

T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
BİLİMSEL ARAŞTIRMA PROJELERİ
KOORDİNASYON BİRİMİ



PROJE BAŞLIĞI

KAYSERİ İÇME SUYUNDA THM SEVİYESİNİN BELİRLENMESİ VE THM
HARİTASININ OLUŞTURULMASI

Proje No
FCD-2015-5940

Proje Türü
Çok Disiplinli Araştırma Projesi

SONUÇ RAPORU

Proje Yürütücüsü:
Doç.Dr. Nuray ATEŞ
Erciyes Üniversitesi Çevre Müh. Böl.

Doç.Dr. Filiz DADAŞER ÇELİK
Erciyes Üniversitesi Çevre Müh. Böl.

Yrd.Doç.Dr. Şükrü Taner AZGIN
Erciyes Üniversitesi Çevre Müh. Böl.

Doç.Dr. Şehnaz Şule KAPLAN BEKAROĞLU
Süleyman Demirel Üniversitesi Su Enstitüsü

Buket ERGİN
Kayseri Su ve Kanalizasyon İdaresi

Ağustos 2017

KAYSERİ

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi (BAP) tarafından FCD-2015-5940 proje kodu ile desteklenmiştir. Erciyes Üniversitesi BAP koordinatörlüğüne teşekkür ederiz.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ	vi
ÖZET	vii
ABSTRACT	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ	3
2.1. Doğal Organik Maddeler	3
2.2. Dezenfeksiyon Yan Ürünleri (DYÜ).....	5
2.4. THM'lerin Mekansal Dağılımı	11
3. GEREÇ VE YÖNTEM	12
3.1. Su Örnekleri.....	12
3.2. Analiz Metotları.....	14
3.3. Kayseri'de THM Dağılımının Haritalanması	16
3.4. Kanseri Riskinin Tahmin Edilmesi.....	16
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	19
4.1. Kayseri İli İçme Suyunun Fizikokimyasal Özellikleri ve THM Seviyeleri	19
4.2. Kayseri İli İçme Suyunun THM'a Bağlı Kanseri Riski	30
4.3. Kayseri İli için THM Dağılım Haritası	47
5. SONUÇ	53
KAYNAKLAR.....	55
EK A NUMUNELERİN FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ.....	60

TABLÖLER LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 1. Numune Alınan Depo ve Şebeke Noktalarının İsimleri	12
Tablo 2. Parametreler ve Ölçüm Yöntemleri	14
Tablo 3. Kanseri riski değerlendirilmesi yapılacak kimyasal için potansiyel faktör (PF).....	17
Tablo 4. Depo ve şebekeden alınan numunelerin yıllık ortalama pH değerleri	19
Tablo 5. Depo ve şebekeden alınan numunelerin yıllık ortalama iletkenlik değerleri	20
Tablo 6. Depo ve şebekeden alınan numunelerin yıllık ortalama sülfat değerleri	21
Tablo 7. Depo ve şebekeden alınan numunelerin yıllık ortalama florür değerleri	22
Tablo 8. Depo ve şebekeden alınan numunelerin yıllık ortalama nitrat değerleri.....	23
Tablo 9. Depo ve şebekeden alınan numunelerin yıllık ortalama toplam sertlik değerleri	24
Tablo 10. Depo ve şebekeden alınan numunelerin yıllık ortalama alkalinite değerleri	25
Tablo 11. Depo ve şebekeden alınan numunelerin yıllık ortalama toplam organik karbon (TOK) değerleri	26
Tablo 12. Depo ve şebekeden alınan numunelerin yıllık ortalama UV ₂₅₄ değerleri	27
Tablo 13. Depo ve şebekeden alınan numunelerin yıllık ortalama serbest klor değerleri.....	28
Tablo 14. Depo ve şebekeden alınan numunelerin ortalama aylık THM değerleri.....	29
Tablo 15. Depolardan alınan numunelerin yıllık ortalama TTHM ve THM türleri değerleri..	31
Tablo 16. Şebekelerden alınan numunelerin ortalama yıllık TTHM ve THM türleri değerleri...	32
Tablo 17. Depolardan alınan numunelerin kadınlar için yutma yoluyla oluşabilecek kanser riskleri	33
Tablo 18. Şebekelerden alınan numunelerin kadınlar için yutma yoluyla oluşabilecek kanser riskleri	34
Tablo 19. Depolardan alınan numunelerin erkekler için yutma yoluyla oluşabilecek kanser riskleri	36
Tablo 20. Şebekelerden alınan numunelerin erkekler için yutma yoluyla oluşabilecek kanser riskleri	37
Tablo 21. Depolardan alınan numunelerin kadınlar için dermal kanser riskleri	40
Tablo 22. Şebekelerden alınan numunelerin kadınlar için dermal kanser riskleri	41
Tablo 23. Depolardan alınan numunelerin erkekler için dermal yol ile oluşabilecek kanser riskleri	43
Tablo 24. Şebekelerden alınan numunelerin erkekler için dermal yol ile oluşabilecek kanser riskleri	44
Tablo A1. Depo ve şebekelerden alınan numunelerin pH değerleri.....	60
Tablo A2. Depo ve şebekelerden alınan numunelerin iletkenlik değerleri (µS/cm)	62
Tablo A3. Depo ve şebekelerden alınan numunelerin sülfat değerleri (mg/L)	64
Tablo A4. Depo ve şebekelerden alınan numunelerin florür değerleri (mg/L)	66
Tablo A5. Depo ve şebekelerden alınan numunelerin nitrat değerleri (mg/L).....	68
Tablo A6. Depo ve şebekelerden alınan numunelerin toplam sertlik değerleri (mg CaCO ₃ /L).....	70
Tablo A7. Depo ve şebekelerden alınan numunelerin alkalinite değerleri (mg CaCO ₃ /L).....	72
Tablo A8. Depo ve şebekelerden alınan numunelerin toplam organik karbon değerleri (mg/L).....	74
Tablo A9. Depo ve şebekelerden alınan numunelerin serbest klor değerleri (mg/L).....	76
Tablo A10. Depo ve şebekelerden alınan numunelerin THM değerleri (µg/L)	78

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 1. Proje kapsamında numune alma noktaları	13
Şekil 2. Depolardan alınan numunelerin kadınlar için yutma yoluyla oluşabilecek kanser riskleri	35
Şekil 3. Şebekelerden alınan numunelerin kadınlar için yutma yoluyla oluşabilecek kanser riskleri	35
Şekil 4. Depolardan alınan numunelerin erkekler için yutma yoluyla oluşabilecek kanser riskleri	38
Şekil 5. Şebekelerden alınan numunelerin erkekler için yutma yoluyla oluşabilecek kanser riskleri	38
Şekil 6. Depolardan alınan numunelerin kadınlar ve erkekler için yutma yoluyla oluşabilecek kanser riskleri	39
Şekil 7. Şebekelerden alınan numunelerin kadınlar ve erkekler için yutma yoluyla oluşabilecek kanser riskleri	39
Şekil 8. Depolardan alınan numunelerin kadınlar için dermal yol ile oluşabilecek kanser riskleri	42
Şekil 9. Şebekelerden alınan numunelerin kadınlar için dermal yol ile oluşabilecek kanser riskleri	42
Şekil 10. Depolardan alınan numunelerin erkekler için dermal yol ile oluşabilecek kanser riskleri	45
Şekil 11. Depolardan alınan numunelerin erkekler için dermal yol ile oluşabilecek kanser riskleri	45
Şekil 12. Depolardan alınan numunelerin kadınlar ve erkekler için dermal yol ile oluşabilecek kanser riskleri	46
Şekil 13. Şebekelerden alınan numunelerin kadınlar ve erkekler için dermal yol ile oluşabilecek kanser riskleri	47
Şekil 14. Depo ve şebekeden alınan numunelerin ortalama yıllık THM değerleri	48
Şekil 15. Depo ve şebekeden alınan numunelerin ilkbahar dönemi ortalama THM değerleri.....	49
Şekil 16. Depo ve şebekeden alınan numunelerin yaz dönemi ortalama THM değerleri	50
Şekil 17. Depo ve şebekeden alınan numunelerin sonbahar dönemi ortalama THM değerleri.....	51
Şekil 18. Depo ve şebekeden alınan numunelerin kış dönemi ortalama THM değerleri	52

Kayseri İçme Suyunda THM Seviyesinin Belirlenmesi ve THM Haritasının Oluşturulması

ÖZET

Son yıllarda içme suyu arıtma tesislerinin karşı karşıya kaldığı en önemli problemlerden biri mutajenik ve karsinojenik olan dezenfeksiyon yan ürünlerinin (DYÜ) oluşumu ve kontrolüdür. Dezenfeksiyon sürecinde suda bulunan doğal organik maddeler (DOM) ve inorganik maddeler (Br^- , I^- , NO_2^- gibi) ile klor gibi dezenfektanlar reaksiyona girerek DYÜ'leri oluşturmaktadır. Trihalometanlar (THM), ilk tespit edilen ve en bilinen DYÜ türüdür. Sudaki organik madde miktarı ve türü, suyun sıcaklığı ve pH'sı, bromür miktarı, dezenfektan miktarı ve türü, bekleme süresi THM oluşumunu ve türleşmesini etkileyen faktörlerdir. Su arıtma sürecinde başlayan THM oluşumu, suda serbest klor bakiyesi bırakılması nedeniyle dağıtım sisteminde de devam etmektedir. Ülkemizde Sağlık Bakanlığı'nın yayınlamış olduğu yönetmelik ile toplam THM değeri 100 $\mu\text{g/L}$ olmak üzere sınırlandırılmıştır. Bu çalışmada, Kayseri İli şehir merkezinde içme suyu sağlayan depolarda ve şebekede belirlenen noktalarda THM analizleri yapılmış ve Kayseri için THM haritası çıkarılmıştır. Çalışmanın amacı, Kayseri İli'ne su sağlayan içme suyu depolarında ve şebekenin farklı noktalarında THM seviyelerinin belirlenmesidir. Kayseri'ye içme suyu sağlayan 24 depodan ve 26 şebeke noktasından alınan numunelerin fizikokimyasal özellikleri ve THM seviyeleri tespit edilmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre, depolardan alınan numunelerin ortalama toplam organik karbon değeri (TOK) 0,60 mg/L, şebekelerde ise 0,46 mg/L olarak gerçekleşmiştir. En düşük TOK değeri Şubat ayında Kulaklı deposunda (0,02 mg/L) ve en yüksek değer Eylül ayında Erkilet şebeke noktasında (3,97 mg/L) tespit edilmiştir. Yıllık ortalama THM değerleri 4 ile 11 $\mu\text{g/L}$ arasında değişmekte ve ortalama 6 $\mu\text{g/L}$ olmaktadır. En yüksek THM değeri 29 $\mu\text{g/L}$ ile Mayıs ayında Çaybağları Mahallesi'nde, en düşük THM ise Keykubat, Mezbahane, Bostanderesi ve Kayabağ Depoları'nda 4 $\mu\text{g/L}$ olarak gözlenmiştir. Kadınlar erkeklere göre yutma yolu ile daha çok kanser riski taşımaktadır. Diğer taraftan, dermal yol ile kanser riski ise erkeklerde daha yüksek görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Dezenfeksiyon, klorlama, organik madde, trihalometan.

Determination of THM Levels in Drinking Water Kayseri and Creation of THM Map

ABSTRACT

One of the major challenges for drinking water treatment is to control carcinogenic and mutagenic disinfection by-products (DBPs) formation. DBPs form from reactions between natural organic matter (NOM) and inorganic (e.g., Br^- , I^- , NO_2^-) precursors in natural waters and oxidants/disinfectants. Trihalomethanes (THM) are the first introduced and most known DBPs. The amount and type of organic matter in water, temperature and pH of water, amount of bromide, amount and type of disinfectant, contact time are the factors affecting THM formation and its speciation. THM formation starts in the water treatment process and continues in the distribution system due to residual free chlorine in water. The maximum THM allowed in drinking water in Turkey is 100 $\mu\text{g/L}$ as set by the regulation published by the Ministry of Health. In this study, THM analyzes were carried out at the points providing water for drinking water in the city center of Kayseri and at the certain points in the network and THM map for Kayseri was created. This study aims to determine THM levels in the drinking water storage reservoirs and different points of the distribution system in Kayseri. The physicochemical properties and THM levels at 24 reservoirs and 26 distribution points were determined. This study showed that the average total organic carbon (TOC) value of samples of reservoirs and distribution points were observed 0.60 and 0.46 mg/L, respectively. As the lowest TOC value was detected at Kulakli Reservoir (0.02 mg/L) in February, the highest value was at Erkilet point (3.97 mg/L) in September. Average annual THM values were ranged between 4 and 11 $\mu\text{g/L}$ and the average value was 6 $\mu\text{g/L}$. While the highest THM value was observed at Caybağlari point in May with 29 $\mu\text{g/L}$, the lowest THM were detected at Keykubat, Mezbahane, Bostanderesi and Kayabağ Reservoirs with 4 $\mu\text{g/L}$. Women are more at risk of cancer than men by ingestion. On the other hand, dermal carcinoma risk was higher on men.

Keywords: Chlorination, disinfection, organic matter, trihalomethane.

1. GİRİŞ

Tüm dünyada olduğu gibi, küresel ısınma, artan şehirleşme ve sanayileşmeye bağlı olarak Türkiye’de de kaliteli ve yeterli su kaynağı bulmak ve halkın kullanımına sunmak en önemli problemlerden birisidir. İçme suyu kalitesi ve içme suyu kaynaklarının kirlenmesi konusunda ağır sınırlamalar getirilmesi ve her geçen gün bu sınırların düşmesi içme suyu arıtımına olan ilgiyi arttırmaktadır. İçme sularının dezenfeksiyonu sırasında sıkça kullanılan klorun suda bulunan doğal organik maddelerle reaksiyonu sonucunda ortaya çıkan kanserojenik yan ürünler ve bu ürünlerin yolaçtığı ikincil ürünler bu ilginin başlıca nedenidir. Dezenfeksiyon yan ürünleri (DYÜ) arasında en yüksek oluşma potansiyeline sahip ürünlerler trihalometanlar (THM)’dır. Su arıtma sürecinde başlayan THM oluşumu, suda serbest klor bakiyesi bırakılması nedeniyle dağıtım sisteminde de devam etmektedir.

1998 yılında USEPA tarafından yürürlüğe konulan talimatlarda toplam THM (TTHM) miktarı 80 µg/L ve HAA miktarı 60 µg/L olarak belirtilmiştir (Pontius, 1999). Söz konusu sınır değeri 2006 yılında yayınlanan yönetmelik ile yarıya indirileceği öngörülmüştür. Bununla beraber, dünyada diğer ülkelerde de gittikçe daha sıkı standartlara yer verilirken, ülkemiz içme suyu standartlarında 2005 yılında Sağlık Bakanlığı’nın yayınlamış olduğu yönetmelik ile toplam THM 2012 yılından itibaren 100 µg/L olmak üzere sınırlandırılmıştır (Sağlık Bakanlığı, 2005). Ancak, ülke olarak THM’lar için böyle bir sınırlama getirilmiş olmasına rağmen, THM’ların analizlerinin karmaşık, zor ve deneyimli personel gerektirmesinden dolayı neredeyse hiçbir arıtma tesisinde ölçülememektedir. Türkiye’de THM’lar ve DYÜ ile ilgili çalışmalar genel olarak laboratuvar ölçekli araştırma bazında yapılmakta, sadece İstanbul, Ankara ve İzmir gibi büyükşehirlerimizin içme suyu şebekesinde yapılmış çalışmalar bulunmaktadır. Diğer taraftan, bu analizler düzenli yapılmamaktadır. Kayseri Büyükşehir Belediyesi’nde de henüz DYÜ’lerini ölçme ve değerlendirme konusunda bir çalışma bulunmamaktadır. İnsani Tüketim Amaçlı İçme Suları Yönetmeliği’ne göre içme-kullanma suyunun Ek-2 Tablo A’da sayılan parametrelerin Ek-1’de yer alan değerlerine uyup uymadığını belirlemek zorunluluğu bulunmaktadır. Diğer taraftan, yönetmelikte “yan ürünlerden kaynaklanan kirlenmenin önlenmesi için; dezenfeksiyondan taviz verilmeksizin dezenfeksiyon dozu düşük tutulur ve gerekli bütün tedbirler alınır” şeklinde ibare bulunmaktadır. DYÜ’lerin limit değerleri sağlayıp sağlamadığını belirlemek ve yan ürünlerin ölçümünü yaygınlaştırmak bütün içme suyu sağlayıcılarının zorunlu görevi olmaktadır.

Kayseri’de ise bugüne kadar dezenfeksiyon yan ürünleri konusunda yapılmış çalışma bulunmamaktadır. Kayseri Büyükşehir Belediyesi yaklaşık 1.050.000 nüfusuna yeraltından içme suyu sağlamaktadır. Yeraltı suyu hiçbir arıtıma tabi tutulmadan doğrudan klorlanarak şebekeye verilmektedir. KASKİ Büyükşehir Belediyesinin 2014 yılı içinde su depolarından alınan numunelerde yapılan analiz sonuçlarına göre, klorlama sonrasında kalan serbest klor ise 0,2-0,5 mg/L’dir.

Bu çalışmada hedeflenen amaçlar aşağıda sıralanmaktadır:

- Kayseri İli şehir merkezine su sağlayan içme suyu depolarında ve içme suyu şebekesinin farklı noktalarında THM seviyelerinin belirlenmesi,
- Kayseri İli için THM dağılım haritalarının oluşturulması ve THM alarm noktalarının belirlenmesi, THM için kanser riskinin belirlenmesi ve risk analizinin değerlendirilmesi

2. LİTERATÜR ÖZETİ

2.1. Doğal Organik Maddeler

Organik maddeler sarımtırak renkten kahverengiye doğru zayıf asidik makromoleküler bileşiklerden oluşmaktadır. DOM'lerin yapıları kesin olarak bilinmediğinden gerçek fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenememektedir. DOM'lerin büyük bir kısmını humik maddeler oluşturmaktadır. Bazı humik maddeler su içerisinde çözünmekte, fakat bir kısmı çözünmemekte ve kolloidal halde suda bulunmaktadır (Kim vd., 2002, Domany vd., 2002). Doğal suların organik içeriğini oluşturan DOM'lerin su içerisindeki dağılımı suyun geçtiği çevre bağlıdır. Humik maddelerden (humik ve fulvik asit), hidrofilik asitlerden, proteinlerden, lipidlerden, hidrokarbonlardan ve aminoasitlerden oluşan DOM'lar, kompleks ve karmaşık bir yapıya sahiptir (Aiken vd., 1985; Malcolm, 1985; Thurman, 1985; Hayes vd., 1989; McKnight ve Aiken, 1998; Chen vd., 2003; Murray ve Parsons, 2004).

DOM'lerin bileşenlerine ayırmak, fiziksel ve kimyasal özelliklerine göre seçilen bir organik grubu yada alt grubu diğerlerinden ayırt etmek avantajını sağlar. Nisbeten iyi tanımlanmış DOM alt bileşenleri ve bunların kimyasal ve yapısal özellikleri ile bunların çok daha iyi karakterize edilmelerini sağlamaktadır.

DOM aromatik ve alifatik makromoleküllerden oluşur. Genel olarak, DOM hidrofilik ve hidrofobik olarak iki ana sınıfa ayrılır. Hidrofobik, transfilik ve hidrofilik bileşenlerin her biri moleküler ağırlıkları, yük yoğunlukları ve yapıları tarafından karakterize edilirler. Humik maddelerin büyük bir kısmını oluşturan hidrofobik bileşen genel olarak az çözünen, yüksek moleküler ağırlıklı ve hidrofilik bileşenden daha çok aromatik yapıya sahiptir (Singer ve Harrington, 1993, Freese vd., 2001, USEPA, 2001). Humik maddeler asit ve baz içinde çözünürlüklerine göre humik asit ve fulvik asit olarak iki ana sınıfa ayrılır (Chen vd., 2002, Lee vd., 2002). Humik asitler yüksek pH'larda çözünür olmasına rağmen düşük pH'larda ($\text{pH} < \sim 2$) çözünemezler. Fulvik asitler bütün pH'larda çözünürler ve düşük molekül ağırlıklı fakat yüksek oksijen içeren organik bileşiklerdir. Fulvik asitler sentetik reçine üzerinde adsorpt edilebilir (Leenheer vd., 1995) veya polivinil prolidon polimer (PVP) üzerinde çarpaz bağlanmasına göre alt gruplara ayrılırlar (Chen vd., 2002). Fulvik asitler daha az reaktifken humik asitler oldukça reaktiftirler ve koagülasyonla kolayca giderilebilirler (Singer ve Harrington, 1993, Freese vd., 2001, USEPA, 2001).

DOM, karakteristiğine (örn. moleküler ağırlık dağılımı, karboksilik asiditesi, ve humik madde içeriği), arıtım ünitelerinin türüne ve arıtma proseslerinin işletim şartlarına bağlı olarak arıtım verimleri farklı olmaktadır. Yüksek moleküler ağırlığa sahip DOM'ler, düşük moleküler ağırlığa sahip, özellikle moleküler ağırlığı 5000 dalton'dan küçük, DOM'lere göre giderilebilmeleri daha kolaydır. Yüksek karboksilik asiditeye sahip DOM'lerin ve yüksek yük yoğunluğuna sahip DOM'lerin, genellikle, klasik arıtma sistemlerde arıtılmaları zordur. 5000 ile 10000 dalton arasında moleküler ağırlığı sahip olan humik maddeler kimyasal koagülasyonla arıtılabilmektedir. Düşük molekül ağırlığına sahip olan bileşenler ise sahip oldukları geniş yüzey alanları ile adsorbe edilebilmektedirler (Matilainen vd., 2002).

DOM'ler kompleks bir yapıya ve çok geniş molekül büyüklük aralığına sahip olmasından dolayı kesin ve net tanımlanamamaktadır. Moleküler ağırlığı belirlemek için birkaç metod vardır. Bunlar arasında jel permeasyon kromatografisi, ultrafiltrasyon, küçük açılı X-ışını yayma ve elektron mikroskopu (Thurman vd., 1982). Thurman ve arkadaşları (1982) çeşitli metodlardan DOM'un molekül büyüklüğünü derlemişler, ve humik asitlerin 2000 ile 5000 dalton molekül ağırlığına sahip olduğu, sucul fulvik asitlerin molekül ağırlığının ise 500 ile 2000 dalton arasında olduğu sonucunu çıkarmışlardır.

Jel permeasyon kromatografisi veya jel filtrasyonu olarak bilinen büyüklük ayırma kromatografisi farklı büyüklükte olan moleküllerin farklı uzunluktaki gözenekli bir jelin içerisine difüz etmesi prensibine dayanmaktadır. DOM'lerin jel kromatografi kolonu ile moleküler büyüklük ayırma kromatografisi tekniği son 10 yıldan bu yana gelişme göstermiştir. Jel kromatografisi kolunun HPLC cihazına adaptasyonu sayesinde HPLC tekniğini DOM'lerin moleküler büyüklerinin belirlenmesinde kullanılabilir hale getirmiştir (Schmitt vd., 2000, Her vd., 2002).

Yüksek performans büyüklük belirleme kromatografisi (HPSEC), sucul humik maddelerin molekül ağırlığı dağılımını belirlemek için oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır. HPSEC analizinde, humik moleküller temel olarak farklı moleküler büyüklüğüne göre ayırmakta, böylece en büyük moleküller ilk önce ayrıştırılırken, en küçük moleküller en son ayrıştırılmaktadır. Humik maddenin yük yoğunluğu, moleküler yapısı, sterik etkisi ve hidrofobisitesi analiz sonucunu etkilemektedir (Matilainen vd., 2002). Chin vd. (1994) HPSEC kullanmışlar ve ortalama molekül büyüklüğü ve ağırlığını belirlemişlerdir. Elde

ettikleri sonuçlara göre HPSEC ve diğer metodlar arasında iyi bir korelasyon olduğunu göstermişlerdir. Böylece, HPSEC'nin humik maddelerin moleküler ağırlığının belirlenmesinde kullanılabileceğini göstermişlerdir (Sohn, 2000).

2.2. Dezenfeksiyon Yan Ürünleri (DYÜ)

20.yy'ın en önemli gelişmelerinden birisi mikrobiyolojik açıdan güvenli içme suyu temin etmek için dezenfektanların kullanılmasıdır. Dezenfektanlar, mikrobiyolojik açıdan güvenilir su sağlamalarına rağmen, dezenfeksiyon sürecinde suda bulunan doğal organik maddelerle (DOM) reaksiyona girmekte ve dezenfeksiyon yan ürünlerini (DYÜ) oluşturmaktadır. DYÜ'ler, klor, brom ve iyot gibi halojenlerle organik moleküldeki aktif kısımların yer değiştirmesi sonucunda oluşan halojenli organik bileşiklerdir. Dünyada en yaygın kullanılan dezenfektan klordur ve klorun DOM ile reaksiyonu sonucunda oluşan trihalometanların (THM) ilk defa Rook (1974) tarafından tespit edilmesinden bu yana, DYÜ'ler potansiyel kanserojen olmalarından dolayı halk sağlığı açısından ilgi odağı olmuşlardır. Klorun yanında, ozon, klordioksit ve kloraminler de dezenfektan olarak kullanılmakta ve her biri farklı DYÜ'lerin oluşumundan sorumlu olmaktadır (Richardson, 1998). Literatürde, klor, ozon, klordioksit, kloraminler ve bunların kombinasyonlarının kullanılması sonucunda yaklaşık olarak 600 ile 700 arasında DYÜ türü olduğu belirtilmesine rağmen, bunların sadece küçük bir bölümü tespit edilebilmektedir (Richardson, 1998; Krasner vd., 2006). THM'ların keşfedilmesinden sonra, dezenfekte edilen içme suyu ve atıksularda yapılan araştırmalar sonucu haloasetik asitler (HAA), haloasetonitriller (HAN), halonitrometanlar (HNM), nitrosaminler, haloketonlar, haloasitler, kısa zincirli karboksilik asitler, asetonlar, klorlu fenoller ve fenolik asitler, klorlu kinonlar, benzoik asitler ve heterosiklik bileşikler tespit edilmiş ve DYÜ olarak tanımlanmıştır. 2000'li yıllarda yapılan çalışmalarda, daha önceden tanımlanmamış bromlu ve iyotlu haloasitleri, bromlu ketonları, klorlu ve iyotlu aldehitleri içine alan 28 yeni DYÜ tespit edilmiştir (Krasner vd., 2006).

Organik karbon ve bromür iyonu içeren içme sularının klorlanması sonucunda THM ve HAA içeren potansiyel kanserojenik ve mutajenik yan ürünler oluşmaktadır. Özellikle bromlu DYÜ'leri sağlık açısından çok daha fazla öneme sahiptir. Bu yan ürünlerden THM'lar ve HAA'lerden 6 tanesi Dezenfektan/Dezenfeksiyon Yan Ürünler adı altında yönetmeliğe girmiş olan ürünlerdir. Klorlanmış sularda tespit edilen DYÜ'lerden sağlık açısından önemi olan ve USEPA'nın yönetmeliğe aldığı ilk DYÜ trihalometanlardır (THM). Amerika Birleşik

Devletleri Çevre Koruma Örgütü (USEPA) Dezenfektan/DYÜ 2. Aşama Yönetmeliği'ne göre toplam THM 80 µg/L, toplam 5 HAA 60 µg/L, bromat 10 µg/L ve klorit iyonu 1000 µg/L ile sınırlandırılmıştır. Ayrıca, USEPA gelecekteki yasal düzenlemelerde, DYÜ'lerin tür bazında değerlendirilmesi ve bazı türlere yeni sınır değerler getirilmesi konularında çalışmalar yapmaktadır. Türler için yeni önerilen maksimum kirletici seviyesi hedefi; THM grubundan kloroform için 70 µg/L, HAA grubundan monokloroasetikasit için 30 µg/L ve trikloroasetikasit için 20 µg/L'dir (USEPA, 2003). Dünya Sağlık Örgütü (WHO) içme sularında THM, HAA ve HAN için yönetmelik yayınlamıştır. Bu yönetmelikte, HAN grubundan dibromoasetonitril için 70 µg/L ve dikloroasetonitril için geçici olarak 20 µg/L sınır değer getirmiştir (WHO, 2004). Avrupa Birliği ise dağıtım sisteminde toplam THM konsantrasyonuna 100 µg/L sınır değeri getirmektedir (EEC, 1998). Henüz U.S. içme suyu yönetmeliklerinde yer almamasına rağmen, 6 tür N-nitrosamin (NDMA), "Sınırlandırılmamış İzleme Yönetmeliği 2 Listesi"ne alınmıştır (USEPA, 2005). Kaliforniya Sağlık Servisi Bölümü geçici olarak NDMA seviyesini 10 ng/L olarak belirlemiştir (Chen ve Young, 2009). Türkiye'de ise DYÜ'ler konusu ilk defa Sağlık Bakanlığı tarafından 2005 yılında düzenlenen "İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik" ile ele alınmıştır. Bu yönetmelikte, DYÜ'lerden sadece THM'lar yer almakta, 2012 yılına kadar toplam THM konsantrasyonu 150 µg/L ile sınırlandırılmış ve bu tarihten sonra 100 µg/L'ye indirilmesi hedeflenmiştir (Sağlık Bakanlığı, 2005). HAA ve diğer DYÜ türleri için ise henüz ülkemizde düzenlenmiş bir yönetmelik bulunmamaktadır.

Dezenfeksiyon yan ürünleri toplamını gösteren Toplam Organik Halojenler (TOH) ve bromlu HAA henüz yönetmeliğe alınmamış yan ürünler olmalarına rağmen bu maddelerin halk sağlığı için potansiyel etkilerinden dolayı oluşumlarının ve içme suyundan arıtılması büyük önem arz etmektedir. Bu zamana kadar yapılan çalışmalarda, brom ve klor içeren 9 HAA'ten yönetmeliğe girmemiş olan ve HAA'lerin büyük bir kısmını oluşturan yan ürünler hakkında elde edilen bulgular sınırlıdır (Chellam ve Krasner, 2001).

İçme suyu arıtma tesislerinde ozonun kullanı klora alternatif bir dezenfektan olarak ortaya çıkmıştır. Ozon güçlü bir oksitleyici ve dezenfektan olarak 1906'dan beri Avrupa arıtma tesislerinde kullanılmaktadır. Ozonun başlıca kullanım amaçları dezenfeksiyon, tat ve koku kontrolü ve renk giderimidir. Ozonun ABD'lerinde kullanımı ise, DYÜ'lerin kontrolü için klor yerine hamsuya önartım için kullanılması amacı ile gündeme gelmiştir. Arıtma sistemlerinde ozonlama doğal sularda organik maddelerin karakteristiklerinde önemli

değişikliklere yolaçmaktadır. DOM'lerin ozonlanması sonucunda moleküler büyüklük dağılımı büyük moleküler yapıdan küçük moleküler yapıya doğru kayma olmaktadır. Ayrıca DOM'lere ozon uygulandığı zaman büyük moleküllerde azalma olduğu belirtilmiştir. Ozonlanmış humik maddeler daha polar ve daha küçük moleküler ağırlıkta olmaktadır (Vuorio vd., 1998, Chang ve Singer, 1991).

Doğal suların ozonlanması ile organik maddelerin yapısı önemli ölçüde değişmekte ve bilinen DYÜ'lerin oluşum potansiyelleri azalmaktadır. Ancak, ortaya çıkan yeni organik maddeler ozon ile reaksiyona girerek farklı organik ve inorganik yan ürünlere yolaçmaktadır. Özellikle, bromür içeren sularda hayvansal kanserojen olarak bilinen bromat oluşmaktadır. Bromat, ozon ile bromür iyonları arasında bir seri kompleks reaksiyon zinciri sonucunda ortaya çıkmaktadır. Diğer bilinen ozonlu yan ürünler ise alkanlar, alifatik aldehiter, ketonlar ve yağ asitleridir. Bromat ozonlu yan ürünler arasında ilk olarak standartlaştırılmış yan üründür. Doğal sularda bromatın oluşması, suya uygulanan ozon miktarına ve sudaki bromür yonunun konsantrasyonuna bağlıdır (Siddiqui ve Amy, 1993, Shukairy vd., 1994, Najm ve Krasner, 1995).

Türkiye'de içme suyu amaçlı kullanılan kaynaklarda DYÜ oluşumları ile ilgili pekçok çalışma yapılmıştır.

Bu çalışmalardan en geniş kapsamlılarından ikisi, Türkiye'de mevcut içme suyu amaçlı kullanılan baraj göllerinin içerdiği DOM ve DYÜ oluşumu konusunda, Doç.Dr. Nuray Ateş'in de araştırmacı olarak yer aldığı, TÜBİTAK ve DPT destekli projelerdir. Bu çalışmalarda, 29 adet baraj gölü suyu aylık olarak üç yıl boyunca izlenmiştir. Çalışmalar sonucunda, yıllık ortalama ÇOK 0,91-4,42 mg/L, THM 21-189 µg/L ve HAA 18-149 µg/L arasında değiştiği görülmüştür. İstatiksel analizler sonucunda, ÇOK-THM ve ÇOK-HAA arasında oldukça kuvvetli ilişkiler tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, sudaki organik madde konsantrasyonu artışının DYÜ (THM ve HAA) oluşumunu doğrudan etkilediğini göstermektedir. Diğer taraftan, THM ve HAA arasında da kuvvetli bir ilişkinin varlığı tespit edilmiştir. Sonuçlar; Türkiye'deki baraj sularının birçoğunun, THM ve HAA oluşumuna yol açan organik maddelerin klorla reaktifliği açısından benzer özellik gösterdiğini işaret etmiştir (Ateş vd., 2007).

İstanbul-Büyükçekmece dağıtım şebekesinde THM konsantrasyonunun mevsimsel değişiminin incelendiği çalışmada, çıkış suyunda ve dağıtım şebekesindeki THM

seviyelerinde önemli farklılıklar gözlenmiştir. Özellikle, yaz aylarında dağıtım şebekesindeki THM seviyesi çıkış suyundaki seviyenin 1,2-1,8 katı kadar olmaktadır (Toroz ve Uyak, 2005).

Bekbölet vd. (2005)'nin arıtma metotlarının DYÜ gideriminde etkilerini araştırdıkları çalışmada, Büyükçekmece ve Ömerli barajları su kaynağı olarak kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, DYÜ giderim verimleri DOM yapısına bağlı olduğu anlaşılmıştır. Tüm su örneklerinde THM olduğu ve bromür içeriğinin yüksek olduğu sularda yüksek bromoform konsantrasyona rastlandığı belirtilmektedir. Ayrıca, trikloroasetik asit dışında HAA türlerinin dağılımının arıtma metoduna bağlı olmadığı görülmüştür.

Uyguner vd. (2007a), İstanbul'un 3 önemli su kaynağı olan Elmalı, Ömerli ve Büyükçekmece su kaynaklarını kullanarak yaptıkları çalışmada, fotokatalitik oksidasyon öncesi zenginleştirilmiş koagülasyon yönteminin NOM giderim verimi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda, UV ve ÇOK giderim verimleri açısından en yüksek verim Elmalı ve daha sonra Ömerli ve Büyükçekmece barajlarında elde edilmiştir. Benzer şekilde, en yüksek SUVA giderimi Elmalı Barajı'nda ve en düşük SUVA giderimi ise Büyükçekmece Barajı'nda gözlenmiştir.

Ömerli ve Büyükçekmece su kaynakları kullanılarak yapılan çalışmada, sadece ön ozonlama ve ön ozonlama ve koagülasyon proseslerinin DOM giderimi verimine ve DYÜ oluşumunun azaltılmasına etkisi değerlendirilmiştir. Bu çalışmada, koagülasyon öncesi ozonlama prosesinin kullanılması ile TOK giderimi ve THM oluşum potansiyelinde (THMOP) azalma elde edilmiştir. Diğer taraftan, ozonlama, koagülasyon veya bu proseslerin kombinasyonunun kullanılması durumunda toplam HAA oluşum potansiyelinde (HAAOP) artış gözlenmiştir (Selçuk vd., 2007).

İstanbul'un 3 önemli su kaynağı (Terkos, Büyükçekmece ve Ömerli) üzerinde yapılan başka bir çalışmada, 3 farklı koagülasyon tekniği kullanılarak DYÜ öncüllerini giderilmeye çalışılmıştır. Çalışmanın sonucunda, optimize edilmiş koagülasyon prosesinin DYÜ öncüllerinin giderilmesini arttırabileceği anlaşılmıştır (Uyak ve Toröz, 2007). Ayrıca, zenginleştirilmiş koagülasyon ve toz aktif karbon adsorpsiyonu proseslerinin Terkos Barajı suyunda DOM giderim verimi üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Araştırma sonucunda, toz aktif karbon ile desteklenmiş koagülasyon prosesi ile %76 ÇOK giderimi elde edilmiş ve toz aktif karbonun daha çok DMA ve yüksüz organikleri giderdiği gözlenmiştir (Uyak vd., 2007).

Bursa İli içme suyu ihtiyacının büyük bir kısmını karşılayan Doğancı Barajı suyu ile farklı koagülanlar kullanılarak TOK gideriminde uygun koagülasyon koşulları belirlenmeye çalışılmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda, en etkili organik madde giderimi FeCl_3 ile birlikte anyonik polielektrolit kullanılması olduğu gözlenmiştir (Alkan vd., 2006). Doğancı Barajı su kaynağından DOM giderimi amacı ile yapılan bir başka çalışmada, ön ozonlama, son ozonlama, zenginleştirilmiş koagülasyon, hızlı kum filtresi, aktif karbon filtrasyonu ve UV ışması proseslerinin kombinasyonu uygulanmıştır. Çalışma sonucunda, ardışık ön ozonlama/zenginleştirilmiş koagülasyon/aktif karbon filtrasyonunun THM öncüllerini gidermede en etkili metot olduğu ortaya konmuştur (Teksoy vd., 2008).

Farklı yüzey özelliklerine sahip granüler aktif karbonda DOM'un adsorpsiyonunu ve desorpsiyonunu inceleyen çalışmada su kaynağı olarak Ömerli Barajı (İstanbul) seçilmiştir. Bu çalışmada, ön ozonlama sistemide kullanılarak DOM'un biyobozunurluğu da maksimize edilmeye çalışılmıştır. Çalışma sonucunda, adsorpsiyonda aktif karbonun gözenek yapısından daha çok yüzey kimyasının etkili olduğu analıılmıştır (Yapsaklı vd., 2009). Biyolojik aktif karbon filtrelerinde ÇOK'un biyobozunurluğu üzerinde granül aktif karbon tipinin etkisini belirlemek üzere yapılan çalışmada su kaynağı olarak Ömerli (İstanbul) Barajı seçilmiştir. Bu çalışmada, ayrıca, ön ozonlamanın etkisi de değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda, biyolojik aktif karbon kolonlarının içindeki biyolojik aktivite kolon servis süresinde ve filtre malzemesi seçiminde esneklik sağladığı tespit edilmiştir (Yapsaklı ve Cecen, 2010).

İzmir İli içme suyundaki DYÜ derişimlerini ve mevsimsel değışimlerini belirlemek üzere yapılan çalışmada, Konak ve Urla ilçelerinden 10 ay boyunca alınan örneklerde toplam THM ve toplam haloasetonitril (HAN) analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre, toplam THM ve HAN derişimleri Konak ilçesinde Urla ilçesine göre yüksek gözlenirken, Urla içme suyundaki bromoform derişimi Konak'ta ölçülenden yaklaşık olarak 4 kat daha fazla olduğu bulunmuştur (Baytak vd., 2007). İzmir İli'nde yapılan bir başka çalışmada, 1 yeraltı ve 4 yüzeysel su kaynağında olmak üzere 5 noktada THM ve HAN analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre, kloroform, bromoform, dibromoklorometan ve dikloroasetonitril türleri en çok rastlanılan türler olmuştur. En yüksek THM ve HAN konsantrasyonları ilkbahar mevsiminde tespit edilmiştir (Baytak vd., 2008).

Aktif karbon prosesi ile THM öncüllerinden DOM giderimi amacı ile İvedik Arıtma Tesisi ham suyu kullanılmıştır (Çapar vd., 2001). Ayrıca bu çalışmanın devamında, Ankara şehri içme suyu şebekesinde THM oluşumu ve kanser riskini belirlemek üzere, mevsimsel olarak şebekenin 22 noktasından numune alınmıştır. Kış ve bahar mevsimlerinde benzer miktarda THM oluşumu gözlenirken en yüksek THM oluşumu yaz mevsiminde gözlenmiştir. Günlük su kullanımı sonucunda her yıl 5 milyon Ankara halkının 1 milyonunun kanser riski altında olduğu tahmin edilmiştir (Tokmak vd., 2004).

Ayrıca, Türkiye’de DOM giderimi ve DYÜ azaltılmasına yönelik hümik ve fülvik madde kullanılarak da çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalarda, ozonlama (Can ve Gürol, 2003; Oguz vd., 2008), ileri oksidasyon (Uyguner ve Bekbölet, 2005; Alkan vd., 2007a,b; Uyguner vd., 2007a,b; Selcuk ve Bekbölet, 2008), adsorpsiyon (Oguz vd., 2008), elektrokoagülasyon (Yildiz vd., 2007, 2008), membran (Uyak vd., 2008) proseslerinin DOM giderim verimleri ve DYÜ oluşumunun azaltılmasındaki etkileri gözlenmeye çalışılmıştır.

Türkiye’de farklı şehirlerde arıtma tesisi çıkışında, içme suyu şebekesinde ve yer altı sularında DYÜ oluşumları da incelenmiştir. Konya İli içmesuyu arıtma tesisinde, şehir şebekesinde ve yeraltı sularında THM oluşumu incelenmiştir (Aydın ve Ateş, 2001; Aydın vd., 2005), İzmit Yuvacık Barajı’nda THM oluşumunu etkileyen parametrelerine bağlı olarak, THM oluşumunu tahmin etmek amacı ile yapay sinir ağı modellemesi yapılmıştır (İşgören vd., 2009).

2.3. THM’lerin Sağlık Etkileri ve Kanser Riskleri

DYÜ’leri arasında THM’lerin kanserojen halojenli yan ürünler ve insan sağlığına potansiyel tehlikesi olduğu bilinmektedir (Krasner et al., 2001; Garcia-Villanova et al., 1997; Hildesheim et al., 1998; Rodriguez et al., 2003). İçme sularının klorlanması ve kanser sebebiyle ölüm arasında ilişkinin araştırıldığı birçok epidemiyolojik çalışma bulunmaktadır (McGeehin et al., 1993; Dodds et al., 1999; Kim et al., 1999; Yang et al., 1998, 2000; Wallace, 1997). Bazı çalışmalar, klorlu suya maruz kalma ile mesane kanseri arasında açık bir bağlantı olduğunu göstermekte ve rektum kanseri ile muhtemel bir bağ olabileceğini önermektedir (McGeehin et al., 1993). Hayvanlar üzerinde yapılan çalışmalar, karaciğer, böbrek ve bağırsak tümörleri ile uzun süreli THM içeren suların içilmesi ile ilgili olduğunu göstermektedir (Dodds et al., 1999; Yang et al., 2000). Su tüketimi sadece içme amaçlı olmayıp, yemek pişirme, duş alma,

banyo yapma, çamaşır yıkama temizlik ve diğerk aktivitetler ile de gerçekleşmektedir. Dolayısı ile, oğusu kirleticilerine sadece sindirim yolu ile kalmayıp deri ile temas ve solunum ile de maruz kalılabilmektedir. Bundan dolayı, THM kanser riski hesaplamaları, THM'e sindirim, dermal ve solunum yolu ile maruz kalma dikkate alınarak hesaplanmaktadır (Lee vd., 2004b; Uyak, 2006).

2.4. THM'lerin Mekansal Dağılımı

THM seviyelerinin mekânsal dağılımlarının belirlenmesi konusunda bazı çalışmalar literatürde mevcuttur. THM verileri kullanılarak mekânsal dağılım haritalarının elde edilmesinde kullanılan iki yöntem (kübik spline ve lineer regresyon)'un başarısı değerkendirilmiştir (Richeter, 2009). Amerika'nın Teksas eyaletinde THM'lere maruz kalma düzeylerinin belirlenebilmesi için 783 noktadan veri toplanmış ve elde edilen THM verileri geoistatistiksel mekânsal interpolasyon yöntemlerinin kullanılmasıyla haritalanmıştır (Venkataraman, 2012). Pakistan'ın Karachi bölgesinde THM lardan kaynaklanan sağlık risklerinin belirlenmesi amacıyla 30 farklı noktada THM seviyeleri ölçölmüş ve bu veriler ve bir mekânsal interpolasyon yöntemi olan kriging kullanılarak THM dağılım haritaları ve risk haritaları oluşturulmuştur (Karim vd, 2013). Karachi şehrinde 58 noktada toplanan THM verileri kullanılarak, farklı THM türlerinin zamansal ve mekânsal değişimler analiz edilmiştir (Siddiki, 2014).

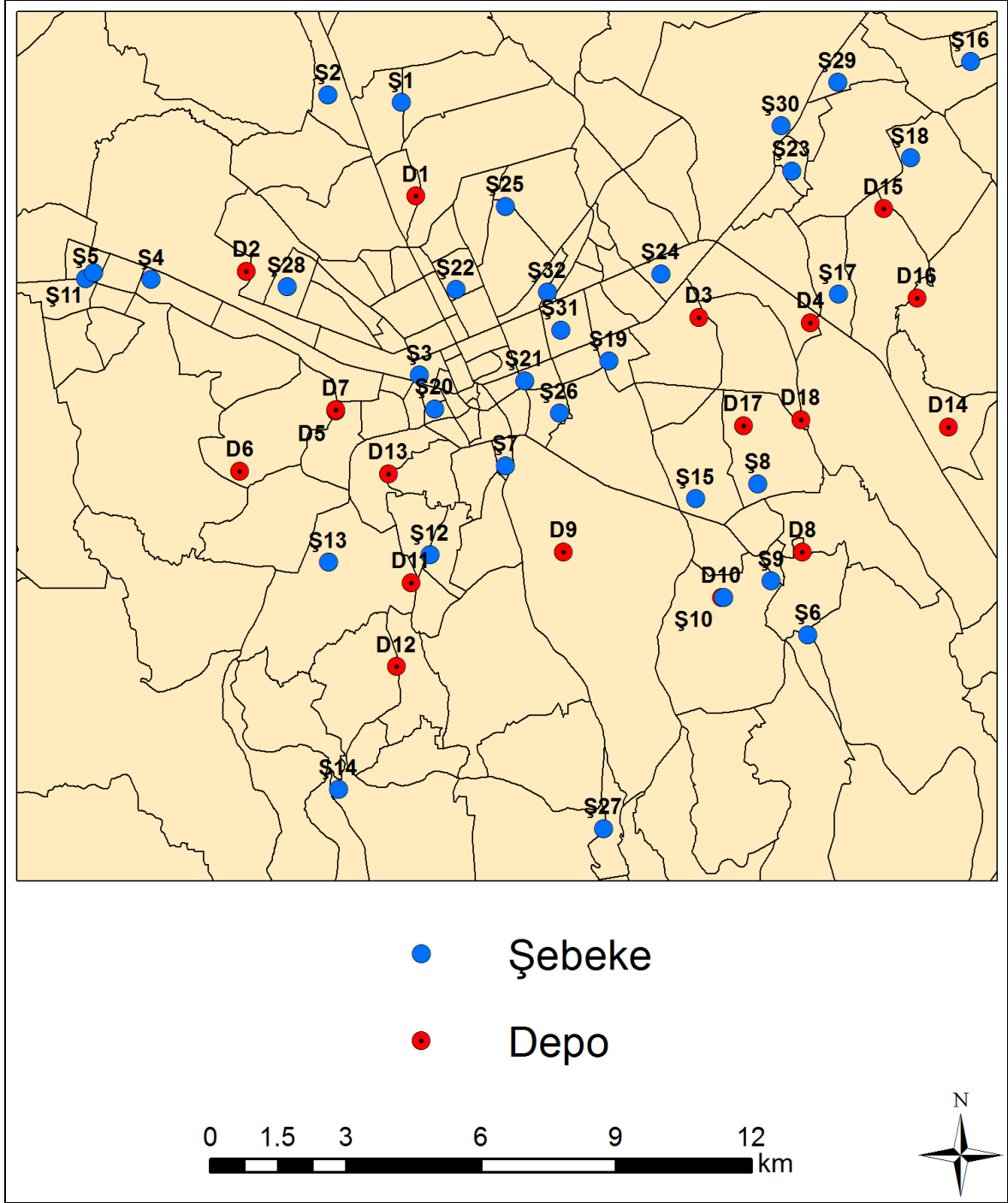
3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Su Örnekleri

Proje kapsamında Kayseri şehir merkezini yansıtmaları amacı ile 24 adet depodan ve 26 nokta şebekeden örnekleme yapılmıştır. Örnekleme yapılan noktalar harita üzerinde Şekil 1’de gösterilmekte ve isimleri Tablo 1 verilmektedir.

Tablo 1. Numune Alınan Depo ve Şebeke Noktalarının İsimleri

Depo No	Depo Adı	Şebeke No	Şebeke Adı	Şebeke No	Şebeke Adı
1	Yeşil D.	1	Selimiye Ş.	17	Şirintepe Ş.
2	Keykubat D.	2	Aliye Tarman Ş.	18	Demokrasi Ş.
3	Anneler Parkı D.	3	Sanayi Ş.	19	Melikgazi Ş.
4	Konaklar D.	4	Osman Kavuncu Ş.	20	K.Mustafa Ş
5	Mahrumlar D1.	5	Selimiye Ş.	21	Kılıçaslan Ş.
6	Kulaklı D.	6	Gülistanevler Ş.	22	Yeni Ş.
7	Mahrumlar D2.	7	Esenyurt Ş.	23	Ahi Evran Ş.
8	Yeni Role D.	8	Mevlana Ş.	24	Yıldızevler Ş.
9	Gediris D.	9	Harman Ş.	25	Zümrüt Ş.
10	Ali Dağı D.	10	Çaybağları Ş.	26	Köşk Ş.
11	Eğribucak D.	11	Yeniköy Ş.	27	Hisarcık Ş.
12	Mezbahane D.	12	Selçuklu Ş.	28	Ziya Gökalp Ş.
13	Beştepeler D.	13	Eğribucak Ş.	29	Beyazşehir Ş.
14	Höyük D.	14	Hacılar Ş.	30	Cırgalan Ş.
15	Serkent D.	15	Yenidoğan Ş.	31	Mimarsinan Ş.
16	Bostanderesi D.	16	Cumhuriyet Ş.	32	Alsancak Ş.
17	Talas D.				
18	Kayabağ D.				



Şekil 1. Proje kapsamında numune alma noktaları

Su numuneleri, Kayseri Su ve Kanalizasyon Müdürlüğü (KASKİ) tarafından belirlenen ve yukarıda haritada gösterilen noktalardan alındı ve aynı gün içerisinde laboratuvara gönderildi. Laboratuvara gelen numuneler, analizler yapılincaya kadar +4 °C'de buzdolabında saklanmıştır.

Depo ve şebekelerden alınan numune hacmi 1 litredir. Numunelerinin THM'lerinin belirlenmesinde, numune alımından analiz zamanına kadar THM oluşumunun devam etmesini engellemek için numuneler laboratuvara getirildiği anda Na₂SO₃ eklenmiştir.

3.2. Analiz Metotları

Proje kapsamındaki baraj göllerinden temin edilen sularda pH, bulanıklık, sertlik, alkalinite, iletkenlik, UVA₂₅₄, TOK ve THM parametreleri ölçülmüştür. Belirlenen parametreler için ölçüm yöntemleri Tablo 2'de verilmektedir.

Tablo 2. Parametreler ve Ölçüm Yöntemleri

Ölçülen Parametre	Ölçüm Yöntemi
THM	USEPA 551.1
TOK	SM 5310 B
UVA ₂₅₄	SM 5910 B
Bromür	SM 4500 Br ⁻
İletkenlik-TÇK	HACK Conductivity/TDS metre
Sertlik	SM 2340 B
Alkalinite	SM 2320 B
pH	pH-Metre

SM: Standard Method (1998)

USEPA: ABD Çevre Koruma Örgütü

Çözünmüş Organik Karbon (ÇOK)

Numunelerin toplam organik madde içeriği Toplam Organik Karbon (TOK) cihazı (Shimadzu TOC-L model) ile ölçülmüştür. Numunelerde bulunan ve bulanıklığa sebep olan partikül maddelerin TOK cihazına zarar vermemesi için analizden önce numuneler 0.45 µm gözenek çaplı selüloz asetat filtre kağıdından süzölmüştür. Filtrasyondan sonra örneklerin pH'sı önce 3'e ayarlanmış ve içerdikleri inorganik karbonun uçurulmasından sonra ölçüm yapılmıştır.

Trihalometan Oluşumu (THM)

THM analizi için numune alımında 250 ml'lik kahverengi şişeler kullanılmıştır. Depo ve şebekeden alınan numunelerde THM analizi GC-MS cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Numunelerin THM analizine hazırlanmasında sıvı-sıvı ekstraksiyon yöntemi kullanılmıştır. Ekstraksiyon işlemi, 40 ml'lik vial içine 30 ml numune alınmış, 6 ml pentan eklenmiştir. Daha sonra vialler 15 dakika boyunca çalkalayıcıda karıştırılmıştır. 15 bekleme süresinden sonra su ve solvent fazı ayrılmış, ayrılan solvent fazından 2 ml numune viallere alınmış ve GC-MS cihazında analizi yapılmıştır.

GC-MS cihazına monte edilmiş DB-624 (60 mx0,32 mm (iç çapı)x1,8 µm) kolon ile analiz yapılmıştır. GC-MS cihazının sıcaklık koşulları; enjektör sıcaklığı: 175 °C, MS sıcaklığı: 280 °C, kolon sıcaklığı: 5 dakika boyunca 40°C, 4°C/dk hızla 80°C'ye, 6°C/dk hızla 140°C'ye ve 8°C/dk ile 180°C'ye çıkacak şekilde ayarlanmıştır. Kalibrasyon standartları 1; 2,5; 5; 10; 15, 25; 50 ve 75 µg/L olacak şekilde 8 farklı konsantrasyon kullanılarak hazırlanmıştır.

UVA₂₅₄

Su numunelerinin UV absorpsanları, UV-visible spektrofotometre (HACH LANGE) kullanılarak SM 5910 B yöntemi kullanılmıştır. Numunelerin UV₂₅₄ ve UV₂₇₂ absorpsanı 1 cm'lik quartz küvetlerde ve 254 ve 272 nm dalgaboyunda gerçekleştirilmiştir. Analize başlamadan önce, spektrofotometrenin organik madde içermeyen saf su ile kalibrasyonu yapılmıştır.

Bulanıklık, Toplam Çözünmüş Katı Madde (TÇK) ve İletkenlik

Bulanıklık, Toplam Çözünmüş Katı Madde (TÇK) ve iletkenlik ölçümleri doğrudan bulanıklık ve iletkenlik ölçen cihazlarla (HACH DR/2000 spektrofotometre ve HACH Conductivity/TDS metre) yapılmıştır.

Sertlik ve Alkalinite

Su numunelerinin sertlik (SM 2340 B ve alkalinite (SM 2320 B) analizlerinde, Standart Metotlar'da (1998) belirtilen volumetrik yöntemler izlenmiştir.

Sertlik analizinde 15 ml numuneye 35 ml saf su konularak seyreltme yapılmıştır. Seyreltilmiş numuneye 1 ml amonyak tampon çözeltisi ilave edildikten sonra indikatör olarak Eriochrome Black T eklenmiştir. Etilen diamin tetraaceticacid (EDTA) çözeltisi ile titrasyon yapılmıştır. Numunenin kırmızı renginin maviye döndüğü anda titrasyon tamamlanmış ve sarfiyata göre gerekli hesaplamalar yapılmıştır.

Alkalinite analizinde 20 ml numune kullanılmıştır. Numuneye 5 damla metiloranj indikatörü ilave edildikten sonra 0,1 N sülfirik asit (H_2SO_4) ile titrasyon yapılmıştır. Turuncu renkte olan numunenin rengi kırmızıya döndüğü anda titrasyona son verilmiştir. H_2SO_4 sarfiyatı okunmuş ve gerekli hesaplamalar yapılmıştır. Analiz sonucunda harcanan EDTA ve H_2SO_4 hacimleri konsantrasyona çevrilerek kalsiyum karbonat ($CaCO_3$) cinsinde ifade edilmiştir.

3.3. Kayseri’de THM Dağılımının Haritalanması

Mekânsal interpolasyon yöntemleri nokta verilerden alansal dağılım haritalarının oluşturulmasında sıklıkla kullanılmaktadır. Mekânsal interpolasyon örneklenmiş noktaların değerlerinden yararlanarak ölçülmemiş noktaların değerlerinin tahminidir Bu çalışmada 50 noktada toplanan THM verileri bir mekânsal interpolasyon yöntemi olan kriging yöntemi ile analiz edilecek ve Kayseri için THM dağılım haritaları oluşturulmuştur.

Kriging tekniği geoistatistiksel interpolasyon tekniklerinden biridir ve bilinen yakın noktalardan alınan verileri kullanarak, diğer noktalardaki verilerin değerlerini tahmin eden bir yöntemdir. Kriging tekniğinde tahminde kullanılan ağırlıkları bulmak için noktalar arasındaki konumsal bağımlılığın bilinmesi gerekmektedir. Bu konumsal bağımlılık ya bir kovaryans fonksiyonu ya da bir variogram fonksiyonu kullanmak suretiyle tanımlanabilir. Variogram, uzayda farklı noktalardaki değişkenler arasındaki var olan bağımlılığı karakterize eden bir fonksiyondur. Bu yöntemde Kriging ağırlıkları variogram modelinin bir fonksiyonu olarak hesaplanır. Çalışmada kriging yöntemi ArcGIS programı kullanılarak uygulanmıştır.

3.4. Kanser Riskinin Tahmin Edilmesi

THM’ların kanser riskinin tahmin edilmesinde USEPA (1999, 2002) ve Lee ve diğerlerinin (2004a, 2004b) Hong Kong için THM kanser riskinin tahmin edilmesi amacı ile adapte etmiş

oldukları metot kullanılmıştır. Kanser risk değerlendirilmesi 4 aşamadan oluşmaktadır: 1) Veri toplanması ve değerlendirilmesi 2) maruz kalma 3) toksisite değerlendirmesi ve 4) risk karakterizasyonu. Kanser riski, THM içeren suyun vücuda deri yoluyla, yutma ve hava ile sonulumu ile ortaya çıkmaktadır Bu çalışmada maruziyet kalma yöntemi olarak yutma ve dermal temas açısından kanser risk değerlendirilmesi yapılmıştır. Bu değerlendirilmeler için bazı kabuller yapılmıştır. Tahminlerde kadın ve erkeklerin ortalama kilosu sırası ile 65 kg ve 75 kg olarak alınmıştır. TÜİK'in 2000-2014 (TÜİK, 2017) yılları arasında demografik göstergelerine göre, Türkiye'de kadınların ortalama ömrü 77 ve erkeklerin ise 72 olmaktadır. Günlük bir insanın 2 L su içtiği ile hesaplamalar yapılmıştır. THM türleri için kanser riski hesaplamalarında alınan potansiyele faktörler Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 3. Kanser risk değerlendirilmesi yapılacak kimyasal için potansiyel faktör (PF)

THM Tür	Potansiyel Faktör Değerleri
Kloroform	0,0061
Bromodiklorometan	0,062
Dibromoklorometan	0,084
Bromoform	0,0079

Yutma Kanser Risk: $CDI_{yutma} * PF$ formülü ile hesaplanmıştır.

CDI_{yutma} : Kronik günlük alım

$CDI_{yutma} = (CW * IR * EF * ED) / (BW * AT)$ formülü ile hesaplanır.

CW: Kimyasalın sudaki konsantrasyonu (mg/L)

IR: Günlük su alımı (2 L/gün)

EF: Maruziyet sıklığı (365 gün/yıl)

ED: Maruziyet süresi (yıl) (77 (erkekler için) ve 72 (kadınlar için))

BW: Vücut Ağırlığı (kg) (75 (erkekler için) ve 65 (kadınlar için))

AT: Ortalama Süre (yıl*365 gün/yıl) (77*365 ve 72*365)

Dermal maruziyet risk $AD * PF_{dermal}$ formülü ile hesaplanmıştır.

PF Kanser risk değerlendirilmesi yapılacak kimyasal için potansiyel faktör

AD: Dermal Absorpsiyon

$AD = (CW * SA * PC * ET * EF * ED) / (BW * AT)$ formülü ile hesaplanır.

CW: Kimyasalın sudaki konsantrasyonu (mg/L)

SA: Yüzey Alanı (cm²) (1,94 (erkekler için) ve 1,69 (kadınlar için))

PC: Kimyasalın spesifik dermal geçirimsizlik sabiti (0,002 cm/h)

ET: Exposure time (0,2 saat/day)

EF: Maruziyet süresi (günde 1 defa)

ED: Maruziyet süresi (yıl) (77 (erkekler için) ve 72 (kadınlar için))

BW: Vücut Ağırlığı (kg) (75 (erkekler için) ve 65 (kadınlar için))

AT: Ortalama Süre (yıl*365 gün/yıl) (77*365 ve 72*365)

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Kayseri İli İçme Suyunun Fizikokimyasal Özellikleri ve THM Seviyeleri

Projenin devam eden sürecinde, KASKİ ile iletişime geçilmiş Aralık ayından itibaren Tablo 1’de gösterilen örnekleme noktalarından numune alınmıştır. Numunelerin laboratuvara getirilmelerinden itibaren numuneler THM analizi için ekstraksiyonları yapılmış ve GC-MS cihazında analiz edilmiştir. Ayrıca, numunelerin fizikokimyasal analizleri KASKİ tarafından gerçekleştirilmiştir. Tablo 4’de depo ve şebekeden alınan numunelerin yıllık ortalama pH değerleri görülmektedir. Depo ve şebekelerde pH değerinde değişiklik gözlenmemiştir, Depo ve şebeke numunelerinin yıllık ortalama pH değeri 7,3 olarak gözlenmiştir. Aylık bazda numunelerin pH değerleri 6,8 ile 8,1 arasında değişim göstermektedir (Tablo A1). Genel olarak, tüm su kaynaklarında pH 7,1-8,0 arasında nötr seviyelerinde değişmektedir.

Tablo 4. Depo ve şebekeden alınan numunelerin yıllık ortalama pH değerleri

Depo Adı	pH	Şebeke Adı	pH	Şebeke Adı	pH
Yeşil D.	7,3	Boztepe Ş.	7,3	Şirintepe Ş.	7,3
Keykubat D.	7,1	Erkilet Ş.	7,2	Demokrasi Ş.	7,3
Anneler Parkı D.	7,4	Sanayi Ş.	7,3	Melikgazi Ş.	7,4
Konaklar D.	7,4	Osman Kavuncu Ş.	7,4	K, Mustafa Ş.	7,3
Mahrumlar D1.	7,1	Selimiye Ş.	7,5	Kılıçaslan Ş.	7,5
Kulaklı D.	7,1	Gülistanlar Ş.	7,4	Yeni Ş.	7,2
Mahrumlar D2.	7,1	Esenyurt Ş.	7,3	Ahi Evran Ş.	7,3
Yeni Role D.	7,4	Mevlana Ş.	7,4	Yıldızlar Ş.	7,3
Gediris D.	7,3	Harman Ş.	7,4	Zümrüt Ş.	7,1
Ali Dağı D.	7,3	Çaybağları Ş.	7,4	Köşk Ş.	7,4
Eğribucak D.	7,5	Yeniköy Ş.	7,1	Hisarcık Ş.	7,4
Mezbahane D.	7,4	Selçuklu Ş.	7,5	Ziya Gökalp Ş.	7,0
Beştepeler D.	7,3	Eğribucak Ş.	7,4	Beyazşehir Ş.	7,3
Höyük D.	7,5	Hacılar Ş.	7,4	Cırgalan Ş.	7,3
Serkent D.	7,4	Yenidoğan Ş.	7,5	Mimarsinan Ş.	7,3
Bostanderesi D.	7,4	Cumhuriyet Ş.	7,3	Alsancak Ş.	7,3
Talas D.	7,3				
Kayabağ D.	7,4				

Depo ve şebekelerden alınan su örneklerinin ortalama iletkenlik değerleri Tablo 5’de verilmektedir. Depo ve şebekelerden alınan numunelerin iletkenlik değerlerinin oldukça

değişken olduğu görülmektedir (Tablo A2). Aylık bazda depolardan alınan numunelerin iletkenlik değerleri en yüksek iletkenlik Haziran ayında 623 $\mu\text{S/cm}$ ile Keykubat Depo'da, en düşük ise 173 $\mu\text{S/cm}$ ile Beştepeler Depo'da gözlenmiştir. Yıllık ortalama değerlere bakıldığından numunelerin iletkenlik değerinin ise 336 $\mu\text{S/cm}$ olduğu görülmektedir. Şebeke numunelerinde ise iletkenlik aylık bazda 124 ile 658 $\mu\text{S/cm}$ arasında değişirken en yüksek iletkenlik Kasım ayında Yeni Mah.'de, en düşük ise Ekim ayında Hisarcık Mah.'de tespit edilmiştir. Şebeke numunelerinde depolardan alınan numunelere benzer şekilde 332 $\mu\text{S/cm}$ iletkenlik gözlenmiştir.

Tablo 5. Depo ve şebekeden alınan numunelerin yıllık ortalama iletkenlik değerleri

Depo Adı	İletkenlik ($\mu\text{S/cm}$)	Şebeke Adı	İletkenlik ($\mu\text{S/cm}$)	Şebeke Adı	İletkenlik ($\mu\text{S/cm}$)
Yeşil D.	548	Boztepe Ş.	552	Şirintepe Ş.	275
Keykubat D.	573	Erkilet Ş.	549	Demokrasi Ş.	324
Anneler Parkı D.	276	Sanayi Ş.	411	Melikgazi Ş.	248
Konaklar D.	276	Osman Kavuncu Ş.	347	K, Mustafa Ş.	396
Mahrumlar D1.	382	Selimiye Ş.	325	Kılıçaslan Ş.	250
Kulaklı D.	379	Gülistanevler Ş.	338	Yeni Ş.	547
Mahrumlar D2.	368	Esenyurt Ş.	358	Ahi Evran Ş.	274
Yeni Role D.	341	Mevlana Ş.	324	Yıldızevler Ş.	260
Gediris D.	360	Harman Ş.	344	Zümrüt Ş.	555
Ali Dağı D.	342	Çaybağları Ş.	337	Köşk Ş.	250
Eğribucak D.	210	Yeniköy Ş.	359	Hisarcık Ş.	146
Mezbahane D.	208	Selçuklu Ş.	214	Ziya Gökalp Ş.	557
Beştepeler D.	207	Eğribucak Ş.	215	Beyazşehir Ş.	273
Höyük D.	444	Hacılar Ş.	196	Cırgalan Ş.	275
Serkent D.	302	Yenidoğan Ş.	330	Mimarsinan Ş.	247
Bostanderesi D.	317	Cumhuriyet Ş.	278	Alsancak Ş.	275
Talas D.	265				
Kayabağ D.	255				

Depo ve şebekelerden alınan su örneklerinin ortalama sülfat değerleri Tablo 6'da verilmektedir. Depo ve şebekelerden alınan numunelerin sülfat değerlerinin iletkenlik

değerlerinde olduğu gibi oldukça değişken olduğu görülmektedir (Tablo A3). Aylık sülfat değerleri 5-70 mg/L arasında değişmektedir. Sülfat değerleri Yeşil Depo ve Keykubat Depo'da 40 mg/L'nin üzerinde gözlenmiştir. Diğer depolarda ise genel olarak 20 mg/L'nin altındadır. Tüm depoların yıllık ortalama sülfat değerleri ise 21 mg/L'dir. Şebeke numunelerinde de benzer şekilde sülfat değerleri 5 ile 81 mg/L arasında değişmektedir. En yüksek sülfat Kasım ayında 80-81 mg/L ile Boztepe ve Erkilet Mah.'de tespit edilmiştir. En düşük sülfat değerleri ise 5 mg/L ile tüm aylarda Hisarcık Mah.'dedir. Ortalama iletkenlik değerleri mevkilere göre 5- 81 mg/L arasında değişmektedir. Aylık bazda değerlere bakıldığı zaman en düşük sülfat değeri 5 mg/L ile Mart ayında Hicarcık'ta gözlenmiştir. Şebekelerde yıllık ortalama sülfat değeri ise 22 mg/L'dir.

Tablo 6. Depo ve şebekeden alınan numunelerin yıllık ortalama sülfat değerleri

Depo Adı	Sülfat (mg/L)	Şebeke Adı	Sülfat (mg/L)	Şebeke Adı	Sülfat (mg/L)
Yeşil D.	58	Boztepe Ş.	58	Şirintepe Ş.	13
Keykubat D.	45	Erkilet Ş.	57	Demokrasi Ş.	10
Anneler Parkı D.	13	Sanayi Ş.	35	Melikgazi Ş.	11
Konaklar D.	13	Osman Kavuncu Ş.	27	K,Mustafa Ş.	34
Mahrumlar D1.	31	Selimiye Ş.	26	Kılıçaslan Ş.	11
Kulaklı D.	31	Gülistanevler Ş.	18	Yeni Ş.	41
Mahrumlar D2.	29	Esenyurt Ş.	22	Ahi Evran Ş.	13
Yeni Role D.	17	Mevlana Ş.	17	Yıldızevler Ş.	12
Gediris D.	21	Harman Ş.	18	Zümrüt Ş.	42
Ali Dağı D.	19	Çaybağları Ş.	18	Köşk Ş.	11
Eğribucak D.	17	Yeniköy Ş.	29	Hisarcık Ş.	5
Mezbahane D.	14	Selçuklu Ş.	17	Ziya Gökalp Ş.	43
Beştepeler D.	12	Eğribucak Ş	17	Beyazşehir Ş.	13
Höyük D.	9	Hacılar Ş.	12	Cırgalan Ş.	13
Serkent D.	13	Yenidoğan Ş.	18	Mimarsinan Ş.	11
Bostanderesi D.	10	Cumhuriyet Ş.	13	Alsancak Ş.	13
Talas D.	11				
Kayabağ D.	11				

Tablo 7’de depo ve şebekelerden alınan su örneklerinin yıllık ortalama florür değerleri verilmektedir. Aylık değerlere bakıldığında zaman en düşük florür değeri 0,05 mg/L ile Mayıs ayında Serkent Depo’ndan alınan numunede gözlenmiştir. En yüksek florür ise 0,42 mg/L değeri ile Şubat ayında Beştepeler Depo’da gözlenmiştir. Depolarda ortalama florür değerleri mevkilere göre 0,14-0,31 mg/L arasında değişmektedir. Şebeke numunelerinde ise florür değerleri 0,04 mg/L ile 0,39 mg/L arasında tespit edilmiştir. Tüm aylar bazında ortalama florür değerleri, depolardan alınan numunelerde olduğu gibi 0,10-0,25 mg/L arasında değişmektedir. Genel olarak, tüm su kaynaklarında ortalama florür değeri 0,20 mg/L olarak tespit edilmiştir (Tablo A4).

Tablo 7. Depo ve şebekeden alınan numunelerin yıllık ortalama florür değerleri

Depo Adı	Florür (mg/L)	Şebeke Adı	Florür (mg/L)	Şebeke Adı	Florür (mg/L)
Yeşil D.	0,19	Boztepe Ş.	0,18	Şirintepe Ş.	0,22
Keykubat D.	0,20	Erkilet Ş.	0,17	Demokrasi Ş.	0,18
Anneler Parkı D.	0,23	Sanayi Ş.	0,20	Melikgazi Ş.	0,25
Konaklar D.	0,24	Osman Kavuncu Ş.	0,21	K.,Mustafa Ş.	0,22
Mahrumlar D1.	0,19	Selimiye Ş.	0,22	Kılıçaslan Ş.	0,24
Kulaklı D.	0,19	Gülistanevler Ş.	0,19	Yeni Ş.	0,19
Mahrumlar D2.	0,19	Esenyurt Ş.	0,17	Ahi Evran Ş.	0,20
Yeni Role D.	0,16	Mevlana Ş.	0,18	Yıldızevler Ş.	0,23
Gediris D.	0,15	Harman Ş.	0,17	Zümrüt Ş.	0,19
Ali Dağı D.	0,15	Çaybağları Ş.	0,19	Köşk Ş.	0,24
Eğribucak D.	0,19	Yeniköy Ş.	0,22	Hisarcık Ş.	0,10
Mezbahane D.	0,14	Selçuklu Ş.	0,20	Ziya Gökalp Ş.	0,18
Beştepeler D.	0,31	Eğribucak Ş.	0,20	Beyazşehir Ş.	0,21
Höyük D.	0,15	Hacılar Ş.	0,16	Cırgalan Ş.	0,21
Serkent D.	0,17	Yenidoğan Ş.	0,19	Mimarsinan Ş.	0,23
Bostanderesi D.	0,15	Cumhuriyet Ş.	0,20	Alsancak Ş.	0,21
Talas D.	0,21				
Kayabağ D.	0,20				

Depo ve şebekeden alınan numunelerin yıllık ortalama nitrat değerleri Tablo 8’de görülmektedir. Depo ve şebekelerde iletkenlik ve sülfat değerlerinde olduğu mevkilere göre değişkenlik göstermektedir (Tablo A5). Depolardan alınan numunelerin yıllık ortalama nitrat değerleri 7 ile 38 mg/L arasında değişmektedir. En düşük nitrat değeri 5 mg/L ile Mayıs ayında Höyük depoda, en yüksek nitrat değeri Mahrumlar Depo 1 ve Kulaklı Depo’da Kasım ayında 41 mg/L gözlenmiştir. En düşük nitrat değeri Mayıs ayında Hisarcık ve Hacılar Mah.’de 6 mg/L olarak ve en yüksek Kasım ayında Osman Kavuncu ve Yeniköy Mah.’de tespit edilmiştir. Şebeke numunelerinde aylık ortalama nitrat değerleri 7-37 mg/L arasında değişmektedir.

Tablo 8. Depo ve şebekeden alınan numunelerin yıllık ortalama nitrat değerleri

Depo Adı	Nitrat (mg/L)	Şebeke Adı	Nitrat (mg/L)	Şebeke Adı	Nitrat (mg/L)
Yeşil D.	27	Boztepe Ş.	27	Şirintepe Ş.	12
Keykubat D.	16	Erkilet Ş.	27	Demokrasi Ş.	13
Anneler Parkı D.	12	Sanayi Ş.	28	Melikgazi Ş.	11
Konaklar D.	12	Osman Kavuncu Ş.	31	K, Mustafa Ş.	29
Mahrumlar D1.	38	Selimiye Ş.	28	Kılıçaslan Ş.	11
Kulaklı D.	37	Gülistanevler Ş.	20	Yeni Ş.	17
Mahrumlar D2.	35	Esenyurt Ş.	24	Ahi Evran Ş.	12
Yeni Role D.	17	Mevlana Ş.	18	Yıldızevler Ş.	11
Gediris D.	23	Harman Ş.	20	Zümrüt Ş.	17
Ali Dağı D.	19	Çaybağları Ş.	19	Köşk Ş.	11
Eğribucak D.	13	Yeniköy Ş.	33	Hisarcık Ş.	7
Mezbahane D.	13	Selçuklu Ş.	13	Ziya Gökalp Ş.	17
Beştepeler D.	9	Eğribucak Ş	13	Beyazşehir Ş.	12
Höyük D.	7	Hacılar Ş.	13	Cırgalan Ş.	12
Serkent D.	13	Yenidoğan Ş.	19	Mimarsinan Ş.	11
Bostanderesi D.	14	Cumhuriyet Ş.	12	Alsancak Ş.	12
Talas D.	11				
Kayabağ D.	11				

Tüm su kaynaklarındaki sertlik değerleri sert ve çok sert su sınıflarına girmektedir (Tablo A6). Tablo 9’da depo ve şebekeden alınan su örneklerindeki sertlik değerleri görülmektedir. Depolarda, numunelerin sertlik değerleri 68-277 mg CaCO₃/L arasında değişmektedir. En düşük sertlik değeri Beşteperler Depo’da Temmuz ayında, en yüksek sertlik ise Ekim ayında Bostanderesi Depo’da tespit edilmiştir. Şebeke numunelerinde, en düşük sertlik değeri Hisarcık Mah.’de Haziran ayında 57 CaCO₃/L ve en yüksek sertlik değeri Ekim ayında Erkilet Mah. 252 CaCO₃/L olarak gözlenmiştir. Eylül ve Ekim ayları dışında, Hisarcık’tan alınan şebeke suyu ortalama 7 Fr⁰S değeri ile orta sertlikte su sınıfına girmektedir. Şebekede en sert sular (>18 Fr⁰S) Boztepe, Erkilet, Yeni, Zümrüt ve Ziya Gökalp Mahalleleri’nde tespit edilmiştir.

Tablo 9. Depo ve şebekeden alınan numunelerin yıllık ortalama toplam sertlik değerleri

Depo Adı	T. Sertlik (mgCaCO ₃ /L)	Şebeke Adı	T. Sertlik (mgCaCO ₃ /L)	Şebeke Adı	T. Sertlik (mgCaCO ₃ /L)
Yeşil D.	158	Boztepe Ş.	174	Şirintepe Ş.	111
Keykubat D.	173	Erkilet Ş.	177	Demokrasi Ş.	126
Anneler Parkı D.	108	Sanayi Ş.	145	Melikgazi Ş.	103
Konaklar D.	106	Osman Kavuncu Ş.	127	K, Mustafa Ş.	141
Mahrumlar D1.	135	Selimiye Ş.	119	Kılıçaslan Ş.	107
Kulaklı D.	126	Gülistanevler Ş.	133	Yeni Ş.	174
Mahrumlar D2.	125	Esenyurt Ş.	143	Ahi Evran Ş.	120
Yeni Role D.	131	Mevlana Ş.	129	Yıldızevler Ş.	106
Gediris D.	143	Harman Ş.	137	Zümrüt Ş.	176
Ali Dağı D.	133	Çaybağları Ş.	126	Köşk Ş.	102
Eğribucak D.	89	Yeniköy Ş.	138	Hisarcık Ş.	77
Mezbahane D.	87	Selçuklu Ş.	88	Ziya Gökalp Ş.	174
Beştepeler D.	88	Eğribucak Ş.	87	Beyazşehir Ş.	118
Höyük D.	197	Hacılar Ş.	79	Cırgalan Ş.	118
Serkent D.	118	Yenidoğan Ş.	128	Mimarsinan Ş.	100
Bostanderesi D.	139	Cumhuriyet Ş..	113	Alsancak Ş.	118
Talas D.	105				
Kayabağ D.	105				

Şebekeden ve depodan alınan örneklerin yıllık ortalama alkalinite değerleri Tablo 10’da verilmektedir. Alkalinite değerlerine bakıldığı zaman sertlik değerleri ile uyumlu olduğu görülmektedir. Sertlik değerlerinin yüksek ya da düşük olduğu kaynaklarda alkalinite de benzerlik göstermektedir. En düşük alkalinite Ocak ayında Selçuklu mahallesi Boydak Cami’nden alınan numunede 54 mg CaCO₃/L olarak görülmüştür. En yüksek alkalinite ise Şubat ayında 260 mg CaCO₃/L ile Höyük depoda tespit edilmiştir. Aylık değerlerin ortalamasına bakıldığı zaman alkalinite değerlerinin tüm kaynaklarda 60-251 mg CaCO₃/L arasında değiştiği ve ortalama 132 mg CaCO₃/L olarak elde edilmiştir (Tablo A7).

Tablo 10. Depo ve şebekeden alınan numunelerin yıllık ortalama alkalinite değerleri

Depo Adı	Alkalinite (mgCaCO ₃ /L)	Şebeke Adı	Alkalinite (mgCaCO ₃ /L)	Şebeke Adı	Alkalinite (mgCaCO ₃ /L)
Yeşil D.	179	Boztepe Ş.	176	Şirintepe Ş.	132
Keykubat D.	179	Erkilet Ş.	172	Demokrasi Ş.	154
Anneler Parkı D.	130	Sanayi Ş.	138	Melikgazi Ş.	117
Konaklar D.	117	Osman Kavuncu Ş.	116	K, Mustafa Ş.	136
Mahrumlar D1.	125	Selimiye Ş.	119	Kılıçaslan Ş.	118
Kulaklı D.	126	Gülistanevler Ş.	138	Yeni Ş.	192
Mahrumlar D2.	120	Esenyurt Ş.	147	Ahi Evran Ş.	139
Yeni Role D.	150	Mevlana Ş.	136	Yıldızevler Ş.	120
Gediris D.	143	Harman Ş.	147	Zümrüt Ş.	179
Ali Dağı D.	139	Çaybağları Ş.	144	Köşk Ş.	122
Eğribucak D.	79	Yeniköy Ş.	120	Hisarcık Ş.	67
Mezbahane D.	80	Selçuklu Ş.	74	Ziya Gökalp Ş.	179
Beştepeler D.	97	Eğribucak Ş	78	Beyazşehir Ş.	127
Höyük D.	234	Hacılar Ş.	76	Cırgalan Ş.	125
Serkent D.	131	Yenidoğan Ş.	127	Mimarsinan Ş.	119
Bostanderesi D.	151	Cumhuriyet Ş..	119	Alsancak Ş.	127
Talas D.	117				
Kayabağ D.	118				

Toplam organik madde içeriği tüm kaynaklarda oldukça düşüktür. Dünyadaki yeraltı su kaynaklarında ortalama 1 mg/L bulunmaktadır. Bunun yanında, yeraltı su kaynakları kapalı ortam olmaları ve dış etkilere uzak olmalarından dolayı organik açıdan kirlenmeye daha az maruz kalmaktadır. Kayseri’de yeraltı su kaynakları bu anlamda organik kirlenmeden uzak oldukça temiz su sınıfına girmektedir (Tablo 11). Depolarda en düşük organik içerik Ocak ve Şubat aylarında gözlemiştir. Yeraltı su kaynaklarında yaz sonuna doğru organik madde içeriği artış göstermiştir. Depolardan alınan numunelerin tüm aylar değerlerine bakıldığında, en düşük 0,06 mg/L ile 2,67 mg/L arasında değiştiği görülmektedir (Tablo A8).

Tablo 11. Depo ve şebekeden alınan numunelerin yıllık ortalama toplam organik karbon (TOK) değerleri

Depo Adı	T. Organik Karbon (mg/L)	Şebeke Adı	T. Organik Karbon (mg/L)	Şebeke Adı	T. Organik Karbon (mg/L)
Yeşil D.	0,79	Boztepe Ş.	0,60	Şirintepe Ş.	0,30
Keykubat D.	0,63	Erkilet Ş.	0,93	Demokrasi Ş.	0,29
Anneler Parkı D.	0,58	Sanayi Ş.	0,50	Melikgazi Ş.	0,32
Konaklar D.	0,62	Osman Kavuncu Ş.	0,50	K, Mustafa Ş.	0,48
Mahrumlar D1.	0,69	Selimiye Ş.	0,52	Kılıçaslan Ş.	0,35
Kulaklı D.	0,74	Gülistanevler Ş.	0,55	Yeni Ş.	0,48
Mahrumlar D2.	0,72	Esenyurt Ş.	0,47	Ahi Evran Ş.	0,38
Yeni Role D.	0,54	Mevlana Ş.	0,41	Yıldızevler Ş.	0,40
Gediris D.	0,55	Harman Ş.	0,46	Zümrüt Ş.	0,43
Ali Dağı D.	0,45	Çaybağları Ş.	0,46	Köşk Ş.	0,33
Eğribucak D.	0,78	Yeniköy Ş.	0,73	Hisarcık Ş.	0,51
Mezbahane D.	0,59	Selçuklu Ş.	0,58	Ziya Gökalp Ş.	0,49
Beştepeler D.	0,57	Eğribucak Ş.	0,59	Beyazşehir Ş.	0,40
Höyük D.	0,39	Hacılar Ş.	0,47	Cırgalan Ş.	0,32
Serkent D.	0,40	Yenidoğan Ş.	0,34	Mimarsinan Ş.	0,44
Bostanderesi D.	0,38	Cumhuriyet Ş..	0,32	Alsancak Ş.	0,39
Talas D.	0,74				
Kayabağ D.	0,74				

En yüksek organik içerik Yeniköy ve Erkilet Mahalleleri'nde sırasıyla yıllık ortalama 0,73 ve 0,93 mg/L olarak tespit edilmiştir. En düşük organik içerik ise 0,30 mg/L ile Demokrasi ve Şirintepe Mahalleleri'nin numunelerinde görülmüştür.

Kaynaklardaki organik madde içeriğine bağlı olarak UV değerleri de oldukça düşük olmakla birlikte bazı kaynaklarda bazı aylarda UV değerleri sıfır olarak analiz edilmiştir (Tablo 12). UV'de ki düşük değerleri su kaynaklarındaki organik maddelerin daha çok hidrofilik yapıda olduklarını göstermektedir. En düşük UV₂₅₄ değerleri 0,0010 ve en yüksek değerler 0,0150'dir. Genel olarak kaynakların %90'ında UV değerleri 0,0050'nin altında gözlenmiş, sadece bir kaç kaynakta bazı aylar UV değerleri 0,0050'in üstüne çıkmıştır.

Tablo 12. Depo ve şebekeden alınan numunelerin yıllık ortalama UV₂₅₄ değerleri

Depo Adı	UV ₂₅₄	Şebeke Adı	UV ₂₅₄	Şebeke Adı	UV ₂₅₄
Yeşil D.	0,0020	Boztepe Ş.	0,0020	Şirintepe Ş.	0,0037
Keykubat D.	0,0023	Erkilet Ş.	0,0030	Demokrasi Ş.	0,0023
Anneler Parkı D.	0,0035	Sanayi Ş.	0,0020	Melikgazi Ş.	0,0017
Konaklar D.	0,0020	Osman Kavuncu Ş.	0,0047	K, Mustafa Ş.	0,0033
Mahrumlar D1.	0,0110	Selimiye Ş.	0,0030	Kılıçaslan Ş.	0,0023
Kulaklı D.	0,0030	Gülistanevler Ş.	0,0037	Yeni Ş.	0,0037
Mahrumlar D2.	0,0023	Esenyurt Ş.	0,0023	Ahi Evran Ş.	0,0023
Yeni Role D.	0,0020	Mevlana Ş.	0,0030	Yıldızevler Ş.	0,0017
Gediris D.	0,0023	Harman Ş.	0,0013	Zümrüt Ş.	0,0010
Ali Dağı D.	0,0040	Çaybağları Ş.	0,0170	Köşk Ş.	0,0027
Eğribucak D.	0,0033	Yeniköy Ş.	0,0027	Hisarcık Ş.	0,0040
Mezbahane D.	0,0030	Selçuklu Ş.	0,0033	Ziya Gökalp Ş.	0,0017
Beştepeler D.	0,0027	Eğribucak Ş.	0,0043	Beyazşehir Ş.	0,0037
Höyük D.	0,0030	Hacılar Ş.	0,0033	Cırgalan Ş.	0,0040
Serkent D.	0,0027	Yenidoğan Ş.	0,0037	Mimarsinan Ş.	0,0063
Bostanderesi D.	0,0010	Cumhuriyet Ş..	0,0020	Alsancak Ş.	0,0033
Talas D.	0,0015				
Kayabağ D.	0,0013				

Kaynak sularının klorlanmasında 2005 yılında Sağlık Bakanlığı tarafından yayınlanan İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmeliğe göre şebekenin uç noktalarından alınan numunelerde klor miktarı 0,5 mg/L'yi aşmaması gerekmektedir. Kayseri'deki depo ve şebekeden alınan su örneklerindeki bakiye klor miktarı ortalama 0,5 mg/L ve altında değerler ile yönetmelikte belirlenen standart değerin altında bulunmaktadır (Tablo 13 ve Tablo A9).

Tablo 13. Depo ve şebekeden alınan numunelerin yıllık ortalama serbest klor değerleri

Depo Adı	S.Klor (mg/L)	Şebeke Adı	S.Klor (mg/L)	Şebeke Adı	S.Klor (mg/L)
Yeşil D.	0,2	Boztepe Ş.	0,2	Şirintepe Ş.	0,3
Keykubat D.	0,2	Erkilet Ş.	0,2	Demokrasi Ş.	0,3
Anneler Parkı D.	0,3	Sanayi Ş.	0,2	Melikgazi Ş.	0,3
Konaklar D.	0,2	Osman Kavuncu Ş.	0,2	K.,Mustafa Ş.	0,2
Mahrumlar D1.	0,3	Selimiye Ş.	0,2	Kılıçaslan Ş.	0,3
Kulaklı D.	0,3	Gülistanevler Ş.	0,2	Yeni Ş.	0,2
Mahrumlar D2.	0,2	Esenyurt Ş.	0,2	Ahi Evran Ş.	0,3
Yeni Role D.	0,2	Mevlana Ş.	0,2	Yıldızevler Ş.	0,3
Gediris D.	0,2	Harman Ş.	0,2	Zümrüt Ş.	0,3
Ali Dağı D.	0,2	Çaybağları Ş.	0,2	Köşk Ş.	0,3
Eğribucak D.	0,2	Yeniköy Ş.	0,3	Hisarcık Ş.	0,3
Mezbahane D.	0,1	Selçuklu Ş.	0,2	Ziya Gökalp Ş.	0,2
Beştepeler D.	0,3	Eğribucak Ş.	0,2	Beyazşehir Ş.	0,3
Höyük D.	0,2	Hacılar Ş.	0,2	Cırgalan Ş.	0,3
Serkent D.	0,3	Yenidoğan Ş.	0,2	Mimarsinan Ş.	0,3
Bostanderesi D.	0,2	Cumhuriyet Ş..	0,3	Alsancak Ş.	0,3
Talas D.	0,3				
Kayabağ D.	0,2				

Depo ve şebekeden alınan örneklerin THM analiz sonuçları Tablo 14'de verilmektedir. Değerlere bakıldığında zaman su örneklerinde THM değerlerinin sudaki organik madde içeriği ve UV değerleriyle uyumlu olmaktadır. Düşük organik içeriğine sahip sularda oldukça düşük değerlerde THM oluşumu gözlenmiştir. Depolarda klorlanan su şebekede yolculuğuna devam ettiğinden, organik madde ve klorun reaksiyonu da devam etmektedir. Bundan dolayı,

şebekede THM oluşumu, beklenildiği üzere depolardan daha yüksek çıkmıştır. Depolarda yıllık ortalama en yüksek THM değeri 9 µg/L ile Mahrumlar Depo 1 ve 2’de tespit edilmiştir. En düşük THM ise Keykubat, Mezbahane, Bostanderesi ve Kayabağ Depoları’nda 4 µg/L olarak gözlenmiştir. Diğer taraftan aylar bazında bakıldığında, Mahrumlar Depo 1’de 17 µg/L THM oluşumu görülmüştür. Şebekede THM oluşumunda en yüksek 42 µg/L ile Kasım ayında Cumhuriyet Mah.’de tespit edilmiştir. Diğer yüksek bir değer ise Mayıs ayında Çaybağları Mah.’de 29 µg/L olarak gözlenmiştir. Şebekede yıllık ortalama en yüksek değer 11 µg/L ve en düşük değer ise 4 µg/L’dir. 2005 yılında Sağlık Bakanlığı tarafından yayınlanan İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmeliğe göre THM değerinin 100 µg/L’in altında olması gerekmektedir. Bu yönetmeliğe göre, Kayseri su kaynakları yönetmeliğin çok altında THM değerlerine sahiptir.

Tablo 14. Depo ve şebekeden alınan numunelerin ortalama aylık THM değerleri

Depo Adı	THM (µg/L)	Şebeke Adı	THM (µg/L)	Şebeke Adı	THM (µg/L)
Yeşil D.	7	Boztepe Ş.	8	Şirintepe Ş.	5
Keykubat D.	4	Erkilet Ş.	8	Demokrasi Ş.	5
Anneler Parkı D.	5	Sanayi Ş.	10	Melikgazi Ş.	5
Konaklar D.	5	Osman Kavuncu Ş.	9	K, Mustafa Ş.	10
Mahrumlar D1.	9	Selimiye Ş.	8	Kılıçaslan Ş.	7
Kulaklı D.	8	Gülistanevler Ş.	7	Yeni Ş.	6
Mahrumlar D2.	9	Esenyurt Ş.	7	Ahi Evran Ş.	5
Yeni Role D.	7	Mevlana Ş.	8	Yıldızevler Ş.	5
Gediris D.	8	Harman Ş.	8	Zümrüt Ş.	5
Ali Dağı D.	8	Çaybağları Ş.	11	Köşk Ş.	6
Eğribucak D.	8	Yeniköy Ş.	9	Hisarcık Ş.	8
Mezbahane D.	4	Selçuklu Ş.	11	Ziya Gökalp Ş.	4
Beştepeler D.	5	Eğribucak Ş	9	Beyazşehir Ş.	5
Höyük D.	5	Hacılar Ş.	7	Cırgalan Ş.	6
Serkent D.	5	Yenidoğan Ş.	8	Mimarsinan Ş.	5
Bostanderesi D.	4	Cumhuriyet Ş..	8	Alsancak Ş.	5
Talas D.	5				
Kayabağ D.	4				

4.2. Kayseri İli İçme Suyunun THM'a Bağlı Kanser Riski

THM'lerin kanser risk değerlendirmesi için ülkemizde yapılan çalışmalar sınırlıdır. DYÜ'lerin kanser riski Türkiye'de sadece İstanbul, Ankara ve İzmir şehirleri için, sadece sınırlı kaynaklar üzerinde yapılmış çalışmalarla belirlenmiştir. Ankara şehri içme suyu şebekesinde THM oluşumu ve kanser riskini belirlemek üzere, mevsimsel olarak şebekenin 22 noktasından numune alınmıştır. Kış ve bahar mevsimlerinde benzer miktarda THM oluşumu gözlenirken en yüksek THM oluşumu yaz mevsiminde gözlenmiştir. Günlük su kullanımı sonucunda her yıl 5 milyon Ankara halkının 1 milyonunun kanser riski altında olduğu tahmin edilmiştir (Tokmak vd., 2004). İstanbul ili için yapılan çalışmada kanser riskinin 10^{-6} 'dan yüksek bulunmuştur (Uyak, 2006). Yapılan yeni toksikolojik çalışmalar DYÜ türlerinin her birinin sağlık üzerinde etkisinin farklı olduğunu göstermektedir. Proje kapsamında yapılan izleme sonuçları kullanılarak her bir THM türü ve toplam THM değerleri için kanser risk değerlendirilmesi yapılmıştır. THM'lerin kanser riskinin tahmin edilmesinde USEPA (1999, 2002) ve Lee ve diğerlerinin (2004a, 2004b) Hong Kong için THM kanser riskinin tahmin edilmesi amacı ile adapte etmiş oldukları metot kullanılmıştır.

Kanser risk değerlendirilmesi 4 aşamadan oluşmaktadır: 1) Veri toplanması ve değerlendirilmesi 2) maruz kalma 3) toksisite değerlendirmesi ve 4) risk karakterizasyonu. Kanser riski, THM içeren suyun vücuda deri yoluyla, yutma ve hava ile sonulumu ile ortaya çıkmaktadır Bu çalışmada maruziyet kalma yöntemi olarak yutma ve dermal temas açısından kanser risk değerlendirilmesi yapılmıştır. Bu değerlendirmeler için bazı kabuller yapılmıştır. Tahminlerde kadın ve erkeklerin ortalama kilosu sırası ile 65 kg ve 75kg olarak alınmıştır. TÜİK'in 2000-2014 yılları arasında demografik göstergelerine göre, Türkiye'de kadınların ortalama ömrü 77 ve erkeklerin ise 72 olmaktadır. Günlük bir insanın 2 L su içtiği ile hesaplamalar yapılmıştır. Kanser risk değerlendirilmesinde kullanılan yıllık ortalama TTHM ve THM türlerinin değerleri depolarda alınan numuneler için Tablo 15'de, şebekelerden alınan numuneler için Tablo 16'da gösterilmektedir.

Tablo 15. Depolardan alınan numunelerin yıllık ortalama TTHM ve THM türleri değerleri

No	Mevki	TCM	BDCM	DBCM	TBM	TTHM
1	Yeşil D.	1	1	3	2	7
2	Keykubat D.	1	<1	2	1	4
3	Anneler Parkı D.	1	1	3	1	5
4	Konaklar D.	1	1	3	1	5
5	Mahrumlar D1	1	1	5	2	9
6	Kulaklı D.	1	1	4	2	8
7	Mahrumlar D2	1	1	4	2	9
8	Yeni Role D.	1	1	3	2	7
9	Gediris D.	1	1	4	2	8
10	Ali Dağı D.	1	1	4	3	8
11	Eğribucak D.	1	1	4	2	8
12	Mezbahane D.	1	<1	2	1	4
13	Beştepeler D.	1	<1	2	1	5
14	Höyük D.	1	1	3	1	5
15	Serkent D.	1	<1	2	1	5
16	Bostanderesi D.	1	<1	2	1	4
17	Talas D.	1	1	3	1	5
18	Kayabağ D.	1	<1	2	1	4

NOT: TCM: triklorometan, BDCM: Bromodiklorometan, DBCM: Dibromoklorometan, TBM: Tribromometan

TTHM ve THM türleri için çoklu maruziyet yolu değerlendirmesi için yutma ve dermal kanser risk değerlendirilmesi yapılmıştır. Kadın ve erkekler için risk değerlendirmesi ayrı tablo ve grafiklerde sunulmuştur. Tablo 17 ve 18 sırasıyla depolardan ve şebekelerden alınan numunelerde kadınlar için TTHM ve THM türlerinin her biri için yutma ile kanser risklerini göstermektedir. Elde edilen sonuçların grafiksel gösterimi Şekil X1 ve Şekil X2’de verilmiştir. Depolardan alınan numunelerde TTHM açısından en yüksek yaşam boyu kanser riski Mahrumlar Deposunda $1,5 \times 10^{-5}$ dır. Mahrumlar deposunda DBCM türü $1,2 \times 10^{-5}$ ile en yüksek riske sahiptir. Kloroform açısından değerlendirildiğinde en yüksek risk $2,2 \times 10^{-7}$ ile Gediris deposunda hesaplanmıştır. Şebekelerden alınan numunelerde TTHM açısından en yüksek yaşam boyu kanser riski Selçuklu Mh, Boydak Caminden alınan numunelerde $1,7 \times 10^{-5}$ dır. Bu numune noktasında DBCM türü $1,3 \times 10^{-5}$ ile en yüksek riske sahiptir. Kloroform açısından değerlendirildiğinde en yüksek risk $6,6 \times 10^{-7}$ ile Hisarcık Camii numune noktasında hesaplanmıştır. EPA tarafından kabul edilebilir risk seviyesi 10^{-6} ’dır ve hem depo hem de şebekede bu değerler üzerinde bölgeler bulunmaktadır.

Tablo 16. Şebelerden alınan numunelerin ortalama yıllık TTHM ve THM türleri değerleri

No	Mevki	TCM	DCBM	DBC	TBM	TTHM
1	Boztepe Ş.	1	1	4	2	8
2	Erkilet Ş.	1	1	4	2	8
3	Sanayi Ş.	1	1	5	3	10
4	Osman Kavuncu Ş.	1	1	5	2	9
5	Selimiye Ş.	1	1	4	3	8
6	Gülistanevler Ş.	1	1	3	2	7
7	Esenyurt Ş.	1	1	3	2	7
8	Mevlana Ş.	1	1	4	2	8
9	Harman Ş.	1	1	4	3	8
10	Çaybağları Ş.	3	1	4	3	11
11	Yeniköy Ş.	1	1	4	2	9
12	Selçuklu Ş.	2	2	5	3	11
13	Eğribucak Ş.	1	1	4	2	9
14	Hacılar Ş.	2	1	3	1	7
15	Yenidoğan Ş.	1	1	4	2	8
16	Cumhuriyet Ş.	1	2	4	1	8
17	Şirintepe Ş.	1	<1	2	1	5
18	Demokrasi Ş.	1	1	2	1	5
19	Melikgazi Ş.	1	1	3	1	5
20	K.Mustafa Ş	1	1	5	3	10
21	Kılıçaslan Ş.	1	1	3	1	7
22	Yeni Ş.	1	<1	3	2	6
23	Ahi Evran Ş.	<1	<1	3	1	5
24	Yıldızevler Ş.	<1	<1	3	1	5
25	Zümrüt Ş.	1	<1	3	2	5
26	Köşk Ş.	1	1	3	1	6
27	Hisarcık Ş.	4	2	2	1	8
28	Ziya Gökalp Ş.	1	<1	3	1	4
29	Beyazşehir Ş.	1	1	3	1	5
30	Cırgalan Ş.	1	1	3	1	6
31	Mimarsinan Ş.	1	1	3	1	5
32	Alsancak Ş.	1	<1	3	1	5

NOT: TCM: triklorometan, BDCM: Bromodiklorometan, DBCM: Dibromoklorometan, TBM: Tribromometan

TTHM ve THM türleri için çoklu maruziyet yolu değerlendirilmesi için yutma ve dermal kanser risk değerlendirilmesi yapılmıştır. Kadın ve erkekler için risk değerlendirilmesi ayrı tablo ve grafiklerde sunulmuştur. Tablo 17 ve 18 sırasıyla depolardan ve şebekelerden alınan

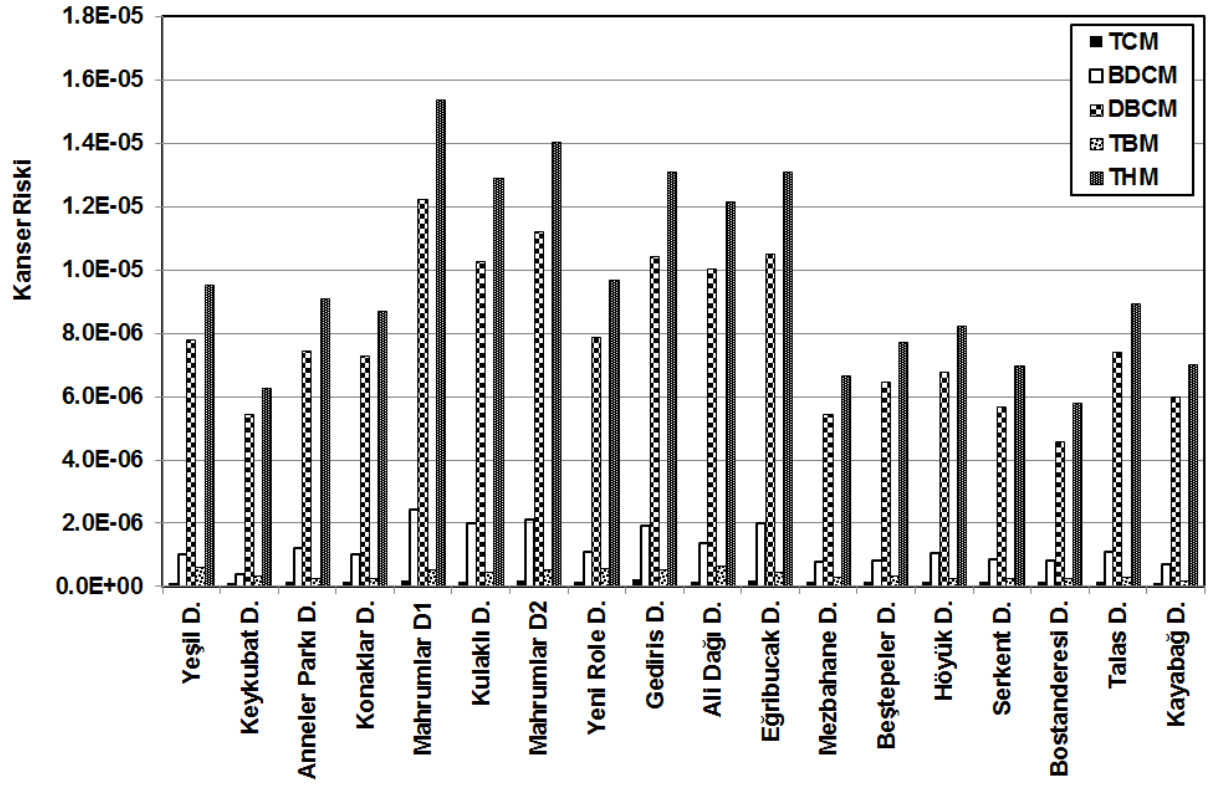
numunelerde kadınlar için TTHM ve THM türlerinin her biri için yutma ile kanser risklerini göstermektedir. Elde edilen sonuçların grafiksel gösterimi Şekil 2 ve Şekil 3’de verilmiştir. Depolardan alınan numunelerde TTHM açısından en yüksek yaşam boyu kanser riski Mahrumlar Deposunda $1,5 \times 10^{-5}$ dir. Mahrumlar Deposu’nda DCBM türü $1,2 \times 10^{-5}$ ile en yüksek riske sahiptir. Kloroform açısından değerlendirildiğinde en yüksek risk $2,2 \times 10^{-7}$ ile Gediris Deposu’nda hesaplanmıştır. Şebekelerden alınan numunelerde TTHM açısından en yüksek yaşam boyu kanser riski Selçuklu Mah.’den alınan numunelerde $1,7 \times 10^{-5}$ ’dir. Bu numune noktasında DCBM türü $1,3 \times 10^{-5}$ ile en yüksek riske sahiptir. Kloroform açısından değerlendirildiğinde en yüksek risk $6,6 \times 10^{-7}$ ile Hisarcık şebekesinde hesaplanmıştır. EPA tarafından kabul edilebilir risk seviyesi 10^{-6} ’dır; ve hem depo hem de şebekede bu değerler üzerinde bölgeler bulunmaktadır.

Tablo 17. Depolardan alınan numunelerin kadınlar için yutma yoluyla oluşabilecek kanser riskleri

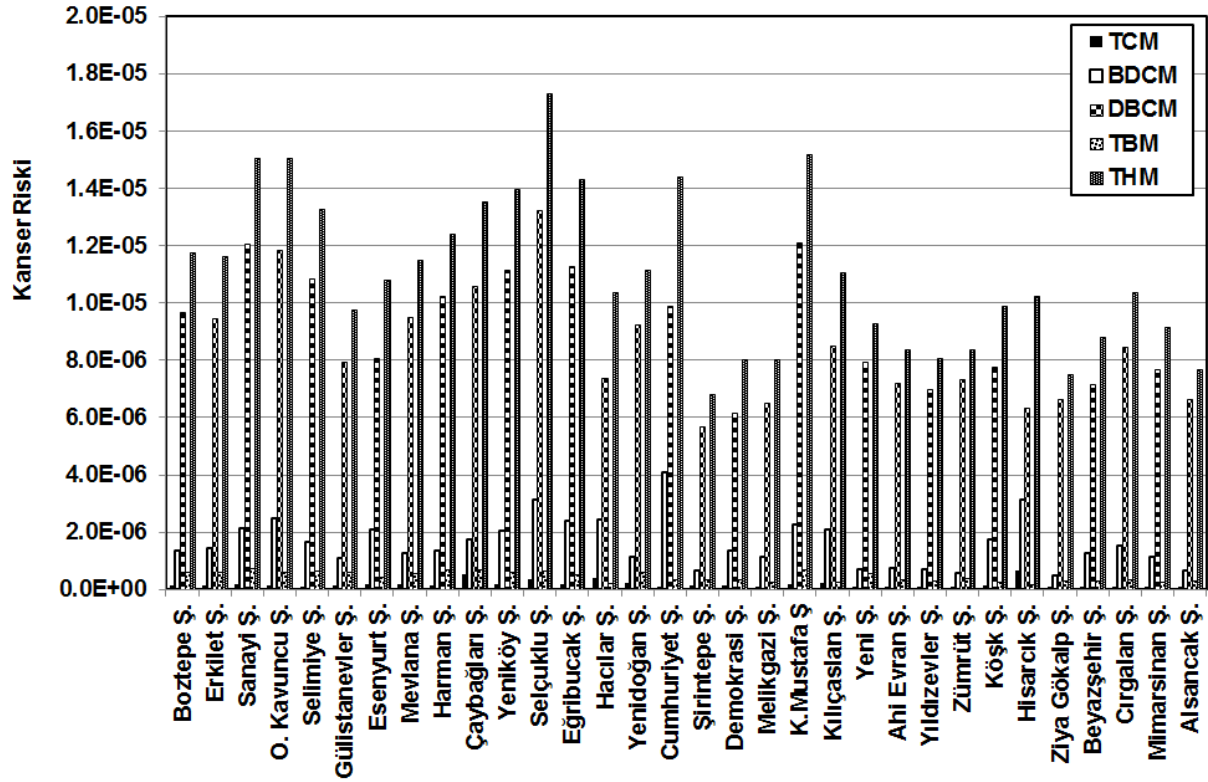
No	Mevki	TCM	DCBM	DBCM	TBM	TTHM
1	Yeşil D.	1,2E-07	1,0E-06	7,8E-06	6,0E-07	9,5E-06
2	Keykubat D.	1,1E-07	3,8E-07	5,4E-06	3,3E-07	6,3E-06
3	Anneler Parkı D.	1,6E-07	1,2E-06	7,4E-06	2,5E-07	9,1E-06
4	Konaklar D.	1,5E-07	1,0E-06	7,3E-06	2,4E-07	8,7E-06
5	Mahrumlar D1	1,9E-07	2,4E-06	1,2E-05	5,0E-07	1,5E-05
6	Kulaklı D.	1,7E-07	2,0E-06	1,0E-05	4,6E-07	1,3E-05
7	Mahrumlar D2	1,8E-07	2,1E-06	1,1E-05	5,3E-07	1,4E-05
8	Yeni Role D.	1,7E-07	1,1E-06	7,8E-06	5,6E-07	9,7E-06
9	Gediris D.	2,2E-07	1,9E-06	1,0E-05	5,3E-07	1,3E-05
10	Ali Dağı D.	1,6E-07	1,4E-06	1,0E-05	6,2E-07	1,2E-05
11	Eğribucak D.	1,8E-07	2,0E-06	1,0E-05	4,3E-07	1,3E-05
12	Mezbahane D.	1,4E-07	7,9E-07	5,4E-06	2,7E-07	6,6E-06
13	Beştepeler D.	1,5E-07	8,4E-07	6,4E-06	3,1E-07	7,7E-06
14	Höyük D.	1,6E-07	1,1E-06	6,8E-06	2,3E-07	8,2E-06
15	Serkent D.	1,7E-07	8,7E-07	5,7E-06	2,4E-07	6,9E-06
16	Bostanderesi D.	1,5E-07	8,2E-07	4,6E-06	2,5E-07	5,8E-06
17	Talas D.	1,5E-07	1,1E-06	7,4E-06	3,0E-07	8,9E-06
18	Kayabağ D.	1,3E-07	7,1E-07	6,0E-06	1,8E-07	7,0E-06

Tablo 18. Şebekelerden alınan numunelerin kadınlar için yutma yoluyla oluşabilecek kanser riskleri

No	Mevkii	TCM	DCBM	DBCM	TBM	TTHM
1	Boztepe Ş.	1,4E-07	1,4E-06	9,6E-06	5,9E-07	1,2E-05
2	Erkilet Ş.	1,5E-07	1,4E-06	9,4E-06	5,7E-07	1,2E-05
3	Sanayi Ş.	1,6E-07	2,2E-06	1,2E-05	7,1E-07	1,5E-05
4	Osman Kavuncu Ş.	1,5E-07	2,5E-06	1,2E-05	5,9E-07	1,5E-05
5	Selimiye Ş.	1,2E-07	1,7E-06	1,1E-05	6,1E-07	1,3E-05
6	Gülistanevler Ş.	1,4E-07	1,1E-06	7,9E-06	5,8E-07	9,7E-06
7	Esenyurt Ş.	1,9E-07	2,1E-06	8,1E-06	4,3E-07	1,1E-05
8	Mevlana Ş.	2,0E-07	1,3E-06	9,5E-06	5,3E-07	1,1E-05
9	Harman Ş.	1,5E-07	1,3E-06	1,0E-05	6,8E-07	1,2E-05
10	Çaybağları Ş.	5,5E-07	1,8E-06	1,1E-05	6,7E-07	1,4E-05
11	Yeniköy Ş.	1,9E-07	2,1E-06	1,1E-05	5,6E-07	1,4E-05
12	Selçuklu Ş.	3,4E-07	3,1E-06	1,3E-05	6,1E-07	1,7E-05
13	Eğribucak Ş.	1,7E-07	2,4E-06	1,1E-05	4,9E-07	1,4E-05
14	Hacılar Ş.	3,9E-07	2,5E-06	7,3E-06	1,8E-07	1,0E-05
15	Yenidoğan Ş.	2,1E-07	1,2E-06	9,2E-06	5,7E-07	1,1E-05
16	Cumhuriyet Ş.	1,1E-07	4,1E-06	9,9E-06	3,2E-07	1,4E-05
17	Şirintepe Ş.	1,2E-07	6,7E-07	5,7E-06	3,2E-07	6,8E-06
18	Demokrasi Ş.	1,6E-07	1,4E-06	6,1E-06	3,4E-07	8,0E-06
19	Melikgazi Ş.	1,2E-07	1,2E-06	6,5E-06	2,3E-07	8,0E-06
20	K.Mustafa Ş	1,6E-07	2,3E-06	1,2E-05	6,9E-07	1,5E-05
21	Kılıçaslan Ş.	2,1E-07	2,1E-06	8,5E-06	2,6E-07	1,1E-05
22	Yeni Ş.	1,0E-07	7,1E-07	7,9E-06	5,3E-07	9,2E-06
23	Ahi Evran Ş.	9,3E-08	7,4E-07	7,2E-06	3,1E-07	8,3E-06
24	Yıldızevler Ş.	8,6E-08	7,2E-07	7,0E-06	2,6E-07	8,0E-06
25	Zümrüt Ş.	9,4E-08	5,9E-07	7,3E-06	3,8E-07	8,4E-06
26	Köşk Ş.	1,4E-07	1,7E-06	7,7E-06	2,4E-07	9,9E-06
27	Hisarcık Ş.	6,6E-07	3,1E-06	6,3E-06	1,4E-07	1,0E-05
28	Ziya Gökalp Ş.	9,5E-08	5,0E-07	6,6E-06	2,8E-07	7,5E-06
29	Beyazşehir Ş.	9,4E-08	1,3E-06	7,1E-06	3,0E-07	8,8E-06
30	Cırgalan Ş.	9,5E-08	1,5E-06	8,4E-06	3,2E-07	1,0E-05
31	Mimarsinan Ş.	1,1E-07	1,1E-06	7,7E-06	2,3E-07	9,1E-06
32	Alsancak Ş.	1,1E-07	6,6E-07	6,6E-06	2,7E-07	7,7E-06



Şekil 2. Depolardan alınan numunelerin kadınlar için yutma yoluyla oluşabilecek kanser riskleri



Şekil 3. Şebekelerden alınan numunelerin kadınlar için yutma yoluyla oluşabilecek kanser riskleri

Tablo 19 ve 20 sırasıyla depo ve şebekelerden alınan numunelerde erkekler için TTHM ve THM türlerinin her biri için yuma ile oluşacak kanser riskini göstermektedir. Elde edilen sonuçların grafiksel gösterimi Şekil 4 ve Şekil 5’de verilmiştir. Depolardan alınan numunelerde TTHM açısından en yüksek yaşam boyu kanser riski Mahrumlar 1 Deposu’nda $1,3 \times 10^{-5}$ ’dır. Mahrumlar 1 Deposu’nda BDCM türü $2,1 \times 10^{-5}$ ile en yüksek riske sahiptir. Kloroform açısından değerlendirildiğinde en yüksek risk $1,9 \times 10^{-7}$ ile Gediris Deposu’nda hesaplanmıştır. Şebekelerden alınan numunelerde TTHM açısından en yüksek yaşam boyu kanser riski Selçuklu Mah.’den alınan numunede $1,5 \times 10^{-5}$ ’dır. Bu numune noktasında BDCM türü $1,1 \times 10^{-5}$ ile en yüksek riske sahiptir. Kloroform açısından değerlendirildiğinde en yüksek risk $5,7 \times 10^{-7}$ ile Hisarcık Mah.’deki numune noktasında hesaplanmıştır.

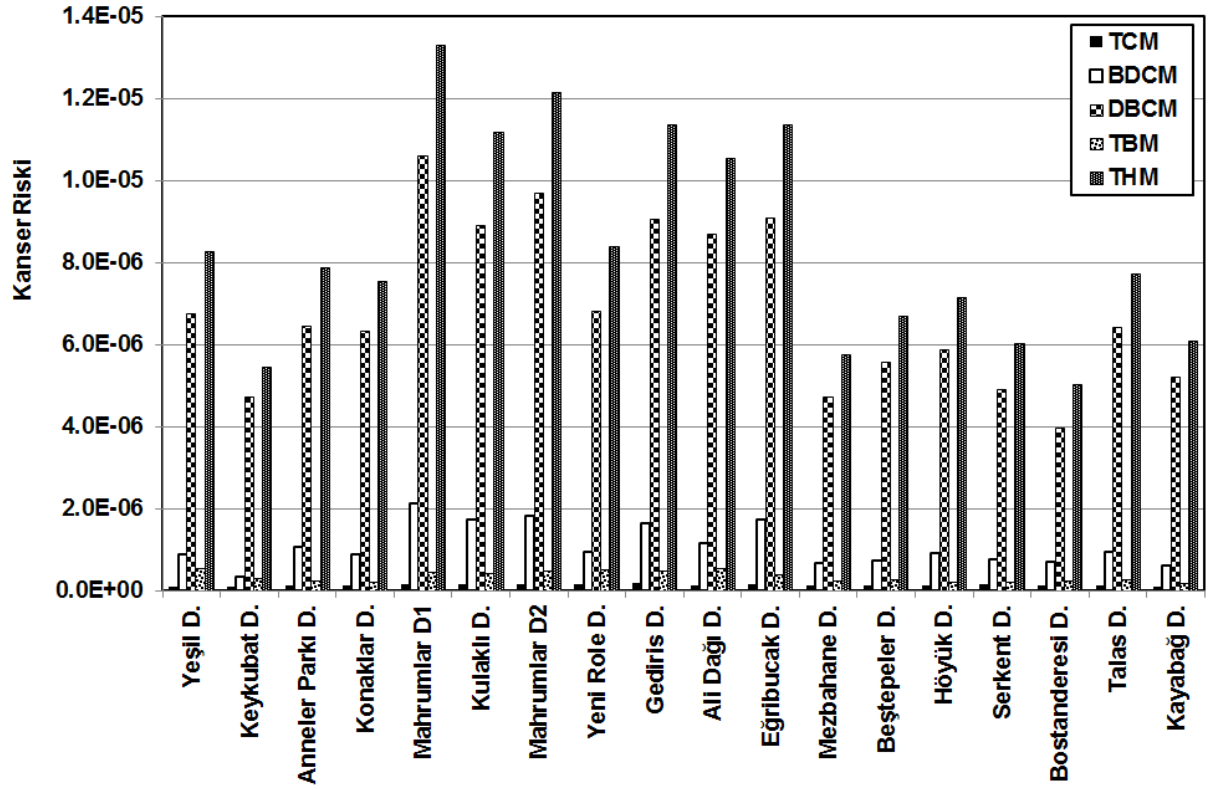
Erkek ve kadınlar için yutma açısından kanser riski karşılaştırılması depo ve şebeke için sırasıyla Şekil 6 ve Şekil 7’de gösterilmiştir. Erkekler için risk kadınlara göre daha düşük çıkmıştır. Bunun sebebi, kadınların yaşam sürelerinin daha uzun olmasındandır.

Tablo 19. Depolardan alınan numunelerin erkekler için yutma yoluyla oluşabilecek kanser riskleri

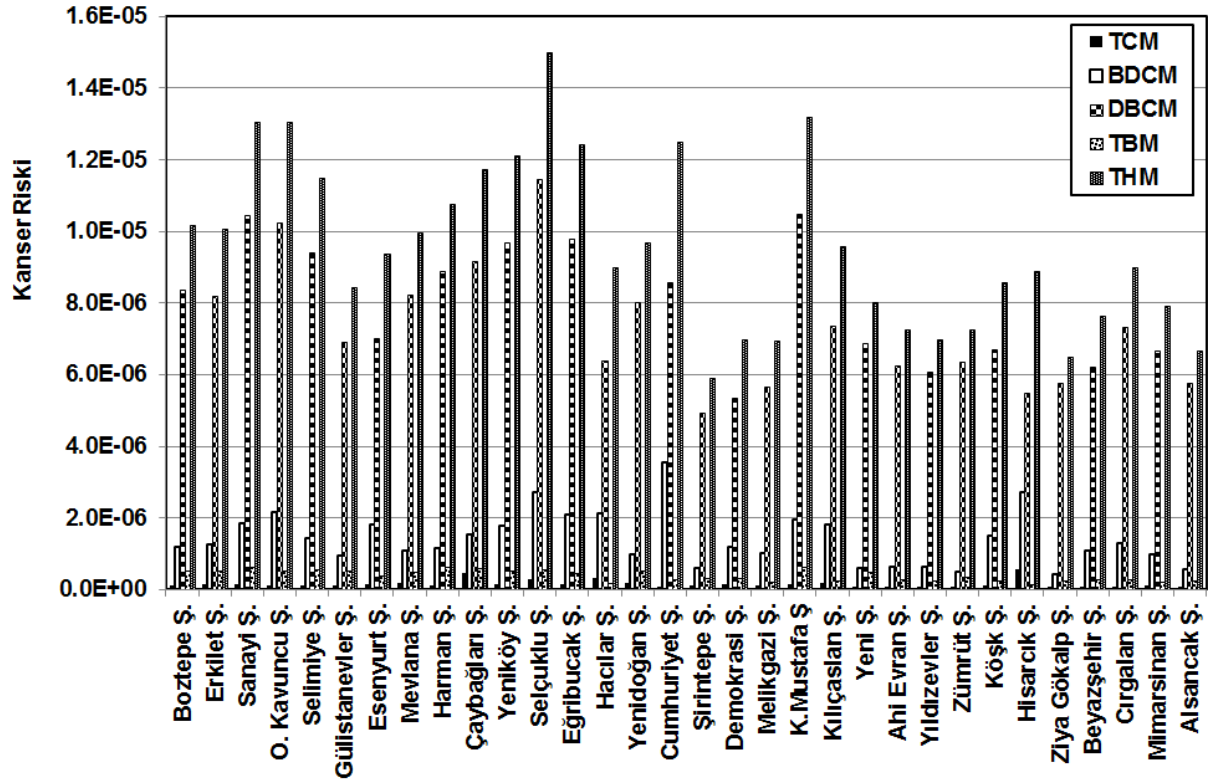
No	Mevkii	TCM	BDCM	DBCM	TBM	TTHM
1	Yeşil D.	1,1E-07	9,0E-07	6,7E-06	5,2E-07	8,3E-06
2	Keykubat D.	9,9E-08	3,3E-07	4,7E-06	2,9E-07	5,4E-06
3	Anneler Parkı D.	1,4E-07	1,1E-06	6,4E-06	2,1E-07	7,9E-06
4	Konaklar D.	1,3E-07	8,8E-07	6,3E-06	2,1E-07	7,5E-06
5	Mahrumlar D1	1,7E-07	2,1E-06	1,1E-05	4,3E-07	1,3E-05
6	Kulaklı D.	1,5E-07	1,7E-06	8,9E-06	3,9E-07	1,1E-05
7	Mahrumlar D2	1,6E-07	1,8E-06	9,7E-06	4,6E-07	1,2E-05
8	Yeni Role D.	1,5E-07	9,5E-07	6,8E-06	4,9E-07	8,4E-06
9	Gediris D.	1,9E-07	1,7E-06	9,0E-06	4,6E-07	1,1E-05
10	Ali Dağı D.	1,3E-07	1,2E-06	8,7E-06	5,4E-07	1,1E-05
11	Eğribucak D.	1,6E-07	1,7E-06	9,1E-06	3,7E-07	1,1E-05
12	Mezbahane D.	1,2E-07	6,8E-07	4,7E-06	2,3E-07	5,7E-06
13	Beştepeler D.	1,3E-07	7,3E-07	5,6E-06	2,7E-07	6,7E-06
14	Höyük D.	1,4E-07	9,2E-07	5,9E-06	2,0E-07	7,1E-06
15	Serkent D.	1,5E-07	7,5E-07	4,9E-06	2,1E-07	6,0E-06
16	Bostanderesi D.	1,3E-07	7,1E-07	4,0E-06	2,2E-07	5,0E-06
17	Talas D.	1,3E-07	9,3E-07	6,4E-06	2,6E-07	7,7E-06
18	Kayabağ D.	1,1E-07	6,2E-07	5,2E-06	1,5E-07	6,1E-06

Tablo 20. Şebekelerden alınan numunelerin erkekler için yutma yoluyla oluşabilecek kanser riskleri

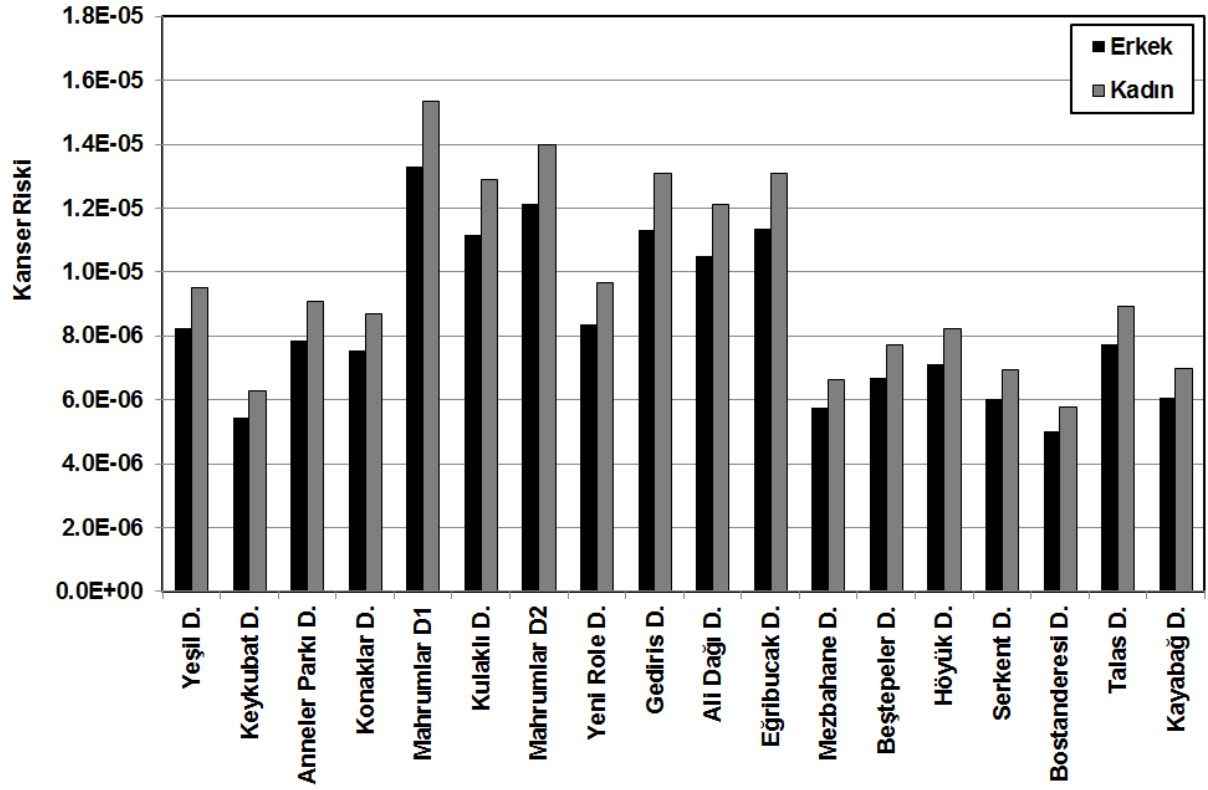
No	Mevkii	TCM	BDCM	DBCM	TBM	TTHM
1	Boztepe Ş.	1,2E-07	1,2E-06	8,4E-06	5,1E-07	1,0E-05
2	Erkilet Ş.	1,3E-07	1,3E-06	8,2E-06	4,9E-07	1,0E-05
3	Sanayi Ş.	1,4E-07	1,9E-06	1,0E-05	6,1E-07	1,3E-05
4	Osman Kavuncu Ş.	1,3E-07	2,2E-06	1,0E-05	5,1E-07	1,3E-05
5	Selimiye Ş.	1,0E-07	1,4E-06	9,4E-06	5,3E-07	1,1E-05
6	Gülistanevler Ş.	1,2E-07	9,3E-07	6,9E-06	5,0E-07	8,4E-06
7	Esenyurt Ş.	1,6E-07	1,8E-06	7,0E-06	3,7E-07	9,3E-06
8	Mevlana Ş.	1,8E-07	1,1E-06	8,2E-06	4,6E-07	1,0E-05
9	Harman Ş.	1,3E-07	1,2E-06	8,9E-06	5,9E-07	1,1E-05
10	Çaybağları Ş.	4,7E-07	1,5E-06	9,1E-06	5,8E-07	1,2E-05
11	Yeniköy Ş.	1,6E-07	1,8E-06	9,7E-06	4,9E-07	1,2E-05
12	Selçuklu Ş.	3,0E-07	2,7E-06	1,1E-05	5,3E-07	1,5E-05
13	Eğribucak Ş.	1,4E-07	2,1E-06	9,8E-06	4,2E-07	1,2E-05
14	Hacılar Ş.	3,3E-07	2,1E-06	6,4E-06	1,6E-07	9,0E-06
15	Yenidoğan Ş.	1,8E-07	1,0E-06	8,0E-06	4,9E-07	9,7E-06
16	Cumhuriyet Ş.	9,5E-08	3,6E-06	8,6E-06	2,8E-07	1,2E-05
17	Şirintepe Ş.	1,1E-07	5,8E-07	4,9E-06	2,8E-07	5,9E-06
18	Demokrasi Ş.	1,4E-07	1,2E-06	5,3E-06	2,9E-07	6,9E-06
19	Melikgazi Ş.	1,0E-07	1,0E-06	5,6E-06	2,0E-07	6,9E-06
20	K.Mustafa Ş	1,4E-07	2,0E-06	1,0E-05	6,0E-07	1,3E-05
21	Kılıçaslan Ş.	1,9E-07	1,8E-06	7,3E-06	2,2E-07	9,6E-06
22	Yeni Ş.	8,7E-08	6,2E-07	6,9E-06	4,6E-07	8,0E-06
23	Ahi Evran Ş.	8,0E-08	6,4E-07	6,2E-06	2,7E-07	7,2E-06
24	Yıldızevler Ş.	7,5E-08	6,2E-07	6,0E-06	2,2E-07	7,0E-06
25	Zümrüt Ş.	8,2E-08	5,1E-07	6,3E-06	3,3E-07	7,2E-06
26	Köşk Ş.	1,2E-07	1,5E-06	6,7E-06	2,1E-07	8,5E-06
27	Hisarcık Ş.	5,7E-07	2,7E-06	5,5E-06	1,2E-07	8,9E-06
28	Ziya Gökalp Ş.	8,2E-08	4,4E-07	5,7E-06	2,4E-07	6,5E-06
29	Beyazşehir Ş.	8,2E-08	1,1E-06	6,2E-06	2,6E-07	7,6E-06
30	Cırgalan Ş.	8,2E-08	1,3E-06	7,3E-06	2,8E-07	9,0E-06
31	Mimarsinan Ş.	9,6E-08	9,7E-07	6,6E-06	2,0E-07	7,9E-06
32	Alsancak Ş.	9,2E-08	5,8E-07	5,7E-06	2,4E-07	6,6E-06



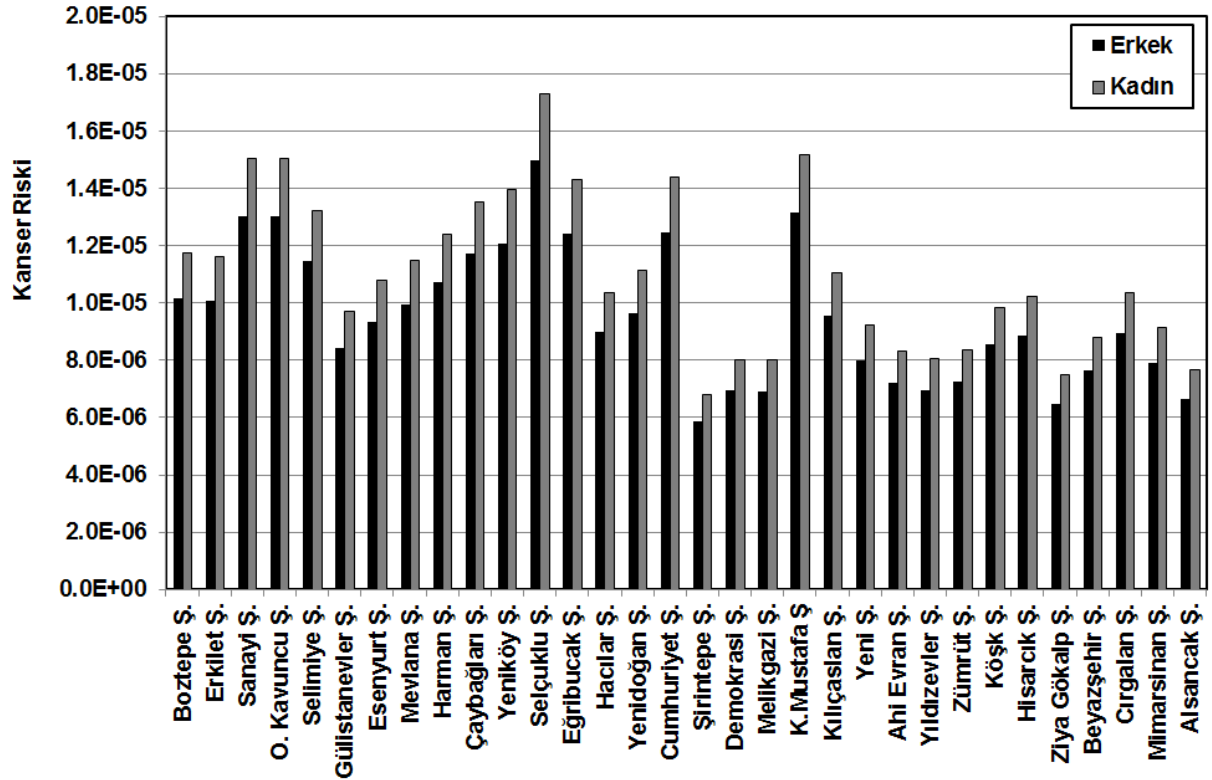
Şekil 4. Depolardan alınan numunelerin erkekler için yutma yoluyla oluşabilecek kanser riskleri



Şekil 5. Şebekelerden alınan numunelerin erkekler için yutma yoluyla oluşabilecek kanser riskleri



Şekil 6. Depolardan alınan numunelerin kadınlar ve erkekler için yutma yoluyla oluşabilecek kanser riskleri



Şekil 7. Şebekelerden alınan numunelerin kadınlar ve erkekler için yutma yoluyla oluşabilecek kanser riskleri

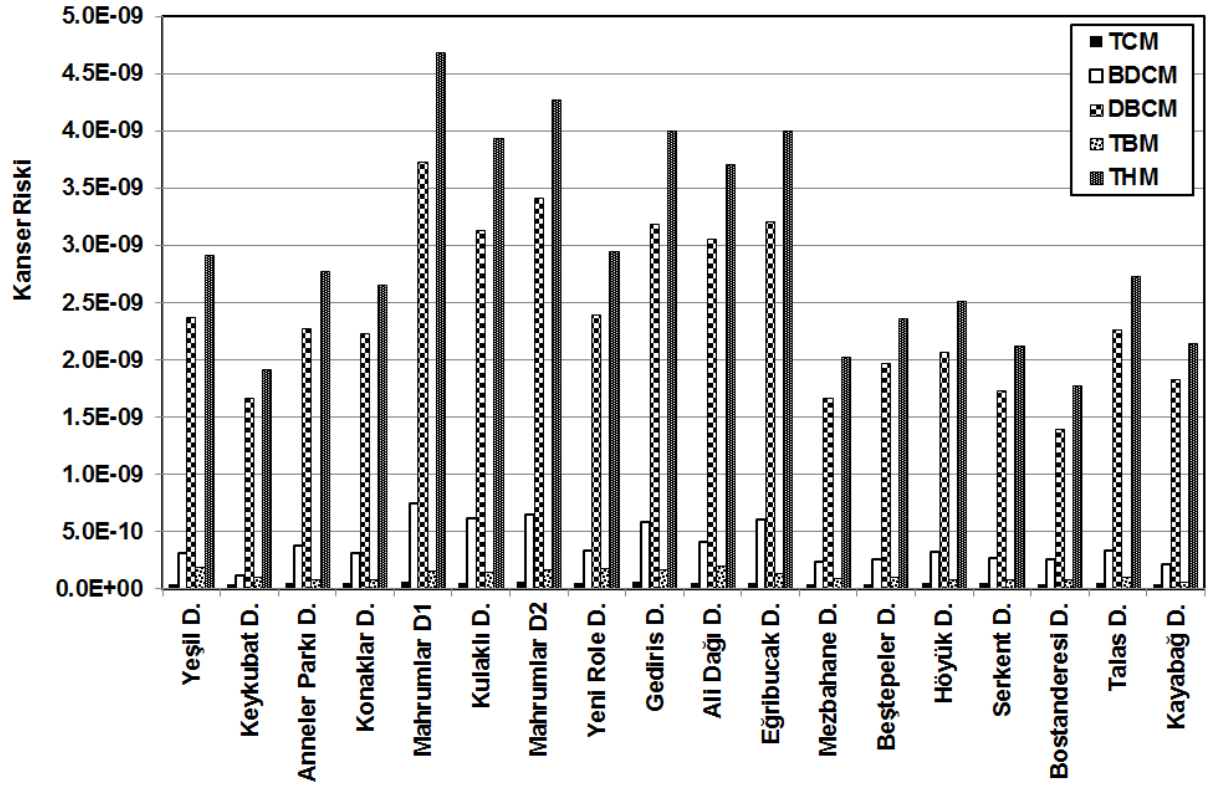
Yapılan çalışmalarda duş alımı ve yüzme gibi aktivitelerde suyun deri ile teması sonucu kirleticiler deri içine nüfuz edebilir. EPA erkekler ve kadınlar için sırasıyla 1,69 m² ve 1,94 m² olmak üzere kanser risk değerlendirilmesi hesaplarında kullanılmak üzere vücut yüzey alanı belirlemiştir. Tablo 21 ve 22 sırasıyla depo ve şebekelerden alınan numunelerde kadınlar için TTHM ve THM türlerinin her biri için dermal kanser riskini göstermektedir. Sonuçların grafiksel gösterimi Şekil 8 ve Şekil 9’da verilmiştir. Depolardan alınan numunelerde TTHM açısından kadınlar için en yüksek yaşam boyu dermal kanser riski Mahrumlar Deposunda 4,7x10⁻⁹’dur. Mahrumlar deposunda BDCM türü 3,7x10⁻⁹ ile en yüksek riske sahiptir. Şebekelerden alınan numunelerde TTHM açısından en yüksek yaşam boyu kanser riski Selçuklu Mah.’den alınan numunede 5,3x10⁻⁹’dur. Bu numune noktasında BDCM türü 4x10⁻⁹ ile en yüksek riske sahiptir. Dermal riskler oldukça düşüktür ve EPA tarafından kabul edilebilir risk seviyesi 10⁻⁶ seviyesinin altındadır.

Tablo 21. Depolardan alınan numunelerin kadınlar için dermal kanser riskleri

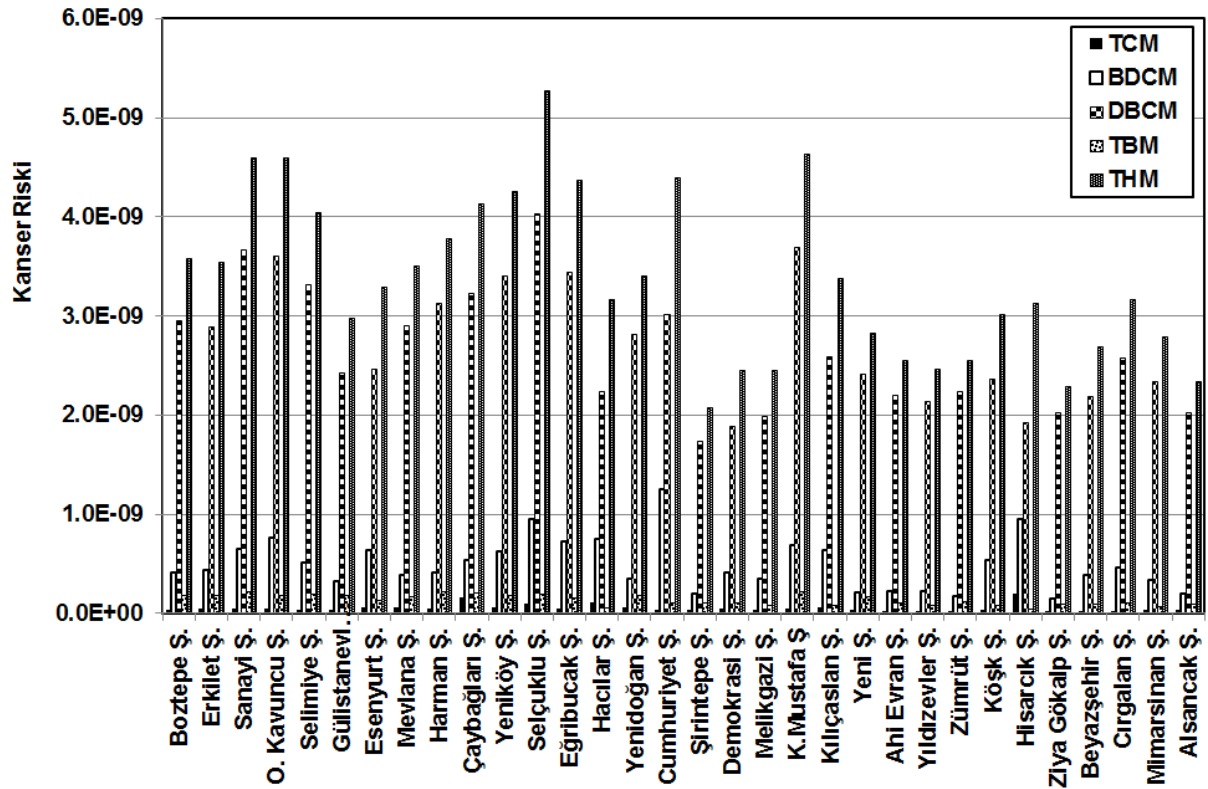
No	Mevkii	TCM	BDCM	DBCM	TBM	TTHM
1	Yeşil D.	3,8E-11	3,2E-10	2,4E-09	1,8E-10	2,9E-09
2	Keykubat D.	3,5E-11	1,2E-10	1,7E-09	1,0E-10	1,9E-09
3	Anneler Parkı D.	4,9E-11	3,8E-10	2,3E-09	7,5E-11	2,8E-09
4	Konaklar D.	4,6E-11	3,1E-10	2,2E-09	7,3E-11	2,7E-09
5	Mahrumlar D1	5,9E-11	7,5E-10	3,7E-09	1,5E-10	4,7E-09
6	Kulaklı D.	5,3E-11	6,1E-10	3,1E-09	1,4E-10	3,9E-09
7	Mahrumlar D2	5,6E-11	6,4E-10	3,4E-09	1,6E-10	4,3E-09
8	Yeni Role D.	5,2E-11	3,3E-10	2,4E-09	1,7E-10	2,9E-09
9	Gediris D.	6,6E-11	5,8E-10	3,2E-09	1,6E-10	4,0E-09
10	Ali Dağı D.	4,7E-11	4,1E-10	3,1E-09	1,9E-10	3,7E-09
11	Eğribucak D.	5,5E-11	6,1E-10	3,2E-09	1,3E-10	4,0E-09
12	Mezbahane D.	4,2E-11	2,4E-10	1,7E-09	8,1E-11	2,0E-09
13	Beştepeler D.	4,4E-11	2,6E-10	2,0E-09	9,4E-11	2,4E-09
14	Höyük D.	4,9E-11	3,2E-10	2,1E-09	6,9E-11	2,5E-09
15	Serkent D.	5,3E-11	2,6E-10	1,7E-09	7,2E-11	2,1E-09
16	Bostanderesi D.	4,5E-11	2,5E-10	1,4E-09	7,7E-11	1,8E-09
17	Talas D.	4,6E-11	3,3E-10	2,3E-09	9,1E-11	2,7E-09
18	Kayabağ D.	3,9E-11	2,2E-10	1,8E-09	5,4E-11	2,1E-09

Tablo 22. Şebekelerden alınan numunelerin kadınlar için dermal kanser riskleri

No	Mevkii	TCM	BDCM	DBCM	TBM	TTHM
1	Boztepe Ş.	4,3E-11	4,1E-10	2,9E-09	1,8E-10	3,6E-09
2	Erkilet Ş.	4,7E-11	4,4E-10	2,9E-09	1,7E-10	3,5E-09
3	Sanayi Ş.	5,0E-11	6,6E-10	3,7E-09	2,2E-10	4,6E-09
4	Osman Kavuncu Ş.	4,4E-11	7,6E-10	3,6E-09	1,8E-10	4,6E-09
5	Selimiye Ş.	3,6E-11	5,1E-10	3,3E-09	1,9E-10	4,0E-09
6	Gülistanevler Ş.	4,2E-11	3,3E-10	2,4E-09	1,8E-10	3,0E-09
7	Esenyurt Ş.	5,7E-11	6,4E-10	2,5E-09	1,3E-10	3,3E-09
8	Mevlana Ş.	6,2E-11	3,9E-10	2,9E-09	1,6E-10	3,5E-09
9	Harman Ş.	4,4E-11	4,1E-10	3,1E-09	2,1E-10	3,8E-09
10	Çaybağları Ş.	1,7E-10	5,4E-10	3,2E-09	2,0E-10	4,1E-09
11	Yeniköy Ş.	5,8E-11	6,3E-10	3,4E-09	1,7E-10	4,3E-09
12	Selçuklu Ş.	1,0E-10	9,5E-10	4,0E-09	1,9E-10	5,3E-09
13	Eğribucak Ş.	5,1E-11	7,3E-10	3,4E-09	1,5E-10	4,4E-09
14	Hacılar Ş.	1,2E-10	7,5E-10	2,2E-09	5,6E-11	3,2E-09
15	Yenidoğan Ş.	6,5E-11	3,5E-10	2,8E-09	1,7E-10	3,4E-09
16	Cumhuriyet Ş.	3,3E-11	1,3E-09	3,0E-09	9,7E-11	4,4E-09
17	Şirintepe Ş.	3,7E-11	2,1E-10	1,7E-09	9,8E-11	2,1E-09
18	Demokrasi Ş.	4,9E-11	4,2E-10	1,9E-09	1,0E-10	2,4E-09
19	Melikgazi Ş.	3,6E-11	3,5E-10	2,0E-09	7,1E-11	2,4E-09
20	K.Mustafa Ş	5,0E-11	6,9E-10	3,7E-09	2,1E-10	4,6E-09
21	Kılıçaslan Ş.	6,5E-11	6,4E-10	2,6E-09	7,9E-11	3,4E-09
22	Yeni Ş.	3,1E-11	2,2E-10	2,4E-09	1,6E-10	2,8E-09
23	Ahi Evran Ş.	2,8E-11	2,3E-10	2,2E-09	9,6E-11	2,5E-09
24	Yıldızevler Ş.	2,6E-11	2,2E-10	2,1E-09	7,9E-11	2,5E-09
25	Zümrüt Ş.	2,9E-11	1,8E-10	2,2E-09	1,2E-10	2,6E-09
26	Köşk Ş.	4,2E-11	5,3E-10	2,4E-09	7,4E-11	3,0E-09
27	Hisarcık Ş.	2,0E-10	9,6E-10	1,9E-09	4,2E-11	3,1E-09
28	Ziya Gökalp Ş.	2,9E-11	1,5E-10	2,0E-09	8,4E-11	2,3E-09
29	Beyazşehir Ş.	2,9E-11	3,9E-10	2,2E-09	9,0E-11	2,7E-09
30	Cırgalan Ş.	2,9E-11	4,6E-10	2,6E-09	9,7E-11	3,2E-09
31	Mimarsinan Ş.	3,4E-11	3,4E-10	2,3E-09	7,0E-11	2,8E-09
32	Alsancak Ş.	3,2E-11	2,0E-10	2,0E-09	8,3E-11	2,3E-09



Şekil 8. Depolardan alınan numunelerin kadınlar için dermal yol ile oluşabilecek kanser riskleri



Şekil 9. Şebekelerden alınan numunelerin kadınlar için dermal yol ile oluşabilecek kanser riskleri

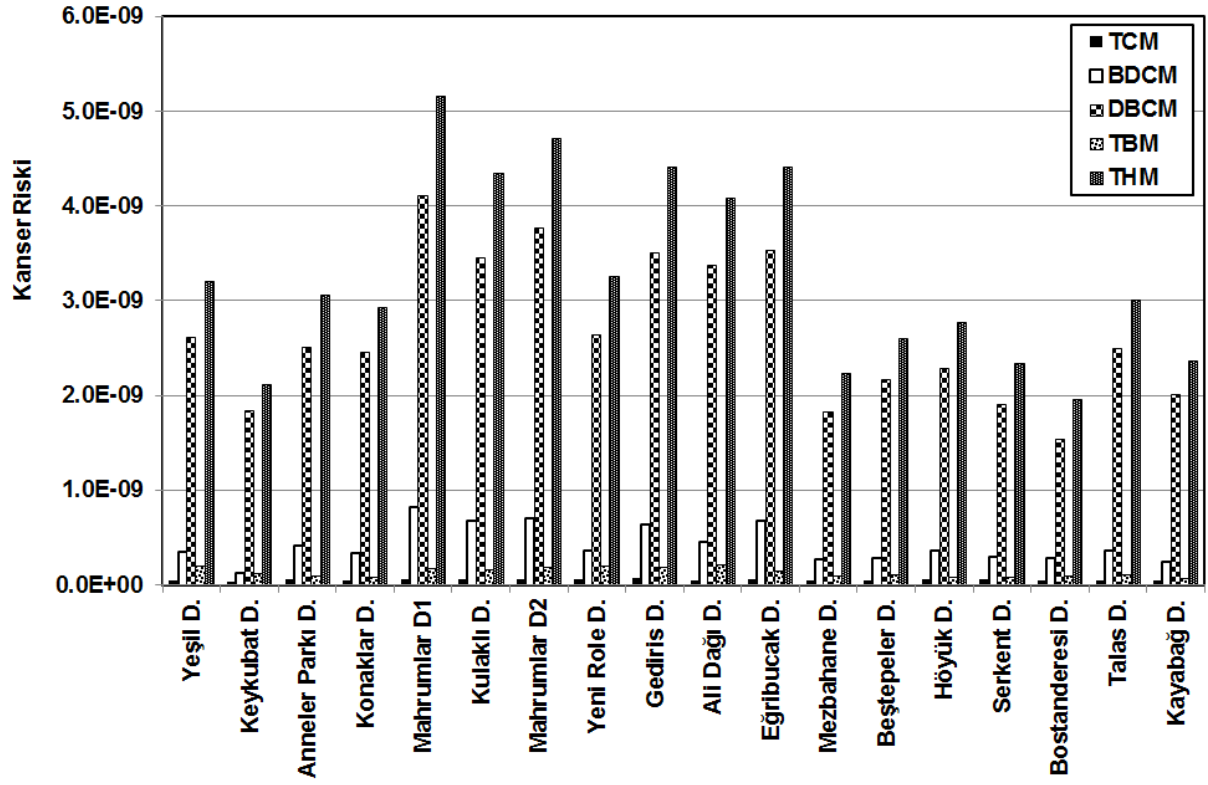
Tablo 23 ve 24’de sırasıyla depo ve şebekelerden alınan numunelerde erkekler için TTHM ve THM türlerinin her biri için dermal kanser riskini göstermektedir. Sonuçların grafiksel gösterimi Şekil 10 ve Şekil 11’de verilmiştir. Depolardan alınan numunelerde TTHM açısından erkekler için en yüksek yaşam boyu dermal kanser riski Mahrumlar 1 ve 2 Depolarında 5×10^{-9} ’dur. Mahrumlar deposunda DBCM türü $4,1 \times 10^{-9}$ ile en yüksek riske sahiptir. Şebekelerden alınan numunelerde TTHM açısından en yüksek yaşam boyu kanser riski Selçuklu Mah.’den alınan numunede $5,8 \times 10^{-9}$ ’dur. Bu numune noktasında DBCM türü $4,4 \times 10^{-9}$ ile en yüksek riske sahiptir. Dermal riskler oldukça düşüktür ve EPA tarafından kabul edilebilir risk seviyesi 10^{-6} seviyesinin altındadır.

Tablo 23. Depolardan alınan numunelerin erkekler için dermal yol ile oluşabilecek kanser riskleri

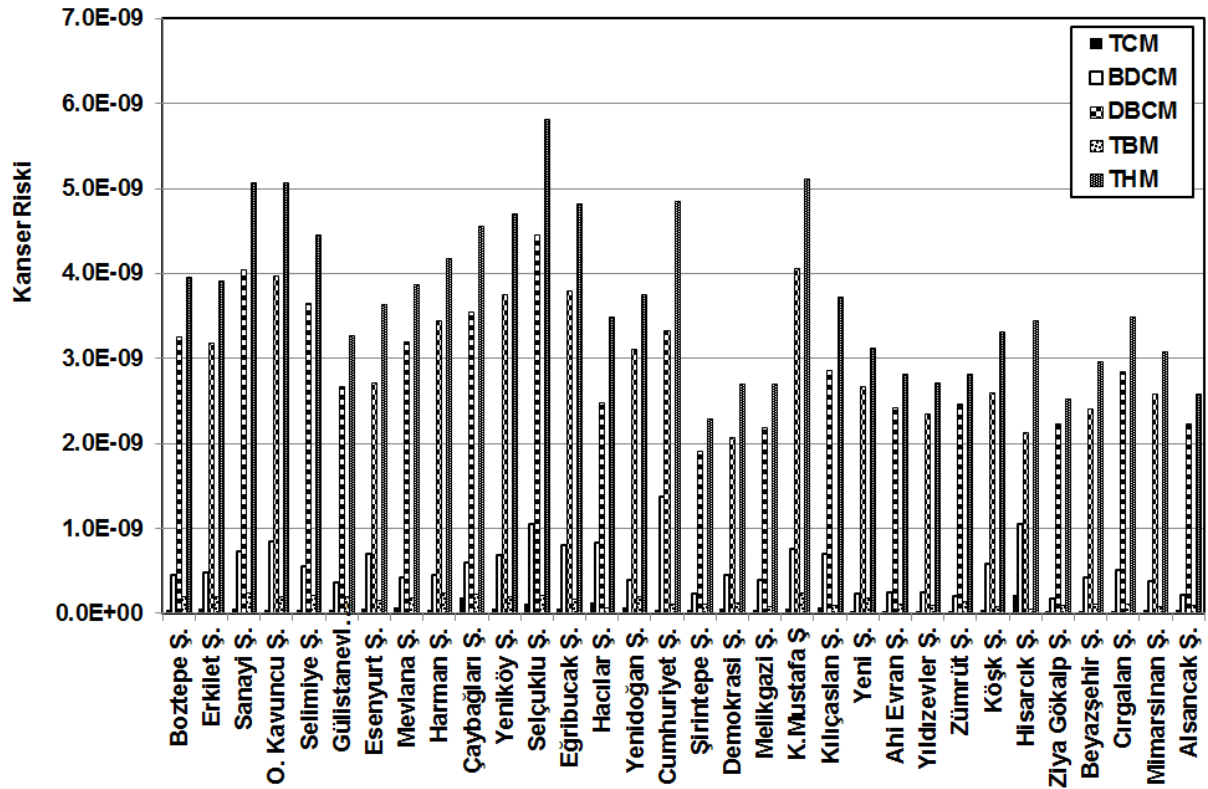
No	Mevkii	TCM	BDCM	DBCM	TBM	TTHM
1	Yeşil D.	4,2E-11	3,5E-10	2,6E-09	2,0E-10	3E-09
2	Keykubat D.	3,8E-11	1,3E-10	1,8E-09	1,1E-10	2E-09
3	Anneler Parkı D.	5,4E-11	4,1E-10	2,5E-09	8,3E-11	3E-09
4	Konaklar D.	5,1E-11	3,4E-10	2,4E-09	8,0E-11	3E-09
5	Mahrumlar D1	6,5E-11	8,2E-10	4,1E-09	1,7E-10	5E-09
6	Kulaklı D.	5,8E-11	6,8E-10	3,4E-09	1,5E-10	4E-09
7	Mahrumlar D2	6,2E-11	7,1E-10	3,8E-09	1,8E-10	5E-09
8	Yeni Role D.	5,7E-11	3,7E-10	2,6E-09	1,9E-10	3E-09
9	Gediris D.	7,2E-11	6,4E-10	3,5E-09	1,8E-10	4E-09
10	Ali Dağı D.	5,2E-11	4,6E-10	3,4E-09	2,1E-10	4E-09
11	Eğribucak D.	6,0E-11	6,7E-10	3,5E-09	1,4E-10	4E-09
12	Mezbahane D.	4,7E-11	2,6E-10	1,8E-09	9,0E-11	2E-09
13	Beştepeler D.	4,9E-11	2,8E-10	2,2E-09	1,0E-10	3E-09
14	Höyük D.	5,4E-11	3,6E-10	2,3E-09	7,7E-11	3E-09
15	Serkent D.	5,8E-11	2,9E-10	1,9E-09	8,0E-11	2E-09
16	Bostanderesi D.	4,9E-11	2,8E-10	1,5E-09	8,5E-11	2E-09
17	Talas D.	5,0E-11	3,6E-10	2,5E-09	1,0E-10	3E-09
18	Kayabağ D.	4,3E-11	2,4E-10	2,0E-09	6,0E-11	2E-09

Tablo 24. Şebekelerden alınan numunelerin erkekler için dermal yol ile oluşabilecek kanser riskleri

No	Mevkii	TCM	DCBM	DBCM	TBM	TTHM
1	Boztepe Ş.	4,7E-11	4,6E-10	3,2E-09	2,0E-10	3,9E-09
2	Erkilet Ş.	5,2E-11	4,9E-10	3,2E-09	1,9E-10	3,9E-09
3	Sanayi Ş.	5,5E-11	7,2E-10	4,0E-09	2,4E-10	5,1E-09
4	Osman Kavuncu Ş.	4,9E-11	8,4E-10	4,0E-09	2,0E-10	5,1E-09
5	Selimiye Ş.	4,0E-11	5,6E-10	3,6E-09	2,1E-10	4,4E-09
6	Gülistanevler Ş.	4,6E-11	3,6E-10	2,7E-09	1,9E-10	3,3E-09
7	Esenyurt Ş.	6,2E-11	7,1E-10	2,7E-09	1,4E-10	3,6E-09
8	Mevlana Ş.	6,8E-11	4,3E-10	3,2E-09	1,8E-10	3,9E-09
9	Harman Ş.	4,9E-11	4,5E-10	3,4E-09	2,3E-10	4,2E-09
10	Çaybağları Ş.	1,8E-10	5,9E-10	3,5E-09	2,3E-10	4,6E-09
11	Yeniköy Ş.	6,4E-11	6,9E-10	3,7E-09	1,9E-10	4,7E-09
12	Selçuklu Ş.	1,1E-10	1,0E-09	4,4E-09	2,0E-10	5,8E-09
13	Eğribucak Ş.	5,6E-11	8,1E-10	3,8E-09	1,6E-10	4,8E-09
14	Hacılar Ş.	1,3E-10	8,3E-10	2,5E-09	6,1E-11	3,5E-09
15	Yenidoğan Ş.	7,2E-11	3,9E-10	3,1E-09	1,9E-10	3,7E-09
16	Cumhuriyet Ş.	3,7E-11	1,4E-09	3,3E-09	1,1E-10	4,8E-09
17	Şirintepe Ş.	4,1E-11	2,3E-10	1,9E-09	1,1E-10	2,3E-09
18	Demokrasi Ş.	5,4E-11	4,6E-10	2,1E-09	1,1E-10	2,7E-09
19	Melikgazi Ş.	4,0E-11	3,9E-10	2,2E-09	7,9E-11	2,7E-09
20	K.Mustafa Ş	5,5E-11	7,6E-10	4,1E-09	2,3E-10	5,1E-09
21	Kılıçaslan Ş.	7,2E-11	7,0E-10	2,9E-09	8,7E-11	3,7E-09
22	Yeni Ş.	3,4E-11	2,4E-10	2,7E-09	1,8E-10	3,1E-09
23	Ahi Evran Ş.	3,1E-11	2,5E-10	2,4E-09	1,1E-10	2,8E-09
24	Yıldızevler Ş.	2,9E-11	2,4E-10	2,3E-09	8,7E-11	2,7E-09
25	Zümrüt Ş.	3,2E-11	2,0E-10	2,5E-09	1,3E-10	2,8E-09
26	Köşk Ş.	4,7E-11	5,9E-10	2,6E-09	8,1E-11	3,3E-09
27	Hisarcık Ş.	2,2E-10	1,1E-09	2,1E-09	4,6E-11	3,4E-09
28	Ziya Gökalp Ş.	3,2E-11	1,7E-10	2,2E-09	9,3E-11	2,5E-09
29	Beyazşehir Ş.	3,2E-11	4,3E-10	2,4E-09	9,9E-11	3,0E-09
30	Cırgalan Ş.	3,2E-11	5,1E-10	2,8E-09	1,1E-10	3,5E-09
31	Mimarsinan Ş.	3,7E-11	3,8E-10	2,6E-09	7,7E-11	3,1E-09
32	Alsancak Ş.	3,6E-11	2,2E-10	2,2E-09	9,2E-11	2,6E-09

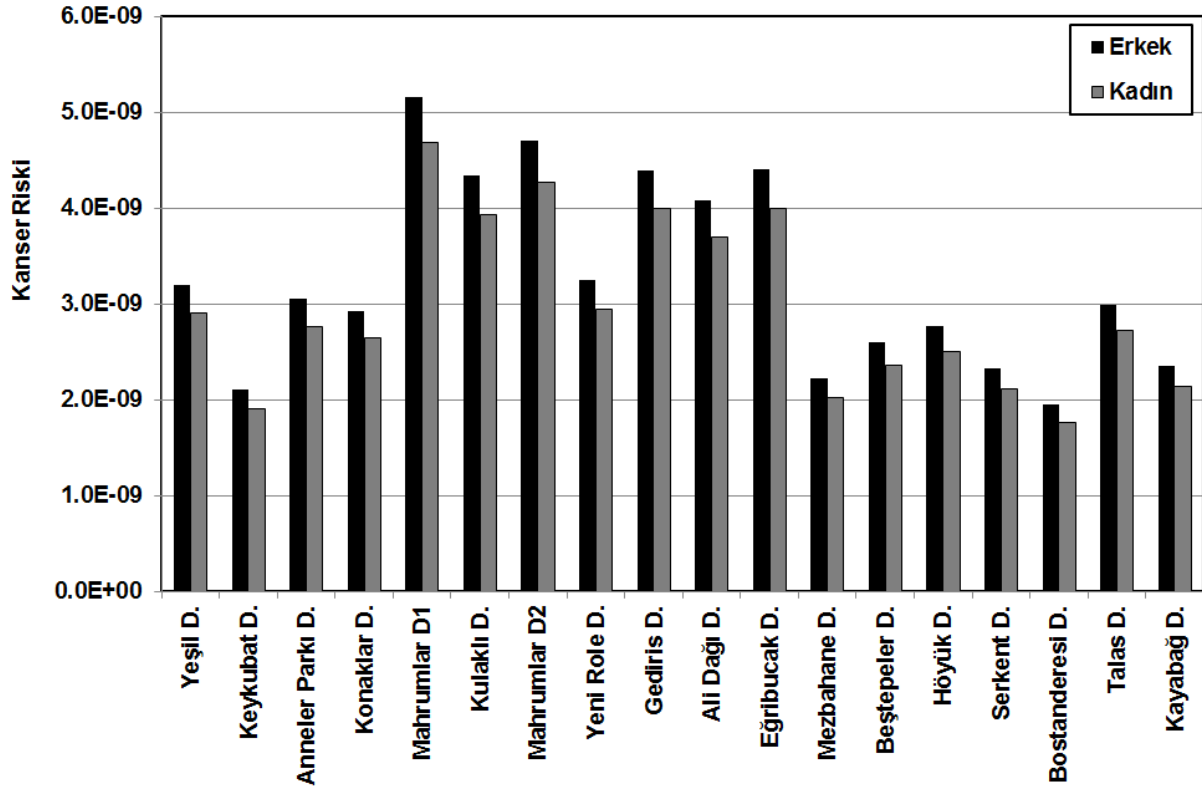


Şekil 10. Depolardan alınan numunelerin erkekler için dermal yol ile oluşabilecek kanser riskleri

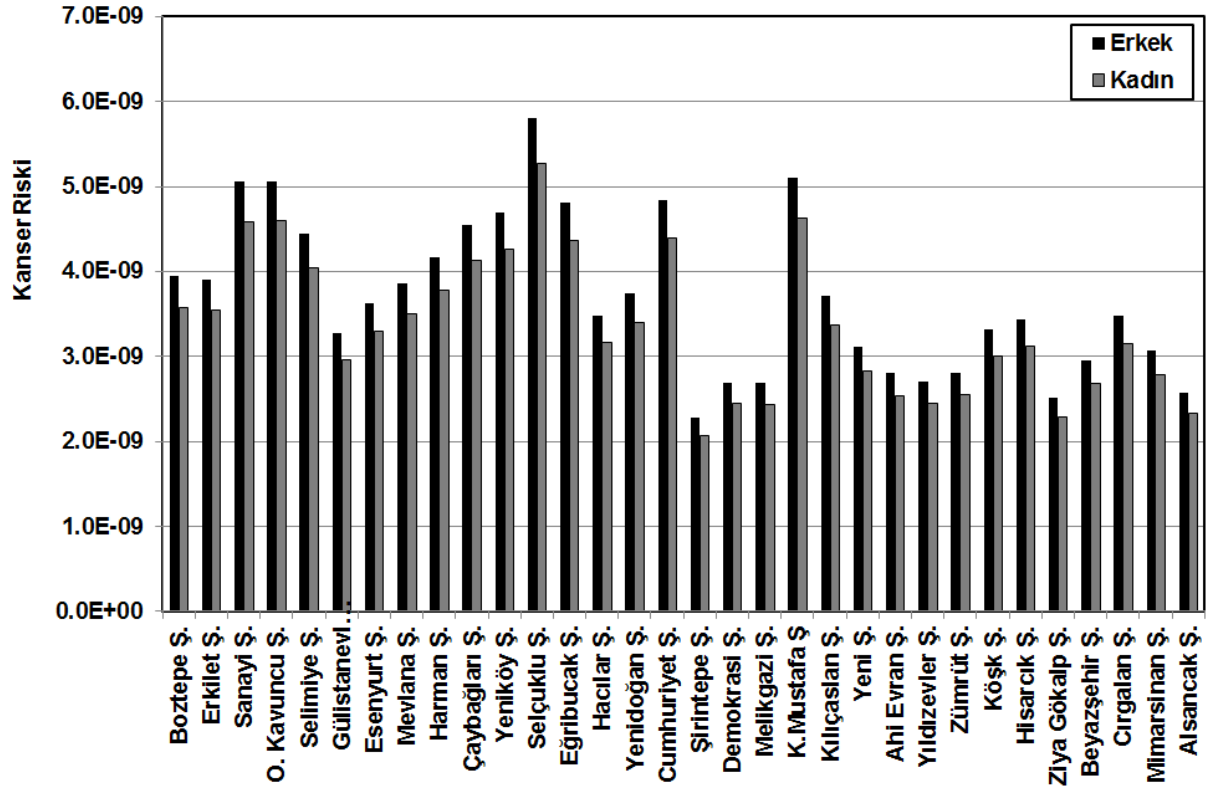


Şekil 11. Depolardan alınan numunelerin erkekler için dermal yol ile oluşabilecek kanser riskleri

Erkek ve kadınlar için dermal açıdan kanser riski karşılaştırılması depo ve şebeke için sırasıyla Şekil 12 ve Şekil 13’de gösterilmiştir. Erkekler için risk kadınlara göre daha fazla çıkmıştır. Yüksek çıkması hesaplamalarda kullanılan yüzey alanları ile ilgilidir. Erkeklerin yüzey alanı kadınlardan daha fazladır.



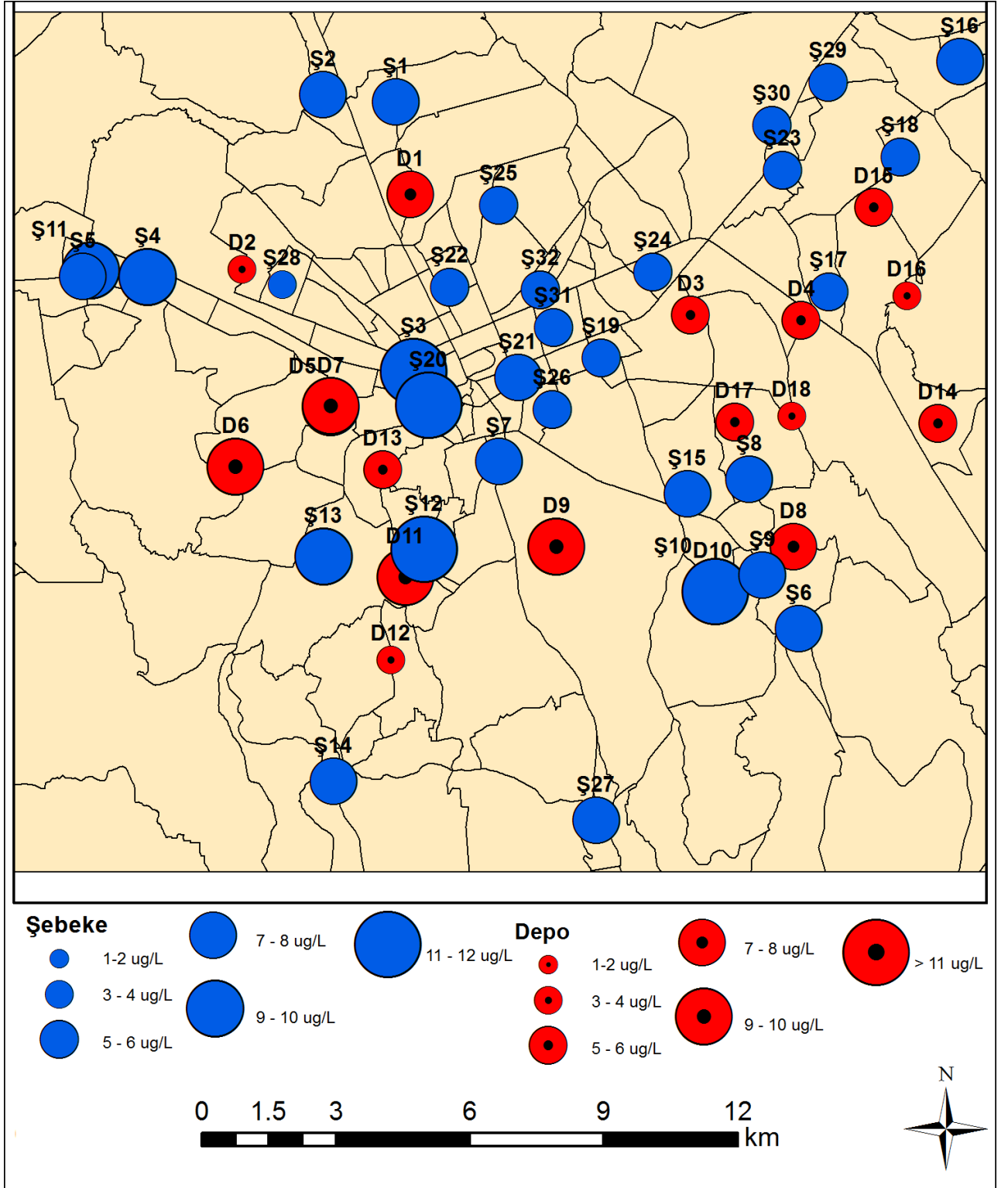
Şekil 12. Depolardan alınan numunelerin kadınlar ve erkekler için dermal yol ile oluşabilecek kanser riskleri



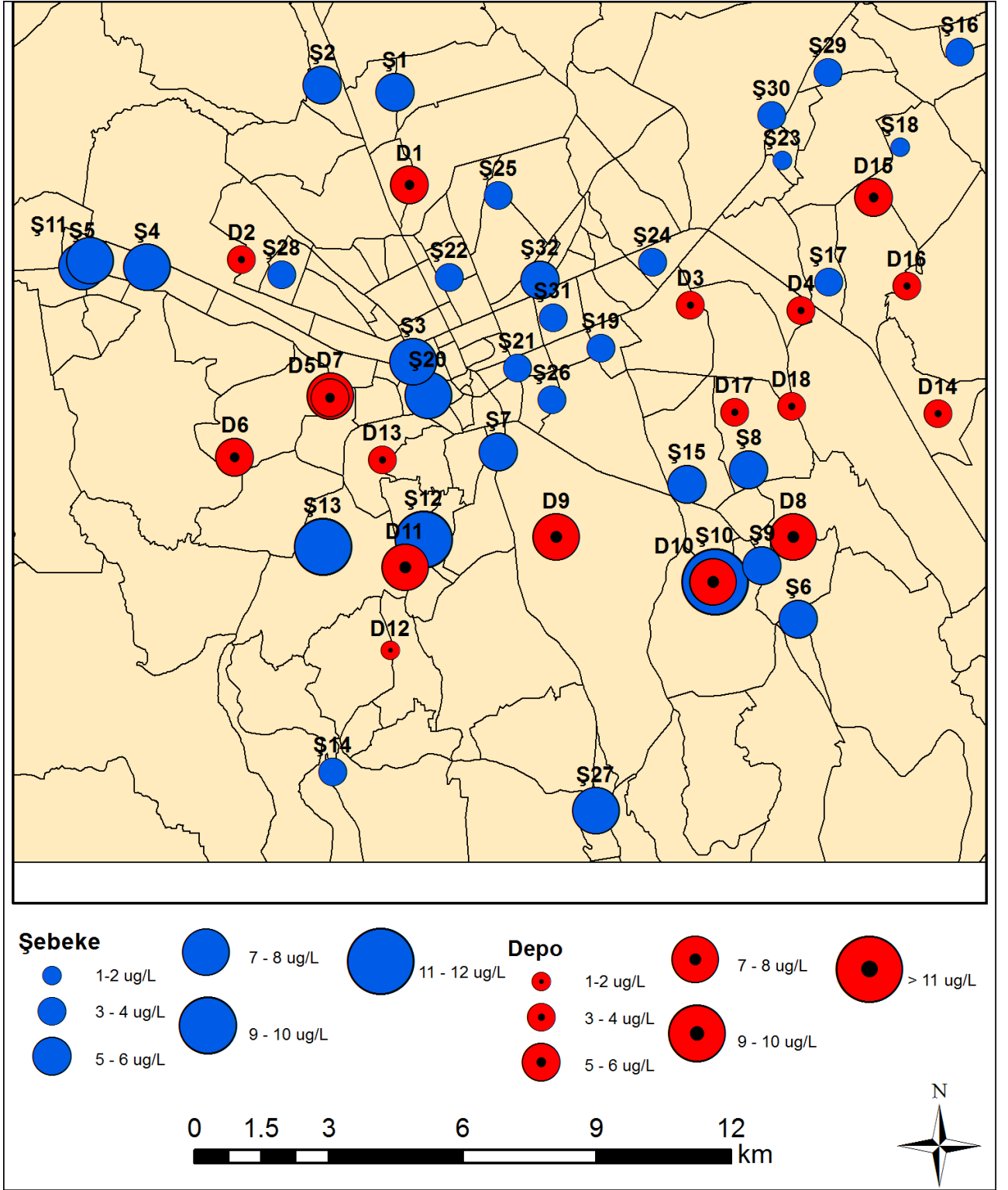
Şekil 13. Şebekelerden alınan numunelerin kadınlar ve erkekler için dermal yol ile oluşabilecek kanser riskleri

4.3. Kayseri İli için THM Dağılım Haritası

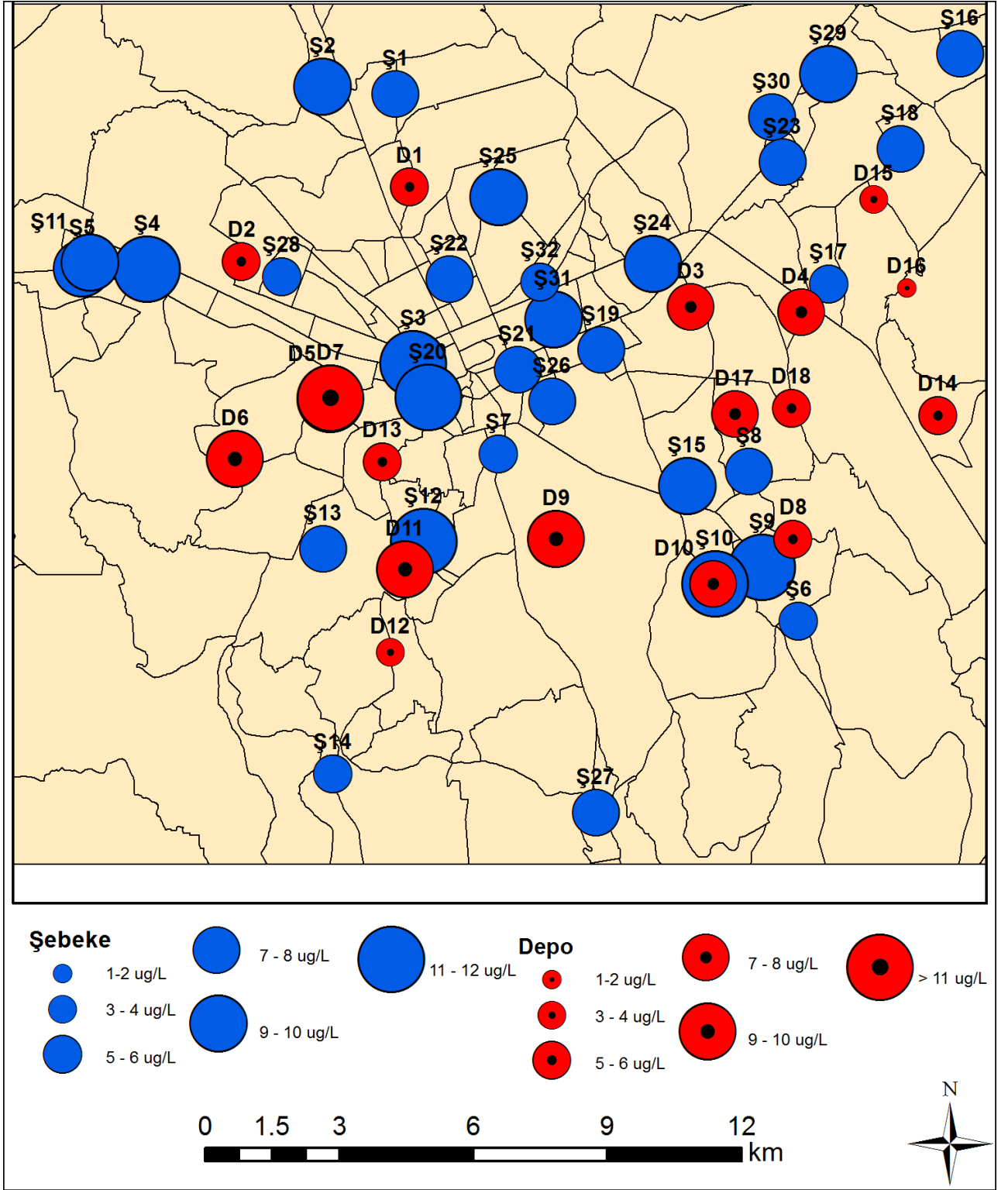
Depo ve şebekeden alınan örneklerin THM analiz sonuçlarının ölçüm yapılan noktalar bazında değişimleri Şekil 14-18’de verilmektedir. Şekil 14, yıllık ortalama THM değerlerini; Şekil 15, ilkbahar dönemi ortalama THM değerlerini; Şekil 16, yaz dönemi ortalama THM değerlerini; Şekil 17, sonbahar dönemi ortalama THM değerlerini ve Şekil 18, kış dönemi ortalama THM değerlerini içermektedir. Hem yıllık ortalama hem de mevsimsel ortalamalar incelendiğinde kentin merkezinde ve batı kesimlerinde diğer bölgelere göre daha yüksek THM değerlerinin gerçekleştiği görülmektedir. Genel olarak sonbahar mevsiminde diğer mevsimlere göre daha yüksek değerler gerçekleşmiştir. En düşük THM değerleri ise ilkbahar ayında oluşmuştur.



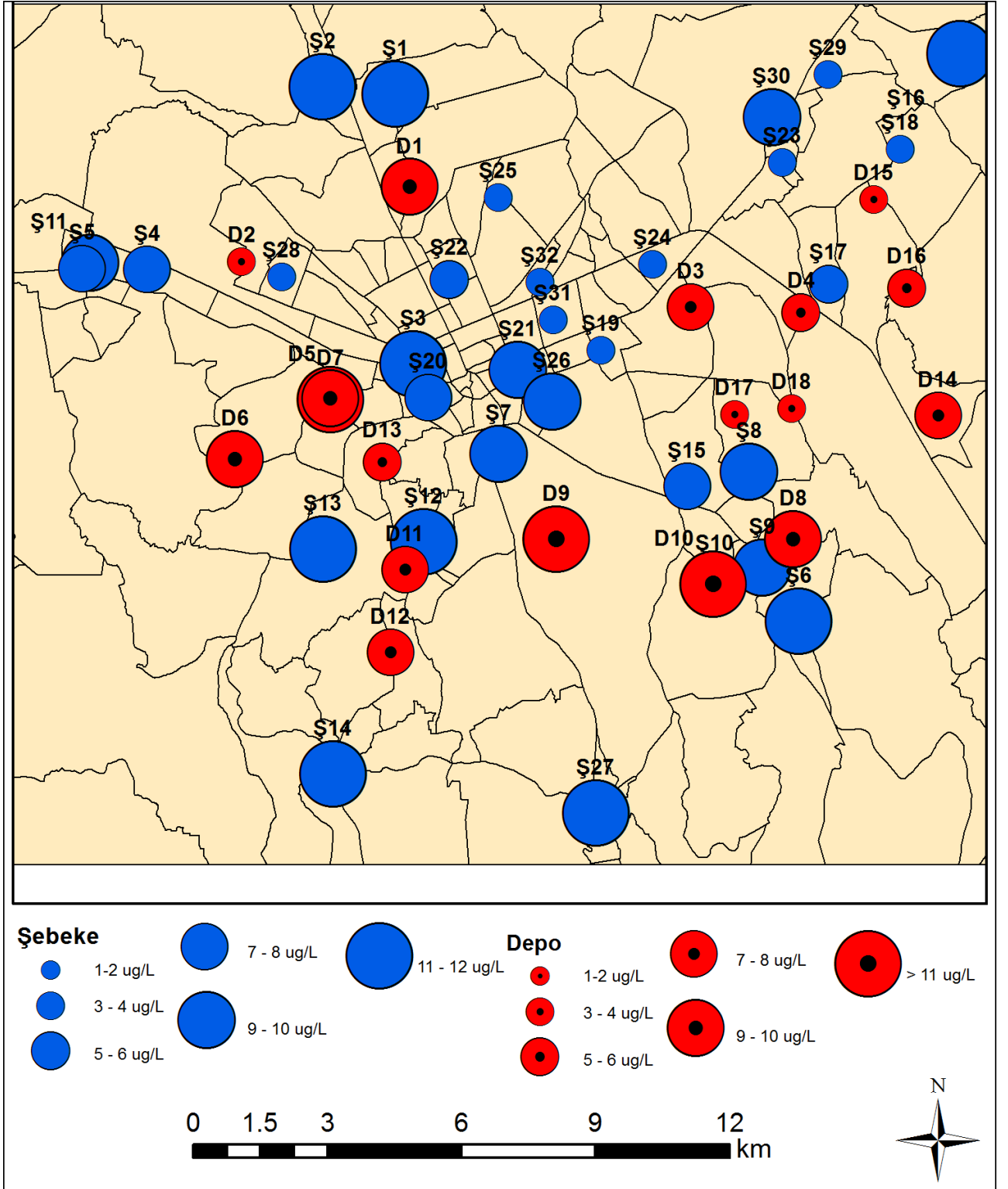
Şekil 14. Depo ve şebekeden alınan numunelerin ortalama yıllık THM değerleri



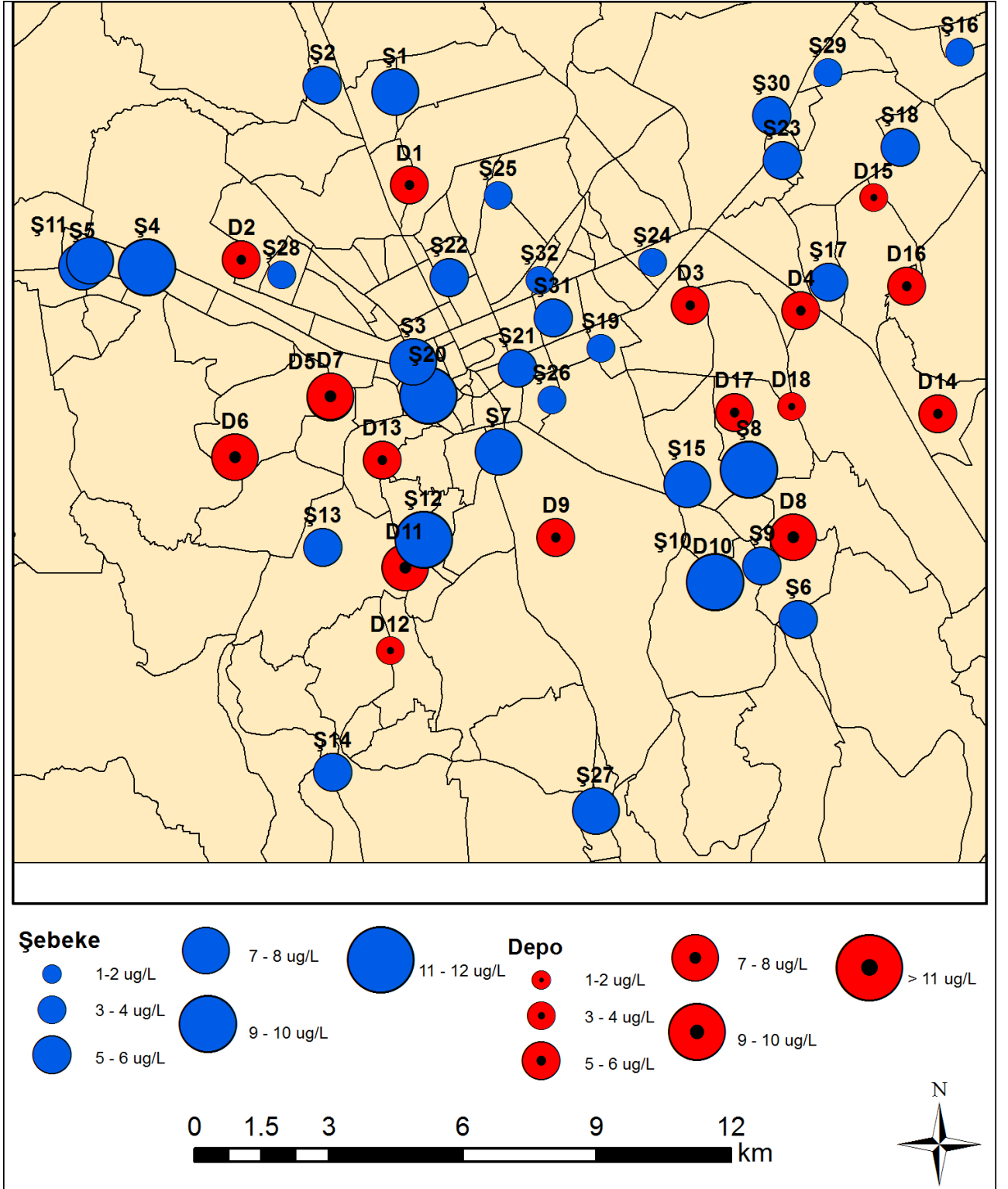
Şekil 15. Depo ve şebekeden alınan numunelerin ilkbahar dönemi ortalama THM değerleri



Şekil 16. Depo ve şebekeden alınan numunelerin yaz dönemi ortalama THM değerleri



Şekil 17. Depo ve şebekeden alınan numunelerin sonbahar dönemi ortalama THM değerleri



Şekil 18. Depo ve şebekeden alınan numunelerin kış dönemi ortalama THM değerleri

5. SONUÇ

Bu proje kapsamında, 1 yıl boyunca Kayseri Merkez yerleşim alanlarına su temin edilen yeraltı su kaynaklarının fizikokimyasal özellikleri izlenmiştir. Bununla beraber projenin asıl konusu olan yerleşim alanlarına su temin edilen depo ve şebekede THM izlemesi yapılmıştır. Proje sonunda elde edilen sonuçlar aşağıda sunulmuştur:

- Depo ve şebeke noktalarında, yıl boyu pH değerleri 7,0-7,5 arasında tespit edilmiştir.
- İletkenlik değerleri depolarda ve buna bağlı olarak şebekelerde oldukça geniş bir dağılım göstermektedir. Yıllık ortalama iletkenlik değerleri 146 ile 557 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında değişmektedir. En düşük iletkenlik değeri Hisarcık şebekede ve bağlı olduğu depoda, en yüksek iletkenlik ise Ziya Gökalp Mahallesi'nde tespit edilmiştir.
- Sülfat ve florür değerleri de iletkenlik değerlerine benzer şekilde geniş bir dağılım sunmakla birlikte, en düşük sülfat değeri Hisarcık Mahallesi'nde gözlenmiştir. En yüksek sülfat değerleri ise Boztepe, Zümrüt ve Ziya Gökalp Mahalleleri'nde görülmüştür. En düşük florür yine Hisarcık noktasında elde edilirken, en yüksek florür değerleri Melikgazi Mahallesi'nde tespit edilmiştir. Nitrat değerleri ise şebeke ve depolarda yıllık ortalama 7 ile 38 mg/L arasında değişiklik göstermiştir. En düşük nitrat Hisarcık Mahallesi'nde olurken en yüksek değerler Yeniköy şebeke'de gözlenmiştir. Depolarda ise en yüksek Mahrumlar D1, D2 ve Kulaklı Depo'da elde edilmiştir.
- Şebeke ve depolarda yıllık ortalama 125 mg CaCO_3/L sertlik gözlenmiştir. Sertliğin en yüksek olduğu mevkiiler Boztepe, Erkilet ve Ziya Gökalp Şebeke noktalarında ve bu noktalara su sağlayan depolarda (Yeşil ve Kulaklı Depo) 150-170 mg CaCO_3/L arasında tespit edilmiştir. Alkalinite, sertlik ile paralel seyretmiştir. Alkalinite değerleri 67 ile 234 mg CaCO_3/L arasında değişiklik göstermekle birlikte, en yüksek değerler yine Yeşil ve Kulaklı Depoları ile bu depoların bağlı bulunduğu şebekelerde gözlenmiştir. En düşük sertlik ve alkalinite Eğribucak, Hacılar ve Hisarcık Şebekeleri'nde ve bu depolarda görülmüştür.
- Depo ve şebekelerde organik madde miktarı, su kaynağının yerlatı olmasından dolayı oldukça düşüktür. Yıllık ortalama organik madde 0,46 mg/L olurken, yaz aylarında organik madde artışı gözlenmiştir. En yüksek organik madde Eylül ayında Talas ve Bostanderesi Depoları'nda 2,0-2,5 mg/L arasında gözlenmiştir. En düşük değerler ise

depo ve şebekelerin çoğunda Ocak ve Şubat aylarında 0,3 mg/L'nin altında tespit edilmiştir.

- THM oluşumu ortamdaki organik madde ve klorun reaksiyonu sonucunda olması nedeni ile, THM değerleri organik madde değerleri ile paralellik göstermektedir. En düşük THM değerleri Ocak ve Şubat aylarında gözlenmiştir. Diğer taraftan, en yüksek değerler yaz sonu ve sonbahar mevsimlerinde görülmüştür. THM değerleri depolarda yıl boyunca 1-17 µg/L arasında değişmektedir. En düşük THM oluşumu Mezbahane ve Bostanderesi Depoları'nda, en yüksek değerler ise Mahrumlar D1, D2 ve Kulaklı Depoları'nda gözlenmiştir. Organik madde ile klor arasındaki reaksiyon süresi arttıkça THM değerleri arttığından, şebekelerde depolara göre daha yüksek THM tespit edilmiştir. Şebeke noktalarına bakıldığında en düşük THM değerleri Ziya Gökalp Mahallesi'nde, en yüksek değer ise Çaybağları ve Selçuklu Mahalleleri'nde tespit edilmiştir. Olağan dışı olarak, Mayıs ayında Çaybağları'nda 29 µg/L THM ve Kasım ayında Cumhuriyet Şebeke'de 42 µg/L THM tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR

- Aiken G. R., McKnight D. M., Wershaw R. L., MacCarthy P. An introduction to humic substances in soil, sediment, and water, In: Humic Substances in Soil, Sediment, and Water: Geochemistry, Isolation, and Characterization, eds., G. R. Aiken, D. M. McKnight, R. L. Wershaw, and P. MacCarthy, pp. 1-9, John Wiley & Sons, New York, NY, (1985).
- Alkan, U., Teksoy, A. Başkaya, H.S. Yüzeysel sulardaki doğal organik maddelerin gideriminde uygun koagülasyon şartlarının belirlenmesi, *Ekoloji*, 15 (59), 18-26, (2006).
- Alkan, U., Teksoy, A., Atesli, A. and Baskaya, H.S. Efficiency of the UV/H₂O₂ process for the disinfection of humic surface waters, *J. Environ. Sci. Health Part A*, 42, 497–506, (2007a).
- Alkan, U., Teksoy, A., Atesli, A. and Baskaya, H.S. Influence of humic substances on the ultraviolet disinfection of surface waters, *Water Environ.J.*, 21, 61-68, (2007b).
- Ates, N., Kaplan, S.S., Sahinkaya, E., Kitis, M. Dilek, F.B., Yetis, U. Occurrence of disinfection by-products in low DOC surface waters in Turkey, *J. Hazard. Mat.*, 142, 526-534. (2007).
- Aydın, M.E. ve Ateş, N. Konya içme suyunda trihalometanlar, *Selçuk Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 16, 1, 1-6, (2001).
- Aydın, M.E., Tor, A., Kara, G., Yıldız, S. Konya yer altı suyunda dezenfeksiyon yan ürünleri, *Selçuk Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 20 (4), 11-16, (2005).
- Baytak, D., İnal, F., Sofuoğlu, A., Sofuoğlu, S.C. İzmir içme suyundaki dezenfeksiyon yan ürünü derişimlerinin mevsimsel ve kaynağa göre değişkenliği, 7. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi-Yaşam Çevre Teknoloji, 24-27 Ekim, İzmir, (2007), 223-228.
- Baytak, D., Sofuoğlu, A., Inal, F., Sofuoğlu, S. Seasonal variation in drinking water concentrations of disinfection by-products in Izmir and associated human health risks, *Sci. Total Environ.*, 407, 286-296, (2008).
- Bekbolet, M., Uyguner, C.S., Selcuk, H., Rizzo, L., Nikolaou, A.D., Meric, S., Belgiomo, V. Application of oxidative removal of NOM TPO drinking water and formation of disinfection by-products, *Desalination*, 155-166, (2005).
- Can, Z. and Gurol, M. Formaldehyde formation during ozonation of drinking water, *Ozone: Sci. Eng.*, 25 (1), 41-51, (2003).
- Chang, S.D., Singer, P.C. The impact of ozonation on particle stability and the removal of TOC and THM precursors, *J. of AWWA*, 83 (3), 71-79, (1991).
- Chellam, S., Krasner, S.W. Disinfection byproduct relationships and speciation in chlorinated nanofiltered waters, *Environ. Sci. Technol.*, 35, 3988-3999, (2001).
- Chen, J., LeBoeuf, E.J., Pan, H., and Gu, B. Spectroscopic characterization of the structural and functional properties of natural organic matter fractions, *Chemosphere*, 48 (1), 59-68, (2002).
- Chen, J., Gu, B., Royer, R.A., Burgos, W.D. The roles of natural organic matter in chemical and microbial reduction of ferric iron, *The Sci. of the Total Environ.*, 307, 167–178, (2003).
- Chen, W.-H. Young, T.M. Influence of nitrogen source on NDMA formation during chlorination of diuron, *Water Res.*, 43, 3047–3056, (2009).

- Chin, Y-P., Aiken, G. and O'Loughlin, E. Molecular weight, polydispersity and spectroscopic properties of aquatic humic substances, *Environ. Sci. Technol.*, 28 (11), 1853-1858, (1994).
- Domany, Z., Galambos, I., Vatai, G., Bekassy-Molnar, E. Humic substances removal from drinking water by membrane filtration, *Desalination*, 145, 333–337, (2002).
- Dodds, L., King, W., Woolcott, C., Pole, J. Trihalomethanes in public water supplies and adverse birth outcomes, *Epidemiology*, 10 (3), 233, (1999).
- EEC. Council Directive 98/83/EC of 3 November 1998 on the quality of water intended for human consumption, *Official J. European Communities*, L 330/32, 5.12.98, (1998).
- Freese, S. D., Nozaic, D. J., Pryor, M. J., Rajogopaul, R., Trollip, D. L., Smith, R. A. Enhanced coagulation: a viable option to advance treatment technologies in the South African context, *Water Sci. Technol.: Water Supply*, 1 (1), 33–41, (2001).
- Garcia-Villanova, R.J., Garcia, C.J., Gomez, J.A., Garcia, M.P., Ardanuy, R. Formation, evolution and modeling of trihalomethanes in the drinking water of a town: IR At the municipal treatment utilities, *Water Res.*, 31, 1299–308, (1997).
- Hayes, M.H.B., MacCarty, P., Malcolm, R.L., Swift, R.S. Structures of humic substances: The Emergence of forms, In: *Humic Substances II: In Search of Structure*, eds. Hayes, M.H.B., MacCarty, P., Malcolm, R.L., and Swift, R.S., John Wiley and Sons, New York, NY, pp. 689-733, (1989).
- Her, N., Amy, G., Foss, D., Cho, J., Yoon, Y., Kosenka, P. Optimization of method for detecting and characterizing nom by HPLC-size exclusion chromatography with UV and On-Line DOC detection, *Environ. Sci. Technol.*, 36, 1069-1076, (2002).
- Hildesheim, M.E., Cantor, K.P., Lynch, C.F., Dosemeci, M., Lubin, J., Alavanja, M., Craun, G. Drinking water source and chlorination byproducts: IIRRisk of colon and rectal cancers, *Epidemiology*, 9, 29–35, (1998).
- İşgören, M., Taşpınar, F., Uyak, V., Toröz, İ. Yuvacık Barajı ham suyunun dezenfeksiyon yan ürünü (THM) oluşturma potansiyelinin yapay sinir ağları kullanılarak belirlenmesi, 8. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi Çevre - Hukuk - Siyaset, 8. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi, 123, (2009).
- Karim, Z., Qureshi, B.A., Ghouri, I. Spatial Analysis of Human Health Risk Associated With Trihalomethanes in Drinking Water: A Case Study of Karachi, Pakistan, *J. Chemistry*, 1-7, (2013).
- Kim, H., Klotz, J., Haltmeier, P., Weisel, C. Evaluation of biomarkers environmental exposures: urinary haloacetic acids associated with ingestion of chlorinated drinking water, *Environ. Res.*, 80, 187–95, (1999).
- Krasner, S.W., McGuire, M.J., Jacangelo, J.G., Patania, N.L., Regan, K.M., Marco, A.E. Occurrence of disinfection by-products in US drinking water, *J.Am.Water Works Assoc.*, 81(8), 41–53, (2001).
- Krasner, S.W., Weinberg, H.S., Richardson, S.D., Pastor, S.J., Chinn, R., Scilimenti, M.J., Onstad, G.D., Thruston Jr., A.D. Occurrence of a new generation of disinfection byproducts, *Environ. Sci. Technol.*, 40 (23), 7175-7185, (2006).
- Kim, D.H., Moon, S.-H., Cho, J. Investigation of the adsorption and transport of natural organic matter (NOM) in ion-exchange membranes, *Desalination*, 151, 11-20, (2002).
- Lee, S., Shim, Y., Kim, In S., Sohn, J., Yim, S.K., Cho, J. Determination of mass transport characteristics for natural organic matter (NOM) in ultrafiltration (UF) and nanofiltration (NF) membranes, *Water Sci. Technol.: Water Supply*, 2 (2), 151-160, (2002).

- Lee, K.J., Kim, B.H., Hong, J.U., Pyo, H.S., Park, S., Lee, D.W. A study on the distribution of chlorination by-products (CBPs) in treated water in Korea, *Water Res.*, 94, 47–56, (2004a).
- Lee, S.C., Guo, H., Lam, S.M.J., Lau, S.L.A. Multipathway risk assessment on disinfection by-products of drinking water in Hong Kong. *Environ. Res.*, 94 (1), 47-56, (2004b).
- Leenheer, J.A., Wershaw, R.L., Reddy, M.M., Strongacid, carboxyl-group structures in fulvic acid from the Suwannee River, Georgia. 1. Minor structures, *Environ. Sci.Technol.*, 29, 393, (1995).
- Malcolm R. L. Geochemistry of stream fulvic and humic substances”, In: *Humic Substances in Soil, Sediment, and Water: Geochemistry, Isolation, and Characterization*, eds., G. R. Aiken, D. M. McKnight, R. L. Wershaw, and P. MacCarthy, pp. 181-209, John Wiley & Sons, New York, NY. (1985).
- Matilainen, A., Lindqvist, N., Korhonen, S., Tuhkanen, T. Removal of NOM in the different stages of the water treatment process, *Environ. Intl.*, 28, 457– 465, (2002).
- McGehein, M.A., Reif, J.S., Becher, J.C., Mangione, E.J. Case-control study of bladder cancer and water disinfection methods in Colorado, *Am. J. Epidemiol.*, 138, 492–501, (1993).
- McKnight D. M., Aiken G. R. Sources and Age of Aquatic Humus, In: *Aquatic Humic Substances: Ecology and Biogeochemistry*, eds., D. O. Hessen and L. J. Tranvik, *Ecological Studies*, Vol. 133, pp. 9-39, Springer-Verlag, Berlin, (1998).
- Murray, C.A., Parsons, S.A. Removal of NOM from drinking water: fenton’s and photo-fenton’s processes, *Chemosphere*, 54, 1017–1023, (2004).
- Najm, I.N., Krasner, W. Effects of bromide and NOM on by-product formation, *J. of AWWA*, 87 (1), 106-115, (1995).
- Oguz, E., Tortum, A. Keskinler, B. Determination of the apparent rate constants of the degradation of humic substances by ozonation and modeling of the removal of humic substances from the aqueous solutions with neural network, *J.Hazard. Mat.*, 157, 455-463, (2008).
- Pontius, F.W. Complying with future water regulations, *J. AWWA*, 91 (3), 46–58, (1999).
- Richardson, S.D. Drinking water disinfection by-products, *The Encyclopedia of Environmental Analysis and Remediation*, Meyers, R.A. (ed.), Vol. 3, pp. 1398-1421, John Wiley & Sons. (1998).
- Richter, W., Hart, T.F., Luben, T., Freud, S., Nuckols, J.R. Evaluation of two methods of interpolating quarterly trihalomethane levels between sampling dates, *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology*, 19, 405-413, (2009).
- Rodriguez, M.J., Vinette, Y., Serodes, J.B., Bouchard, C. Trihalomethanes in drinking water of Greater Quebec Region (Canada): occurrence, variations and modelling, *Environ Monit. Assess.*, 89, 69–93, (2003).
- Rook J.J. Formation of Haloforms during chlorination of natural waters, *Water Treatment Examination*, 23 (2), 234-243, (1974).
- Sağlık Bakanlığı. İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik, Sağlık Bakanlığı, Resmi Gazete No: 28580, 17 Şubat 2005.
- Schmitt, D., Müller, M.B., Frimmel, F.H. Metal Distribution in Different Size Fractions of Natural Organic Matter, *Acta Hydrochim. Hydrobiol.* 28 (7), 400–410, (2000).

- Selcuk, H., Rizzo, L., Nikolaou, A.D., Meric, S., Bekbolet, M. DBPs formation and toxicity monitoring in different origin water treated by ozone and alum/PAC coagulation, *Desalination*, 210, 31-43, (2007).
- Selcuk, H., Bekbolet, M. Photocatalytic and photoelectrocatalytic humic acid removal and selectivity of TiO₂ coated photoanode, *Chemosphere*, 73, 854–858, (2008).
- Shukairy, H.M., Miltner, R.J., and Summers, R.S. Bromide's effect on DBP formation, speciation, and control: Part 1, Ozonation, *J. of AWWA*, 86 (6), 72-87, (1994).
- Siddiqui, M.S., and Amy, G.L. Factors affecting DBP formation during ozone-bromide reactions, *J. of AWWA*, 85 (1), 63-72, (1993).
- Siddique, A., Saied, S., Zahir, E., Nayyer, Z. A. •Zaigham, N. A. Speciation and geospatial analysis of disinfection byproducts in urban drinking water, *International Journal of Science and Technology*, 11, 736-746, (2014).
- Singer, P.C., Harrington, G.W. Coagulation of DBP precursors: Theoretical and Practical Considerations, *Proc. American Water Works Association, Water Quality Technology Conference*, Miami, FL, November 7-11, (1993).
- Sohn, J. Comprehensive assessment and modeling of disinfection by-product (DBPs), DBP precursors, and disinfectants, Ph.D. Dissertation, University of Colorado, (2000).
- Teksoy, A., Alkan, U., Baskaya, H.S. Influence of the treatment process combinations on the formation of THM species in water, *Sep. Purif. Technol.*, 61, 447–454, (2008).
- Thurman, E.M., Wershaw, R.L., Malcolm, R.L. Pinckney, D.J. Molecular size of aquatic humic substances, *Org. Geochem.*, 4 (1), 27-35, (1982).
- Thurman, E.M. *Organic geochemistry of natural waters*, Kluwer Academic Publishers, Norwell, MA, (1985).
- Tokmak, B., Capar, G., Dilek, F.B., Yetis, U. Trihalomethanes and associated potential cancer risks in the water supply in Ankara, Turkey, *Environ.Res.*, 96, 345-352, (2004).
- Toroz, I., Uyak, V. Seasonal variations of trihalomethanes (THMs) in water distribution networks of Istanbul City, *Desalination*, 176 (1-3), 127-141, (2005).
- TÜİK, 2017. Nüfus ve Demografi, Demografik Göstergeler, 2000-2023, <http://www.tuik.gov.tr/UstMenu.do?metod=temelist>.
- USEPA. Guidelines for Carcinogen Risk Assessment. NCEA-F-0644 (Revised draft) Risk Assessment Forum, US Environmental Protection Agency, Washington, DC. 1999.
- USEPA. Controlling Disinfection By-Products and Microbial Contaminants in Drinking Water EPA/600/R-01/110. (2001).
- USEPA. Integrated Risk Information System (electronic data base). US Environmental Protection Agency, Washington, DC. Available on line: <http://www.epa.gov/iris>. (2002).
- USEPA. Stage 2 Disinfectants and Disinfection By-Products Rule (Stage 2 DBPR) Implementation Guidance (Draft Report), November, 2003, EPA 816-D-03-002, (2003).
- USEPA. Unregulated contaminant monitoring regulation for public water systems revisions: Proposed rules, *Federal Register*, 70 (161), 49094–49138, USEPA, Cincinnati, OH, (2005).
- Uyak, V. Multi-pathway risk assessment of trihalomethanes exposure in Istanbul drinking water supplies, *Environment International*, 32, 12 – 21, (2006).
- Uyak, V. and Toroz, I. Disinfection by-product precursors reduction by various coagulation techniques in Istanbul water supplies, *J.Hazard. Mat.*, 141, 320-328, (2007).

- Uyak, V., Yavuz, S., Toroz, I., Ozaydin, S., Genceli-Ates, E. Disinfection by-products precursors removal by enhanced coagulation and PAC adsorption, *Desalination*, 216, 334-344, (2007).
- Uyak, V., Koyuncu, I., Oktem, I., Cakmakci, M. and Toroz, I. Removal of trihalomethanes from drinking water by nanofiltration membranes, *J.Hazard. Mat.*, 152, 789–794, (2008).
- Uyguner, C.S. and Bekbolet, M. Evaluation of humic acid photocatalytic degradation by UV–vis and fluorescence spectroscopy, *CatalysisToday*, 101, 267–274, (2005).
- Uyguner, C.S., Suphandag, S.A., Kerc, A. and Bekbolet, M. Evaluation of adsorption and coagulation characteristics of humic acids preceded by alternative advanced oxidation techniques, *Desalination*, 210, 183–193, (2007a).
- Uyguner, C.S., Bekbolet, M. and Selcuk, H. A comparative approach to the application of a physico-chemical and advanced oxidation combined system to natural water samples, *Separation Sci.Tech.*, 42, 1405-1419, (2007b).
- Venkataraman, K., Uddameri, V. A GIS-based evaluation of risks due to trihalomethane exposure during showering in coastal Texas, *Clean Technologies and Environmental Policy*, 14, 551-564, (2012).
- Wallace, L.A. Human exposure and body burden for chloroform and other trihalomethanes, *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.*, 27, 113–194, (1997).
- WHO. Guideline for Drinking Water Quality, Recommendations, 3rd ed., (2004).
- Vuorio, E., Vahala, R., Rintala, J., and Laukkanen, R. The Evaluation of Drinking Water Treatment Performed With HPSEC, *Environment International*, 24, (5/6), 617-623, (1998).
- Yang, C.Y., Chiu, H.F., Cheng, M.F., Tsai, S.S. Chlorination of drinking water and cancer mortality in Taiwan, *Environ. Res.*, 78, 1–6, (1998).
- Yang, C.Y., Cheng, B.H., Tsai, S.S, Wu, T.N., Lin, M.C., Lin, K.C. Association between chlorination of drinking water and adverse pregnancy outcome in Taiwan, *Environ. Health Perspect.*, 108 (8), 765–768, (2000).
- Yapsaklı, K., Cecen, F., Aktas, O. and Can, Z.S. Impact of Surface Properties of Granular Activated Carbon and Preozonation on Adsorption and Desorption of Natural Organic Matter, *Environ. Eng. Sci.*, 26 (3), 489-500, (2009).
- Yapsakli, K. and Cecen, F. Effect of type of granular activated carbon on DOC biodegradation in biological activated carbon filters, *Process Biochem.*, 45, 355-362, (2010).
- Yildiz, Y.S., Koparal, A.S., Irdemez, S., Keskinler, B. Electrocoagulation of synthetically prepared waters containing high concentration of NOM using iron cast electrodes, *J. Hazard.Mat.*, 139 (2), 373-380, (2007).
- Yildiz, Y. S.; Koparal, A. S.; Keskinler, B. Effect of initial pH and supporting electrolyte on the treatment of water containing high concentration of humic substances by electrocoagulation, *Chemical Eng. J.*, 138 (1-3), 63-72 (2008).

EKLER

EK A

NUMUNELERİN FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

Tablo A1. Depo ve şebekelerden alınan numunelerin pH değerleri

Depo Adı	Ocak	Şubat	Mart	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ort.
Yeşil D.	7,8	7,3	7,5	7,2	7,4	7,2	7,0	7,2	7,4	7,1	7,3	7,3
Keykubat D.	7,7	7,3	7,3	6,8	7,2	7,1	6,9	7,1	7,1	7,0	7,1	7,1
Anneler Parkı D.	7,7	7,7	7,7	7,1	7,3	7,3	7,1	7,3	7,0	7,3	7,6	7,4
Konaklar D.	7,7	7,5	7,8	7,1	7,3	7,3	7,1	7,2	7,0	7,3	7,6	7,4
Mahrumlar D1	7,6	7,2	7,2	6,8	7,1	7,0	6,8	7,0	7,0	6,9	7,1	7,1
Kulaklı D.	7,6	7,3	7,4	6,9	7,1	7,1	6,9	7,1	6,9	6,9	7,1	7,1
Mahrumlar D2	7,6	7,2	7,4	6,8	7,2	7,1	6,9	7,1	6,9	6,9	7,1	7,1
Yeni Role D.	7,5	7,7	7,3	7,3	7,2	7,2	7,2	7,1	7,5	7,4	7,5	7,4
Gediris D.	7,5	7,5	7,4	7,3	7,2	7,1	7,3	7,0	7,5	7,5	7,6	7,3
Ali Dağı D.	7,5	7,5	7,3	7,3	7,2	7,1	7,2	7,0	7,5	7,5	7,5	7,3
Eğribucak D.	7,8	7,3	7,5	7,4	7,4	7,2	7,5	6,9	7,7	7,8	7,8	7,5
Mezbahane D.	7,7	7,3	7,4	7,3	7,3	7,2	7,5	6,9	7,7	7,7	7,6	7,4
Beştepeler D.	7,5	7,5	7,6	7,0	7,3	7,3	7,1	7,3	7,3	7,1	7,2	7,3
Höyük D.	7,8	7,6	8,0	7,4	7,4	7,3	7,3	7,1	7,6	7,6	7,9	7,5
Serkent D.	7,6	7,5	7,7	7,3	7,2	7,2	7,6	7,3	7,2	7,1	7,5	7,4
Bostanderesi D.	7,6	7,4	7,9	7,3	7,2	7,3	7,2	7,1	7,5	7,4	7,6	7,4
Talas D.	7,6	7,6	7,4	7,0	7,3	7,3	7,1	7,3	7,0	7,3	7,8	7,3
Kayabağ D.	7,6	7,6	7,7	7,1	7,3	7,3	7,1	7,3	7,0	7,3	7,7	7,4
Ortalama	7,6	7,4	7,5	7,1	7,3	7,2	7,2	7,1	7,3	7,3	7,5	7,3
Min	7,5	7,2	7,2	6,8	7,1	7,0	6,8	6,9	6,9	6,9	7,1	7,1
Max	7,8	7,7	8,0	7,4	7,4	7,3	7,6	7,3	7,7	7,8	7,9	7,5
Şebeke Adı	Ocak	Şubat	Mart	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ort.
Boztepe Ş.	7,7	7,3	7,4	7,1	7,6	7,2	7,0	7,1	7,3	7,1	7,3	7,3
Erkilet Ş.	7,6	7,3	7,4	7,0	7,4	7,1	7,0	7,1	7,2	7,0	7,2	7,2
Sanayi Ş.	7,6	7,2	7,4	7,5	7,0	7,1	7,7	7,1	6,8	7,4	7,2	7,3
Osman Kavuncu Ş.	7,6	7,4	7,6	7,8	7,1	7,1	7,8	7,2	6,9	7,6	7,8	7,4
Selimiye Ş.	7,7	7,3	7,6	7,9	7,3	7,2	7,8	7,2	6,8	7,6	7,9	7,5
Gülistanevler Ş.	7,6	7,7	7,3	7,3	7,2	7,2	7,3	7,0	7,5	7,4	7,5	7,4
Esenyurt Ş.	7,5	7,4	7,3	7,3	7,2	7,1	7,3	6,8	7,5	7,5	7,6	7,3
Mevlana Ş.	7,5	7,6	7,3	7,3	7,2	7,9	7,5	7,3	7,3	7,4	7,7	7,4
Harman Ş.	7,5	7,6	7,3	7,3	7,0	7,8	7,5	7,3	7,2	7,5	7,7	7,4
Çaybağları Ş.	7,5	7,6	7,3	7,3	7,0	7,8	7,5	7,3	7,2	7,5	7,6	7,4
Yeniköy Ş.	7,5	7,1	7,4	6,9	7,2	7,1	7,0	7,1	6,9	7,0	7,1	7,1
Selçuklu Ş.	7,6	7,5	7,5	7,9	7,4	7,2	7,5	6,8	7,8	7,7	7,8	7,5
Eğribucak Ş.	7,6	7,3	7,4	7,3	7,3	7,2	7,6	6,9	7,7	7,8	7,8	7,4
Hacılar Ş.	7,5	7,3	7,4	7,4	7,3	7,2	7,4	7,0	7,3	7,7	7,7	7,4

Yenidoğan Ş.	7,7	7,5	7,6	7,3	7,0	7,8	7,5	7,4	7,2	7,4	7,7	7,5
Cumhuriyet Ş.	7,6	7,6	7,7	7,5	7,1	7,2	7,6	7,1	7,0	7,1	7,5	7,3
Şirintepe Ş.	7,6	7,6	7,4	7,4	7,1	7,2	7,6	7,2	7,1	7,1	7,5	7,3
Demokrasi Ş.	7,4	7,5	7,7	7,3	7,1	7,1	7,6	7,2	7,2	7,1	7,5	7,3
Melikgazi Ş.	7,6	7,5	7,5	7,4	7,1	7,6	7,6	7,4	7,2	7,1	7,8	7,4
K.Mustafa Ş	7,5	7,2	7,4	7,6	7,1	7,1	7,8	7,1	6,9	7,5	7,1	7,3
Kılıçaslan Ş.	7,6	7,5	7,7	7,4	7,1	8,1	7,6	7,3	7,3	7,1	7,7	7,5
Yeni Ş.	7,4	7,2	7,4	7,4	6,9	7,0	7,5	7,0	6,9	6,9	7,5	7,2
Ahi Evran Ş.	7,7	7,6	7,4	7,5	7,1	7,2	7,6	7,2	7,1	7,1	7,5	7,3
Yıldızevler Ş.	7,7	7,5	7,3	7,4	7,1	7,2	7,6	7,2	7,1	7,1	7,5	7,3
Zümrüt Ş.	7,4	7,3	7,3	7,2	6,8	6,9	7,5	7,0	6,8	6,9	7,5	7,1
Köşk Ş.	7,5	7,5	7,6	7,4	7,1	7,9	7,6	7,3	7,2	7,1	7,7	7,4
Hisarcık Ş.	7,5	7,4	7,3	7,4	7,4	7,1	7,4	7,4	7,5	7,7	7,6	7,4
Ziya Gökalp Ş.	7,2	7,2	7,3	6,8	7,1	7,0	6,9	7,0	7,1	6,9	7,1	7,0
Beyazşehir Ş.	7,4	7,6	7,4	7,5	7,0	7,1	7,6	7,0	7,0	7,1	7,5	7,3
Cırgalan Ş.	7,4	7,6	7,4	7,4	7,1	7,1	7,6	7,0	7,0	7,1	7,6	7,3
Mimarsinan Ş.	7,4	7,5	7,5	7,4	7,1	7,2	7,6	7,3	7,2	7,1	7,5	7,3
Alsancak Ş.	7,5	7,5	7,4	7,4	7,1	7,0	7,6	7,1	7,0	7,1	7,7	7,3
Ortalama	7,5	7,4	7,4	7,4	7,1	7,3	7,5	7,1	7,2	7,3	7,5	7,3
Min	7,2	7,1	7,3	6,8	6,8	6,9	6,9	6,8	6,8	6,9	7,1	7,0
Max	7,7	7,7	7,7	7,9	7,6	8,1	7,8	7,4	7,8	7,8	7,9	7,5

Tablo A2. Depo ve şebekelerden alınan numunelerin iletkenlik değerleri ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

Depo Adı	Ocak	Şubat	Mart	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ort.
Yeşil D.	516	533	518	548	550	566	561	552	547	561	572	548
Keykubat D.	511	541	536	542	623	611	599	598	578	566	596	573
Anneler Parkı D.	266	270	272	278	277	274	276	280	277	279	286	276
Konaklar D.	266	272	276	278	277	276	278	279	276	278	284	276
Mahrumlar D1	373	392	369	385	380	380	382	379	382	391	394	382
Kulaklı D.	374	360	364	383	382	379	380	378	383	390	394	379
Mahrumlar D2	373	394	363	366	350	351	370	348	363	378	392	368
Yeni Role D.	329	257	343	334	345	344	338	410	349	359	342	341
Gediris D.	337	356	361	359	355	365	363	364	370	366	366	360
Ali Dağı D.	331	346	341	330	339	344	338	345	347	360	341	342
Eğribucak D.	193	201	201	218	208	214	210	213	216	219	212	210
Mezbahane D.	197	207	201	193	216	214	212	211	213	212	210	208
Beştepeler D.	237	190	196	179	183	173	192	193	182	194	359	207
Höyük D.	469	475	456	531	377	423	432	335	467	479	443	444
Serkent D.	264	303	299	320	291	300	296	310	309	314	316	302
Bostanderesi D.	306	317	317	323	317	324	323	286	323	323	331	317
Talas D.	244	256	251	361	262	259	240	260	255	260	265	265
Kayabağ D.	244	252	252	261	263	258	240	263	255	256	266	255
Ortalama	324	329	329	344	333	336	335	334	338	344	354	336
Min	193	190	196	179	183	173	192	193	182	194	210	207
Max	516	541	536	548	623	611	599	598	578	566	596	573
Şebeke Adı	Ocak	Şubat	Mart	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ort.
Boztepe Ş.	529	533	531	545	537	549	559	557	559	598	579	552
Erkilet Ş.	523	531	530	539	536	550	554	546	566	592	576	549
Sanayi Ş.	374	393	436	399	386	386	374	400	556	430	385	411
Osman Kavuncu Ş.	342	312	329	331	342	344	355	364	343	366	392	347
Selimiye Ş.	208	343	303	338	357	306	346	350	313	342	373	325
Gülistaner Ş.	330	285	343	336	344	340	336	348	348	360	344	338
Esenyurt Ş.	336	351	353	359	354	361	359	365	366	367	372	358
Mevlana Ş.	323	348	345	335	349	234	345	235	336	364	353	324
Harman Ş.	329	353	345	341	349	340	342	340	335	356	352	344
Çaybağları Ş.	332	322	342	334	350	337	332	321	337	348	347	337
Yeniköy Ş.	332	366	360	360	347	350	355	361	356	368	393	359
Selçuklu Ş.	192	199	202	219	204	211	213	273	212	218	210	214
Eğribucak Ş.	196	201	202	205	205	211	212	212	217	278	223	215
Hacılar Ş.	203	209	207	148	218	216	216	157	212	158	211	196
Yenidoğan Ş.	320	355	336	339	378	247	333	254	353	364	355	330
Cumhuriyet Ş.	262	290	286	280	275	276	272	279	275	277	281	278
Şirintepe Ş.	260	277	274	277	275	276	272	280	274	277	278	275
Demokrasi Ş.	299	325	317	353	323	322	321	333	321	323	331	324
Melikgazi Ş.	239	251	246	258	234	233	223	257	258	253	273	248
K.Mustafa Ş	380	399	440	394	387	386	388	396	370	419	401	396

Kılıçaslan Ş.	241	248	258	260	238	248	229	256	250	255	270	250
Yeni Ş.	514	521	530	533	614	542	558	567	378	658	601	547
Ahi Evran Ş.	251	280	274	279	276	275	271	279	273	276	281	274
Yıldızevler Ş.	237	240	244	285	268	221	258	281	275	276	280	260
Zümrüt Ş.	514	561	531	546	611	544	547	556	572	570	558	555
Köşk Ş.	242	250	242	255	238	248	236	259	255	255	271	250
Hisarcık Ş.	129	132	237	149	161	142	129	125	124	128	153	146
Ziya Gökalp Ş.	517	527	538	527	576	573	565	565	572	585	577	557
Beyazşehir Ş.	262	285	228	286	280	276	270	281	276	277	284	273
Cırgalan Ş.	261	279	271	277	277	278	272	281	272	276	284	275
Mimarsinan Ş.	242	230	244	254	232	227	241	257	257	249	279	247
Alsancak Ş.	263	275	270	280	276	278	273	276	273	279	283	275
Ortalama	312	327	331	332	337	323	330	332	334	348	348	332
Min	129	132	202	148	161	142	129	125	124	128	153	146
Max	529	561	538	546	614	573	565	567	572	658	601	557

Tablo A3. Depo ve şebekelerden alınan numunelerin sülfat değerleri (mg/L)

Depo Adı	Ocak	Şubat	Mart	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ort.
Yeşil D.	56	53	53	55	53	61	59	56	61	70	64	58
Keykubat D.	41	41	40	40	47	49	47	46	44	48	47	45
Anneler Parkı D.	13	13	12	13	14	13	13	13	13	14	14	13
Konaklar D.	13	13	12	13	14	13	13	11	13	14	14	13
Mahrumlar D1	32	32	28	30	29	31	30	30	30	36	34	31
Kulaklı D.	32	28	28	29	29	31	31	30	30	36	34	31
Mahrumlar D2	32	32	28	28	26	21	29	27	28	34	35	29
Yeni Role D.	15	8	18	16	18	13	17	18	19	23	19	17
Gediris D.	20	16	20	21	21	22	22	22	22	25	24	21
Ali Dağı D.	19	18	18	16	18	18	17	21	18	23	19	19
Eğribucak D.	16	16	15	16	16	18	16	17	17	22	18	17
Mezbahane D.	13	13	13	14	14	14	13	13	14	16	14	14
Beştepeler D.	11	10	10	9	9	9	11	10	10	12	29	12
Höyük D.	10	10	8	11	8	8	9	9	9	11	9	9
Serkent D.	13	14	13	5	15	13	13	15	14	15	15	13
Bostanderesi D.	10	10	9	10	11	10	10	11	10	11	12	10
Talas D.	11	11	8	11	12	12	10	11	11	12	12	11
Kayabağ D.	11	11	9	11	12	11	10	14	12	12	12	11
Ortalama	20	19	19	19	20	20	21	21	21	24	24	21
Min	10	8	8	5	8	8	9	9	9	11	9	9
Max	56	53	53	55	53	61	59	56	61	70	64	58
Şebeke Adı	Ocak	Şubat	Mart	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ort.
Boztepe Ş.	56	54	53	52	50	55	58	56	57	80	66	58
Erkilet Ş.	56	49	48	51	50	57	59	55	60	81	65	57
Sanayi Ş.	33	32	38	30	31	33	31	33	42	42	35	35
Osman Kavuncu Ş.	26	23	24	24	26	26	28	28	27	32	34	27
Selimiye Ş.	19	27	25	24	27	21	27	26	25	29	33	26
Gülistanevler Ş.	18	10	18	16	19	19	17	18	19	23	19	18
Esenyurt Ş.	21	20	20	22	21	22	21	22	22	25	24	22
Mevlana Ş.	18	18	18	16	19	9	15	16	17	23	21	17
Harman Ş.	18	19	18	17	18	16	18	17	17	23	21	18
Çaybağları Ş.	19	20	18	16	19	16	18	15	18	21	20	18
Yeniköy Ş.	27	29	28	27	25	27	27	28	28	33	34	29
Selçuklu Ş.	16	15	15	16	16	18	16	17	17	22	20	17
Eğribucak Ş.	16	16	15	15	18	17	16	16	17	20	20	17
Hacılar Ş.	13	13	13	4	12	14	13	7	14	9	14	12
Yenidoğan Ş.	19	21	16	17	20	11	18	11	18	23	21	18
Cumhuriyet Ş.	13	14	12	13	13	13	13	13	13	14	15	13
Şirintepe Ş.	13	13	13	12	13	13	13	13	13	14	14	13
Demokrasi Ş.	10	10	9	10	10	10	11	11	10	11	12	10
Melikgazi Ş.	11	11	11	11	10	10	11	11	11	13	13	11
K.Mustafa Ş	35	33	38	30	31	33	32	32	30	41	36	34

Kılıçaslan Ş.	12	11	12	11	10	10	11	11	11	12	13	11
Yeni Ş.	41	40	40	38	46	40	42	42	31	49	47	41
Ahi Evran Ş.	13	13	13	13	13	13	13	13	13	14	15	13
Yıldızevler Ş.	11	13	10	13	12	10	12	13	13	14	15	12
Zümrüt Ş.	43	42	40	38	45	40	40	41	39	47	47	42
Köşk Ş.	11	11	10	10	10	11	11	11	11	12	13	11
Hisarcık Ş.	6	6	5	4	6	6	5	5	5	5	6	5
Ziya Gökalp Ş.	42	40	41	38	42	45	43	43	43	51	46	43
Beyazşehir Ş.	14	13	12	13	13	13	13	13	13	14	15	13
Cırgalan Ş.	13	13	13	12	13	13	13	13	13	14	15	13
Mimarsinan Ş.	11	11	10	10	10	10	11	11	11	12	16	11
Alsancak Ş.	13	13	13	13	13	13	14	13	13	14	15	13
Ortalama	21	21	21	20	21	21	22	21	21	26	25	22
Min	6	6	5	4	6	6	5	5	5	5	6	5
Max	56	54	53	52	50	57	59	56	60	81	66	58

Tablo A4. Depo ve şebekelerden alınan numunelerin florür değerleri (mg/L)

Depo Adı	Ocak	Şubat	Mart	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ort.
Yeşil D.	0,17	0,17	0,33	0,15	0,15	0,15	0,16	0,14	0,19	0,26	0,26	0,19
Keykubat D.	0,18	0,19	0,27	0,16	0,18	0,15	0,18	0,13	0,16	0,26	0,31	0,20
Anneler Parkı D.	0,23	0,20	0,25	0,18	0,21	0,18	0,24	0,18	0,17	0,34	0,30	0,23
Konaklar D.	0,29	0,20	0,28	0,20	0,20	0,19	0,28	0,22	0,18	0,32	0,31	0,24
Mahrumlar D1	0,19	0,17	0,32	0,17	0,30	0,14	0,16	0,12	0,16	0,27	0,26	0,19
Kulaklı D.	0,25	0,25	0,21	0,15	0,19	0,14	0,20	0,12	0,17	0,28	0,26	0,19
Mahrumlar D2	0,23	0,21	0,28	0,16	0,17	0,16	0,16	0,15	0,20	0,28	0,29	0,19
Yeni Role D.	0,14	0,21	0,21	0,13	0,13	0,26	0,13	0,13	0,12	0,27	0,28	0,16
Gediris D.	0,16	0,17	0,20	0,15	0,13	0,12	0,15	0,13	0,12	0,26	0,28	0,15
Ali Dağı D.	0,16	0,27	0,17	0,14	0,13	0,16	0,10	0,13	0,12	0,26	0,27	0,15
Eğribucak D.	0,21	0,20	0,30	0,16	0,15	0,19	0,18	0,15	0,15	0,32	0,34	0,19
Mezbahane D.	0,15	0,16	0,18	0,14	0,14	0,15	0,13	0,12	0,12	0,27	0,28	0,14
Beştepeler D.	0,32	0,42	0,33	0,31	0,29	0,27	0,31	0,26	0,28	0,24	0,25	0,31
Höyük D.	0,16	0,18	0,16	0,14	0,13	0,14	0,17	0,12	0,13	0,22	0,21	0,15
Serkent D.	0,21	0,09	0,20	0,05	0,28	0,18	0,18	0,18	0,19	0,31	0,30	0,17
Bostanderesi D.	0,16	0,17	0,18	0,14	0,14	0,15	0,17	0,13	0,13	0,26	0,27	0,15
Talas D.	0,24	0,21	0,17	0,19	0,26	0,19	0,24	0,17	0,25	0,31	0,34	0,21
Kayabağ D.	0,20	0,20	0,19	0,18	0,28	0,19	0,21	0,17	0,19	0,31	0,32	0,20
Ortalama	0,20	0,20	0,24	0,16	0,19	0,17	0,19	0,15	0,17	0,28	0,29	0,19
Min	0,14	0,09	0,16	0,05	0,13	0,12	0,10	0,12	0,12	0,22	0,21	0,14
Max	0,32	0,42	0,33	0,31	0,30	0,27	0,31	0,26	0,28	0,34	0,34	0,31
Şebeke Adı	Ocak	Şubat	Mart	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ort.
Boztepe Ş.	0,18	0,16	0,17	0,19	0,17	0,15	0,16	0,14	0,16	0,25	0,27	0,18
Erkilet Ş.	0,28	0,18	0,04	0,14	0,14	0,15	0,16	0,15	0,14	0,25	0,29	0,17
Sanayi Ş.	0,19	0,17	0,39	0,16	0,15	0,15	0,14	0,14	0,16	0,28	0,27	0,20
Osman Kavuncu Ş.	0,25	0,20	0,20	0,19	0,25	0,18	0,18	0,17	0,17	0,28	0,25	0,21
Selimiye Ş.	0,29	0,18	0,22	0,19	0,20	0,24	0,19	0,19	0,19	0,30	0,28	0,22
Gülistanevler Ş.	0,16	0,25	0,21	0,13	0,21	0,13	0,15	0,13	0,14	0,26	0,27	0,19
Esenyurt Ş.	0,16	0,16	0,13	0,13	0,21	0,15	0,14	0,13	0,12	0,26	0,27	0,17
Mevlana Ş.	0,16	0,16	0,15	0,15	0,14	0,17	0,15	0,11	0,15	0,27	0,37	0,18
Harman Ş.	0,17	0,16	0,14	0,15	0,13	0,14	0,15	0,12	0,15	0,27	0,27	0,17
Çaybağları Ş.	0,17	0,16	0,27	0,15	0,13	0,19	0,19	0,14	0,18	0,27	0,27	0,19
Yeniköy Ş.	0,18	0,19	0,27	0,39	0,20	0,17	0,20	0,12	0,18	0,30	0,26	0,22
Selçuklu Ş.	0,18	0,19	0,28	0,16	0,19	0,19	0,18	0,15	0,08	0,31	0,28	0,20
Eğribucak Ş.	0,19	0,19	0,17	0,16	0,23	0,16	0,17	0,15	0,15	0,31	0,28	0,20
Hacılar Ş.	0,14	0,15	0,32	0,04	0,19	0,15	0,14	0,07	0,16	0,20	0,24	0,16
Yenidoğan Ş.	0,15	0,18	0,16	0,15	0,14	0,22	0,16	0,19	0,18	0,27	0,28	0,19
Cumhuriyet Ş.	0,21	0,12	0,22	0,20	0,17	0,17	0,17	0,17	0,19	0,31	0,31	0,20
Şirintepe Ş.	0,21	0,21	0,24	0,22	0,17	0,19	0,17	0,17	0,20	0,31	0,29	0,22
Demokrasi Ş.	0,16	0,23	0,16	0,13	0,15	0,15	0,15	0,14	0,17	0,26	0,27	0,18
Melikgazi Ş.	0,29	0,21	0,25	0,21	0,21	0,27	0,22	0,19	0,20	0,34	0,32	0,25

K.Mustafa Ş	0,24	0,41	0,25	0,16	0,13	0,17	0,15	0,15	0,17	0,27	0,27	0,22
Kılıçaslan Ş.	0,25	0,22	0,22	0,22	0,20	0,22	0,25	0,17	0,21	0,33	0,31	0,24
Yeni Ş.	0,18	0,17	0,17	0,16	0,15	0,21	0,24	0,17	0,16	0,26	0,27	0,19
Ahi Evran Ş.	0,20	0,13	0,10	0,22	0,17	0,22	0,17	0,17	0,17	0,31	0,31	0,20
Yıldızevler Ş.	0,22	0,24	0,22	0,20	0,18	0,23	0,17	0,18	0,23	0,31	0,31	0,23
Zümrüt Ş.	0,16	0,16	0,21	0,16	0,18	0,16	0,16	0,17	0,16	0,27	0,30	0,19
Köşk Ş.	0,21	0,22	0,23	0,21	0,19	0,21	0,23	0,28	0,20	0,32	0,32	0,24
Hisarcık Ş.	0,07	0,06	0,21	0,04	0,17	0,06	0,06	0,05	0,06	<0,04	0,21	0,10
Ziya Gökalp Ş.	0,15	0,22	0,17	0,15	0,14	0,15	0,16	0,14	0,18	0,27	0,27	0,18
Beyazşehir Ş.	0,21	0,21	0,20	0,20	0,17	0,18	0,18	0,17	0,17	0,30	0,31	0,21
Cırgalan Ş.	0,23	0,20	0,21	0,21	0,17	0,19	0,17	0,17	0,20	0,31	0,30	0,21
Mimarsinan Ş.	0,22	0,26	0,21	0,21	0,21	0,21	0,18	0,17	0,19	0,34	0,31	0,23
Alsancak Ş.	0,19	0,20	0,20	0,21	0,19	0,17	0,17	0,17	0,20	0,31	0,30	0,21
Ortalama	0,20	0,19	0,21	0,17	0,18	0,18	0,17	0,15	0,17	0,29	0,29	0,20
Min	0,07	0,06	0,04	0,04	0,13	0,06	0,06	0,05	0,06	0,00	0,21	0,10
Max	0,29	0,41	0,39	0,39	0,25	0,27	0,25	0,28	0,23	0,34	0,37	0,25

Tablo A5. Depo ve şebekelerden alınan numunelerin nitrat değerleri (mg/L)

Depo Adı	Ocak	Şubat	Mart	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ort.
Yeşil D.	26	25	26	26	27	28	27	26	27	29	27	27
Keykubat D.	16	15	15	15	17	18	17	17	17	17	17	16
Anneler Parkı D.	13	12	11	12	12	13	13	13	13	13	13	12
Konaklar D.	13	12	11	12	12	12	13	12	13	13	13	12
Mahrumlar D1	39	38	34	38	37	40	37	37	38	41	39	38
Kulaklı D.	39	32	34	37	37	39	38	37	38	41	39	37
Mahrumlar D2	39	38	34	34	31	33	35	31	34	38	39	35
Yeni Role D.	16	6	20	18	20	12	19	20	20	23	19	17
Gediris D.	22	17	23	23	23	25	25	25	25	26	25	23
Ali Dağı D.	20	19	19	18	19	21	19	20	20	23	19	19
Eğribucak D.	12	12	13	13	13	13	13	13	13	15	13	13
Mezbahane D.	15	14	10	12	14	16	15	16	16	16	15	13
Beştepeler D.	6	6	6	6	6	7	7	6	7	7	32	9
Höyük D.	6	5	8	5	10	11	10	8	8	7	4	7
Serkent D.	12	14	13	7	13	14	14	15	15	16	16	13
Bostanderesi D.	14	13	12	13	13	14	14	14	14	14	14	14
Talas D.	11	11	7	11	11	12	10	12	11	12	12	11
Kayabağ D.	11	11	9	11	11	12	10	13	11	11	12	11
Ortalama	18	17	17	17	18	19	19	19	19	20	20	18
Min	6	5	6	5	6	7	7	6	7	7	4	7
Max	39	38	34	38	37	40	38	37	38	41	39	38
Şebeke Adı	Ocak	Şubat	Mart	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ort.
Boztepe Ş.	25	25	26	28	26	28	27	26	26	31	28	27
Erkilet Ş.	25	24	23	28	26	28	27	27	26	31	28	27
Sanayi Ş.	30	29	28	30	30	32	30	29	18	29	29	28
Osman Kavuncu Ş.	28	26	28	28	30	30	33	32	31	35	38	31
Selimiye Ş.	18	29	25	28	32	24	32	29	27	31	34	28
Gülistanevler Ş.	19	20	19	17	19	21	19	20	20	23	19	20
Esenyurt Ş.	22	22	23	23	23	26	24	25	24	26	25	24
Mevlana Ş.	18	19	19	18	20	9	17	17	18	23	21	18
Harman Ş.	19	20	19	18	20	18	20	19	19	23	21	20
Çaybağları Ş.	20	22	19	18	20	18	19	16	19	21	21	19
Yeniköy Ş.	31	34	34	32	30	34	33	33	33	36	38	33
Selçuklu Ş.	13	12	12	13	13	13	13	13	12	14	13	13
Eğribucak Ş.	13	12	12	12	13	13	12	13	13	13	13	13
Hacılar Ş.	15	15	15	6	14	16	16	10	16	10	15	13
Yenidoğan Ş.	20	20	17	18	25	11	19	11	22	23	21	19
Cumhuriyet Ş.	13	13	12	12	12	12	12	12	12	13	13	12
Şirintepe Ş.	12	12	12	12	12	12	12	12	12	13	12	12
Demokrasi Ş.	13	13	12	12	13	13	14	14	14	14	14	13
Melikgazi Ş.	11	11	10	11	10	10	9	11	12	12	14	11
K.Mustafa Ş	29	29	28	31	30	32	29	29	25	30	29	29

Kılıçaslan Ş.	11	11	11	11	10	10	9	11	11	11	13	11
Yeni Ş.	15	15	16	15	17	17	17	18	26	17	17	17
Ahi Evran Ş.	12	12	12	12	12	12	12	12	12	13	13	12
Yıldızevler Ş.	11	9	10	12	12	9	12	12	12	13	13	11
Zümrüt Ş.	16	17	15	16	17	17	16	18	19	17	17	17
Köşk Ş.	11	11	10	11	10	10	10	11	12	11	14	11
Hisarcık Ş.	8	7	9	6	7	8	7	7	7	7	8	7
Ziya Gökalp Ş.	15	15	15	16	17	17	17	18	18	18	16	17
Beyazşehir Ş.	13	13	12	12	12	12	12	12	12	13	13	12
Cırgalan Ş.	12	12	13	12	12	12	13	12	12	13	13	12
Mimarsinan Ş.	10	9	10	11	9	9	10	11	12	11	16	11
Alsancak Ş.	12	12	12	12	12	12	13	12	12	12	13	12
Ortalama	17	17	17	17	18	17	18	17	18	19	19	18
Min	8	7	9	6	7	8	7	7	7	7	8	7
Max	31	34	34	32	32	34	33	33	33	36	38	33

Tablo A6. Depo ve şebekelerden alınan numunelerin toplam sertlik değerleri (mg CaCO₃/L)

Depo Adı	Ocak	Şubat	Mart	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ort.
Yeşil D.	180	181	227	194	175	182	195	185	180	201	179	189
Keykubat D.	150	195	198	192	183	187	185	186	205	184	206	188
Anneler Parkı D.	120	122	117	126	107	101	101	113	141	115	139	118
Konaklar D.	110	118	118	114	107	103	101	112	139	118	136	116
Mahrumlar D1	140	156	136	154	150	133	136	142	160	140	176	148
Kulaklı D.	130	134	149	151	142	126	136	119	122	143	162	138
Mahrumlar D2	130	161	127	135	131	113	135	121	135	146	165	136
Yeni Role D.	160	131	139	150	128	140	131	161	150	149	138	143
Gediris D.	160	159	150	163	137	143	151	169	189	150	150	156
Ali Dağı D.	150	162	141	147	132	138	126	139	174	146	145	145
Eğribucak D.	120	101	86	100	83	87	80	108	109	95	103	97
Mezbahane D.	110	100	84	92	78	89	78	104	126	85	102	95
Beştepelere D.	90	83	112	122	82	68	81	70	93	94	156	96
Höyük D.	200	245	255	198	154	198	194	183	264	241	229	215
Serkent D.	120	154	129	142	108	117	117	133	140	130	125	129
Bostanderesi D.	150	146	157	149	128	124	124	143	277	132	139	152
Talas D.	130	129	128	134	104	98	90	110	112	109	114	114
Kayabağ D.	100	140	124	127	103	100	87	113	137	102	124	114
Ortalama	136	145	143	144	124	125	125	134	158	138	149	138
Min	90	83	84	92	78	68	78	70	93	85	102	95
Max	200	245	255	198	183	198	195	186	277	241	229	215
Şebeke Adı	Ocak	Şubat	Mart	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ort.
Boztepe Ş.	170	192	188	198	184	168	176	186	230	204	192	190
Erkilet Ş.	180	193	205	179	177	176	181	187	252	203	196	193
Sanayi Ş.	150	172	161	156	140	140	164	161	165	174	153	158
Osman Kavuncu Ş.	130	112	145	163	125	131	150	139	142	146	145	139
Selimiye Ş.	100	127	126	159	129	112	132	130	122	148	144	130
Gülstaneyler Ş.	150	124	139	163	126	136	135	151	193	145	134	145
Esenyurt Ş.	180	161	150	154	143	144	150	159	173	148	149	155
Mevlana Ş.	160	155	142	187	126	94	136	115	131	143	163	141
Harman Ş.	160	176	138	169	130	130	137	135	154	156	161	150
Çaybağları Ş.	160	148	143	162	130	126	135	62	140	143	157	137
Yeniköy Ş.	150	201	174	140	118	119	124	148	167	147	166	150
Selçuklu Ş.	110	100	83	104	79	91	78	107	105	97	99	96
Eğribucak Ş.	97	108	90	81	79	91	79	108	116	98	102	95
Hacılar Ş.	90	109	83	69	80	88	80	94	80	84	98	87
Yenidoğan Ş.	130	155	155	159	122	94	138	129	156	141	164	140
Cumhuriyet Ş.	120	141	128	158	105	122	116	109	113	124	124	124
Şirintepe Ş.	110	117	132	139	109	117	118	127	114	124	129	121
Demokrasi Ş.	130	158	131	170	122	120	121	136	155	126	139	137
Melikgazi Ş.	130	115	118	154	78	89	93	121	122	109	101	112
K.Mustafa Ş	160	169	167	178	137	132	152	146	131	155	163	153

Kılıçaslan Ş.	140	112	142	179	98	91	88	116	100	111	103	116
Yeni Ş.	190	186	200	178	196	173	176	194	164	217	210	189
Ahi Evran Ş.	120	170	132	162	113	116	116	131	133	126	125	131
Yıldızevler Ş.	120	108	107	143	100	82	117	129	130	121	113	116
Zümrüt Ş.	180	200	205	202	188	171	186	192	211	186	186	192
Köşk Ş.	110	113	113	171	90	92	94	110	115	103	112	111
Hisarcık Ş.	72	78	90	65	57	66	60	145	138	62	94	84
Ziya Gökalp Ş.	190	180	195	171	210	168	172	184	223	196	204	190
Beyazşehir Ş.	120	150	121	178	108	120	117	129	142	119	113	129
Cırgalan Ş.	120	150	130	156	133	120	111	110	159	116	116	129
Mimarsinan Ş.	110	98	117	158	85	83	114	115	89	121	115	110
Alsancak Ş.	120	125	130	163	133	122	118	120	145	118	123	129
Ortalama	136	144	140	155	123	119	127	135	147	138	140	137
Min	72	78	83	65	57	66	60	62	80	62	94	84
Max	190	201	205	202	210	176	186	194	252	217	210	193

Tablo A7. Depo ve şebekelerden alınan numunelerin alkalinite değerleri (mg CaCO₃/L)

Depo Adı	Ocak	Şubat	Mart	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ort.
Yeşil D.	191	179	193	182	165	172	167	198	184	170	169	179
Keykubat D.	145	191	199	166	182	175	180	194	190	167	180	179
Anneler Parkı D.	109	191	113	124	115	113	123	159	133	118	120	130
Konaklar D.	103	186	112	136	117	112	122	140	123	117	118	117
Mahrumlar D1	115	155	161	118	112	110	114	126	126	120	116	125
Kulaklı D.	104	179	156	117	115	109	125	122	122	136	115	126
Mahrumlar D2	109	145	140	110	104	102	115	143	116	114	113	120
Yeni Role D.	124	128	138	150	134	136	136	147	147	145	261	150
Gediris D.	134	162	139	158	130	130	135	152	146	142	146	143
Ali Dağı D.	121	124	141	157	136	134	129	145	151	142	154	139
Eğribucak D.	67	108	66	89	68	75	83	85	72	68	74	79
Mezbahane D.	70	108	75	91	70	74	73	88	78	82	78	80
Beştepelere D.	83	94	138	84	76	71	74	128	102	76	115	97
Höyük D.	250	260	242	314	186	209	227	231	261	252	165	234
Serkent D.	104	128	131	147	121	119	127	170	138	137	129	131
Bostanderesi D.	129	154	144	176	140	154	153	161	155	148	144	151
Talas D.	112	117	108	141	110	106	109	124	126	114	117	117
Kayabağ D.	111	113	110	120	111	104	110	159	128	114	114	118
Ortalama	121	151	139	143	122	123	128	148	139	131	135	134
Min	67	94	66	84	68	71	73	85	72	68	74	79
Max	250	260	242	314	186	209	227	231	261	252	261	234
Şebeke Adı	Ocak	Şubat	Mart	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ort.
Boztepe Ş.	156	155	219	185	165	160	166	189	189	179	176	176
Erkilet Ş.	146	145	208	179	161	160	169	189	188	178	168	172
Sanayi Ş.	105	154	172	157	125	113	116	139	181	130	122	138
Osman Kavuncu Ş.	103	101	135	126	110	115	107	133	117	110	120	116
Selimiye Ş.	98	116	143	154	114	92	114	126	119	109	121	119
Gülstaneyler Ş.	122	122	141	154	132	131	132	144	145	144	153	138
Esenyurt Ş.	130	193	140	150	131	140	138	154	142	145	152	147
Mevlana Ş.	101	138	140	158	135	103	141	152	148	132	143	136
Harman Ş.	128	141	138	190	150	127	135	181	143	136	144	147
Çaybağları Ş.	127	190	137	144	151	130	134	145	144	131	145	144
Yeniköy Ş.	104	133	146	124	108	102	104	131	122	123	120	120
Selçuklu Ş.	54	89	69	85	65	77	73	85	70	71	72	74
Eğribucak Ş.	66	111	72	87	68	72	72	84	76	84	71	78
Hacılar Ş.	80	101	72	57	70	77	82	78	83	63	71	76
Yenidoğan Ş.	123	148	134	145	165	106	136	126	145	139	145	138
Cumhuriyet Ş.	104	127	114	126	126	112	114	126	123	121	120	119
Şirintepe Ş.	111	124	162	133	132	111	117	157	120	124	158	132
Demokrasi Ş.	142	152	117	195	159	144	147	183	150	152	156	154
Melikgazi Ş.	106	119	157	137	103	90	99	120	120	114	123	117
K.Mustafa Ş	122	161	177	150	123	115	126	142	132	128	119	136

Kılıçaslan Ş.	113	115	128	172	104	97	92	121	120	116	120	118
Yeni Ş.	155	191	216	309	185	157	172	192	124	220	194	192
Ahi Evran Ş.	102	121	196	140	123	106	243	138	123	124	113	139
Yıldızevler Ş.	102	116	149	134	119	89	114	131	134	122	112	120
Zümrüt Ş.	154	184	214	193	184	166	160	171	199	176	170	179
Köşk Ş.	102	121	183	127	113	94	114	129	123	117	119	122
Hisarcık Ş.	56	78	47	59	50	47	47	59	62	85	152	67
Ziya Gökalp Ş.	156	186	194	177	176	168	172	207	183	182	169	179
Beyazşehir Ş.	106	127	157	143	130	113	114	140	120	132	115	127
Cırgalan Ş.	107	120	178	138	120	108	118	130	120	117	118	125
Mimarsinan Ş.	108	109	155	137	100	89	114	155	119	112	116	119
Alsancak Ş.	117	122	147	142	122	112	123	158	122	120	116	127
Ortalama	113	135	149	147	126	113	125	141	131	129	132	131
Min	54	78	47	57	50	47	47	59	62	63	71	67
Max	156	193	219	309	185	168	243	207	199	220	194	192

Tablo A8. Depo ve şebekelerden alınan numunelerin toplam organik karbon değerleri (mg/L)

Depo Adı	Ocak	Şubat	Mart	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ort.
Yeşil D.	0,17	0,28	0,57	0,48	1,76	0,70	0,55	1,11	0,43	1,79	0,80	0,79
Keykubat D.	0,10	0,14	0,33	1,01	1,43	0,48	0,73	1,15	0,24	0,4	0,87	0,63
Anneler Parkı D.	0,08	0,18	0,23	0,33	1,68	0,14	0,54	1,60	0,29	1,12	0,77	0,58
Konaklar D.	0,09	0,06	0,39	0,32	1,8	0,21	0,91	1,40	0,16	0,64	0,81	0,62
Mahrumlar D1	0,22	0,21	0,96	0,65	1,81	0,41	0,5	1,04	0,39	0,25	0,68	0,69
Kulaklı D.	0,26	0,02	0,60	0,6	2,27	0,31	0,7	1,14	0,46	0,45	1,08	0,74
Mahrumlar D2	0,21	0,08	0,83	0,57	1,97	0,33	0,44	1,37	0,68	0,37	0,69	0,72
Yeni Role D.	0,39	0,51	0,34	0,31	0,46	0,51	0,36	0,78	1,29	0,3	0,44	0,54
Gediris D.	0,44	0,40	0,31	0,29	0,37	0,73	0,87	0,79	0,69	0,27	0,60	0,55
Ali Dağı D.	0,26	0,25	0,22	0,33	0,37	0,46	0,8	0,88	0,59	0,3	0,37	0,45
Eğribucak D.	0,76	0,75	0,47	0,37	0,57	0,65	1,46	0,75	1,19	0,38	0,81	0,78
Mezbahane D.	0,40	0,72	0,24	1,4	0,52	0,57	0,34	0,35	0,75	0,22	0,61	0,59
Beştepeler D.	0,20	0,23	0,44	0,53	1,25	0,37	0,6	0,84	0,55	0,28	0,68	0,57
Höyük D.	0,08	0,22	0,30	0,22	0,22	0,57	0,8	0,69	0,61	0,13	0,15	0,39
Serkent D.	0,08	0,25	0,14	1,02	0,44	0,38	0,31	0,72	0,23	0,32	0,46	0,40
Bostanderesi D.	0,08	0,33	0,15	0,3	0,15	0,57	0,92	0,55	0,43	0,38	0,28	0,38
Talas D.	0,70	0,22	0,15	0,29	1,53	0,20	0,42	2,01	0,80	0,93	1,10	0,74
Kayabağ D.	0,08	0,06	0,11	0,36	2,67	0,13	0,65	2,27	0,36	1,1	0,76	0,74
Ortalama	0,26	0,27	0,38	0,52	1,18	0,43	0,66	1,08	0,56	0,54	0,66	0,60
Min	0,08	0,02	0,11	0,22	0,15	0,13	0,31	0,35	0,16	0,13	0,15	0,38
Max	0,76	0,75	0,96	1,40	2,67	0,73	1,46	2,27	1,29	1,79	1,10	0,79
Şebeke Adı	Ocak	Şubat	Mart	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ort.
Boztepe Ş.	0,08	0,24	0,19	0,57	1,63	0,40	0,37	1,09	0,69	0,52	0,78	0,60
Erkilet Ş.	0,11	0,30	0,51	0,49	1,94	0,42	0,48	3,97	0,77	0,48	0,76	0,93
Sanayi Ş.	0,18	0,64	0,54	0,36	0,46	0,38	0,67	0,67	0,41	0,25	0,95	0,50
Osman Kavuncu Ş.	0,18	0,40	0,39	0,28	0,85	0,52	0,62	0,68	0,51	0,18	0,85	0,50
Selimiye Ş.	0,20	0,43	0,36	0,31	0,53	0,59	0,66	0,92	0,52	0,27	0,90	0,52
Gülistanevler Ş.	0,20	0,23	0,80	0,51	0,41	0,92	0,71	0,92	0,72	0,31	0,33	0,55
Esenyurt Ş.	0,64	0,39	0,22	0,37	0,35	0,74	0,49	0,57	0,77	0,23	0,35	0,47
Mevlana Ş.	0,50	0,24	0,22	0,36	0,67	0,35	0,67	0,45	0,39	0,27	0,40	0,41
Harman Ş.	0,53	0,31	0,69	0,24	0,23	0,74	0,48	0,80	0,31	0,33	0,45	0,46
Çaybağları Ş.	0,77	0,38	0,41	0,21	0,25	0,47	0,83	0,61	0,38	0,27	0,47	0,46
Yeniköy Ş.	0,24	0,58	0,38	1,07	2,24	0,35	0,56	1,24	0,52	0,28	0,58	0,73
Selçuklu Ş.	0,26	0,50	0,39	0,42	0,85	0,81	0,83	0,60	0,81	0,36	0,60	0,58
Eğribucak Ş.	0,30	0,63	0,36	0,65	0,6	0,85	0,84	0,48	0,83	0,38	0,57	0,59
Hacılar Ş.	0,24	0,49	0,35	0,58	0,62	0,53	0,81	0,47	0,32	0,36	0,41	0,47
Yenidoğan Ş.	0,19	0,37	0,23	0,32	0,44	0,24	0,47	0,27	0,41	0,35	0,44	0,34
Cumhuriyet Ş.	0,08	0,13	0,17	0,18	0,22	0,33	0,38	0,79	0,31	0,21	0,69	0,32
Şirintepe Ş.	0,08	0,16	0,49	0,31	0,14	0,35	0,29	0,52	0,15	0,24	0,59	0,30
Demokrasi Ş.	0,08	0,21	0,12	0,21	0,56	0,28	0,41	0,71	0,26	0,19	0,21	0,29
Melikgazi Ş.	0,28	0,08	0,45	0,16	0,17	0,27	0,47	0,78	0,28	0,25	0,35	0,32
K.Mustafa Ş	0,46	0,50	0,44	0,25	0,42	0,55	0,52	0,54	0,62	0,22	0,72	0,48

Kılıçaslan Ş.	0,19	0,08	0,29	0,32	0,43	0,48	0,74	0,44	0,31	0,29	0,31	0,35
Yeni Ş.	0,18	0,24	0,15	0,3	0,31	0,81	0,38	1,38	0,50	0,33	0,67	0,48
Ahi Evran Ş.	0,08	0,16	0,79	0,38	0,33	0,23	0,46	0,55	0,35	0,23	0,57	0,38
Yıldızevler Ş.	0,10	0,65	0,24	0,21	0,79	0,44	0,33	0,46	0,42	0,24	0,49	0,40
Zümrüt Ş.	0,26	0,28	0,15	0,31	0,52	0,41	0,44	0,76	0,32	0,27	1,05	0,43
Köşk Ş.	0,43	0,08	0,40	0,13	0,22	0,21	0,49	0,63	0,35	0,3	0,41	0,33
Hisarcık Ş.	0,50	0,53	0,52	0,39	0,43	0,55	0,95	0,65	0,40	0,45	0,25	0,51
Ziya Gökalp Ş.	0,25	0,17	0,33	0,46	1,15	0,31	0,32	1,22	0,37	0,3	0,52	0,49
Beyazşehir Ş.	0,19	0,16	0,43	0,23	0,75	0,37	0,46	0,67	0,24	0,21	0,64	0,40
Cırgalan Ş.	0,11	0,18	0,39	0,15	0,23	0,39	0,46	0,72	0,20	0,3	0,34	0,32
Mimarsinan Ş.	0,15	0,55	0,23	0,12	0,2	0,47	0,39	0,77	0,83	0,23	0,91	0,44
Alsancak Ş.	0,09	0,31	0,21	0,24	0,28	0,38	0,39	1,50	0,27	0,27	0,36	0,39
Ortalama	0,25	0,33	0,37	0,35	0,60	0,47	0,54	0,84	0,45	0,29	0,56	0,46
Min	0,08	0,08	0,12	0,12	0,14	0,21	0,29	0,27	0,15	0,18	0,21	0,29
Max	0,77	0,65	0,80	1,07	2,24	0,92	0,95	3,97	0,83	0,52	1,05	0,93

Tablo A9. Depo ve şebekelerden alınan numunelerin serbest klor değerleri (mg/L)

Depo Adı	Ocak	Şubat	Mart	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ort.
Yeşil D.	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2
Keykubat D.	0,4	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,3	0,2
Anneler Parkı D.	0,5	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,3	0,3	0,3
Konaklar D.	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Mahrumlar D1	0,3	0,5	0,3	0,4	0,2	0,3	0,2	0,2	0,4	0,3	0,2	0,3
Kulaklı D.	0,5	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3
Mahrumlar D2	0,3	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2
Yeni Role D.	0,3	0,3	0,4	0,2	0,3	0,3	0,2	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2
Gediris D.	0,4	0,4	0,5	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2
Ali Dağı D.	0,4	0,2	0,4	0,1	0,2	0,2	0,3	0,2	0,1	0,3	0,2	0,2
Eğribucak D.	0,4	0,5	0,2	0,2	0,2	0,1	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Mezbahane D.	0,0	0,0	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,3	0,2	0,1
Beştepeler D.	0,5	0,3	0,3	0,1	0,2	0,4	0,1	0,2	0,1	0,3	0,2	0,3
Höyük D.	0,3	0,5	0,3	0,1	0,2	0,1	0,3	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2
Serkent D.	0,4	0,3	0,3	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,4	0,1	0,3
Bostanderesi D.	0,5	0,4	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,3	0,2	0,2
Talas D.	0,4	0,4	0,4	0,2	0,2	0,3	0,1	0,3	0,2	0,2	0,2	0,3
Kayabağ D.	0,4	0,5	0,3	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2
Ortalama	0,4	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2
Min	0,0	0,0	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Max	0,5	0,5	0,5	0,4	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,3
Şebeke Adı	Ocak	Şubat	Mart	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ort.
Boztepe Ş.	0,5	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,3	0,2	0,2
Erkilet Ş.	0,4	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3	0,2
Sanayi Ş.	0,3	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2
Osman Kavuncu Ş.	0,3	0,4	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2
Selimiye Ş.	0,4	0,4	0,4	0,2	0,2	0,3	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2
Gülistanerler Ş.	0,5	0,3	0,3	0,3	0,3	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2
Esenyurt Ş.	0,4	0,4	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2
Mevlana Ş.	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2
Harman Ş.	0,3	0,2	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2	0,3	0,3	0,2
Çaybağları Ş.	0,2	0,3	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,3	0,2
Yeniköy Ş.	0,5	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3
Selçuklu Ş.	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2
Eğribucak Ş.	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Hacılar Ş.	0,5	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2
Yenidoğan Ş.	0,2	0,4	0,3	0,4	0,4	0,3	0,2	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3
Cumhuriyet Ş.	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2	0,1	0,2	0,3	0,3	0,3
Şirintepe Ş.	0,4	0,3	0,4	0,3	0,3	0,2	0,1	0,1	0,3	0,3	0,2	0,3
Demokrasi Ş.	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,1	0,3
Melikgazi Ş.	0,3	0,5	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,4	0,2	0,3
K.Mustafa Ş	0,4	0,5	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,3	0,2	0,2

Kılıçaslan Ş.	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,3	0,4	0,3	0,3
Yeni Ş.	0,3	0,3	0,4	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2	0,3	0,2	0,2
Ahi Evran Ş.	0,5	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2	0,3
Yıldızevler Ş.	0,4	0,5	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,4	0,2	0,3
Zümrüt Ş.	0,4	0,5	0,4	0,2	0,2	0,3	0,2	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3
Köşk Ş.	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2	0,4	0,2	0,3
Hisarcık Ş.	0,4	0,5	0,4	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,3
Ziya Gökalp Ş.	0,4	0,4	0,3	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2
Beyazşehir Ş.	0,3	0,5	0,4	0,4	0,4	0,2	0,2	0,1	0,2	0,4	0,3	0,3
Cırgalan Ş.	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,3
Mimarsinan Ş.	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,4	0,3
Alsancak Ş.	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2	0,1	0,2	0,3	0,2	0,3
Ortalama	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2	0,3	0,2	0,3
Min	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2
Max	0,5	0,5	0,4	0,5	0,5	0,3	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3

Tablo A10. Depo ve şebekelerden alınan numunelerin THM değerleri (µg/L)

Depo Adı	Ocak	Şubat	Mart	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ort.
Yeşil D.	5	3	3	8	13	0	5	8	5	11	10	6
Keykubat D.	4	2	3	4	0	9	5	6	4	1	10	4
Anneler Parkı D.	2	6	1	4	8	8	5	7	5	7	6	5
Konaklar D.	4	5	1	4	8	8	5	5	5	5	7	5
Mahrumlar D1	7	7	2	8	17	12	6	8	9	14	10	9
Kulaklı D.	6	5	1	10	8	13	6	7	8	13	10	8
Mahrumlar D2	6	4	2	10	14	13	6	7	9	13	12	9
Yeni Role D.	5	5	2	10	9	5	0	10	7	10	11	7
Gediris D.	6	4	2	11	8	13	6	8	8	14	9	8
Ali Dağı D.	6	6	3	10	9	10	5	10	8	12	9	8
Eğribucak D.	5	7	3	13	10	11	5	12	8	1	10	8
Mezbahane D.	0	6	4	0	7	5	0	1	4	14	6	4
Beştepeler D.	7	2	2	6	6	5	6	1	5	9	5	5
Höyük D.	3	3	3	3	6	5	5	10	5	5	7	5
Serkent D.	2	3	4	4	7	0	5	3	5	5	8	5
Bostanderesi D.	5	3	5	3	7	0	0	7	4	6	7	4
Talas D.	4	8	3	4	11	9	5	5	5	1	6	5
Kayabağ D.	3	2	3	4	4	10	5	4	4	1	6	4
Ortalama	4	5	3	6	8	8	5	7	6	8	8	6
Min	0	2	1	0	0	0	0	1	4	1	5	4
Max	7	8	5	13	17	13	6	12	9	14	12	9
Şebeke Adı	Ocak	Şubat	Mart	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ort.
Boztepe Ş.	6	7	2	7	14	5	6	9	6	12	9	8
Erkilet Ş.	5	5	2	6	13	8	6	8	6	14	8	7
Sanayi Ş.	7	7	2	12	15	13	7	6	8	17	11	10
Osman Kavuncu Ş.	5	8	2	11	14	12	7	5	8	11	16	9
Selimiye Ş.	6	8	2	12	9	12	9	6	8	9	10	8
Gülistane Ş.	4	5	2	10	9	5	0	11	5	12	9	7
Esenyurt Ş.	7	4	2	11	0	11	7	11	6	9	11	7
Mevlana Ş.	6	6	2	12	6	8	7	8	7	10	13	8
Harman Ş.	6	0	2	11	11	18	7	9	8	12	9	8
Çaybağları Ş.	8	8	3	29	11	17	7	11	12	10	10	11
Yeniköy Ş.	7	8	4	10	9	13	7	6	9	13	11	9
Selçuklu Ş.	6	9	4	16	10	12	12	16	10	14	14	11
Eğribucak Ş.	8	1	3	15	8	11	6	13	8	15	7	9
Hacılar Ş.	6	3	0	11	6	6	6	11	6	16	9	7
Yenidoğan Ş.	8	3	0	11	11	10	7	3	8	10	14	8
Cumhuriyet Ş.	3	3	0	5	7	10	5	3	6	42	6	8
Şirintepe Ş.	3	4	0	5	9	9	0	3	6	7	7	5
Demokrasi Ş.	6	4	5		12	6	5	3	8	4	7	6
Melikgazi Ş.	3	3	4	5	0	15	6	3	7	4	5	5
K.Mustafa Ş	7	7	5	13	16	13	8	5	11	10	13	10

Kılıçaslan Ş.	3	9	3	4	7	10	6	5	8	14	5	7
Yeni Ş.	4	8	3	6	9	11	5	3	9	8	7	7
Ahi Evran Ş.	2	8	1	5	7	12	5	2	8	4	7	5
Yıldızevler Ş.	2	2	2	4	8	13	5	3	7	4	5	5
Zümrüt Ş.	3	2	1	7	10	11	6	3	8	4	6	5
Köşk Ş.	2	4	1	5	9	5	6	5	7	14	6	6
Hisarcık Ş.	6	6	2	14	5	11	6	10	10	16	9	9
Ziya Gökalp Ş.	3	3	2	5	3	9	5	4	7	5	7	5
Beyazşehir Ş.	3	3	2	5	7	10	12	3	9	4	6	6
Cırgalan Ş.	5	4	2	5	9	6	5	3	8	17	6	6
Mimarsinan Ş.	4	3	2	4	10	11	5	3	9	5	6	6
Alsancak Ş.	3	3	4	5	7	5	6	3	8	5	5	5
Ortalama	5	5	2	9	9	10	6	6	8	11	9	7
Min	2	0	0	4	0	5	0	2	5	4	5	5
Max	8	9	5	29	16	18	12	16	12	42	16	11