşağıda verilmektedir.

Türetme havuzunda boru çapının sıra numarasına göre alacağı genetik kodlar Tablo 4.3'te, genetik algoritma ile uyarlanan ve ölü noktalar yöntemine göre çözülen hesaplama adımları Tablo 4.4'te ve genetik mutasyonun izlendiği optimizasyon adımlarının genetik zincirleri Tablo 4.5'te verilmektedir.



TABLO 4.4 Genetik Algoritma İle Uyarlanan Şebekenin Hesap Adımları

Boru No :	Li (mt)	Qi (m3/sn*mt)	Qd (m3/sn)	Quç (m3/sn)	Qi (m3/sn)	Qy (m3/sn)	Qözel (m3/sn)	Qhesap
L11	967,5	3,858E-06	0,0037326	0,0068827	0,002154	0,005	0	0,0140364
L12	735	3,858E-06	0,0028356	0	0,00156	0,005	0	0,0065596
L13	526,5	3,858E-06	0,0020313	0,0142631	0,001172	0,005	0	0,0204351
L14	525	3,858E-06	0,0020255	0,0056019	0,001169	0,005	0,001	0,0127705
L21	490	3,858E-06	0,0018904	0,0047454	0,001091	0,005	0	0,0108361
L22	600	3,858E-06	0,0023148	0,0024306	0,001336	0,005	0	0,0087662
L23	442	3,858E-06	0,0017052	0	0,000938	0,005	0	0,0059379
L31	434	3,858E-06	0,0016744	0,0023727	0,000966	0,005	0	0,0083388
L32	615	3,858E-06	0,0023727	0	0,001305	0,005	0	0,006305
L33	450	3,858E-06	0,0017361	0,0021605	0,001002	0,005	0	0,0081622
L41	560	3,858E-06	0,0021605	0	0,001188	0,005	0	0,0061883
L42	630	3,858E-06	0,0024306	0	0,001337	0,005	0,001	0,0073368

## 1. ADIM

 $\lambda = 0,0415$ 

Boru No :	Qhesap	Çap (mm)	HIZ (v=m/sn)	J (m/m)	$\Delta h_k$ (m)
L11	0,0140364	200	0,4470207		
L12	0,0065596	200	0,2089047		
L13	0,0204351	200	0,6508009		
L14	0,0127705	200	0,4067052		
L21	0,0108361	200	0,3451003		
L22	0,0087662	200	0,2791785		
L23	0,0059379	200	0,1891046		
L31	0,0083388	200	0,265567		
L32	0,006305	200	0,2007954		
L33	0,0081622	200	0,2599436		
L41	0,0061883	200	0,1970787		
L42	0,0073368	200	0,2336562		

UYGUN DEĞİL

UYGUN DEĞİL

UYGUN

UYGUN DEĞİL

UYGUN DEĞİL

UYGUN DEĞİL

UYGUN DEĞİL

UYGUN DEĞİL

UYGUN DEĞİL

UYGUN DEĞİL

UYGUN DEĞİL

$$\Phi_{türetme} = f_i / \sum f_j$$

$$(L_{11} * \Phi_{11} / \sum L_i * \Phi_i)$$

$$\Phi_{türetme} = 0,1430155$$

## 2. ADIM

 $\lambda = 0,0415$ 

Boru No :	Qhesap	Çap (mm)	HIZ (v=m/sn)	J (m/m)	$\Delta h_k$ (m)
L11	0,0140364	150	0,7947034		
L12	0,0065596	150	0,3713861		
L13	0,0204351	250	0,4165126		
L14	0,0127705	150	0,7230315		
L21	0,0108361	150	0,6135117		
L22	0,0087662	150	0,4963173		
L23	0,0059379	150	0,336186		
L31	0,0083388	150	0,4721191		
L32	0,006305	150	0,3569697		
L33	0,0081622	150	0,462122		
L41	0,0061883	150	0,3503622		
L42	0,0073368	150	0,4153888		

UYGUN

UYGUN DEĞİL

UYGUN DEĞİL

UYGUN

UYGUN

UYGUN DEĞİL

UYGUN DEĞİL

UYGUN DEĞİL

UYGUN DEĞİL

UYGUN DEĞİL

UYGUN DEĞİL

UYGUN DEĞİL

$$\Phi_{türetme} = f_i / \sum f_j$$

$$(L_{11} * \Phi_{11} / \sum L_i * \Phi_i)$$

$$\Phi_{türetme} = 0,1349372$$

3. ADIM  $\lambda = 0,0415$ 

Boru No :	Qhesap	Çap (mm)	Hız (v=m/sn)	J (m/m)	$\Delta h_k$ (m)
L11	0,0140364	150	0,7947034		
L12	0,0065596	200	0,2089047		
L13	0,0204351	300	0,2892448		
L14	0,0127705	150	0,7230315		
L21	0,0108361	150	0,6135117		
L22	0,0087662	200	0,2791785		
L23	0,0059379	100	0,7564186		
L31	0,0083388	200	0,265567		
L32	0,006305	200	0,2007954		
L33	0,0081622	200	0,2599436		
L41	0,0061883	200	0,1970787		
L42	0,0073368	200	0,2336562		

UYGUN

UYGUN DEĞİL

UYGUN DEĞİL

UYGUN

UYGUN

UYGUN DEĞİL

UYGUN

UYGUN DEĞİL

UYGUN DEĞİL

UYGUN DEĞİL

UYGUN DEĞİL

UYGUN DEĞİL

$$\Phi_{\text{toretme}} = f_i / \sum f_j$$

$$(L_{11} \cdot \Phi_{11} / \sum L_i \cdot \Phi_i)$$

$$\Phi_{\text{toretme}} = 0,1071132$$

4. ADIM  $\lambda = 0,0415$ 

Boru No :	Qhesap	Çap (mm)	Hız (v=m/sn)	J (m/m)	$\Delta h_k$ (m)
L11	0,0140364	150	0,7947034		
L12	0,0065596	150	0,3713861		
L13	0,0204351	250	0,4165126		
L14	0,0127705	150	0,7230315		
L21	0,0108361	150	0,6135117		
L22	0,0087662	250	0,1786742		
L23	0,0059379	100	0,7564186		
L31	0,0083388	150	0,4721191		
L32	0,006305	150	0,3569697		
L33	0,0081622	150	0,462122		
L41	0,0061883	150	0,3503622		
L42	0,0073368	150	0,4153888		

UYGUN

UYGUN DEĞİL

UYGUN DEĞİL

UYGUN

UYGUN

UYGUN DEĞİL

UYGUN

UYGUN DEĞİL

UYGUN DEĞİL

UYGUN DEĞİL

UYGUN DEĞİL

UYGUN DEĞİL

$$\Phi_{\text{toretme}} = f_i / \sum f_j$$

$$(L_{11} \cdot \Phi_{11} / \sum L_i \cdot \Phi_i)$$

$$\Phi_{\text{toretme}} = 0,1230134$$

5. ADIM  $\lambda = 0,0415$ 

Boru No :	Qhesap	Çap (mm)	Hız (v=m/sn)	J (m/m)	$\Delta h_k$ (m)
L11	0,0140364	150	0,7947034		
L12	0,0065596	100	0,8356187		
L13	0,0204351	200	0,6508009		
L14	0,0127705	150	0,7230315		
L21	0,0108361	150	0,6135117		
L22	0,0087662	200	0,2791785		
L23	0,0059379	100	0,7564186		
L31	0,0083388	100	1,062268		
L32	0,006305	100	0,8031818		
L33	0,0081622	200	0,2599436		
L41	0,0061883	100	0,7883149		
L42	0,0073368	100	0,9346249		

UYGUN

UYGUN

UYGUN

UYGUN

UYGUN

UYGUN DEĞİL

UYGUN

UYGUN

UYGUN

UYGUN DEĞİL

UYGUN

UYGUN

$$\Phi_{\text{toretme}} = f_i / \sum f_j$$

$$(L_{11} \cdot \Phi_{11} / \sum L_i \cdot \Phi_i)$$

$$\Phi_{\text{toretme}} = 0,1466465$$

$$\lambda = 0,0415$$

## 6. ADIM

Boru No :	Qhesap	Çap (mm)	HIZ (v=m/sn)	J (m/m)	Δhk (m)	
L11	0,0140364	150	0,7947034	0,0089057	5,744175	UYGUN
L12	0,0065596	100	0,8356187	0,0147695	7,237048	UYGUN
L13	0,0204351	200	0,6508009	0,0044794	1,814138	UYGUN
L14	0,0127705	150	0,7230315	0,0073718	2,580122	UYGUN
L21	0,0108361	150	0,6135117	0,0053077	1,857683	UYGUN
L22	0,0087662	250	0,1786742	0,0002701	0,108042	UYGUN DEĞİL
L23	0,0059379	100	0,7564186	0,0121025	4,114835	UYGUN
L31	0,0083388	100	1,062268	0,0238681	7,399102	UYGUN
L32	0,006305	100	0,8031818	0,0136451	5,594492	UYGUN
L33	0,0081622	150	0,462122	0,0030114	0,903426	UYGUN DEĞİL
L41	0,0061883	100	0,7883149	0,0131446	5,257854	UYGUN
L42	0,0073368	100	0,9346249	0,0184767	7,760203	UYGUN

## Tahkik :

- Göz :  $|\Delta hk_{11-12} - \Delta hk_{13-14}| = 8,586962 \text{ m}$   $\Phi_{\text{türetme}} = f_i / \sum f_j$   $(L_{11} * \Phi_{11} / \sum L_i * \Phi_i)$
- Göz :  $|\Delta hk_{14-23} - \Delta hk_{21-22}| = 4,7292324 \text{ m}$   $\Phi_{\text{türetme}} = 0,145543$
- Göz :  $|\Delta hk_{31-32} - \Delta hk_{12-33}| = 4,8531203 \text{ m}$
- Göz :  $|\Delta hk_{33-41} - \Delta hk_{23-42}| = 5,7137583 \text{ m}$

$$\lambda = 0,0415$$

## 7. ADIM

Boru No :	Qhesap	Çap (mm)	HIZ (v=m/sn)	J (m/m)	Δhk (m)	
L11	0,0140364	150	0,7947034	0,0089057	5,744175	UYGUN
L12*	0,0065596	100	0,8356187	0,0147695	7,237048	UYGUN
L13	0,0204351	200	0,6508009	0,0044794	1,814138	UYGUN
L14*	0,0127705	150	0,7230315	0,0073718	2,580122	UYGUN
L21	0,0108361	150	0,6135117	0,0053077	1,857683	UYGUN
L22	0,0087662	200	0,2791785	0,0008243	0,329718	UYGUN DEĞİL
L23*	0,0059379	100	0,7564186	0,0121025	4,114835	UYGUN
L31	0,0083388	100	1,062268	0,0238681	7,399102	UYGUN
L32	0,006305	100	0,8031818	0,0136451	5,594492	UYGUN
L33*	0,0081622	100	1,0397745	0,022868	6,860388	UYGUN
L41	0,0061883	100	0,7883149	0,0131446	5,257854	UYGUN
L42	0,0073368	100	0,9346249	0,0184767	7,760203	UYGUN

## Tahkik :

- Göz :  $|\Delta hk_{11-12} - \Delta hk_{13-14}| = 8,586962 \text{ m}$   $\Phi_{\text{türetme}} = f_i / \sum f_j$   $(L_{11} * \Phi_{11} / \sum L_i * \Phi_i)$
- Göz :  $|\Delta hk_{14-23} - \Delta hk_{21-22}| = 4,5075562 \text{ m}$   $\Phi_{\text{türetme}} = 0,153632$
- Göz :  $|\Delta hk_{31-32} - \Delta hk_{12-33}| = 1,1038422 \text{ m}$
- Göz :  $|\Delta hk_{33-41} - \Delta hk_{23-42}| = 0,2432042 \text{ m}$

$$\lambda = 0,0415$$

## 8. ADIM

Boru No :	Qhesap	Çap (mm)	Hız (v=m/sn)	J (m/m)	Δhk (m)
L11	0,0140364	150	0,7947034	0,0089057	5,744175
L12	0,0065596	100	0,8356187	0,0147695	7,237048
L13	0,0204351	200	0,6508009	0,0044794	1,814138
L14	0,0127705	150	0,7230315	0,0073718	2,580122
L21	0,0108361	150	0,6135117	0,0053077	1,857683
L22	0,0087662	100	1,1167138	0,0263775	10,55098
L23	0,0059379	100	0,7564186	0,0121025	4,114835
L31	0,0083388	100	1,062268	0,0238681	7,399102
L32	0,006305	100	0,8031818	0,0136451	5,594492
L33	0,0081622	100	1,0397745	0,022868	6,860388
L41	0,0061883	100	0,7883149	0,0131446	5,257854
L42	0,0073368	100	0,9346249	0,0184767	7,760203

UYGUN  
UYGUN  
UYGUN  
UYGUN  
UYGUN  
UYGUN  
UYGUN  
UYGUN  
UYGUN  
UYGUN  
UYGUN  
UYGUN

## Tahkik :

- Göz :  $|\Delta hk_{11-12} - \Delta hk_{13-14}| = 8,586962 \text{ m}$   $\Phi_{\text{türetme}} = f_i / \sum f_j$   $(L_{11} \cdot \Phi_{11} / \sum L_i \cdot \Phi_i)$
- Göz :  $|\Delta hk_{14-23} - \Delta hk_{21-22}| = 5,7137077 \text{ m}$   $\Phi_{\text{türetme}} = 0,164053$
- Göz :  $|\Delta hk_{31-32} - \Delta hk_{12-33}| = 1,1038422 \text{ m}$
- Göz :  $|\Delta hk_{33-41} - \Delta hk_{23-42}| = 0,2432042 \text{ m}$

$$\lambda = 0,0415$$

## 9. ADIM (Hesap Esasları Dahilinde En Uygunun Aranması)

Boru No :	Qhesap	Çap (mm)	Hız (v=m/sn)	J (m/m)	Δhk (m)
L11	0,0140364	125	1,1443729	0,0221602	14,29335
L12*	0,0065596	80	1,3056542	0,0450729	22,08572
L13	0,0204351	125	1,6660503	0,0469694	19,02262
L14*	0,0127705	100	1,6268209	0,0559794	19,59281
L21	0,0108361	100	1,3804012	0,0403051	14,10678
L22	0,0087662	80	1,7448654	0,0804976	32,19904
L23*	0,0059379	80	1,181904	0,0369338	12,55748
L31	0,0083388	80	1,6597938	0,0728396	22,58027
L32	0,006305	80	1,2549715	0,0416415	17,07303
L33*	0,0081622	80	1,6246477	0,0697875	20,93624
L41	0,0061883	80	1,231742	0,0401142	16,0457
L42	0,0073368	80	1,4603514	0,0563863	23,68226

UYGUN  
UYGUN  
UYGUN  
UYGUN  
UYGUN  
UYGUN  
UYGUN  
UYGUN  
UYGUN  
UYGUN  
UYGUN  
UYGUN

## Tahkik :

- Göz :  $|\Delta hk_{11-12} - \Delta hk_{13-14}| = 2,2363623 \text{ m} > 1 \text{ m}$   $\Phi_{\text{türetme}} = f_i / \sum f_j$   $(L_{11} \cdot \Phi_{11} / \sum L_i \cdot \Phi_i)$
- Göz :  $|\Delta hk_{14-23} - \Delta hk_{21-22}| = 14,155536 \text{ m} > 1 \text{ m}$   $\Phi_{\text{türetme}} = 0,18043$
- Göz :  $|\Delta hk_{31-32} - \Delta hk_{12-33}| = 3,3686592 \text{ m} > 1 \text{ m}$
- Göz :  $|\Delta hk_{33-41} - \Delta hk_{23-42}| = 0,7422003 \text{ m} < 1 \text{ m}$

$\phi$ selek. 9. Adım = %18,043 (En yüksek uygunluk değeri)

$$\lambda = 0,0415$$

## 9'. ADIM

Boru No :	Qhesap	Çap (mm)	Hız (v=m/sn)	J (m/m)	Δhk (m)	
L11	0,0140364	150	0,7947034	0,0089057	5,744175	UYGUN
L12*	0,0065596	80	1,3056542	0,0450729	22,08572	UYGUN
L13	0,0204351	150	1,1569794	0,018876	7,644764	UYGUN
L14*	0,0127705	100	1,6268209	0,0559794	19,59281	UYGUN
L21	0,0108361	100	1,3804012	0,0403051	14,10678	UYGUN
L22	0,0087662	100	1,1167138	0,0263775	10,55098	UYGUN
L23*	0,0059379	100	0,7564186	0,0121025	4,114835	UYGUN
L31	0,0083388	80	1,6597938	0,0728396	22,58027	UYGUN
L32	0,006305	100	0,8031818	0,0136451	5,594492	UYGUN
L33*	0,0081622	100	1,0397745	0,022868	6,860388	UYGUN
L41	0,0061883	100	0,7883149	0,0131446	5,257854	UYGUN
L42	0,0073368	100	0,9346249	0,0184767	7,760203	UYGUN

## Tahkik :

1. Göz :  $|\Delta h_{k11-12} - \Delta h_{k13-14}| = 0,5923225 \text{ m}$   $\Phi_{\text{türetme}} = f_i / \sum f_j$   $(L_{11} * \Phi_{11} / \sum L_i * \Phi_i)$
2. Göz :  $|\Delta h_{k14-23} - \Delta h_{k21-22}| = 0,95012 \text{ m}$   $\Phi_{\text{türetme}} = 0,186596$
3. Göz :  $|\Delta h_{k31-32} - \Delta h_{k12-33}| = 0,7713462 \text{ m}$
4. Göz :  $|\Delta h_{k33-41} - \Delta h_{k23-42}| = 0,2432042 \text{ m}$

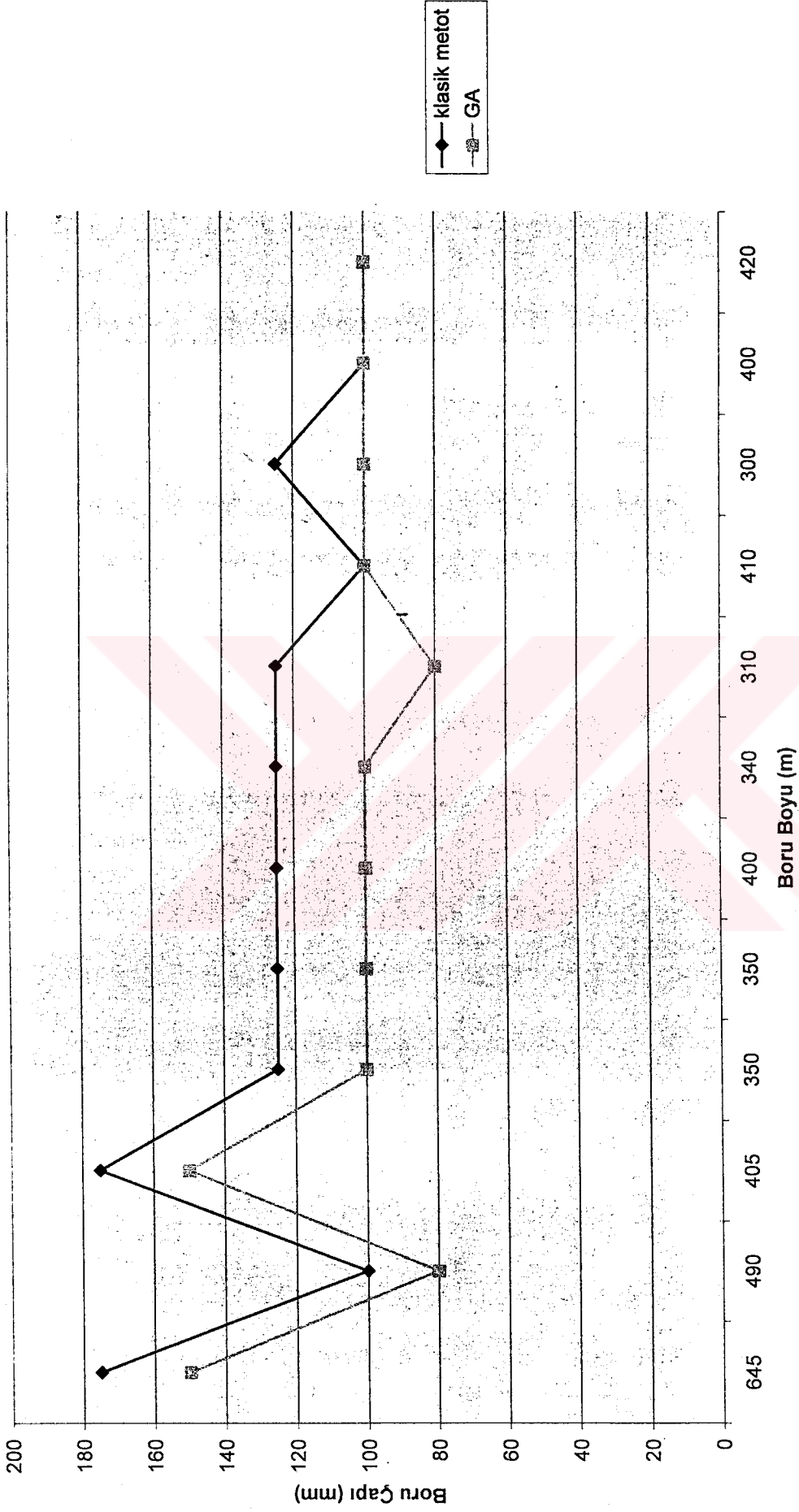
**TABLO 4.5. GENETİK MUTASYON**

Optimizasyon Adımlarının Genetik Zincirleri

	L11	L12	L13	L14	L21	L22	L23	L31	L32	L33	L41	L42
1. Adım	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
	00110	00110	00110	00110	00110	00110	00110	00110	00110	00110	00110	00110
2. Adım	150	150	250	150	150	150	150	150	150	150	150	150
	00100	00100	00111	00100	00100	00100	00100	00100	00100	00100	00100	00100
3. Adım	150	200	300	150	150	200	100	200	200	200	200	200
	00100	00110	01000	00100	00100	00110	00010	00110	00110	00110	00110	00110
4. Adım	150	150	250	150	150	250	100	150	150	150	150	150
	00100	00100	00111	00100	00100	00111	00010	00100	00100	00100	00100	00100
5. Adım	150	100	200	150	150	200	100	100	100	200	100	100
	00100	00010	00110	00100	00100	00110	00010	00010	00010	00110	00010	00010
6. Adım	150	100	200	150	150	250	100	100	100	150	100	100
	00100	00010	00110	00100	00100	00111	00010	00010	00010	00100	00010	00010
7. Adım	150	100	200	150	150	200	100	100	100	100	100	100
	00100	00010	00110	00100	00100	00110	00010	00010	00010	00010	00010	00010
8. Adım	150	100	200	150	150	100	100	100	100	100	100	100
	00100	00010	00110	00100	00100	00010	00010	00010	00010	00010	00010	00010
9. Adım	125	80	125	100	100	80	80	80	80	80	80	80
	00011	00001	00011	00010	00010	00001	00001	00001	00001	00001	00001	00001
Optimum	150	80	150	100	100	100	100	80	100	100	100	100
	00100	00001	00100	00010	00010	00010	00010	00001	00010	00010	00010	00010

(4. Gen) (1. Gen) (4. Gen) (2. Gen) (2. Gen) (2. Gen) (1. Gen) (2. Gen) (2. Gen) (2. Gen) (2. Gen) (2. Gen)

1. Adım	00110	00110	00110	00110	00110	00110	00110	00110	00110	00110	00110	00110
2. Adım	00100	00100	00111	00100	00100	00100	00100	00100	00100	00100	00100	00100
3. Adım	00100	00110	01000	00100	00100	00110	00010	00110	00110	00110	00110	00110
4. Adım	00100	00100	00111	00100	00100	00111	00010	00100	00100	00100	00100	00100
5. Adım	00100	00010	00110	00100	00100	00110	00010	00010	00010	00010	00010	00010
6. Adım	00100	00010	00110	00100	00100	00111	00010	00010	00010	00010	00010	00010
7. Adım	00100	00010	00110	00100	00100	00110	00010	00010	00010	00010	00010	00010
8. Adım	00011	00001	00011	00010	00010	00010	00010	00010	00010	00010	00010	00010
9. Adım	00011	00001	00011	00010	00010	00001	00001	00001	00001	00001	00001	00001
9'. Adım	00100	00001	00100	00010	00010	00010	00010	00001	00010	00010	00010	00010



Şekil 4.1. Mevcut Proje Çapları ve GA ile Tasarlanan Çapların Karşılaştırması



## 5. SONUÇLAR

Bu çalışmanın temel amacı olan içme suyu şebekelerinin genetik algoritma yöntemiyle çözümünün irdelenmesi sonucunda ;

- i) ölü noktalar yönteminin, içerdiği değişkenlerin zenginliğiyle, genetik algoritma yöntemine uyumunun yüksek olduğu,
- ii) genetik algoritma yöntemiyle optimizasyonun en önemli unsuru olan türetme operatörü olarak " $\varphi_{türetme} = f_i / \sum f_j$ " fonksiyonunun kullanılabileceği,
- iii) bu fonksiyonun %17 – 20'ler mertebesinde optimum sonucu verdiği ve
- iv) ileri programlama dilleri ile yapılacak bir yazılımın, daha etkin sonuç verebileceği söylenebilir. –

Genetik algoritma ile yapılan tasarımda, Tablo 4.6'da görüldüğü gibi uygulanmış proje ve genetik algoritma ile tasarlanmış değerlerle karşılaştırılması sonucunda boru çapları ortalama olarak yaklaşık %15 oranında küçülmüştür. Ek parçalarının da küçük boyutlarda kullanılacağı göz önüne alındığında, boru ve ek parçası satın alma maliyetinin %15 oranında azalacağından söz edilebilir.

Tablo 4.1'de verilen, İller Bankası'nca hazırlanmış olan ve yine ölü noktalar yöntemi ile çözülen uygulama projesinin değerleri incelendiğinde, örnek uygulamada elde edilen değerlerle büyük oranda bir uyumun olduğu görülebilir. Ancak, örnek uygulamaya ait hesap tablolarıyla çözüldüğünde, uygulama projesinde elde edilen iki hız değerinin, minimum hız sınırlarına uymadığı görülmektedir. Bunun nedeni, İller Bankası'nın, şebeke çözümünde tablo ve abakları kullanmasıdır. Örnek uygulamada Darcy – Weissbach formülü kullanıldığından, sözkonusu değerler hız limitlerine uymamıştır.

Bir diğer önemli sonuç, klasik yöntemle yapılan çözümde elde edilen boru çaplarının, örnek uygulamada elde edilenlerden büyük olmasıdır. Her ne kadar bu farklar çok büyük değilse de belirgin bir farklılıktan söz edilebilir. Bunun nedeni

olarak, maksimum hız sınırlarına yaklaşmama eğilimi gösterilebilir. Suda taşınan katı maddelerin yoğunluğuna ve boru çeperlerine yapışma özelliğine bağlı olarak böyle bir yaklaşım sergilenmektedir. Ancak, burada sudaki katı madde analizlerinin yeterince yapılmaması nedeniyle, emniyet payının yüksek bırakılması söz konusudur.

Türetme operatörü fonksiyonu olarak "boru gerçek boyu ile boru çapının çarpımının" kullanılması, pratik bir yaklaşımdır. Boru satın alma maliyeti boru çapı arttıkça yükseldiğinden ve sonuç maliyet "birim boy maliyeti ile toplam boyun çarpımı" olduğundan böylesi bir yaklaşım geliştirilmiştir. Elbetteki boru maliyetlerinin gerçek piyasa fiyatları ile yapılması daha kesin sonuç verecektir. Ancak burada sergilenen temel yaklaşımın, "minimum (optimum) çap minimum (optimum) maliyet" olması, işlemlere pratiklik kazandırmaktadır.

Türetme yapılırken, program mümkün olan en küçük boru çaplarını seçmektedir. Bu işlem esnasında sınırlayıcılar devreye girmekte, örneğin hız sınırının aşılması durumunda "uygun değil" ibaresi ile kullanıcı uyarılmaktadır. Uygun olan değerler arttıkça, türetme operatörünün değeri de artmaktadır. Burada bir ilk yaklaşım olarak %17-20 mertebelerine varana dek türetme yapılmıştır. Ancak bu değer aralığı sabit alınamaz. Bununla birlikte, en azından dört gözlü bir şebekede, bu değer aralığında optimum sonuca gidilebileceği söylenebilir. Tek gözlü bir şebekeden başlayarak, farklı sayıda göz barındıran tüm şebekeler için bu değer aralıkları tespit edilebilir.

Son adımda, uygunluk değeri en fazla olan adımın değerleri üzerinden düzeltmeler yapılmakta ve çözüm tamamlanmaktadır. Bu düzeltmeler otomatik olarak değil, elle girilmiştir.

Tablo 4.5'te, ikilik tabanda kodlanmış esas boruların oluşturduğu zincirlerin genetik mutasyonları verilmiştir. Bu tablodan, her bir genetik zincirin nasıl türetildiği görülebilmektedir. Tablo 4.4'te verilen kodlar esas alınarak, ebeveyn nesiller ve mutant nesillerin nasıl bir değişim gösterdikleri takip edilmiştir.

İleri bir programlama diliyle yazılmış bir programda, elle müdahale olmaksızın, tüm adımlar otomatik olarak yapılabilecektir. Böylesi bir programın piyasa değerinin yüksek olacağı da aşikardır. Özellikle Visual Basic yazılım dilinde oluşturulacak bir program, büyük pratiklik de sağlayabilir. Zira Visual Basic ile oluşturulmuş bir programda, şebekenin şematik çiziminde verilen boru uzunlukları, kesafet katsayıları, ölü noktaların yeri gibi parametreler programa doğrudan okutulup, işlem yaptırılabilir.

Sonuç olarak kaydedilmesi gereken en önemli husus, hiç şüphesiz, ölü noktalar yönteminin genetik algoritmaya uyumlu olduğudur. Non-lineer fonksiyonların optimizasyonunda büyük bir esneklikle kullanılabilen genetik algoritma, içme suyu şebekelerinin çözümüne de uyum göstermektedir. Telekomünikasyon sistemlerinin çözümünde de büyük bir başarıyla uygulandığı bilinen bu yöntemin, bir şebeke oluşturan tüm sistemlere uygulanabileceği rahatlıkla öne sürülebilir. Genetik algoritma yönteminin bünyesinde barındırdığı esneklik, bu tip problemlerin çözümünde kullanılan diğer yöntemlere göre, büyük avantaj sağlamaktadır.

## 6. KAYNAKLAR

- EROĞLU,V., TOPACIK,D., 1987. Su Temini Ve Çevre Sağlığı, İstanbul Teknik Üniversitesi Yayınları.
- FAIR, G.M., GEYER, J.C., 1985. Su Getirme ve Kullanılmış Suları Uzaklaştırma Esasları. I. Kısım. (Çeviren: MUSLU,Y.). Teknik Kitaplar Yayınevi. İstanbul.
- GOLDBERG,D.E., 1984. Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning, Addison-Wesley.
- GOLDBERG,D.E., 1989. Sizing Populations For Serial And Paralel Genetic Algorithms, New Frontiers Editions Inc.
- GUPTA, I., BASSIN, J.K., GUPTA, A., KHANNA, P., 1993. Optimization of Water Distribution System, Environmental Software 8, 101-103.
- GUPTA, I., GUPTA, A., KHANNA, P., 1998. Genetic Algorithm for Optimization of Water Distribution Systems, Environmental Modelling and Software 14, 437-446.
- HOLLAND, J.H., 1975. Adaptation in Natural and Artificial Systems, University of Michigan Pres.
- JENKINS,W.M., 1996. Towards Structural Optimization Via Genetic Algorithm, University of Leeds.

- MORLEY, M.S., ATKINSON, R.M., WALTERS, G.A., 2000. \*GAnet: Genetic Algorithm Platform for Pipe Network, *Advances in Engineering Software* 32, 467-475.
- MUSLU, Y., 1985. Su Temini ve Çevre Sağlığı, İTÜ Yayınları.
- QUÍNDRY, G.E., BRILL, E.D., LIEBMAN, J.C., 1981. Optimization of Looped Water Distribution Systems, *Journal of Environmental Engineering, ASCE* 107 (4), 665-679.
- RAJEEV, S., KRISHNAMOORTHY, C.S., 1992, *ASCE Journal of Structural Engineering*. Volume 118, 1233-1249.
- WALTERS, G.A., HALHAL, D., SAVIC, D., OUAZAR, D., 1999. Improved Design of "Anytown" Distribution Network Using Structured Messy Genetic Algorithms, *Urban Water I*, 23-38.

## ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 3.1 Şebeke Planı .....	8
Şekil 3.2 Sivrice 2. Kademe İçme Suyu Şebekesi (Ölçeksiz Plan) .....	9
Şekil 4.1 Mevcut Proje Çapları ve GA İle Tasarlanan Çapların Karşılaştırması .....	33

## TABLO LİSTESİ

Tablo 3. Şebekeye Ait Veriler .....	8
Tablo 4.1 Mevcut Proje Değerleri.....	22
Tablo 4.2 İçme Suyu Şebekesine Ait Şebeke Planı ve Hesaplamalara Ait Bilgiler.....	23
Tablo 4.3 Türetme Havuzu .....	25
Tablo 4.4 Genetik Algoritma İle Uyarlanan Şebekenin Hesap Adımları.....	27
Tablo 4.5 Genetik Mutasyon .....	32
Tablo 4.6 Sivrice İçme Suyu Dağıtım Şebekesi Uygulanmış Proje ve Genetik Algoritma İle Tasarlanmış Değerler.....	38

## ÖZGEÇMİŞ

07.02.1970 Silvan doğumluyum. Diyarbakır Yenişehir İlkokulu'ndan sonra Diyarbakır Anadolu Lisesi'nde orta ve lise öğrenimimi tamamladım. 1997 öğretim yılı Şubat döneminde Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldum. İki yıl özel sektörde çalıştıktan sonra, 1999 yılında açılan bir sınav sonucunda, Dicle Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde uzman olarak atandım. 2003 Haziran ayından beri, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Teknik Araştırma ve Uygulama Genel Müdürlüğü Dış İlişkiler Dairesi Başkanlığı'nda görev yapmaktayım.

