

T.C.
HİTİT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TUZ GÖLÜ SUYUNDAN YÜKSEK SAFLIKTA TUZ
ELDESİ VE TUZ KALİTESİNİN ÖNGÖRÜLMESİ**

Ozan ATILGAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
KİMYA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

DANIŞMAN
Dr. Öğr. Üyesi Erdal KARADURMUŞ

TEMMUZ 2019
ÇORUM

**TUZ GÖLÜ SUYUNDAN YÜKSEK SAFLIKTA TUZ ELDESİ VE
TUZ KALİTESİNİN ÖNGÖRÜLMESİ**

Ozan ATILGAN

**Fen Bilimleri Enstitüsü
Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı**

Yüksek Lisans Tezi

**TEZ DANIŞMANI
Dr. Öğr. Üyesi Erdal KARADURMUŞ**

Çorum 2019

Ozan ATILGAN tarafından hazırlanan “Tuz Gölü Suyundan Yüksek Saflıkta Tuz Eldesi ve Tuz Kalitesinin Öngörülmesi” adlı tez çalışması 28/06/2019 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Hitit Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Feza GEYİKÇİ*

Dr. Öğr. Üyesi Erdal KARADURMUŞ**

Doç. Dr. Nihan KAYA



Hitit Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunun 01/08/2019 tarihli ve 2019/164... sayılı kararı ile Ozan ATILGAN'ın Kimya Müh. Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans derecesi alması onanmıştır.



Doç. Dr. Cengiz BAYKASOĞLU
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

* Jüri Başkanı

** Tez Danışmanı

TEZ BEYANI

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını beyan ederim.


Ozan ATILGAN

TUZ GÖLÜ SUYUNDAN YÜKSEK SAFLIKTA TUZ ELDESİ VE TUZ KALİTESİNİN ÖNGÖRÜLMESİ YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ozan ATILGAN

HİTİT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Haziran 2019

ÖZET

Tuz, yapısında bulundurduğu sodyum ve klorür iyonlarından dolayı birçok üretim prosesinin olmazsa olmazlarından. Sanayide kullanılan ham tuzların içerisinde barındırdığı safsızlıklardan kaynaklı direkt kullanılamamaktadır. Kimya sanayilerinde genellikle yüksek saflıkta ve düşük sertlikte tuzlar kullanılmaktadır. Sistemde tuzdan gelen safsızlıkların bulunması, prosesin içerisinde farklı ürünlerin oluşmasına, proste kullanılan ekipmanların korozyona uğramasına, proste kireç oluşumuna sebep olarak sistemin tıkanması ve benzeri problemler oluşturmaktadır. Bu tez çalışmasında iki farklı amaç için çalışılmıştır. Bunlardan birincisinde tuzlu su kaynağının içinde barındırdığı safsızlıklar uzaklaştırılarak düşük sertlikte yüksek saflıkta, sanayide kullanıma uygun ham tuz üretimi amaçlanmıştır. Yapılan çalışmalar neticesinde üretilen ham tuzun saflık değeri %98,7'lerden %99,97'ye yükseltilerek başarılı sonuçlar elde edilmiştir. İkinci amaç ise bir tuz kaynağından alınmış örneklerin yapay sinir ağları ve aşırı öğrenme makinası yöntemleri kullanılarak tuz kalitesini öngörmektir. Modelleme öncesinde yapılan deneysel çalışmalarda pH, sıcaklık, askıda katı madde, kalsiyum, bome, magnezyum, Alman sertliği verileri alınmıştır. Tez çalışmasında üç farklı model geliştirilmiştir.

1. Modelde; kalsiyum, bome, pH, toplam katı madde ve sülfat parametreleri giriş değişkenleri olarak seçilmiş ve Alman sertliği değeri çıkış değişkeni olarak belirlenmiştir.

2. Modelde; Alman sertliği, bome, pH, toplam katı madde ve sülfat parametreleri giriş değişkenleri olarak seçilmiş ve kalsiyum değeri çıkış değişkeni olarak belirlenmiştir.

3. Modelde; bome, pH, toplam katı madde, kalsiyum, magnezyum ve sülfat parametreleri giriş değişkenleri olarak seçilmiştir. Tuzlu su numunesinin buharlaşması sonucu oluşan ham tuzun Alman sertliği değeri çıkış değişkeni olarak belirlenmiştir. Yapay sinir ağı ve aşırı öğrenme makinası kullanılarak öngörude bulunulmuştur.

Havuz suyu verilerinin ve tuzun Alman sertliğinin öngörüldüğü çalışmalarda geliştirilen yapay sinir ağı modellerinin başarılı sonuçlar ürettiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Tuz, Yapay Sinir Ağı, Tuz kalitesi

PREPARATION OF HIGH PURITY SALT AND SALT QUALITY FROM SALT LAKE WATER

Ozan ATILGAN

HİTİT UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

June 2019

ABSTRACT

Salt is the main part of the manufacturing process due to its sodium and chloride ions. It cannot be used directly from the impurities contained in the raw salts used in the industry. High purity and low hardness salts are generally used in chemical industries. The presence of impurities from the salt in the system causes the formation of different products in the process, corrosion of the equipments used in the process, the formation of lime in the process, and clogging of the system. In this thesis, two different purposes were studied. The first objective was to remove the impurities contained in the salt water source and to produce raw salt of high hardness and high purity suitable for industrial use. As a result of the studies, the purity value of the raw salt produced was increased from 98,7% to 99,97% and successful results were obtained. The second objective was to use the extreme learning machine and artificial neural network methods to predict the salt quality of the samples taken from a salt source. In the experimental studies were carried out before modeling and pH, temperature, suspended solids, calcium, bome, magnesium and hardness data were obtained. Three different models were developed in the thesis;

1. In the development of the model, calcium, bome, pH, total solids and sulphate parameters were chosen as input variables and hardness value was determined as output variables

2. In the development of the model, German hardness, bome, pH, total solids and sulfate parameters were selected as input variables and calcium value was determined as output variables.

3. In the development of the model, bome, pH, total solids, calcium, magnesium and sulfate parameters were chosen as input variables. The hardness value of the raw salt formed as a result of evaporation of the brine sample was determined as the output variable.

It has been observed that artificial neural network models developed in the studies that predict the hardness of the pool water data and the salt hardness have produced successful results.

Keywords: Salt, Artificial Neural Network, Salt Quality

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmam boyunca bilgi ve deneyimleri ile bana yol gösteren, tecrübesini benimle paylaşan ve her zaman kendimi geliştirmem için bana destek olan değerli danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Erdal KARADURMUŞ'a yüksek lisans tez çalışmamda bana gösterdiği ilgi ve sabırdan dolayı sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans tez çalışmam boyunca değerli fikirleriyle bana yol gösteren Prof. Dr. Adıgüzel Mehmet YÜCEER'e ve deneysel çalışmalarımda desteğini esirgemeyen Arş. Gör. Eda GÖZ'e, zor anlarımda benimle olan ve beni yalnız bırakmayan arkadaşlarım Cansu EROL, Cihat Erdem CAN, Semih Burak DURU, Cemal Samet ERGİN ve İbrahim ALTIKARDEŞ'e, deneysel çalışmalarımda bana imkan sağlayan Koyuncu Tuz İşletmesi Genel Müdürü Ömer ÇETİNER'e, Ham Madde Üretim Müdürü Yusuf Sinan DOĞAN'a ve Koyuncu Grup ailesine, tüm hayatım boyunca sevgilerini ve desteklerini eksik etmeyen babam Mehmet ATILGAN, annem Elife ATILGAN ve ablam Derya ATILGAN'a teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xv
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	2
2.1. Tuzun Tarihi.....	2
2.2. Dünya’da Tuz Kaynakları.....	3
2.3. Tuz Gölü Coğrafyası.....	3
2.3.1. Tuz Gölü’nün iklimi.....	6
2.4. Dünya’da Tuz Üretimi	7
2.5. Tuzun Kullanım Alanları	8
2.6.Tuz Üretim Yöntemleri.....	9
2.6.1. Doğal sulardan tuz üretim yöntemi	9
2.6.2. Çözelti madenciliği yöntemi	10
2.6.3. Klasik madencilik yöntemi	10
2.7. Tuzun İşlenmesi	10
2.7.1. Öğütme, yıkama, kurutma işlemleriyle safsızlıkların giderimi.....	11
2.7.2. Rafine tuz üretimi.....	11

Sayfa

2.8. Tuz Gölü Suyunun Safsızlıkları	13
2.9. Safsızlıkların Giderimi	14
2.9.1. Magnezyumlu bileşiklerin giderimi	14
2.9.2. Sülfatlı bileşiklerin giderimi	14
2.9.3. Kalsiyumlu bileşiklerin giderimi.....	15
2.10. Yapay Sinir Ağları	15
2.10.1. Aşırı Öğrenme Makinası.....	20
2.11. Kaynak Araştırması.....	23
3. MATERYAL VE YÖNTEM	25
3.1. Kalsiyum ve Magnezyum Değerleri İçin Kantitatif Analiz:	25
3.1.1. EDTA standart çözeltisinin hazırlanması.....	26
3.1.2. Tampon çözeltisinin hazırlanması.....	27
3.2. pH Ölçümü	28
3.3. Toplam Katı Madde Tayini.....	28
3.4. Sülfat için Gravimetrik Yöntemle Analizi	28
3.4.1. Deneyin yapılışı	28
3.5. Sodyum Klorür Tayini	29
3.5.1. Deneyin yapılışı	30
3.6. Alev Fotometresi.....	30
3.6.1. Alev Fotometresi çalışma prensibi.....	31
3.7. Kostik-Soda Yöntemiyle Tuzlu Su Çözeltisinin Saflaştırılması.....	32
3.8. Kireç-Soda Yöntemiyle Tuzlu Su Çözeltisinin Saflaştırılması.....	34

Sayfa

3.9. Yapay Sinir Ağı ve Aşırı Öğrenme Makinası Modelleme Çalışması	36
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA	39
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	42
EKLER	56
EK-1.....	56
EK-2	59
KAYNAKÇA.....	61
ÖZGEÇMİŞ	64

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Şereflikoçhisar 2017-2018 yılı ortalama sıcaklık ve yağış değerleri.....	6
Çizelge 2.2. Dünya üzerinde tuz üretimi yapan ülkelerin üretim yüzdeleri.....	7
Çizelge 2.3. Sanayide tüketilen tuzun sanayi kollarına göre tüketim yüzdeleri	8
Çizelge 2.4. Toplama fonksiyonu olarak kullanılan formüller	17
Çizelge 2.5. Aktivasyon fonksiyonu olarak kullanılan formüller	18
Çizelge 3.1. Tuzlu su ve tuz numunesinin farklı pH değerlerinde analiz sonuçları..	34
Çizelge 3.2. Saflaştırma işlemi analiz sonuçları	35
Çizelge 4.1. Geliştirilen yapay sinir ağlarının sonuçları	40
Çizelge 4.2. Geliştirilen ELM ve KELM sonuçları	41
Çizelge 6.3. 3. veri seti analiz verileri.....	47
Çizelge 6.4. 2. veri seti analiz verileri.....	48
Çizelge 6.5. 1. veri seti analiz verileri.....	49
Çizelge 6.6. Farklı pH değerlerinde saflaştırma yapılan tuzlu su ve buharlaşma sonucu oluşan tuz verileri (1. numune)	53
Çizelge 6.7. Farklı pH değerlerinde saflaştırma yapılan tuzlu su ve buharlaşma sonucu oluşan tuz verileri (2. numune)	54

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Tuz Gölü Google Earth haritaları	3
Şekil 2.2. Tuz gölünün farklı mevsimlerde görüntüsü.....	4
Şekil 2.3. Tuzlu sularda bulunan tuzların, ortam yoğunluğuna bağlı değişim diyagramı.....	5
Şekil 2.4. Tuz Gölünün yıllara göre uydu görüntüleri	5
Şekil 2.5. Dünyada tuz kullanım alanları.....	9
Şekil 2.6. Yapay sinir ağının şematik gösterimi	19
Şekil 3.1. Alev fotometresi cihazı.....	31
Şekil 3.2. Alev fotometresi çalışma prensibi	32
Şekil 3.3. Seçilen yapay sinir ağının örnek yapısı.	36
Şekil 5.1. Safsızlıkları giderilmiş ham tuz numunesi mikroskop görüntüleri (pH 12,5).....	43
Şekil 5.2. Safsızlıkları giderilmemiş ham tuznumunesi mikroskop görüntüleri (pH 7,8).....	43
Şekil 5.3. Yapay sinir ağı tuzlu su çözeltisinden Alman sertliği test sonuçları	44
Şekil 5.4. Yapay sinir ağı tuzlu su çözeltisinden Alman sertliği eğitim sonuçları	44
Şekil 5.5. Yapay sinir ağı tuzlu su çözeltisinden kalsiyum test sonuçları	45
Şekil 5.6. Yapay sinir ağı tuzlu su çözeltisinden kalsiyum eğitim sonuçları.....	45
Şekil 5.7. Yapay sinir ağı tuzlu su çözeltisinden tuzun Alman sertliği öngörüsü test sonuçları.....	46
Şekil 5.8. Yapay sinir ağı tuzlu su çözeltisinden tuzun Alman sertliği öngörüsü eğitim sonuçları.....	46
Şekil 5.9. Yıllara göre kalsiyum grafiği.....	50
Şekil 5.10. Yıllara göre Magnezyum grafiği	50

Sayfa

Şekil 5.11. Yıllara göre Alman Sertliği grafiği	51
Şekil 5.12. Yıllara göre Toplam Katı Madde Analiz sonuçları grafiği	51
Şekil 5.13. Yıllara göre Bome analizi sonuçları grafiği	52
Şekil 5.14. Yıllara göre pH sonuçları grafiği	52
Şekil 5.15. Farklı pH değerlerinde tuzlu su ve tuz kalsyum değerleri	55
Şekil 5.16. Farklı pH değerlerinde tuzlu su ve tuz magnezyum değerleri	55
Şekil 5.17. Farklı pH değerlerinde tuzlu su ve tuz Alman sertliği değerleri.....	55

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

NaCl	Sodyum klorür
Ca ⁺²	Kalsiyum
Mg ⁺²	Magnezyum
CaSO ₄	Kalsiyum sülfat
BaSO ₄	Baryum sülfat
BaCl ₂	Baryum klorür
MgCl ₂	Magnezyum klorür
MgSO ₄	Magnezyum sülfat
CaCl ₂	Kalsiyum klorür
Mg(OH) ₂	Magnezyum hidroksit
Ca(OH) ₂	Kalsiyum hidroksit
Na ₂ SO ₄	Sodyum sülfat
CaO	Kalsiyum oksit
KCl	Potasyum klorür
Li ⁺	Lityum
Ba ⁺²	Baryum
F ⁻	Flor
Cr ^{+3/+6}	Krom
Pb ^{+2/+4}	Kurşun
Cu ^{+/+2}	Bakır
Fe ^{+2/+3}	Demir
Al ⁺³	Alüminyum
Zn ⁺²	Çinko
SO ₄ ⁻²	Sülfat
C ₂ O ₄ ⁻²	Oksalat
CO ₃ ⁻²	Karbonat
H ₂ C ₂ O ₄	Oksalik asit
Na ₂ CO ₃	Sodyum karbonat

CaC_2O_4	Kalsiyum oksalat
CaCO_3	Kalsiyum karbonat
NaOH	Sodyum hidroksit
NH_4Cl	Amonyum klorür
NH_3	Amonyak
KOH	Potasyum hidroksit
HNO_3	Nitrik asit
AgNO_3	Gümüş nitrat
N	AgNO_3 çözeltisi normalitesi
f_2	AgNO_3 çözeltisi faktörü
s_4	AgNO_3 çözeltisi sarfiyatı, ml
V_1	Numune çözeltiden kullanılan hacim, ml
m_1	Alınan tuz numunesi tartımı, g
A_1	Hazırlanan çözelti hacmi, ml
m_2	814°C'da yakıldıktan sonra kalan Baryum Sülfat miktarı, g
m_3	Katı numunelerde çözeltiye eklenen tuz miktarı, g
A_2	Çözelti seyreltme hacmi, ml
w_1	Kalsiyum karbonat miktarı, g
s_1	EDTA çözeltisinin sarfiyatı, ml
f_1	EDTA çözeltisinin faktörü
V_2	A çözeltisinden alınarak analizlerde kullanılan miktar, ml
m_4	İlk tuz ağırlığı, g
A_3	Tartılan tuz ile hazırlanan ilk çözelti hacmi, ml
s_3	Toplam Ca ve Mg tayinindeki EDTA sarfiyatı, ml
s_2	Ca tayinindeki EDTA sarfiyatı, ml
°C	Santigrat derece
°Be	Bome Derecesi (yoğunluk)

R	Korelasyon katsayısı
A	Yapay sinir ağı hücresine etki eden ağırlık
G	Yapay sinir ağı hücresine etki eden girdiler
n	Yapay sinir ağı hücresine gelen toplam girdi

Kısaltmalar

YSA	Yapay sinir ağı
OMGİ	Otomatik meteorolojik gözlem istasyonu
DSİ	Devlet Su İşleri
AAS	Atomik Absorbsiyon Spektrometre'si cihazı
A.S.	Alman Sertliği
TKM	Toplam Katı Madde
% MAPE	Ortalama mutlak hata yüzdesi
EDTA	Etilen diamin tetra asetik asit disodyum tuzu $C_{10}H_{14}N_2Na_2O_8 \cdot 2H_2O$
NET	Yapay sinir ağı hücresine gelen net girdi
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
NASA	National Aeronautics and Space Administration
ELM	Aşırı Öğrenme Makinası
KELM	Kernel Aşırı Öğrenme Makinası

1. GİRİŞ

Tuz insanlığın var oluşundan günümüze kadar kullanılan, canlıların yaşamsal fonksiyonlarının sürdürülmesinde önemli rol oynayan bir maddedir. İnsan sağlığı açısından tuzun fazla kullanılmasının uzmanlar tarafından zararlı olduğu söylene de, tuzun eksikliği insan sağlığını kötü etkilemektedir. Tuz eksikliği insanların felç olmasına ve ölümlerine sebebiyet vermektedir.

Sanayilerin birçoğunda önemli rol oynayan tuzun, sanayilerin gelişmesiyle önemi katlanarak artmaktadır. Yemeklere tat vermek için kullanılan tuz gündelik hayatımızın vazgeçilmezlerindedir. Kimya sanayide tuzdan birçok ürün ve yan ürün elde edilmektedir. Yapısında bulundurduğu sodyum ve klorür iyonlarından dolayı birçok üretim prosesinin olmazsa olmazlarından.

Tuzun farklı kaynaklardan birçok üretim şekli vardır. Kimya sanayisinde, üretilen ham tuzların içerisinde barındırdığı safsızlıklardan kaynaklı direkt kullanılamamaktadır. Kimya sanayilerinde genellikle düşük sertlikte yüksek saflıkta tuzlar kullanılmaktadır.

Sistemde tuzdan gelen safsızlıkların bulunması prosesin içerisinde farklı ürünlerin oluşması, proste kullanılan ekipmanların korozyona uğraması ve proste kireç oluşumuna sebep olup sistemin tıkanması gibi problemler yaratmaktadır. Bu tarz problemlerin önüne geçilmesi için üretilen ham tuz bir veya iki yıkama işlemi uygulanarak safsızlıklarından arındırılmalıdır. Bu yıkama işlemi zaman kaybına ve maliyetin artmasına neden olmaktadır.

2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Tuzun Tarihi

Tuz üretimi ile ilgili ilk elde edilen veriler M.Ö. 6000’li yıllara dayanmaktadır. Tuz, tarih boyunca bütün toplumlar için önemli minerallerden biri olmuştur. Geçmiş yıllarda toplumlar arasında ‘‘tuz savaşları’’ adı altında savaşlar yapılmış, toplumlardan tuz vergisi toplanmış ve birçok toplumda para olarak kullanılmıştır.

Kurlansky, (2003)’e göre M.Ö. 6000’li yıllarda Çinlilerin Yuncheng Gölü’nün sığ yerlerinde buharlaşma sonucu oluşan tuzları kullandıkları bilinmektedir. M.Ö. 5000 yıllarında Polonya’da tuzlu su kaynaklarını, M.Ö. 3000’li yıllarda İspanya ve Avustralya kaya tuzu madenlerinden, M.Ö. 800’lü yıllarda yine Çinlilerin deniz suyundan tuz elde ettikleri bilinmektedir (Avcı, 2003).

M.Ö. 2100 yıllarında Mezopotamya’da Mısırlılar bataklık sularından tuz elde ettikleri yapılan arkeoloji çalışmalarında rastlanmaktadır (Hajari, 1997). Anadolu’da tuzu ilk olarak Hititlerin kullandığı ve kaya tuzunun üretimini ve ticaretini yaptığına dair belgelere ulaşılmıştır.

Roma İmparatorluğunun M.Ö. 1000 yılına kadar kuru tuzla üretim yaptığı bildirilmiştir. M.Ö. 9. yüz yıldan itibaren tuzlu sulardan tuz üretimi yapmışlardır (Erkut, 1990).

Kurlansky’e (2003) göre İbrani, Yunan, Arap ve Perslere ait metinlerde tuzun kutsal kabul edildiği ve üzerine yemin edilmesi gibi dinsel anlamlar kazandığı görülmektedir. Tuz, bugünkü New York eyaletinde yaşayan Orendoga halkı tuzu böcek ısırıklarına ve diken batmalarına karşı ilaç olarak kullanmışlardır (Avcı, 2003).

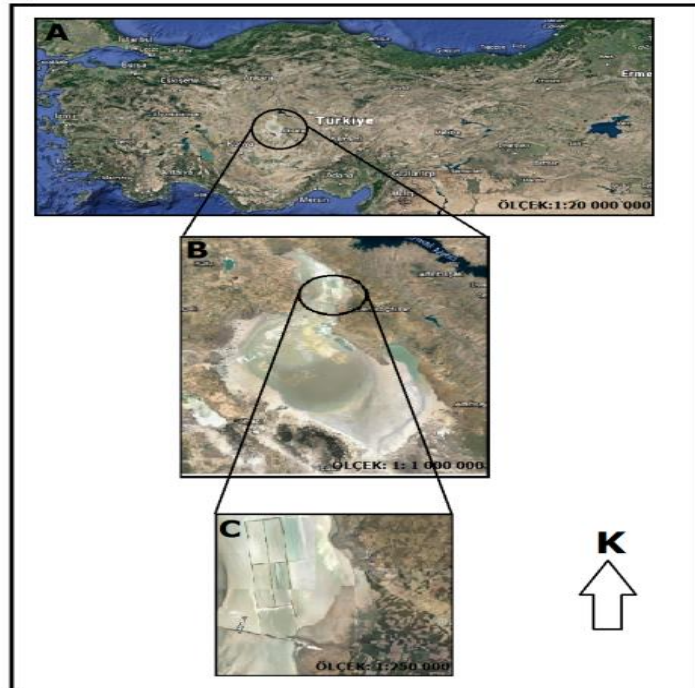
Tuz, her zaman bütün toplumlarda önemli olmuştur. Sanayilerin gelişmesi tuzun önemini büyük oranda arttırmıştır.

2.2. Dünya’da Tuz Kaynakları

Dünya üzerinde tuz kaynakları başta okyanuslar olmak üzere tuzlu su kaynakları, kayalarda bulunan kaya tuzu kaynaklarından oluşmaktadır. Tuzlu su kaynakları okyanus suları, deniz suları, yer altı suları, akarsular ve tuzlu göllerden oluşmaktadır. Ülkemizde deniz tuzu, kaya tuzu ve göl tuzu kaynaklarından tuz elde edilmektedir. Dünya üzerinde tuz üretiminin %50’si göl tuzu, %40’ı kaya tuzu ve %10’u da deniz tuzundan elde edilmektedir. Bu oran Türkiye’de %64 göl, %28 kaya ve %8 denizlerden üretilmektedir. Farklı kaynaklardan üretilen ham tuzların içerisinde bulundukları sodyum klorür [NaCl] miktarı ve safsızlık miktarları değişiklik göstermektedir. Bu sebeple üretilen tuzların üretim şekli ve rafinasyon aşamaları farklılık göstermektedir (Anonim, 2018).

2.3. Tuz Gölü Coğrafyası

İç Anadolu Bölgesinde bulunan Tuz Gölü; bir iç denizin kuruması ile meydana gelen dünya üzerindeki sayılı göllerden biridir (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Tuz Gölü Google Earth haritaları

Tam verilere ulaşılmamakla birlikte 1665 km²'lik yüz ölçümüne sahip tuz gölünün ortalama 1200 km²'lik alanın tuz bölgesi olduğu kabul edilmektedir. Her yıl oluşan tuz kalınlığı; tuzlu su derişimine bağı olarak yer yer değişkenlik göstererek ortalama 5-15 cm arasında tuz oluşmaktadır. Tuz gölü ülkemizde bulunan diğer göllerden farklı şekilde düz bir zemine sahiptir. Kış aylarında yağış sularının, yer altından gelen derişik tuzlu su ile karışması sonucu tuz gölü suyu yükselmektedir. Gölün en derin su yüksekliği 2 metre kadar olabilmektedir. Şekil 2.2'de Tuz gölünün mevsimsel değişimi gösterilmiştir.



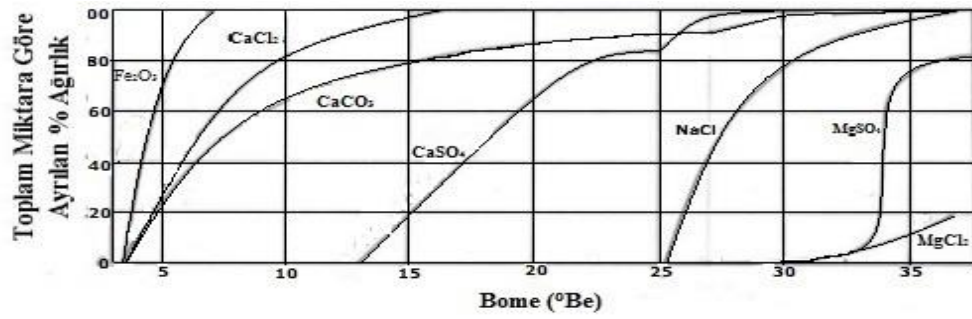
Şekil 2.2. Tuz gölünün farklı mevsimlerde görüntüsü (Keskin, 2017)

Yer altından gelen yüksek bome dereceli [^oBe] su ile yağış suları karışması sonucunda suyun bome derecesinde azalma meydana gelmektedir. Yaz aylarında havanın ısınması sonucunda buharlaşma gerçekleşir. Buharlaşan tuzlu suyun tuz derişimi artacağından, suyun bome derecesinde artış gerçekleşmektedir. Bome derecesinin artmasıyla su içerisinde bulunan tuzlar farklı bome derecelerinde kristalleşerek tuz oluşmaktadır (Fizibilite Etüdü, 1997).

Bome derecesi ile yoğunluk (d) arasındaki ilişki Eş. 2.1'de gösterilmiştir.

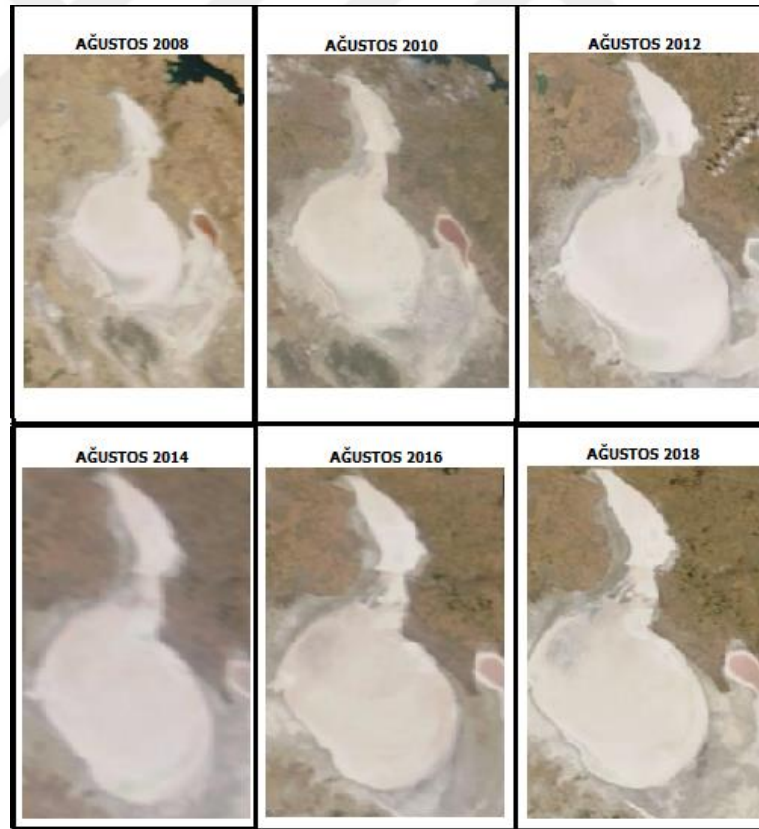
$$^{\circ}\text{Be} = \frac{144,38(d-1)}{d} \quad (2.1)$$

Kalsiyumlu bileşenler 2-26 ^oBe'de, magnezyumlu bileşenler 27 ^oBe'nin üstünde, sodyumlu bileşenlerin ise 24-28 ^oBe değerleri arasında çöktüğü görülmüştür. Bu tuzların ortam yoğunluğuna göre değişim diyagramı Şekil 2.3'de gösterilmiştir.



Şekil 2.3. Tuzlu sularda bulunan tuzların, ortam yoğunluğuna bağlı değişim diyagramı

Yaz aylarında Tuz Gölü suyunun buharlaşmasıyla göl tamamen kurumaktadır. Her yıl Tuz Gölünün görüntüsü; göl suyunun derişimine, rüzgar hızına ve yönüne, yaz aylarının sıcaklık ve yağışlarına bağlı olarak değişmektedir. Şekil 2.4'de Tuz Gölünün yıllara göre değişiminin NASA'dan alınan görüntüleri mevcuttur.



Şekil 2.4. Tuz Gölünün yıllara göre uydu görüntüleri (Anonim, 2018)

2.3.1. Tuz Gölü'nün iklimi

Tuz Gölü havzası İç Anadolu Bölgesinin en az yağış alan yerlerinden biridir. Havza içerisinde Hasan Dağı'nın bulunduğu bölge en çok yağış alan bölgesidir. Havzanın yıllık sıcaklık ortalaması 11,2°C dir. Bölge karasal iklim etkisi altındadır. Bu sebeple yazları sıcak, kışları soğuk bir hava etkilidir. Kışın yağışlarla beslenen tuz gölünde yazın sıcaklığın etkisiyle buharlaşma gerçekleşir ve bu durum tuz oluşumunda en önemli etkenlerdendir. Tuz gölü havzasında doğu, kuzey ve kuzey batıdan esen rüzgârlar etkilidir. Tuz gölü havzasında ortalama yıllık buharlaşma miktarı 12,38 mm civarındadır. Tuz gölü havzası Şereflikoçhisar ilçesi 2017-2018 yıllarında aylık ortalama yağış ve sıcaklık verileri Çizelge 2.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 2.1. Şereflikoçhisar 2017-2018 yılı ortalama sıcaklık ve yağış değerleri (Anonim, 2018)

	Yıl/Ay	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Aylık Toplam Yağış [kg/m ²]	2017	23,6	2,0	36,8	18,4	49,0	57,0	1,2	9,0	1,2	10,6	52,4	9,6
	2018	48,0	10,2	69,4	13,0	39,2	32,6	2,2	0,6	1,6	28,6	56,6	13,1
Aylık Ortalama Sıcaklık [°C]	2017	-1,9	1,0	7,8	11,3	16,0	21,3	26,1	25,7	23,0	13,0	6,5	4,3
	2018	2,6	6,9	10,4	14,6	18,8	22,5	25,8	25,6	20,8	14,5	10,0	5,2

Şereflikoçhisar, Ankara'nın ilçesi olmasına rağmen Konya ovasının iklimsel özelliklerini taşımaktadır. Yaz aylarında hava sıcaklığının yüksek ve rüzgar hızının fazla olması buharlaşma hızının fazla olmasını sağlamaktadır. Günlük sıcaklık farkının değişkenlik göstermemesi günlük buharlaşma miktarının eşit olmasını ve tuz kristallerinin boyutlarının eşit oluşmasını sağlamaktadır. Günlük ortalama sıcaklık ve yağış verileri Ek 1'de mevcuttur.

2.4. Dünya’da Tuz Üretimi

Dünyada tuz üretiminin başında Amerika Birleşik Devletleri ile Çin gelmektedir. Sıralamayı Almanya ve Hindistan takip etmektedir. Çizelge 2.2’de görüldüğü gibi bu 4 ülkenin tuz üretimi dünyada üretilen tuzun neredeyse %50 sini oluşturmaktadır.

Çizelge 2.2. Dünya üzerinde tuz üretimi yapan ülkelerin üretim yüzdeleri (Suzette, 2017)

Ülke	Üretim [%]
Çin	22,7
ABD	16,4
Hindistan	7,4
Almanya	4,9
Avustralya	4,7
Şili	4,3
Kanada	3,9
Brezilya	2,9
İngiltere	2,6
Türkiye	2,4
Ukrayna	2,4
Fransa	2,3
İspanya	1,7
Polonya	1,6
Diğer	19,8

ABD yılda 40 milyon tondan fazla tuz üretimi yapmaktadır. Türkiye yılda ortalama 3,6 milyon ton civarında tuz üretimi yapmaktadır. Üretilen tuzun büyük bir çoğunluğu kış aylarında karla mücadelede yol tuzlama çalışmalarında kullanılırken, kimya sanayinde ve diğer sanayilerde kullanım oranları fazladır. Ülkemizde yapılan tuz üretimi Türkiye’nin tuz ihtiyacını karşılamaya yetmekte ve 60’dan fazla ülkeye ihracatı yapılmaktadır. Yapılan araştırmalara göre 120 ülkede tuz üretimi yapılarak, 270 milyon ton tuz elde edilmektedir. Sanayileşmenin artışı ve kimya sanayinin gelişmesi ile tuza olan ihtiyaç gün geçtikçe artmaktadır. Tuzun bilinen 14000 kullanım alanı bulunmaktadır (İlter, 1979).

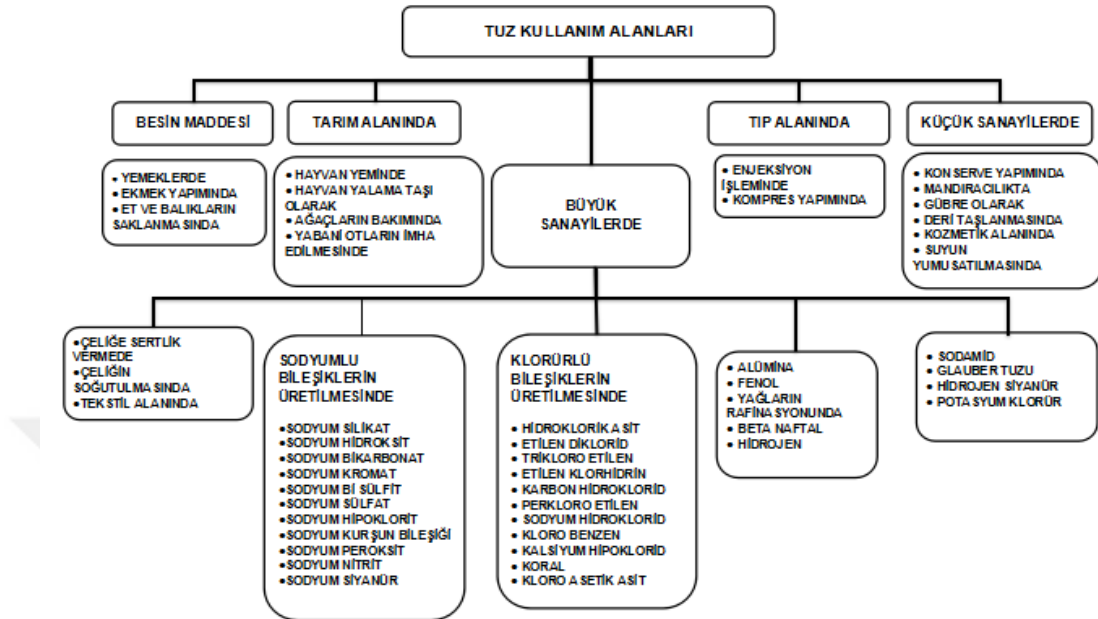
2.5. Tuzun Kullanım Alanları

Tuz tüketimi denildiğinde ilk olarak akla yemeklerde tat vermek amacıyla kullanılan yemeklik tuz gelmektedir. Sağlık Bakanlığı'nın günlük tuz tüketimi ile ilgili birçok çalışması mevcuttur. 2008 yılında Sağlık Bakanlığı'nın açıkladığı Türkiye hipertansiyon ve böbrek hastalıkları derneğinin yaptığı Türk Toplumunun Tuz Tüketimi çalışmasına göre günlük kişi başı 18 gram tuz tüketildiği belirlenmiştir. Bu sonuç karşısında 2011 yılında Sağlık Bakanlığı tarafından ‘‘Türkiye Aşırı Tuz Tüketimi’’ programı uygulanmıştır. 2012 yılında yine Türk toplumunda tuz tüketimi Çalışmasında günlük kişi başı 15 gram tuz tüketimi olduğu saptanmıştır ve bu tüketimin bile fazla olduğu belirlenmiştir. Bu araştırmaya göre Türkiye, Japonya'dan sonra tuz tüketiminde ikinci sırayı almaktadır (Anonim, 2017). Dünya Sağlık Örgütü (WHO) sağlıklı bir insanın günlük tüketmesi gereken tuz miktarını 5g (Anonim, 2012) olarak belirlemiştir. Tuz en çok kış aylarında kar ve buzla mücadelede yol tuzu olarak ve sanayilerde proses girdisi olarak kullanılmaktadır. Farklı sanayi kollarında tuzun kullanım yüzdeleri Çizelge 2.3'de gösterilmiştir.

Çizelge 2.3. Sanayide tüketilen tuzun sanayi kollarına göre tüketim yüzdeleri (Ergin, 1988)

Sanayi Tipleri	%
Kimya Sanayi	44,08
Deri Sanayi	9,36
Süt Ürünleri Sanayi	9,21
Tekstil	7,76
Gıda Sanayi	7,23
Kâğıt Sanayi	5,54
Deterjan ve Sabun	5,26
Metalürji ve Emaye	3,97
Et ve Balıkçılık	2,92
Yağ Sanayi	1,91
Yem Sanayi	1,43
Sakatat	0,64
Lastik ve Kauçuk	0,29
Seramik ve Cam	0,19
Soğutmacılık	0,12
Diğer Sanayi	0,09

Dünya’da da tuzun kullanım alanları çok geniştir. Bunlardan bazıları Şekil 2.5’de gösterilmiştir.



Şekil 2.5. Dünyada tuz kullanım alanları

2.6. Tuz Üretim Yöntemleri

2.6.1. Doğal sulardan tuz üretim yöntemi

Tarih boyunca Dünya üzerinde tuz üretim yöntemleri arasında en yaygın kullanılan ve en ekonomik olan yöntem doğal buharlaşma yöntemidir. Bu yöntemde güneşten gelen ışınlar ve rüzgâr tuz üretiminin veriminin yanı sıra tuz oluşum hızını etkileyen başlıca faktörlerdendir.

Tuz üretim verimliliğini etkileyen faktörler;

- ✓ Eğimi az düz bir buharlaşma alanının olması,
- ✓ Rüzgâr hızının yüksek ve sürekli olması,
- ✓ Rüzgâr yönünün değişken olması,
- ✓ Yaz mevsimlerinin uzun ve sıcak olması,
- ✓ Bölgenin az yağış alan bölge seçilmesi,

Yukarıdaki faktörlere bağılı olarak buharlaşma hızı ve tuz kalitesi değışkenlik göstermektedir. Doğal buharlaşma yönteminde güneş enerjisi ile tuzlu su içerisinde bulunan su moleküllerinde buharlaşma gerçekleşir (Yalçın ve Ertem, 1997).

Buharlaşma esnasında tuzlu suyun tuz derişiminde ve bome derecesinde artış görölmektedir. Buharlaşmanın devamı halinde tuz kristalleri çöker ve tuz oluşumu bu kristalizasyona bağılıdır.

Buharlaşma hızı, oluşan tuz kristallerinin fiziksel özelliklerini etkilemektedir. Buharlaşma hızı fazla ise tuz kristallerinin tane boyutu küçük ve mukavemeti az olur. Buharlaşma hızının yavaş ve uzun süreli olması tuz kristallerinin mukavemetini artırır ve tane boyutu büyük kristaller oluşur.

2.6.2. Çözelti madenciliğı yöntemi

Yer altında bulunan katı veya sıvı tuz kaynaklarına sondaj yapılarak ulaşılır. Katı tuz kaynakları boru hattı yardımıyla bir çözücü kullanılarak çözölür. Oluşan tuzlu su çözültisi boru hattı yardımıyla, basınç uygulanarak yeryüzüne çıkartılır. Çözücünün buharlaştırılması ile tuz kristalleri elde edilir.

2.6.3. Klasik madencilik yöntemi

Kaya tuzu kaynaklarında bulunan kaya tuzlarına dinamit, iş makinaları gibi fiziksel kuvvetler uygulanarak katı şekilde tuz elde edilir. Genellikle, kaya tuzları içerisinde yoğun miktarda fiziksel safsızlık barındırmaktadır. Bu sebeple çoğı sektörde işlenmeden kullanılması mümkün değıildir.

2.7. Tuzun İşlenmesi

Doğal kaynaklardan elde edilen ham tuzlar safsızlık barındırdığı için bir çok sanayide istenilen kriterleri sağlamamaktadır. Üretilen ham tuzun sanayilerde

kullanılması için temizlenmesi, safsızlıklarından arındırılması gerekmektedir. Tuzun safsızlıklarını gidermeyi amaçlayan bu yöntemler iki başlık altında toplanmaktadır.

2.7.1. Öğütme, yıkama, kurutma işlemleriyle safsızlıkların giderimi

İsminden de anlaşılacağı gibi sisteme ham tuz ilk olarak öğütülerek alınır. Öğütme işlemi bu yöntemde önemli bir aşamadır. Ham tuza safsızlık veren en önemli iki bileşen kalsiyum $[Ca^{+2}]$ ve magnezyum $[Mg^{+2}]$ iyonlarının bileşimleridir. Magnezyum bileşimleri yüksek bome derecesinde çöker, kalsiyum bileşimleri sodyum klorür kristalleri oluşumu esnasında çöker, bu sebeple kalsiyum iyonu tuz kristallerinin iç yapısı, magnezyum iyonları ise dış yapısında bulunmaktadır. Öğütme işlemi yapılmadan yıkama yapılırsa magnezyum iyonları giderilirken, kalsiyum iyonlarının büyük çoğunluğu giderilemeyecektir. Bu sebeple öğütme işlemi yıkama işleminin veriminin artmasını sağlayacaktır. Yıkama işleminde birçok proses mevcuttur, bu proseslerin amaçları aynıdır. Farklı proseslerde bir veya iki adet yıkama tankında 2-3 °Be'ye kadar tuz ile doyurulmuş su kullanılarak yıkama işlemi gerçekleştirilir. Yıkama işlemlerinde % 25-30 arasında tuz fitesi (tuz kaybı) olmaktadır. Yıkama ünitesinden helezonlarla taşınan tuz-su karışımı suyundan ayrılmak için santrifüj ünitesine verilerek nemi %3 civarında yıkanmış tuz alınır. Son olarak nemi yüksek olan, safsızlıkları giderilmiş yıkanmış tuz kurutma ünitesine alınarak nemi %0,05'e gelene kadar kurutma işlemi uygulanır. Kurutma ünitesinin sıcaklığı mevsimsel olarak 100-180°C değişkenlik göstermektedir. Kurutma sıcaklığını üretim miktarı, yıkanmış tuzun içerisinde bulunan nem miktarı ve hava sıcaklığı gibi parametreler etkilemektedir. Kurutma çıkışında tuz kullanım alanlarına göre eleğe gönderilerek farklı granül boyutunda ayrılır.

2.7.2. Rafine tuz üretimi

Sofra tuzu ve bazı sanayilerde hammadde olarak kullanılan tuzların yüksek saflıkta olması gerekmektedir. Bu tuzlar ham tuzun rafine işlemi sonucunda elde edilir.

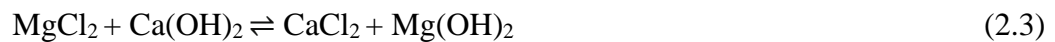
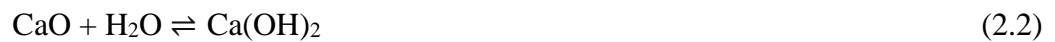
Rafine işlemleri iki şekilde yapılmaktadır. Bunlar, açık kaplarda buharlaştırma yöntemi ve yeniden kristallendirme yöntemidir.

2.7.2.1. Açık kaplarda buharlaştırma yöntemi

Ham tuz su içerisinde çözülerek sisteme alınır. Çözünmüş su ısı değiştiriciler kullanılarak ısıtılır. Tuzun içerisinde bulunan kalsiyum sülfat $[CaSO_4]$ 'ın tutulmasını sağlayan adsorban taşların yüzeyinden geçirilerek kalsiyum sülfat adsorblanır. Daha sonra tuzlu su açık kaplarda buharlaştırılarak içerisinde tuz kristalleri oluşan tuzlu su karışımı elde edilir. Bulanıklık gidene kadar bekletilir. Santrifüj ile suyu alınan tuz kurutucuda kurutulur. Kurutma çıkışında tuz kullanım alanlarına göre eleğe gönderilerek farklı granül boyutunda ayrılır.

2.7.2.2. Yeniden kristallendirme yöntemi

Rafine tuz üretiminde en çok kullanılan yöntemdir. Ham tuz, su buharlaştırıcılardan elde edilen yoğun buhar karışımıyla eritilerek doymuş bir çözelti elde edilir. Bu çözeltide bulunan ve elde edilecek tuzun niteliğini bozan kalsiyum sülfat, magnezyum klorür $[MgCl_2]$, magnezyum sülfat $[MgSO_4]$ ve kalsiyum klorür $[CaCl_2]$ giderilmesi için tuzlu suya kireç soda veya kostik soda işlemi yapılır. Kireç soda işlemi için tuzlu suyun doldurulduğu büyük tanklara kireç sütü $[Ca(OH)_2]$ pompalanır. Ardından sodyum karbonat $[Na_2CO_3]$ eklenir. Tuzun içerisinde mevcut olan magnezyum klorür tuzla beraber suda eriyen bir maddedir. Esas olarak tuzun nemlenmesine neden olan magnezyum klorür'ü ayrıştırabilmek için eritme tankına kalsiyum oksit $[CaO]$ eklenir. Kalsiyum oksit'in tanka girmesiyle oluşan reaksiyon aşağıdaki gibidir;



Eş. 2.3 tepkimesinde meydana gelen magnezyum hidroksit ve Eş. 2.4 tepkimesinde meydana gelen kalsiyum karbonat suda çözünmeyen maddeler olduğundan çökelek, filtrasyonla ana üründen ayrıştırılır. Bu yolla elde edilen saflığı yüksek tuzlu su, buharlaştırma kazanlarında, vakum altında soğumaya bırakılır. Buharlaştırma kazanlarının içerisinde kısmen buharlaşma ve kısmen soğumadan dolayı ayrışan tuz kristalleri dibe çöktüklerinde buharlaşma kazanlarının altına alınır (Ergin, 1988).

Yüksek derecedeki suda tuzun erime oranı daha fazla olduğundan buharlaştırma kazanlarında ürünün 54°C'ye kadar soğutulmasıyla bir kısım tuz elde edildiği gibi aynı zamanda tekrar 105-110°C'ye kadar ısıtıldığı zaman bu dereceler için doymamış tuzlu su haline gelmekte ve tekrar doyurulmak üzere eritme kazanlarına verilmektedir. Buharlaşma kazanı içerisinde meydana gelen tuz kristalleri, kazan içerisinde belirli aralıklarla zaman röleleri yardımıyla alınır. Kristaller sık alındıkları durumda küçük, seyrek alındıkları durumda da büyük boyutlu ürün elde edilir. Partikül boyutları istenilen büyüklükte ayarlanabilirler. Buharlaştırma kazanının dibinden alınan tuz kristalleri yüksek devirli santrifüjlerle suyundan ayrıştırılır. Santrifüjden çıkan tuz %3 nem oranına sahiptir. Bu tuz, hava kurutucularına verilerek %0,05 neme kadar kurumaya bırakılır. Saflığı %99,7 oranındadır (Ergin, 1988).

2.8. Tuz Gölü Suyunun Safsızlıkları

Tuz gölü tuzlu su çözeltisinde, yüksek oranda sodyum klorür bulunmaktadır. Sodyum klorürün yanı sıra magnezyum klorür, magnezyum sülfat, kalsiyum klorür, kalsiyum sülfat, potasyum klorür [KCl] tuzları bulunmaktadır. Ayrıca içerisinde eser miktarda Lityum [Li⁺], Baryum [Ba⁺²], Flor [F⁻], Krom [Cr^{+3/+6}], Kurşun [Pb^{+2/+4}], Bakır [Cu⁺²], Demir [Fe^{+2/+3}], Alüminyum [Al⁺³], Çinko [Zn⁺²] gibi ağır metaller mevcuttur. Tuz oluşumunda safsızlığı en çok etkileyen kalsiyum ve magnezyum iyonlarından gelen safsızlıklardır. Bu safsızlıkların yüksek olması tuz üretiminde yüksek sertlikte tuz elde edilmesine sebep olur. Üretilen tuzun safsızlıklarının fazla olması rafine aşamasında üretim ve enerji kaybına sebep olmaktadır.

2.9. Safsızlıkların Giderimi

2.9.1. Magnezyumlu bileşiklerin giderimi

Tuz gölünde üretilen ham tuzun içerisinde magnezyum iyonları magnezyum klorür ve magnezyum sülfat, kalsiyum iyonları ise kalsiyum klorür ve kalsiyum sülfat şeklinde bulunmaktadır. Magnezyum klorür formunda bulunan magnezyum iyonlarının uzaklaştırılmasında genellikle bir baz kullanılarak tepkime gerçekleştirilir. Tuzlu su içerisinde bulunan magnezyum iyonları hidroksit [OH⁻] iyonları ile tepkime vererek sudaki çözünürlüğü çok düşük olan magnezyum hidroksit oluşturularak çökelek şeklinde çözülden ayrılır. Tepkime Eş. 2.5 ile verilmiştir.



2.9.2. Sülfatlı bileşiklerin giderimi

Sülfatlı bileşiklerin giderilmesinde kullanılan en yaygın yöntem baryum katyonunun ve sülfat [SO₄⁻²] anyonunun tepkimesi sonucunda çözünürlüğü çok düşük olan baryum sülfat [BaSO₄] oluşmaktadır. Sülfat giderilmesinde genellikle baryum klorür [BaCl₂] kullanılır. Baryum klorür'ün suda çözünürlüğü çok yüksektir. Tuzlu su çözeltisine baryum klorür eklendiğinde hızlıca tepkimeye girerek baryum sülfat çökeleğini oluşturur. Tepkimesi Eş. 2.6 ile verilmiştir.



Kalsiyum sülfat bileşiği için de bu durum, benzer şekilde geçerlidir. Eş. 2.7 tepkimesi gösterilmiştir.



Tepkime sonucunda magnezyum klorür bileşeni çıkacağı için önce sülfat daha sonra magnezyum giderimi yapılmalıdır.

2.9.3. Kalsiyumlu bileşiklerin giderimi

Tuzlu sularda kalsiyum giderimi oksalat $[C_2O_4^{-2}]$ ve karbonat $[CO_3^{-2}]$ anyonları kullanılarak yapılmaktadır. Oksalat için oksalik asit $[H_2C_2O_4]$, karbonat için soda $[Na_2CO_3]$ kullanılmaktadır. Suda çözünürlüğü yüksek olan kalsiyum klorür, çözünürlüğü çok az olan kalsiyum oksalata $[CaC_2O_4]$ ve kalsiyum karbonat $[CaCO_3]$ 'a dönüşür.

2.10. Yapay Sinir Ağları

Bilgisayarlı sistemler ve teknolojilerinden faydalanılarak programların eğitilmesi sonucu yeni bilgilerin türetilmesi, oluşturulması ve keşfedilmesi gibi yeteneklerin uygulanmasına yapay sinir ağı denir. Yapay sinir ağları bir yapay zekâ yöntemi olmakla birlikte insan beyninin davranışlarından esinlenerek ortaya atılmış bir veri odaklı öğrenme algoritmasıdır (Haykin, 1999). İnsan beyninin fonksiyonlarından; öğrenme, ilişkilendirme, sınıflandırma, genelleme, özellik belirleme ve optimizasyon konularını başarılı bir şekilde uygulayan, adaptif bilgi işletme ile ilgilenilen bilgisayarlı bilim dalı olarak da adlandırılabilir. Yapay sinir ağı bir olay hakkında bilgi yoksa fakat olayın benzer örnekleri var ise çok etkili karar verme mekanizması olarak görülebilmektedir.

Günümüzde çözüm bulunamayan birçok probleme yapay sinir ağı yardımıyla çözüm bulunabilmektedir. Yapay sinir ağının çalışma mekanizması birbirleriyle hiyerarşik düzende bağlı ve paralel olarak çalışabilen proses elemanlarından oluşmaktadır. Bu proses elemanları yapay sinir ağı hücresi olarak da adlandırılmaktadır. Sinir ağına işlenen her bir proses elemanı veri setlerinden oluşmaktadır. Veri setlerinin birbirleriyle ilişkilendirilerek eğitilmesi sonucu oluşan ağa yapay sinir ağı denmektedir. Teknik olarak bir yapay sinir ağının en temel görevi bir girdi setine

karşılık gelecek bir çıktı seti belirlemektedir. Bunu yapabilmesi için ağ, ilgili olayın örnekleriyle eğitilerek genelleme yapabilecek yeteneğe kavuşturulur (Öztemel, 1999).

Geçmişten beri insanoğlu insan beyninin çalışma sistemini merak etmiştir. Bu konuyla ilgili sürekli araştırma yapmıştır. Bilgisayarların ortaya çıkışı bu fikrin temelleri üzerine kurulmuştur. Bilgisayarlar ilk başta aritmetik işlemler yapmak amacıyla geliştirilmişken bugün olayları öğrenmeleri ve çevre şartlarına göre karar vermeleri istenmektedir.

Günümüzde yapay sinir ağları insanoğlunun isteklerini tetikleyen bilim dallarından birisidir. Gelecekte en önemli bilim dallarından birisi olacaktır. Yapay sinir ağlarının oluşumu beyinde bulunan biyolojik sinir sisteminden etkilenerek ortaya çıkmıştır. Yapay sinir ağlarında yapay sinir hücreleri olduğu gibi biyolojik sinir ağlarında biyolojik sinir hücreleri bulunmaktadır. Milyonlarca sinir hücrelerinin bir araya gelmesiyle sinir ağları oluşmaktadır. Bu hücreler birbirleriyle ilişkilendirilerek istenilen fonksiyonların yerine getirilmesini sağlar. Yapay sinir ağları insan beyninin yeteneklerini bilgisayara kazandırmayı amaçlamıştır. Biyolojik sinir ağları beş duyu organlarından gelen uyarıları bilgiler doğrultusunda algılama ve anlama mekanizmalarını çalıştırarak olaylar arasındaki ilişkileri öğrenir. Gelen bilgileri sinir sistemlerini kullanarak beyne aktarır ve beyin tarafından oluşturulan kararları yine sinir sistemleri yardımıyla organlara göndererek vücudun yaşamsal faaliyetlerini ve hareketlerini yapmasını sağlar.

Her sinir hücresinin 5 temel elemanı vardır;

Girdiler: Dış dünyadan proses elemanına işlenen bilgilerdir.

Ağırlık: Proses elemanına işlenen girdilerin önemini ve proses elemanına etkisini gösterir.

Toplama fonksiyonu: Proses elemanlarının net girdileri bu fonksiyon ile hesaplanır. Bu fonksiyonda proses elemanına gönderilen her girdi değeri kendi ağırlığı ile çarpılarak toplanmasıyla hesaplanır. Formül Eş. 2.8’de gösterilmiştir.

$$NET = \sum_i^n Gi. Ai \quad (2.8)$$

Yapay sinir ağlarında her zaman bu formülün kullanılması şart değildir. Yapılan literatür taramalarında toplama fonksiyonu olarak 5 farklı formülasyon kullanıldığı görülmüştür.

Çizelge 2.4. Toplama fonksiyonu olarak kullanılan formüller (Öztemel, 1999)

Net giriş	Açıklama
<p><i>Çarpım</i> Net Girdi= $\prod_i Gi.Ai$</p>	Ağırlık değerleri girdiler ile çarpılır ve daha sonra bulunan değerler birbirleriyle çarpılarak net girdi hesaplanır.
<p><i>Maksimum</i> Net Girdi=Max (Gi.Ai), İ=1...N</p>	N adet girdi içinden ağırlıklar ile çarpıldıktan sonra en büyüğü yapay sinir hücresinin net girdisi olarak kabul edilir.
<p><i>Minimum</i> Net Girdi=Min (Gi.Ai), İ=1...N</p>	N adet girdi içinden ağırlıklar ile çarpıldıktan sonra en küçüğü yapay sinir hücresinin net girdisi olarak kabul edilir.
<p><i>Çoğunluk</i> Net girdi= $\sum_i \text{sgn}(Gi.Ai)$</p>	N adet girdi içinden ağırlıklar ile çarpıldıktan sonra pozitif ve negatif olanların sayısı bulunur. Büyük olan sayı hücrenin net girdisi olarak kabul edilir.
<p><i>Kümülatif toplam</i> Net girdi= Net(Eski)+ $\sum_i (Gi.Ai)$</p>	Hücreye gelen bilgiler ağırlıklı olarak toplanır ve daha önce gelen bilgilere eklenerek hücrenin net girrdisi bulunur.

Bir yapay sinir ağında bulunan proses elemanlarının tamamının aynı toplama fonksiyonuna sahip olması gerekmez. Çizelge 2.4’te görüldüğü gibi tasarımcının öngörüsüne bağlı olarak değişiklik gösterebilir.

Aktivasyon fonksiyonu: Bu fonksiyonda proses elemanına gelen girdiler işlenerek karşılığı olan çıktı belirlenir. Toplama fonksiyonunda olduğu gibi değişik formüller proses elamanında kullanılabilir.

Genellikle aktivasyon fonksiyonunda sigmoid formülü kullanılır. Formül Eş. 2.9'da gösterilmiştir.

$$F(NE T) = \frac{1}{1+e^{-net}} \quad (2.9)$$

Yapılan literatür taramalarında aktivasyon fonksiyonları olarak 5 farklı formülasyonun kullanıldığı görülmüştür (Çizelge 2.5).

Çizelge 2.5. Aktivasyon fonksiyonu olarak kullanılan formüller (Öztemel, 1999)

Aktivasyon fonksiyonu	Açıklama
<i>Lineer fonksiyon</i> $F(NE T) = NE T$	Gelen girdiler olduğu gibi hücrenin çıktısı olarak kabul edilir
<i>Step fonksiyonu</i> $F(NE T) = \begin{cases} 1 & NE T > esik_deger \\ 0 & NE T \leq esik_deger \end{cases}$	Gelen NET girdi değerinin belirlenen bir eşik değerinin altında veya üstünde olmasına göre hücrenin çıktısı 1 veya 0 değerini alır.
<i>Sinüs fonksiyonu</i> $F(NE T) = \sin(NE T)$	Öğrenilmesi düşünülen olayların sinüs fonksiyonuna uygun dağılım gösterdiği durumlarda kullanılır.
<i>Eşik değer fonksiyonu</i> $F(NE T) = \begin{cases} 0 & NE T \leq 0 \\ NE T & 0 < NE T < 1 \\ 1 & NE T \geq 1 \end{cases}$	Gelen bilgilerin 0 veya 1 den büyük veya küçük olmasına göre değerler alır. 0 ve 1 arasında değerler olabilir. Bunların dışında değerler alamaz.
<i>Hiperbolik tanjant fonksiyonu</i> $F(NE T) = (e^{NE T} + e^{-NE T}) / (e^{NE T} - e^{-NE T})$	Gelen NET girdi değerinin tanjant fonksiyonundan geçirilmesiyle hesaplanır.

Hücre çıktısı: Aktivasyon fonksiyonu tarafından belirlenen çıktı değeridir. Üretilen çıktı dünyaya veya başka bir proses elamanına veri olarak gönderilmektedir. Gönderilen proses elemanı çıktıyı kendisine girdi olarak işleyebilir.

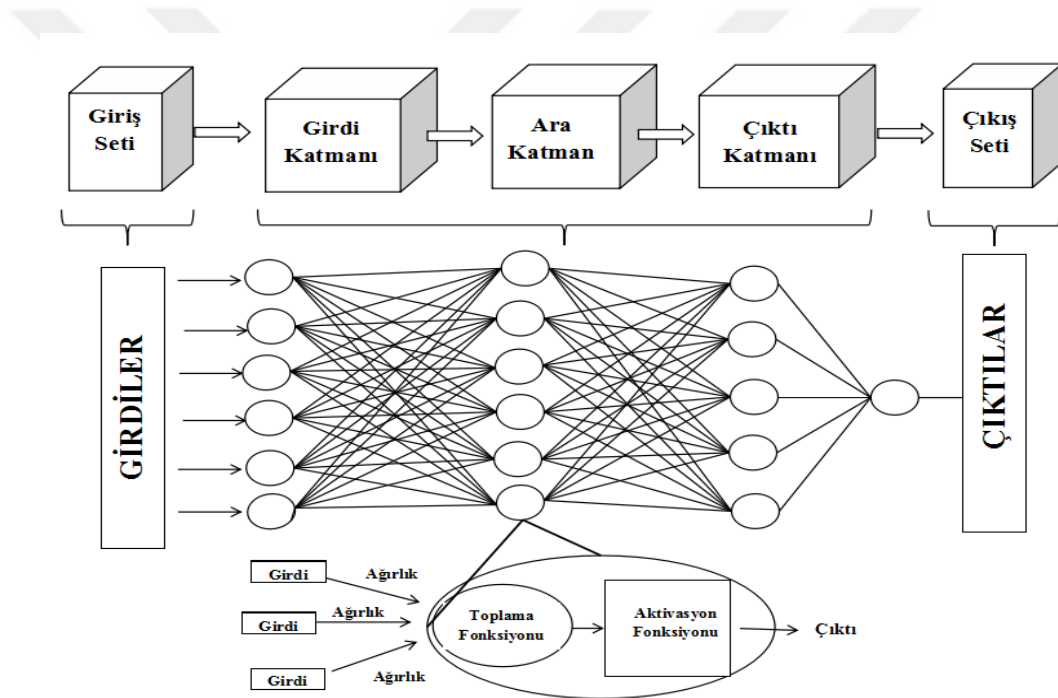
Yapay sinir ağının yapısı 3 katmandan oluşmaktadır;

Girdi katmanı: Girdi katmanında dış dünyadan gelen girdi bilgilerini alarak ara katmana iletilir.

Ara katman: Girdi katmanından gelen bilgiler işlenerek çıktı katmanına iletilir. Bu bilgilerin işlenmesi ara katmanda gerçekleştirilir. Birden fazla ara katman olan ağlar olabilir.

Çıktı katmanı: Bu katmandaki proses elemanları ara katmandan gelen bilgileri işleyerek ağına girdi katmanında girdi seti için üretilmesi gereken çıktıyı üretirler. Üretilen çıktı, çıktı bilgisi olarak dış dünyaya iletilir.

Yapay sinir ağının yapısı ve genel şematik gösterimi Şekil 2.6'da gösterilmiştir.



Şekil 2.6. Yapay sinir ağının şematik gösterimi

Bu katmanlarda nöronların birbiri ile iletişimi sinapslar aracılığıyla yapılır ve her bir nöron belli ağırlık değerine sahiptir. Yapay sinir ağı tasarımında sinyaller nöronlardan geçer ve eş zamanlı olarak ağırlık ve transfer fonksiyonları modifiye edilir ve bu durum istenilen çıkış değeri elde edilene kadar tekrarlanır (Doğan, 2009). Bu işleme ağı eğitilmesi adı verilir. Yapay sinir ağları nöronların birbirine bağlanma şekillerine göre ileri ve geri beslemeli ağ yapısına sahip olabilmektedir. Bu yapılardan daha yaygın olarak kullanılan ileri beslemeli ağ yapısıdır. Diğer taraftan yapay sinir ağları

öğrenme algoritmalarına göre de sınıflandırılabilir. Bunlar; danışmanlı, danışmansız ve takviyeli öğrenme olarak bilinmektedir. Yapay sinir ağlarının eğitilmesinde kullanılan verilerin tümüne eğitim seti adı verilir. Ağın eğitilmesinde bu veriler %70-%30 ya da %60-%40 gibi oranlarda eğitim ve test verisi olarak bölünür. Yapay sinir ağı tasarımında diğer önemli bir nokta aktivasyon fonksiyonunun seçimidir. Çünkü ağ yapısında girdi ve çıktı değişkenleri arasındaki ilişkiyi aktivasyon fonksiyonları tanımlar. Yapay sinir ağlarında en çok doğrusal, logaritmik ve hiperbolik tanjant sigmoid fonksiyonları kullanılmaktadır (Bouabaz, 2008; Karadurmus, 2012).

2.10.1. Aşırı Öğrenme Makinası

Yapay zeka teknikleri arasında yer alan aşırı öğrenme makinasının (ELM) son yıllarda çevresel konulara sıklıkla uyarlanması söz konusudur. Aşırı öğrenme makinası son yıllarda geliştirilen bir algoritmadır (Huang et al. 2006). Yapay sinir ağlarında kullanılan konvansiyonel ileri beslemeli ağ yapısı eğitim için dereceli alçalma (gradient descent) yöntemini kullandığından dolayı, yerel minimum sorunuyla karşılaşılır. Ayrıca yapay sinir ağlarında ağı ait olan bütün parametreleri itearatif olarak belirlenir ve bu durum öğrenme hızını yavaşlatır. Bu problemin üstesinden gelebilmek için aşırı öğrenme makinasında saklı katman nöron ağırlıkları ve bias değerleri rastgele belirlenir ve çıktı değeri Moore-Penrose matris inversiyonu ile hesaplanır. Aşırı öğrenme makinasına ait bu özellikten dolayı algoritma daha az kullanıcı müdahalesi ile çalışabilir ve genelleme kabiliyeti yüksektir. Aşırı öğrenme makinasında karşılaşılan en önemli sorunlardan birisi yüksek boyutlu veri kümelerinde daha fazla sayıda saklı katman nöron sayısı gerektirmesidir.

Aşırı öğrenme makinasına ait algoritmada girdi olarak eğitim seti, aktivasyon fonksiyonu ve saklı katman nöron sayısı programa verilmektedir. Çıktı olarak ise saklı katman ile çıkış katmanı arasındaki ağırlık değeri hesaplanmaktadır. Öncelikle saklı katman parametreleri rastgele belirlenir. İkinci adımda saklı katman çıkış matrisi hesaplanır ve en son olarak da çıkış katmanı ağırlık değeri bulunur.

Aşırı öğrenme makinasında N tane girdi değişken $(x_i, t_i) | x_i \in \mathbb{R}^n, t_i \in \mathbb{R}^m, i=1, 2, \dots, N$ olduğu durumu ele alınırsa, buna göre L tane saklı katmanı olan ağ yapısının çıkış fonksiyonu aşağıdaki eşitlik ile tanımlanır.

$$f_L(x) = \sum_{i=1}^L \beta_i h_i(x) = h(x)\beta \quad (2.10)$$

Yukardaki eşitlikte $\beta = [\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_L]$ değeri saklı katman ile çıkış katmanı arasındaki ağırlık değeri olarak tanımlanır. $h = [h_1, h_2, \dots, h_L]$ ise saklı katman çıkış vektörüdür. Bu kapsamda hem eğitim hatasını azaltmak hem de genelleme performansını arttırmak için çıkış ağırlık değeri minimize edilmelidir.

Çıkış ağırlık değerini elde etmek için en küçük kareler yöntemi ile çözüm yapıldığında aşağıdaki eşitlik elde edilir.

$$\beta = H^T \left(\frac{1}{C} + HH^T \right)^{-1} T \quad (2.11)$$

Yukarıdaki eşitlikte H saklı katman çıkış matrisini, C düzenleme parametresini, T ise örneklere ait beklenen çıkış matrisini vermektedir.

Bütün bu hesaplamalara göre ağın çıktı fonksiyonu aşağıdaki denklem ile ifade edilebilir.

$$f(x) = h(x)H^T \left(\frac{1}{C} + HH^T \right) \quad (2.12)$$

Aşırı öğrenme makinası algoritmasında çeşitli aktivasyon fonksiyonları kullanılabilir. Bu fonksiyonların başlıcaları sinüsoidal, sigmoid, radyal temelli, hiperbolik tanjant, gauss fonksiyon olarak tanımlanmaktadır (Huang et al. 2006).

2.10.1.1. Kernel temelli aşırı öğrenme makinası

Kernel temelli aşırı öğrenme makinasında (KELM) aktivasyon fonksiyonu olarak kernel fonksiyonları kullanılmaktadır. Bu algorithmada saklı katmanın bilinmesine gerek yoktur ve kullanılan kernel fonksiyonu aşağıda verilen Mercer koşullarını sağlamalıdır.

$$M=HH^T \quad m_{ij}h(x_i)h(x_j)=k(x_i,x_j) \quad (2.13)$$

Buna göre çıkış fonksiyonu aşağıdaki eşitlik ile verilir:

$$f(x)=[k(x,x_1), \dots, k(x,x_N)] \left(\frac{1}{C} + M \right)^{-1} T \quad (2.14)$$

Burada $k(x,y)$ kernel fonksiyonudur.

Literatürde farklı türlerde Kernel fonksiyonları yer almaktadır. Bunlar gauss kernel (gaussian kernel), doğrusal kernel (linear kernel) hiperbolik tanjant kernel (hyperbolic tangent kernel), polinom kernel (polynomial kernel) ve radyal temelli kernel (radial basis function) fonksiyonlarıdır (Huang et al. 2006).

2.11. Kaynak Araştırması

Konuyla ilgili yapılan çalışmalar oldukça sınırlı olmakla birlikte yapılan bazı çalışmalar aşağıdaki gibidir.

Uygun, Şen (1978), çalışmasında Tuz gölünde bir yılı aşkın sürede yapılan hidro kimyasal incelemeler, su kimyasındaki mevsimsel değişimleri ortaya koymuştur. Gölün sığ ve derin bölgelerinden numuneler alınarak potasyum [K⁺], magnezyum, brom [Br⁻], bor [B], kalsiyum, lityum gibi çeşitli katyon ve anyonların mevsimsel değerleri ile minarel çöktürmesine etkileri tartışılmıştır.

Ergin (1988), Bu çalışmada genel olarak tuz hakkında önem arz eden üretim, üretim teknolojisi ve teknolojinin gelişimi, tuzun kullanım alanları ve sağlığımız için önemi anlatılmıştır. Ayrıca günlük hayatta çok kullanılan rafine tuz, iyotlu tuz ve florürlü tuz kavramları anlatılmıştır.

Uyanık, Kılıç (2001), çalışmasında tuz gölünü besleyen Peçenek Deresi, İnsuyu Deresi, Ulu Irmak, Cihanbeyli Gölet'i, DSİ Konya drenaj kanalı ve göl çevresindeki yerleşim birimlerinin tuz gölünde meydana getirdiği olumsuz etkileri araştırılmıştır.

Avcı (2003), tuzun tarihçesinden, geçmişten günümüze öneminden ve Dünya'daki tuz ekonomisi detaylı şekilde incelenmiştir. Çalışmada tuzu elde etmek için doğa ile insanların mücadelesinden, tuz için birbirleriyle yapılan savaşları, antlaşmaları, tuzun ortak geleceği için yapılan çalışmalar, dünya ekonomisindeki tuzun yeri ve önemi ortaya koyan konulara yer verilmiştir.

Gözlev (2006), Tuz gölü tuzlarından, tuzlu su, tuz ve tuz tabakası altındaki killerden numuneler alınmış, alınan numunelerin AAS (atomik absorpsiyon Spektrometre) cihazında analizleri yapılmıştır. Analizlerde ağır metal derişimleri tespit edilmiş ve değerlendirilmiştir.

Korkmaz (2006), Konya iline yapılan Konya kentinin atık sularını taşıyan Konya Ana Tahliye Kanalının tuz gölüne taşıdığı kirlilik yükünü belirlemek için çalışmalar yapmıştır. Kanalın çeşitli noktalarından alınan su numunelerinin fiziksel ve kimyasal analizleri yapılmıştır. İçerisindeki ağır metaller belirlenerek ve kanalın debisi göz önünde bulundurularak tuz gölüne atık suyun taşıdığı kirliliğin yükü belirlenmiştir.

Tosun ve ark 2012 yılında yaptığı çalışmada tuz gölünde Cihanbeyli ilçesinde bulunan modern yöntemlerle tuz üretimi yapan Yavsan tuzlasından alınan ham tuz numuneleri yıkama işlemine tabi tutulmuş, yıkama sonrasında oluşan atık suyun safsızlıklarından arındırılarak geri döngü yapılması ile ilgili çalışmalar yapılmıştır. Tuz yıkama işleminden sonra içerisinde barındırdığı kalsiyum ve magnezyum iyonlarını suya aktarır. İçerisinde safsızlıklar bulunan suya soda eklenerek dinlendirme işleminden sonra kalsiyum ve magnezyum iyonları çöktürülerek sertliği düşürülmüş su sisteme tekrar beslenir. Sonuçların olumlu çıktığı görülmüştür.

Tan (2013), çalışmasında tuz kaynaklarından elde edilen tuzların içerisinde bulundurduğu safsızlıkların analitik ayırma işlemleri kullanılarak giderilmesi ve çökelek şeklinde oluşan Magnezyum Hidroksitin geri kazanımı amaçlanmıştır. Magnezyum Hidroksitin geri kazanımında pH kontrolü için sodium hidroksit [NaOH] ve magnezyum klorür eklenerek geri kazanım ayarlamalı PID kontrol ile sağlanması amaçlanmıştır.

Ankara ili Şereflikoçhisar ilçesi batısında yer alan Tuz Gölü'nün ağır metal kirliliği konusunda çalışmalar yapılmıştır. (Koyuncu 2014), İnceleme alanında bulunan çamur tabakası, tuz tabakası ve bunların alt kısmında bulunan jips, anhidrit, huntit manyezit karışımı tabakalardan alınan örneklerin kimyasal analizleri yapılmış içerisinde bulunan ağır metal miktarı ppm, ppb ve yüzde olarak ortaya koyulmuştur.

Uysal (2010), tarafından yapılan çalışmada yıl içerisinde göl suyunun mevsimsel değişimlerini ve su kalitesini etkileyen kondüktivite, pH, sıcaklık, toplam sertlik, magnezyum, sülfat, kalsiyum parametrelerinin maksimum ve minimum değerleri ölçülmüştür.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Yapılan bütün deneysel çalışmalar Koyuncu Kaldırım Tuz İşletmesi Ar-Ge laboratuvarında yapılmıştır. Deneysel çalışmalarda Tuz Gölü suyunu, buharlaşma sonucunda oluşan tuzların içerisinde bulundukları safsızlıkları ve bu safsızlıkları etkileyen faktörleri ölçmek amaçlanmıştır. Tuzların safsızlıklarının belirlenmesinde kalsiyum ve magnezyum kantitatif analizi, sülfat gravimetrik analizi, sodyum klorür analizi, alev fotometresi kullanılarak potasyum analizi ve tuz içerisinde eser miktarda bulunan ağır metaller spektrofotometre kullanılarak analiz edilmiştir. Tuzlu su numunelerinde; toplam katı madde analizi, bome tayini, pH ölçümü gibi analizler ekipmanlar yardımıyla yapılmıştır.

Tuz oluşumunda bulunan safsızlıklar kireç soda ve kostik soda yöntemleri kullanılarak saflığı yüksek ham tuz elde edilmeye çalışılmıştır. Elde edilen analiz sonuçları bilgisayarlı sistemler kullanılarak yapay sinir ağı ve Aşırı öğrenme makinası kullanılarak algoritmalar oluşturulmuştur. Yapılan deneyler ve deneysel yöntemler aşağıdaki gibi açıklanmıştır.

3.1. Kalsiyum ve Magnezyum Değerleri İçin Kantitatif Analiz:

Toplam sertlik ve Kalsiyum-Magnezyum tayini Nisan 1998 tarihinde kabul edilen TSE 4474-ISO 6059 nolu Sanayide Kullanılan Sodyum Klorür-EDTA Kompleksometrik Metodu İle Kalsiyum ve Magnezyum Miktarı Tayini standarda ve ASTM E 534 nolu sodyum klorür kimyasal analizi için standart test yöntemlerine göre yapılmıştır.

Kullanılan kimyasallar

EDTA (Merck, Germany),

Potasyum Siyanür (Merck, Germany),

Potasyum Hidroksit (Merck, Germany),

Kalsiyum karbonat (Merck, Germany),

Hidroklorik asit (Merck, Germany),
 Eriochrome black T (Tekkim, Türkiye)
 Amonyum klorür (Merck, Germany),
 Amonyak (Merck, Germany),
 Magnezyum sülfat (Merck, Germany),

3.1.1. EDTA standart çözeltisinin hazırlanması

EDTA çözeltisi, TSE 4474-ISO 6059 nolu standarda ve ASTM E 534 nolu standarda göre aşağıda belirtildiği gibi hazırlanmıştır.

4 g EDTA (Etilen diamin tetra asetik asit disodyum tuzu $C_{10}H_{14}N_2Na_2O_8 \cdot 2H_2O$) 0,001 hassasiyetle tartılır. Destile suyla 1000 ml'ye tamamlanır ve çözülür. 105°C kurutulmuş kalsiyum karbonat'tan 0,05 g (w_1) tartılır, 250 ml'lik erlene alınır. 2 ml derişik hidroklorik asit [HCl] ilave edilerek kalsiyum karbonat çözülür, 100 ml destile su ilave edilir. Üzerine 5 ml tampon, 1 ml potasyum siyanür [KCN] çözeltisi eklenir. Damlalık ile rengi dönene kadar Eriochrome black T çözeltisi ilave edilir. EDTA standart çözeltisiyle mavi renge kadar titre edilir. Sarfiyat (s_1) ml not edilir.

$$f_1 = \frac{w_1 \times 40}{1000 \times s_1} \times 1000 \quad (3.1)$$

f_1 : EDTA çözeltisinin faktörü.

w_1 : Kalsiyum karbonat miktarı, [g]

s_1 : EDTA çözeltisinin sarfiyatı, [ml]

Kalsiyumun moleköl ağırlığı 40 g/ mol alınmıştır.

3.1.2. Tampon çözeltisinin hazırlanması

TSE 4474-ISO 6059 Nolu standarda ve ASTM E 534 nolu standarda göre tampon çözelti aşağıda belirtildiği gibi hazırlanmıştır. 67,5 g Amonyum klorür [NH₄Cl] tartılır, 1000 ml'lik balon jöjeye alınır. Üzerine 570 ml %25'lik Amonyak [NH₃] eklenir, manyetik karıştırıcı yardımıyla çözülür. Üzerine 50 ml magnezyum sülfat (2,5 g/L) ve 50 ml EDTA standart çözeltisinden eklenir. Destile suyla 1000 ml'ye tamamlanır.

3.1.2.1. Toplam sertlik ve kalsiyum- magnezyum tayini

“m” gram tuz alınır 1000 ml'ye seyreltilir. Hazırlanan çözeltiden 50 ml numune alınır, destile suyla 200 ml'ye seyreltilir. 5 ml tampon çözeltisi, 1 ml potasyum siyanür [KCN] çözeltisi ve Eriochrome Black T indikatörü damlalık yardımıyla rengi değişene kadar damla damla eklenir. EDTA standart çözeltisiyle mavi renk oluşana kadar titre edilir. Sarfiyat (s₁) ml olarak kaydedilir. Başka bir erlene hazırlanan çözeltisinden 50 ml numune alınır destile suyla 200 ml'ye seyreltilir. 2 ml potasyum hidroksit [KOH], 1 ml potasyum siyanür [KCN] çözeltisi ve müreksit indikatörü damlalık yardımıyla damla damla rengi değişene kadar eklenir. EDTA ile mor renge kadar titre edilir. Sarfiyat (s₂) ml olarak kaydedilir.

$$\%Ca = \frac{s_2 \times f_1}{1000} \times \frac{A_1}{V_1} \times \frac{100}{m_1} \quad (3.2)$$

$$\%Mg = \frac{(s_3 - s_2) \times f_1 \times 0,6064}{1000} \times \frac{A_1}{V_1} \times \frac{100}{m_1} \quad (3.3)$$

s₂: Ca tayinindeki EDTA sarfiyatı, [ml]

s₃: Toplam Ca ve Mg tayinindeki EDTA sarfiyatı, [ml]

A₁: Hazırlanan çözelti hacmi, [ml]

V₁: Numune çözeltiden kullanılan hacim, [ml]

m₁: Alınan tuz numunesi tartımı, [g]

3.2. pH Ölçümü

pH ölçümleri Nisan 2013 tarihinde kabul edilen TS EN ISO 10523 nolu Su Kalitesi ve pH Tayini standartlarına göre yapılmıştır. pH ölçümleri WTW 3210 set 2 cihazıyla yapılmıştır.

3.3. Toplam Katı Madde Tayini

Çözünür toplam katı madde tayini TS 4890 nolu Meyve ve sebze mamulleri- Çözünür katı madde miktarı tayini- Refraktometrik metot standartlarına göre yapılmıştır. TKM ölçümleri SPER SCIENTIFIC markalı refraktometre cihazı ile yapılmıştır.

3.4. Sülfat için Gravimetrik Yöntemle Analizi

Sülfat tayini Nisan 1973 tarihine kabul edilen TS 933 – TS 1347 nolu Sanayide Kullanılan Sodyum Klorür- Baryum Sülfat Gravimetrik Metodu İle Sülfat Miktarı Tayini standardına göre yapılmıştır. Tuz numunesi içerisinde bulunan sülfat, Baryum klorür [$BaCl_2$] ile muamele edilerek Baryum sülfat [$BaSO_4$] şeklinde çöktürülür. Molekül ağırlıklarından faydalanılarak sülfat miktarı hesaplanır.

Kullanılan kimyasallar

Baryum klorür (Merck, Germany),

Hidroklorik asit (Merck, Germany),

3.4.1. Deneyin Yapılışı

Tuzlu su numunesi süzgeç kâğıdıyla süzülerek içerisinde barındırdığı katı çözünmeyen partiküller uzaklaştırılır. Süzülen numuneden 250 ml numune 400 ml 'lik behere alınır. 100 ml destile su ilave edilir. HCl çözeltisinden 1 damla ilave edilerek hafifçe asitlendirildikten sonra kaynayınca kadar ısıtılır. Kaynama görüldüğünde devamlı karıştırılarak üzerine 15 ml Baryum klorür çözeltisi damla

damla eklenir. 5 dakika boyunca kaynama işlemine devam edilir. Saat camıyla üzeri kapatılır. Su banyosunda 2 saat soğutulur. Soğuyan çözelti nuçe erleni kullanılarak Whatman süzgeç kâğıdı kullanılarak süzülür. Çökelek destile suyla 5 defa yıkanır. 105 °C’da kurutulur. Porselen krozeyeye alınarak kül fırınında 814 °C’de 30 dakika yakılır. Desikatörde soğutulularak tartılır, tartım not edilir.

$$\%SO_4^{-2} = \frac{A_2 \times m_3}{m_2} \times \frac{96}{233,33} \times \frac{100}{10} \quad (3.4)$$

A_2 : Çözelti seyreltme hacmi, [ml]

m_2 : 814 °C ‘da yakıldıktan sonra kalan Baryum Sülfat miktarı, [g]

m_3 : Katı numunelerde çözeltiye eklenen tuz miktarı, [g]

Baryum Sülfat molekül ağırlığı 233,33 g/mol, sülfat molekül ağırlığı 96 g/mol alınmıştır.

3.5. Sodyum Klorür Tayini

Sodyum klorür tayini Mart 1989 tarihinde kabul edilen TS 933 - TS 6675 nolu Sodyum Karboksimetil Selüloz- Sodyum Klorür Tayini standardına göre yapılmıştır. Kimya sektöründe kullanılan tuzun içerdiği klor miktarını bularak sodyum klorür miktarı hesaplanmaktadır.

Kullanılan kimyasallar

Hidrojen peroksit (Tekkim, Turkey),

Fenolftalein indikatörü (Merck, Germany),

Potasyum kromat (Merck, Germany),

Gümüş nitrat (Merck, Germany),

Nitrik asit (Merck, Germany),

Sodyum hidroksit(Merck, Germany),

3.5.1. Deneyin yapılışı

Tuzlu su numunesi süzgeç kâğıdıyla süzülerek içerisinde barındırdığı katı çözünmeyen partiküller uzaklaştırılır. Süzülen çözeltilerden 10 ml alınır. 100 ml destile suyla seyreltilir. Fenolftalein indikatörü damlatılır. Çözelti asit ise 0,1 N kostik ile, baz ise 0,1 N nitrik asit [HNO₃] kullanılarak nötrleştirilir. 1 ml potasyum kromat çözeltisi ilave edilir. 0,1 N gümüş nitrat [AgNO₃] çözeltisiyle titrasyon yapılır. Tuğla kırmızısı renk oluşana kadar titrasyona devam edilir. Sarfiyat not edilir.

$$\%NaCl = \frac{58,8 \times N \times f_2 \times s_4}{1000} \times \frac{A_3}{V_2} \times \frac{100}{m_4} \quad (3.5)$$

N: AgNO₃ çözeltisi normalitesi,

f₂: AgNO₃ çözeltisi faktörü,

s₄: AgNO₃ çözeltisi sarfiyatı, [ml]

V₂: A çözeltisinden alınarak analizlerde kullanılan miktar, [ml]

m₄: İlk tuz ağırlığı, [g]

A₃: Tartılan tuz ile hazırlanan ilk çözelti hacmi, [ml]

Sodyum klorür molekül ağırlığı 58,5 g/mol dür.

3.6. Alev Fotometresi

Alev fotometresi sodyum, potasyum ve lityum gibi elementlerin bunzen beki aleviyle atomlarına parçalanarak oluşturduğu alevde renk değişiminden faydalanılarak elementer analiz yapma yöntemidir. Bu yöntem eski çağlardan beri kullanılmaktadır. Alevde oluşan renk değişimi iyon derişimiyle doğru orantılıdır, derişim arttıkça renk değişiminde de artış görülmektedir. Analizler yapılırken numunenin alev üzerine besleme hızı, çözeltinin homojen bir karışım halinde olması ve gaz ayarının sabit hızda olması gerekmektedir. Yüksek sıcaklıkta bek alevi

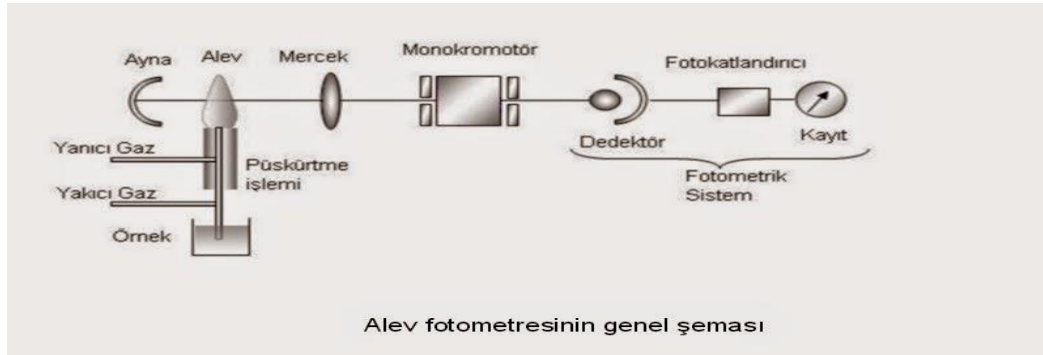
üzerine numune gönderilir, çözelti buharlaşır ve elementler atomlarına ayrılır. Alev fotometresinde hava gazı propan, bütan gibi yanıcı gazlar kullanılır. Kullanılan yakıtlar elementin uyarılma sıcaklığına göre seçilmektedir. Deneylerin yapılmasında JENWAY PFP7 model alev fotometresi kullanılmıştır.

3.6.1. Alev Fotometresi çalışma prensibi



Şekil 3.1. Alev fotometresi cihazı

Cihazın hava girişinden yüksek basınç altında hava veya oksijen gaz ayarına bağlı olarak belli oranlarda cihaza beslenir. Ayar vanalarından mavi alev oluşana kadar hava ve gaz ayarı yapılır. Analiz yapılacak numuneler numune kabına alınır. Numune nebuliser yardımıyla küçük damlalar şeklinde bek alevine gönderilir. 1200 °C üzerinde bulunan bek alevine gönderilen numune buharlaşır ve içinde bulunan elementler atomlarına ayrılır. Yüksek sıcaklığa gelerek uyarılmış atomlar ışın yayar. Işımlar cihazda bulunan mercek yardımıyla diyaframa ardından filtrelere gelir. Filtreden geçen ışınlar detektöre gelir ve detektörde oluşan akımın galvanometre yardımıyla okunması sağlanır. Şekil 3.2’de alev fotometresinin çalışma prensibi görülmektedir.



Şekil 3.2. Alev fotometresi çalışma prensibi

Analiz yapılırken analiz edilen elementin standart çözeltisinden farklı derişimlerde çözelti hazırlanır. Hazırlanan çözeltilerle cihazda okuma yapılır ve kalibrasyon eğrisi elde edilir. Numune kalibrasyon eğrisi kullanılarak numunenin analiz sonucu elde edilir (Gündüz, 1999).

3.7. Kostik-Soda Yöntemiyle Tuzlu Su Çözeltisinin Saflaştırılması

Tuz gölünden alınan tuzlu su çözeltisi içerisinde bulunan safsızlıklar uzaklaştırılarak düşük sertlikte ham tuz elde etmek için çalışmalar yapılmıştır. Sertliği düşürmek amacıyla çözeltilere NaOH eklenmiştir. 2,5 gram NaOH 100 ml suda çözülerek çözeltisi hazırlanmıştır.

Deney yapılırken 5 farklı erlene 100 ml tuzlu su numunesinden alınmıştır.

Birinci erlende bulunan tuzlu su numunesi işlem görmeden analizler yapılacak ve buharlaştırılarak ham tuz elde edilecektir. pH değeri 7,74 olarak ölçülmüş ve 100 ml numune alınarak tuzlu su için analizler yapılmıştır. Daha sonra 30 °C’ de buharlaştırılmıştır. Oluşan ham tuz numunesine analizler yapılmıştır.

İkinci erlende bulunan tuzlu su numunesine pH 9,5 olana kadar NaOH eklenmiştir. 30 dakika 300 rpm karıştırılarak çöktürme yapılmıştır. Oluşan çökelek süzümüştür. Süzüntüde kalan NaOH’ın fazlası pH değeri 7,5’e gelene kadar HCl eklenerek giderilmiştir. NaOH ile çözelti içerisinde bulunan magnezyumlu bileşikler

giderildikten sonra çözelti içerisinde bulunan kalsiyumlu bileşikler soda eklenerek giderilmiştir. Kullanılacak soda miktarı çözeltinin içerisinde bulunan kalsiyum miktarına bağlıdır. Kalsiyum miktarı kantitatif analizle belirlenir, mol denkliğinden soda miktarı hesaplanır. Çökelmenin hızlı ve topaklaşmanın verimli olması için %0,01'lik katyonik polieloktrolit çözeltisinden 1 damla eklenmiştir. Süzülme işlemi sonrasında kalan tuzlu su numunesine analizler yapılmıştır. Daha sonra 30 °C' de buharlaştırılmıştır. Oluşan ham tuz numunesine analizler yapılmıştır.

Üçüncü erlende bulunan tuzlu su numunesine pH 10,07 olana kadar NaOH eklenmiştir. 30 dakika 300 rpm karıştırılarak çöktürme yapılmıştır. Oluşan çökelek süzülmüştür. Süzüntüde kalan NaOH'ın fazlası pH değeri 7,5 e gelene kadar HCl eklenerek giderilmiştir. NaOH ile çözelti içerisinde bulunan magnezyumlu bileşikler giderildikten sonra çözelti içerisinde bulunan kalsiyumlu bileşikler soda eklenerek giderilmiştir. Soda miktarı mol denkliği kullanılarak hesaplanmıştır. Çökelmenin hızlı ve topaklaşmanın verimli olması için %0,01'lik katyonik polieloktrolit çözeltisinden 1 damla eklenmiştir. Süzülme işlemi sonrasında kalan tuzlu su numunesine analizler yapılmıştır. Daha sonra 30 °C'de buharlaştırılmıştır. Oluşan ham tuz numunesine analizler yapılmıştır.

Dördüncü erlende bulunan tuzlu su numunesine pH 11,5 olana kadar NaOH eklenmiştir. 30 dakika 300 rpm karıştırılarak çöktürme yapılmıştır. Oluşan çökelek süzülmüştür. Süzüntüde kalan NaOH'ın fazlası pH değeri 7,5 e gelene kadar HCl eklenerek giderilmiştir. NaOH ile çözelti içerisinde bulunan magnezyumlu bileşikler giderildikten sonra çözelti içerisinde bulunan kalsiyumlu bileşikler soda eklenerek giderilmiştir. Soda miktarı mol denkliği kullanılarak hesaplanmıştır. Çökelmenin hızlı ve topaklaşmanın verimli olması için %0,01'lik katyonik polieloktrolit çözeltisinden 1 damla eklenmiştir. Süzülme işlemi sonrasında kalan tuzlu su numunesine analizler yapılmıştır. Daha sonra 30°C' de buharlaştırılmıştır. Oluşan ham tuz numunesine analizler yapılmıştır.

Beşinci erlende bulunan tuzlu su numunesine pH 12,5 olana kadar NaOH eklenmiştir. 30 dakika 300 rpm’de karıştırılarak çöktürme yapılmıştır. Oluşan çökelek süzülmüştür. Süzüntüde kalan NaOH’ın fazlası pH değeri 7,5 e gelene kadar HCl eklenerek giderilmiştir. NaOH ile çözelti içerisinde bulunan magnezyumlu bileşikler giderildikten sonra çözelti içerisinde bulunan kalsiyumlu bileşikler soda eklenerek giderilmiştir. Soda miktarı mol denkliği kullanılarak hesaplanmıştır. Çökeltmenin hızlı ve topaklaşmanın verimli olması için %0,01’lik katyonik polieloktrolit çözeltisinden 1 damla eklenmiştir. Süzülme işlemi sonrasında kalan tuzlu su numunesine analizler yapılmıştır. Daha sonra 30 °C’de buharlaştırılmıştır. Oluşan ham tuz numunesine ait analizler yapılmıştır. Analiz sonuçları Çizelge 3.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Tuzlu su ve tuz numunesinin farklı pH değerlerinde analiz sonuçları

	pH	7,74	9,5	10,07	11,5	12,5
Tuzlu su Numuneleri Analiz Sonuçları	Kalsiyum (mg/kg)	736	683	511	289	71
	Magnezyum (mg/kg)	2470	2460	571	451	74
	Alman sertliği	677	667,7	204	145	27
Tuz Numuneleri Analiz Sonuçları	Kalsiyum (mg/kg)	2643	2602	2571	778	102
	Magnezyum (mg/kg)	1858	1833	1688	720	186
	Alman sertliği	80,2	79	75,2	27,6	5,8

3.8. Kireç-Soda Yöntemiyle Tuzlu Su Çözeltisinin Saflaştırılması

Endüstride kullanılan sertlik giderme yöntemlerinden yaygın olarak kullanılan ikinci yöntem kireç- soda yöntemidir. Kireç soda yöntemi, kostik soda yöntemine göre daha uzun sürede ve daha yüksek sıcaklıklarda gerçekleşmektedir. Sıcaklık ile zaman arasında ters orantı bulunmaktadır, sıcaklık arttıkça reaksiyon süresi azalmaktadır. Kireç soda yönteminin kostik soda yöntemine göre avantajı düşük maliyetli olmasıdır. Reaksiyon süresinin uzun olması nedeniyle birçok sanayide kireç soda yöntemi kademeli ve ısı verilerek uygulanmaktadır. Bu tez çalışmasında

analizler kostik soda yöntemi uygulanarak yapılacaktır, kireç soda yöntemi deneme amacıyla yapılmıştır. Laboratuvar ortamında tuzlu suyun saflaştırılmasında uygulanan kireç soda işlemi kademeli olarak uygulanmıştır. Gölden alınan tuzlu su çözeltisine pH 10,6'ya gelene kadar, sönmüş kireç çözeltisi damlalık yardımıyla damla damla eklenmiştir. 65 °C'de 20 dakika 100 rpm'de karıştırılarak çökelek oluşturulmuştur. Oluşan çökelek kireç sütü olarak adlandırılan magnezyum hidroksit'tir. Oluşan heterojen karışım içerisinde bulunan çökelek süzgeç kâğıdı ve vakum pompası yardımıyla uzaklaştırılır. pH 12,6'ya gelene kadar sönmüş kireç çözeltisi damlalık yardımıyla eklenmiştir. 80 °C'de 10 dakika 100 rpm'de karıştırılarak çökelek oluşturulmuştur. Kireç soda yönteminde çökme işlemi çok zor ve uzun sürede gerçekleşmektedir. Çökmenin hızlı ve topaklaşmanın verimli olması için %0,01'lik katyonik polieloktrolit çözeltisinden 1 damla eklenmiştir. Tekrar oluşan heterojen karışım içerisindeki çökelek süzgeç kâğıdı ve vakum pompası yardımıyla uzaklaştırılır. Kireçleme işlemi uygulanırken kirecin yapısında bulunan kalsiyum iyonlarının reaksiyon sonucu serbest kalmasından kaynaklı kalsiyum miktarında yoğun artış olmaktadır. Yoğun kireç uygulanmış tuzlu su çözeltisine kalsiyumu gidermek için uygulanacak diğer bir işlem soda eklemektir. Kullanılacak soda miktarı çözeltinin içerisinde bulunan kalsiyum miktarına bağlıdır. Kalsiyum miktarı kantitatif analizle belirlenir, mol denkliğinden soda miktarı hesaplanır. Soda çözeltisi hazırlanır, 90 °C'de damla damla soda çözeltisinin 1/2'si eklenmiş ve pH 10,8'e getirmiştir. 10 dakika 100 rpm'de karıştırılarak çökelek oluşturulmuştur. 96°C'de damla damla soda çözeltisinin kalan 1/2'si eklenmiştir. Çökme süzülüp kalan saflıklarından arındırılmış tuzlu su çözeltisine kalsiyum, magnezyum ve sertlik analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçları Çizelge 3.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.2. Saflaştırma işlemi analiz sonuçları

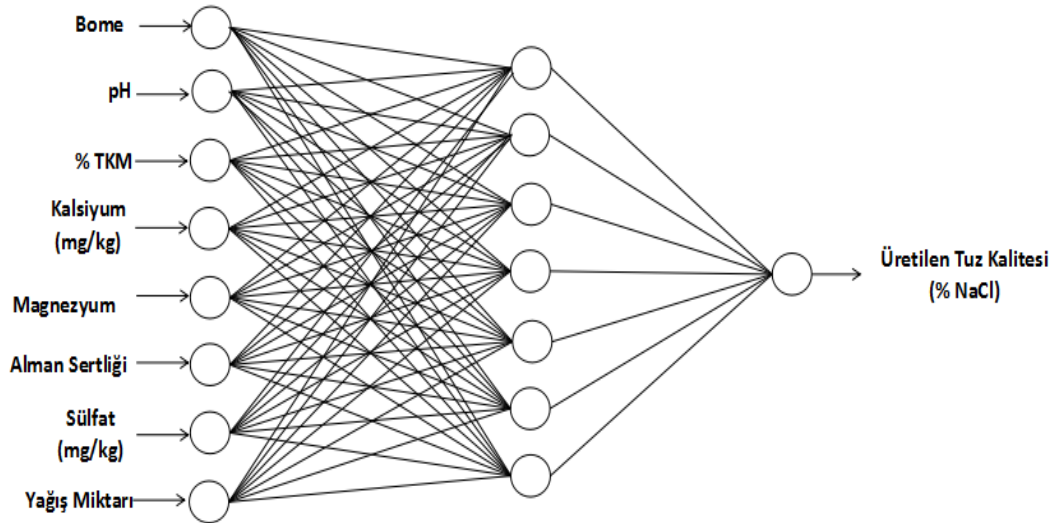
Numuneler	Kirli tuzlu su	Saf tuzlu su	Saf tuz
Kalsiyum (mg/kg)	777,89	172,5	63
Magnezyum (mg/kg)	2346,15	104,6	25
Alman Sertliği	654,37	48,5	6,1

Kireç-Soda yöntemiyle Kostik-Soda yöntemi arasında bulunan farklar incelenmiştir. Kireç-soda yönteminde saflaştırma reaksiyonları daha yavaş gerçekleşmektedir, saflaştırma işleminde kireçten gelen kalsiyum iyonlarından dolayı soda sarfiyatında artış görülmektedir, ortamın pH seviyesi artışının yavaş gerçekleşmesinden kaynaklı saflaştırma verimi daha düşüktür. Bu sebeplerden kaynaklı çalışmalar kostik soda yöntemi kullanılarak yapılmıştır.

Kireç-Soda yöntemi ile kostik soda yönteminin kıyaslamasının yapılabilmesi için pH 12,6'ya gelene kadar deneme amacıyla çalışmalar yapılmıştır.

3.9. Yapay Sinir Ağı ve Aşırı Öğrenme Makinası Modelleme Çalışması

Yıllara göre alınan tuzlu su numunelerinin ve buharlaşma sonucunda elde edilen ham tuz analizlerinin sonuçları MATLAB 2018 ortamında Yapay Sinir Ağı ile modellenmiştir. Geliştirilen modeller üzerinden test yapılmıştır. Yapı olarak ileri beslemeli ağ yapısı kullanılmıştır. Ağ eğitimi için geri yayılım algoritması seçilmiştir. Şekil 3.3'te YSA örnek yapısı verilmiştir.



Şekil 3.3. Seçilen yapay sinir ağının örnek yapısı.

Öğrenme algoritması olarak ‘‘Bayesian Regularization’’ yöntemi kullanılmıştır. Üç farklı yapay sinir ağı öngörüsü denenmiştir.

1. Tuzlu su çözeltisinin analiz sonuçlarından Alman sertliği, bome, pH, toplam katı madde ve sülfat parametreleri giriş değişkenleri olarak seçilmiştir. Kalsiyum öngörüsü için modelleme; Girdi katmanı 5, saklı katman 20, çıktı katmanı 1 nörondan oluşturulmuştur.

2. Tuzlu su çözeltisinin analiz sonuçlarından kalsiyum, bome, pH, toplam katı madde ve sülfat parametreleri giriş değişkenleri olarak seçilmiş ve Alman Sertliği öngörüsü için modelleme; Girdi katmanı 5, saklı katman 20, çıktı katmanı 1 nörondan oluşturulmuştur.

3. Tuzlu su çözeltisinin analiz sonuçlarından bome, toplam katı madde, kalsiyum, magnezyum ve sülfat parametreleri giriş değişkenleri olarak seçilmiştir ve tuzun Alman Sertliği öngörüsü için modelleme; Girdi katmanı 5, saklı katman 1, çıktı katmanı 1 nörondan oluşturulmuştur.

Aktivasyon fonksiyonu olarak tanjant sigmoid kullanılmıştır. Girdi olarak farklı yıllarda belirli periyotlarda her yıl alınan 19 numune ve bu numunelerin buharlaşması sonucu oluşan ham tuz numunesinin analizleri kullanılmıştır. Girdi setinin yapay sinir ağında işlenmesi sonucu olası kalsiyum miktarı, olası Alman sertliği ve üretilen tuzun Alman sertliği öngörüsü yapılmıştır.

Toplam 58 adet veri kullanılmıştır, bu verilerden 40 adeti ağın eğitilmesinde, kalan 18 adet veri de geliştirilen ağın test edilmesinde kullanılmıştır. Yani %70 eğitim ve %30 test olacak şekilde gelişigüzel bölünmüştür ve hiperbolik tanjant sigmoid transfer fonksiyonu seçilmiştir. Eş. 3.6'da tanjant sigmoid transfer fonksiyonu gösterilmiştir.

$$(tansig): f(m) = \frac{2}{1+e^{-2m}} \quad (3.6)$$

Yapay sinir ağının yanı sıra aşırı öğrenme makinası ve kernel temelli aşırı öğrenme makinası kullanılarak öngörü modelleri geliştirilmiştir. Modeller havuz suyuna ait

safsızlıklar olan havuz suyundan oluşan ham tuzun Alman sertliği öngörüsünde kullanılmıştır. Girdi olarak yapay sinir ağlarında kullanılan veri setleri kullanılmıştır.

Tuzlu su çözeltilisinin analiz sonuçlarından bome, toplam katı madde, kalsiyum, magnezyum giriş değişkenleri olarak seçilmiş ve tuzun Alman Sertliği öngörüsünde modelleme; 5 adet girdi katmanı, 1 adet saklı katman, 1 adet çıktı katmanı şeklinde nöronlardan oluşturulmuştur. Yapay sinir ağında olduğu gibi %70 eğitim ve %30 test olacak şekilde gelişigüzel bölünmüştür.



4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Bu tez çalışmasında iki adet amaç vardır. Bunlardan birinde Tuz Gölü suyunun içerisinde bulunan safsızlıkların giderilerek düşük sertlikte ham tuz eldesi amaçlanmıştır. Tuzlu su numunelerinin içerisinde bulunan safsızlıkların büyük bir çoğunluğunu kalsiyum ve magnezyum bileşenleri oluşturmaktadır. Kalsiyum ve magnezyum iyonlarının giderilmesinde kullanılan en yaygın iki yöntem Kireç-Soda ve Kostik-Soda ile sertlik giderme yöntemleridir. Sülfatlı bileşiklerin bulunduğu çözeltilere sülfat giderme yöntemide uygulanarak sertliği düşük saflığı yüksek ham tuz elde edilmiştir. Sonuç olarak saflaştırma işlemi uygulanmayan tuzlu su numunesinden elde edilen ham tuzun saflığı % 97-98 civarında iken, işlem uygulanan saflaştırılmış, tuzlu su çözeltisinden elde edilen ham tuzun saflığı %99,96 ya kadar yükseltilmiştir. Bu durum Çizelge 5.6 ve Çizelge 5.7'de gösterilmiştir. Safsızlıkları giderilmiş olan ham tuz numunesinin ve safsızlıkları giderilmemiş olan ham tuz numunesinin kristal yapıları Nikon marka ECLIPSE E100 model mikroskop ile görüntülenmiştir. Safsızlıklar belirgin şekilde görülmektedir (Şekil 5.1 ve Şekil 5.2).

Şekil 5.15 farklı pH'larda saflaştırma işleminden sonra kalsiyum değerleri, Şekil 5.16 farklı pH'larda saflaştırma işleminden sonra magnezyum değerleri ve Şekil 5.17'de farklı pH'larda saflaştırma işleminden sonra Alman sertliği değerleri grafiklerle gösterilmiştir.

Bu tez çalışmasının bir diğer amacı da Tuz Gölünden farklı yıllarda ve belirli periyotlarda alınan tuzlu su numunelerinin ve buharlaşma sonucunda elde edilen ham tuz numuneleri analiz sonuçları (Çizelge 5.3-Çizelge 5.5 ve Şekil 5.9-Şekil 5.14) kullanılarak yapay sinir ağı ve aşırı öğrenme makinası ile öngörü modelleri geliştirilmiştir.

Yapay sinir ağı modellemesinde üç farklı yapay sinir ağı modeli önerilmiştir. Modeller havuz suyuna ait Alman sertliği öngörüsünde, kalsiyum derişimi öngörüsünde ve havuz suyundan oluşan ham tuzun Alman sertliği öngörüsünde

kullanılmıştır. Bu çalışmada veriler %70 eğitim, %30 test olarak ayrılmıştır. Modellere ait performans değerleri olarak korelasyon katsayısı ve ortalama mutlak hata yüzdesi değerleri hesaplanmıştır.

Tuzlu su çözeltilisinin analiz sonuçlarından tuzun Alman sertliği öngörüsü iyi sonuç vermemiştir. Bu sebeple veriler %70 eğitim, %15 validasyon, %15 test olarak ayrılarak tekrarlanmıştır. Öğrenme algoritması olarak trainlm, aktivasyon fonksiyonu olarak da tansig seçilmiş saklı katmandaki nöron sayısı da 10 olarak belirlenmiştir.

YSA öngörü sonuçları Çizelge 4.1 de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. Geliştirilen yapay sinir ağlarının sonuçları

Model	Test Sonuçları		Eğitim sonuçları	
	R	MAPE(%)	R	MAPE (%)
Havuz suyunda alman sertliği öngörüsü (%70 eğitim, %30 test)	0,9910	6,2657	0,9650	8,4156
Havuz suyunda kalsiyum öngörüsü (%70 eğitim, %30 test)	0,9614	8,3267	0,9763	6,1851
Havuz suyundan tuz Alman sertliği öngörüsü (%70 eğitim, %30 test)	0,6431	18,1567	0,3229	16,2158
Havuz suyundan tuz Alman sertliği öngörüsü (%70 eğitim, %15 valid, %15 test)	0,8702	9,3070	0,7699	9,6669

Eğitilen ve test edilen modeller ile yapay sinir ağlarında elde edilen sonuçlar Şekil 5.3 ile Şekil 5.8 arasında verilmiştir.

Çizelge 4.1 incelendiğinde elde edilen performans değerlerine göre havuz suyunda Alman sertliği ve kalsiyum öngörüsü sonuçlarında yapay sinir ağı modelleri

oldukça iyi bir performans sergilemiştir. Havuz suyundan oluşan tuzun Alman sertliği öngörüsü sonuçları düşük performansı sergilemiştir. Verilerin %15'i validasyonda kullanıldığında öngörü yüksek performans sergilemiştir.

Aşırı öğrenme makinası ve kernel öğrenme makinası kullanılarak tuzlu su çözeltilisinden buharlaşma sonucu oluşan tuzun Alman sertliği öngörüsü yapılmıştır. Aktivasyon fonksiyonu olarak da ELM'de sinüs, KELM'de Radial Basis Function fonksiyonları seçilmiştir. ELM ve KELM öngörülerinin sonuçları Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Geliştirilen ELM ve KELM sonuçları

Model	Test Sonuçları	
	R	%MAPE
Havuz suyunda alman sertliği öngörüsü (ELM)	0,9768	8,2705
Havuz suyunda alman sertliği öngörüsü (KELM)	0,9927	0,4781

ELM ve KELM algoritmaları kullanılarak uygulanan modellemelerde, havuz suyundan oluşan tuzun Alman sertliği öngörüsü sonuçları çok yüksek performans sergilemiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında iki konu için çalışılmıştır. İşlem görmeden üretilen saflığı %97 olan ham tuzların saflığı üretim öncesi tuzlu suya saflaştırma işlemi uygulanarak %99,9 seviyelerine kadar yükseltildiği sonucuna ulaşılmıştır.

Tuz Gölü suyunun saflaştırılarak yüksek saflıkta ham tuz üretiminin fizibilite çalışmalarının yapılması yeni yapılacak olan çalışmaların konusu olabilir.

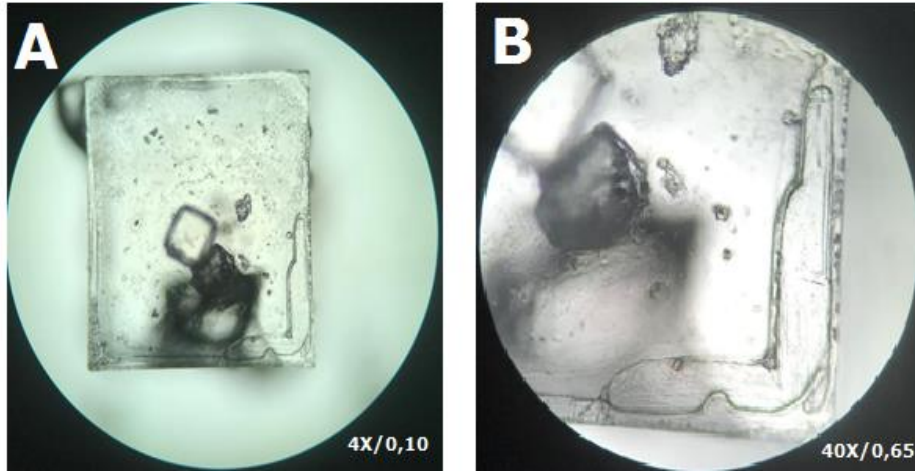
İkinci konuda ise tuz gölü suyunun analiz sonuçları YSA da girdi olarak kullanılarak modelleme oluşturulmuş ve yine tuz gölü suyunun kalsiyum ve alman sertliği öngörüsü yapılmıştır. Algoritma sonuçları yüksek performans göstermiştir. Bu sayede analizler yapılmadan öngörü kullanılarak kalsiyum ve alman sertliği değerlerine ulaşılabilmektedir.

Tuz Gölü suyunun içerisindeki safsızlıklar kullanılarak tuz kalitesinin öngörülmesi amaçlanmıştır. Öngöründe YSA, ELM ve KELM yöntemleri kullanılmıştır. Üç yöntemde de veriler %70 eğitim %30 test olarak ayrılmıştır. Fakat YSA'da performans değerlerinin düşük çıkmasından kaynaklı, %70 Eğitim, %15 validasyon, %15 test şeklinde veriler ayrılmıştır.

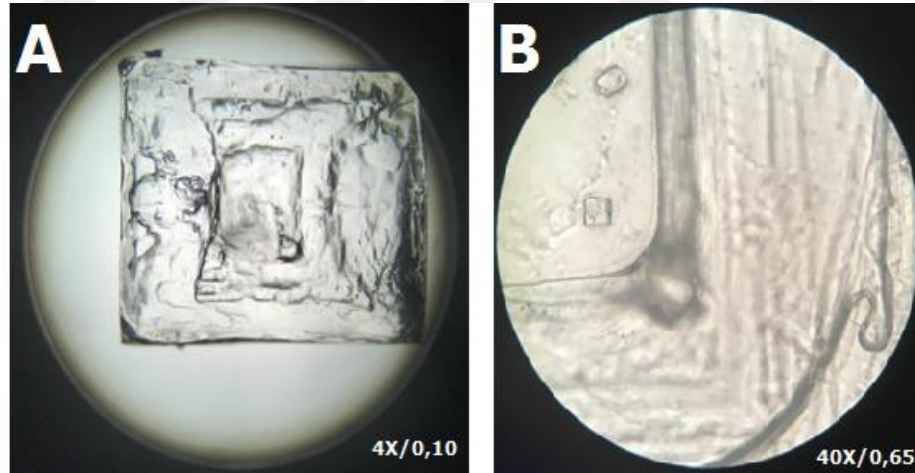
Sonuç olarak üç yöntemde öngörülerini yüksek performanslarda doğru sonuçlar vermektedir. En yüksek performans sırasıyla KELM, ELM ve YSA şeklinde çıkmıştır.

Bu çalışma sayesinde tuz oluşmadan tuz gölü suyunu analiz ederek tuz kalitesinin ön görülmesi mümkün olduğu görülmüştür.

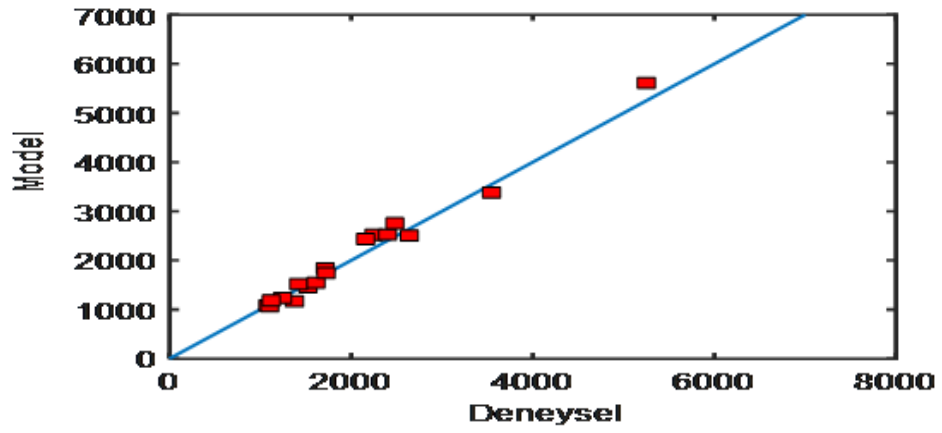
Bu çalışmanın diğer yapay zekâ yöntemleri kullanılarak uygulanması yeni bir tez konusu olarak çalışılabilir.



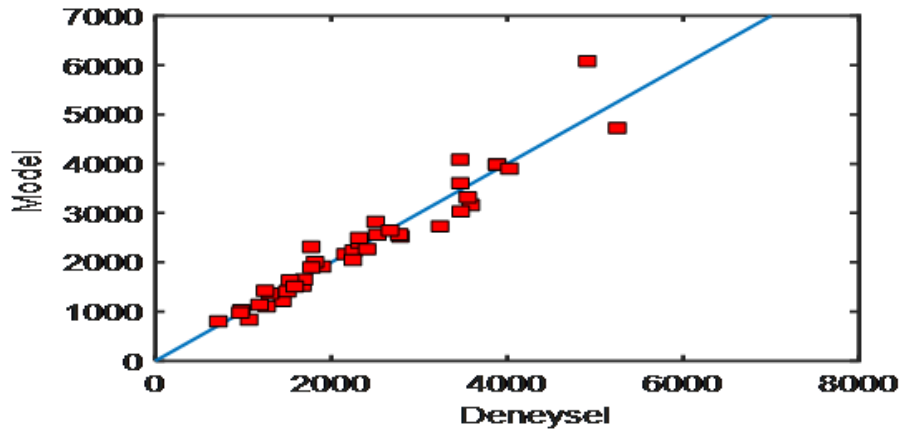
Şekil 5.1. Safsızlıkları giderilmiş ham tuz numunesi mikroskop görüntüleri (pH 12,5)



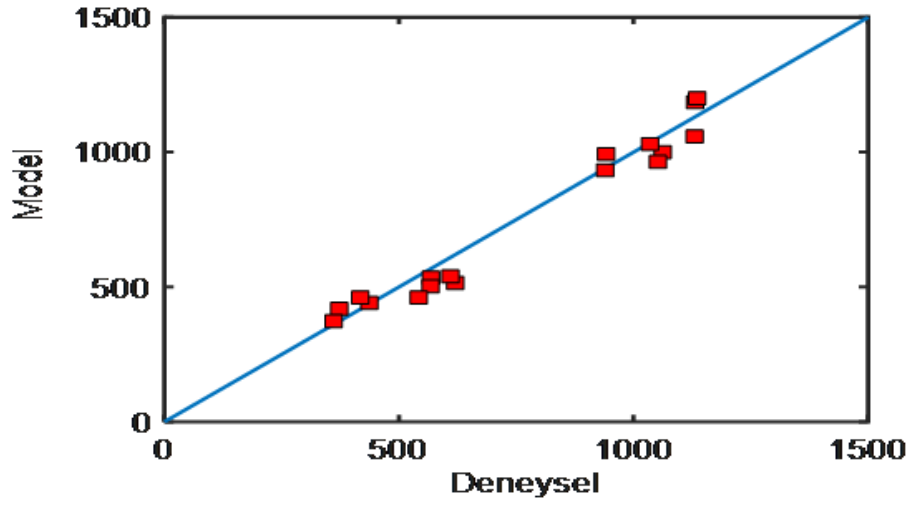
Şekil 5.2. Safsızlıkları giderilmemiş ham tuz numunesi mikroskop görüntüleri (pH 7,8)



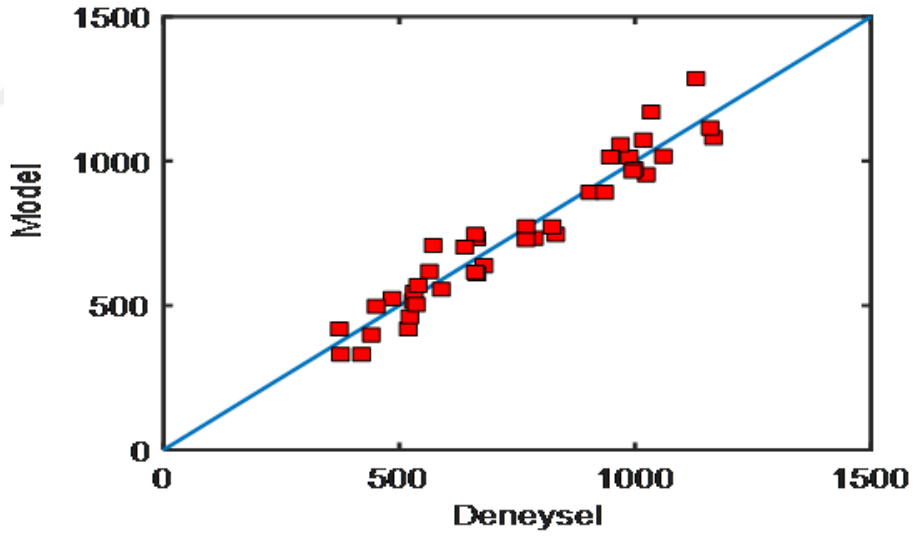
Şekil 5.3.Yapay sinir ağı tuzlu su çözeltisinden Alman sertliği test sonuçları



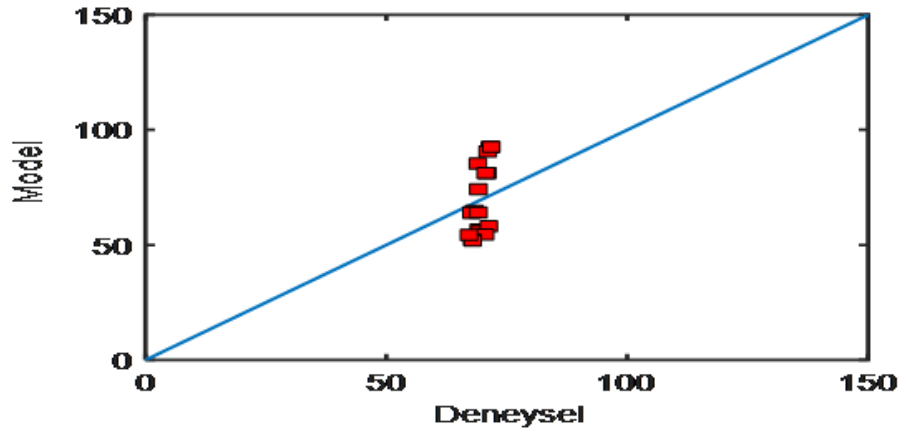
Şekil 5.4.Yapay sinir ağı tuzlu su çözeltisinden Alman sertliği eğitim sonuçları



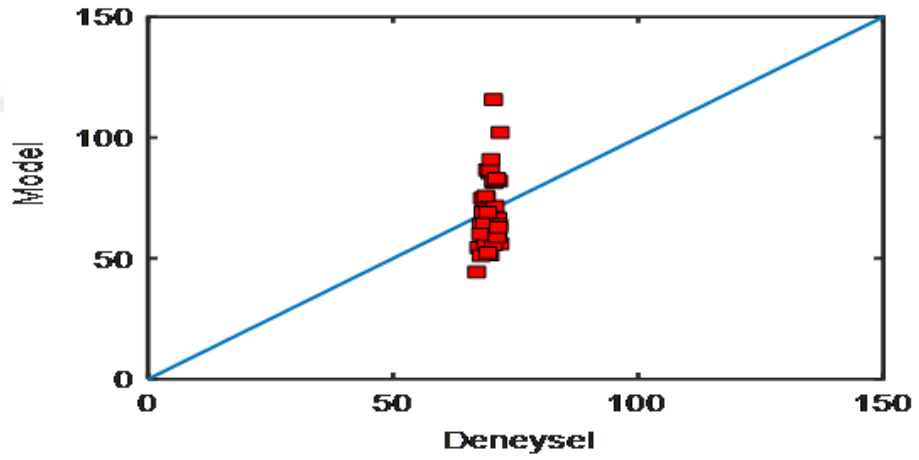
Şekil 5.5. Yapay sinir ağı tuzlu su çözeltisinden kalsiyum test sonuçları



Şekil 5.6. Yapay sinir ağı tuzlu su çözeltisinden kalsiyum eğitim sonuçları



Şekil 5.7. Yapay sinir ağı tuzlu su çözeltisinden tuzun Alman sertliği öngörüsü test sonuçları



Şekil 5.8. Yapay sinir ağı tuzlu su çözeltisinden tuzun Alman sertliği öngörüsü eğitim sonuçları

Çizelge 6.3. 3. veri seti analiz verileri

Tuzlu su analizleri							
Tarih	Bome	Ph	TKM (%)	Ca (ppm)	Mg (ppm)	A.S.	SO ₄ (ppm)
Numune 1	25	7,62	29,7	964	2872	802	6100
Numune 2	25	7,6	30,2	973	3003	834	6100
Numune 3	25	7,62	30,5	1058	3568	977	7460
Numune 4	25	7,55	30,3	1185	4056	1109	9385
Numune 5	25	7,6	30,4	1081	4239	1137	9385
Numune 6	25	7,6	30,2	1115	4421	1183	9385
Numune 7	25	7,56	30,5	1200	5357	1413	10146
Numune 8	25	7,56	30,5	1286	5721	1510	10146
Numune 9	25	7,49	30,5	1030	6033	1546	11121
Numune 10	25	7,49	30,8	1016	6879	1741	11121
Numune 11	25	7,51	30,7	1170	7437	1897	11121
Numune 12	25	7,51	31	965	9367	2313	11121
Numune 13	26	7,19	31,2	746	10565	2560	11121
Numune 14	26	7,2	31,2	702	10964	2647	11121
Numune 15	26	7,22	31	539	11421	2731	11121
Numune 16	26	7,22	31	497	17258	4082	11121
Numune 17	27	7,22	32,1	331	20126	4725	11121
Numune 18	27	7,22	32,1	331	23950	5614	11121
Numune 19	27	7,22	32,1	373	25938	6082	12340

Tuz üretim analizleri				
Tarih	Ca (ppm)	Mg (ppm)	A.S.	% NaCl
Numune1	2066	2665	90,9	98,24
Numune2	1485	2363	75,7	98,56
Numune3	2400	1308	64	98,67
Numune4	2232	1358	62,8	98,70
Numune5	2149	955	52,3	98,89
Numune6	2356	1559	69,2	98,58
Numune7	2066	955	51,1	98,92
Numune8	2405	1307	64,1	98,66
Numune9	2094	1502	64,2	98,69
Numune10	2360	1160	60	98,74
Numune11	2135	932	51,9	98,91
Numune12	2034	1110	54,3	98,87
Numune13	2197	1232	59,4	98,77
Numune14	2135	1244	58,8	98,78
Numune15	2400	1308	64	98,67
Numune16	2232	1358	62,8	98,70
Numune17	2149	955	52,3	98,89
Numune18	2356	1559	69,2	98,58
Numune19	2405	1307	64,1	98,66

Çizelge 6.4. 2. veri seti analiz verileri

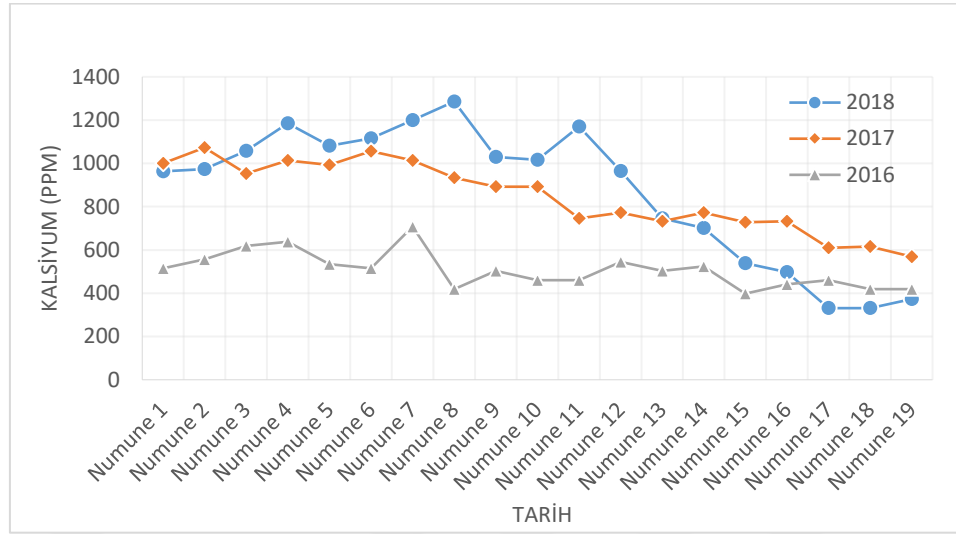
Tuzlu su Analizleri							
Tarih	Bome	Ph	TKM (%)	Ca (ppm)	Mg (ppm)	A.S.	SO ₄ (ppm)
Numune 1	24	7,39	29,7	1000	3816	1027	8257
Numune 2	24	7,39	29,9	1073	4018	1084	8258
Numune 3	24	7,38	29,9	953	4010	1065	8259
Numune 4	24	7,43	30,6	1014	4415	1168	8260
Numune 5	24	7,37	30,2	993	4637	1217	9627
Numune 6	25	7,45	30,1	1057	4674	1234	9628
Numune 7	25	7,38	30,1	1014	5264	1365	9629
Numune 8	25	7,39	30	933	5560	1423	9630
Numune 9	24	7,34	30,3	892	5736	1458	9631
Numune 10	25	7,35	30,2	892	6001	1520	9632
Numune 11	25	7,37	30,3	746	6114	1526	10533
Numune 12	25	7,37	30,4	772	6640	1652	10534
Numune 13	25	7,4	30,1	733	6580	1632	10535
Numune 14	25	7,27	30,4	773	8173	2008	10536
Numune 15	25	7,27	30,9	728	8362	2046	10537
Numune 16	25	7,18	31,1	732	11696	2822	10539
Numune 17	26	7,18	31,4	610	12682	3034	10540
Numune 18	26	7,12	31,4	615	14163	3384	10541
Numune 19	26	7,15	31,7	569	16433	3900	10542

Tuz üretim analizleri				
Tarih	Ca (ppm)	Mg (ppm)	A.S.	% NaCl
Numune 1	2316	1015	56	98,81
Numune 2	2420	1040	58,1	98,77
Numune 3	2525	1154	62,2	98,68
Numune 4	1835	1319	56,4	98,85
Numune 5	2462	913	55,7	98,80
Numune 6	2274	977	54,5	98,84
Numune 7	2546	1332	66,6	98,61
Numune 8	2023	2309	82	98,40
Numune 9	1939	2335	81,4	98,42
Numune 10	1918	2825	92,5	98,23
Numune 11	2146	1783	71,5	98,56
Numune 12	2187	2210	82	98,38
Numune 13	2637	1904	81,2	98,35
Numune 14	2989	2593	102,1	97,96
Numune 15	1542	4047	115,7	97,87
Numune 16	1997	2368	83	98,38
Numune 17	2017	2681	90,6	98,25
Numune 18	1210	3254	92,6	98,30
Numune 19	2637	1904	81,2	98,35

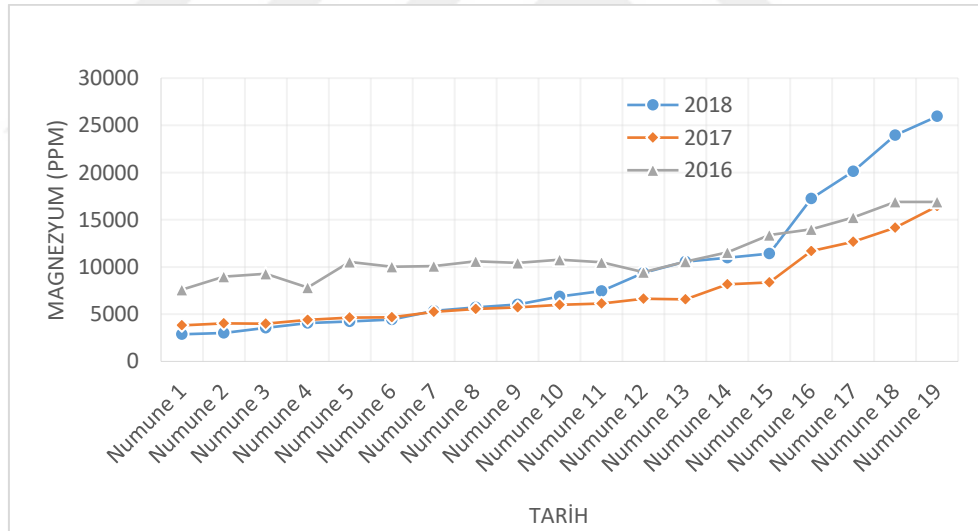
Çizelge 6.5. 1. veri seti analiz verileri

Tuzlu su Analizleri							
Tarih	Bome	Ph	TKM (%)	Ca (ppm)	Mg (ppm)	A.S.	SO ₄ (ppm)
Numune1	24	7,6	30,2	515	7598	1838	13500
Numune2	24	7,36	30,5	556	8965	2166	14733
Numune3	24	7,32	30,6	618	9272	2242	15074
Numune4	25	7,43	30,1	638	7835	1911	15511
Numune5	25	7,34	30,8	535	10522	2521	15726
Numune6	26	7,3	31	515	10010	2399	15727
Numune7	26	7,35	31	708	10092	2436	15728
Numune8	26	7,38	31,5	419	10607	2524	15322
Numune9	26	7,4	31,1	503	10429	2495	15323
Numune10	26	7,28	31,5	461	10760	2566	15324
Numune11	26	7,34	31,4	461	10493	2504	15325
Numune12	27	7,32	31,3	545	9437	2270	15326
Numune13	26	7,32	31,1	503	10556	2524	15327
Numune14	27	7,3	31,3	524	11536	2755	15328
Numune15	27	7,2	32	398	13367	3163	15329
Numune16	27	7,18	32,2	441	14002	3317	15330
Numune17	27	7,17	32,2	461	15237	3607	15331
Numune18	27	7,08	32,3	419	16890	3985	15332
Numune19	27	7,08	32,3	419	16890	3985	15332

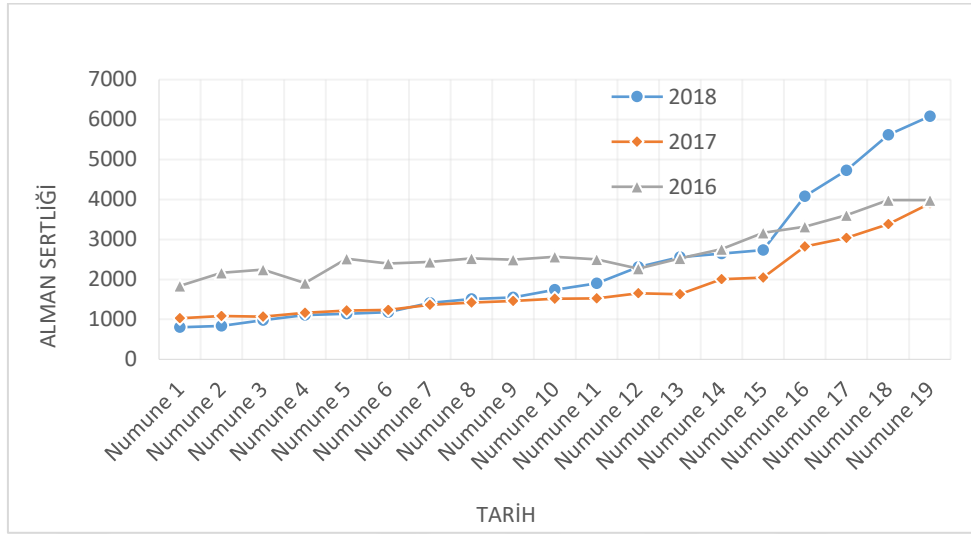
Tuz üretim analizleri				
Tarih	Ca (ppm)	Mg (ppm)	A.S.	% NaCl
Numune 1	663	1510	44,4	99,18
Numune 2	1797	1831	67,7	98,66
Numune 3	1168	1729	56,6	98,92
Numune 4	1787	1168	51,5	98,93
Numune 5	1411	2376	75	98,58
Numune 6	1577	2717	85,3	98,39
Numune 7	1768	2128	74,2	98,56
Numune 8	1438	1477	54,5	98,93
Numune 9	1864	1664	64,8	98,71
Numune 10	1616	2069	70,7	98,63
Numune 11	1699	2196	74,8	98,55
Numune 12	1533	1476	55,8	98,89
Numune 13	1575	2776	86,6	98,37
Numune 14	1780	1770	66,2	98,69
Numune 15	2079	1340	60,3	98,76
Numune 16	2050	1348	60	98,77
Numune 17	1577	2717	85,3	98,39
Numune 18	1575	2776	86,6	98,37
Numune 19	2079	1340	60,3	98,76



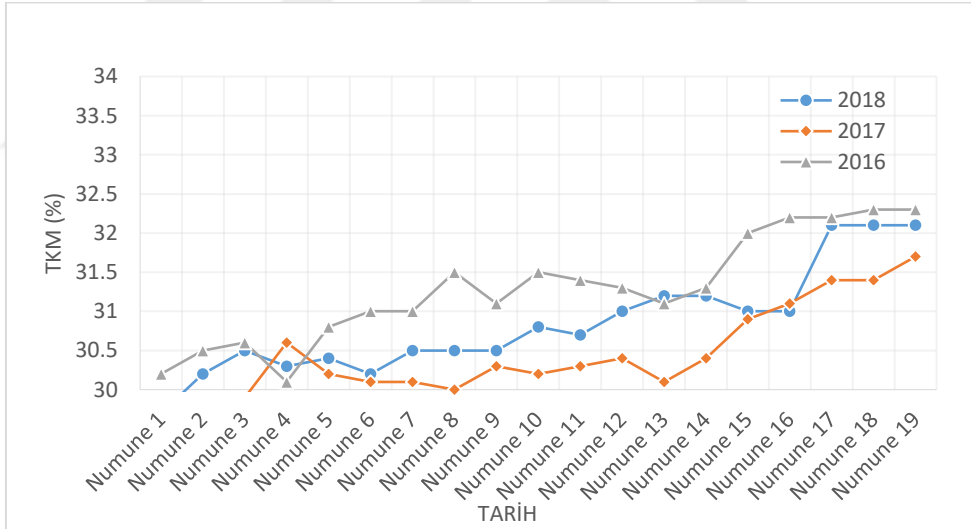
Şekil 5.9. Yıllara göre kalsiyum grafiği (Tuzlu su numuneleri)



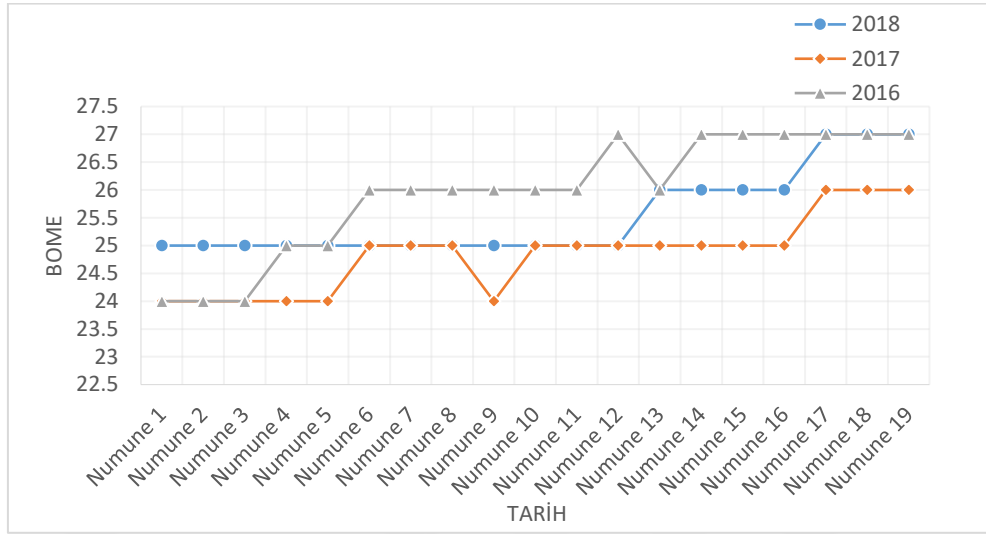
Şekil 5.10. Yıllara göre Magnezyum grafiği (Tuzlu su numuneleri)



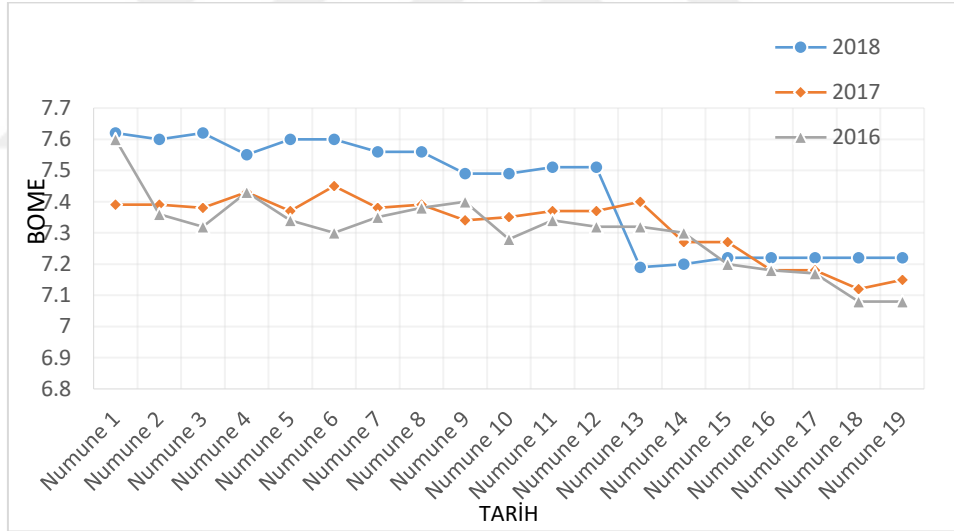
Şekil 5.11. Yıllara göre Alman Sertliği grafiği (Tuzlu su numuneleri)



Şekil 5.12. Yıllara göre Toplam Katı Madde Analiz sonuçları grafiği (Tuzlu su numuneleri)



Şekil 5.13. Yıllara göre Bome analizi sonuçları grafiği (Tuzlu su Numuneleri)



Şekil 5.14. Yıllara göre pH sonuçları grafiği (Tuzlu su numuneleri)

Çizelge 6.6. Farklı pH değerlerinde saflaştırma yapılan tuzlu su ve buharlaşma sonucu oluşan tuz verileri (1. numune)

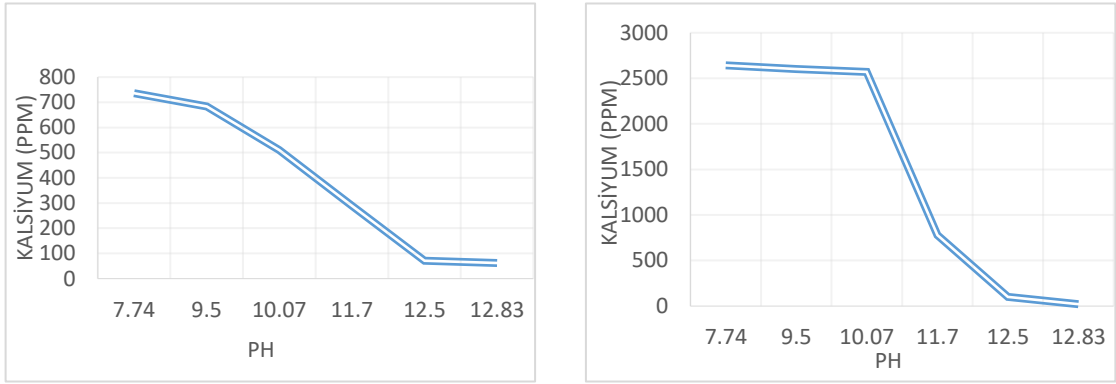
Tuzlu su için analizler					
pH değeri	Birimler	7,8	10	11,5	12,5
Toplam Kalsiyum	mg/kg	992,00	43,10	43,10	43,10
Toplam Magnezyum	mg/kg	3296	444	15,7	3
Alman Sertliği	d°H	905,23	109	42,5	24
Toplam Gümüş	mg/kg	0,072	0,081	0,082	0,101
Toplam Aliminyum	mg/kg	0,015	0,001	0,001	0,001
Toplam Baryum	mg/kg	0,006	0,005	0,005	0,005
Toplam Kadmiyum	mg/kg	0,002	0,002	0,002	0,002
Toplam Krom	mg/kg	0,02	0,021	0,024	0,025
Toplam Bakır	mg/kg	0,026	0,033	0,035	0,045
Toplam Demir	mg/kg	0,021	0,014	0,015	0,015
Toplam Mangan	mg/kg	0,012	0,006	0,006	0,006
Toplam Nikel	mg/kg	0,021	0,023	0,024	0,031
Toplam Fosfor	mg/kg	0,042	0,084	0,096	0,064
Toplam Kurşun	mg/kg	0,087	0,095	0,105	0,113
Toplam Çinko	mg/kg	0,004	0,004	0,004	0,004
Toplam Arsenik	mg/kg	0,059	0,16	0,135	0,172

Tuz için analizler					
pH değeri	Birimler	7,8	10	11,5	12,5
NaCl Miktarı	% m/m	98,89	98,97	99,60	99,96
Toplam Kalsiyum	mg/kg	2643	2571	778	21
Toplam Magnezyum	mg/kg	1858	1688	720	88
Alman Sertliği	d°H	80,2	75,2	27,6	2,3
Toplam Gümüş	mg/kg	0,128	0,493	0,434	0,363
Toplam Aliminyum	mg/kg	0,005	0,027	0,034	0,017
Toplam Baryum	mg/kg	0,005	0,024	0,026	0,026
Toplam Kadmiyum	mg/kg	0,002	0,011	0,011	0,011
Toplam Krom	mg/kg	0,005	0,026	0,026	0,026
Toplam Bakır	mg/kg	0,007	0,036	0,036	0,036
Toplam Demir	mg/kg	0,003	0,014	0,014	0,014
Toplam Mangan	mg/kg	0,002	0,009	0,009	0,009
Toplam Nikel	mg/kg	0,007	0,036	0,036	0,036
Toplam Fosfor	mg/kg	0,021	0,124	0,135	0,137
Toplam Kurşun	mg/kg	0,003	0,014	0,014	0,014
Toplam Çinko	mg/kg	0,005	0,01	0,01	0,011
Toplam Arsenik	mg/kg	0,001	0	0	0

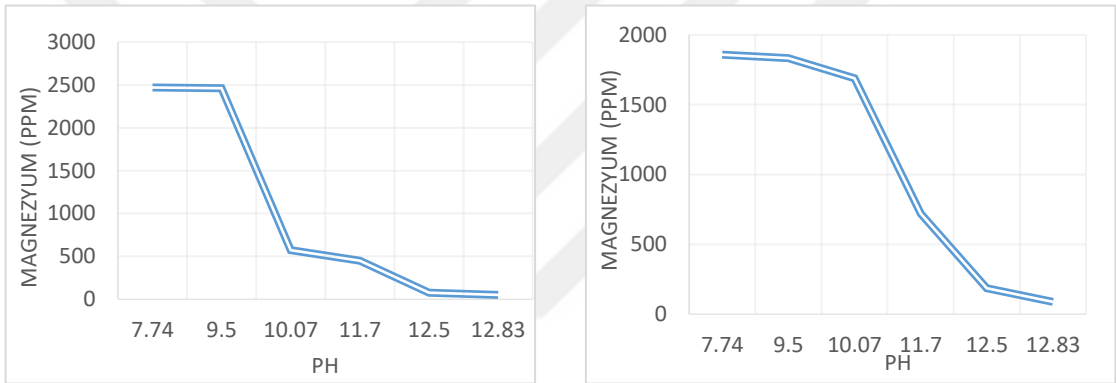
Çizelge 6.7. Farklı pH değerlerinde saflaştırma yapılan tuzlu su ve buharlaşma sonucu oluşan tuz verileri (2. numune)

Tuzlu su için analizler				
pH değeri	Birimler	7,8	11,5	12,5
Toplam Kalsiyum	mg/kg	857	41	41
Toplam Magnezyum	mg/kg	4944	124	74
Alman Sertliği	d°H	1264	34	23
Toplam Gümüş	mg/kg	0,141	0,1602	0,1753
Toplam Aliminyum	mg/kg	0,021	0,0014	0,0210
Toplam Baryum	mg/kg	0,006	0,0050	0,0060
Toplam Kadmiyum	mg/kg	0,001	0,0014	0,0014
Toplam Krom	mg/kg	0,024	0,0288	0,0286
Toplam Bakır	mg/kg	0,011	0,0150	0,0152
Toplam Demir	mg/kg	0,042	0,0300	0,0450
Toplam Mangan	mg/kg	0,048	0,0240	0,0480
Toplam Nikel	mg/kg	0,045	0,0514	0,0607
Toplam Fosfor	mg/kg	0,128	0,2926	0,0975
Toplam Kurşun	mg/kg	0,435	0,5250	0,5174
Toplam Çinko	mg/kg	0,036	0,0360	0,0360
Toplam Arsenik	mg/kg	0,826	1,8900	0,8880

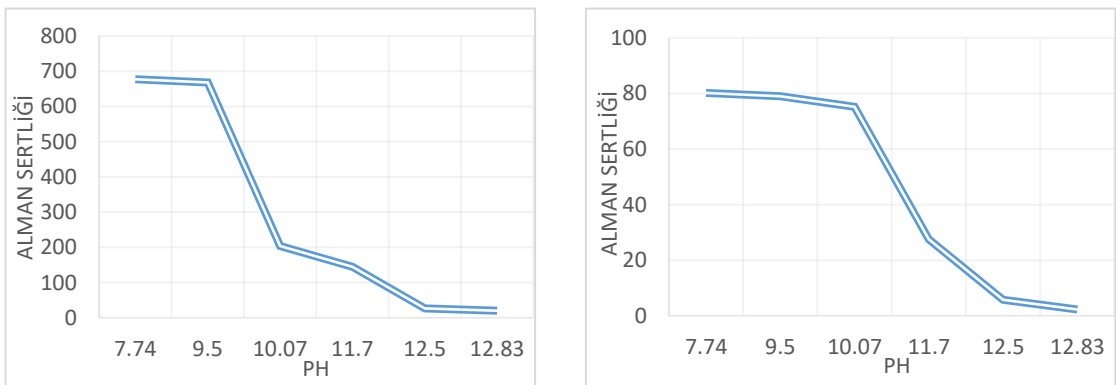
Tuz için analizler				
pH değeri	Birimler	7,8	11,5	12,5
NaCl Miktarı	% m/m	99,73	99,90	99,99
Toplam Kalsiyum	mg/kg	494	145	21
Toplam Magnezyum	mg/kg	503	201	13
Alman Sertliği	d°H	17,2	6,7	0,6
Toplam Gümüş	mg/kg	0,25	0,848	0,630
Toplam Aliminyum	mg/kg	0,007	0,048	0,357
Toplam Baryum	mg/kg	0,005	0,026	0,031
Toplam Kadmiyum	mg/kg	0,0014	0,008	0,008
Toplam Krom	mg/kg	0,006	0,031	0,030
Toplam Bakır	mg/kg	0,003	0,015	0,012
Toplam Demir	mg/kg	0,006	0,028	0,042
Toplam Mangan	mg/kg	0,008	0,036	0,072
Toplam Nikel	mg/kg	0,015	0,077	0,070
Toplam Fosfor	mg/kg	0,064	0,411	0,209
Toplam Kurşun	mg/kg	0,015	0,070	0,064
Toplam Çinko	mg/kg	0,045	0,090	0,099
Toplam Arsenik	mg/kg	0,014	0,000	0,000



Şekil 5.15. Farklı pH değerlerinde tuzlu su ve tuz kalsiyum değerleri



Şekil 5.16. Farklı pH değerlerinde tuzlu su ve tuz magnezyum değerleri



Şekil 5.17. Farklı pH değerlerinde tuzlu su ve tuz Alman sertliği değerleri

EKLER



EK 1

Çizelge E 1.1. Şereflikoçhisar ilçesi günlük ortalama sıcaklık [°C] verileri 2017

Gün/Ay	1	2	3	4	5	6
1	-2.7	-12.6	9.6	10.2	17.8	17.1
2	-5.1	-11.6	10.2	10.5	15.7	19.5
3	-5.5	-8.4	9.6	10.4	15.4	20.2
4	-7.1	-1.7	8.0	10.3	15.4	21.1
5	-1.5	2.4	4.8	13.7	18.0	18.8
6	4.6	5.0	6.1	13.7	16.5	18.0
7	4.2	5.5	8.9	11.4	12.9	20.6
8	-1.0	4.4	9.4	8.9	15.7	23.1
9	-5.1	4.0	10.7	5.7	16.6	23.3
10	-5.6	0.6	9.5	6.1	19.5	19.7
11	2.1	1.8	8.2	6.9	16.7	20.2
12	1.0	1.2	5.9	9.4	17.3	22.4
13	-1.7	-2.7	6.1	9.6	20.1	24.0
14	-3.6	-2.6	3.3	11.1	23.2	18.2
15	-0.5	-3.7	2.8	12.7	18.3	19.4
16	2.1	-0.9	4.1	12.5	15.8	20.1
17	4.6	-2.0	3.6	14.1	15.9	20.4
18	4.3	-1.1	2.4	12.5	16.2	20.7
19	0.4	1.1	3.5	10.8	14.2	16.9
20	2.5	1.5	9.1	14.9	12.3	15.4
21	1.7	4.4	9.6	14.4	12.5	17.0
22	-1.9	4.7	8.5	10.2	10.8	20.1
23	-2.5	4.6	8.0	8.1	13.0	22.2
24	-3.9	6.1	9.0	6.9	14.7	22.5
25	-0.1	6.8	9.5	8.8	16.0	24.5
26	-1.4	6.8	11.2	12.0	15.8	24.9
27	-4.7	6.8	11.7	14.7	14.2	25.4
28	-5.2	7.5	7.1	15.5	15.0	27.8
29	-9.8	7.5	8.6	16.0	17.6	27.1
30	-9.5	7.3	10.3	18.1	16.5	27.6
31	-8.2	7.4	11.4	18.1	15.7	28.0

Gün/Ay	7	8	9	10	11	12
1	28.8	24.6	20.3	17.7	4.6	5.4
2	27.6	26.5	21.1	13.4	4.2	6.1
3	28.3	27.7	23.1	13.7	3.5	6.5
4	29.2	24.0	23.2	11.8	6.2	6.1
5	24.5	22.4	24.0	12.3	8.2	6.3
6	23.2	25.5	21.6	11.7	7.8	1.5
7	22.1	27.1	16.7	15.7	6.2	-1.1
8	22.4	27.9	18.7	19.4	6.4	0.5
9	23.3	31.1	20.6	14.2	5.9	1.2
10	25.5	29.0	22.3	13.5	6.3	4.9
11	26.0	28.1	24.9	13.1	6.0	7.6
12	26.7	28.2	24.4	13.2	7.9	5.0
13	27.2	28.6	25.1	12.4	9.0	3.6
14	27.2	28.3	26.3	11.1	10.8	3.5
15	27.8	27.2	25.4	12.7	10.8	2.5
16	26.7	26.6	27.8	12.8	10.3	4.5
17	27.4	26.6	29.6	13.4	7.9	8.6
18	27.0	26.5	29.8	13.6	6.7	10.2
19	26.0	26.8	27.7	12.7	6.7	7.9
20	25.7	27.9	27.2	11.6	9.7	6.5
21	26.2	27.1	25.5	10.7	3.9	7.1
22	27.6	24.6	21.8	12.3	1.0	7.2
23	26.3	22.9	20.4	11.9	3.4	7.8
24	25.5	23.4	20.0	15.9	6.2	1.0
25	25.8	22.4	21.3	13.8	5.3	-0.5
26	27.6	21.1	21.7	12.9	4.0	-1.4
27	30.2	21.9	20.6	12.3	8.0	-1.1
28	26.1	23.4	20.7	12.7	8.1	-1.8
29	22.7	24.3	18.6	11.2	5.7	4.4
30	24.9	24.0	18.7	11.0	3.7	8.2
31	24.3	20.1	17.9	8.2	3.7	5.6

Çizelge E 1.2. Şereflikoçhisar ilçesi günlük ortalama sıcaklık [°C] verileri 2018

Gün/Ay	1	2	3	4	5	6
1	4.3	2.5	3.0	12.5	19.7	18.9
2	3.0	3.3	3.7	10.5	18.8	20.1
3	6.1	5.7	10.4	8.7	17.4	20.0
4	6.9	7.4	10.0	8.3	20.2	21.1
5	4.8	8.0	8.5	10.9	20.6	21.3
6	5.8	7.2	11.7	13.5	17.5	21.5
7	2.3	5.3	11.5	16.1	19.8	22.7
8	0.2	8.7	12.3	15.7	15.0	22.6
9	0.8	8.1	8.7	12.6	14.8	24.7
10	1.5	6.6	7.8	13.2	15.6	25.0
11	2.9	11.2	8.4	13.5	15.1	25.0
12	6.3	7.9	9.8	15.5	13.9	22.4
13	5.8	6.4	11.9	15.5	14.5	22.4
14	5.0	4.1	9.7	16.1	16.0	24.7
15	2.1	7.2	8.7	15.5	18.0	24.4
16	1.4	8.5	7.3	13.6	19.4	21.4
17	4.8	8.7	9.7	13.0	22.4	18.7
18	5.8	6.0	12.8	16.5	21.2	20.8
19	0.8	3.6	14.1	16.8	20.4	21.7
20	0.6	5.4	12.9	14.0	19.7	19.6
21	3.7	8.1	11.3	9.4	18.9	21.5
22	5.5	8.3	12.6	10.2	21.4	21.1
23	3.6	8.1	17.2	12.9	21.1	21.1
24	0.1	8.4	13.0	15.6	21.6	23.2
25	-2.0	7.7	9.8	17.1	20.8	24.4
26	-1.2	4.9	11.0	19.5	19.2	23.6
27	-0.4	7.8	14.0	20.6	20.1	25.9
28	0.6	9.3	14.2	20.6	22.5	27.6
29	0.5	8.9	11.1	18.7	19.2	24.7
30	-0.9	7.6	7.7	20.4	18.6	24.0
31	1.3	8.5	8.4	19.5	18.7	24.3

Gün/Ay	7	8	9	10	11
1	25.2	25.5	27.2	20.3	11.3
2	26.9	27.0	26.6	18.2	12.8
3	26.3	26.9	25.4	18.0	11.1
4	25.8	25.7	25.2	17.6	12.2
5	23.8	26.3	24.9	16.5	12.1
6	23.9	26.2	24.1	13.9	9.9
7	25.1	25.9	20.4	14.0	8.8
8	26.5	25.3	20.7	15.0	6.9
9	27.5	24.4	20.9	20.4	8.0
10	28.1	23.9	20.4	16.7	8.6
11	28.4	21.9	19.2	16.6	7.9
12	28.3	22.8	21.2	17.6	9.9
13	27.0	23.3	24.5	15.0	8.4
14	24.1	22.0	20.0	14.3	6.2
15	24.2	24.1	19.0	16.8	3.6
16	24.3	25.4	20.5	17.7	4.8
17	23.7	26.9	20.6	17.2	2.0
18	24.8	27.9	19.6	15.7	6.8
19	22.9	25.9	18.8	16.4	9.9
20	23.8	24.3	18.9	17.8	10.0
21	25.6	25.2	19.6	13.3	10.0
22	25.9	26.4	19.3	11.6	10.4
23	25.8	24.6	20.4	13.5	8.2
24	26.6	26.0	20.4	14.7	5.5
25	24.6	27.7	20.8	9.3	6.5
26	26.5	28.1	15.0	6.0	4.5
27	26.0	27.6	14.7	5.8	10.4
28	25.7	28.4	18.4	7.9	10.0
29	26.4	26.2	19.0	9.8	10.4
30	28.4	25.8	19.5	10.5	10.8
31	28.8	27.0	19.3	11.2	11.0

EK 2**Şekil E 2.1.** Hassas Terazi**Şekil E 2.2.** Titrasyon düzeneği**Şekil E 2.3.** Toplam katı madde ölçüm cihazı



Şekil E 2.4. Etiv kurutucu



Şekil E 2.5. Spektro fotometre cihazı

KAYNAKLAR

- Anonim, 1973. TS 3263, Suyun Analiz Metotları-Ph Değeri Tayini. TSE, Ankara.
- Anonim, 1973. TS 1346, Sanayide Kullanılan Sodyum Klorür-Suda veya Asitte Çözünmeyen Madde Miktarları Tayini ve Diğer Tayinler için Temel Çözeltilerin Hazırlanması, TSE, Ankara.
- Anonim, 1986. TS 4890, Meyve ve sebze mamulleri- Çözünür katı madde miktarı tayini- Refraktometrik metot. TSE, Ankara.
- Anonim,1998. TSE 4474 – ISO 6059, - Su Kalitesi – Toplam Kalsiyum ve Magnezyum Tayini –EDTA Titrimetrik Metot. TSE, Ankara.
- Anonim, 1989. TS 6675, Sodyum Karboksimetil Selüloz-Sodyum Klorür Tayini. TSE, Ankara.
- Anonim, 1998. TSE 4474 – ISO 6059, - Su Kalitesi – Toplam Kalsiyum ve Magnezyum Tayini –EDTA Titrimetrik Metot. TSE, Ankara.
- Anonim, 2003. TS 933, Yemeklik Tuz. TSE, Ankara.
- Anonim, 2012. Guideline. sodium intake for adults and children. WHO Press,1211 Geneva 27, Switzerland.
- Anonim, 2017. https://hsgm.saglik.gov.tr/depo/birimler/saglikli-beslenme-hareketli-hayat-db/Haberler/Sagliginiz-Icin-Daha-Az-Tuz-Tuketin/Kaya_tuzu_Bilgi_notu.pdf (22.12.2018).
- Anonim, 2018. 2017-2018 Yağış ve Sıcaklık Miktarları. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı - Meteoroloji Genel Müdürlüğü,
- Anonim, 2019. Türkiye haritası ve tuz gölünün görüntüsü, <https://www.google.com.tr/maps/@38.9936345,33.4691097,9729mdata=!3m1!1e?hl=tr> (12.01.2019).
- Anonim, 2019. Yıllık yağış ve sıcaklık miktarı, <https://www.mgm.gov.tr/> (27.03.2019).
- Anonim, Tuz Gölünün yıllara göre uzaydan görüntüsü, [https://worldview.earthdata.nasa.gov/?p=geographic&l=VIIRS_SNPP_CorrectedReflectance_TrueColor\(hidden\),MODIS_Aqua_CorrectedReflectance_TrueColor\(hidden\),MODIS_Terra_CorrectedReflectance_TrueColor,Reference_Labels\(hidden\),Reference_Features\(hidden\),Coastlines&t=2019-03-19-T00%3A00%3A00Z&z=3&v=24.29824010325568,33.25953632320363,48.30995885325568,44.80836444820363](https://worldview.earthdata.nasa.gov/?p=geographic&l=VIIRS_SNPP_CorrectedReflectance_TrueColor(hidden),MODIS_Aqua_CorrectedReflectance_TrueColor(hidden),MODIS_Terra_CorrectedReflectance_TrueColor,Reference_Labels(hidden),Reference_Features(hidden),Coastlines&t=2019-03-19-T00%3A00%3A00Z&z=3&v=24.29824010325568,33.25953632320363,48.30995885325568,44.80836444820363) (19.03.2019).

- Anonim, 2018. Türkiye’de tuz üretim kaynakları, www.mapeg.com (17.08.2018).
- Avcı, S., 2003. Ekonomik Coğrafya Açısından Önemli Bir Maden. Tuz Coğrafyası Dergisi, Sayı 11, S 11-45.
- Bouabaz, M., and Hamami M., 2008. A cost estimation model for repair bridgesbased on artificial neural network. American Journal of Applied Sciences, (5)4 , S 334-339 .
- Dogan, E., Sengorur, B., and Koklu R., 2009. Modeling biological oxygen demand of the Melen River in Turkey using an artificial neural network technique. Journal of Environmental Management,(90)-2, 1229–1235 .
- Ergin, Z., 1988. Tuzun Üretim Teknolojisi Ve İnsan Sağlığındaki Yeri. Cilt 27, Sayı.
- Erkut, S., 1990. Hititlerde Tuz Kullanımı. Belleten, Cilt 54, Sayı 209, Ankara, S 1-7.
- Fizibilite Etüdü 1997. Göl Tuzları Yığın Yapma ve Tasıma Sistemleri Modernizasyonu. Tekel Tuz Sanayii Müessesesi Müdürlüğü.
- Gözlev, S., 2006. Tuz Gölü Tuzlarındaki Ağır Metal Değişimi. Yüksek Lisans Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.
- Gündüz, T., 1999. İnrümetal Analiz. Gazi Kitabevi, Ankara, S 307-316.
- Hajari, N., 1997. İndia’s Salt Lakes Cities. Time Volume 150, Sayı 9 www.Time.com/magazine/1997/int/970901/asia.archeology.html (02.03.2003).
- Haykin, S., 1999. Neural Networks. a Comprehensive Foundation. Second edition Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, USA, 1.
- Huang L, et al. 2006 The Kernel Energy Method: application to a tRNA. Proc Natl Acad Sci U S A 103(5):1233-7
- İlter, M., J979. Dünya’da ve Türkiye’de Tuz Endüstrisi ve Ticareti. Yayın No. Tekel 1 10 EAG/DKY: 32.
- Karadurmus, E., Cesmecı, M., Yuceer, M., and Berber, R., 2012. An artificial neural network model for the effects of chicken manure on ground water. Applied Soft Computing, (12)-1, 494-497.
- Keskin, M., 2017. Tuz Gölü’nün Finansal Yatırım Değeri ve Ekonomik Büyümeye Katkısı, Sayı.3, (15127)-137.

- Kılıç A. M., Uyanık E., 2001. Tuz Gölünden Tuz Yan Ürünleri Üretimini Araştırılması. 4.Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu Bildirileri Kitabı, 18-19 Ekim, İzmir, S 316-322.
- Korkmaz, G., 2006. Konya İli Atıksularının Tuz Gölü Üzerindeki Etkilerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde.
- Koyuncu, S., 2014. Tuz Gölünde Ağır Metal Kirliliği. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Kurlansky M., Tuz- İnsanlığın Tuzlu Tarihi. (Çeviri A. Çakıroğlu), Aykırı yayıncılık, İstanbul.
- Öztemel E., 2003. Yapay Sinir Ağları. Papatya Yayıncılık, İstanbul, 29-45.
- Suzette M. Kimball, Directo., 2017. US Geological Survey Mineral Commodity Summaries- Salt.USGS, S 140-141 (January, ISBN 978-1-4113-4104-3).
- Tan Y., 2013. Tuz Çözeltilerinden Çöktürmeyle Magnezyum Hidroksitini Geri Kazanılmasında Kendinden Ayarlanmalı Oransal İntegral Türevsel Hareket İle pH Kontrolü. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Tosun D., 2012. Tuz Gölü Tuzundan Mg Ve Ca İyonlarının Uzaklaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Uygun A., Şen E., 1978. Tuz Gölü Havzası Ve Doğal Kaynakları Tuz Gölü suyunun Jeokimyası. Türkiye Jeoloji Bülteni, Cilt 21, S 113-120.
- Uysal K., and Köse, E., 2011. Assessment of Seasonal Variations in Surface Water Quality. DPÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Sayı 24.
- Yalçın E., Ertem M.E., 1997. Deniz Tuzlarının Türkiye Tuz Potansiyelindeki Yeri. 2.Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, İzmir.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

SOYADI, Adı : ATILGAN Ozan
 Uyruğu : T.C
 Doğum yeri ve tarihi : ANKARA 17.08.1993
 Medeni hali : Bekar
 Telefon : 0 (553) 457 59 12
 E-posta : ozn.atlgan1993@gmail.com

Eğitim Bilgileri

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Lisans	Hitit Üniversitesi/Kimya Mühendisliği	2015
Lise	Ankara İncesu Anadolu Lisesi	2011

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2015-2016	Çorum Şeker Fabrikası Atık Su Arıtım	Tesis Sorumlusu
2017-2018	Koyuncu Kaldırım Tuz İşletmesi	Ar-Ge Sorumlusu
2018	Koyuncu Kaldırım Tuz İşletmesi	Ar-Ge Uzmanı

Yabancı Dil

İngilizce (Orta Seviye)

Yayımlar

1. Karadurmuş E., Göz E., Atılgan O., Yüceer M., 2018. Aşırı Öğrenme Makinası ile Tuz Kalitesinin Öngörülmesi. 13.Ulusal Kimya Mühendisliği Kongresi, 3-6 Eylül 2018 Yüzüncüyıl Üniveristesi, Van.

2. Karadurmuş E., Göz E., Atılgan O., Yüceer M., 2018. Modeling of salt quality by using extreme learning machine. International Conference Environment Green Technology and Engineering 18-20 June 2018, Caceres, Spain.