

**T.C.
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ADANA İLİNDE İÇİLEN İÇME SULARININ ALÜMİNYUM
DÜZEYLERİNİN BELİRLENMESİ**

Dyt. Mehmet Miktat DOĞAR

**Toplu Beslenme Sistemleri Programı
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ANKARA
2018**

**T.C.
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ADANA İLİNDE İÇİLEN İÇME SULARININ ALÜMİNYUM
DÜZEYLERİNİN BELİRLENMESİ**

Dyt. Mehmet Miktat DOĞAR

**Toplu Beslenme Sistemleri Programı
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**TEZ DANIŞMANI
Doç. Dr. Derya DİKMEN**

ANKARA

2018

ONAY SAYFASI

**ADANA İLİNDE İÇİLEN İÇME SULARININ
ALÜMİNYUM DÜZEYLERİNİN BELİRLENMESİ**

Öğrenci: Mehmet Miklat Doğar

Danışman: Doç. Dr. Derya Dikmen

Bu tez çalışması 13.09.2018 tarihinde jürimiz tarafından "Toplu Beslenme Sistemleri Programı" nda yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı:

Doç. Dr. Makbule Gezmen Karadağ
Gazi Üniversitesi



Tez Danışmanı:

Doç. Dr. Derya Dikmen
Hacettepe Üniversitesi



Üye:

Doç. Dr. Mevlüde Kızıl
Hacettepe Üniversitesi



Bu tez Hacettepe Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca yukarıdaki jüri tarafından uygun bulunmuştur.

04 Ekim 2018


Prof. Dr. Diclehan Orhan
Enstitü Müdürü

YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin/raporumun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kağıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma iznini Hacettepe Üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alınarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayınlanan "**Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge**" kapsamında tezim aşağıda belirtilen koşullar haricince YÖK Ulusal Tez Merkezi / H.Ü. Kütüphaneleri Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

- Enstitü / Fakülte yönetim kurulu kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren 2 yıl ertelenmiştir. ⁽¹⁾
- Enstitü / Fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren 6 ay ertelenmiştir. ⁽²⁾
- Tezimle ilgili gizlilik kararı verilmiştir. ⁽³⁾

30 /09/2018



Mehmet Miktat DOĞAR

¹"**Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge**"

(1) **Madde 6. 1. Lisansüstü teze ilgili patent başvurusu yapılması veya patent alma sürecinin devam etmesi durumunda, tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulu iki yıl süre ile tezin erişime açılmasının ertelenmesine karar verebilir.**

(2) **Madde 6. 2. Yeni teknik, materyal ve metotların kullanıldığı, henüz makaleye dönüşmemiş veya patent gibi yöntemlerle korunmamış ve internetten paylaşılması durumunda 3. şahıslara veya kurumlara haksız kazanç imkanı oluşturabilecek bilgi ve bulguları içeren tezler hakkında tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile altı ayı aşmamak üzere tezin erişime açılması engellenebilir.**

(3) **Madde 7. 1. Ulusal çıkarları veya güvenliği ilgilendiren, emniyet, istihbarat, savunma ve güvenlik, sağlık vb. konulara ilişkin lisansüstü tezlerle ilgili gizlilik kararı, tezin yapıldığı kurum tarafından verilir *. Kurum ve kuruluşlarla yapılan işbirliği protokolü çerçevesinde hazırlanan lisansüstü tezlere ilişkin gizlilik kararı ise, ilgili kurum ve kuruluşun önerisi ile enstitü veya fakültenin uygun görüşü üzerine üniversite yönetim kurulu tarafından verilir. Gizlilik kararı verilen tezler Yükseköğretim Kuruluna bildirilir.**

Madde 7.2. Gizlilik kararı verilen tezler gizlilik süresince enstitü veya fakülte tarafından gizlilik kuralları çerçevesinde muhafaza edilir, gizlilik kararının kaldırılması halinde Tez Otomasyon Sistemine yüklenir

*** Tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulu tarafından karar verilir.**

ETİK BEYAN

Bu çalışmadaki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, kullandığım verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı, yararlandığım kaynaklara bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu, tezimin kaynak gösterilen durumlar dışında özgün olduğunu, Doç. Dr. Derya DİKMEN danışmanlığında tarafımdan üretildiğini ve Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Yönergesine göre yazıldığını beyan ederim.



Dyt. Mehmet Miktat DOĞAR

TEŞEKKÜR

Tez çalışması sürecinde değerli yardımlarıyla beni yönlendiren tez danışmanım, kıymetli hocam Sayın Doç. Dr. Derya DİKMEN'e ,

Tez stresini benimle birlikte yaşayan ve bana sabır gösteren, beni destekleyen sevgili aileme ve iş arkadaşlarıma,

Tez çalışmasının laboratuvar kısmında bana sabırla her şeyi öğreten, analizlerimi yapmamda yardımcı olan Adana Halk Sağlığı Hizmetleri Başkan Yardımcısı Dr. Ali Tanju ALTUNSU'ya, Adana Halk Sağlığı Laboratuvarı Sorumlusu Uzm. Dr. Deniz Pekmezci'ye, Kimyager Murat TOPÇU'ya, Yüksek Kimyager Cansel BİLSEL'e, Kimyager Ebubekir GÜLOĞLU'na ve Kimyager Doğuş AKKAYA'ya,

Tez yazımında desteğini esirgemeyen Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Beslenme ve Diyetetik Bölümü Araş. Gör. Dr. Elif İnan EROĞLU'na, Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Dr. Öğr. Üyesi Yusuf KUVVETLİ'ye, Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Beslenme ve Diyetetik Bölümü Araş. Gör. Özge Mengi ÇELİK ve eşine, Adana İl Sağlık Müdürlüğü Sosyal Çalışmacı Kemal BALICA'ya, Elektrik-Elektronik Mühendisi ve Bilgisayar Mühendisi Çağdaş TATAR'a,

Çok teşekkür ederim.

ÖZET

DOĞAR, M.M., Adana İlinde İçilen İçme Sularının Alüminyum Düzeylerinin Belirlenmesi. Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Toplu Beslenme Sistemleri Programı Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 2018. Bu araştırmada Adana ilindeki içme suyu dağıtım sistemlerindeki metal ve plastik borulardan gelen içme sularının alüminyum içeriklerinin farklı olup olmadıklarının tespiti, içme sularının alüminyum, pH ve iletkenlik değerlerinin dünya ve ülkemiz standartlarına uygun olup olmadığının tespiti, ayrıca suların pH'sı ile sulardaki alüminyum arasında ilişki olup olmadığının tespiti amaçlanmıştır. Araştırma için Çatalan Barajı'ndan 1 adet, Çatalan Barajı'nın içme sularına kaynaklık ettiği Çukurova, Seyhan, Yüreğir ve Sarıçam ilçelerinde belirlenen 40'1 metal boru, 40'1 plastik boru kaynaklı içme sularından olmak üzere 80 adet ve doğal kaynak sularından 3 adet olmak üzere toplamda 84 adet numune toplanmıştır. Suların pH ve iletkenlikleri elektrot tutuculu çift kanallı laboratuvar tipi dijital multimetre ile, alüminyum içerikleri ICP-MS cihazı ile analiz edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre toplanan tüm numunelerin pH, iletkenlik ve alüminyum değerleri ulusal ve uluslararası standartlara uygun çıkmıştır. Şebeke ve doğal kaynak sularının pH değerleri sırasıyla $7,92\pm 0,15$ ve $7,88\pm 0,29$ olarak tespit edilmiştir. Şebekeye su sağlayan ana barajdan alınan numunede alüminyum tespit edilmemiştir. Buna karşın metal borulardan alınan su örneklerindeki alüminyum $2,43\pm 1,86$ µg/L iken plastik borulardan alınan numunelerde alüminyum tespit edilmemiştir. Bu durum metal borulardan içme sularına alüminyum geçtiğini göstermektedir. pH ile alüminyum düzeyi arasında pozitif bir korelasyon bulunmuştur ($p<0.05$). Araştırmanın sonucu içme suyu dağıtım sistemlerindeki metal borulardan içme sularına alüminyum geçişi olduğunu göstermiştir. Ağır metal kontaminasyonunu önleyebilmek ve güvenli içme suyunu sağlayabilmek için şehirlerde içme suyu dağıtım sistemlerinde kullanılan metal boruların yerine plastik boruların kullanımı önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Alüminyum, pH, içme suyu, içme suyu dağıtım sistemi

ABSTRACT

DOĞAR, M.M., Determination of Aluminum Levels of Drinking Waters in Adana Province. Hacettepe University Graduate School Health Sciences, M.Sc. Thesis in Food Service Systems Programme, Ankara, 2018. In this study, determination of aluminum contents of drinking water from metal and plastic pipes in drinking water distribution systems, pH and conductivity values of drinking water and also the relationship between pH and aluminum content of the water in Adana province was aimed. For the research, totally 84 were analyzed of which; 80 samples from plastic and metal pipes of Çukurova, Seyhan, Yüreğir and Sarıçam districts 3 samples from natural spring water and 1 sample from Çatalan Dam. The pH and conductivities of the waters were analyzed by electrode-holding dual-channel laboratory type digital multimeter, aluminum contents were analyzed by ICP-MS. According to the analysis results, the pH, conductivity and aluminum values of all samples collected comply with the national and international standards. The pH values of mains and natural spring waters were 7.92 ± 0.15 and 7.88 ± 0.29 , respectively. Aluminum is not detected in the sample taken from the main dam providing water to the network. On the other hand, the mean aluminum content in the water samples taken from the metal pipes was 2.43 ± 1.86 µg/L, while the mean aluminum content in the samples taken from the plastic pipes was 0 µg/L. This indicates that aluminum is passing through drinking water from metal pipes. There was a positive correlation between pH and aluminum ($p < 0.05$). As a result of this research, the water from metal pipes contain aluminum and the material of the water pipes is a risk for aluminum contamination. In order to provide safe drinking water, plastic pipes instead of metal pipes should be used in drinking water distribution systems of the cities.

Key Words: Aluminum, pH, drinking water, drinking water distribution system

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ONAY SAYFASI	iii
YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYAN SAYFASI	iv
ETİK BEYAN SAYFASI	v
TEŞEKKÜR	vi
ÖZET	vii
ABSTRACT	viii
İÇİNDEKİLER	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR	xi
ŞEKİLLER	xii
TABLolar	xiii
1. GİRİŞ	1
1.1. Kuramsal Yaklaşımlar ve Kapsam	1
1.2. Amaçlar ve Varsayım	2
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Alüminyumun Genel Özellikleri	4
2.2. Alüminyum Kaynakları ve Alüminyumun Vücuda Alımı	7
2.3. İçme Sularındaki Alüminyum	12
2.4. Alüminyumun Sağlığa Etkileri	15
3. GEREÇ VE YÖNTEM	19
3.1. Su Numunelerinin Toplanması	19
3.2. Yöntem	20
3.2.1. pH ve İletkenlik Analizi	20
3.2.2. Alüminyum İçeriğinin Belirlenmesi	20
3.2.3. Bireylerin Sulardan Alüminyuma Maruziyet Düzeylerinin Hesaplanması	21
3.2.4. İstatistiksel Analiz	21
4. BULGULAR	22
4.1. Numunelerin Genel Özellikleri	22
4.2. Numunelerin Boru Cinslerine Göre İçerikleri	27
4.3. Su İçin Önerilen Yeterli Alım Miktarına Göre Alüminyum Maruziyetinin Hesaplanması	30
5. TARTIŞMA	32

6. SONUÇ VE ÖNERİLER	36
6.1. Sonuç	36
6.2. Öneriler	37
7. KAYNAKLAR	38
8. EKLER	
EK-1: Adana İli Dört Merkez İlçesine Göre İçme Suyu Şebeke Hattı	
EK-2: Tez Çalışması Orjinallik Raporu	
9. ÖZGEÇMİŞ	

SİMGELER VE KISALTMALAR

$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Mikrogram/Metrekare
$\mu\text{g}/\text{L}$	Mikrogram/Litre
$\mu\text{S}/\text{cm}$	Mikrosiemens/Santimetre
Al	Alüminyum
Al_2O_3	Alüminyum Oksit, Alümina
$\text{Al}(\text{OH})_3$	Alüminyum Hidroksit
ALS	Amyotropik Lateral Skleroz
ATSSR	Zehirli Maddeler ve Hastalıklar Kayıt Ajansı
DSÖ	Dünya Sağlık Örgütü
EAAS	Elektrotermal AtomikAabsorpsiyon Spektrometresi
EEC	Avrupa Ekonomi Topluluğu
EFSA	Avrupa Gıda Güvenliği Kurumu
F-AAS	Alev Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresi
FAO	Gıda ve Tarım Örgütü
FDA	Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi
GF-AAS	Grafit Fırın - Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresi
HNO_3	Nitrik Asit
ICP-AES	İndüktif Eşleşmiş Plazma - Atomik Emisyon Spektrofotometresi
ICP-MS	İndüktif Eşleşmiş Plazma - Kütle Spektrofotometresi
JECFA	Gıda Katkı Maddeleri Ekspert Komitesi
LOAEL	En Az Yan Etki Gözlenen Seviye
mg/kg	Milligram/Kilogram
mg/L	Miligram/Litre
MRL	Minimal Risk Seviyesi
NOAEL	Yan Etki Gözlenmeme Seviyesi
PACL	Polialüminyum Klorür
PTWI	Geçici Tolere Edilebilir Haftalık Alım
TfR-ME	Transferrin-reseptör aracılı endositoz
USEPA	Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Kuruluşu

ŞEKİLLER

Şekil		Sayfa
2.1.	Alüminyum döngüsü	6
3.1.	Alüminyum için kalibrasyon grafiği	21

TABLolar

Tablo		Sayfa
2.1.	İnsanların alüminyuma maruz kaldığı kaynaklar	8
2.2.	İnsanların maruz kaldığı bazı Al kaynakları, kaynaktaki Al konsantrasyonu, kaynaktan günlük Al maruziyeti, kaynaktan tahmin edilen biyoyararlanım ve hesaplanan günlük emilen Al miktarı	10
2.3.	Yetişkin popülasyonun farklı beslenme kaynaklarına göre ortalama alüminyuma maruz kalma değerleri	11
2.4.	İçme suyundaki alüminyum ile ilgili standartlar	13
4.1.	Toplanan numunelerin genel özellikleri	22
4.2.	Su kaynaklarına göre numunelerin alüminyum, ph ve iletkenlik değerleri	24
4.3.	Alüminyum ile pH ve iletkenlik arasındaki ilişki	24
4.4.	İlçelerden toplanan numunelerin ilçelere göre alüminyum, pH ve iletkenlik değerleri	26
4.5.	Alınan numunelerin boru cinslerine göre alüminyum, pH ve iletkenlik değerleri	28
4.6.	Metal ve plastik boru kaynaklı numunelerin alüminyum içerikleri	29
4.7.	Şebeke sularında örnek alınan yerlere göre alüminyum içerikleri	30
4.8.	Alüminyum İçeren Şebeke Sularından Alüminyum Maruziyeti	31

1. GİRİŞ

1.1. Kuramsal Yaklaşımlar ve Kapsam

İnsanlar dünyada yaşamın var olmasından bu yana çevreyle ilişki içindedir. Bu ilişki gün geçtikçe artmaktadır. Eski zamanlardan beri yapıldığı bilinen madencilik Sanayi Devrimi ile yaşamın daha da içine girmiştir. Madencilikten elde edilen ürünlerin günlük hayatımızda kullanımını artmıştır. Maden sahalarında çalışanların sağlığına olumsuz etkisi bilinen madenlerdeki elementlerin ve bileşiklerin sanayileşmeyle artan kullanımları sonucu insanların bu kimyasallara maruziyeti artmıştır. Bu maruziyetin artmasından dolayı insanlarda çok çeşitli sağlık sorunları ortaya çıkmıştır (1).

Yaygın olarak bulunan madenlerden alüminyumun dünyadaki kullanım alanı çok geniştir; bu nedenle insanların alüminyuma maruziyeti fazladır. Maruziyetin fazla olmasından dolayı vücutta meydana gelen alüminyum toksisitesi çeşitli hastalıkların sebebi olmuştur (2).

Vücuda alüminyum alımının ana kaynağı diyetdir. Alüminyum diyetle; alüminyumdan zengin besinlerle, alüminyum kaplarla temas eden besinlerle, içme suyuyla ve ilaçlarla alınmaktadır (2, 3).

Alüminyumun önemli kullanım alanlarından birisi içme sularıdır. İçme sularının arıtımında alüminyum bileşikleri kullanılmaktadır. İçme sularından alüminyuma maruziyetin minimum seviyeye indirilebilmesi için Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) içme suyu arıtımında kullanılan alüminyum bileşiklerinin belirli oranda kullanılmasını ve arıtmadan sonraki alüminyum seviyesinin 0.2 mg/L'yi aşmaması gerektiğini bildirmiştir (4, 5).

Şehirler içme suyu dağıtım şebekelerine sahiptirler ve bu şebekeler uzun yıllar şehirlere hizmet etmektedir. İçme suyu dağıtım sistemlerinin uzun kalış süreleri, nitrifikasyon, iç korozyon ve biyofilm büyümesi gibi birçok kompleks reaksiyona neden olmaktadır ve bu durum da borularda tartar oluşmasına neden olmaktadır. Bu nedenle borulardaki tartarlar genellikle korozyondan, biyofilmden, birikintilerden ve tüberküllerden oluşmaktadır (6). Dağıtım şebekelerinde, metallerin redoks aktif türlerinden kaynaklanan korozyon bir borunun kaplamasını bozabilir. Bu redoks tepkimeleri metali borudan salıveren çözünmeye neden olabilmektedir (7).

Alüminyumun dökme demir borular, kurşun borular, plastik borular ve çimento harçla kaplanmış borular içerisinde korozyon skalalarında ve borularda oluşan çökeltilerde var olduğu rapor edilmiştir (8).

Sulardaki alüminyum seviyesi pH ile de ilişkilidir. Nötr pH değerlerine yakın sularda çözülmüş alüminyum konsantrasyonları genellikle 0,001 ile 0,05 mg/L arasında değişir; ancak daha asitli sularda veya organik madde bakımından zengin sularda 0,5-1 mg/L' ye kadar yükselir (9).

Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) ile DSÖ tarafından oluşturulan Gıda Katkı Maddeleri Ekspert Komitesi (The Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA)) alüminyumun Geçici Tolere Edilebilir Haftalık Alım (PTWI) değerini 7 mg/kg olarak belirlemiştir. 2007 yılında yayınlanan yeni raporda JECFA katkı maddelerinin de dahil olduğu besinlerdeki tüm alüminyum bileşikleri için PTWI değerini 1 mg/kg olarak belirlemiştir (10). Bu değer 2011 yılında, yapılan toksikolojik çalışmalar ışığında JECFA tarafından yayınlanan raporda 2 mg/kg 'a revize edilmiştir (11).

Alüminyuma maruziyetin fazla olması merkezi sinir sisteminde, iskelet-kas sisteminde ve hematopoetik sistemde toksisite gösterebilir (12). Özellikle Alzheimer, Parkinson demans ve amyotropik lateral skleroz (ALS) gibi sinir sistemi hastalıklarına neden olabilir (13).

1.2. Amaç ve Varsayım

Bu çalışmada Adana'da içme sularının pH ve alüminyum içeriklerini analiz etmek; Adana iline su sağlayan içme suyu şebekelerinden örnek alınarak metal ve plastik boru taşıma sistemlerinin son şebeke suyunda alüminyum içeriğinde fark olup olmadığını saptamak amaçlanmıştır.

Hipotezler:

1. pH'ı düşük olan sularla yüksek olan suların alüminyum içerikleri farklıdır.
2. Adana iline su sağlayan içme suyu boru sistemlerinde bulunan metal ve plastik borulardan gelen suların alüminyum içerikleri farklıdır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. İçme Suyu ve İçme Suyunda Bulunabilecek Tehlikeler

Su, yaşamın devam edebilmesi için gerekli tükenebilir bir kaynaktır (14). İnsan vücudunun yaklaşık %60-70'i sudan oluşur. Bu sebeple sağlığın ve hayatın devamı için yeterince su içilmelidir (15). Bir insan yılda ağırlığının yaklaşık beş katı kadar su içer (16). İçilen su miktarının yanında suyun kalitesi de önem arz etmektedir. Fiziki olarak içilebilen su bulanık olmamalı, renksiz ve kokusuz olmalı, suyun kendine has bir tadı olmalıdır. Kimyasal açıdan suyun pH'sı nötr veya hafif alkali olmalıdır, organik madde içeriği minimum düzeyde olmalıdır (14, 17). Dengeli mineral dağılımı olan, fiziksel ve kimyasal özellikleri belirli kalite parametrelerine uyan, pestisit kalıntıları içermeyen, insan sağlığını olumsuz yönde etkilemeyen sular sağlıklı su olarak nitelendirilir (15). Halk sağlığı açısından sağlıklı ve güvenilir içme suyunun tüketiciye ulaştırılması son derece önemlidir. İçme suları ile insan sağlığı arasındaki ilişki saptanmış olup içme suyu sağlayan sistemler ile tüketiciye ulaştırılan içme sularının istenilen kaliteyi sağlaması son derece önemlidir (18).

Sular ekosistemdeki çevresel kirlilikten etkilenirler. Endüstriyel ve tarımsal kaynaklı kirleticilerin yeterli filtrelemeden geçirilmeden nehirlere akması ve bu kirleticilerin birikimi su kirliliğine neden olmaktadır. Yüzeysel su kaynaklarının büyük bir kısmı endüstriyel, tarımsal ve evsel atıkların bizim gibi ülkelerde boşaltım alanı olup, aynı zamanda içme suyu, kullanım suyu, sulama suyu ve su ürünleri yetiştiriciliği gereksinimlerinin karşılanmasında kullanılan kaynaklardır (19).

Halk sağlığı açısından, içme sularının hastalık yapıcı mikroorganizmaları ve zararlı kimyasal maddeleri içermemesi istenmektedir. Toksik etkiye sahip ağır metal içeren suların uzun süreli içme amaçlı olarak kullanılması insan sağlığını olumsuz yönde etkileyebilmektedir (15).

Ağır metaller en yaygın çevresel kirleticilerdir ve ağır metallerin sulardaki mevcudiyeti doğal veya antropojenik kaynakların varlığına işaret etmektedir. Aslında, ağır metaller suda doğal olarak var olabilir; ancak nadiren toksik seviyelerde olabilir. Ağır metallerin temiz sulardaki ana doğal kaynakları kayaların

ayrışması, toprak sızması ve aerosol partiküllerinin atmosferden çözünmesidir. Ağır metal kontaminasyonu, insan faaliyetlerinin neden olduğu ortamdaki zehirli ağır metallerin aşırı birikimini ifade etmektedir ve antropojenik kaynaklar temel olarak endüstriyel ve evsel atıklar ile tarımda metal bazlı pestisit ve gübre kullanımıyla ilişkilidir. Ağır metallerin yarattığı su kirliliği dünyanın her yerinde giderek yaygınlaşan çevre sorunudur (20). Çevre kirliliği yaratan ağır metallerden biri de alüminyumdur .

2.2. Alüminyumun Genel Özellikleri

Alüminyum yeryüzünde en çok bulunan 3. elementtir. Yerkabuğunda yaklaşık %8 oranında bulunur. Alüminyum atom numarası 13, atom kütlesi 26,98; yoğunluğu 2.7 g/cm³, erime noktası 660.4° C, kaynama noktası 2467° C, ısı geçirgenlik katsayısı 0.49 kal/cm³/sn olan, amfoterik etki gösteren, periyodik tabloda Grup III A'da bulunan elementtir. Yeryüzünde metalik halde bulunmaz; doğada alüminyum silikat, alüminyum oksit ve halojen tuzları olarak bulunan üç değerli iz elementtir (2, 21).

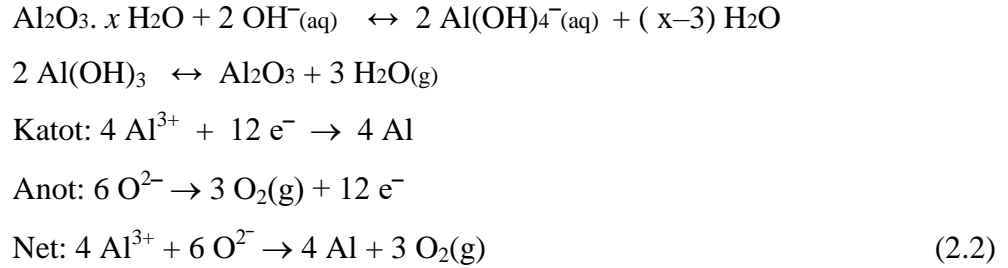
Alüminyum yaklaşık 2000 yıl önce Roma İmparatorluğu döneminde suların arıtımında ve Orta Çağ döneminde balla birlikte ülserin tedavisinde kullanılmıştır. Alüminyum günümüzde hala suların arıtımında ve çeşitli antiasitlerin içerisinde kullanılmaktadır (22). Alüminyumun metalik formu ilk kez 1825 yılında Danimarkalı kimyacı Hans Oersted tarafından izole edildi (Formül 2.1). Hans Oersted kuru alüminyum klorürü potasyum ile ısıtarak alüminyum metali elde etmiştir (23).



Çoğu alüminyum kildeki, minerallerdeki, kayalardaki ve değerli taşlardaki bir cevher olarak bunlara stabil olarak bağlıdır. Alüminyumun bunlardan mobilizasyonu doğal süreçlerden (asit yağmurları) ve antropolojik faaliyetlerden kaynaklanmaktadır (24).

Alüminyum üretiminde kullanılan en önemli hammadde, doğal bir alüminyum oksit olan boksittir (Al₂O₃xH₂O). Alüminyumun dünyadaki döngüsü boksit cevheriyle başlar. Boksit cevheri içindeki alüminyum oksitin konsantre bir sodyum hidroksit çözeltisi (NaOH) içinde çözülmesi ile meydana gelen bileşik,

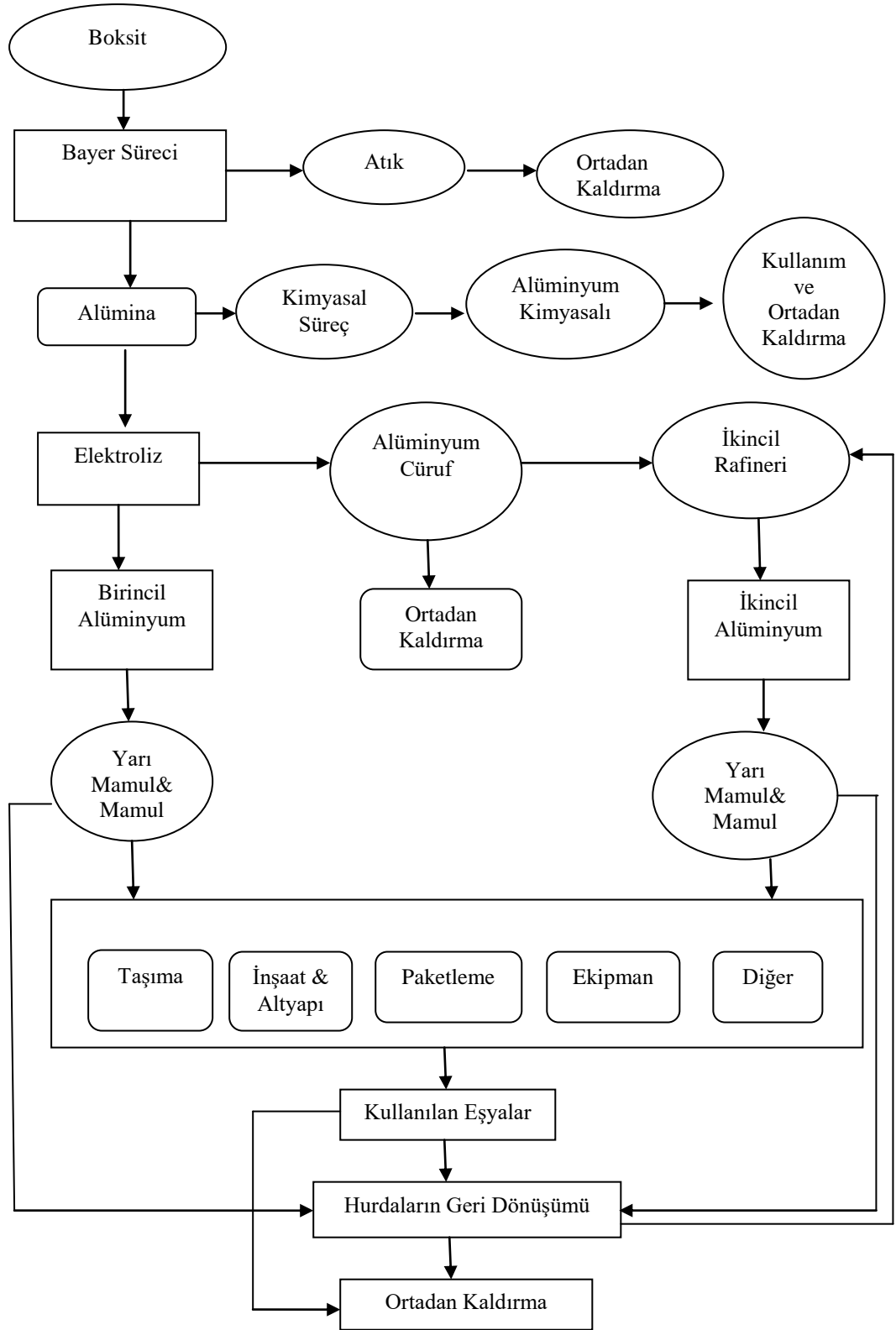
asidik ortamda ısıtılarak bu bileşikten alüminyum oksit (Al_2O_3 , Alümina) elde edilir. Bu sürece Bayer süreci denir. Metalik alüminyum, boksit yataklarından elde edilen alüminanın 950°C 'de elektrolitik indirgenmesi ile saf olarak elde edilir. Hall-Heroult işlemi olarak bilinen bu prosedür (Formül 2.2), katotta alüminanın indirgenmesini içerir ve bu işlemde oksijen atomları anota göç etmektedir. (21, 25, 26).



Alüminanın elektrolizi sonucu oluşan alüminyum birincil alüminyum, elektroliz sonucu oluşan alüminyum cüruflarının rafine edilmesiyle meydana gelen alüminyum ikincil alüminyum olarak tanımlanmaktadır. Birincil üretim sürecinde temel malzeme boksit cevheridir. Kostik soda, kok kömürü, alüminyum florür gibi diğer kimyasallar da kullanılır. İkincil üretimde, malzemeler esas olarak çeşitli hurda türleri (yeni veya hızlı endüstriyel hurda ve yaşlı veya kullanım ömrü son hurda) ve üretim hurdalarıdır. Birincil üretimdeki ve ikincil üretimdeki alüminyum metalinden elde edilen yarı mamuller ve mamuller taşımada, inşaat ve altyapıda, paketlemede, ekipmanlarda ve bunlara benzer diğer işlerde kullanılmaktadır (26).

Alüminyum döngüsünde 'Kullanılan Eşyalar' safhasında son kullanım ürünleri çoğunlukla 7 kategoriye ayrılır. Bunlar ulaşım, inşaat ve yapı, paketleme, makine, elektrik, dayanıklı tüketim malları ve diğer sanayilerdir (26). Alüminyumun kullanıldığı sektörlerin ve pazarların çoğu için malların kullanım ömürleri oldukça uzundur. Bina ve altyapı malzemeleri ile nakliye araçlarının; dayanıklı tüketim malları ve bunlarla alakalı bazı ekipmanlara göre ömürleri çok daha uzundur (27).

Hurdaya çıkan alüminyum ya geri dönüştürülür ya da ortadan kaldırılır. İkincil üretim prosesi ile geri dönüştürülmüş alüminyum geri kazanılmaktadır. Bu işlemler ekonomik ve teknolojik fizibilite, çevresel düzenlemeler, ayrıştırma ve toplama sistemlerinin varlığı ve etkinliği gibi çeşitli faktörlere bağlıdır (26).



Şekil 2.1: Alüminyum Döngüsü (26)

2.3. Alüminyum Kaynakları ve Alüminyumun Vücuda Alımı

Alüminyum doğada çok yaygın bulunduğu için, doğal olarak toprakta, suda ve havada bulunur, insanların bu metale maruziyeti kaçınılmazdır. İnsanların alüminyuma maruz kaldığı çeşitli kaynaklar Tablo 2.1’de verilmiştir.

Alüminyumun vücuda alımı solunum, sindirim ve deri yoluyla olmaktadır (2, 28). Alüminyum; doğal toprak erozyonu, madencilik veya tarımsal faaliyetler, volkanik püskürmeler veya kömür yanması kaynaklı atmosferik parçacıkların ana bileşeni olarak atmosfere girmektedir (29). Havadan solunum yoluyla alüminyum alımı, atmosferdeki alüminyum parçacıklarından havadan zemine yerleşenler veya yağmurla havadan toprağa geçenlerin haricinde çok küçük alüminyum parçacıklarının havada asılı kalıp solunmasıyla olmaktadır (28). Dünya Sağlık Örgütü’nün 1997 yılındaki raporuna göre havadaki alüminyum konsantrasyonları kırsal alanlarda 20-500 ng/m³, kentsel alanlarda 1000-6000 ng/m³ arasında değişmektedir (9). 2003 yılındaki raporuna göre Antarktika’da havadaki alüminyum seviyesi 0.0005 µg/m³’ken endüstriyel alanlarda 1 µg/m³’ten fazladır (29).

Antiperspiranlarda topikal olarak hiperhidroz için alüminyum tuzları kullanılmaktadır. Vazokonstriktör ve antibakteriyel ajanlar gibi cildin inflamatuvar koşullarında (sporcu ayağı (tinea pedis)) ve anorektal bölgenin tahrişine karşı koruyucu olarak kullanılan ürünlerde kullanılmaktadır (30). Erkekler ve kadınlar günde deri yoluyla sırasıyla 2.6 ve 4.5 µg/mL alüminyum absorbe etmektedir. Bu fark aksiyal tüylerin paradoksal olarak alüminyum emilimini yavaşlattığı; fakat kadınların traşlama ve sıyırma eğilimiyle transdermal alüminyum için rezervuar görevi yapmasıyla açıklanmıştır (31).

Vücuda alüminyum alımının ana kaynağı beslenmedir. Beslenmeyle alüminyum alımının 4 kaynağı vardır. Bunlar alüminyumdan zengin besinler, alüminyum kaplarla temas eden besinler, içme suyu ve ilaçlardır (2, 32). Alüminyum hidroksit, alüminyum fosfat ve sükralfat (sukroz sülfat-alüminyum kompleksi) gibi alüminyum içeren bazı ilaçlar mide yanması ve dispepsi için antasitlerin içerisinde ve ülserlerin tedavisinde kullanılmaktadır. Alüminyum tuzları fosfat bağlayıcı olarak da kullanılmaktadır (25). Alüminyum hidroksit ve alüminyum

Tablo 2.1. İnsanların alüminyuma maruz kaldığı kaynaklar (4).

İçme Suyu (Arıtım aşamasında alüminyum eklenmektedir.)
Gıda Katkı Maddeleri (Tuzda akışkanlığın artırılması, kabartma tozunda kullanımı, turşularda ve meyve şekerlemelerinde sertlik sağlanması vb.)
Çoğu Antiasit İlaç
Tamponlanmış Aspirinler
Diyaliz ve Total Parenteral Nutrisyon (TPN) Solüsyonları
Bazı Diş Macunları
Alüminyumdan Yapılmış Kutu İçecekler (Özellikle karbonatlı gazlı içecekler, alüminyum kutulardaki reçine tabakasını aşındırarak alüminyumun içeceğe geçmesine neden olurlar)
Alüminyum Tepsi ve Folyoda Besin Pişirilmesi
Alüminyum Tencere ve Yemek Kaplarının Kullanımı
Kahve Süzücülerinin Alüminyum Parçaları
Sıcak Su Isıtıcılarındaki Alüminyum Anot Çubuklar
Alüminyum İmplantlar (Diş hekimliği alanında kullanılan türleri, kalça protezi vb.)
Kozmetikler
Aşılar
Çoğu Deodorantlar
Alüminyum Buharları (Kaynak vb. işlemlerde)
Alüminyum Fosfat İçeren Tarım İlaçları
Lastik Eldiven Pudraları, Kondom vb. Malzemeler

fosfat aşılar en yaygın kullanılan adjuvanlardır ve yakın gelecekte adjuvan olarak alüminyum bileşiklerinin yerini alabilecek alternatifler yoktur (33, 34). Ayrıca parenteral solüsyonlar ve diyaliz solüsyonları solüsyon hazırlama aşamasında kullanılan su ile hammadeler nedeniyle alüminyum içermektedir (35, 36).

Besinlerin alüminyum içeriği oldukça değişkendir: Taze et ve balıklarda genellikle düşüktür, sebze ve tahıllarda et ve balığa göre daha yüksektir, baharatlarda diğer besinlere göre yüksektir. Yemeklerde kullanılan baharat ve otların miktarı

genel olarak çok düşük olsa da, baharatlı besinlerden yüksek bir diyetle alüminyum alımı da artabilmektedir (37). Alüminyum içeren gıda katkı maddeleri alüminyum alımında önemli yer tutmaktadır. Kabartma tozu alüminyumlu katkı maddesi içerdiğinden dolayı kabartma tozunun alüminyum içeriği yüksektir. Yüz (100) gram kabartma tozunda 1.8 ile 2.8 mg arasında değişen miktarda alüminyum vardır (38). Alüminyum içeren katkı maddeli besinler genel popülasyon için alüminyum alımının major kaynağıdır (39).

İçeceklerde ise teneke kutulardaki içecekler genellikle cam şişelerdeki veya plastik şişelerdeki içeceklerden daha yüksek konsantrasyonda alüminyum içermektedir (40). Alkollü içeceklerden biranın bulunduğu kaplara göre alüminyum içeriği: Cam şişe < teneke kutu < fiçı olarak bulunmuştur (41). Çay yapraklarında ve çay tozundaki alüminyum konsantrasyonları 1 g/kg civarında olup çaydaki konsantrasyonu 0.7-5.9 mg/L'dir (42). İçme suyundan gelen alüminyumun günlük alıma etkisi yaklaşık 100 µg olarak hesaplanmıştır (43). İnsanlar için ortak alüminyum kaynağındaki alüminyum konsantrasyonu, kaynaktan günlük alüminyum maruziyeti, kaynaktan tahmin edilen alüminyum biyoyararlanımı ve hesaplanan emilen alüminyum günlük miktarı Tablo 2.2'de verilmiştir.

Zehirli Maddeler ve Hastalıklar Kayıt Ajansı (ATSDR) orta süreli (15-364 gün) alüminyuma oral maruziyette minimum risk seviyesini (Minimal Risk Level (MRL)) c olarak belirlemiştir (28). JECFA katkı maddelerinin de dahil olduğu besinlerdeki tüm alüminyum bileşikleri için insanların PTWI değerini 2 mg/kg (286 µg/kg/gün), yan etki gözlenmeme seviyesini (no-observed-adverse-effect level (NOAEL)) 30 mg/kg vücut ağırlığı/gün, en az yan etki gözlenen seviyesi (lowest-observed-adverse-effect level (LOAEL)) 100 mg/kg vücut ağırlığı/gün olarak belirlemiştir (11). Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi (FDA)'nin total diyet çalışmasının 1987'de raporlanmasından bu yana diyetten alınan günlük alüminyum tüketimini tahmin eden çalışmaların büyük bir kısmı Kuzey Amerika (Kanada ve ABD), Avrupa (İngiltere ve İngiltere, Fransa, Almanya, Macaristan, İtalya, Hollanda, Portekiz, İspanya ve Kanarya Adaları, İsveç ve Slovenya), Asya (Çin, Hindistan, Japonya ve Tayvan), Avustralya ve Brezilya'da yürütülmüştür. Bu çalışmalar sonucunda günlük Al alımının medyan değerleri bebeklerde, çocuklarda,

Tablo 2.2: İnsanların maruz kaldığı bazı Al kaynakları, kaynaktaki Al konsantrasyonu, kaynaktan günlük Al maruziyeti, kaynaktan tahmin edilen biyoyararlanım ve hesaplanan günlük emilen Al miktarı (44).

Kaynak	Al konsantrasyonu	Günlük Al maruziyeti	Emilen tahmini yüzde	Günlük emilen Al ($\mu\text{g}/\text{kg}$) ^a
Su	Ortalama 70 $\mu\text{g}/\text{L}$	100 μg	0,3	0,005
Besinler		5000-10000 μg	0,1-0,3 ^b	0,08-0,5
Hava (Kırsal)	0,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	4 μg	1,5-2 (AC) ^c	0,001
			0,1-0,3 (GİS)	0,0001
Hava (Kentsel)	1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	20 μg	1,5-2 (AC) ^c	0,006
			0,1-0,3 (GİS)	0,0006
Hava (Endüstri)	25-2500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	250-25000 $\mu\text{g}/\text{İş günü başına}$	1,5-2 (AC) ^c	0,6-8
			0,1-0,3 (GİS)	0,008-1
Antipersipiranlar	% 5-7,5 ^d	50000-75000 μg	0,012 ^e	0,1
Aşılar	150-850 $\mu\text{g}/\text{doz}$	1,4-8 μg ^f	100	0,07-0,4
Antiasitler/ Fosfat Bağlayıcılar		5000000 μg	0,1	80
Diyaliz Solüsyonları	50 $\mu\text{g}/\text{L}$ (Eğer musluk suyu ise)	2400 μg	25	9
TPN Solüsyonları	110-270 $\mu\text{g}/\text{l}$ (Neonatal/İnfant)	11-27 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (Neonatal/İnfant)	100	11-27
	40-135 $\mu\text{g}/\text{L}$ (Yetişkin)	80-270 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (Yetişkin)	100	1,2-4,2

a Aşılar (20 kg çocuk) ve yenidoğanlar ile bebeklerde TPN solüsyonu hariç 65 kg'lık bir erişkini temel almaktadır.

b Tahminler günlük üriner Al atılımı/günlük yiyeceklerden Al alımına dayanmaktadır.

c Endüstriyel ortamda Al maruziyetine dayanmaktadır.

d Topikal bir ürünün içinde % 20 Al zirkonyum glisin kompleksi veya % 25 Al klorohidrat baz alınmıştır.

e Alüminyumun emilen yüzdesi tekrarlanan maruziyetle değişmez.

f Yaşamın ilk 6 yılında 20 enjeksiyona ve ortalama ağırlığı 20 kg'ye dayanmaktadır.

adölesanlarda ve erişkinlerde sırasıyla 0,7, 6, 8,6 ve 4,8 mg bulunmuştur. Adölesanların değerinin fazla çıkmasının sebebi alüminyum katkı maddeli hazır yiyeceklerin fazla tüketilmesi olarak raporlanmıştır (44). Birçok Avrupa ülkesinde genel popülasyonda alüminyuma günlük diyetel maruziyet ortalama 0.2 ile 1.5 mg/kg/hafta arasında değişmektedir ve aşırı maruz kalmış tüketicilerde haftada 2.3 mg/kg' ye kadar çıkmaktadır (10). Tablo 2.3'te yetişkin popülasyonların doğal kaynaklar, su tüketimi, besinle temas eden malzemeler ve gıda katkı maddeleri dahil diyetten alüminyuma toplam maruziyet değerleri verilmiştir.

Tablo 2.3: Yetişkin popülasyonun farklı beslenme kaynaklarına göre ortalama alüminyuma maruz kalma değerleri (11).

Ülke/Kuruluş	Alüminyuma Maruziyet (mg / hafta / kişi başı)
DSÖ	11-136
EFSA	11-91
Çin	23-136
Hong Kong	36
Avustralya	17
Japonya	84
ABD	60

Belçikalı erişkin nüfusun ortalama Al alımı 0.035 mg/kg vücut ağırlığı/gün olarak hesaplanmıştır ve bu değer EFSA (Avrupa Besin Güvenliği Kurumu)'nın Avrupa ülkeleri için açıkladığı değer (0.029-0.214 µg/kg vücut ağırlığı/gün) arasındadır (45). Fransa'da yürütülen total diyet çalışmasında Fransız popülasyonunun besinlerdeki alüminyuma ortalama maruziyeti yetişkinlerde 40.3 µg/kg vücut ağırlığı/gün, çocuklarda 62.2 µg/kg vücut ağırlığı/gün olarak belirlenmiştir (46). Diğer Avrupa ülkelerinde, besin yoluyla alüminyum maruziyeti seviyeleri, 28.6 µg/kg vücut ağırlığı/gün ile 214 µg/kg vücut ağırlığı/gün arasında değişmekte olup, yetişkinler için İspanya (Kanarya Adaları), çocuklarda ise özellikle Toddler dönemi çocuklar için İngiltere alüminyuma en yüksek maruz kalma

düzeylerine sahip ülkeler olarak belirlenmiştir (46-48). Çin'de ise maruziyet 176 µg/kg vücut ağırlığı/gün olarak bulunmuştur. Ayrıca Çin'de çocuklarda gözlenen en yüksek maruz kalma seviyesi 471.7 µg/kg vücut ağırlığı/gün olarak bulunmuştur (39). Tablo 2.2'de gösterildiği gibi alüminyuma maruziyetin bir parçası da içme sularıdır.

2.4. İçme Sularının Alüminyum İçeriği

Su alüminyumu en fazla taşıma potansiyeline sahip olan maddedir (49). Doğal sulardaki alüminyum konsantrasyonu, çeşitli fizikokimyasal, mineralojik ve iklimsel faktörlere bağlı olarak önemli ölçüde değişebilmektedir (5, 21, 50). Alüminyum amfoterik bir element olduğu için aşırı asidik ve alkali pH koşullarında çözünür, ancak nötr ve nötre yakın pH değerlerinde çözünmez özelliktedir (51). Nötr pH değerlerine yakın sulara çözülmüş alüminyum konsantrasyonları genellikle 0,001 ile 0,05 mg/L arasında değişir, ancak daha asitli sulara veya organik madde bakımından zengin sulara 0,5-1 mg/L' ye kadar yükselir; ayrıca asit maden drenajından etkilenen suların aşırı asitliğinde 90 mg/L' ye kadar çözülmüş alüminyum konsantrasyonları rapor edilmiştir. (9, 50). Endüstrileşme arttıkça asit yağmurlarının görülme sıklığı da artmaktadır. Asit yağmurları toprakta pH'nın düşmesine (< 6-6.5) ve alüminyumun topraktan çözülüp yeraltı sularına karışmasına; bu yüzden de içme sularında rezidüel alüminyum konsantrasyonlarının artmasına neden olmaktadır (52, 53). pH düştükçe, inorganik ve organik Al kompleksleri, pH'daki düşüşü dengelemek için ayrışmaya eğilimlidirler ve bu da inorganik monomerik Al'in mobilizasyonunu arttırmaktadır. pH arttıkça hidroliz, Al kompleksi için ilave bağlanma bölgeleri sağlamaktadır ve böylece çözülmüş Al amorf Al hidroksit, alümino-silikat ikincil mineralleri, Al-organik kompleksler veya büyük polimerler oluşturmak üzere yeniden çökelirken, bu süreçte oluşan hidrojen iyonu yükselen pH'nın etkisini ortadan kaldırmaktadır (54). İçme suyunun alüminyum içeriği suyun kaynağındaki alüminyum miktarına, içme sularının dağıtımında kullanılan borularda meydana gelen sızıntıya ve suyun arıtımında kullanılan alüminyum tuzlarına göre değişmektedir (8).

Alüminyum sulara bulunan elementlerden biridir ve düzeyi tüm dünyada düzenlemelerle belirlenmiştir. DSÖ sudaki alüminyum seviyesini 0.2 mg/L olarak

belirlemiştir (9). Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Kuruluşu (USEPA) sulardaki alüminyum limitini 0.05-0.2 mg/L olarak belirtmiştir. Avrupa Ekonomi Topluluğu (EEC), sulardaki alüminyum seviyesini 0.05 mg/L olarak önermiştir ve azami seviyeyi 0.2 mg/L olarak belirlemiştir (55). Ülkemizde 17.02.2005 tarihli 25730 sayılı Resmi Gazetede yayınlanan “İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik” kapsamında sulardaki alüminyum değeri 200 µg/L (0.2 mg/L) olarak belirtilmiştir (56). İçme sularında bazı ülkelerdeki/kuruluşlarca açıklanan alüminyum seviyeleri Tablo 2.4’te verilmiştir.

Tablo 2.4: İçme Sularındaki Alüminyum İle İlgili Standartlar (57).

Kuruluş/Ülke	Sınır değer (mg/L)	Kabul edilebilir maksimum konsantrasyon (mg/L)
DSÖ	0,2	-
USEPA	0,05	0,2
EEC	0,05	0,2
Belçika	0,05	0,1
İsveç	0,05	0,1
İsviçre	0,05	0,5
Danimarka	0,05	0,2
Finlandiya	-	0,2
Avusturya	-	0,2

İçme suyu arıtımında alüminyum tuzları koagülan olarak kullanılmaktadır. Bu bileşikler, bulanıklığın giderilmesine yardımcı olmak için koagülan olarak suya ilave edilir ve çeşitli virüsler ile Giardia ve enteroviruslar gibi patojenik mikroorganizmaların azaltılmasına yardımcı olmaktadır. Koagülasyon, dezenfeksiyon öncesi organik materyali atarak dezenfeksiyon yan ürünlerinin oluşumunu azalmaktadır (57, 58). Koagülasyon için yaygın olarak kullanılan alüminyum bileşikleri alüminyum sülfat ve polialüminyum klorürdür (PACL) (29).

Alüminyum sülfat 17. Yüzyıldan beri sulara eklenmektedir. ABD’de üretilen alüminyum sülfatın %65’i suların ve kanalizasyonun arıtılmasında kullanılmaktadır. PACL ise alüminyum sülfata oranla daha geniş bir pH ve sıcaklık aralığında alüminyum yumaklarının agregasyonunda ve sedimentasyonda etkili olma gibi birçok yaygın avantajı nedeniyle, içme suyu arıtımında koagülan olarak kullanılmaktadır (21, 58). Çin’de, Amerika Birleşik Devletleri’nde ve Avrupa’da sulardaki alüminyum kalıntıları üzerinde yapılan araştırmalar, koagülasyon için kullanılan alüminyum tuzlarının anlamlı ölçüde alüminyum içeriğini arttırdığını göstermektedir (59).

Arıtmadan sonraki içme suyu dağıtım sistemlerinde yüksek seviyedeki alüminyum (3,6-6 mg/L) sudaki bulanıklığı artırır, alüminyumun suyu dezenfekte etme etkisini azaltır ve şebeke sistemindeki dağıtımı sağlayan borularda alüminyum hidroksit çökeltileri oluşmasına neden olmaktadır. DSÖ, içme sularının arıtımında kullanılan alüminyumun kullanımında özenli olunması ve arıtmadan sonra sudaki alüminyum miktarının belirli seviyelerin altında tutulması gerektiğini söylemektedir (29, 60). Suyun arıtımından sonra kalan rezidüel Al seviyesi pH, flokülasyon-filtrasyon etkinliği, koagülan dozajı, doğal organik madde konsantrasyonu, su bileşimi (bulanıklık, silisyum, florür ve fosfat dahil) ve sıcaklık gibi faktörlere göre değişmektedir. Alüminyum ayrıca önceden çöktürülmüş alüminyumun tortularının çözünmesinden, çimento veya asbestli çimento borularından ve suyun çimento harcına maruz kalmasıyla da suya geçebilir. Suyun pH, alkalinite veya kalsiyum içeriği düşük olduğunda özellikle çimento harcından alüminyumun suya süzülmesi sorun teşkil etmektedir. Ayrıca suların akış rejimleri de dağıtım borularından alüminyum sızıntısını etkileyebilmektedir (8).

Alüminyumun dökme demir borular, kurşun borular, plastik borular ve çimento harçla kaplanmış borular içerisinde korozyon skalalarında ve borularda oluşan çökeltilerde var olduğu rapor edilmiştir (8). Dağıtım sistemlerinde oluşan boru tartarları çoğunlukla, boru kaynaklı çekirdek oluşturucu elemanların, örneğin alüminyum, bakır, demir ve kurşunun çöktürme ve yeniden çöktürme mekanizmaları vasıtasıyla oluşturulan tüberküllerdir. Alüminyum su dağıtım sistemlerindeki borularda oluşan tartarlarda birikmektedir (61). İçme suyu boruları çoğu zaman farklı

katmanlarda birçok farklı metali içermektedir. Genellikle mangan, demir ve alüminyum açısından zengin, kırılğan bir dış tabaka beyazımsı ve gri kurşun karbonat tabakalarını kaplamaktadır (62). Su kimyası veya hidrolik koşul değıştikçe, borulardaki oluşın tortularda biriken alüminyum suya geri dönebilir ve bu durum musluk suyunda göreceli olarak yüksek alüminyum içeriğinin artmasına neden olabilmektedir (63).

İçme suyu içindeki rezidüel alüminyum konsantrasyonunu kontrol etmek için, çok sayıda çalışma yapılmıştır ve farklı önlemler önerilmiştir. Çalışmalar koagülan dozajı ve koagülasyon durumunun optimizasyonu üzerinde odaklanmıştır; fakat son zamanlarda içme suyu dağıtım sisteminde alüminyumun dönüşümü ve çökmesi çalışmaları yapılmaktadır (8). Letterman ve Driscoll (60)'un yaptığı çalışmaya göre düşük pH'da etkili filtrelemeyle koagülasyonda alüminyum kalıntıları azalmıştır. Snoeyink ve ark. (60)'nın yaptığı çalışmaya göre silikat tuzları varlığında koagülasyon verimliliği artarken alüminyum kalıntıları azalmıştır. Zhang ve ark. (63)'nin yaptığı çalışmada karıştırma işleminin çözelti ile arayüz arasındaki etkileşimi arttırdığından çökme sürecini hızlandırdığı bulunmuştur. Yüksek çökme eğilimine sahip alüminyum türlerinin, daha fazla alüminyum içerdiğinde karıştırma sürecinde boru yüzeyinde birikebileceği söylenmiştir (63).

2.5. Alüminyumun Sağlık Üzerine Etkileri

Alüminyum oral yolla vücuda girdikten sonra ilk olarak duodenum ve jejunumdan emilir. Midenin asidik pH'sı alüminyum hidroksit ($Al(OH)_3$) gibi çözülmeyen alüminyum türlerini çözünür hale getirebilir ve bu durum emilimi kolaylaştırmaktadır. Ayrıca biyoyararlanım esansiyel olmayan iz elementler, metal bağlama ligandları ve diğer diyet bileşenlerinin değışken miktarları gibi faktörlerden etkilenebilir ve bu faktörler Al emilimini arttırabilir veya inhibe edebilir (64). Çözünürlük, kimyasal bileşim, asidik pH, sitrat gibi organik bileşiklerle birliktelik, karboksilik asitler sindirim sisteminden emilimi arttıran faktörlerdir (9, 25). Oral alüminyum biyoyararlanımı demir, kalsiyum ve sodyum durumu ile ters ilişkilidir. Diyetteki demir, kalsiyum ve sodyum yüksek olursa Al emilimi düşer (25). Alüminyumun emiliminin ana mekanizması parasellüler yollar yoluyla pasif difüzyondur. Alüminyum için bir diğer emilim mekanizması kalsiyum kanallarını

içeren enerjiye bağlı bir prosestir. Alüminyum iyonları organik asitler, amino asitler, nükleotitler, fosfatlar, karbonhidratlar ve makromoleküller gibi vücuttaki birçok molekülle kompleks oluşturduğu için serbest Al iyonları çok düşük konsantrasyonlarda bulunmaktadır (64). Vücuttaki alüminyumun %70-90'ı proteine (transferin ve albümin) bağlıdır (28). Serumdaki alüminyumun yaklaşık %90'ının transferine bağlı olduğu, yaklaşık %10'unun da sitratla kompleks yapmış olarak bulunduğu, tam kanda eritrositlerin alüminyumun yaklaşık %10'unu içerdiği gösterilmiştir (21). Alüminyum kan-beyin bariyerini aşabilmektedir. Kan-beyin bariyerinden beyne alüminyum geçişi Transferrin-reseptör aracılı endositoz (TfR-ME) ve alüminyum sitrat taşıyabilen transferrinden bağımsız mekanizmayla olmaktadır (25, 55, 64). Alüminyumun dokulardaki düzeyi genellikle düşüktür (2 mg/kg). Kemik, karaciğer ve akciğer yüksek konsantrasyonlara ulaşan dokulardır. Al ayrıca beyinde, böbreklerde ve hematopoietik dokuda birikmektedir (4, 64). Yokel (44), vücutta Al'in yaklaşık % 60'ının kemikte, % 25'inin akciğerde, % 10'unun kasta, % 3'ünün karaciğerde, % 1'inin beyinde, % 0,3'ünün kalpte, % 0,25'inin böbrekte ve % 0,2 'sinin dalakta biriktiğini bildirmiştir. Maruz kalmanın yoluna bakılmaksızın, Al esasen vücuttan idrarla atılır ve çok az miktarda safra içinde atılmaktadır (21, 28, 64).

Alüminyum toksisitesi, alüminyumun kimyasal formuna, izlediği yola, dozuna veya konsantrasyonuna ve maruziyet sıklığıyla süresine bağlıdır (25). Alüminyum, nükleusta, sitoplazmada veya mitokondride gerçekleşen glikoz metabolizması, sinyal iletimi, nörotransmitter sentezi, fosforilasyon ve hücre iskelet proteinlerinin defosforilasyonu, nörofilaman proteinlerin yavaş aksonal taşınması ve nükleotit aktivitesinin inhibisyonu gibi çeşitli kilit süreçleri etkileyebilmektedir (65). Alüminyum merkezi sinir sisteminde, iskelet-kas sisteminde ve hematopoietik sistemde toksisite gösterebilmektedir. Akut Al nörotoksosite belirtileri en sık parenteral beslenmede, mesane irrigasyonunda, kranial kemik rekonstrüksiyonunda ve renal diyaliz hastalarında görülmektedir. Kas-iskelet sisteminde kronik oral Al toksisite belirtileri arasında kemik ağrısı, kırıklar ve proksimal miyopati olarak ortaya çıkan D vitamini dirençli osteomalazi (osteoid matriksin birikmesiyle karakterize edilen membranöz kemik oluşumu ve indirgenmiş mineralizasyon)

vardır. Kronik Al toksisite, hematopoitik sistemde eritropoietine dirençli mikrositik hipokromik anemi olarak kendini göstermektedir (21).

Alüminyumun kalsiyum metabolizmasını özellikle kalsiyumun renal atılımını arttırarak etkilediği, kemik rezorpsiyonunun artması ile kalsiyumun kemikten ayrılarak yerine alüminyumun biriktiği gösterilmiştir. Dolaşıma geçen kalsiyumun ise, paratiroid hormon sekresyonunu inhibe ettiği gösterilmiştir. Kemiklerde biriken alüminyum dolayısıyla kemik dokusunu oluşturan hücrelerin faaliyetlerini kısıtlayarak kemik yapım hızının düştüğü ve sonuçta da kemik lezyonlarının görüldüğü bildirilmiştir (45).

Alüminyum birincil insan nöron hücrelerinde doğrudan genotoksisiteye neden olmaktadır ve demir birikimi ile reaktif oksijen türleri (ROS) üretimindeki artışla nörodejenerasyona yol açabilmektedir. Alüminyum, esas olarak çok sayıda sinyalleme dizisini etkileyen ve sonuçta hücre ölümüne neden olan oksidatif stresi tetikleyerek nörotoksisiteyi indükler. Alüminyuma kronik maruziyetle Alzheimer hastalığı, ALS ve Alzheimer tipi demansı olan Parkinsonu içeren nörodejeneratif hastalıkların artmış riski arasında ilişki bulunmuştur (66). Alüminyumun güçlü nörotoksik madde olduğunu gösteren ilk çalışmalar deneysel çalışmalardır ve bu çalışmaların geçmişi 100 yıla dayanmaktadır. 1965 yılında yapılan tavşan deneyleri, alüminyum ile Alzheimer demansı arasında ilişki olabileceğini göstermiştir. 1973 yılında ise Alzheimer hastalarının beyinlerinde alüminyum miktarının arttığı gösterilmiştir (25). Epidemiyolojik çalışmalar alüminyuma maruziyetle nörodejeneratif hastalıklar arasındaki bağlantıları güçlü şekilde göstermişlerdir (53)

İçme sularındaki alüminyumun sağlık üzerine etkileri, yaşanan bir kaza sonrası ortaya çıkmıştır. İngiltere'nin Camelford bölgesinde 1988 yılında meydana gelen kaza fazla miktarda alüminyuma maruz kalınmasına neden olmuştur. 6 Temmuz 1988 günü su arıtım tesisinde içme suyu arıtımında kullanılacak olan 20 tonluk alüminyum sülfatın su dağıtım tankına yanlışlıkla boşalmasıyla kaza meydana gelmiştir. Alüminyumun içme suyundaki normal değerinin yaklaşık 400 katına yükselmesine neden olan bu kaza sonrası ortaya çıkan semptomlar bulantı, kusma, ishal, hafıza kaybı, kas ve eklem ağrıları, ağız ve deride ülserler, deri döküntüleri, gastrointestinal sistem bozuklukları ve hipersensitivite olarak belirlenmiştir.

Çoğunluğu kısa süreli olan semptomlar yaklaşık 5 gün sürmüş ve bu kazadan yaklaşık 20 bin kişi etkilenmiştir (67).

Rondeau ve ark. (68)'nin içme sularındaki alüminyumun bilişsel fonksiyonlar ve Alzheimer demansı üzerine etkisinin saptanması için yapılan 15 yıllık kohort çalışmada içme suyundan yüksek miktarda alüminyum alımının bilişsel düşüşe ve demans risklerinde artışa neden olduğu saptanmıştır. Rondeau ve ark. (69)'nin içme sularındaki alüminyumun Alzheimer hastalığı ve demans üzerine etkisini incelemek üzere yaptıkları 8 yıllık kohort çalışmada 0.1 mg/L ve üzerinde alüminyum içeren suların tüketimiyle demans ve Alzheimer hastalığı arasında artan bir ilişki saptanmıştır. Wang ve ark. (70, 71)'nin 3'ü kohort çalışma (68, 69, 72), 5'i vaka kontrol çalışma (73-77) toplamda 8 farklı çalışmayı kullanarak yaptıkları meta analizde alüminyuma kronik olarak maruz kalan bireylerle Alzheimer hastalığı arasında artmış bir risk bulunmuştur. Yapılan ekolojik çalışmalar içme suyundaki alüminyum oranının 0.1-0.2 mg/L olduğunda Alzheimer hastalığı riskinin artabileceğini göstermiştir (68). Fakat Alzheimer hastalığının patogenezinin kesin mekanizması bilinmediğinden alüminyum ile Alzheimer hastalığı arasındaki ilişki üzerine bilimsel tartışmalar devam etmektedir (78, 79).

Sürekli hemodiyaliz tedavisi gören hastaların birçoğunda diyaliz demansı ve diyaliz ensefalopati sendromu görülmesiyle alüminyum üzerine diyaliz alan hastaların sağlığı üzerindeki araştırmalar sonucunda, paranteral solüsyonların ve diyaliz solüsyonlarının hazırlanması için kullanılan su ve hammaddeler yoluyla, diyaliz solüsyonları ve paranteral solüsyonlar için kullanılan ambalaj cinsleri ve hiperfosfatemi ile peptik ülser tedavisinde kullanılan oral alüminyum içeren antiasitler ve diğer hastalıklarda uygulanan alüminyum içerikli farmasötik ilaçlar nedeniyle alüminyum geçişleri olduğu saptanmıştır (45).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Su Numunelerinin Toplanması

Adana ilinde Çatalan Barajı'ndan gelen suyla beslenen 4 merkez ilçenin (Çukurova, Seyhan, Sarıçam, Yüreğir) herbirinden 10 adedi plastik boru kaynaklı, 10 adedi metal boru kaynaklı 20'şer adet; toplamda 80 adet numune toplanmıştır. Dört merkez ilçenin su şebekesi Adana ilinde bulunan Adana Su ve Kanalizasyon İdarei (ASKİ) tarafından sağlanan harita (EK-1) ile tespit edilmiştir. Adana iline su sağlayan önemli hatlar belirlenerek şebekelerden numuneler bu doğrultuda toplanmıştır. Çukurova ilçesine bağlı 27 mahallenin 8'inden metal boru kaynaklı, 6'sından plastik boru kaynaklı; Seyhan ilçesine bağlı 96 mahallenin 10'undan metal boru kaynaklı, 10'undan plastik boru kaynaklı; Yüreğir ilçesine bağlı 106 mahallenin 9'undan metal boru kaynaklı, 10'undan plastik boru kaynaklı; Sarıçam ilçesine bağlı 67 mahallenin 9'undan metal boru kaynaklı, 7'sinden plastik boru kaynaklı su numunesi toplanmıştır. Adana ili sınırları içinde çıkan 3 farklı firmaya ait doğal kaynak suyundan numune alınmıştır. 4 merkez ilçeye su sağlayan Çatalan Barajı'ndan şebekeye dağıtım öncesi halinden numune alınmıştır. Şehir şebeke suyundan alınan 80 adet numune plastik numune kaplarına alınarak, doğal kaynak suları şişelenmiş olarak satılan plastik şişelerde soğuk zincirde laboratuvara getirilmiştir. Her bir numune 500 mL olarak toplanmıştır. Numuneler, analizler sonuçlanıncaya kadar +4 °C' de muhafaza edilmiştir (80). Su numuneleri toplanırken plastik numune kaplarında etiketlemeler şu doğrultuda yapılmıştır:

- a. Numunenin alındığı tarih, saat, adres,
- b. Numunenin cinsi,
- c. Numunenin kim tarafından alındığı.

Şebeke sularından kimyasal su numunesi, musluk tam olarak açılıp şebeke suyunu temsil eden suyun geldiğinden emin oluncaya kadar su akıtıldıktan sonra numune şişesi 3 kez çalkalanıp ağızda boşluk kalmayacak şekilde doldurulup alınmıştır (81).

3.2. Yöntem

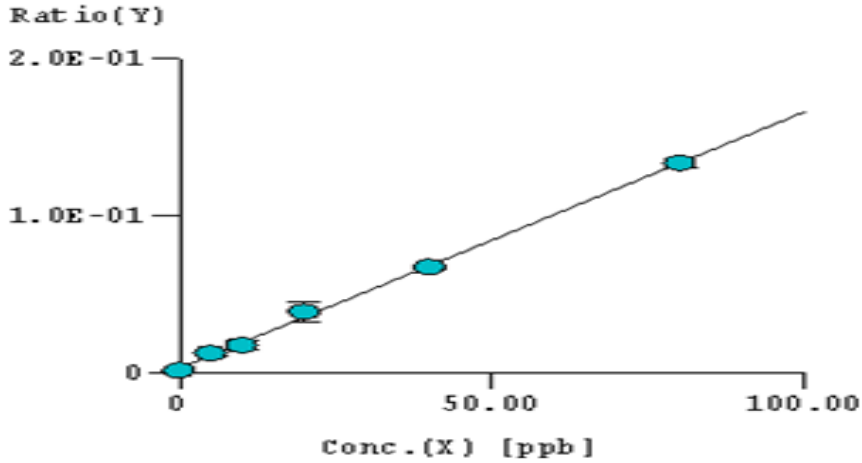
3.2.1. pH ve İletkenlik Analizi

Laboratuvara soğuk zincirde getirilen numunelerin pH ve iletkenlik analizleri numunelerin alüminyum içerikleri belirlendikten sonra oda sıcaklığına getirilmesiyle Adana Halk Sağlığı Laboratuvarı'nda Hach HQ440d elektrot tutuculu çift kanallı laboratuvar tipi dijital multimetre ile yapılmıştır.

3.2.2. Alüminyum İçeriğinin Belirlenmesi

Toplanan numuneler analize girmeden önce analizin güvenilirliği için analizde kullanılacak ICP-MS cihazı için kalibrasyon çözeltileri oluşturulmuştur. Kalibrasyon çözeltilerini hazırlamak için 1000 ppm Al ana stok çözeltilerinden 10 mL'lik plastik numune kabına 0,1 mL alınarak Al ara stok çözeltisi hazırlanmıştır. 0,1 mL Al ara stok çözeltilerinin plastik numune kabına adsorpsiyonunun önlenmesi için 10 mL olana kadar %2'lik HNO₃ (Nitrik Asit) seyreltme çözeltisi eklenmiştir. 0,8 mL hazırlanan bu çözeltiden alındıktan sonra 10 mL olana kadar %2'lik HNO₃ çözeltisi eklenerek 80 ppb'lik Al çözeltisi elde edilmiştir. Daha sonra bu çözeltiden 5 mL alınarak 80 ppb için kalibrasyon noktası oluşturulmuştur. Kalan 5 mL çözelti üzerine 5 mL %2'lik HNO₃ çözeltisi eklenerek 40 ppb için kalibrasyon noktası oluşturulmuştur. Bu süreç devam ettirilerek 20, 10 ve 5 ppb için kalibrasyon noktaları oluşturulmuştur. Blank kalibrasyon noktası için 5 mL %2'lik HNO₃ çözeltisi kullanılmıştır. Bu süreçler sonunda oluşturulan kalibrasyon grafiği Şekil 3.1'de gösterilmiştir.

500 mL şişelerde laboratuvara getirilen numunelerden 10 mL oranında su alındıktan sonra ölçümün standardizasyonunu sağlamak için sulara 0,2 mL %65'lik HNO₃ eklenmiştir. Asitle muamele edilen numunelerin alüminyum içeriği Adana Halk Sağlığı Laboratuvarı'nda Agilent Technologies 7700 Series ICP-MS cihazıyla belirlenmiştir.



Şekil 3.1. Alüminyum İçin Kalibrasyon Grafiği

3.2.3. Bireylerin Sulardan Alüminyuma Maruziyet Düzeylerinin Hesaplanması

Bireylerin alüminyuma maruziyetinin hesaplanması için bir algoritma oluşturulmuştur. Bu algoritmada, ((sudaki Al ($\mu\text{g/L}$) x yaşa ve cinsiyete göre tüketilen su miktarı (mL)) / (yaşa ve cinsiyete göre vücut ağırlığı (kg)) formülü kullanılmıştır. Alüminyum değeri için şebekelerden alınan alüminyum içeren numunelerin ortalama Al (μg) değeri kullanılmıştır. Ayrıca su tüketim miktarları için Türkiye Beslenme Rehberi 2015'te (TÜBER) (82) yaş ve cinsiyete göre içilmesi önerilen su miktarı alınmıştır. Bireylerin ortalama ağırlık değerleri için ise yine TÜBER'de yaş ve cinsiyete göre hazırlanan bireylerin 50. persentillere göre vücut ağırlık değerleri kullanılmıştır.

3.3. İstatistiksel Analiz

Çalışmada elde edilen bulguların istatistiksel analizinde SPSS 20 (Statistical Package for Social Sciences) programı kullanılmıştır. Tanımlayıcı bulgular normal dağılım olmadığı için medyan ve minimum-maksimum değerleri olarak; kategorik veriler ise sayı-yüzde şeklinde sunulmuştur. Sınıflandırılan verilerin karşılaştırılmasında Ki-Kare testleri kullanılmıştır. Parametrik olmayan verilerde bağımsız iki grubun ortalamaları arasındaki farklılığın anlamlılığı için Mann Whitney U testi, üç veya daha fazla sayıda grubun ortalamaları arasındaki farklılığın anlamlılığı için Kruskal Wallis testi kullanılmıştır. İki parametrenin arasındaki korelasyonun tespiti için Spearman Korelasyon testi kullanılmıştır. Sonuçlar %95'lik güven aralığında, anlamlılık $p < 0.05$ düzeyinde değerlendirilmiştir.

4. BULGULAR

4.1. Numunelerin Genel Özellikleri

Çalışma için toplanan içme suyu numunelerinin nerelerden toplandığı, hangi boru kaynaklı olduğu ve numunelerin alüminyum, pH ve iletkenlik değerlerinin ortalama, standart sapma, medyan ve alt üst değerleri Tablo 4.1’de verilmiştir.

Tablo 4.1: Toplanan Numunelerin Genel Özellikleri.

Suya Ait Bilgiler	n	%	($\bar{X} \pm SS$)	Medyan	Alt-Üst değer
Örneklerin alındığı yer					
Çukurova	20	23,8			
Seyhan	20	23,8			
Yüreğir	20	23,8			
Sarıçam	20	23,8			
Boru cinsi					
Metal	40	47,6			
Plastik	40	47,6			
Alüminyum ($\mu\text{g/L}$)	84		1,18 \pm 1,75	0,00	0,00-6,88
pH	84		7,92 \pm 0,15	7,93	7,48-8,68
İletkenlik ($\mu\text{S/cm}$)	84		413,05 \pm 44,80	419,50	164-447
Su kaynağı					
Şebeke suyu	80	95,2			
Doğal kaynak suyu	3	3,6			
Baraj suyu	1	1,2			

Çalışmada kullanılmak üzere Adana ilindeki 4 merkez ilçeden 20’şer adet olmak üzere (Çukurova, Seyhan, Sarıçam, Yüreğir) toplamda 80 adet şebeke suyundan, Adana ilinde çıkan 3 adet doğal kaynak suyundan ve 4 merkez ilçeye su sağlayan Çatalan Barajı’ndan olmak üzere toplamda 84 numune toplanmıştır. Toplanan numunelerin %1,2’si baraj suyu, %3,6’sı doğal kaynak suyu, %95,2’si şebeke suyudur. Merkez ilçelerden toplanan numunelerin 40 adedi metal boru

kaynaklı, 40 adedi plastik boru kaynaklıdır. Numunelerin alüminyum içeriğinin maksimum değeri 6,88 µg/L; minimum değeri 0; medyan değeri 0; ortalaması 1,18; standart sapması 1,75 çıkmıştır. pH değerlerinin maksimum değeri 8,68; minimum değeri 7,48; medyan değeri 7,93; ortalaması 7,92; standart sapması 0,15 tespit edilmiştir.. İletkenlik değerlerinin maksimum değeri 447 µS/cm; minimum değeri 164 µS/cm; medyan değeri 419,5; ortalaması 413,06; standart sapması 44,80 tespit edilmiştir.

Toplanan içme suyu numunelerinin su kaynaklarına göre alüminyum, pH ve iletkenlik değerlerinin ortalama, standart sapma, medyan ve alt-üst değerleri Tablo 4.2'de verilmiştir. Tablo 4.2'ye göre şebeke sularından alınan numunelerin alüminyum içeriklerinin ortalaması 1,21 µg/L; standart sapması 1,79; medyanı 0; alt değeri 0 µg/L; üst değeri 6,88 µg/L tespit edilmiştir. PH'larının ortalaması 7,92, standart sapması 0,15; medyanı 7,92; alt değeri 7,48; üst değeri 8,68 tespit edilmiştir. İlekenlik değerlerinin ortalaması 421,41 µS/cm; standart sapması 14,02; medyanı 423,5; alt değeri 397 µS/cm; üst değeri 447 µS/cm tespit edilmiştir. Doğal kaynak sularından alınan numunelerin alüminyum içeriklerinin ortalaması 0,95 µg/L; standart sapması 0,83; medyanı 1,27; alt değeri 0 µg/L; üst değeri 1,58 µg/L tespit edilmiştir. pH'larının ortalaması 7,88, standart sapması 0,29; medyanı 8,04; alt değeri 7,54; üst değeri 8,07 tespit edilmiştir. İlekenlik değerlerinin ortalaması 194 µS/cm; standart sapması 26,45; medyanı 204; alt değeri 164 µS/cm; üst değeri 214 µS/cm tespit edilmiştir. Çatalan Barajı'ndan alınan numune alüminyum içermemektedir, numunenin pH değeri 7,93, iletkenlik değeri 402 µS/cm tespit edilmiştir.

İçme sularının pH ve iletkenlikleriyle alüminyum içerikleri arasında ilişki olup olmadığı Tablo 4.3'te verilmiştir. Tablo 4.3'e göre alüminyumLa pH arasındaki ilişkinin saptanması amacıyla Spearman Korelasyon testi yapılmış olup alüminyumLa pH arasında pozitif korelasyon bulunmuştur ve istatistiksel açıdan anlamlı çıkmıştır ($p < 0,05$). Pozitif korelasyona göre pH arttıkça sulardaki alüminyumun da arttığı gösterilmiştir. Alüminyumla iletkenlik arasındaki ilişki istatistiksel açıdan anlamlı bulunmamıştır ($p > 0,05$).

Tablo 4.2: Su Kaynaklarına Göre Numunelerin Alüminyum, pH ve İletkenlik Değerleri.

Suya Ait Bilgiler										
	Alüminyum ($\mu\text{g/L}$)				pH			İletkenlik ($\mu\text{S/cm}$)		
	n	($\bar{X} \pm \text{SS}$)	Medyan	Alt-Üst değer	($\bar{X} \pm \text{SS}$)	Medyan	Alt-Üst değer	($\bar{X} \pm \text{SS}$)	Medyan	Alt-Üst değer
Su Kaynağı										
Şebeke Suyu	80	1,21 \pm 1,79	0	0-6,88	7,92 \pm 0,15	7,92	7,48-8,68	421,41 \pm 14,02	423,5	397-447
Doğal Kaynak Suyu	3	0,95 \pm 0,83	1,27	0-1,58	7,88 \pm 0,29	8,04	7,54-8,07	194 \pm 26,45	204	164-214
Baraj Suyu	1	0			7,93			402		

Tablo 4.3: Şebeke Sularındaki Alüminyum Düzeyi ile pH ve İletkenlik Arasındaki İlişki.

Alüminyum		
	r	p
pH	0,423	<0,001*
İletkenlik	-0,209	0,056

p değerinin hesaplanmasında Spearman korelasyon testi uygulanmıştır. (*p<0,001)

Çatalan Barajı'nın kaynaklık ettiği 4 merkez ilçenin şebekelerinden alınan içme suyu numunelerinin ilçelere göre alüminyum, pH ve iletkenlik tabloları Tablo 4.4'te verilmiştir. Tablo 4.4'e göre 20'şer adet ilçelerden toplanan numunelerin 10'ar adedi metal boru kaynaklı 10'ar adedi plastik boru kaynaklıdır. Çukurova ilçesinden alınan numunelerin alüminyum içeriğinin maksimum değeri 5,06 µg/l; minimum değeri 0; medyan değeri 0,4; ortalama değeri 1,21; standart sapması 1,68 çıkmıştır. pH değerlerinin maksimum değeri 8,08; minimum değeri 7,77; medyan değeri 7,94; ortalama değeri 7,92; standart sapması 0,82 çıkmıştır. İletkenlik değerlerinin maksimum değeri 441; minimum değeri 397; medyan değeri 422,5; ortalama değeri 418,6; standart sapması 14,76 çıkmıştır. Seyhan ilçesinden alınan numunelerin alüminyum içeriğinin maksimum değeri 4,23 µg/l; minimum değeri 0; medyan değeri 0,49; ortalama değeri 0,83; standart sapması 1,1 çıkmıştır. pH değerlerinin maksimum değeri 8,27; minimum değeri 7,8; medyan değeri 7,95; ortalama değeri 7,96; standart sapması 0,12 çıkmıştır. İletkenlik değerlerinin maksimum değeri 435; minimum değeri 402; medyan değeri 418; ortalama değeri 418,4; standart sapması 11,25 çıkmıştır. Yüreğir ilçesinden alınan numunelerin alüminyum içeriğinin maksimum değeri 6,88 µg/l; minimum değeri 0; medyan değeri 0; ortalama değeri 1,51; standart sapması 2,27 çıkmıştır. pH değerlerinin maksimum değeri 8,21; minimum değeri 7,71; medyan değeri 7,89; ortalama değeri 7,9; standart sapması 0,12 çıkmıştır. İletkenlik değerlerinin maksimum değeri 447; minimum değeri 403; medyan değeri 426; ortalama değeri 425,15; standart sapması 13,64 çıkmıştır. Sarıçam ilçesinden alınan numunelerin alüminyum içeriğinin maksimum değeri 6,09 µg/l; minimum değeri 0; medyan değeri 0; ortalama değeri 1,29; standart sapması 1,95 çıkmıştır. pH değerlerinin maksimum değeri 8,68; minimum değeri 7,48; medyan değeri 7,84; ortalama değeri 7,91; standart sapması 0,23 çıkmıştır. İletkenlik değerlerinin maksimum değeri 444; minimum değeri 400; medyan değeri 429; ortalama değeri 423,5; standart sapması 15,81 çıkmıştır. Bu sonuçlara göre alüminyum içeriği en yüksek değer ile ortalama alüminyum içeriği en yüksek ilçe Yüreğir çıkmıştır. Analiz edilen numunelerde pH değeri en yüksek (8,68) ve en düşük (7,48) çıkan numune Sarıçam ilçesinden çıkmış olup ortalama pH değeri en yüksek olan ilçe Çukurova ($7,92 \pm 0,82$), en düşük olan ilçe Yüreğir ($7,90 \pm 0,12$)'dir.

Tablo 4.4: İlçelerden Toplanan Numunelerin İlçelere Göre Alüminyum, pH ve İletkenlik Değerleri.

Suya Ait Bilgiler	Örneklerin alındığı yer											
	Çukurova (n=20)			Seyhan(n=20)			Yüreğir (n=20)			Sarıçam (n=20)		
	($\bar{X} \pm SS$)	Medyan	Alt-Üst değer	($\bar{X} \pm SS$)	Medyan	Alt-Üst değer	($\bar{X} \pm SS$)	Medyan	Alt-Üst değer	($\bar{X} \pm SS$)	Medyan	Alt-Üst değer
Alüminyum ($\mu\text{g/L}$)	1,21 \pm 1,68	0,4	0-5,06	0,83 \pm 1,10	0,49	0,00-4,23	1,51 \pm 2,27	0	0-6,88	1,29 \pm 1,95	0	0-6,09
pH	7,92 \pm 0,82	7,94	7,77-8,08	7,96 \pm 0,12	7,95	7,80-8,27	7,90 \pm 0,12	7,89	7,71-8,21	7,91 \pm 0,23	7,84	7,48-8,68
İletkenlik ($\mu\text{S/cm}$)	418,6 \pm 14,76	422,5	397-441	418,4 \pm 11,25	418	402-435	425,15 \pm 13,64	426	403-447	423,5 \pm 15,81	429	400-444

4.2. Numunelerin Boru Cinslerine Göre Alüminyum İçerikleri

İlçelerin şebeke sularından boru cinslerine göre alınan içme sularının alüminyum, pH ve iletkenlik değerleri Tablo 4.5'te gösterilmiştir. Tablo 4.5'e göre Metal boru kaynaklı numunelerin alüminyum içeriğinin maksimum değeri 6,88 µg/L; minimum değeri 0; medyan değeri 1,77; ortalaması 2,42; standart sapması 1,86 çıkmıştır. PH değerlerinin maksimum değeri 8,68; minimum değeri 7,78; medyan değeri 7,96; ortalama değeri 7,97; standart sapması 0,16 çıkmıştır. İletkenlik değerlerinin maksimum değeri 444 µS/cm; minimum değeri 397 µS/cm; medyan değeri 418; ortalama değeri 417,5; standart sapması 12,29 çıkmıştır. Plastik boru kaynaklı numunelerde alüminyuma rastlanmamıştır. PH değerlerinin maksimum değeri 8,07; minimum değeri 7,48; medyan değeri 7,88; ortalama değeri 7,87; standart sapması 0,11 çıkmıştır. İletkenlik değerlerinin maksimum değeri 447 µS/cm; minimum değeri 400 µS/cm; medyan değeri 430; ortalama değeri 425,32; standart sapması 14,68 çıkmıştır.

Metal boru kaynaklı sularla plastik kaynaklı suların alüminyum içerikleri farklı olup metal boru kaynaklıların içerikleri daha yüksek bulunmuştur. Metal boru ve plastik boru kaynaklı suların alüminyum, pH ve iletkenliklerinin anlamlı şekilde farklılaşıp farklılaşmadığının tespiti için Mann Witney U testi kullanılmıştır. Çukurova ilçesinde yapılan analizlerde metal ve plastik boru arasında farka bakıldığında alüminyum açısından fark anlamlıyken ($p < 0,05$) pH ve iletkenlik açısından fark anlamlı değildir ($p > 0,05$). Seyhan ilçesinde yapılan analizlerde metal ve plastik boru arasında farka bakıldığında alüminyum açısından fark anlamlıyken ($p < 0,05$) pH ve iletkenlik açısından fark anlamlı değildir ($p > 0,05$). Yüreğir ilçesinde yapılan analizlerde metal ve plastik boru arasında farka bakıldığında alüminyum ve pH açısından fark anlamlıyken ($p < 0,05$) iletkenlik açısından fark anlamlı değildir ($p > 0,05$). Sarıçam ilçesinde yapılan analizlerde metal ve plastik boru arasında farka bakıldığında alüminyum ve iletkenlik açısından fark anlamlıyken ($p < 0,05$) pH açısından fark anlamlı değildir ($p > 0,05$). 4 merkez ilçenin hepsinde yapılan analizlerde metal ve plastik borudan alınan numuneler arasında farka bakıldığında alüminyum, pH ve iletkenlik açısından fark anlamlıdır ($p < 0,05$).

Tablo 4.5: İlçelerden Alınan Numunelerin Boru Cinslerine Göre Alüminyum, pH ve İletkenlik Değerleri.

	Örneklerin alındığı yer														
	Çukurova (n=20)			Seyhan(n=20)			Yüreğir (n=20)			Sarıçam (n=20)			Toplam		
	Metal	Plastik	P	Metal	Plastik	P	Metal	Plastik	P	Metal	Plastik	P	Metal	Plastik	P
	Medyan (Alt-Üst)	Medyan (Alt-Üst)		Medyan (Alt-Üst)	Medyan (Alt-Üst)		Medyan (Alt-Üst)	Medyan (Alt-Üst)		Medyan (Alt-Üst)	Medyan (Alt-Üst)		Medyan (Alt-Üst)	Medyan (Alt-Üst)	
Suya Ait Bilgiler															
Alüminyum	1,83(0,80-5,06)	0	0,00*	1,14(0,98-4,23)	0	0,00*	2,49(0-6,88)	0	0,00*	1,93(0-6,09)	0	0,00*	1,77(0,00-6,88)	0	0,00*
pH	7,95(7,78-8,08)	7,91(7,77-8,01)	0,289	7,98(7,80-8,27)	7,93(7,80-8,27)	0,677	7,93(7,79-8,21)	7,86(7,71-8,07)	0,173	8,02(7,78-8,68)	7,78(7,48-7,97)	0,004*	7,96(7,78-868)	7,88(7,48-8,07)	0,004*
İletkenlik	409 (397-431)	431,50 (400-441)	0,053	418 (402-431)	411 (405-435)	0,970	418,50 (403-433)	434,50 (414-447)	0,019 *	421,50 (400-444)	431,50 (406-443)	0,364	418 (397-444)	430 (400-447)	0,007*

p değerinin hesaplanmasında Mann Whitney U testi uygulanmıştır. (*p<0,05)

Şebeke sularından metal ve plastik boru kaynaklı içme suyu numunelerinin alüminyum içerip içermemesi Tablo 4.6'da gösterilmiştir. Tablo 4.6'ya göre şebeke sularından toplanan 80 tane numunenin %50'si metal boru, %50'si plastik boru kaynaklıdır. Metal boru kaynaklı örneklerin %95'i (38 adet) alüminyum içerirken %5'i (2 adet) alüminyum içermemektedir. Plastik boru kaynaklı örneklerin hiçbiri alüminyum içermemektedir. Şebeke sularından toplanan tüm örneklerin %47,5'i alüminyum içerirken %52,5'i alüminyum içermemektedir. Boru cinsine göre numunelerin alüminyum içerip içermediklerinin anlamlı olup olmadığının tespiti için Pearson Ki-kare testi yapılmıştır. Test sonucu boru cinsine göre alüminyum içeriği anlamlı şekilde farklılık göstermiştir ($p<0,05$).

Tablo 4.6: Metal ve Plastik Boru Kaynaklı Numunelerin Alüminyum İçerikleri.

Boru Cinsi		Alüminyum		p
		var	yok	
Metal	n	38	2	<0,001
	%	95	5	
Plastik	n	0	40	
	%	0	100	
Toplam	n	38	42	
	%	47,5	52,5	

p değerinin hesaplanmasında Pearson Ki-Kare testi uygulanmıştır. (* $p<0,05$)

İlçelere göre toplanan numunelerin alüminyum içeriklerinin ortalama, standart sapma, medyan ve alt üst değerleri Tablo 4.7'de gösterilmiştir. Tablo 4.7'ye göre Çukurova ve Seyhan ilçelerinde toplanan 20'şer numunenin %50'sinde alüminyum varken %50'sinde alüminyum yoktur. Yüreğir ve Sarıçam ilçelerinde toplanan 20'şer numunenin %45'inde alüminyum varken %55'inde alüminyum yoktur. Şebeke suyundan örnek alınan yerlere göre numunelerin alüminyum içerip içermediklerinin anlamlı olup olmadığının tespiti için Pearson Ki-kare testi yapılmıştır. Test sonucu örnek alınan yerlere göre numunelerin alüminyum içeriğinin anlamlı şekilde farklılık göstermediğini ($p>0,05$) ortaya çıkarmıştır.

Tablo 4.7: Şebeke Sularından Örnek Alınan Yerlere Göre Alüminyum İçerikleri.

Örnek Alınan Yer	Alüminyum ($\mu\text{g/L}$)			p
	$\bar{X} \pm \text{SS}$	Medyan	Alt-Üst Değer	
Çukurova (n=20)	1,21 \pm 1,68	0,4	0-5,06	0,978
Seyhan (n=20)	0,83 \pm 1,1	0,49	0-4,23	
Yüreğir (n=20)	1,51 \pm 2,27	0	0-6,88	
Sarıçam (n=20)	1,29 \pm 1,95	0	0-0-6,09	

p değerinin hesaplanmasında Kruskal Wallis testi uygulanmıştır. ($p>0,05$)

4.3. Su İçin Önerilen Yeterli Alım Miktarına Göre Alüminyum Maruziyetinin Hesaplanması

Türkiye Beslenme Rehberi'nden alınan yaşa ve cinsiyete göre su tüketimi ile 50. persentile göre vücut ağırlıklarından faydalanarak hesaplanan alüminyum içeren şebeke sularından toplam Al maruziyeti ve kilogram başına Al maruziyeti Tablo 4.8'de gösterilmiştir. Tablo 4.8'e göre Al içeren şebeke sularından kg başına Al maruziyeti kadınlarda 0,289 $\mu\text{g/kg}$ vücut ağırlığı/gün ile en fazla 2 yaş dönemindeki kız çocuklarında; 0,09 $\mu\text{g/kg}$ vücut ağırlığı/gün ile en düşük 18 yaş grubundaki gençlerde görülmüştür. Erkeklerde 0,272 $\mu\text{g/kg}$ vücut ağırlığı/gün ile en fazla 2 yaş dönemindeki çocuklarda; 0,095 $\mu\text{g/kg}$ vücut ağırlığı/gün ile en az 18 yaş dönemindeki gençlerde görülmüştür.

Tablo 4.8: Alüminyum İçeren Şebeke Sularından Alüminyum Maruziyeti

Cinsiyet Yaş	Su Tüketimi (mL/gün)	Sulardan Al Maruziyeti (µg)	50. Percentile Göre Vücut Ağırlığı (kg)	Al Maruziyeti (µg/kg)
Erkek				
2	1300	3,32	12,2	0,272
3	1300	3,32	14,3	0,232
4	1600	4,08	16,3	0,250
5	1600	4,08	18,3	0,223
6	1600	4,08	20,5	0,199
7	1600	4,08	22,9	0,178
8	1600	4,08	25,4	0,161
9	2100	5,36	28,1	0,191
10	2100	5,36	31,2	0,172
11	2100	5,36	34,6	0,155
12	2100	5,36	38,9	0,138
13	2100	5,36	44,3	0,121
14	2500	6,38	50,6	0,126
15	2500	6,38	56,6	0,113
16	2500	6,38	61,3	0,104
17	2500	6,38	64,8	0,098
18	2500	6,38	67,3	0,095
19-50	2500	6,38	65,1	0,098
51-64	2500	6,38	61,5	0,104
≥65	2500	6,38	60,3	0,106
Kadın				
2	1300	3,32	11,5	0,289
3	1300	3,32	13,9	0,239
4	1600	4,08	16,1	0,253
5	1600	4,08	18,2	0,224
6	1600	4,08	20,2	0,202
7	1600	4,08	22,4	0,182
8	1600	4,08	25	0,163
9	1900	4,85	28,2	0,172
10	1900	4,85	31,9	0,152
11	1900	4,85	36,2	0,134
12	1900	4,85	41,2	0,118
13	1900	4,85	46	0,105
14	2000	5,1	50,1	0,102
15	2000	5,1	52,8	0,097
16	2000	5,1	54,7	0,093
17	2000	5,1	55,7	0,091
18	2000	5,1	56,7	0,090
19-50	2000	5,1	54,9	0,093
51-64	2000	5,1	52,3	0,097
≥65	2000	5,1	50,6	0,101

5. TARTIŞMA

Adana ilinde çıkan doğal kaynak sularında, 4 merkez ilçenin şebeke sularından alınan numunelerde ve Çatalan Barajı'ndan alınan numunede yapılan incelemelerde alüminyum içeriği DSÖ, USEPA, EEC kuruluşları ile ülkemizdeki “İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik” tarafından belirlenen alüminyum standartlarına uygundur. pH değerleri “İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik” tarafından belirlenen “ $\geq 6,5$ ve $\leq 9,5$ ” değerlerinin arasında tespit edilmiştir. İletkenlik değerleri de “İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik” tarafından belirlenen $2500 \mu\text{S}/\text{cm}$ 'nin altında tespit edilmiştir (56).

Alüminyum tayininde uygulanan aletli yöntemler arasında nötron aktivasyonu, X-ışını floresansı, alev atomik absorpsiyon spektrofotometresi (F-AAS), grafit fırın - atomik absorpsiyon spektrofotometresi (GF-AAS), indüktif eşleşmiş plazma - atomik emisyon spektrofotometresi (ICP-AES) ve indüktif eşleşmiş plazma - kütle spektrofotometresi (ICP-MS) yer alır; fakat ne X ışını floresan ne de alev absorpsiyon yöntemleri biyolojik örneklerde eser seviyelerini ölçmek için yeterince duyarlı değildir. Nötron aktivasyon analizi mükemmel sonuçlar verir, ancak yöntemler zaman alıcıdır ve tesisler, imkanlar her zaman kullanıma hazır değildir. GF-AAS diğer ismiyle elektrotermal atomik absorpsiyon spektrometresi (EAAS), alçak konsantrasyonlarda alüminyum belirlemek için en sık kullanılan yöntemdir. Çeşitli biyolojik ve çevresel numunelerde alüminyum tayini için ICP-AES kullanılır, böylece düşük seviyelerdeki girişimlerde farklı elementlerin eş zamanlı belirlenmesi sağlanır. Ters fazlı sıvı kromatografisi için çok elementli dedektör olarak ICP-MS, elüsyondaki pikler üzerinde izotop oranlarını ölçme ve problemleri online olarak çıkarma yeteneğini sunmaktadır (9, 25). Bu çalışmada analizler multi elementel tespitlerin ve analizlerin hızlı biçimde yapılması sayesinde en yeni teknik gelişme olan ICP-MS cihazında yapılmıştır.

Şebeke suları ile Çatalan Barajı'ndan alınan numunelerde suların iletkenliği doğal kaynak sularına göre yüksek tespit edilmiştir. Bu farklılık suyun iletkenliğinin sudaki iyonların toplam ve bağlı konsantrasyonlarına, hareketliliğine, değerliklerine ve ölçüm sıcaklığına bağlı olmasıyla açıklanabilmektedir (83). Sudaki çözünen iyon

konsantrasyonu arttıkça iletkenlik de arttığı için şebeke sularının doğal kaynak sularına göre daha fazla çözünmüş iyon içerdiği söylenebilmektedir (84).

Alınan numunelerde pH değerleri “İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik” tarafından belirlenen değerlere uygun olup tüm numuneler bazik özellikte çıkmıştır. Düşük pH’lı sular korozif olacağından dolayı özellikle metal borulardan ve bağlantı ekipmanlarından metallerin çözünmesine neden olabilir (84). Toplanan numunelerin pH değerleri bazik özellikte ve belirlenen sınırlar içerisinde olduğu için böyle bir sorun meydana gelmemiştir.

Toplanan numunelere göre pH ile alüminyum arasında anlamlı ilişki bulunmuştur. Araştırmada pH yükseldikçe sulardaki alüminyum oranının da yükseldiği bulunmuştur. pH yüksekliğinde alüminyumun artmasının sebebi alüminyumun çözünürlüğünü arttırması olabilir. Yüksek pH’da Al iyonları hidroksit iyonu ile kompleks oluşturmanın yanı sıra inorganik ligandlarla da kompleks oluşturabilmektedir (85). Yapılan bir araştırmada DSÖ’nün içme sularındaki alüminyum içeriğini belirlediği standart olan 200 µg/l değeri içme sularının pH’ı 5.2 ve 7.6 arasındaki değerlerde sağlanmıştır. pH 7.6 üzerine çıktığı zaman alüminyum çözünürlüğü hızlı bir şekilde artmıştır (86). Reitzel ve ark. (87)’nin göllerdeki alüminyumla pH ilişkisi üzerine yaptıkları çalışmada alüminyumun 8.5 ve üzeri pH değerlerinde pasif difüzyon ve resüspansiyon olayları sırasında göl sedimentlerinden mobilize olabileceği ve serbest alüminyumun, resüspansiyona maruz kalan sığ göllerde yüksek Al konsantrasyonlarına neden olabileceği bulunmuştur.

İçme suları dağıtım sistemi, her içme suyu tesisinin kritik bir bileşenidir. Temel işlevi, gerekli su miktarını ve kalitesini uygun bir basınçta sağlamaktır. Su kalitesi, dağıtılmadan önce suyun işlemden geçirilmesi veya işlemden geçirilmemesi, dağıtım sırasında suyun içinde yer alan kimyasal ve biyolojik reaksiyonlar, su ile dağıtım sistemi malzemeleri arasındaki reaksiyonlar, hidrolik geçişler ile birlikte sızıntılar ve meydana gelen harici kaynaklardan gelen kirlilik nedeniyle dağıtım sırasında bozulabilmektedir (88, 89).

Araştırmada merkez ilçelerden toplanan numunelerde metal ve plastik boru kaynaklı suların alüminyum içeriği kıyaslandığında metal boru kaynaklı suların

%95'inde alüminyum tespit edilmiştir. Plastik boru kaynaklı suların ise hiçbirinde alüminyum tespit edilmemiştir. 4 ilçe suyuna kaynaklık eden Çatalan Barajı'nda alüminyum tespit edilmemiştir. Su dağıtım sistemlerindeki önemli bir tehdit olan dağıtım sistemlerindeki tüm materyallerden (boru, tesisat, kaplamalar vb.) suya korozyon, difüzyon, çözünme yoluyla suya tehlikeli maddeler geçmesidir. Plastik borulardan pvc borularda karsinojenik vinil klorid boru yüzeyinden suya sızdığı için halk sağlığını tehdit etmektedir; bu yüzden yeni tip plastik borular vinil klorid içermemektedir. Ayrıca çimento bazlı beton borulardan veya çimento kaplı borulardan çimento yüksek oranda alüminyum içerdiği için suya alüminyum geçişleri olmaktadır. Su dağıtım sistemlerindeki metal borulardan boru malzemesine göre suya metal geçişleri olmaktadır (90). Metal borularda alüminyum çıkmasının sebebi boru hattı yüzeylerindeki birikintilerin, metalik boru hattı korozyon işlemelerini ve dolayısıyla ağır metal iyonlarının suya salınımını artırması olabilir (91). Metal boru korozyonu sonucu içme suyu dağıtım sistemlerindeki içme suları ağır metallerle yüklenir ve metal boruların uzun yıllar kullanımda olmasından dolayı da ağır metal riski bakımından oldukça önemlidir (92). Korozyon oluşumunu etkileyen başlıca faktörler arasında dağıtım sistemlerindeki suların kalitesi, boru veya boru malzemesi ve çalışma koşulları yer almaktadır. Demir, bakır, çinko, krom, kurşun, kadmiyum gibi metal boruların yapımında kullanılan metaller de alüminyum gibi korozyon sonucu suya geçip suyun ağır metal içeriğini arttırabilmektedir (62, 93). Metal borularda meydana gelen korozyon, difüzyon veya çözünme olayları sonucu içme suyuna geçen ağır metaller Çatalan Barajı'ndan gelen suda alüminyum olmayıp metal boru kaynaklı sularda alüminyum çıkmasını açıklamaktadır. Bu sebeple ağır metaller maruziyet riski göz önüne alındığında halk sağlığı için su dağıtım sistemlerinde metal boru yerine plastik boru tercihi daha sağlıklıdır.

Korozyon mikroorganizmaların çoğalması için gerekli uygun koşulları sağladığı için halk sağlığını tehdit etmektedir. Dağıtım sistemlerinde korozyon sonucu oluşan tüberküllerde çoğalan mikroorganizmalar biyofilm oluştururlar. Biyofilmler özellikle patojen mikroorganizmaların ürünü oldukları için içme suyu kalitesi ve halk sağlığı için önemli bir tehdit oluşturmaktadırlar (94).

İçme suyu dağıtım sistemleri eskidikçe kırılma, parçalanma ve korozyona uğrama riskleri de o denli artmaktadır. Özellikle eskiyen metal boruların yüzeylerinde ağır metal birikintileri artmaktadır, korozyona uğrama süresi arttığından dolayı borulardan suya ağır metal kontaminasyonu ve korozyonun artmasından dolayı da biyofilm oluşumu artmaktadır (61, 94). Araştırmada da şebeke suyunda alüminyuma rastlanmasının sebebi içme suyu borularının eski olması olabilir.

İçme suyunun güvenliği için içme suyu dağıtım şebekesinde gerekli önlemlerin alınması gereklidir. İçme suyu dağıtım sistemlerinin var olan kilometrelerce boruları, depoları, endüstriyel kullanıcılarla bağlantılarının kaza veya sabotaj sonucu kırılmalara, çatlamalara ve sızıntılara açık olması kimyasal ve mikrobiyolojik kirleticilerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır (95). Dağıtım sistemlerini yönetmek ve düzenlemek için temel itici güç, halkın sağlığını korumaktır; bu durum, ülkemiz dağıtım sistemleri eskidikçe ve sızıntılara karşı daha savunmasız hale geldikçe daha da zorlaşmaktadır. Ülkeler muhtemelen yer altında göremedikleri için ve bütçeler düşünüldüğünde dağıtım sistemlerine yapılan yatırımları ertelemektedirler. Ancak, daha fazla bozulmayı beklemek yerine, halk sağlığının korunması ve su kalitesinin bozulmasının en aza indirilmesi için içme suyu dağıtım sisteminin dağıtım, tasarım, yapım ve yönetimi için uygun maliyetli bir değişime olanak sağlayacak yeni bir oluşum gerekmektedir (88).

Araştırma sonucunda alüminyum içeren şebeke sularından bireylerin Al maruziyeti 0,153 µg/kg vücut ağırlığı/gün olarak hesaplanmıştır. Erkeklerde maruziyet ortalama 0,157 µg/kg vücut ağırlığı/gün, kadınlarda Al maruziyeti 0,15 µg/kg vücut ağırlığı/gün olarak hesaplanmıştır. Hesaplamalara bakıldığında erkeklerin Al maruziyeti biraz daha fazla çıkmıştır. Hesaplanarak belirlenen maruziyet değerleri PTWI (2 mg/kg vücut ağırlığı/gün), NOAEL (30 mg/kg vücut ağırlığı/gün), LOAEL (100 mg/kg vücut ağırlığı/gün) seviyelerini geçmemektedir; çünkü bu değerlerin hesaplanmasında içme suyu dahil tüm kaynaklardan (besinler, ilaçlar vb.) maruz kalınan Al kullanılmaktadır. Çeşitli kuruluş ve ülkelerin tüm kaynaklardan Al maruziyetleriyle ilgili bilgiler Tablo 2.3'te verilmiştir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

6.1. Sonuçlar

Adana ilinde araştırma için Çatalan Barajı'ndan 1 adet, Çatalan Barajı'nın kaynaklık ettiği dört merkez ilçeden 40'ı metal boru kaynaklı 40'ı plastik boru kaynaklı 80 adet ve Adana il sınırları içinde çıkan doğal kaynaksularından 3 adet olmak üzere toplamda 84 adet toplanan numunelerin pH, iletkenlik ve alüminyum değerleri ile boru kaynağına göre içme sularının alüminyum içeriklerinin değerlendirilmesi amacıyla yapılan bu çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

1. Toplanan 84 adet numunenin pH, iletkenlik ve alüminyum değerleri ulusal ve uluslararası standartlara uygun çıkmıştır.
2. Şebeke suları ile Çatalan Barajı'ndan alınan numunelerde suların iletkenliği doğal kaynak sularına göre yüksek çıkmıştır.
3. pH değerleri "İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik" tarafından belirlenen değerlere uygun olup tüm numuneler bazik özellikte çıkmıştır.
4. Toplanan 84 numuneye göre pH ile alüminyum arasında anlamlı ilişki bulunmuştur ($p < 0,001$). Araştırmada pH yükseldikçe sulardaki alüminyum oranının da yükseldiği bulunmuştur.
5. 4 ilçe suyuna kaynaklık eden Çatalan Barajı'nda alüminyum tespit edilmemiştir.
6. İlçelerden toplanan şebeke sularından alınan numunelerde metal ve plastik boru kaynaklı suların alüminyum içeriği kıyaslandığında metal boru kaynaklı suların %95'inde alüminyum tespit edilmiştir. Plastik boru kaynaklı suların ise hiçbirinde alüminyum tespit edilmemiştir. İçme suyu sistemlerindeki boruların cinsi ile sulardaki alüminyum arasındaki ilişki istatistiksel açıdan anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$).
7. 4 merkez ilçenin hepsinde yapılan analizlerde metal ve plastik borulardan alınan numuneler arasında farka bakıldığında alüminyum, pH ve iletkenlik açısından fark anlamlıdır ($p < 0,05$).

6.2. Öneriler

Bu çalışma, ülkemizde su dağıtım sistemlerindeki kullanılan borulardaki materyal cinsine göre alüminyum kontaminasyonunun belirlenmesine yönelik yapılan ilk çalışmadır. Bu çalışmanın sonuçlarının yapılacak diğer çalışmalara yol göstereceği düşünülmektedir. Şebeke sularında kullanılan boru cinsine göre alüminyumdan başka diğer ağır metal kontaminasyonlarının ve suyun mikrobiyolojik kalitesine yönelik ileri çalışmalar yapılmalıdır.

İçme sularının pH'ı yasal sınırlar ($\geq 6,5$ ve $\leq 9,5$) içerisinde olmalıdır. Asidik veya bazik sular topraktan veya boru sistemlerinden ağır metal çözünümüne neden olacağından dolayı suların pH'ı mutlaka kontrol altında olmalıdır.

Araştırma sonucunda içme suları dağıtım sistemlerindeki metal borulardan içme sularına alüminyum geçişi olduğunu göstermiştir. Bu sonuçtan yola çıkarak içme suyu dağıtım şebekelerinde var olan metal boruların yerlerine ağır metallerin içme suyuna geçişini önlemek amacıyla halk sağlığını korumak için ağır metal veya diğer mikrobiyolojik kontaminasyon yollarını önleyecek materyal çeşidiyle döşenmesi gerekmektedir. Ayrıca eskiyen boruların tespit edilip mikrobiyolojik ve kimyasal açıdan halk sağlığını tehdit etmeden sağlık açısından risk taşımayan yeni içme suyu borularıyla değiştirilmesi önerilmektedir.

KAYNAKLAR

1. Bakar C, Baba A. Metaller ve insan sağlığı: Yirminci yüzyıldan bugüne ve geleceğe miras kalan çevre sağlığı sorunu. 1. Tıbbi Jeoloji Çalıştayı. 2009;30:162-83.
2. Tayfur M, Ünlüođlu İ, Bener Ö. Alüminyum ve sağlık. Gıda Dergisi. 2002;27(4).
3. Khanhuathon Y, Siriangkawut W, Chantiratikul P, Grudpan K. Spectrophotometric method for determination of aluminium content in water and beverage samples employing flow-batch sequential injection system. J Food Compost Anal. 2015;41:45-53.
4. Yavuz CI, Vaizođlu SA, Güler Ç. İçme Suyunda Alüminyum. TAF Prev Med Bull. 2013;12(5).
5. WHO. Guidelines for drinking water quality, addendum to volume 2: Health criteria and other supporting information. WHO Publications; 1998.
6. Liu J, Chen H, Yao L, Wei Z, Lou L, Shan Y, et al. The spatial distribution of pollutants in pipe-scale of large-diameter pipelines in a drinking water distribution system. J Hazard Mater. 2016;317:27-35.
7. Health Canada. Guidelines for Canadian Drinking Water Quality: Guideline Technical Document – Aluminum. Canada: Health Canada;1998.
8. Snoeyink VL, Schock MR, Sarin P, Wang L, Chen AS-C, Harmon SM. Aluminium-containing scales in water distribution systems: Prevalence and composition. J Water Supplly Res T. 2003;52(7):455-74.
9. WHO. International Programme on Chemical Safety.(1997). Environmental health criteria. 1995;155.
10. Aguilar F, Autrup H, Barlow S, Castle L, Crebelli R, Dekant W, et al. Safety of aluminium from dietary intake scientific opinion of the panel on food additives, flavourings, processing aids and food contact materials (AFC). EFSA J. 2008;754:1-34.
11. JECFA. Evaluation of certain food additives and contaminants: seventy-fourth [74th] report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. WHO, FAO; 2011 July 4.
12. Veríssimo MI, Gomes MTS. Aluminium migration into beverages: Are dented cans safe? Sci Total Environ. 2008;405(1-3):385-8.
13. Bondy SC. Prolonged exposure to low levels of aluminum leads to changes associated with brain aging and neurodegeneration. Toxicol. 2014;315:1-7.
14. Uzundumlu AS, Fakıoğlu Ö, Köktürk M, Temel T. Erzurum ilinde en uygun içme suyu tercihinin belirlenmesi. Alınteri Zirai Bilimler Dergisi. 2016;30(1):1-7.
15. Yılmaz M. Konuralp beldesinde içme sularının elementer analizi ve içerdiği ağır metaller: şebeke suyu, doğal kaynak suyu ve zemzem suyunun karşılaştırılması. Konuralp Tıp Dergisi. 2014;2014(3):54-8.
16. Güler Ç, Çobanođlu Z. Su Kalitesi, TC Sağlık Bakanlığı Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi No:38, 1. Baskı; 1997.

17. Fakir Y. Denizli içme suyu şebekesindeki su kalitesi parametrelerinin zamana ve konuma göre değişiminin incelenmesi (Yüksek lisans tezi). Denizli: Pamukkale Üniversitesi; 2012.
18. Balkaya N, Açıkgoz A. İçme suyu kalitesi ve Türk içme suyu standartları. *Standard Derg*, Ocak. 2004:29-37.
19. Mutlu E, Uncumusaoğlu AA. Physicochemical analysis of water quality of Brook Kuruçay. *Turkish JAF Sci.Tech*. 2016;4(11):991-8.
20. Kurnaz A, Mutlu E, Uncumusaoğlu AA. Determination of water quality parameters and heavy metal content in surface water of Çiğdem Pond (Kastamonu/Turkey). *Turkish JAF Sci.Tech*. 2016;4(10):907-13.
21. Willhite CC, Ball GL, McLellan CJ. Total allowable concentrations of monomeric inorganic aluminum and hydrated aluminum silicates in drinking water. *Crit Rev Toxicol*. 2012;42(5):358-442.
22. Bondy SC. Aluminum. Squire LR (Editor). *Encyclopedia of Neuroscience*. USA: Academic Press; 2009.
23. Ataman T. Alüminyum ve Türkiye'de bu sanayiinin kurulması. *Bilimsel Madencilik Dergisi*. 1961;1(3):181-8.
24. Kramer MF, Heath MD. Aluminium in allergen-specific subcutaneous immunotherapy—A German perspective. *Vaccine*. 2014;32(33):4140-8.
25. Krewski D, Yokel RA, Nieboer E, Borchelt D, Cohen J, Harry J, et al. Human health risk assessment for aluminium, aluminium oxide, and aluminium hydroxide. *J Toxicol Environ Health*. 2007;10(S1):1-269.
26. Recalde K, Wang J, Graedel T. Aluminium in-use stocks in the state of Connecticut. *Resour Conserv Recycl*. 2008;52(11):1271-82.
27. Bruggink PR, Martchek KJ. Worldwide recycled aluminum supply and environmental impact model. Canada; 2004.
28. ATSDR. Toxicological profile for aluminum. Atlanta: US department of health and human services; 2008 September.
29. WHO. Aluminium in drinking-water: Background document for development of WHO guidelines for drinking-water quality. Geneva: WHO; 2003.
30. Krinsky DL, Berardi RR, Ferreri S, Hume AL, Newton GD, Rollins CJ. *Handbook of nonprescription drugs: An interactive approach to self-care*: Washington DC; 2015.
31. Stephens BR, Jolliff JS. Aluminum and Alzheimer's Disease. Martin CR, Preedy VR, editors. *Diet and Nutrition in Dementia and Cognitive Decline*: Elsevier; 2015.
32. Gad SC. Aluminum. Wexler P, editor. *Encyclopedia of Toxicology*. 3rd ed. Elsevier; 2014.
33. Lindblad EB. Aluminium adjuvants—in retrospect and prospect. *Vaccine*. 2004;22(27-28):3658-68.

34. Mitkus RJ, King DB, Hess MA, Forshee RA, Walderhaug MO. Updated aluminum pharmacokinetics following infant exposures through diet and vaccination. *Vaccine*. 2011;29(51):9538-43.
35. Onur E. Alüminyum toksisitesinin kalite kontrol açısından değerlendirilmesi. *Türk Nefroloji Diyaliz ve Transplantasyon Dergisi*. 1997;1/2:74-9
36. Sipahi H, Palabıyık ŞS, Balcı S, Şahin G. Alüminyum Toksikitesi ve Nörodejeneratif Hastalıklardaki Rolü. *Turkiye Klinikleri J Neur*. 2015;10(1):6-14.
37. Sjögren B, Iregren A, Montelius J, Yokel RA. Aluminum. Nordberg GF, Fowler B, Nordberg M, editors. *Handbook on the Toxicology of Metals*. 4th ed. Elsevier; 2015.
38. Saiyed SM, Yokel RA. Aluminium content of some foods and food products in the USA, with aluminium food additives. *Food Addit Contam*. 2005;22(3):234-44.
39. Yang M, Jiang L, Huang H, Zeng S, Qiu F, Yu M, et al. Dietary exposure to aluminium and health risk assessment in the residents of Shenzhen, China. *Plos one*. 2014;9(3):e89715.
40. Lopez FF, Cabrera C, Lorenzo ML, Lopez MC. Aluminium content of drinking waters, fruit juices and soft drinks: contribution to dietary intake. *Sci Total Environ*. 2002;292(3):205-13.
41. Lopez FF, Cabrera C, Lorenzo ML, Lopez MC. Aluminium levels in wine, beer and other alcoholic beverages consumed in Spain. *Sci Total Environ*. 1998;220(1):1-9.
42. Fung K, Carr H, Poon B, Wong M. A comparison of aluminum levels in tea products from Hong Kong markets and in varieties of tea plants from Hong Kong and India. *Chemosphere*. 2009;75(7):955-62.
43. Yokel RA, McNamara PJ. Aluminium toxicokinetics: an updated minireview. *Basic Clin Pharmacol Toxicol*. 2001;88(4):159-67.
44. Yokel RA. Aluminum in food—the nature and contribution of food additives. *EI-Samragy Y*, editor. *Food Additive*. Intechopen; 2012.
45. Fekete V, Vandevijvere S, Bolle F, Van Loco J. Estimation of dietary aluminum exposure of the Belgian adult population: evaluation of contribution of food and kitchenware. *Food Chem Toxicol*. 2013;55:602-8.
46. Arnich N, Sirot V, Rivière G, Jean J, Noël L, Guérin T, et al. Dietary exposure to trace elements and health risk assessment in the 2nd French Total Diet Study. *Food Chem Toxicol*. 2012;50(7):2432-49.
47. González-Weller D, Gutiérrez AnJ, Rubio C, Revert C, Hardisson A. Dietary intake of aluminum in a Spanish population (Canary Islands). *J Agric Food Chem*. 2010;58(19):10452-7.
48. Rose M, Baxter M, Brereton N, Baskaran C. Dietary exposure to metals and other elements in the 2006 UK Total Diet Study and some trends over the last 30 years. *Food Addit Contam*. 2010;27(10):1380-404.
49. Dökmeci İ, Dökmeci A. *Toksikoloji Zehirlendirmede Tanı ve Tedavi*, 4. Baskı, Nobel Tıp Kitabevleri. 2005.

50. Alexandrov PN, Pogue AI, Lukiw WJ. Synergism in aluminum and mercury neurotoxicity. *Integr Food Nutr Metab.* 2018;5(3).
51. Abuelgasim ZMA. Effect of Dumping Waste Sludge from Mogran Water Treatment Plant (MWTP) on Residual Aluminum in Water and Soil in Blue Nile (MSc thesis). Sudan: Sudan University of Science and Technology; 2016.
52. Ramírez-Duarte WF, Kurobe T, Teh SJ. Impairment of antioxidant mechanisms in Japanese Medaka (*Oryzias latipes*) by acute exposure to aluminum. *Comp Biochem Physiol C Toxicol Pharmacol.* 2017;198:37-44.
53. Bondy SC, Campbell A. Water Quality and Brain Function. *International journal of environmental research and public health.* 2017;15(1):2.
54. Li W, Johnson CE. Relationships among pH, aluminum solubility and aluminum complexation with organic matter in acid forest soils of the Northeastern United States. *Geoderma.* 2016;271:234-42.
55. Kandimalla R, Vallamkondu J, Corgiat EB, Gill KD. Understanding aspects of aluminum exposure in Alzheimer's disease development. *Brain Pathol.* 2016;26(2):139-54.
56. Sağlık Bakanlığı. İnsani tüketim amaçlı sular hakkında yönetmelik. Ankara: Sağlık Bakanlığı; 2005, Resmi Gazete: 25730.
57. Srinivasan P, Viraraghavan T, Subramanian K. Aluminium in drinking water: An overview. *Water Sa.* 1999;25(1):47-55.
58. Shirasaki N, Matsushita T, Matsui Y, Marubayashi T. Effect of aluminum hydrolyte species on human enterovirus removal from water during the coagulation process. *Chem Eng J.* 2016;284:786-93.
59. Wang W, Yang H, Wang X, Jiang J, Zhu W. Effects of fulvic acid and humic acid on aluminum speciation in drinking water. *J Environ Sci.* 2010;22(2):211-7.
60. Wang W, Yang H, Wang X, Jiang J, Zhu W. Factors effecting aluminum speciation in drinking water by laboratory research. *J Environ Sci.* 2010;22(1):47-55.
61. Liu G, Zhang Y, Knibbe W-J, Feng C, Liu W, Medema G, et al. Potential impacts of changing supply-water quality on drinking water distribution: A review. *Water Res.* 2017;116:135-48.
62. Renner R. Pipe scales release hazardous metals into drinking water. *Environ. Sci. Technol.* 2008;42(12):4241
63. Zhang Y, Shi B, Zhao Y, Yan M, Lytle DA, Wang D. Deposition behavior of residual aluminum in drinking water distribution system: Effect of aluminum speciation. *J Environ Sci.* 2016;42:142-51.
64. Gupta RC. *Veterinary toxicology: basic and clinical principles.* 2nd. USA: Academic Press; 2012.
65. Tepe Y, Motarjemi Y. Toxic metals: Trace metals—Chromium, nickel, copper, and aluminum. *Encyclopedia of food safety.* 2014;2.
66. Maya S, Prakash T, Madhu KD, Goli D. Multifaceted effects of aluminium in neurodegenerative diseases: A review. *Biomed Pharmacother.* 2016;83:746-54.

67. McMillan T, Freemont A, Herxheimer A, Denton J, Taylor A, Pazianas M, et al. Camelford water poisoning accident; Serial neuropsychological assessments and further observations on bone aluminium. *Hum Exp Toxicol*. 1993;12(1):37-42.
68. Rondeau V, Jacqmin-Gadda H, Commenges D, Helmer C, Dartigues J-F. Aluminum and silica in drinking water and the risk of Alzheimer's disease or cognitive decline: findings from 15-year follow-up of the PAQUID cohort. *Am J Epidemiol*. 2008;169(4):489-96.
69. Rondeau V, Commenges D, Jacqmin-Gadda H, Dartigues J-F. Relation between aluminum concentrations in drinking water and Alzheimer's disease: an 8-year follow-up study. *Am J Epidemiol*. 2000;152(1):59-66.
70. Wang Z, Wei X, Yang J, Suo J, Chen J, Liu X, et al. Chronic exposure to aluminum and risk of Alzheimer's disease: A meta-analysis. *Neurosci Lett*. 2016;610:200-6.
71. Klotz K, Weistenhöfer W, Neff F, Hartwig A, van Thriel C, Drexler H. The health effects of aluminum exposure. *Dtsch Arztebl Int*. 2017;114(39):653.
72. Peters S, Reid A, Fritschi L, de Klerk N, Musk AB. Long-term effects of aluminium dust inhalation. *Occup Environ Med*. 2013;70(12):864-8.
73. Gauthier E, Fortier I, Courchesne F, Pepin P, Mortimer J, Gauvreau D. Aluminum forms in drinking water and risk of Alzheimer's disease. *Environ Res*. 2000;84(3):234-46.
74. Graves AB, Rosner D, Echeverria D, Mortimer JA, Larson EB. Occupational exposures to solvents and aluminium and estimated risk of Alzheimer's disease. *J Occup Environ Med*. 1998;55(9):627-33.
75. McLachlan D, Bergeron C, Smith J, Boomer D, Rifat S. Risk for neuropathologically confirmed Alzheimer's disease and residual aluminum in municipal drinking water employing weighted residential histories. *Neurology*. 1996;46(2):401-5.
76. Gun RT, Korten A, Jorm A, Henderson A, Broe G, Creasey H, et al. Occupational risk factors for Alzheimer disease: a case-control study. *Alzheimer Dis Assoc Disord*. 1997;11(1):21-7.
77. Salib E, Hillier V. A case-control study of Alzheimer's disease and aluminium occupation. *Br J Psychiatry*. 1996;168(2):244-9.
78. Yegambaram M, Manivannan B, G Beach T, U Halden R. Role of environmental contaminants in the etiology of Alzheimer's disease: a review. *Curr Alzheimer Res*. 2015;12(2):116-46.
79. Kawahara M, Kato-Negishi M. Link between aluminum and the pathogenesis of Alzheimer's disease: the integration of the aluminum and amyloid cascade hypotheses. *Int J Alzheimers Dis*. 2011;2011.
80. Sağlık Bakanlığı. Su Numunesi Kabul Kriterleri, Ankara: Sağlık Bakanlığı; 2018
81. Karabük Halk Sağlığı Laboratuvarı. Su Numunesi Alma Rehberi, Karabük: Karabük Halk Sağlığı Müdürlüğü; 2015

82. Pekcan G, Şanlıer N, Baş M, Başoğlu S, Tek NA. Türkiye Beslenme Rehberi 2015, Ankara: Sağlık Bakanlığı Türkiye Halk Sağlığı Kurumu; 2016
83. Sawyer C, McCarty P, Parkin G. Çevre Mühendisliği ve Bilimi İçin Kimya. 5. Baskı Ankara: Nobel Yayıncılık. 2013.
84. Kahraman ÜC. Konya garnizon birliklerindeki kuyu suları ile şehir şebeke sularının su kalitesi ve ağır metaller yönünden karşılaştırılması (Yüksek lisans tezi). Konya: Selçuk Üniversitesi; 2007.
85. Berend K, Trouwborst T. Cement-mortar pipes as a source of aluminum. J Am Water Works Assoc. 1999;91(7):91-100.
86. Gray NF. Drinking water quality: problems and solutions. 2nd ed. USA: Cambridge University Press; 2008.
87. Reitzel K, Jensen HS, Egemose S. pH dependent dissolution of sediment aluminum in six Danish lakes treated with aluminum. Water Res. 2013;47(3):1409-20.
88. Council NR. Drinking water distribution systems: assessing and reducing risks: National Academies Press; 2006.
89. WHO. Guidelines for drinking-water quality, Geneva: WHO; 2011.
90. Council NR. Public Water Supply Distribution Systems: Assessing and Reducing Risks: First Report: National Academies Press; 2005.
91. Barton H. Predicted intake of trace elements and minerals via household drinking water by 6-year-old children from Krakow, Poland. Part 3: Aluminium. Food Addit and Contam. 2008;25(5):588-603.
92. Agatemor C, Okolo PO. Studies of corrosion tendency of drinking water in the distribution system at the University of Benin. The Environmentalist. 2008;28(4):379-84.
93. Gonzalez S, Lopez-Roldan R, Cortina J-L. Presence of metals in drinking water distribution networks due to pipe material leaching: a review. Toxicol Environ Chem. 2013;95(6):870-89.
94. Lee EJ, Schwab KJ. Deficiencies in drinking water distribution systems in developing countries. J Water and Health. 2005;3(2):109-27.
95. Yayan C. İçme Suyu Güvenliği Planlarına İlişkin Dünyadaki Uygulamalar ve Türkiye [Uzmanlık tezi]: Ankara: Orman Bakanlığı; 2015.

8. EKLER

EK-1: Adana İli Dört Merkez İlçesine Göre İçme Suyu Şebeke Hattı

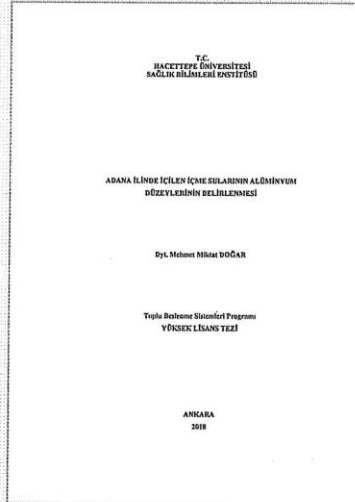


EK-2: Tez İçin Orjinallik Raporu**Digital Receipt**

This receipt acknowledges that Turnitin received your paper. Below you will find the receipt information regarding your submission.

The first page of your submissions is displayed below.

Submission author: Mikat Doğar
Assignment title: ADANA İLİNDE İÇİLEN İÇME SULAR...
Submission title: ADANA İLİNDE İÇİLEN İÇME SULAR...
File name: Miko_tez_ger_ek_son.docx
File size: 16.63M
Page count: 59
Word count: 8,825
Character count: 61,171
Submission date: 03-Oct-2018 05:03PM (UTC+0300)
Submission ID: 1013017828



ADANA İLİNDE İÇİLEN İÇME SULARININ ALÜMİNYUM DÜZEYLERİNİN BELİRLENMESİ

ORIGINALITY REPORT

10%	8%	5%	4%
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	www.ejmanager.com Internet Source	2%
2	Submitted to TechKnowledge Turkey Student Paper	2%
3	katalog.hacettepe.edu.tr Internet Source	1%
4	tndt.org Internet Source	<1%
5	vfdergi.yyu.edu.tr Internet Source	<1%
6	www.labistanbul.net Internet Source	<1%
7	paperzz.com Internet Source	<1%
8	Submitted to Hacettepe University Student Paper	<1%
9	scifun.chem.wisc.edu	

9. ÖZGEÇMİŞ

1. Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı: Mehmet Miktat DOĞAR

Doğum Yeri ve Tarihi: Adana / 31.08.1992

Uyruğu: TÜRKİYE CUMHURİYETİ

İletişim Adresi / Telefon: miktatdogar@gmail.com / 05386539797

2. Eğitim Bilgileri

- Yüksek Lisans (2016-halen): Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Toplu Beslenme Sistemleri ABD
- Lisans (2010-2014): Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Beslenme ve Diyetetik Bölümü

3. Mesleki Deneyim

- Adana İl Sağlık Müdürlüğü (Kasım 2017- halen) (Diyetisyen)
- Adana Halk Sağlığı Müdürlüğü (Ekim 2016-Kasım 2017)
(Diyetisyen)
- Erzincan Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Beslenme ve Diyetetik Bölümü (Şubat 2016-Ekim 2016) (Araştırma Görevlisi)
- Şanlıurfa Mehmet Akif İnan Eğitim Araştırma Hastanesi (Kasım 2015- Şubat 2016) (Diyetisyen)
- Ankara Mevki Asker Hastanesi (Aralık 2014- Ekim 2015) (Sağlık Asteğmen/Teğmen)