

## **Glukonik Asit ve Hidroklorik Asit ile Atık Alkali Pillerden Çinko ve Mangan Gideriminin İncelenmesi: Taguchi Deney Tasarımı**

**Emine SAYILGAN\*<sup>1</sup>, Gözde KARACAN<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Isparta*

*Geliş tarihi: 07.06.2017*

*Kabul tarihi: 25.09.2017*

### **Öz**

Bu çalışmada, atık alkali pillerden glukonik asit ve hidroklorik asit ile çinko ve mangan elementlerinin solüsyona alınabilirliği incelenmiş ve Taguchi deneysel tasarımı ile oluşturulan deney düzeneği ile sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Taguchi deney tasarım şartlarına göre 3 farklı değişken ile 3 farklı konsantrasyonda (3\*3) çalışılmıştır. İki farklı Taguchi deneysel tasarımı oluşturulmuştur. Birinci Taguchi deneysel tasarımında değişken olarak glukonik asit, sıcaklık, deney süresi seçilmiştir. İkinci Taguchi deneysel tasarımında ise değişken olarak glukonik asit, hidroklorik asit ve deney süresi seçilmiştir. Deneysel çalışmalar sonucunda, asit olarak sadece glukonik asitin kullanıldığı deneysel çalışmalarda, yüksek glukonik asit konsantrasyonlarında mangan gideriminin daha iyi olduğu; bununla birlikte glukonik asit ve hidroklorik asitin birlikte kullanıldığı durumlarda düşük konsantrasyonda glukonik asit ve düşük konsantrasyonlarda hidroklorik asit ile daha iyi giderimler elde edildiği görülmüştür. Tüm deneysel çalışmalarda etkili bir çinko giderimi elde edilememiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Çinko, Glukonik asit, Hidroklorik asit, Mangan, Taguchi yöntemi

### **Investigation of Manganese and Zinc Removal with Gluconic Acid and Hydrochloric Acid from Waste Alkaline Batteries: Taguchi Experimental Design**

### **Abstract**

In this study, the leaching of zinc and manganese from waste alkaline battery powders with gluconic acid and hydrochloric acid was investigated. The results were evaluated statistically with Taguchi experimental design. Taguchi experimental design conditions was conducted at 3 different concentrations (3\*3) with 3 different variables. Two different Taguchi experimental designs were created. In the first Taguchi experimental design, gluconic acid, temperature, reaction time were chosen as variables. In the second Taguchi experimental design, gluconic acid, hydrochloric acid and reaction time were selected as variables. Experimental studies have shown that manganese removal is better at high concentrations of gluconic acid in experimental studies where only gluconic acid is used as the acid; while the lower concentration of gluconic acid and hydrochloric acid was sufficient when being used in combination. There was no effective zinc removal was achieved in all experimental runs.

**Keywords:** Zinc, Gluconic acid, Hydrochloric acid, Manganese, Taguchi method

---

\*Sorumlu yazar (Corresponding author): Emine SAYILGAN, [eminesayilgan@sdu.edu.tr](mailto:eminesayilgan@sdu.edu.tr)

## 1. GİRİŞ

Teknolojinin gelişmesiyle beraber piller yaşamımıza girmiştir ve kullanıldıktan sonra önemli oranda tehlikeli atık olarak çıkmaktadır. Alkali piller yüksek metal içerikleri sebebiyle doğrudan çevreye atıldıklarında, ciddi tehlike yaratmaktadırlar.

EBRA (Avrupa Birliği Pil Geri Dönüşüm Birliği) üyeleri tarafından sırasıyla 2011 ve 2012 yıllarında toplam 25.529 ton ve 26.660 ton alkali, çinko-karbon ve çinko-hava pil geri kazanılmıştır [1]. Ülkemizde 03.03.2005 yılında revize edilen Atık Pil ve Akümülatörlerin Kontrolü Yönetmeliği kapsamında, atık pil ve akümülatörlerin çevreye zarar verecek şekilde kullanımları ve doğrudan veya dolaylı olarak alıcı ortama verilmesi yasaklanmıştır. Bu bakımdan bu atıkların içerdiği metallere geri kazanılması gerekmektedir. Atıklardan ve/veya cevherlerden metal geri kazanımında kullanılan başlıca yöntemler pirometalurjik ve hidrometalurjik yöntemler olarak sınıflandırılabilir. Bu iki yöntemden hidrometalurjik yöntemler, düşük enerji tüketimi, yüksek metal seçiciliği sebebiyle tercih edilmektedir.

Atık alkali piller yüksek oranda çinko ve mangan içeriğine sahiptirler. Alkali pil tozunda çinko genellikle ZnO halinde, mangan ise MnO, Mn<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ve Mn<sub>3</sub>O<sub>4</sub> halinde bulunmaktadır. ZnO ve MnO, inorganik asitler ile halihazırda çözünebilir iken; Mn<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ve Mn<sub>3</sub>O<sub>4</sub>'in solüsyona alınabilmeleri için inorganik asitler ile birlikte organik asitlere de ihtiyaç duyulmaktadır [2].

Literatür çalışmaları sonucunda, atık pillerden glukonik asit ile çinko ve mangan giderimi üzerine yapılmış bir çalışma ile karşılaşılmemiştir. Bu bakımdan bu makale ile literatüre yeni bir katkı sağlanmıştır. Bu makale kapsamında glukonik asit ve hidroklorik asit ile çinko ve mangan elementlerinin solüsyona alınabilirliği incelenmiş ve Taguchi yöntemi ile oluşturulan deney düzeneği ile sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirilmiştir.

## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Literatür çalışmaları sonucunda atık pillerden çinko ve mangan metallere geri kazanımı ve/veya giderimi üzerine çalışılmış yayınlar mevcuttur. Glukonik asit ile metal gideriminin olduğu başka yayınlar mevcut olmasına rağmen, glukonik asit ile atık pillerden çinko ve mangan gideriminin incelenmesi, literatüre yeni bir katkı sağlamıştır. Literatürde glukonik asit ile yapılan çalışmalar araştırıldığında, Aspergillus niger mantarları tarafından üretilen sitrik ve glukonik asitlerin metallere kirlenmiş toprakların ıslahı için kullanım potansiyeline sahip oldukları bilinmektedir. Bu asitler, ortamın pH'ını düşürmekte (pH 3,5) ve şelatlaştırıcı madde gibi davranarak metal giderimi sağlamaktadır [3]. Veglio ve arkadaşları [4] tarafından glukonik asit gibi organik asitler ile daha etkili ve çevresel açıdan daha zararsız alternatif teknolojik yöntemlerin geliştirilebileceği belirtilmiştir.

Yapılan literatür çalışmalarında, atık pil tozlarının hidrometalurjik yöntemlerle geri kazanılmasında kimyasal olarak sülfürik asit [5], hidroklorik asit [6], amonyak [7], sodyum hidroksit [8], amonyum asetatın sulu çözeltileri [9] ve askorbik asit, okzalik asit, sitrik asit ile birlikte hidroklorik asit ve nitrik asit [10] kullanılmıştır.

Taner ve arkadaşları [11]'nin yapmış olduğu çalışmada, çinko ve manganın çözünme verimi sırasıyla %83,59 ve %52,47 olarak bulunmuştur. 600 dev/dk karıştırma hızında, 2 M asetik asit derişiminde, -53 µm tane boyutunda, 60°C liç sıcaklığında ve 240 dakikalık liç süresinde en yüksek Zn ve Mn çözünme verimi elde edilmiştir [11].

Maryam-Sagedhi ve arkadaşları [12]'nin yapmış olduğu çalışmalar sonucunda mikrodalga ve ultrasonla liç sonrasında, konsantre NaOH kullanıldığı durumlara göre daha kısa reaksiyon süresinde iki kat daha fazla çinkonun solüsyona alınabildiği görülmüştür [12].

Belardi ve arkadaşları [13] atık alkali ve çinko-karbon pillerden çinko ve mangan gideriminde termal yöntem uygulamışlardır. 1000 °C'de 30

dakika deney süresi sonunda yaklaşık olarak %100 çinko ve %63 mangan geri kazanmışlardır. Bu makalede deneysel çalışmalarda araştırılan faktörlerin çinko ve mangan giderimi ile ilgili ilişkisini belirlemek üzere Taguchi deney tasarımı kullanılmıştır. Taguchi deney tasarımında en iyi faktör/seviye kombinasyonu ile uygun yanıtlar alınırken, deney sayısı ile birlikte zaman ve maliyet tasarrufu sağlanmaktadır. Çok değişkenli deneyleri az sayıda deneme ile gerçekleştirmek üzere ortogonal dizilerden yararlanılmaktadır [14]. Taguchi Deney Tasarımı metodunda kalite karakteristiklerinin ölçülmesinde ve değerlendirilmesinde kullanılan ölçüt, ölçülmek istenen sinyalin (S), gürültü faktörüne (N) oranıdır [15].

### 3. MATERYAL VE METOT

#### 3.1. Karakterizasyon Çalışmaları

Ön çalışmalar kapsamında atık alkali piller toplanarak laboratuvara getirilmiştir. Atık piller çeker ocakta, manuel olarak kırılmış ve 105 °C'de 24 saat kurutulmuş, 425 µm elekten geçirilmiş ve Taguchi deney tasarımında belirtilen liç şartlarında kullanılmıştır. Atık alkali pil tozlarının çinko ve mangan içerikleri ön çalışmalarımız kapsamında XRF cihazı ile tespit edilmiştir. XRF analizi sonucu, deneysel çalışmalarda kullanılan alkali pil tozunun yaklaşık olarak %0,06 Si, %1,48 K, %53,01 Mn, %0,05 Fe, %2,56 Zn, %0,009 Cl ve %0,49 Ti içerdiği tespit edilmiştir. Bu sebeple, yüksek konsantrasyonda çinko ve mangan içeriği sebebiyle, atık alkali pil tozundan çinko ve mangan elementlerinin giderimi hedeflenmiştir [10]. Ayrıca, deneysel çalışmalarda kullanılan pil tozları kral solüsyonu ile 3 saat 40 °C'de karıştırma işlemi sonrasında da Hach Dr 5000 spektrofotometresi ile çinko ve mangan konsantrasyonları ölçülerek her iki karakterizasyon sonuçları karşılaştırılmıştır. Kral solüsyonu 3:1 oranında HCl:HNO<sub>3</sub> solüsyonu kullanılarak hazırlanmıştır.

#### 3.2. Taguchi Deney Tasarımı Çalışmaları

Çinko ve mangan giderim deneyleri, Taguchi deney tasarımına göre belirlenen şartlarda orbital

inkübatörde yürütülmüştür. Taguchi deney tasarımına göre glukonik asit, sıcaklık ve deney süresinin araştırıldığı deney şartları Çizelge 1'de gösterilmiştir.

**Çizelge 1.** Çinko ve mangan giderimi deneylerinde uygulanan Taguchi deney tasarımına göre belirlenen deney şartları

Faktörler	Birim	Seviyeler		
		1	2	3
Glukonik asit konsantrasyonu	g/L	5	10	15
Sıcaklık (T)	°C	20	50	80
Deney Süresi	dk	60	180	300

Çizelge 1'de gösterilen Taguchi deney tasarım şartlarına göre 3 farklı değişken ile 3 farklı konsantrasyonda (3\*3) çalışılmıştır. Test edilen değişkenlerden A; glukonik asit konsantrasyonunu, B; sıcaklığı, C; deney süresini belirtmektedir. Her bir faktör için gösterilen 1, 2 ve 3 değerleri ise sırasıyla, o çalışma şartlarındaki en düşük doz (ve/veya sıcaklık, deney süresi), orta doz (ve/veya sıcaklık, deney süresi) ve en yüksek dozu ve/veya sıcaklık, deney süresi) temsil etmektedir.

Çizelge 2'de ise Taguchi deney tasarımına göre glukonik asit, hidroklorik asit ve deney süresinin araştırıldığı deney şartları gösterilmiştir.

**Çizelge 2.** Çinko ve mangan giderimi deneylerinde uygulanan Taguchi deney tasarımına göre belirlenen deney şartları

Faktörler	Birim	Seviyeler		
		1	2	3
Glukonik asit konsantrasyonu	g/L	2	4	6
HCl konsantrasyonu	M	0,5	1	1,5
Deney Süresi	dk	60	180	300

Çizelge 2'de test edilen değişkenlerden A; glukonik asit konsantrasyonunu, B; hidroklorik asit konsantrasyonunu, C; deney süresini belirtmektedir. Her bir faktör için gösterilen 1, 2 ve 3 değerleri ise sırasıyla, o çalışma şartlarındaki en düşük doz (ve/veya sıcaklık, deney süresi), orta doz (ve/veya sıcaklık, deney süresi) ve en yüksek

dozu ve/veya sıcaklık, deney süresi) temsil etmektedir. Örneğin, 1 nolu deneyde, 2 g/L glukonik asit konsantrasyonunda, 0,5 M HCl konsantrasyonunda 60 dakika deney süresinde çalışılmıştır.

Taguchi deney tasarımına göre yürütülen deneysel çalışma verileri Minitab 14 programı kullanılarak değerlendirilmiştir. Bu makale kapsamında istatistiksel analizde değerlendirilen sinyal/gürültü (S/N) oranı olarak “en büyük daha iyidir” performans istatistiği kullanılmıştır. “En büyük daha iyidir” performans istatistiğine göre S/N oranının belirlendiği eşitlik aşağıda verilmiştir.

$$\frac{S}{N} = -10 \log \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right]$$

Burada:

n: ortogonal dizisindeki deney sayısı

y<sub>i</sub>: ölçülen kalite parametresi

Taguchi deney tasarımında belirlenen deney şartlarında, örneğin 1 nolu test için; 50 mL’lik eppendorf tüplerine 5 g/L atık alkali pil tozunda, 5 g/L glukonik asit eklenerek 20 °C’de 60 dakika orbital inkübatörde 150 rpm’de karıştırılmıştır (Çizelge 1). Deney süresi sonunda solüsyon, 5000 rpm’de 10 dakika santrifüj edilerek (Rotofix 32), katı-sıvı ayrımı yapılmış ve sıvı kısım seyreltik HNO<sub>3</sub> ile pH 2 civarına getirilerek Hach Dr 5000 cihazında çinko ve mangan konsantrasyonları ölçülmüştür.

### 3.3. Analitik Çalışmalar

Mangan konsantrasyonu periodate oksidasyon metoduna (metod 8034) göre; çinko konsantrasyonu ise zinkon metoduna (metod 8009) göre Hach DR 5000 cihazı ile ölçülmüştür. Deneylerde kullanılan kimyasallar, HNO<sub>3</sub> (Merck), HCl (Merck), glukonik asit analitik saflıktadır.

Deneysel veriler Minitab 14 programı kullanılarak incelenmiş ve grafikler oluşturulmuştur. Ölçümler ve deneyler ikili olarak yapılmıştır. Daha sonra her iki deney sonuçları ve ölçümlerin ortalaması alınarak Taguchi deney tasarımında, deney sonucu

olarak elde ettiğimiz ortalama değerler kullanılmıştır.

## 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

### 4.1. Karakterizasyon Sonuçları

Daha önce yapılmış olan çalışmada elde edilen XRF sonuçlarına göre [10], kullanılan alkali pil tozunun Mn içeriği %53, Zn içeriği ise %2,5 olarak tespit edilmiştir. Kral solüsyonu ile yapılan deneysel çalışmalar sonucunda, Hach DR 5000 cihazında yapılan ölçümlerde de, mangan ve çinko ölçümleri yapılmış olmasına rağmen, XRF sonuçlarından çok daha düşük konsantrasyonda ölçümler yapılmıştır. Bunun sebebi olarak, solüsyona geçen metal konsantrasyonunun düşük olması veya ölçüm hassasiyetinin daha düşük olabileceği düşünülmektedir. Bu bakımdan, giderim sonuçları XRF analizinden elde edilen karakterizasyonlar dikkate alınarak yapılmıştır.

### 4.2. Taguchi Deney Tasarımı Sonuçları

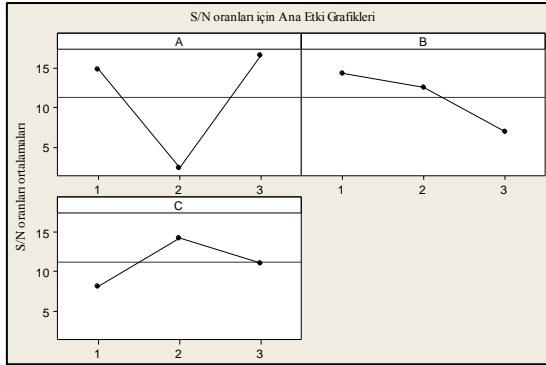
Glukonik asit, sıcaklık ve deney süresi faktörlerinin mangan giderimine olan etkilerini belirlemek amacıyla Taguchi deney dizaynı dikkate alınarak yapılan deneyler sonucu elde edilen veriler Çizelge 3’de gösterilmiştir.

**Çizelge 3.** Glukonik asit, sıcaklık ve deney süresi faktörlerinin incelendiği şartlarda elde edilen mangan konsantrasyonları

Test No	A	B	C	Deney sonrası Mn Kons. (mg/L)
1	1	1	1	5,55
2	1	2	2	4,95
3	1	3	3	6,15
4	2	1	2	4,87
5	2	2	3	1,5
6	2	3	1	0,3
7	3	1	3	5,1
8	3	2	1	10,2
9	3	3	2	5,86

Çizelge 3'e göre yapılan deneysel çalışmalarda 8 nolu deney şartlarında solüsyona alınan Mn konsantrasyonunun en yüksek olduğu bulunmuştur. 8 nolu deney şartlarında glukonik asit konsantrasyonunun (A) en yüksek dozda kullanıldığı, deney süresinin ise en düşük olarak seçildiği (C) görülmektedir. Bu sonuçlar, test edilen deney şartlarında, glukonik asit konsantrasyonunun mangan gideriminde daha etkili olduğunu göstermektedir. İlk üç test gözönüne alınarak yapılan değerlendirmelerde ise glukonik asit konsantrasyonunun sabit tutulduğu durumlarda, artan sıcaklık ve artan reaksiyon süresi ile giderimin önemli bir şekilde değişmediği gözlenmektedir. Taguchi tasarımına göre oluşturulan Çizelge 3'de belirtilen deneysel şartlarda Mn giderimi ile deneysel faktörler arasında elde edilen  $R^2$  değeri %74,8, standart sapma değeri ise 9,271 olarak bulunmuştur.

Çizelge 3 dikkate alınarak araştırılan faktörler (A:glukonik asit, B: sıcaklık, C: deney süresi) dikkate alınarak elde edilen mangan giderimleri üzerine S/N oranları Şekil 1'de gösterilmiştir.



**Şekil 1.** Glukonik asit (A), sıcaklık (B) ve deney süresi (C) faktörlerinin incelendiği şartlarda elde edilen mangan giderimi üzerine elde edilen S/N oranları

Şekil 1'de gösterilen en yüksek S/N oranları dikkate alınarak, glukonik asit konsantrasyonunun üçüncü seviyesi olan 15 g/L (A3), sıcaklığın birinci seviyesi olan 20 °C (B1), deney süresinin ikinci seviyesi olan 180 dak (C2) değerlerinde bu deneysel şartlarda optimum değerler elde edilmiştir.

Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda, mangan gideriminde organik asit olarak sadece glukonik asitin kullanıldığı deneysel çalışmalarda sıcaklık faktörünün giderim üzerine çok etkili olmadığı görüldüğünden, sıcaklık faktörü yerine inorganik asit olan hidroklorik asit araştırılarak da deneyler yürütülmüştür. Çizelge 4'de, glukonik asit (A), hidroklorik asit (B) ve deney süresi (C) faktörlerinin incelendiği şartlarda elde edilen Mn konsantrasyonları gösterilmiştir.

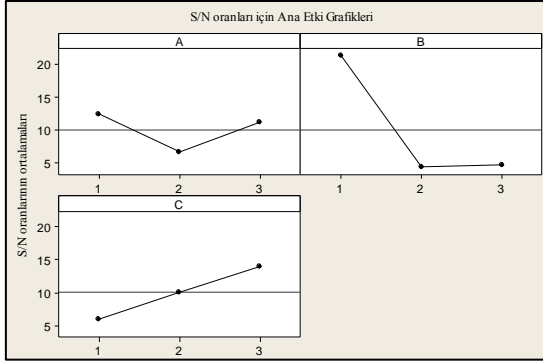
**Çizelge 4.** Glukonik asit, hidroklorik asit ve deney süresi faktörlerinin incelendiği şartlarda elde edilen mangan konsantrasyonları

Test No	A	B	C	Deney sonrası Mn Kons. (mg/L)
1	1	1	1	30,0
2	1	2	2	0,9
3	1	3	3	2,7
4	2	1	2	6,0
5	2	2	3	5,4
6	2	3	1	0,3
7	3	1	3	8,7
8	3	2	1	0,9
9	3	3	2	6,0

Çizelge 4'e göre yapılan deneysel çalışmalarda 1 nolu deney şartlarında solüsyona alınan Mn konsantrasyonunun en yüksek olduğu bulunmuştur. 1 nolu deney şartlarında araştırılan glukonik asit ve hidroklorik asit konsantrasyonlarının mangan gideriminde etkin olduğu, her iki asitin konsantrasyonunun arttığı deneysel şartlarda ise girişim olabileceği sebebiyle giderimin azaldığı sonucuna varılabilir. Taguchi tasarımına göre oluşturulan Çizelge 4'de belirtilen deneysel şartlarda Mn giderimi ile deneysel faktörler arasında elde edilen  $R^2$  değeri %60, standart sapma değeri ise 15,49 olarak bulunmuştur.

Çizelge 4 dikkate alınarak araştırılan faktörler (A:glukonik asit, B: hidroklorik asit, C: deney

süresi) dikkate alınarak elde edilen mangan giderimleri üzerine S/N oranları Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Glukonik asit (A), hidroklorik asit (B) ve deney süresi (C) faktörlerinin incelendiği şartlarda elde edilen mangan giderimi üzerine elde edilen S/N oranları

Şekil 2'de gösterilen en yüksek S/N oranları dikkate alınarak, glukonik asit konsantrasyonunun birinci seviyesi olan 2 g/L (A1), hidroklorik asit konsantrasyonunun birinci seviyesi olan 0,5 g/L (B1), deney süresinin üçüncü seviyesi olan 300 dak (C3) değerlerinde bu deneysel şartlarda optimum değerler elde edilmiştir.

Biswas ve arkadaşları [2]'nin yapmış oldukları çalışmada 2M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 20 g/L glukoz ile 300 rpm'de 1 saat deney süresi sonunda %100 Mn ve Zn giderimi elde etmişlerdir. Bu makale kapsamında yapılan çalışmada ise, 0,5-1,5 M hidroklorik asit ile birlikte 2-6 g/L glukonik asit konsantrasyonunda çalışılmış olduğundan, daha düşük mangan giderimleri elde edilmiştir.

Yapılan tüm deneysel çalışmalar sonucunda Hach DR 5000 cihazı ile, solüsyondaki çinko konsantrasyonu da ölçülmüştür. Bununla birlikte sadece 1 ve 2 nolu deneylerde çinko konsantrasyonları ölçülebilmştir. Bu sebeple çinko giderimleri çizelge ve şekillerde gösterilmemiştir. Çizelge 3'de belirtilen Taguchi dizaynında 1. ve 2. deney şartlarında elde edilen çinko konsantrasyonları sırasıyla 14,7 mg/L ve 2,7 mg/L olarak elde edilmiştir. Diğer deney şartlarında çinko konsantrasyonunun

ölçülememesinin sebebi, atık alkali pil tozunda, çinko içeriğinin %2,5 gibi düşük konsantrasyonda olması ve ölçüm yönteminin hassas olmamasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

## 5. TARTIŞMA ve SONUÇLAR

Bu makalede Taguchi deney tasarımına göre dizayn edilen deneysel şartlarda, atık alkali pil tozlarından çinko ve mangan giderimi araştırılmıştır. Makalenin ilk kısmında, Taguchi deney tasarımında değişken olarak, glukonik asit, sıcaklık ve deney süresi araştırılmış, ikinci kısmında ise Taguchi deney tasarımında parametre olarak glukonik asit, hidroklorik asit ve deney süresi seçilmiştir. Deneysel çalışmalar sonucunda, asit olarak sadece glukonik asitin kullanıldığı deneysel çalışmalarda, yüksek glukonik asit konsantrasyonlarında mangan gideriminin daha iyi olduğu; bununla birlikte glukonik asit ve hidroklorik asitin birlikte kullanıldığı durumlarda düşük konsantrasyonda glukonik asit ve düşük konsantrasyonlarda hidroklorik asit ile daha iyi giderimler elde edildiği görülmüştür. Bu durum, her iki asitin yüksek konsantrasyonlarda girişime sebep vermesinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Tüm deneysel çalışmalarda etkili bir çinko giderimi elde edilememiştir. Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda, glukonik asit ile etkili bir şekilde çinko ve mangan giderimi sağlanamadığı görülmektedir. Daha sonra bu konuda yapılacak olan çalışmalar kapsamında daha yüksek asit konsantrasyonunda ve/veya farklı asitler ile çalışılabilir ya da deney süresi artırılabilir.

## 6. TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Tübitak 2209-A Öğrenci Projesi (Proje Yürütücüsü: Gözde Karacan, 2017 yılı) tarafından desteklenmiştir. Destekleri için Tübitak'a teşekkür ederiz.

## 7. KAYNAKLAR

1. EBRA, 2012. European Battery Recycling Association. <http://www.ebrarecycling.org> (Erişim tarihi: 10.03.2017).

2. Biswas, R.K., Karmakar, A.K., Kumar, S.L., Hossain, M.N., 2015. Recovery of Manganese and Zinc from Waste Zn-C Cell Powder: Characterization and Leaching. *Waste Management*, v. 46, 529-535.
3. Kocaer, F.O., Başkaya, H.S., 2003. Metallerle Kirlenmiş Toprakların Temizlenmesinde Uygulanan Teknolojiler. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, v.8(1), 121-131.
4. Vegliò, F., Passariello, B., Barbaro, M., Plescia, P., Marabini, A.M., 1998. Drum Leaching Tests in Iron Removal from Quartz using Oxalic and Sulphuric Acids. *International Journal of Mineral Processing*, v.54, 183-200.
5. Gega, J., Walkowiak, W., 2011. Leaching of Zinc and Manganese from used up Zinc-carbon Batteries using Aqueous Sulfuric Acid Solutions. *Physicochemical Problems of Mineral Processing*, v.46, 155-162.
6. Baba, A.A, Adekola, A.F., Bale, R.B., 2009. Development of a Combined Pyro- and Hydro-metallurgical Route to Treat Spent Zinc-carbon Batteries. *Journal of Hazardous Materials*, v.171, 838- 844.
7. Senanayake, G., Shin, S.M., Senaputra, A., Winn, A., Pugaev, D., Avraamides, J., Shon, J.S., Kim, D.J., 2010. Comparative Leaching of spent zinc-manganese- Carbon Batteries using Sulfur Dioxide in Ammoniacal and Sulfuric Acid Solutions. *Hydrometallurgy*, v.105, 36- 41.
8. Shin, S.M., Senanayake, G., Sohn, J., Kang, J., Yang, D., Kim, T., 2009. Separation of Zinc from Spent Zinc-carbon Batteries by Selective Leaching with Sodium Hydroxide. *Hydrometallurgy*, v.96, 349-353.
9. Demirkıran, N., 2015. Examination of the use of Ammonium Acetate as Lixiviant in Recovery of Zinc from Waste Batteries and Kinetic Analysis. *Environmental Engineering and Management Journal*, v.14, 51-56.
10. Sayılğan, E., Kukrer, T., Yigit, N.O., Civelekoglu, G., Kitis, M., 2010. Acidic Leaching and Precipitation of Zinc and Manganese from Spent Battery Powder using Various Reductants. *Journal of Hazardous Materials*, v.173, 137- 143.
11. Taner, H.A., Ağacayak, T., Aras, A. 2016. Leaching of Zinc and Manganese from Spent Zinc-carbon Batteries in Acetic Acid Solution. *SUJEST*, v.4, n.3, 231-236.
12. Maryam-Sadeghi, S., Vanpeteghem, G., Neto, I.F.F., Soares, H.M.V.M., 2017. Selective Leaching of Zn from Spent Alkaline Batteries using Environmentally Friendly Approaches. *Waste Management*, v.60, 696-705.
13. Belardi, G., Lavecchia, R., Medici, F., Piga, L., 2012. Thermal Treatment for Recovery of Manganese and Zinc from Zinc-carbon and Alkaline Spent Batteries. *Waste Management*, v.32, 1945-1951.
14. Aytaç, A., İlivan, M., Öztürk, U., 2016. Taguchi ve Klasik Deneysel Tasarım Yöntemlerinin Karşılaştırılması: İnce film Kaplamaların Aşınma Davranışı. *Electronic Journal of Vocational Colleges*, 87-96.
15. Özyanar, F., Yılmaz, Z., Karagözoğlu, B., 2017. Taguchi Metodu Kullanılarak Gerçek Tekstil Atıksuyunun Artımında Elektrokoagülasyon Prosesinin Optimizasyonu. Erişim tarihi: 15/06/2017. Link: [https://www.researchgate.net/profile/Zinnur\\_Yilmaz/publication/311915920\\_](https://www.researchgate.net/profile/Zinnur_Yilmaz/publication/311915920_)

