



Journal of Turkish Operations Management

AHP yöntemi ile öncelikli iyileştirilmesi gereken sayaç hatası yönetim bileşenlerinin tespiti

Furkan Acar¹, Cansu Bozkurt^{2*}, Mahmut Fırat³

¹İnönü Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Malatya, Türkiye

e-mail: acar_furkan@outlook.com.tr, ORCID No: <https://orcid.org/0009-0001-2104-0031>

^{2*}Ardahan Üniversitesi, Teknik Bilimleri Meslek Yüksek Okulu, Ardahan, Türkiye

e-mail: cansubozkurt@ardahan.edu.tr, ORCID No: <https://orcid.org/0000-0002-0987-1297>

³İnönü Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Malatya, Türkiye

e-mail: mahmut.firat@inonu.edu.tr, ORCID No: <https://orcid.org/0000-0002-8010-9289>

Makale Bilgisi

Makale Geçmişi:

Geliş: 28.11.2024

Revize: 25.04.2025

Kabul: 27.04.2025

Anahtar Kelimeler:

Su Kayıp Yönetimi

İdari Su Kayıpları

Sayaç Hataları

Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP)

Önceliklendirme

Özet

Su temin ve dağıtım sistemlerinde meydana gelen su kayıpları su idareleri için ekonomik kayıp oluşturması nedeniyle önemli bir sorundur. Su idareleri için doğrudan gelir kaybına sebep olan idari kayıplar yasal olmayan tüketimler, faturalama, veri işleme hataları ve sayaç hatalarından oluşmaktadır. Yasal olmayan tüketimler ve faturalama hataları doğrudan idare yönetimi ile ilişkilidir ve prosedürlerin iyileştirilmesi ile azaltılabilmektedir ancak sayaç hatalarından kaynaklanan kayıpların ölçülmesi ve yönetimi daha zordur. Bu çalışmada sayaç hatası yönetim bileşenlerini tespit etmek, ağırlık katsayılarını belirlemek ve bileşenleri önceliklendirmek amacıyla çok kriterli karar verme yöntemlerinden Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemi uygulanmıştır. Çalışma kapsamında 27 bileşen tespit edilmiş ve bu bileşenler İdare yönetim, Su dengesi bileşenleri, İdari kayıp yönetimi, Ekonomik analiz, Performans izleme ve Veri yönetimi ana başlıkları altında incelenmiştir. Sonuçlar, sayaç hatası yönetim bileşenlerinden en etkili olanın 0,1224 ağırlık katsayısı ile "Sayaç hata oranlarının belirlenmesi-sayaçların izlenmesi" bileşeni olduğunu ve 0,0782 katsayı ile "İdari kayıplara etki eden faktörlerin analizi" ile 0,0770 katsayı ile "Abone sayaç hatasından kaynaklanan kayıplar"ın takip ettiğini göstermiştir. Yapılan çalışma strateji belirleme ve önceliklendirme kapsamında karar analizi yönteminin nasıl uygulanabileceği ve sayaç hatası yönetim bileşenlerinin idari kayıp oluşturmadaki etki düzeyinin AHP yöntemi ile ölçülebileceğini göstermektedir.

Determination of Meter Error Management Components that Need Priority Improvement with AHP Method

Article Info

Article History:

Received: 28.11.2024

Revised: 25.04.2025

Accepted: 27.04.2025

Keywords:

Water Loss Management

Apparent Water Losses

Meter Errors

Analytic Hierarchy Process (AHP)

Prioritization

Abstract

Water losses in supply and distribution systems pose a significant problem for water utilities due to the economic losses they cause. Apparent losses, which directly result in revenue loss for utilities, arise from unauthorized consumption, billing and data processing errors, and meter inaccuracies. While unauthorized consumption and billing errors are directly linked to utility management and can be mitigated through procedural improvements, measuring and managing losses caused by meter inaccuracies is more challenging. This study applies the Analytic Hierarchy Process (AHP), a multi-criteria decision-making method, to identify the components of meter error management, determine their weight coefficients, and prioritize them. A total of 27 components were identified and analyzed under six main categories: Utility Management, Water Balance Components, Apparent Loss Management, Economic Analysis, Performance Monitoring, and Data Management. The results show that the most influential component in meter error management is "Determining meter error rates and monitoring meters," with a weight coefficient of 0.1224. This is followed by "Analyzing factors affecting apparent losses" (0.0782) and "Losses due to customer meter errors" (0.0770). The study shows how decision analysis method can be applied in the scope of strategy determination and prioritization, and the level of impact of meter error management components on apparent loss can be measured by AHP method.

1. Giriş

Su kıtlığı ve değişen iklim koşulları su arz ve talebi arasındaki dengenin korunmasını zorunlu hale getirmiştir. Bu nedenle uygun su yönetimi stratejilerini tespit etmeye yönelik yaklaşımlara ihtiyaç duyulmaktadır. Gelir getirmeyen su (GGS), standart su dengesi terminolojisine göre sistem giriş hacmi ile faturalandırılmış yasal tüketim arasındaki farktır, fiziksel ve idari su kayıpları ile faturalandırılmamış yasal tüketimden oluşmaktadır (McKenzie vd., 2002). Birçok araştırma bazı ülkelerde GGS'lerin sistem giriş hacminin %50'sine yaklaştığını göstermiştir (Boztaş vd., 2019). Su kayıpları, yönetim performansı ve ekonomik sürdürülebilirliği açısından su idarelerinde verimsizliklere neden olmaktadır. Fiziksel kayıplar temin ve dağıtım sistemlerindeki sızıntılar, depolarda kaçak veya taşmalar, servis bağlantılarındaki kayıplardan, idari kayıplar ise yasal olmayan kullanım, sayaç hataları ve veri işleme, okuma hatalarından kaynaklanmaktadır (Hamilton vd., 2006; Lambert vd., 1999; Xin vd., 2014). Su idareleri açısından idari kayıplar dikkate alınacak düzeyde gelir kaybına neden olmaktadır. Sayaç yaşı, aşınma durumu, yanlış montaj uygulamaları, bakım ve kalibrasyon eksikliği, yanlış sayaç tip ve sınıfının seçilmesi, yanlış boyutta sayaç kullanılması, askı maddeleri ve sayaçlarda biriken tortular gibi bazı parametreler ölçüm hatalarından kaynaklanan idari kayıplara sebep olmaktadır (Arregui vd., 2006; Fontanazza vd., 2015; Rizzo & Cilia, 2005).

Su sayaçlarının doğruluğu su kayıp yönetimi uygulamalarının yürütülmesinde ve su kıtlığı ile karşı karşıya kalan idareler için su tedarikinin sağlanmasında önemli rol oynamaktadır (Helmecke vd., 2020). Karmaşık olan su kayıp yönetim bileşenlerinin seçilmesi ve uygulanması önemlidir. Su dağıtım sistemlerinde su kayıplarını değerlendirmeye yönelik çok kriterli karar verme yöntemlerinin karar sürecine sistematik bir şekilde katkı sağlayabileceği düşünülmektedir (Alves vd., 2018). Bu amaç doğrultusunda (Mokhtari & Sarraf, 2023) tarafından gerçekleştirilen çalışmada su dağıtım şebekelerinde kayıp yönetim stratejilerinin belirlenmesi, önceliklendirilmesi ve en etkili stratejisinin seçilmesi amacıyla çok kriterli karar verme tekniklerinden AHP uygulanmıştır. (Hassoun Nedjar vd., 2023) çalışmasında su dağıtım şebekelerinde rehabilitasyon çalışmalarının planlaması amacıyla AHP yöntemi uygulanmıştır. Bu amaçla boru bozulmaları üzerinde etkili bileşenler belirlenmiş, bu bileşenler fiziksel, teknik ve çevresel olmak üzere üç ana başlıkta incelenmiştir. (Zyoud vd., 2016) Filistin'de kesintili su tedariki yapılan bir sistemde su kaybı yönetimine karar vermek için AHP yöntemi uygulanmıştır. Sonuçlar işletme basıncının kontrol edilmesi ve yönetilmesi planının en etkili seçenek olduğunu göstermiştir. (Yılmaz vd., 2021) GGS seviyesini azaltmak ve sayaç değişimi ve rehabilitasyonunda öncelikli bölgeleri belirlemek amacıyla AHP ile entegre bir sıralama yöntemi uygulanmıştır. Çalışmada su tüketim oranı, sayaç yaşı, hatalı sayaç oranı, bölge nüfusu, ortalama işletme basıncı, kalibre edilen sayaç sayısı bileşenleri incelenmiştir. (Mutikanga vd., 2011) çalışmada su kayıp yönetimi stratejilerinin planlanmasında çok kriterli karar verme teknikleri kullanılmıştır. Sonuçlar su temini güvenilirliği, halk sağlığı ve su tasarrufunu artıran seçeneklerin en çok tercih edilen seçenekler olduğunu göstermektedir.

Hacim bakımından daha az miktarda kayıp oluşturması nedeniyle yeterli önemin verilmediği idari su kayıpları, doğrudan gelir kaybı oluşturması sebebiyle kontrol altında tutulmalıdır. Ayrıca idari su kayıplarının sayaç hataları nedeniyle doğru ölçülememesi su dengesi hesaplamalarında hata oluşturacağı için önem arz etmektedir. Bu çalışma kapsamında idari kayıpları oluşturan yirmi sekiz sayaç hatası bileşeni tespit edilerek altı ana başlık altında sınıflandırılmıştır. Bileşenlerin sayaç hatası oluşturma potansiyelini araştırmak için su idareleri açısından oldukça karmaşık olan yönetim planlarının belirlenmesinde karmaşık problemleri basitleştirerek karşılaştırılmalarına fırsat tanıyan AHP yöntemi uygulanmıştır. Böylece en etkili yönetim bileşenleri belirlenerek idarelerin su kayıpları üzerinde kontrol sağlamaları amaçlanmıştır.

2. Sayaç Hatası Yönetim Bileşenleri

Çalışma kapsamında sayaç hatası yönetim bileşenleri İdare yönetim, Su dengesi bileşenleri, İdari kayıp yönetimi, Ekonomik analiz, Performans izleme ve Veri yönetim olmak üzere altı ana başlık altında incelenmiştir. Tablo 1'de sayaç hatası yönetimi ana ve alt bileşenleri sunulmuştur.

3. Materyal ve Metot

3.1. Analitik Hiyerarşi Proses (AHP)

Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP), 1977'de Saaty tarafından alternatifler arasında karar verme problemlerinin çözümünde kullanılmak üzere geliştirilmiştir. Karar alırken öncelikleri dikkate alan, nicel ve nitel değişkenleri

birlikte değerlendiren matematiksel bir yöntem olarak geliştirilmiştir (Dağdeviren vd., 2004). AHP, karar vericilerin tecrübelerini ve bilgilerini karar verme sürecine dâhil edip karmaşık problemleri basitleştirerek problemin hiyerarşik bir yapıda çözülmesini sağlamaktadır (Ömürbek & Şimşek, 2014; Tüzemen & Özdağoğlu, 2007).

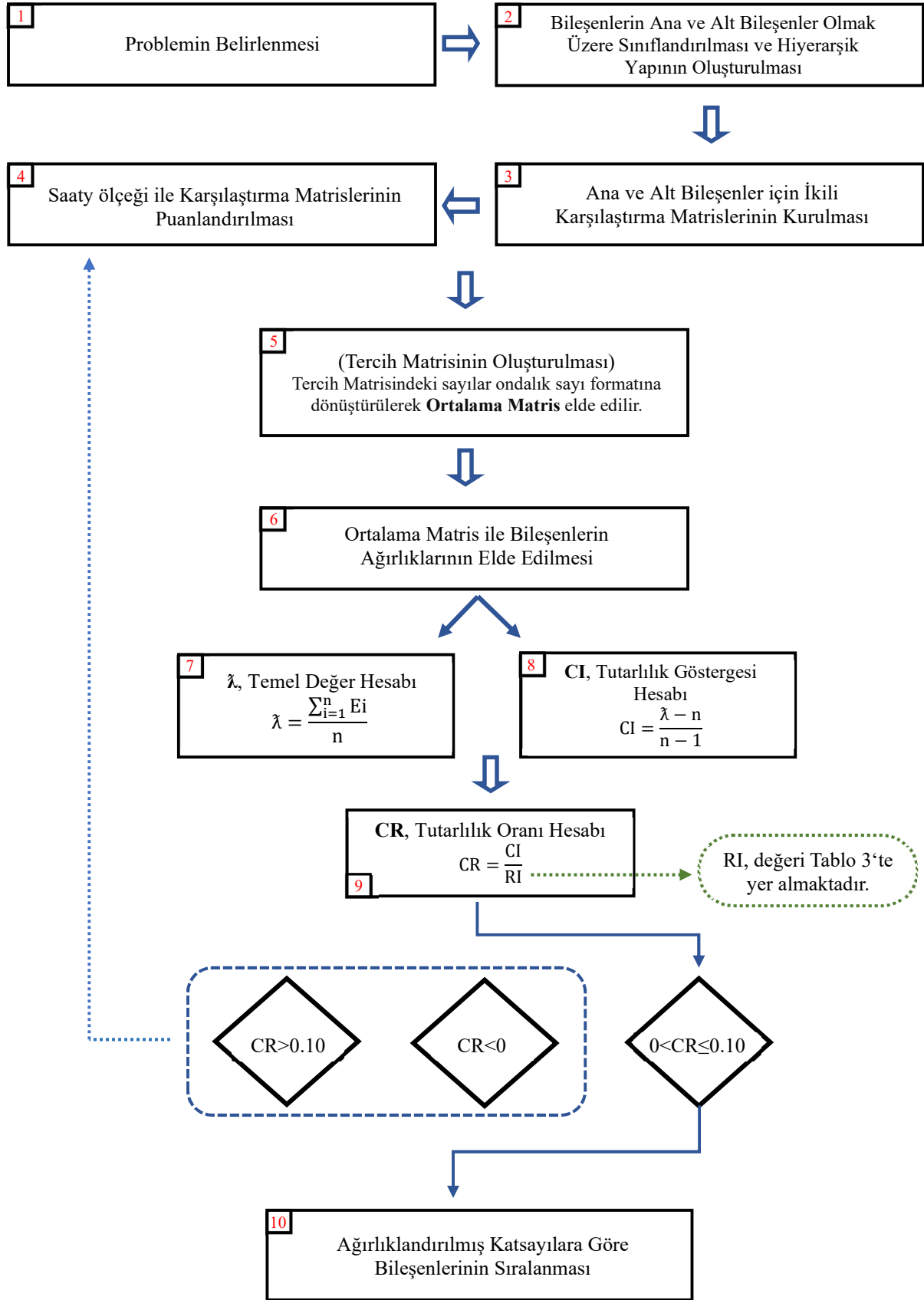
Tablo 1. Sayaç hatası yönetim bileşenleri

Ana Bileşenler	Alt Bileşenler
İdare Yönetim	Kurum üst yönetiminin su kayıp azaltma faaliyetlerine bakış açısı
	Su kayıp bileşenlerinin yönetilmesi için yol haritası
	İdari kayıp bileşenleri için yasal şartnameler
	İdari kayıp yönetimi programlarının teknik-ekonomik denetim politikası
Su Dengesi Bileşenleri	İdari kayıp yönetimi açısından mevcut durum analizi /değerlendirme
	Abone sayaç hatasından kaynaklanan kayıplar
	Kaçak kullanımdan kaynaklı kayıplar
	Aboneler için uzaktan okuma sistemlerinin kullanılması
İdari Kayıp Yönetimi	Yasal faturalandırılmamış kullanıcı sayısı ve takılan sayaç sayısı
	Yüksek tüketimli abonelerin uzaktan okunması-izlenmesi
	Özel tüketimli aboneler için uzaktan okuma sistemi
	İdari kayıplara etki eden faktörlerin analizi
Ekonomik Analiz	İdari kayıp azaltma ve yönetim stratejisi
	Sayaç hata oranlarının belirlenmesi-sayaçların izlenmesi
	Abone sayaçlarının kalibrasyonu-test laboratuvarının varlığı
	Abone sayaç tercihi ve kullanımı için yazılı teknik şartname ve kılavuzun varlığı
Performans İzleme	Yasal faturalandırılmamış abonelerin uzaktan okuma ile izlenmesi ve azaltılması
	Sayaç yenileme maliyetinin analizi ve izlenmesi
	İdari kayıpları önleme faaliyetlerinin maliyetlerinin ve ekonomik kazanımlarının analizi ve izlenmesi
	Sayaç hatalarından kaynaklı idari kayıp maliyetinin analizi ve izlenmesi
Veri Yönetimi	Ekonomik analizi esas alan sayaç yenileme stratejisi
	Su kayıpları önleme-kontrol-izleme-analiz faaliyetlerinin verimlilik ve ekonomik açıdan analizi ve izlenmesi
	Okullarda ve kamu binalarında tüketimler ve sayaçların kontrolü
	Abone sayısı
Veri Yönetimi	Sayaç Yaşı
	Sayaç yönetimi veri tabanı (Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile entegre)
	Site vb. yerler için kontrol sayacı takılması ve izlenmesi

AHP, temelde üç işlem adımından oluşmaktadır (Wind & Saaty, 1980). İlk olarak problem belirlenip amaca uygun hiyerarşik bir yapı oluşturulmaktadır. Oluşturulan hiyerarşik yapıdan sonra ikinci olarak kriterlerin izafi önem derecelerini belirten ikili karşılaştırma matrisi hesaplanmaktadır. En son da hesaplanan matriste yer alan değerler için tutarlılık oranı tespit edilmektedir (Chou vd., 2008).

Tablo 2. Puanlandırma esasları (R. W. Saaty, 1987)

Önem Derecesi	Tanıtım	Açıklama
1	Eşit Önemli	İki bileşenin de önem derecesi eşittir.
3	Orta Derece Önemli	Bir bileşenin önem derecesi diğerine oranla biraz daha önemlidir.
5	Yüksek Derece Önemli	Bir bileşen diğer bileşene göre oldukça önemlidir.
7	Çok Yüksek Derece Önemli	Bir bileşenin diğer bileşene nazaran önem derecesi çok yüksektir.
9	Son Derece Önemli	Bir bileşenin önem derecesi diğer bileşene göre son derece önemli bir biçimdedir.
2,4,6,8	Ara Önem Dereceleri	Gerektiğinde ara rakamlar kullanılabilir.



Şekil 1. AHP işlem adımları

Karar vericiler tarafından yapılan puanlamalarla oluşturulan ikili karşılaştırma matrisleri ve bu matrislerin çözümü sonucunda elde edilen her bir bileşenin ağırlığı, W faktör ağırlıklarının matris çarpımıyla hesaplanarak D sütun matrisi elde edilir. Ardından, D sütun matrisindeki elemanlar, sırasıyla ağırlık katsayılarına bölünerek her bileşene ait temel değeri ifade eden E sütun matrisi oluşturulur (T. L. Saaty, 2002; Yılmaz, 2017).

Tablo 3. RI değeri

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
RI	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.53	1.56	1.57

CR değerinin 0.10'dan küçük olması durumunda, karşılaştırma matrisinin tutarlı olduğuna karar verilir. Ancak, CR değeri 0.10'dan büyük veya 0'dan küçük olması durumunda, ya karar vericilerin puanlamalarının hatalı olduğu ya da AHP yönteminin işlem adımlarında matematiksel bir hata yapıldığı anlaşılır. Bu durumda, öncelikle matematiksel işlemler kontrol edilmelidir. Eğer işlemlerde hata yoksa karar vericilere veya uzmanlara danışılarak puanlamalar gözden geçirilmeli, gerekiyorsa ara değerler kullanılmalıdır.

4. Analiz ve Bulgular

Çalışma kapsamında incelenecek bileşenler belirlendikten sonra çalışma modelinde bulunan ana başlıklar ve alt bileşenleri için İkili Karşılaştırma Matrisleri (İKM) oluşturulmuş ve uzmanlardan Saaty ölçeği kullanılarak puanlandırma yapılmaları istenmiştir. Tablo 4'te ana başlıklar için karşılaştırmalı yargıların bulunduğu matris sunulmuştur.

Tablo 4. Ana başlıklar için İKM

İKM	İ	S	İK	E	P	V
İdare Yönetim (İ)	1	1/3	1/3	3	3	1/3
Su Dengesi Bileşenleri (S)	3	1	1/3	3	3	2
İdari Kayıp Yönetimi (İK)	3	3	1	3	3	3
Ekonomik Analiz (E)	1/3	1/3	1/3	1	2	1/3
Performans İzleme (P)	1/3	1/3	1/3	1/2	1	1/3
Veri Yönetimi (V)	3	1/2	1/3	1/3	3	1
TOPLAM	10,67	5,5	2,67	13,5	15	7

Diğer işlem adımında ise İKM'ler normalize edilmektedir. Tablo 5'te ana başlıklar için normalize edilmiş matris verilmiştir. Normalizasyon işleminde değerler kendi matris sütunlarının toplamına bölünmesi ile gerçekleştirilmektedir. Normalize matrisin satır ortalamaları ise bileşenlerin öncelik değerlerini vermektedir.

Tablo 5. Ana başlıklar için normalize edilmiş matris

	İ	S	İK	E	P	V	W
İ	0,09	0,06	0,13	0,22	0,20	0,05	0,12
S	0,28	0,18	0,13	0,22	0,20	0,29	0,22
İK	0,28	0,55	0,38	0,22	0,20	0,43	0,34
E	0,03	0,06	0,13	0,07	0,13	0,05	0,08
P	0,03	0,06	0,13	0,04	0,07	0,05	0,06
V	0,28	0,09	0,13	0,22	0,20	0,14	0,18

Ağırlık katsayıları belirlendikten sonra her bir uzman tarafından puanlandırılan matrislerin ayrı ayrı tutarlılık analizleri gerçekleştirilmektedir. Tutarlı çıkmayan puanlandırmalar için öncelikle matematiksel işlemler kontrol edilmektedir daha sonra ilgili uzmandan karşılaştırmalı yargıları tekrar gözden geçirmesi talep edilmektedir. Böylece sadece tutarlılık oranının sağlandığı matrisler için geometrik ortalama alınarak tek bir karar matrisi oluşturulmuş olur. Tablo 6'da tutarlılık analizi hesaplamaları gösterilmektedir.

Tablo 6. Tutarlılık analizi hesaplamaları

İKM	İ	S	İK	E	P	V		W	D
İ	1	1/3	1/3	3	3	1/3		0,12	0,79
S	3	1	1/3	3	3	2		0,22	1,48
İK	3	3	1	3	3	3	x	0,34	2,32
E	1/3	1/3	1/3	1	2	1/3		0,08	0,49
P	1/3	1/3	1/3	1/2	1	1/3		0,06	0,39
V	3	1/2	1/3	1/3	3	1		0,18	1,19

İKM'nin tutarlılığını tespit edebilmek için tutarlılık indisi hesabı yapılmalıdır. Bunun için öncelikle İKM ile elde edilen öncelik değerlerinin matris çarpımı yapılarak D sütun vektörü elde edilmektedir. Tablo 7'de λ temel değerinin belirlenmesinde kullanılan E sütun vektörü hesabı yapılmıştır.

Tablo 7. E sütun vektörünün elde edilmesi

D		W		E
0,79		0,12		6,33
1,48		0,22		6,85
2,32	D/W	0,34	=	6,77
0,49		0,08		6,21
0,39		0,06		6,31
1,19		0,18		6,74
				$\sum E_i$ 39,2

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n} = \frac{39,20}{6} = 6,53$$

$$CI = \frac{\lambda - n}{n - 1} = \frac{6,53 - 6}{6 - 1} = 0,11$$

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0,11}{1,24} = 0,086$$

Ana başlıklar için Temel değer (λ) 6,53, Tutarlılık indisi (CI) 0,11 ve Tutarlılık oranı (CR) ise 0,086 olarak hesaplanmıştır. Elde edilen tutarlılık oranı $0 < CR \leq 0,10$ aralığında olduğu için ana başlıklar için yapılan karşılaştırmalı yargıların tutarlı olduğu tutarlılık analizi ile belirlenmiştir. Benzer şekilde tüm işlemler alt bileşenler için de gerçekleştirilmiştir.

Tablo 8. İdare Yönetim (İ) normalize matris ve tutarlılık değerleri

	İ1	İ2	İ3	İ4	İ5	W	D	E
İ1	0,45	0,39	0,29	0,29	0,62	0,41	2,29	5,59
İ2	0,15	0,13	0,29	0,18	0,07	0,16	0,87	5,33
İ3	0,15	0,04	0,10	0,18	0,07	0,11	0,55	5,10
İ4	0,09	0,04	0,03	0,06	0,04	0,05	0,28	5,23
İ5	0,15	0,39	0,29	0,29	0,21	0,27	1,48	5,56

İdare yönetim bileşenleri ağırlık katsayıları incelendiğinde en önemli bileşenin 0,41 katsayı ile İ1 “Kurum üst yönetiminin su kayıp azaltma faaliyetlerine bakış açısı” olduğu görülmektedir.

Tablo 9. Su Dengesi Bileşenleri (S) normalize matris ve tutarlılık değerleri

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	W	D	E
S1	0,39	0,56	0,28	0,28	0,38	0,23	0,35	2,39	6,78
S2	0,13	0,19	0,28	0,17	0,38	0,23	0,23	1,60	7,04
S3	0,13	0,06	0,09	0,17	0,04	0,23	0,12	0,77	6,41
S4	0,08	0,06	0,03	0,06	0,04	0,03	0,05	0,32	6,49
S5	0,13	0,06	0,28	0,17	0,13	0,23	0,17	1,12	6,78
S6	0,13	0,06	0,03	0,17	0,04	0,08	0,08	0,52	6,14

Su dengesi yönetim bileşenlerinden S1'in "Abone sayaç hatasından kaynaklanan kayıplar" bu başlık için en öncelikli bileşen olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 10. İdari Kayıp Yönetimi (İK) normalize matris ve tutarlılık değerleri

	İK1	İK2	İK3	İK4	İK5	İK6	W	D	E
İK1	0,19	0,38	0,13	0,28	0,24	0,17	0,23	1,59	6,92
İK2	0,06	0,13	0,13	0,28	0,24	0,17	0,17	1,10	6,59
İK3	0,56	0,38	0,39	0,28	0,24	0,28	0,36	2,39	6,73
İK4	0,06	0,04	0,13	0,09	0,16	0,17	0,11	0,69	6,26
İK5	0,06	0,04	0,13	0,05	0,08	0,17	0,09	0,54	6,14
İK6	0,06	0,04	0,08	0,03	0,03	0,06	0,05	0,32	6,45

Tablo 10 incelendiğinde İdari kayıp yönetimi bileşenlerinden ağırlık katsayısı en yüksek olan iki bileşen sırasıyla İK3 "Sayaç hata oranlarının belirlenmesi-sayaçların izlenmesi" ve İK1 "İdari kayıplara etki eden faktörlerin analizi" dir.

Tablo 11. Ekonomik Analiz (E) normalize matris ve tutarlılık değerleri

	E1	E2	E3	E4	W	D	E
E1	0,49	0,41	0,42	0,55	0,47	1,93	4,15
E2	0,16	0,14	0,25	0,09	0,16	0,65	4,07
E3	0,10	0,05	0,08	0,09	0,08	0,32	4,08
E4	0,25	0,41	0,25	0,27	0,29	1,25	4,23

Ekonomik analiz ana başlığında ağırlık katsayısı en yüksek olan bileşen E1 "Sayaç yenileme maliyetinin analizi ve izlenmesi" olarak bulunmuştur.

Tablo 12. Performans İzleme (P) normalize matris ve tutarlılık değerleri

	P1	P2	W	D	E
P1	0,83	0,83	0,83	1,67	2,00
P2	0,17	0,17	0,17	0,33	2,00

Performans izleme bileşenlerinden P1 "Su kayıpları önleme-kontrol-izleme-analiz faaliyetlerinin verimlilik ve ekonomik açıdan analizi ve izlenmesi" 0,83 katsayı ile en önemli bileşen olarak tespit edilirken P2 "Okullarda ve kamu binalarında tüketimler ve sayaçların kontrolü" bileşeninin ağırlık katsayısı 0,17 olarak bulunmuştur.

Tablo 13. Veri Yönetim (V) normalize matris ve tutarlılık değerleri

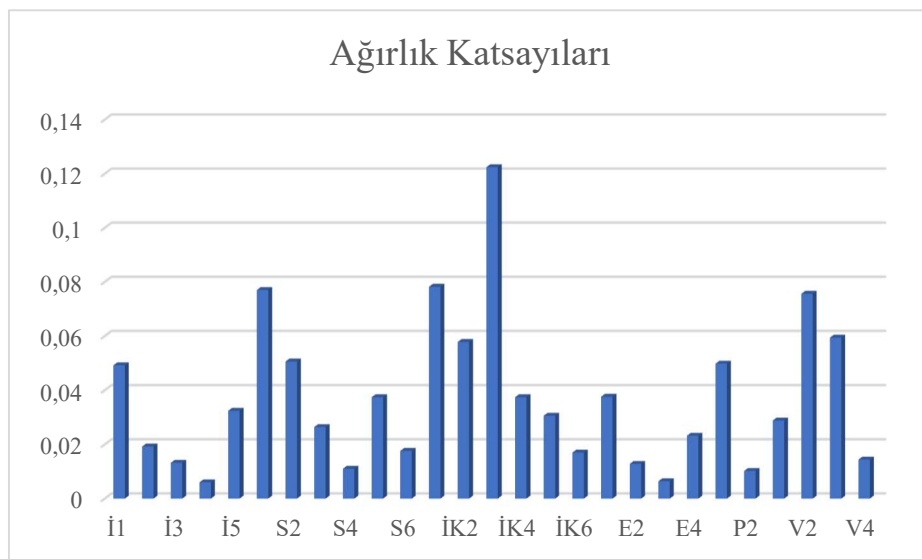
	V1	V2	V3	V4	W	D	E
V1	0,14	0,15	0,09	0,25	0,16	0,67	4,19
V2	0,41	0,46	0,57	0,25	0,42	1,82	4,32
V3	0,41	0,23	0,28	0,42	0,33	1,45	4,32
V4	0,05	0,15	0,06	0,08	0,08	0,35	4,07

Tablo 13'te sunulan değerler incelendiğinde ise V2 "Sayaç yaşı" ve V3 "Sayaç yönetimi veri tabanı (CBS ile entegre)" bileşenlerinin Veri yönetim ana başlığında en önemli iki bileşen olduğu görülmektedir.

Ana başlık ve her ana başlık altında bulunan alt bileşenler için ağırlık katsayıları elde edildikten sonra ana başlık ağırlığı ile alt bileşen ağırlıklarının çarpımı sonucu bütünlük ağırlık katsayıları elde edilmektedir. Tablo 14'te tüm bileşenler için elde edilen bütünlük ağırlık katsayısı değerleri verilmiştir.

Tablo 14. Sayaç yönetim bileşenleri bütünlük ağırlık katsayıları

Ana Bileşenler	Ağırlık Katsayısı	CR	Alt Bileşenler	Ağırlık Katsayısı	CR	Bütünleşik Ağırlık Katsayısı
İ	0,12	0,086	İ1	0,41	0,080	0,0492
			İ2	0,16		0,0192
			İ3	0,11		0,0132
			İ4	0,05		0,006
			İ5	0,27		0,0324
S	0,22		S1	0,35	0,098	0,077
			S2	0,23		0,0506
			S3	0,12		0,0264
			S4	0,05		0,011
			S5	0,17		0,0374
			S6	0,08		0,0176
İK	0,34		İK1	0,23	0,083	0,0782
			İK2	0,17		0,0578
			İK3	0,36		0,1224
			İK4	0,11		0,0374
			İK5	0,09		0,0306
			İK6	0,05		0,017
E	0,08		E1	0,47	0,049	0,0376
			E2	0,16		0,0128
			E3	0,08		0,0064
			E4	0,29		0,0232
P	0,06		P1	0,83	0	0,0498
			P2	0,17		0,0102
V	0,18		V1	0,16	0,08	0,0288
			V2	0,42		0,0756
			V3	0,33		0,0594
			V4	0,08		0,0144



Şekil 2. Bütünlük ağırlık katsayıları

Tablo 14 ve Şekil 2 incelendiğinde sayaç yönetim bileşenlerinden en öncelikli ilk beş bileşenin sırasıyla İK3 “Sayaç hata oranlarının belirlenmesi-sayaçların izlenmesi” bileşeninin 0,1224 katsayı ile en öncelikli bileşen olduğu ardından 0,0782 katsayı ile İK1 “İdari kayıplara etki eden faktörlerin analizi”, 0,0770 katsayı ile S1 “Abone sayaç hatasından kaynaklanan kayıplar”, 0,0756 katsayı ile V2 “Sayaç yaşı” ve 0,0594 katsayı ile V3 “Sayaç yönetimi veri tabanı (CBS ile entegre)” bileşeni olduğu tespit edilmiştir.

5. Sonuçlar

Su şebekeleri yüksek düzeydeki kayıplar nedeniyle tehdit altındadır. Su kayıpları ile mücadele özellikle düşük ve orta gelirli ülkelerde su idareleri için önemli bir sorun haline gelmiştir. Su kayıp yönetimi kapsamında doğru karar verme; zamanında müdahale, doğru bakım ve onarım stratejilerinin geliştirilmesi, su kayıplarının azaltılması ve kontrol altında tutulması, tüketici memnuniyeti ve ekonomik açıdan idareler için oldukça önemlidir. Bu çalışmada idari kayıplar açısından kayda değer miktarda gelir kaybı oluşturan sayaç hatası yönetim bileşenleri AHP yöntemi ile analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar ana başlıklar içerisinde en öncelikli olanın İdari kayıp yönetimi olduğunu göstermiştir. Sayaç hatası kaynaklı kayıpların azaltılması ve kontrol altında tutulması için en öncelikli olan bileşenlerin ise sırasıyla Sayaç hata oranlarının belirlenmesi-sayaçların izlenmesi, İdari kayıplara etki eden faktörlerin analizi, Abone sayaç hatasından kaynaklanan kayıplar, Sayaç yaşı ve Sayaç yönetimi veri tabanı (CBS ile entegre) olduğu tespit edilmiştir. Çalışmanın kentsel su temin ve dağıtım sistemlerinde geliri azaltarak idarelerin işletme ve bakım maliyetlerini artıran su kayıplarını azaltmada en etkili bileşenlerin analiz edilerek belirlenmesi, değerlendirilmesi ve su kayıp yönetiminde karar vermeyi kolaylaştırması bakımından katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Araştırmacıların Katkısı

Çalışmada Mahmut Fırat, fikrin oluşturulması ve gerçekleştirilmesi, analiz sonuçlarının değerlendirilmesi ve incelenmesi, Cansu Bozkurt çözüm yönteminin önerilmesi, model tasarımının yapılması, makalenin yazılması, Furkan Acar karar probleminin çözümü ve makalenin düzenlenmesi konularında katkı sağlamıştır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

Teşekkür

Bu çalışma İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi (İÜ-BAP FYL-2024-3596) tarafından desteklenmiştir.

Kaynaklar

- Alves, A., Gersonius, B., Sanchez, A., Vojinovic, Z., & Kapelan, Z. (2018). Multi-criteria Approach for Selection of Green and Grey Infrastructure to Reduce Flood Risk and Increase CO-benefits. *Water Resources Management*, 32(7), 2505–2522. <https://doi.org/10.1007/s11269-018-1943-3>
- Arregui, F. ., Cabrera, E., Cobacho, R., & García-Serra, J. (2006). Reducing Apparent Losses Caused By Meters Inaccuracies. *Water Practice and Technology*, 1(4). <https://doi.org/10.2166/wpt.2006.093>
- Boztaş, F., Özdemir, Durmuşçelebi, F. M., & Fırat, M. (2019). Analyzing the effect of the unreported leakages in service connections of water distribution networks on non-revenue water. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 16(8), 4393–4406. <https://doi.org/10.1007/s13762-018-2085-0>
- Chou, Y. C., Hsu, Y. Y., & Yen, H. Y. (2008). Human resources for science and technology: Analyzing competitiveness using the analytic hierarchy process. *Technology in Society*, 30(2), 141–153. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2007.12.007>
- Dağdeviren, M., Akay, D., & Kurt, M. (2004). Analytical hierarchy process for job evaluation and application. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 19(2), 131–138. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/76125>

- Fontanazza, C. M., Notaro, V., Puleo, V., & Freni, G. (2015). The apparent losses due to metering errors: a proactive approach to predict losses and schedule maintenance. *Urban Water Journal*. <https://doi.org/10.1080/1573062X.2014.882363>
- Hamilton, S., McKenzie, R., & Seago, C. (2006). A Review of Performance Indicators for Real Losses from Water Supply Systems. *Voda i sanitarna tehnika*, 36(6), 15–24. Retrieved from: https://www.miya-water.com/fotos/artigos/a_review_of_performance_indicators_for_real_losses_from_water_supply_systems_5940570895a325d5c3881c.pdf
- Hassoun Nedjar, N., Djebbar, Y., & Djemili, L. (2023). Application of the analytical hierarchy process for planning the rehabilitation of water distribution networks. *Arab Gulf Journal of Scientific Research*, 41(4), 518–538. <https://doi.org/10.1108/AGJSR-07-2022-0110>
- Helmecke, M., Fries, E., & Schulte, C. (2020). Regulating water reuse for agricultural irrigation: risks related to organic micro-contaminants. *Environmental Sciences Europe*, 32(1). <https://doi.org/10.1186/s12302-019-0283-0>
- Lambert, A. O., Brown, T. G., Takizawa, M., & Weimer, D. (1999). A review of performance indicators for real losses from water supply systems. *Çinde Journal of Water Supply: Research and Technology - AQUA* (C. 48, Sayı 6, ss. 227–237). İstanbul Technical University. <https://doi.org/10.2166/aqua.1999.0025>
- McKenzie, R. S., Lambert, A., & Commission, S. A. W. R. (2002). ECONOLEAK: Economic Model for Leakage Management for Water Suppliers in South Africa: User Guide. WRC. Retrieved from: <https://www.wrc.org.za/wp-content/uploads/mdocs/TT%20169-021.PDF>
- Mokhtari, M., & Sarraf, A. R. A. (2023). Loss Management Strategies of Drinking Water in Water Distribution Network of Isfahan City. 34(1), 96–109. <https://doi.org/10.22093/wwj.2022.345439.3262>
- Mutikanga, H. E., Sharma, S. K., & Vairavamoorthy, K. (2011). Multi-criteria Decision Analysis: A Strategic Planning Tool for Water Loss Management. *Çinde Water Resources Management*. <https://doi.org/10.1007/s11269-011-9896-9>
- Ömürbek, N., & Şimşek, A. (2014). Analitik Hiyerarşi Süreci Ve Analitik Ağ Süreci Yöntemleri İle Online Alışveriş Site Seçimi. *Journal of Management and Economics Research*, 22(22), 306–306. <https://doi.org/10.11611/jmer214>
- Rizzo, A., & Cilia, J. (2005). Quantifying meter under-registration caused by the ball valves of roof tanks (for indirect plumbing systems). *Leakage* 2005, 1–12. Retrieved from: <http://rash.apanela.com/tf/leakage/Quantifying%20Meter%20Under-Registration%20Caused%20by%20the%20Ball%20Valves%20of%20Roof%20Tanks.pdf>
- Saaty, R. W. (1987). The analytic hierarchy process-what it is and how it is used. *Mathematical Modelling*, 9(3–5), 161–176. [https://doi.org/10.1016/0270-0255\(87\)90473-8](https://doi.org/10.1016/0270-0255(87)90473-8)
- Saaty, T. L. (2002). Decision making with the Analytic Hierarchy Process. *Scientia Iranica*, 9(3), 215–229. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s11269-008-9284-2>
- Tüzemen, A., & Özdağoğlu, A. (2007). Doktora öğrencilerinin eş seçiminde önem verdikleri kriterlerin Analitik Hiyerarşi Süreci yöntemi ile belirlenmesi. *İkdisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 1(21), 216–232. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/30139>
- Wind, Y., & Saaty, R. W. (1980). Marketing Applications of The Analytic Hierarchy Process. *Management Science*, 26(7), 641–658. <https://doi.org/DOI:10.1287/mnsc.26.7.641>
- Xin, K., Tao, T., Lu, Y., Xiong, X., & Li, F. (2014). Apparent losses analysis in district metered areas of water distribution systems. *Water Resources Management*, 28(3), 683–696. <https://doi.org/10.1007/S11269-013-0508-8>
- Yılmaz, S., Fırat, M., Bozkurt, C., & Özdemir, Ö. (2021). Identification of the priority regions in the customer water meters replacement using the AHP and ELECTRE methods. *Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences*, 39(4), 331–342. <https://doi.org/10.14744/sigma.2021.00022>

Yılmaz, S. (2017). Müşteri Sayaçlarının Su Kayıplarına Etkisinin Araştırılması (Yüksek Lisans Tezi). Erişim adresi: <https://abakus.inonu.edu.tr/items/2339ddad-57cb-4740-a9f8-105e12e307d3>

Zyoud, S. H., Kaufmann, L. G., Shaheen, H., Samhan, S., & Fuchs-Hanusch, D. (2016). A framework for water loss management in developing countries under fuzzy environment: Integration of Fuzzy AHP with Fuzzy TOPSIS. Expert Systems with Applications. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2016.05.016>