

Öne Çıkan Sonuçlar:

- ZFT algoritması kayıp ve kaçakların tespitinde gerçekçi sonuç vermektedir
- Ülkemiz geneli tüm illerin içme suyu şebekelerindeki hem fiziki hem de idari kayıplar ayrı ayrı tespit edilmiştir.
- ZFT algoritması su – kanalizasyon idarelerinin şebeke kontrol sistemine adaptasyonu önerilebilir.

Yazışma yazarı:

Derya KARAKAYA,
d.karakaya@sirnak.edu.tr

Referans:

Karakaya D.ve Toprak Z.F. (2018), İçme Suyu Şebekelerindeki Su Kayıplarının ZFT Algoritması Kullanılarak Sınıflandırılması, Su Kaynakları, 3, (2) 22–30,

Makale Gönderimi : 27 TEMMUZ 2018
Online Kabul : 12 AĞUSTOS 2018
Online Basım : 1 EKİM 2018

İçme Suyu Şebekelerindeki Su Kayıplarının ZFT Algoritması Kullanılarak Sınıflandırılması

Derya Karakaya¹, Z. Fuat Toprak^{1,2}

¹Şırnak Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, 73000 Şırnak, Türkiye.

²Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, 21280 Diyarbakır

Özet Dünya nüfusunun artışına paralel olarak, kentleşme ve sanayileşmenin hızla büyümesi, sulu tarımın yaygınlaşması, küresel iklim değişikliğinin etkisi ile kullanılabilir tatlı su kaynaklarının azalması, yağışların konumsal ve mevsimsel dağılımının değişmesi gibi nedenlerle küresel boyutta birçok bölgede su sıkıntısının yaşanması beklenmektedir. Bu nedenle tatlı su kaynaklarının etkili bir şekilde kullanımı büyük önem taşımaktadır. Özellikle büyük şehirlerde rafine edilmiş içilebilir su kaynaklarının sınırlı olması, suya erişimin ve şebeke maliyetinin artması nedeniyle mevcut içme suyu şebekelerindeki kayıp ve kaçakların izlenmesi ve kontrolü daha önem kazanmıştır. İçme suyu dağıtım sistemlerindeki kayıp ve kaçakların önlenmesi için de bunların doğru bir şekilde tespitinin yapılması gerekmektedir. Bu çalışmada ZFT algoritması kullanılarak Türkiye’de içme suyu şebekelerindeki kayıp ve kaçaklar sınıflandırılmıştır. Yöntem sadece veri esaslı olmadığı için genelleştirilebilir bir yöntem olup herhangi bir su dağıtım şebekesine uygulanabilir. Çalışmada, şebekeye verilen su, kayıt altına alınmış tüketilen su ve nüfus verileri kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: İçme suyu şebekeleri, Su kayıpları, ZFT Algoritması

Classification Water Losses in Water Distribution Networks Using ZFT Algorithm

Abstract Parallel to the increase in both world population and urbanized area as well as in industrialization cause a dramatic increase in water requirement. On the other hand, irrigation and global climate change another two vital impacts on fresh water resources. Water lack is currently experienced in many regions on the globe. Therefore, effective use of freshwater resources and the monitoring and controlling water losses have become more important, particularly in large cities, which refined drinking water is limited, water access and network have high cost, water distribution networks has often water loss. To control the loss and leakage in the networks, it is necessary first to determine them realistically. In this study, ZFT algorithm has been used to classify water losses occur in fresh water distribution networks in Turkey. Because of the fact that the method is not only based on data at hand, it can be generalized for any city on the world. The data sets include population, water supply and recorded water use in m³ for all provinces.

Keywords: Drinking water networks, Water losses, ZFT Algorithm

1.Giriş

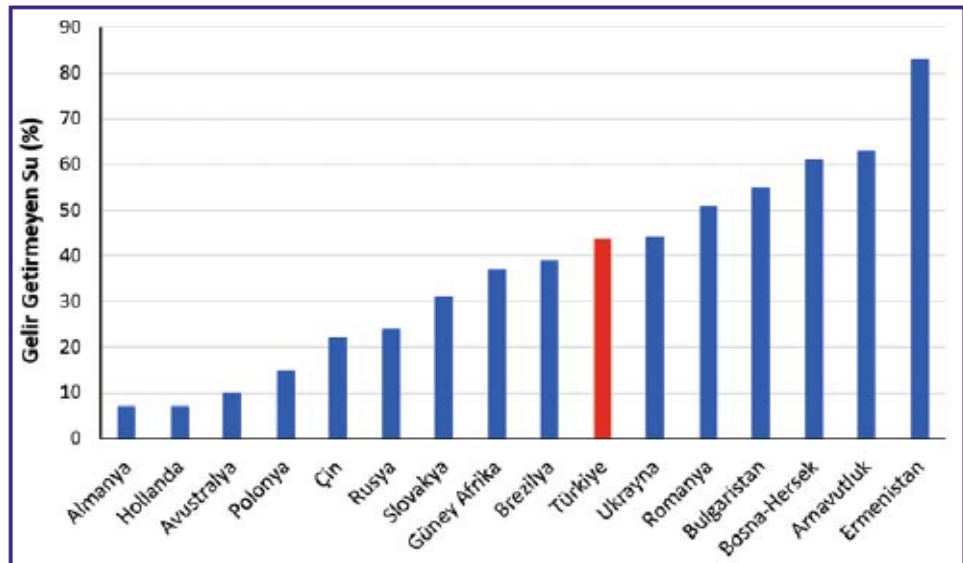
Günümüz şehirlerinin kalitesi özellikle altyapı sistemlerine bağlı olup altyapısı gelişmiş şehirler hem temel yaşam ihtiyaçlarını destelemekte hem de kişiler ve kurumlar arası fikir paylaşımını mümkün kılmaktadır. Kamuya sunulan hizmete bağlı olarak ön planda olan akıllı şehirler daha konforlu şehirler olacaktır. Şehirlerin planlanmasında, gelişmesinde, yatırım kararlarında dikkate alınan en önemli kriter altyapı sistemlerinin kalitesidir. Küresel boyutta çeşitlenerek artan su ihtiyacı nedeniyle su şebekeleri ile ilgili sorunlar daha yakından ve daha hassas bir şekilde ele alınmaya başlanmıştır. Su kıtlığı/stresinin dünyanın birçok bölgesinde artması beklenmektedir. Suyun birçok yaşam sektörü üzerinde ciddi potansiyel etkisinin olduğu bilinmektedir. Bu nedenle, suyun etkili kullanımı son yıllarda bilim insanları, politikacılar ve yerel yöneticiler arasında tartışılan en popüler konu haline gelmiştir (Toprak ve ark., 2012). Öktem ve Aksoy (2014), WWF 2010 Yaşayan Gezegen Raporu'na dayanarak 2007 yılı itibari ile 1,8 milyar insanın internet erişimine sahip olduğunu, oysa 1 milyar insanın içme suyuna erişimden yoksun olduğunu belirtmektedir. Yazarlar, Dünya Ekonomik Forumu için 2014 yılında hazırlanan Risk Raporu'na dayandırarak su kıtlığının, dünyadaki en önemli üç risk arasında yer aldığını ilave etmektedir (Öktem ve Aksoy, 2014). Buluş (2003), su kaynaklarının entegre yönetimi için uyumlu bir politikaya duyulan ihtiyacı vurguladıktan sonra yeraltı ve yerüstü sularının mevcut durumlarının ve gelecekteki miktarlarının kalite olarak tespit edilmesinin, temin edilmesinin, toplum su talebinin belirlenmesi ve planlanmasının ve su yönetiminin gerekliliği ve önemini belirtmektedir. Yazar, ayrıca, suya duyulan ihtiyacın gün geçtikçe arttığını ve artan bu ihtiyacın karşılanması için uzak mesafelerden suyun getirilmesi gerektiğini, bu gereklilik yatırım maliyetinin dolayısıyla su fiyatının artmasına neden olduğunu eklemektedir (Buluş, 2003). Modern su işletim sistemlerinin en önemli amaçlardan biri su kaynağını verimli bir şekilde kullanarak halkın ihtiyacını karşılamaktır. Bu nedenle su dağıtım şebekelerindeki kayıp ve kaçaklar hem ülkemizde hem de diğer ülkelerde üzerinde önemle durulması gereken konulardır (Pala, 2002). DSİ, ülkelerin su varlığı yılda kişi başına düşen kullanılabilir su miktarına göre aşağıdaki şekilde sınıflandırılmaktadır (URL1). W, yılda kişi başına düşen su miktarı olmak üzere

Su Fakirliği: $W < 1.000 \text{ m}^3$

Su Azlığı: $W < 2.000 \text{ m}^3$

Su Zenginliği: $W > 8.000 - 10.000 \text{ m}^3$

DSİ kaynaklarına göre, yarı kurak iklim kuşağında yer alan Türkiye'de artan nüfus ve kentleşmenin etkisiyle kişi başına düşen yıllık kullanılabilir su miktarı ortalama 1.519 m^3 civarındadır. Buna göre Türkiye su zengini değil, sanılanın aksine su azlığı yaşayan bir ülke konumundadır (URL1). Oysa belediyelerin içme suyu şebekelerinde meydana gelen kayıp ve kaçakların oranı 2010, 2012, 2014 ve 2016 yılları ortalaması olarak oldukça yüksektir. Bu oran Tablo 1 esas alınarak %40,17 olarak hesaplanmıştır. Şekil 1'de verilen karşılaştırmadan ülkemizin, 2010 yılı itibari ile gelir getirmeyen su oranının %40'ın üstünde olduğu görülmektedir. Bu çalışma kapsamında, Tablo 1 esas alınarak 2010 yılı için tespit edilen ülkemizin içme suyu şebekelerindeki kayıp-kaçak oranı ise %46 olarak hesaplanmıştır. Gelir getirmeyen suyun oranının her zaman kayıp – kaçak oranlarından daha yüksek olduğu göz önünde tutulduğunda grafik değerinin gerçeği yansıtmadığı söylenebilir.



Şekil 1. 2010 yılı için bazı ülkelerdeki Gelir Getirmeyen Su seviyeleri (Muhammetoğlu ve Muhammetoğlu, 2017; SYGM).

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) 2030 yılı için ülkemiz nüfusunun 100 milyon olacağını ve kişi başına kullanılabilir su miktarının $1.120 \text{ m}^3/\text{yıl}$ civarında olacağını öngörmüştür. Üstelik bu tahminler mevcut kaynakların hiç tahrip edilmeden 2030 yılına aktarılması durumunda söz konusudur (DSİ,2014). Bu nedenle Türkiye genelinde 2025'e kadar içme suyu şebekelerinde oluşan kayıpların %25'e

düşürülmesine yönelik yönetmelik 2014 yılında resmî gazetede yayınlanmıştır (resmigazete.gov.tr). Büyükşehir belediye sayılarının artmasıyla Türkiye nüfusunun %93,3'ün neredeyse tamamı su şebekelerine sahip olan belediye sınırları içerisinde yaşamaktadır (TÜİK,2015). Kentsel nüfusun artmasıyla özellikle İstanbul ve Ankara gibi büyük şehirlerde içme suyu talep artmakta ve bu talebi karşılamak ciddi bir problem haline gelmektedir (Öktem ve Aksoy, 2014). İdareler genel olarak yüksek seviyelerde bulunan su kayıplarını rapor etmemektedir. Bu duruma bağlı olarak, ülkemizde de su kayıpları oranının bilinenden daha yüksek olduğu değerlendirilmektedir. İçme suyu dağıtım şebekelerindeki su kayıpları fiziki kayıplar ve idari kayıplar olmak üzere iki sınıfa ayrılmaktadır. Fiziki su kayıpları, şebekedeki temin ve iletim hatları ile servis bağlantılarında oluşan kayıp ve kaçakları, depolarda meydana gelen kaçak ve taşmaları ifade etmektedir. İdari su kayıpları ise legal olmayan yöntemlerle su kullanımı, su sayaçlarında ölçüm esnasında oluşan hatalar ve hatalı veri işlemeden oluşmaktadır. Genel olarak, ülkemizde fiziki su kayıpları, idari su kayıplarından daha fazladır. Gelir getirmeyen su, doğrudan su kayıplarını ifade etmemektedir. Toplam su kayıplarına ek olarak faturalandırılmamış izinli tüketimi de (ibadethaneler, parklar, yangın muslukları vb.) içermektedir (Muhammetoglu ve Muhammetoglu, 2017). Etkili bir su kullanımı için hiçbir masraftan kaçınılmazın bu kayıpların kontrol altında tutulması ve azaltılması gerekir. Bunun için kayıpların öncelikle doğru bir yöntemle tespit edilmeleri oldukça önemlidir. Bu amaçla birçok model veya algoritma geliştirilmiş ve önerilmiştir. Araujo ve ark. (2006), su dağıtım şebekelerinde sızmayı en küçükleme için bir çalışma yapmıştır. Çalışmada, sızmalar ve sızmaların miktarı şebeke basıncına bağlı olarak tespit edilmektedir. Ancak bu şekilde bir yöntem yani sadece basınç girdisine bağlı olarak kayıp ve kaçakları tespit etmek çok gerçekçi olamamaktadır. Zira gün içindeki talepler nedeniyle anormal basınç değişimleri beklenebilmektedir. Wu ve Sage. (2008), şebekelerdeki su kayıplarını genetik algoritma kullanılarak geliştirilmiş bir model ile eniyilemektedir (optimize etmektedir). Ancak genetik algoritma, YSA ve benzeri kara kutu yöntemlerin problemin çözümüne fiziki bir yaklaşımı olmadığı için farklı verilere karşı farklı tepkiler vermektedir. Bu nedenle yeterince güven verememektedir. İçme suyu şebekelerindeki sızma/kaçakların belirlenmesi kontrol altına alınması için bir erken uyarı sistemi (EUS) Li ve ark. (2011) tarafından geliştirilmiştir. EUS, coğrafi bilgi sistemine (GIS) dayanmakta ve uzaktan algılama ile gerek borularda ve gerek bağlantı yerlerinde meydana gelen herhangi bir kaçak ve sızıntıyı sensorlar aracılığı ile otomatik olarak tespit etmekte ve ilgili birimi uyarılmaktadır. Sistemin Pekin'e başarıyla uygulandığı yazarlar tarafından belirtilmektedir. Bu çalışma, sistemi bir bütün olarak sızıntı şeklinde meydana gelen kayıpları tespit etmekle birlikte diğer kayıpları, özellikle idari kayıpları tespit edememektedir. Ayrıca sistemleri kayıp ve kaçaklar açısından geçmiş verilere de dayanarak sınıflandırılmasını yapamamaktadır. Benzer bir çalışma Karamage ve ark. (2016) tarafından Ruanda için yapılmıştır. Çalışma, su kayıplarının miktarı, çevre, sosyo-ekonomik ve Ruanda için kayıpların azaltılmasının faydalarına odaklanmıştır. Çalışmada, kayıt altına alınmış tüketim ile temin edilen suyun farkı göz önünde tutularak belirlenen kayıp miktarı verisi analiz edilmiş ve sonuçlar, IWA ve AWWA gibi kuruluşların standartları ile karşılaştırılmıştır. Ancak analizlerde belirli bir yöntem kullanılmamış sadece bazı istatistiksel analizler yapılarak sonuca gidilmiştir. Pérez ve ark. (2017) da Karamage ve ark. (2016)'ın çalışmasına çok benzeyen bir çalışma yapmış ve içme suyu sistemlerini gerçek zamanlı olarak izleme ve müdahaleli kontrolünü hedeflemiştir. Bu çalışmada da analizler için duyarlılık matrisi ve korelasyon analizi dışında özel bir yöntem kullanılmamıştır. Karamage ve ark. (2016)'ın çalışmasında kullanılan verilere ek olarak analizlerde nüfus verisi de kullanılmıştır. Bu yönü ile tarafımızdan sunulan bu çalışmaya benzerliği en fazla olan çalışma olarak değerlendirilmiştir. Amaçları açısından bizim çalışmamıza benzeyen diğer bir çalışma ise Kılıç ve Cinal (2018)'dir. Bu çalışmada ise günlük tüketim eğrisi kullanılarak içme suyu şebekelerindeki fiziki kayıplar analiz edilmiştir. Günlük su tüketim eğrisinin birçok bilgiyi barındırdığını belirten yazarlar, bu bilgilerden hareketle içme suyu şebekelerindeki fiziki kayıpların belirlenebileceğini ifade etmektedir. Aynı tespit Toprak ve ark (2012) tarafından da yapılmıştır. Ancak yukarıda özetlenen literatürden de açıkça görüldüğü üzere hiçbir çalışma içme suyu şebekelerindeki hem fiziki hem de idari kayıpları bir arada belirlememekte ve ikisini birbirinden ayırarak her iki kayıp türünü esas alıp bir sınıflandırma yapmamaktadır. Diğer taraftan, bunların bir kısmı kara kutu yöntem niteliğinde oldukları için farklı veri kümelerine göre tadil edilmesini gerektirdiğinden genelleştirilemezler. Ayrıca böyle modeller veya algoritmalar pahalı ve ileri teknoloji ürünü yazılımları gerektirmektedir (Songur ve ark., 2012; Toprak ve ark., 2012; Toprak ve ark., 2013). Bu çalışmada, TÜİK'ten alınan ve Türkiye'deki 81 ili kapsayan Belediye Su İstatistikleri kullanılarak ülkemiz genelinde içme suyu şebekelerindeki toplam su kayıpları tespit edilmiş ve fiziki ve idari olarak ayrı ayrı belirlenmiştir. Bu ayırım esas alınarak ayrıca kayıp ve kaçaklar sınıflandırılmıştır. Bunun için henüz çok yeni olan ZFT (Zoom Function Technique) algoritması kullanılmıştır.

2.Çalışma Alanı ve Veriler

2.1 Çalışma Alanı

Ülkemiz 36° – 42° Kuzey paralelleri ile 26° – 45° Doğu meridyenleri arasında ekvatorun kuzeyinde, başlangıç meridyeninin doğusunda ve orta kuşakta kalan bir ülkedir. Türkiye'de nüfusu fazla olan kent merkezleri ile nüfus yoğunluğu fazla olan illerin yanında nüfusu az olan kent merkezi ile nüfus yoğunluğu düşük olan iller de mevcuttur. Bu nedenle ZFT algoritmasının nüfus yoğunluğunun düşük veya fazla olan tüm iller için geçerliliği test edilmiş olacaktır. Ayrıca ülkemiz Asya, Avrupa ve Afrika kıtalarının birbirine yaklaştığı yerde, doğu ve batı kültürleri arasında yer almaktadır. Bu nedenle bu üç kıtanın da kültürüne sahiptir. Böylece ZFT algoritmasının farklı kültürlerdeki performansı da ölçülmüş olacaktır. Çalışma alanı olarak tüm ülkemizin seçilmesi ile ülkemiz içme suyu şebekelerindeki kayıp ve kaçaklar fiziki ve idari olarak

ayrı ayrı analiz edilmiş ve sınıflandırılmış olmaktadır.

2.2 Kullanılan Veriler

Çalışmada, 2010 – 2016 yıllarını kapsayan nüfus, kayıt altına alınmış su üretim ve tüketimi verileri kullanılmıştır. Bu veriler hem Türkiye geneli için hem de illere göre TÜİK'ten temin edilmiş olup sırasıyla Tablo 1 ve Tablo 2'de verilmiştir. Bu çalışmada köyler araştırma kapsamında değildir.

Tablo 1. Yıllara göre Türkiye geneli nüfus ve içme suyu verileri (TÜİK, 2018).

Yıl	Toplam Belediye Nüfusu	Toplam Çekilen Su Miktarı (1000 m ³ /yıl)	Dağıtılan Su Miktarı (m ³ /yıl)
2010	61 571 332	4 795 234 000	2 579 675 519
2012	63 743 047	4936 341 657	2 801 938 620
2014	72 505 107	5 237 406 548	3 394 545 103
2016	74 911 343	5 838 561 274	3 732 875 169

Tablo 2. 2010 yılı illere göre nüfus ve içme suyu verileri (TÜİK, 2018).

Şehir	Belediye Nüfusu (kişi)	Su Üretimi (m ³ /yıl)	Su Tüketimi (m ³ /yıl)
Adana	1 877 373	165 840 000	80 289 051
Adıyaman	392 574	29 288 000	17 459 449
Afyonkarahisar	551 824	44 503 000	27 564 686
Ağrı	284 307	25 892 000	4 214 875
Amasya	246 085	19 945 000	10 399 633
Ankara	4 672 162	338 112 000	214 922 886
Antalya	1 694 109	180 615 000	104 498 317
Artvin	98 507	9 909 000	3 209 069
Aydın	736 465	50 084 000	33 916 184
Balıkesir	825 980	67 447 000	31 312 608
Bilecik	184 896	17 283 000	7 845 006
Bingöl	150 077	11 714 000	9 551 064
Bitlis	191 523	17 788 000	8 752 567
Bolu	177 618	13 546 000	5 895 521
Burdur	188 865	15 056 000	8 626 151
Bursa	2 367 195	135 375 000	95 126 738
Çanakkale	327 188	27 084 000	13 359 531
Çankırı	132 801	12 402 000	5 200 596
Çorum	381 391	25 347 000	16 090 688
Denizli	778 209	58 030 000	36 411 094
Diyarbakır	1 124 305	94 086 000	30 168 382
Edirne	291 092	18 269 000	11 077 158
Elazığ	447 072	33 012 000	22 445 971
Erzincan	181 130	21 272 000	11 717 319
Erzurum	517 398	70 297 000	26 163 849
Eskişehir	699 748	41 454 000	28 818 044
Gaziantep	1 539 193	100 367 000	51 680 733
Giresun	274 837	21 187 000	11 239 959
Gümüşhane	84 819	7 310 000	3 323 847
Hakkâri	154 402	8 267 000	2 205 081
Hatay	1 164 243	78 937 000	41 233 261
Isparta	374 601	30 867 000	16 238 032
Mersin	1 434 937	110 021 000	49 234 793
İstanbul	13 120 596	931 885 000	548 403 417
İzmir	3 670 764	254 621 000	155 158 701
Kars	127 947	11 622 000	7 187 131
Kastamonu	196 162	14 175 000	7 947 448
Kayseri	1 119 224	87 822 000	44 740 224
Kırklareli	265 085	17 833 000	9 849 502
Kırşehir	184 984	24 045 000	9 649 021
Kocaeli	1 459 772	134 757 000	89 633 749
Konya	1 812 306	123 099 000	83 709 258
Kütahya	466 095	35 781 000	19 470 774

Malatya	610 823	48 547 000	36 875 584
Manisa	1 089 431	61 724 000	38 995 485
Kahramanmaraş	801 592	65 744 000	28 362 501
Mardin	514 303	30 824 000	9 693 952
Muğla	564 742	70 930 000	35 638 079
Muş	203 342	23 199 000	10 406 104
Nevşehir	228 778	19 340 000	12 625 906
Niğde	278 017	23 754 000	12 320 228
Ordu	534 750	38 317 000	14 989 307
Rize	221 185	13 643 000	7 710 477
Sakarya	681 404	65 037 000	33 409 675
Samsun	865 238	76 421 000	36 852 626
Siirt	203 537	17 139 000	4 950 076
Sinop	109 915	8 554 000	6 193 631
Sivas	486 775	41 265 000	20 674 889
Tekirdağ	701 640	43 472 000	25 409 509
Tokat	482 327	45 541 000	18 967 039
Trabzon	593 168	59 893 000	23 926 508
Tunceli	49 711	5 355 000	3 400 430
Şanlıurfa	1 021 382	93 933 000	31 791 649
Uşak	253 942	16 903 000	9 182 454
Van	598 931	76 824 000	19 245 031
Yozgat	352 914	35 697 000	13 249 200
Zonguldak	417 299	42 000 000	14 144 205
Aksaray	315 401	21 301 000	10 097 887
Bayburt	45 166	4 633 000	2 121 284
Karaman	179 928	11 320 000	6 176 895
Kırıkkale	250 188	23 149 000	11 904 082
Batman	386 356	46 227 000	10 595 303
Şırnak	312 799	13 659 000	7 054 676
Bartın	78 429	8 488 000	2 888 986
Ardahan	36 614	4 343 000	1 557 739
Iğdır	111 231	6 001 000	3 142 011
Yalova	173 122	38 518 000	10 194 120
Karabük	180 985	11 782 000	7 155 178
Kilis	87 750	4 101 000	1 817 187
Osmaniye	371 326	24 516 000	12 626 204
Düzce	207 030	16 893 000	7 388 054

3.Yöntem

Bir yerleşim birimi ve alt birimlerinde içme suyu şebekelerindeki kayıp ve kaçakların belirlenmesi, bunların fiziki ve idari olarak iki kısma ayrılması ve sınıflandırılması için Toprak ve ark. (2013) tarafından ZFT algoritması geliştirilmiştir. Algoritma Diyarbakır kent merkezi, bağlı 4 merkez ilçe ve ilçelere bağlı 41 mahalleye uygulanmış ve gerçek verilerle yapılan karşılaştırmada gerçekçi sonuçlar elde edildiği görülmüştür. ZFT algoritması kısaca şu şekilde özetlenebilir: Herhangi bir yerleşim alanı (mahalle, kasaba, şehir veya ülke) içi yıllık su kaybı m^3 olarak toplam üretilen ve kayıt altına alınmış tüketilen suyun farkı alınarak kolayca hesaplanabilmektedir. Yerleşim biriminin tamamı için (burada tüm Türkiye'nin) kişi başına düşen yıllık su kaybı yıllık su kaybı toplam nüfusa bölünerek m^3 /kişi olarak hesaplanır. Bu rakam, ülke geneli için hesaplanmış ortalama kişi başına düşen yıllık su kaybı olup her ilin nüfusu ile çarpılarak her il için ortalama bir yıllık su kaybı hesaplanır. Her il için ortalama aylık kayıt altına alınan su tüketim katsayısı, bir aydaki tüketimin tüm aylarda yapılan tüketime oranlanarak hesaplanır. Ancak burada her il için aylık veri olmadığından boyutsuz aylık tüketim katsayısı yerine boyutsuz yıllık tüketim katsayısı 1 olarak hesaplanmıştır. Daha sonra boyutsuz yıllık tüketim katsayısı kullanılarak her il için yıllık toplam su kayıp katsayısı hesaplanır. Elde edilen yıllık toplam su kayıp katsayısı 1) fiziki ve 2) idari kayıp katsayılarının toplamıdır. Bu iki kayıp türünü birbirinden ayırmak için önce elde edilen yıllık toplam su kayıp katsayısı ile bu katsayının tüm iller içinde en düşük olanından farkı alınır. İdari su kayıp katsayısı olarak tanımlanan bu fark, en az bir yerleşim birimi için sıfır olacaktır. Bu katsayının sıfır olması ait olduğu yerleşim biriminde idari su kaybının (illegal kullanım, sayaçta arıza, hatalı okuma veya hatalı kayıt) olmadığı anlamına gelmektedir. Dolayısıyla yerleşim birimleri bu katsayıya göre küçükten büyüğe sıralanabilmekte ve bir sınıflandırma ölçütü kullanılarak 1 – 5 arasında sınıflandırılabilir. Yıllık toplam su kayıp katsayısı ile idari su kayıp katsayısının farkı ise fiziki (sistem) kayıp katsayısını verecektir. Bu katsayı da her yerleşim birimi için elde edildikten

sonra yerleşim birimleri fiziki kayıplar açısından da benzer şekilde sınıflandırılabilir. Ayrıca elde edilen bu üç boyutsuz katsayı il nüfusu ve kayıt altına alınmış tüketim ile çarpıldığında toplam, idari ve fiziki (sistem) su kayıp ve kaçakları m^3 olarak elde edilebilir. Algoritmanın detayları ve matematik kısımları anılan basılı çalışmada verilmiştir.

4. Uygulama

ZFT algoritması daha önce Diyarbakır kent merkezine uygulanmış ve tüm merkez ilçelerine bağlı 41 mahalle için gerek sistemdeki gerek abone bazında kayıp ve kaçaklar tespit edilmiştir. Algoritmada kullanılan veriler tüm kent merkezinin nüfusu, üretilen ve kayıt altına alınmış tüketilen su miktarı ($m^3/yıl$ olarak) verileri ile mahalle bazında kayıt altına alınan tüketim ve mahalle nüfusu verileri kullanılmıştır. Mahalle için üretilen su miktarı verisi ne yıllık ne de aylık olarak elde olmadığı halde anılan verilerden kayıp ve kaçaklar tüm mahallelere ve tüm aylara dağıtılmıştır. Böylece tüm mahalleler su tüketimi açısından 5 sınıfa ayrılmış, isim verilmeden en iyi ve en kötü su dağıtım sistemine sahip (kayıp ve kaçakları en az ve en yüksek olan) mahalleler belirlenmiştir (Toprak ve ark., 2013). Bu çalışmada ise detayları yukarıda verilen aynı yöntem tüm illerimize uygulanmıştır. İllerimizin tamamı, şebekelerindeki kayıp ve kaçaklar açısından sınıflandırılmıştır. Ancak önceki çalışmada mahalle bazında kayıt altına alınmış aylık tüketimler olmasına karşın bu çalışmada aylık tüketim verisi bulunmamaktadır. Bu nedenle bu çalışmada yıllık tüketimler dikkate alınmış ve 12 ay yerine birer yıllık bir periyod için aynı hesaplamalar yapılmıştır. Böylece illerimizin 2010 yılından 2016 yılına kadar ikişer yıl arayla sistemlerindeki olumlu (yenileme) veya olumsuz (eskime/yıpranma) gelişmeler de tespit edilmiş olmaktadır. Bu çalışmada da bir önceki çalışmada yapıldığı gibi şebekedeki kayıp ve kaçaklar 5 sınıfa ayrılmıştır. İdari kayıp ve kaçakların sınıflandırılmasında 2010 yılı için, idari su kayıp katsayısı (I_k) 0,0 ile 0,394 arası olanlar birinci sınıf (en iyi); 0,394 ile 0,788 arasında olanlar ikinci sınıf; 0,788 ile 1,182 arasında olanlar üçüncü sınıf; 1,182 ile 1,576 arasında olanlar dördüncü sınıf 1.576 ile 1,97 arasında olanlar ise beşinci sınıf (en kötü) olarak kabul edilmiştir. Sınıf sınır değerleri, en küçük (0.00) ve en büyük (1.97) katsayıların farkı alınıp eşit şekilde 5'e bölünmesi ile belirlenmiştir. Bu sınıflandırma 2012, 2014 ve 2016 yılları için ayrı ayrı yapılmıştır. Ancak sayfa limiti nedeniyle burada sadece 2010 sonuçları örnek olarak verilmiştir. 2010 yılı için ülke genelindeki üretim ve kayıt altına alınmış tüketimden kayıp miktarı $2.215.558.481 m^3/yıl$ olarak hesaplanmıştır. Elde edilen bu fark toplam ülke nüfusuna (61.571.332) oranlanarak kişi başına düşen kayıp $35,98 m^3/kişi$ olarak belirlenmiştir. Her ile ait yıllık ortalama su kaybı, ilin nüfusunun kişi başına düşen kayıp ile çarpılması ile elde edilmiştir. Boyutsuz yıllık tüketim katsayısı, boyutsuz yıllık toplam kayıp katsayısı, boyutsuz yıllık idari ve boyutsuz yıllık fiziki kayıp katsayıları da hesaplanmış ve 81 il için Tablo 3'te verilmiştir. Sistemdeki toplam, fiziki ve idari su kayıp miktarı ile her il için üretilen su miktarı da aynı tabloda verilmiştir.

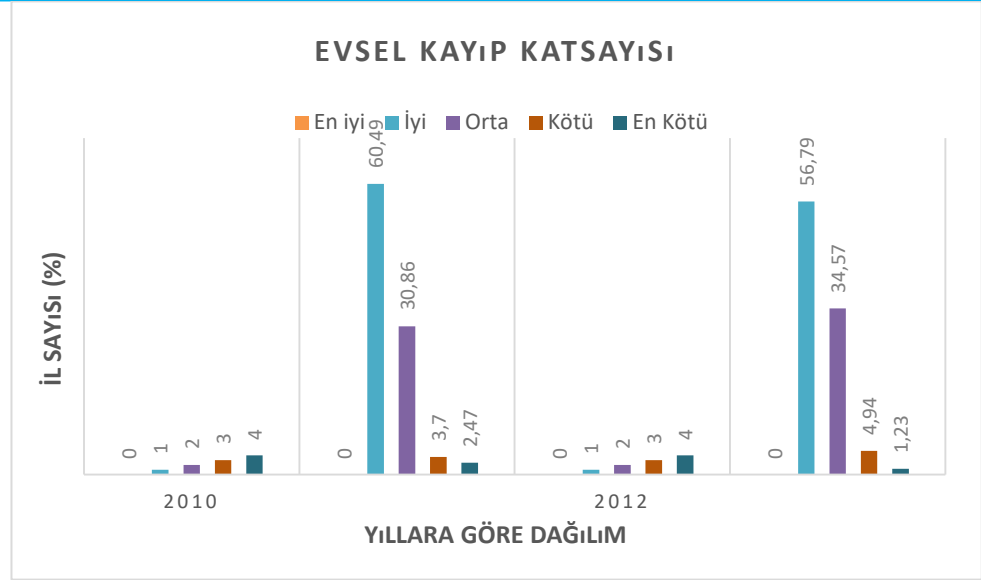
5. Bulgular ve Tartışma

Model sonuçlarına bakıldığında, illerimizin büyük çoğunluğu (49) abone bazındaki kayıplarda birinci sınıfta yer almaktadır. Bu durum illerimizin büyük çoğunluğunda içme suyu şebekelerinde fiziki kayıplarının olmadığı anlamına gelmemektedir. Bu kayıplar oransal olarak aynı tabloda sonraki kolonda ayrıca verilmiştir. Bu hususta ne yazık ki iyi bir yerde değiliz. Şekil 1 de şebekedeki toplam kayıp ve kaçak oranları açısından bazı ülkeler karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Şekil 1'e bakılırsa ülkemiz 10. sırada yer almaktadır. Çalışma ikişer yıl ara ile dört yıl için yapıldığından belediyelerimizin abone bazında kayıplardaki (idari kayıp) değişim gözlemlenebilmektedir. Örneğin 2010 yılında Tunceli abone bazındaki kayıplarda en iyi iken 2012 yılında 2.sıraya, 2014 yılında 5.sıraya ve 2016 yılında ise 6. sıraya inmektedir. Benzer şekilde sistem kayıplarındaki değişim de gözlemlenebilmektedir. Bu açıdan Giresun 2010 yılında 40. sırada iken 2012, 2014, 2016 yıllarında sırasıyla 61., 65. 74. sıralara gerilemiştir.

Diğer taraftan Ağrı 2010 ve 2012 yıllarında 80. sırada iken 2014'te 15. sırada 2016 yılında 8. sıraya ilerlemiştir. Tüm illerde bu şekilde düzenli bir değişim gözlemlenmemekle birlikte dört yıl boyunca hiçbir ilin sırasını koruyamadığı görülmüştür. Bu durum, bazı belediyelerimizde şebekelerinin yenilediği bazısında eskidiği bazısında ise anlık (düzenli olmayan) arızaların meydana geldiğini göstermektedir. Ayrıca sonuçlar görsel açıdan Şekil 2 ile grafiksel olarak da sunulmuştur.

Tablo 3. 2010 Yılı İçin bazı büyükşehirlere göre Hesap tablosu.

Şehir	Nüfus	ZFT ALGORİTMASI İLE HESAPLANAN												
		Yıllık Üretim (m ³)	Yıllık Tüketim (m ³)	Yıllık Kayıp (m ³)	Ortama Yıllık Kayıp (m ³)	Yıllık Tüketim Katsayısı	Yıllık Üretim Katsayısı	Yıllık Toplam Kayıp Katsayısı	Yıllık Eysel Su Kayıp Katsayısı	Yıllık Sistemsel Su Kayıp Katsayısı	Yıllık Üretim (m ³)	Yıllık Toplam Kayıp (m ³)	Yıllık Eysel Kayıp (m ³)	Yıllık Sistemsel Kayıp (m ³)
İstanbul	13 120 596	931885000	548403417	383481583	472126342	1,00	1,86	0,86	0,33	0,53	1020529759	472126342	183641179	288485163
Ankara	4 672 162	338112000	214922886	123189114	168121231	1,00	1,78	0,78	0,26	0,53	363044117	168121231	55062009	113059222
İzmir	3 670 764	254621000	155158701	994622399	132087321	1,00	1,85	0,85	0,33	0,53	287246022	132087321	50466781	81620540
Bursa	2 367 195	135375000	95126738	40248262	85180209	1,00	1,90	0,90	0,37	0,53	180306947	85180209	35139215	50040995
Antalya	1 694 109	180615000	104498317	76116683	60960149	1,00	1,58	0,58	0,06	0,53	165458466	60960149	5989277	54970872
Adana	1 877 373	165840000	80289051	85550949	67554648	1,00	1,84	0,84	0,32	0,53	147843699	67554648	25318952	42235696
Konya	1 812 306	123099000	83709258	39389742	65213303	1,00	1,78	0,78	0,25	0,53	148922561	65213303	21178422	44034880
Gaziantep	1 539 193	100367000	51680733	48686267	55385713	1,00	2,07	1,07	0,55	0,53	107066446	55385713	26189294	27186418
Şanlıurfa	1 021 382	93933000	31791649	62141351	36753006	1,00	2,16	1,16	0,63	0,53	68544655	36753006	20029152	16723855
Kocaeli	1 459 772	134757000	89633749	45123251	52527859	1,00	1,59	0,59	0,06	0,53	142161608	52527859	5376426	47161432
Mersin	1 434 937	110021000	49234793	60786207	51634206	1,00	2,05	1,05	0,52	0,53	100868999	51634206	25734464	25889742
Diyarbakır	1 124 305	94086000	30168382	63917618	40456547	1,00	2,34	1,34	0,81	0,53	70624929	40456547	24586605	15869942
Hatay	1 164 243	78937000	41233261	37703739	41893660	1,00	2,02	1,02	0,49	0,53	83126921	41893660	20203088	21690572



Şekil 2. Evsel su kayıp katsayısı açısından yıllara göre 81 ilin sınıflara dağılımı (%).

6.Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada ZFT algoritması kullanılarak Türkiye’de içme suyu şebekelerindeki kayıp ve kaçaklar sınıflandırılmıştır. Bu amaçla, her il için elde edilen yıllık toplam su kayıp katsayısı, 1) fiziki kayıp katsayısı ve 2) idari kayıp katsayısı şeklinde ikiye ayrılmıştır. Yerleşim birimleri bu katsayıya göre küçükten büyüğe sıralanarak 1 – 5 arasında sınıflandırılmıştır. Her il için boyutsuz ve yıllık olarak elde edilen toplam su kayıp katsayısı, idari su kayıp katsayısı ve fiziki (sistem) kayıp katsayısı il nüfusu ve kayıt altına alınmış tüketim ile çarpılarak toplam, idari ve fiziki (sistem) su kayıp ve kaçakları m^3 olarak elde edilmiştir. Sonuç olarak her üç boyutsuz katsayıya göre sıralanan 81 ilin sırası yıldan yıla değişmektedir. Bu durum, illerimizin 2010 yılından 2016 yılına kadar ikişer yıl arayla sistemlerinde olumlu (yenileme) veya olumsuz (eskime/yıpranma) değişimlerin olduğu şeklinde mütalaa edilmektedir. Ayrıca bu sıralama, katsayıdan katsayıya da değişmektedir. Bu da herhangi bir ilin fiziki kayıplarda örneğin iyi bir durumda iken idari kayıplar açısından kötü bir durumda olabildiğini göstermektedir. İllerin toplam kayıp açısından sıralanması önemlidir. Elde edilen sonuca göre ülkemiz genelinde içme suyu şebekelerinde kayıp ve kaçak oranı yüksek ve gelişmiş ülkelerin gerisinde kalmaktadır. Şebekelerin hiçbir masraftan kaçınılmaksızın yenilenmesi ve kayıp ve kaçakların önemle kontrol altına alınması gerektiği söylenebilir. Fiziki kayıpların, bu çalışmada yapıldığı gibi, idari kayıplardan ayrılması gerektiği düşünülmektedir. Böylece kaçınılmaz fiziki kayıpların asgariye, idari kayıpların ise sifıra indirilmesi mümkün olacaktır. ZFT yönteminin içme suyu şebekelerindeki kayıp ve kaçakların tespit edilmesinde, bu kayıpların idari ve fiziki kayıplar olarak ayrılmasında ve kayıplar açısından yerleşim birimlerinin sınıflandırılmasında başarılı olduğu söylenebilir. Ayrıca algoritmanın fiziki ve matematik temeli olduğundan kara kutu yöntemlerden farklı olarak genelleştirilebilir bir yöntem olarak kabul edilebilir. Algoritmanın SCADA gibi programlarla bütünleştirilmesi önerilebilir.

7.Kaynaklar

- Araujo, L. S., Ramos, H., ve Coelho, S. T. (2006). Pressure control for leakage minimisation in water distribution systems management. *Water resources management*, 20(1), 133-149.
- Buluş, K., (2003) Diyarbakır İçme Suyu Dağıtım Sistemi Kayıp Önlem Projesi, Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü sf. 9 – 10, 30 – 31
- Karamage, F., Zhang, C., Ndayisaba, F., Nahayo, L., Kayiranga, A., Omifolaji, J. K., ve Liu, T. (2016). The need for awareness of drinking water loss reduction for sustainable water resource management in Rwanda. *Journal of Geoscience and Environment Protection*, 4(10), 74.
- Kılıç, R. (2018) Physical Leakage Analysis in Water Distribution Networks By Daily Consumption Curve. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (Özel Sayı-Special Issue), 30-33.
- Li, W., Ling, W., Liu, S., Zhao, J., Liu, R., Chen, Q., ve Qu, J. (2011). Development of systems for detection, early warning, and control of pipe line leakage in drinking water distribution: A case study. *Journal of Environmental Sciences*, 23(11), 1816-1822.
- Muhammetoglu, H., ve Muhammetoglu, A. (2017). İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü-El Kitabı. Orman ve Su İşleri Bakanlığı–Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Öktem, U. A., ve Aksoy, A. (2014). Türkiye'nin Su Riskleri Raporu.
- Pala, B., (2002) İçme suyu Şebekelerinde Oluşan Su Kayıplarının Belirlenmesi ve Kontrolü: Kayseri İli Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, sf. 1
- Pérez, R., Cugueró, J., Sanz, G., Cugueró, M. A., ve Blesa, J. (2017). Leak Monitoring. In Real-time

- Monitoring and Operational Control of Drinking-Water Systems (pp. 115-130). Springer, Cham.
- Songur M, Hamidi N, Toprak ZF, and Dabanlı A (2013), Developing Mathematical Model For Losses in Water Distribution Network by Integration of SCADA, GIS and Customer Information System, AWER Procedia Information Technology & Computer Science, Vol 03 (2013) 1494-1498
- Toprak ZF, Songur M, Hamidi N, and Gulsever H (2012), Determination of Losses in Water-Networks Using a New Fuzzy Technique (SMRGT), AWERProcedia Information Technology & Computer Science, Vol 03 (2013) 833-840
- Toprak ZF, Songur M, Hamidi N, and Gulsever H (2013), Determination of Losses in Water-Networks Using a New Mathematical Approach, 3rd International Water Congress and Exhibition (3. Uluslararası Su Kongresi ve Segisi), March 21 – 24, 2013, Bursa – Turkey.
- DSİ,2014, <http://www.dsi.gov.tr/toprak-ve-su-kaynaklari> 31.01.2018 15:23
- Resmi Gazete,2014, <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2014/05/20140508-1.htm> 12.02.2018 15:04
- TÜİK, 2015, http://www.tuik.gov.tr/basinOdasi/haberler/2015_8_20150226.pdf 12.02.2018 14:17
- Wu, Z. Y., ve Sage, P. (2008). Water loss detection via genetic algorithm optimization-based model calibration. In Water Distribution Systems Analysis Symposium 2006 (pp. 1-11)