



**TÜRKİYE'YE ÖZGÜ İÇME SUYU ARITMA
TESİSLERİ SKORLAMA SİSTEMİ MODELİNİN
OLUŞTURULMASI VE TESİSLERİN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Cansu BAYHAN

Doktora Tezi
Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı
Prof. Dr. Ergün YILDIZ
2025

(Her hakkı saklıdır.)

T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

**TÜRKİYE'YE ÖZGÜ İÇME SUYU ARITMA TESİSLERİ SKORLAMA SİSTEMİ
MODELİNİN OLUŞTURULMASI VE TESİSLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

(Creating a Scoring System Model for Drinking Water Treatment Plants Specific to Turkey
and Evaluation of the Facilities)

DOKTORA TEZİ

Cansu BAYHAN

Danışman: Prof. Dr. Ergün YILDIZ

Erzurum
Mayıs, 2025

KABUL VE ONAY TUTANAĞI

Cansu BAYHAN tarafından hazırlanan “Türkiye’ye Özgü İçme Suyu Arıtma Tesisleri Skorlama Sistemi Modelinin Oluşturulması ve Tesislerin Değerlendirilmesi” başlıklı çalışması 11 / 06 / 2025 tarihinde yapılan tez savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak jürimiz tarafından Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Çevre Bilimleri Bilim Dalında Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı:	Prof. Dr. Alper NUHOĞLU <i>Atatürk Üniversitesi</i>	Aslı Islak İmzalıdır
Danışman:	Prof. Dr. Ergün YILDIZ <i>Atatürk Üniversitesi</i>	Aslı Islak İmzalıdır
Jüri Üyesi:	Prof. Dr. Osman Nuri ATA <i>Atatürk Üniversitesi</i>	Aslı Islak İmzalıdır
Jüri Üyesi:	Doç. Dr. Nejdet DEĞERMENCİ <i>Kastamonu Üniversitesi</i>	Aslı Islak İmzalıdır
Jüri Üyesi:	Doç. Dr. Sinan KUL <i>Bayburt Üniversitesi</i>	Aslı Islak İmzalıdır

Bu tezin Atatürk Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği’nin ilgili maddelerinde belirtilen şartları yerine getirdiğini onaylarım.

Prof. Dr. Alper NUHOĞLU
Enstitü Müdürü

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

ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU

Doktora Tezi olarak Prof. Dr. Ergün YILDIZ danışmanlığında sunulan “Türkiye’ye Özgü İçme Suyu Arıtma Tesisleri Skolama Sistemi Modelinin Oluşturulması ve Tesislerin Değerlendirilmesi” başlıklı çalışmanın tarafımızdan bilimsel etik ilkelere uyularak yazıldığını, yararlanılan eserlerin kaynakçada gösterildiğini, Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından belirlenmiş olan Turnitin Programı benzerlik oranlarının aşılmadığını ve aşağıdaki oranlarda olduğunu beyan ederiz.

Tez Bölümleri	Tezin Benzerlik Oranı (%)	Maksimum Oran (%)
Giriş	3	30
Kuramsal Temeller	19	30
Materyal ve Yöntem	18	35
Bulgular	2	20
Tartışma	0	20
Tezin Geneli	7	25

Not: Yedi kelimeye kadar benzerlikler ile Başlık, Kaynakça, İçindekiler, Teşekkür, Dizin ve Ekler kısımları tarama dışı bırakılabilir. Yukarıdaki azami benzerlik oranları yanında tek bir kaynaktan olan benzerlik oranlarının %5’den büyük olmaması gerekir.

Beyan edilen bilgilerin doğru olduğunu, aksi halde doğacak hukuki sorumlulukları kabul ve beyan ederiz.

Tez Yazarı (Öğrenci)
Cansu BAYHAN
11.6.2025
İmza: Aslı Islak İmzalıdır

Tez Danışmanı
Prof. Dr. Ergün YILDIZ
11.06.2025
İmza: Aslı Islak İmzalıdır

* Tez ile ilgili YÖKTEZ’de yayınlamasına ilişkin bir engelleme var ise aşağıdaki alanı doldurunuz.

☐ Tezle ilgili patent başvurusu yapılması / patent alma sürecinin devam etmesi sebebiyle Enstitü Yönetim Kurulunun/....../.... tarih ve sayılı kararı ile teze erişim 2 (iki) yıl süreyle engellenmiştir.

☐ Enstitü Yönetim Kurulunun/....../.... tarih ve sayılı kararı ile teze erişim 6 (altı) ay süreyle engellenmiştir.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın her aşamasında yolumu aydınlatan, bilimsel bakış açısını kazanmamda rehberlik eden ve karşılaştığım her sorunda bilgi ve tecrübesini sonuna kadar paylaşan çok değerli danışmanım ve Tez İzleme Komitesi Üyesi Sayın Prof. Dr. Ergün YILDIZ'a,

Tez çalışma sürecimde desteğini esirgemeyen Tez İzleme Komitesi üyesi hocam Sayın Prof. Dr. Alper NUHOĞLU'na ve Sayın Prof. Dr. Osman Nuri ATA'ya,

Çalışmam boyunca karşılaştığım sorunların çözümünde bana her daim destek olan ve doktora eğitimim boyunca yardımlarını esirgemeyen Sayın Dr. Vahdettin TOSUNOĞLU'na, Dr. Öğr. Üyesi Onur SÖZÜDOĞRU'na, ve Sayın Dr. Atilla TAŞDEMİR'e,

Çalışmam için gerekli altyapıyı sağlayan Atatürk Üniversitesine ve 10197 nolu proje ile maddi destek sağlayan Atatürk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon birimine,

Çalışmam için 2018 yılından itibaren mühendis olarak görev almakta olduğum ve içme suyu ve içme suyu arıtımı konusunda tecrübe kazanmama vesile olan İller Bankası ve İller Bankası Erzurum Bölge Müdürlüğü'nde çalışan kıymetli mesai arkadaşlarıma,

Çalışmam kapsamında pilot tesis olarak yer alan Erzurum (Merkez) İçme Suyu Arıtma Tesisi'nde teknik bilgi ve deneyimiyle sürece katkı sunan, destek ve işbirliğini hiçbir zaman esirgemeyen Kimya Mühendisi Dr. Mehmet Koray ÇELİK'e,

Çalışmalarım ve hayatımın her aşamasında bana destek veren ve bugünlere gelmemde sonsuz emek gösteren aileme,

Bu zorlu ve uzun yolculukta beni her koşulda destekleyen, sevgisiyle güç veren, dualarıyla yanımda olan sevgili kardeşim Burak BAYHAN'a

Son olarak hayatımın her döneminde olduğu gibi, bu zorlu doktora sürecinde de bana en büyük desteği veren, sevgisi ve dualarıyla yanımda olan ve bana inanmaktan hiçbir zaman vazgeçmeyen sevgili babam Orhan BAYHAN'a ve annem Nuray BAYHAN'a

Bu çalışmayı, yalnızca bir akademik başarı olarak değil, aynı zamanda hayallerim ve emeklerimin bir simgesi olarak görüyor, bu uğurda bana inanan ve yolumu açan herkese,

sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Cansu BAYHAN

ÖZET

DOKTORA TEZİ

TÜRKİYE'YE ÖZGÜ İÇME SUYU ARITMA TESİSLERİ SKORLAMA SİSTEMİ MODELİNİN OLUŞTURULMASI VE TESİSLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Cansu BAYHAN

Danışman: Prof. Dr. Ergün YILDIZ

Amaç: İçme suyu arıtma tesisi skorlama modeli, tesislerin teknik ve operasyonel özelliklerine göre belirli kriterler üzerinden değerlendirilmesini ve sınıflandırılmasını sağlayan sistematik bir cetveldir. Bu çalışmanın amacı; içme suyu arıtma tesislerine ilişkin ülkemize özgü bir skorlama modelinin oluşturulması, böylece tesislerin standardizasyonu için bir alt yapının elde edilmesi ve içme suyu arıtma tesislerin güncel durumlarının ayrıntılı olarak değerlendirilmesidir.

Yöntem: Çalışmada ilk olarak ülkemize özgü bir skorlama modelinin geliştirilmesi için 81 il ve 922 ilçede bulunan içme suyu ve içme suyu arıtma tesislerine ait verilerin ilgili kurum ve kuruluşlardan (T.C Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, İller Bankası) temin edilmesi ile başlanılmıştır. Tesislere ait veriler daha sonra FileMaker programı kullanılarak veri tabanına aktarılmıştır. Dünyadaki diğer farklı skorlama modellerinin de incelenmesiyle ülkemiz mevzuatına da uygun bir şekilde skorlama modeli oluşturulmuştur. Bu modelde içme suyu arıtma tesislerinin kapasitesi, ham su kaynağı ve kalitesi, kullanılan arıtma prosesleri, arıtma prosesi dışında kalan destek üniteleri ve enstrümantal donanım gibi kriterler yer almaktadır. Toplamda 180 adet içme suyu arıtma tesisinin bu kriterlerden aldıkları puanlar toplanarak her bir tesisin toplam skoru elde edilmiştir. Skorlar belirlendikten sonra tesis puanlarına göre ülkemizdeki içme suyu arıtma tesisleri çok büyük, büyük, orta, küçük ölçekli ve çok küçük olmak üzere 5 ayrı katgorite sınıflandırılmıştır. Daha sonra bu veriler Excel ortamına taşınmış ve pivottable özelliği kullanılarak ayrıntılı bir şekilde değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmeler bölgesel bazda yapıldığı gibi, ham su kaynak ve özellikleri, debi, arıtma teknolojisi, çalışan ve vardiya sayısı gibi işletmeye ait diğer parametlerin skorlamaya olan etkileri de belirlenmiştir. Bu sayede tesislerin mevcut durumları da ortaya konulmuştur. Veriler dünyadaki diğer skorlama modellerine de uygulanarak ülkemize özgü bir skorlama modelinin gerekliliği gösterilmeye çalışılmıştır.

Bulgular: Tez çalışmasında oluşturulan skorlama modeli ile sınıflandırılan tesis 81 il ve 922 ilçe bazında değerlendirilip 180 adet kapsamlı içme suyu arıtma tesisine, 866 adet klorlama sistemi ve şebeke dağıtım yapısına sahip içme suyu tesisine olmak üzere toplamda 1046 adet içme suyu tesisine ölçek ve standardizasyon kazandırılmıştır. Ülkemize özgü oluşturulan skorlama modeli sonucuna göre 25 adet çok küçük ölçekli, 40 adet küçük ölçekli, 67 adet orta ölçekli, 33 adet büyük ölçekli ve 15 adet çok büyük ölçekli içme suyu arıtma tesisi olduğu gösterilmiştir. Türkiye’de toplam içme suyu tesis sayısının %17,2’i arıtma tesisidir. İçme suyu arıtma tesislerinin ise %15,56’sı paket arıtma tesisi %84,44’ü ise konvansiyel tip arıtma tesisidir. İçme suyu arıtma tesislerinin bölgesel dağılımları ise bölgelerin coğrafi özellikleri, nüfus dağılımı ve bölgenin gelişmişlik düzeyi ile açıklanmıştır. Ülkemizdeki içme suyu arıtma tesislerinin % 37,2’si orta ölçekli tesislerden oluşmaktadır. Çok küçük ölçekli tesisler düşük kapasite ve sınırlı teknolojiye sahipken büyük ve çok büyük ölçekli ölçekli tesisler yüksek kapasiteli, ileri arıtma teknolojileri kullanan, ülke genelinde en kapsamlı hizmeti sunan ve yüksek verimlilikte çalışan tesisler olarak belirlenmiştir. Büyük ölçekli tesislerin Marmara ve Ege bölgesinde, küçük ölçekli ve çok küçük ölçekli tesisler ise Doğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde daha yaygın görülmektedir. En yaygın debi aralığı 4.000–20.000 m³/gün olarak belirlenmiştir.

Türkiye genel ortalama skoru 69,7 olup; Akdeniz, Marmara ve İç Anadolu bölgesi ortalamanın üzerinde skora sahipken, küçük ve çok küçük ölçekli tesislerin olmadığı Akdeniz bölgesi 92,66 ile en yüksek genel ortalama skoruna sahipken, en düşük skor ise 59,29 skor ortalaması ile Doğu Anadolu bölgesi olmuştur. Türkiye'deki 180 içme suyu arıtma tesisi içinde, 145 tesisin ham su kalite sınıfları (A1, A2, A3) ile kullanılan proses dizaynı arasında uyumsuzluklar olduğu belirlenmiş, sadece 35 tesisin su kalitesine göre uygun tasarlandığı anlaşılmıştır.

Çok küçük ve küçük ölçekli tesislerde boyutlandırma ve ham su kriteri puanı toplam genel skorun yaklaşık olarak % 40'ına tekabül ederken ölçek sınıfı büyüdükçe bu oran yaklaşık olarak % 25'e düşmektedir. Skorlama neticesi Türkiye'de içme suyu arıtma tesislerinin ham su kaynağının öncelikli olarak yüzey sularına dayandığını göstermektedir. Akarsu ve barajlar toplamda 135 tesise kaynak sağlamak ve bu da tüm kaynakların %53'ünü oluşturmaktadır. Türkiye'deki içme suyu arıtma tesislerinde gerekli operatör sayısı 2.642 iken mevcut sayının çok yetersiz olduğu belirlenmiştir. Özellikle küçük ve orta ölçekli tesislerde personel yetersizliği vardır. Tez kapsamında tesis ölçeğine göre gerekli personel & vardiya sayısı hesaplanmış ve önerilmiştir.

Sonuç: Ülkemizde bulunan içme suyu arıtma tesisleri geliştirilen skorlama modeli kullanılarak tek tek puanlandırılmıştır. Böylece tesisler sınıflandırılarak, farklı ülkelerin skorlama modelleri ile kıyaslanmıştır. Ülkemize özgü skorlama modelinin mevcut durumu en doğru ve en tutarlı yansıtan model olduğu gösterilmiştir. Ülkelerin gelişmişlik düzeyi, sosyoekonomik durumu ve teknik potansiyeli gibi bir çok konu skorlama modellerinin ülkeler arasındaki farklılıkların en önemli nedeni olarak belirlenmiştir. Tesislerin ölçeği küçüldükçe farklı skorlama modelleri ile ülkemiz modelinin sonuçları birbirine yaklaşmış ölçek büyüdükçe tutarsızlık artmıştır. Dolayısıyla her ülkenin kendi skorlama modelleri ile tesislerini sınıflandırmasının ve değerlendirmesinin daha tutarlı bir yaklaşım olacağı gösterilmiştir. Yapılan skorlama neticesinde elde edilen bulgular değerlendirildiğinde ülkemizdeki içme suyu arıtma tesislerinin güncel durumları ortaya konulmuş ve sorunları aşmak için gereken öneriler her bir kriter için ayrı ayrı yapılmıştır. Özetle özellikle Akdeniz, Ege ve Doğu Anadolu'da altyapı yatırımları artırılmalıdır. Ham su kalitesine uygun prosesler kullanılmalı ve personel eğitimi ile istihdam artırılmalıdır. Türkiye'deki içme suyu ve içme suyu arıtma tesislerinde yönetimsel planlama ve otomasyon desteklenmelidir. Gelecekteki tesis planlamaları için bu yeni skorlama modelinden yararlanılmasının su kaynaklarının korunması ve yönetimi açısından faydalı olacağı ve bir rehber niteliği taşıyacağı sonucuna varılmıştır. Sonuç olarak bu çalışma, Türkiye'de ilk kez içme suyu arıtma tesislerine yönelik bütüncül bir değerlendirme modeli sunmakta ve bölgesel farklılıkları gözetken planlama yapılmasını önermektedir. Geliştirilen skorlama sistemi, yerli ve özgün yapısıyla standardizasyon ve verimlilik açısından önemli katkılar sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: İçme suyu, İçme suyu arıtma tesisi, Skorlama modeli, Standardizasyon

Mayıs 2025, 207 sayfa

ABSTRACT

DOCTORAL DISSERTATION

CREATING A SCORING SYSTEM MODEL FOR DRINKING WATER TREATMENT PLANTS SPECIFIC TO TURKEY AND EVALUATION OF THE FACILITIES

Cansu BAYHAN

Supervisor: Prof. Dr. Ergün YILDIZ

Purpose: The drinking water treatment plant scoring model is a systematic framework designed to evaluate and classify facilities based on specific criteria related to their technical and operational characteristics. The aim of this study is to develop a country-specific scoring model for drinking water treatment plants in Turkey, thereby establishing a foundation for the standardization of such facilities and enabling a detailed assessment of their current conditions.

Method: In the initial phase of the study, data on drinking water and drinking water treatment plants located in 81 provinces and 922 districts across Turkey were collected from relevant institutions and authorities (T.C Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, İller Bankası) to support the development of a nationally tailored scoring model. The collected data were then transferred into a database using the FileMaker program. By reviewing various international scoring models and aligning them with national regulations, a scoring model suitable for Turkey's legislative and operational context was developed. This model incorporates criteria such as treatment plant capacity, raw water source and quality, treatment processes, auxiliary units outside the main treatment process, and instrumental equipment. Each of the 180 drinking water treatment plants was scored based on these criteria, and their total scores were calculated accordingly. Based on the scoring results, the treatment plants were classified into five categories: very large, large, medium, small, and very small scale. Subsequently, the data were transferred to Microsoft Excel, and detailed evaluations were conducted using PivotTable functionality. These evaluations included both regional analyses and assessments of how other operational parameters such as raw water source and characteristics, flow rate, treatment technology, number of staff, and number of shifts impacted the scoring results. In this way, the current operational status of the plants was clearly identified. Finally, by applying existing international scoring models to the collected data, the study demonstrated the necessity and relevance of a country-specific scoring model for Turkey.

Findings: Within the scope of the thesis, the developed scoring model was applied to facilities across 81 provinces and 922 districts, resulting in the classification and standardization of a total of 1046 drinking water facilities, including 180 comprehensive drinking water treatment plants and 866 chlorination systems and distribution networks. Based on the national scoring model, the classification revealed that 25 facilities were categorized as very small-scale, 40 as small-scale, 67 as medium-scale, 33 as large-scale, and 15 as very large-scale. It was found that 17,2% of all drinking water facilities in Turkey are treatment plants, with 15,56% of these being package-type and 84,44% being conventional treatment plants. The regional distribution of treatment plants was observed to correlate with geographical characteristics, population density, and the level of regional development. Among all treatment plants, 37,2% were medium-scale facilities. While very small-scale plants typically have limited capacity and basic technology, large and very large-scale plants are characterized by high capacity, advanced treatment technologies, broader service coverage, and higher operational efficiency. Large-scale facilities were found to be more prevalent in the Marmara and Aegean regions, whereas small and very small-scale plants were more common in the Eastern and Southeastern Anatolia regions. The most common flow rate range among the evaluated plants was identified as 4000–20000 m³/day. The average score of all treatment plants in Turkey was calculated as 69,7.

Regions such as the Mediterranean, Marmara, and Central Anatolia scored above this national average. Notably, the Mediterranean region, which does not have any small or very small-scale plants, recorded the highest average score at 92,66, while the Eastern Anatolia region had the lowest average score at 59,29. Of the 180 drinking water treatment plants analyzed, 145 exhibited mismatches between raw water quality classifications (A1, A2, A3) and the treatment process designs applied, indicating that only 35 facilities were appropriately designed based on their raw water quality. In very small and small-scale plants, the scores for sizing and raw water criteria accounted for approximately 40 % of the total score, while this share decreased to around 25% as the scale increased. Scoring results also showed that drinking water treatment plants in Turkey primarily rely on surface water sources. Rivers and dams provide water to 135 facilities, which constitutes 53% of all raw water sources. While the required number of operators in purified water treatment plants in Turkey is 2,642, it was determined that the current number is very insufficient. The study also proposed the required number of staff and shifts for each scale category of treatment plants.

Results: Each drinking water treatment plant in Turkey was individually evaluated using the developed scoring model. This allowed for the classification of the facilities and comparison with scoring models from other countries. The results demonstrated that the nationally tailored scoring model provides the most accurate and consistent reflection of the current conditions in Turkey. It was found that differences in scoring models across countries are primarily due to variations in development levels, socioeconomic conditions, and technical capacities. As the scale of the facilities decreased, the outcomes of international models and the national model showed greater similarity; however, discrepancies increased as the scale grew. This finding supports the idea that each country should develop and use its own scoring model to classify and assess treatment plants for more consistent and meaningful evaluations. The findings obtained from the scoring analysis revealed the current status of Turkey's drinking water treatment plants, and recommendations were made for each criterion to address identified issues. In summary, it is essential to increase infrastructure investments, particularly in the Mediterranean, Aegean, and Eastern Anatolia regions. Treatment processes must be selected in accordance with the quality of raw water, and staff training and employment levels should be improved. Additionally, management planning and automation should be promoted in drinking water and treatment facilities across the country. It is concluded that this new scoring model can serve as a guideline for future facility planning and will contribute significantly to the protection and management of water resources. Ultimately, this study introduces the first comprehensive evaluation model for drinking water treatment plants in Turkey and recommends planning that considers regional disparities. With its original and localized structure, the developed scoring system offers substantial contributions to standardization and operational efficiency.

Keywords: Drinking water, Drinking water treatment plant, Scoring model, Standardization

May, 2025, 207 pages

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY TUTANAĞI.....	i
ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU	ii
TEŞEKKÜR	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	vii
İÇİNDEKİLER.....	viii
TABLolar DİZİNİ.....	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiii
KISALTMALAR DİZİNİ	xvii
GİRİŞ.....	1
Tezin Amacı.....	5
Tezin Ana Katkıları.....	5
KURAMSAL TEMELLER.....	7
İçme Suyu Arıtma Tesisleri	7
Su kaynakları ve kalitesi	7
Yüzeysel ve yeraltı su kaynakları için temel akım şeması.....	10
İçme suyu arıtımında genel esaslar ve kademelendirme (kapasite artışı)	13
İçme sularında temel arıtma prosesleri	13
İçme suyu arıtımında skrlama modeli	23
Literatürde içme suyu arıtımında skrlama modellerinin kullanımı	23
Literatürde ve ülkemizde içme suyu arıtımında operatör ihtiyacının belirlenmesi.....	30
MATERYAL ve METOT	37
Mevzuat.....	38
Skrlama Modeli ve Bileşenleri.....	39
Skrlamada kullanılan kriterlerin tanımı, özellikleri ve puanlama esasları	44
Skrlama Modelinde Puan Skalalarının Belirlenmesinde Uygulanan Metadoloji	54
Örnek Uygulama: Erzurum Merkez İçme Suyu Arıtma Tesisleri.....	57
ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	63
Skrlama Sonuçları	63
Temel Skrlama Kriterlerinin Modele Etkisi.....	69
Temel Sınıflandırma Kriterlerinin Modele Etkisi	76
Farklı Skrlama Modellerinde Avantaj ve Dezavantajlar.....	76
Farklı skrlama modellerinin ülkemiz tesislerine uygulanması.....	77

Ülkemize özgü skarlama ve sınıflandırma modeli oluşturma ihtiyacı.....	82
Bölgesel Olarak İçme Suyu Arıtma Tesislerinin Değerlendirilmesi	83
Skarlanan kriterlere ait genel değerlendirme	105
Ülkemize özgü sınıflandırma sonucuna göre personel hesaplama modülü	145
Örnek Uygulama Pilot Tesis	149
Sınıflandırma Sonuçları	150
Ülkemiz içme suyu arıtma tesislerinde skarlama ve sınıflandırma neticesinde tespit edilen tasarım ve işletme sorunları ile çözüm önerileri	155
SONUÇ ve ÖNERİLER	164
KAYNAKÇA	178
EKLER	183
EK 1. TESİS BİLGİ FÖYÜ	183
EK 2. DOLDURULMUŞ TESİS BİLGİ FÖYÜ.....	186
ÖZGEÇMİŞ.....	189

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. İçme Suyu Kaynaklarında Tipik Parametreler	8
Tablo 2. İçme Suyu Arıtımında Temel Prosesler	9
Tablo 3. Gelişmiş Ülkelere Ait Skolama Modeli (MACA).....	26
Tablo 4. Gelişmekte olan ülkelere ait skolama modeli (WTP)	28
Tablo 5. Ülkemizde İçme Sularına Yönelik Mevzuat	39
Tablo 6. Ülkemize Özgü Oluşturulan Skolama Sistemi Şablonu.....	40
Tablo 7. Sınıf Aralıklarının Belirlenmesinde Göz Önüne Alınan Değerler	56
Tablo 8. Belirlenen 5 Adet Sınıfın Limit, Sınır ve Sınıf Değerleri İle Frekansları	56
Tablo 9. Örnek Uygulama (Erzurum Merkez İçme Suyu Arıtma Tesisi).....	59
Tablo 10. Türkiye’de İçme Suyu Arıtma Tesisleri	63
Tablo 11. Kategori Geçişlerindeki Artış ve Azalış Oranları.....	68
Tablo 12. WTP ve Türkiye için Skolama Modelinde Debi-Puan Aralıkları	70
Tablo 13. MACA Modelinde Kirlilik Potansiyeline Göre Puanlandırma	70
Tablo 14. Ülkemiz Modelinde Kirlilik Potansiyeline Göre Puanlandırma.....	71
Tablo 15. MACA, WTP ve Ülkemize Özgü Oluşturulan Skolama Modellerindeki Benzer ve Farklı Kriterler.....	75
Tablo 16. Farklı Skolama Modellerinin Uygulanmasının Avantaj ve Dezavantajları	77
Tablo 17. Farklı Skolama Modellerinde Uygulama	78
Tablo 18. Farklı Skolama Modellerinde Ölçeklerin Yakınlığı.....	81
Tablo 19. Bölgelere Ait Tesis Ölçek ve Sayıları	84
Tablo 20. Bölgelere Ait Tesis Ölçeklerine Göre % Değerler	85
Tablo 21. Bölgelere Ait Tesislerin Genel Ortalama Skor Toplamı	86
Tablo 22. Doğu Anadolu Bölgesi için Mevcut Durum.....	89
Tablo 23. Güneydoğu Anadolu Bölgesi için Mevcut Durum	90
Tablo 24. İç Anadolu Bölgesi için Mevcut Durum	91
Tablo 25. Karadeniz Bölgesi için Mevcut Durum	92
Tablo 26. Akdeniz Bölgesi için Mevcut Durum.....	93
Tablo 27. Marmara Bölgesi için Mevcut Durum.....	94
Tablo 28. Ege Bölgesi için Mevcut Durum	95
Tablo 29. Türkiye için Mevcut Durum	96
Tablo 30. Bölgelere ait Nüfus ve İ.S.A.T, İ.T ve Toplam Tesis Sayısı	98
Tablo 32. Bölgelere Ait Nüfus ve Milyon Kişi Başına Düşen Tesis Oranları.....	101
Tablo 33. Doğu Anadolu Bölgesi Boyutlandırma Kriterinin Puan İlişkisi.....	105

Tablo 34. Güneydoğu Anadolu Bölgesi Boyutlandırma Kriterinin Puan İlişkisi	106
Tablo 35. İç Anadolu Bölgesi Boyutlandırma Kriterinin Puan İlişkisi	107
Tablo 36. Karadeniz Bölgesi Boyutlandırma Kriterinin Puan İlişkisi	108
Tablo 37. Akdeniz Bölgesi Boyutlandırma Kriterinin Puan İlişkisi	109
Tablo 38. Marmara Bölgesi Boyutlandırma Kriterinin Puan İlişkisi	110
Tablo 39. Ege Bölgesi Boyutlandırma Kriterinin Puan İlişkisi	111
Tablo 40. Bölgeler İle Boyutlandırma Kriterinin Puan İlişkisi	112
Tablo 41. Boyutlandırma Kriteri ve Ham Su Kalite Sınıfı İlişkisi	114
Tablo 42. Ham Su Kaynağı Sayısı ve Skoru	117
Tablo 43. Bölge Bazında Ham Su Kaynağı Sayısı	118
Tablo 44. Ham Su Kalite Sınıfı Sayısı	123
Tablo 45. Ham Su Kalite Sınıfı Sayısı, Boyutlandırma Skoru ve Toplam Skor	126
Tablo 46. Bölgelere Ait Debi Aralıkları	130
Tablo 47. Bölgelere Ait Ana Koagülant ve Yardımcı Koagülant İlavesi	132
Tablo 48. Bölgelere Ait Dezenfeksiyonda Kullanılan Proseslerin Sayısı	134
Tablo 49. Ölçek Bazında Dezenfeksiyonda Kullanılan Proseslerin Sayısı	135
Tablo 50. Bölge Bazında Koagülasyon-Flokülasyonda Kullanılan Karıştırıcı Tipi ve Sayısı	137
Tablo 51. Ölçek Bazında Karıştırıcı Tipi ve Sayısı	138
Tablo 52. Bölgelere Ait Proseslerden Alınan Skor Sonuçları	142
Tablo 53. Bölgelere Ait Proseslerden Alınan Skor Sonuçları	142
Tablo 54. Bölgelere Ait Proses Skorlarının Genel Skor ve Kriter Toplam Skoru İçerisinde Oranı	143
Tablo 55. Erzurum İ.A.T İçin Farklı Modellerin Operatör Sayısı	145
Tablo 56. Tesis Sınıfına Göre Ülkemize Özgü Önerilen Personel ve Vardiya Sayısı	146
Tablo 57. Tesislerde Bulunması Gereken Personel Pozisyon, Görev ve Yüzde Dağılımı	148
Tablo 58. Ülkemize Özgü Oluşturulan Sınıflandırmada Tesislerin Ölçeklerine Göre Personel Pozisyonları	148
Tablo 59. Ülkemize Özgü Oluşturulan Sınıflandırmada Asgari Düzeyde Personel Nitelik ve Niceliği	148
Tablo 60. Türkiye’de İçme Suyu Arıtma Tesisleride Mevcut ve Olması Gereken Operatör ve Vardiya Sayıları	150
Tablo 61. Paket ve Konvansiyonel Arıtma Tesislerine Ait Özellikler	156
Tablo 62. Paket ve Konvansiyonel Arıtma Tesislerinde İşletme Sorunları	157

Tablo 63. Ölçek Durumlarına Göre Arıtma Tesislerinde En Yaygın Görülen Proseslere Ait İşletme Sorunları	161
Tablo 64. Ölçek Durumlarına Göre Arıtma Tesislerinde Proseslerin Zorluk Dereceleri	161



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Yüzeysel sulardan nehir için akım şeması	10
Şekil 2. Yüzeysel sulardan göl için akım şeması	11
Şekil 3. Yüzeysel sulardan daha düşük askıda katı madde içeriğine sahip göl suları için akım şeması	11
Şekil 4. Yeraltı sularından kuyu için akım şeması	12
Şekil 5. Yeraltı sularından kuyu için yumuşatma prosesi akım şeması	12
Şekil 6. İçme suyu arıtma tesislerine ait örnek su alma yapısı.....	14
Şekil 7. İçme suyu arıtma tesislerine ait örnek giriş yapısı	15
Şekil 8. İçme suyu arıtma tesisine ait örnek havalandırma ünitesi	16
Şekil 9. İçme suyu arıtma tesisine ait örnek ozonlama ünitesi.....	17
Şekil 10. İçme suyu arıtma tesisine ait örnek kimyasal dozlama ünitesi	17
Şekil 11. İçme suyu arıtma tesisine ait örnek lamel tipi durultucu ünitesi.....	19
Şekil 12. İçme suyu arıtma tesisine ait örnek filtrasyon ünitesi.....	20
Şekil 13. İçme suyu arıtma tesisine ait örnek klorlama ünitesi	21
Şekil 14. İçme suyu arıtma tesisine ait örnek scada ve otomasyon ünitesi	23
Şekil 15. Tez çalışmasında kullanılan Pivottable şablonu	38
Şekil 16. FileMaker programında tasarlanan skarlama modeli sayfa 1	52
Şekil 17. FileMaker programında tasarlanan skarlama modeli sayfa 2	52
Şekil 18. FileMaker programında tasarlanan skarlama modeli sayfa 3	53
Şekil 19. FileMaker programında tasarlanan skarlama modeli sayfa 4	53
Şekil 20. FileMaker programında tasarlanan skarlama modeli sayfa 5	54
Şekil 21. Erzurum (Merkez) İçme Suyu Arıtma Tesisı akım şeması.....	57
Şekil 22. İçme suyu arıtma tesislerinin ölçeklerine göre yüzdesel dağılımı	67
Şekil 23. Tesislerin sınıflarına göre frekansları (%).....	68
Şekil 24. Kategori geçişlerindeki artış ve azalış oranları grafiğı	69
Şekil 25. En küçük tesis, Üsküp İçme Suyu Arıtma Tesisı.....	73
Şekil 27. Bölgelerin tesis ölçeklerine sayısı.....	84
Şekil 28. Bölgelere göre tesis ölçeklerinin yüzde dağılımı	85
Şekil 29. Bölgelere ait genel ortalama skor sonuçları	86
Şekil 30. Bölgelere ait ölçek durumuna göre ortalama skor sonuçları.....	87
Şekil 31. Türkiye’de ölçek gruplarına göre ortalama skor	88
Şekil 32. Türkiye’de bulunan illerin içme suyu arıtma tesisleri ortalama skor sonuçları	88
Şekil 33. Doğu Anadolu Bölgesi arıtma tesislerinin ölçeklerine göre yüzdesel dağılımı.....	90

Şekil 34. Güneydoğu Anadolu Bölgesi arıtma tesislerinin ölçeklerine göre yüzdesel dağılımı	91
Şekil 35. İç Anadolu Bölgesi arıtma tesislerinin ölçeklerine göre yüzdesel dağılımı.....	92
Şekil 36. Karadeniz Bölgesi arıtma tesislerinin ölçeklerine göre yüzdesel dağılımı	93
Şekil 37. Akdeniz Bölgesi arıtma tesislerinin ölçeklerine göre yüzdesel dağılımı	94
Şekil 38. Marmara Bölgesi arıtma tesislerinin ölçeklerine göre yüzdesel dağılımı.....	95
Şekil 39. Ege Bölgesi arıtma tesislerinin ölçeklerine göre yüzdesel dağılımı	96
Şekil 40. Türkiye arıtma tesislerinin ölçeklerine göre yüzdesel dağılımı	97
Şekil 41. Türkiye’de içme suyu altyapısının yüzdesel dağılımı.....	97
Şekil 42. Nüfus ve arıtma potansiyeli (toplam içme suyu tesisi başına düşen arıtma tesisi yüzdesi)	99
Şekil 43. Milyon kişi başına düşen içme suyu arıtma tesisi ve nüfus ilişkisi	101
Şekil 44. Bölge bazında milyon kişi başına düşen içme suyu ve içme suyu arıtma tesisleri .	104
Şekil 45. Doğu Anadolu Bölgesi boyutlandırma kriterinin puan ilişkisi	106
Şekil 46. Güneydoğu Anadolu Bölgesi boyutlandırma kriterinin puan ilişkisi	107
Şekil 47. İç Anadolu Bölgesi boyutlandırma kriterinin puan ilişkisi	108
Şekil 48. Karadeniz Bölgesi boyutlandırma kriterinin puan ilişkisi	109
Şekil 49. Akdeniz Bölgesi boyutlandırma kriterinin puan ilişkisi	110
Şekil 50. Marmara Bölgesi boyutlandırma kriterinin puan ilişkisi	111
Şekil 51. Ege Bölgesi boyutlandırma kriterinin puan ilişkisi.....	112
Şekil 52. Bölge bazında boyutlandırma kriteri, genel toplam ve boyutlandırma/genel toplam skor sonuçları	113
Şekil 53. Bölge bazında boyutlandırma/genel toplam skor sonucu ve A1 su kaynağı sayısı	115
Şekil 54. Bölge bazında boyutlandırma/genel toplam skor sonucu ve A2 su kaynağı sayısı	115
Şekil 55. Türkiye’de ham su kaynağı sayısı.....	116
Şekil 56. Türkiye’de ham su kaynağı yüzdeleri	117
Şekil 57. Türkiye’de yeraltı suyu kaynağının bölge bazında sayı ve yüzdesi.....	119
Şekil 58. Türkiye’de yüzey suyu etkisinde suyu kaynağının bölge bazında sayı ve yüzdesi	119
Şekil 59. Türkiye’de akarsu kaynağının bölge bazında sayı ve yüzdesi	120
Şekil 60. Türkiye’de göl kaynağının bölge bazında sayı ve yüzdesi	121
Şekil 61. Türkiye’de gölet kaynağının bölge bazında sayı ve yüzdesi	121
Şekil 62. Türkiye’de baraj kaynağının bölge bazında sayı ve yüzdesi	122
Şekil 63. Ham su sınıfı dağılımı.....	123
Şekil 64. Ham su A1 sınıfı	124
Şekil 65. Ham su A2 sınıfı	124

Şekil 66. Bölgelere göre ham su kaynağı kalite sınıflarına ait yüzde oranlar	125
Şekil 67. Boyutlandırma skoru ve toplam skor arasındaki ilişki.....	127
Şekil 68. Toplam skor ve A1 su sınıfı sayısı arasındaki ilişki	127
Şekil 69. Toplam skor ve A2 su sınıfı sayısı arasındaki ilişki	128
Şekil 70. Boyutlandırma skoru ve A1 su sınıfı sayısı arasındaki ilişki.....	129
Şekil 71. Boyutlandırma skoru ve A2 su sınıfı sayısı arasındaki ilişki.....	129
Şekil 72. Bölgelere ait debi aralıkları (%).....	131
Şekil 73. Debi aralıklarında içme suyu arıtma tesisi sayısı	131
Şekil 74. Bölgesel bazda ana koagülant ve yardımcı koagülant kullanan tesis sayısı	133
Şekil 75. Bölgesel bazda dezenfeksiyon prosesi kullanan tesis sayısı	135
Şekil 76. Ölçek bazında dezenfeksiyon prosesi kullanan tesis sayısı	136
Şekil 77. Ölçek bazında karıştırıcı tipi ve sayısı	137
Şekil 78. Türkiye’de ölçek bazında karıştırıcı kullanımı	139
Şekil 79. Mekanik karıştırıcının Türkiye’deki kullanımı.....	140
Şekil 80. Pompa ile karıştırmanın Türkiye’deki kullanımı	140
Şekil 81. Türkiye’de içme suyu arıtımında karıştırıcı kullanımı.....	141

KISALTMALAR DİZİNİ

A.T	: Arıtma Tesisi
BÖ	: Büyük Ölçekli Tesis
ÇBÖ	: Çok Büyük Ölçekli Tesis
ÇKÖ	: Çok Küçük Ölçekli Tesis
DYÜ	: Dezenfeksiyon Yan Ürünü
EPA	: Environmental Protection Agency
İ.T	: İçme Suyu Tesisi
İ.A.T	: İçme Suyu Arıtma Tesisi
KÖ	: Küçük Ölçekli Tesis
MACA	: Gelişmiş Ülkeler için Kullanılan Skarlama Modeli
MF	: Mikrofiltrasyon
NF	: Nanofiltrasyon
OÖ	: Orta Ölçekli Tesis
RO	: Ters Osmos
TR	: Türkiye Modeli
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
UF	: Ultrafiltrasyon
UV	: Ultraviyoleet
WTP	: Gelişmekte olan Ülkeler için Kullanılan Skarlama Modeli

GİRİŞ

Günlük yaşamda suyun önemi tartışılmazdır. Dünyada 2 milyara yakın insan kanalizasyon suyu ile kontamine olmuş içme sularını kullanmaktadır. İçme ve kullanma sularından kaynaklı her gün yaklaşık 2200 insan ölmektedir (worldmeters.info). Güvenli içme suyuna erişimin her geçen daha zorlaştığı günümüzde içme suyu arıtma tesislerinin projelendirme, yapım ve işletme aşamaları daha da önemli hale gelmektedir (Lee *et al.* 2023).

Ülkemizde yaşanan hızlı nüfus artışı, kentleşme ve sanayileşme su tüketimlerinde ciddi artışlara yol açmakta, son zamanlarda gündemi yoğun bir şekilde işgal eden küresel iklim değişikliği nedeniyle de içme suyu temininde zaman zaman dar boğazlarla karşılaşmaktadır. Küresel ısınma nedeniyle azalan yağışlar ve artan sıcaklıklarla birlikte su tüketimindeki artışların yanısıra mevcut içme suyu kaynaklarının evsel ve endüstriyel atıklarla kirlenmesi de bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır (Dieter *et al.* 2024). Bu nedenle hem kaynaktaki kirleticilerin hem de ölçülebilir mikrokirleticilerin artması ile içme suyu arıtma tesislerinin projelendirme, yapım ve işletme aşamalarının önemi daha da artmaktadır.

İçme ve kullanma sularının belirli bir kalitede ve standartta olması kanuni bir zorunluluktur. Dünyanın birçok ülkesinde içme suyu ve içme suyu arıtma tesislerine yönelik mevzuatlar çerçevesinde standartlar oluşturulmuş ve belirli standardizasyonlar uygulanmaktadır. Son yıllarda atık su arıtma tesisleri gibi içme suyu arıtma tesislerinde de skrolama ve sınıflandırma modelleri ile sertifikasyon ve standardizasyon sağlanmaya çalışılmaktadır.

Skrolama modeli; tesislerin teknik ve operasyonel özelliklerine göre belirli kriterler üzerinden puanlandığı ve bu puanlara göre sınıflandırıldığı, değerlendirme, sertifikasyon ve standardizasyon süreçlerinin yapıldığı sistemlerdir (Zhang *et al.* 2012). Sertifikasyon ve standardizasyon süreci, tesisin belirli kalite standartlarını karşıladığının doğrulanması amacıyla yapılan bir dizi değerlendirme, denetim ve onay işlemlerini içermektedir. Sertifikasyon ve standardizasyon çalışmaları atık su ve içme suyu arıtma tesislerinin faaliyetlerini ulusal ve uluslararası standartlara uygun olarak sürdürmek amacıyla yapılmaktadır (De Marines *et al.* 2025). Giderek içme suyu arıtma tesislerinde de popüler olan bu modeller atık su arıtma tesislerine göre daha kritik öneme sahiptir. Atık su arıtma tesisleri ve içme suyu arıtma tesislerinde uygulanan skrolama ve standardizasyon modellerinin temel farklılıkları amaç ve odaklanılan kriterler, risk değerlendirmesi, ilgili kurum kuruluşlar ve standartlardır.

Dünya çapında birçok ülke, içme suyu ve içme suyu arıtma tesisleri için skrolama ve standardizasyon modelini uygulamaktadır. Bu ülkeler genellikle su kalitesini iyileştirmeyi, su kaynaklarını korumayı ve toplum sağlığını güvence altına almayı amaçlamaktadır. İçme suyu arıtma tesislerinin puanlanması ve sınıflandırılmasıyla ilgili uygulamalar, ülkelere ve bölgelere değişebilmektedir. Ancak bazı ülkeler bu konuda öncü rol oynamaktadır.

- Amerika Birleşik Devletleri: ABD’de, çeşitli federal ve eyalet düzeyinde kuruluşlar içme suyu arıtma tesislerinin performansını değerlendirmek ve izlemek için çeşitli standartlar ve yöntemler kullanmaktadır. Environmental Protection Agency (EPA) gibi kuruluşlar, içme suyu kalitesi standartlarını belirler ve tesislerin uyumunu denetler.
- Kanada: Kanada’da, Health Canada ve Environment and Climate Change Canada gibi kuruluşlar içme suyu arıtma tesislerinin performansını değerlendirmek ve izlemekten sorumludur.
- Avrupa Birliği Ülkeleri: Avrupa Birliği ülkeleri, AB içme suyu kalitesi direktifleri ve standartlarına uygun olarak içme suyu arıtma tesislerini değerlendirir ve izler. AB’nin belirlediği standartlar, içme suyu arıtma tesislerinin performansını belirlemek için temel alınır. Avrupa’daki diğer ülkeler de benzer şekilde, içme suyu arıtma tesislerini değerlendirmek ve sınıflandırmak için kendi ulusal standartlarını ve yöntemlerini kullanırlar. Bu ülkeler, içme suyu arıtma tesislerinin performansını değerlendirerek su kalitesini korumak ve iyileştirmek için çeşitli denetim ve izleme programları yürütürler.
- Avustralya: Avustralya’da çeşitli federal ve eyalet düzeyindeki kuruluşlar içme suyu arıtma tesislerinin performansını değerlendirir. Bunlar arasında Australian Drinking Water Guidelines ve Water Quality Guidelines bulunur.
- Diğer ülkeler: Bu ülkelerin yanı sıra, diğer bir çok ülkede içme suyu arıtma tesislerini puanlamak ve sınıflandırmak için benzer yöntemler kullanılır. Ülkeler genellikle kendi yerel koşullarına ve su kaynaklarına göre bu süreçleri uyarlar.

Ülkemizde ise içme suyu ve içme suyu arıtma tesisleri ile ilgili birden fazla kurum ve kuruluşlar aktif rol almaktadır. Söz konusu içme suyu arıtma tesislerinde proje, yapım uygulamaları ve işletme süreçleri farklı idarelerce denetlenmektedir. Bu durum ülkemizde içme suyu ve içme suyu arıtma tesisleri için yönetsel açıdan zor ve karmaşık bir yapıyı ortaya koymaktadır. Bu kurum ve kuruluşlar şunlardır:

- Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı: Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, içme suyu arıtma tesisleri ve içme suyu kalitesiyle ilgili

genel politikaları belirler ve denetler. Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, içme suyu arıtma tesislerinin lisanslama ve izleme süreçlerini yürütür.

- İller Bankası: Yerel yönetimlere, kentsel ihtiyaçlarının karşılanabilmesi amacıyla uluslararası standartlarda proje üretmek ve geliştirmek, finansman sağlamak, danışmanlık yapmak ve teknik destek vermek yoluyla sürdürülebilir bir şehirleşmeye katkı sağlama ile görevlidir.
- Sağlık Bakanlığı: Sağlık Bakanlığı, içme suyu kalitesi ve içme suyu arıtma tesislerinin hijyenik koşullarıyla ilgili standartları belirler ve denetler. İçme Suyu Hizmetleri Genel Müdürlüğü, içme suyu kalitesiyle ilgili yönetmeliklerin oluşturulması ve uygulanması konusunda görevlidir.
- Türkiye İstatistik Kurumu: TÜİK, içme suyu arıtma tesislerinin istatistiksel verilerini derler ve yayınlar. Bu veriler, ülkedeki içme suyu arıtma tesislerinin durumu ve performansı hakkında bilgi sağlamakla görevlidir.
- Çevre ve Şehircilik İl Müdürlükleri: İçme suyu arıtma tesislerinin yerel düzeyde denetimi ve izlenmesinden sorumlu olan kurumlardır. İl Müdürlükleri, içme suyu kalitesi standartlarına uygunluğu kontrol eder ve gerekli düzeltici önlemleri alır.
- Belediyeler: Belediyeler, içme suyu arıtma tesislerini işletir ve bakımını yapar. Ayrıca, içme suyu teminini ve dağıtımını sağlarlar.
- Su ve Atık Su İdaresi: Su ve Atık Su İdaresi, içme suyu kaynaklarının korunması ve sürdürülebilir yönetimi ile ilgili stratejileri belirler ve uygular.

Bu kurum ve kuruluşlar, içme suyu arıtma tesislerinin kurulması, işletilmesi, denetlenmesi ve içme suyu kalitesinin sağlanmasıyla ilgili olarak farklı roller üstlenirler ve ilgili mevzuat çerçevesinde faaliyet gösterirler. Ülkemizde içme suyu ve içme suyu arıtma tesisleri ile ilgili temel yönetmelikler şunlardır:

- İçme Suyu Yönetmeliği: Türkiye’de içme suyu kalitesini belirleyen ve içme suyu arıtma tesislerinin işletilmesi, denetlenmesi ve yönetilmesi ile ilgili temel düzenlemeleri içeren ana mevzuattır. İçme Suyu Yönetmeliği, Sağlık Bakanlığı tarafından belirlenir ve içme suyu arıtma tesislerinin sağlık standartlarına uygunluğunu sağlar.
- Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği: Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından belirlenen bu yönetmelik, içme suyu kaynaklarının korunması, su kirliliğinin kontrol altına alınması ve içme suyu arıtma tesislerinin çevresel etkilerinin azaltılması ile ilgili düzenlemeleri içerir.

- Çevresel Etkinin Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği: İçme suyu arıtma tesislerinin çevresel etkilerini değerlendirmek ve yönetmek için gereken düzenlemeleri içerir.
- Atıksu Arıtma Tesisi Yönetmeliği: İçme suyu arıtma tesislerinin yanı sıra atık su arıtma tesislerinin işletilmesi ve yönetilmesi ile ilgili düzenlemeleri içerir. Bu yönetmelik, içme suyu arıtma tesislerinin çevresel etkilerini de dikkate alır.
- Bu yönetmeliklerin yanı sıra, içme suyu arıtma tesisleri ile ilgili farklı alt yönetmelikler, genelgeler ve kılavuzlarda bulunmaktadır. Bu düzenlemeler, içme suyu arıtma tesislerinin güvenliğini, sağlığını ve çevresel etkilerini kontrol altında tutmayı amaçlar.

İnsan ve çevre sağlığı için son derece hayati öneme sahip içme suyu ve içme suyu arıtma tesislerinin birden fazla kurum, kuruluş ve idarelerce yönetimi proje, uygulama ve işletme süreçlerinde bazı problemlere yol açmaktadır. Söz konusu kurum ve kuruluşların bağlı olduğu mevzuatlar birbirinden farklı olup aynı ildeki tesislerde bile idari yapıda karışıklıklar yaşanmaktadır. Bu karışıklık içme suyu arıtma tesislerinin tam istenildiği gibi projelendirilememesine, gereğinden fazla veya düşük kapasitede tasarım yapılmasına ve işletme maliyetlerinin de yüksek olmasına yol açabilmektedir.

Ülkemizde içme suyu arıtma tesislerinde proje, uygulama ve işletme aşamalarında karşılaşılan genel sorunlar ise şu şekilde özetlenebilir;

- Tesislerin uygun kapasitede geleceğe yönelik olarak tasarlanmaması,
- yetersiz sayı ve nitelikte işletme ve bakım personeli,
- personel eğitimine önem verilmeyişi,
- tesis bütçesi yapılmadığından ve üretilen su uygun fiyatla satılmadığından veya diğer nedenlerle tesise yeterli finansmanın ayrılmaması,
- yedek parça ve kimyasal madde temininde aksamalar,
- kısa ve uzun dönemli etkin bakım programlarının gerçekleştirilmemesidir.

Bu sorunlar mevcut içme suyu arıtma tesislerinin yetersiz şekilde işletilmesine; tesislerin tasarım kapasitelerinin altında servis vermesine, arıtma veriminin düşmesine, giderek azalan ve kirlenen ülkemiz su kaynaklarının israfına ve suyun yüksek maliyetlerle üretilmesine neden olmaktadır. Dolayısıyla ülkemiz için içme suyu arıtma tesislerinde skrolama ve standardizasyon çalışmalarının olmaması bir eksiklik olarak görülmektedir.

Bu eksikliği gidermek üzere bu çalışmada; ülkemizde bulunan içme suyu arıtma tesisleri için ortak bir skrolama ve standardizasyon modelinin oluşturulması ve elde edilen veriler ışığı

altında içme suyu arıtma tesislerinin güncel durumlarının değerlendirilmesi hedeflenmektedir. Bu çalışmada içme suyu arıtma tesisleri için ülkemize özgü bir skortlama modeli ile uluslararası karşılaştırmanın yapılması, iyi uygulamaların paylaşılması, su kaynaklarının korunması ve daha iyi kamu politikalarının belirlenmesi amaçlanmaktadır.

Tezin Amacı

Bu tezin ana amacı ülkemizdeki içme suyu arıtma tesislerinin proje, uygulama ve işletme aşamalarında karşılaşılan sorunları azaltmak ve etkin maliyetli bir arıtma için ülkemize özgü bir skortlama modelinin oluşturulması ve güncel durumların değerlendirilmesidir. Böylece içme suyu arıtma tesislerinin projelendirme, yapım ve işletme hususları bir standardizasyon kazanacaktır. Bu şekilde içme suyu arıtma tesislerinin sağlıklı bir şekilde idaresi, en az giderle en iyi kalitede su üretilmesi, tesis içi su kayıplarının minimum seviyede tutulması, tesisin tüm ünite ve ekipmanlarının en iyi şekilde bakımının yapılması, tesisin ekonomik ömrünün uzatılması ve tesisin bütçesini kendi kendini finanse edecek şekilde yönetilmesi amaçlanmaktadır.

Tez çalışması ile oluşturulan model sayesinde içme suyu arıtma tesislerinin projelendirme, uygulama ve işletme esaslarının genel çerçevesiyle belirlenmesi hedeflenmektedir. Gelecekte yapılacak tesislerinde amaca en uygun şekilde tasarlanması, inşa ve işletilmesi modelin hedeflediği amaçlardan biridir. Skortlama modeli tesis inşa edilmeden nasıl planlanacağı yönünde rehber niteliği taşımaktadır. Çalışmanın sağladığı avantajlar hem mevcut hem de geleceğe yönelik tüm içme suyu arıtma tesislerini kapsamaktadır. Çalışma kapsamında elde edilen veriler kullanılarak ülkemizdeki mevcut içme suyu tesislerinin bir değerlendirilmesi de bu tez kapsamında yapılmış olacaktır.

Tezin Ana Katkıları

Arıtma tesisleri skortlama sistemi modeli, atık su ve içme suyu arıtma tesisleri üzerine sağladığı avantajlar nedeniyle çeşitli araştırmalara konu olmaktadır. Literatürdeki çalışmalar genellikle atık su arıtma tesisleri skortlama sistemi üzerinedir. Ancak son zamanlarda içme suyu arıtma tesislerinde de skortlama ve standardizasyon modelleri çalışılmaktadır. Skortlama modelinin atık su ve içme suyu arıtımında mevcut arıtma sistemlerinin performansını ve standardizasyonu oldukça arttırabileceği düşünülmektedir. Bu konuda önemli bir eksiklik ise ülkemizde daha önce çalışılmamış olmasıdır. Çalışma sayesinde ülkemize özgü model ile hem ulusal hem de uluslararası alanda geçerlilik sağlanması en önemli katkıdır.

Yapılan çalışma ile yeni bulgular ve mevcut durum ortaya konulmaktadır. Bu araştırma, içme suyu arıtma tesisleri skortlama modeli çalışması ile yenilikçi ve sürdürülebilir yöntemler çerçevesinde su kaynakları üzerindeki zararlı etkilerini azaltmayı ve herkes için güvenli ve

temiz suya sürekli erişimi sağlamayı amaçlamaktadır. Mevcut tesislerin en etkin şekilde işletilmesi ve geleceğe yönelik tasarlanacak tesislerin de amaca en uygun ve etkin maliyetli şekilde inşa edilmesi tezin katkılarındandır.

İçme suyu arıtma tesislerine yönelik ülkemize özgü bir skorlama modelinin oluşturulmasının dünya çapında da önemli katkılar sağlayabilir. Bu katkılar şu şekilde özetlenebilir;

- Uluslararası Karşılaştırma ve İyi Uygulama Paylaşımı: Ülkemizde geliştirilen skorlama modeli, diğer ülkelerle karşılaştırılarak uluslararası bir standart oluşturulmasına katkı sağlayabilir. Bu, farklı ülkelerin içme suyu arıtma tesislerini değerlendirirken benzer kriterlerin kullanılmasını ve daha tutarlı sonuçların elde edilmesini sağlayabilir.
- Bölgesel ve Küresel İyi Uygulama Örnekleri: Ülkemizde geliştirilen skorlama modeli, diğer ülkeler için bir iyi uygulama örneği olabilir. Bu model, benzer çevresel koşullara sahip olan diğer ülkelerde de uygulanabilir ve içme suyu kalitesini arttırmak için kılavuz olarak kullanılabilir.
- Su Kaynaklarının Korunması ve Sürdürülebilir Yönetim: İyi bir skorlama modeli, içme suyu arıtma tesislerinin performansını objektif bir şekilde değerlendirerek su kaynaklarının korunmasına ve sürdürülebilir yönetimine katkı sağlayabilir.
- Daha İyi Kamu Politikaları ve Yönetim Stratejileri: Ülkemize özgü bir skorlama modeli, içme suyu arıtma tesislerinin daha etkin bir şekilde yönetilmesi için temel oluşturabilir. Bu, kamu politikalarının ve yönetim stratejilerinin belirlenmesinde önemlidir.
- Standartlaşma ve Değerlendirme: İçme suyu arıtma tesislerini belli kriterlere göre puanlama ve sınıflandırma yöntemi, bu alanda standartlaştırılmış bir değerlendirme sürecinin oluşturulmasına yardımcı olur.
- Akademik Katkı: Gelecekte bu konunun geliştirilmesi için diğer araştırmacılara rehberlik edebilecek kaynak niteliği taşımaktadır.

Sonuç olarak; ülkemize özgü bir skorlama modeli oluşturmanın dünya çapında çeşitli katkıları olacağı değerlendirilmektedir. Bu model, uluslararası karşılaştırmaların yapılmasına, iyi uygulamaların paylaşılmasına, su kaynaklarının korunmasına ve daha iyi kamu politikalarının belirlenmesine de katkı sunabilecektir.

KURAMSAL TEMELLER

İçme Suyu Arıtma Tesisleri

Bir içme suyu arıtma tesisinin temel görevi, uygun kalite standartlarını sağlayacak ve kullanıcılara uygun bir bedel karşılığında içme suyu üretmektir. İçme suyunda istenilen özellikler suyun kokusuz, renksiz, berrak, içimi serinletici olması, mikroorganizma içermemesi, zararlı kimyasal madde ihtiva etmemesi ve agresif olmamasıdır. İçme sularında bu şartları sağlamak ve suda bulunması istenmeyen maddelerin belirli bir seviye altında tutulması için hem dünyada hem ülkemizde belirli standartlar kullanılmaktadır. Bu standartlar ülkeler için Dünya Sağlık Örgütü (WHO), USEPA gibi kuruluşlar iken ülkemiz için TS-266'dır. İçme sularında standartları sağlamak için arıtma tesislerine ihtiyaç duyulmaktadır.

İçme suyunun kaynaktan alınarak, isale edilmesi, arıtılarak istenen kalite ve standartların sağlanması son olarak da tüketiciye servis edilmesi su temininin başlıca konularıdır. İçme suyu arıtma tesisleri ilk yatırım ve işletme maliyeti yüksek tesisler olduğundan içme suyu kaynağının uygun seçimi doğrudan tasarruf sağlamaktadır. İçme suyu kaynağının özelliklerinin iyi bilinerek içme suyu güvenliğinin sağlanması en mühim husustur (Dieter et al. 2024).

Su kaynakları ve kalitesi

Saf su renksiz, kokusuz ve tat içermeyen sudur. Su önemli bir çözücü olduğu için su kaynakları temas ettiği birçok minerali içermektedir. Bu sebeple su kaynakları, kimyasal ve biyolojik safsızlık ihiva eder.

Su kaynakları en temelde yeraltı suları ve yüzeysel sular olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Yüzeysel sular ise genel olarak durağan ve akış halindeki su kaynaklarıdır. Durağan yüzeysel su kaynakları (göl vb.); kum, silt, mikroorganizma, organik ve inorganik yapıda bileşikleri içerebilir. Akış halindeki yüzeysel su kaynakları (nehir vb.); durağan kaynaklara nazaran daha fazla askıda katı madde konsantrasyonuna sahiptir. Yüzeysel suların yer altına sızması, askıda katı madde içeriğinin ve mikroorganizmaların giderimini sağlar. Ancak bununla beraber yeraltına süzülme sırasında zemindeki mineral yapısı, konsantrasyonu, akifer kalınlığı ve hidrojeolojik özelliklerde etkindir. Su kaynakları; akarsular, kaynaklar, göller, baraj ve göletler, adi ve keson kuyular, sondaj kuyuları ve denizdir.

Su kaynakları, askıda ve çözünmüş formda inorganik ve organik maddeler ile mikroorganizma ihtiva eder. Bu maddeler kaynaklar veya atıklar vasıtası ile suya karışır. İçme suları kaynaklarında inorganik bileşenler; bikarbonat, klorür, sülfat, nitrat, fosfat, kalsiyum, magnezyum, sodyum ve potasyum tuzlarıdır. Ayrıca eser oranda demir, mangan, kurşun, bakır, arsenik bulunabilir. Organik bileşenler bitki ve hayvan artıklarının parçalanması veya doğal akışı ile suya karışır. İçme suları kaynaklarında organik bileşenler; doğal hümitik maddeler, deterjanlar, pestisitler, zirai ilaçlar ve çözücüler gibi sentetik maddelerdir (Dieter *et al.* 2024). Su kaynaklarına göre su kalite parametreleri Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. İçme Suyu Kaynaklarında Tipik Parametreler (İller Bankası İçme Suyu Arıtma Tesisi Projesi Proses Şartnamesi 2013)

Parametre	Yüzey suyu	Yeraltı suyu
Koliform MPN/100 ml	2000	100
Virüs PFU/100 ml	10	1
TOK mg/L	3	0,5
Toplam N mg/L	3	10
Toplam P mg/L	0,05	0,01
Ca mg/L	20	50
Mg mg/L	3	5
Bulanıklık NTU	10	0,5
Sertlik mg CaCO ₃ /L	90	120
Alkalinite mg/L	100	150

İçme suyu arıtımında kullanılan temel prosesler Tablo 2’de özetlenmiştir. İçme suyu arıtımında proses seçimi yapılırken laboratuvar veya pilot ölçekli saha deneyleri yapılabilir. Yüzeysel sular ve yüzeysel su etkisindeki yeraltı sularının arıtıldığı tesisler, mikroorganizma ve bulanıklık giderimi için filtrasyona tabi tutulmalı ve dezenfeksiyon uygulanmalıdır. Filtrasyon prosesinin seçimi, tasarımı ve işletimi ham suyun içerdiği partiküler formdaki katı maddeler ve koagülasyon, kimyasal yumuşatma, demir ve mangan oksidasyonu ile oluşacak katı maddelerin yüküne bağlıdır. Nispeten düşük bulanıklık, alg ve organik madde içeriğine sahip sular için direkt filtrasyon, yavaş kum filtrasyonu ve diatome uygundur. Yüksek bulanıklık ve organik madde içeriğine sahip sularda ise koagülantlar ve aktif karbon gibi kimyasalların dozlanarak ham suyun çökeltme havuzları ve hızlı kum filtrasyonu proseslerinden geçmesi gerekir.

Tablo 2. İçme Suyu Arıtımında Temel Prosesler (İller Bankası İçmesuyu Arıtma Tesisi Projesi Proses Şartnamesi 2013)

Parametre	Ana proses
Bulanıklık	Koagülasyon Flokülasyon Durultma Katı madde Çözülmüş hava Filtrasyon MF UF NF RO
Bakteri, virüs	Filtrasyon Dezenfeksiyon Klor Kloramin Klordioksit Ozon UV
Renk	Koagülasyon/ Hızlı Kum Filtrasyonu Koagülasyon/ MF UF veya NF Adsorpsiyon Oksidasyon
Tat ve koku	Oksidasyon Adsorpsiyon
Uçucu organik madde	Adsorpsiyon Hava ile sıyırma
Dezenfeksiyon Y Ü	Adsorpsiyon Hava ile sıyırma NF
Demir ve Mangan	Adsorpsiyon/ Oksidasyon
Sertlik	Yumuşatma İyon değişimi NF RO
İnorganik ve organik kimyasal madde	Adsorpsiyon İyon değişimi Oksidasyon RO

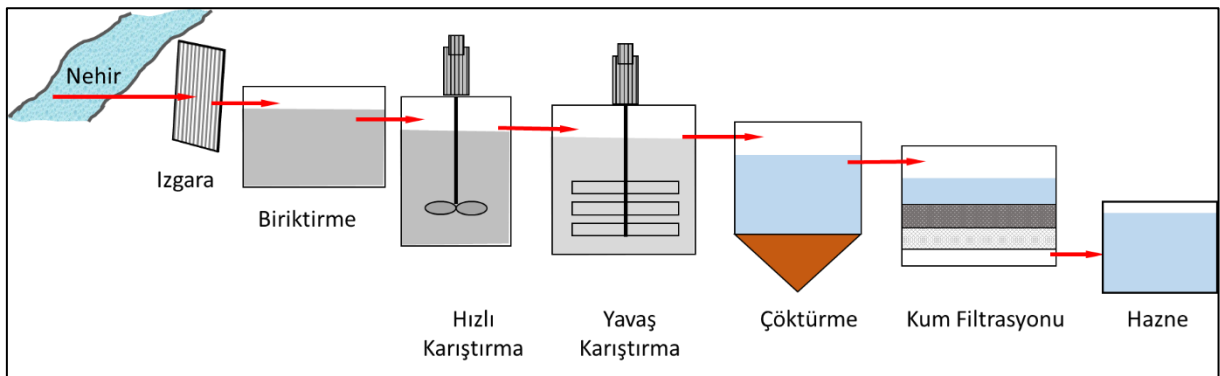
Arıtma tesisleri, arıtma işlemini en basit ve arıtma maliyetini en az olacak şekilde tasarlanmalı ve işletilmelidir. Farklı su kalite parametreleri için arıtma prosesleri ve ham su kalite parametreleri eş zamanlı değerlendirilmeli ve proses seçimi bu doğrultuda yapılmalıdır. Örneğin; koagülasyon, flokülasyon ve durultmayı takiben filtrasyon ve dezenfeksiyon

uygulamasının sıklıkla yapılması Tablo 1 ve 2 üzerinden anlaşılmaktadır. Bu tip bir tesis bulanıklık, patojen organizmalar, dezenfeksiyon yan ürünleri ve renk giderimi sağlamaktadır.

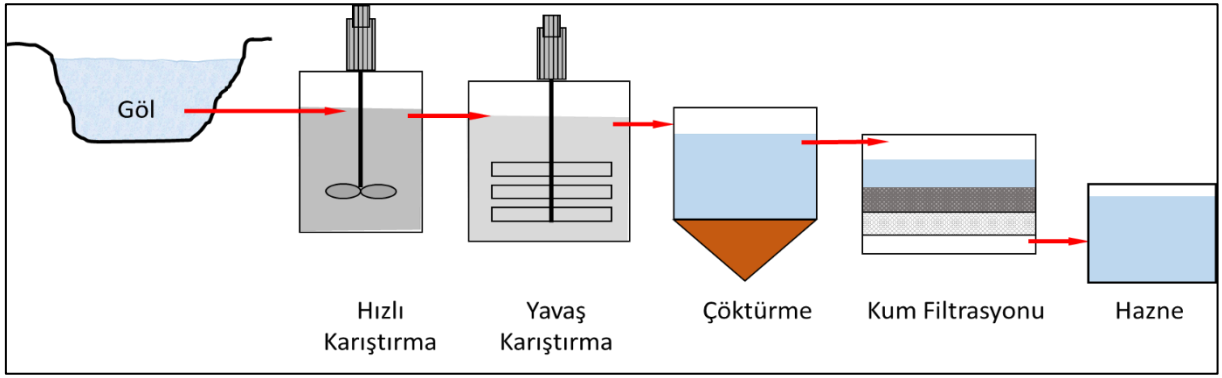
Filtrasyon esnasında granül aktif karbon tat ve koku gideriminde kullanılmaktadır. Organik maddelerin kısmi oksidasyonunu sağlayacak şekilde ön ozonlama uygulanırsa granül aktif karbonun ömrü artacağından organik madde gideriminde başarı sağlanmaktadır. Temel arıtma metotlarından filtrasyon parçacık, bakteri ve virüs gideriminde, koagülasyon ve hızlı kum filtrasyonu ise dezenfeksiyon yan ürünleri ve renk gideriminde, oksidasyonda ise patojen, organik madde, tat, koku, renk, demir ve mangan gideriminde rol oynamaktadır. Ayrıca adsorpsiyon ile parçacık giderimi, renk giderimi, dezenfeksiyon yan ürünlerinin giderimi, organik madde giderimi sağlanmaktadır.

Yüzeysel ve yeraltı su kaynakları için temel akım şeması

Yüzeysel sulardan nehir için en temel içme suyu arıtma tesisi akım şeması Şekil 1’de verilmektedir. Biriktirmeden sonra ön klorlama ve koagülant bu aşamada dozlanmaktadır. Su içerisinde bulunan kaba ve ince kirletici maddelerden arıtılarak ön arıtma işleminden sonra dengelenerek hızlı karıştırma ünitesine geçmektedir. Hızlı karıştırma aşamasında suyun içerisindeki kolloidal maddelerin pıhtılaşması devamında yavaş karıştırma ile yumaklaşması ve son olarak çöktürme işlemi ile sudan kolloidal maddelerin uzaklaştırılması gerçekleşmektedir. Filtrasyon ile suda gözle görülemeyen partiküler maddeler ile tat ve koku giderimi sağlanmaktadır. Son olarak su son klorlama işlemine tabii tutularak şebekede yaşanabilecek muhtemel biyolojik kirlenme önlenmektedir.

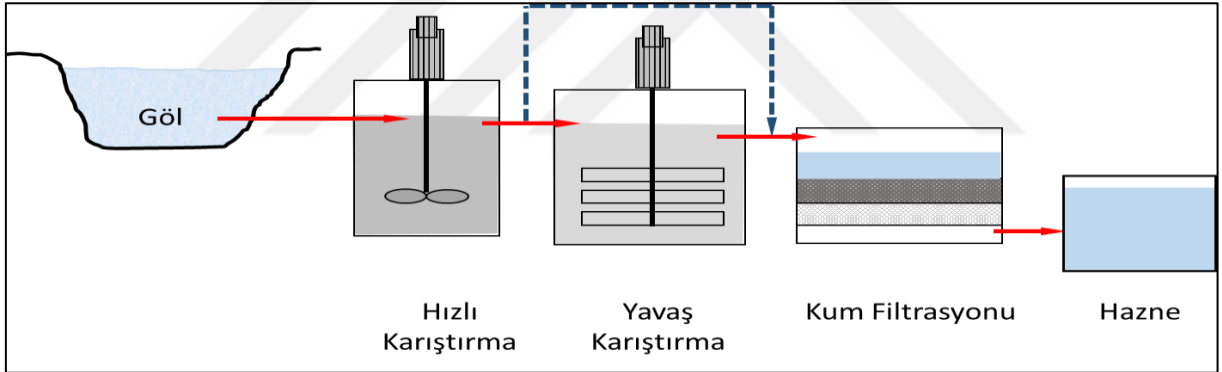


Şekil 1. Yüzeysel sulardan nehir için akım şeması



Şekil 2. Yüzeysel sulardan göl için akım şeması

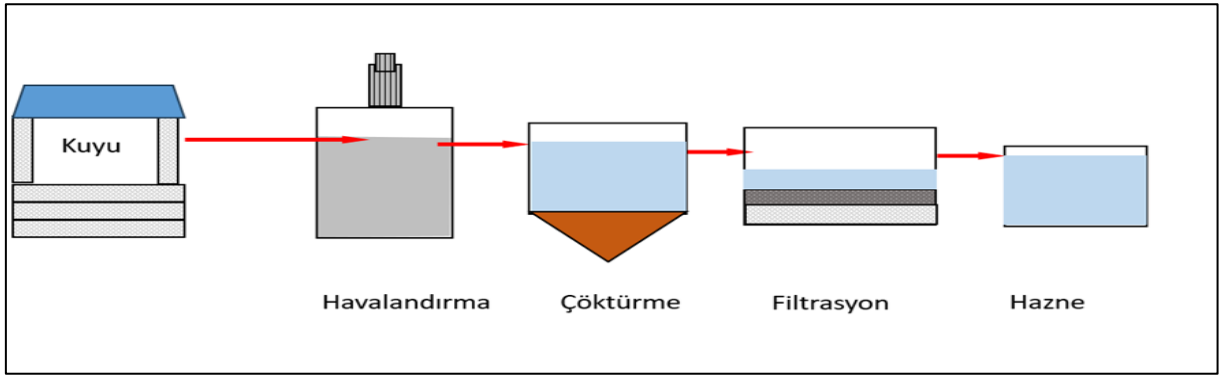
Yüzeysel sulardan göl için en temel içme suyu arıtma tesisi akım şeması Şekil 2’de rejim olarak durgun yapıda olduğu için kimyasal arıtım ünitesinden sonra son dezenfeksiyona tabii tutulmaktadır. Suyun kalitesine göre ve mevsimsel koşullara bağlı olarak pıhtılaştırma ve yumaklaştırmadan sonra su direk filtreden geçirilerek arıtım sağlanmaktadır. Şekil 3’de örnek akım şemasında su pıhtılaştırma ve yumaklaştırmadan sonra filtreden geçirilerek son dezenfeksiyon işlemine tabii tutulmaktadır. Yönetmelik gereği hazneden önce son klorlama zaruridir.



Şekil 3. Yüzeysel sulardan daha düşük askıda katı madde içeriğine sahip göl suları için akım şeması

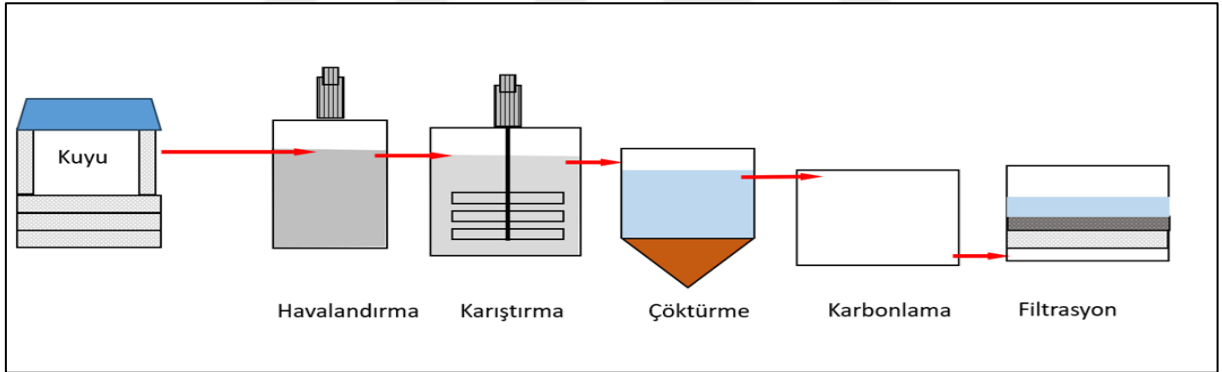
Yüzeysel sulardan rengi fazla ancak askıda katı madde değeri düşük sular için pH ayarlaması yapılarak arıtım sağlanmaktadır. Hızlı karıştırmadan ve hazneye girmeden önce kimyasal madde eklenmektedir.

Yeraltı sularında askıda katı madde içeriği düşük olup, demir ve mangan yönünden zengin sulardır. Bir diğer akım şeması olarak gösterilen Şekil 4 yeraltı sularından su temini için bir akış şemasıdır. Bu şemada, kuyudan alınan su önce havalandırma işlemine tabii tutulduktan sonra, bekletme ve kum filtrasyonu aşamalarına geçilmektedir. Filtrasyon sonrasında su, son olarak hazneye aktarılmaktadır. Bu akış şeması, genellikle düşük kirlenme seviyesindeki suyun basit arıtma prosesini temsil etmektedir. Bahse konu akım şeması için yeraltı suları için en temel prosesleri göstermektedir.



Şekil 4. Yeraltı sularından kuyu için akım şeması

Yeraltı sularında ikinci akış şeması ise Şekil 5'te gösterilmektedir. Bu şema yeraltı sularında yumuşatma prosesidir. Bu süreçte, havalandırmanın ardından su kimyasal madde ilavesiyle işlenir, ardından karıştırma ve çöktürme aşamaları gelmektedir. Kireç soda ilavesi karıştırma aşamasından öncedir. Karbonlama işlemi, suyun sertliğini gidermek için kullanılmakta ve iki kademe halinde yapılmaktadır. Filtrasyon işlemi de sonrasında uygulanmaktadır. Bu şema, suyun kalitesini iyileştirmek ve içilebilirliğini sağlamak için daha kapsamlı bir arıtma süreci göstermektedir.



Şekil 5. Yeraltı sularından kuyu için yumuşatma prosesi akım şeması

Bu şemaların her ikisi de yeraltı sularının arıtılması sürecindeki farklı adımları ve kullanılan yöntemleri açıklamaktadır. İlk şemada basit bir filtreleme, ikinci şemada ise kimyasal müdahale ve sertlik giderme işlemleri yer almaktadır.

Bu bölümde Türkiye'de kullanılan en temel akım şemaları yüzeysel ve yeraltı suları için gösterilmektedir. Genel olarak en yaygın içme suyu arıtımı Şekil 1'de gösterilen yüzeysel sular için kullanılan akım şemasıdır. En temel içme suyu arıtma akım şemaları doğrultusunda içme suyu kalitesine göre prosese farklı konfigürasyonlar eklenerek arıtma sağlanmaktadır.

İçme suyu arıtımında genel esaslar ve kademelendirme (kapasite artışı)

İçme suyu arıtma sistemlerinin projelendirilmesinde; “İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik”te belirtilen kriterlere uygun kalitede su sağlanması, sürdürülebilir olması, işletme kolaylığı ve tüm kontrol mekanizmalarını içermesi hususları esas alınmaktadır. Türkiye’de içmesuyu arıtımında; “İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik, İçmesuyu Elde Edilen veya Elde Edilmesi Planlanan Yüzeysel Suların Kalitesine Dair Yönetmelik, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği, İller Bankası’nın bütün teknik Şartnamelerine ve Bankanın uygun göreceği diğer mevzuat, norm veya standartlara uyulmaktadır.

İçme suyu arıtma tesisinin kapasitesi; proje hedef yılındaki içme suyu ihtiyacı ve tesis içindeki %5 kayıplar dikkate alınarak belirlenmektedir. Ancak tesis içinde geri yıkama suyu ihtiyacı için kullanılan debilerin %5’lik artış içinde kalmaması halinde ilave kayıplarda dikkate alınmaktadır. Tesis üniteleri boyutlandırılırken, özel olarak tahkik debisi belirtilmemiş ise, ünite tahkikleri %20 fazla yükleme veya bir ünitenin devre dışı olduğu durumlardan büyük olanı ile yapılmaktadır. Tesiste kademelendirme yapıp yapılmayacağına projeksiyon yıllarındaki içme suyu ihtiyaçlarına göre belirlenecek tesisin kapasitesi, yerleşimin gelişme potansiyeli, hamsu kaynağının özellikleri, tesisin ilk yatırımı ve işletme maliyeti ve ilerdeki teknolojik gelişmelere uyumu gibi hususlar dikkate alınarak karar verilmektedir.

İçme sularında temel arıtma prosesleri

Su alma yapıları

Su alma yapıları nehir, göl veya rezervuarlardan daha önceden belirlenmiş miktarlarda suyun temin edilmesi için tasarlanan yapılardır. Bunlar; basit olarak su altında yer alan borular, su alma kapakları, ızgaralar, kontrol vana ve pompaları gibi yapılardır. İşletimi ve tasarımı basit veya karmaşık olabilir. Bu sistemler düzenli bakım ve temizlik ile sorunsuz çalışabilmektedir. Genellikle içme suları kaynaktan isale edilirken ham su alma yapısı, kaba ızgara, ince ızgaralar kullanılmaktadır. Ham su kaynağı ile yüzeysel bir su kaynağından optimum kalitede su alınmaktadır. Arıtma tesislerine gelecek yükü doğrudan etkilediği için bu yapıların sağlıklı inşaa ve işletimi son derece önemlidir. Bu yapılar arıtma prosesi sayılmamakta ancak doğrudan proses bütünlüğünü korumaktadır (Şekil 6).



Şekil 6. İçme suyu arıtma tesislerine ait örnek su alma yapısı

Giriş yapısı ve Debi ölçümü

Giriş vana ve debimetre odasından sonra tesise gelen ham suyun debisinin ayarlanması, akım kontrol ve by-pass vana odasındaki vananın debimetresinin ölçtüğü debiye göre açılıp kapanması ile ham suyun tesise sabit debi ile girişini sağlayan yapıdır.

Arıtma tesislerinin başarılı bir şekilde projelendirme, yapım uygulama ve işletme süreçleri için debi ölçümü kritik bir öneme sahiptir. Debi ölçümü; tesise ait işletme ve performans verisi sağlama, arıtma maliyetlerinin hesabı, ileriye dönük planlama ve kapasite arttırma gibi nedenlerden dolayı yapılmaktadır. Ham su alma yapılarında, arıtma tesisi giriş borularında, boru hatları üzerinde, filtre tertibatında, kimyasal dozlama işlemi esnasında ve pompa istasyonlarında sıklıkla kullanılmaktadır (Şekil 7). Bunlar; akım regülatörleri, çarklı debimetre, manyetik debimetre, venturi, savaklar, parshall savağı, rotametre ve terfi merkezleridir. Debi ölçümü doğrudan prosesin çalışabilmesi, gerekli kimyasal maddelerin dozlama miktarının ve işletme maliyetlerinin hesaplanabilmesi için içme suyu arıtımında gereklidir.



Şekil 7. İçme suyu arıtma tesislerine ait örnek giriş yapısı

Havalandırma

İçme suyu arıtımına genellikle havalandırma prosesi ile başlanmaktadır. Ham suyun çözünmüş oksijen içeriğini arttıran bir dizi işlemdir. Havalandırma işlemi ile suyun tat ve koku açısından iyileştirilmesi sağlanırken oksijen konsantrasyonun fazla artması suyun aşırı doymun hale gelmesi sağlanmaktadır. Genellikle bu proseste metal yüzeylerde korozyon sorunları ile karşılaşmaktadır. Havalandırma esnasında çözünmüş oksijen, pH ve sıcaklık parametreleri önemlidir. Oksijen konsantrasyonu proses optimizasyonu için pH ölçümü karbondioksit seviyesi için indikatör niteliğindedir. Karbondioksit konsantrasyonu düştükçe suyun pH değeri artacaktır. İçme sularında pH takibi hidrojen sülfür, demir ve mangan giderimi açısından önemlidir.

Havalandırma sistemleri kaskat tip havalandırıcılar, spreyci havalandırıcılar, difüze havalandırıcılar ve mekanik havalandırıcılardır. İçme suyu arıtımında en sık kaskat havalandırıcılar kullanılmaktadır (Şekil 8). Havalandırma üniteleri haftalık olarak takip edilmelidir. Gerek duyulması halinde mikrobiyolojik gelişimi önlemek için bakır sülfat veya hipoklorit çözeltisi kullanılabilmektedir.



Şekil 8. İçme suyu arıtma tesisine ait örnek havalandırma ünitesi

Ozonlama

Ozon kuvvetli bir dezenfektan ve oksitleyicidir. Ozonlama su kalitesinin iyileştirilmesinde de etkindir. Dezenfeksiyon; hidrojen sülfür ve geosmin gibi tat ve kokuya neden olan bileşiklerin oksidasyonu; renk giderimi, koagülasyon ve biyofiltrasyon esnasında organik bileşiklerin gideriminde rol oynamaktadır. Klorlamaya alternatif olan ozonlama sonunda bakiye oluşmamaktadır. Ayrıca ozonlama sonucunda yan ürün oluşumu klorlamaya göre daha azdır. Ozon hızlı şekilde oksijene bozunması nedeniyle tesiste kullanılacağı yerde üretilmelidir. Ozon sistemleri 4 alt sistemden oluşur. Sırasıyla besleme gazı hazırlama, ozon üretimi, ozon temas tankı, atık gaz yıkımıdır.

İçme suyu kalitesine göre suda organik madde içeriği yüksek ise ön dezenfeksiyon işlemi için ozon tercih edilmektedir (Şekil 9). Kimyasal oksidasyon proseslerinde de ozon kullanılmaktadır.



Şekil 9. İçme suyu arıtma tesisine ait örnek ozonlama ünitesi

Kimyasal dozlama sistemi

İçme suyu arıtma tesislerinde kimyasal dozlama ve kontrol sistemleri büyük önem taşımaktadır. Tesislerde kullanılan kimyasallar gaz, sıvı ve katı formda olabilmektedir. Kimyasal dozlama sistemi; kimyasal depolama ve muhafaza, kimyasal dozlama sistemi, karıştırma sistemleri ve kalibrasyon ve dozlama kontrolünden oluşmaktadır (Şekil 10).



Şekil 10. İçme suyu arıtma tesisine ait örnek kimyasal dozlama ünitesi

Koagülasyon ve flokülasyon

Yüzeysel su kaynakları organik ve inorganik yapıda partiküler madde içermektedir. İnorganik partiküler maddeler kil, silt ve mineral oksitler olup su kaynaklarına erezyon sonucu karışmaktadır. Organik partiküler maddeler ise virüs, bakteri, alg, protozoa, ölü hayvan ve bitki bozunması sonucu ortaya çıkmaktadır. Hümik asitlerde bu gruba girmektedir. Söz konusu maddeler suyun berraklığını azaltmakta ve suda bulanıklık oluşturmaktadır. Özellikle çözünmüş organik maddelerin giderimi çok önemlidir. Çünkü klor kullanıldığında dezenfeksiyon yan ürünü oluşturmaktadır. Dolayısıyla klorlamadan önce doğal organik maddenin giderimi gerekmektedir.

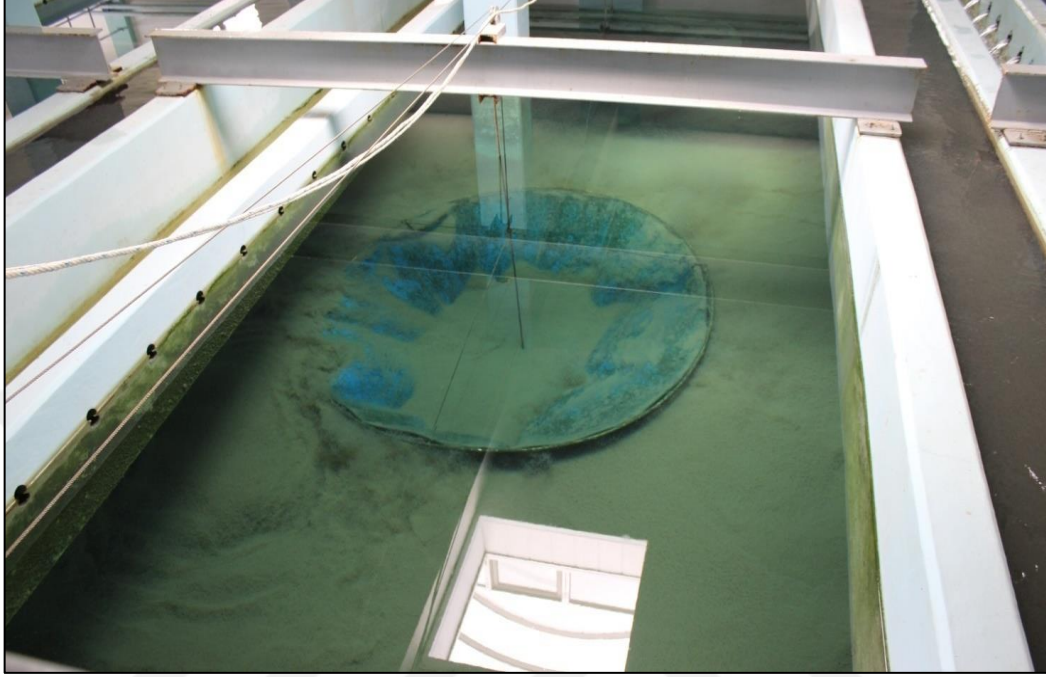
Koagülasyon ve flokülasyon çevre mühendisliğinde sıklıkla kullanılan proseslerdir. Koagülasyon hızlı karıştırma ya da pıhtılaştırma olarak bilinmektedir. Flokülasyon ise yavaş karıştırma olarak bilinmektedir. Hızlı karıştırmada suya ilave edilen kimyasallar bir dakikadan kısa süre içinde şiddetli şekilde karıştırılmakta ve yavaş karıştırma esnasında ise kimyasal reaksiyon sağlanarak flokların oluşumu 30-45 dakika içinde sağlanmaktadır. Oluşan floklar ise çökeltme işlemi ile sudan ayrılmaktadır. Koagülasyon ve flokülasyon birbiri ile ilişkili proseslerdir.

Koagülasyon, su ortamındaki askıda, kolloidal ve çözünmüş parçacıkların taşıdıkları elektriksel yükten dolayı oluşmuş kararlı hallerinin kimyasal bir madde olan koagülan ilavesi sonucu bozulması işlemidir. Bu işlemi flokülasyon adımı takip etmektedir. Kolloidler yüzeylerinde negatif elektriksel yük taşıdıklarından birbirlerini iterek suda askıda kalmaktadır. Koagülant olarak artı değerlikli alüminyum veya demir tuzları kullanılmaktadır. Bu maddeler su ile reaksiyona girerek çözünmeyen bileşikler oluşturmaktadır. Bu maddeler su ile reaksiyona girdiklerinde suda çözünmeyen bileşikler meydana getirmektedirler. Bu bileşikler ya kolloidler üzerindeki negatif yükü nötralize ederek ya da kolloidlerin yüzeyine tutunup kolloidler arasındaki itme kuvvetini azaltarak parçacıkların stabilitesini bozmaktadırlar. Böylelikle kolloidlerin bir araya gelmesi mümkündür. Metal tuzlarına ilave olarak doğal ve sentetik organik polielektrolitler kullanılabilmektedir. Flokülasyon, koagülasyon işlemi sonucu destabilize olmuş küçük parçacıkların bir araya gelerek daha büyük ve kolayca çökebilan floklar haline dönüştürülmesi işlemidir. Oluşan floklar çökeltme veya filtrasyon ile sudan atılmaktadır.

Çökeltme/durultma

Çökeltme prosesi, koagülasyon ve flokülasyon sonrası suyun sakin koşullarda bekletilmesi; böylece sudan daha ağır olan asılı partiküllerin yerçekimi etkisi ile dairesel ya da dikdörtgen havuz tabanına ulaşması ve buradan çamur olarak uzaklaştırılmasıdır. Çökeltme

prosesinin 4 bölgeye ayrılarak çalışmaktadır. Giriş bölgesi, çökeltme bölgesi, çamur bölgesi ve çıkış bölgesidir. Çökeltme havuzları türbülans olmayacak şekilde ve üniform bir yatay akış hızı ile tasarlanmaktadır. Havuzda oluşan çamur sürekli olarak sistemden sıyrıcı tertibat ile uzaklaştırılmaktadır (Şekil 11).



Şekil 11. İçme suyu arıtma tesisine ait örnek lamel tipi durultucu ünitesi

Filtrasyon

Konvansiyonel su arıtma tesislerinde; koagülasyon, flokülasyon ve çökeltmeden sonra gelen dördüncü proses olan filtrasyon; su içerisindeki partiküler maddenin ayrılması ve nihai uzaklaştırılması için kullanılmaktadır. Bu partiküler maddeler; kil ve silt parçacıklar, bakteriler, protozoalar, virüsler ve suya alum, demir tuzları ve diğer kimyasalların eklenmesiyle oluşan parçacıklardır. Çoğunlukla filtrasyon yavaş kum filtrasyonu ve hızlı kum filtrasyonudur. Yavaş kum filtrasyonu oldukça düşük hızlarda filtrasyon yapmakta olup bu filtrelelere koagülasyon aşamasından geçmiş su verilmemektedir. Bu filtreler hızlı kum filtrelerine nazaran düşük filtrasyon hızlarında çalışır ve daha küçük çaplı filtre malzemesi içermektedir. Yavaş kum filtreleri, basitlikleri ve koagülasyon kimyası bilgisi gerektirmemeleri dolayısıyla, özellikle küçük yerleşimler için cazip filtrasyon alternatifleri arasında sayılabilmektedir.

Hızlı granüler yatak filtrasyonu olarak da bilinen hızlı kum filtrelerinin verimli bir şekilde işletimi, ön arıtımı yapılmış sudaki partiküler maddelerin yatağın derinliklerine nüfuz edecek hızlarda çalıştırılarak bu maddelerin sudan ayrılmasına bağlıdır (Şekil 12). Filtre malzemesi boyutları, yavaş kum filtrelerinde kullanılanlardan büyüktür. Böylece, daha büyük

aplı malzeme kullanımı ve daha yüksek filtrasyon hızlarının uygulanmasıyla, yavaş kum filtrelerinde aylar mertebesinde olan filtrasyon süreleri saatler mertebesine düşmektedir.

Basınçlı kum filtreleri, atmosfere kapalı olan ve basınçlı tanklar veya silindirlerde granüler filtre malzemesini içeren filtrelerdir. Operatör, tek bir pompa ile sistemde bir basınç kaybı olmaksızın filtreye su iletimini sağlamaktadır.



Şekil 12. İçme suyu arıtma tesisine ait örnek filtrasyon nitesi

Dezenfeksiyon

Dezenfeksiyonun amacı sudaki patojen mikroorganizmaların giderilmesidir. Diğer arıtma prosesleri de patojen mikroorganizma sayılarının azaltılmasına katkıda bulunsa da esas fonksiyonu bu değildir. Kimyasal ve fiziksel işlemlerle gerçekleştirilen dezenfeksiyon uygulamaları söz konusudur. Kimyasal dezenfeksiyon olarak uzun yıllardan beri klor kullanılmaktadır (Şekil 13). Klor dezenfektanı, suya ilave edildiğinde sudaki safsızlıklarla bileşikler oluşturacak şekilde reaksiyona girmektedir. Klorlama ile dezenfeksiyon, ya da klorlama, suya klor, sıvı sodyum hipoklorit veya katı formda kalsiyum hipoklorit ilavesi ile gerçekleştirilmektedir. Klor yeşilimsi sarı renkli, keskin kokulu bir gazdır ve havadaki düşük konsantrasyonlarından dahi insan sağlığına olumsuz etkileri vardır. Klor gazı havadan 2,5 kat daha ağırdır. Bu nedenle bir klor kaçağı durumunda yüksek seviyeye çıkmak gerekmektedir.



Şekil 13. İçme suyu arıtma tesisine ait örnek klorlama ünitesi

Florlama

Flor yeryüzündeki en yaygın onüçüncü elementtir ve bütün su kaynaklarında bulunmaktadır. Flor tabiatta florür iyonu veya florür bileşiği olarak bulunmaktadır. Özellikle yeraltı sularında ve kaplıca sularında yüksek oranda florür bulunur. Ağız ve diş sağlığı için florürün içme sularında 0,7-1,2 mg/L miktarında bulunması istenmektedir. Ancak 2 mg/L'den fazla florür bulunan sular sağlık açısından istenmemektedir. Böyle durumda florürün arıtılması gerekmektedir. Alum ile yumaklaştırma ve çöktürme/filtrasyon işlemleri ile florür konsantrasyonu azaltılabilmektedir. Florür giderme metotları kireçle yumuşatma, ters osmoz ve elektrodializ prosesleridir.

Arıtma Çamurları

İçme suyu arıtma tesisinde filtre geri yıkama suyunun geri kazanılması ve çamurların nihai uzaklaştırma için konsantre hale getirilmesi işlemleri yürütülmektedir. Filtre geri yıkama suları bir bekletme tankında tutulduktan sonra üst kısım tesis başına arıtmaya gönderilirken taban çamuru koagülasyon-flokülasyon-çökelme adımlarında oluşan çamur ile birleştirilerek yoğunlaştırma ve susuzlaştırmaya tabi tutularak uzaklaştırılmaktadır.

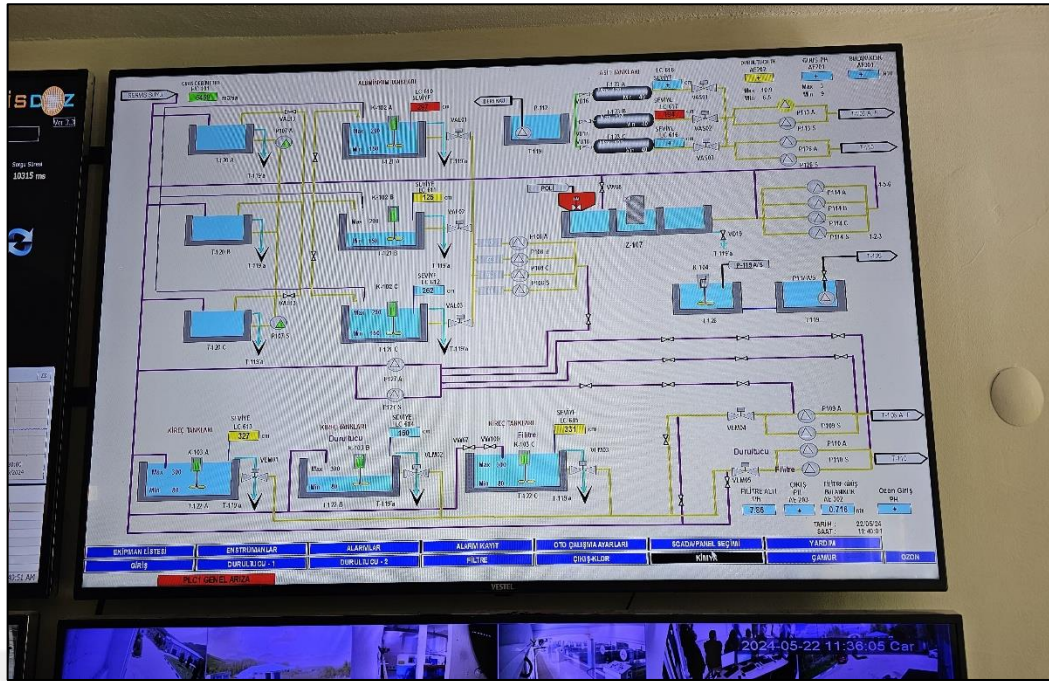
Operasyonel özellikler

Güvenilir kalitede içme suyu arıtımı, içme suyu arıtma tesisi bünyesinde çalışan tüm personelin koordineli ve çalışma sistematüğinde olması ile sağlanmaktadır. Arıtma tesisi operatörleri, mümkün olan en iyi ve en ekonomik çıkış suyu eldesi için gerekli bilgi, belge,

sertifika ve eğitimlere sahip olmalıdırlar. İçme suyu arıtma tesisi operatörlerinin temel sorumlulukları aşağıdaki şekilde sıralanmaktadır:

- Arıtma tesisinin çalışır durumda olmasını sağlamak,
- Fiziksel ve kimyasal arıtma proseslerinin işletme ve bakım prosedürüne sahip olmak,
- Su alma yapıları, boru hatları, hazneler, kimyasal arıtma ekipmanları, geri devir pompaları, ısı değiştiriciler ve vanalar gibi ünitelerin kontrolleri ve gerekli durumlarda bakımlarının yapılmasını sağlamak,
- Çıkış suyunda insani amaçlı tüketim standartlarını gerçekleştirmek,
- Büyük ve küçük ölçekli onarım işleri ve servis işlerini ayarlamak,
- Arıtma tesisinin doğru bir şekilde çalıştığına yönelik günlük, haftalık ve aylık kontrollerin rutin olarak yapılması ve raporlamaların kayıt altına alınması,
- Standartları sağlayacak kalitede su temini için arıtma proseslerine hakim olmak,
- Tesisin fiziksel bileşenlerinin ve hareketli ekipmanlarının çalışmasını sağlamak,
- Ekip ve ekipmanların rutin kontrollerini yürütmek,
- Tesiste yaşanabilecek muhtemel sorun ve problemlere yönelik bakım programı hazırlamak,
- Mekanik parçalar, jeneratörler, elektrik ve diğer bileşenlerin düzenli periyotlar ile kontrolünü yapmak ve büyük ölçekli bakım prosedürlerini yürütmek,
- Finansal raporlar ve bütçe dokümanlarını oluşturmak,
- Arıtma tesisi prosesleri ve ekipmanlarına dair satın alınması gereken malzemelerin araştırması,
- Kayıtların arşivlenmesi ve envanter takibi.

İçme suyu arıtma tesislerinde operatörün nitelik ve niceliği son derece önem arz etmektedir. Operatörün sahip olması gereken bilgi beceri ve donanım tesisin sağlıklı işletimi ve güvenli su arıtımı ve dağıtımı için son derece mühimdir. Şekil 14'te tesis operatörlerinin takip ve kontrol işlerini yaptığı scada ve otomasyon ünitesi gösterilmektedir.



Şekil 14. İçme suyu arıtma tesisine ait örnek scada ve otomasyon ünitesi

İçme suyu arıtımında skorlama modeli

İçme suyu arıtma tesisi skorlama modeli, tesislerin teknik ve opreasyonel özelliklerine göre belirli kriterler üzerinden puanlandığı ve bu puanlara göre sınıflandırıldığı değerlendirme sistemidir. Skorlama sistemi modeli; içme suyu arıtma tesislerinin kapasitesi, ham su kaynağı ve kalitesi, arıtma prosesleri ve enstrümental donanım gibi kriterleri temel alarak tesisleri sınıflandırmaktadır. Dünya üzerinde birçok ülke skorlama sistemi kriterlerini oluştururken ulusal ve uluslararası standartlarını baz alarak sınıflandırma ve standardizasyon çalışmaktadır.

Literatürde içme suyu arıtımında skorlama modellerinin kullanımı

MACA tipi skorlama modeli

Gelişmiş ülkeler için içme suyu ve atık su sistemlerinin skorlama ve sınıflandırılmasından sonra yönetiminden sorumlu operatörlerin düzenli eğitimle sertifikalandırılması gereklidir (Government of the Northwest Territories, 2015). İçme suyu tesis sınıflandırma kurallarına göre puanlanan tesisler aldıkları skor toplamına göre 4 gruba ayrılmaktadır. Sırasıyla küçük sistem, 1.sınıf arıtma tesis sistemi, 2.sınıf arıtma tesis sistemi ve 3.sınıf arıtma tesis sistemidir. Gelişmiş ülkeler modeline göre puanlanıp skorlanan tesisler 30 puanın altında ise küçük sistem grubuna girmektedir. Küçük sistem; sadece içme suyu dağıtım ve depolamanın yapıldığı sistemlerdir. Bu sistemlerde sadece klorinasyon işlemi yapıp gaz halindeki klorlama yapılmamaktadır. Gelişmiş ülkelerde küçük sistem olarak değerlendirilen içme suyu dağıtım ve depolama sistemleri ülkemizde arıtma tesisi olarak değerlendirilmemektedir. 1. sınıf arıtma tesisi 31-40 puan, 2.sınıf arıtma tesisi 41-55 puan ve 3.sınıf arıtma tesisi 56-75 puan aralığındadır. Gelişmiş ülkeler için skorlama

modelinde en temel kural, her birim işleme yalnızca bir kez puan verilecek olmasıdır. Örneğin; demir giderimi için oksidasyon, çökeltme ve filtreleme kullanan bir tesise, yalnızca demir giderimi için 10 puan ve filtrasyon için 0 puan verilmektedir. Tablo 3’de MACA tipi skorlama modeli şablonu görülmektedir.

Gelişmiş ülkelerin içme suyu arıtma tesisleri için puan değerlendirme sistemi olan MACA su ve atık su ile ilgili süreçleri ana hatları ile belirler. Skorlama sonucu oluşturulan kılavuz belediye görevlilerine ve tesis personellerine gerekli bilgi belge ve yeterlilik kazandırmaktadır. MACA güvenli ve yeterli su temini, su ortamlarının korunması, içme suyu ve atık su tesislerinin tesis çalışanlarına tanıtılması ile gerekli bilgi ve kazanımın sağlandırılmasıdır. MACA’da içme suyu arıtma tesisleri belirli kriterlere göre puanlandırıldıktan sonra skor toplamına göre sınıflandırılır. Puanlama sistemi kriterleri sırasıyla; tasarım veya akış debisi, su kaynağı, kaynakta yapılan müdahaleler, kimyasal arıtma prosesleri, koagülasyon, flokülasyon, sedimantasyon süreçleri, filtrasyon, diğer arıtma prosesleri, atık uzaklaştırma ve tesis özellikleridir.

Ülkemizde bu husus farklı işlemektedir. İçme suyu tesisleri depolama ve dağıtım yapısı arıtma tesisi olarak düşünülmemekte ve farklı idarelerce ele alınmaktadır. MACA’da içme suyu dağıtım ve depo sistemleri arıtma sınıfında olup küçük sistem olarak ele alınmaktadır.

WTP tipi skorlama modeli

Gelişmekte olan ülkeler için puanlama sistemi (WTP) kriterleri; boyutlandırma, su kaynağı, ön arıtma, ayarlama ve kontrol, ana arıtma prosesleridir. Puanlanan tesisler sırasıyla 1.sınıf, 2. sınıf, 3.sınıf ve 4. sınıf olmak üzere dört gruba ayrılmaktadır. Gelişmekte olan ülkeler için tesis sınıflandırma kuralları; sınıf 1: 1 – 30 puan küçük ölçekli, sınıf 2: 31 – 55 puan orta ölçekli, sınıf 3: 56 – 75 puan büyük ölçekli ve sınıf 4: 76 puan ve üzeri çok büyük ölçekli tesis sınıfındadır. Bu puanlama sisteminde tesislere ait enstrümental özellikler kriterler arasında yoktur. Ayrıca içme suyu tesisleri de küçük ölçekli tesis sınıfına girmektedir. Skorlama modeli dışında içme suyu arıtma tesisleri için enerji, sürdürülebilirlik ve geri kazanım konularında ayrı puanlama sistemleri mevcuttur. WTP tipi skorlama modeli ile tesislerin büyüklük ve proses karmaşıklığı için puan verilerek sınıflandırma yapılmaktadır.

Avrupa Birliğinde skorlama

Avrupa Birliği (AB), içme suyu arıtma tesisleriyle ilgili yüksek kalite standartlarını korumak ve halk sağlığını güvence altına almak amacıyla çeşitli yasal düzenlemeler ve standartlar geliştirmektedir. AB’nin içme suyu arıtma tesislerini sınıflandırma, standardizasyon ve sertifikasyon ile ilgili çalışmaları, içme suyu kalitesi ve güvenliğine yönelik kapsamlı mevzuat ve sertifika süreçlerini içermektedir. Bu konudaki başlıca çalışmalar ve süreçler;

- İçme suyu Kalitesi Direktifi: (Drinking Water Directive-DWD) Avrupa Birliği'nin içme suyu arıtma ve kalite kontrolü ile ilgili ana yasal düzenlemesi 98/83/EC sayılı İçme Suyu Kalitesi Direktifi ve 2020'de güncellenen yeni versiyonu olan EU 2020/2184 sayılı İçme Suyu Direktifidir. Bu direktif; üye ülkelerin içme suyu standartlarını belirlemekte ve içme suyu kalitesini izlemek ve kontrol etmek için gerekli parametreleri tanımlamaktadır. Direktifteki amaç; tüm içme suyu kaynaklarının belirlenen mikrobiyolojik, kimyasal ve fiziksel kalite standartlarını sağlamaktır.
- Arıtma Tesisleri Sertifika ve Akreditasyon Süreçleri: AB'nin içme suyu arıtma tesislerinde bir sertifikasyon sistemi olmamakla birlikte, su kalite yönetimi ve güvenli içme suyu sağlama konusunda sertifika sistemleri vardır. Özellikle ISO 24512 Su Temin ve Dağıtım Hizmetleri içme suyu arıtımında yaygın kullanılır. Bu sertifikalar tesislerin güvenilir bir su temin süreci oluşturmasını sağlamaktadır.
- AB Çerçevesinde Standartlaşma Çalışmaları: AB üyesi ülkeler, içme suyu arıtma tesislerinde standartlaşmayı sağlamak için EN 15975-2 Su Temini ve Risk ve Kriz Yönetimi içme suyu tedarik sistemlerinin risk yönetimi ile ilgili gerekliliklerini tanımlamaktadır. Su temininde olası kriz durumlarına yönelik hazırlık, erken uyarı sistemleri ve acil durum planları gibi konular üzerinde durulmaktadır. EN 1508 Su Temini İçme suyu Sistemlerinin tasarımı ve yapımı için gereken gereklilikleri tanımlamaktadır.
- Tesislerde Çalışan Personelin Yetkinlikleri ve Eğitimleri: İçme suyu arıtma tesislerinde çalışan operatörler ve teknik personel, su arıtma süreçleri, su kalite standartları, kimyasal güvenlik ve halk sağlığı konularında düzenli olarak eğitilmektedir. Bazı AB ülkelerinde operatörlerin sertifikasyon sürecinden geçmesi zorunludur. Tesis yöneticileri ve kalite kontrol laboratuvar personeli gibi daha yüksek uzmanlık gerektiren pozisyonlarda mühendislik ve çevre bilimleri ile ilgili alanda uzmanlık şartı aranmaktadır. Ayrıca tesislerde çalışanlar için sürekli eğitim programları düzenlenmektedir. Yeni teknolojiler, halk sağlığı alanındaki gelişmeler ve çevresel düzenlemeler doğrultusunda personelin bilgi ve becerisi güncellenmektedir.
- İçme Suyu Güvenliği Planları : Dünya Sağlık Örgütü'nün önerileri doğrultusunda AB ülkeleri, içme suyu güvenliğini sağlamak için İçme suyu Güvenliği Planları oluşturulmasını teşvik etmektedir. Bu planlar, içme suyu arıtma tesislerinde suyun kaynağından tüketiciye ulaşana kadar olan süreçlerde risk yönetimi ilkelerini uygulamaktadır. İçme suyu Güvenliği Planları kapsamında; su temin zincirindeki olası risklerin belirlenmesi ve bu risklerin kontrol altına alınması için önleyici tedbirlerin alınması, su kalitesinin sürekli izlenmesi ve risklerin yönetilmesi için veri toplama, analiz ve raporlama süreçlerinin geliştirilmesi ve acil durumlarda müdahale prosedürlerinin hazırlanması yer almaktadır.

AB'nin içme suyu arıtma tesislerine yönelik sınıflandırma ve standardizasyon çalışmaları, halk sağlığını korumaya ve çevresel sürdürülebilirliği sağlamaya yönelik kapsamlı bir yaklaşım içermektedir. AB'de içme suyu arıtma tesislerine yönelik standardizasyon çalışmaları, içme suyu kalitesi standartlarına ve su temininde güvenliği sağlama ilkeleri üzerinedir.

Türkiye'de içme suyu arıtma tesislerini AB standartlarına yaklaştırmak için bir çok çalışma yapılmaktadır. Özellikle AB ile uyum sürecinde, ülkemizdeki içme suyu arıtma tesislerinin AB'nin içme suyu kalitesi direktifleri ve su güvenliği planları gibi uygulamaları benimsemesi son derece önem taşımaktadır. Bu durum, Türkiye'nin içme suyu kalitesini arttırmak ve uluslararası standartlara uygun tesisler kurmak açısından yol göstericidir.

MACA tipi

Tablo 3. Gelişmiş Ülkelere Ait Skorlama Modeli (MACA)

#	MADDE	Maksimum puan	Puan ortalaması
1.0	Boyutlandırma (1 den 20'ye kadar puanlama)		
	Tasarım, akış ortalama günü veya en yoğun ayın kısmi akış ortalama günü, hangisi daha büyükse tesisin kapasitesi. (Maksimum 20 puan)	Her 0,5 Milyon Galon/Gün için 1 Puan	
	ARATOPLAM:		
#	MADDE	Maksimum puan	Puan ortalaması
3.0	Kimyasal Arıtma(ek prosesler)	4	
	Floridasyon (4 puan)		
	Dezenfeksiyon(Oksidayson) (0-15 puan)	0-15	
	BÜTÜN UYGULAMALARIN KONTROLÜ		
	Klorlama:		
	-Hipokloritler (5 puan) -		
	- Klor Gazı (8 puan)		
	-Kloraminasyon (10 puan)		
	- Klor Dioksit (10 puan)		
	- Ozonlama (10 puan)		
	- UV Işınlama (2 Puan)		
	- İyot, Peroksit veya benzeri (5 puan)		
	- KMnO4 (4 nokta) - sadece yeşil kum filtrasyonunda		
	Proses kontrolü için ph dengeleme	4	
	Stabilite ya da korezyon kontrolü (eğer aynı kimyasal korezyon ve ph dengeleme için kullanıldı ise) (4 points)	4	
	ARATOPLAM		
4.0	Koagülasyon& Flokülasyon& Filtre Yardımcısı	0-12	
	-Ön Koagülant İlavesi (6 puan)		
	- Koagülant yardımcı madde ve ya Flokülasyon kimyasalı ilavesi (2 puan)		
	-Flokülasyon (2 puan)		
	-Filtre yardımcı ilavesi (iyonik ya da noniyonik polimerler) (2 puan)		
	ARATOPLAM		

Tablo 3. (Devamı)

5.0	Durultma ve Sedimentasyon Süreçleri	0-12
	-Sedimentasyon(Düz alan, tüp, plaka)(4 puan) - Adsorpsiyon teması (6 puan) - Diğer durultma süreçleri (Havalı yüzdürme, balastlı durultma) (6 puan) - Yukarı akışlı durultma(çamur yataklı durultma) (8 puan)	
	ARATOPLAM	
6.0	Filtrasyon	0-20
	-Granüllü medya (yüzey suyu /GWI) =3 (Galon/dakika/metre kare)(10 puan) - Granüllü medya (yüzey suyu /GWI) ≥3 (Galon/dakika/metre kare)(20 puan) -Membran Filtrasyonu (6-10 Puan) - birincil regülasyon ile uyumlu (10 puan) - ikincil regülasyon ile uyumlu (6 puan) -Süzme çamuru, diatomlu toprak (ön kaplamalı filtre) (10 puan) -filtre petek/kötü filtrasyon(5 puan) - Filtrasyon Öncesi (Aşamalı Petek, basınçlı kum (w/o koagülasyon) (her bir aşama için 1 puan) (1-3 puan) - Ağır kum (5 Puan)	
	ARATOPLAM	
7.0	Diğer Arıtma Prosesleri	
	- Havalandırma (3 puan) - Hava sıyırma (dağınık hava, dolgu kule) (5 puan) - İyon değişimi / yumuşatma (5 puan) - Kireç-soda külü yumuşatma (şunları içerir: kimyasal ekleme, karıştırma / flokülasyon / arıtma / filtreleme – (20 puan) -GAC filtresi (başka bir filtreye yatak katmanı olarak dahil edildiğinde puan eklemeyin.) (5 nokta) - PAC (2 puan) - Önemli ölçüde farklı su kalitesine sahip kaynakların harmanlanması - o MCL uyumuna ulaşmak için (4 puan) - o Estetik nedenlerden dolayı (2 puan) - Kimyasal ilaveli rezervuar yönetimi (2 puan) - Elektrodializ (15 puan) - Diğer: Sertifika yetkilisi, bu belgede başka bir yerde listelenmeyen işlemler için 2 ila 15 puan ekleyebilir..	
	ARATOPLAM	
8.0	ATIK UZAKLAŞTIRMA	0-3
	- Yüzeye, kanalizasyona veya eşdeğerine boşaltma (0 puan) - Yerinde bertaraf, arazi uygulaması (1 nokta) - Geri kazanım / geri dönüşüm olmadan lagüne / kurutma yatağına boşaltım, örn. akış aşağı deşarj (1 nokta) - Geri yıkama geri kazanımı / geri dönüşümü: havzaya veya lagüne ve sonra kaynağa boşaltma (2 nokta) - Geri yıkama geri kazanımı / geri dönüşümü: havza veya lagüne boşaltma ve ardından bitki alımı (3 puan)	
	ARATOPLAM	

Tablo 3. (Devamı)

9.0 TESİS ÖZELLİKLERİ	0-4
Enstrümantasyon - Veri sağlamak için SCADA veya benzeri enstrümantasyon sistemlerinin kullanımı, İzleme / alarm, proses operasyonu yok - tesisin otomatik kapatma kapasitesi bulunmamaktadır. (0 puan) Sınırlı proses operasyonu - ör. uzaktan kapatma özelliği (1 puan) Orta düzeyde proses operasyonu - alarmlar ve kapatma, artı tesisin kısmi uzaktan operasyonu (2 puan) Kapsamlı veya toplam proses operasyonu - alarmlar ve kapatma, tesisin tamamen uzaktan çalıştırılması mümkün (4 puan)	
ARATOPLAM	

WTP tipi**Tablo 4. Gelişmekte olan ülkelere ait skortlama modeli (WTP)**

KRİTER VE PUAN	
<u>1-Boyut (dizayn kapasitesi, gal/d)</u> • < 10,000: 1 • 10,000 – 50,000: 2 • 50,001 – 100,000: 4 • 100,001 – 500,000: 9 • 500,001 – 1,000,000: 12 • 1,000,001 – 5,000,000: 16 • 5,000,001 – 10,000,000: 20 • 10,000,001 – 50,000,000: 25 • >50,000,000: 30 1 galon = 3,78541178 litre	<u>5-Aritma</u> •Havalandırma: *Sıralı venturi tipi: 1 *Mekanik veya karıştırıcı:3 •Gaz giderimi:3 •İyon değişimi:4 •Aktifleştirilmiş alümina, modifiye edilmiş aktif alümina ve demir bazlı sorbentler dahil olmak üzere rejener olmayan sorpsiyon işlemleri: 3 •Yerinde rejenerasyonlu sorpsiyon işlemleri: 10 •Aktif karbon, başka bir filtrede yatak tabakası olarak dahil edilmemişse: *Aktif karbon kartuş veya torba filtre:2 *Toz Aktif karbon:4 *Granül aktif karbon:4 *Yerinde aktif karbon rejenerasyonu: 16 •Kimyasal oksidasyon: *Hipoklorit: 3 *Gaz klor: 12 *Potasyum Permanganat: 4 *Hidrojen peroksit: 5 •Saf oksijen olmadan ozonlama: 3
<u>2-Su Kaynağı</u> •Yeraltısuyu:2 •Yüzey suyunun doğrudan etkisi altındaki yeraltı suyu:4 •Yüzey suyu:6 •Surface water maintaining filtration avoidance criteria: 8 •Deniz suyu:10 •Aritılmış su: 0 •Hamsu depolama tankı:3	<u>5-Aritma</u> •Saf sıvılaştırılmış oksijen ile ozonlama: 4 •Yerinde saf oksijen üretimi ile ozonlama: 5 •Koagülasyon: *Ön koagülant:5 *Pihtılaştırıcı, topaklaştırıcı veya filtre yardımcısı: eklenen her kimyasal için 3 puan, maksimum 12puan •Hızlı Karıştırıcı Üniteleri: *Mekanik karıştırıcı:5 *Enjeksiyon karıştırıcı: 3 *Sıralı blender karıştırıcı:2 *Sıralı statik karıştırıcılar: 0 •Flokülasyon tankı: *Hidrolik flokülör: 4 *Mekhanik flokülör: 8 •Sedimentasyon
<u>3-Ön Arıtma</u> •Ön Çöktürme havuzu:4 •Hidrosiklon veya benzeri kum ayırıcı:2 - Mikro Elek:3	

Tablo 4. (Devamı)

•Kaba Filtre: *Kartuş filtre: 2 *Geri yıkanamayan filtre:2 *Çakıl veya kaya filtresi:8 *Geri yıkanabilir granül medya filtresi:8 •Ham suyu ısıtmak için ilave ısıtma sistemi: 2	*Tüp yerleşimciler: 2 *Eğik plaka, Lamella tipi *Yatay akışlı *Batch sedimentasyon:2 *Adsorption clarifier: 6 *Yukarı akışlı : 10 *Çözünmüş hava flotasyonu:16 *Kombine hızlı karışım-pıhtılaşma-flokülasyon-sedimentasyon ünitesi: 20 •Filtrasyon *Kartuş veya torba filtre - tek ünite: 2 *Kartuş veya torba filtreler - aşamalı, birden çok ünite
4-Ayarlama ve Kontrol	
•pH ayarlama:3 •Korozyon önleme:3 •Kireçtaşı ve kalsit :2 •Ayrırma:3	
KRİTER VE PUAN	
5-Aritma	5-Aritma
*Ters ozmoz, mikrofiltrasyon, ultrafiltrasyon veya nanofiltrasyon dahil membran filtrasyonu: 8 *Membran filtreleme, entegre sistem: 12 *Diatomaceous earth: 12 •Elektrodiyaliz: 10 •Kireç yumuşatma: 16 •Karbonlama: 8 •Florlama: *Sodium fluoride saturator: 2 *Sodium silicofluoride: 3 * Hydrofluorosilicic acid : 5	•Dezenfeksiyon *Sıvı ve toz halindeki hipokloritler: 3 *Additional points if hypochlorites are generated on-site: 2 *Gaz klor:12 *Chlorination using tablets: 1 *Kloraminasyon için amonyak ilavesi: *Klor dioksit: 8 *Yerinde klor-alkali üretimi: 12 *Saf oksijen olmadan ozonlama: 3 *Saf sıvılaştırılmış oksijen ile ozonlama: 4 *Yerinde saf oksijen üretimi ile ozonlama: 5 *UV:2 •Temas tankı: 3

Gelişmiş, gelişmekte olan ve diğer ülkelerde kullanılan skorlama sistemlerinde temelde benzerlikler ve farklılıklar bulunmaktadır. Ülkelerin puanlama kriterlerindeki farklılıklar yerel ve ulusal düzeydeki ülkelerin tabii olduğu mevzuat ve standartlara göre değişmektedir. Ancak skorlama sistemlerinde hemen hemen bir çok ülkede esas olan kriterler su kalitesi, su kaynağı, kapasite, enerji verimliliği ve çevresel etkidir. Skorlama modellerinde kullanılan kriterler tesislerin performansının nesnel bir şekilde ölçülmesini ve puanlandırılmasını sağlamaktadır. Örneğin boyutlandırma ve kapasite; tesisin su talebini karşılayabilme özelliğini değerlendirmektedir. Ham su kaynağı ve kalitesi ise içme suyunun arıtılması gereken kirleticilerin düzeyini ve proses karmaşıklığını göstermektedir. Arıtma prosesleri ve tesisteki diğer yardımcı üniteler kullanılan teknoloji ve yöntemlerin etkinliğini belirlemektedir. Tesislerin enstrümental özellikleri ise işletme ve kontrolünü değerlendirmede önemlidir. Skorlama modelleri ile tesislerin mevcut durumu ortaya konarken iyileştirme potansiyelleri de belirlenmiş olmaktadır. Tüm bu skorlama sistemleri farklı ülkelerde farklılıklar gösterirken temelde ortak bir amaca hizmet etmektedir.

Literatürde ve ülkemizde içme suyu arıtımında operatör ihtiyacının belirlenmesi

Türkiye’de içme suyu arıtma tesislerinde bulunması gereken personelin sayısı ve niteliklerine dair doğrudan bir mevzuat bulunmamaktadır. Ancak 24 Eylül 2021 tarihli ve 31608 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan "İçme Suyu Temin Edilen Suların Kalitesi ve Arıtılması Hakkında Yönetmelik" kapsamında içme suyu arıtma tesislerinin verimli işletmesini sağlamak amacıyla istihdam edilecek teknik personelin eğitim ve sertifika süreçlerine ilişkin hususların Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından belirleneceği belirtilmiştir. Ancak spesifik personel sayısı ve niteliklerine dair detaylar belirtilmemiştir. Dolayısıyla, içme suyu arıtma tesislerinde istihdam edilecek personelin sayısı ve nitelikleri, tesisin kapasitesi, kullanılan arıtma teknolojileri ve işletme ihtiyaçlarına göre ilgili kurumlar tarafından belirlenmektedir. Öte yandan, atıksu arıtma tesislerinde çalışacak teknik personelin niteliklerine dair detaylı düzenlemeler mevcuttur. "Atık Su Arıtma Tesislerinde Çalışan Teknik Personele İlişkin Tebliğ"’de, tesis sorumlularının eğitim durumu, deneyim süresi ve diğer nitelikleri detaylı bir şekilde tanımlanmıştır. Tüm bu hususlar doğrultusunda tez çalışmasında; ülkemizde içme suyu arıtma tesisleri için istihdam edilecek personel sayısı ve niteliklerinin belirlenerek kurumlar arası farklı yöntem ve idarenin önüne geçilmesi ile daha sağlıklı ve iyi bir işletme hedeflenmektedir.

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Yapı İşleri Genel Müdürlüğü İhale Daire Başkanlığı, İller Bankası Yatırım Koordinasyon Daire Başkanlığı ve Devlet Su İşleri İçme Suyu ve Atık Su Daire Başkanlığı İçme Suyu Arıtma Tesisleri Şube Müdürlüğü kurum ve kuruluşları ihale birimlerince içme suyu arıtma tesislerinde personel niteliği ve niceliği hususları ihalelerde belirtilmektedir.

Ülkemize özgü içme suyu arıtma tesisleri için personel hesaplama yöntemi geliştirilirken, tesis kapasitesi, kullanılan arıtma prosesi, otomasyon seviyesi ve bölgesel ihtiyaçlar gibi faktörler göz önünde bulundurulmuştur. Ayrıca ABD (EPA), Avrupa Birliği (EU), Kanada (BC Water & Wastewater Association- BCWWA), Japonya gibi ülkelerin standartları da ülkemize özgü personel hesaplama yönteminde etkin olmaktadır. Öncelikli olarak personel sayısını belirlemede alternatif matematiksel bağıntılar ve farklı ülkelerin personel hesaplama metodu aşağıdaki gibidir. İçme suyu arıtma tesisinde personel sayısını belirlemede alternatif matematiksel bağıntılar kurmak mümkündür. Bu bağıntılar, çeşitli parametreler ve faktörlerin tesisteki iş gücü gereksinimlerini nasıl etkilediğini daha net bir şekilde modelleyebilmektedir. Ülkemize özgü skrolama ve sınıflandırma sistemi modeli neticesinde işletmeye ilişkin operatör ve vardiya durumlarının standartlaştırılmasında farklı

ülkelerinin standart yaklaşımları ele alınmıştır. Aşağıda personel sayısını belirleme için birkaç farklı yaklaşım sunulmuştur.

Alternatif 1: Doğrudan kapasite ve teknoloji bazlı hesaplama

Bu modelde, tesisin kapasitesi ve kullanılan arıtma teknolojisine göre doğrudan personel sayısı hesaplanmaktadır. Kapasite arttıkça daha fazla personel gerekmektedir. Aynı şekilde teknolojinin karmaşıklığı ve otomasyonu da personel ihtiyacını etkilemektedir.

- Personel sayısı: $(K \cdot T_f) + B$
- K: Tesisin günlük kapasitesi ($m^3/gün$)
- T_f : Arıtma teknolojisinin faktörü (otomatik için 0,5 , yarı otomatik için 1, manuel için 1,5)
- B: Ekstra bakım ve yönetim ihtiyacı (sayısal bir değer, örneğin 5)
- Personel sayısı için $m^3/gün$ üzerinden standart personel birimi (günlük çalışma kapasitesi) ile çarparak gerçek personel sayısı bulunmaktadır.

Alternatif 2: Çok faktörlü regresyon modeli

Regresyon modeli, çoklu faktörlerin personel sayısını nasıl etkilediğini anlamak için kullanılan yaygın bir matematiksel bir yaklaşımdır. Burada kapasite, teknoloji, bakım ihtiyacı gibi faktörlerin birlikte etkisi modellenir.

- Personel sayısı: $\alpha + \beta_1 K + \beta_2 T + \beta_3 B + \beta_4 L + \beta_5 I$
- K: Tesisin günlük kapasitesi ($m^3/gün$)
- T: Arıtma teknolojisi (otomatik için 0,5, yarı otomatik için 1, manuel için 1,5)
- B: Ekstra bakım ve yönetim ihtiyacı (1-3 arasında bir değer)
- L: Laboratuvar ihtiyacı (1-3 arasında bir değer)
- I: İdari ihtiyaçlar (1-3 arasında bir değer)

Alternatif 3: Ağırlıklı faktör modeli

Bu modelde, her faktör için ağırlıklar belirlenir ve her faktör bu ağırlıklarla çarpılarak toplam personel sayısına ulaşılmaktadır. Burada kapasite, teknoloji, bakım ihtiyacı gibi faktörlerin birlikte etkisi modellenir.

- Personel sayısı: $\alpha + w_1 K + w_2 T + w_3 B + w_4 L + w_5 I$
- w_1, w_2, w_3, w_4, w_5 : Her faktörün ağırlığı
- K: Tesisin günlük kapasitesi ($m^3/gün$)
- T: Arıtma teknolojisi (otomatik için 0.5, yarı otomatik için 1, manuel için 1.5)
- B: Ekstra bakım ve yönetim ihtiyacı (1-3 arasında bir değer)

- L: Laboratuvar ihtiyacı (1-3 arasında bir değer)
- I: İdari ihtiyaçlar (1-3 arasında bir değer)

Alternatif 4: zaman tabanlı Model

Bu modelde, iş yükü ve işlerin ne kadar süre alacağına dair hesaplama yapılmaktadır. Arıtma tesisinde yapılan her bir işlem için gerekli süre ve bu işlemi gerçekleştirecek personel sayısı hesaplanmaktadır. Personel sayısı; birim saat üzerinden günlük operasyonel ihtiyaçlara göre personele dönüştürülmektedir.

- Personel sayısı: Toplam (iş süresi*iş yükü)/24 saat
- İş süresi: Her bir işin ort. süresi (saat)
- İş yükü: İşin zorluk düzeyi ve kapasiteye göre gereksinim

ABD (EPA) yöntemi

EPA ve AWWA, içme suyu arıtma tesislerinde çalışacak personel sayısının belirlenmesinde rehberdir.

- Temel Formül:
$$\text{Operatör sayısı} = (\text{Tesis kapasitesi} * \text{iş yükü katsayısı}) / \text{çalışma saati}$$
- Örnek Hesaplama: 100.000 m³/gün kapasiteli bir içme suyu arıtma tesisi, iş yükü katsayısı 0,3 operatör/1.000 m³ (EPA tahmini), günlük çalışma süresi 24 saat (3 vardiya)
- Operatör sayısı: $(100.000 \text{ m}^3/\text{gün} * 0,3) / (24 * 3) \cong 5$ operatör
- Bu hesaplama otomasyon seviyesi düşük tesisler için kullanılmaktadır. Tam otomatik tesislerde operatör ihtiyacı daha az olabilmektedir.

Avrupa Birliği (EU) standartları

Avrupa Birliği, içme suyu arıtma tesislerinde personel ihtiyacını belirlemek için ISO 24512:2007 standardını ve EU Drinking Water Directive (98/83/EC) yönergelerini kullanmaktadır. Avrupa'da tam otomasyonlu tesislerde operatör ihtiyacı daha azdır. Almanya ve Hollanda, su yönetiminde gelişmiş SCADA sistemleri kullanarak operatör ihtiyacını azaltmaktadır. Skorlanan ve sınıflandırılan tesislerde küçük ölçekli tesisler için 2 operatör, orta ölçekli tesisler için 5-7 operatör ve büyük ölçekli tesisler için ise 10 ve üzeri operatör önermektedir.

Kanada (BC Water & Wastewater Association- BCWWA) modeli

Kanada'da operatör ihtiyacı tesis karmaşıklık seviyesine göre belirlenir.

- Basit filtrasyon tesisleri için operatör sayısı $m^3/gün$ başına 5.000
- Koagülasyon ve filtrasyon tesisleri için operatör sayısı $m^3/gün$ başına 3.000
- İleri arıtma teknolojileri için operatör sayısı $m^3/gün$ başına 1.500
- Örnek Hesaplama: $50.000 m^3/gün$ kapasiteli, koagülasyon ve filtrasyon tesisleri için $50.000/3.000 \cong 17$ operatör

Japonya Otomasyon ve Uzaktan Kontrol Modeli

Japonya’da yüksek otomasyon seviyesi sayesinde operatör ihtiyacı oldukça düşüktür.

- SCADA + Yapay Zeka Destekli İşletme
- Küçük tesislerde 1-2 personel, orta ölçekli tesislerde 3-5 personel ve büyük tesislerde 5-10 tesis.

Türkiye ile karşılaştırma

Türkiye’de personel ihtiyacı genellikle belediyeler ve su idareleri (ASKİ, İSKİ vb.) tarafından belirlenmektedir. Ancak uluslararası bir standart veya formül kullanılmamaktadır. Genellikle her vardiyada minimum 2-3 operatör olacak şekilde planlama yapılmaktadır. Ancak gelişmiş veya gelişmekte olan ülkelerin hesaplama yöntemlerinin Türkiye’ye adapte edilmesi, personel ihtiyacının daha verimli belirlenmesini sağlayabilir. Türkiye’de bu konuda standart bir hesaplama yöntemi bulunmamaktadır.

Sonuç olarak, içme suyu arıtma tesislerinde çalışacak personelin sayısı ve niteliklerine dair spesifik bir mevzuat olmamakla birlikte, ilgili yönetmelik kapsamında Bakanlık tarafından belirlenmesi öngörülmektedir. Bu nedenle, tesislerin personel istihdamında genel mühendislik ve teknik personel standartlarına uygun hareket etmeleri ve Bakanlık tarafından yayımlanacak olası düzenlemeleri takip etmeleri önem arz etmektedir.

Türkiye’de içme suyu arıtma tesislerinde görev alacak personel için proje, yapım (inşaat) ve işletme aşamalarında mühendis zorunluluğu bulunmaktadır. Ancak, bu zorunluluk farklı yönetmeliklerde ve idari düzenlemelerde tanımlanmıştır. Aşağıda ilgili mevzuat ve branş zorunlulukları ile ilgili detaylı bir değerlendirmedir.

Proje Aşaması (Tasarım ve Planlama)

- İçme-Kullanma Suyu Temin ve Dağıtım Sistemleri Hakkında Yönetmelik kapsamında içme suyu tesis projelerinin hazırlanması belirli mühendislik disiplinlerine bırakılmaktadır.

- İller Bankası, DSİ ve belediyeler tarafından yapılan içme suyu arıtma projelerinde genellikle Çevre Mühendisleri, İnşaat Mühendisleri ve Makine Mühendisleri yer almaktadır.
- Çevre Mühendisleri: Arıtma proseslerini belirleme, proje tasarımı yapma ve su kalitesi gerekliliklerini sağlama görevlerini üstlenir.
- İnşaat Mühendisleri: Tesisin yapısal tasarımı, borulama sistemleri, rezervuarlar ve betonarme yapılardan sorumludur.
- Makine Mühendisleri: Pompalar, mekanik sistemler ve tesis içi ekipman seçimi konularında görev alır.
- Elektrik/Elektronik Mühendisleri: SCADA sistemleri, elektrik panoları ve otomasyon altyapısının planlanmasından sorumludur.
- Projelerin Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği (TMMOB) ve ilgili kamu kuruluşları (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, DSİ, İller Bankası) tarafından onaylanması gerekmektedir.
- Proje sorumlusu olarak Çevre Mühendisi genellikle zorunlu tutulmaktadır.

Yapım Aşaması (İnşaat ve Kurulum)

- Yapım aşaması, İller Bankası, Devlet Su İşleri (DSİ) veya belediyeler tarafından ihale edilen işler kapsamında yürütülmektedir.
- İçme suyu arıtma tesisi yapım işlerinde yüklenici firmalar tarafından şantiye şefi olarak mühendis istihdamı zorunludur.
- Zorunlu Mühendislik Branşları
 - İnşaat Mühendisleri: İnşaat ve altyapı çalışmalarını denetler.
 - Makine Mühendisleri: Mekanik ekipmanların montajı ve işletmeye alınmasını sağlar.
 - Elektrik Mühendisleri: Elektrik tesisatları, güç sistemleri ve SCADA gibi kontrol sistemlerinden sorumludur.
 - Çevre Mühendisleri: Projenin proses uygunluğunu kontrol etmek, su kalite standartlarına uyumu sağlamak ve işletme aşamasına geçişi yönetmek için görev alır.
- Şantiye Şefi Zorunluluğu
 - 4708 sayılı Yapı Denetimi Kanunu ve ilgili yönetmelikler gereği şantiye şefi olarak bir mühendis atanması zorunludur.
 - İçme suyu arıtma tesislerinin şantiye şefi genellikle İnşaat Mühendisi veya Çevre Mühendisi olmaktadır.

İşletme Aşaması (Tesisin Yönetimi ve İşletilmesi)

- Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği ve İçme-Kullanma Suyu Kalitesi Yönetmeliği içme suyu arıtma tesislerinin işletilmesi için mühendis zorunluluğunu belirlemektedir.
- Büyük ölçekli tesislerde (özellikle 100.000 m³/gün üzeri kapasiteli tesislerde) Çevre Mühendisi istihdam edilmesi zorunludur.
- Küçük ölçekli tesislerde ise teknik personel yeterli görülebilmektedir.
- Zorunlu Mühendislik Branşları
 - Çevre Mühendisleri: Tesisin işletme sorumluluğunu üstlenir, arıtma proseslerini kontrol eder ve su kalitesinin yönetmeliklere uygun olmasını sağlar.
 - Makine Mühendisleri: Pompa istasyonları, vanalar, mekanik aksamın bakım ve işletmesinden sorumludur.
 - Elektrik/Elektronik Mühendisleri: SCADA sistemleri ve elektrik altyapısının sorunsuz çalışmasını sağlar.
 - Kimya Mühendisleri ve Kimyagerler: Arıtma tesislerinde kullanılan kimyasal dozajlama sistemlerinin optimizasyonunda görev alır.
- İmza Yetkisi
 - İçme suyu arıtma tesislerinde işletme sorumlusu olarak Çevre Mühendislerinin imza yetkisi bulunmaktadır.
 - Büyük ölçekli tesislerde birden fazla mühendis istihdam edilmesi gerekebilir.
 - Belediyeye bağlı su ve kanalizasyon idarelerinde (İSKİ, ASKİ, BUSKİ vb.), Çevre Mühendisleri arıtma tesislerinde işletme sorumlusu olarak atanabilmektedir.

İçme suyu arıtma tesislerinin verimli, sürdürülebilir ve güvenli bir şekilde çalışabilmesi için personel sayısının ve niteliklerinin doğru bir şekilde belirlenmesi, kritik bir öneme sahiptir. Türkiye gibi gelişmekte olan bir ülkede içme suyu arıtma tesislerinde çalışacak personelin sayısını belirlemek ve buna uygun bir standart geliştirmek, hem halk sağlığını koruma hem de su kaynaklarını verimli kullanma açısından büyük önem taşır. İçme suyu, doğrudan insan sağlığına etki eden bir kaynak olduğundan, suyun arıtılma sürecinde yeterli uzmanlık ve iş gücü bulunması, suyun güvenliğini sağlamak için hayati bir rol oynar. Bu bağlamda, personel sayısının doğru bir şekilde belirlenmesi, işletme sürekliliği, acil durum yönetimi, bakım ve onarım süreçlerinin verimliliği açısından da kritik bir öneme sahiptir. Eğer personel sayısı yeterli değilse veya nitelik konusunda eksiklik varsa, bu durum tesisin işleyişinde aksamalara

yol açabilir. Ayrıca, insan hataları nedeniyle içme suyunun kalitesinde düşüş ve halk sağlığını tehdit edici durumlar oluşabilir.

Tez çalışmasında pilot tesis olan Erzurum İçme Suyu Arıtma tesisi için operatör ihtiyacı sırası ile farklı ülkelerin standartları ile hesaplanmaktadır.

- EPA yöntemine göre Erzurum İçme Suyu Arıtma tesisi her vardiyada 5-6 operatör çalışması gerekmektedir.
- Kanada modeline göre; Erzurum İçme Suyu Arıtma tesisi her vardiyada 43-44 operatör çalışması gerekmektedir.
- AB modeline göre Erzurum İçme Suyu Arıtma tesisi her vardiyada 5-10 operatör çalışması gerekmektedir.
- Japonya modelinde ise Erzurum İçme Suyu Arıtma tesisi her vardiyada yüksek otomasyonlu tesis için 7-10 operatör, düşük otomasyonlu bir tesis için 25-30 operatör çalışması gerekmektedir. Bu modelde operatör sayısı otomasyona bağlı olarak değişmektedir.

Skorlama modeli kullanan ülkeler skorlama ve standardizasyon modellerini kendi şartlarına göre oluşturmuş ve bu ölçüde sınıflandırma ve standardizasyon çalışmaları yapmıştır. Ülkemizde doğrudan bu ülkelerin skorlama ve standardizasyon modelini uygulamak doğru bir yaklaşım olmayacaktır. Skorlama ve standardizasyon yapılmadığında zaten kısıtlı olan su kaynaklarının doğru bir şekilde korunması ve yönetilmesinde ciddi sıkıntıların ortaya çıkması kuvvetle muhtemel olduğundan ülkemize özgü bir skorlama modelinin geliştirilmesine gerek duyulduğu anlaşılmıştır. Bu tez çalışması ülkemizdeki 1046 içme suyu ve içme suyu arıtma tesisinin skorlanması ve neticesinde kapsamlı olarak değerlendirildiği ilk çalışma olarak öne çıkmaktadır.

MATERYAL ve METOT

Bu tez çalışması içme suyu arıtma tesislerine ait verilerin toplanması, elde edilen verilerin veri tabanına aktarılması, skorlama sistemi modelinin oluşturulması ve modelin çalıştırılması aşamalarından oluşmaktadır.

- İlk aşamada veri temini ve verileri derleme süreci belirlenmiştir. 81 il ve ilçede bulunan içme suyu arıtma tesisine ait veriler T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, İller Bankası, Büyükşehir Belediyeleri ve Belediyelerin Su ve Kanal İdaresine bağlı kurum ve kuruluşlardan temin edilmiş ve Belediyelere gönderilen bilgi föyü doğrultusunda içme suyu tesislerine ait bilgi ve belgeler ilgililerce hazırlanarak gönderilmiştir. Ek 1’de tesisler için hazırlanan bilgi föyü sunulmuştur. Süreç boyunca içme suyu arıtma tesisi olmayan ve gerekli veri elde edilmeyen illerde 2020, 2021, 2022 ve 2023 yılı Çevre Durum Raporları dikkate alınmıştır.
- 2. aşamada toparlanan veriler FileMaker programında hazırlanan bir veri tabanına aktarılmıştır. Bu veri tabanında öncelikle içme suyu arıtma tesisinin adı ve bulunduğu coğrafi bölge, ili veya ilçesi kaydedilmiştir. Daha sonraki adımda tesislere ait boyutlandırma, kapasite, ham su kaynağı ve karakteristiği, arıtma prosesleri ve diğer kriterlerden uygun olanlar seçilerek eklenmiştir.
- Skorlama işlemi tamamlandıktan sonra sonuçlar skorlama ve sınıflandırmada etkili kriterler açısından incelenmiştir. İçme suyu arıtma tesislerinin kriter bazlı dağılımları tesislere ait verilerin FileMaker programından alınması ve excel uygulamasına aktarıldıktan sonra Excelin Pivottable özelliği kullanılarak verilen ayrıntılı bir şekilde çözümlenmesi sağlanmıştır (Şekil 15). Böylelikle skorlamaya ait tüm kriterlerin değerlendirilmesi sağlanmıştır.

PivotTable Alanları

Rapora eklenecek alanları seçin:

Ara

☒ BÖLGE
☐ BULUNDUĞULÇEYAZ
☐ İL
☐ TESİSADINIAZ
☒ SKOR TOPLAM
☒ SINIF
☐ 50 m3/gün <

Alanları aşağıdaki bölgeler arasında sürükleyin:

Filtreler: İl: İlçe: İlçe:

Satırlar: Değerler:

Sütunlar: Değerler:

☐ Güncelleştirmeyi Etele

Satır Etiketleri	Toplam SKOR TOPLAM	Toplam 1- Boyutlandırma ve Kapasite Toplam Puanı (1-30)
AKDENİZ	628	167
Büyük	465	130
Orta	163	37
DOĞU ANADOLU	1258	498
Büyük	279	66
Çok Büyük	114	25
Çok Küçük	400	281
Küçük	193	70
Orta	272	56
EGE	844	174
Büyük	191	45
Çok Küçük	35	12
Küçük	210	31
Orta	408	86
GÜNEYDOĞU	1321	384
Büyük	184	45
Çok Büyük	117	30
Çok Küçük	34	25
Küçük	234	65
Orta	752	219
İÇ ANADOLU	1905	450
Büyük	683	162
Çok Büyük	134	30
Çok Küçük	62	29
Küçük	249	73

Şekil 15. Tez çalışmasında kullanılan Pivottable şablonu

- Ardından farklı ülkelerin skorlama ve sınıflandırma modellerinde ülkemize ait veriler kullanılarak modellerin uygulanabilirliği test edilmiştir. Ayrıca ülkemize özgü oluşturulan modelde farklı ülkelerde bulunan içme suyu arıtma tesislerinin verileri ile sonuçlar elde edilmiştir. Ülkemize özgü oluşturulan modelde bulunan kriterler ile diğer ülkelerin skorlama modelinde olan ortak kriterlerin arıtma tesislerinin standardizasyon kazanmasında etkisi incelenmiştir. Hem ülkemiz hem de dünyadaki örnekler doğrultusunda farklı modeller ile kombinasyonlar yapılarak ülkemize özgü bir modelin gerekliliği ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Mevzuat

Günümüzde, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin tamamına yakını içme suyu kalite standartlarına sahiptir. Ülkemizde de içme suları için belirli kalite standartları vardır. İçme suyu arıtma tesisi çıkış sularında 17.02.2005 tarihli ve 25730 sayılı İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik ve 29.04.2005 tarihli TSE266 standartları esas alınmaktadır. İçme sularının korunması, izlenmesi ve artırılmasına yönelik T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü İçmesuyu Daire Başkanlığınca ana çerçeve çizilmektedir. Ayrıca T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Su ve Toprak Yönetimi Dairesi Başkanlığınca Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği mevzuatı su kaynaklarının korunmasına yöneliktir. İçme suyu arıtımında; arıtılmış suda İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik, ham suda ise İçme Suyu Elde Edilen veya Elde Edilmesi Planlanan Yüzeysel Suların Kalitesine Dair Yönetmelik ile İçme Suyu Temin Edilen Suların Kalitesi ve Arıtılması

Hakkında Yönetmelik esastır. İçme suyu arıtımında Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği, İller Bankası'nın İçme Suyu Arıtma Tesisi Proses Şartnamesi ve diğer bütün teknik şartnameleri, mevzuat, norm veya standartları esas alınmaktadır.

Dolayısıyla ülkemize özgü bir skorum ve sınıflandırma modelinin oluşturulmasında yukarıda bahsi geçen mevzuat, norm ve standartlar esas teşkil etmektedir. Tablo 5'de ülkemize özgü skorum modeli hazırlanırken ana çerçeveyi belirleyen yönetmelikler verilmektedir.

Tablo 5. Ülkemizde İçme Sularına Yönelik Mevzuat

Yönetmelik	Tarih/Sayı
- İçme Suyu Elde Edilen veya Elde Edilmesi Planlanan Yüzeysel Suların Kalitesine Dair Y.	29.06.2012/28338
- İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Y.	17.02.2005/25730
- İçme Suyu Temin Edilen Suların Kalitesi ve Arıtılması Hakkında Yönetmelik	24.09.2021/31608
- Su Havzalarının Korunması ve Yönetim Planlarının Hazırlanması Hakkında Yönetmelik	17.10.2012/28444
- Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği	30.11.2012/28483
- Yüzeysel Sular ve Yeraltı Sularının İzlenmesine Dair Yönetmelik	11.02.2014/28910
- Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği	31.12.2004/25687

Skorum Modeli ve Bileşenleri

Bir içme suyu arıtma tesisi skorum modeli, içme suyu arıtma tesislerinin belirli kriterlere göre değerlendirilmesini ve sınıflandırılmasını sağlayan sistematik bir çerçevedir. İçme suyu arıtma tesisi skorum modeli, tesislerin teknik ve operasyonel özelliklerine göre belirli kriterler üzerinden puanlandığı ve bu puanlara göre sınıflandırıldığı, performans değerlendirme sistemidir. Skorum modelleri arıtma tesislerinin kapasitesi, ham su kaynağı ve kalitesi, kullanılan arıtma prosesleri, arıtma prosesi dışında kalan destek üniteleri ve enstrümantal donanım gibi kriterleri temel almaktadır. Bu kriterlere göre tesisler belirli puan aralıklarında değerlendirilmekte ve sınıflandırılmaktadır.

Ülkemize özgü skorum modeli oluşturulurken; yerel koşullar buna bağlı olarak özel su kaynakları, alt yapı durumu ve çevresel koşullar dikkate alınmıştır. Tez çalışmasında hazırlanan skorum modeli şablonu Tablo 6'da verilmektedir. Daha sonra FileMaker programında oluşturulan veri tabanına aktarılan tesis verileri; gerekli bilgileri giriş yapılarak kaydedilmiştir. Tesis girişi yapılırken; yeni kayıt butonundan tesisin adı, bulunduğu coğrafi bölge, bulunduğu il ve ilçe girilerek kaydedilmiştir. Daha sonra boyutlandırma bölümünde tesisin debisi seçilerek puan verilmiştir. Ham su kaynağı puanlandırılırken iki veya daha fazla

farklı kaynağı var ise kaynakların toplamı kadar skor alınmıştır. Örneğin; Ömerli (İstanbul) Yavuz Sultan Selim İçme Suyu Arıtma Tesisleri ham su kaynağını gölet ve barajdan almaktadır. Bahse konu tesisin bu bölümden alacağı puan gölet için 6 puan baraj için ise 6 puan olup toplam ham su kaynağı skoru 12 puandır. Ham su karakteristiğine yönelik bölümde ise ham su için yönetmelikte belirlenen üç kategoriden (A1, A2 ve A3) birisi seçilmek zorundadır.

Skorlama modelinin bileşenleri; boyutlandırma ve kapasite, ham su kaynağı, ham su kalitesi, arıtma prosesleri, arıtma prosesi dışındaki üniteler ve enstrümental özelliklerdir. Boyutlandırma ve kapasitede tesisin hizmet ettiği nüfus, su üretim kapasitesi ve genel ölçeği gibi parametreler değerlendirilir ve büyük kapasiteli tesisler genellikle daha yüksek puan almaktadır. Tesisin suyu temin ettiği kaynak türü ve bu kaynakların sürekliliği puanlamada dikkate alınmıştır. Ham suyun kalitesi ve kirlilik derecesi, tesisin arıtma gereksinimlerini etkileyen önemli bir faktördür. Kalite sınıfı düşük olan kaynaklardan alınan suyun arıtılması daha zor olduğundan, bu sınıf daha yüksek puandır. Tesisin içme suyunu arıtmak için kullandığı prosesler (örneğin, koagülasyon, flokülasyon, filtrasyon gibi metotlar) puanlamada büyük rol oynamaktadır. Proses karmaşıklığı arttıkça puan derecesi de artmaktadır. İleri arıtma teknolojileri kullanan tesisler daha yüksek puan alabilmektedir.

Tablo 6. Ülkemize Özgü Oluşturulan Skorlama Sistemi Şablonu

Skorlama Kriterleri	Minimum-Maksimum Skor	Alınan Skor
1- Boyutlandırma ve Kapasite (m³): (1-30 puan) Proje debisi alınmıştır.		
➤ 50 m³/gün < 1 puan ➤ 50-200 m³/gün 2 puan ➤ 200-400 m³/gün 4 puan ➤ 400-2000 m³/gün 9 puan ➤ 2000-4000 m³/gün 12 puan ➤ 4000-20000 m³/gün 16 puan ➤ 20000-40000 m³/gün 20 puan ➤ 40000-200000 m³/gün 25 puan ➤ > 200000 m³/gün 30 puan	1-30	
2-Ham Su Kaynağı: (2-10 puan)		
• Yeraltısuyu: 2 puan • Yüzeysuyu etksinde olan yeraltı suyu: 4 puan • Yağmur Suyu Hasadı: 3 puan • Yüzeysuyu : 0-10 puan • Akarsu: 8 puan • Göl: 6 puan • Gölet: 6 puan • Baraj: 6 puan • Deniz: 10 puan	2-22	

Tablo 6. (Devamı)

<u>2.1-Ham Su Karakteristiğine Yönelik: (1-5 puan)</u>		
İçmesuyu Temin Edilen Suların Kalitesi Ve Arıtılması Hakkında Yönetmelik Çerçevesinde;		
➤	A1: 1 puan	
➤	A2: 3 puan	
➤	A3: 5 puan	
<u>2.2-Ham Suyu Tabi İşlemler: (2-3 puan)</u>		
➤	Tat ve koku rutin kontrol: 2 puan	
➤	Renk > 15 CU: 3 puan	
➤	Fe > 2 mg/L : 3 puan	
➤	Mn > 0,25 mg/L: 3 puan	
➤	Alg büyümesi: 3 puan	
<u>2.2.1-Önemli ölçüde farklı su kalitesine sahip kaynakların harmanlanması (2-4 puan)</u>		
➤	MCL uyumuna ulaşmak için: 4 puan	
➤	Estetik nedenlerden dolayı: 2 puan	
Kimyasal ilaveli rezervuar yönetimi: 2 puan		
<u>3-Ön Arıtma Prosesleri: (2-8 puan)</u>		
➤	Izgara ve Elekler: 0-2 puan	
○	Kaba ızgaralar: 2 puan	
○	İnce ızgaralar: 2 puan	
○	Sabit elekler: 2 puan	0-8
○	Döner tanbur elekler: 2 puan	
➤	Ön Çöktürme/Basit Çökeltim Tankı: 2 puan	
<u>3.1-Giriş Yapısı:(2 puan)</u>		
<u>4-Kimyasal Arıtma ve Dezenfeksiyon Prosesleri: (2-20 puan)</u>		
➤	Floridasyon:4 puan	
➤	Dezenfeksiyon/Oksidasyon: 2-10 puan	
○	Klorlama (Ön Klorlama:3 puan Son Klorlama:5 Puan Her ikisi mevcut ise 8 puan)	2-20
○	Ozonlama: 10 puan	
○	UV Işınlama:2 puan	
○	İyot, Peroksit vb: 5 puan	
○	Potasyum permanganat: 4 puan	
➤	Proses kontrolü için pH dengeleme: 3 puan	
➤	Korozyon kontrolü: 3 puan	
<u>5- Arıtma Prosesleri: (9-24 puan)</u>		
<u>Koagülasyon/Flokülasyon/Filtre Yardımcısı:</u>		
➤	Ana Koagülant ilavesi: 5 puan	
➤	Koagülant yardımcı/ flokülant kimyasal ilavesi (iyonik-naniyonik polimerler, katyonik ya da anyonik polimerler,aktif silika, sodyum aluminat, asit ve alkaliler ve kil): Her biri için 3 puan, max. 9 puan	0-24
➤	Hızlı karıştırıcı üniteleri	
○	Mekanik karıştırıcı: 5 puan	
○	Hidrolik Karıştırıcı : 3 puan	
○	Pompa ile Karışım: 2 puan	

Tablo 6. (Devamı)

○ Statik Karıştırıcılar: 1 puan ➤ Yavaş karıştırıcı üniteleri ○ Dikey şaft: 5 puan ○ Yatay şaftlı pedallı: 5 puan ○ Perdeli: 3 puan	
<u>Durultma ve Sedimentasyon : (2-20 puan)</u>	
➤ Basit çökeltim tankı: 2 puan ➤ Yatay akımlı dikdörtgen: 4 puan ➤ Eğimli plakalı veya tüplü durultucu: 2 puan ➤ Yukarı akışlı (radyal) : 5 puan ➤ Reaktör durultucu: 5 puan ➤ Çamur battaniyeli durultucular: 10 puan ➤ Kombine sedimentasyon ünitesi:20 puan	0-20
<u>Filtrasyon: (4-10 puan)</u>	
➤ Yerçekimi ile Çalışan Filtreler ○ Yavaş Kum Filtreleri: 4 puan ○ Hızlı Kum Filtreleri : 6 puan ➤ Basınçlı Filtreler : 10 puan ➤ Diatoma Filtreler :10 puan	0-10
<u>6-Diğer Prosesler/Üniteler:</u>	
<u>Hava sıyırma (5 puan)</u>	
➤ Dağınık hava, Dolgu kule : 5 puan	
<u>Havalandırma: (1-3 puan)</u>	
➤ Serbest düşümlü: 1 puan ➤ Sprey (püskürtücülü) :1 puan ➤ Basınçlı hava enjeksiyonu :3 puan	0-3
<u>Yumuşatma: (10-20 puan)</u>	
➤ Kireç-soda usulü: 10-20 puan ○ Tek Kademeli Yumuşatma: 10 puan ○ İki Kademeli Yumuşatma: 20 puan ➤ Sodyum hidroksitle muamele: 10 puan ➤ Sodyum fosfat ile: 10 puan	0-20
➤ <u>Adsorpsiyon: (2-8 puan)</u> ➤ Aktif Karbon Adsorpsiyonu: 2-5 puan ○ Toz Aktif Karbon (TAK): 2 puan ○ Granüle Aktif Karbon (GAK): 5 puan ➤ Farklı Medyalarla Adsorpsiyon: 8 puan	0-8
➤ <u>İyon Değişirme: (5 puan)</u> ➤ Katyon Değişiriciler: 5 puan ➤ Anyon Değişiriciler: 5 puan	0-5
➤ <u>Membran Prosesler: (3-20 puan)</u> ➤ Mikrofiltrasyon: 3 puan ➤ Ultrafiltrasyon: 4 puan ➤ Nanofiltrasyon: 5 puan ➤ Ters osmos: 8 puan ➤ Entegre membran sistemleri: 20 puan	0-20
<u>Elektrodiyaliz: (10 puan)</u>	0-10

Tablo 6. (Devamı)

7-Çamur Bertarafı ve Kimyasal Madde Geri

Kazanımı:

- Çamur Yoğunlaştırıcı: 4 puan
 - -Çamur Yoğunlaştırma Tankı: 4 puan
- Çamur Susuzlaştırma: 2-5 puan
 - -Kurutma yatakları veya lagün: 2 puan
 - -Filtre pres: 5 puan
 - -Santrifüj,dekantör: 5 puan
- Atık Uzaklaştırma: 0-3 puan
 - Yüze, kanalizasyona veya eşdeğerine boşaltma:0 puan
 - Yerinde bertaraf, arazi uygulaması:1 puan
 - Geri kazanım / geri dönüşüm olmadan lagüne / kurutma yatağına boşaltım, örn. akış aşağı deşarj :1 puan
 - Geri yıkama geri kazanımı / geri dönüşümü: havza veya lagüne ve sonra kaynağa boşaltma: 2 puan
 - Geri yıkama geri kazanımı / geri dönüşümü: havza veya lagüne boşaltma ve ardından bitki alımı :3 puan

0-12

8-Tesis Operasyon Özellikleri: (0-4 puan)

- Scada veya benzeri enstrümantasyon sistemlerinin kullanımı, izleme alarm, proses operasyonu yok, tesisin otomatik kapatılması yok: 0 puan
- Sınırlı proses operasyonu örneğin; uzaktan kapatma özelliği: 1 puan
- Orta düzeyde proses operasyonu örneğin; alarmlar ve kapatma, kısmi uzaktan operasyon: 2 puan
- Kapsamlı veya toplam proses operasyonu örneğin; alarm, kapatma ve tesisin tamamen uzaktan çalıştırılması mümkün: 4 puan

0-4

9-Diğer Üniteler: (her bir ünite 1 puan)

- Taşkın tahliye ve by-pass hattı: 1 puan
- Numene alma: 1 puan (en az 3 noktada varsa 1 puan yoksa puan verilmez.)
- Büro: 1 puan
- Laboratuvar: 1 puan
- Ana kontrol panosu: 1 puan
- Yemekhane: 1 puan
- İdari bina: 1 puan
- Lojman: 1 puan
- Bekçi binası: 1 puan
- Atölye: 1 puan
- Isı merkezi: 1 puan
- Jeneratör: 1 puan
- Depo: 1 puan

0-13

Tablo 6. (Devamı)

10-Aritma Tesis Yıllık İşletme Maliyeti:	
➤ Enerji tüketimi ve İşletme maliyeti	
Toplam Skor	
➤ 10-35 Puan Çok Küçük Ölçekli Tesis	
➤ 36-61 Puan Küçük Ölçekli Tesis	
➤ 62-87 Puan Orta Ölçekli Tesis	1-151
➤ 88-113 Puan Büyük Ölçekli Tesis	
➤ >114 Puan Çok Büyük Ölçekli Tesis	

Skorlamada kullanılan kriterlerin tanımı, özellikleri ve puanlama esasları

Bu bölümde skorlamada kullanılan kriterlerin tanımı, özellikleri ve puanlama esasları anlatılmıştır. Skorlama yapılırken aşağıdaki usul ve esaslara uyulmuştur. Tesislerde bulunabilecek tüm proseslerin açık tanımları yapılmış ve bu tanımlara uyan prosesler skorlama cetvelinde seçilerek puan girişleri ilgili yerlere yapılmıştır.

- Skor: Puanlama sonucu.
- Skor Aralığı: Kriterin alabileceği minimum ve maksimum aralık.
- Kriter: Skorlama sistemini oluşturan her bir öge.
- Boyutlandırma: Ünite tahkikleridir. (% 20 fazla yükleme esas alınır.)
- Kapasite: Proje hedef yılındaki içme suyu ihtiyacıdır. (tesis içindeki %5 kayıp dahildir.)
- Ham Su Kaynağı: Arıtma tesisine giren işlem görmemiş sudur.
- Ön Arıtma Prosesleri: Tesis girişinde bulunan ve tesis ilk kirlilik yükünü azaltan proseslerdir. Hamsu kaynağının yüksek bulanıklık, alg ve yüzen maddeler içeren akarsularda vb kaynaklarda arıtım sistemlerinden önce suyun kaba ızgara, ince ızgara, sabit elek ve döner tambur elek vb yapılardan geçirilmesi işlemine ön arıtma denir. Kaba ızgaralar (Elek açıklığı = 30 – 60 mm) yüzen cisimlerin, büyük parçacıkların tutulmasını, İnce ızgaralar (Elek açıklığı = 6 – 20 mm) yüzen cisimleri ve küçük parçacıkların tutulmasını sağlamaktadır. Sabit elekler (Elek açıklığı = 2 – 7 mm) ve döner tanbur elekler (0,02-1 mm) askıdaki katı madde gideriminde kullanılmaktadır.
- Giriş Yapısı: Tesise gelen su basıncını dengelemek ve farklı kaynaklardan gelen sular için oluşturulan ünedir. Tesise gelen suyun basıncını ve birden fazla kaynaktan su alınıyorsa su kalitesini düzenleyen, gerektiğinde ön dezenfeksiyon ve oksidasyonu

sağlayan bir ünedir. Ancak tesiste havalandırma ihtiyacı olması halinde havalandırma çıkışında da ön dezenfeksiyon/oksidasyon yapılmaktadır.

- Ön Çöktürme/ Basit Çökeltme Tankları: Silt yükü fazla olan yüzeysel ve yer altı sularında, ham su pompa istasyonu iletim hattı ve ilk proses yapılarını korumak amacıyla yapılan tanklardır. En eski ve temel arıtma prosesi olan yerçekimi ile çökeltme esasına dayanmaktadır. Özellikle bulanıklık değeri çok yüksek olan yüzeysel sularda tercih edilmektedir.
- Kimyasal Arıtma: Suda çözünmüş halde bulunan kirleticilerin kimyasal reaksiyonlarla çözünürlüğü düşük bileşiklere dönüştürülerek giderilmesi esasına dayanan proses.
- Dezenfeksiyon Prosesleri: Suda bulunan hastalık yapıcı mikroorganizmaların giderilmesi esasına dayanır.
- Koagülasyon (Hızlı Karıştırma): Kimyasal maddelerin suya hızlı karıştırıldığı ve uniform dağılımın sağlandığı proses. Mekanik veya hidrolik olarak karışımın sağlanması mümkündür. Ancak karışımın verimliliği, yaratılan türbülansla doğrudan ilgili olduğundan en az güç tüketimi ile maksimum türbülans sağlanmalıdır.
- Flokülasyon (Yavaş Karıştırma): Hızlı karıştırma yapısındaki koagülasyon işleminden sonra suda askıda bulunan partiküllerin yavaş yavaş belirlenen bir süre karıştırılarak çarpışmasının ve birbiriyle birleşerek büyümesinin sağlandığı proses.
- Durultma ve Sedimentasyon: Tüm kimyasal arıtma süreçlerinin sonucunda bulunan katı,sıvı fazını ayırmak için kullanılan çökeltme prosesi. Çökeltme işlemi iki şekilde uygulanabilmektedir. Bunlardan birincisi basit çökeltme; ikincisi ise hızlı karıştırıcı, yavaş karıştırıcı (flokülasyon) ve/veya yumuşatmayı takip eden çökeltmedir. Basit çökeltme; çökebilen maddelerin yerçekimine göre çöktürülmesi esasına dayanmaktadır. İkinci tip ise kimyasal madde dozlaması ile oluşan flokları uzaklaştırmak için yapılan çökeltmedir. Çökeltme; Basit Çökeltim Tankları, Yatay akımlı Dikdörtgen, Eğimli plakalı veya Tüplü Durultucu, Yukarı Akışlı (Radyal), Reaktör Durultucu, Çamur Battaniyeli Durultucular vb konfigürasyonları vardır.
- Filtrasyon: Fiziksel, kimyasal ve bazı durumlarda biyolojik olan, su arıtımında kalıntı bulanıklığı gidermek için kullanılan en eski ve temel proses. Filtreler akım şartlarına göre; yer çekimi ile çalışan filtreler ve basınçlı filtreler diye sınıflandırılmaktadır. Yer çekimi ile çalışan filtreler hızlarına göre yavaş kum filtreleri ve hızlı kum filtreleri olarak ikiye ayrılmaktadır.
- Havalandırma: Suyu oksijen kazandıran proses. Demir (Fe^{++}) ve Manganın (Mn^{++}) oksidasyonu ve amonyumun (NH_4^+) giderilmesi için oksijen gerekli olduğu hallerde,

karbondioksit (CO₂) gideriminde, suda istenmeyen tad ve kokunun giderimi, metal korozyonu ve çimento ayrışmasının önlenmesi için Hidrojen Sülfür (H₂S) gideriminde, metan, uçucu yağ ve kimyasal maddelerin gideriminde rol alan prostestir. İçme suyu arıtımında kullanılan havalandırma yapıları genel olarak üç kategoriye ayrılmakta ve sırasıyla; Serbest düşümlü (kaskatlı ve tablalı), Sprey (püskürtücülü), Basınçlı hava enjeksiyonudur.

- Yumuşatma: Suda sertlik giderimi sağlayan proses.
- Adsorpsiyon: Suda bulunan tat, koku ve rengin, klor ve klor bileşikleri, trihalometanlar (THM) ve organik maddelerin, arsenik ve selenyum, fenol, yüzeysel aktif madde, doymuş hidrokarbon, pestisitlerin vb. parametrelerin giderilmesini sağlayan proses. Bu işlem aktif karbon veya diğer adsorbent medyalarla yapılır. Ham su kalitesine bağlı olarak ön arıtma yapılabilir. Aktif karbon, taneli (GAK) veya toz (TAK) olarak kullanılmaktadır. Taneli aktif karbon filtre malzemesi olarak, toz aktif karbon ise suya karıştırılarak kullanılmaktadır. Kullanılacak aktif karbona ait fiziksel ve kimyasal özellikler verilmelidir. Ayrıca farklı medyalar kullanılarak da adsorpsiyon yapılmaktadır. İdeal koşullarda tüm projelendirmeye esas kriterler ve ön arıtma seçenekleri yerinde yapılacak pilot çalışmalarla belirlenmelidir.
- İyon Değişirme: İyon değişirme, iyon değiştirici reçine ile su arasındaki iyon değiş tokuş işlemidir. İyon değişirme işleminin en geniş uygulama alanı sertlik yapan iyonların giderilmesi yani yumuşatma işlemidir. Reçineli sistemlerde reçine yatak kalınlığı 0.75-2.00 m, filtrasyon hızı 6-15 m/saat arasında alınabilmektedir. İyon değişirme sistemi Katyon Değişirme ve Anyon Değişirme iki gruba ayrılmaktadır. Katyon değişirme; pozitif bir iyonun veya katyonun, diğer bir pozitif iyonla yer değiştirmesi olup, tabii sulara katyonlar, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, Na⁺, H⁺, Fe⁺⁺ ve Mn⁺⁺ gibi maddelerdir. Anyon Değişirme Negatif bir iyonun yani anyonun, diğer bir negatif iyonla yer değiştirmesi olup, tabii sulara anyonlar genel olarak Cl⁻, gibi maddelerdir.
- Membran Proses: Yarı geçirgen zar vasıtasıyla uygulanan basınç ile suyun membranın diğer tarafına geçirilerek kirleticilerin giderilmesi prosesi. İçme suyu arıtımında kullanılan membran filtrasyonu prosesleri mikrofiltrasyon, ultrafiltrasyon, nanofiltrasyon ve ters ozmozdur. Uygulanan basınç ile suyun membranın diğer tarafına geçirilebilen kısmı büyük ölçüde saflaştırılırken diğer taraftaki konsantre hale gelmiş safsızlıklar dışarı atılmaktadır. Mikrofiltrasyon ve Ultrafiltrasyon sistemlerinde beslenen suyun kalitesine bağlı olarak % 5-15, ters ozmoz ve nanofiltrasyonda % 10-25, denizsuyu arıtımında ise % 40-60 oranında konsantre su (atıksu) oluşmaktadır. Geri kalan kısmı arıtılmış su olarak elde edilmektedir.

Konsantre su kalitesi deşarj limitleri açısından irdelenmelidir. Ön arıtma sistemleri tüm membran sistemlerinin tasarımında çok önemli bir yere sahiptir.

- Elektrodializ: Bir çözelti içindeki pozitif ve negatif yüklü parçacıkların (iyonların) bir elektrik potansiyelinin etkisiyle iyon seçici membranlardan diğer çözeltilere geçmesini sağlayarak hedef çözeltiden ayıran proses türü.
- Çamur Bertarafı: İçme suyu arıtımı sonucunda oluşan atıkların (alum çamuru, demir çamuru, filtre geri yıkama suyu, yumuşatma üniteleri atığı tuzlu su ve mikro elek geri yıkama suyu) sudan uzaklaştırılması prosesidir. İçme suyu arıtıma tesislerinden çıkan çamurun yoğunlaştırılarak giderimi için en çok kullanılan prosesler çamur yoğunlaştırma, çökeltim havuzları tabanında çökeltilen ve % 0,5-1,5 arasında katı madde içeren çamur bu tanklara alınmaktadır. Bu tankların gravite prensibine göre çalışanları olmakla beraber karıştırıcı ekipmanları olanları da bulunmaktadır. Çamur susuzlaştırma işleminde güneş enerjisiyle buharlaştırma yöntemi veya mekanik yöntemler kullanılmaktadır. Buharlaştırma yöntemi çamur kurutma yatakları ile lagünler, mekanik yöntemler ise santrifuj dekantör, filtre pres işlemlerini kapsamaktadır. Çamur kurutma yatakları borulu bir lateral sistem veya gözenekli beton üstüne yerleştirilen bir kum tabakasından oluşmaktadır.
- pH Ayarlama: Ham su ve filtrelenmiş suyun gerektiğinde pH'ını ayarlamak için kimyasallar (sülfürik asit, sodyum hidroksit, kalsiyum karbonat, kalsiyum oksit, sodyum karbonat v.b) eklenmektedir. Bu kimyasalların suya ilavesi hat üzerinde, ayrı bir karıştırma yapısında veya klor temas tankı girişinde yapılabilmektedir.
- Dezenfeksiyon: Suda bulunan hastalık yapıcı mikroorganizmaların giderilmesidir. Bu işlem, klor, kloramin, klordioksit, brom, iyot, ozon gibi kimyasal madde ilavesi ile veya ultraviyole ışınlama gibi metodlarla yapılmaktadır.
- Arıtılmış Su Deposu: Tesis içi su ihtiyacı (içme ve kullanma suyu, kimyasal madde çözeltileri hazırlama suyu, ünite ve ekipmanların yıkama suyu, buster pompa suyu, çamur tesislerinin su ihtiyacı,vb.) ile filtrelerin geri yıkanması için gerekli (en az 2 filtrenin geri yıkanması için gerekli su) suyu karşılayacak hacim ve tesis içinde şebeke deposunun bulunmadığı durumlarda tesis çıkış debisinin 30-60 dakikalık miktarının depolandığı yapıdır.
- Operatör: İçme suyu arıtma tesislerinde kullanılan makinelerin ve ekipmanların yönetimi, kontrolü ve izlenmesi ile sorumlu olan personeldir.

Sağlıklı bir skrolama ve sınıflandırma işleminin yapılabilmesi için temel tanımlar ve proses teknik tanımlarının bilinmesi son derece önemlidir. Skrolamanın sağlıklı bir şekilde yapılması için hazırlanan bu bölümde skrolama kriterlerinin tanım ve teknik detaylarından

sonra puanlamanın esasları anlatılmıştır. Skorlama modeli sistemini doğru bir şekilde çalıştırmak için puanlamanın esasları maddeler halinde aşağıdadır. Her bir kriter için nasıl puanlama yapılacağı detaylandırılmıştır.

- Boyutlandırma ve Kapasite: Bu bölümde tesislerin proje debisi esas alınmıştır. 50 m³/gün altında çalışan tesisler için 1 puan, 50-200 m³/gün için 2 puan, 200-400 m³/gün için 4 puan, 400-2.000 m³/gün için 9 puan, 2.000-4.000 m³/gün için 12 puan, 4.000-20.000 m³/gün için 16 puan, 20.000-40.000 m³/gün için 20 puan, 40.000-200.000 m³/gün için 25 puan ve > 200.000 m³/gün üstünde çalışan tesis için ise 30 puan verilmiştir. Bu bölüm kendi içerisinde minimum 1 ila 30 puan arasındadır.
- Ham su Kaynağı: Ham su arıtma tesisine giren henüz işlem görmemiş sudur. Bu kısımda yeraltı suları için 2 puan verilmiştir. Eğer yeraltı suyuna herhangi bir yüzey suyu karışmış ise yani yüzey suyu etkisinde olan yeraltı suyu için 4 puan verilmiştir. Gelecekte ülkemizde bir ham su kaynağı olabilecek yağmursuyu hasadı için ise 3 puan verilmiştir. Yüzey suları için göl, göletler ve baraj 6 puan, akarsu 8 puan ve deniz 10 puandır. Bu bölüm kendi içerisinde minimum 2 ila 10 puan arasındadır.
- Ham su Karakteristiğine Yönelik: Ülkemizde İçme Suyu Temin Edilen Suların Kalitesi ve Arıtılması Hakkında Yönetmelik kapsamında ham su kaynağı kalitesine göre A1 sınıfında ise 1 puan, A2 sınıfında ise 3 puan ve A3 sınıfında ise 5 puan verilmiştir. Bu bölüm kendi içerisinde minimum 1 ila 5 puan arasındadır.
- Ham suya Tabi İşlemler: Ham su kaynağında belirli rutinlerde tat ve koku kontrol ediliyor ise 2 puan, renk parametresi > 15 CU ise 3 puan, demir > 2 mg/L ise 3 puan, mangan > 0,25 mg/L ise 3 puan ve son olarak rutin kontrolde alg büyümesi kontrol edildiğinde ise 3 puan almıştır. Bu bölüm kendi içerisinde minimum 2 ila 3 puan arasındadır.
- Önemli ölçüde farklı su kalitesine sahip kaynakların harmanlanması: Ham su kaynaklarında farklı kaynakların harmanlanması söz konusu ise bu bölüme puan verilmiştir. Eğer harmanlama mikrobiyal bir büyümeden dolayı ise 4 puan, estetik nedenlerden dolayı ise 2 puan verilmiştir. Ayrıca rezervuar yönetiminde bir kimyasal kullanıldığında 2 puan verilmiştir. Bu bölüm kendi içerisinde minimum 2 ila 4 puan arasındadır.
- Ön Arıtma Prosesleri: Ön arıtma prosesi olan ızgara ve elekler maksimum 2 puan almıştır. Kaba ızgara, ince ızgara, sabit elek ve döner tanbur elek olmak üzere her bir ünite 2 puandır. Ön çöktürme havuzu/basit çökeltim tankı prosesi 2 puandır. Örneğin; bu bölümde kaba ve ince ızgarası ve çökeltme havuzu olan bir proses toplamda 2*3= 6 puan almıştır. Bu bölüm kendi içerisinde 2-6 puan arasındadır.

- Giriş Yapısı: Tesise gelen su basıncını dengelemek ve farklı kaynaklardan gelen sular için giriş ünitesi olan tesislere 2 puan verilmiştir. Bu üniteye ön dezenfeksiyon ve oksidasyon sağlanmaktadır. Giriş yapısı dışında başka bir üniteye dezenfeksiyon ve oksidasyon yapılmış ise bu kısımdan puan almamıştır. Bu bölüm maksimum 2 puandır.
- Kimyasal Arıtma ve Dezenfeksiyon Prosesleri: Floridasyon ünitesi 4 puandır. Dezenfeksiyon ve oksidasyon prosesleri; klorlama, ozonlama, UV ışınlama, iyot, peroksit, potasyum permanganat vb. klorlama ünitesi tesis girişinde yapıldığında yani ön klorlama mevcut ise 3 puan, son klorlama mevcut ise 5 puan her ikisi de mevcut ise toplamda 8 puan almıştır. Ozonlama ünitesi 10 puan, UV ışınlama 2 puan, iyot, peroksit vb 5 puan, potasyum permanganat ise 4 puandır. Proses kontrolü için pH dengeleme 3 puan ve korozyon kontrolü ise 3 puandır. Bu bölüm kendi içerisinde minimum 5 ila maksimum 20 puan arasındadır.
- Arıtma Prosesleri:
- Koagülasyon/Flokülasyon/Filtre Yardımcısı: Ana Koagülant ilavesi 5 puandır. Örneğin alum kullanıldığında 5 puan almıştır. Koagülant yardımcı/flokülant kimyasal ilavesi (iyonik-naniyonik polimerler, katyonik ya da anyonik polimerler, aktif silika, sodyum aluminat, asit ve alkaliler ve kil vb. her biri için 3 puan, maksimum ise 9 puandır. Koagülasyon ve flokülasyonda karıştırıcı cinsine göre; hızlı karıştırıcı üniteleri mekanik karıştırıcı 5 puan, hidrolik karıştırıcı 3 puan, pompa ile karışım 2 puan, statik karıştırıcılar 1 puan ve yavaş karıştırıcı üniteleri ise dikey şaft 5 puan, yatay şaftlı pedallı 5 puan ve perdeli 3 puandır. Bu bölüm kendi içerisinde 9-24 puan aralığındadır.
- Durultma ve Sedimentasyon: Basit çökeltim tankı 2 puan, yatay akımlı dikdörtgen 4 puan, eğimli plakalı veya tüplü durultucu 2 puan, yukarı akışlı (radyal) 5 puan, reaktör durultucu 5 puan, çamur battaniyeli durultucular 10 puan ve kombine hızlı karıştırma-yavaş karıştırma-sedimentasyon ünitesi 20 puandır. Bu bölüm kendi içerisinde 2-20 puan arasındadır.
- Filtrasyon: Yerçekimi ile çalışan filtreler 2'ye ayrılmaktadır. Yavaş kum filtreleri 4 puan, hızlı kum filtreleri 6 puandır. Basıncılı filtreler 10 puan, diatoma filtreler 10 puandır. Bu bölüm kendi içerisinde 4-10 puan arasındadır.
- Diğer Prosesler/Üniteler:
- Hava sıyırma: Dağınık hava, Dolgu kule 5 puandır.

- Havalandırma: Serbest düşümlü havalandırıcılar (Kaskatlı ve tablalı) 1 puan, Sprey (püskürtücülü) havalandırıcılar 1 puan ve Basıncılı hava enjeksiyonu 3 puandır. Bu bölüm kendi içerisinde 1-3 puan arasındadır.
- Yumuşatma: Yumuşatma prosesleri Kireç-soda usulü; Tek Kademeli ise 10 puan İki Kademeli ise 20 puan, Sodyum hidroksitle yumuşatma 10 puan, Sodyum fosfat ile yumuşatma 10 puandır. Bu bölüm kendi içerisinde 10-20 puan arasındadır.
- Adsorpsiyon: Aktif karbon veya adsorbent medyalar ile adsorpsiyon gerçekleştirilmektedir. Aktif karbon adsorpsiyonu toz aktif karbon (TAK) ise 2 puan, granüle aktif karbon (GAK) ise 5 puandır. Farklı medyalarla adsorpsiyon 8 puandır. Bu bölüm kendi içerisinde 2-8 puan arasındadır.
- İyon Değiştirme: Katyon değiştiriciler 5 puan ve anyon değiştiriciler 5 puan olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Bu bölüm maksimum 5 puandır.
- Membran Prosesler: İçme suyu arıtımında Membran prosesler MF, UF, NF ve Ters Osmos olmak üzere 4'e ayrılmaktadır. Mikrofiltrasyon 3 puan, Ultrafiltrasyon 4 puan, Nanofiltrasyon 5 puan, Ters osmos 8 puan ve Entegre membran sistemleri ise 20 puandır. Bu bölüm kendi içerisinde 3-20 puan arasındadır.
- Elektrodializ: Bu proses 10 puandır. Bu bölüm maksimum 10 puandır.
- Çamur Bertarafı ve Kimyasal Madde Geri Kazanımı: İçme suyu arıtımı sonucunda oluşan atıklar genel olarak; alum çamuru, demir çamuru, filtre geri yıkama suyu, yumuşatma üniteleri atığı tuzlu su ve mikro elek geri yıkama suyudur. Oluşan çamuru bertaraf etmek için; çamur yoğunlaştırıcı için çamur yoğunlaştırma tankı 4 puan, çamur susuzlaştırma için kurutma yatakları veya lagün 2 puan, filtre pres 5 puan, santrifüj dekantör ise 5 puandır. Atık uzaklaştırma ise; yüzeye, kanalizasyona veya eşdeğerine boşaltma 0 puan, yerinde bertaraf, arazi uygulaması 1 puan, geri kazanım/geri dönüşüm olmadan lagüne/kurutma yatağına boşaltım, örn. akış aşağı deşarj 1 puan, geri yıkama geri kazanımı/geri dönüşümü havzaya veya lagüne ve sonra kaynağa boşaltma 2 puan ve geri yıkama geri kazanım/geri dönüşümü havza veya lagüne boşaltma ve ardından bitki alımı 3 puandır. Bu bölüm kendi içerisinde 2-12 puan arasındadır.
- Tesis Operasyon Özellikleri: Scada veya benzeri enstrümantasyon sistemlerinin kullanımı, izleme alarm, proses operasyonu yok ve tesisin otomatik kapatılması yok ise 0 puan, sınırlı proses operasyonu örneğin; uzaktan kapatma özelliği 1 puan, orta düzeyde proses operasyonu örneğin; alarmlar ve kapatma, kısmi uzaktan operasyon 2 puan ve kapsamlı veya toplam proses operasyonu örneğin; alarm, kapatma ve

tesisin tamamen uzaktan çalıştırılması mümkün ise 4 puandır. Bu bölüm kendi içerisinde 0-4 puan arasındadır.

- Diğr niteler: Her bir ünite 1 puandır. Taşkın tahliye ve by-pass hattı 1 puandır. Numune alma en az 3 noktadan ise 1 puan verilmekte aksi takdirde ise bu bölümden puan verilmemektedir. Büro 1 puan, kimya binası 1 puan, laboratuvar 1 puan, ana kontrol panosu 1 puan, yemekhane 1 puan, idari bina 1 puan, lojman 1 puan, bekçi binası 1 puan, atölye 1 puan, ısı merkezi 1 puan, jeneratör 1 puan, depo 1 puan'dır. Bu bölüm kendi içerisinde 1-14 puan arasındadır.
- Arıtma Tesis Yıllık İşletme Maliyeti: Enerji tüketimi ve işletme maliyeti taahhüt edilen miktarın üzerinde ise tesise -20 puan verilmiştir.

Böylece bahsi geçen her kriterin karşılığında alınan puanlar toplanarak tesisin toplam skoru oluşturulmuştur. Tüm bu husus ve esaslar doğrultusunda ülkemizde bulunan içme suyu arıtma tesislerine skortlama ve sınıflandırma sistemi modeli uygulanmıştır. Skortlama şablonu FileMaker programı kullanılarak veri tabanına aktarılan ve şekil 16, 17, 18 ,19 ve 20'de görseli görülen sistem 5 sayfadan oluşmaktadır. Veri tabanı kullanılırken gerekli düzenlemeler show all, new record, delete record, find, sort gibi komutlar kullanılarak yapılmıştır. Tasarımda oluşturulan sisteme skortlama kriterlerinden sırasıyla boyutlandırma ve kapasite, ham su kaynağı, ham su karakteristiğı, ön arıtma prosesleri, kimyasal arıtma ve dezenfeksiyon prosesleri, arıtma prosesleri, diğr proses ve üniteler, çamur bertarafı ve kimyasal geri madde kazanımı ve tesis operasyonel özelliklerinden minimum ve maksimum aralığında puan verilmiştir.

şekil 16 skortlama modeli 1. sayfa olup bu bölümde sırası ile 1) boyutlandırma, 2) ham su kaynağı, 2.1) ham su karakteristiğı, 2.2) ham suya tabii işlemler ve 2.2.1) nemli ölçüde farklı su kalitesine sahip kaynakların harmanlanması kriterlerinden oluşmaktadır.

FileMaker programında tasarlanan skorlama modeli sayfa 1

182 Total (Unsorted)

Records

Layout: VERİ GİRİŞ-01

View As: Preview

1. Boyutlandırma ve Kapasite (m3): (1-30 puan)

50 m3/gün <	1 Puan	1-30	
50-200 m3/gün	2 Puan		
200-400 m3/gün	4 Puan		
400-2000 m3/gün	9 Puan		
2000-4000 m3/gün	12 Puan		
4000-20000 m3/gün	16 Puan		
20000-40000 m3/gün	20 Puan		
40000-200000 m3/gün	25 Puan		
> 200000 m3/gün	30 Puan		

2. Ham Su Kaynağı: (2-10 puan)

Yeraltı suyu:	2 Puan	2-22	0
Yüzeysel su: (Yeraltı suyu)	4 Puan		
Yağmur Suyu Hasadı:	3 Puan		
Yüzeysel su: 0-10 puan			
Akarsu:	8 Puan		
Göl:	6 Puan		
Gölet:	6 Puan		
Baraj:	6 Puan		
Deniz:	10 Puan		

2.1-Ham Su Karakteristiğine Yönelik İçme Suyu Temin Edilen Suların Kalitesi Ve Arıtılması Hakkında Yönetmelik Çerçevesinde: (1-5 puan)

A1	1 Puan	2-22	0
A2	3 Puan		
A3	5 Puan		

2.2-Ham Suya Tabi İşlemler: (2-3 puan)

Tat ve koku rutin kontrol	2 Puan	2-22	0
Renk > 15 CU	3 Puan		
Fe > 2 mg/L	3 Puan		
Mn > 0.25 mg/L	3 Puan		
Ağ bürümüş	3 Puan		
2.2.1-Onemli ölçüde farklı su kalitesine sahip kaynakların harmanlanması (2-4 puan)			
MCL uyumuna ulaşmak için	4 Puan		
Estetik nedenlerden dolayı	2 Puan		
Kimyasal ilave rezervuar yönetimi	2 Puan		

YENİ KAYIT

KAYIDI SİL

VERİ GİRİŞ 1.SAYFA

YAZDIRMA 1.SAYFA

VERİ GİRİŞ 2.SAYFA

YAZDIRMA 2.SAYFA

VERİ GİRİŞ 3.SAYFA

YAZDIRMA 3.SAYFA

VERİ GİRİŞ 4.SAYFA

YAZDIRMA 4.SAYFA

VERİ GİRİŞ 5.SAYFA

YAZDIRMA 5.SAYFA

LISTE

PROGRAM KULLANIMI

1) YENİ KAYIT DÜĞMESİNİ KLİKLEYİNİZ

2) KAYIDIN BAŞLIĞINI , BAŞLIK ALANINA YAZINIZ

3) VERİLERİN KARŞISINDAKİ ALANA RAKAMI YAZINIZ

Şekil 16. FileMaker programında tasarlanan skorlama modeli sayfa 1

Şekil 17 skorlama modeli 2. sayfa olup bu bölümde sırası ile 3) ön arıtma prosesleri, 3.1) ızgara ve elekler, 4) kimyasal arıtma ve dezenfeksiyon, 4.1) dezenfeksiyon ve oksidasyon, 5) arıtma prosesleri, 5.1) koagülasyon/flokülasyon/filtre yardımcısı, 5.2) hızlı karıştırıcı ve 5.3) yavaş karıştırıcı kriterlerinden oluşmaktadır.

3-Ön Arıtma Prosesleri: (2-8 puan)

3-1. ızgara ve Elekler: (0-2 puan)

Kaba ızgaralar	2 Puan	0-8	0
İnce ızgaralar	2 Puan		
sabit elekler	2 Puan		
döner tanbur elekler	2 Puan		
Ön Çöktürme/Basit Çöktürme Tankı	2 Puan		
Giriş Yapısı	2 Puan		

4-Kimyasal Arıtma ve Dezenfeksiyon Prosesleri: (2-20 p)

4-1. Dezenfeksiyon/Oksidasyon: 2-10 puan

Floridasyon	4 Puan	2-20	0
Klorlama (Ön Klorlama)	3 Puan		
Klorlama (son)	5 Puan		
Ozonlama	10 Puan		
UV Işınlama	2 Puan		
lyot, Peroksit vb	5 Puan		
Potasyum permanganat	4 Puan		
Proses kontrolü için pH dengeleme	3 Puan		
Korozyon kontrolü	3 Puan		

5- Arıtma Prosesleri

5.1 Koagülasyon/Flokülasyon/ Filtre Yardımcısı: (9-24)

Ana Koagülant ilavesi	5 Puan	0-24	0
Koagülant yardımcısı/ flokülant kimyasal ilavesi (iyonik-naniyonik polimerler,	3 Puan		
kationik ya da anyonik polimerler,	3 Puan		
aktif silika, sodyum alüminat, asit ve alkaliler ve kil,	3 Puan		
5-2. Hızlı karıştırıcı üniteleri			
Mekanik Karıştırıcı	5 Puan		
Hidrolik Karıştırıcı	3 Puan		
Pompa ile Karşım	1 Puan		
Statik Karıştırıcılar	1 Puan		
5-3.Yavaş karıştırıcı üniteleri			
Dikey şaft	5 Puan		
Yatay şaftlı pedallı	5 Puan		
Perdeli	3 Puan		

VERİ GİRİŞ 1.SAYFA

YAZDIRMA 1.SAYFA

VERİ GİRİŞ 2.SAYFA

YAZDIRMA 2.SAYFA

VERİ GİRİŞ 3.SAYFA

YAZDIRMA 3.SAYFA

VERİ GİRİŞ 4.SAYFA

YAZDIRMA 4.SAYFA

VERİ GİRİŞ 5.SAYFA

YAZDIRMA 5.SAYFA

LISTE

Şekil 17. FileMaker programında tasarlanan skorlama modeli sayfa 2

Şekil 18 skorlama modeli 3. sayfa olup bu bölümde sırası ile 5.4) durultma ve sedimentasyon, 5.5) filtrasyon, 5.5.1) filtreler, 6) diğer prosesler, 6.1) hava sıyırma, 6.2)

havalandırma, 6.3) yumuşatma 6.4) adsorpsiyon ve 6.5) iyon değiştirme kriterlerinden oluşmaktadır.

5.4.Durultma ve Sedimentasyon : (2-20 puan)			
Basit çökeltilim tankı	2 Puan	0-20	0
Yatay akımlı dikkörtgen	4 Puan		
Eğimli plakalı veya tüplü durultucu	2 Puan		
Yüksek akışlı (radyal)	5 Puan		
Reaktör durultucu	5 Puan		
Çamur battaniyeli durultucular	10 Puan		
Kombine hızlı karıştırma-yavaş karıştırma-sedimentasyon ünitesi	20 Puan		
5.5.Filtrasyon: (4-10 puan)			
5.5.1.Filtreler			
Yavaş Kum Filtreleri	4 Puan	0-10	0
Hızlı Kum Filtreleri	6 Puan		
Basıncılı Filtreler	10 Puan		
Diatoma Filtreler	10 Puan		
6.Diğer Prosesler/Üniteler:			
6.1-Hava sıyırma (5 puan)			
Dağınık hava, Dolgu kule	5 Puan	0-5	0
6.2-Havalandırma: (1-3 puan)			
Serbest düşümlü (Kaskatlı ve tablalı)	1 Puan	0-3	0
Sprey (puskurtuculu)	1 Puan		
Basıncılı hava enjeksiyonu	3 Puan		
6.3-Yumuşatma: (10-20 puan)			
Kireç- soda usulü (10-20 puan)			
Tek Kademeli Yumuşatma	10 Puan	0-20	0
İki Kademeli Yumuşatma	20 Puan		
Sodyum hidroksit ile muamele	10 Puan		
Sodyum fosfat ile	10 Puan		
6.4.Adsorpsiyon: (2-8 puan)			
Aktif Karbon Adsorpsiyonu (2-5 puan)			
Toz Aktif Karbon (TAK)	2 Puan	0-8	0
Granüle Aktif Karbon (GAK)	5 Puan		
Farklı Medyalarla Adsorpsiyon	8 Puan		
6.5-İyon Değiştirme: (5 puan)			
Katyon Değiştiriciler	5 Puan	0-5	0
Anyon Değiştiriciler	5 Puan		

Şekil 18. FileMaker programında tasarlanan skrolama modeli sayfa 3

Şekil 19 skrolama 4. sayfa olup bu bölümde sırası ile 6.6) membran prosesler, 6.7) elektrodializ, 7) çamur bertarafı ve kimyasal madde geri kazanımı, 7.1) çamur susuzlaştırma, 7.2) atık uzaklaştırma ve 8) tesis operasyonel özellikleri kriterlerinden oluşmaktadır.

BULUNDUĞU İLÇE			
BULUNDUĞU BÖLGE			
6.6.Membran Prosesler: (3-20 puan)			
Kartuş filtre	3 Puan	0-20	0
Mikrofiltrasyon	3 Puan		
Ultrafiltrasyon	4 Puan		
Nanofiltrasyon	5 Puan		
Ters osmos	8 Puan		
Remineralizasyon	10 Puan		
6.7-Elektrodializ: (10 puan)			
Elektrodializ	10 Puan	0-10	0
7.Çamur Bertarafı ve Kimyasal Madde Geri Kazanımı:			
Çamur Yoğunlaştırıcı	4 Puan		
Çamur Yoğunlaştırma Tankı	4 Puan		
7.1.Çamur Susuzlaştırma (2-5 puan)			
Kurutma yatakları veya lagün:	2 Puan	0-12	0
Filtre pres	5 Puan		
Santrifüj, dekantör	5 Puan		
7.2.Atık Uzaklaştırma (0-3 puan)			
Yüzeye, kanalizasyona veya eşdeğerine boşaltma	0 Puan	0-12	0
Yerinde bertaraf, arazi uygulaması	1 Puan		
Geri kazanım / geri dönüşüm olmadan lagüne / kurutma yatağına boşaltım, örn. akış aşağı deşarj	1 Puan		
Geri yıkama geri kazanımı / geri dönüşümü, havzaya veya lagüne ve sonra kaynağa boşaltma	2 Puan		
Geri yıkama geri kazanımı / geri dönüşümü, havza veya lagüne boşaltma ve ardından bitki alımı	3 Puan		
8.Tesis Operasyon Özellikleri: (0-4 puan)			
Scada veya benzeri enstrümantasyon sistemlerinin kullanımı, izleme alarm, proses operasyonu yok, tesisin otomatik kapatılması yok	0 Puan	0-4	0
Sınırlı proses operasyonu örneğin; uzaktan kapatma özelliği	1 Puan		
Orta düzeyde proses operasyonu örneğin; alarmlar ve kapatma , kısmi uzaktan operasyon	2 Puan		
Kapsamlı veya toplam proses operasyonu örneğin; alarm, kapatma ve tesisin tamamen uzaktan çalıştırılması mümkün	4 Puan		

Şekil 19. FileMaker programında tasarlanan skrolama modeli sayfa 4

Şekil 20 skrolama 5. sayfa olup bu bölümde sırası ile 9) diğer üniteler ve 10) arıtma tesisi yıllık işletme maliyeti kriterlerinden oluşmaktadır.

5.SAYFA

TESİSİN ADI			
BULUNDUĞU İL			
BULUNDUĞU İLÇE			
BULUNDUĞU BÖLGE			
9-11Diğer Üniteler: (her bir ünite 1 puan)			
Taşıın tahliye ve by-pass hattı: 1 puan	1 Puan	0-13	0
Numene alma (en az 3 noktada varsa 1 puan yoksa puan verilmez.)	1 Puan		
Büro	1 Puan		
Laboratuvar	1 Puan		
Ana kontrol panosu	1 Puan		
Yemekhane	1 Puan		
İdari bina	1 Puan		
Lojman	1 Puan		
Bekçi binası	1 Puan		
Atölye	1 Puan		
İsi merkez	1 Puan		
Jeneratör	1 Puan		
Depo	1 Puan		
10-Arıtma Tesisi Yıllık İşletme Maliyeti:			
Enerji tüketimi		-20	
İşletme maliyeti			
Not: Tahaahhüt edilen enerji tüketimi ve işletme maliyeti üzerinde olan tesisler			

VERİ GİRİŞ 1.SAYFA

YAZDIRMA 1.SAYFA

VERİ GİRİŞ 2.SAYFA

YAZDIRMA 2.SAYFA

VERİ GİRİŞ 3.SAYFA

YAZDIRMA 3.SAYFA

VERİ GİRİŞ 4.SAYFA

YAZDIRMA 4.SAYFA

VERİ GİRİŞ 5.SAYFA

YAZDIRMA 5.SAYFA

LİSTE

Şekil 20. FileMaker programında tasarlanan skrolama modeli sayfa 5

Oluşturulan skrolara göre ülkemizdeki en büyük tesis olan Cumhuriyet (İstanbul) İçme Suyu Arıtma Tesisi 151 puan ile en yüksek, 22 puan ile de Üsküp (Kırklareli) İçme Suyu Arıtma Tesisi en küçük tesis puanlarını alarak skrolama işleminin tavan ve taban puanları olarak belirlenmiştir. Bu aşamada elde edilen skroların istatistiksel olarak sınıflandırmasına geçilmiştir.

Skrolama Modelinde Puan Skalalarının Belirlenmesinde Uygulanan Metadoloji

İçme suyu arıtma tesislerinin skrolama modelinde sınıflandırma puan aralıkları belirlenirken birçok metadoloji kullanılmaktadır. Puan aralıkları belirlenirken kullanılan metotlar genel olarak şunlardır:

- Tesis kapasitelerinin istatistiksel analizi: Ülke genelindeki tüm tesislerin kapasiteleri, puanları ve kriterlere göre performansları analiz edilmektedir. Bu analizle, tesislerin hangi puan aralıklarında yoğunlaştığı ve aralıkların hangi kriterlere göre ayrılacağı belirlenmektedir.
- Uluslararası standartlar ve kıyaslama: Benzer boyuttaki tesisler, ulusal ve uluslararası modeller ile karşılaştırılmaktadır. Örnek tesislerin sınıflandırma aralıkları referans alınabilmektedir.

- Kriterlerin ağırlıkları: Her bir kriterin (örneğin ham su kalitesi) sistemde ne kadar ağırlığa sahip olacağı belirlenmektedir. Bu ağırlıklar puanların oluşumunu doğrudan etkilemektedir.
- Dinamik tavan ve taban değerler: Yeni tesislerin eklenmesi veya mevcut tesislerin performansında değişiklik olması durumunda, tavan ve taban puanlar gözden geçirilmektedir.

Ülkemize özgü içme suyu arıtma tesislerinin sınıflandırması için belirlenen puan aralıkları; kullanılan veriler, tesislerin fiziksel kapasiteleri ve performans kriterleri ile doğrudan ilişkilidir. Bu sınıfların puan aralıkları, en yüksek ve en düşük puan farkının 5 sınıf sayısına bölünmesi ile belirlenmiştir. Tesislerin puan aralıkları belirlenirken kullanılan hesaplamada; uygun grup sayısı ve aralığının belirlenmesinde Sturges Kuralı kullanılmış olup aşağıda Struges formülü verilmektedir.

$$Sınıf\ sayısı = 1 + 3,32 \log(n) \quad 1$$

Sturges kuralına göre toplam içme suyu arıtma tesisi sayısı 180 (n) olup formülasyona göre sınıf sayısı 8,488 (SS) olarak bulunmuştur. Ancak içme suyu arıtma tesisleri için ölçeklendirme sınıfının 8 adet olması gerekli görülmemiştir. Ülkemizde bulunan içme suyu arıtma tesislerinin skollama sonucuna göre elde edilen puanlar neticesinde çok küçük, küçük, orta, büyük ve çok büyük olmak üzere 5 ayrı sınıf olarak oluşturulmasına karar verilmiştir. Sınıfların aralık değeri (SA) ise, en yüksek (151) ve en düşük (22) tesis puan farkının 5 sınıf sayısına bölünmesi ile belirlenmiş olup 26 olarak alınmıştır. Tesis sınıflandırmada alt puan limiti 20 üst puan limiti 151'dir. Alt limit en düşük puanlı tesisin puanının altında olmak zorundadır. Bu nedenle ileride çok daha az puanlı bir tesis olma durumu göz önüne alınarak alt limit 10 olarak belirlenmiştir. Üst limit ise en yüksek puanlı tesisin puanının üzerinde olmak zorundadır. Bu nedenle ileride çok daha yüksek puanlı bir tesis olma durumu göz önüne alınarak çok büyük ölçekli tesis sınıfı en son sınıfın alt sınırı olan 114 ve üzeri olarak belirtilmiştir.

Çalışmada oluşturulan skollama sistemi sonucunda; tesis 10-35 puan aralığında ise çok küçük ölçekli tesis, 36-61 puan aralığında ise küçük ölçekli tesis, 62-87 puan aralığında orta ölçekli tesis, 88-113 puan aralığında ise büyük ölçekli tesis ve 114 puan ve üzeri puan ise çok büyük ölçekli tesis olarak sınıflandırılmıştır.

Ülkemizde bulunan tesislerin en küçük ve büyük ölçekli olanları referans alınarak tavan ve taban puanlar belirlenmiştir. Örneğin; Cumhuriyet İçmesuyu Arıtma Tesisi en büyük ölçekli olarak maksimum toplam puan ve kapasitede Üsküp İçmesuyu Arıtma Tesisi ise en küçük ölçekli olarak minimum toplam puan ve kapasitededir. Bu tesislerin boyutlandırma, arıtma

prosesleri, ham su kalitesi ve enstrümental özelliklerine göre aldıkları puanlar, aralığın belirlenmesinde temel referans olmuştur. Tablo 7’de sınıf aralıklarının belirlenmesinde göz önüne alınan değerler ve bu sınıfların belirlenen değerleri ise Tablo 8’ de gösterilmektedir.

Tablo 7. Sınıf Aralıklarının Belirlenmesinde Göz Önüne Alınan Değerler

	Veri ve Hesaplanan Değer	Kabul Edilen Değer
Veri Sayısı (N)	180	
Sınıf Sayısı (SS)	8.488	5.0
En Küçük Değer (Min)	22	
En Büyük Değer (Mak)	151	
Değişim Genişliği (DG)	129	
Sınıf Aralığı (SA)	25.8	26
Alt Limil (AL)	22	10
Üst Limit (ÜL)	151	
Ölçüm Hassasiyeti Birimi (ÖHB)	1	

Tablo 8. Belirlenen 5 Adet Sınıfın Limit, Sınır ve Sınıf Değerleri İle Frekansları

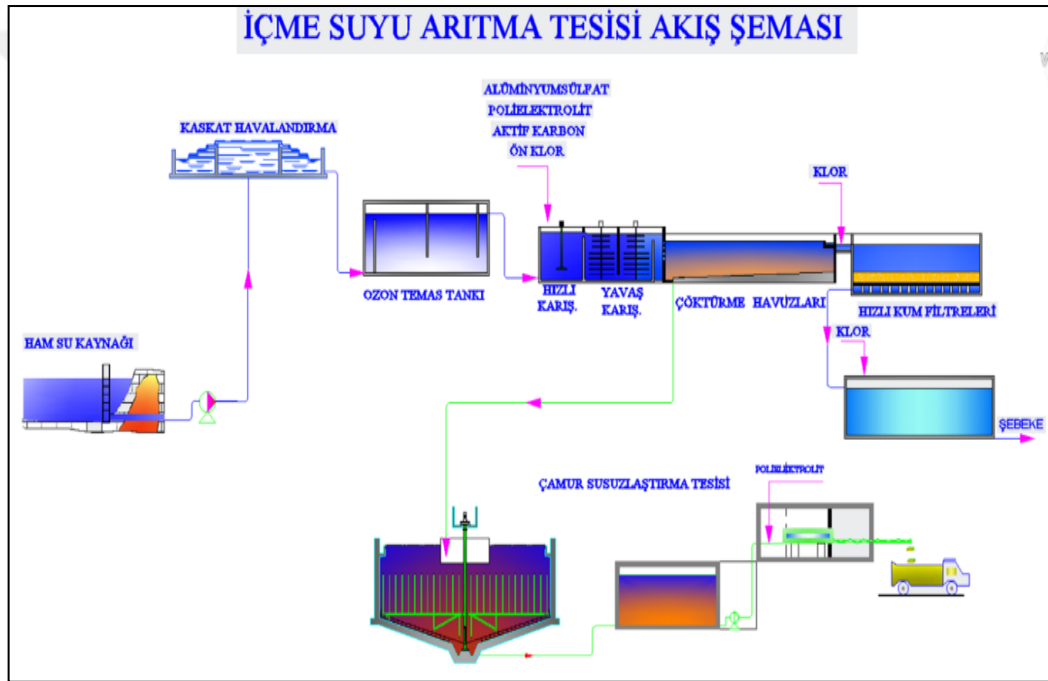
	Alt Değer	Üst Değer	Alt Sınır	Üst Sınır	Sınıf Değerleri (SD)	Frekans (F)	Nispi Frekans (Nf, %)
Çok Küçük	10	35	9.5	35.5	22.5	25	13.89
Küçük	36	61	35.5	61.5	48.5	40	22.22
Orta	62	87	61.5	87.5	74.5	67	37.22
Büyük	88	113	87.5	114	100.5	33	18.33
Çok Büyük	114	-	114	140	126.5	15	8.33

Sonuç olarak; eğer puan aralıkları gerçek tesis kapasitelerine uygun şekilde belirlenmezse, tesislerin yanlış sınıflandırılması ortaya çıkabilir. Örneğin; büyük ölçekli bir tesisin orta ölçekli bir tesis sınıfında görünmesi, orta ölçekli bir tesisinde büyük ölçekli sınıfında görünmesi durumunda skortlama ve sınıflandırma modeli tesislerin durumunu ortaya koymakta yanlış sonuçlar verebilir. Bu durumda kıyaslama gücü azalır ve model anlamını yitirebilir. Puan aralıklarının anlamlı olması, tesislerin doğru bir şekilde sınıflandırılmasını ve standardizasyon çalışmalarına temel oluşturmasını sağlamaktadır. Ancak puanlar rastgele ve gerçekçi olmayan bir yaklaşım ile oluşturulursa standartlaşma süreci aksayabilir. Özetle; puan aralıklarının değiştirilmesi, tesislerin sınıflandırılmasını ve kıyaslanmasını doğrudan etkilemektedir. Bu nedenle, puan aralıklarının belirlenmesi dikkatli bir analiz ve yerel koşullara uygun bir yaklaşımla istatistiksel çalışmalar

gerektirmektedir. Ülkemize özgü skrolama modelinde gerçekçi ve anlamlı puan aralıkları seçilerek tesislerin gerçeğe uygun olarak sınıflandırılması sağlanmıştır. Her bir tesis sınıfı için proje, yapım ve işletme aşamalarındaki opsiyon ve standartlar belirlenmiştir.

Örnek Uygulama: Erzurum Merkez İçme Suyu Arıtma Tesisi

Bu bölümde ülkemize özgü oluşturulan içme suyu arıtma tesisleri skrolama modeli sisteminin doğru anlaşılması için örnek bir uygulama anlatılmıştır. Çalışmada Erzurum (Merkez) İçme Suyu Arıtma Tesisi pilot tesis olarak kabul edilmiştir. Oluşturulan skrolama sistemine pilot tesise ait proje, yapım ve işletme verileri işlenmiş ve sonuçlar aşağıda verilmiştir. Erzurum (Merkez) İçme Suyu Arıtma Tesisi'ne ait akım şeması Şekil 21'de gösterilmektedir.



Şekil 21. Erzurum (Merkez) İçme Suyu Arıtma Tesisi akım şeması

Erzurum (Merkez) içme suyu Palandöken barajından alındıktan sonra arıtma tesisinde arıtılarak tek kaynaktan verilmektedir. Tesis ana üniteleri sırasıyla; giriş vana odası, havalandırma, ozon ünitesi, hızlı karıştırıcı, durultucu, kum filtresi, klor ünitesi, dinlendirme havuzları, kimya ünitesi ve laboratuvarıdır. 130.000 m³/gün kapasiteye sahip tesisin genel özellikleri aşağıda maddeler halinde.

Tesisin özellikleri;

- Ham su kaynağı: Palandöken Barajı

- Debi: Erzurum İçme Suyu Arıtma Tesisi, Erzurum şehrinin 2025 yılı su ihtiyacını karşılayacak şekildedir. Tesisin 1. kademe hedef yılı olan 2015 yılı kapasitesi 172.800 m³/gün, 2. kademe hedef yılı 2025 yılı kapasitesi 230.000 m³/gün'dür.
- Akım şeması: Sisteme giren ham su havalandırma, ön klorlama, koagülasyon, flokülasyon, çökeltme, filtrasyon ve son klorlama işleminden sonra içme ve kullanım suyu kalitesine getirilerek temiz su deposundan cazibe ile şehir şebekesine verilmektedir.
- Kimya binası, klor binası ve çamur susuzlaştırma binasının genel servis suyu ihtiyacı hidrofor sistemi tarafından sağlanmaktadır.
- Klor temas odasına bitişik, iki gözlü ve şebekenin beslenmesi için 30 dakikalık ihtiyacı karşılayacak 3.360 m³ kapasitede arıtılmış su deposu bulunmaktadır. Tesis içerisindeki her türlü yapının içme ve kullanma suyu ihtiyacını karşılamak amacıyla İçme ve Kullanma Suyu Hidroforu çıkış odasındaki hattan içme ve kullanma suyu şebekesini beslemektedir. Çıkış odasında ayrıca İçme ve Kullanma Suyu Hidroforu ile aynı özellikte bir yangın suyu hidroforu ile aynı özellikte bir yangın hidroforu yangın suyu sistemini beslemektedir. Çıkış odasından 15.000 m³ kapasiteli şehir şebekesi D1 deposuna tek bir çıkış ile verilmektedir.
- Arıtma tesisi giriş yapısında bulunan debi ölçer, bulanıklık ölçer ve pH ölçer ile çıkışta bulunan debi ölçer, bulanıklık ölçer, pH ölçer ve bakiye klor analizöründen ölçülen değerler tesis bilgisayarında kayıt altına alınmaktadır. Ayrıca tesis laboratuvarında ham su ve çıkış suyu için fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik analizler yapılarak arıtma verimi ve çıkış suyunun İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik gereğince kontrol edilmektedir.
- Proses yapıları: Giriş yapısı, kaskat havalandırma yapısı, ön klorlama, hızlı ve yavaş karıştırma, durultucu, hızlı kum filtreleri, son klorlama yapısı, arıtılmış su deposu ve klor temas tankıdır.
- Yardımcı yapılar: Akım kontrol, by pass ve debimetre odası, klor ve kimya binası, çamur yoğunlaştırma yapısı, belt pres binası, idari bina, ısı merkezi ve lojmandır.

Erzurum (Merkez) İçme Suyu Arıtma Tesisi için yukarıda verilen bilgiler ışığında tesise ait projelendirme, yapım ve işletme verileri kullanılarak Tablo 9'da skrolama işleminin nasıl yapıldığı örnek olarak verilmiştir. Erzurum (Merkez) İçme Suyu Arıtma Tesisi verileri üzerinden skrolama işlemi sonucu tesisin toplam skoru 115 puan olarak belirlenmiştir. Bu şekilde Türkiye'deki toplam 180 adet içme suyu arıtma tesisinin skrolaması yapılarak her bir tesisin skroları (puanları) bulunmuştur. Daha sonra 180 adet tesisin skroları 5 ayrı ölçek sınıfına göre değerlendirilmiş ve tezin "Skrolama Modelinde Puan Skalalarının Belirlenmesinde Uygulanan Metadoloji" (sayfa 72) başlığı altında verilen yöntemle göre tesislerin hangi ölçekteki tesis sınıfına girdiği tespit edilmiştir.

Tablo 9. Örnek Uygulama (Erzurum Merkez İçme Suyu Arıtma Tesisi)

SKORLAMA KRİTERLERİ	Minimum-Maksimum Skor	Alınan Skor
1- Boyutlandırma ve Kapasite (m³): (1-30 puan) Proje debisi alınmıştır. ○ 50 m ³ /gün < 1 puan ○ 50-200 m ³ /gün 2 puan ○ 200-400 m ³ /gün 4 puan ○ 400-2000 m ³ /gün 9 puan ○ 2000-4000 m ³ /gün 12 puan ○ 4000-20000 m ³ /gün 16 puan ○ 20000-40000 m ³ /gün 20 puan ○ 40000-200000 m³/gün 25 puan (130000 m³/gün)* ○ > 200000 m ³ /gün 30 puan	1-30	25
2-Ham Su Kaynağı: (2-10 puan) • Yeraltısuyu: 2 puan • Yüzeysuyu etkinde olan yeraltı suyu: 4 puan • Yağmur Suyu Hasadı: 3 puan • Yüzeysuyu : 0-10 puan Akarsu: 8 puan Göl: 6 puan Gölet: 6 puan Baraj: 6 puan • Deniz: 10 puan 2.1-Ham Su Karakteristiğine Yönelik: (1-5 puan) İçme Suyu Temin Edilen Suların Kalitesi Ve Arıtılması Hakkında Yönetmelik Çerçevesinde; ○ A1: 1 puan ○ A2: 3 puan ○ A3: 5 puan 2.2-Ham Suyu Tabi İşlemler: (2-3 puan) • Tat ve koku rutin kontrol: 2 puan • Renk > 15 CU: 3 puan • Fe > 2 mg/L : 3 puan • Mn > 0,25 mg/L: 3 puan • Alg büyümesi: 3 puan (algisit dozlama) 2.2.1-Önemli ölçüde farklı su kalitesine sahip kaynakların harmanlanması (2-4 puan) ○ MCL uyumuna ulaşmak için (4 puan) ○ Estetik nedenlerden dolayı (2 puan) ○ Kimyasal ilaveli rezervuar yönetimi (2 puan)	2-22	10
3-Ön Arıtma Prosesleri: (2-8 puan) ○ Izgara ve Elekler: (0-2 puan) -Kaba ızgaralar (2 puan) -İnce ızgaralar (2 puan) -sabit elekler (2 puan) -döner tanbur elekler (2 puan) ○ Ön Çöktürme/Basit Çökeltim Tankı: (2 puan) 3.1-Giriş Yapısı: (2 puan)	0-8	

Tablo 9. (Devamı)

4-Kimyasal Arıtma ve Dezenfeksiyon Prosesleri: (2-20 p)		
o Floridasyon:4 puan		
o Dezenfeksiyon/Oksidasyon: 2-10 puan		
-Klorlama (Ön Klorlama:3 puan Son Klorlama:5 Puan Her ikisi mevcut ise 8 puan)		
-Ozonlama: 10 puan	2-20	25
-UV Işınlama:2 puan		
-İyot, Peroksit vb: 5 puan		
-Potasyum permanganat: 4 puan		
o Proses kontrolü için pH dengeleme: 3 puan (kireç)		
o Korozyon kontrolü: 3 puan		
5- Arıtma Prosesleri:		
Koagülasyon/Flokülasyon/ Filtre Yardımcısı: (9-24)		
o Ana Koagülant ilavesi: 5 puan (alum)		
o Koagülant yardımcı/ flokülant kimyasal ilavesi (iyonik-naniyonik polimerler, katyonik ya da anyonik polimerler,aktif silika, sodyum aluminat, asit ve alkaliler ve kil): Her biri için 3 puan, max. 9 puan (polielektrolit) 3 puan		
o Hızlı karıştırıcı üniteleri	0-24	12
-Mekanik karıştırıcı: 5 puan		
-Hidrolik Karıştırıcı : 3 puan		
-Pompa ile Karışım: 2 puan		
-Statik Karıştırıcılar: 1 puan		
o Yavaş karıştırıcı üniteleri		
Dikey şaft: 5 puan		
Yatay şaftlı pedallı: 5 puan		
Perdeli: 3 puan		
Durultma ve Sedimentasyon : (2-20 puan)		
o Basit çökeltim tankı: 2		
o Yatay akımlı dikdörtgen: 4		
o Eğimli plakalı veya tüplü durultucu: 2		
o Yukarı akışlı (radyal) : 5	0-20	10
o Reaktör durultucu: 5		
o Çamur battaniyeli durultucular: 10		
o Kombine hızlı karıştırma-yavaş karıştırma-sedimentasyon ünitesi:20		
Filtrasyon: (4-10 puan)		
o Yerçekimi ile Çalışan Filtreler		
-Yavaş Kum Filtreleri (4 puan)	0-10	6
-Hızlı Kum Filtreleri (6 puan)		
o Basınçlı Filtreler (10 puan)		
o Diatoma Filtreler (10 puan)		
6-Diğer Prosesler/Üniteler:		
Hava sıyırma (5 puan)		
o Dağınık hava, Dolgu kule : (5 puan)		
Havalandırma: (1-3 puan)		
o Serbest düşümlü (Kaskatlı ve tablalı) (1 puan)	0-3	1
o Sprey (püskürtücülü) (1 puan)		
o Basınçlı hava enjeksiyonu (3 puan)		

Tablo 9. (Devamı)

<u>Yumuşatma:</u> (10-20 puan)		
• Kireç-soda usulü (10-20 puan)		
-Tek Kademeli Yumuşatma: 10 puan	0-20	
-İki Kademeli Yumuşatma: 20 puan		
• Sodyum hidroksitle muamele: 10 puan		
• Sodyum fosfat ile: 10 puan		
<u>Adsorpsiyon:</u> (2-8 puan)		
• Aktif Karbon Adsorpsiyonu (2-5 puan)		
-Toz Aktif Karbon (TAK) 2 puan	0-8	2
-Granüle Aktif Karbon (GAK) 5 puan		
• Farklı Medyalarla Adsorpsiyon (8 puan)		
<u>İyon Değiştirme:</u> (5 puan)		
• Katyon Değiştiriciler: 5 puan	0-5	
• Anyon Değiştiriciler: 5 puan		
<u>Membran Prosesler:</u> (3-20 puan)		
○ Mikrofiltrasyon: 3 puan		
○ Ultrafiltrasyon: 4 puan	0-20	
○ Nanofiltrasyon: 5 puan		
○ Ters osmos: 8 puan		
○ Entegre membran sistemleri:20 puan		
<u>Elektrodiyaliz:</u> (10 puan)	0-10	
<u>7-Camur Bertarafı ve Kimyasal Madde Geri Kazanımı:</u>		
○ Çamur Yoğunlaştırıcı (4 puan)		
-Çamur Yoğunlaştırma Tankı: 4 puan		
○ Çamur Susuzlaştırma (2-5 puan)		
-Kurutma yatakları veya lagün: 2 puan		
-Filtre pres: 5 puan		
-Santrifüj,dekantör: 5 puan		
○ Atık Uzaklaştırma (0-3 puan)	0-12	9
-Yüzeye, kanalizasyona veya eşdeğerine boşaltma (0 puan)		
-Yerinde bertaraf, arazi uygulaması (1 puan)		
-Geri kazanım / geri dönüşüm olmadan lagüne / kurutma yatağına boşaltım, örn. akış aşağı deşarj (1 puan)		
-Geri yıkama geri kazanımı / geri dönüşümü: havzaya veya lagüne ve sonra kaynağa boşaltma (2 puan)		
-Geri yıkama geri kazanımı / geri dönüşümü: havza veya lagüne boşaltma ve ardından bitki alımı (3 puan)		
<u>8-Tesis Operasyon Özellikleri:</u> (0-4 puan)		
• Scada veya benzeri enstrümantasyon sistemlerinin kullanımı, izleme alarm, proses operasyonu yok, tesisin otomatik kapatılması yok (0 puan)		
• Sınırlı proses operasyonu örneğin; uzaktan kapatma özelliği (1 puan)	0-4	1
• Orta düzeyde proses operasyonu örneğin; alarmlar ve kapatma , kısmi uzaktan operasyon (2 puan)		
• Kapsamlı veya toplam proses operasyonu örneğin; alarm, kapatma ve tesisin tamamen uzaktan çalıştırılması mümkün (4 puan)		

Tablo 9. (Devamı)

9-Diğer Üniteler: (her bir ünite 1 puan)		
○ Taşkın tahliye ve by-pass hattı: 1 puan		
○ Numene alma: 1 puan (en az 3 noktada varsa 1 puan yoksa puan verilmez.)		
○ Büro: 1 puan		
○ Kimya Binası: 1 puan		
○ Laboratuvar: 1 puan		
○ Ana kontrol panosu: 1 puan		
○ Yemekhane: 1 puan	0-14	14
○ İdari bina: 1 puan		
○ Lojman: 1 puan		
○ Bekçi binası: 1 puan		
○ Atölye: 1 puan		
○ Isı merkezi: 1 puan		
○ Jeneratör: 1 puan		
○ Depo: 1 puan		
10-Arıtma Tesisi Yıllık İşletme Maliyeti:		
Tablo14 enerji tüketimi		
Tablo15 işletme maliyeti		
TOPLAM SKOR		
ÇKÖ : 10-35 PUAN		
KÖ : 36-61 PUAN		
OÖ : 62-87 PUAN	1-76	115
BÖ : 88-113 PUAN		
ÇBÖ : > 114 PUAN		

ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Skorlama Sonuçları

Türkiye’deki içme suyu arıtma tesisleri için yapılan skorlama işlemleri sonucunda bölge bazında il ve ilçelerden elde edilen veriler doğrultusunda tesislerin almış oldukları skorlar, tesisin ölçeği, arıtma tipi ve mevcut işletme durumu aşağıda Tablo 10’da verilmektedir.

Tablo 10. Türkiye’de İçme Suyu Arıtma Tesisleri

TÜRKİYEDEKİ İÇME SUYU ARITMA TESİSLERİ							
Bölge Adı	İli	Tesis Adı	Karakteristik	Tesis Büyüklüğü	Aldığı Puan	Arıtma Tipi	Durumu (Çalışıyor/Çalışmıyor) (Yeterli / Yeterli Değil)
Doğu Anadolu	Ardahan	Göle İ.A.T	İçmesuyu	OÖ	66	Paket	Çalışıyor.(Yeterli)
Doğu Anadolu	Erzurum	Merkez İ.A.T	İçmesuyu	ÇBÖ	114	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Doğu Anadolu	Erzurum	Aşkale İ.A.T	İçmesuyu	KÖ	59	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Doğu Anadolu	Erzurum	Horasan İ.A.T	İçmesuyu	OÖ	73	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Doğu Anadolu	Erzurum	Karayazı İ.A.T	İçmesuyu	OÖ	64	Paket	Çalışıyor.(Yeterli)
Doğu Anadolu	Erzurum	Oltu İ.A.T	İçmesuyu	BÖ	94	Paket	Çalışmıyor.
Doğu Anadolu	Kars	Sarıkamış İ.A.T	İçmesuyu	OÖ	69	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli değil)
Doğu Anadolu	İğdır	Tuzluca İ.A.T	İçmesuyu	BÖ	91	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Doğu Anadolu	Ağrı	Doğubayazıt İ.A.T	İçmesuyu	KÖ	43	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Doğu Anadolu	Van	Morgedik İ.A.T	İçmesuyu	BÖ	94	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Doğu Anadolu	Muş	Merkez İ.A.T	İçmesuyu	ÇKÖ	33	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Doğu Anadolu	Bingöl	Merkez İ.A.T	İçmesuyu	ÇKÖ	24	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Doğu Anadolu	Erzincan	Merkez İ.A.T	İçmesuyu	ÇKÖ	31	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Doğu Anadolu	Elazığ	Keban İ.A.T	İçmesuyu	ÇKÖ	33	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Doğu Anadolu	Malatya	Kuluncak İ.A.T	Paket	KÖ	47	Paket	Çalışıyor.(Yeterli)
Doğu Anadolu	Tunceli	Merkez İ.A.T	İçmesuyu	ÇKÖ	29	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Doğu Anadolu	Hakkari	Yüksekova İ.A.T	İçmesuyu	KÖ	44	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Güneydoğu Anadolu	Şırnak	Silopi İ.A.T	İçmesuyu	OÖ	79	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Güneydoğu Anadolu	Siirt	Merkez İ.A.T	İçmesuyu	OÖ	77	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Güneydoğu Anadolu	Batman	Batman (Merkez) İ.T	İçmesuyu	KÖ	36	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Güneydoğu Anadolu	Mardin	Derik İ.A.T	İçmesuyu	KÖ	61	Paket	Çalışıyor.(Yeterli)
Güneydoğu Anadolu	Diyarbakır	Merkez İ.A.T	İçmesuyu	OÖ	78	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Güneydoğu Anadolu	Diyarbakır	Ergani İ.A.T	İçmesuyu	OÖ	70	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Güneydoğu Anadolu	Diyarbakır	Çermik İ.A.T	İçmesuyu	KÖ	50	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Güneydoğu Anadolu	Diyarbakır	Eğil İ.A.T	İçmesuyu	KÖ	38	Paket	Çalışıyor.(Yeterli)
Güneydoğu Anadolu	Diyarbakır	Hani İ.A.T	İçmesuyu	KÖ	36	Paket	Çalışıyor.(Yeterli)
Güneydoğu Anadolu	Diyarbakır	Kulp İ.A.T	İçmesuyu	KÖ	49	Paket	Çalışıyor.(Yeterli)
Güneydoğu Anadolu	Şanlıurfa	Merkez İ.A.T	İçmesuyu	OÖ	77	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Güneydoğu Anadolu	Adıyaman	Gerger İ.A.T	İçmesuyu	OÖ	62	Paket	Çalışıyor.(Yeterli)

Tablo 10. (Devamı)

Güneydoğu Anadolu	Kahramanmaraş	Oniki Şubat Ayvalı İ.A.T	İçmesuyu	OÖ	62	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Güneydoğu Anadolu	Kilis	Merkez İ.A.T	İçmesuyu	OÖ	87	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Güneydoğu Anadolu	Gaziantep	Merkez Hacıbaba İ.A.T	İçmesuyu	ÇBÖ	117	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Güneydoğu Anadolu	Gaziantep	Çaybaşı İ.A.T	İçmesuyu	BÖ	91	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Güneydoğu Anadolu	Gaziantep	Kuzeyşehir İ.A.T	İçmesuyu	OÖ	81	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Güneydoğu Anadolu	Gaziantep	Nizip İ.A.T	İçmesuyu	BÖ	93	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Güneydoğu Anadolu	Gaziantep	İslahiye	İçmesuyu	OÖ	79	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Marmara	İstanbul	Şile İ.A.T	İçmesuyu	OÖ	78	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Marmara	İstanbul	Cumhuriyet İ.A.T	İçmesuyu	ÇBÖ	151	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Marmara	İstanbul	İkitelli İ.A.T	İçmesuyu	ÇBÖ	118	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Marmara	İstanbul	İkitelli Fatih Sultan İ.A.T	İçmesuyu	ÇBÖ	120	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Marmara	İstanbul	İkitelli Bayazıt Sultan İ.A.T	İçmesuyu	ÇBÖ	120	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Marmara	İstanbul	Kağıthane İ.A.T	İçmesuyu	ÇBÖ	121	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Marmara	İstanbul	Ömerli Osmaniye İ.A.T	İçmesuyu	ÇBÖ	118	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Marmara	İstanbul	Ömerli Orhaniye İ.A.T	İçmesuyu	ÇBÖ	118	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Marmara	İstanbul	Ömerli Muradiye İ.A.T	İçmesuyu	ÇBÖ	118	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Marmara	İstanbul	Ömerli Yavuz Sultan İ.A.T	İçmesuyu	ÇBÖ	118	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Marmara	İstanbul	Elmalı İ.A.T	İçmesuyu	OÖ	65	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Marmara	İstanbul	Büyükçekmece	İçmesuyu	BÖ	96	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Marmara	İstanbul	Çatalca İ.A.T	İçmesuyu	ÇKÖ	35	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Marmara	Edirne	Merkez İ.A.T	İçmesuyu	BÖ	95	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Marmara	Edirne	Kırcasali İ.A.T	İçmesuyu	OÖ	70	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Marmara	Edirne	Keşan İ.A.T	İçmesuyu	KÖ	59	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Marmara	Tekirdağ	Merkez İ.A.T	İçmesuyu	BÖ	99	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Marmara	Tekirdağ	Şarköy İ.A.T	İçmesuyu	ÇKÖ	29	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Marmara	Bursa	M.Kemal Paşa İ.A.T	İçmesuyu	OÖ	62	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Marmara	Bursa	Gemlik İ.A.T	İçmesuyu	KÖ	38	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Marmara	Bilecik	Gölpazarı İ.A.T	İçmesuyu	KÖ	55	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Marmara	Çanakkale	Gökçeada İ.A.T	İçmesuyu	ÇKÖ	32	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Marmara	Çanakkale	Gelibolu İ.A.T	İçmesuyu	OÖ	75	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Marmara	Çanakkale	Merkez İ.A.T	İçmesuyu	BÖ	99	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Marmara	Kırklareli	Üsküp İ.A.T	İçmesuyu	ÇKÖ	22	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Marmara	Kırklareli	Merkez İ.A.T	İçmesuyu	BÖ	94	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Marmara	Kırklareli	İğneada İ.A.T	İçmesuyu	OÖ	68	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Marmara	Tekirdağ	Barbaros İ.A.T	İçmesuyu	OÖ	66	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Marmara	Tekirdağ	Sağlamtaş İ.A.T	İçmesuyu	ÇKÖ	28	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Marmara	Yalova	Armutlu İ.A.T	İçmesuyu	KÖ	37	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Marmara	Yalova	Yalova Çınarcık İ.A.T	İçmesuyu	OÖ	81	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Marmara	Balıkesir	Karapürçek İ.A.T	İçmesuyu	ÇKÖ	31	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Marmara	Balıkesir	Erdek İ.A.T	İçmesuyu	ÇKÖ	32	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Marmara	İzmit	Karapürçek İ.A.T	İçmesuyu	OÖ	63	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Marmara	İzmit	Yuvacık İ.A.T	İçmesuyu	BÖ	99	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Marmara	Adapazarı	Hızırilyas İ.A.T	İçmesuyu	OÖ	84	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Marmara	Adapazarı	Hacımercan İ.A.T	İçmesuyu	OÖ	65	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Marmara	Adapazarı	Sapanca Kulköy İ.A.T	İçmesuyu	OÖ	65	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Marmara	Adapazarı	Sapanca Muradiye İ.A.T	İçmesuyu	OÖ	87	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Marmara	Adapazarı	Yeşilyurt İ.A.T	İçmesuyu	OÖ	63	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)

Tablo 10. (Devamı)

Ege	Manisa	Avdan İ.A.T	İçmesuyu	KÖ	57	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Ege	Manisa	Akselendi İ.A.T	İçmesuyu	KÖ	48	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Ege	Manisa	Gümülceli İ.A.T	İçmesuyu	KÖ	56	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Ege	Manisa	Derbent İ.A.T	İçmesuyu	OÖ	65	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Ege	Manisa	Alaşehir İ.A.T	İçmesuyu	OÖ	62	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Ege	İzmir	Sarıköz İ.A.T	İçmesuyu	OÖ	82	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Ege	İzmir	Ürkmez İ.A.T	İçmesuyu	OÖ	75	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Ege	İzmir	Balçova İ.A.T	İçmesuyu	OÖ	63	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Ege	İzmir	Çeşme İ.A.T	İçmesuyu	OÖ	79	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Ege	İzmir	Ödemiş İ.A.T	İçmesuyu	OÖ	67	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Ege	İzmir	Tahtalı İ.A.T	İçmesuyu	OÖ	65	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Ege	İzmir	Menemen	İçmesuyu	KÖ	39	Paket	Çalışıyor.(Yeterli)
Ege	İzmir	Aliğa İ.A.T	İçmesuyu	OÖ	62	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Ege	Aydın	Merkez İ.A.T	İçmesuyu	BÖ	103	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Ege	Aydın	Mursallı İ.A.T	İçmesuyu	KÖ	49	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Ege	Kütahya	Emet İ.A.T	İçmesuyu	OÖ	66	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Ege	Afyon	Çıkrık İ.A.T	İçmesuyu	OÖ	68	Paket	Çalışıyor.(Yeterli)
Ege	Kütahya	Tavşanlı İ.A.T	İçmesuyu	BÖ	88	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Ege	Balıkesir	Sarıköy İ.A.T	İçmesuyu	ÇKÖ	35	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Ege	Muğla	Bodrum İ.A.T	İçmesuyu	OÖ	85	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Akdeniz	Osmaniye	Kadirli İ.A.T	İçmesuyu	OÖ	82	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Akdeniz	Adana	Yedigöze İ.A.T	İçmesuyu	BÖ	101	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Akdeniz	Burdur	Merkez İ.A.T	İçmesuyu	BÖ	90	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Akdeniz	Isparta	Merkez İ.A.T	İçmesuyu	BÖ	96	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Akdeniz	Hatay	İ.A.T	İçmesuyu	BÖ	91	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Akdeniz	Hatay	Karaçay İ.A.T	İçmesuyu	ÇBÖ	116	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Akdeniz	Antalya	Serik İ.A.T	İçmesuyu	OÖ	81	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Akdeniz	Antalya	Alanya Dim İ.A.T	İçmesuyu	BÖ	89	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Akdeniz	Mersin	Berdan İ.A.T	İçmesuyu	BÖ	88	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Karadeniz	Kastamonu	Küre İ.A.T	İçmesuyu	ÇKÖ	35	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Karadeniz	Kastamonu	Taşköprü İ.A.T	İçmesuyu	BÖ	88	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Karadeniz	Kastamonu	Devrekani İ.A.T	İçmesuyu	KÖ	57	Paket	Çalışıyor.(Yeterli)
Karadeniz	Kastamonu	Merkez İ.A.T	İçmesuyu	OÖ	72	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Karadeniz	Ordu	Akkuş İ.A.T	İçmesuyu	ÇKÖ	34	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Karadeniz	Ordu	Korgan İ.A.T	İçmesuyu	ÇKÖ	29	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Karadeniz	Ordu	Yeşilkent İ.A.T	İçmesuyu	KÖ	47	Paket	Çalışıyor.(Yeterli)
Karadeniz	Ordu	Işıktepe İ.A.T	İçmesuyu	KÖ	39	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Karadeniz	Ordu	Aybastı İ.A.T	İçmesuyu	KÖ	38	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Karadeniz	Ordu	İlküvez İ.A.T	İçmesuyu	ÇKÖ	35	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Karadeniz	Ordu	Çaybaşı İ.A.T	İçmesuyu	ÇKÖ	34	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Karadeniz	Ordu	Çamlı İ.A.T	İçmesuyu	KÖ	54	Paket	Çalışıyor.(Yeterli)
Karadeniz	Ordu	Gölköy İ.A.T	İçmesuyu	OÖ	71	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Karadeniz	Ordu	Ulubey İ.A.T	İçmesuyu	ÇKÖ	33	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Karadeniz	Ordu	Kabataş İ.A.T	İçmesuyu	KÖ	61	Paket	Çalışıyor.(Yeterli)
Karadeniz	Bolu	Bolu İ.A.T	İçmesuyu	BÖ	103	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Karadeniz	Bolu	Akçakoca	İçmesuyu	KÖ	50	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Karadeniz	Zonguldak	Merkez İ.A.T	İçmesuyu	BÖ	100	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Karadeniz	Zonguldak	Eflani İ.A.T	İçmesuyu	ÇKÖ	31	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Karadeniz	Trabzon	Cumapazarı İ.A.T	İçmesuyu	KÖ	36	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Karadeniz	Trabzon	Şalpazarı İ.A.T	İçmesuyu	ÇKÖ	32	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Karadeniz	Trabzon	Of İ.A.T	İçmesuyu	BÖ	98	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Karadeniz	Trabzon	Akçaköy İ.A.T	İçmesuyu	ÇKÖ	33	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Karadeniz	Trabzon	Arsin İ.A.T	İçmesuyu	KÖ	55	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Karadeniz	Trabzon	Tonya	İçmesuyu	BÖ	105	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Karadeniz	Trabzon	Merkez İ.A.T	İçmesuyu	BÖ	109	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Karadeniz	Giresun	Çanakçı İ.A.T	İçmesuyu	KÖ	50	Paket	Çalışıyor.(Yeterli)
Karadeniz	Giresun	Duroğlu İ.A.T	İçmesuyu	OÖ	62	Paket	Çalışıyor.(Yeterli)
Karadeniz	Giresun	Çavuşlu İ.A.T	İçmesuyu	OÖ	71	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Karadeniz	Tokat	Reşadiye İ.A.T	İçmesuyu	ÇKÖ	31	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Karadeniz	Tokat	Baydarlı	İçmesuyu	OÖ	82	Paket	Çalışıyor.(Yeterli)

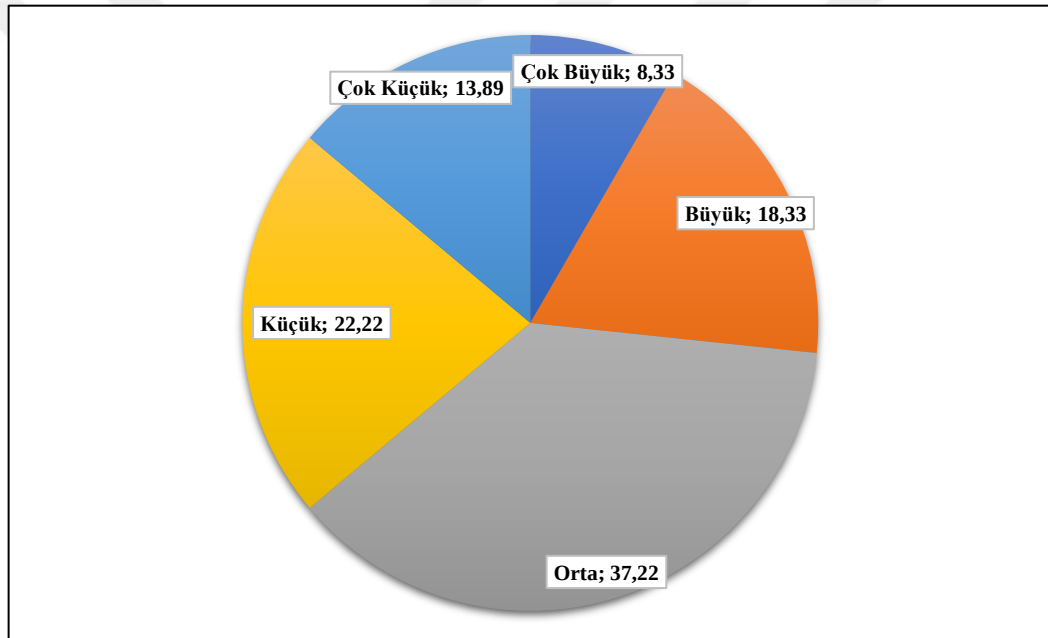
Tablo 10. (Devamı)

Karadeniz	Çorum	Laçın ve Narlı İ.A.T	İçmesuyu	KÖ	54	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Karadeniz	Rize	Güneysu İ.A.T	İçmesuyu	KÖ	57	Paket	Çalışıyor.(Yeterli)
Karadeniz	Rize	Büyükköy İ.A.T	İçmesuyu	OÖ	77	Paket	Çalışıyor.(Yeterli)
Karadeniz	Rize	Çayeli İ.A.T	İçmesuyu	KÖ	59	Paket	Çalışıyor.(Yeterli)
Karadeniz	Rize	Fındıklı İ.A.T	İçmesuyu	OÖ	75	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Karadeniz	Amasya	Gümüşhacıköy İ.A.T	İçmesuyu	OÖ	73	Paket	Çalışıyor.(Yeterli)
Karadeniz	Samsun	Bazlamaç İ.A.T	İçmesuyu	KÖ	36	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Karadeniz	Samsun	19 Mayıs İ.A.T	İçmesuyu	ÇBÖ	120	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Karadeniz	Samsun	Merkez İ.A.T	İçmesuyu	ÇBÖ	119	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Karadeniz	Artvin	Artvin Merkez İ.A.T	İçmesuyu	OÖ	72	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Karadeniz	Artvin	Arhavi İ.A.T	İçmesuyu	KÖ	58	Paket	Çalışıyor.(Yeterli)
Karadeniz	Artvin	Yusufeli İ.A.T	İçmesuyu	OÖ	66	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Karadeniz	Gümüşhane	Merkez İ.A.T	İçmesuyu	OÖ	83	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
Karadeniz	Bayburt	Merkez İ.A.T	İçmesuyu	OÖ	64	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
İç Anadolu	Konya	Beyşehir İ.A.T	İçmesuyu	OÖ	87	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
İç Anadolu	Konya	Akyokuş İ.A.T	İçmesuyu	BÖ	99	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
İç Anadolu	Konya	Gölyazı İ.A.T	İçmesuyu	ÇKÖ	28	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
İç Anadolu	Konya	Beyşehir İ.A.T	İçmesuyu	BÖ	102	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
İç Anadolu	Yozgat	Merkez İ.A.T	İçmesuyu	OÖ	78	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
İç Anadolu	Eskişehir	Merkez İ.A.T	İçmesuyu	BÖ	97	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
İç Anadolu	Çorum	Boğazkale İ.A.T	İçmesuyu	KÖ	59	Paket	Çalışıyor.(Yeterli)
İç Anadolu	Çorum	Merkez İ.A.T	İçmesuyu	BÖ	90	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
İç Anadolu	Çorum	Bayat İ.A.T	İçmesuyu	OÖ	67	Paket	Çalışıyor.(Yeterli)
İç Anadolu	Nevşehir	Derinkuyu İ.A.T	İçmesuyu	OÖ	64	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
İç Anadolu	Kırşehir	Kuruncılı İ.A.T	İçmesuyu	OÖ	64	Paket	Çalışıyor.(Yeterli)
İç Anadolu	Aksaray	Taşpınar İ.A.T	İçmesuyu	OÖ	67	Paket	Çalışıyor.(Yeterli)
İç Anadolu	Aksaray	Merkez İ.A.T	İçmesuyu	OÖ	75	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
İç Anadolu	Ankara	Çubuk İ.A.T	İçmesuyu	OÖ	75	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
İç Anadolu	Ankara	Çubuk İ.A.T	İçmesuyu	BÖ	112	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
İç Anadolu	Ankara	İvedik İ.A.T	İçmesuyu	ÇBÖ	134	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
İç Anadolu	Ankara	Çubuk İ.A.T	İçmesuyu	BÖ	100	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
İç Anadolu	Ankara	Kahramankazan İ.A.T	İçmesuyu	OÖ	66	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
İç Anadolu	Ankara	Beypazarı İ.A.T	İçmesuyu	OÖ	66	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
İç Anadolu	Ankara	Kesikköprü İ.A.T	İçmesuyu	KÖ	40	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
İç Anadolu	Ankara	Pursaklar İ.A.T	İçmesuyu	BÖ	99	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
İç Anadolu	Ankara	Şereflikoçhisar İ.A.T	İçmesuyu	OÖ	67	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
İç Anadolu	Ankara	Polatlı İ.A.T	İçmesuyu	ÇKÖ	34	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
İç Anadolu	Ankara	Bala Karadalk İ.A.T	İçmesuyu	KÖ	53	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
İç Anadolu	Sivas	Merkez İ.A.T	İçmesuyu	BÖ	96	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
İç Anadolu	Kayseri	Merkez İ.A.T	İçmesuyu	KÖ	39	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
İç Anadolu	Niğde	Kiledere İ.A.T	İçmesuyu	KÖ	58	Paket	Çalışıyor.(Yeterli)
İç Anadolu	Çankırı	Çankırı İ.A.T	İçmesuyu	OÖ	62	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
İç Anadolu	Kırşehir	Kırşehir İ.A.T	İçmesuyu	KÖ	57	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)
İç Anadolu	Karaman	Karaman İ.A.T	İçmesuyu	OÖ	65	Konvansiyonel	Çalışıyor.(Yeterli)

Ülkemizde bulunan içme suyu arıtma tesisleri tip olarak konvansiyonel ve paket tesisler olarak ikiye ayrılmaktadır. Dolayısıyla oluşturulan skrolama sisteminde tesisler konvansiyonel ve paket tip olarak kategorize edilmiştir. Skrolama sonucunda; kapsamlı içme suyu arıtma tesislerinin %15,56'sı paket arıtma tesisi %84,44'ü ise konvansiyel tip arıtma tesisidir. Türkiye'de toplam 1046 içme suyu tesisi, 866 adet şebeke dağıtım ve klorlama sistemi yapısına sahip tesis ve 180 adet kapsamlı arıtma prosesi ve şebeke dağıtım ve klorlama sistemi yapısına sahip arıtma tesisi bulunmaktadır. Toplam içme suyu tesis sayısının %17,21'i kapsamlı arıtma tesisidir. Bu durum içme suyu tesislerine ilaveten özellikle kırsal yerleşimlerde paket veya

konvansiyel içme suyu arıtma tesislerinin modifiye edilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır. Türkiye’de toplam içme suyu tesisinin % 82,79’u ise şebeke dağıtım ve klorlama sistemidir. Bu oranlar; büyük ölçüde ham su kalitesinin yeterli olduğu yerlerde doğrudan şebeke sisteminin kullanıldığını göstermektedir.

Ülkemizde bulunan 180 adet içme suyu arıtma tesisi skrolama sonucunda; 25 adet çok küçük ölçekli, 40 adet küçük ölçekli, 67 adet orta ölçekli, 33 adet büyük ölçekli ve 15 adet çok büyük ölçekli içme suyu arıtma tesisi olmak üzere kategorize edilmiştir. Ülkemizde bulunan içme suyu arıtma tesislerinin % 13,89’u çok küçük ölçekli, % 22,22’si küçük ölçekli, % 37,22’si orta ölçekli, % 18,33’ü büyük ölçekli ve % 8,33’ü çok büyük ölçekli tesistir. Şekil 22’de Türkiye’de yer alan içme suyu arıtma tesislerinin skrolama sonucuna göre yer aldığı sınıfların yüzde dilimleri gösterilmektedir.



Şekil 22. İçme suyu arıtma tesislerinin ölçeklerine göre yüzdesel dağılımı

İçme suyu arıtma tesislerinin % 37,22’si orta ölçekli tesislerden oluşmaktadır. Bu, Türkiye’de genellikle orta büyüklükte nüfus gruplarına göre hizmet eden tesislerin yaygın olduğunu göstermektedir. Toplam arıtma tesisi sayısının % 26,6’sı (48 adet tesis) büyük ve çok büyük ölçekli tesis olarak sınıflandırılmıştır. Bu durum büyükşehirlerde ve metropol alanlarda su arıtma ihtiyacının yüksek olduğunu göstermektedir. Toplam arıtma tesisi sayısının %36,11’i (65 adet tesis) küçük ve çok küçük ölçekli tesis olarak sınıflandırılmıştır.

Aşağıda, tesis sayılarına göre kategori geçişlerindeki artış ve azalış oranlarını gösteren Tablo 11 yer almaktadır. Çok küçük ölçekten küçük ölçeğe geçişte tesis sayısı %60 artmıştır. Küçük ölçekten orta ölçeğe geçişte ise tesis sayısı % 67,5 oranında artarak 67’ye ulaşmıştır. Bu artış, tesislerin sayısının artarak orta ölçek kategorisinde tepe yapmasını sağlamıştır. Orta

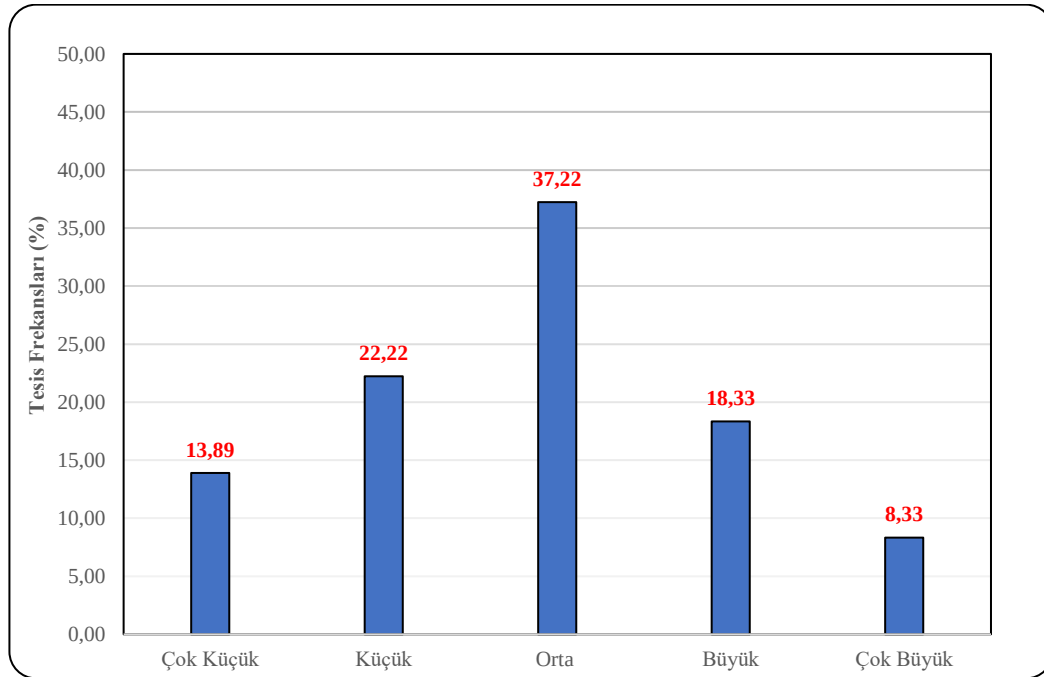
ölçekten büyük ölçeğe geçişte tesis sayısı % 50,7 oranında azalarak 33'e düşmüştür. Büyük ölçekten çok büyük ölçeğe geçişte tesis sayısı % 54,5 oranında azalarak 15'e düşmüştür.

Tablo 11. Kategori Geçişlerindeki Artış ve Azalış Oranları

Kategori	Tesis sayısı	Önceki Kategoriden Değişim	Yüzdelik değişim
ÇKÖ	25		
KÖ	40	+15	% 60 artış
OÖ	67	+27	% 67,5 artış
BÖ	33	-34	% 50,7 azalış
ÇBÖ	15	-18	% 54,5 azalış

Bu azalış, orta ölçekten sonra daha yüksek kapasiteli tesislerin daha az bulunduğunu göstermektedir.

Şekil 23'te içme suyu arıtma tesislerinin sınıflarına göre % frekans değerleri verilmektedir. Tablo 11'de yer alan verilerde, Şekil 23'teki frekans değerlerinde çan eğrisi görülmektedir. Veriler, tesis sayısının çok küçükten orta ölçeğe doğru artıp, orta ölçekten büyük ve çok büyük ölçeğe geçişte azaldığını göstermektedir (Şekil 24). Bu dağılım, klasik bir çan eğrisi (normal dağılım) örüntüsüne işaret etmektedir. Ülkemizde en yüksek tesis sayısı orta ölçek tesis kategorisinde yer almaktadır. Bu dağılım; skorum sisteminde kullanılan kategori puan aralıklarının, tesislerin gerçek dağılımını yansıtacak şekilde ayarlandığını göstermektedir.

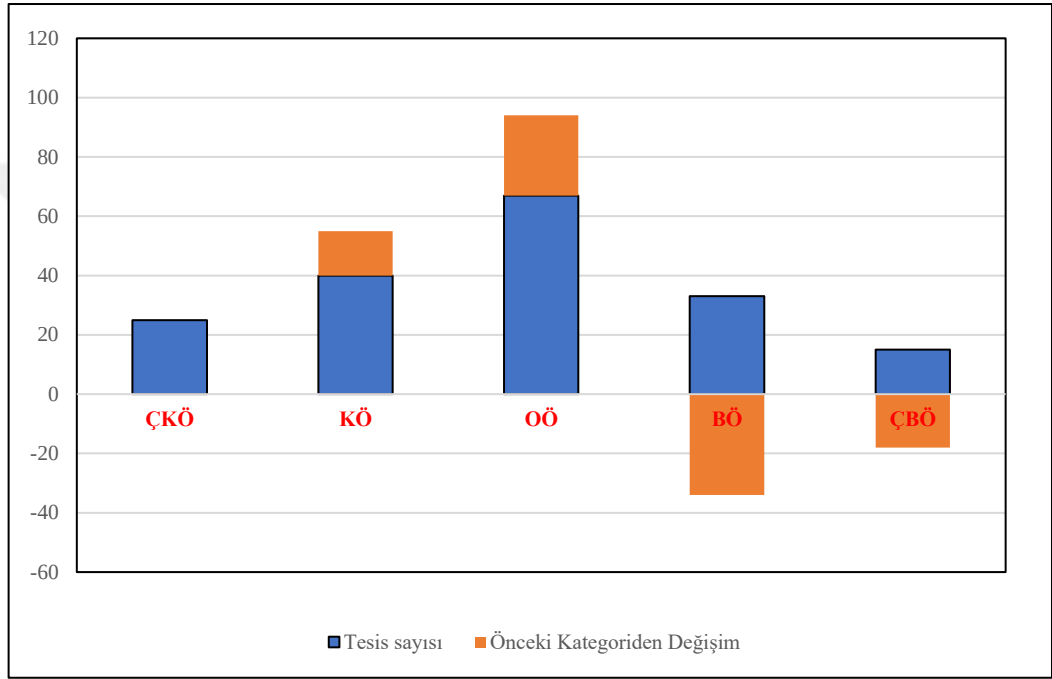


Şekil 23. Tesislerin sınıflarına göre frekansları (%)

Buradaki sonuçlar, orta ölçekli tesislerin en yaygın olduğunu ve bu nedenle, planlama ve yatırım stratejilerinin orta ölçekli tesislerin kapasitesini artırmaya yönelik olması gerektiğini

göstermektedir. Özetle; skarlama modelinde belirlenen sınıf aralıklarına düşen tesis sayıları itibari ile normal dağılıma uyduğu ve bu nedenle de modelin sınıfladırmasının anlamlı ve geçerli sonuçlar ürettiği anlaşılmaktadır.

Öne çıkan bulgular; büyük ölçekli tesisler büyük şehirlerde nüfus yoğunluğuna bağlı olarak arıtma ihtiyacını karşılamaktadır. Ancak; sayı olarak orta ölçekli tesisler baskın durumdadır. Yerel ve bölgesel bazda küçük ölçekli tesis sayısının fazla olması, özellikle kırsal bölgelerde ve su ihtiyacının daha düşük olduğu alanlarda dağıtılmış tesis modeline işaret etmektedir.



Şekil 24. Kategori geçişlerindeki artış ve azalış oranları grafiği

Temel Skarlama Kriterlerinin Modele Etkisi

Dünyadaki tüm skarlama modellerinde boyutlandırma kriteri ortaktır. Modellerdeki farklılıklar boyutlandırmada alınan tasarım debisi veya proje debisinin skala aralığına göre aldığı puandır. Gelişmiş ülkeler için kullanılan modelde her 1.895 m³/gün tasarım debisinde 1 puan verilmektedir. Bir diğer orta gelişmiş düzeyinde kullanılan skarlama modelinde boyutlandırma kriterindeki debi skala aralıkları Tablo 12’de görölmektedir.

Tablo 12. WTP ve Türkiye için Skorlama Modelinde Debi-Puan Aralıkları

Puan	WTP	Türkiye
1 puan	< 40 m ³ /gün	< 50 m ³ /gün
2 puan	41-189 m ³ /gün	50-200 m ³ /gün
4 puan	190-378 m ³ /gün	201-400 m ³ /gün
9 puan	379-1.890 m ³ /gün	401-2.000 m ³ /gün
12 puan	1.891-3.780 m ³ /gün	2.001-4.000 m ³ /gün
16 puan	3.781-7.560 m ³ /gün	4.001-20.000 m ³ /gün
20 puan	7.561-15.120 m ³ /gün	20.001-40.000 m ³ /gün
25 puan	15.121-30.240 m ³ /gün	40.001-200.000 m ³ /gün
30 puan	>30.241 m ³ /gün	>200.001 m ³ /gün

Oluşturulan skorlama modelinde debi skalası Tablo 12’de görülmektedir. Tüm skorlama modellerinde ortak olan temel kriterlerden bir diğeri ham su kaynağıdır. Ancak ülkelerin ham su kaynakları farklılık göstermektedir. Gelişmiş ülkelerin kullandığı skorlama modelinde ham su kaynağı yeraltı ve yüzeysel sular olarak puanlandırılmıştır. Oluşturulan skorlama modelinde; içme suyu arıtma tesislerinde günümüzde kullanılan ham su kaynaklarına ilave olarak gelecekte kuraklık nedeniyle yeni ham su kaynakları düşünülerek yağmur suyu hasadı modele eklenmiştir. Bu ham su kriteri için skorlama sisteminde olan önemli farklardan biridir. Bu da ülkemize özgü oluşturulan modelin sürdürülebilir ve çevreci bir politika baz alınarak oluşturulduğunun altını çizmektedir. Tüm puanlama sistemlerinde ortak temel görüş ham su kaynağının kirlilik potansiyeline göre puanlandırılmasıdır. Gelişmiş ülkelerin modelinden örnek verilecek olursa; yeraltı suyunu arıtmak 0 puan iken yüzeysel sular etkisinde olan yeraltı suyunu arıtmak 5 puandır. Ayrıca ham suya olan kirlilik etkileri de puanlamada değerlendirilmiştir. Örneğin ham suya endüstriyel bir atıksudan karışma söz konusu ise bu sular daha fazla puan almaktadır. Ham suyun karakteristiğine yönelik puanlama cetveli, Tablo 13 ve Tablo 14’te örnekler ile gösterilmektedir.

Tablo 13. MACA Modelinde Kirlilik Potansiyeline Göre Puanlandırma

Gelişmiş Ülkelerin Ham Su Kirlilik Potansiyeline Göre Puanlandırma Sistemi
Endüstriyel atık kirliliğine tabi olan (10 puan)
Çok az değişim veya değişim yok dezenfeksiyon dışında hiçbir tedavi sağlanmaz (0 puan)
Küçük değişiklik - ör. Uygun "yüksek kaliteli" yüzey kaynağı, yavaş kum filtrasyonu (1 puan)
Kimyasal beslemede orta düzeyde değişiklik, yapılan dozaj değişiklikleri:
Aylık (2 puan), haftalık (3 puan) veya günlük (4 puan)
Belirgin ve / veya çok fazla (5 puan)
Sık değişiklikler (5 puan)
Şiddetli değişim - noktasal olmayan deşarjlara maruz kalan kaynak, tarımsal / kentsel fırtına akışı, su baskını (7 puan)
Tarımsal veya belediye atık noktası kaynak deşarjlarına tabidir (8 puan)

Tablo 14. Ülkemiz Modelinde Kirlilik Potansiyeline Göre Puanlandırma

Ham Su Kategorisi	Açıklama
A1: 1 puan	Basit fiziksel arıtma ve dezenfeksiyon ardından içilebilir hale gelen sular
A2: 3 puan	Fiziksel arıtma, kimyasal arıtma ve dezenfeksiyon ardından içilebilir hale gelen sular
A3: 5 puan	Fiziksel arıtma, kimyasal arıtma, ileri arıtma ve dezenfeksiyon ardından içilebilir hale gelen sular

Ülkemiz içmesuyu arıtma tesisleri projelendirilirken proses seçimi hususunda İçme Suyu Temin Edilen Suların Kalitesi ve Arıtılması Hakkında Yönetmelik kapsamında ham sular A1, A2 ve A3 olmak üzere 3 kategoriye ayrılmaktadır. A1; basit fiziksel arıtma ve dezenfeksiyon ardından içilebilir hale gelen suları, A2; Fiziksel arıtma, kimyasal arıtma ve dezenfeksiyon ardından içilebilir hale gelen suları, A3: Fiziksel arıtma, kimyasal arıtma, ileri arıtma ve dezenfeksiyon ardından içilebilir hale gelen suları ifade etmektedir.

Tez çalışmasında oluşturulan ülkemize özgü skorlama modelinde; ham suyu kaynak olarak; yeraltısuyu: 2 puan, yüzeysuyu etkisinde olan yeraltı suyu: 4 puan, yağmur suyu hasadı: 3 puan, yüzey suyu : 0-10 puan, akararsu: 8 puan, göl: 6 puan, gölet: 6 puan, baraj: 6 puan, deniz:10 puan olmak üzere skorlandırılmıştır. Ayrıca ülkemizde ham su; karakteristiğine göre İçme Suyu Temin Edilen Suların Kalitesi ve Arıtılması Hakkında Yönetmelik çerçevesinde A1, A2 ve A3 kategori gruplarına göre puanlandırılmıştır (Tablo 14). Kalite kategorilerine göre A3 sınıfının arıtımı A2'ye göre, A2'nin ise A1'e göre arıtımı daha zor ve komplekstir. Dolayısıyla puan sırası düşükten yükseğe A1, A2 ve A3'dür. Bu da puanlama sistemi oluşturulurken diğer modellerden farklı bir husus ve kriterdir. Bu durumun en temel nedeni ülkemize özgü skorlama sistemi modeli oluşturulurken ülkemize ait içme suyu mevzuatları çerçevesinde hareket edilmesidir.

Tüm skorlama modellerinde proses seçiminde ve tiplerinde farklılıklar bulunmaktadır. Gelişmiş ülkelerin modelinde prosesler sırasıyla kimyasal arıtma, koagülasyon-flokülasyon, durultma, filtrasyon ve diğer arıtma çeşitleri olmak üzere ana gruplara ayrılmakta ve puanlandırılmaktadır. Bir diğer modelde ise ön arıtma, ayarlama, arıtma ve dezenfeksiyon olarak gruplandırılmakta ve puanlandırılmaktadır. Tez çalışmasında oluşturulan ülkemize özgü skorlama modelinde; prosesler sırasıyla ön arıtma-giriş üniteleri, kimyasal arıtma-dezenfeksiyon, arıtma prosesleri (temel), diğer prosesler (yardımcı),çamur bertarafı-kimyasal madde geri kazanımı ve diğer ünitelerdir. Ülkemize özgü model oluşturulurken proses seçiminde yapılan sınıflandırma ve gruplandırma; İller Bankası İçme Suyu Arıtma Tesisi Proses Şartnamesinde yer alan proses seçim rehberi doğrultusunda oluşturulmuştur. Arıtma proseleri grubunda içmesuyu arıtma tesisinin temel üniteleri olan koagülasyon-flokülasyon-çökeltme,

filtrasyon prosesleri yer alırken, diğer proseslerde ise havalandırma, iyon değiştirme, yumuşatma, membran proseleri yer almaktadır.

Ayrıca çamur bertarafı ve kimyasal geri madde kazanımı bölümünde çamur arıtım prosesleri bulunurken diğer üniteler bölümünde ise tesiste bulunan yardımcı ünite ve sosyal üniteler bulunmaktadır. Proseslerin ana başlıkları ve gruplandırılmaları her modelde farklılık göstermektedir. Bir diğer önemli fark sınıflandırma gruplarında olup ülkemizde küçük, orta, büyük ve çok büyük ölçekli olarak daha anlaşılır şekilde tesis sınıflandırması yapılmıştır.

Gelişmiş ülkelerin modelinde; çamur bertarafı ve çamur arıtımı ve geri kazanım üniteleri ile ilgili bir proses bulunmayıp skorlamaya alınmamıştır. Bu durumun nedeni içme suyuunda çamur üretiminin atık suya göre daha az olmasıdır. Ülkemiz modelinde çamur giderimi ayrı bir temel proses olarak düşünülmüş ve bir arıtma tesisi puanlandırılırken skorlamaya dahil edilmiştir. Ancak ülkemizde işletme aşamasında olan içme suyu arıtma tesislerinin neredeyse birçoğunda çamur arıtımı ve bertarafı yapılamamaktadır. Tesisler için son derece önemli olan çamur arıtım ve bertarafı hem ilk yatırım hem işletme maliyetlerinin önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Bu denli önemli bir prosesin skorlama sistemi modelinde olması, tesislerin çamur proses ünitelerini ortaya koymak, işletme ve maliyet durumlarını belirlemek açısından kritiktir. Dolayısıyla puanlama sisteminde yer alması önemli bir husustur. Bu hususta diğer modeller ve ülkemiz modeli arasında bariz bir farklılıktır.

Scada ve otomasyon özelliklerine gelişmiş ülkelerin modelinde yer verilirken, gelişmekte olan birçok ülke modelinde yer verilmemiştir. Ülkemiz tesislerinde oluşturulan modelde scada ve otomasyon puanlandırılmıştır. Scada sisteminde tesisin otomasyon özellikleri insan ihtiyacına ne kadar az bağlı ise tesisin puanı daha yüksektir. Çünkü gelişmiş tesislerde yüksek teknoloji nedeniyle scada sistemi daha gelişmiştir.

Sonuç olarak skorlama sistemi ülkelerin gelişmişlik düzeyi, sosyoekonomik durumu ve teknik kapasitesi gibi birçok konu ile ilişkilidir. Bu sebeple skorlama sisteminin ülkelere özgü kriterler doğrultusunda oluşturulması son derece mühimdir. Ayrıca gelişmişlik düzeylerine göre skorlama sistemlerinde farklılık görülmektedir. Bu nedenlerle ülkemize özgü içme suyu kriterleri doğrultusunda oluşturulan skorlama sistemi modeli bir ilk niteliğindedir. Literatürde ülkemiz içme suyu skorlama sistemi modelinin diğer modeller ile kıyaslanması, farklılıkları ve benzerlikleriyle ortaya konması son derece önemlidir. Ayrıca ülkemiz düzeyindeki ülkeler için skorlama modeli uygulanabilir niteliktedir.

Buradan özetle tüm skorlama modellerinde tesis kapasite ve boyutlandırması, ham su kaynağı, kimyasal arıtma, dezenfeksiyon prosesleri ve arıtma prosesleri ortak olup sadece puan aralıkları belirlenirken farklı metodolojiler uygulanmış ve ülkelerin mevcutta bulunan

tesislerinin ölçülerine göre skalalar oluşturulmuştur. Örneğin debi puan skalası ülkemiz için belirlenirken en düşük debi Üsküp İçme suyu arıtma tesisi (Şekil 25) taban puan olarak en yüksek debi Cumhuriyet İçme suyu Arıtma Tesisi (Şekil 26) tavan puan olarak alınmıştır. İçme suyu tesisleri için debi değerleri 50 ila 400 m³/gün arasındadır. İçme suyu arıtma tesisleri için ülkemizde en düşük debi 400 m³/gün ile Üsküp tesisidir. İçme suyu arıtma tesisleri için ülkemizde en yüksek debi 720.000 m³/gün olan Cumhuriyet tesisleridir.

TESİSİN ADI		ÜSKÜP (KIRKLARELİ) İÇME SUYU ARITMA TESİSİ			
BULUNDUĞU İL		KIRKLARELİ			
BULUNDUĞU İLÇE		MERKEZ			
BULUNDUĞU BÖLGE		MARMARA			
1- Boyutlandırma ve Kapasite (m3): (1-30 puan)					
	50 m3/gün <	1 Puan	1-30	9	
	50-200 m3/gün	2 Puan			
	200-400 m3/gün	4 Puan			
X	400-2000 m3/gün	9 Puan			
	2000-4000 m3/gün	12 Puan			
	4000-20000 m3/gün	16 Puan			
	20000-40000 m3/gün	20 Puan			
	40000-200000 m3/gün	25 Puan			
	> 200000 m3/gün	30 Puan			
2-Ham Su Kaynağı: (2-10 puan)					
	Yeraltısuyu:	2 Puan	2-22	7	
	Yüzey suyu etkisinde olan yeraltı suyu:	4 Puan			
	Yağmur Suyu Hasadı:	3 Puan			
Yüzey suyu : 0-10 puan					
	Akarsu:	8 Puan			
	Göl	6 Puan			
X	Gölet	6 Puan			
	Baraj	6 Puan			
	Deniz	10 Puan			
2.1-Ham Su Karakteristiğine Yönelik: İçme Suyu Temin Edilen Suların Kalitesi Ve Artırılması Hakkında Yönetmelik Çerçevesinde; (1-5 puan)					
X	A1	1 Puan			
	A2	3 Puan			
	A3	5 Puan			
2.2-Ham Suya Tabi İşlemler: (2-3 puan)					
	Tat ve koku rutin kontrol	2 Puan			
	Renk > 15 CU	3 Puan			
	Fe > 2 mg/L	3 Puan			
	Mn > 0,25 mg/L	3 Puan			
	Alg büyümesi	3 Puan			
2.2.1-Önemli ölçüde farklı su kalitesine sahip kaynakların harmanlanması (2-4 puan)					
	MCL uyumuna ulaşmak için	4 Puan			
	Estetik nedenlerden dolayı	2 Puan			
	Kimyasal ilaveli rezervuar yönetimi	2 Puan			

Şekil 25. En küçük tesis, Üsküp İçme Suyu Arıtma Tesisi

TABLO : ARITMA TESİSLERİ VERİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ					
TESİSİN ADI		CUMHURİYET (İSTANBUL) İÇME SUYU ARITMA TESİSİ			
BULUNDUĞU İL		İSTANBUL			
BULUNDUĞU İLÇE					
BULUNDUĞU BÖLGE		MARMARA			
1- Boyutlandırma ve Kapasite (m3): (1-30 puan)					
	50 m3/gün <	1 Puan	1-30	30	
	50-200 m3/gün	2 Puan			
	200-400 m3/gün	4 Puan			
	400-2000 m3/gün	9 Puan			
	2000-4000 m3/gün	12 Puan			
	4000-20000 m3/gün	16 Puan			
	20000-40000 m3/gün	20 Puan			
	40000-200000 m3/gün	25 Puan			
X	> 200000 m3/gün	30 Puan			
2-Ham Su Kaynağı: (2-10 puan)					
	Yeraltısuyu:	2 Puan	2-22	17	
	Yüzeysuyu etkisinde olan yeraltı suyu:	4 Puan			
	Yağmur Suyu Hasadı:	3 Puan			
Yüzeysuyu : 0-10 puan					
X	Akarsu:	8 Puan			
	Göl	6 Puan			
	Gölet	6 Puan			
X	Baraj	6 Puan			
	Deniz	10 Puan			
2.1-Ham Su Karakteristiğine Yönelik: İçme Suyu Temin Edilen Suların Kalitesi Ve Arıtılması Hakkında Yönetmelik Çerçevesinde; (1-5 puan)					
	A1	1 Puan	2-22	17	
X	A2	3 Puan			
	A3	5 Puan			
2.2-Ham Suyu Tabi İşlemler: (2-3 puan)					
	Tat ve koku rutin kontrol	2 Puan	2-22	17	
	Renk > 15 CU	3 Puan			
	Fe > 2 mg/L	3 Puan			
	Mn > 0,25 mg/L	3 Puan			
	Alg büyümesi	3 Puan			
2.2.1-Önemli ölçüde farklı su kalitesine sahip kaynakların harmanlanması (2-4 puan)					
	MCL uyumuna ulaşmak için	4 Puan	2-22	17	
	Estetik nedenlerden dolayı	2 Puan			
	Kimyasal ilaveli rezervuar yönetimi	2 Puan			

Şekil 26. En büyük tesis, Cumhuriyet İçme Suyu Arıtma Tesisi

MACA, WTP ve ülkemize özgü oluşturulan skrolama modellerindeki benzer ve farklı kriterler

MACA, WTP ve Türkiye'ye özgü (TR) skrolama modelleri arasındaki benzerlik ve farklılıkları şu şekilde özetlersek;

Benzerlikler:

- Boyutlandırma/Debi: Üç modelde de yer almakta; ancak sadece aralıklar farklıdır. Bu, temel ve ortak bir kriterdir.
- Ham su kaynağı: Üç modelde de mevcuttur. Ancak TR modeli daha detaylıdır. Örnek modellerde yüzey ve yeraltı suyu ayrımı yapılmaktadır.
- Kimyasal arıtma ve dezenfeksiyon prosesleri: Üç modelde de ortak bir kriter olarak yer almaktadır.
- Arıtma prosesleri: Hepsinde ortak kriter olarak bulunmakta, ancak konfigürasyonların gruplanması MACA modelinde farklılık göstermektedir.

Farklılıklar:

- Ham su kirlilik potansiyeli: TR ve MACA modelinde mevcutken, WTP modelinde yer almamaktadır. TR modeli için A1, A2, A3 gibi sınıflandırmalar yönetmelik gereği yapılmaktadır.
- Ham suya işlemler: Sadece TR modelinde detaylandırılmaktadır (tat, koku, renk, alg gibi kontrol parametreleriyle).
- Çamur bertarafı ve yönetimi: TR ve MACA'da bulunurken; WTP modelinde yer almamaktadır.
- Atık madde geri kazanımı, tesis operasyon sistemleri, tesis yardımcı üniteleri: Sadece Türkiye'ye özgü modelde bulunmaktadır. Bunlar ülkemiz için önemli ve özgün kriterlerdir.

TR modeli, ülkemize özgü ihtiyaçlar doğrultusunda daha kapsamlıdır ve yerel koşulları dikkate alan ayrıntılı kriterlere sahiptir. MACA modeli, bazı teknik unsurları dikkate alırken, yerel detaylardan yoksundur. WTP modeli ise daha sade ve bazı önemli kriterleri içermemektedir (Tablo 15).

Tablo 15. MACA, WTP ve Ülkemize Özgü Oluşturulan Skorlama Modellerindeki Benzer ve Farklı Kriterler

Puanlama Kriterleri	TR Model	MACA Modeli	WTP Modeli	Açıklama
Boyutlandırma/debi	var	var	var	*Ortak, temel*sadece aralıkları farklı
Ham su Kaynağı	var	var	var	*Ortak, temel kriter. *örnek modellerde yeraltı ve yüzey suları
Ham su Kirlilik potansiyeli	var	var	yok	*Maca gözlemsel kirlilik *Ülkemizde A1, A2 ve A3
Ham suya işlemler	var	var	yok	*Maca tat,koku,renk,alg büyümesi kontrolü
Ön arıtma	var	yok	var	*ızgara,elek,çöktürme havuzu ve giriş yapısı gibi yapılar tesislerde mevcut
Kimyasal Arıtma ve dezenfeksiyon prosesleri	var	var	var	*Ortak,temel kriter
Arıtma prosesleri	var	var	var	*Ortak,konfigürasyonlarının gruplandırılması farklı
Çamur Bertarafı ve Yönetimi	var	yok	yok	*Sadece ülkemize özgü modelde olup son derece önemli bir kriterdir.
Atık madde geri kazanımı	var	var	yok	*Maca modeli ile ülkemiz modelinde ortaktır.
Tesis operasyon sistemleri	var	var	yok	*Maca modeli ile ülkemiz modelinde ortaktır.
Tesis yardımcı üniteleri	var	yok	yok	*Sadece ülkemize özgü modelde olup son derece önemli bir kriterdir.

Temel Sınıflandırma Kriterlerinin Modele Etkisi

Skorlama modelleri sınıflandırma açısından birbirlerinden farklıdır. Temel olarak sınıflandırma kriterleri içme suyu ve içme suyu arıtma tesisleri olarak ikiye ayrılmaktadır. İçme suyu tesisleri su dağıtım ve su depolama sistemine göre içme suyu arıtma tesisleri ise konvansiyonel, paket ve ileri arıtma tesislerine göre sınıflandırılmaktadır. Ülkemizde içme suyu tesisleri içme suyu arıtma tesisi olarak değerlendirilmemektedir. Dolayısıyla ülkemize özgü sınıflandırma standardizasyonu yapılırken bu husus dikkate alınmıştır. Ülkemizde bu hususta içme suyu temini ve içme suyu arıtımı farklı idarelerce ele alınmaktadır. Gelişmiş ülkelerin modellerinde sınıflandırmada su dağıtım ve klorlama sistemleri arıtma tesisi sınıfı olarak sayılmaktadır. Bu tesisler içme suyu şebeke, depo ve klorlama sistemlerinden oluşmaktadır. Bahse konu tesisler gelişmiş ülkelerde küçük sistem olarak adlandırılarak sınıflandırma sisteminin en alt sınıfını oluşturmaktadır.

Çalışmada oluşturulan modelde ülkemizde bulunan içme suyu arıtma tesisleri konvansiyonel, paket ve ileri arıtma tesisleri olmak üzere sınıflandırılmıştır. Skor sonucuna göre daha kolay ve anlaşılır sınıflandırma için tesisler çok küçük, küçük, orta, büyük ve çok büyük ölçekli olmak üzere kategorize edilmiştir. Gelişmiş ülkeler modelinde skor sonucuna göre sınıflandırma küçük sistem, Sınıf 1, Sınıf 2 ve Sınıf 3 olmak üzere 4 gruba ayrılmaktadır. Gelişmekte olan ülkeler ise Sınıf 1, Sınıf 2 ve Sınıf 3 olmak üzere 3 gruba ayrılmaktadır.

Ülkemize özgü model ile sınıflandırılan tesisler için skorlama usul ve esasları anlaşılır bir biçimde hazırlanmıştır. Tesislerin anlaşılır bir biçimde skorlandırılıp sınıflandırılması için yani skorlama sisteminin kullanımı için detaylı skorlama esaslarının anlatılması ülkemiz modelinde bulunan bir ayrıcalıktır. Sınıfına göre her bir tesis için rehber niteliğinde kılavuz oluşturulmuştur. Böylece çok küçük, küçük, orta, büyük ve çok büyük tesisler için uygulanacak standartlar belirlenmiştir.

Farklı Skorlama Modellerinde Avantaj ve Dezavantajlar

Genel olarak ülkelerin kendi skorlama modelleri dışında farklı skorlama modelleri kullanmasının avantaj ve dezavantajları Tablo 16'dadır. Ülkemize özgü skorlama ve sınıflandırma sistemi modeli oluştururken uluslararası yöntemlerle kıyaslamak global düzeydeki konumu anlamak açısından son derece önemliyken değerlendirme sonuçlarının doğru olabilmesi için Türkiye'ye özgü koşulların göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

Tablo 16. Farklı Skorlama Modellerinin Uygulanmasının Avantaj ve Dezavantajları

KRİTER	AVANTAJ	DEZAVANTAJ
Uluslararası Kıyaslama	Tesislerin dünya standartlarına göre değerlendirilmesi.	Türkiye'nin bölgesel farklılıkları nedeniyle uluslararası yöntemlerin uyarlanmasında zorluklar.
Gelişim için Yol Haritası	Eksiklikler ve iyileştirme alanlarını belirleme.	Türkiye'ye özgü önceliklerin uluslararası kriterlerde yer almaması.
Standartlaşma ve Uyum	Uluslararası standartlara ulaşma.	Türkiye'nin altyapı eksiklikleri nedeniyle uygulamada maliyet artışı.
İnovasyon ve Teknoloji	Modern teknoloji ve yeni yaklaşımlar.	Teknoloji transferi yüksek maliyet ve uzmanlık ihtiyacı.
Farklı Su Kaynakları ve İklim	Benzer iklim koşullarına sahip ülkelerden faydalanma.	Türkiye'nin su kaynaklarının özgün yapısı sonuçları yanıltması.
Veri ve Kaynak Erişimi	Uluslararası standartlara uygun veri toplama kültürünün gelişmesi.	Veri toplama süreçlerinin yetersiz veya eksik olması sonuçları yanıltması.
Politik ve Ekonomik Uygulama	Uluslararası işbirliği.	Ekonomik ve yasal farklılıklar.

Farklı skorlama modellerinin ülkemiz tesislerine uygulanması

Bu bölümde ülkemizde bulunan içme suyu arıtma tesislerine ait veriler tez çalışmasında oluşturulan skorlama ve sınıflandırma modeli ve farklı ülkelerin modelleri ile çalışılmıştır. Ülkemize özgü içme suyu arıtma tesisi skorlama modeli ile gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin kullandığı modeller arasında benzer ve farklı sonuçların tespiti Tablo 17'de gösterilmektedir. Ülkemizde 7 coğrafi bölgeden farklı il ve ilçelerden örnek verilen tesisler hem tez çalışmasında oluşturulan model ile hem de diğer ülkelerin modeli ile skorlandırılarak sınıflandırmaya tabii tutulmuştur. Her coğrafi bölgeden nüfusu 4.000'in altında, 4.000-20.000, 20.000-100.000, 100.000-500.000 , 500.000-2.000.000, 2.000.000-10.000.000 aralığında ve 10.000.000'in üzerinde olan illerden 10 adet tesis seçilmiştir. Nüfus aralıkları belirlenirken; genellikle ülkemizde 20.000 üzerinde nüfusa sahip yerleşimlerde kapsamlı arıtma tesisleri yapılması durumu metodoloji olarak kabul edilmiştir.

Tablo 17. Farklı Skorlama Modellerinde Uygulama

Bölgesi	Tesis Adı	Nüfus (kişi)	Ülkemize özgü model	MACA modeli	WTP modeli
Doğu Anadolu	Erzurum Merkez İ.A.T	749.993	114 (ÇBÖ)	148 (-)	87 (ÇBÖ)
Doğu Anadolu	Göle (Ardahan) İ.P.A.T	22.735	66 (OÖ)	38 (KÖ)	37 (OÖ)
Doğu Anadolu	Oltu (Erzurum) İ.P.A.T	30.296	94 (BÖ)	36 (KÖ)	68 (BÖ)
Doğu Anadolu	Horasan (Erzurum) İ.A.T	36.359	73 (OÖ)	32 (KÖ)	58 (BÖ)
Doğu Anadolu	Aşkale (Erzurum) İ.A.T	21.410	59 (KÖ)	40 (KÖ)	40 (OÖ)
Doğu Anadolu	Sarıkamış (Kars) İ.A.T	37.348	69 (OÖ)	29 Küçük sistem	53 (OÖ)
İç Anadolu	Beyazır (Ankara) İ.A.T	48.558	66 (OÖ)	42 (OÖ)	44 (OÖ)
İç Anadolu	Pursaklar (Ankara) İ.A.T	161.926	99 (BÖ)	114 (-)	64 (BÖ)
İç Anadolu	Şereflikoçhisar (Ankara)İ.A.T	34.122	67 (OÖ)	50 (OÖ)	41 (OÖ)
İç Anadolu	Kahramankazan (Ankara) İ.A.T	60.804	66 (OÖ)	52 (OÖ)	59 (BÖ)
İç Anadolu	Ankara İvedik İ.A.T	701.638	134 (ÇBÖ)	352 (-)	80 (ÇBÖ)
İç Anadolu	Çubuk (Ankara) İ.A.T	99.096	100 (BÖ)	114 (-)	64 (BÖ)
Güney Doğu Anadolu	Diyarbakır İ.A.T	1.818.133	78 (OÖ)	30 Küçük sistem	57 (BÖ)
Güney Doğu Anadolu	Derik (Mardin) İ.A.T	62.475	61 (KÖ)	25 Küçük sistem	47 (OÖ)
Güney Doğu Anadolu	Kilis İ.A.T	155.179	87 (OÖ)	35 (KÖ)	65 (BÖ)
Güney Doğu Anadolu	Gaziantep Hacıbaba İ.A.T	2.164.134	117 (ÇBÖ)	46 (OÖ)	86 (ÇBÖ)
Güney Doğu Anadolu	Nizip İ.A.T	151.432	93 (BÖ)	40 (KÖ)	70 (BÖ)
Güney Doğu Anadolu	Siirt İ.A.T	349.728	77 (OÖ)	30 Küçük sistem	60 (BÖ)
Karadeniz	Şalpazarı (Trabzon) İ.A.T	11.780	32 (ÇKÖ)	10 Küçük sistem	26 (KÖ)
Karadeniz	Artvin İ.A.T	172.931	72 (OÖ)	27 Küçük sistem	54 (OÖ)
Karadeniz	Trabzon (Merkez) İ.A.T	827.100	109 (BÖ)	45 (OÖ)	77 (ÇBÖ)
Karadeniz	Taşköprü (Kastamonu) İ.A.T	38.372	88 (BÖ)	34 (KÖ)	65 (BÖ)
Karadeniz	Bazlamaç (Samsun) İ.A.T	1.761	36 (KÖ)	14 Küçük sistem	29 (KÖ)
Karadeniz	Zonguldak (Merkez) İ.A.T	591.492	100 (BÖ)	40 (KÖ)	74 (BÖ)
Marmara	M.Kemal Paşa (Bursa) İ.A.T	103.944	62 (OÖ)	24 Küçük sistem	46 (OÖ)
Marmara	Cumhuriyet (İstanbul) İ.A.T	15.655.924	151 (ÇBÖ)	43 (OÖ)	81 (ÇBÖ)
Marmara	Kağıthane (İstanbul) Yıldırım Bayezid İ.A.T	15.655.924	121 (ÇBÖ)	48 (OÖ)	90 (ÇBÖ)
Marmara	Çatalca (İstanbul) İ.A.T	15.655.924	35 (ÇKÖ)	17 Küçük sistem	25 (KÖ)

Tablo 17. (Devamı)

Marmara	Karapürçek (İzmit) İ.A.T	378.656	63 (OÖ)	25 Küçük sistem	47 (OÖ)
Marmara	Yeşilyurt (Adapazarı) İ.A.T	286.918	63 (OÖ)	28 Küçük sistem	50 (OÖ)
Marmara	Kircasalih (Edirne) İ.P.A.T	2.567	70 (OÖ)	27 Küçük sistem	53 (OÖ)
Akdeniz	Serik (Antalya) İ.A.T	141.569	81 (OÖ)	31 Küçük sistem	60 (BÖ)
Akdeniz	Berdan (Mersin) İ.A.T	1.938.389	88 (BÖ)	35 (KÖ)	63 (BÖ)
Akdeniz	Antakya İ.A.T	1.544.640	91 (BÖ)	37 (KÖ)	65 (BÖ)
Akdeniz	Yedigöze (Adana) İ.A.T	16.954	101 (OÖ)	38 (KÖ)	72 (BÖ)
Akdeniz	Isparta (Merkez) İ.A.T	449.777	96 (OÖ)	37 (KÖ)	70 (BÖ)
Akdeniz	Kadirli (Osmaniye) İ.A.T	127.513	82 (OÖ)	30 Küçük sistem	65 (BÖ)
Ege	Aydın (Merkez) İ.A.T	1.161.702	103 (OÖ)	39 (KÖ)	74 (BÖ)
Ege	Tavşanlı (Kütahya) İ.A.T	100.651	88 (OÖ)	36 (KÖ)	63 (BÖ)
Ege	Sarıköy (Balıkesir) İ.A.T	3.938	35 (KÖ)	16 Küçük sistem	26 (KÖ)
Ege	Bodrum (Muğla) İ.A.T	198.335	85 (OÖ)	34 (KÖ)	65 (BÖ)
Ege	Aliaga (İzmir) İ.A.T	106.168	62 (OÖ)	25 Küçük sistem	49 (OÖ)
Ege	Mursallı (Aydın) İ.A.T	1029	49 (KÖ)	18 Küçük sistem	35 (OÖ)

Tablo 17'ye göre skortlama sonucunda Erzurum İçme Suyu Arıtma Tesisi toplam skoru 114 olarak çok büyük ölçekli tesis sınıfına girmektedir. Gelişmiş ülkeler için kullanılan modele göre değerlendirildiğinde Erzurum İçme Suyu Arıtma tesisi 148 olarak en yüksek puan sınıfı olan 3. sınıf tesis puanı 75'in çok üzerindedir. Bu da gelişmiş ülke modeline göre üst düzey bir tesis olduğunu göstermektedir.

Ancak Türkiye'ye özgü modelde Erzurum Tesisi çok büyük ölçekli tesisler sınıfında olsa da, bu sınıfın en üst düzeyine ulaşamamaktadır. Erzurum Tesisi gelişmiş ülke modeline göre çok büyük ölçekli tesisleri geçen puana sahipken reelde böyle bir tesis durumunda değildir.

Bahse konu tesis WTP modeli ile puanlandığında 87 puan olarak çok büyük ölçekli tesis sınıfına girmektedir. Bu da Erzurum İçme Suyu Arıtma Tesisi için WTP modelinin MACA modeline göre gerçekçi sonuç verdiğini göstermektedir.

Ülkemiz modelinde orta ölçekli tesis olan Göle (Ardahan) İçme Suyu Paket Arıtma Tesisini gelişmiş ülkeler için kullanılan model ile puanladığımızda 38 puan olarak küçük ölçek sınıfına girmektedir. Aynı tesis WTP modeli ile puanlandığında orta ölçekli sınıfındadır. Söz konusu tesis için ülkemiz modeli ve WTP modeli uyumlu görülmektedir.

Bir diğ er  rnek Horasan (Erzurum)   me Suyu Arıtma Tesisi  lkemiz modelinde orta ölçekli tesis, gelişmiş ülkeler için kullanılan modelde ise 32 puan olarak küçük ölçekli tesis olmaktadır. WTP modelinde ise Horasan (Erzurum)   me Suyu Arıtma Tesisi 58 puanla b   k ölçekli sınıfına girmektedir. Göle ve Horasan tesislerinde WTP MACA'ya göre daha yakın sonuç göstermektedir.

Bir diğ er örnek olarak da ülkemiz modelinde küçük ölçekli tesis olan Aşkale (Erzurum)   me Suyu Arıtma Tesisi gelişmiş ülkeler için puanladığında küçük ölçekli gelişmekte olan ülkeler için ise orta ölçekli sınıfa girmektedir. Aşkale   me Suyu Arıtma Tesisi için MACA modeli ile ülkemiz modeli benzer sonuç vermiştir. Reelde Göle (Ardahan)   me Suyu Paket Arıtma Tesisi Aşkale (Erzurum)   me Suyu Arıtma Tesisine göre daha b   k ölçekli iken MACA ve WTP modellerinde tesisler aynı ölçek sınıfında çıkmaktadır. Bu husus çok dikkat çekici bir bulgudur.

Bir diğ er önemli husus için örnek verilecek olursa; Aşkale   me suyu Arıtma Tesisi reelde Oltu   me Suyu Arıtma Tesisine göre daha küçük ölçeklidir. Ülkemiz modeli skortlama sonucu Aşkale için küçük, Oltu için orta ölçek sınıfıdır. Ancak diğ er ülkelerin modelinde sonuçlar Aşkale   me Suyu Arıtma Tesisini Oltu   me Suyu Arıtma Tesisine göre daha b   k ölçekte göstermektedir. Bu sonuç ülkemizde bulunan içme suyu arıtma tesisleri için tez çalışmasında oluşturulan skortlama modelinin daha gerçek ve sağıklı bir sonuç verdiğinin ispatı olmaktadır.

Yine  rnek verilecek olursa; Akselendi (Manisa)   me Suyu Arıtma Tesisi  lkemiz modelinde küçük ölçek tesis sınıfında gelişmiş ülkeler için kullanılan model ile puanladığımızda ise 18 puan olarak küçük sistem grubuna girmektedir. Gelişmiş ülkelerde küçük sistem sadece dağıtım ve klorlama yapılan sistem olup Akselendi (Manisa)   me Suyu Arıtma tesisi ve benzer ölçekteki tesisler bu duruma uymamaktadır. Bu husus MACA modelinin ülkemiz tesislerine doğrudan uygulamanın uygun olmadığını göstermektedir.

Doğu Anadolu Bölgesi için özetlenirse; tez çalışmasında pilot tesis olan Erzurum ve ilçelerinde bulunan içme suyu arıtma tesislerine farklı modeller uygulandığında; MACA için nüfus azaldıkça yani ölçek küçüldükçe ülkemiz modeli ile daha yakın sonuçlar göstermektedir. WTP'de ise nüfus arttıkça yani ölçek b   d k e ülkemiz modeli ile daha yakın sonuçlar göstermektedir.

Tablo 18'de her bir tesis ve model sonuçlarının karşılaştırmalı olarak birbirlerinden uzaklık ve yakınlık durumu özetlenmektedir.

Tablo 18. Farklı Skorlama Modellerinde Ölçeklerin Yakınlığı

Tesis Adı	Ülkemiz Modeli	MACA	WTP	Ülkemiz Modeli-MACA	Ülkemiz Modeli-WTP	MACA -WTP
Erzurum Merkez İ.A.T	ÇBÖ	(-)	ÇBÖ	uzak	yakın	uzak
Göle (Ardahan) İ.P.A.T	OÖ	KÖ	OÖ	uzak	yakın	uzak
Oltu (Erzurum) İ.P.A.T	BÖ	KÖ	BÖ	uzak	yakın	uzak
Horasan (Erzurum) İ.A.T	OÖ	KÖ	BÖ	uzak	uzak	uzak
Aşkale (Erzurum) İ.A.T	KÖ	KÖ	OÖ	yakın	uzak	uzak
Sarıkamış (Kars) İ.A.T	OÖ	KS	OÖ	uzak	yakın	uzak
Beyazır (Ankara) İ.A.T	OÖ	OÖ	OÖ	yakın	yakın	yakın
Pursaklar (Ankara) İ.A.T	BÖ	(-)	BÖ	uzak	yakın	uzak
Şereflikoçhisar (Ankara) İ.A.T	OÖ	OÖ	OÖ	yakın	yakın	yakın
Kahramankazan (Ankara) İ.A.T	OÖ	OÖ	BÖ	yakın	uzak	uzak
Ankara İvedik İ.A.T	ÇBÖ	(-)	ÇBÖ	uzak	yakın	uzak
Çubuk (Ankara) İ.A.T	BÖ	(-)	BÖ	uzak	yakın	uzak
Diyarbakır İ.A.T	OÖ	KS	BÖ	uzak	uzak	uzak
Derik (Mardin) İ.A.T	KÖ	KS	OÖ	uzak	uzak	uzak
Kilis İ.A.T	OÖ	KÖ	BÖ	uzak	uzak	uzak
Gaziantep Hacıbaba İ.A.T	ÇBÖ	OÖ	ÇBÖ	uzak	yakın	uzak
Nizip İ.A.T	BÖ	KÖ	BÖ	uzak	yakın	uzak
Siirt İ.A.T	OÖ	KS	BÖ	uzak	uzak	uzak
Şalpaazarı (Trabzon) İ.A.T	ÇKÖ	KS	KÖ	uzak	uzak	uzak
Artvin İ.A.T	OÖ	KS	OÖ	uzak	yakın	uzak
Trabzon (Merkez) İ.A.T	BÖ	OÖ	ÇBÖ	uzak	uzak	uzak
Taşköprü (Kastamonu) İ.A.T	BÖ	KÖ	BÖ	uzak	yakın	uzak
Bazlamaç (Samsun) İ.A.T	KÖ	KS	KÖ	uzak	yakın	uzak
Zonguldak (Merkez) İ.A.T	BÖ	KÖ	BÖ	uzak	yakın	uzak
M.Kemal Paşa (Bursa) İ.A.T	OÖ	KS	OÖ	uzak	yakın	uzak
Cumhuriyet (İstanbul) İ.A.T	ÇBÖ	OÖ	ÇBÖ	uzak	yakın	uzak
Kağıthane (İstanbul) Yıldırım Bayezid İ.A.T	ÇBÖ	OÖ	ÇBÖ	uzak	yakın	uzak
Çatalca (İstanbul) İ.A.T	KÖ	KS	KÖ	uzak	yakın	uzak
Karapürçek (İzmit) İ.A.T	OÖ	KS	OÖ	uzak	yakın	uzak
Yeşilyurt (Adapazarı) İ.A.T	OÖ	KS	OÖ	uzak	yakın	uzak
Kırcasalih (Edirne) İ.P.A.T	OÖ	KS	OÖ	uzak	yakın	uzak
Serik (Antalya) İ.A.T	OÖ	KS	BÖ	uzak	uzak	uzak
Berdan (Mersin) İ.A.T	BÖ	KÖ	BÖ	uzak	yakın	uzak
Antakya İ.A.T	BÖ	KÖ	BÖ	uzak	yakın	uzak
Yedigöze (Adana) İ.A.T	OÖ	KÖ	BÖ	uzak	uzak	uzak
Isparta (Merkez) İ.A.T	OÖ	KÖ	BÖ	uzak	uzak	uzak
Kadirli (Osmaniye) İ.A.T	OÖ	KS	BÖ	uzak	uzak	uzak
Aydın (Merkez) İ.A.T	OÖ	KÖ	BÖ	uzak	uzak	uzak
Tavşanlı (Kütahya) İ.A.T	OÖ	KÖ	BÖ	uzak	uzak	uzak
Sarıköy (Balıkesir) İ.A.T	KÖ	KS	KÖ	uzak	yakın	uzak
Bodrum (Muğla) İ.A.T	OÖ	KÖ	BÖ	uzak	uzak	uzak
Aliağa (İzmir) İ.A.T	OÖ	KS	OÖ	uzak	yakın	uzak
Mursallı (Aydın) İ.A.T	KÖ	KS	OÖ	uzak	uzak	uzak

Tablo 18 Beyazır ve Şereflikoçhisar içme suyu arıtma tesislerinin hem ülkemiz hem de MACA ve WTP’de benzer sonuçlar aldığını göstermektedir. Sonuç olarak en yakın ölçekler;

küçük ölçekli tesisler için genellikle ülkemiz modeli ile WTP arasındadır. Orta ölçekli tesisler için ise MACA ve WTP’de birbirine yakın sonuçlar verebilmektedir. En uzak ölçekler ise büyük ölçekli ve çok büyük ölçekli tesisler için ülkemiz modeli MACA arasındadır. WTP modeli ise büyük ölçekli tesislerde doğru sınıflandırma yapsa da, bazen çok büyük ölçekli tesislerde yakın sonuçlar verebilmektedir. Özellikle çok büyük tesisler için MACA ve WTP arasında büyük fark oluşması çarpıcı bir bulgudur.

Özetle; en yakın sonuçlar orta ve küçük ölçekli tesislerde ülkemize özgü model ve WTP modelinin uyumu ile ortaya çıkmaktadır. En uzak sonuçlar, büyük ve çok büyük ölçekli tesislerde MACA modeli ile gözlemlenmiştir. WTP modeli, büyük ölçekli tesislerde genellikle doğru sınıflandırma yaparken, MACA modeli çok daha uzak sonuçlar üretmiştir. Bu durumda ülkemiz tesislerinde MACA modeli uygulanabilir değildir. WTP modeli ülkemiz tesisleri için daha yakın uygulanabilir bir modeldir.

Ülkemize özgü skortlama ve sınıflandırma modeli oluşturma ihtiyacı

MACA (Model for the Classification of the Water Treatment Plants) ve WTP (Water Treatment Plant model), gelişmiş ülkeler için tasarlanmış global modellere dayalıdır. Bu modeller, genellikle yüksek teknolojiye sahip tesislerin sınıflandırılmasında ve kapasite değerlendirmelerinde kullanılır. Bu modellerde yer alan faktörler, ülkemizdeki içme suyu arıtma tesislerinin yerel şartlarına her zaman tam olarak uymayabilir. Örneğin, MACA ve WTP modelleri daha çok gelişmiş ülkelerdeki tesislerin kapasitesini, teknolojik altyapısını ve su arıtma süreçlerinin verimliliğini temel alır. Ancak ülkemizdeki tesisler, kullanılan teknoloji ve altyapı açısından farklılıklar gösterebilmektedir.

MACA ve WTP modellerini kullanarak ülkemiz içme suyu arıtma tesisi verilerini Tablo 3 ve 4’te çalışıldığı üzere sınıflandırırsak, sınıflandırma doğru olabilir, ancak yerel farklar göz önünde bulundurulmadığından uyumsuzluklar ve doğruluk sorunları oluşabilmektedir. Örneğin, düşük bütçeli yerel tesisler, gelişmiş ülkelerin modellerinde orta ölçekli veya büyük ölçekli sınıflandırılabilir, ancak gerçekte kapasiteleri ve teknolojileri bu sınıflara uygun olmayabilir. Yani, ülkemize özgü modelin olmaması, Türkiye’nin içme suyu arıtma tesislerini doğru sınıflandırmada eksikliklere yol açabilmektedir.

Ülkemize Özgü Modelin Oluşturulmasının Avantajları

- Yerel Koşulların Dikkate Alınması: Türkiye’deki içme suyu arıtma tesislerinin fiziksel, çevresel ve operasyonel özellikleri her bölgeye göre farklılık gösterebilir. Su kaynaklarının kalitesi, tesislerin büyüklüğü, teknolojik donanımı ve mevcut altyapı

gibi faktörler yerel olarak büyük çeşitlilik gösterir. Yapılan çalışma ile bu yerel koşullar daha iyi yansıtılabilir.

- Daha Hassas ve Gerçekçi Sonuçlar: Türkiye'nin içme suyu sektöründe karşılaşılan özel sorunlara (örneğin, altyapı eksiklikleri, kırsal alanlarda tesislerin verimsizliği, içme suyu dağıtımında kullanılan eski sistemler vb.) odaklanan bir model, bu sorunları doğru şekilde sınıflandırarak daha gerçekçi sonuçlar verebilir.
- Standartların Geliştirilmesi: Bu çalışma içme suyu arıtma tesislerinin kapasite planlaması ve sertifikasyon süreçlerine yönelik yerel standartlar geliştirilmesine olanak sağlar. Bu da tesislerin verimliliklerini, bakım gereksinimlerini ve işletme süreçlerini daha etkili bir şekilde optimize etmemizi sağlar.
- Ulusal Politikaların Geliştirilmesi: Yapılan çalışma, su kaynakları yönetimi ve içme suyu kalite standartlarının oluşturulmasına yönelik politika ve stratejiler geliştirirken de faydalıdır. Bu model sayesinde, yerel ve ulusal düzeyde politika yapıcılar için daha anlamlı veriler sunulmuş olur.

Eğer ülkemize özgü model oluşturulmazsa, MACA ve WTP gibi global modellerin kullanılması mümkündür. Ancak bu durumda modelin sonuçları yerel uyumsuzluklar gösterebilmektedir. Yani Türkiye'ye özel koşullar dikkate alınmazsa, içme suyu arıtma tesislerinin sınıflandırılması genel modellerle yapılacaksa da, bu modelin doğruluğu azaltabilmektedir. Yine de Türkiye'deki tesisler için bir miktar genellik sağlanmış olabilmektedir. Türkiye'ye özgü model ise, yukarıda bahsedilen yerel sorunları daha doğru bir şekilde değerlendirebilir ve daha uygun sınıflandırmalar sağlar. Bu nedenle, Türkiye'deki içme suyu arıtma tesislerinin sağlıklı bir şekilde sınıflandırılması ve analiz edilmesi için ülkemize özgü bir modelin geliştirilmesi, özellikle uzun vadeli stratejiler için şart olabilir.

Sonuç olarak, ülkemize özgü modelin oluşturulması, Türkiye'deki içme suyu arıtma tesislerinin doğru sınıflandırılması ve optimizasyonu için kritik öneme sahiptir. Eğer sadece MACA ve WTP gibi global modellerle sınıflandırma yapılırsa, yerel farklar göz ardı edilebilir ve bu da tesislerin yanlış sınıflandırılmasına yol açabilir. Bu sebeple ülkemize özgü model Türkiye'nin içme suyu arıtma tesislerinin verimli ve doğru şekilde sınıflandırılmasını sağlayacak en iyi yaklaşım olacaktır.

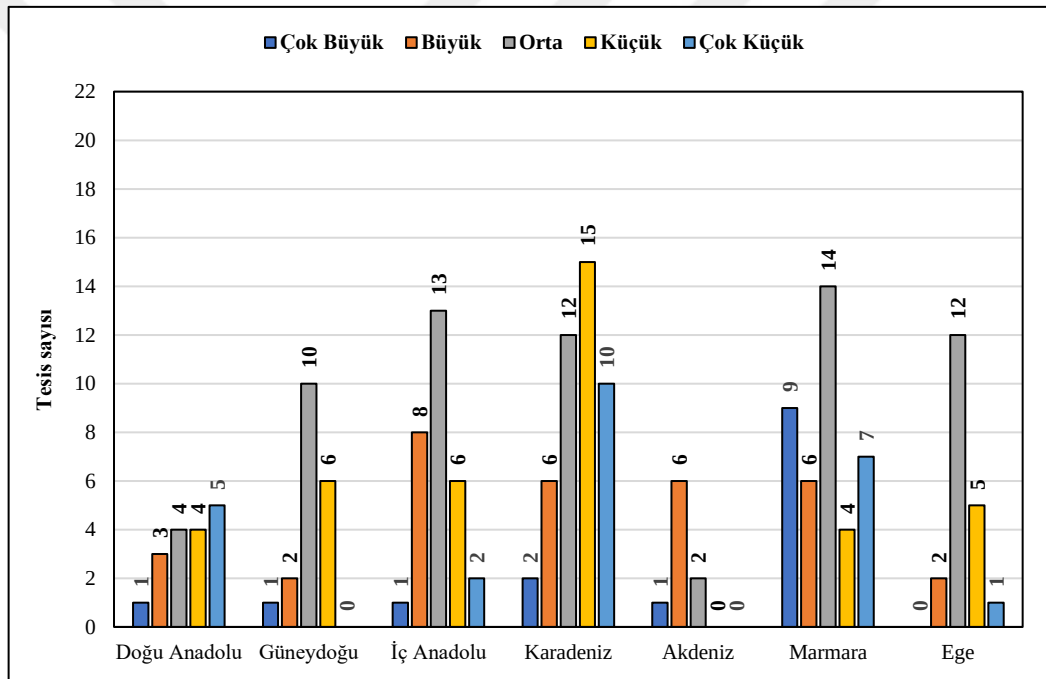
Bölgesel Olarak İçme Suyu Arıtma Tesislerinin Değerlendirilmesi

Çalışmanın bu bölümünde, skrolama sonucunda sınıflandırılan tesislerin sırasıyla Doğu Anadolu, Güneydoğu Anadolu, İç Anadolu, Karadeniz, Akdeniz, Marmara ve Ege bölgesi ile Türkiye'de ölçek sınıflarına göre sayıları, yüzde dağılımları, genel ortalama skor değerleri ile

nüfus ve idari yapı, içme suyu ve içme suyu arıtma tesislerine yönelik içme suyu altyapısına ait genel veriler karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

Tablo 19. Bölgelere Ait Tesis Ölçek ve Sayıları

Bölgeler	ÇBÖ	BÖ	OÖ	KÖ	ÇKÖ	Toplam İ.S.A.T
Doğu Anadolu	1,00	3,00	4,00	4,00	5,00	17,00
Güneydoğu	1,00	2,00	10,00	6,00	0,00	19,00
İç Anadolu	1,00	8,00	13,00	6,00	2,00	30,00
Karadeniz	2,00	6,00	12,00	15,00	10,00	45,00
Akdeniz	1,00	6,00	2,00	0,00	0,00	9,00
Marmara	9,00	6,00	14,00	4,00	7,00	40,00
Ege	0,00	2,00	12,00	5,00	1,00	20,00
Türkiye	15,00	40,00	67,00	33,00	25,00	180,00



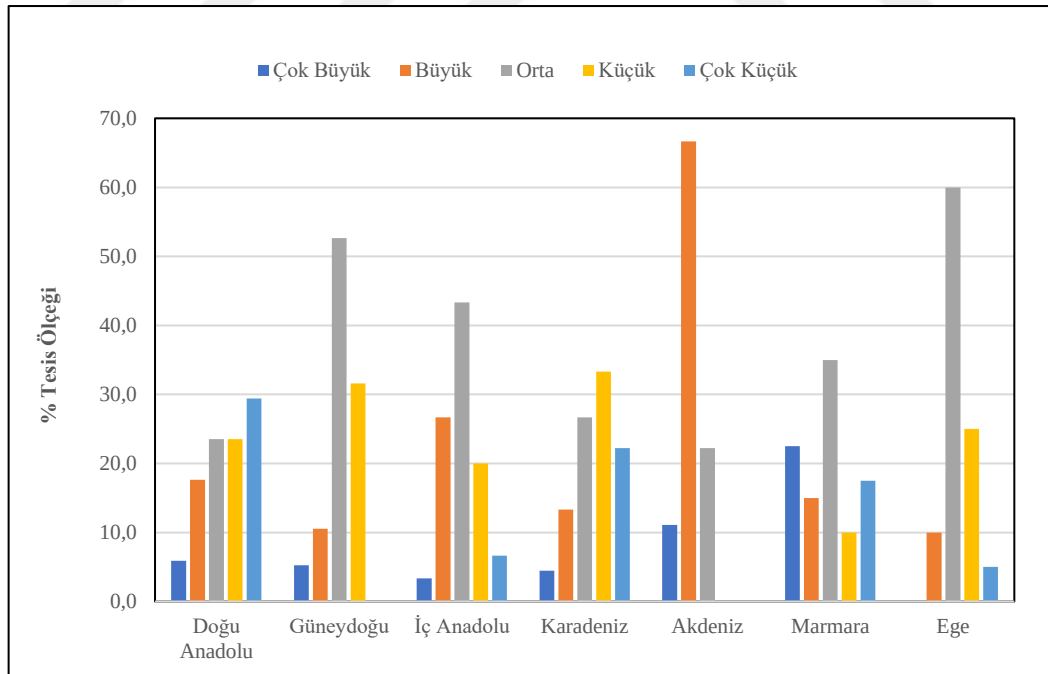
Şekil 27. Bölgelerin tesis ölçeklerine sayısı

Skorlama sonucuna göre bölgelere ait tesis ölçeklerinin sayısına göre durumu Tablo 19 ve Şekil 27’de gösterilmektedir. Örneğin; Doğu Anadolu bölgesinde, çok büyük ölçekli tesis sayısı 1, büyük ölçekli tesis sayısı 3, orta ölçekli tesis sayısı 4, küçük ölçekli tesis sayısı 4 ve çok küçük ölçekli tesis sayısı 5 adet olup toplam 17 adettir.

Tablo 20. Bölgelere Ait Tesis Ölçeklerine Göre % Değerler

Bölgeler	ÇBÖ	BÖ	OÖ	KÖ	ÇKÖ	Toplam %
Doğu Anadolu	5,88	17,65	23,53	23,53	29,41	100,00
Güneydoğu	5,26	10,53	52,63	31,58	0,00	100,00
İç Anadolu	3,33	26,67	43,33	20,00	6,67	100,00
Karadeniz	4,44	13,33	26,67	33,33	22,22	100,00
Akdeniz	11,11	66,67	22,22	0,00	0,00	100,00
Marmara	22,50	15,00	35,00	10,00	17,50	100,00
Ege	0,00	10,00	60,00	25,00	5,00	100,00

Tablo 20’de bölge içerisinde tesis ölçeklerinin ne oranda bulunduğu skorlama sonucuna göre tespit edilerek Şekil 28’de gösterilmektedir. Örneğin; Doğu Anadolu Bölgesinin ölçek toplamını 100 olarak düşünürsek, çok büyük ölçekli tesis % 5,88, büyük ölçekli tesis 17,65, orta ölçekli tesis 23,53, küçük ölçekli tesis 23,53 ve çok küçük ölçekli tesis % 29,41’dir. Çok büyük ölçek oranı % 22,50 ile Marmara bölgesinde en fazla ve % 0,00 ile Ege bölgesinde en azdır. Büyük ölçek oranı % 66,67 ile Akdeniz bölgesinde en fazla ve % 10,00 ile Ege bölgesinde en azdır. Orta ölçek oranı % 60 ile Ege bölgesinde en fazla ve % 22,22 ile Akdeniz bölgesinde en azdır. Küçük ölçek oranı %33,33 ile Karadeniz bölgesinde en fazla ve % 10 ile Marmara bölgesinde en azdır. Çok küçük ölçek oranı % 29,41 ile Doğu Anadolu bölgesinde en fazla ve % 0,00 ile Güneydoğu ve Akdeniz bölgelerinde en azdır.

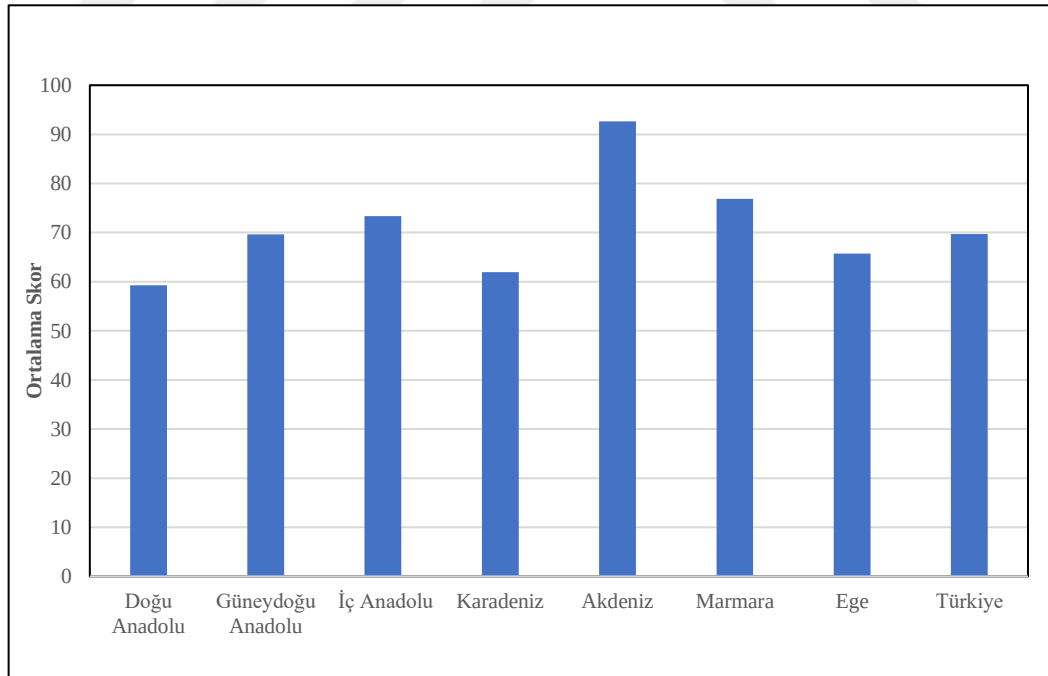
**Şekil 28.** Bölgelere göre tesis ölçeklerinin yüzde dağılımı

Skorlama neticesinde bölgelere ait tesislerin skor puanları ortalama genel skor toplamı olarak her bir ölçek sınıfı ve genel toplam olarak Tablo 21’de verilmektedir. Bölgelere ait genel ortalama skor sonuçları Şekil 29’da gösterilmektedir.

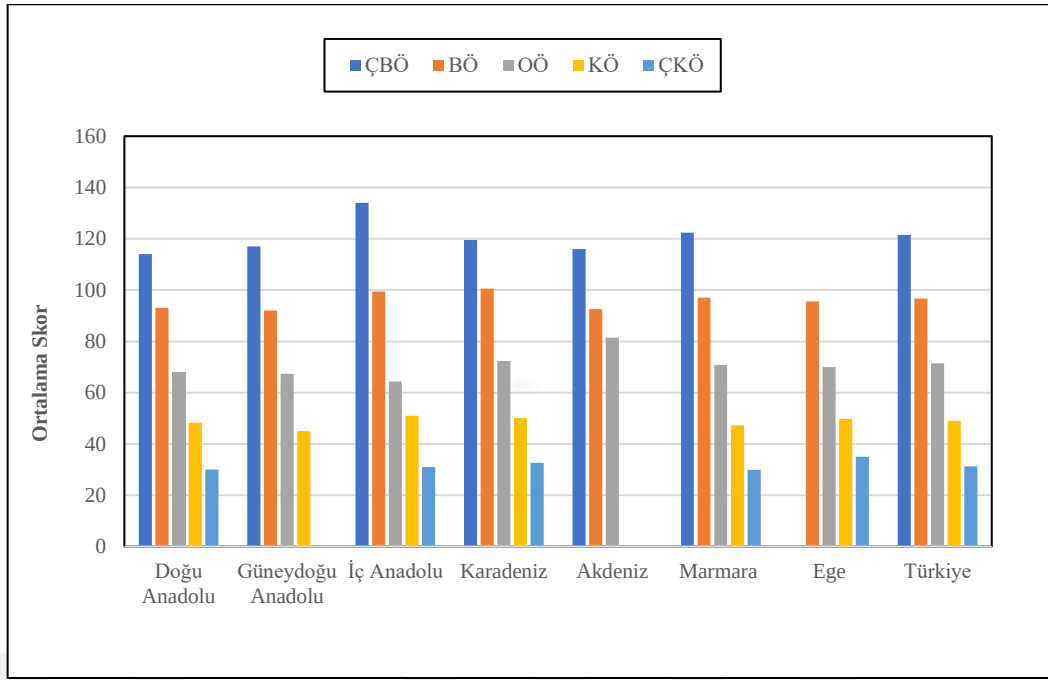
Tablo 21. Bölgelere Ait Tesislerin Genel Ortalama Skor Toplamı

Ortalama Genel Skor Toplamı						
Bölgeler	ÇBÖ	BÖ	OÖ	KÖ	ÇKÖ	Genel Ortalama
Doğu Anadolu	114,00	93,00	68,00	48,25	30,00	59,29
Güneydoğu	117,00	92,00	67,3	45,00	0,00	69,63
İç Anadolu	134,00	99,38	64,38	51,00	31,00	73,33
Karadeniz	119,50	100,50	72,33	50,07	32,70	61,96
Akdeniz	116,00	92,5	81,5	0,00	0,00	92,66
Marmara	122,44	97,00	70,86	47,25	29,86	76,85
Ege	0,00	95,50	69,92	49,80	35,00	65,70
Türkiye	121,47	96,64	71,48	48,95	31,32	69,67

Bölgelerin genel ortalama skor sonuçları Şekil 27’de gösterilmektedir. Genel ortalama açısından; en yüksek genel ortalama Akdeniz bölgesinde 92.66 puandır. Bu, bölgedeki tesislerin kalite ve performans sonuçlarının diğer bölgelere göre yüksek olduğunu göstermektedir. İkinci sırada Marmara bölgesi 76,85 puan ve ardından İç Anadolu Bölgesi 73,33 puan gelmektedir. Türkiye genel ortalama skor değeri 69,67 olup, Doğu Anadolu 59,29 ile Karadeniz bölgesi 61,96 ile ve Güneydoğu Anadolu 69,63 ile ortalamasının altında kalmaktadır. Genel ortalama açısından; en düşük puan 59,29 puan ile Doğu Anadolu bölgesidir. Ölçek durumuna göre bölgelerin ortalama skor sonuçları Şekil 29’da gösterilmektedir.

**Şekil 29.** Bölgelere ait genel ortalama skor sonuçları

Ölçek durumuna göre bölgelerin ortalama skor sonuçları analizi Şekil 30’da gösterilmektedir.

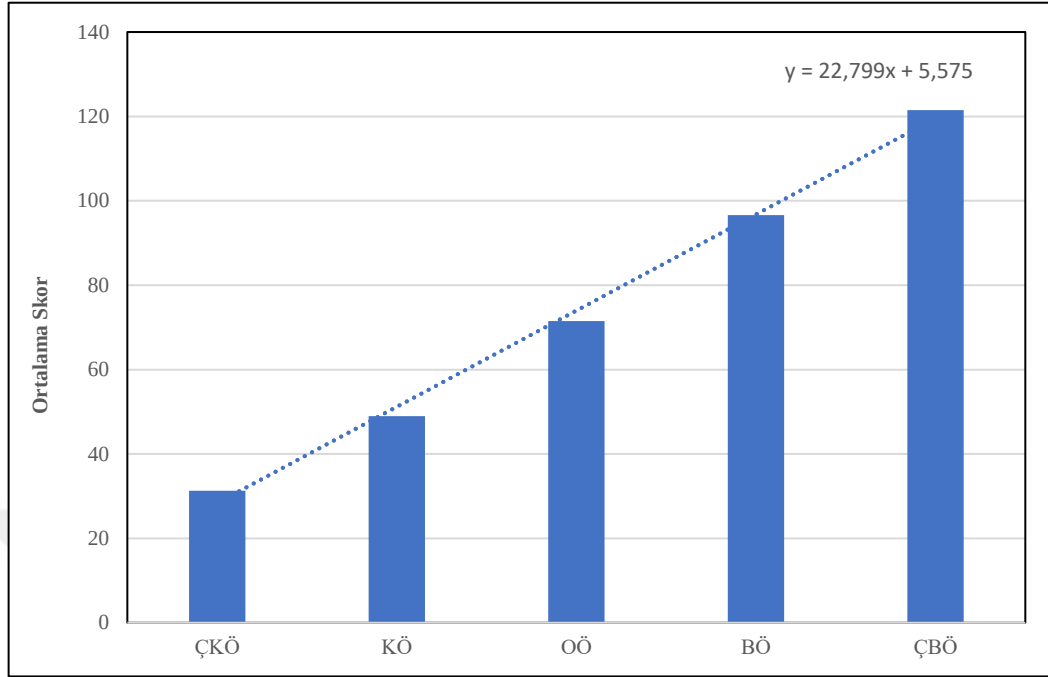


Şekil 30. Bölgelere ait ölçek durumuna göre ortalama skor sonuçları

Doğu Anadolu bölgesi; tüm ölçeklerde Türkiye genel ortalamasının biraz altında olup bu durum bölgedeki tesislerin performansında geliştirme ihtiyacı olduğunu göstermektedir. Güneydoğu Anadolu bölgesi için; genel olarak Türkiye ortalamasına yakın değerler ancak çok küçük ölçekli tesis bulunmaması, alt hizmet düzeyini işaret etmektedir. İç Anadolu bölgesi için; çok büyük ve büyük ölçekli tesislerde yüksek puanlar alınırken, orta ölçekli tesis puanı Türkiye ortalamasının altında kalmaktadır. Karadeniz bölgesinde; büyük, orta, küçük ve çok küçük ölçeklerde puanlar genel ortalamaya yakın veya üzerinde iken ancak genel puan Türkiye ortalamasının altında kalmaktadır. Akdeniz bölgesinde; büyük ve orta ölçekli tesisler genel ortalamayı yükseltirken küçük ve çok küçük ölçekli tesislerin olmaması hizmet çeşitliliğinin kısıtlılığını göstermektedir. Genel ortalama skor değeri bariz yüksektir. Marmara bölgesi için yüksek nüfus olmasına rağmen, bazı ölçeklerde özellikle küçük ve çok küçük ölçeklerde düşük olup Türkiye ortalamasının biraz üstündedir. Ege bölgesinde; çok büyük ve büyük ölçekler dışındaki ölçekler Türkiye genel ortalamasına yakındır.

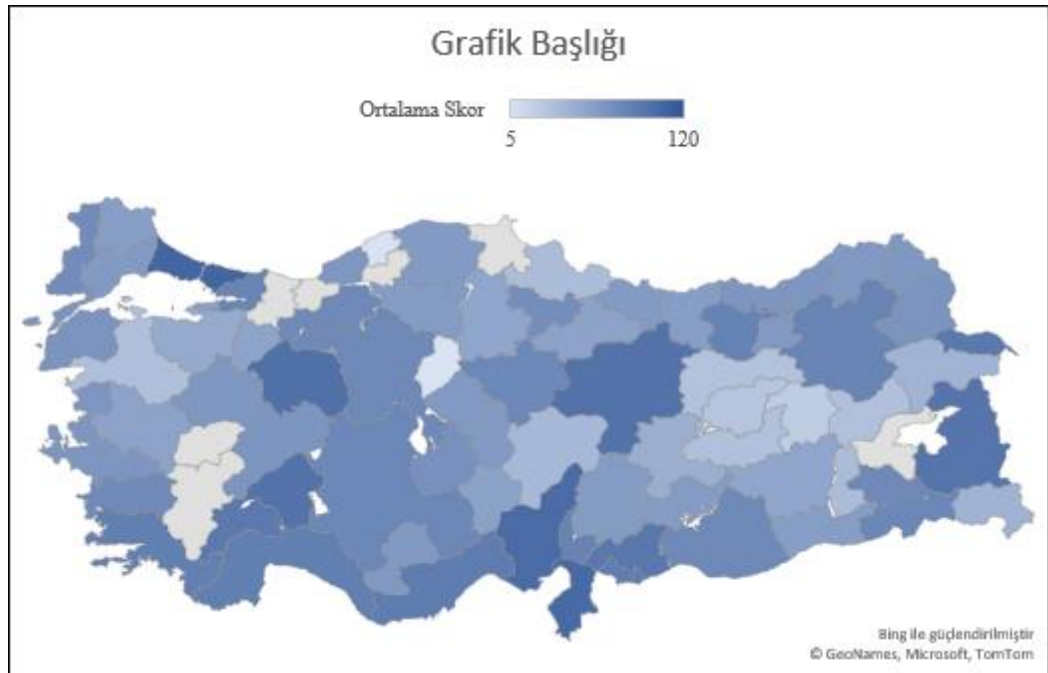
Türkiye genelinde tesislerin ortalama skor sonucu 69,67 iken bölgesel farklılıklar görülmektedir. İç Anadolu ve Akdeniz bölgeleri genel ortalamanın üstünde performans sergilerken, Doğu Anadolu ve Karadeniz bölgeleri genel ortalamanın altında kalmaktadır. Bölgesel dağılımda özellikle çok büyük ve çok küçük ölçekli tesislerin sayısının sınırlı olması orta ve büyük ölçekli tesislere odaklanıldığını göstermektedir. Bu değerlendirme; skortlama modelinin belirlenen puan aralıklarının Türkiye'deki tesislerin gerçek performans dağılımını ne ölçüde yansıttığını göstermektedir. Bölgesel farklılıklar, altyapı planlamalarında hangi

bölgelerde hangi ölçek sınıflarında iyileştirmelere gidilmesi gerektiği konusunda yol gösterici niteliktedir.



Şekil 31. Türkiye’de ölçek gruplarına göre ortalama skor

Şekil 31’de görüldüğü üzere tesis ortalama skor değeri; ölçekler küçükten büyüğe doğru gittikçe yani ölçek değeri büyüdükçe ilintili bir şekilde artmaktadır. Sırası ile çok küçük ölçekli 1, küçük ölçekli 2, orta ölçekli 3, büyük ölçekli 4 ve çok büyük ölçekli için 5 rakamı verilerek tesis ölçeği ve ortalama skorları arasında güçlü bir korelasyon ilişkisi görülmektedir.



Şekil 32. Türkiye’de bulunan illerin içme suyu arıtma tesisleri ortalama skor sonuçları

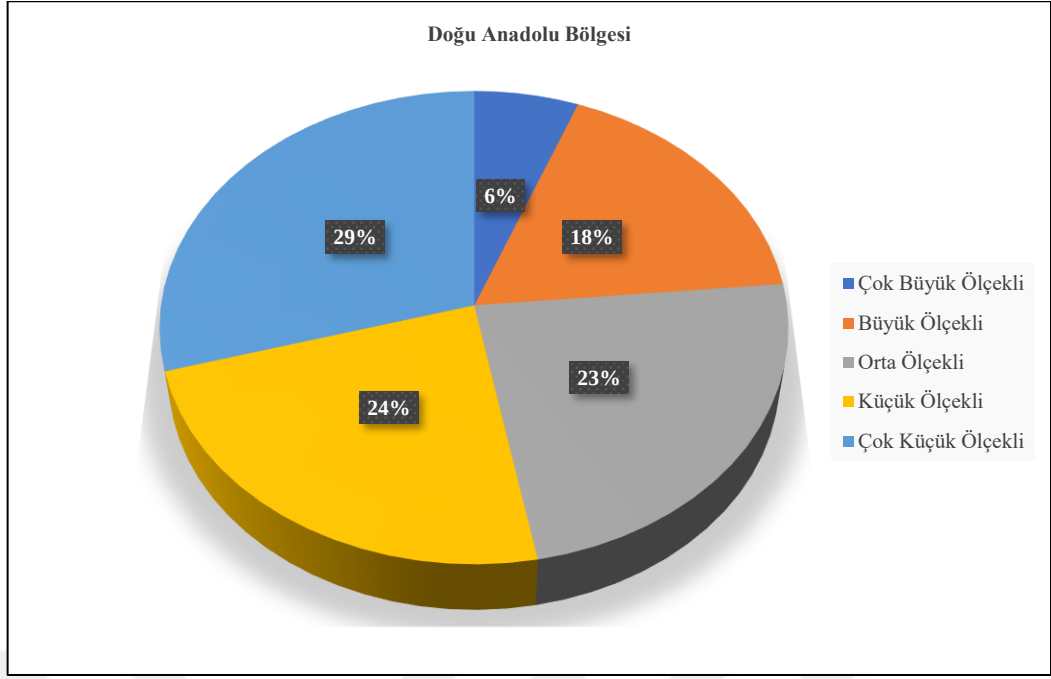
Türkiye’de bulunan illerin içme suyu arıtma tesisleri ortalama skor sonuçları Şekil 32’de verilmektedir. Ortalama skor değerleri minimum 5 puan maksimum 120 puan aralığında değişmektedir. Harita üzerinde veri değeri olmayan iller içme suyu arıtma tesisleri işletmesi faal durumda olmayan ve içme suyu arıtma tesisi olmayan illerdir. Örneğin Doğu Anadolu Bölgesinde bulunan Bitlis ilinde içme suyu arıtma tesisi bulunmamaktadır. İlin içme suyu ihtiyacı içme suyu tesislerinden karşılanmaktadır. Örneğin haritada gösterilen Erzurum ilinde bulunan içme suyu arıtma tesislerinin skor sonuçlarının ortalaması 81 puandır. Pilot il seçilen Erzurum için ortalama skor değeri; Erzurum (Merkez) İ.A.T 114 puan, Aşkale İ.A.T 59 puan, Horasan İ.A.T 73 puan, Karayazı İ.A.T 64 puan ve Oltu İ.A.T 94 puan olup il geneli ortalama skor sonucu 81 puandır.

Doğu Anadolu Bölgesi

Doğu Anadolu bölgesinin nüfus ve idari yapısı, içme suyu ve içme suyu arıtma tesislerine yönelik içme suyu altyapısına ait genel görünümü Tablo 22’de sunulmaktadır. Sırası ile toplam il, ilçe ve nüfus sayısı ile çok büyük, büyük, orta, küçük ve çok küçük ölçekli arıtma tesisi sayısı, toplam arıtma tesisi sayısı, toplam içme suyu tesisi sayısı, toplam tesis sayısı ve milyon kişi başına düşen tesis içme suyu arıtma tesisi sayısı verilmektedir. Tablo 22 Doğu Anadolu bölgesi içme suyu alt yapısını özetleyen bir tablodur.

Tablo 22. Doğu Anadolu Bölgesi için Mevcut Durum

Doğu Anadolu Tesisleri Durumu	
Toplam İl (Adet)	14
Toplam İlçe (Adet)	125
Toplam Nüfus (Kişi)	5.998.778
Çok Büyük Ölçekli Arıtma Tesisleri (Adet)	1
Büyük Ölçekli Arıtma Tesisleri (Adet)	3
Orta Ölçekli Arıtma Tesisleri (Adet)	4
Küçük Ölçekli Arıtma Tesisleri (Adet)	4
Çok Küçük Ölçekli Arıtma Tesisleri (Adet)	5
Toplam İçme Suyu Arıtma Tesisleri Sayısı (İ.S.A.T)	17
Toplam İçme Suyu Tesisleri Sayısı (İ.T) (Adet)	109
Toplam Tesis Sayısı (Adet) (Tesis + Arıtma Tesisleri)	126
Milyon kişi başına düşen İ.S.A.T sayısı	2,83



Şekil 33. Doğu Anadolu Bölgesi arıtma tesislerinin ölçeklerine göre yüzdesel dağılımı

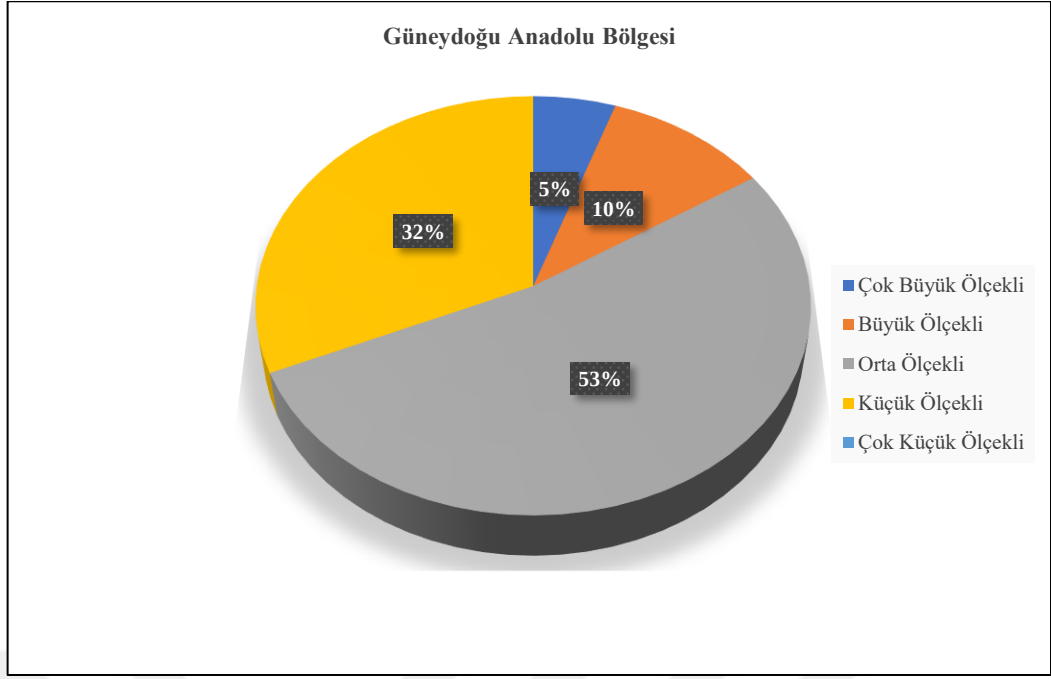
Şekil 33'ten de anlaşıldığı üzere tesislerin büyük kısmının çok küçük ve küçük ölçekli olması, bölgedeki içme suyu arıtma kapasitesinin sınırlı olduğunu düşündürmektedir.

Güneydoğu Anadolu Bölgesi

Güneydoğu Anadolu bölgesinin nüfus ve idari yapısı, içme suyu ve içme suyu arıtma tesislerine yönelik içme suyu altyapısına ait genel görünümü Tablo 23'te sunulmaktadır.

Tablo 23. Güneydoğu Anadolu Bölgesi için Mevcut Durum

Güneydoğu Anadolu Tesisleri Durumu	
Toplam İl (Adet)	9
Toplam İlçe (Adet)	80
Toplam Nüfus (Kişi)	9.305.910
Çok Büyük Ölçekli Arıtma Tesisi (Adet)	1
Büyük Ölçekli Arıtma Tesisi (Adet)	2
Orta Ölçekli Arıtma Tesisi (Adet)	10
Küçük Ölçekli Arıtma Tesisi (Adet)	6
Çok Küçük Ölçekli Arıtma Tesisi (Adet)	-
Toplam İçme Suyu Arıtma Tesisi Sayısı (İ.S.A.T)	19
Toplam İçme Suyu Tesisi Sayısı (İ.T) (Adet)	70
Toplam Tesis Sayısı (Adet) (Tesis + Arıtma Tesisi)	89
Milyon kişi başına düşen İ.S.A.T sayısı	2,04



Şekil 34. Güneydoğu Anadolu Bölgesi arıtma tesislerinin ölçeklerine göre yüzdesel dağılımı

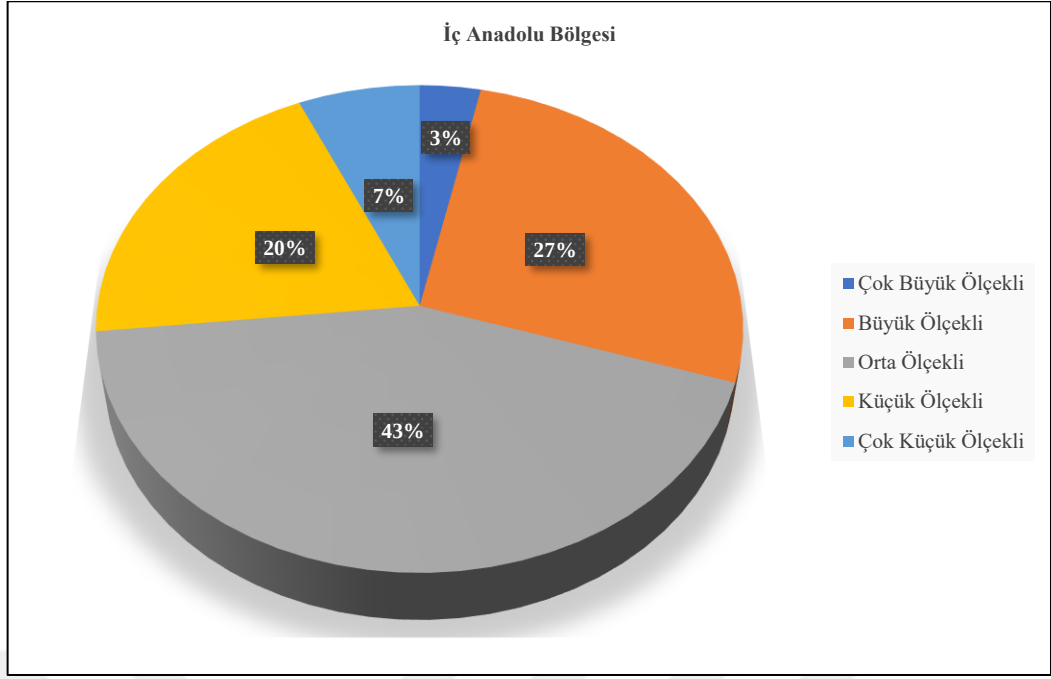
Şekil 34'den de anlaşıldığı üzere tesislerin büyük kısmının orta ölçekli olması, bölgedeki içme suyu arıtma kapasitesinin belirli bir düzeyde olduğunu göstermektedir.

İç Anadolu Bölgesi

İç Anadolu bölgesinin nüfus ve idari yapısı, içme suyu ve içme suyu arıtma tesislerine yönelik içme suyu altyapısına ait genel görünümü Tablo 24'te sunulmaktadır.

Tablo 24. İç Anadolu Bölgesi için Mevcut Durum

İç Anadolu Tesisleri Durumu	
Toplam İl (Adet)	13
Toplam İlçe (Adet)	172
Toplam Nüfus (Kişi)	13.566.792
Çok Büyük Ölçekli Arıtma Tesisi (Adet)	1
Büyük Ölçekli Arıtma Tesisi (Adet)	8
Orta Ölçekli Arıtma Tesisi (Adet)	13
Küçük Ölçekli Arıtma Tesisi (Adet)	6
Çok Küçük Ölçekli Arıtma Tesisi (Adet)	2
Toplam İçme Suyu Arıtma Tesisi Sayısı (İ.S.A.T)	30
Toplam İçme Suyu Tesisi Sayısı (İ.T) (Adet)	160
Toplam Tesis Sayısı (Adet) (Tesis + Arıtma Tesisi)	190
Milyon kişi başına düşen İ.S.A.T sayısı	2,21



Şekil 35. İç Anadolu Bölgesi arıtma tesislerinin ölçeklerine göre yüzdesel dağılımı

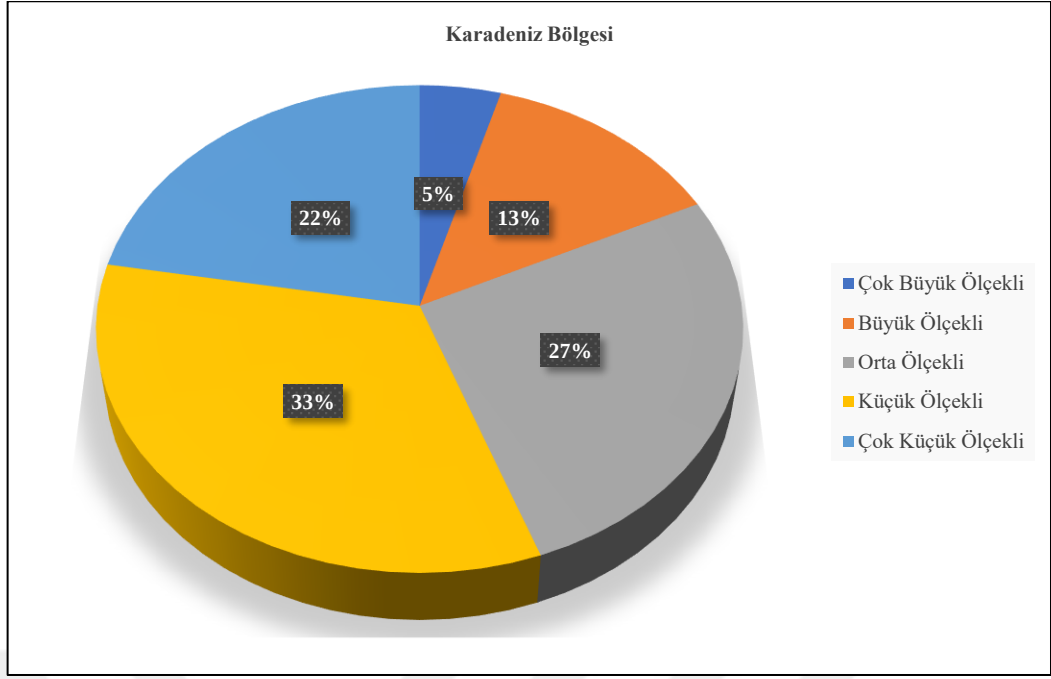
Şekil 35'ten de anlaşıldığı üzere tesislerin büyük kısmının orta ve büyük ölçekli olması, bölgedeki içme suyu arıtma kapasitesinin belirli bir düzeyde olduğunu göstermektedir.

Karadeniz Bölgesi

Karadeniz bölgesinin nüfus ve idari yapısı, içme suyu ve içme suyu arıtma tesislerine yönelik içme suyu altyapısına ait genel görünümü Tablo 25'te sunulmaktadır.

Tablo 25. Karadeniz Bölgesi için Mevcut Durum

Karadeniz Tesisleri Durumu	
Toplam İl (Adet)	18
Toplam İlçe (Adet)	194
Toplam Nüfus (Kişi)	7.970.406
Çok Büyük Ölçekli Arıtma Tesisi (Adet)	2
Büyük Ölçekli Arıtma Tesisi (Adet)	6
Orta Ölçekli Arıtma Tesisi (Adet)	12
Küçük Ölçekli Arıtma Tesisi (Adet)	15
Çok Küçük Ölçekli Arıtma Tesisi (Adet)	10
Toplam İçme Suyu Arıtma Tesisi Sayısı (İ.S.A.T)	45
Toplam İçme Suyu Tesisi Sayısı (İ.T) (Adet)	168
Toplam Tesis Sayısı (Adet) (Tesis + Arıtma Tesisi)	213
Milyon kişi başına düşen İ.S.A.T sayısı	5,65



Şekil 36. Karadeniz Bölgesi arıtma tesislerinin ölçeklerine göre yüzdesel dağılımı

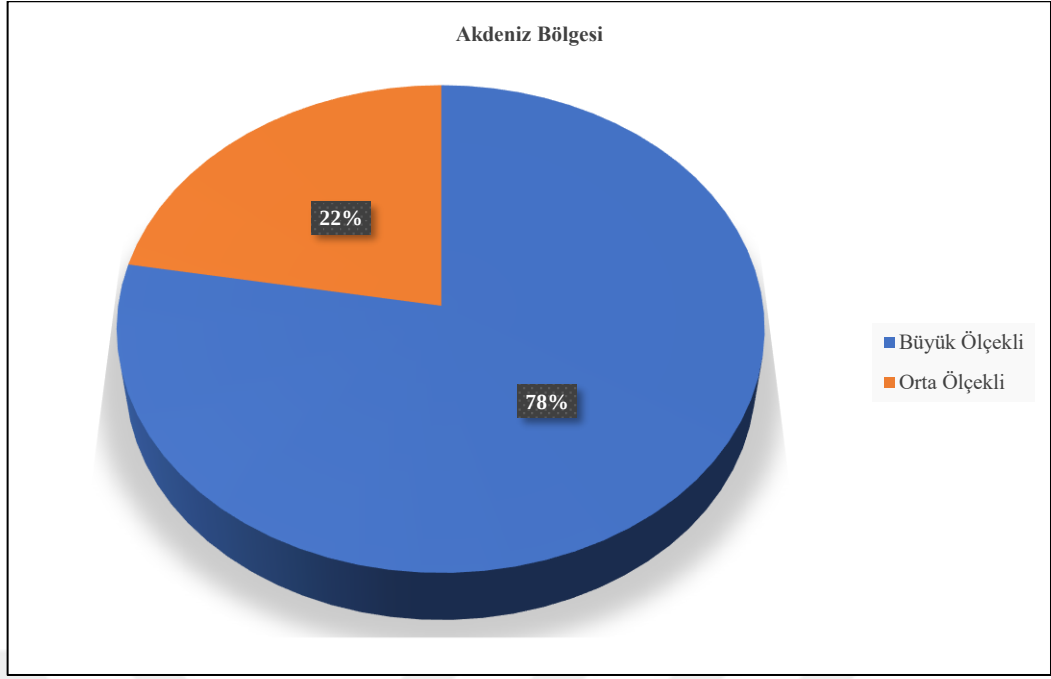
Şekil 36'dan da anlaşıldığı üzere tesislerin büyük kısmının küçük ve orta ölçekli olması, bölgedeki içme suyu arıtma kapasitesinin belirli bir düzeyde olduğunu göstermektedir.

Akdeniz Bölgesi

Akdeniz bölgesinin nüfus ve idari yapısı, içme suyu ve içme suyu arıtma tesislerine yönelik içme suyu altyapısına ait genel görünümü Tablo 26'da sunulmaktadır.

Tablo 26. Akdeniz Bölgesi için Mevcut Durum

Akdeniz Tesisleri Durumu	
Toplam İl (Adet)	8
Toplam İlçe (Adet)	104
Toplam Nüfus (Kişi)	11.020.550
Çok Büyük Ölçekli Arıtma Tesisi (Adet)	0
Büyük Ölçekli Arıtma Tesisi (Adet)	7
Orta Ölçekli Arıtma Tesisi (Adet)	2
Küçük Ölçekli Arıtma Tesisi (Adet)	0
Çok Küçük Ölçekli Arıtma Tesisi (Adet)	0
Toplam İçme Suyu Arıtma Tesisi Sayısı (İ.S.A.T)	9
Toplam İçme Suyu Tesisi Sayısı (İ.T) (Adet)	105
Toplam Tesis Sayısı (Adet) (Tesis + Arıtma Tesisi)	114
Milyon kişi başına düşen İ.S.A.T sayısı	0,82



Şekil 37. Akdeniz Bölgesi arıtma tesislerinin ölçeklerine göre yüzdesel dağılımı

Şekil 37’den de anlaşıldığı üzere tesislerin büyük kısmının büyük ölçekli olması, bölgedeki içme suyu arıtma kapasitesinin belirli bir düzeyde olduğunu ancak milyon kişi başına düşen arıtma tesisi sayısının düşük olması mevcut tesislerin kapasite ve sayı olarak yetersiz olduğunu göstermektedir.

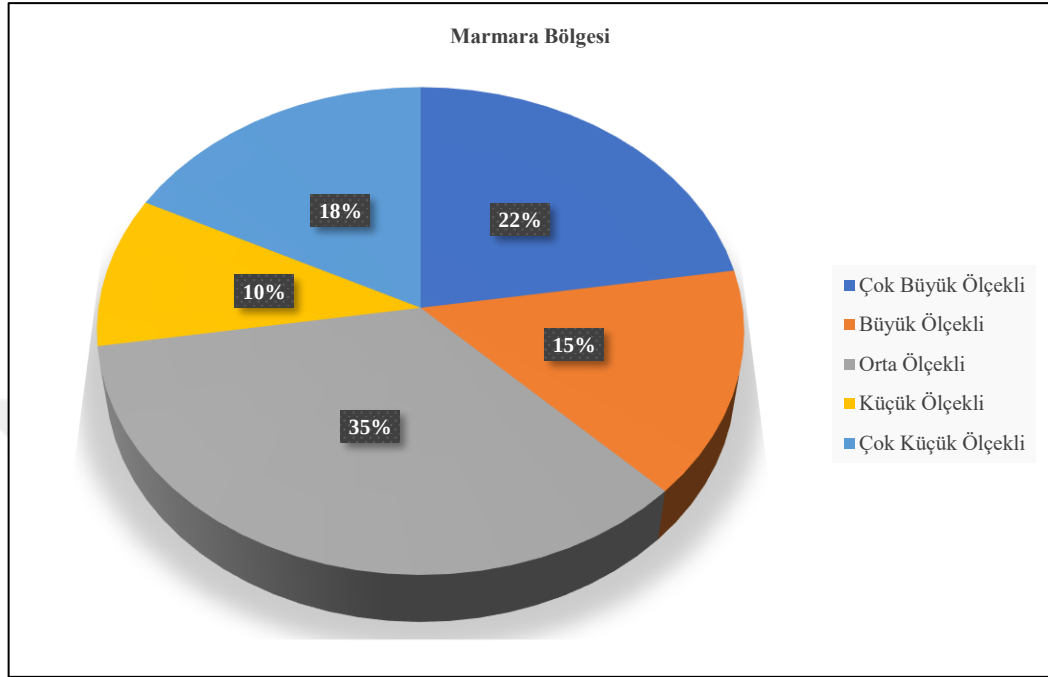
Marmara Bölgesi

Marmara bölgesinin nüfus ve idari yapısı, içme suyu ve içme suyu arıtma tesislerine yönelik içme suyu altyapısına ait genel görünümü Tablo 27’de sunulmaktadır.

Tablo 27. Marmara Bölgesi için Mevcut Durum

Marmara Tesisleri Durumu	
Toplam İl (Adet)	11
Toplam İlçe (Adet)	155
Toplam Nüfus (Kişi)	26.530.314
Çok Büyük Ölçekli Arıtma Tesisi (Adet)	9
Büyük Ölçekli Arıtma Tesisi (Adet)	6
Orta Ölçekli Arıtma Tesisi (Adet)	14
Küçük Ölçekli Arıtma Tesisi (Adet)	4
Çok Küçük Ölçekli Arıtma Tesisi (Adet)	7
Toplam İçme Suyu Arıtma Tesisi Sayısı (İ.S.A.T)	40
Toplam İçme Suyu Tesisi Sayısı (İ.T) (Adet)	127
Toplam Tesis Sayısı (Adet) (Tesis + Arıtma Tesisi)	167
Milyon kişi başına düşen İ.S.A.T sayısı	1,51

Şekil 38'den anlaşıldığı üzere küçük ölçekli tesislerin az olması, bölgesel dağılımın homojen olmadığını ve büyük şehirlerde merkezi sistemlerin baskın olduğunu göstermektedir. Milyon kişi başına düşen arıtma tesisi sayısının düşük olması nüfus artışına paralel olarak arıtma tesisi sayısının artmadığına işaret etmektedir.



Şekil 38. Marmara Bölgesi arıtma tesislerinin ölçeklerine göre yüzdesel dağılımı

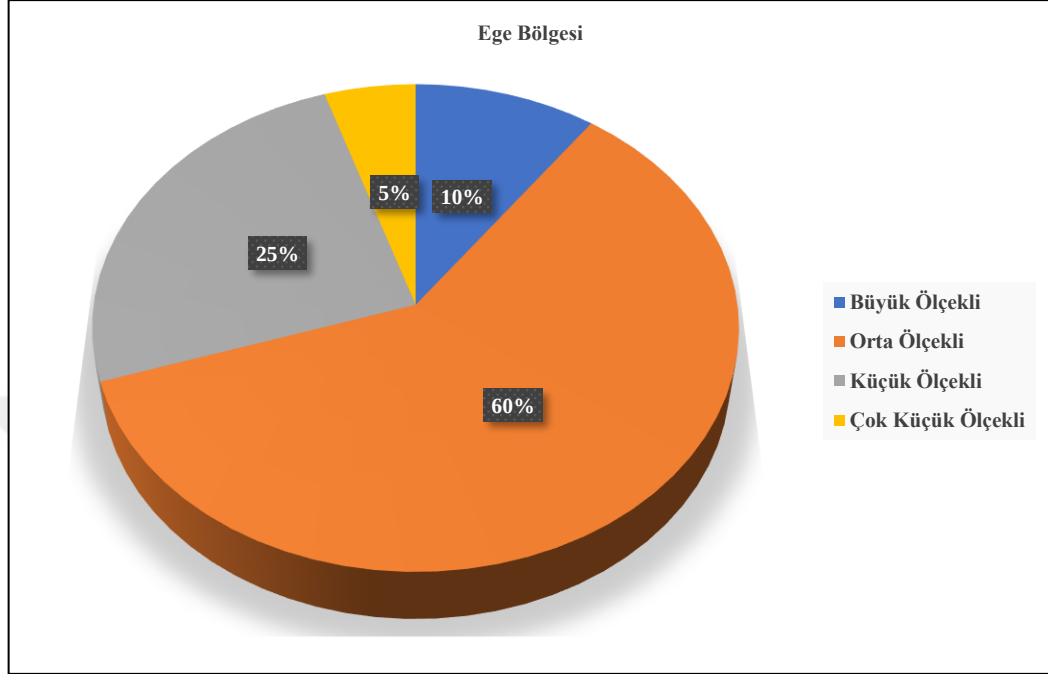
Ege Bölgesi

Ege bölgesinin nüfus ve idari yapısı, içme suyu ve içme suyu arıtma tesislerine yönelik içme suyu altyapısına ait genel görünümü Tablo 28'de sunulmaktadır.

Tablo 28. Ege Bölgesi için Mevcut Durum

Ege Tesisleri Durumu	
Toplam İl (Adet)	8
Toplam İlçe (Adet)	132
Toplam Nüfus (Kişi)	10.886.803
Çok Büyük Ölçekli Arıtma Tesisi (Adet)	0
Büyük Ölçekli Arıtma Tesisi (Adet)	2
Orta Ölçekli Arıtma Tesisi (Adet)	12
Küçük Ölçekli Arıtma Tesisi (Adet)	5
Çok Küçük Ölçekli Arıtma Tesisi (Adet)	1
Toplam İçme Suyu Arıtma Tesisi Sayısı (İ.S.A.T)	20
Toplam İçme Suyu Tesisi Sayısı (İ.T) (Adet)	127
Toplam Tesis Sayısı (Adet) (Tesis + Arıtma Tesisi)	147
Milyon kişi başına düşen İ.S.A.T sayısı	1,84

Şekil 39’da görülen dağılım, Ege bölgesinde çok büyük ve büyük ölçekli tesislerin oldukça az olduğunu göstermektedir. En fazla tesisin orta ölçekli kategoride yer aldığı görülmektedir. Milyon kişi başına düşen arıtma tesisi sayısının 1,84 olması Türkiye genelinde diğer bölgelere kıyasla ortalama seviyede olduğunu göstermektedir.



Şekil 39. Ege Bölgesi arıtma tesislerinin ölçeklerine göre yüzdesel dağılımı

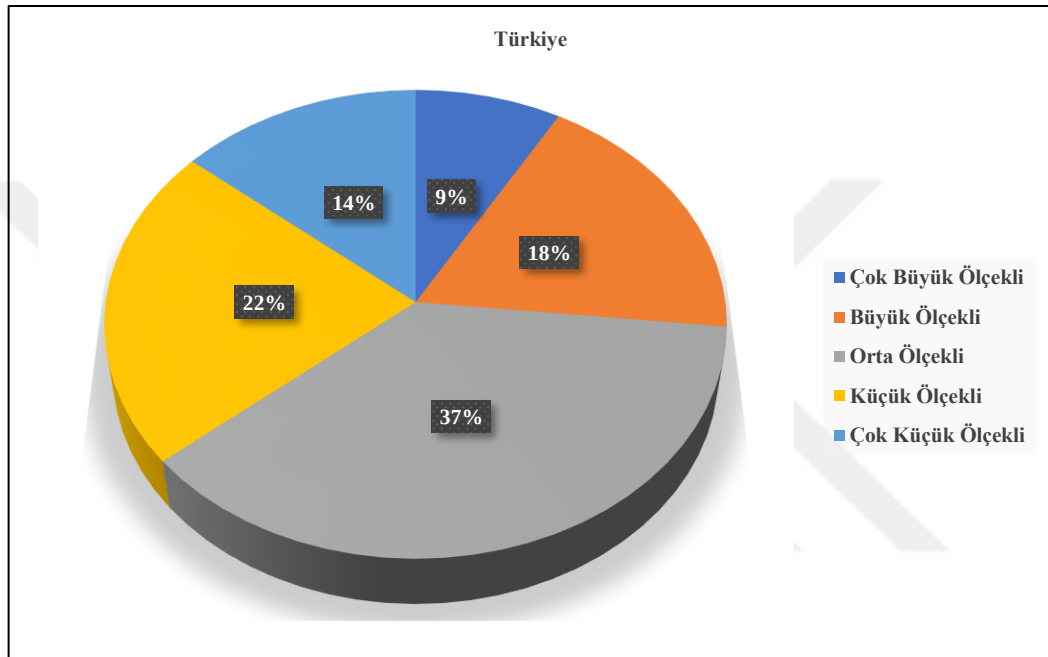
Türkiye

Türkiye’nin nüfus ve idari yapısı, içme suyu ve içme suyu arıtma tesislerine yönelik içme suyu altyapısına ait genel görünümü Tablo 29’da sunulmaktadır.

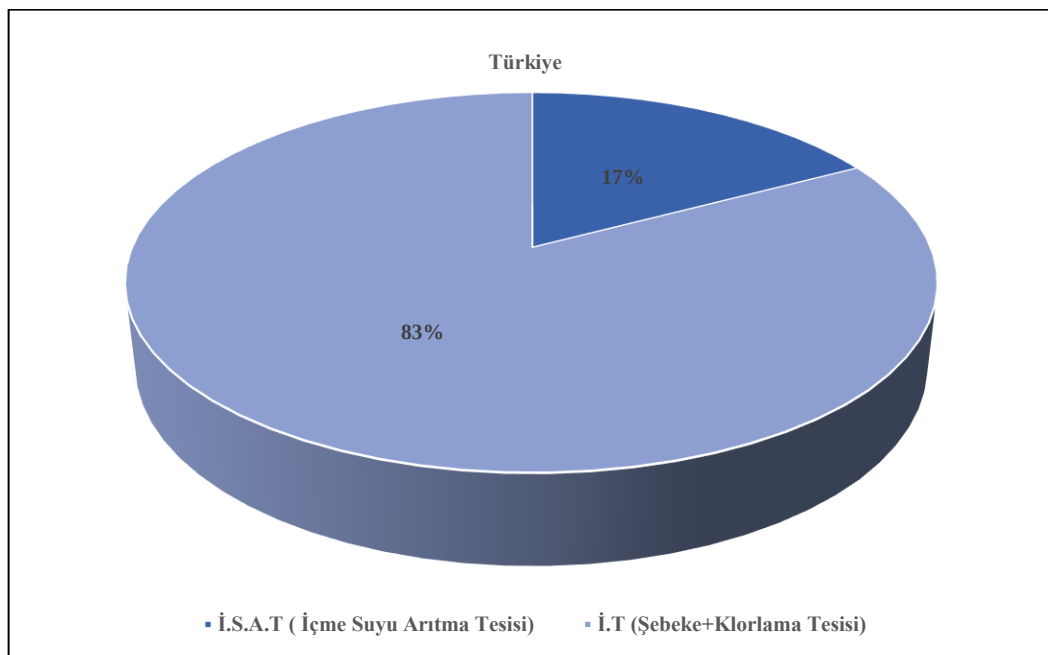
Tablo 29. Türkiye için Mevcut Durum

Türkiye Tesisleri Durumu	
Toplam İl (Adet)	81
Toplam İlçe (Adet)	922
Toplam Nüfus (Kişi)	85.279.553
Çok Büyük Ölçekli Arıtma Tesisi (Adet)	15
Büyük Ölçekli Arıtma Tesisi (Adet)	33
Orta Ölçekli Arıtma Tesisi (Adet)	67
Küçük Ölçekli Arıtma Tesisi (Adet)	40
Çok Küçük Ölçekli Arıtma Tesisi (Adet)	25
Toplam İçme Suyu Arıtma Tesisi Sayısı (İ.S.A.T)	180
Toplam İçme Suyu Tesisi Sayısı (İ.T) (Adet)	866
Toplam Tesis Sayısı (Adet) (Tesis + Arıtma Tesisi)	1046
Milyon kişi başına düşen İ.S.A.T sayısı	2,11

Türkiye’de milyon kişi başına düşen tesis sayısının 2,11 olması, ülkede içme suyu arıtma tesislerinin nüfusa oranla sınırlı bir dağılım gösterdiğine işaret etmektedir. Orta ölçekli tesis sayısının fazla olması, içme suyu arıtma tesislerinin bölgesel ihtiyaçlara göre şekillendiğini düşündürmektedir. Türkiye genelinde içme suyu arıtma tesisleri altyapısının dağılımına bakıldığında; milyon kişi başına düşen içme suyu arıtma tesisi oranı farklılık göstermektedir. Örneğin; Karadeniz bölgesinde bu oran 5,65 iken, Akdeniz bölgesinde 0,82 seviyesindedir. Bu durum, içme suyu arıtma altyapısında bölgesel dengesizliklerin olduğunu ve bazı bölgelerde daha fazla yatırıma ihtiyaç olduğunu ortaya koymaktadır.



Şekil 40. Türkiye arıtma tesislerinin ölçeklerine göre yüzdesel dağılımı



Şekil 41. Türkiye’de içme suyu altyapısının yüzdesel dağılımı

Şekil 40’da görülen dağılım, Türkiye’de tesislerin büyük çoğunluğunun orta ölçekli olduğunu göstermektedir. Türkiye’de içme suyu altyapısının % 17’si içme suyu arıtma tesisi, %83’ü ise içme suyu şebeke ve dağıtım sistemidir (Şekil 41).

Tablo 30. Bölgelere ait Nüfus ve İ.S.A.T, İ.T ve Toplam Tesis Sayısı

Bölge	Nüfus (kişi)	Toplam İ.S.A.T Sayısı	Toplam İ.T Sayısı	Toplam Tesis Sayısı (İ.S.A.T+İ.T)	Arıtma Tesisinin Toplam İçme Suyu Tesisine Oranı (%)
Doğu Anadolu	5.998.778	17	109	126	13,49
Karadeniz	7.970.406	45	168	213	21,13
Güneydoğu	9.305.910	19	70	89	21,35
Ege	10.886.803	20	127	147	13,61
Akdeniz	11.020.550	9	105	114	7,89
İç Anadolu	13.566.792	30	160	190	15,79
Marmara	26.530.314	40	127	167	23,95
Türkiye	85.279.553	180	866	1046	17,21

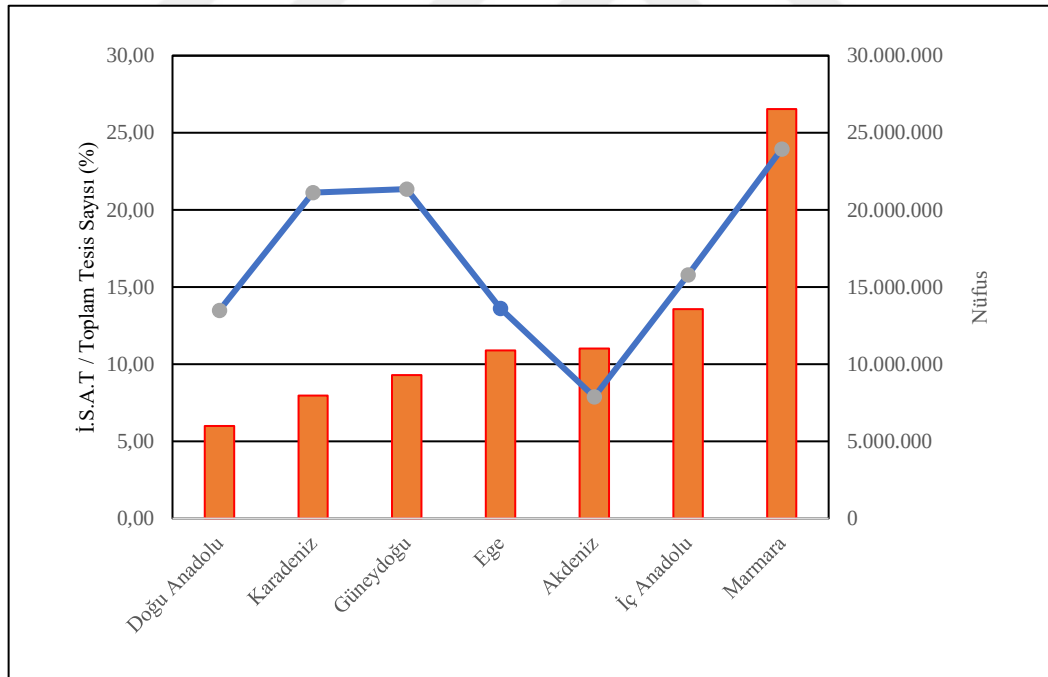
Bölgelere ait Tablo 30’da verilen nüfus ve arıtma tesisinin toplam içme suyu tesisine oranı, bölgelerin arıtma tesisi kapasitelerinin nüfusa oranla ne kadar dengeli olduğunu ortaya koymaktadır. Türkiye toplam nüfusu 2023 (31 Aralık 2022) TÜİK verilerine göre 85.279.553 kişidir. Bölgesel nüfus verileri 2023 (31 Aralık 2022) TÜİK verilerine göre en günceldir.

Tablo 31. Bölgelere ait Nüfus ve Arıtma Tesisi Oranları

Bölge	Nüfus (kişi)	Nüfus Yüzdeleri (%) (A)	Arıtma Tesisi Oranı (%) (B)	Fark (%) (B-A)
Doğu Anadolu	5.998.778	7,03	13,49	6,46
Karadeniz	7.970.406	9,35	21,13	11,78
Güneydoğu	9.305.910	10,91	21,35	10,44
Ege	10.886.803	12,77	13,61	0,84
Akdeniz	11.020.550	12,92	7,89	-5,03
İç Anadolu	13.566.792	15,91	15,79	-0,12
Marmara	26.530.314	31,11	23,95	-7,16

Tablo 31’e göre dengeli dağılım olmayan bölgeler Karadeniz, Güneydoğu Anadolu ve Marmara bölgesidir. Karadeniz ve Güneydoğu bölgelerinde nüfus yüzdesi düşük olmasına rağmen, arıtma tesisi oranı oldukça yüksektir. Bu durum, bu bölgelerde fazla sayıda arıtma tesisi bulunduğunu ve kapasitesinin, mevcut nüfusun ihtiyacını aşabileceğini göstermektedir. Türkiye nüfusunun % 31,11’ini barındıran Marmara bölgesi, arıtma tesisi oranı % 23,95 ile daha düşük bir orana sahiptir. Bu, tesis sayısının nüfusa oranla yetersiz olduğunu işaret edebilir. Göreceli ve dengeli olan bölgeler Ege ve İç Anadolu bölgesidir. Ege ve İç Anadolu bölgelerinde nüfus yüzdesi ve arıtma tesisi yüzdesi arasında oldukça küçük farklar, tesislerin nüfusa orantılı olarak dağılımını göstermektedir. Arıtma tesisinin yetersiz olduğu bölge Akdeniz bölgesidir.

Akdeniz bölgesinde nüfus yüzdesi arıtma tesisi oranından oldukça yüksek olup bu durum, Akdeniz bölgesinde tesis eksikliği olduğunu ve altyapının geliştirilmesi gerektiğini göstermektedir. Arıtma tesisinin fazla olduğu bölge Karadeniz bölgesidir. Karadeniz bölgesinin nüfus yüzdesi tesis oranından çok daha düşüktür. Bu, tesis kapasitesinin mevcut ihtiyacın üzerinde olduğunu ve optimizasyon yapılabileceğini göstermektedir. Sonuçlar Ege ve İç Anadolu bölgelerinde, nüfus oranı ile arıtma tesisi oranının dengeli olduğunu ve altyapının ihtiyaca uygun tasarlandığını göstermektedir. Akdeniz ve Marmara bölgelerinde nüfus oranı tesis oranının çok üzerinde olduğundan arıtma altyapı tesislerinde yetersizliği net ortaya koymaktadır. Bu durum nüfus yoğunluğu artışı ve göç gibi faktörlerin altyapı yatırımları ile eş zamanlı gelişmediğini işaret etmektedir. Karadeniz ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde görüldüğü gibi, tesis oranı nüfus oranından çok daha yüksek olduğunda, tesislerin gereğinden fazla kapasiteyle çalıştığı veya nüfusa göre yanlış konumlandırıldığı düşünülebilir. Marmara ve Akdeniz bölgeleri nüfusa oranla yetersiz olan arıtma tesislerinin kapasitesini arttırmaya yönelik projeler geliştirilmelidir. Karadeniz ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde mevcut tesislerin optimizasyonu yapılmalıdır. Türkiye genelinde nüfus yoğunluğu ve su ihtiyacına göre dengeli bir arıtma tesisi dağılımı sağlanmalıdır.



Şekil 42. Nüfus ve arıtma potansiyeli (toplam içme suyu tesisi başına düşen arıtma tesisi yüzdesi)

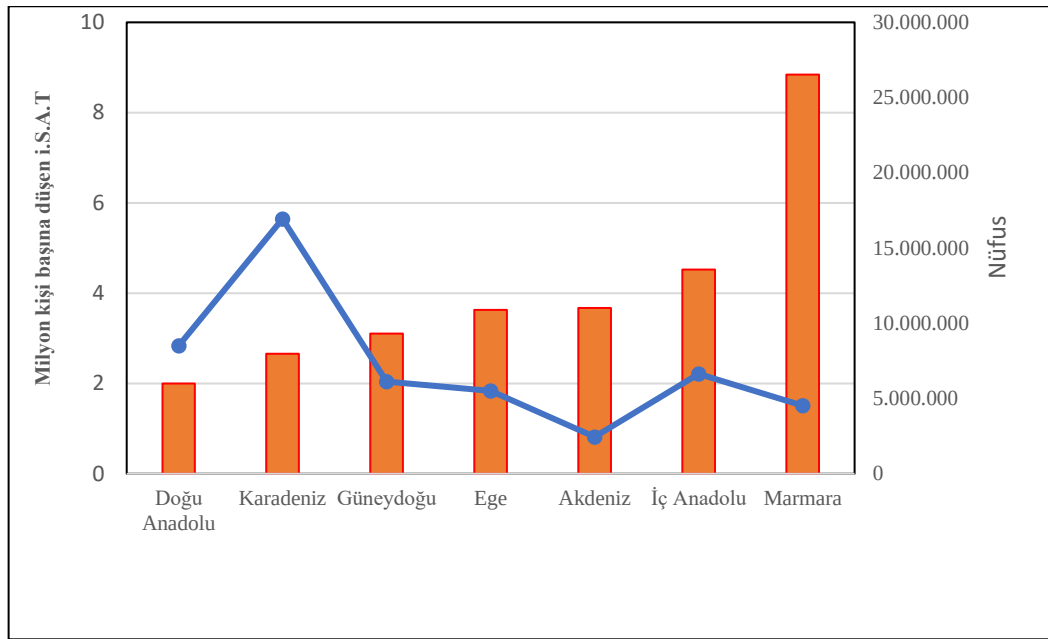
Şekil 42'ye göre grafikte görüldüğü üzere nüfus ve arıtma potansiyeli (toplam içme suyu tesisi başına düşen arıtma tesisi yüzdesi) arasında her zaman birebir bir ilişki olmadığı görülmektedir. Nüfus ve tesis oranlarının uyumu Marmara, İç Anadolu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde nüfus oranı ile arıtma tesisi oranları birbirine yakın değerdedir. Bu, bu bölgelerde

arıtma tesislerinin daha dengeli dağılımını göstermektedir. Tesis yoğunluğunun nüfusa kıyasla yüksek olduğu bölgeler Karadeniz ve Doğu Anadolu bölgelerinde, nüfus oranlarına kıyasla tesis oranları oldukça yüksektir. Özellikle Karadeniz bölgesinde tesis oranı %21,13 iken nüfus oranı % 9,33'tür. Bu durum bu bölgelerdeki düşük nüfus yoğunluğuna rağmen geniş su kaynaklarının ve tesislerin fazlalığına işaret edebilir. Tesis yoğunluğunun nüfusa kıyasla düşük olduğu bölgeler Akdeniz bölgesinde nüfus oranı % 12,91 iken tesis oranı % 7,89'dur. Bu durum bu bölgede arıtma tesislerinin yaygın olmadığını ve nüfus artışına rağmen tesis sayısında eksiklik olduğunu göstermektedir. Şekil 42'de nüfus ve arıtma potansiyeli (toplam içme suyu tesisi başına düşen arıtma tesisi yüzdesi) arasında net bir doğrusal ilişki olmadığı açıktır. Bunun nedenleri;

- Su kaynağına erişim: Tesis oranları, yalnızca nüfusa değil, su kaynaklarının dağılımına ve kalitesine bağlıdır. Örneğin, Karadeniz ve Doğu Anadolu bölgelerinde su kaynaklarının bolluğu tesis sayısının nüfusa göre fazla olmasına neden olabilir.
- Altyapı gelişmişliği: Marmara ve İç Anadolu bölgeleri gibi ekonomik olarak gelişmiş bölgelerde, hem nüfus yoğunluğu hem de tesis yatırımları dengelidir.
- Coğrafi ve iklimsel faktörler: Akdeniz ve Ege bölgelerinde su stresi veya altyapı eksiklikleri nedeniyle tesis oranları nüfusa göre düşük kalmış olabilir.

Özetle; nüfus ve tesis oranlarının doğrudan ilişkili olmadığı, coğrafya, altyapı ve kaynaklara bağlı olarak farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Özellikle Karadeniz ve Doğu Anadolu bölgelerinde nüfusa göre fazla tesis bulunurken, Akdeniz ve Ege bölgesinde bu oran düşük kalmaktadır. Altyapı yatırımları, bölgesel ihtiyaçlar ve kaynak yönetimi kriterleri dikkate alınarak bölgeler arasında denge sağlanmalıdır.

Milyon kişi başına düşen içme suyu arıtma tesisi ve nüfus arasındaki ilişki; Şekil 43'te gösterilmektedir. Marmara bölgesi, Türkiye'nin en yoğun nüfusa sahip bölgesi olmasına rağmen en yüksek arıtma kapasitesine sahiptir. Ancak bu, kapasitenin yeterli olduğu anlamına gelmemektedir, çünkü yüksek nüfus, yüksek talep yaratmaktadır. Karadeniz ve Doğu Anadolu bölgelerinde arıtma tesisi kapasitesi, nüfusa göre oldukça yetersiz kalmaktadır. Bu, bu bölgelerde daha fazla tesis yapılması gerektiğine işaret eder. İç Anadolu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde ise, su arıtma tesislerinin kapasiteleri, nüfusa göre dengeli bir seviyede olsa da, hala bazı iyileştirmeler yapılması gerekebilir. Bu grafik, bölgeler arasındaki içme suyu arıtma tesisi kapasitelerinin ve nüfusun nasıl dengesiz dağıldığını ve bazı bölgelerde daha fazla tesis kurulması gerektiğini vurgulamaktadır. Özellikle düşük kapasiteye sahip bölgeler, gelişen nüfusla birlikte daha fazla yatırım ve kapasite artırımını gerektirecektir.



Şekil 43. Milyon kişi başına düşen içme suyu arıtma tesisi ve nüfus ilişkisi

Tablo 32. Bölgelere Ait Nüfus ve Milyon Kişi Başına Düşen Tesis Oranları

Bölge	Nüfus (kişi)	Milyon kişi başına düşen içme suyu tesisi sayısı (İ.T)	Milyon kişi başına düşen arıtma tesisi sayısı (İ.S.A.T)	Milyon kişi başına düşen tesis sayısı (İ.T+ İ.S.A.T)
Doğu Anadolu	5.998.778	18,17	3,00	21,00
Karadeniz	7.970.406	21,08	6,00	26,72
Güneydoğu	9.305.910	7,52	2,00	9,56
Ege	10.886.803	11,67	2,00	13,50
Akdeniz	11.020.550	9,53	1,00	10,34
İç Anadolu	13.566.792	11,79	2,00	14
Marmara	26.530.314	4,79	2,00	6,29

Tablo 32; bölgelerin nüfusu ile milyon kişi başına düşen içme suyu tesisi (İ.T), milyon kişi başına düşen arıtma tesisi sayısı (İ.S.A.T) ve milyon kişi başına düşen (İ.T+ İ.S.A.T) arasındaki ilişki, arıtma tesislerinin bölgesel dağılımını ve altyapı durumunu analiz etme açısından önemlidir. Tablo 32’ye göre Doğu Anadolu bölgesi için milyon kişi başına düşen içme suyu tesisi sayısı 18,17 olup, bu durum bölgedeki içme suyu temin sistemlerinin yaygın olduğunu göstermektedir. İçme suyu tesislerinin sayısının yüksek olması, bölgenin dağlık yapısı ve kırsal alanlarının fazla olması ile ilişkilendirilebilir. Söz konusu bölge için milyon kişi başına düşen içme suyu arıtma tesisi sayısının 3 olması, bölgede içme suyunun büyük ölçüde doğrudan dağıtıldığını göstermektedir. Bu durum suyun kalitesinin yeterince denetlenmediği veya bölgedeki su kaynaklarının nispeten temiz olduğu anlamına gelebilir. Doğu Anadolu bölgesi için toplam tesis sayısının 21 olması bölgedeki içme suyu altyapısının belirli bir seviyede olduğunu, ancak arıtma tesislerinin sayısının artırılması gerektiğini göstermektedir. Bölge su kaynaklarına erişim açısından zengin olsa da arıtma kapasitesinin yetersizliği içme suyu kalitesini ve halk sağlığını olumsuz etkileyebilmektedir. Doğu

Anadolu bölgesinde içme suyu tesislerinin sayısının yüksek olması olumlu bir durum olsa da, suyun kalitesinin güvence altına alınması için arıtma tesislerinin sayısının artırılması gerekmektedir. Özetle; Doğu Anadolu bölgesinde içme suyu altyapısının nicelik olarak iyi durumda olduğu ancak su kalitesini güvence altına almak için arıtma kapasitesinin artırılması şarttır.

Karadeniz bölgesi için milyon kişi başına düşen içme suyu tesisi sayısı 21,8 olup, bu durum bölgenin su kaynakları açısından zengin olduğunu ve su temin altyapısının bölgeye yaygın şekilde dağılımını göstermektedir. Bölgenin coğrafik yapısı nedeniyle birçok içmesuyu tesisi bulunmaktadır. Söz konusu bölge için milyon kişi başına düşen içme suyu arıtma tesisi sayısının 6 olması, yüksek bir arıtma kapasitesine işaret etmektedir. İçme suyu arıtma tesislerinin sayısının fazla olması, bölgedeki suyun doğrudan kullanımından ziyade arıtım yapılarak dağıtıldığını göstermektedir. Bu, bölgedeki içme suyu kalitesinin daha güvenli hale getirildiğini göstermektedir. Milyon kişi başına düşen toplam tesis sayısının 26,72 olması, Karadeniz bölgesinin içme suyu altyapısının güçlü olduğunu ortaya koymaktadır. Bölgede içme suyu tesislerinin sayısı fazla olmakla birlikte, arıtma tesislerinin de belirli bir seviyede olması önemli bir avantajdır. Karadeniz bölgesi yağış bakımından zengin bir bölge olduğu için, ham su kaynaklarının fazla olması tesislerin sayısını arttırmaktadır. Ancak içme suyu arıtma tesisi oranı, içme suyu tesislerine nazaran hala düşüktür. Bu durum, içme suyu tesislerinden doğrudan dağıtımın hala yaygın olduğunu göstermektedir. Özetle; Karadeniz bölgesi içme suyu kaynakları ve tesis sayısı bakımından avantajlı olmasına rağmen su kalitesini güvence altına almak için arıtma kapasitesini ve arıtma tesisi sayısını arttırmalıdır.

Güneydoğu Anadolu bölgesi için milyon kişi başına düşen içme suyu tesisi sayısı 7,52 olup, bölgenin içme suyu altyapısının diğer bölgelere kıyasla zayıf olduğunu göstermektedir. Bu durum bölgenin kurak yapısı ve su kaynaklarının sınırlı olmasından kaynaklanmaktadır. Milyon kişi başına düşen arıtma tesisi sayısı 2 olup bu oran çok düşüktür. İçme suyu tesislerinin büyük bir kısmında arıtma sürecinin olmadığı ve doğrudan dağıtım yapıldığı görülmektedir. Milyon kişi başına düşen tesis sayısının 9,56 olması su altyapısının gelişmişlik seviyesinin düşük olduğunu göstermektedir. Özetle; Güneydoğu Anadolu bölgesi için içme suyu tesisi ve içme suyu arıtma tesisi sayısı oldukça düşük seviyedir. Nüfusa kıyasla içme suyu altyapısı yeterli değildir ve iyileştirme ihtiyacı vardır.

Ege bölgesi için milyon kişi başına düşen içme suyu tesisi sayısı 11,67 olup, bölgenin içme suyu altyapısı Güneydoğu Anadolu bölgesine kıyasla iyi ancak Karadeniz ve Doğu Anadolu bölgeleri gibi su kaynakları açısından zengin bölgelere göre içme suyu tesis sayısı düşüktür. Ege bölgesinde; turizm, sanayi ve tarımsal faaliyetlerin yoğun olması, su kaynaklarına olan talebi arttırmaktadır. Milyon kişi başına düşen arıtma tesisi sayısının 2 olması arıtma altyapısının yeterli olmadığını göstermektedir. Milyon kişi başına düşen tesis sayısının 13,50 olması, bölgenin içme

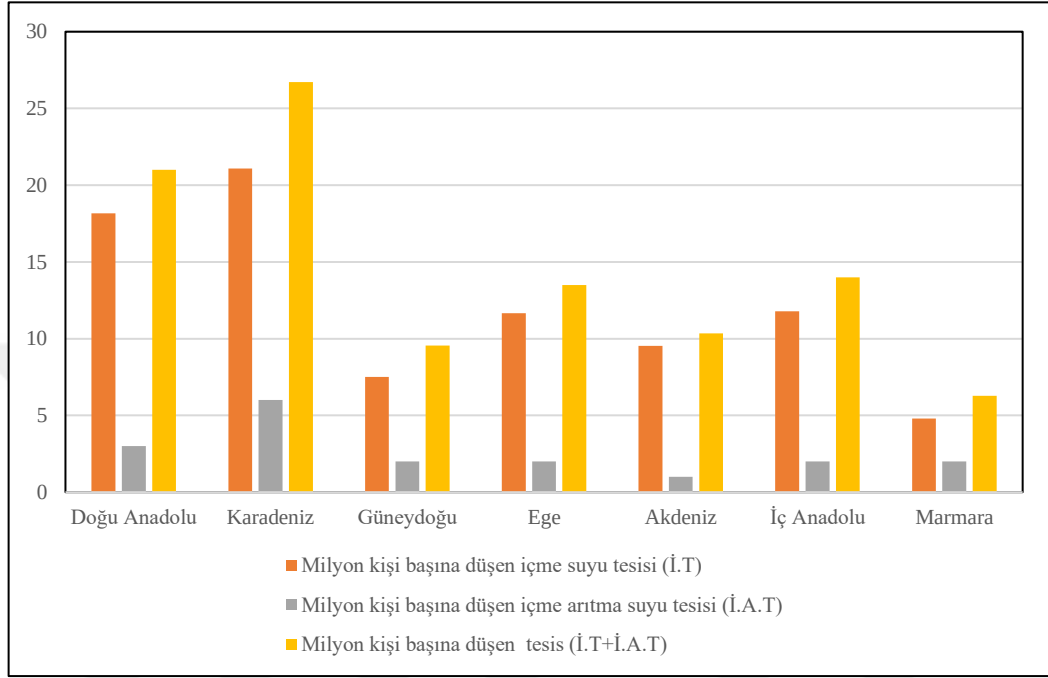
su suyu altyapısının orta seviyede olduğunu göstermektedir. Özetle; Ege bölgesi için içme suyu tesis sayısı orta düzeydedir. Bölgede turizm, sanayi ve tarım gibi sektörlerin baskılayıcı etkisinden dolayı içme suyu tesisi ve içme suyu arıtma tesisi sayısının artırılması gerekmektedir.

Akdeniz bölgesi için milyon kişi başına düşen içme suyu tesisi sayısı 9,53 olup diğer bölgelere göre düşük bir seviyededir. Akdeniz bölgesi turizm ve tarım açısından yoğun bir bölge olduğundan su ihtiyacı oldukça fazladır. Bu nedenle mevcut içme suyu tesisleri, bölgenin nüfus ve su talebini karşılamada yetersiz sayıdadır. Milyon kişi başına düşen arıtma tesisi sayısının 1 olması arıtma altyapısının Türkiye’deki en düşük seviyelerden biridir. Bu durum özellikle yaz aylarında nüfusun arttığı turistik bölgelerde daha ciddi bir sorun haline gelmektedir. Milyon kişi başına düşen tesis sayısının 10,34 olması, bölgedeki su yönetimi açısından önemli eksiklikler olduğunu göstermektedir. Turizm ve tarım sektörleri nedeniyle bölgede su kaynakları üzerinde büyük bir baskı bulunmaktadır. Özetle; Akdeniz bölgesi için içme suyu tesislerinin ve içme suyu arıtma tesislerinin yetersiz olması, su yönetimi açısından ciddi bir risk oluşturmaktadır. Turizm ve tarımsal faaliyetler göz önünde bulundurularak yeni tesisler kurulması ve mevcut tesislerin kapasitesinin artırılması şarttır.

İç Anadolu bölgesi için milyon kişi başına düşen içme suyu tesisi sayısı 11,79 olup Türkiye genelinde orta seviyededir. İç Anadolu bölgesi Türkiye’nin yüz ölçümü bakımından en büyük bölgelerinden olup, geniş kırsal alanları ve büyük şehirleri bulunmaktadır. Kırsal alanlarda su temini daha zordur ve yeraltı suları daha fazla kullanılmaktadır. Milyon kişi başına düşen içme suyu arıtma tesisi sayısı 2 olup, Türkiye ortalamasına göre düşüktür. Bölgedeki sanayi faaliyetleri ve yeraltı suyu kullanımının yaygın olması, arıtma tesislerinin daha kritik bir rol oynamasını gerektirmektedir. Milyon kişi başına düşen toplam tesis sayısının 14 olması, bölgenin su altyapısının bazı bölgelerde yetersiz kalabileceğini göstermektedir. Özetle; İç Anadolu bölgesinde içme suyu tesisleri sayısı makul düzeyde olsa da arıtma tesislerinin sayısının yetersiz olduğu görülmektedir. Bölgenin kuraklık riski göz önüne alındığında, mevcut su kaynaklarının daha etkin yönetilmesi ve arıtma kapasitesinin artırılması büyük önem taşımaktadır.

Marmara bölgesi, Türkiye’nin en yoğun nüfuslu bölgesi olmasına rağmen milyon kişi başına düşen içme suyu tesisi sayısı 4,79 olup oldukça düşüktür. Bu durum, kişi başına düşen su temin altyapısının zayıf olduğunu ve su temininde büyük şehirlere yönelik merkezi sistemlerin baskın olduğunu göstermektedir. Özellikle İstanbul, Bursa, Kocaeli gibi büyükşehirlerde içme suyuna olan talep çok yüksektir ve mevcut altyapı bu talebi karşılamakta zorlanmaktadır. Milyon kişi başına düşen içme suyu arıtma tesisi sayısı 2 olup, bu oran İç Anadolu ve Ege bölgesi gibi bölgeler ile aynıdır, ancak Marmara bölgesinin yüksek nüfus yoğunluğu göz önüne alındığında yetersizdir. Milyon kişi başına düşen toplam tesis sayısının 6,29 olması, Marmara bölgesinin su

altyapısının büyük nüfus yüküne oranla yetersiz olduğunu net ortaya koymaktadır. Özetle; Marmara bölgesinde su tesislerinin nüfusa oranla yetersiz olduğu açıkça görülmektedir. Özellikle içme suyu tesisleri sayısının düşük olması, büyük şehirlerde su temininde risk oluşturmaktadır. Sanayi ve kentsel büyüme göz önüne alındığında; arıtma tesisleri ve su dağıtım altyapısının güçlendirilmesi gerekmektedir.



Şekil 44. Bölge bazında milyon kişi başına düşen içme suyu ve içme suyu arıtma tesisleri

Şekil 44'e göre Karadeniz bölgesi tüm kategorilerde en yüksek tesis oranına sahiptir. Bu bölgedeki dağınık bir yerleşim yapısının bir sonucu olabilir. Marmara bölgesi, nüfusunun büyüklüğüne rağmen en düşük tesis oranına sahiptir. Güneydoğu ve Akdeniz bölgeleri, arıtma tesisleri açısından en zayıf bölgeler olup, bu bölgelerde arıtma altyapısının geliştirilmesi gerektiği görülmektedir. Doğu Anadolu bölgesi içme suyu tesis sayısı açısından yüksek bir değere sahip olsa da arıtma tesisi sayısında eksiklik göstermektedir. Ege ve İç Anadolu bölgeleri genel olarak orta seviyede bir içme suyu ve içme suyu arıtma tesisi altyapısına sahiptir. Bu analiz, su yönetimi ve altyapı yatırımlarının hangi bölgelere öncelik verilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Şekil 44 grafik özetine göre;

- Karadeniz bölgesi milyon kişi başına düşen en fazla içme suyu ve arıtma tesisine sahip bölgedir.
- Doğu Anadolu bölgesi, yüksek içme suyu tesis oranına sahip olmasına rağmen arıtma tesisleri açısından geridedir.
- Güneydoğu Anadolu ve Akdeniz bölgeleri, milyon kişi başına düşen içme suyu ve içme suyu arıtma tesisi açısından en düşük değerlere sahiptir.

- Marmara bölgesi, en yüksek nüfusa sahip olmasına rağmen milyon kişi başına düşen tesis sayısı en düşük olan bölgedir.
- İç Anadolu ve Ege bölgeleri tesis sayısı açısından birbirine benzer yapı göstermektedir.

Bu veriler, bölgesel su yönetimi ve altyapı geliştirme açısından önemli kararlar alınması gerektiğini göstermektedir. Bu analiz, Türkiye’de içme suyu altyapısının dağılımı ve planlanması konusunda önemli bilgiler sunmaktadır. Özellikle nüfus yoğunluğu arttıkça, kişi başına düşen tesis sayılarının azalması, altyapı planlanmasında dikkate alınması gereken zaruri bir husustur.

Skorlanan kriterlere ait genel değerlendirme

Boyutlandırma kriteri ve skollama ilişkisi

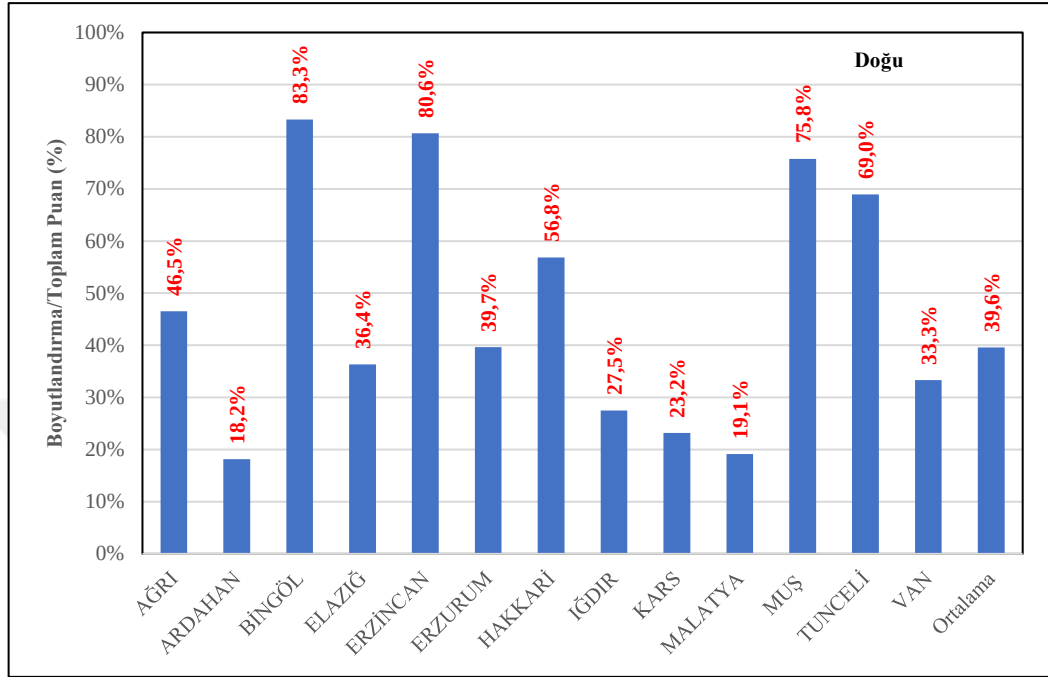
Yapılan skollama işlemleri sonucunda bölgelerde bulunan illere ait boyutlandırma kriterinden aldığı toplam puan ve tüm kriterlerin toplamından elde edilen genel toplam ve toplam genel puan içerisinde boyutlandırma kriterinin yüzdelik oranı doğrultusunda elde edilen veriler, aşağıdaki tablolarda verilmektedir. Boyutlandırma kriterinin önemi ve toplam puanla ilişkisini ortaya koymak için çalışmada; boyutlandırma/toplam puan yüzdesi hesaplanarak tesislerin genel skorları içerisinde boyutlandırma parametresinin etkisi gözlemlenmiştir.

Tablo 33. Doğu Anadolu Bölgesi Boyutlandırma Kriterinin Puan İlişkisi

Doğu Anadolu Bölgesi			
Bölgeye ait İl Adı	Boyutlandırma ve Kapasite Toplam Puanı	Genel Toplam	Boyutlandırma/Toplam Puan (%)
Ağrı	20,00	43,00	46,5%
Ardahan	12,00	66,00	18,2%
Bingöl	20,00	24,00	83,3%
Elazığ	12,00	33,00	36,4%
Erzincan	25,00	31,00	80,6%
Erzurum	248,00	625,00	39,7%
Hakkari	25,00	44,00	56,8%
Iğdır	25,00	91,00	27,5%
Kars	16,00	69,00	23,2%
Malatya	9,00	47,00	19,1%
Muş	25,00	33,00	75,8%
Tunceli	20,00	29,00	69,0%
Van	41,00	123,00	33,3%
Ortalama	498,00	1258,00	39,6%

Tablo 33’te Doğu Anadolu bölgesinde; illerin sırası ile boyutlandırma kriteri puanı, tüm kriterlerden aldığı genel toplam puan ve boyutlandırma/ genel toplam puan yüzdesi verilmektedir. Doğu Anadolu bölgesi boyutlandırma ve kapasite ortalama puanı 498, genel toplam puan 1258 ve boyutlandırma/toplam puan yüzdesi ortalaması 39,6’dır.

Şekil 45’de Doğu Anadolu bölgesi için boyutlandırma/toplam puan yüzdesi illere göre gösterilmektedir. Ortalamanın altında kalan iller sırası ile Ardahan, Elazığ, Iğdır, Kars, Malatya ve Van illeridir. Bu illerde toplam skor içerisinde boyutlandırma parametresinin etkisi diğer illere nazaran düşüktür.



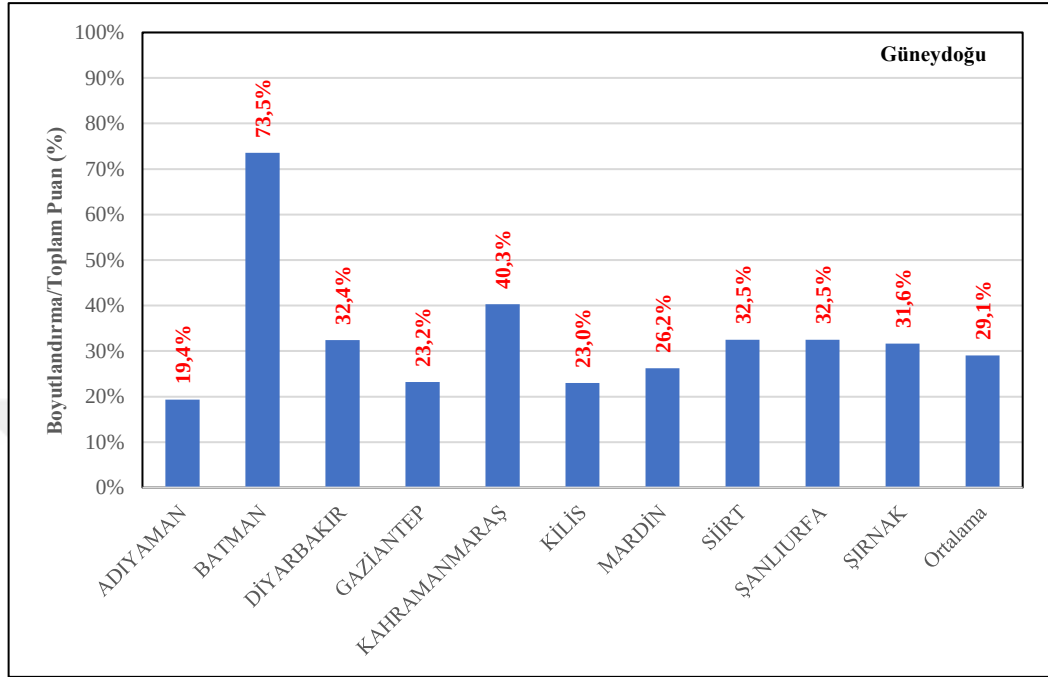
Şekil 45. Doğu Anadolu Bölgesi boyutlandırma kriterinin puan ilişkisi

Tablo 34. Güneydoğu Anadolu Bölgesi Boyutlandırma Kriterinin Puan İlişkisi

Güneydoğu Anadolu Bölgesi			
Bölgeye ait İl Adı	Boyutlandırma ve Kapasite Toplam Puanı	Genel Toplam	Boyutlandırma/Toplam Puan (%)
Adıyaman	12,00	62,00	19,4%
Batman	25,00	34,00	73,5%
Diyarbakır	104,00	321,00	32,4%
Gaziantep	107,00	461,00	23,2%
Kahramanmaraş	25,00	62,00	40,3%
Kilis	20,00	87,00	23,0%
Mardin	16,00	61,00	26,2%
Siirt	25,00	77,00	32,5%
Şanlıurfa	25,00	77,00	32,5%
Şırnak	25,00	79,00	31,6%
Ortalama	384,00	1321,00	29,1%

Tablo 34’de Güneydoğu Anadolu bölgesinde; illerin sırası ile boyutlandırma kriteri puanı, tüm kriterlerden aldığı genel toplam puan ve boyutlandırma/genel toplam puan yüzdesi verilmektedir. Güneydoğu Anadolu bölgesi boyutlandırma ve kapasite ortalama puanı 384, genel toplam puan 1321 ve boyutlandırma/toplam puan yüzdesi ortalaması 29,1’dir.

Şekil 46’da Güneydoğu Anadolu bölgesi için boyutlandırma/toplam puan yüzdesi illere göre gösterilmektedir. Ortalamanın altında kalan iller sırası ile Adıyaman, Gaziantep, Kilis ve Mardin illeridir. Bu illerde toplam skor içerisinde boyutlandırma parametresinin etkisi diğer illere nazaran düşüktür.



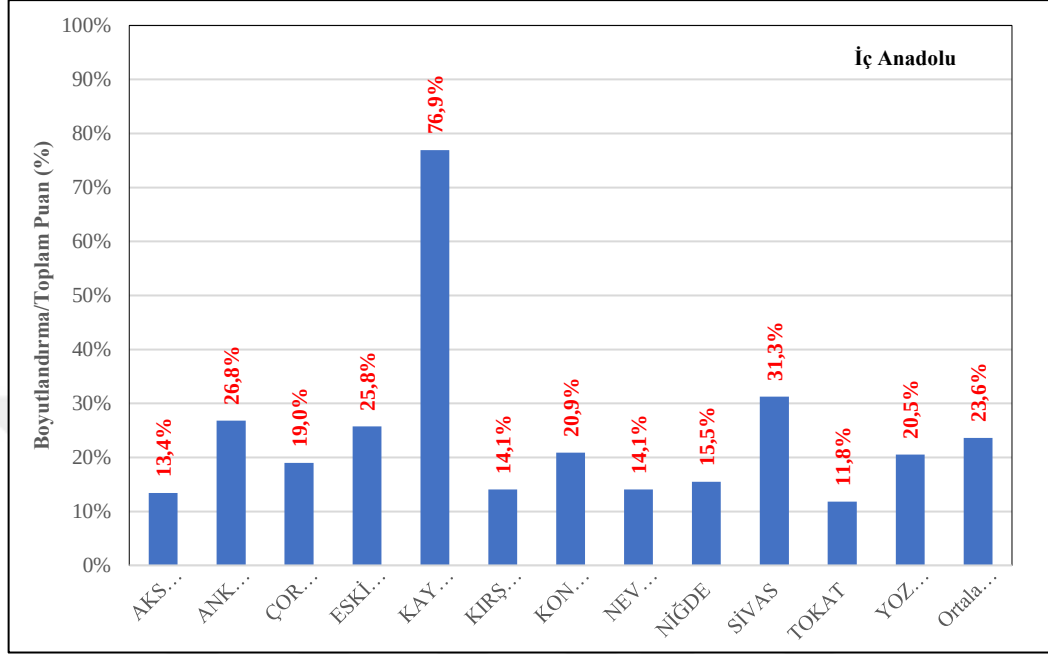
Şekil 46. Güneydoğu Anadolu Bölgesi boyutlandırma kriterinin puan ilişkisi

Tablo 35. İç Anadolu Bölgesi Boyutlandırma Kriterinin Puan İlişkisi

İç Anadolu			
Bölgeye ait İl Adı	Boyutlandırma ve Kapasite Toplam Puanı	Genel Toplam	Boyutlandırma/Toplam Puan (%)
Aksaray	9,00	67,00	13,4%
Ankara	197,00	734,00	26,8%
Çorum	41,00	216,00	19,0%
Eskişehir	25,00	97,00	25,8%
Kayseri	30,00	39,00	76,9%
Kırşehir	9,00	64,00	14,1%
Konya	66,00	316,00	20,9%
Nevşehir	9,00	64,00	14,1%
Niğde	9,00	58,00	15,5%
Sivas	30,00	96,00	31,3%
Tokat	9,00	76,00	11,8%
Yozgat	16,00	78,00	20,5%
Ortalama	450,00	1905,00	23,6%

Tablo 35’te İç Anadolu bölgesinde; illerin sırası ile boyutlandırma kriteri puanı, tüm kriterlerden aldığı genel toplam puan ve boyutlandırma/genel toplam puan yüzdesi verilmektedir. İç Anadolu bölgesi boyutlandırma ve kapasite ortalama puanı 450, genel toplam puan 1905 ve boyutlandırma/toplam puan yüzdesi ortalaması 23,6’dır.

Şekil 47’de İç Anadolu bölgesi için boyutlandırma/toplam puan yüzdesi illere göre gösterilmektedir. Ortalamanın altında kalan iller sırası ile Aksaray, Çorum, Kırşehir, Nevşehir, Niğde, Tokat ve Yozgat illeridir. Bu illerde toplam skor içerisinde boyutlandırma parametresinin etkisi diğer illere nazaran düşüktür.



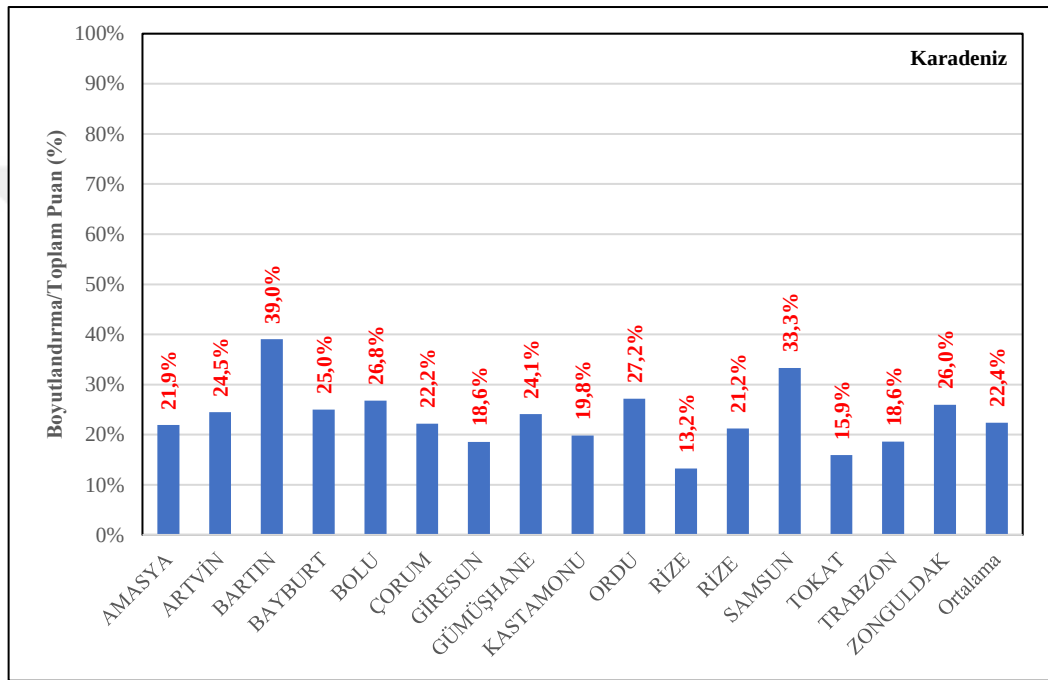
Şekil 47. İç Anadolu Bölgesi boyutlandırma kriterinin puan ilişkisi

Tablo 36. Karadeniz Bölgesi Boyutlandırma Kriterinin Puan İlişkisi

Karadeniz			
Bölgeye ait İl Adı	Boyutlandırma ve Kapasite Toplam Puanı	Genel Toplam	Boyutlandırma/Toplam Puan (%)
Amasya	16	73	21,9%
Artvin	48	196	24,5%
Bartın	16	41	39,0%
Bayburt	16	64	25,0%
Bolu	41	153	26,8%
Çorum	12	54	22,2%
Giresun	34	183	18,6%
Gümüşhane	20	83	24,1%
Kastamonu	50	252	19,8%
Ordu	138	508	27,2%
Rize	18	136	13,2%
Rize	28	132	21,2%
Samsun	12	36	33,3%
Tokat	18	113	15,9%
Trabzon	87	468	18,6%
Zonguldak	34	131	26,0%
Ortalama	588	2623	22,4%

Tablo 36’da Karadeniz bölgesinde; illerin sırası ile boyutlandırma kriteri puanı, tüm kriterlerden aldığı genel toplam puan ve boyutlandırma/genel toplam puan yüzdesi verilmektedir. İç Anadolu bölgesi boyutlandırma ve kapasite ortalama puanı 588, genel toplam puan 2623 ve boyutlandırma/toplam puan yüzdesi ortalaması 22,4’tür.

Şekil 48’de Karadeniz bölgesi için boyutlandırma/toplam puan yüzdesi illere göre gösterilmektedir. Ortalamanın altında kalan iller sırası ile Amasya, Çorum, Giresun, Kastamonu, Rize, Tokat ve Trabzon illeridir. Bu illerde toplam skor içerisinde boyutlandırma parametresinin etkisi diğer illere nazaran düşüktür.



Şekil 48. Karadeniz Bölgesi boyutlandırma kriterinin puan ilişkisi

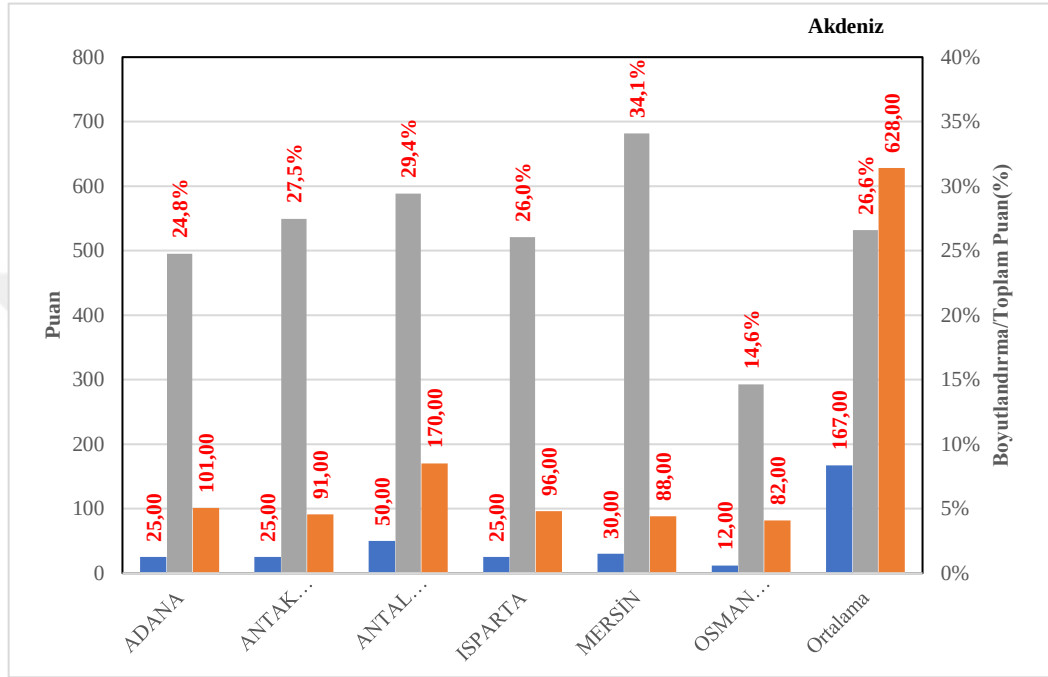
Tablo 37. Akdeniz Bölgesi Boyutlandırma Kriterinin Puan İlişkisi

Akdeniz			
Bölgeye ait İl Adı	Boyutlandırma ve Kapasite Toplam Puanı	Genel Toplam	Boyutlandırma/Toplam Puan (%)
Adana	25,00	101,00	24,8%
Antakya	25,00	91,00	27,5%
Antalya	50,00	170,00	29,4%
Isparta	25,00	96,00	26,0%
Mersin	30,00	88,00	34,1%
Osmaniye	12,00	82,00	14,6%
Ortalama	167,00	628,00	26,6%

Tablo 37’de Akdeniz bölgesinde; illerin sırası ile boyutlandırma kriteri puanı, tüm kriterlerden aldığı genel toplam puan ve boyutlandırma/genel toplam puan yüzdesi

verilmektedir. Akdeniz bölgesi boyutlandırma ve kapasite ortalama puanı 167, genel toplam puan 628 ve boyutlandırma/toplam puan yüzdesi ortalaması 26,6'dır.

Şekil 49'da Akdeniz bölgesi için boyutlandırma/toplam puan yüzdesi illere göre gösterilmektedir. Ortalamanın altında kalan iller sırası ile Adana, Isparta ve Osmaniye illeridir. Bu illerde toplam skor içerisinde boyutlandırma parametresinin etkisi diğer illere nazaran düşüktür.



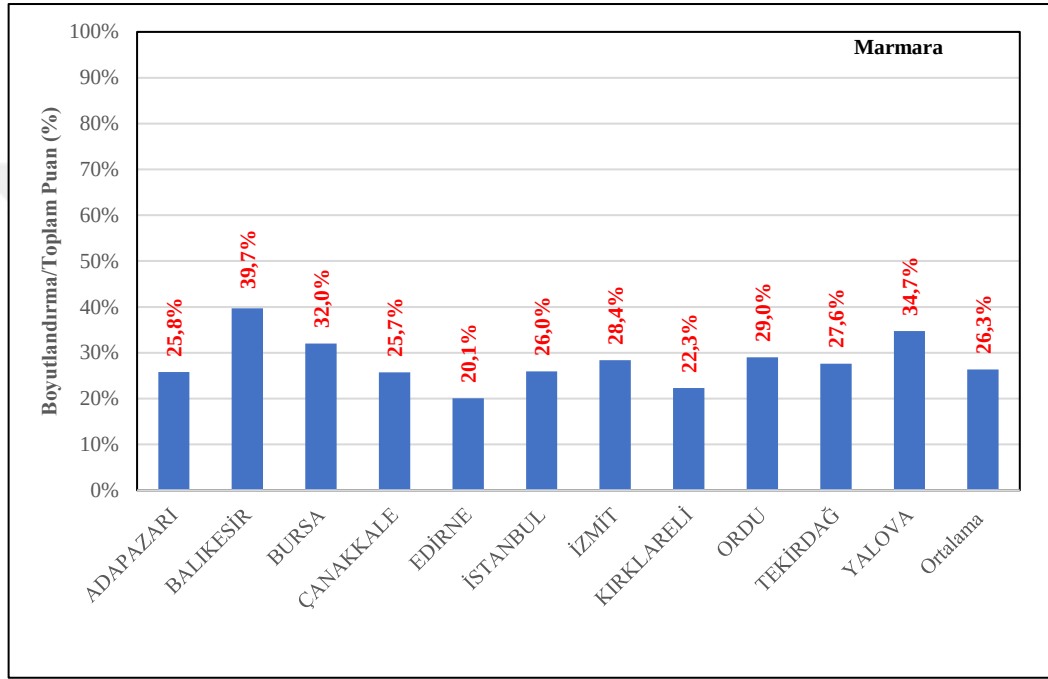
Şekil 49. Akdeniz Bölgesi boyutlandırma kriterinin puan ilişkisi

Tablo 38. Marmara Bölgesi Boyutlandırma Kriterinin Puan İlişkisi

Marmara			
Bölgeye ait İl Adı	Boyutlandırma ve Kapasite Toplam Puanı	Genel Toplam	Boyutlandırma/Toplam Puan (%)
Adapazarı	94,00	364,00	25,8%
Balıkesir	25,00	63,00	39,7%
Bursa	32,00	100,00	32,0%
Çanakkale	53,00	206,00	25,7%
Edirne	45,00	224,00	20,1%
İstanbul	348,00	1340,00	26,0%
İzmit	46,00	162,00	28,4%
Kırklareli	41,00	184,00	22,3%
Ordu	9,00	31,00	29,0%
Tekirdağ	34,00	123,00	27,6%
Yalova	41,00	118,00	34,7%
Ortalama	768,00	2915,00	26,3%

Tablo 38’de Marmara bölgesinde; illerin sırası ile boyutlandırma kriteri puanı, tüm kriterlerden aldığı genel toplam puan ve boyutlandırma/genel toplam puan yüzdesi verilmektedir. Marmara bölgesi boyutlandırma ve kapasite ortalama puanı 768, genel toplam puan 2915 ve boyutlandırma/toplam puan yüzdesi ortalaması 26,3’tür.

Şekil 50’de Marmara bölgesi için boyutlandırma/toplam puan yüzdesi illere göre gösterilmektedir. Ortalamanın altında kalan iller sırası ile Adapazarı, Çanakkale, Edirne, İstanbul ve Kırklareli illeridir. Bu illerde toplam skor içerisinde boyutlandırma parametresinin etkisi diğer illere nazaran düşüktür.



Şekil 50. Marmara Bölgesi boyutlandırma kriterinin puan ilişkisi

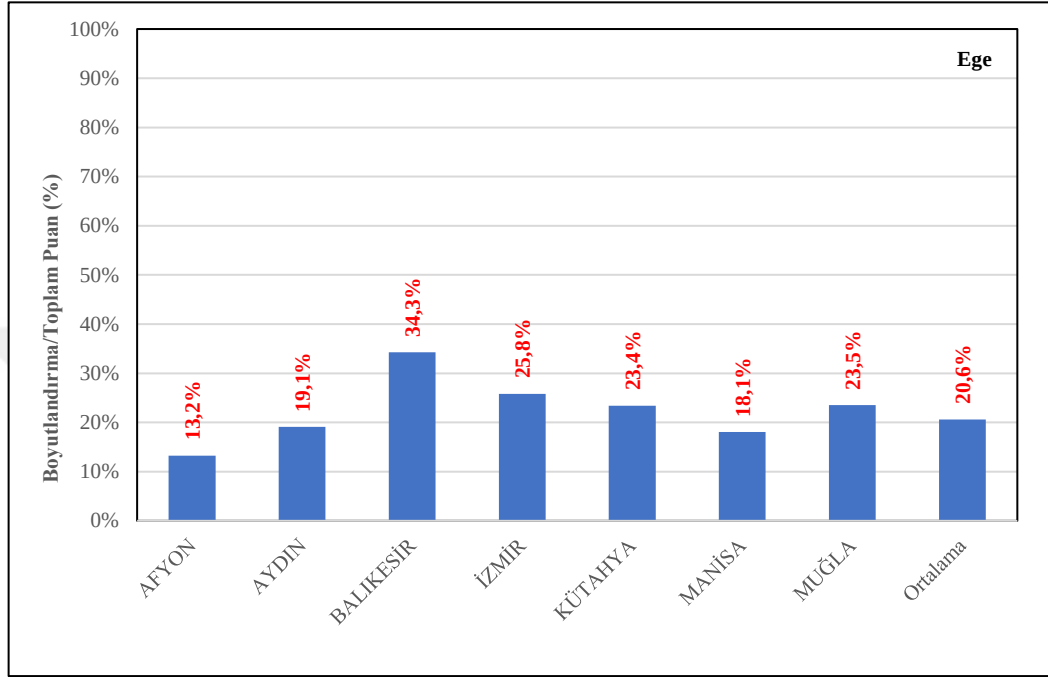
Tablo 39. Ege Bölgesi Boyutlandırma Kriterinin Puan İlişkisi

Ege			
Bölgeye ait İl Adı	Boyutlandırma ve Kapasite Toplam Puanı	Genel Toplam	Boyutlandırma/Toplam Puan (%)
Afyon	9,00	68,00	13,2%
Aydın	29,00	152,00	19,1%
Balıkesir	12,00	35,00	34,3%
İzmir	16,00	62,00	25,8%
Kütahya	36,00	154,00	23,4%
Manisa	52,00	288,00	18,1%
Muğla	20,00	85,00	23,5%
Ortalama	174,00	844,00	20,6%

Tablo 39’da Ege bölgesinde; illerin sırası ile boyutlandırma kriteri puanı, tüm kriterlerden aldığı genel toplam puan ve boyutlandırma/genel toplam puan yüzdesi

verilmektedir. Ege bölgesi boyutlandırma ve kapasite ortalama puanı 174, genel toplam puan 844 ve boyutlandırma/toplam puan yüzdesi ortalaması 20,6'dır.

Şekil 51'de Ege bölgesi için boyutlandırma/toplam puan yüzdesi illere göre gösterilmektedir. Ortalamanın altında kalan iller sırası ile Afyon, Aydın ve Manisa illeridir. Bu illerde toplam skor içerisinde boyutlandırma parametresinin etkisi diğer illere nazaran düşüktür.



Şekil 51. Ege Bölgesi boyutlandırma kriterinin puan ilişkisi

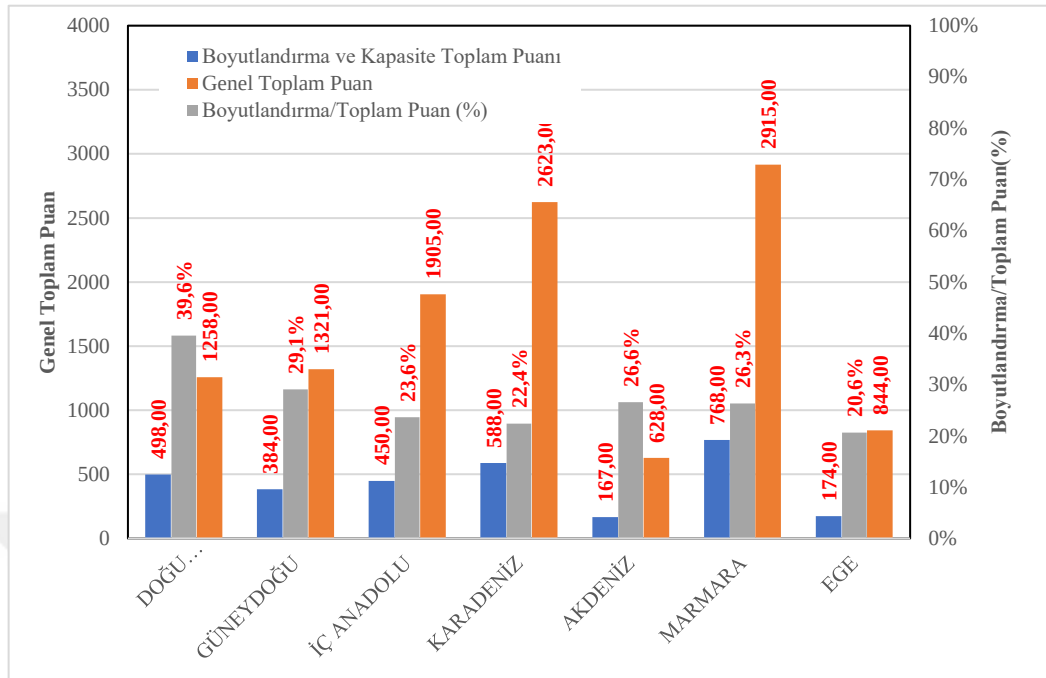
Tablo 40. Bölgeler İle Boyutlandırma Kriterinin Puan İlişkisi

Bölge Adı	Boyutlandırma ve Kapasite Skoru (A)	Genel Toplam Skor (B)	Boyutlandırma/Genel Toplam Skor (A/B*100) (%)
Doğu Anadolu	498,00	1258,00	39,6%
Güneydoğu	384,00	1321,00	29,1%
İç Anadolu	450,00	1905,00	23,6%
Karadeniz	588,00	2623,00	22,4%
Akdeniz	167,00	628,00	26,6%
Marmara	768,00	2915,00	26,3%
Ege	174,00	844,00	20,6%
G. Toplam	3029,00	11494,00	26,4%

Tablo 40'ta bölgeler arasında; illerin sırası ile boyutlandırma kriteri puanı, tüm kriterlerden aldığı genel toplam puan ve boyutlandırma/genel toplam puan yüzdesi verilmektedir. Türkiye genel toplamı; boyutlandırma ve kapasite ortalama puanı 3029, genel toplam puan 11494 ve boyutlandırma/toplam puan yüzdesi ortalaması 26,4'tür.

Şekil 52'de Türkiye için boyutlandırma/toplam puan yüzdesi bölgelere göre gösterilmektedir. Ortalamanın altında kalan bölgeler sırası ile İç Anadolu, Karadeniz, Marmara

ve Ege bölgeleridir. Bu bölgelerde toplam skor içerisinde boyutlandırma parametresinin etkisi diğer illere nazaran düşüktür.



Şekil 52. Bölge bazında boyutlandırma kriteri, genel toplam ve boyutlandırma/genel toplam skor sonuçları

Boyutlandırma skoru en yüksek Marmara bölgesi (788) ve Karadeniz bölgesi (588) olup en düşük boyutlandırma skoru Akdeniz bölgesi (167) ve Ege bölgesi (174) olarak görülmektedir. Genel toplam skor en yüksek Marmara bölgesi (2915) ve Karadeniz bölgesi (2623) olup en düşük Akdeniz bölgesi (628) ve Ege bölgesi (844) olarak görülmektedir. Boyutlandırma/genel yüzdesi en yüksek Doğu Anadolu (39,6) ve en düşük Ege bölgesi (20,6) olarak görülmektedir.

Doğu Anadolu bölgesinin skor sonuçları tesislerin önemli bir kısmının boyutlandırma kriterine dayalı olarak puan aldığını göstermektedir. Ege ve İç Anadolu bölgesinde ise boyutlandırma puanlarının toplam puana olan oranının az olması yani diğer kriterlerin söz konusu bölgede skorlamayı daha fazla etkilediği görülmektedir. Marmara ve Karadeniz bölgelerinde hem genel toplam puan hem de boyutlandırma puanı oldukça yüksek, bu bölgelerde tesislerin genel olarak daha kapsamlı olduğu söylenebilmektedir. Boyutlandırma parametresinin önemi ve toplam skor ile ilişkisi bölgesel bazda değerlendirilerek aşağıda maddeler halinde verilmektedir.

- Yüksek yüzdeli bölgelerde (Doğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu bölgesi) tesislerin puanlarını büyük oranda debi belirlemektedir.

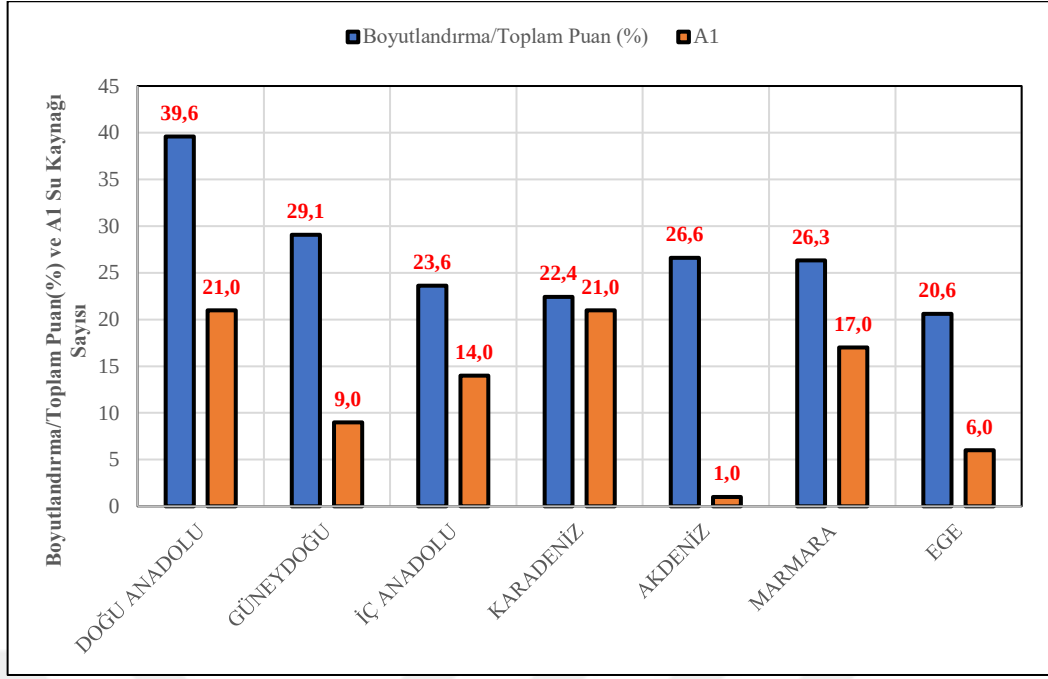
- Düşük yüzdeli bölgelerde (Ege ve İç Anadolu bölgesi) tesislerin toplam skorunda daha farklı kriterlerin etkisi görülmektedir. Yani bu bölgelerde debiden ziyade proses türü, ham su kalitesi gibi kriterler önemli ölçüdür.
- Marmara ve Karadeniz bölgesi yüksek toplam puana sahip olsa da boyutlandırma yüzdesi düşük bölgelerdir. Bu bölgelerde tesislerin büyük olmasına rağmen, toplam puanı belirleyen diğer kriterlerin daha etkili olduğu görülmektedir.
- Özetle; boyutlandırma yüzdesi yüksek olan bölgelerde, tesislerin genel kapasitesi ve ölçeği skora daha fazla katkı sağlamaktadır. Yüzdesi düşük olan bölgelerde su kaynağı, proses teknolojisi ve enstrümantal donanım vb. kriterlerin daha belirleyici olduğu görülmektedir.
- Boyutlandırma yüzdesini bilmek hangi bölgelerde kriterlerin daha baskın olduğunu anlamayı sağlarken, bölgesel kıyaslamalarda hangi kriterlere daha fazla odaklanılması gerektiğini göstermektedir. Örnek verilecek olursa Doğu Anadolu’da tesislerin boyutlandırma yüzdesi açısından yüksek olması ancak toplam skorlarının çok yüksek olmaması, diğer kriterlerde eksiklikler olabileceğine işaret etmektedir. Marmara ve Karadeniz bölgesinde; tesislerin boyutlandırma kriterinden ziyade başka kriterler ile yüksek puan aldığı anlaşılmaktadır.

Boyutlandırma kriteri ve ham su kalite sınıfı arasındaki ilişkisi

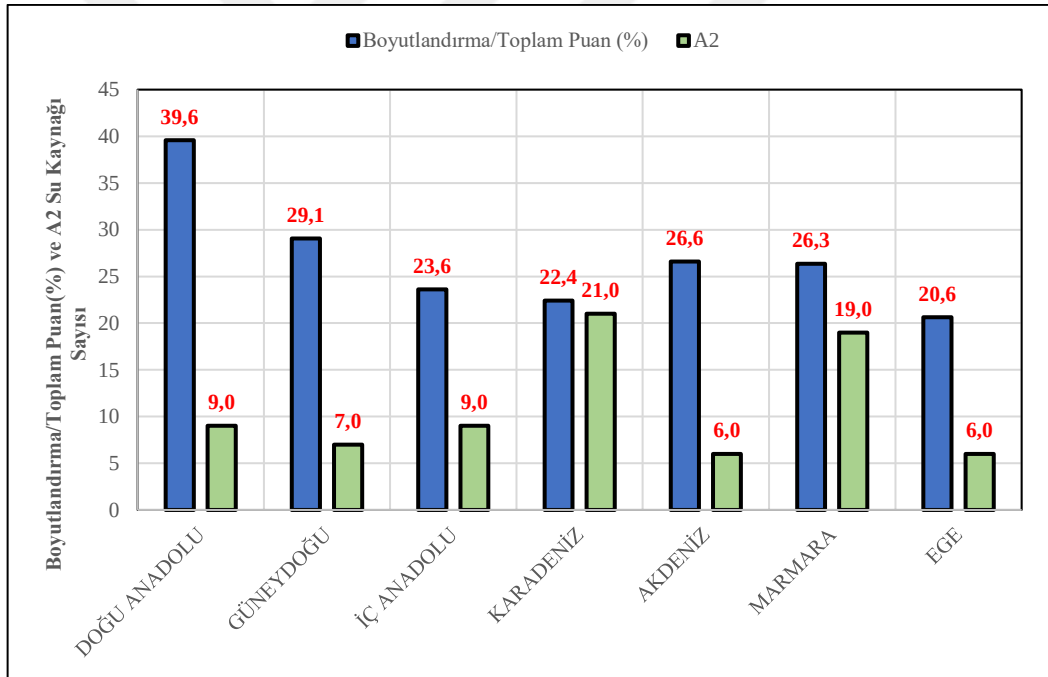
Tablo 41’de bölgelere ait boyutlandırma/toplam puan yüzdesi ve ham su kalite sınıflarına ait tesis sayıları verilmektedir. Bölge bazında boyutlandırma/genel toplam skor sonucu ve A1 su kaynağı sayısı Şekil 53 ve Şekil 54’te gösterilmektedir.

Tablo 41. Boyutlandırma Kriteri ve Ham Su Kalite Sınıfı İlişkisi

Bölgeler	Boyutlandırma/Toplam Puan (%)	A1 su sınıfı tesis sayısı	A2 su sınıfı tesis sayısı
Doğu Anadolu	39,58664547	21,00	9,00
Güneydoğu	29,06888721	9,00	7,00
İç Anadolu	23,62204724	14,00	9,00
Karadeniz	22,41707968	21,00	21,00
Akdeniz	26,59235669	1,00	6,00
Marmara	26,3464837	17,00	19,00
Ege	20,61611374	6,00	6,00



Şekil 53. Bölge bazında boyutlandırma/genel toplam skor sonucu ve A1 su kaynağı sayısı



Şekil 54. Bölge bazında boyutlandırma/genel toplam skor sonucu ve A2 su kaynağı sayısı

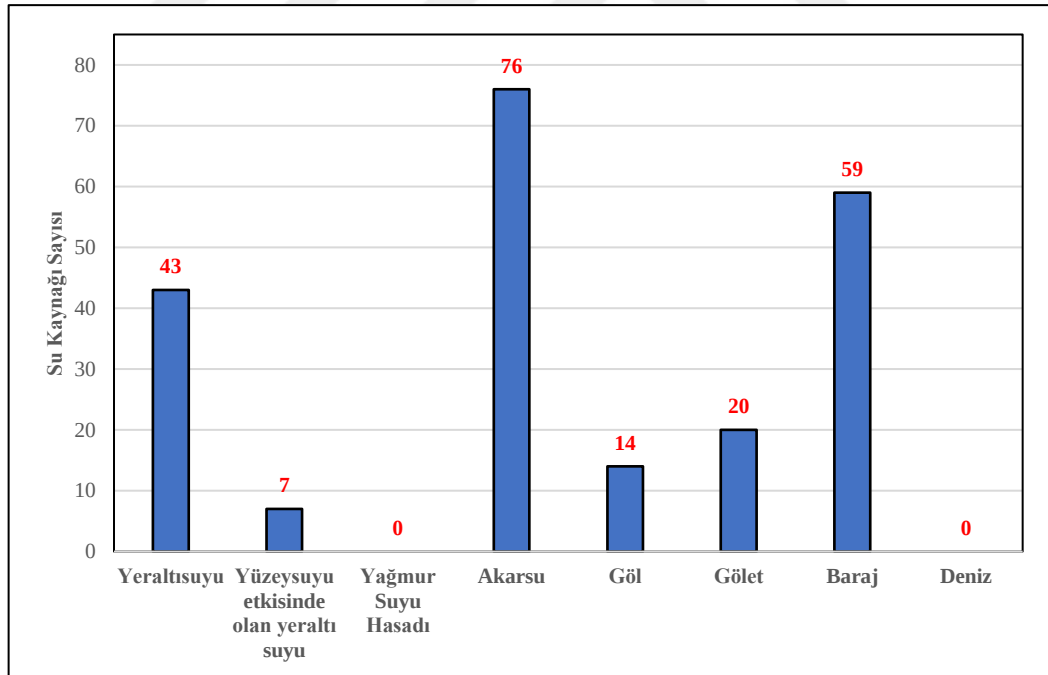
Doğu Anadolu bölgesinin; boyutlandırma yüzdesi en yüksek ve A1 kalitesine sahip tesis sayısı oldukça fazladır. Bu durum, büyük ölçüde ham suyun kalitesinin iyi olmasıyla ve tesislerin yeterli arıtma kapasitesine sahip olması ile ilişkilendirilmektedir. Güneydoğu Anadolu bölgesinin; boyutlandırma yüzdesi 29,1 ile ortalama seviyede kalırken, A1 ve A2 kalitesine sahip tesis sayısı düşüktür. Bu, bölgedeki su kaynaklarının daha fazla arıtma ihtiyacını ortaya koymaktadır. İç Anadolu, Karadeniz ve Marmara bölgesinin boyutlandırma yüzdesi daha düşük ancak A1 ve A2 kalitesine sahip tesis sayıları eşit, bu da ham su

kaynaklarının çeşitli olmasıyla ilişkilendirilmektedir. Ege bölgesinde en düşük boyutlandırma yüzdesi gözlemlenirken A1 ve A2 su kalitesine sahip tesis sayısı da düşüktür. Bu durum, tesislerin genel kapasitesinin ve su kalitesinin eş zamanlı düşük olabileceğini göstermektedir.

Genel olarak; boyutlandırma yüzdesi yüksek olan bölgelerde A1 kalitesine sahip tesislerin daha fazla olduğu gözlenmektedir. Yani daha iyi tasarlanmış ve ölçeklendirilmiş tesisler genellikle ham su kalitesi daha iyi olan kaynakları işlemektedir. Bu analiz içme suyu arıtma tesislerinin verimliliğini arttırmak için hangi bölgelere hatta illere odaklanılması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Ham su kaynağı ve skortlama ilişkisi

Yapılan skortlama işlemleri sonucunda bölgelerde bulunan içme suyu arıtma tesislerinin ham su kaynağı tipi ve sayısı Şekil 55’de ve yüzde değerleri Şekil 56’da verilmektedir. Ayrıca bölge bazında ham su kaynağı tipinin sayısı ve yüzdesi de aşağıdaki gibidir. Ham su kaynağı kriterinin önemi ve toplam skortla ilişkisini ortaya koymak için çalışmada; ham su kaynağı sayısının toplam skortla ilişkisi hesaplanarak tesislerin genel skortları içerisinde ham su kaynağı parametresinin etkisi gözlemlenmiştir.



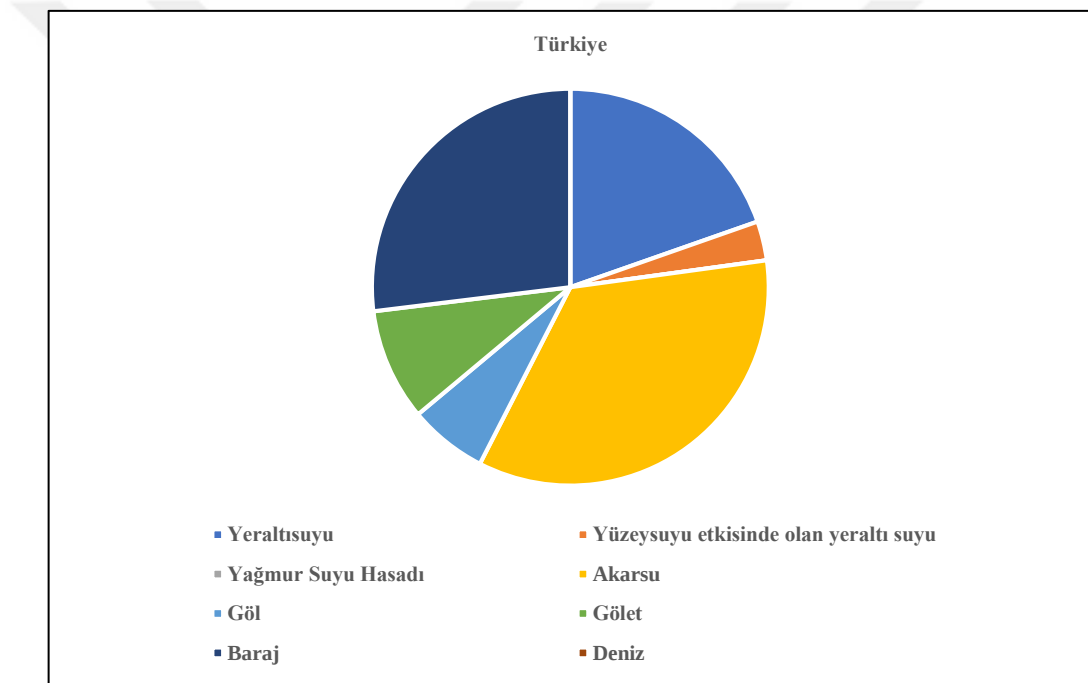
Şekil 55. Türkiye’de ham su kaynağı sayısı

Skortlama neticesine göre Türkiye’de içme suyu arıtma tesislerinin ham su kaynağı tipi ve oranları sırasıyla tüm ham su kaynağı sayısının %19,63’ü yeraltı suyu, %3,20’si yüzeysuyu etkisinde yeraltı suyu, %34,70’i akarsu, %6,39’u göl, %9,13’ü gölet, % 26,94’ü barajdır. Ham

su kaynağı tipi olarak skorlamada bulunan yağmur suyu hasadı kriteri gelecekte kuraklık nedeniyle seçilmiş olup henüz içme suyu temininde bu yöntem kullanılmamaktadır.

Tablo 42. Ham Su Kaynağı Sayısı ve Skoru

Ham su kaynağı	Ham su kaynağı sayısı	Kriterin birim skoru	Toplam skor
Yeraltı suyu	43,00	2,00	86,00
Yüzeysuyu etkisinde yeraltı suyu	7,00	4,00	28,00
Yağmur suyu hasadı	0,00	3,00	0,00
Akarsu	76,00	8,00	608,00
Göl	14,00	6,00	84,00
Gölet	20,00	6,00	120,00
Baraj	59,00	6,00	354,00
Deniz	0,00	10,00	0,00



Şekil 56. Türkiye’de ham su kaynağı yüzdeleri

Tablo 42’ye göre ham su kaynağı tiplerinin sırası ile sayısı ve her kriterin aldığı birim puan ve toplam skor verilmektedir. Örneğin; ülkemizde 76 adet içme suyu arıtma tesisi ham su kaynağı olarak akarsuyu tercih etmekte ve akarsu kaynağının birim puanı 8 olup bu kriterden toplamda alınan skor 608 puandır. Ham su kaynağı kriteri 8 farklı ham su kaynağı tipinden oluşmakta ve modelde bu bölümden alınan puan 2 ile 10 puan arasındadır. Tesis verileri neticesinde söz konusu bölümden alınan toplam puan 1280 puandır.

Ham su kaynağı toplam skorunun (1280) % 6,72’si yeraltı suyu, 2,19’u yüzeysuyu etkisinde yeraltı suyu, %47,5’i akarsu, %6,56’sı göl, %9,38’i gölet ve %27,66’sı baraj kaynağıdır. Ham su kaynağı skorunun neredeyse yarısı akarsu kriterinden gelmektedir.

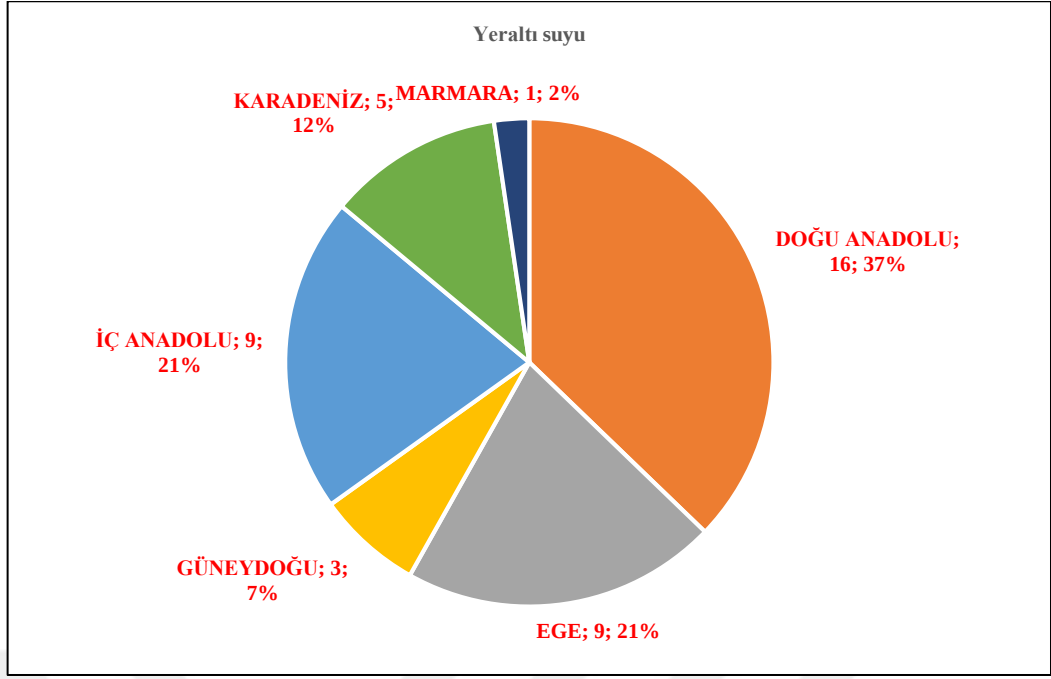
Ülkemizde içme suyu arıtma tesislerinin ham su kaynağı yaygın olarak en çok kullanılan akarsu sonra baraj kaynağıdır. En düşük kullanılanlar yüzeysuyu etkisinde yeraltı suyudur. Hiç kullanılmayan kaynaklar deniz ve yağmur suyu hasadıdır. Bu durum, içme suyu arıtma tesislerinin öncelikli olarak yüzey sularına dayandığını göstermektedir. Akarsu ve barajlar toplamda 135 tesise kaynak sağlamakta ve bu da tüm kaynakların %53'ünü oluşturmaktadır. En yüksek puan alan kaynak akarsu (608 puan) yüksek debili ve sürekliliği olan kaynak olduğu için yaygın olarak kullanılmaktadır. Su rezervuarı olarak oldukça büyük kapasiteye sahip barajlar da (354 puan) oldukça önemlidir. Yeraltı suyu kaynaklarının çok sayıda küçük ölçekli tesis tarafından kullanıldığını ve genellikle daha düşük bir önem seviyesinde değerlendirildiği görülmektedir. Türkiye’de içme suyu arıtma tesislerinde yağmur suyu hasadının bir kaynak olarak kullanılmadığı görülmektedir. Küresel iklim değişikliği ve kuraklık göz önüne alındığında, yağmur suyu hasadının bir içme suyu kaynağı olarak gelecekte değerlendirilmesi hususundan dolayı modelde yer almaktadır. Deniz suyu kaynağı da gelecekte kuraklık riskine karşı kıyı bölgelerinde bir alternatif olarak değerlendirilebilir. Bu analiz, su yönetimi ve gelecekte altyapı yatırımları için hangi kaynakların daha verimli kullanılabileceği konusunda önemli bir rehber olabilir. Özellikle kuraklık riskleri göz önüne alınarak, yağmur suyu hasadı ve deniz suyu arıtımına yönelik projelerin değerlendirilmesi fayda sağlayabilir.

Bölgelere göre ham su kaynaklarının dağılımı

Bölgelere göre ham su kaynaklarının dağılımını ve Türkiye genelindeki toplam değerlerle kıyaslaması Tablo 43’te görülmektedir.

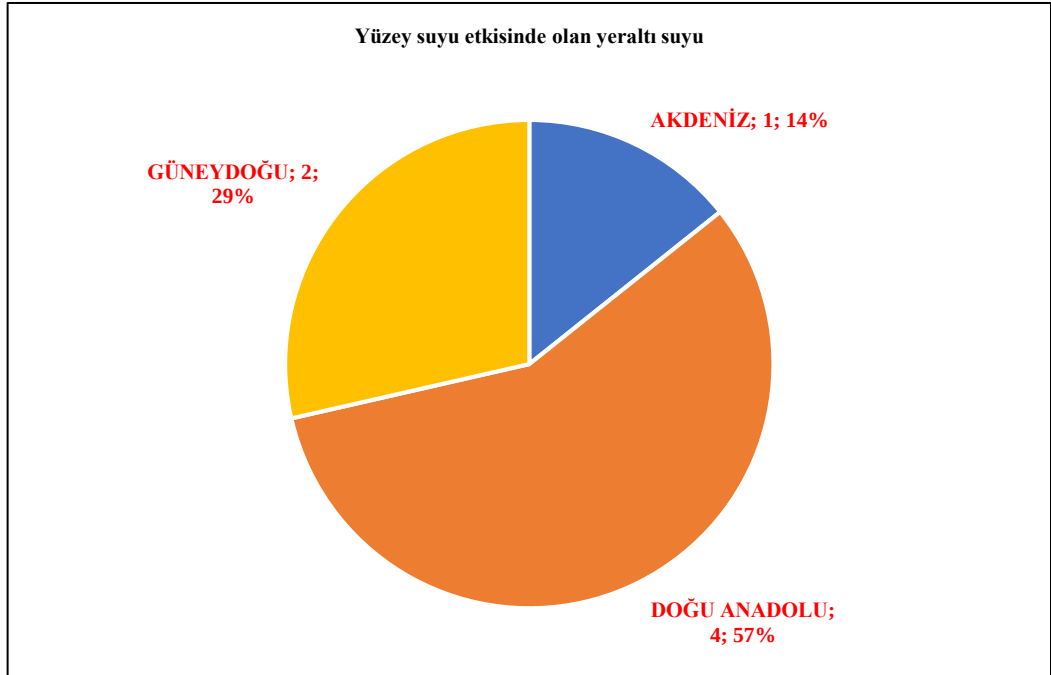
Tablo 43. Bölge Bazında Ham Su Kaynağı Sayısı

Bölgeler	Ham su kaynağı								
	Toplam Yeraltı suyu	Yüzey suyu etkisinde olan yeraltı suyu	Yağmur Suyu Hasadı	Akarsu	Göl	Gölet	Baraj	Deniz	Toplam
Doğu Anadolu	16,00	4,00	-	5,00	1,00	1,00	3,00	-	30,00
Güneydoğu Anadolu	3,00	2,00	-	5,00	-	-	13,00	-	23,00
İç Anadolu	9,00	-	-	6,00	2,00	3,00	12,00	-	32,00
Karadeniz	5,00	-	-	42,00	-	6,00	4,00	-	57,00
Akdeniz	-	1,00	-	4,00	1,00	-	2,00	-	8,00
Marmara	1,00	-	-	10,00	0,00	9,00	21,00	-	51,00
Ege	9,00	-	-	4,00	-	1,00	4,00	-	18,00
Türkiye	43,00	7,00	-	76,00	4,00	20,00	59,00	-	219,00



Şekil 57. Türkiye’de yeraltı suyu kaynağının bölge bazında sayısı ve yüzdesi

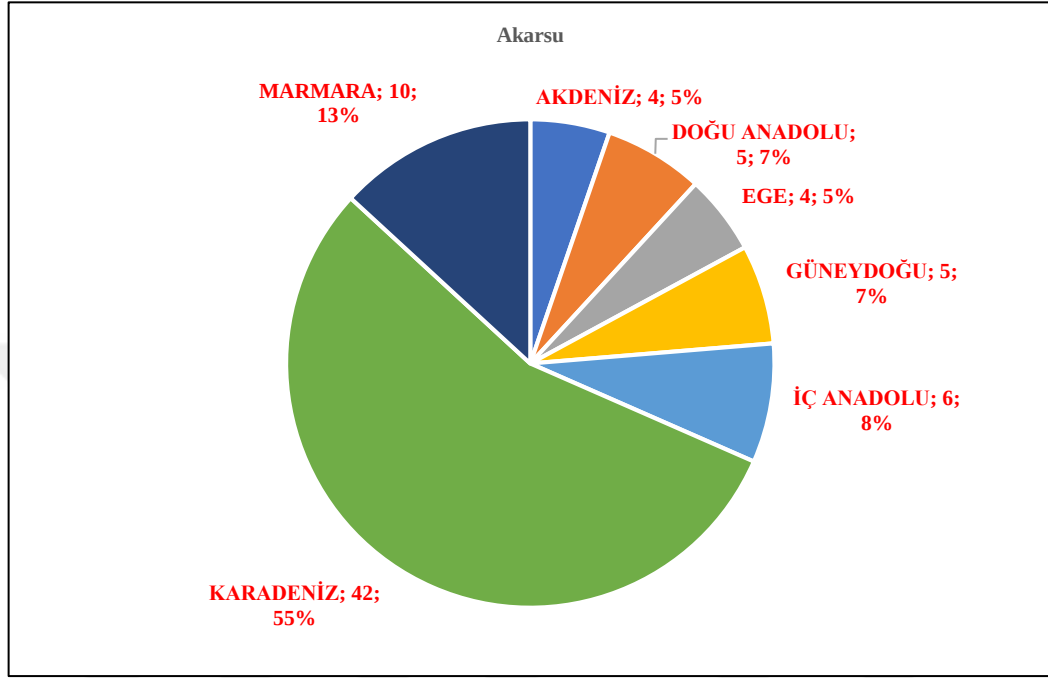
Şekil 57’ye göre en fazla yeraltı suyu kullanan bölge Doğu Anadolu bölgesi (16 tesis) iken en az kullanan bölge Marmara bölgesidir (1 tesis). Türkiye’de toplam 43 tesis yeraltı suyunu kullanmaktadır. Doğu Anadolu’da yeraltı suyu kullanımı oldukça yaygın iken, Marmara ve Akdeniz gibi kıyı bölgelerinde nerdeyse hiç kullanılmamaktadır. Bu durum iç bölgelerde yüzey sularına erişimin zor olması ile açıklanabilir.



Şekil 58. Türkiye’de yüzey suyu etkisinde suyu kaynağının bölge bazında sayısı ve yüzdesi

Şekil 58’e göre yüzey suyu etkisinde yeraltı suyu kullanımı sadece 3 bölgede kullanılmaktadır. Bunlar; Doğu Anadolu, Güneydoğu Anadolu ve Akdeniz bölgesidir.

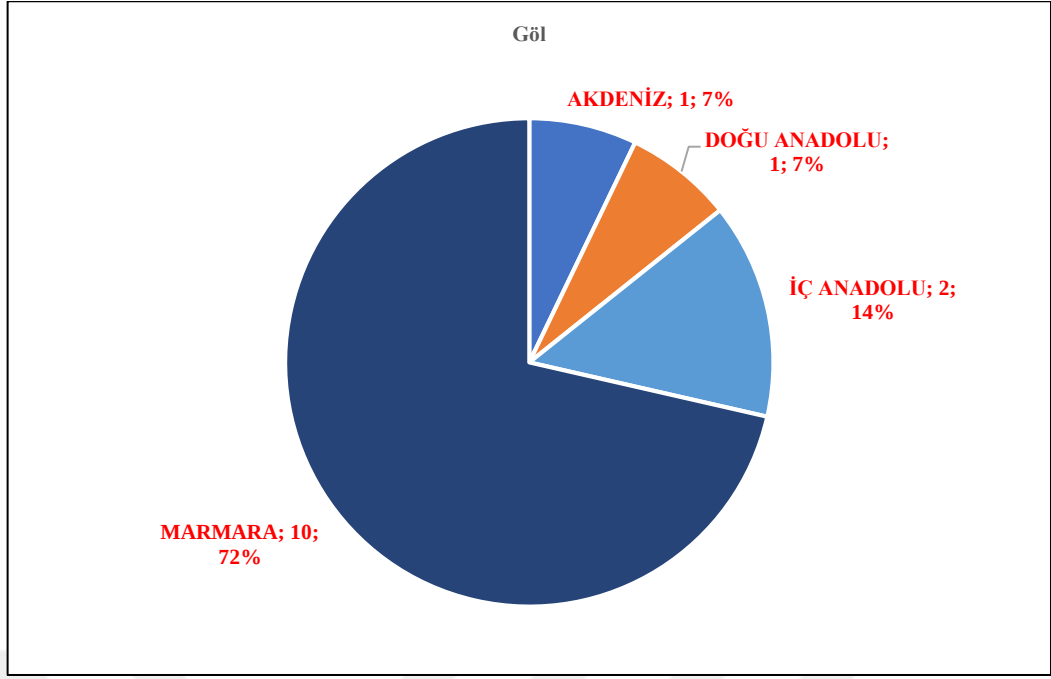
Karadeniz, Marmara, Ege ve İç Anadolu’da yüzey suyu etkisinde yeraltı suyu kaynağı hiç kullanılmamaktadır. Türkiye genelinde sadece 7 tesiste yüzey suyu etkisinde yeraltı suyu kaynağı kullanılmaktadır. Yüzey suyu etkisinde yeraltı suyu kaynağı toplamda çok az kullanılan bir kaynak olup akarsuların bol olduğu Karadeniz ve barajların güçlü olduğu Marmara ve İç Anadolu bölgelerinde hiç yer almamaktadır.



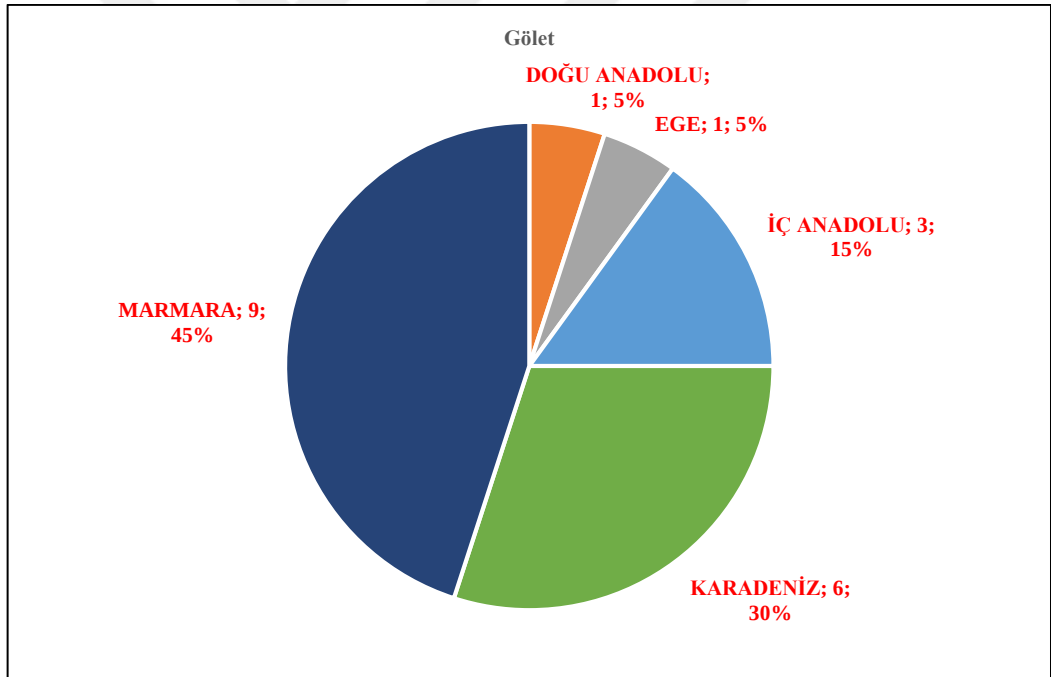
Şekil 59. Türkiye’de akarsu kaynağının bölge bazında sayısı ve yüzdesi

Şekil 59’a göre Türkiye’de içme suyu arıtma tesislerinde en fazla akarsu kullanan bölge Karadeniz bölgesi (42 tesis) ve en az akarsu kullanan bölge Ege (4 tesis) ve Akdeniz bölgesidir (4 tesis). Türkiye genelinde 76 tesiste ham su kaynağı akarsudur. Karadeniz bölgesi akarsu kaynakları açısından en zengin bölge olarak öne çıkmaktadır. Bu durum Karadeniz bölgesinin bol yağış alması ve çok sayıda dere ve nehre sahip olması ile açıklanabilir. Ayrıca Ege ve Akdeniz bölgelerinde ise akarsu kaynağının kullanımının sınırlı olduğu görülmektedir.

Şekil 60’a göre Türkiye’de içme suyu arıtma tesislerinde en fazla göl kullanan bölge Marmara bölgesi (10 tesis) ve en az göl kullanan bölge Doğu Anadolu (1 tesis) ve Akdeniz bölgesidir (1 tesis). İçme suyu arıtma tesislerinde ham su kaynağı olarak göl kullanmayan bölgeler Güneydoğu Anadolu, Karadeniz ve Ege bölgesidir. Türkiye genelinde toplam 14 tesiste göl ham su kaynağı olarak kullanılmaktadır. İçme suyu arıtma tesislerinde ham su kaynağı olarak göl Marmara ve İç Anadolu’da yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak Karadeniz bölgesi gibi su açısından zengin bir bölgede göl kullanımının olmaması dikkat çekici bir husustur.

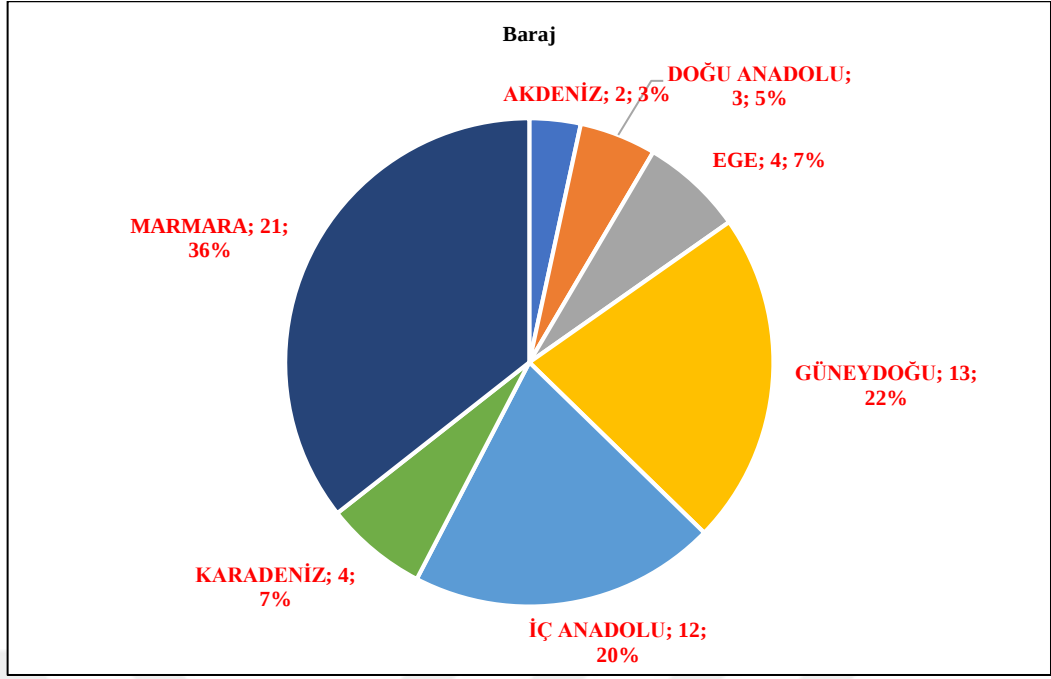


Şekil 60. Türkiye’de göl kaynağının bölge bazında sayısı ve yüzdesi



Şekil 61. Türkiye’de gölet kaynağının bölge bazında sayısı ve yüzdesi

Şekil 61’e göre Türkiye’de içme suyu arıtma tesislerinde en fazla gölet kullanan bölge Marmara bölgesi (9 tesis) ve en az gölet kullanan bölge Doğu Anadolu (1 tesis) ve Ege bölgesidir (1 tesis). İçme suyu arıtma tesislerinde ham su kaynağı olarak gölet kullanmayan bölgeler Güneydoğu Anadolu ve Akdeniz bölgesidir. Türkiye genelinde 20 tesiste ham su kaynağı olarak gölet kullanılmaktadır. Güneydoğu Anadolu bölgesinde; içme suyu arıtma tesislerinin ham su kaynağı büyük ölçüde barajlardan karşılanmaktadır.



Şekil 62. Türkiye’de baraj kaynağının bölge bazında sayısı ve yüzdesi

Şekil 62’ye göre Türkiye’de içme suyu arıtma tesislerinde en fazla baraj kullanan bölge Marmara bölgesi (21 tesis) ve en az baraj kullanan bölge Doğu Anadolu (3 tesis) ve Akdeniz bölgesidir (2 tesis). Türkiye genelinde 59 tesiste ham su kaynağı olarak baraj kullanılmaktadır. Özetle içme suyu arıtma tesislerinde bölgesel ham su kaynağı kullanımı eğilimleri;

- En fazla su kaynağına sahip bölge Karadeniz bölgesidir (57 tesis). Ayrıca en çok akarsu ve gölet kullanılan bölgedir. En az su kaynağına sahip bölge Akdeniz bölgesidir (8 tesis). Su kaynakları açısından en sınırlı bölgedir. Baraj kullanımının en fazla olduğu bölge Marmara bölgesidir (21 tesis). Yeraltı suyunun en çok kullanıldığı bölge Doğu Anadolu bölgesidir (16 tesis). Göl kaynağının en yaygın kullanıldığı bölge Marmara bölgesidir.
- İç bölgelerdeki (Doğu Anadolu ve İç Anadolu) içme suyu arıtma tesisleri ham su kaynağı olarak ağırlıklı olarak yeraltı suyunu kullanmaktadır.
- Yıllık yağış ortalaması Türkiye ortalamasının üzerinde olan Karadeniz bölgesinde akarsu ve göletler kullanılmaktadır.
- Su kıtlığı yaşanan bölgelerdeki içme suyu arıtma tesisleri ham su kaynağı olarak barajlar aktiftir. Sanayileşmiş bölgelerde (Marmara bölgesi) barajlar, göl ve göletler daha fazla kullanılmaktadır.
- Bu analiz sayesinde; Türkiye’de içme suyu arıtma tesislerinde ham su kaynaklarının bölgelere göre nasıl kullanıldığı ve hangi bölgelerde eksiklikler olduğu gelecek perspektifi ortaya konmaktadır. Örnek verilecek olursa; Doğu Anadolu ve İç

Anadolu bölgelerinde yeraltı suyu tüketimi kritik olup sürdürülebilir bir yönetim sağlanmalıdır.

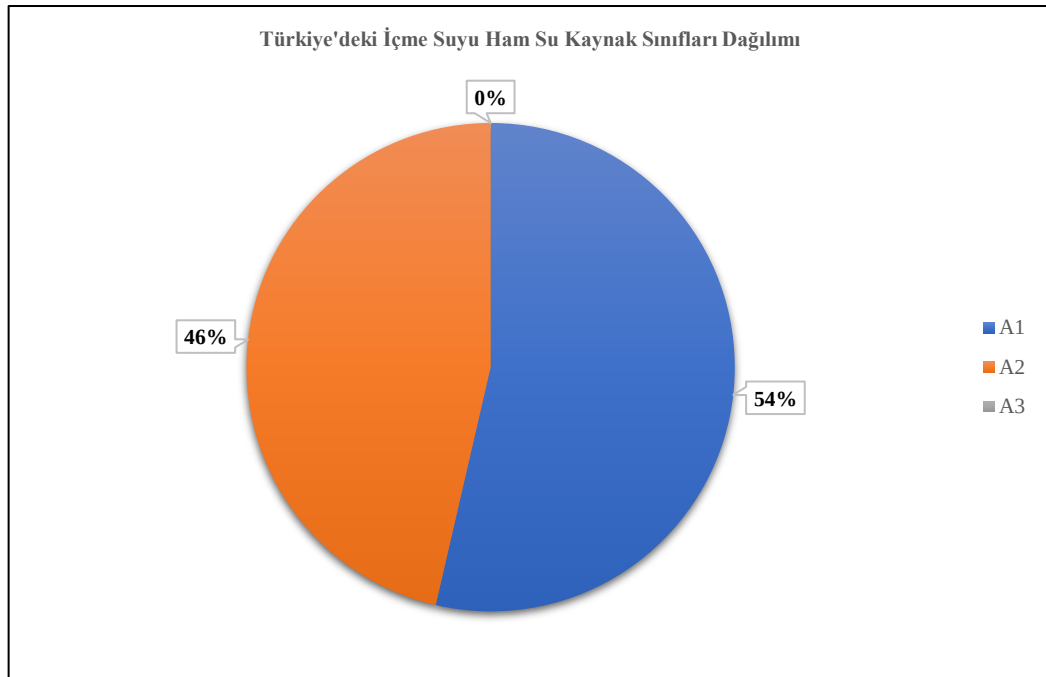
Ham su kalite sınıfı ve skorlama ilişkisi

Yapılan skorlama işlemleri sonucunda bölgelerde bulunan içme suyu arıtma tesislerinin ham su kalite sınıfı ve yüzde oranları Tablo 44’te verilmektedir.

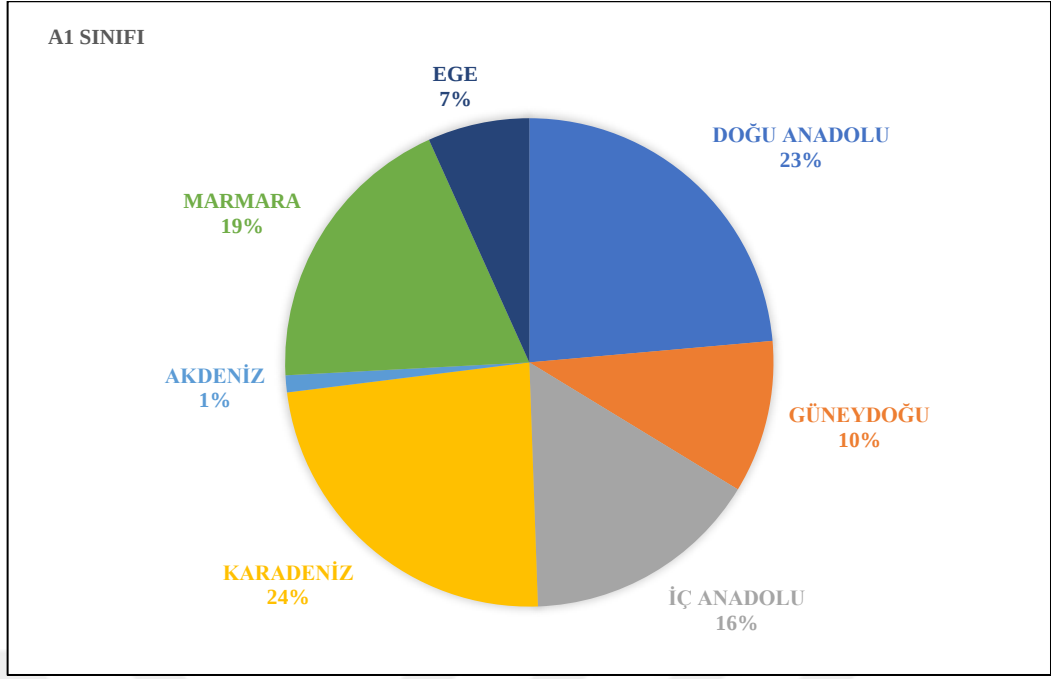
Tablo 44. Ham Su Kalite Sınıfı Sayısı

Bölge	A1	A2	A3	A1+A2+A3	%A1	%A2
Doğu	21,00	9,00	-	30,00	23,60	11,69
Güneydoğu	9,00	7,00	-	16,00	10,11	9,091
İç Anadolu	14,00	9,00	-	23,00	15,73	11,69
Karadeniz	21,00	21,00	-	42,00	23,60	27,27
Akdeniz	1,00	6,00	-	7,00	1,12	7,792
Marmara	17,00	19,00	-	36,00	19,10	24,68
Ege	6,00	6,00	-	12,00	6,74	7,792
Türkiye	89,00	77,00	-	166,00	53,61	46,39

Türkiye’de içme suyu arıtma tesislerinde ham su kategorisi A3 seçilen bir tesis reelde bulunmamaktadır. Bu, Türkiye’de içme suyu arıtma tesislerinde kullanılan kaynakların ileri arıtma gerektirecek düzeyde olmadığını göstermektedir. Çalışmada; yerel bazda bazı su kaynaklarının kötü kalitede olması genel veriye yansımamaktadır. Tüm tesislerin yaklaşık % 54’ü A1 kategori sınıfı % 46’sı ise A2 kategori sınıfına aittir (Şekil 63).

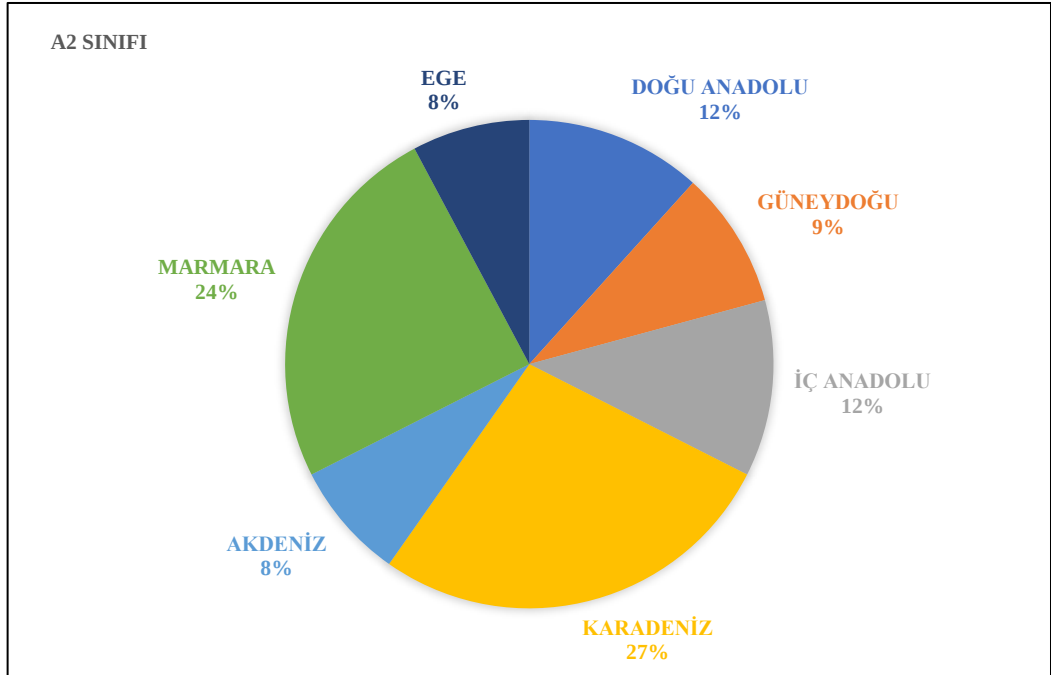


Şekil 63. Ham su sınıfı dağılımı



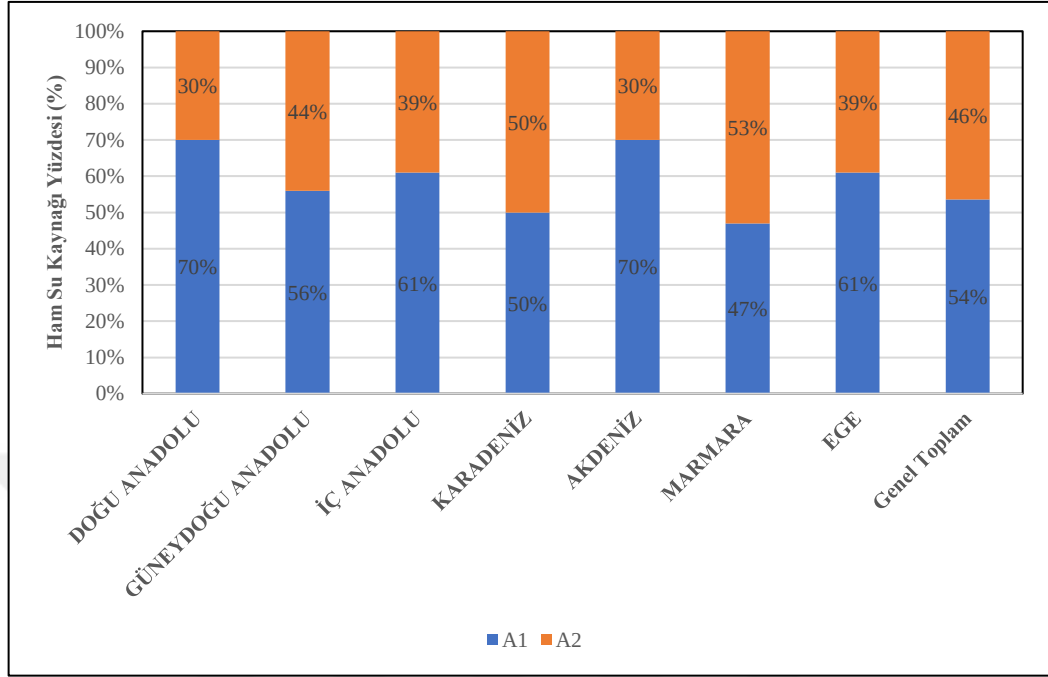
Şekil 64. Ham su A1 sınıfı

Şekil 64'e göre, A1 sınıfı içme suyu en fazla Doğu Anadolu (21 tesis) ve Karadeniz (21 tesis) bölgesindedir. Bu bölgelerde içme suyu basit dezenfeksiyon metotları ile içilebilir düzeye işaret etmektedir. Doğu Anadolu bölgesinde nüfus ve sanayi baskısı düşük olduğu için ham su kalite sınıfı yüksek olabilmektedir. Karadeniz bölgesinde ise yağış rejimi yüksek olduğu için, doğal filtrasyon süreçleri suyu daha temiz hale getirebilmektedir.



Şekil 65. Ham su A2 sınıfı

Şekil 65'e göre, A2 sınıfı en fazla Karadeniz (21 tesis) ve Marmara (19 tesis) bölgesindedir. Bu bölgelerde kentsel ve endüstriyel kirliliğin daha fazla olabileceği görülmektedir.



Şekil 66. Bölgelere göre ham su kaynağı kalite sınıflarına ait yüzde oranlar

Şekil 66'ya göre A1 ve A2 sınıfı dengesine göre; su kalitesinin iyi olduğu bölgeler Doğu Anadolu, Güneydoğu Anadolu ve İç Anadolu bölgesidir. A2 su sınıfının A1'den daha fazla olduğu bölgeler Karadeniz ve Marmara bölgesidir. En az A1 kalite sınıfına sahip tesis sayısı Akdeniz bölgesindedir. Ege bölgesinde A1 ve A2 sınıfı sayısı dengelidir. Ancak genel su kalitesi çok yüksek değildir. Elde edilen ham su kalite sınıflarına göre hem bölgesel hem yerel ölçüde ham su kalite sınıfına göre proses seçimi kamuda izlenen su politikaları doğrultusunda örtüşmemektedir. Örnek verilecek olursa Türkiye'de hiçbir bölge A3 sınıfına sahip ham su kalite sınıfı bulunmamaktadır. Ancak içme suyu arıtma tesislerinde A3 kalite sınıfına uygulanan proses dizayn ve seçimi görülmektedir. Yine Doğu Anadolu ve İç Anadolu bölgelerinde nispeten daha yüksek bulunan A1 kalite sınıfına ait tesislerde A2 ve A3 kalite sınıfına uygulanan proses dizayn ve seçimi görülmektedir.

Türkiye'de bulunan 180 adet içme suyu arıtma tesisi ham su kalite sınıfı (A1, A2 ve A3) ve proses konfigürasyonu uyumu 145 içme suyu arıtma tesisinde görülmemektedir. Çalışma neticesinde içme suyu yönetiminde uygulanan politikaların ve saha uygulamaları ile örtüşmediği net bir biçimde ortaya konmaktadır. Çalışmanın en çarpıcı sonuçlarından biridir.

Tablo 45. Ham Su Kalite Sınıfı Sayısı, Boyutlandırma Skoru ve Toplam Skor

Bölgeler	A1	A2	Boyutlandırma Skoru	Toplam Skor	%
Doğu Anadolu	21	9	498	1258	39,59
Güneydoğu	9	7	384	1321	29,07
İç Anadolu	14	9	450	1905	23,62
Karadeniz	21	21	588	2623	22,42
Akdeniz	1	6	167	628	26,60
Marmara	17	19	768	2915	26,35
Ege	6	6	174	844	20,62
Genel Toplam	89	77	3029	11494	26,35

Boyutlandırma skoru, tesislerin kapasitesine göre belirlenmiş bir kriterdir. Toplam skoru boyutlandırma skorunun ne kadar oranda etkilediği, A1 ve A2 sınıfları sayısı bölge bazında Tablo 45'te gösterilmektedir. Boyutlandırma skoru ile su kalite sınıf sayısı arasındaki ilişki;

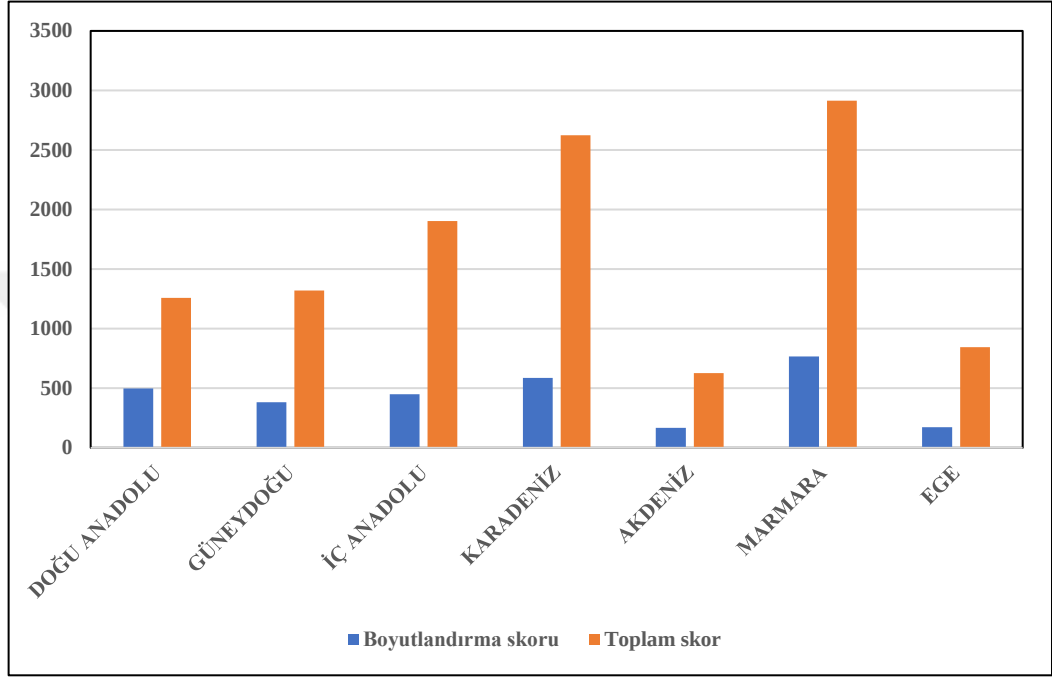
- Karadeniz bölgesi (588) Marmara bölgesi (768) en yüksek boyutlandırma skoruna sahip, A1 ve A2 sayıları yine bu bölgelerde yüksektir. Bu, daha büyük ölçekli tesislerin daha fazla su kaynağı işleyebildiğini ve farklı su kalite sınıflarına sahip olduğunu göstermektedir.
- Düşük boyutlandırma skoruna sahip tesislerde örneğin Akdeniz bölgesinde A1 su kaynağı sayısı en azdır. Ege bölgesinde de boyutlandırma skoru düşük A1 ve A2 su kaynakları sınırlıdır. Bu bölgelerde tesislerin kapasitesinin düşük olması, içme suyunun büyük kısmının daha fazla arıtma gerektirdiğini göstermektedir.
- Güneydoğu Anadolu bölgelerinde boyutlandırma skoru nispeten düşük A1 ve A2 sayıları diğer bölgelere göre azdır. Bu, tesis kapasitesinin su kalitesine doğrudan etki ettiğini göstermektedir. Doğu Anadolu bölgesinde; A1 oranı yüksek boyutlandırma skoru da orta düzeydedir.

Toplam skor, bir tesisin genel performansını gösteren bir ölçüttür. Su kalite sınıf sayısı ile ilişkisi;

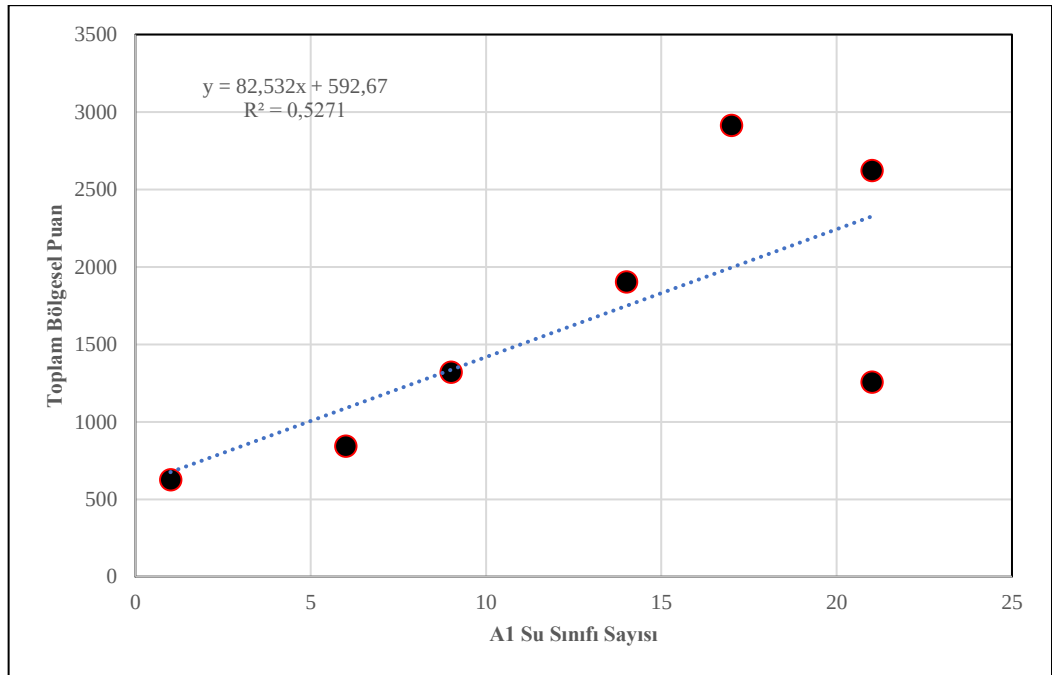
- Marmara ve Karadeniz bölgesi en fazla toplam skora sahip bölgelerdir. Bu bölgelerde A1 ve A2 sayıları yüksektir. Özellikle Marmara bölgesinde toplam skorun yüksek olması, burada bulunan tesislerin genellikle büyük ve kompleks yapılar olduğunu göstermektedir. Karadeniz bölgesinde ise hem toplam skor hem de A1 ve A2 sayıları oldukça fazla, bu da büyük tesislerin su kalitesine olumlu katkı sağladığını düşündürmektedir.
- Akdeniz ve Ege bölgesi en düşük toplam skora sahip iken A1 ve A2 sayıları da oldukça azdır. Akdeniz bölgesinde toplam skor 628, A1 kalite sınıfına sahip tesis sadece 1'dir. Bu durum, bölgede su kaynaklarının kalitesinin düşük olduğunu ve daha fazla arıtma gerektirdiğini göstermektedir.

- Doğu Anadolu ve İç Anadolu bölgeleri orta düzeyde bir toplam skora sahiptir. A1 ve A2 su kaynaklarının burada da yüksek sayıda olduğu görülmektedir. Toplam skorun artması ile su kalitesinin de genellikle daha iyi olduğu görülmektedir.

Sonuç olarak; boyutlandırma skoru ve toplam skor arasındaki ilişki Şekil 67’de görüldüğü üzere daha yüksek boyutlandırma skoru, genellikle daha fazla su kaynağını artıracak kapasiteyi göstermektedir.

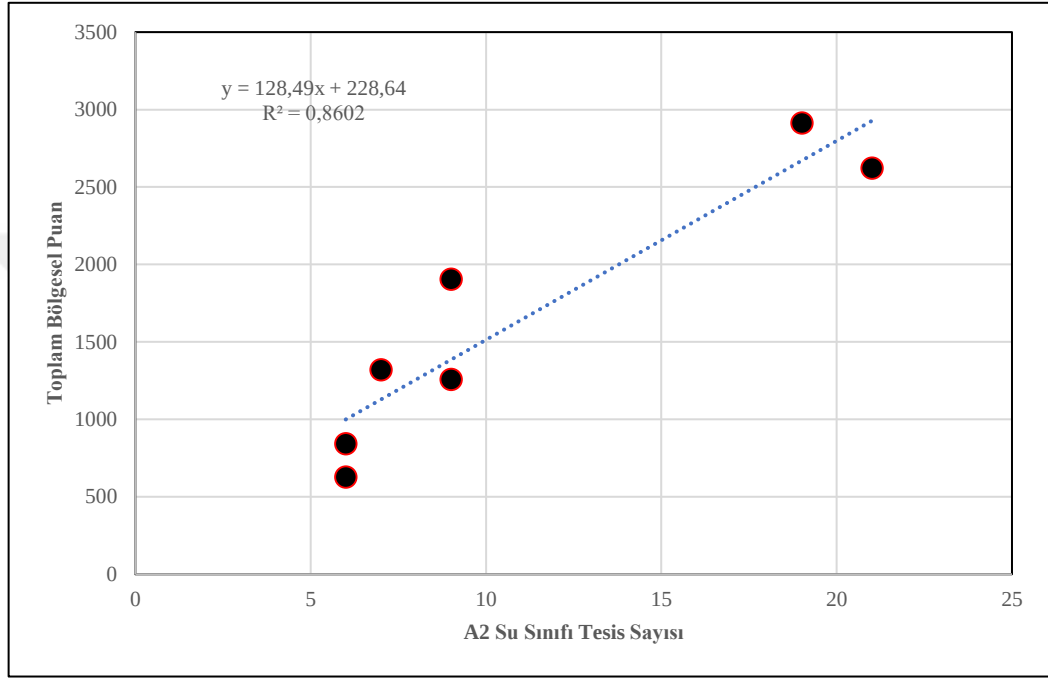


Şekil 67. Boyutlandırma skoru ve toplam skor arasındaki ilişki



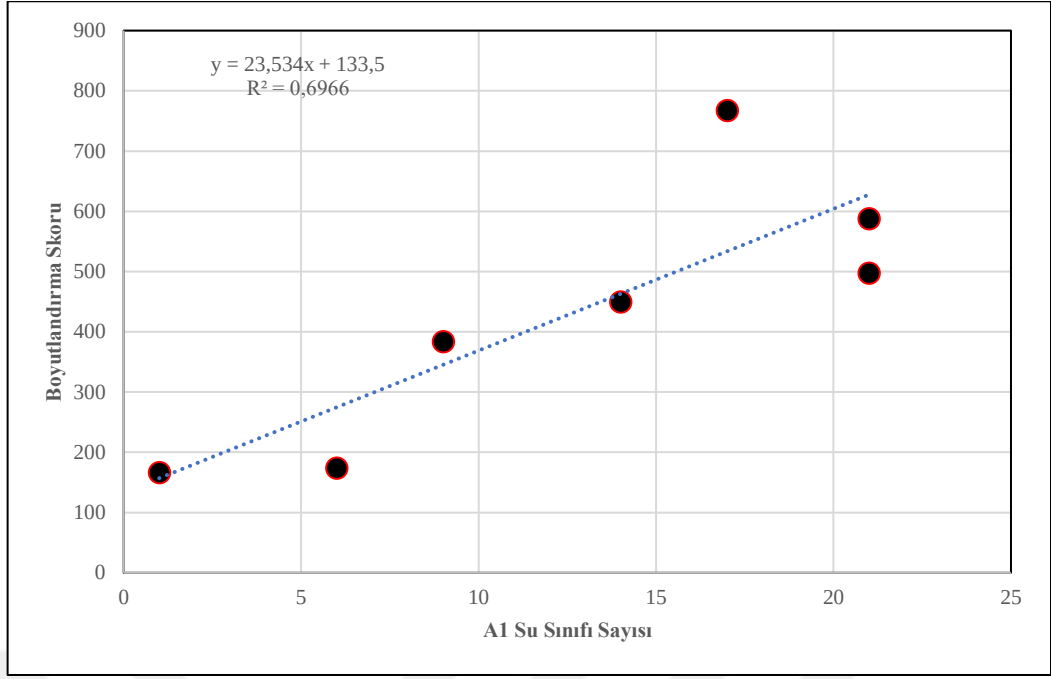
Şekil 68. Toplam skor ve A1 su sınıfı sayısı arasındaki ilişki

Şekil 68’de görülen grafikte A1 su sınıfı sayısı ve toplam bölgesel puan arasındaki ilişki incelenmektedir. A1 su sınıfı sayısı arttıkça toplam skorun da arttığı görülmektedir. Aynı analiz Şekil 69’da A2 su sınıfı için incelenmektedir. A2 su sınıfı ($R^2=0,8602$) toplam skoru belirlemede A1’e ($R^2=0,5271$) göre daha güçlü bir ilişki göstermektedir. A2 su sınıfı daha fazla arıtma gerektiren bir su olduğu için, bu tür su kaynaklarını işleyen tesislerin arıtma prosesleri daha karmaşık ve maliyetli olabilmektedir. Dolayısıyla A2 su sınıfı kaynaklar arttıkça tesislerin daha yüksek skora ulaşma eğiliminde olduğu görülmektedir.



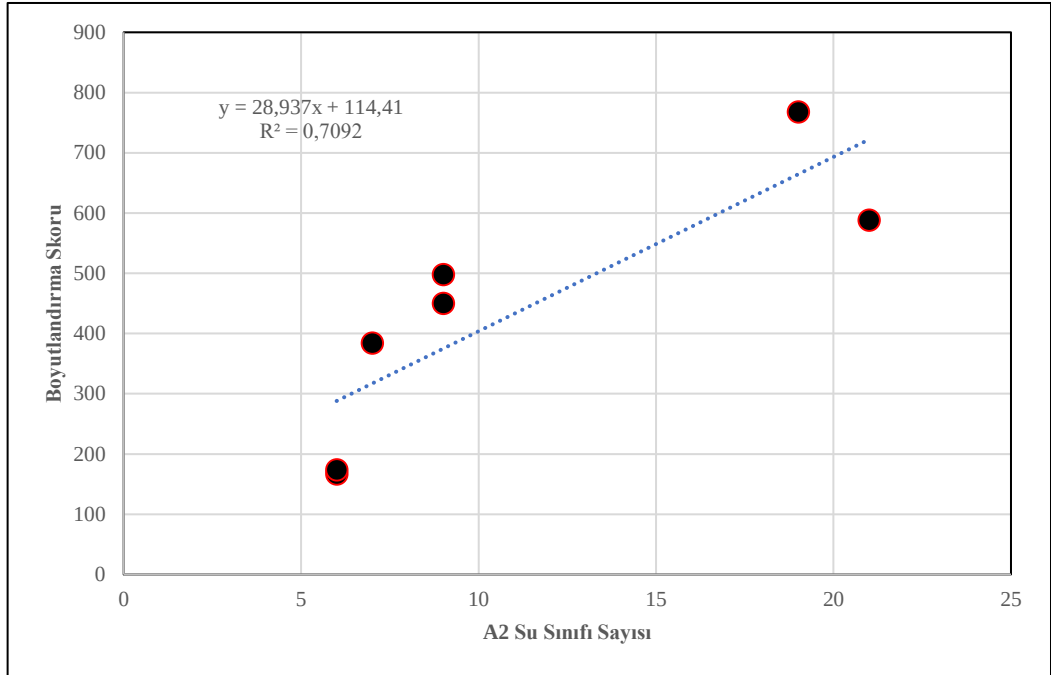
Şekil 69. Toplam skor ve A2 su sınıfı sayısı arasındaki ilişki

Şekil 70’de boyutlandırma skoru ile A1 su sınıfı sayısı arasındaki ilişki gösterilmektedir. Boyutlandırma skoru ile ($R^2=0,6966$) A1 su sınıfı arasındaki ilişki, toplam skor ile ($R^2=0,5271$) A1 arasındaki ilişkiden daha güçlüdür. Boyutlandırma skoru ve A1 su sınıfı sayısı arasında pozitif bir ilişki görülmektedir. Ancak eğim düşük olduğu için, A1 su sınıfı sayısı arttıkça boyutlandırma skoru kademeli bir artış göstermektedir. Toplam skor, A1 su sınıfı sayısına göre daha hızlı artmaktadır. Bu da toplam skorun belirlenmesinde sadece su kalitesinin değil, diğer kriterlerin baskın olabileceğini göstermektedir. Kolerasyon gücü açısından bakıldığında boyutlandırma skoru ile A1 arasındaki ilişki, toplam skor ile A1 arasındaki ilişkiden daha güçlüdür. Bu, su kalitesinin tesis boyutlandırmasında önemli bir kriter olabileceğini göstermektedir. Sonuç olarak, A1 su sınıfı sayısının toplam skoru etkilemede gücü daha yüksek, ancak boyutlandırma skoru ile ilişkisi daha güçlü ve dengelidir.



Şekil 70. Boyutlandırma skoru ve A1 su sınıfı sayısı arasındaki ilişki

Şekil 71’de A2 su sınıf sayısının boyutlandırma skoru ile ilişkisi ($R^2=0,7092$) A1 su sınıf sayısının boyutlandırma skoru ile ilişkisinden ($R^2=0,6966$) biraz daha güçlüdür. Genel olarak A2 su sınıf sayısı arttıkça boyutlandırma skoru da artmaktadır. A2 su sınıfının A1’e göre boyutlandırma skorunu etkileme gücü daha fazladır. Tesislerin boyutlandırma hesaplarında, su kalite sınıfının önemli bir faktör olduğu görülmektedir.



Şekil 71. Boyutlandırma skoru ve A2 su sınıfı sayısı arasındaki ilişki

Debi ve skorlama ilişkisi

Debi, bir içme suyu arıtma tesisinin kapasitesini ve hizmet büyüklüğünü doğrudan belirleyen ana kriterlerden biridir. Tüm skorlama modellerinde tesis kapasite ve boyutlandırmasında debi temel kriterdir. Skorlama modellerinde debi aralıkları belirlenirken, farklı skorlama modellerindeki metodolojiler ve ülkemizde mevcutta bulunan tesislerinin tasarım proje ölçülerine göre skalalar oluşturulmuştur.

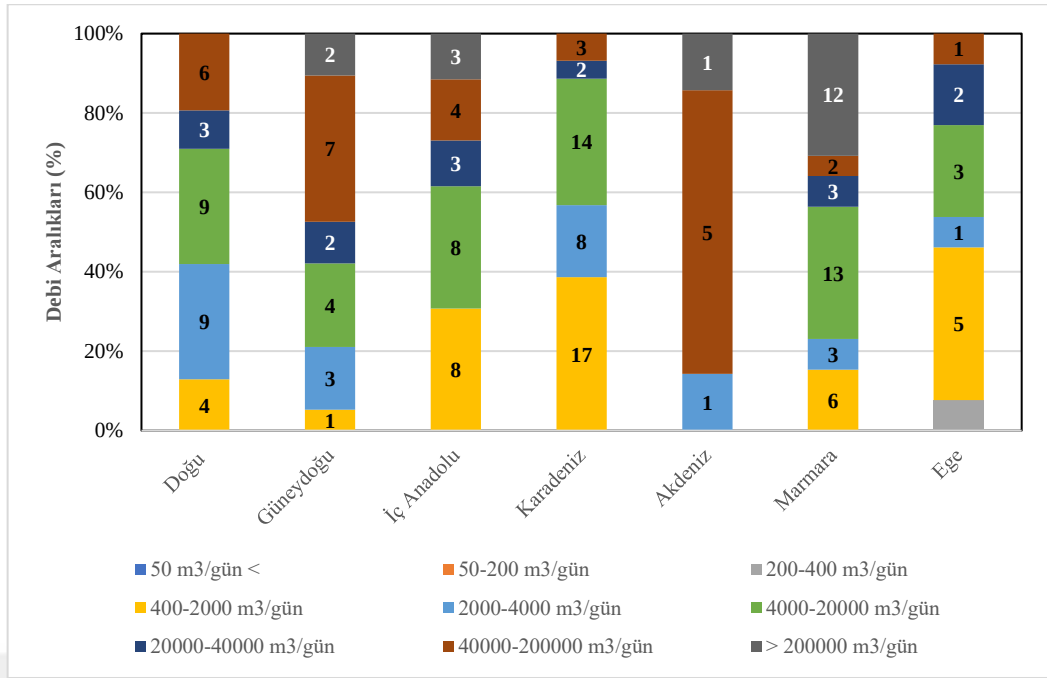
Örneğin debi aralıkları ülkemiz için belirlenirken en düşük debiye sahip Üsküp İçme suyu arıtma tesisi ve en yüksek debiye sahip Cumhuriyet İçme suyu Arıtma Tesisi göz önünde bulundurulmuştur. 50 ile 200 m³/gün aralığında içme suyu tesisleri debisi düşünülerek aralık belirlenmiş olup 200- 400 m³/gün aralığında ise içme suyu arıtma tesisi bulunmaktadır. Bunun dışında debi aralıkları belirlenirken mevcutta bulunan tesislerin debi değerleri minimum ve maksimum olacak şekilde debi skalasında yer almaktadır. Üsküp İçme suyu arıtma tesisi debi değerleri 50 ila 400 m³/gün arasındadır. İçme suyu arıtma tesisleri için ülkemizde en yüksek debi 720.000 m³/gün olan Cumhuriyet tesisleridir. Tablo 46'da skorlama sonucunda debi aralıklarında bölgelerde bulunan içme suyu arıtma tesisi sayıları görülmektedir.

Tablo 46. Bölgelere Ait Debi Aralıkları

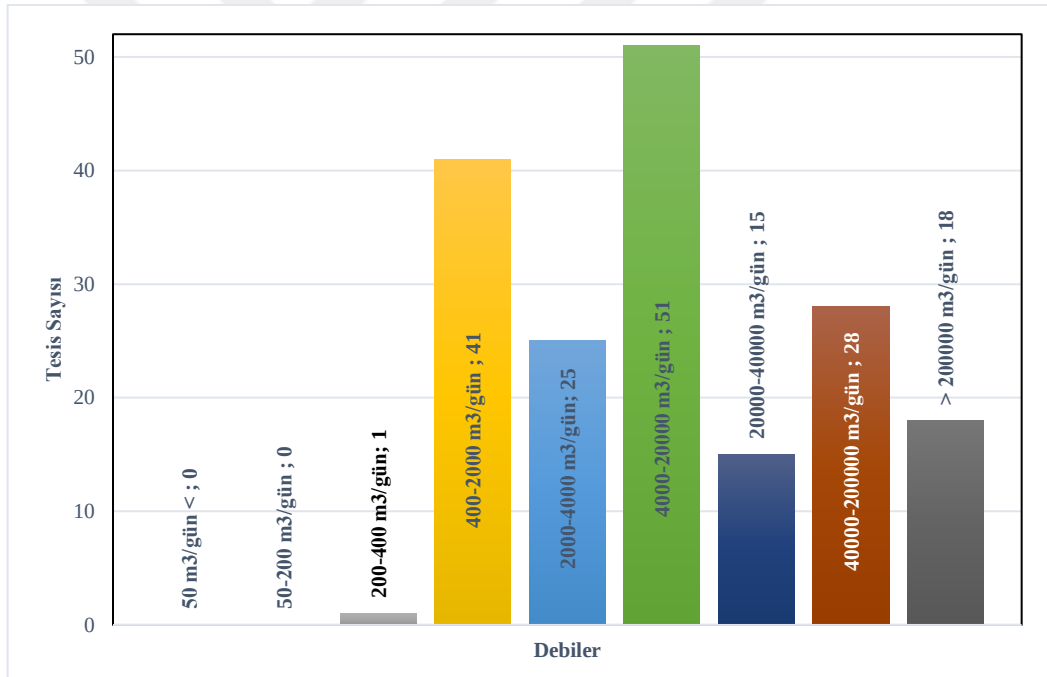
Debi (m ³ /gün)	Bölgeler						
	Doğu Anadolu	Güneydoğu Anadolu	İç Anadolu	Karadeniz	Akdeniz	Marmara	Ege
<50							
50-200							
200-400	-	-	-	-	-	-	1,00
400-2000	4,00	1,00	8,00	17,00		6,00	5,00
2000-4000	9,00	3,00	-	8,00	1,00	3,00	1,00
4000-20000	9,00	4,00	8,00	14,00	-	13,00	3,00
20000-40000	3,00	2,00	3,00	2,00	-	3,00	2,00
40000-200000	6,00	7,00	4,00	3,00	5,00	2,00	1,00
>200000	-	2,00	3,00	-	1,00	12,00	-

Bölgesel dağılımda; Karadeniz, İç Anadolu ve Marmara bölgeleri daha yüksek debili tesislere sahipken, Doğu ve Güneydoğu Anadolu'da daha düşük debiler yaygındır. Bu da altyapı gelişmişliği ve nüfus yoğunluğu ile doğrudan ilişkilidir.

400 – 2.000 m³/gün ve 2.000-4.000 m³/gün aralıklarında tesis sayısı oldukça fazladır. Bu durum küçük ve orta ölçekli tesislerin yaygın olduğunu göstermektedir. 200.000 m³/gün üzeri çok büyük kapasiteli tesisler sadece belirli bölgelerde bulunmaktadır (Şekil 72).



Şekil 72. Bölgelere ait debi aralıkları (%)



Şekil 73. Debi aralıklarında içme suyu arıtma tesisi sayısı

Şekil 73'e göre Türkiye'de; 4.000-20.000 m³/gün aralığında 51 adet, 400-200 m³/gün aralığında 41 adet, 40.000-200.000 m³/gün aralığında 28 adet, 2.000-4.000 m³/gün aralığında 25 adet, 200.000 m³/gün üzeri 18 adet, 20.000-40.000 m³/gün aralığında 15 adet ve 200-400 m³/gün 1 adet içme suyu arıtma tesisi bulunmaktadır. 2 adet tesis ise debi olarak 50 -200 m³/gün'ün altındadır.

Skorlama modelinde, tesis büyüklüğü arttıkça yani debisi yükseldikçe tesisin puanı da artmaktadır. Bu durum hem teknik yeterliliği hem de hizmet ettiği nüfusun büyüklüğünü temsil

etmektedir. Yüksek debiye sahip tesisler, genellikle gelişmiş altyapıya, daha fazla nüfusa hizmet verme kapasitesine ve daha karmaşık arıtma teknolojilerine sahiptir. Bu durum da Türkiye’deki içme suyu arıtma tesislerinin çoğunun küçük ve orta ölçekli olduğunu göstermektedir. 200.000 m³/gün üzerinde yalnızca 18 adet tesis olup büyükşehir gibi yüksek nüfuslu yerlerdedir. Türkiye’de bölgeler farklı debi gruplarında olsa da, 4.000-20.000 m³/gün aralığı hem kapasite hem de sayısal dağılım açısından skrolama sisteminin merkezini oluşturmaktadır.

Proses kriterleri ve skrolama ilişkisi

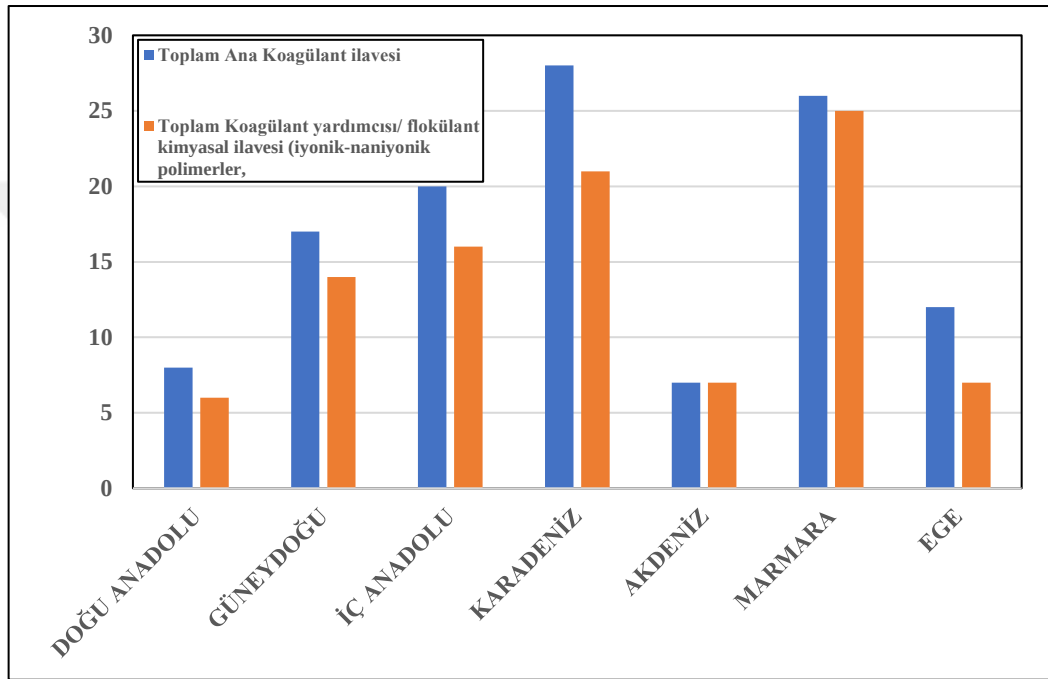
İçme suyu arıtma tesislerinde arıtmada rol oynayan en önemli proses koagülasyon (hızlı karıştırma) ve flokülasyon (yavaş karıştırma) prosesidir. Bu proseste ana koagülant ve yardımcı koagülant ilavesi esastır. Skrolama modeline göre ülkemizdeki içme suyu arıtma tesislerinin bölgesel bazda ana koagülant ve yardımcı koagülant ilavesi yapan tesis sayısı Tablo 47’de gösterilmektedir.

Tablo 47. Bölgelere Ait Ana Koagülant ve Yardımcı Koagülant İlavesi

Bölgeler	Ana Koagülant	Yardımcı Koagülant	Toplam Koagülant
Doğu Anadolu	8,00	6,00	14,00
Güneydoğu	17,00	14,00	31,00
İç Anadolu	20,00	16,00	36,00
Karadeniz	28,00	21,00	49,00
Akdeniz	7,00	7,00	14,00
Marmara	26,00	25,00	41,00
Ege	12,00	7,00	19,00
Türkiye	118,00	96,00	214,00

Türkiye’deki içme suyu arıtma tesislerinde ana koagülant ve yardımcı koagülant kullanımı bölgesel olarak farklılıklar göstermektedir. Ana koagülant kullanımı en fazla Karadeniz, Marmara ve İç Anadolu bölgesindeki tesislerdir. Ana koagülant kullanımının en az olduğu Akdeniz ve Doğu Anadolu bölgesindeki tesislerdir. Yardımcı koagülant kullanımı ise en fazla Marmara ve Karadeniz bölgesi en az Akdeniz bölgesindedir. Doğu Anadolu bölgesi ana koagülant kullanımı en düşük olan bölge olmasına rağmen, yardımcı koagülant kullanımı da oldukça sınırlıdır. Bu durum, bu bölgedeki tesislerin daha az gelişmiş teknolojiye sahip olduğunu göstermektedir. Güneydoğu Anadolu bölgesi hem ana koagülant hem de yardımcı koagülant kullanımı diğer bölgelere göre orta seviyededir. İç Anadolu bölgesi ana koagülant kullanım sayısı yüksek (20 tesis) ve yardımcı koagülant da yaygın olarak kullanılmaktadır (16 tesis). Bu bölgedeki tesisler, hem temel arıtma süreçlerinde hem de ileri teknoloji kullanımında önemli bir dengeyi göstermektedir. Karadeniz bölgesi ana koagülant kullanımı en yüksek

seviyededir (28 tesis), ancak yardımcı koagülant kullanım oranı daha düşüktür (21 tesis). Bu, Karadeniz'deki tesislerin büyük oranda ana koagülantla çalışırken, yardımcı koagülant kullanımını sınırlı tutan tesisler olduğunu gösterebilir. Akdeniz bölgesi her iki koagülant kullanımında da düşük seviyeler göstermektedir. Akdeniz bölgesindeki tesislerin, özellikle yardımcı koagülant konusunda daha az kullanımı, gelişmiş koagülasyon süreçlerinden uzak kalmalarına neden olabilir. Marmara bölgesi hem ana koagülant hem de yardımcı koagülant kullanımının yüksek olması, bu bölgedeki tesislerin en gelişmiş su arıtma sistemlerine sahip olduğunu ve çeşitli koagülasyon yöntemlerine başvurduklarını göstermektedir.



Şekil 74. Bölgesel bazda ana koagülant ve yardımcı koagülant kullanan tesis sayısı

Şekil 74'e göre; Marmara ve İç Anadolu bölgeleri, hem ana koagülant hem de yardımcı koagülant kullanımında yüksek sayılara sahiptir. Bu bölgelerde, gelişmiş su arıtma teknolojilerinin yaygın olduğu söylenebilir. Gelişmekte olan bölgelerden Doğu Anadolu ve Akdeniz bölgeleri, hem ana koagülant hem de yardımcı koagülant kullanımı konusunda daha düşük seviyelerde kalmaktadır. Bu, bu bölgelerdeki tesislerin daha az gelişmiş arıtma sistemlerine sahip olduğuna işaret etmektedir. Koagülant dengelemesi için Marmara'da hem ana koagülant hem de yardımcı koagülant kullanımı dengelidir, bu da bu bölgede daha kompleks su arıtma yöntemlerinin tercih edildiğini göstermektedir. Diğer bölgeler ise ya sadece ana koagülant kullanımı ile yetinmiş ya da yardımcı koagülant kullanımı düşük kalmıştır.

Türkiye'deki içme suyu arıtma tesislerinde kullanılan dezenfeksiyon proseslerinin bölgesel dağılımı ve bunları kullanan tesislerin sayısı Tablo 48'de gösterilmektedir.

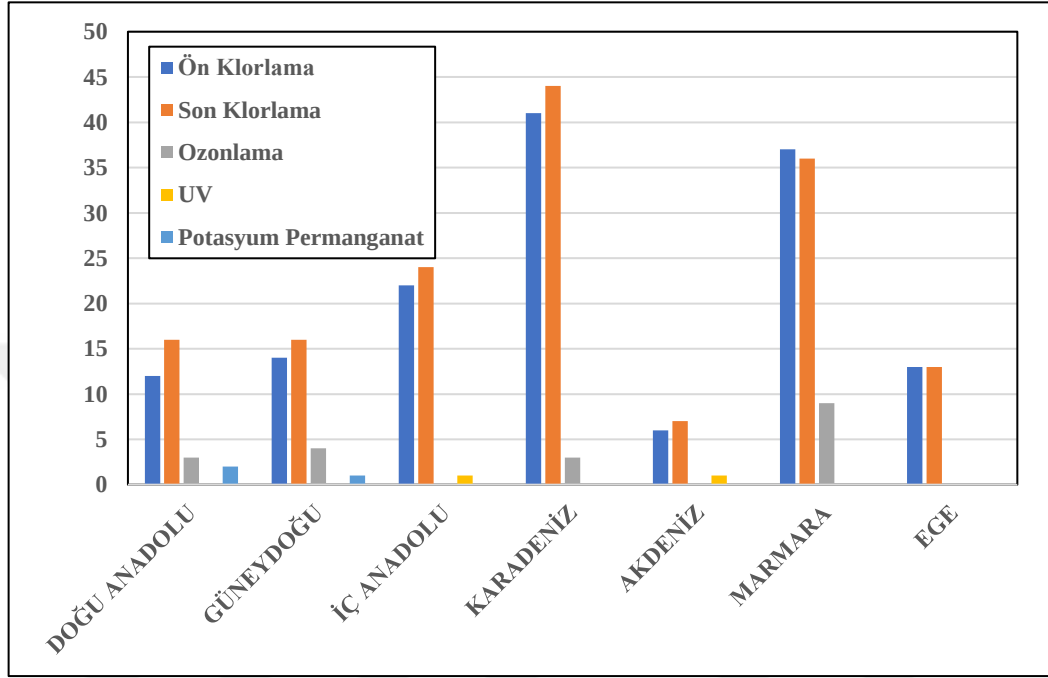
Tablo 48. Bölgelere Ait Dezenfeksiyonda Kullanılan Proseslerin Sayısı

Bölgeler	Ön Klorlama	Son Klorlama	Ozon	Potasyum Permanganat	UV	Toplam
Doğu Anadolu	12,00	16,00	3,00	2,00	0,00	33,00
Güneydoğu	14,00	16,00	4,00	1,00	0,00	35,00
İç Anadolu	22,00	24,00	0,00	0,00	1,00	47,00
Karadeniz	41,00	44,00	3,00	0,00	0,00	88,00
Akdeniz	6,00	7,00	0,00	0,00	1,00	14,00
Marmara	37,00	36,00	9,00	0,00	0,00	82,00
Ege	13,00	13,00	0,00	0,00	0,00	26,00
Türkiye	145,00	156,00	19,00	3,00	2,00	325,00

Ön klorlama; Türkiye genelinde 145 içme suyu arıtma tesisinde yapılmaktadır. Bu işlem, suyun arıtma aşamalarına başlanılmadan önce yapılan yaygın bir dezenfeksiyon işlemidir. Ön klorlamanın en fazla kullanıldığı Karadeniz ve Marmara bölgeleridir. Son klorlama en yaygın dezenfeksiyon işlemi olup tüm bölgelerde dezenfeksiyonda en fazla kullanılan proses olmaktadır. Türkiye’de en yüksek son klorlama tesis sayısına Marmara bölgesi sahiptir. Ozon ve potasyum permanganat genellikle daha hassas ve belirli koşullarda kullanılan dezenfeksiyon prosesleridir. Dolayısıyla sınırlı sayıda tesis tarafından tercih edilmektedir. Ozon prosesi Güneydoğu Anadolu ve Marmara bölgelerinde daha yaygın iken potasyum permanganatın kullanım yaygınlığı daha azdır. Şekil 75’e göre bölgesel bazda kıyaslama ve çıkarımlar;

- Doğu Anadolu ve Güneydoğu bölgelerinde; ön klorlama daha az tercih edilmektedir. Bu durum, bu bölgelerde su arıtma tesislerinin daha sınırlı kapasitede ve yüksek teknolojide veya ham su kalitesinin daha az kirlilik yüküne sahip olabileceğini gösterebilir. Son klorlama ise bu bölgelerde yaygın olarak kullanılmaktadır.
- İç Anadolu bölgesinde hem ön klorlama hem de son klorlama işlemlerinin eşit seviyede yaygın olması, bu bölgede daha dengeli ve çok aşamalı bir su arıtma sürecinin tercih edildiğini göstermektedir.
- Karadeniz bölgesi, hem ön klorlama hem de son klorlama işlemleri için en yüksek tesis sayısına sahip olup, bu bölgenin yüksek su arıtma gereksinimleri olduğunu ve suyun yüksek kaliteli olması gerektiğini göstermektedir.
- Marmara bölgesindeki yüksek son klorlama sayısı, tesis sayısının fazla olmasından kaynaklı olup son klorlama yönetmelik gereğince zaruri olduğundan herhangi bir kıyaslamaya gerek görülmemektedir. Dolayısıyla tesis sayısı az bölgede son klorlama prosesi az, tesis sayısı fazla olan bölgede son klorlama prosesi fazladır.

- Ege bölgesinde hem ön klorlama hem de son klorlama işlemleri, diğer bölgelere göre daha düşük sayılardadır. Ancak, bu durumun bölgedeki tesislerin arıtma kapasitesine ve suyun kirlenme düzeyine bağlı olabileceği düşünülebilir.
- Akdeniz bölgesinde toplam tesis sayısına göre hem ön klorlama hem de son klorlama işlemlerinin eşit seviyede yaygın görülmektedir.



Şekil 75. Bölgesel bazda dezenfeksiyon prosesi kullanan tesis sayısı

Türkiye’deki içme suyu arıtma tesislerinde kullanılan dezenfeksiyon proseslerinin ölçeklere göre dağılımını Tablo 49 göstermektedir.

Tablo 49. Ölçek Bazında Dezenfeksiyonda Kullanılan Proseslerin Sayısı

Ölçek	Ön Klorlama	Son Klorlama	Ozon	Potasyum Permanganat	UV	Toplam
Çok Küçük	18,00	24,00	0,00	0,00	0,00	42,00
Küçük	34,00	34,00	0,00	0,00	0,00	68,00
Orta	60,00	56,00	8,00	0,00	2,00	126,00
Büyük	30,00	31,00	2,00	1,00	0,00	64,00
Çok Büyük	3,00	11,00	9,00	2,00	0,00	25,00
Türkiye Geneli	145,00	156,00	19,00	3,00	2,00	325,00

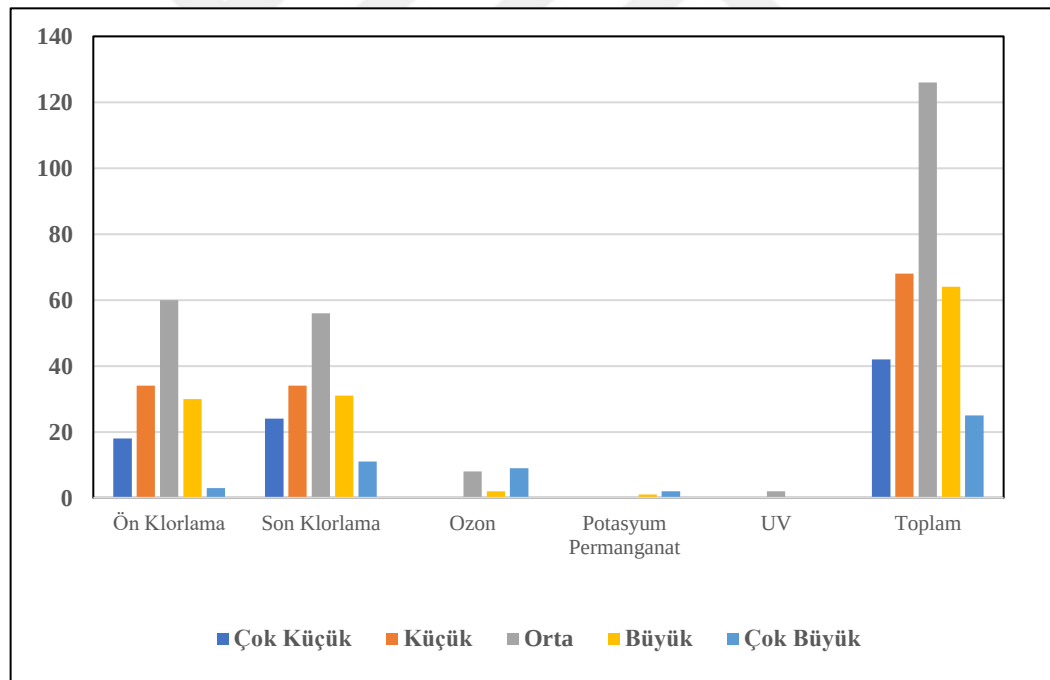
Şekil 76 ölçek bazında kullanılan dezenfeksiyon proseslerini kıyaslamalı göstermektedir. Çok küçük ve küçük ölçekli tesislerde genellikle ön klorlama ve son klorlama tercih edilmektedir. Ancak, ozon, potasyum permanganat ve UV gibi daha gelişmiş dezenfeksiyon yöntemlerinin kullanımı çok düşüktür. Bu, genellikle daha düşük kapasitedeki

tesislerde, süreçlerin basit tutulduğunu ve temel dezenfeksiyon yöntemlerinin tercih edildiğini göstermektedir.

Orta ölçekli tesislerde dezenfeksiyon yöntemleri daha çeşitlenmektedir. Ön klorlama ve son klorlama hâlâ baskın olsa da, ozon ve UV gibi daha gelişmiş proseslerin kullanımına da rastlanmaktadır. Bu, orta ölçekli tesislerin daha gelişmiş teknolojilere sahip olabileceğini ve suyun kalitesini arttırmak için daha fazla çaba gösterdiğini gösterebilir.

Büyük ölçekli tesislerde, daha fazla son klorlama uygulanırken, ozon ve potasyum permanganat kullanımı sınırlıdır. Ancak, son klorlama genellikle ana dezenfeksiyon metodu olarak kullanılmaktadır.

Çok büyük ölçekli tesislerde son klorlama ön plana çıkmaktadır. Ayrıca, ozon ve potasyum permanganat gibi daha sofistike dezenfeksiyon süreçlerinin daha yaygın kullanılmasına rağmen, ön klorlama kullanımı çok daha düşüktür. Bu, yüksek kapasiteli tesislerin daha gelişmiş ve karmaşık süreçlere odaklandığını ve basit işlemlerden kaçınıldığını göstermektedir.



Şekil 76. Ölçek bazında dezenfeksiyon prosesi kullanan tesis sayısı

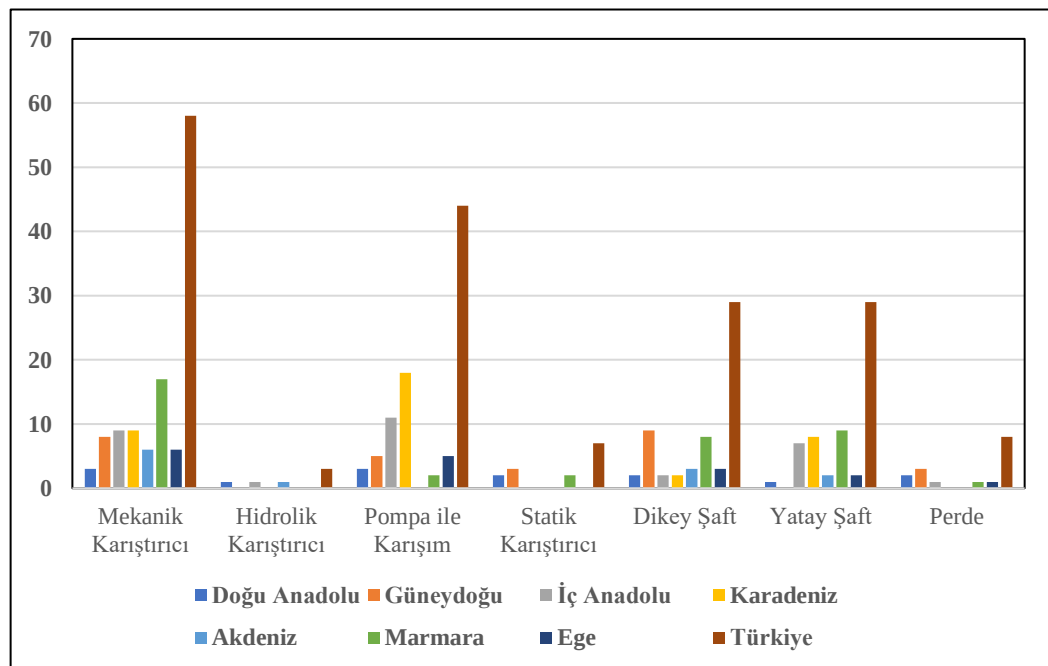
Tesis ölçeği büyüdükçe, ön klorlama ve son klorlama gibi temel dezenfeksiyon yöntemleri kullanılırken, daha sofistike ve gelişmiş dezenfeksiyon tekniklerine olan ilgi artmaktadır. Özellikle çok büyük ölçekli tesislerde, suyun daha karmaşık arıtılması için ozon ve potasyum permanganat gibi teknolojilerin kullanılması yaygınlaşmıştır. Küçük ve orta ölçekli tesislerde ise daha basit ve ekonomik işlemler tercih edilmektedir.

Tablo 50’de Türkiye’deki içme suyu arıtma tesislerinde koagülasyon flokülasyon proseslerinde kullanılan karıştırıcı tipleri verilmektedir.

Tablo 50. Bölge Bazında Koagülasyon-Flokülasyonda Kullanılan Karıştırıcı Tipi ve Sayısı

Bölgeler	Mekanik Karıştırıcı	Hidrolik Karıştırıcı	Pompa ile Karışım	Statik Karıştırıcı	Dikey Şaft	Yatay Şaft	Perde
Doğu Anadolu	3,00	1,00	3,00	2,00	2,00	1,00	2,00
Güneydoğu	8,00	0,00	5,00	3,00	9,00	0,00	3,00
İç Anadolu	9,00	1,00	11,00	0,00	2,00	7,00	1,00
Karadeniz	9,00	0,00	18,00	0,00	2,00	8,00	0,00
Akdeniz	6,00	1,00	0,00	0,00	3,00	2,00	0,00
Marmara	17,00	0,00	2,00	2,00	8,00	9,00	1,00
Ege	6,00	0,00	5,00	0,00	3,00	2,00	1,00
Türkiye	58,00	3,00	44,00	7,00	29,00	29,00	8,00

Bölgesel bazda kullanılan karıştırıcı tipleri karşılaştırmalı olarak Şekil 77’de gösterilmektedir. Türkiye genelinde mekanik karıştırıcılar en yaygın kullanılan karıştırıcı tipi olup özellikle Marmara Bölgesi’nde yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Hidrolik karıştırıcılar Türkiye’de çok az kullanılan bir karıştırıcı türüdür. Sadece Akdeniz, Doğu ve İç Anadolu bölgelerinde sınırlı sayıda kullanım gözlemlenmektedir. Bu tip karıştırıcıların daha basit ve ekonomik sistemlerde tercih edildiği düşünülebilir. Pompa karıştırıcılar, özellikle Karadeniz ve İç Anadolu bölgelerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Statik karıştırıcılar; Marmara, Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde yaygın olarak kullanılmakta diğer bölgelerde ise kullanılmamaktadır. Dikey şaft ve yatay şaft yaygın olarak Marmara bölgesinde kullanılmaktadır. Perde karıştırıcılar, Türkiye genelinde çok nadir kullanılmaktadır.



Şekil 77. Ölçek bazında karıştırıcı tipi ve sayısı

İçme suyu arıtımında, karıştırıcı tiplerinin ölçek bazında değerlendirilmesi Tablo 51’de ve Şekil 78’de gösterilmektedir.

Tablo 51. Ölçek Bazında Karıştırıcı Tipi ve Sayısı

Ölçek	Mekanik Karıştırıcı	Hidrolik Karıştırıcı	Pompa ile Karışım	Statik Karıştırıcı	Dikey Şaft	Yatay Şaft	Perde
Çok Küçük	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Küçük	1,00	0,00	20,00	1,00	0,00	1,00	0,00
Orta	24,00	2,00	20,00	3,00	11,00	13,00	5,00
Büyük	24,00	1,00	3,00	2,00	10,00	14,00	2,00
Çok Büyük	9,00	0,00	0,00	1,00	8,00	1,00	1,00
Toplam	58,00	3,00	44,00	7,00	29,00	29,00	8,00

Mekanik Karıştırıcılar (58 tesis); Türkiye’deki karıştırıcıların çoğu mekanik karıştırıcıdır. Özellikle orta ve büyük ölçekli tesislerde yaygın olarak kullanıldığı görülmektedir. “Çok Küçük” ve “Küçük” ölçekli tesislerde ise neredeyse hiç kullanılmamaktadır.

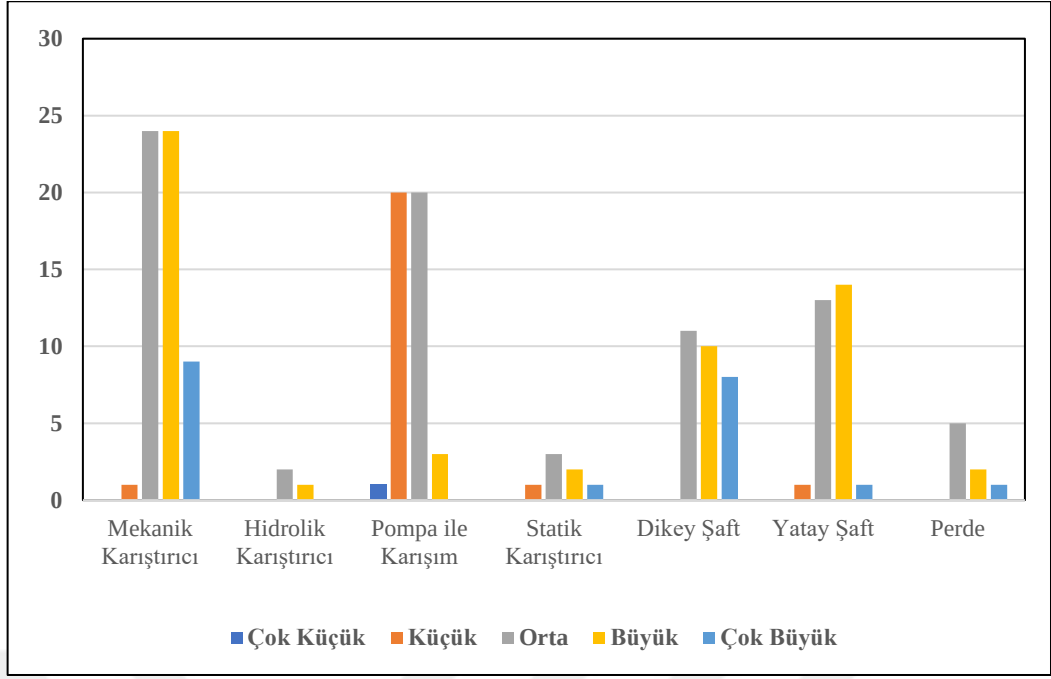
Hidrolik Karıştırıcılar (3 tesis); Türkiye genelinde hidrolik karıştırıcılar oldukça nadir kullanılmaktadır. Bu karıştırıcılar, genellikle düşük kapasiteye sahip tesislerde kullanılmakla birlikte Türkiye’de sınırlı sayıda örneği mevcuttur.

Pompa ile Karıştırma (44 tesis); pompa ile karıştırma özellikle küçük ve orta ölçekli tesislerde yaygın bir yöntemdir. Ayrıca büyük ölçekli tesislerde de bu tip karıştırıcılar kullanılmaktadır. Türkiye genelinde oldukça yüksek bir kullanım oranına sahiptir.

Statik Karıştırıcılar (7 tesis); Türkiye’deki tesislerin çoğunda statik karıştırıcılar kullanılmamaktadır. Bu tip karıştırıcıların kullanım oranı oldukça düşüktür.

Dikey Şaft ve Yatay Şaft (29 tesis); büyük tesislerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu karıştırıcılar, özellikle büyük ölçekli tesislerde ve suyun hızlı bir şekilde karıştırılması gereken durumlarda kullanılır.

Perde Karıştırıcılar (8 tesis); Türkiye’de çok nadir kullanılmaktadır. Genellikle büyük tesislerde bulunan bu tip karıştırıcılar, özellikle verimli karıştırma için kullanılan özel sistemlerdir.

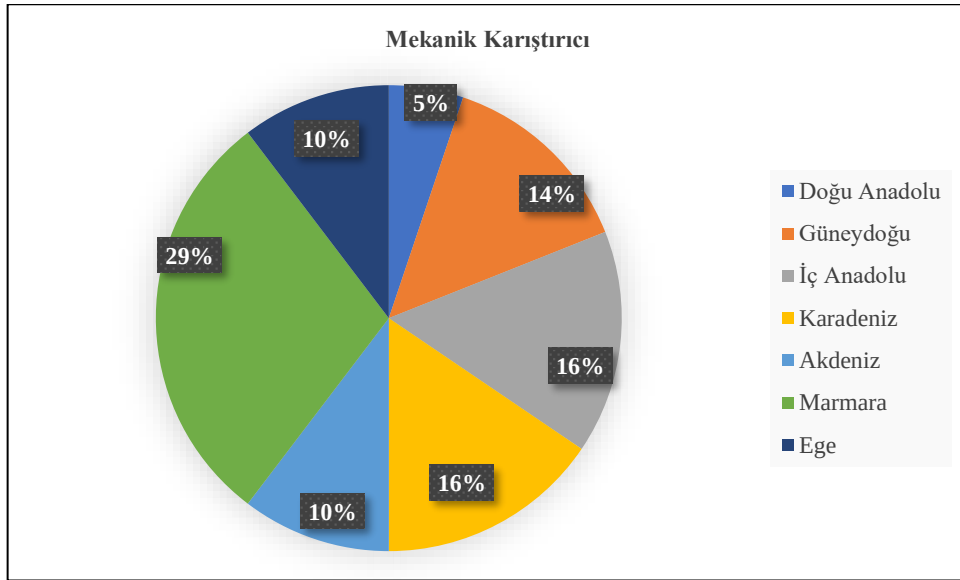


Şekil 78. Türkiye’de ölçek bazında karıştırıcı kullanımı

Özetle;

- Mekanik karıştırıcılar, Türkiye’deki tesislerin çoğunda yaygın bir şekilde kullanılmakta olup özellikle orta ve büyük ölçekli tesislerde tercih edilmektedir.
- Pompa ile karıştırma, özellikle orta ölçekli tesislerde çok yaygın bir yöntemdir.
- Hidrolik karıştırıcılar ise Türkiye’de neredeyse hiç kullanılmamaktadır.
- Statik karıştırıcılar, sadece belirli büyük tesislerde, nadiren kullanılan bir tiptir ve çoğu tesisin ihtiyacı olmadığı düşünülmektedir.
- Dikey ve yatay şaft karıştırıcıları, daha büyük tesislerde verimli bir karıştırma sağlamak için kullanılır ve bu karıştırıcılar çoğunlukla büyük ölçekli tesislerde tercih edilmektedir.

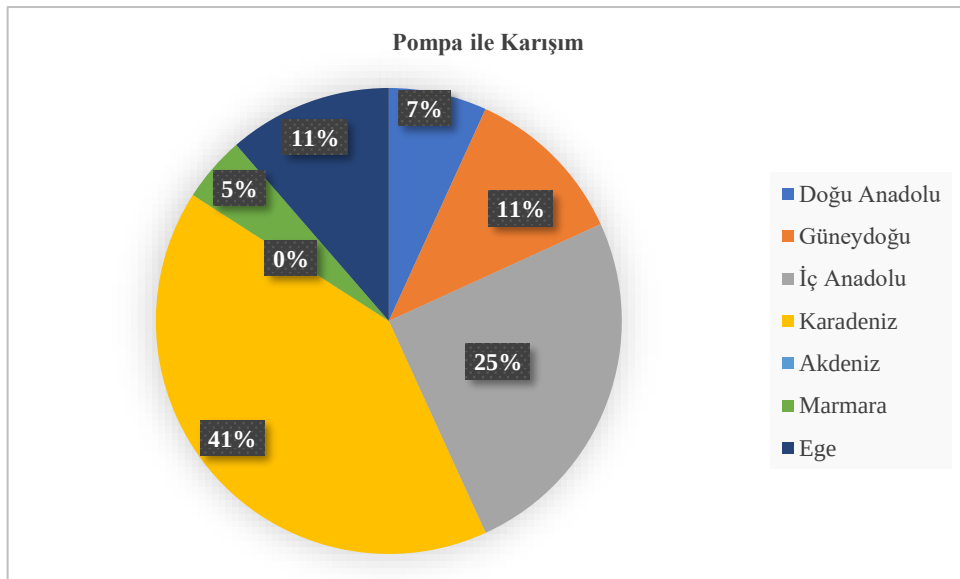
Sonuç olarak, Türkiye’deki içme suyu arıtma tesislerinin çoğu orta büyüklükte olup, kullanılan karıştırıcı tipleri genellikle tesisin büyüklüğüne ve ihtiyacına göre değişiklik göstermektedir. Mekanik karıştırıcılar ve pompa ile karıştırma en yaygın kullanılan yöntemlerken, daha az yaygın olan hidrolik ve statik karıştırıcılar, sadece özel durumlar için tercih edilmektedir.



Şekil 79. Mekanik karıştırıcının Türkiye’deki kullanımı

İçme suyu arıtımında en yaygın kullanılan karıştırıcı tipi olan mekanik karıştırıcı (Şekil 79) ;

- Marmara Bölgesi: %29, çok büyük bir oran olup mekanik karıştırıcı kullanımı en yüksek bölgedir.
- Karadeniz Bölgesi: %16 ile ikinci sırada yer almaktadır.
- İç Anadolu Bölgesi: %16 ile ikinci sırada yer almaktadır.
- Doğu Anadolu Bölgesi: %5, en düşük oran. Bu bölgedeki tesislerin çoğu başka karıştırıcı tiplerine yönelmiş olabilir.
- Diğer Bölgeler: Güneydoğu Anadolu, Ege ve Akdeniz bölgeleri de %10 ile %14 arasında değişen oranlarla mekanik karıştırıcı kullanımı bulunmaktadır.



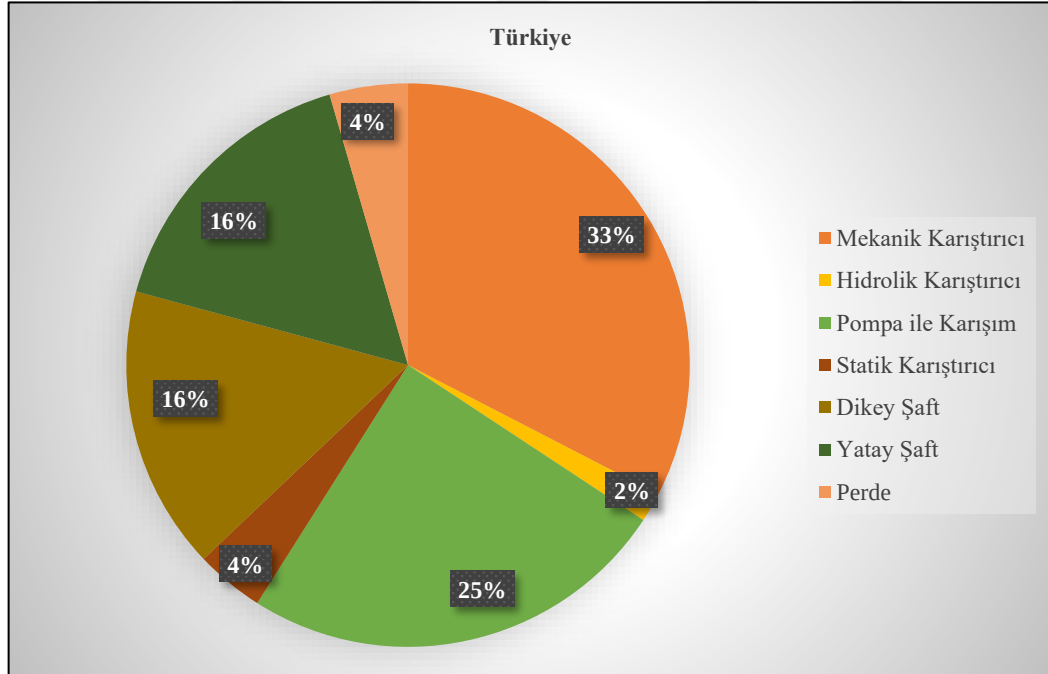
Şekil 80. Pompa ile karıştırmanın Türkiye’deki kullanımı

İçme suyu arıtımında en yaygın kullanılan karıştırıcı tiplerinden bir diğeri pompa ile karıştırıcı (Şekil 80) ;

- Karadeniz Bölgesi: Pompa ile karışım %41 oran ile bu bölgede en yüksek kullanım oranına sahiptir.
- İç Anadolu Bölgesi: %25, oldukça yüksek bir orandır.
- Marmara Bölgesi: %5, mekanik karıştırıcıya oranla düşük, ancak yine de önemli bir orandır. Ege ve Doğu Anadolu bölgelerinde pompa ile karışım oranı Karadeniz ve İç Anadolu bölgelerine göre oldukça düşük, %11 civarlarındadır. Akdeniz bölgesinde pompa ile karışım kullanılmamaktadır.

Bu veriler ışığında, İç Anadolu’da pompa ile karışımın tercih edilmesinin sebepleri araştırılabilir. Marmara ve Karadeniz gibi yoğun sanayi bölgelerinde ise her iki karıştırıcı tipinin de tercih edilmesinin, bölgedeki tesis sayısının ve tesislerin büyüklüğünün etkili olduğu söylenebilir.

Şekil 81’de içme suyu arıtımında temel proses olan koagülasyon ve flokülasyon işlemlerinde kullanılan karıştırıcı tipleri, tesislerde kullanım yüzdeleri özetlenmektedir. En yaygın kullanım sırası ile %33 mekanik, %25 pompa, %16 dikey ve yatay şaft karıştırıcılardır.



Şekil 81. Türkiye’de içme suyu arıtımında karıştırıcı kullanımı

Skorlama modeli sonuçlarına göre ülkemizde bulunan içme suyu arıtma tesislerinin sırasıyla ön arıtma, kimyasal arıtma ve dezenfeksiyon, koagülasyon flokülasyon, durultma, fitrasyon ve koagülasyon flokülasyon, durultma, fitrasyon proseslerinden aldığı toplam arıtma prosesi skoru Tablo 52’de gösterilmektedir.

Tablo 52. Bölgelere Ait Proseslerden Alınan Skor Sonuçları

Bölgeler	Ön Arıtma Skoru (3)	Kimyasal Arıtma ve Dezenfeksiyon Skoru (4)	Arıtma Prosesleri Koagülasyon Flokülasyon Skoru (5.1)	Arıtma Prosesleri Durultma Skoru (5.2)	Arıtma Prosesleri Filtrasyon Skoru (5.3)	Toplam Arıtma Prosesleri Skoru (5) (5.1+5.2+5.3)
Doğu Anadolu	12,00	157,00	105,00	28,00	80,00	213,00
Güneydoğu	12,00	169,00	227,00	28,00	138,00	393,00
İç Anadolu	46,00	200,00	253,00	108,00	168,00	529,00
Karadeniz	96,00	379,00	304,00	54,00	214,00	572,00
Akdeniz	6,00	58,00	114,00	56,00	42,00	212,00
Marmara	68,00	384,00	383,00	154,00	188,00	725,00
Ege	6,00	110,00	139,00	34,00	90,00	263,00
Türkiye	246,00	1457,00	1525,00	462,00	920,00	2907,00

Örneğin; Doğu Anadolu bölgesi için Tablo 52 ve 53'e göre sırasıyla proseslerden alınan skorların değerlendirilmesi aşağıda maddeler halinde verilmektedir. Bölgesel değerlendirme ve Türkiye'deki proseslerin skoru incelenerek proseslerin önem derecesi toplam skoru ne kadar etkilediği bu çalışma ile anlaşılmaktadır.

Tablo 53. Bölgelere Ait Proseslerden Alınan Skor Sonuçları

Bölgeler	Diğer Proseler Skoru (6)	Çamur Arıtımı Skoru (7)	Tesis Operasyonel Özellikleri Skoru (8)	Yardımcı Üniteler Skoru (9)	Tüm Kriterlerin Genel Skoru
Doğu Anadolu	18,00	18,00	7,00	69,00	1258,00
Güneydoğu	48,00	24,00	14,00	129,00	1321,00
İç Anadolu	57,00	27,00	8,00	93,00	1905,00
Karadeniz	49,00	11,00	30,00	103,00	2623,00
Akdeniz	121,00	63,00	26,00	230,00	628,00
Marmara	117,00	73,00	25,00	270,00	2915,00
Ege	79,00	138,00	52,00	288,00	844,00
Türkiye	489,00	354,00	162,00	1182,00	11494,00

Doğu Anadolu Bölgesi için; ön arıtma skoru 12, kimyasal arıtma ve dezenfeksiyon skoru 157, koagülasyon flokülasyon skoru 105, durultma skoru 28, filtrasyon skoru 80 ve koagülasyon flokülasyon, durultma ve filtrasyondan alınan arıtma prosesi skoru 213'tür. Diğer proseslerden 18, çamur arıtımından 18, tesis operasyonel özelliklerinden 7, yardımcı ünitelerden 69 puan alarak ve boyutlandırma ve ham su kriterleri puanları da dahil edilerek genel skor 1258 puandır. Doğu Anadolu bölgesinin toplam skoru 1258 bu puanın içerisinde sırasıyla proses kriterleri incelenerek aşağıda verilmektedir.

Ön arıtma: Doğu Anadolu genel skoru 1258, ön arıtma skoru 12 puan olup % 0,95 oran ile söz konusu kriter genel skoru etkilemektedir. Ön arıtma kriterinin Türkiye'de aldığı puan

246 , Doğu Anadolu ön arıtma skoru 12 puan olup % 4,88 oran ile Türkiye’de söz konusu kriterin Doğu Anadolu bölgesi yüzdesidir.

Kimyasal arıtma ve dezenfeksiyon prosesi: Doğu Anadolu genel skoru 1258, kimyasal arıtma ve dezenfeksiyon skoru 157 puan olup % 12,48 oran ile söz konusu kriter genel skoru etkilemektedir. Kimyasal arıtma ve dezenfeksiyon kriterinin Türkiye’de aldığı puan 1457, Doğu Anadolu kimyasal arıtma ve dezenfeksiyon skoru 157 puan olup % 10,78 oran ile Türkiye’de söz konusu kriterin Doğu Anadolu bölgesi yüzdesidir.

Koagülasyon ve flokülasyon prosesi: Doğu Anadolu genel skoru 1258, koagülasyon flokülasyon skoru 105 puan olup % 8,35 oran ile söz konusu kriter genel skoru etkilemektedir. koagülasyon flokülasyon kriterinin Türkiye’de aldığı puan 1525, Doğu Anadolu koagülasyon flokülasyon skoru 105 puan olup % 6,89 oran ile Türkiye’de söz konusu kriterin Doğu Anadolu bölgesi yüzdesidir.

Durultma prosesi: Doğu Anadolu genel skoru 1258, durultma skoru 28 puan olup % 2,23 oran ile söz konusu kriter genel skoru etkilemektedir. Durultma kriterinin Türkiye’de aldığı puan 462, Doğu Anadolu durultma skoru 28 puan olup % 6,06 oran ile Türkiye’de söz konusu kriterin Doğu Anadolu bölgesi yüzdesidir.

Filtrasyon prosesi: Doğu Anadolu genel skoru 1258, filtrasyon skoru 80 puan olup % 6,36 oran ile söz konusu kriter genel skoru etkilemektedir. Filtrasyon kriterinin Türkiye’de aldığı puan 920, Doğu Anadolu filtrasyon skoru 80 puan olup % 8,70 oran ile Türkiye’de söz konusu kriterin Doğu Anadolu bölgesi yüzdesidir.

Tablo 54. Bölgelere Ait Proses Skorlarının Genel Skor ve Kriter Toplam Skoru İçerisinde Oranı

Bölgeler	Ön Arıtma Kriterinin Genel Skor İçerisinde % oran	Türkiye’deki ön arıtma kriteri toplam skoru içerisinde % oran	Kimyasal Arıtma ve Dezenfeksi Kriterinin Genel Skor İçerisinde % oran	Türkiye’deki Kimyasal Arıtma Dezenfeksiyon Kriterinin toplam skoru içerisinde % oran	Koagülasyon Flokülasyon Kriterinin Genel Skor İçerisinde % oran	Türkiye’deki Koagülasyon Flokülasyon Kriterinin toplam skoru içerisinde % oran
Doğu Anadolu	0,95	4,88	12,48	10,78	8,35	6,89
Güneydoğu	0,91	4,88	12,79	11,60	17,18	14,89
İç Anadolu	2,41	18,70	10,50	13,73	13,28	16,59
Karadeniz	3,66	39,02	14,45	26,01	11,59	19,93
Akdeniz	0,96	2,44	9,24	3,98	18,15	7,48
Marmara	2,33	27,64	13,17	26,36	13,14	25,11
Ege	0,71	2,44	13,03	7,55	16,47	9,11

Tablo 54. (Devamı)

Bölgeler	Durultma Genel Skor İçerisinde % oran	Türkiye'deki durultma kriteri toplam skoru içerisinde % oran	FiltrasyonK riterinin Genel Skor İçerisinde % oran	Türkiye'deki Filtrasyon Kriterinin toplam skoru içerisinde % oran	Diğer Proses Kriterinin Genel Skor İçerisinde % oran	Türkiye'deki Diğer Proses Kriterinin toplam skoru içerisinde % oran
Doğu Anadolu	2,23	6,06	6,36	8,70	1,43	3,68
Güneydoğu	2,12	6,06	10,45	15,00	3,63	9,82
İç Anadolu	5,67	23,38	8,82	18,26	2,99	11,66
Karadeniz	2,06	11,69	8,16	23,26	1,87	10,02
Akdeniz	8,92	12,12	6,69	4,57	19,27	24,74
Marmara	5,28	33,33	6,45	20,43	4,01	23,93
Ege	4,03	7,36	10,66	9,78	9,36	16,16
Bölgeler	Çamur Arıtımı Genel Skor İçerisinde % oran	Türkiye'deki Çamur arıtımı kriterinin toplam skoru içerisinde % oran	Tesis Operasyon özellikleri Kriterinin Genel Skor İçerisinde % oran	Türkiye'deki Tesis operasyon özellikleri kriterinin toplam skoru içerisinde % oran	Yardımcı Proses Kriterinin Genel Skor İçerisinde % oran	Türkiye'deki Yardımcı Proses Kriterinin toplam skoru içerisinde % oran
Doğu Anadolu	1,43	5,08	0,56	4,32	5,48	5,84
Güneydoğu	1,82	6,78	1,06	8,64	9,77	10,91
İç Anadolu	1,42	7,63	0,42	4,94	4,88	7,87
Karadeniz	0,42	3,11	1,14	18,52	3,93	8,71
Akdeniz	10,03	17,80	4,14	16,05	36,62	19,46
Marmara	2,50	20,62	0,86	15,43	9,26	22,84
Ege	16,35	38,98	6,16	32,10	34,12	24,37

Tablo 54'e göre değerlendirme;

- Türkiye'de ön arıtma kriterinin, toplam skordaki oranı en yüksek % 39,02 ile Karadeniz bölgesi, en düşük % 2,44 ile Akdeniz ve Ege bölgesidir. Karadeniz bölgesinde ön arıtma proseslerinin aktif olduğu görülmektedir.
- Kimyasal arıtmanın en yoğun olduğu bölge % 26,01 ile Karadeniz ve % 26,36 ile Marmara bölgesidir. Bu, bahsi geçen bölgelerde su kalitesinin daha düşük olduğu ve kimyasal müdahaleye daha fazla ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir.
- Koagülasyon ve flokülasyon prosesleri en yoğun olduğu bölge % 19,93 ile Karadeniz ve % 25,11 ile Marmara bölgesidir. Bu bölgelerde bulanıklık ve partikül madde için yoğun fiziksel arıtma gereksinimi vardır.
- Durultma prosesi %33,33 ile Marmara bölgesinde en fazla bulunmaktadır. % 23,38 ile İç Anadolu bölgesi 2. Sırada yer almaktadır. Bu bölgelerde yüksek bulanıklık giderimi gerekebilir.
- Filtrasyon prosesi en yoğun olduğu bölge % 23,26 ile Karadeniz, % 20,43 ile Marmara ve % 18,26 ile İç Anadolu bölgesidir.

- Çamur arıtımında Ege bölgesi %38,98 ile en yüksek orana sahip bölgedir. Bu, Ege bölgesinde çamur yönetimine önem verildiğini göstermektedir.

Ülkemize özgü sınıflandırma sonucuna göre personel hesaplama modülü

Ülkemize özgü personel hesaplama modülü geliştirilirken; tesis kapasitesi, kullanılan arıtma prosesi, otomasyon seviyesi ve bölgesel ihtiyaçlar gibi faktörler göz önünde bulundurulmuştur. Ayrıca ABD (EPA), Avrupa Birliği (EU), Kanada (BC Water & Wastewater Association- BCWWA), Japonya gibi ülkelerin standartları da ülkemize özgü personel hesaplama yönteminde etkin rol oynamıştır. Tablo 55'te farklı modellerde Erzurum (Merkez), Oltu, Emet, Çayeli ve Akkuş içme suyu arıtma tesisi için hesaplanan operatör sayısı gösterilmektedir. Öncelikle Erzurum İ.A.T için personel hesaplama sırası ile;

- EPA: Tesis kapasitesine göre çalışan personel sayısını belirlemek için formülasyon olarak $K \cdot T$ ile hesaplanmaktadır. K, tesisin günlük kapasitesi ($130.000 \text{ m}^3/\text{gün}$), T ise arıtma teknolojisi katsayısı (otomatik tesisler için 0,3 yarı otomatik tesisler için 1, manuel tesisler için 1,5 alınmaktadır. Erzurum İ.A.T için $T = 0,3$ varsayılmaktadır. 24 saat ve 3 vardiya hesaplama katılmaktadır.
- EU: Küçük tesisler için her $1.000 \text{ m}^3/\text{gün}$ için 1 operatör, orta tesisler için her $10.000 \text{ m}^3/\text{gün}$ için 1 operatör ve büyük tesisler için her $50.000 \text{ m}^3/\text{gün}$ için 1 operatör hesaplanmaktadır. Dolayısı ile EU yöntemi ile Erzurum İ.A.T için sonuç olarak hesaplanmaktadır.
- BCWWA: Tesis karmaşıklığına göre personel sayısı hesaplanırken genellikle her $5.000 \text{ m}^3/\text{gün}$ için 1 operatör hesaplanmaktadır. olarak hesaplanmaktadır.
- Japonya: Yüksek otomasyon seviyesindeki tesisler için operatör ihtiyacı daha düşüktür. Küçük tesislerde 1-2, orta tesislerde 3-5 ve büyük tesislerde 5-10 operatör gerekmektedir. Erzurum İ.A.T büyük ölçekli olduğu için 5-10 operatör gerekmektedir.

Tablo 55. Erzurum İ.A.T İçin Farklı Modellerin Operatör Sayısı

Tesis Adı	Tesis Ölçeği	Personel hesaplama modeli				
		EPA	EU	Kanada	Japonya	Türkiye
Erzurum İ.A.T	Çok Büyük	68	3	26	5-10	14
Oltu İ.A.T	Büyük	6	3	20	5-10	8
Emet İ.A.T	Orta	4	2	16	3-5	5
Çayeli İ.A.T	Küçük	3	2	8	1-2	2
Akkuş İ.A.T	Çok Küçük	2	1	4	1-2	1

Bu tablodan görüleceği gibi, farklı metodolojilerle hesaplanan operatör sayısı oldukça farklıdır. Kanada ve Japonya, operatör sayısını belirlerken daha büyük tesisler ve otomasyon seviyesini dikkate alırken, Avrupa Birliği ve EPA belirli bir kapasiteye dayalı sabit katsayılar kullanmaktadır.

Tablo 56. Tesis Sınıfına Göre Ülkemize Özgü Önerilen Personel ve Vardiya Sayısı

Toplam Puan Aralığı	Tesis Sınıfı	Personel Sayısı	Vardiya Sayısı
10-35	çok küçük	1	tek
36-61	küçük	2	tek
62-87	orta	5	iki
88-113	büyük	8	iki
> 114	çok büyük	14	üç

Ülkemize özgü geliştirilen tesis sınıfına göre personel ve vardiya sayısı belirlenirken (Tablo 56);

- Kapasite ve Otomasyon Seviyesi: Personel sayısı, tesislerin kapasitesine ve otomasyon seviyesine göre belirlenmiştir. Kapasite arttıkça, tesislerde kullanılan teknoloji karmaşıklığı artar ve personel ihtiyacı da artar. Özellikle büyük ve çok büyük ölçekli tesislerde daha fazla manuel müdahale gereklidir.
- Avrupa Birliği (EU) Yöntemi: Avrupa’da, küçük ölçekli tesislerde daha az personel, büyük ölçekli tesislerde ise daha fazla personel gerekmektedir. Buradaki sınıflandırmalar, otomatik ve yarı otomatik tesislere göre personel gereksinimlerini göz önünde bulundurur.
- Kanada ve ABD Yöntemleri: Personel ihtiyacı, tesislerin kapasitesine göre hesaplanırken, farklı ülkeler genellikle farklı katsayılar kullanmaktadır. Ancak temel prensip, tesis kapasitesinin arttıkça, operatör sayısının da artmasıdır.
- İş Yüğü ve Teknoloji Bağımlılığı: İleri teknoloji kullanımı ve otomasyon, personel ihtiyacını azaltırken, düşük otomasyon seviyesi ve daha fazla manuel müdahale gerektiren sistemler personel gereksinimini arttırmaktadır.

Bu sistemdeki kriterlere ve bilimsel metotlara dayanan yaklaşım, her bir tesis için uygun personel sayısını doğru şekilde belirlemek amacıyla güvenilir ve geçerli bir yöntem sunmaktadır.

1. Çok Küçük Tesisler (10-35 Puan Aralığı)

- Personel Sayısı: 1
- Vardiya Sayısı: Tek

Çok küçük ölçekli tesisler, genellikle küçük kapasiteli ve düşük karmaşıklığa sahip olan, otomasyonu fazla olmayan tesislerdir. Bu tür tesislerde genellikle günlük işlerin büyük kısmı otomatik yapılır ve operasyonel süreç daha az karmaşıktır. Bu yüzden 1 personel ve tesis için tek vardiya yeterlidir.

2. Küçük Tesisler (36-61 Puan Aralığı)

- Personel Sayısı: 2
- Vardiya Sayısı: Tek

Küçük ölçekli tesisler, bazı temel manuel müdahaleleri gerektiren, ancak çoğunlukla otomatik çalışan tesislerdir. Bu tür tesislerde iş yükü artmaya başlamakta, fakat yine de her şey otomasyon üzerinden kontrol edilebilmektedir. 2 personel ile bu tesisin yönetilmesi ve yine tek vardiya sistemi yeterlidir.

3. Orta Tesisler (62-87 Puan Aralığı)

- Personel Sayısı: 5
- Vardiya Sayısı: İki

Orta ölçekli tesislerde iş yükü artar, çünkü hem otomatik sistemler hem de manuel müdahaleler gereklidir. Bu tesisler genellikle daha karmaşık ve çeşitli arıtma tekniklerini kullanmaktadır. İş yükü, tesisin kapasitesine ve kullanılan teknolojiye bağlı olarak daha fazla personel gerektirmektedir. 5 personel ile iki vardiya uygulaması, tesisin operasyonel verimliliğini sağlamaktadır.

4. Büyük Tesisler (88-113 Puan Aralığı)

- Personel Sayısı: 8
- Vardiya Sayısı: İki

Büyük ölçekli tesisler, yüksek kapasite ve karmaşıklığa sahip tesislerdir. Bu tesisler, geniş alanlarda arıtma işlemi yapar ve otomasyon dışında manuel müdahale gerektiren birçok operasyon vardır. Yüksek kapasite, daha fazla bakım, izleme ve denetim gerektirmektedir. Bu nedenle, 8 personel ile iki vardiya yapılması en verimli yöntemdir.

5. Çok Büyük Tesisler (>114 Puan Aralığı)

- Personel Sayısı: 14
- Vardiya Sayısı: Üç

Çok büyük ölçekli tesisler, çok yüksek kapasiteye ve yüksek karmaşıklığa sahip tesislerdir. Bu tesislerde, işletme ve bakım süreçlerinin sürekli denetlenmesi gereklidir. Yüksek iş yükü, farklı arıtma süreçlerinin ve altyapılarının her an kontrol edilmesini zorunlu kılmaktadır. Bu nedenle, 14 personel ile üç vardiya gereklidir.

Tablo 57’de sayısı belirlenen personellerin pozisyon, görev ve yüzde dağılımı verilmektedir.

Tablo 57. Tesislerde Bulunması Gereken Personel Pozisyon, Görev ve Yüzde Dağılımı

Pozisyon	Görevler	Yüzde dağılımı, %
Operatör	Arıtma sistemini izleme ve yönetme	40,00
Tekniker	Bakım-onarım işleri	20,00
Laboratuvar Personeli	Su kalitesinin izlenmesi ve test edilmesi	15,00
Yönetici	Tesis yönetimi ve koordinasyonu	10,00
İdari Personel	Personel yönetimi ve raporlama	15,00

Tablo 58. Ülkemize Özgü Oluşturulan Sınıflandırmada Tesislerin Ölçeklerine Göre Personel Pozisyonları

Pozisyon	ÇKÖ	KÖ	OÖ	BÖ	ÇBÖ
Operatör	1,00	1,00	2,00	3,00	6,00
Tekniker			1,00	2,00	3,00
Laboratuvar Personeli			1,00	1,00	2,00
Yönetici		1,00	1,00	1,00	1,00
İdari Personel				1,00	2,00

Örnek verilecek olursa; Toplam puanı 110 olan büyük ölçekli bir tesis için personel sayısı;

- Operatör sayısı: $8 \cdot 0.40 = 3$
- Tekniker sayısı: $8 \cdot 0.20 = 2$
- Laboratuvar personeli: $8 \cdot 0.15 = 1$
- Yönetici/Koordinatör sayısı: $8 \cdot 0.10 = 1$
- İdari Personel: $8 \cdot 0.15 = 1$

Tablo 59. Ülkemize Özgü Oluşturulan Sınıflandırmada Asgari Düzeyde Personel Nitelik ve Niceliği

Pozisyon	ÇKÖ	KÖ	OÖ	BÖ	ÇBÖ
Proses Tekniker/Teknisyen	1	1	1	1	2
Çevre Mühendisi		1	1	1	3
Makine Tekniker/Teknisyen			1	1	2
Makine Mühendisi				1	1
Elektrik Tekniker/Teknisyen			1	1	1
Elektrik Mühendisi				1	1
Laboratuvar Tekniker/Teknisyen			1	1	2
Otomasyon Tekniker/Teknisyen				1	2
TOPLAM SAYI	1	2	5	8	14

- Çok küçük ölçekli tesisler için; 1 adet operatör mühendis veya tekniker pozisyonunda ve aynı zamanda tesis sorumlusu olarak yönetici pozisyonundadır.
- Küçük ölçekli tesisler için; 1 adet operatör proses teknikeri veya çevre mühendisi pozisyonundan biri ve 1 adet tesis sorumlusu yönetici pozisyonundadır. 1 adet operatör proses teknikeri iken 1 adet çevre mühendisi tesis sorumlusu ve yöneticisidir.
- Orta ölçekli tesisler için; 1 adet proses teknikeri, çevre mühendisi, makine teknikeri, elektrik teknikeri ve laboratuvar personeli tesiste bulundurulmalıdır. 2 adet operatör proses teknikeri ve makine teknikeri iken 1 adet elektrik teknikeri bakım personeli, 1 adet laboratuvar personeli ve 1 adet çevre mühendisi tesis sorumlusu ve yöneticisidir.
- Büyük ölçekli tesisler için; 1 adet operatör proses teknikeri, çevre mühendisi, makine teknikeri, makine mühendisi, elektrik teknikeri, elektrik mühendisi, otomasyon teknikeri ve laboratuvar personeli tesiste bulundurulmalıdır. 3 adet operatör makine mühendisi, makine teknikeri ve proses teknikeri içinden seçilirken 1 adet elektrik teknikeri bakım personeli, 2 adet laboratuvar personeli, 1 adet scada otomasyon personeli ve 1 adet çevre mühendisi tesis sorumlusu ve yöneticisidir.
- Çok büyük ölçekli tesisler için; 2 adet operatör proses ve makine teknikeri ve 3 adet çevre mühendisi, 1 adet makine mühendisi, elektrik teknikeri ve elektrik mühendisi, 2 adet makine teknikeri, 2 adet laboratuvar personeli ve 2 adet otomasyon teknikeri tesiste bulundurulmalıdır. 6 adet operatör; 1 adet makine mühendisi, 2 adet makine teknikeri, 2 adet proses teknikeri, 1 adet elektrik mühendisi arasından seçilirken, 1 adet elektrik teknikeri bakım personeli, 3 adet laboratuvar personeli, 2 adet scada otomasyon personeli ve 3 adet çevre mühendisi arasından tesis sorumlusu ve yöneticisi seçilmektedir.

Örnek Uygulama Pilot Tesis

Tablo 9’da skarlama sonucu verilen Erzurum Merkez İçme Suyu Arıtma Tesisi 115 puan olarak çok büyük ölçekli tesis sınıfına girmektedir. Buna göre;

- Erzurum Merkez İçme Suyu Arıtma Tesisinde asgari düzeyde toplamda 14 adetin personelin, en az 2 tanesi proses teknikeri veya teknisyeni, en az 3 adet çevre mühendisi, en az 2 tanesi makine teknikeri veya teknisyeni, 1 adet makine mühendisi, 1 adet elektrik teknikeri veya teknisyeni, 1 adet elektrik mühendisi, 2 adet laboratuvar teknikeri veya teknisyeni ve 2 adet otomasyon teknikeri veya teknisyeni bulundurulmalıdır.
- Erzurum Merkez İçme Suyu Arıtma Tesisi işletmede bir tesis olup, mevcutta toplam 8 personel çalıştırmaktadır. Tesiste 2 adet proses sorumlusunun biri çevre mühendisi

diğeri kimya mühendisidir. Tesiste 1 adet makine, 1 adet elektrik teknikeri ve 4 adet otomasyon teknikeri veya teknisyeni bulunmaktadır.

- Tesiste bulunması gereken personel sayısı tesiste mevcutta bulunan personel sayısına göre % 42,86 daha azdır.
- Tesiste olması gereken vardiya sistemi üç vardiyalı olup tesis mevcutta da üç vardiyalıdır.

Sınıflandırma Sonuçları

Skorlanan tesislerin sınıflandırma sonuçlarına göre içme suyu arıtma tesislerinde tesis sınıfları çok küçük, küçük, orta, büyük ve çok büyük olarak kategorize edilmiş ve her sınıf için personel ve vardiya sistemi belirlenmiştir. Tablo 60'a göre ülkemizde bulunan içme suyu arıtma tesislerinin mevcut personel, olması gereken personel sayısı ve vardiya sistemine ait veriler görülmektedir.

Tablo 60. Türkiye’de İçme Suyu Arıtma Tesisleride Mevcut ve Olması Gereken Operatör ve Vardiya Sayıları

TÜRKİYEDEKİ İÇMESUYU ARITMA TESİSLERİ							
Bölge Adı	İli	Tesis Adı	Tesis Büyüklüğü	Mevcut Operatör Sayısı	Olması Gereken Operatör Sayısı	Mevcut Vardiya Sistemi	Olması Gereken Vardiya Sistemi
Doğu Anadolu	Ardahan	Göle İ.A.T	OÖ	-	5	-	2
Doğu Anadolu	Erzurum	Merkez İ.A.T	ÇBÖ	8	14	3	3
Doğu Anadolu	Erzurum	Aşkale İ.A.T	KÖ	1	2	-	1
Doğu Anadolu	Erzurum	Horasan İ.A.T	OÖ	1	5	-	2
Doğu Anadolu	Erzurum	Karayazı İ.A.T	OÖ	1	5	1	2
Doğu Anadolu	Erzurum	Oltu İ.A.T	BÖ	-	8	-	2
Doğu Anadolu	Kars	Sarıkamış İ.A.T	OÖ	3	5	2	2
Doğu Anadolu	Iğdır	Tuzluca İ.A.T	BÖ	2	8	1	2
Doğu Anadolu	Ağrı	Doğubayazıt İ.A.T	KÖ	1	2	1	1
Doğu Anadolu	Van	Morgedik İ.A.T	BÖ	4	8	2	2
Doğu Anadolu	Muş	Merkez İ.A.T	ÇKÖ	1	1	1	1
Doğu Anadolu	Bingöl	Merkez İ.A.T	ÇKÖ	1	1	1	1
Doğu Anadolu	Erzincan	Merkez İ.A.T	ÇKÖ	2	1	1	1
Doğu Anadolu	Elazığ	Keban İ.A.T	ÇKÖ	1	1	1	1
Doğu Anadolu	Malatya	Kuluncak İ.A.T	KÖ	1	2	1	1
Doğu Anadolu	Tunceli	Merkez İ.A.T	ÇKÖ	1	1	1	1
Doğu Anadolu	Hakkari	Yüksekova İ.A.T	KÖ	1	2	1	1
Güneydoğu Anadolu	Şırnak	Silopi İ.A.T	OÖ	2	5	-	2
Güneydoğu Anadolu	Siirt	Merkez İ.A.T	OÖ	3	5	1	2
Güneydoğu Anadolu	Batman	Batman (Merkez) İ.T	KÖ	2	2	-	1
Güneydoğu Anadolu	Mardin	Derik İ.A.T	KÖ	1	2	1	1
Güneydoğu Anadolu	Diyarbakır	Merkez İ.A.T	OÖ	3	5	2	2
Güneydoğu Anadolu	Diyarbakır	Ergani İ.A.T	OÖ	2	5	1	2
Güneydoğu Anadolu	Diyarbakır	Çermik İ.A.T	KÖ	1	2	1	1
Güneydoğu Anadolu	Diyarbakır	Eğil İ.A.T	KÖ	1	2	1	1
Güneydoğu Anadolu	Diyarbakır	Hani İ.A.T	KÖ	2	2	1	1

Tablo 60. (Devamı)

Güneydoğu Anadolu	Diyarbakır	Kulp İ.A.T	KÖ	1	2	1	1
Güneydoğu Anadolu	Şanlıurfa	Merkez İ.A.T	OÖ	3	5	2	2
Güneydoğu Anadolu	Adıyaman	Gerger İ.A.T	OÖ	2	5	-	2
Güneydoğu Anadolu	Kahramanmaraş	Oniki Şubat Ayvalı İ.A.T	OÖ	2	5	2	2
Güneydoğu Anadolu	Kilis	Merkez İ.A.T	OÖ	2	5	2	2
Güneydoğu Anadolu	Gaziantep	Merkez Hacıbaba İ.A.T	ÇBÖ	7	14	2	3
Güneydoğu Anadolu	Gaziantep	Çaybaşı İ.A.T	BÖ	5	8	1	2
Güneydoğu Anadolu	Gaziantep	Kuzeyşehir İ.A.T	OÖ	3	5	1	2
Güneydoğu Anadolu	Gaziantep	Nizip İ.A.T	BÖ	4	8	1	2
Güneydoğu Anadolu	Gaziantep	İslahiye	OÖ	5	5	1	2
Marmara	İstanbul	Şile İ.A.T	OÖ	3	5	2	2
Marmara	İstanbul	Cumhuriyet İ.A.T	ÇBÖ	16	14	3	3
Marmara	İstanbul	İkitelli İ.A.T	ÇBÖ	13	14	3	3
Marmara	İstanbul	İkitelli Fatih Sultan İ.A.T	ÇBÖ	12	14	3	3
Marmara	İstanbul	İkitelli Bayazıt Sultan İ.A.T	ÇBÖ	14	14	3	3
Marmara	İstanbul	Kağıthane İ.A.T	ÇBÖ	13	14	3	3
Marmara	İstanbul	Ömerli Osmaniye İ.A.T	ÇBÖ	10	14	3	3
Marmara	İstanbul	Ömerli Orhaniye İ.A.T	ÇBÖ	11	14	3	3
Marmara	İstanbul	Ömerli Muradiye İ.A.T	ÇBÖ	9	14	3	3
Marmara	İstanbul	Ömerli Yavuz Sultan İ.A.T	ÇBÖ	14	14	3	3
Marmara	İstanbul	Elmalı İ.A.T	OÖ	5	5	2	2
Marmara	İstanbul	Büyükçekmece	BÖ	6	8	2	2
Marmara	İstanbul	Çatalca İ.A.T	ÇKÖ	1	1	1	1
Marmara	Edirne	Merkez İ.A.T	BÖ	6	8	2	2
Marmara	Edirne	Kırcasali İ.A.T	OÖ	4	5	2	2
Marmara	Edirne	Keşan İ.A.T	KÖ	2	2	1	1
Marmara	Tekirdağ	Merkez İ.A.T	BÖ	7	8	2	2
Marmara	Tekirdağ	Şarköy İ.A.T	ÇKÖ	1	-	1	1
Marmara	Bursa	M.Kemal Paşa İ.A.T	OÖ	4	5	2	2
Marmara	Bursa	Gemlik İ.A.T	KÖ	1	2	1	1
Marmara	Bilecik	Gölpazarı İ.A.T	KÖ	1	2	1	1
Marmara	Çanakkale	Gökçeada İ.A.T	ÇKÖ	1	1	1	1
Marmara	Çanakkale	Gelibolu İ.A.T	OÖ	3	5	2	2
Marmara	Çanakkale	Merkez İ.A.T	BÖ	7	8	2	2
Marmara	Kırklareli	Üsküp İ.A.T	ÇKÖ	2	1	1	1
Marmara	Kırklareli	Merkez İ.A.T	BÖ	3	8	2	2
Marmara	Kırklareli	İğneada İ.A.T	OÖ	3	5	2	2
Marmara	Tekirdağ	Barbaros İ.A.T	OÖ	2	5	2	2
Marmara	Tekirdağ	Sağlamtaşı İ.A.T	ÇKÖ	1	1	1	1
Marmara	Yalova	Armutlu İ.A.T	KÖ	2	2	1	1
Marmara	Yalova	Yalova Çınarcık İ.A.T	OÖ	4	5	2	2
Marmara	Balıkesir	Karapürçek İ.A.T	ÇKÖ	1	1	1	1
Marmara	Balıkesir	Erdek İ.A.T	ÇKÖ	1	1	1	1
Marmara	Kocaeli	Karapürçek İ.A.T	OÖ	3	5	1	2
Marmara	Kocaeli	Yuvacık İ.A.T	BÖ	4	8	1	2
Marmara	Adapazarı	Hızırilyas İ.A.T	OÖ	3	5	2	2
Marmara	Adapazarı	Hacımercan İ.A.T	OÖ	4	5	2	2
Marmara	Adapazarı	Sapanca Kulköy İ.A.T	OÖ	4	5	2	2
Marmara	Adapazarı	Sapanca Muradiye İ.A.T	OÖ	4	5	2	2
Marmara	Adapazarı	Yeşilyurt İ.A.T	OÖ	5	5	2	2
Ege	Manisa	Avdan İ.A.T	KÖ	1	2	1	1
Ege	Manisa	Akselendi İ.A.T	KÖ	1	2	1	1
Ege	Manisa	Gümölceli İ.A.T	KÖ	2	2	1	1
Ege	Manisa	Derbent İ.A.T	OÖ	5	5	2	2
Ege	Manisa	Alaşehir İ.A.T	OÖ	5	5	2	2

Tablo 60. (Devamı)

Ege	İzmir	Sarıköz İ.A.T	OÖ	4	5	2	2
Ege	İzmir	Ürkmez İ.A.T	OÖ	3	5	1	2
Ege	İzmir	Balçova İ.A.T	OÖ	3	5	2	2
Ege	İzmir	Çeşme İ.A.T	OÖ	2	5	1	2
Ege	İzmir	Ödemiş İ.A.T	OÖ	5	5	1	2
Ege	İzmir	Tahtalı İ.A.T	OÖ	3	5	2	2
Ege	İzmir	Menemen	KÖ	1	2	1	1
Ege	İzmir	Aliağa İ.A.T	OÖ	4	5	2	2
Ege	Aydın	Merkez İ.A.T	BÖ	8	8	1	2
Ege	Aydın	Mursalı İ.A.T	KÖ	1	2	1	1
Ege	Kütahya	Emet İ.A.T	OÖ	2	5	2	2
Ege	Afyon	Çıkrık İ.A.T	OÖ	2	5	2	2
Ege	Kütahya	Tavşanlı İ.A.T	BÖ	4	8	2	2
Ege	Balıkesir	Sarıköy İ.A.T	ÇKÖ	1	1	1	1
Ege	Muğla	Bodrum İ.A.T	OÖ	3	5	2	2
Akdeniz	Osmaniye	Kadirli İ.A.T	OÖ	5	5	2	2
Akdeniz	Adana	Yedigöze İ.A.T	BÖ	7	8	2	2
Akdeniz	Isparta	Merkez İ.A.T	BÖ	7	8	2	2
Akdeniz	Burdur	Merkez İ.A.T	BÖ	6	8	2	2
Akdeniz	Hatay	Antakya İ.A.T	BÖ	6	8	2	2
Akdeniz	Hatay	Karaçay İ.A.T	BÖ	5	8	2	2
Akdeniz	Antalya	Serik İ.A.T	OÖ	5	5	2	2
Akdeniz	Antalya	Alanya Dim İ.A.T	BÖ	8	8	2	2
Akdeniz	Mersin	Berdan İ.A.T	BÖ	6	8	2	2
Karadeniz	Kastamonu	Küre İ.A.T	ÇKÖ	1	1	1	1
Karadeniz	Kastamonu	Taşköprü İ.A.T	BÖ	6	8	2	2
Karadeniz	Kastamonu	Devrekani İ.A.T	KÖ	2	2	1	1
Karadeniz	Kastamonu	Merkez İ.A.T	OÖ	5	5	2	2
Karadeniz	Ordu	Akkuş İ.A.T	ÇKÖ	1	1	1	1
Karadeniz	Ordu	Korgan İ.A.T	ÇKÖ	1	1	1	1
Karadeniz	Ordu	Yeşilkent İ.A.T	KÖ	1	2	2	1
Karadeniz	Ordu	Işıktepe İ.A.T	KÖ	1	2	2	1
Karadeniz	Ordu	Aybastı İ.A.T	KÖ	3	2	1	1
Karadeniz	Ordu	İlküvez İ.A.T	ÇKÖ	1	1	1	1
Karadeniz	Ordu	Çaybaşı İ.A.T	ÇKÖ	2	1	1	1
Karadeniz	Ordu	Çamlı İ.A.T	KÖ	2	2	1	1
Karadeniz	Ordu	Gölköy İ.A.T	OÖ	5	5	1	2
Karadeniz	Ordu	Ulubey İ.A.T	ÇKÖ	1	1	1	1
Karadeniz	Ordu	Kabataş İ.A.T	KÖ	2	2	1	1
Karadeniz	Bolu	Bolu İ.A.T	BÖ	6	8	2	2
Karadeniz	Bolu	Akçakoca	KÖ	2	2	1	1
Karadeniz	Zonguldak	Merkez İ.A.T	BÖ	6	8	2	2
Karadeniz	Zonguldak	Eflani İ.A.T	ÇKÖ	1	1	1	1
Karadeniz	Trabzon	Cumapazarı İ.A.T	KÖ	3	2	1	1
Karadeniz	Trabzon	Şalpazarı İ.A.T	ÇKÖ	2	1	1	1
Karadeniz	Trabzon	Of İ.A.T	BÖ	7	8	2	2
Karadeniz	Trabzon	Akçaköy İ.A.T	ÇKÖ	1	1	1	1
Karadeniz	Trabzon	Arsin İ.A.T	KÖ	3	2	1	1
Karadeniz	Trabzon	Tonya	BÖ	9	8	1	2
Karadeniz	Trabzon	Merkez İ.A.T	BÖ	8	8	1	2
Karadeniz	Giresun	Çanakçı İ.A.T	KÖ	2	2	1	1
Karadeniz	Giresun	Duroğlu İ.A.T	OÖ	4	5	1	2
Karadeniz	Giresun	Çavuşlu İ.A.T	OÖ	4	5	1	2
Karadeniz	Tokat	Reşadiye İ.A.T	ÇKÖ	2	1	1	1
Karadeniz	Tokat	Baydarlı	OÖ	3	5	2	2

Tablo 60. (Devamı)

Karadeniz	Çorum	Laçın ve Narlı İ.A.T	KÖ	2	2	1	1
Karadeniz	Rize	Güneysu İ.A.T	KÖ	1	2	1	1
Karadeniz	Rize	Büyükköy İ.A.T	OÖ	5	5	1	2
Karadeniz	Rize	Çayeli İ.A.T	KÖ	1	2	1	1
Karadeniz	Rize	Fındıklı İ.A.T	OÖ	4	5	1	2
Karadeniz	Amasya	Gümüşhacıköy İ.A.T	OÖ	3	5	1	2
Karadeniz	Samsun	Bazlamaç İ.A.T	KÖ	3	2	1	1
Karadeniz	Samsun	Merkez İ.A.T	ÇBÖ	13	14	3	3
Karadeniz	Samsun	19 Mayıs İ.A.T	ÇBÖ	11	14	2	3
Karadeniz	Artvin	Artvin Merkez İ.A.T	OÖ	6	5	2	2
Karadeniz	Artvin	Arhavi İ.A.T	KÖ	1	2	1	1
Karadeniz	Artvin	Yusufeli İ.A.T	OÖ	4	5	1	2
Karadeniz	Gümüşhane	Merkez İ.A.T	OÖ	3	5	1	2
Karadeniz	Bayburt	Merkez İ.A.T	OÖ	2	5	2	2
İç Anadolu	Konya	Beyşehir İ.A.T	OÖ	5	5	2	2
İç Anadolu	Konya	Akyokuş İ.A.T	BÖ	7	8	2	2
İç Anadolu	Konya	Gölyazı İ.A.T	ÇKÖ	1	1	1	1
İç Anadolu	Konya	Beyşehir İ.A.T	BÖ	7	8	2	2
İç Anadolu	Yozgat	Merkez İ.A.T	OÖ	5	5	2	2
İç Anadolu	Eskişehir	Merkez İ.A.T	BÖ	6	8	2	2
İç Anadolu	Çorum	Boğazkale İ.A.T	KÖ	1	2	1	1
İç Anadolu	Çorum	Merkez İ.A.T	BÖ	7	8	1	2
İç Anadolu	Çorum	Bayat İ.A.T	OÖ	4	5	1	2
İç Anadolu	Nevşehir	Derinkuyu İ.A.T	OÖ	4	5	2	2
İç Anadolu	Kırşehir	Kurancılı İ.A.T	OÖ	4	5	1	2
İç Anadolu	Aksaray	Taşpınar İ.A.T	OÖ	3	5	1	2
İç Anadolu	Aksaray	Merkez İ.A.T	OÖ	1	5	2	2
İç Anadolu	Ankara	Çubuk İ.A.T	OÖ	2	5	2	2
İç Anadolu	Ankara	Çubuk İ.A.T	BÖ	9	8	2	2
İç Anadolu	Ankara	İvedik İ.A.T	ÇBÖ	15	14	2	3
İç Anadolu	Ankara	Çubuk İ.A.T	BÖ	7	8	2	2
İç Anadolu	Ankara	Kahramankazan İ.A.T	OÖ	5	5	2	2
İç Anadolu	Ankara	Beypazarı İ.A.T	OÖ	5	5	2	2
İç Anadolu	Ankara	Kesikköprü İ.A.T	KÖ	2	2	1	1
İç Anadolu	Ankara	Pursaklar İ.A.T	BÖ	8	8	2	2
İç Anadolu	Ankara	Şereflikoçhisar İ.A.T	OÖ	4	5	1	2
İç Anadolu	Ankara	Polatlı İ.A.T	ÇKÖ	1	1	1	1
İç Anadolu	Ankara	Bala Karadalak İ.A.T	KÖ	1	2	1	1
İç Anadolu	Sivas	Merkez İ.A.T	BÖ	6	8	2	2
İç Anadolu	Kayseri	Merkez İ.A.T	KÖ	2	2	1	1
İç Anadolu	Niğde	Kiledere İ.A.T	KÖ	2	2	1	1
İç Anadolu	Çankırı	Çankırı İ.A.T	OÖ	3	5	2	2
İç Anadolu	Kırşehir	Kırşehir İ.A.T	KÖ	2	2	1	1
İç Anadolu	Karaman	Karaman İ.A.T	OÖ	5	8	2	2

Tablo 60'ta ülkemizde bulunan içme suyu arıtma tesislerinin operatör ve işletme planlamasında yetersizlikleri görülmektedir. Türkiye'de içme suyu arıtma tesislerinde mevcut personel sayısı 695 adet iken model ve mevzuata göre olması gereken personel sayısı 910'dur. Tesislerde ciddi bir personel açığı görülmektedir. Bu durum; işletme güvenliği, tesisin verimli çalışması, bakım onarım süreci ve arıtma kalitesi üzerinde risk oluşturmaktadır. Eksik vardiya sistemi özellikle 24 saat kesintisiz çalışmak zorunda olan tesislerde nöbet sisteminin

aksamasına neden olmaktadır. Gece vardiyalarında denetim eksikliği, su kalitesinde dalgalanma, kontrolsüzlük ve arıza anında gecikmelere neden olmaktadır. Bu durum, özellikle enerji tüketimi, cihaz kontrolü ve otomasyon izleme gibi kritik işlemleri etkilemektedir. Bu tablo ülkemizdeki içme suyu arıtma tesislerinin personel ve vardiya planlamasının güncellenmesi gerektiğini göstermektedir. Ülkemize özgü oluşturulan skora ve sınıflandırma modeli, işletmeye yönelik eksikliği ortaya çıkartarak tesislere optimum personel ve vardiya ihtiyacını bilimsel temellere dayanarak önerme avantajı sağlamaktadır. Modelin uygulanması tesislerde standartlaşma ve hizmet kalitesine hedef sunmaktadır. Tablo 60'a göre sırası ile bölgeler;

Doğu Anadolu bölgesinde içme suyu arıtma tesislerinde 29 mevcut personele karşılık 71 personel gerekmektedir. Bu bölgedeki tesislerin yaklaşık % 59 oranında personel eksikliği ile çalıştığını göstermektedir. Mevcut vardiya sayısı ise olması gereken sayının altında olup özellikle otomasyon olmayan manuel tesislerde ciddi işletme sorunları görülebilir. Tesislerin çoğunda minimum personel ile maksimum vardiyada çalışılmaktadır.

Güneydoğu Anadolu bölgesinde içme suyu arıtma tesislerinde 51 mevcut personele karşılık 92 personel gerekmektedir. Bu bölgedeki tesislerin yaklaşık % 45 oranında personel eksikliği Doğu Anadolu bölgesi ile benzer seviyededir. Mevcut vardiya sayısı ise olması gereken sayının altında olup özellikle otomasyon olmayan manuel tesislerde ciddi işletme sorunları görülebilir. Tesislerin çoğunda minimum personel ile maksimum vardiyada çalışılmaktadır. Doğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde tesis sayısı birbirine benzemekte ancak Güneydoğu Anadolu bölgesinde tesisler daha büyük ölçekli olduğu için personel ve vardiyaihtiyacı daha fazladır.

Marmara bölgesinde içme suyu arıtma tesislerinde 210 mevcut personele karşılık 258 personel gerekmektedir. Bu bölgedeki tesislerin yaklaşık % 19 oranında personel eksikliği ile çalıştığını göstermektedir. Mevcut vardiya sayısı olması gerekenin altında olup özellikle üç vardiya gerektiren tesislerde son derece önemlidir.

Ege bölgesinde içme suyu arıtma tesislerinde 60 mevcut personele karşılık 87 personel gerekmektedir. Bu bölgedeki tesislerin yaklaşık % 31 oranında personel eksikliği ile çalıştığını göstermektedir. Özellikle İzmir ve Manisa gibi şehirlerde personel sayısı sınırda kalmaktadır. En az vardiya açığına sahip bölgedir. Ege bölgesi tesis başına personel sayısında ortalmayı yakalamakta ancak personel eksikliği sürmektedir. Vardiya sistemi nispeten en dengeli bölgedir.

Akdeniz bölgesinde içme suyu arıtma tesislerinde 55 mevcut personele karşılık 66 personel gerekmektedir. Bu bölgedeki tesislerin yaklaşık % 17 oranında personel eksikliği ile

çalıştığını göstermektedir. Tesis başına yaklaşık 1,4 kişi eksik çalışmaktadır. Akdeniz bölgesi, vardiya planlamasında en iyi durumdaki bölgelerden biridir.

Karadeniz bölgesinde içme suyu arıtma tesislerinde 156 mevcut personele karşılık 176 personel gerekmektedir. Bu bölgedeki tesislerin yaklaşık % 11 oranında personel eksikliği ile çalıştığını göstermektedir. Karadeniz bölgesi tesis sayısı açısından fazla olmasına rağmen personel ve vardiya açısından iyi planlanmış bölgelerden biridir. Ancak yine de eksikliklerin giderilmesi sistematik yönetim için önemlidir.

İç Anadolu bölgesinde içme suyu arıtma tesislerinde 134 mevcut personele karşılık 160 personel gerekmektedir. Bu bölgedeki tesislerin yaklaşık % 16 oranında personel eksikliği ile çalıştığını göstermektedir. Mevcut vardiya sayısı olması gerekenin altında olup özellikle üç vardiya gerektiren tesislerde son derece önemlidir.

Ülkemiz içme suyu arıtma tesislerinde skrolama ve sınıflandırma neticesinde tespit edilen tasarım ve işletme sorunları ile çözüm önerileri

Ülkemizde bulunan içme suyu arıtma tesislerinin skrolama ve sınıflandırma modeli sonucunda değerlendirilmesinin işletme açısından da ele alınması son derece önemlidir. Skrolama ve sınıflandırma modeli sayesinde değerlendirilen tesislerin hangi ölçekte hangi proseste sıklıkla işletme zorluğu yaşadığı çalışmanın bu bölümünde tespit edilmiştir. Bu bölüme tesislerde yaşanan en yaygın işletme sorunları ile başlanmıştır.

En yaygın işletme sorunları

İlk olarak, içme suyu arıtma tesislerinde karşılaşılan yaygın işletme sorunları tanımlanmalıdır. Bu sorunlar ekipman ve teknolojik sorunlar, yönetim ve organizasyonel sorunlar, çevresel ve doğal sorunlar, hukuki sorunlar ve ekonomik ve finansal konular olarak kategorilere ayrılmaktadır. Aşağıda ülkemizde bulunan bazı içme suyu arıtma ve içme suyu paket ve konvansiyonel arıtma tesislerinin işletme süresi, sorunlar, çözüm önerileri, bakım gereksinimi ve ekipman durumu ile ilgili özellikleri en genel şekilde Tablo 61’de gösterilmektedir.

Tablo 61. Paket ve Konvansiyonel Arıtma Tesislerine Ait Özellikler

Özellik	Paket Arıtma Tesis	Konvansiyonel Arıtma
İşletme süresi	Bazı dönemlerde arıtma tesisine girmeden by-pass hattında işletme yapılmakta.	Uzun yıllar işletme sürecinde. Devamlı çalışmakta.
Sorunlar	Aç-kapa işletmesinden kaynaklı by-pass hattında klorlama yapılmaması.	Sürekli çalışmasından kaynaklı özellikle karıştırıcılar ve filtrasyon ünitelerinde bakım gerektirmesi.
Çözüm önerileri	Tesisin devamlı çalıştırılması ve şebekeye verilmeden önce son klorlama işlemine tabi tutulması.	Koagülasyon, flokülasyon ve filtrasyon ünitelerinin bakımı düzenli yapılarak arıtma tesisinin doğru işleyişi sağlanmalı.
Bakım gerekliliği	Rutin çalıştırıldığında bakım gerekliliği daha az. Aç kapa şeklinde çalıştırıldığında bakım gerekliliği çok daha fazla.	Tesisin bakım gerekliliği çok yüksek.
Ekstra bakım	Rutin çalıştırıldığında ekstra bakım gerekliliği çok daha az. Aç kapa şeklinde çalıştırıldığında ekstra bakım gerekliliği çok daha fazla.	Tesisin bakım ekstra bakım gerekliliği paket sistemlere göre çok yüksek.
Teknoloji sorunları	Teknolojik iyileştirme ihtiyacı daha fazla.	Teknolojik iyileştirme ihtiyacı daha az.
Ekipman durumu	Üniteler ve ekipmanlar sürekli daha az bakım gerektirmekte.	Üniteler ve ekipmanlar sürekli bakım gerektirmekte.

Paket arıtma tesisleri genel sorunlar

Yapılan incelemeler ve görüşmelerde; işletme sorunları yaşayan paket arıtma tesislerinde ortak olarak tespit edilen hususlar; tesisin bazı dönemlerde paket arıtma tesisine girmeden by-pass hattına verilmekte olmasıdır. Dolayısıyla paket arıtma tesisi bazı dönemlerde çalıştırılmamaktadır. Bu durum tesislerin aç kapa şeklinde işletilmesine neden olmaktadır. Genellikle küçük yerleşimlerde by-pass hattında süreklilik durumunda klorlama yapılmamakta ve bu durum sonucu su arıtılmadan ilçeye verilmektedir. Paket tesislerinin bu şekilde çalıştırılmasına yönelik birçok tesis personeli ile yapılan görüşmede özellikle kış aylarında suyun temiz olduğu gerekçesi ile tesisi by-pass hattına verdiklerini, aç kapa şeklinde çalıştırdıklarını tesis scada raporlarından da tespit edilmektedir. Sonuç olarak paket tesisler bazı durumlarda tercihen çalıştırılmamaktadır. Ancak İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik gereğince suyun şebekeye verilmeden önce son klorlama işlemine tabii tutulması zorunludur. (Şebekede oluşabilecek kirlilik sebebiyle)

Ayrıca aç kapa şeklinde çalıştırılan tesisler, uzun süre çalıştırılmadığından devreye tekrar alındığında mekanik, elektrik ekip ve ekipmanlarda arızalar oluşmaktadır. Çünkü tesislerin devreden alındığı anda tüm ünite, ekip ve ekipmanların içersinde suyun boşaltılması son derece mühimdir. Aksi durumda tekrar devreye alınma durumunda tesiste bulunan tüm

mekanik ve elektrik aksanlarının yenilenmesi gerekebilmektedir. Bu durumda tesisin ilk yatırım maliyeti kadar işletme sürecinde devreye tekrar alınmasında ek maliyet oluşabilmektedir.

Konvansiyonel arıtma tesisleri genel sorunlar

Yapılan incelemeler ve görüşmelerde; işletme sorunları yaşayan konvansiyonel arıtma tesislerinde ortak olarak tespit edilen hususlar; bu tesislerin çok uzun yıllardan beri işletmede olduğu için genel olarak bütün ünite ekipmanlarının yeterli bakım ve onarım işlemlerinin yapılmamasıdır. Birçok konvansiyonel tesiste büyük çaplı iyileştirmelere gerek kalmadan düzenli ve rutin yapılması gereken bakım onarım çalışmaları uygun arıtma, doğru işletilme ve işletme maliyeti açısından son derece elzemdir. Bazı konvansiyonel tesisler yakın zamanda tesis revize çalışmalarını başlatacaklarını belirtmektedir.

Özellikle farklı kaynaklardan su alan konvansiyonel tesislerde şebekede kayıp kaçak oranının da yüksek olması ile yeni bir kaynak (projede ve dizaynda olmayan) giriş hattı üzerinde ölçülmemektedir. Dolayısıyla tesislere eklenen her yeni kaynak arıtma tesisleri için bir bilinmezliktir. Birçok konvansiyonel tesiste en fazla karşılaşılan sorun hızlı ve yavaş karıştırma ünitesinde bulunan karıştırıcıların kullanım ömrünü neredeyse tamamlanmış olmasıdır. Ve yine işletme durumundaki birçok tesis medya yatağında neredeyse hiç malzeme kalmadan filtrasyon işlemine devam etmektedir. Kaskat ünitesinde de fayanslarda aşınmalar ve paslanmalara karşı söz konusu ünitenin bakım onarımların düzenli yapılması gerekmektedir.

Gerçek tesisler üzerinden verilen işletme sorunları göz önünde bulundurularak Belediyeler ile yapılan görüşmelerde en yaygın ve genel işletme sorunları paket ve konvansiyonel tesisler için Tablo 62’de verilmektedir.

Tablo 62. Paket ve Konvansiyonel Arıtma Tesislerinde İşletme Sorunları

Sorun No	Paket Arıtma Tesisi	Konvansiyonel Arıtma
Sorun 1	Aç-kapa şeklinde tesisin çalıştırılması.	Uzun yıllar işletme sürecinde olan tesislerin bakım ve onarımının yapılmaması.
Sorun 2	By-pass hattının amacının dışında kullanılması, bu dönemlerde tesisin arıtmaya girmeden suyun şebekeye verilmesi.	Geri yıkama işleminden sonra filtrasyonda malzeme kaybının görülmesi.
Sorun 3	Bakım ve onarımın devreye alındıkça yapılması, yüksek işletme giderleri oluşturmaması.	Bakım ve onarımın düzenli periyotlar ile yapılması
Sorun 4	Mekanik ve elektrik aksanların sürekli yenilenme ihtiyacı	Geri yıkama pompalarının yeterli verimde çalışmaması.

Tablo 62. (Devamı)

Sorun 5	Yerleşim bölgesinde su tüketiminin şebekedeki kayıp kaçak oranından dolayı fazla olması nedeniyle arıtma tesisinin kapasitesinin üzerinde çalıştırılması dolayısıyla arıtma veriminin düşmesi.	Yerleşim bölgesinde su tüketiminin şebekedeki kayıp kaçak oranından dolayı fazla olması nedeniyle arıtma tesisinin kapasitesinin üzerinde çalıştırılması dolayısıyla arıtma veriminin düşmesi.
Sorun 6	Gaz klor ünitesinin işletmede sorunlar oluşturması, özellikle soğuk bölgelerde veriminin düşmesi, sızıntı ve kaçak problemleri.	Günlük, haftalık ve aylık periyotlar ile yapılması gereken bakım onarım çalışmalarının eksiklikleri uzun süreli revizyon ihtiyacı oluşturmaktadır.
Sorun 7	Uygun nitelik ve nicelikte personel ihtiyacının karşılanmaması.	Uygun nitelik ve nicelikte personel ihtiyacının karşılanmaması.
Sorun 8	Kimyasalların uzun süre bekletilmesi ve etkinliğini yitirmesi, jar test cihazının bulunmaması ve arıtma veriminin düşmesi.	Jar testinin düzenli periyotlar ile yapılmaması, uygun ve ekonomik olmayan dozların kullanılması.

Tablo 62’de verilen paket ve konvansiyonel tesisler için en yaygın ve genel işletme sorunlarının aşağıda maddeler halinde çözüm önerileri anlatılmaktadır. Bu bölüm söz konusu tesislerin işletme süreçlerini daha verimli hale getirmek tesis yöneticileri ve karar alıcılar için son derece önemlidir.

- Sorun 1: Ülkemizde bulunan içme suyu arıtma tesislerinde filtrasyonda kullanılan basınçlı tanklar işletmede bazı sorunlara neden olmaktadır. Tanklarda basınç oluşumunun önüne geçmek için tankların üzerinde bulunan küresel vanalar % 10 açılarak ve oluşan fazla basıncın atılması sağlanarak basınç oluşumunun önüne geçilmesi gerekmektedir. Bir çok tesiste fazla basınç atılamamaktadır.

Öneri: Tesislerde genel olarak yapılan uygulamalarda basınçlı tip kum filtreli tankların fazla havasını atması için tankların üzerine hava tahliye ventili koyulması uygun olmaktadır. Ayrıca manuel müdahale için tankın üzerinde bulunan küresel vanadan tank tabanına hat uzatılarak manuel kontrol edilebilir hale getirilmesi uygun olacaktır.

- Sorun 2: Filtrasyonda bir diğer sorun filtre malzemesinde eksiklik yani geri yıkama durulama aşamasında kısmi malzeme kaybıdır.

Öneri: Filtre malzemesinin boşaltılarak filtrelere uygun olan bir dizilim yapılması gerekmektedir. Ayrıca malzeme değişimi esnasında nozul bakımlarının gerekli ise değişimlerinin yapılması uygun olacaktır. Tavsiye edilen media dizilimine uygun olmalıdır.

- Sorun 3: İşletme personellerinin labaratuvar, işletme ve kimyasal kullanımı ile ilgili gerekli eğitimi almadıkları görülmektedir.

Öneri: Laboratuvarda jar test cihazı olmadığından gelen bulanıklıklara ideal dozlamamanın miktarı tespit edilememektedir. Bu da tesisin gereksiz kimyasal veya yetersiz kimyasalla çalıştırılarak tesisi verimsiz hale getirmektedir. Laboratuvara jar test cihazı temin edilerek işletme personellerine eğitim verilmesi uygun olacaktır.

- Sorun 4: Tesiste mevcut kimyasalların tesise uygun olmadığı, uzun süre beklemeden dolayı kimyasalların formunun bozulmasından kaynaklı verimli arıtma gerçekleşmemesi bir diğer önemli sorundur.

Öneri: Bu durumda hazır çözelti kullanılmasının uygun olacağı yapılan jar testleri ve tesis uygulamaları ile görülmektedir. (Özellikle orta ve küçük ölçekli tesislerde)

- Sorun 5: Yapılan tesis çalışmalarında hat kollarında (filtre 1 ve filtre 2) çıkış değerlerinin (örneğin; bulanıklık) farklı olduğu tespit edilmektedir.

Öneri: Dozaj pompalarının basma noktalarında dozaj miktarının kontrollerinin yapılacağı sistem yapılmalıdır. Böylece dozaj pompalarının sisteme kimyasalı istenilen miktarda verilebildiğinin kontrolü sağlanacaktır. Dozlama miktarı istenilen seviyede yapılmadığı anlaşıldığında müdahale edilebilecektir.

- Sorun 6: Tesis çıkış bakiye klor ölçerin yeri dozlama noktasından önce olduğunda klor ölçümü yapılamamaktadır.

Öneri: Klor ölçer cihazı klor dozlama noktasından sonraya taşınması veya klor ölçer cihazının emme hattı klor dozaj noktasından sonrasına taşınması gerekmektedir.

- Sorun 7: Tesiste dezenfeksiyon olarak, gaz klor kullanımı tehlikeli, işletmesi zor ve üst düzey iş güvenliği önlemlerinin alınmasını gerektiren bir sistemdir. Ayrıca işletme personellerinin gaz klor kullanımıyla alakalı herhangi bir eğitim verilmediği görülmektedir.

Öneri: Küçük ve orta ölçekli tesislerde, gaz klor sisteminin yerine sıvı klora geçilmesi tavsiye edilmektedir. Tesiste mevcut olan ve kullanılmayan sodyum hidroksit sisteminin sıvı klor kullanımı için uygun olabileceği görülmektedir. İlave olarak ön klor dozlamada yapabilmek için ön klor dozaj noktasına da dozaj pompalarından hat çekilmelidir.

- Sorun 8: Tesiste yapılan çalışmalarda vanaların açılıp kapanma esnasında boru hatlarında koç darbesi olduğu gözlemlenmektedir.

Öneri: Hatlarda oluşan koç darbesinin önüne geçilebilmesi ve vanaların aç- kapa hız ayarının yapılabilmesi için namur solenoid valf üzerindeki hava tahliye noktalarına pnomatik ayarlı yaylı tip susturucu takılması tavsiye edilmektedir.

- Sorun 9: Bazı mevsimsel dönemlerde tesis yüksek bulanıklık nedeni ile otomatik tahliyeye geçtiğinde giriş bulanıklık ölçere numune suyu gitmemektedir.

Öneri: Giriş bulanıklık ölçere tahliye esnasında numune suyu gitmediği için bulanıklık düştüğünde tesis otomatik olarak devreye girmemektedir. Giriş bulanıklık ölçerin numune alım noktasının bu sorunun önüne geçebilecek şekilde revize edilmesi uygun olacaktır.

- Sorun 10: Birçok tesiste yapılan scada incelenmesinde sistemin debi ve bulanıklığa göre otomatik kimyasal vermeye uygun alt yapıya sahip olduğu fakat scadada yazılımsal eksiklik olduğundan dolayı bu işlemin yapılamadığı ve manuel yapıldığı görülmektedir.

Öneri: Tesise; bulanıklık ve debiye göre otomatik kimyasal dozlama verilmesi için scadada yazılımsal ilave değişiklikler yapılması ön görülmektedir. Laboratuvar jar test çalışmalarında uygun kimyasal dozlamaları tespit edilip scadaya yazılması uygun olacaktır. Aynı zamanda dozlama miktarları set değerleri operatör tarafından değiştirilebilir olmalıdır.

- Sorun 11: Geri yıkama pompaları çalışma esnasında emiş hattından yeterli miktarda su alamayıp yıkamaların verimli olmadığı ve pompaların hava yaptığı gözlemlenmektedir.

Öneri: Bu sorunların önüne geçilebilmesi için şebeke çıkış vanası kısık olarak çalıştırılması uygun görülmektedir.

- Sorun 12: Bulanıklık arttığında birçok tesis otomatik debi düşümü yapmamaktadır.

Öneri: Örneğin; tesisin arıtma kapasitesi 100 ntu ise bu bulanıklığı verimli ve daha uzun süre arıtabilmesi için bulanıklık yükseldikçe kademeli olarak debinin düşürülmesi gerekmektedir. Bunun için scadaya gerekli eklentiler yapılması tesisin verimli işletilmesi açısından uygun olacaktır.

- Sorun 13: Geri yıkama esnasında filtrasyonda olan hatta kapasitesinin üzerinde debi geldiği tespit edilmektedir.

Öneri: Geri yıkama esnasında debinin scadaya gerekli eklentiler yapılarak tek hat filtrasyon kapasitesine otomatik olarak düşürülmesi uygun olacaktır.

En yaygın işletme sorunları ele alınarak tesislerde sorun yaşanan üniteler sırası ile Tablo 63'te gösterilmektedir. Bu üniteler çok küçük, küçük ve orta ölçekli tesisler için sırasıyla havalandırma üniteleri, kimyasal dozlama üniteleri ve kimyasal tankları, filtrasyonda kullanılan basınçlı kum filtreleri ve hızlı kum filtreleri, geri yıkama üniteleri, klor üniteleri ve SCADA otomasyondur. İşletme verileri doğrultusunda tesislerde genellikle bu ünitelerde revizyon

çalışmaları yapıldığı tespit edilmiştir. Bunun nedeni çok küçük, küçük ve orta ölçekli tesislerde genellikle paket tip arıtma kullanılmaktadır. Paket sistemler her ne kadar daha basit sistemler gibi görülse de proses üniteleri birbirine bağlı çalıştığı için birinde yaşanan aksaklık tüm sistemi etkilemektedir. Bu sebeple işletme eksiklikleri en fazla çok küçük, küçük ve orta ölçekli tesislerde yaşanmaktadır.

Tablo 63. Ölçek Durumlarına Göre Arıtma Tesislerinde En Yaygın Görülen Proseslere Ait İşletme Sorunları

Prosesler	ÇKÖ	KÖ	OÖ	BÖ	ÇBÖ
Havalandırma	Ekipman bakımı, kirli suyun etkisi	Havalandırma verimsizliği, borulama hataları	Uzun süreli bakım, korozyon	Korozyon	Korozyon
Kimyasal Dozlama	Kimyasal tedarik sorunları, dozaj hataları	Yetersiz dozaj, kimyasalın yanlış kullanımı	Dozaj hataları, malzeme yenileme gereksinimi	Yüksek maliyet, manuel müdahale gereksinimi	Yüksek maliyet, manuel müdahale gereksinimi
Filtrasyon (Basınçlı)	Malzeme kaybı, uzun süre bekleme	Filtrasyon hattı arızaları, bakım zorlukları	Düşük verimlilik, malzeme yenilenmemesi	Uzun süreli bakım gerekliliği, akış hızı sorunları	Hızlı yıkama, verimlilik sorunları
Geri yıkama	Düzenli geri yıkama yapılmaması,	Yıkama hataları, eksik bakım	Yıkama hataları, eksik bakım	Pompa yetersizliği	Pompa yetersizliği
Klorlama	Bilinçsiz gaz klor kullanımı	Bilinçsiz gaz klor kullanımı	Yüksek klor kullanımı, güvenlik sorunları	Sistem bakımı ve güvenlik sorunları	Sistem bakımı ve güvenlik sorunları
Tesis Otomasyonu ve SCADA	Sistem eksiklikleri, manuel müdahaleler	Zayıf sistem entegrasyonu, gecikmeli veri	Otomasyon eksikliği ve manuel müdahale	Kompleks sistemler, yüksek otomasyon gereksinimi	Kompleks sistemler, yüksek otomasyon gereksinimi

En yaygın işletme sorunları yaşanan proseslerde ölçek durumuna göre işletme zorluk derecesi Tablo 64’de gösterilmektedir.

Tablo 64. Ölçek Durumlarına Göre Arıtma Tesislerinde Proseslerin Zorluk Dereceleri

Prosesler	ÇKÖ	KÖ	OÖ	BÖ	ÇBÖ
Havalandırma	Yüksek zorluk	Orta zorluk	Orta zorluk	Düşük zorluk	Düşük zorluk
Kimyasal Dozlama	Yüksek zorluk	Orta zorluk	Orta zorluk	Düşük zorluk	Düşük zorluk
Filtrasyon (Basınçlı)	Yüksek zorluk	Orta zorluk	Düşük zorluk	Düşük zorluk	Düşük zorluk
Geri yıkama	Yüksek zorluk	Orta zorluk	Orta zorluk	Düşük zorluk	Düşük zorluk
Klorlama	Yüksek zorluk	Orta zorluk	Orta zorluk	Düşük zorluk	Düşük zorluk
Otomasyon - SCADA	Yüksek zorluk	Orta zorluk	Orta zorluk	Düşük zorluk	Düşük zorluk

İçme suyu arıtımında basınçlı tanklar işletmede çok ciddi zorluklar oluşturmaktadır. Özellikle ciddi bakım ve işletme gerektiren bu tanklar ülkemizde çok küçük ve küçük ölçekli tesislerde ciddi işletme sorunlarına yol açmaktadır.

Tesislerde kullanılan stok kimyasal çözeltilerinin çok uzun süredir beklemesi nedeniyle kimyasalların özelliğini kaybettiği görülmektedir. Çok küçük, küçük ve orta ölçekli tesislerde stok çözeltiler genellikle bozulmakta bu nedenle hazır çözeltiler kullanılmalıdır. Çünkü bekleyen kimyasal formunu kaybetmekte, bahsi geçen ölçekteki tesislerde jar testi ve bu testi yapabilen operatör bulunmadığından tesisler çalışabilir durumda iken arıtma gerçekleştirememektedir.

Konvansiyonel arıtma tesislerinde havalandırma üniteleri genellikle tesis dışında ise atıl durumda kalmaktadır. Çünkü havalandırma ünitelerinin düzenli bakım ve onarımı yapılmamaktadır. Ülkemizde bulunan bir içme suyu arıtma tesisinin havalandırma ünitesi genel sorunları; havalandırma ünitelerinin fayanslarının kırık olması, korozyon ve paslanma durumlarıdır. Ülkemizde havalandırma ünitesinin sağlıklı işletilebilmesi için çok büyük ve büyük ölçekli tesisler dışında arazi durumu müsait olduğu sürece havalandırma ünitesinin arıtma tesisi civarında konumlandırılması bakım ve onarım açısından son derece önemli bir husustur.

Bir diğer husus konvansiyonel arıtma tesislerinde filtrasyon ünitesi işletmesinde medya yatağının malzemeleri ve medya temizliğidir. Birçok tesiste medya yatağında neredeyse hiç malzeme bulunmadığından proses tam manasıyla çalışmamaktadır. Genellikle filtrasyon ünitelerinde geri yıkamanın tam veya doğru şekilde yapılmaması ve filtre malzemesi kaçacağı en fazla karşılaşılan işletme sorunlarından biridir. Medya malzemelerinin kaçak durumunda düzenli aralıklarla yenilenmesi gerekmektedir.

İçme suyu arıtma tesislerinde gaz klor en yaygın kullanılan klor çeşididir. Basınçlı tanklarda sıvılaştırılmış gaz halinde taşınırlar ve depolanırlar. Genellikle arıtma tesislerinde ortalama 50 ve 75 kilogramlık klor tankları kullanılmaktadır. Çok büyük ve büyük ölçekli arıtma tesislerinde 1000 kilogramlık klor tankları da kullanılmaktadır. Gaz klor; klor formları içinde ucuz ve raf ömrünün uzun olması ile bilinse de, tehlikeli bir gaz olduğundan işletimi yüksek risk taşımaktadır. Birçok içme suyu arıtma tesisinin gaz klor üniteleri, sıvı klor üniteleri ile değiştirilmektedir.

Tesislerden alınan işletme verileri doğrultusunda; özellikle çok küçük, küçük ve orta ölçekli tesislerde gaz klor ünitesi işletmede yaşanan sıkıntılar sebebi ile (sızıntı riski) sıvı klor ünitesine dönüştürülmektedir. Özellikle soğuk bölgelerde gaz klor sistemi işletimi daha da zorlaşmaktadır. Dolayısıyla çok küçük, küçük ve orta ölçekli tesislerde gaz klor yerine sıvı klor

en başta tercih edilerek projelendirilmesi gerekmektedir. Çok büyük ve büyük ölçekli tesislerde gaz klor kullanımının daha sağlıklı olabileceği öngörülmektedir.

Bir diğer önemli husus, tesislerde hem düşük bulanıklık hem de yüksek bulanıklık için doz miktarı hesaplanmalıdır. Birçok tesiste özellikle çok küçük, küçük ve orta ölçekli tesislerde tesis ilk devreye alındığında çalışılan doz miktarı ile devam edilmektedir. Ancak ham suyun kalitesi değişken olabilmektedir. Bu yüzden belirli dönemlerde yapılan Jar Testi ile optimum kimyasal, optimum dozaj miktarı belirlenmelidir. Ayrıca scada otomasyon sistemine dozaj hesabı entegre edilerek sistem bulanıklık ve debi değerine göre kimyasal madde miktarını ayarlayacak durumda olmalıdır. Dozaj hesabı tesis manuel çalışacağı durumlar içinde excel formatında hesap metodu ile tesis operatörüne öğretilmelidir. Böylelikle farklı kimyasallar ve dozlar üzerinde denemeler yapan operatör, suyun kalitesini en iyi şekilde iyileştirecek dozajın belirlenmesini en ekonomik yöntem ile sağlamaktadır.

Sonuç olarak Jar test su arıtma süreçlerinin optimize edilmesinde kritik bir rol oynamakta ve genellikle tesislerin verimliliğini arttırmak amacıyla kullanılmaktadır. Küçük, orta, büyük ve çok büyük ölçekli tesislerde Jar testi cihazı muhakkak bulunmalı ve operatör jar test ile hem manuel hesaplama yöntemini hem de otomasyon üzerinden ayarlamaları yapabilmelidir.

Sonuç olarak bu bölüm; Türkiye’de içme suyu arıtma tesislerinin verimli ve sürdürülebilir bir şekilde işletilmesi için çok küçük, küçük, orta, büyük ve çok büyük ölçekli tesisler için teknik ve işletme anlamında önemli bir rehber sunmaktadır. Tesis yöneticileri ve karar alıcılar, bu verileri kullanarak işletme sorunlarını proaktif şekilde yönetebilir ve iyileştirme stratejileri oluşturarak tesislerin arıtma verimliliğini arttırabilir.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu tez çalışması, Türkiye'deki içme suyu ve içme suyu arıtma tesislerinin mevcut durumunu çok boyutlu bir yaklaşımla incelemeyi ve ülkemize özgü bir skorlama ve sınıflandırma modeli geliştirmeyi amaçlamaktadır. Türkiye'de 81 il 922 ilçede bulunan; 866 adet içme suyu şebeke dağıtım tesisi ile 180 adet kapsamlı içme suyu arıtma tesisi verileri olmak üzere toplamda 1046 adet içme suyu tesisi detaylı olarak değerlendirilmiştir.

İçme suyu arıtma tesislerine ait veriler kullanılarak; tesislerin kapasite, proses çeşitliliği, ham su kaynağı, ham su kalitesi, arıtma teknolojisi, enerji kullanımı ve coğrafi dağılımı gibi parametrelerle ölçeklendirme analizleri yapılmıştır. Model kapsamında bölgelere ve ölçeklere göre ortaya çıkan farklılıklar değerlendirilmiş ve bu doğrultuda ülkemizde su altyapısının güçlendirilmesine yönelik öneriler sunulmuştur. Aşağıda, bu analizden elde edilen her bir bulguya ilişkin sonuçlar ile öneriler sunulmaktadır.

1. Türkiye'nin İçme Suyu Altyapısı

Türkiye'de toplam içme suyu tesis sayısının %17,2'i arıtma tesisidir. Toplam içme suyu alt yapısı göz önüne alındığında içme suyu arıtma tesisi sayısı oldukça düşük kalmaktadır. Türkiye'de toplam içme suyu tesisinin % 82,8'i ise şebeke dağıtım ve klorlama sistemidir. Bu oranlar; büyük ölçüde ham su kalitesinin yeterli olduğu yerlerde doğrudan şebeke sisteminin kullanıldığını göstermektedir. Ancak daha kontrollü ve sağlıklı içme ve kullanma suyu temini sağlayabilmek için özellikle kırsal yerleşim bölgelerinde paket veya konvansiyel içme suyu arıtma tesislerinin daha fazla olması gerektiği sonucuna varılmıştır. İçme suyu arıtma tesislerinin ise %15,56'sı paket arıtma tesisi %84,44'ü ise konvansiyel tip arıtma tesisidir.

- Milyon kişi başına düşen arıtma tesisi sayısı: Türkiye genelinde milyon kişi başına düşen içme suyu arıtma tesisi sayısı 2,11 olarak belirlenmiştir. Bu oran, Karadeniz bölgesinde 5,65 ile en yüksek değere sahipken Akdeniz bölgesinde 0,82 seviyelerindedir. Bu değerler Karadeniz bölgesinde yerleşim yerlerinin dağınıklığı ile açıklanırken, Akdeniz bölgesinde tesis sayısının azlığı ile açıklanmaktadır. Marmara bölgesinde ise hem nüfus fazla hem de tesis sayısı doğal olarak Türkiye geneline göre en çok olduğu için 1,51 tesis/milyon kişi olarak belirlenmiştir. Bu değerler milyon kişi başına düşen tesis sayısının nüfusa göre değil de bölgenin coğrafi özellikleri, dağılımı ve bölgenin gelişmişlik düzeyi ile açıklanabileceğini göstermektedir.

- Bölgesel farklılıklar: Karadeniz bölgesi yüksek sayıda içme suyu arıtma tesisi ile öne çıkarken, Akdeniz Bölgesi en düşük arıtma tesisi sayısına sahip bölge olarak dikkat çekmektedir. Marmara ve Ege Bölgesi, yüksek nüfusları ile büyük altyapı ihtiyacına sahipken, bu bölgelerde arıtma tesislerinin sayısı milyon kişi başına düşük kalmaktadır. Bu, büyük şehirlerin su altyapısı konusunda daha fazla yatırım gerektirdiğini göstermektedir.
- Orta ölçekli tesis sayısı: Türkiye genelinde 67 orta ölçekli arıtma tesisi bulunması, bölgesel ihtiyaçlara göre şekillenen bir altyapı stratejisi uygulandığını göstermektedir. Bu tür tesisler, özellikle nüfus yoğunluğunun yüksek olduğu bölgelerde daha yaygın olarak bulunmaktadır.
- Altyapısı geliştirilmesi gereken bölgeler: Türkiye'deki içme suyu altyapısı, bölgesel dengesizlikler göstermektedir. Akdeniz ve Ege Bölgeleri gibi bazı bölgelerde içme suyu arıtma tesislerinin yetersiz olması, bu bölgelerde altyapı yatırımlarının artırılmasını gerektirmektedir. Karadeniz Bölgesi ise, yüksek milyon kişi başına düşen arıtma tesisi sayısı ile iyi bir altyapı seviyesine sahiptir. Ancak büyük ölçekli arıtma tesisi sayısının Samsun ve Trabzon gibi illerde artırılması gerekmektedir. Ege bölgesinde de İzmir ve Manisa illerinde büyük ölçekli arıtma tesisi sayısının artırılması gerekmektedir.

Öneriler:

- Su kaynakları bakımından zengin olan Karadeniz ve Doğu Anadolu bölgelerinde su kalitesini güvence altına almak için arıtma tesisi sayısı ve kapasitesinin artırılması gerekmektedir.
- Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu bölgeleri gibi kurak bölgelerde su altyapısı eksik olup, her iki bölge de önemli iyileştirmelere ihtiyaç duyulmaktadır.
- Ege ve İç Anadolu bölgeleri orta seviyede altyapıya sahipken, Marmara bölgesi yüksek nüfus yoğunluğu nedeniyle daha fazla yatırım ve altyapı geliştirmesi gerektirmektedir.
- Altyapı Yatırımları: Nüfus yoğunluğu arttıkça altyapı yatırımlarının artırılması gerektiği ortaya çıkmaktadır. Büyük şehirler ve yoğun nüfuslu bölgelerde, içme suyu ve arıtma tesisleri sayısının artırılması gerekmektedir. Altyapı planlaması ile içme suyu ve içme suyu arıtma tesislerinin sayısındaki artış, toplam tesis altyapısını güçlendirerek ve bölgesel altyapı eksikliklerini gidermede etkin olacaktır.

2. Tesis Ölçeği Dağılımı ve Hizmet Dengesizliği

Ülkemize özgü oluşturulan skrolama sistemi puan sonucuna göre ülkemizdeki tesislerin 25 adet çok küçük ölçekli, 40 adet küçük ölçekli tesis, 67 adet orta ölçekli tesis, 33 adet büyük ölçekli tesis ve 15 adet çok büyük ölçekli tesis olduğu belirlenmiştir. Çok küçük ölçekli tesisler düşük kapasite ve sınırlı teknolojiye sahiptir. Küçük ölçekli tesisler daha geniş hizmet alanına sahip, ancak kaynak ve teknoloji açısından sınırlı tesislerdir. Orta ölçekli tesisler iyi bir kapasite ve altyapı dengesine sahip tesislerdir. Büyük ölçekli tesisler yüksek kapasiteli, ileri arıtma teknolojileri kullanan tesislerdir. Çok büyük ölçekli tesisler ülke genelinde en kapsamlı hizmet sunan ve yüksek verimlilikte çalışan tesislerdir.

- Ülkemizde en yüksek tesis sayısı orta ölçek tesis kategorisinde yer almakta olup içme suyu arıtma tesislerinin % 37,22'si orta ölçekli tesislerden oluşmaktadır. Bu, Türkiye'de genellikle orta büyüklükte nüfus gruplarına göre hizmet eden tesislerin yaygın olduğunu göstermektedir. Orta ölçekli tesislerin yaygınlığı planlama ve yatırım stratejilerinin orta ölçekli tesislerin kapasitesini artırmaya yönelik olması gerektiğini de göstermektedir.
- Toplam arıtma tesisi sayısının % 26,6'sı (48 adet tesis) büyük ve çok büyük ölçekli tesis olarak sınıflandırılmıştır. Bu durum büyükşehirlerde ve metropol alanlarda su arıtma ihtiyacının yüksek olduğunu göstermektedir. Toplam arıtma tesisi sayısının %36,11'i (65 adet tesis) küçük ve çok küçük ölçekli tesis olarak sınıflandırılmıştır.
- Tesis sayısının çok küçükten orta ölçeğe doğru artması, orta ölçekten büyük ve çok büyük ölçeğe geçişte azalması dağılımı, klasik bir çan eğrisi (normal dağılım) örüntüsüne işaret etmektedir. Bu dağılım; skrolama sisteminde kullanılan kategori puan aralıklarının, tesislerin gerçek dağılımını yansıtacak şekilde ayarlandığını göstermektedir. Skrolama modelinde belirlenen kategori aralıklarının, Türkiye'deki içme suyu arıtma tesislerinin doğal dağılımını yansıttığı, dolayısıyla modelin anlamlı ve geçerli sonuçlar ürettiği göstermektedir.
- Skrolama sonuçlarına göre; içme suyu arıtma tesislerinin ölçeklendirilmesinde bölgelere göre belirgin farklılıklar gözlenmiştir. Büyük ölçekli tesislerin Marmara ve Ege bölgesinde yoğunlaşması, küçük ölçekli ve çok küçük ölçekli tesislerin ise Doğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde daha yaygın olması görülmektedir. Bu durum, her bölgenin nüfus, coğrafya ve altyapı ihtiyaçlarına göre değişiklik gösterdiğini ortaya koymaktadır.

Öneriler:

- Kapasite Artırımı ve Yeni Tesisler: Hizmet dengesizliğini gidermek için küçük ve orta ölçekli tesislerin kapasiteleri artırılmalı veya bölgesel bazda yeni büyük ölçekli

arıtma tesisleri inşa edilmelidir. Özellikle nüfusun yoğun olduğu bölgelerde, sadece 15 adet olan çok büyük ölçekli tesis sayısı stratejik planlamayla yükseltilmelidir.

- Bölgesel Tesis Birleştirmeleri: Coğrafi olarak yakın konumdaki küçük tesisler, ortak bir daha büyük tesis çatısı altında birleştirilebilir. Bu sayede ölçek ekonomisi sağlanarak hem verimlilik artacak hem de farklı bölgeler arasındaki hizmet kalitesi farkı azalacaktır.
- Merkezi Yatırımlar ve Planlama: Ulusal su yönetimi planlarında, farklı bölgelere hizmet edecek merkezi büyük tesis yatırımları dengeli dağıtılmalıdır. Böylece her bölgede benzer kalitede içme suyu hizmeti sunularak ölçek kaynaklı hizmet eşitsizlikleri giderilebilir.

3. Skorlama ve Sınıflandırmanın Bölgesel Sonuçları

Ülkemize özgü oluşturulan skorlama sistemi puan sonucuna göre ülkemizdeki bölgelerin skor sonuçları; Türkiye genel ortalama skoru 69,67 olup bu değerin üzerinde olan bölgeler; Akdeniz, Marmara ve İç Anadolu bölgesidir. En yüksek genel ortalama skoru Akdeniz bölgesi 92,66 olup en az tesis sayısına sahip bölge olması ve küçük ve çok küçük ölçekli tesislerin olmaması dikkat çekici bir sonuçtur. En düşük genel ortalama skoru Doğu Anadolu bölgesi 59,29 olup tüm ölçeklerde Türkiye ortalamasının altında kalmaktadır.

Ortalama skor ile tesis ölçeği arasında çok küçük ölçekli tesise 1 ve çok büyük ölçekli tesise 5 olmak üzere sayısal değerler atandıktan sonra ($y = 22,799x + 5,575$), tesis ölçeği (x) ile ortalama skor (y) arasında doğrusal ve pozitif yönlü bir ilişki olduğu çalışmada açıkça görülmektedir.

- Doğu Anadolu Bölgesi: En düşük ortalama skora sahip bölgedir. Tüm ölçeklerde Türkiye'nin altındadır.
- Güneydoğu Anadolu Bölgesi: Çok küçük tesisin hiç olmaması hizmet yaygınlığı sorununa işaret etmektedir.
- İç Anadolu Bölgesi: Büyük ölçekli tesisler güçlü performans sergilemekte; ancak orta ölçekli tesisler zayıf kalmaktadır.
- Karadeniz Bölgesi: Ölçek puanları iyi olmasına rağmen genel ortalamanın altında kalması; bu bölgede küçük tesis sayısının ağırlıklı olması ile ilgilidir.
- Akdeniz Bölgesi: Yüksek ortalamaya sahip olmasına rağmen küçük ölçekli tesislerin yokluğu hizmet çeşitliliğinde zayıflık olduğunu göstermektedir.
- Marmara Bölgesi: Ortalama üstü performans göstermektedir. Küçük ve çok küçük ölçekli tesislerde düşük puanlara rağmen genel skoru yüksektir.

- Ege Bölgesi: Çok büyük ölçekli tesis verisi eksik, ama diğer ölçeklerde performans ortalamaya yakın görülmektedir.

Öneriler:

- Doğu Anadolu Bölgesi: Tüm ölçeklerde ciddi performans iyileştirmeleri gerekmektedir.
- Güneydoğu Anadolu ve Karadeniz Bölgesi: Orta ve küçük ölçekli tesislerde yaygınlaştırma çalışmaları yapılmalıdır.
- Akdeniz ve Marmara Bölgesi: Mevcut tesis kalitesi iyi, ama hizmet çeşitliliği artırılmalıdır.
- Ege Bölgesi: Büyük ölçekli tesis performansı yüksek; veri eksikliği olan ölçeklere yönelik daha kapsamlı veri toplanmalıdır.

4. Boyutlandırma ve Ham Su Kriteri

Boyutlandırma ve ham su kriteri, tesislerin büyüklüğünü ve kapasitesini belirleyerek, özellikle daha küçük ölçekli tesislerin bulunduğu bölgelerde büyük rol oynamaktadır. Çok küçük ve küçük ölçekli tesislerde boyutlandırma ve ham su kriteri puanı toplam genel skorun yaklaşık olarak % 40'ına tekabül ederken ölçek sınıfı büyüdükçe bu oran yaklaşık olarak % 25'e düşmektedir. Yani daha gelişmiş ve büyük tesislerin bulunduğu bölgelerde, boyutlandırma ve ham su puanı toplamda daha düşük bir etkiye sahiptir. Boyutlandırma kriteri özellikle küçük ölçekli tesislerin bulunduğu bölgelerde skora daha etkili olurken, büyük tesislerin yoğun olduğu bölgelerde etkisi azalmaktadır.

Ham su kaynakları açısından en çok kullanılanlar akarsular ve barajlardır. Yeraltı suyu kullanımının yaygın olduğu bölgelerde sürdürülebilirlik açısından dikkatli yönetim gerekmektedir. Yağmur suyu hasadı ve deniz suyu gibi alternatif kaynakların henüz kullanılmıyor olması, gelecekteki su sıkıntısına karşı potansiyel çözüm alanı olarak değerlendirilmelidir.

5. Ham Su Kalitesi ve Proses Uyumsuzluğu

Skorlama ve sınıflandırma neticesinde Türkiye'deki 180 içme suyu arıtma tesisi içinde, 145 tesisin ham su kalite sınıfları (A1, A2, A3) ile kullanılan proses dizaynı arasında uyumsuzluklar olduğu görülmektedir. Ham su kalitesine göre doğru proses seçimi ve dizaynı sadece 35 tesiste görülmektedir.

A1 su kalite kategorisine sahip 73 içme suyu arıtma tesisinde proses seçimi A2 su kalite kategorisine yapılmıştır. Yine A1 su kalite kategorisine sahip 20 içme suyu arıtma tesisinde

proses seçimi A3 su kalite kategorisine yapılmıştır. A1 su kalite kategorisinde sadece 15 tesiste proses seçimi A1 su kalite kategorisine yapılmıştır.

A2 su kalite kategorisine sahip 17 içme suyu arıtma tesisinde proses seçimi A3 su kalite kategorisine yapılmıştır. A2 su kalite kategorisinde sadece 20 tesiste proses seçimi doğu olarak A2 su kalite kategorisine yapılmıştır. Ham su kaynağına göre proses seçimlerindeki tutarsızlıklar içme suyu arıtma tesislerinin gelecekteki muhtemel su kaynağındaki öngörüleemeyen muhtemel değişikliklere bir önlem gibi görölmekle birlikte yapılan yatırım ve işletmelerin daha maliyetli olarak gerçekleşmesine yok açmaktadır.

Bu, su yönetimi politikaları ve saha uygulamaları arasındaki örtüşmezliğı gösteren çarpıcı bir sonuçtur.

Özellikle A3 kalite sınıfına sahip ham su kaynağı bulunmamakla birlikte, bazı içme suyu arıtma tesislerinde A3 sınıfı için tasarlanmış prosesler kullanılmaktadır. Bu da, tasarımda bazen gereksiz ya da yanlış uygulamalara yol açabileceğini göstermektedir. Çalışmanın bu sonucu; Türkiye’de içme suyu arıtma tesislerinin su kalitesine uygun olarak tasarlanmamış proseslere dayandığını ve bu uyumsuzluğun yönetsel bir sorun olduğunu vurgulamaktadır. Bu, hem yerel ölçekte hem de genel su yönetimi stratejilerinde yapılacak iyileştirmelerle giderilebilecek bir sorundur.

Öneriler:

- Proses Tasarımı ve Seçimi: Ham su kalitesine göre, her bölgedeki içme suyu arıtma tesislerinin proses dizaynlarının gözden geçirilmesi ve su kalitesine daha uygun arıtma tekniklerinin uygulanması gerekmektedir.
- Politika Uyumu: Su yönetimi politikalarının daha bilimsel verilere dayalı olarak geliştirilmesi ve uygulama aşamalarında kalite sınıflarına uygun tesislerin kurulması önemlidir.
- İçme Suyu Arıtma Tesislerinin Modernizasyonu: Özellikle A1 kalite su kaynaklarına sahip bölgelerde bile, A2 ve A3 kalite suya yönelik proseslerin kullanıldığı tesislerin modernize edilmesi gereklidir.
- Bu durum, yerel yönetimlerin su kaynakları yönetiminde, su kalitesine göre doğru proses seçimleri yapabilmeleri için daha fazla eğitim ve altyapı desteğı sağlanması gerektiğini göstermektedir.

Bu öneriler, su yönetimi ve içme suyu arıtma tesislerinin verimliliğini artırarak daha sağlıklı içme suyu temini sağlayacaktır.

6. Türkiye'nin İçme Suyu Arıtma Tesislerinde Proses Çeşitliliği ve Önemi ile Bölgesel Su Arıtma Eğilimleri

Proses çeşitliliği ve teknolojisi, Türkiye'deki içme suyu arıtma tesislerinin gelişmişliğini, enerji tüketimini, işletme maliyetlerini ve bölgesel içme suyu arıtma yönetimini doğrudan etkileyen önemli bir parametredir. Skorlama ve sınıflandırma sonucunda Türkiye'deki 180 adet içme suyu arıtma tesisinde önemli rol oynayan prosesler ile daha düşük öneme sahip prosesler bölge bazında belirlenmiştir.

- Ön arıtma: Genel olarak Türkiye'de en az uygulanan proseslerden biridir. Sadece ön filtreleme veya kaba ızgara ihtiyacı olan bölgelerde kullanılmaktadır. En aktif olarak Karadeniz, Marmara ve İç Anadolu bölgelerinde kullanılırken en az Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde kullanılmaktadır.
- Kimyasal arıtma (ph ayarlama, kimyasal dozlama vb.): Özellikle su kalitesinin düşük olduğu bölgelerde yaygın kullanılmaktadır. Tarım ve sanayinin gelişmiş olduğu ve tuzluluk etkisinin bulunduğu olduğu bölgelerde kimyasal arıtma prosesleri daha aktif rol oynamaktadır. Karadeniz ve Marmara bölgesinde çok daha önem arz etmektedir. Akdeniz ve Ege bölgesinde su kalitesi nispeten daha yüksek olduğundan kimyasal arıtma prosesleri daha az önem teşkil etmektedir.
- Koagülasyon ve flokülasyon: İç Anadolu, Karadeniz ve Marmara bölgelerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Gelişmiş tesislerde koagülasyon ve flokülasyon işlemleri daha aktif rol oynamaktadır. Ege ve Akdeniz bölgesinde gelişmiş tesis sayısı daha az olduğundan bu prosesler daha az görülmektedir.
- Durultma: İç Anadolu, Karadeniz ve Marmara bölgelerinde daha dengeli oranda kullanılmaktadır. Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde durultucu prosesi daha fazla tercih edilmekte olup bu bölgelerde koagülasyon flokülasyon prosesleri sayısı azdır. Bu bölgelerde koagülasyon flokülasyon prosesleri arttırılarak denge sağlanabilir.
- Filtrasyon: Her bölgede standart bir proses olarak orta düzeyde uygulanmaktadır. İç Anadolu, Karadeniz ve Marmara bölgelerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Akdeniz ve Ege bölgesinde daha az kritik öneme sahiptir.
- Diğer prosesler (Ozonlama, aktif karbon vb.): İleri teknoloji ve destekleyici sistemleri kapsamaktadır.
- Çamur arıtma: Çamur arıtımında Ege bölgesi en yüksek orana sahip bölgedir.

- Tesis operasyonel özellikleri: İçme suyu arıtma tesisi operasyonel özellikler yönünden en aktif bölge Ege ve Karadeniz bölgesidir. Bu bölgeler daha kurumsal ve teknik altyapıya sahiptir. Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde operasyonel özellikler oldukça düşüktür.
- Yardımcı prosesler: Kompleks tesis yapıları ve yedekleme sistemi yoğun olan bölgelerde daha fazla önem sahiptir. Ege ve Akdeniz bölgesi yardımcı prosesler yönünden zengindir.

Skorlama ve sınıflandırma sonucunda bazı bölgeler belirli proseslerde öne çıkarken diğer proseslerde zayıf kalabilmektedir. Çalışma neticesinde bölgesel su arıtma eğilimleri hususunda çarpıcı sonuçlar aşağıda maddeler halinde.

- Karadeniz Bölgesinde ön arıtma oranı %39,02 ve kimyasal arıtma oranı %26,01 olarak oldukça yüksektir. Aynı zamanda koagülasyon/flokülasyon oranı %19,93 ve filtrasyon oranı %23,26'da dikkat çekicidir. Karadeniz bölgesinde su kaynaklarının yüksek düzeyde fiziksel ve kimyasal kirliliğe maruz kaldığı, bu yüzden çok kademeli ve yoğun arıtma proseslerine ihtiyaç duyulduğu anlaşılmaktadır.
- Marmara Bölgesinde koagülasyon/flokülasyon oranı %25,11, kimyasal arıtma oranı %26,36 ve durultma oranı %33,33 olarak yüksektir. Filtrasyon prosesi ise %20,43 ile Marmara bölgesinde oldukça yaygındır. Sanayi faaliyetlerinin yoğun olduğu bu bölgede hem kimyasal hem de fiziksel arıtma prosesleri diğer bölgelere göre yüksek öneme sahiptir.
- İç Anadolu bölgesinde durultma oranı %23,38 ve filtrasyon oranı %18,26 olarak yaygındır. İç Anadolu'da özellikle partikül madde giderimi için fiziksel arıtma yöntemlerinin kullanıldığı, ancak kimyasal müdahalenin daha az olduğu bir eğilim görülmektedir.
- Ege Bölgesi: Çamur arıtımı (%38,98) ile öne çıkmaktadır.
- Yorum: Bu, çamur yönetiminin iyi bir şekilde planlandığını ve tesis çıktılarının dikkatli yönetildiğini göstermektedir.

Skorlama ve sınıflandırma sonucunda asgari proses standardı, öneriler ile aşağıda maddeler halinde.

- Doğu Anadolu bölgesinde proses çeşitliliği sınırlı olup kriterlerde en düşük oranlara sahiptir. Operasyonel kapasite düşük olup tesisler küçük ve orta ölçeklidir.
- Öneri: Temel proseslere yatırım arttırılmalıdır. Mevcut tesislerde operatör sayısı arttırılmalıdır. Scada ve otomasyon sistemleri yaygınlaştırılmalıdır. Basit ancak etkin proses zincirleri oluşturulmalıdır.

- Güneydoğu Anadolu bölgesinde koagülasyon-flokülasyon prosesleri ön planda olup kimyasal arıtma prosesleri dengelidir. Yardımcı proseslerde sınırlıdır.
- Öneri: Çamur arıtımı ve yardımcı prosesler kurulmalıdır. Kimyasal dozaj kontrolü ve otomasyon arttırılmalıdır. Tesisler için modüler genişleme yapıları planlanmalıdır.
- İç Anadolu bölgesinde fiziksel ve kimyasal arıtma prosesleri dengelidir. Yardımcı ve ileri prosesler yönünden zayıftır.
- Öneri: Filtrasyon ve durultma sistemleri modernize edilmelidir. İleri proseslere geçiş hedeflenmelidir. Tesis kapasitesine göre operasyonel personel planlaması yapılmalıdır.
- Karadeniz bölgesinde diğer ve yardımcı prosesler çok güçlüdür. Otomasyon kullanımının en fazla olduğu bölgedir.
- Öneri: İleri arıtma teknolojileri desteklenmelidir. Bu bölge pilot bölge olarak kullanılabilir (test sahası).
- Akdeniz bölgesinde kimyasal arıtma prosesleri çok güçlüdür. Yardımcı prosesler yönünden de iyi durumdadır.
- Öneri: Kimyasal kullanım optimize edilmeli ve kimyasal tüketimi dengeli yapılmalıdır.
- Marmara bölgesinde kimyasal arıtma ve fiziksel arıtma prosesleri dengelidir. Tesisler büyük ve gelişmiş yapıdadır.
- Öneri: Yedek sistem altyapısı güçlendirilmelidir. Afet planlaması ve kriz yönetimi tesislere entegre edilmelidir. Sektörel sanayi etkisi olan alanlarda kaynak bazlı önlem alınmalıdır.
- Ege bölgesinde yardımcı prosesler ve çamur arıtımı çok etkindir. Ege bölgesinde operasyonel sistemler güçlüdür.
- Öneri: Ege bölgesi, entegre arıtma-tesis yönetimi eğitim merkezi olabilir. Tesis izleme yazılımları pilot olarak burada uygulanmalıdır.

Tez çalışmasında tüm bölgelerde asgari proses standardı belirlenmiş olup bu standartların her bölge için tanımlanması önerilmektedir. Örneğin; her orta ölçekli tesis için minimum filtrasyon+dezenfeksiyon prosesleri kullanılmalıdır. Personel yeterliliği skrolama ile entegre edilmelidir. Sürekli izleme, eğitim ve denetim için dijital platform kurulmalıdır. Yüzeysuyu etkisindeki tesislere ön arıtma teşvikleri arttırılmalıdır. Sertifikalı tesis işletmeciliği modeli ulusal düzeyde uygulanmalıdır.

7. Türkiye'nin İçme Suyu Arıtma Tesislerinde Debi Aralıkları

Debi aralıkları, Türkiye'deki içme suyu arıtma tesislerinin kapasite yapısını, bölgesel su ihtiyaçlarını, altyapı gelişmişliğini ve enerji tüketim maliyetlerini doğrudan etkileyen önemli bir parametredir. Türkiye'deki debi dağılımı, su kaynaklarının etkin kullanımını, altyapı yatırımlarının gerekliliğini ve bölgesel su yönetimini şekillendiren temel faktörlerden biridir. Bu nedenle debi aralıkları, içme suyu arıtma tesislerinin planlanması, tasarımı ve işletilmesi için kritik bir veridir.

Debi aralıkları incelendiğinde, küçük ve orta ölçekli tesislerin yaygın olduğu; ancak yüksek debili tesislerin yalnızca Marmara, İç Anadolu ve Karadeniz gibi bölgelerde yer aldığı görülmüştür. Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde debi düşük kalmakta ve bu da altyapı yetersizliğini yansıtmaktadır.

En yoğun dağılım $4.000 - 20.000 \text{ m}^3/\text{gün}$ aralığındadır (%28,3), bu da orta-büyük ölçekli tesislerin sistemde baskın olduğunu göstermektedir.

- $400 - 2.000 \text{ m}^3/\text{gün}$ aralığı da %22,8 ile ikinci sıradadır ve küçük-orta ölçekli tesisleri temsil etmektedir.
- En yüksek debiye sahip tesislerin ($>200.000 \text{ m}^3/\text{gün}$) oranı %10 olup genellikle çok büyük ölçekli (ÇBÖ) sınıfına girmektedir.
- $<400 \text{ m}^3/\text{gün}$ debili tesis sayısı yalnızca 2 adet (%1,2) olup, bunlar çok küçük ölçekli (ÇKÖ veya KÖ) tesislerdir.
- Dağılım genel olarak orta ölçek etrafında toplanmış olup çan eğrisi karakteri göstermektedir.

Tez çalışmasında oluşturulan skrolama 180 adet içme suyu arıtma tesisi üzerinden yapılan analiz sonucu mevcut debi aralıklarına göre ölçek sınıflarıyla daha iyi örtüşen, Türkiye'ye özgü yeni debi aralıkları aşağıda önerilmektedir. Skrolama modelinde debi puanı 1-30 puan arasında hesaplandığında;

- ÇKÖ ($<1.000 \text{ m}^3/\text{gün}$): Mevcut veri setinde en küçük debili tesisler $50-400 \text{ m}^3/\text{gün}$ aralığında ve sayıca azdır. Bu tesisler için ayrı bir alt sınıf tanımlamak kırsal yönetim açısından önemlidir. 1-3 puandır.
- KÖ ($1.000-4.000 \text{ m}^3/\text{gün}$): Skrolamada en çok gözlenen “küçük ölçekli tesisler” bu aralıkta yer almaktadır. 4-6 puandır.
- OÖ ($4.000-15.000 \text{ m}^3/\text{gün}$): Mevcut dağılımda en baskın gruptur. Özellikle $4.000-20.000 \text{ m}^3/\text{gün}$ aralığı Türkiye için çok yoğundur. Daha net analiz için alt sınırı daraltmak faydalı olacaktır. 7-12 puandır.

- BÖ (15.000–50.000): 20.000 m³/gün ve üstü tesis sayısı da artmaktadır. Bu nedenle geniş hizmet alanına sahip büyük tesisler burada toplanabilir. 13-20 puandır.
- ÇBÖ (>50.000): Mevcut sistemde 200.000 m³/güne kadar giden tesisler bulunmaktadır. İstanbul örnekleri gibi büyükşehirler için bu sınır uygundur. 21-30 puandır.

Bu yeni aralıkların nedeni; mevcut saha verilerinin (180 tesise ait) 4.000-20.000 m³/gün aralığının çok yoğun olduğunu göstermektedir. Bu aralığın ikiye bölünmesi 4.000-15.000 m³/gün ve 15.000-50.000 m³/gün ayırımını netleştirmektedir. Yeni sınıflandırma; mevcut tesis dağılımı ve skortlama dengesine göre önerilmektedir. Debi aralıklarının önemi;

- Bölgesel Altyapı Gelişmişliği ve Nüfus Yoğunluğu: Türkiye'nin farklı bölgelerinde içme suyu arıtma tesislerinin debileri, altyapı gelişmişliği ve nüfus yoğunluğu ile doğrudan ilişkilidir. Örneğin, Karadeniz, İç Anadolu ve Marmara bölgeleri yüksek debili tesislere sahipken, Doğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde daha düşük debili tesisler yaygındır. Bu, büyük şehirlerdeki yoğun su ihtiyacı ve altyapı yatırımlarının büyüklüğünü yansıtırken, daha az gelişmiş bölgelerde küçük ölçekli tesislerin yaygın olduğunu göstermektedir.
- Büyük Kapasiteli Tesislerin Sınırlı Dağılımı: 200.000 m³/gün ve üzeri debiye sahip çok büyük tesisler %10 oranında bulunmakta olup, yalnızca bazı bölgelerde yer almaktadır. Genellikle çok büyük ölçek aralığına girmektedir. Bu tür tesisler genellikle Marmara, Karadeniz ve İç Anadolu gibi daha yoğun nüfuslu ve sanayileşmiş bölgelerde bulunurken, Akdeniz ve Ege gibi bölgelerde çok az sayıda büyük kapasiteye sahip tesis bulunmaktadır. Bu durum, büyük tesislerin daha çok yoğun nüfuslu ve büyük su ihtiyaçları olan bölgelerde yoğunlaştığını göstermektedir.
- Küçük ve Orta Ölçekli Tesislerin Yaygınlığı: 400-2.000 m³/gün ve 2.000-4.000 m³/gün debi aralıklarındaki tesis sayıları oldukça fazladır. Bu, küçük ve orta ölçekli tesislerin Türkiye genelinde yaygın olduğunu ve bu tesislerin çoğunlukla yerel ihtiyaçları karşıladığını göstermektedir. Bu tür tesisler, özellikle küçük yerleşim yerlerinde, kırsal alanlarda veya düşük nüfus yoğunluğuna sahip bölgelerde yaygındır.
- Düşük Kapasiteli Tesislerin Yoğunluğu: Doğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu gibi bölgelerde, küçük kapasiteli tesisler yaygın olup, debileri genellikle düşük seviyelerdedir (örn: <50 m³/gün aralığındaki tesisler). Bu durum, bu bölgelerdeki su kaynaklarının sınırlı olduğunu ve altyapının henüz yeterince gelişmediğini veya nüfus yoğunluğunun düşük olduğunu göstermektedir.

- Altyapı Yatırımlarının Planlanmasında Kritik Rol: Debi aralıkları, su altyapı yatırımlarının planlanmasında ve gelecekteki yatırımların belirlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Yüksek debili tesislerin gerekliliği olan bölgelerde daha büyük altyapı yatırımları yapılması gerektiği anlaşılrken, düşük debili tesislerin yoğun olduğu bölgelerde ise daha küçük çaplı, ancak etkili arıtma çözümleri öne çıkabilir.
- Su Kaynakları Yönetimi: Debi aralıkları, su kaynakları yönetimi açısından stratejik bir göstergedir. Büyük tesislerin bulunduğu bölgelerde su kaynakları daha yoğun kullanılabilirken, küçük tesislerin bulunduğu bölgelerde ise suyun daha verimli ve dikkatli yönetilmesi gerekebilir. Bu, su kıtlığı yaşanan bölgelerde su verimliliği ve sürdürülebilirlik politikalarının belirlenmesi açısından kritik bir öneme sahiptir.

8. Personel Yetersizliği

Türkiye’de içme suyu arıtma tesislerinde mevcut personel sayısı 695 adet iken model ve mevzuata göre olması gereken personel sayısı 910’dur. Klorlama sistemi ve şebeke dağıtım yapısına sahip içme suyu tesisi sayısı 866 adet olup 1 adet tesiste bulunması gereken operatör sayısı 2 olduğundan toplamda 1732 adet operatör bulunması gerekmektedir. Ülkemiz geneli oluşturulan sınıflandırma sonucuna göre içme suyu ve içme suyu arıtma tesislerinde toplamda 2642 adet operatör bulunması gerekmektedir. Ancak mevcut durumda içme suyu tesislerinde ve çok küçük, küçük, orta, büyük ve çok büyük ölçekli içme suyu arıtma tesislerinde bulunan operatör sayısı bu değerin çok altındadır. Özellikle çok küçük, küçük ve orta ölçekli arıtma tesislerinde hem uygun sayıda hem de uygun pozisyonda personel olmayışı tesislerin performansını azaltmaktadır. Bu tesislerde az sayıda operatörle çok sayıda görevin yürütülmesi, işletme verimini ve su kalitesini olumsuz etkileyebilmektedir.

Ülkemize özgü oluşturulan skortlama ve sınıflandırma modeli sonucunda; içme suyu tesislerinde olması gereken uygun sayı ve pozisyonda personel hususu net bir şekilde standarda edilmiştir. Tez çalışmasında ülkemize özgü personel ve vardiya sayısı önerileri sunulmaktadır. Personel sayısı, tesisin kapasitesine, otomasyon seviyesine ve teknoloji karmaşıklığına göre belirlenmiştir. Bu sınıflandırmada;

- Çok küçük tesisler için 1 personel ve tek vardiya,
- Küçük tesisler için 2 personel ve tek vardiya,
- Orta tesisler için 5 personel ve iki vardiya,
- Büyük tesisler için 8 personel ve iki vardiya,
- Çok büyük tesisler için 14 personel ve üç vardiya önerilmektedir.

Bu hesaplamalar ve öneriler, içme suyu arıtma tesislerinde personel ve vardiya sayısının belirlenmesinde önemli bir rehber sunmaktadır. Tesisin kapasitesi, otomasyon seviyesi ve

kullanılan arıtma teknolojisi gibi faktörler göz önünde bulundurularak, her bir tesis için doğru personel sayısının belirlenmesi sağlanmaktadır. Bu sayede, tesislerin verimli ve güvenli bir şekilde çalışabilmesi için gereken iş gücü optimize edilmiştir.

İçme suyu tesislerinin doğru ve sağlıklı bir şekilde işletilebilmesi için uygun sayı ve uzmanlıkta personel bulunması en kritik hususlardan biridir. Çalışmada belirlenen skarlama sistemi sonucuna göre tesislerin ölçek sınıflarına göre uygun sayı ve nitelikte personel bulundurup bulundurmaması yani uygun işletme koşulları taşıyıp taşımadığı test edilebilecektir.

Ülkemize özgü oluşturulan skarlama ve sınıflandırma modeli, tesislerdeki eksiklikleri belirleyerek, her tesis için optimum personel ve vardiya ihtiyacını bilimsel temellere dayanarak önermektedir. Bu modelin uygulanması, içme suyu arıtma tesislerinin daha verimli çalışmasını sağlayarak, standartlaşma ve hizmet kalitesini artıracaktır. Tesislerin personel ve vardiya planlamalarının güncellenmesi ve iyileştirilmesi, tesislerin verimli çalışması, su kalitesinin korunması ve personel güvenliği açısından kritik öneme sahiptir.

Skarlama ve sınıflandırma sonucunda ülkemizdeki tesislerde vardiya sayılarının da doğru şekilde planlanmadığı bölgeler bulunmaktadır. Özellikle gece vardiyalarında denetim eksiklikleri ve kontrolsüzlükler meydana gelebilmektedir. Bu durum, özellikle enerji tüketimi, cihaz kontrolü ve otomasyon izleme gibi kritik işlemleri etkileyebilmektedir. Otomasyon olmayan tesislerde personel nin daha belirgin hale geldiği görülmektedir. Bu tür tesislerde manuel müdahale gereksinimi daha fazla olduğundan ve personel üzerindeki yük artmaktadır. Bu, arıza anında gecikmelere ve operasyonel verimsizliğe yol açabilmektedir.

Türkiye'nin birçok bölgesinde içme suyu arıtma tesislerinde personel eksiklikleri büyük bir sorun oluşturmaktadır. Bu eksiklikler, tesislerin verimli çalışmasını engelleyebilmekte ve su arıtma kalitesinde dalgalanmalara yol açabilmektedir. Ayrıca, bakım ve onarım süreçlerinde gecikmeler nedeniyle tesisin güvenli çalışması risk altına girebilmektedir.

Öneriler:

- İstihdam ve Atama: Arıtma tesislerindeki operatör açığını kapatmak için acilen personel istihdamı artırılmalıdır. Özellikle küçük ve orta ölçekli tesislere gerekli sayıda kalifiye operatör atanarak kritik personel eksikliği giderilmelidir.
- Eğitim ve Sertifikasyon: Mevcut personelin niteliğini yükseltmek amacıyla düzenli eğitim programları ve sertifikasyon süreçleri uygulanmalıdır. Operatörlerin su arıtma prosesleri, bakım-onarım ve kalite kontrol konularında uzmanlaşması, tesis performansını artıracaktır.

- Asgari Personel Standardı: Her tesis ölçeği için asgari personel kriterleri mevzuatta tanımlanmalı ve denetlenmelidir. Örneğin, belirli büyüklükteki tesislerde en az X adet sertifikalı operatör bulunması zorunlu hale getirilerek personel planlaması kurumsallaştırılabilir.
- Teşvik Mekanizmaları: Özellikle kırsal veya uzak bölgelerdeki tesislere deneyimli personel çekebilmek için maaş, lojman, ek prim gibi teşvikler sağlanmalıdır. Bu sayede nitelikli operatörlerin sadece büyük şehirlere değil, ülke genelindeki tüm tesislere dağılımı teşvik edilecektir.

Personel sayıları açısından ülkemize özgü oluşturulan skollama ve sınıflandırma modeli ile tesislerdeki personel eksiklikleri belirlenmiş, her tesis için olması gereken personel ve vardiya sayıları bilimsel temellere dayanarak önerilmiştir.

Sonuç olarak bu tez kapsamında yapılan skollama ve içme suyu arıtma tesislerinin ayrıntılı değerlendirilmesinde aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

- 1- Ülkemizde ilk kez içme suyu arıtma tesisleri ile ilgili geniş ölçekte verilerin toplanması ve bu verilere dayalı olarak skorlanması işlemi gerçekleştirilmiştir.
- 2- Skollama sonucu içme suyu arıtma tesislerinin çok küçük ölçekten çok büyük ölçekli tesislere kadar 5 farklı ölçekte sınıflandırması yapılmıştır.
- 3- Bu skollama işleminde kullanılan veriler dünyadaki diğer skollama modelleri ile değerlendirildiğinde ülkemiz gerçekleri ile örtüşmediği, dolayısıyla ülkemize özgü geliştirilen bu skollama modeli ile mevcut tesis durumunun en iyi şekilde ortaya konulduğu gösterilmiştir.
- 4- Elde edilen skollama neticesinde içme suyu arıtma tesisleri, debi, hamsu kaynağı, proses çeşitliliği, yardımcı üniteler, personel ve işletme koşulları gibi bir çok kriter açısından bölgesel bazda değerlendirilmiş ve içme suyu arıtma tesislerinin ortak yönleri ile farklılıkları ortaya konularak tesislerin daha da nasıl iyileştirilebileceklerine dair öneriler yapılmıştır.
- 5- Oluşturulan bu skollama modeli ülkemizdeki içme suyu arıtma tesislerinin tam bir değerlendirmesi ilk kez yapılmış ve gelecekteki tesislerin planlanması ve işletilmesinde dikkat edilmesi gereken hususlar ortaya konulmuştur. Bu modelin uygulanması ile, içme suyu arıtma tesislerinin daha verimli çalışması sağlanarak, standartlaşma ve hizmet kalitesini artıracak, uluslararası karşılaştırmalarda önemli bir referans olacağı düşünülmektedir.

- Anyango, G. W., Bhowmick, G. D., & Bhattacharya, N. S. (2024). A critical review of irrigation water quality index and water quality management practices in micro-irrigation for efficient policy making. *Desalination and Water Treatment*, 318, 100304.
- Bwapwa, J. K., Mkhize, N., & Seyam, M. (2024). Evaluation of operational efficiency and performance for a water treatment plant. *South African Journal of Chemical Engineering*, 49, 11-34.
- Central Arizona Water Conservation District (CAWASA). (n.d.). CAWASA. Retrieved May 28, 2025, from <https://www.cawasa.org>
- Cho, Y. C., Park, M., Shin, K., Choi, H. M., Kim, S., & Yu, S. (2019). A study on grade classification for improvement of water quality and water quality characteristics in the Han River watershed tributaries. *Journal of Environmental Impact Assessment*, 28(3), 215-230.
- Coulibaly, H. D., & Rodriguez, M. J. (2004). Development of performance indicators for small Quebec drinking water utilities. *Journal of Environmental Management*, 73(3), 243-255.
- Cui, S., Yu, T., Zhang, F., Fu, Q., Hough, R., An, L., Gao, S., Zhang, Z., Hu, P., Zhu, Q., & Pei, Z. (2020). Understanding the risks from diffuse pollution on wetland ecosystems: The effectiveness of water quality classification schemes. *Ecological Engineering*, 155, 105929.
- De Marines, F., Corsino, S. F., Cosenza, A., Capodici, M., Torregrossa, M., & Viviani, G. (2025). A modified robustness index for assessing operational performance of drinking water treatment plants: A comparative study within a new regulatory framework. *Water Research*, 268, 122668.
- Dieter, H. H., & Chorus, I. (2024). Drinking-water criteria: Safety, quality and perception. In J. B. Rose & B. Jiménez-Cisneros (Eds.), *Drinking water* (pp. 211–249). World Scientific.
- Dikobe, P. I., Tekere, M., Masindi, V., & Foteinis, S. (2024). Occurrence, persistence, and removal of contaminants of emerging concern through drinking water treatment processes—A case study in South Africa. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, 22, 100997.
- Dinniy, M. F., Barakbhah, A. R., & Kusumaningtyas, E. M. (2016, November). Quality measurement classification for water treatment using neural network with reinforcement programming for weighting optimization. In *2016 International Conference on Knowledge Creation and Intelligent Computing (KCIC)* (pp. 126-133). IEEE.
- el Amin, G. M., Soumia, B., & Mostefa, B. (2024, May). Water quality drinking classification using machine learning. In *2024 2nd International Conference on Electrical Engineering and Automatic Control (ICEEAC)* (pp. 1–6). IEEE.
- Eroğlu, V. (2008). *Su tasfiyesi*. Ankara: Çevre ve Orman Bakanlığı.
- Farfan, J., Lohrmann, A., & Saxén, H. (2024). Water resiliency score—Is relying on freshwater to generate electricity a good idea?. *Smart Energy*, 14, 100142.
- Faust, S. D., & Aly, O. M. (2018). *Chemistry of water treatment* (2nd ed.). CRC Press.
- Gad, M., Saleh, A. H., Hussein, H., Farouk, M., & Elsayed, S. (2022). Appraisal of surface water quality of Nile River using water quality indices, spectral signature and multivariate modeling. *Water*, 14(7), 1131.

- Ghangrekar, M. M. (2022). Classification and Quantification of Major Water Pollutants. In *Wastewater to Water: Principles, Technologies and Engineering Design* (pp. 127-179). Singapore: Springer Nature Singapore.
- Government of the Northwest Territories. (2015, October). *Water and wastewater operator certification guidelines*. Department of Municipal and Community Affairs.
- Guerra, R. C., & Angelis, D. F. D. (2021). Water Treatment Plant Sludge Classification And Biodegradation For Sanitary Landfill Disposal. *Arquivos do Instituto Biológico*, 72, 87-91.
- He, S., & Wu, J. (2019). Relationships of groundwater quality and associated health risks with land use/land cover patterns: A case study in a loess area, Northwest China. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 25(1-2), 354-373.
- Hwang, H., & Lansey, K. (2017). Water distribution system classification using system characteristics and graph-theory metrics. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 143(12), 04017071.
- Islam, M. S., & Mostafa, M. (2022). Development of an integrated irrigation water quality index (IIWQIndex) model. *Water Supply*, 22(2), 2322-2337.
- İller Bankası. (2013). *İçmesuyu arıtma tesisi projesi proses şartnamesi*.
- İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi (İSKİ). (n.d.). *İSKİ resmi web sitesi*. Retrieved May 28, 2025, from <https://www.iski.gov.tr>
- Jiang, J., Zhang, X., Wen, G., Zhu, M., & Zheng, Y. (2024). Purification Resistance Index: A new water quality assessment method toward drinking water production. *Water Research*, 267, 122555.
- Khan, M. S. I., Islam, N., Uddin, J., Islam, S., & Nasir, M. K. (2022). Water quality prediction and classification based on principal component regression and gradient boosting classifier approach. *Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences*, 34(8), 4773-4781.
- Kim, D., Choi, S., Kang, S., & Noh, H. (2023). A Study on Developing an AI-Based Water Demand Prediction and Classification Model for Gurye Intake Station. *Water*, 15(23), 4160.
- Kim, J., & Lee, J. (2015). Classification of Water Facility Inventories for the Construction of Water Supply Asset Management System. *Journal of Korean Society of Water and Wastewater*, 29(6), 651-657.
- Koley, S., Rao, K. B., Khwairakpam, M., & Kalamdhad, A. S. (2024). Identification and Assessment of Critical Parameters Affecting Drinking Water Quality: A Case Study of Water Treatment Plants of India. *Groundwater for Sustainable Development*, 101221.
- Kumar, M., Chidambaram, S., Ramanathan, A. L., Goswami, R., & Eslamian, S. (2015). Criterion, indices, and classification of water quality and water reuse options. In S. Eslamian (Ed.), *Urban water reuse handbook* (pp. 163-176). CRC Press.
- Lebrero, R., Bouchy, L., Stuetz, R., & Munoz, R. (2011). Odor assessment and management in wastewater treatment plants: a review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 41(10), 915-950.
- Lee, D., Gibson, J. M., Brown, J., Habtewold, J., & Murphy, H. M. (2023). Burden of disease from contaminated drinking water in countries with high access to safely managed water: A systematic review. *Water Research*, 242, 120244.

- Lekshmi, M. S., Gouri, N. S., Karnan, N., Nandana, M., & Rajan, L. (2024, September). Intelligent Water Quality Assessment System For Industrial Regions: Integrating Sensors, IoT and Random Forest Classification. In *2024 IEEE International Conference on Signal Processing, Informatics, Communication and Energy Systems (SPICES)* (pp. 1-6). IEEE.
- Lemley, D. A., Adams, J. B., Taljaard, S., & Strydom, N. A. (2015). Towards the classification of eutrophic condition in estuaries. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 164, 221-232.
- Li, P. (2020). To make the water safer. *Expo Health*, 12(3), 337–342.
- Liu, B. (2023). Optimization method of river water pollution prevention and early warning system supporting spectrum classification and 3D remote sensing technology. *Water Pollution Prevention and Control Project*, 4(1), 10–18.
- Liu, J., Gao, M., Jin, D., Wang, T., & Yang, J. (2020). Assessment of groundwater quality and human health risk in the aeolian-sand area of Yulin City, northwest China. *Expo Health*, 12, 680.
- Liu, J., Wang, P., Jiang, D., Nan, J., & Zhu, W. (2020). An integrated data-driven framework for surface water quality anomaly detection and early warning. *Journal of Cleaner Production*, 251, 119716.
- Magara, Y. (2002). Classification of water quality standards. In *Water quality and standards* (Vol. I). Oxford, UK: EOLSS Publishers. Retrieved from <http://www.eolss.net>
- Meireles, A. C. M., Andrade, E. M. de, Chaves, L. C. G., Frischkorn, H., & Crisóstomo, L. A. (2010). A new proposal of the classification of irrigation water. *Revista Ciência Agronômica*, 41(3), 349–357.
- Minister of Municipal and Community Affairs. (n.d.). *Maca*. Retrieved May 28, 2025, from <https://www.maca.gov.nt.ca>
- Mohiyaden, H. A., Sidek, L. M., Hayder, G., & Noh, M. N. (2019). Water quality index score in river water treatment plant at upper Klang and Gombak river catchment. *International Journal of Recent Technology and Engineering*, 8(4), 6462-6467.
- Muambo, K. E., Kim, M. G., Kim, D. H., Park, S., & Oh, J. E. (2024). Pharmaceuticals in raw and treated water from drinking water treatment plants nationwide: Insights into their sources and exposure risk assessment. *Water Research X*, 24, 100256.
- Namara, R. E., Hanjra, M. A., Castillo, G. E., Ravnborg, H. M., Smith, L., & Van Koppen, B. (2010). Agricultural water management and poverty linkages. *Agricultural water management*, 97(4), 520-527.
- Nasir, N., Kansal, A., Alshaltone, O., Barneih, F., Sameer, M., Shanableh, A., & Al-Shamma'a, A. (2022). Water quality classification using machine learning algorithms. *Journal of Water Process Engineering*, 48, 102920.
- Oke, A. O., Sangodoyin, A. Y., & Omodele, T. (2017). Classification of river water quality in Ogun and Ona River Basins, Nigeria using CCME framework: Implications for sustainable environmental management. *Cogent Environmental Science*, 3(1), 1295696.
- Perveen, S. (2023). Drinking water quality monitoring, assessment and management in Pakistan: A review. *Heliyon*, 9(3), e13813.
- Pivokonsky, M., Čermáková, L., Novotná, K., Peer, P., Cajthaml, T., & Janda, V. (2018). Occurrence of microplastics in raw and treated drinking water. *Science of the Total Environment*, 643, 1644–1651.

- Ray, C., & Jain, R. (Eds.). (2011). *Drinking water treatment: focusing on appropriate technology and sustainability*. Springer Science & Business Media.
- Katla, S., Gugulothu, S., & Dhakate, R. (2021). Spatial assessment of major ion geochemistry in the groundwater around Suryapet Region, Southern Telangana, India. *Environmental Sustainability*, 4, 107–122.
- Salameh, M. T. B., Alraggad, M., & Harahsheh, S. T. (2021). The water crisis and the conflict in the Middle East. *Sustainable Water Resources Management*, 7, 69.
- Shah, N. W., Baillie, B. R., Bishop, K., et al. (2022). The effects of forest management on water quality. *Forest Ecology and Management*, 522, 120366.
- Shen, Q., & Chouchoulas, A. (2002). A rough-fuzzy approach for generating classification rules. *Pattern recognition*, 35(11), 2425-2438.
- Shutova, Y., Baker, A., Bridgeman, J., & Henderson, R. K. (2014). Spectroscopic characterisation of dissolved organic matter changes in drinking water treatment: From Parafac analysis to online monitoring wavelengths. *Water research*, 54, 159-169.
- Singh, P., Ramkumar, K. R., & Hasija, T. (2024, May). Estimating Water Quality in Telangana Using Classification Modeling: A Comparison of CatBoost and LGBM Classifiers. In *2024 Parul International Conference on Engineering and Technology (PICET)* (pp. 1-6). IEEE.
- Snousy, M. G., Wu, J., Su, F., Abdelhalim, A., & Ismail, E. (2022). Groundwater quality and its regulating geochemical processes in Assiut province, Egypt. *Exposure and Health*, 14, 305–323.
- Szopińska, M., Artichowicz, W., Szumińska, D., Kasproicz, D., Polkowska, Ż., Fudala-Ksiazek, S., & Luczkiewicz, A. (2024). Drinking water safety evaluation in the selected sub-saharan African countries: a case study of Madagascar, Uganda and Rwanda. *Science of The Total Environment*, 947, 174496.
- Worldometer. (n.d.). *Worldometer - Real-time world statistics*. Retrieved May 28, 2025, from <https://www.worldometers.info>
- Wu, J., & Sun, Z. (2016). Evaluation of shallow groundwater contamination and associated human health risk in an alluvial plain impacted by agricultural and industrial activities, mid-west China. *Exposure and Health*, 8, 311–329.
- Yang, R., Feng, J., Tang, J., & Sun, Y. (2024). Risk assessment and classification prediction for water environment treatment PPP projects. *Water Science & Technology*, 89(5), 1264-1281.
- Zaky, U., Naswin, A., Sumiyatun, S., & Murdiyanto, A. W. (2023). Performance analysis of the decision tree classification algorithm on the water quality and potability dataset. *Indonesian Journal of Data and Science*, 4(3), 145–150.
- Zhang, F., Zhang, H., Bertone, E., Stewart, R., O'Halloran, K., Hamilton, G., & Cinque, K. (2021). Integrated modelling and management of manganese for a conventional potable water treatment plant. *Journal of Water Process Engineering*, 39, 101860.
- Zhang, K., Achari, G., Sadiq, R., Langford, C. H., & Dore, M. H. (2012). An integrated performance assessment framework for water treatment plants. *Water Research*, 46(6), 1673-1683.
- Zhang, M., Wei, X., Deforestation, forestation, and water supply, *Science*, 371 (2021), 990.
- Zhang, M., & Wei, X. (2021). Deforestation, forestation, and water supply. *Science*, 371(6532), 990.

Zou, X. Y., Lin, Y. L., Xu, B., Guo, Z. B., Xia, S. J., Zhang, T. Y., ... & Gao, N. Y. (2019). A novel event detection model for water distribution systems based on data-driven estimation and support vector machine classification. *Water Resources Management*, 33, 4569-4581.



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı:	Cansu BAYHAN
Doğum tarihi:	
Doğum Yeri:	
Uyruğu:	
Adres:	
Tel:	
E-mail:	
Eğitim	
Lise:	Aydın Emel Mustafa Uşaklı Anadolu Lisesi
Lisans:	
Yüksek lisans:	
Doktora:	Erzurum Atatürk Üniversitesi
Yabancı Dil Bilgisi	
İngilizce:	İyi
Üye Olunan Mesleki Kuruluşlar	
Tezden Üretilmiş Yayınlar	