

**İÇMESUYU ŞEBEKELERİNE ait TASARIM METODLARININ
(ÖLÜ NOKTA ve HARDY-CROSS)
BİLGİSAYAR PROGRAMLARI KULLANILARAK KARŞILAŞTIRILMASI**

Atıf SELÇUK

İnşaat Mühendisi
Ortadoğu Teknik Üniversitesi-1981
atifselcuk@ankisoft.com.tr
26.Eylül.2014

ÖZET

Bu çalışma, içmesuyu şebekelerinin tasarımında **Ölü Nokta** metodunun mu, yoksa **Hardy-Cross** metodunun mu daha ekonomik, daha doğru sonuç verdiği konusunu araştırmak için yapılmıştır. Bunun için günümüzde kullanılan programlardan faydalanılmıştır. Ankara'nın Çubuk ilçesine ait "İçmesuyu Şebekesi Tatbikat Projesinin" bir parçası **Örnek Şebeke** olarak seçilmiş, bu örnek şebekeden bir **Model Şebeke** oluşturulmuştur. Bu model şebeke; **Ölü Nokta** metodu ile (**isuCAD** programı kullanılarak) ve **Hardy-Cross** metodu ile (**WATERCAD, msSU** ve **EPANET** programları kullanılarak) tasarlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: İçmesuyu Şebekeleri, Ölü Nokta Metodu, Hardy-Cross Metodu.

ABSTRACT

This study was done to investigate the methods for the design of water supply network. Do **Dead Point Method** or **Hardy-Cross Method** give more economic and more accurate results? For this purpose, the most popular softwares were used. A small part of "Water Supply Network Project" of Çubuk/Ankara was used as **Sample Network**. By using this sample network, a **Model Network** was produced. This model network has been designed according to **Dead Point Method** (by using the software **isuCAD**) and according to **Hardy-Cross Method** (by using the softwares **WATERCAD, msSU** and **EPANET**).

Keywords: Water Supply Network, Dead Point Method, Hardy-Cross Method

1) TASARIM KRİTERLERİ

Bu çalışmaya konu olan **Ölü Nokta** ve **Hardy-Cross** metodları, yapıları nedeni ile farklı yaklaşımlar kullanmaktadır. Ayrıca, çalışmalarda kullanılan **isuCAD**, **WATERCAD**, **msSU** ve **EPANET** bilgisayar programları; kabuller, tasarım esasları ve sonuçları bakımından farklılıklar göstermektedir.

Bu nedenle, kıyaslamada bazı metodlara/programlara avantaj/dezavantaj sağlamamak için araştırma yapılmış ve ortak noktalar tespit edilerek bu çalışmada baz alınmıştır. Bu sayede, metodların/programların başlangıçta eksi puanla başlamalarına meydan verilmemiştir.

1) Ankara'nın Çubuk ilçesine ait "İçmesuyu Şebekesi Tatbikat Projesinin" bir parçası (986 boru ve 76,309 m.) örnek şebeke olarak kullanılmıştır. Örnek şebekenin tali boruları (862 boru ve 59,614 m.) silinmiştir. Sadece gözleri oluşturan ana ve esas borular kullanılarak model şebeke oluşturulmuştur (124 boru ve 16,695 m.).

Örnek şebekenin esas borularında tüketilen ihtiyaç debilerinin yarısı boru baş düğüm noktasına ve diğer yarısı uç düğüm noktasına olmak üzere, uçdebi şeklinde, model şebekeye yüklenmiştir. Örnek şebekenin tali borularından çekilen ihtiyaç debiler ise, bu boruların esas borulara bağlantısı dikkate alınarak, ya tamamı baş düğüm noktasına, yada yarısı baş düğüm noktasına diğer yarısı uç düğüm noktasına olmak üzere, uçdebi şeklinde, model şebekeye yüklenmiştir.

2) **isuCAD** ve **msSU** programları boru anma çapı ve boru iç çapını kullanmaktadır. **WATERCAD** ve **EPANET** sadece iç çapını kullanmaktadır. Örneğin; 125 mm. çapındaki bir HDPE borunun iç çapı 110.20 mm.'dir. Hidrolik hesaplarda **isuCAD** ve **msSU** 110.20 mm.'yi, **WATERCAD** ve **EPANET** 125 mm.'yi baz almaktadır.

Bu nedenle; boruların anma çapı ile iç çapı aynı alınmıştır. Böylece hidrolik hesaplarda kullanılan çapların aynı olması sağlanmıştır. Kriterler TABLO-1'de sunulmuştur.

TABLO-1: Kullanılan aplar ve Kriterleri.

ANMA ÇAPI	İ ÇAPI (MM)	MAX HIZ (M/S)	MALZEME	FORMÜL	C KATSAYISI
90H	90	1.00	HDPE	W-H	150.00
110H	110	1.00	HDPE	W-H	150.00
125H	125	1.00	HDPE	W-H	150.00
140H	140	1.00	HDPE	W-H	150.00
160H	160	1.00	HDPE	W-H	150.00
180H	180	1.00	HDPE	W-H	150.00
200H	200	1.00	HDPE	W-H	150.00
225H	225	1.00	HDPE	W-H	150.00
250H	250	1.00	HDPE	W-H	150.00
280H	280	1.00	HDPE	W-H	150.00
315H	315	1.00	HDPE	W-H	150.00
355H	355	1.00	HDPE	W-H	150.00
400D	400	1.00	DÜKTİL	W-H	130.00
450D	450	1.00	DÜKTİL	W-H	130.00
500D	500	1.00	DÜKTİL	W-H	130.00
600D	600	1.00	DÜKTİL	W-H	130.00
700D	700	1.00	DÜKTİL	W-H	130.00
800D	800	1.00	DÜKTİL	W-H	130.00
900D	900	1.00	DÜKTİL	W-H	130.00

3) Tüm borularda maksimum hız 1.00 m/sn. alınmıştır.

4) Tüm borularda William-Hazen formülü kullanılmıştır.

5) **Ölü Nokta** metodunda pik faktörü genellikle 1.50 alınır. **Hardy-Cross** metodunda ise 1.00 veya daha farklı bir değer alınabilir.

Bu nedenle; pik faktörü 1.00 alınmıştır.

6) **Ölü Nokta** metodunda boru tasarım debisi; $Q_{boru} = Q_{uç} + (0.55 Q_{boru} \text{ daki tüketim})$ dir. **Hardy-Cross** metodunda $Q_{boru} \text{ daki tüketim}$ 'in yarısı baş düğüm noktasından, yarısı uç düğüm noktasından uçdebi olarak çekilir.

Bu nedenle; her düğüm noktasından çekilecek tüketim debileri hesaplanmış, düğüm noktalarından sadece uçdebi şeklinde çekilmiştir.

7) **Ölü Nokta** metodunda yangın debisi boru boyunca her noktadan çekilir. **Hardy-Cross** metodunda ise sadece düğüm noktasından uçdebi şeklinde çekilebilir.

Bu nedenle; yangın debisi kullanılmamıştır.

2) METODLARIN KARŞILAŞTIRILMASI

Yapılan çalışmaların daha anlaşılabilir olması için **Ölü Nokta** ve **Hardy-Cross** metodlarının özellikleri TABLOLAR-2'de sıralanmıştır.

TABLOLAR-2: Ölü Nokta ve Hardy-Cross Metodlarının Özellikleri.

NO	ÖLÜ NOKTA METODU	HARDY-CROSS METODU
1	<p>Pik faktör genellikle 1.50 alınmaktadır.</p> <p>Her iki metodu kıyaslayan kişilerin bunu gözönünde bulundurması gerekir.</p>	<p>Pik faktörü 1.00 veya daha farklı bir değer alınabilir.</p> <p>Her iki metodu kıyaslayan kişilerin bunu gözönünde bulundurması gerekir.</p>
2	<p>Boru debisi;</p> <p>$Q_{boru}=Q_{uç}+(0.550 \Delta Q)$ alınmaktadır. Burada;</p> <p>ΔQ=borudaki tüketimdir.</p> <p>Tüm hidrolik literatürüne göre; borunun ucunda uçdebinin olmaması halinde 0.577, uçdebinin olması halinde 0.550 katsayısının kullanılması gerektiği söylenmektedir. Bu; doğru bir yaklaşım, olması gereken bir yaklaşımdır.</p> <p>Sırf bu nedenle Ölü Nokta metodu kıyaslamaya %5 dezavantajla başlamaktadır. Her iki metodu kıyaslayan kişilerin bunu gözönünde bulundurması gerekir.</p>	<p>Boru debisi;</p> <p>Borudaki tüketimin yarısı boru baş düğüm noktasından, diğer yarısında boru uç düğüm noktasından uçdebi olarak çekilmektedir.</p> <p>Diğer bir deyişle;</p> <p>$Q_{boru}=Q_{uç}+(0.500 \Delta Q)$ dir.</p> <p>Burada;</p> <p>ΔQ=borudaki tüketimdir.</p>

NO	ÖLÜ NOKTA METODU	HARDY-CROSS METODU
3	<p>Ana, esas ve tali borular için ayrı ayrı yangın debileri ilave edilebilmektedir. Bu nedenle yangın debili tasarım bir seferde yapılabilir.</p> <p>Ayrıca, borular için yangın debileri sıfır verilip, yangını uçdebiler halinde düğüm noktalarına tanımlayarak Hardy-Cross'da uygulanan yöntem aynen gerçekleştirilebilir.</p>	<p>Ana, esas ve tali borular için yangın debileri ilave edilemez. Yangın, sadece düğüm noktalarından uçdebi olarak çekilebilir.</p> <p>Bu nedenle, şebekenin çeşitli noktalarında 2 adet yangın çıkacağı düşünülerek yangın uçdebileri tanımlanır. Sadece o 2 düğüm noktasını besleyen boruların tasarımında yangın debisi dikkate alınmış olur. Şebekenin diğer 2 noktasındaki yangının dikkate alınabilmesi için, önceki 2 yangın uçdebisinin silinmesi, yeni 2 düğüm noktasına yangın uçdebilerinin tanımlanması, buna göre yeniden tasarım yapılması gerekir.</p> <p>Bu nedenle sonsuz sayıda kombinasyon denenmesi gerekir.</p>
4	<p>Şebeke beslemesi tek bir noktadan yapılmaktadır (depo, maslak, terfi merkezi, ...).</p>	<p>Şebeke beslemesi birden fazla noktadan yapılabilmektedir (depo, maslak, terfi merkezi, ...). Bu ise iyi bir avantajdır.</p>
5	<p>Öğrenmesi, uygulaması, sonuçlarının yorumlanması, müdahale edilmesi, o müdahalelerin ne getirip ne götürdüğünün anlaşılması kolaydır. Sade bir methodur.</p>	<p>Öğrenmesi, uygulaması, sonuçlarının yorumlanması, müdahale edilmesi, o müdahalelerin ne getirip ne götürdüğünün anlaşılması zordur. Daha komplike bir methodur.</p> <p>Bu nedenle, bu konuda uzmanlaşmış bir kullanıcıya/yorumcuya ihtiyaç duyar.</p>

NO	ÖLÜ NOKTA METODU	HARDY-CROSS METODU
6	<p>Çözümler; tek bir durağan durum (steady-state) için geçerlidir.</p>	<p>Çözümler; tek bir durağan durum (steady-state) için geçerli olabileceği gibi dinamik modelleme içinde geçerlidir.</p> <p>Çaplar belirlenirken (yani tasarım için) en kritik durağan durum (steady-state) dikkate alınır. Bu durum Ölü Nokta ile aynıdır, fark yoktur. Dinamik modelleme (şebekenin zamana bağlı simülasyonu) (extended period simulation, EPS) ise, ancak çaplar belirlendikten sonra yapılabilir. Bu durum şebekenin analizi anlamına gelir ki şebeke tasarımı üzerinde hiçbir etkisi yoktur.</p> <p>Genellikle 72 saatlik bir dinamik modelleme yapılır. Bu ise seçilen depo hacimlerinin doğru olup olmadığının anlaşılması için çok faydalıdır. Sırf bu doğrulama için 72 adet steady-state çalışması yapmak yerine basit bir excel dosyası kullanarak da aynı sonuç elde edilebilir.</p>

NO	ÖLÜ NOKTA METODU	HARDY-CROSS METODU
7	<p>Tasarımda çap seçimi 2 farklı metoda göre yapılabilir;</p> <p>1) İller Bankası Yöntemi: $Q_{\text{tasarım}} = Q_{\text{uç}} + (0.550 \Delta Q) + Q_{\text{yangın}}$</p> <p>değerine göre çap seçilir.</p> <p>veya</p> <p>2) Köy Hizmetleri Yöntemi: $Q_{\text{tasarım}} = Q_{\text{uç}} + (0.550 \Delta Q)$</p> <p>$Q_{\text{yangın}}$ ile $Q_{\text{tasarım}}$ kıyaslanır, değerlerden büyük olanına göre çap seçilir.</p>	<p>Böyle bir kombinasyonu yapmak mümkün değildir.</p>
8	<p>isuCAD programı hesaplarında; William-Hazen veya Ludin formüllerini kullanmaktadır.</p>	<p>WATERCAD programı hesaplarda; Darcy-Weisbach, William-Hazen veya Manning formüllerini kullanmaktadır.</p> <p>msSU programı hesaplarda; William-Hazen veya Prandl Colebrook formüllerini kullanmaktadır.</p> <p>EPANET programı hesaplarda; Darcy-Weisbach, William-Hazen veya Chezy-Manning formüllerini kullanmaktadır.</p>

3) TASARIMDA UYGULANAN YÖNTEMLER

Her bir programla yapılan tasarıma ait aşamalar TABLO-3'de sunulmuştur.

TABLO-3: Programlarla Yapılan Tasarımların Aşamaları.

NO	ÍSUCAD	WATERCAD	MSSU	EPANET
1	<p>İlk çözüm sonrasında; tüm borulardaki hızların 1.00 m/sn.'yi geçmediği ve tüm borularda hız kriterlerine uygun çapların seçildiği görülmüştür.</p> <p>Bu nedenle;</p> <p>Hiçbir çapa müdahale edilmemiştir.</p>	<p>İlk çözüm sonrasında; az sayıdaki boruda hızların 1.00 m/sn.'yi biraz geçtiği, çok sayıda boruda ise hızların 1.00 m/sn.'nin çok altında olduğu tespit edilmiştir.</p> <p>Bu nedenle;</p> <p>1.00 m/sn.'yi geçen boruların çapları büyütülmüştür.</p> <p>Minimum çapdan büyük tüm boruların hızları kontrol edilmiş, hızlarını 1.00 m/sn.'ye yaklaştırmak için çap küçültmesi yapılmıştır.</p>	<p>İlk çözüm sonrasında; az sayıdaki boruda hızların 1.00 m/sn.'yi biraz geçtiği, çok sayıda boruda ise hızların 1.00 m/sn.'nin çok altında olduğu tespit edilmiştir.</p> <p>Bu nedenle;</p> <p>1.00 m/sn.'yi geçen boruların çapları büyütülmüştür.</p> <p>Minimum çapdan büyük tüm boruların hızları kontrol edilmiş, hızlarını 1.00 m/sn.'ye yaklaştırmak için çap küçültmesi yapılmıştır.</p>	<p>İlk çözüm sonrasında; az sayıdaki boruda hızların 1.00 m/sn.'yi biraz geçtiği, çok sayıda boruda ise hızların 1.00 m/sn.'nin çok altında olduğu tespit edilmiştir.</p> <p>Bu nedenle;</p> <p>1.00 m/sn.'yi geçen boruların çapları büyütülmüştür.</p> <p>Minimum çapdan büyük tüm boruların hızları kontrol edilmiş, hızlarını 1.00 m/sn.'ye yaklaştırmak için çap küçültmesi yapılmıştır.</p>

4) TASARIMDA KULLANILAN BORU ÇAPLARI VE BOYLARI

Tasarım sonunda elde edilen boru çapları ve boylarına ait metraj TABLO-4'de sunulmuştur.

TABLO-4: Tasarımda Kullanılan Boru çapları ve Boyları.

ANMA ÇAPI	İSUCAD (M)	WATERCAD (M)	MSSU (M)	EPANET (M)
90H	9,258	9,019	8,437	8,990
110H	482	1,035	1,437	1,064
125H	900	1,161	875	963
140H	795	220	788	418
160H	766	766	480	766
180H	714	929	617	929
200H	633	418	215	418
225H	565	909	899	909
250H	531	187	778	187
280H	381	381	499	381
315H	517	517	517	517
355H	90	0	0	0
400D	98	188	188	188
450D	0	0	724	0
500D	724	724	141	724
600D	241	241	100	241
TOPLAM	16,695	16,695	16,695	16,695

5) TASARIMDA KULLANILAN BORU ÇAPLARI VE MALİYETLERİ

Tasarım sonunda elde edilen boru çapları ve boyları dikkate alarak her bir tasarımın maliyeti bulunmuş ve TABLO-5'de sunulmuştur.

TABLO-5: Tasarımlara ait Boru Maliyetleri.

ANMA ÇAPI	B. FİYAT (TL/M)	İSUCAD (TL)	WATERCAD (TL)	MSSU (TL)	EPANET (TL)
90H	25.29	234,091	228,048	213,332	227,314
110H	28.82	13,892	29,830	41,416	30,666
125H	32.36	29,126	37,572	28,316	31,164
140H	36.35	28,897	7,997	28,643	15,194
160H	41.61	31,873	31,873	19,972	31,873
180H	47.74	34,087	44,351	29,456	44,351
200H	83.87	34,097	22,516	11,581	22,516
225H	65.04	36,749	59,124	58,474	59,124
250H	74.87	39,756	14,001	58,248	14,001
280H	90.20	34,366	34,366	45,009	34,366
315H	113.14	58,493	58,493	58,493	58,493
355H	137.01	12,331	0	0	0
400D	201.82	19,778	37,942	37,942	37,942
450D	235.55	0	0	170,541	0
500D	266.44	192,901	192,901	37,568	192,901
600D	337.43	81,320	81,320	33,743	81,320
TOPLAM		881,756	880,333	872,735	881,225

Boru birim maliyetleri; boru bedeli, kazı bedeli, kum dolgu bedeli, dolgu bedeli ve baş bağlama bedeli dikkate alınarak hesaplanmıştır.

6) SONUÇLARIN KARŞILAŞTIRILMASI

Yukarıdaki tabloda sunulan bilgiler ışığında; tasarımda kullanılan boru çapları ve maliyetleri dikkate alındığında (en fazla fark; $881,756/872,735 \Rightarrow \%1$ 'dir) karar vermede etkili bir kriter oluşturmamaktadır.

Basınçlar minimum ve maksimum değerler arasında kaldığı için karşılaştırma dışında tutulmuştur.

Su hızları maksimum hızı geçmediği için karşılaştırma dışında tutulmuştur.

Şebek tasarımı sırasında oluşan toplam sürtünme kayıpları TABLO-6'da sunulmuştur.

TABLO-6: Tasarımlara ait Toplam Sürtünme Kayıpları.

	İSUCAD (M)	WATERCAD (M)	MSSU (M)	EPANET (M)
TOPLAM	49.84	52.31	52.48	52.22

Yukarıdaki tablodan görüleceği üzere; toplam sürtünme kayıpları (en fazla fark; $52.48/49.84 \Rightarrow \%5$ 'dir) karar vermede etkili bir kriter oluşturmamaktadır.

Bu 4 programla yapılan tasarımlardaki "Çapları Aynı Kalan Borular" ile "Çapları Değişen Boruların" (programlar bazında) ikişerli karşılaştırmaları TABLOLAR-7'de sunulmuştur.

TABLOLAR-7: Tasarım Sonuçlarının İkişerli Karşılaştırmaları.

İSUCAD-WATERCAD KARŞILAŞTIRMASI	ADET	BOY
ÇAPLARI AYNI KALAN BORULAR	108 (%87)	14,646 (%88)
ÇAPLARI 1 ÇAP DEĞİŞEN BORULAR	16 (%13)	2,049 (%12)
ÇAPLARI DAHA FAZLA DEĞİŞEN BORULAR	0	0
TOPLAM	124 (%100)	16,695 (%100)

İSUCAD-MSSU KARŞILAŞTIRMASI	ADET	BOY
ÇAPLARI AYNI KALAN BORULAR	75 (%60)	10,137 (%61)
ÇAPLARI 1 ÇAP DEĞİŞEN BORULAR	32 (%26)	3,857 (%23)
ÇAPLARI DAHA FAZLA DEĞİŞEN BORULAR	17 (%14)	2,701 (%16)
TOPLAM	124 (%100)	16,695 (%100)

İSUCAD-EPANET KARŞILAŞTIRMASI	ADET	BOY
ÇAPLARI AYNI KALAN BORULAR	111 (%90)	15,087 (%90)
ÇAPLARI 1 ÇAP DEĞİŞEN BORULAR	13 (%10)	1,608 (%10)
ÇAPLARI DAHA FAZLA DEĞİŞEN BORULAR	0	0
TOPLAM	124 (%100)	16,695 (%100)

WATERCAD-MSSU KARŞILAŞTIRMASI	ADET	BOY
ÇAPLARI AYNI KALAN BORULAR	71 (%57)	9,737 (%58)
ÇAPLARI 1 ÇAP DEĞİŞEN BORULAR	37 (%30)	4,399 (%27)
ÇAPLARI DAHA FAZLA DEĞİŞEN BORULAR	16 (%13)	2,559 (%15)
TOPLAM	124 (%100)	16,695 (%100)

WATERCAD-EPANET KARŞILAŞTIRMASI	ADET	BOY
ÇAPLARI AYNI KALAN BORULAR	121 (%98)	16,254 (%97)
ÇAPLARI 1 ÇAP DEĞİŞEN BORULAR	3 (%2)	441 (%3)
ÇAPLARI DAHA FAZLA DEĞİŞEN BORULAR	0	0
TOPLAM	124 (%100)	16,695 (%100)

MSSU-EPANET KARŞILAŞTIRMASI	ADET	BOY
ÇAPLARI AYNI KALAN BORULAR	72 (%58)	9,844 (%59)
ÇAPLARI 1 ÇAP DEĞİŞEN BORULAR	36 (%29)	4,292 (%26)
ÇAPLARI DAHA FAZLA DEĞİŞEN BORULAR	16 (%13)	2,559 (%15)
TOPLAM	124 (%100)	16,695 (%100)

Yukarıdaki tablolar incelendiğinde aşağıdaki kanaatlere varılmıştır:

1) **WATERCAD** ile **EPANET** tasarımları arasında %97 benzerlik vardır.

► Bu iki program birebir aynıdır.

2) **isuCAD** ile **WATERCAD** tasarımları arasında %88 benzerlik vardır. **isuCAD** ile **EPANET** tasarımları arasında %90 benzerlik vardır.

► Bu üç program birbirine çok benzemektedir.

3) **msSU** ile **isuCAD** tasarımı arasında %61 benzerlik vardır. **msSU** ile **WATERCAD** tasarımları arasında %58 benzerlik vardır. **msSU** ile **EPANET** arasında %59 benzerlik vardır.

- ▶ **msSU** programının diğer programlar ile benzerliği, kabul edilebilir sınırların çok dışındadır.
- 4) **isuCAD** programı **Ölü Nokta** metoduna göre, **WATERCAD** ve **EPANET** programları **Hardy-Cross** metoduna göre tasarım yapmasına rağmen tasarımları birbirine çok benzemektedir.
- ▶ **Ölü Nokta** ve **Hardy-Cross** metodlarının farkları tasarımı etkilememektedir.

EKLER

Ölü Nokta metodu ile (**isuCAD** programı kullanılarak) ve **Hardy-Cross** metodu ile (**WATERCAD**, **msSU** ve **EPANET** programları kullanılarak) tasarımlar yapılmıştır.

- 1) Bu tasarımlara ait; Qtasarım, çap, hız, JL, piezometre kotu ve işletme basıncı bilgileri tablolar halinde sunulmuştur. (OLU_NOKTA_HARDY-CROSS_isuCAD_WATERCAD_msSU_EPANET_XLS.pdf)
- 2) Bu tasarımlara ait; çap, boy, Qtasarım, hız ve su akış yönü bilgileri model şebeke çizimi üzerinde sunulmuştur. (OLU_NOKTA_HARDY-CROSS_isuCAD_WATERCAD_msSU_EPANET_DWG.pdf)

KAYNAKLAR

- [1] SEVÜK, Süha, ALTINBİLEK, Doğan, (1977), "Su Dağıtım Şebekeleri Projelendirme ve Bilgisayarla Çözüm Esasları"
- [2] SAMSUNLU, Ahmet, (2005), "Su Getirme ve Kanalizasyon Yapılarının Projelendirilmesi"
- [3] MUSLU, Yılmaz, (1980), "Su Getirme ve Kullanılmış Suları Uzaklaştırma Esasları"
- [4] MUSLU, Yılmaz, (2008), "Çözümlü Problemlerle Su Temini ve Çevre Sağlığı"
- [5] BİLGİN, Recai, EKİNCİ, Önder, "Su Dağıtım Şebekelerinin Optimizasyonunda Farklı Bir Model"
- [6] GÜNAL, Mustafa, BULUT, Serdar, GÜNAL, Ayşe, "İçmesuyu Şebekelerinde Hardy-Cross ve Ölü Nokta Metodlarının Karşılaştırılması"
- [7] Orhun, Z, BENER, S, GENÇTAN, E, ORUÇTUT, N, "İçmesuyu Şebekelerinin Hidrolik Modellemesinde Kullanılan Metodların Kıyaslanması"
- [8] KURT, Orhan, EKİNCİ, Önder, AKBULUT, Türker, "Su Dağıtım Şebekelerinin Tasarımı İçin Konumsal Algoritmalar"