



**OZON JENERATÖRÜ TASARIMI VE OZONLAMA KOŞULLARININ
OPTİMİZASYONUNUN SAĞLANMASI**

Davut SEVİM

**DOKTORA TEZİ
ELEKTRİK EĞİTİMİ ANABİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ARALIK 2016

Davut SEVİM tarafından hazırlanan “OZON JENERATÖRÜ TASARIMI VE OZONLAMA KOŞULLARININ OPTİMİZASYONUNUN SAĞLANMASI” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi Elektrik Eğitimi Anabilim Dalında DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doç. Dr. Ercan Nurcan YILMAZ

Elektrik Elektronik Mühendisliği, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum



Başkan : Doç. Dr. Uğur GÜVENÇ

Elektrik Elektronik Mühendisliği, Düzce Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum



Üye : Doç. Dr. Mustafa BURUNKAYA

Elektrik Elektronik Mühendisliği, Gazi Üniversitesi

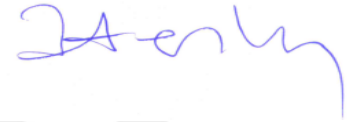
Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum



Üye : Doç. Dr. Zeki ARGUNHAN

Makine Mühendisliği, Batman Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum



Üye : Yrd. Doç. Dr. Ali SAYGIN

Elektrik Elektronik Mühendisliği, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum



Tez Savunma Tarihi: 23/12/2016

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Doktora Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....
Prof. Dr. Hadi GÖKÇEN
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Davut SEVİM

12/12/2016

OZON JENERATÖRÜ TASARIMI VE OZONLAMA KOŞULLARININ OPTİMİZASYONUNUN SAĞLANMASI

(Doktora Tezi)

Davut SEVİM

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Aralık 2016

ÖZET

Gıda endüstrisinde, taze ve doğal gıdanın üretim aşamasından tüketim aşamasına kadar geçen süreçte; üründe kalitenin korunması, raf ömrünün uzatılması ve kayıpların minimum seviyelere indirilmesi çok önemli bir yere sahiptir. Bu amaçla geliştirilen yöntemlerden birisi, dezenfektan etkisi ve ardında kalıntı bırakmaması nedeniyle sektörde başarıyla kullanılabilme potansiyeline sahip olan ozon gazı tabanlı sistemlerdir. Bu çalışmada gıdaların raf ömrünü uzatmak için mikro denetleyici tabanlı kontrolör ile deponun sıcaklığı, nemi ve ozon miktarının denetlendiği prototip bir depo kontrol sistemi tasarlanmıştır. Ozon gazının oluşumu için gerekli olan oksijen PEM (Polimer Elektrolitik Membran) yakıt pili tarafından elde edilmiştir. Daha sonra üretilen oksijen gazı ozon jeneratöründen geçirilerek mikro denetleyici kontrollü olarak depoya gönderilmiştir. Uygulama aşamasında, 1 lt saf su için 20 g, 30 g, 40 g ve 50 g sulu çözeltiler hazırlanmıştır. Oluşan ozon, oksijen ve hidrojen gaz miktarları ile ayrıca yakıt hücresinin akım, gerilim ve güç tüketim değerleri verileri kaydedilmiş ve bu veriler doğrultusunda; yakıt pilinin akım, gerilim, güç değerleri gözlemlenmiş ve daha sonra analiz edilmek üzere kayıt edilmiştir. Ayrıca yapılan testlerde geliştirilen kontrol sistemi dokuzu sabit gıda ürünü ve biri ise özellikleri değiştirilebilir ürün olmak üzere toplam on farklı üründe denenerek başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

Bilim Kodu : 90526

Anahtar Kelimeler : Ozon, PEM yakıt pili, elektronik kontrol ünitesi, mikro denetleyicili kontrol

Sayfa Adedi : 83

Danışman : Doç. Dr. Ercan Nurcan YILMAZ

OZONE GENERATOR DESIGN AND OPTIONALIZATION OF OZONING
CONDITIONS

(Ph. D. Thesis)

Davut SEVİM

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

December 2016

ABSTRACT

In the food industry, from the production phase of fresh and natural food to the consumption phase, it is very important to protect the quality of the product, extend the shelf life and reduce the losses to minimum levels. One of the methods developed for this purpose is the ozone gas based systems which have the potential to be used successfully in the sector due to the disinfectant effect and the absence of residue behind. In this study, a microcontroller based prototype warehouse control system designed to extend the shelf life of foodstuffs by controlling the temperature, humidity and amount of ozone of the tank. The oxygen required for the formation of ozone gas was obtained by PEM (Polymer Electrolytic Membrane) fuel cell. The oxygen gas was passed through the ozone generator and then the produced ozone gas was directed to the warehouse by the microcontroller. In the application stage, 20 g, 30 g, 40 g and 50 g of aqueous solutions per 1 liter of pure water were prepared. The resulting ozone, oxygen and hydrogen gas amounts and also the current, voltage and power consumptions of the fuel cell were observed and recorded for further analysis. In addition, the control system developed during the tests, were carried out in ten different products which nine of them are fixed food products and one of them with changeable features, and successful results were obtained in all conducted tests.

Science Code : 90526

Key Words : Ozone, PEM fuel cell, electronic control unit, micro-controller control

Page Number : 83

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Ercan Nurcan YILMAZ

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam süresince yardımlarıyla beni yönlendirip destek veren kıymetli danışmanım Doç. Dr. Ercan Nurcan YILMAZ' a, Tez İzleme Komitesinde bulunan ve katkılarıyla tezin gelişmesini sağlayan Doç. Dr. Mahir DURSUN ve Doç. Dr. Zeki ARGUNHAN hocalarıma, tez jürileri Doç. Dr. Uğur Güvenç, Doç. Dr. Mustafa BURUNKAYA ve Yrd. Doç. Dr. Ali SAYGIN hocalarıma, tez çalışmam boyunca yardımlarını esirgemeyen Yrd. Doç. Dr. Cafer Budak, Yrd. Doç. Dr. Ömer Faruk ERTUĞRUL, Öğr. Gör. Emre ERKAN, Öğr. Gör. Abdülkerim ÖZTEKİN, Okutman Cemil MANAP hocalarıma Gediz Elektronik şirket sahibi Emin PAKSOY ve Kuarklab şirket müdürü Zübeyir KOÇ Bey'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmayı her zaman yanımda olup bana destek veren eşim ve aileme ithaf ediyorum.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	x
RESİMLERİN LİSTESİ	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. OZON GAZI TEKNOLOJİSİ.....	5
2.1. Ozonun Genel Özellikleri.....	5
2.2. Ozonun Ana Nitelikleri	6
2.3. Ozonun Eşik Seviyeleri.....	7
2.4. Ozonun Diğer Dezenfektanlarla Karşılaştırılması	8
2.5. Ozonun Yok Ettiği Kokular	8
2.6. Ozonun Canlılar Üzerindeki Etkisi	9
2.7. Ozonun Kullanma Alanları.....	10
2.7.1. Atık su dezenfeksiyonunda ozon uygulamaları	10
2.7.2. Su dezenfeksiyonunda ozon uygulamaları	10
2.7.3. Koku gidermede ozon uygulamaları	11
2.7.4. Sağlık alanında ozon uygulamaları	11
2.7.5. Çiçekçilikte ozon uygulamaları.....	11
2.7.6. Gıda endüstrisinde ozon uygulamaları.....	12

	Sayfa
2.7.7. Et endüstrisinde ozon uygulamaları	12
2.8. Ozon Oluşumu	13
2.8.1. Ozon gazı üretim yöntemleri.....	14
2.8.2. Ozon için oksijen üretimi	14
2.8.3. Polimer Elektrolitik Membran Yakıt Pili(PEMYP).....	16
3. OZON JENERATÖRÜ TASARIMI VE BİLEŞENLERİ	17
3.1. PEM Yakıt Pili Tasarımı	18
3.2. Hidrojen ve Oksijen Tankları	25
3.3. Soğuk Hava Deposu	27
3.4. Nemlendirme Ünitesi	28
3.5. Yüksek Gerilim Güç Kaynağı	29
3.6. Ozon Odası.....	29
3.7. Ozon Sensörü	30
3.8. Sıcaklık ve Nem Sensörü	31
3.9. Güç Kaynağı.....	31
3.10. Merkezi Kontrol Ünitesi.....	32
4. UYGULAMA VE SONUÇLARI	43
4.1. Ozonlama Sistemi Uygulama Sonuçları	64
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	69
KAYNAKLAR	71
EKLER.....	77
EK-1. Patent	78
EK-2. PEM yakıt pilinin uygulama sonuçları(Manuel)	79
ÖZGEÇMİŞ	83

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Ozonun fiziksel özellikleri	6
Çizelge 2.2. Dezenfektanların oksitlenme güçleri	8
Çizelge 3.1. İletkenliği artırılmış saf suyun uygulama sonuçları.....	25
Çizelge 3.2. Soğuk hava deposunun teknik değerleri	27
Çizelge 3.3. Nem cihazının teknik değerleri.....	28
Çizelge 3.4. Programlanan ürünlerin teknik parametreleri	34
Çizelge 4.1. 20g KOH ekli PEM yakıt pil sisteminin ozonlama parametreleri	44
Çizelge 4.2. 20g KOH ekli PEM yakıt pil sisteminin ozonlama parametreleri(Manuel)	44
Çizelge 4.3. 30g KOH ekli PEM yakıt pil sisteminin ozonlama parametreleri	47
Çizelge 4.4. 30g KOH ekli PEM yakıt pil sisteminin ozonlama parametreleri(Manuel)	47
Çizelge 4.5. 40g KOH ekli PEM yakıt pil sisteminin ozonlama parametreleri	50
Çizelge 4.6. 40g KOH ekli PEM yakıt pil sisteminin ozonlama parametreleri(Manuel)	50
Çizelge 4.7. 50g KOH ekli PEM yakıt pil sisteminin ozonlama parametreleri	53
Çizelge 4.8. 50g KOH ekli PEM yakıt pil sisteminin ozonlama parametreleri(Manuel)	53
Çizelge 4.9. 0 - 30 dk arası nem-zaman değerleri.....	56
Çizelge 4.10. 30 - 60 dk arası nem-zaman değerleri.....	56
Çizelge 4.11. Sıcaklık - zaman değerleri	57
Çizelge 4.12. 0 - 15 dk arası ozon - zaman değerleri(50g)	58
Çizelge 4.13. 16 - 25 dk arası ozon - zaman değerleri(50g)	58
Çizelge 4.14. 25,1 - 30 dk arası ozon - zaman değerleri(50g)	58
Çizelge 4.15. 0 - 8 dk arası ozon - zaman değerleri(40g)	59
Çizelge 4.16. 10,1 – 18,5 dk arası ozon - zaman değerleri(40g)	59
Çizelge 4.17. 19,5 - 30 dk arası ozon - zaman değerleri(40g)	59

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Ozon Oluşumu	13
Şekil 2.2. Korona deşarjı (Corona Discharge).	14
Şekil 3.1. PEM yakıt pili destekli ozonlama sistemi	18
Şekil 3.2. Ozon sensörünün gerilim - ozon miktarı grafiği.....	31
Şekil 3.3. Besleme kart devresi.....	36
Şekil 3.4. Merkezi kontrol devresi	37
Şekil 3.5. Mikro denetleyici devresi	37
Şekil 3.6. Mikro denetleyici besleme katı.....	38
Şekil 3.7. Merkezi kontrol ünitesi ayarlama butonları devresi	38
Şekil 3.8. LCD katı devresi.....	39
Şekil 3.9. DHT21 Sıcaklık-nem sensörü ve ozon sensörü devresi	39
Şekil 3.10. LED sinyal gösterge devresi.....	40
Şekil 4.1. 20g KOH ekli PEM yakıt pil sisteminin akım-gerilim ve güç değerleri	46
Şekil 4.2. 20g KOH ekli PEM yakıt pilinin akım değerlerinin karşılaştırılması	46
Şekil 4.3. 30g KOH ekli PEM yakıt pil sisteminin akım-gerilim ve güç değerleri	49
Şekil 4.4. 30g KOH ekli PEM yakıt pilinin akım değerlerinin karşılaştırılması	49
Şekil 4.5. 40g KOH ekli PEM yakıt pil sisteminin akım-gerilim ve güç değerleri	52
Şekil 4.6. 40g KOH ekli PEM yakıt pilinin akım değerlerinin karşılaştırılması	52
Şekil 4.7. 50g KOH ekli PEM yakıt pil sisteminin akım-gerilim ve güç değerleri	55
Şekil 4.8. 50g KOH ekli PEM yakıt pilinin akım değerlerinin karşılaştırılması	55
Şekil 4.9. Bağıl nem oranının zamana göre değişimi	56
Şekil 4.10. Sıcaklığın zamana göre değişimi	57
Şekil 4.11.Ozon Zaman grafiği(50g)	58

Şekil	Sayfa
Şekil 4.12.Ozon Zaman grafiği(40g)	59
Şekil 4.13. Ozon – Sıcaklık grafiği(50g)	60
Şekil 4.14. Ozon – Sıcaklık grafiği(40g)	60
Şekil 4.15. Ozon – Sıcaklık değerlerinin karşılaştırılması(50g & 40g)	61
Şekil 4.16. Ozon – Nem grafiği(50g).....	61
Şekil 4.17. Ozon – Nem grafiği(40g).....	62
Şekil 4.18. Ozon – Nem değerlerinin karşılaştırılması(50g & 40g)	62
Şekil 4.19. Ozon – yakıt pil gücü grafiği(50g)	63
Şekil 4.20. Ozon – yakıt pil gücü grafiği(40g)	63

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 3.1. Sodyum klorür (NaCl) katkılı çözelti uygulamaları	21
Resim 3.2. Potasyum Hidroksit (KOH) katkılı çözelti uygulamaları.....	23
Resim 3.3. PEM(polimer elektrolitik membran) yakıt pili sistemi.....	24
Resim 3.4. Hidrojen tankı	26
Resim 3.5. Oksijen tankı	27
Resim 3.6. Yüksek gerilim güç kaynağı	29
Resim 3.7. Ozon odası.....	30
Resim 3.8. Ozon gaz sensörü	30
Resim 3.9. DHT21 sıcaklık ve nem sensörü	31
Resim 3.10. Güç kaynağı	32
Resim 3.11. Merkezi kontrol biriminin ön yüzeyi.....	32
Resim 3.12. Rölelerin besleme devresindeki görünüşleri	35
Resim 3.13. Merkezi kontrol biriminin röle besleme devresi.....	41
Resim 3.14. Merkezi kontrol biriminin arka yüzü.....	41
Resim 4.1. 10 gün boyunca ozonlanmayan muzun görünümü	64
Resim 4.2. 10 gün boyunca ozonlanan muzun görünümü	64

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklamalar
μ	Mikro
A	Amper
cm	Santimetre
dk	Dakika
g	Gram
H^2	Hidrojen Molekülü
hz	Hertz
kg	Kilogram
KOH	Potasyum Hidroksit
kV	Kilovolt
lt	Litre
m	Metre
ml	Mililitre
mm	Milimetre
NaCl	Sodyum Klorür
nm	Nanometre
NTU	Nefelometre Birimi
O^{-2}	Oksijen Atomu
O^2	Oksijen Molekülü
O^3	Ozon
$^{\circ}C$	Derece
Psi	Basınç Birimi
Pt-Co	Platin-Kobalt
s	Saniye
S	Siemens
V	Volt
VA	Volt amper
W	Watt

Kısaltmalar**Açıklamalar****AC**

Alternatif Akım

DC

Doğru Akım

E. Coli

Escherichia Coli

EPA

Çevre Koruma Örgütü

FDA

Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi

GRAS

Güvenilir ajanlar statüsü

LOX

Sıvı Oksijen

PEMYP

Polimer Elektrolitik Membran Yakıt Pili

PPB

Milyarda bir

PPM

Milyonda bir

UV

Ultraviyole

1. GİRİŞ

Dünya nüfusunun artmasıyla birlikte besin ihtiyacı da buna paralel artış göstermektedir. Nüfus yoğunluğu belli bölgelerde çok ciddi oranlarda artmaktadır. Bu yoğunluk artışı sonucunda gıda uzak alanlarda üretilip nüfus yoğunluğunun fazla olduğu bölgelere taşınmaktadır. Gıda maddesinin üretim aşamasından tüketim aşamasına kadar geçen sürede ürünün, sağlıklı olması, kalitenin korunması, uzun ömürlü olması ve kayıpların minimize edilmesi bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu sorunları çözmek için bilim adamları birçok çalışma yapmış ve bunlara göre yöntem geliştirmişlerdir. Serin(cool) gıda tekniği, soğuk(cold) gıda tekniği, donmuş(freeze) gıda tekniği, medikal taşıma tekniği, ozonlama tekniği, hızlı taşımacılık, emülgatör kullanımı gibi yöntemleri sayabiliriz. Yukarıda görüldüğü gibi bu yöntemlerden biri ozonlama tekniğidir. Ozonlama tekniğinde, gıda maddelerinin taşınması ve depolanması sürecinde sağlıklı bir şekilde raf ömrünü uzatma çalışmaları devam etmektedir.

Gıda ürününde hasat sonrası yapılan taşıma, depolama, işleme, paketleme gibi işlemler önemlidir. Bu işlemlerin sağlıklı ve düzenli gerçekleştirilmesi ürünün doğal ve kullanılabilirliğini arttırmaktadır. Yani ürünün raf ömrü uzamaktadır. Özellikle depolama, taşıma gibi ürünün raf ömründe önemli bir yer tutan kalemler üzerinde durulması gereken çalışmalardır. Ürünün tazeliğini koruyarak raf ömrünü uzatmak için depolama koşullarının sağlanması gerekmektedir. Bu koşullar, ürüne göre sıcaklık ve bağıl nem değerlerinin sağlanmasıdır. Ayrıca ürünün depolanması ve taşınmasında ozonlama sisteminin kullanılması, raf ömrü ve tazelik açısından güzel sonuçlar veren bir yöntemdir. Son yıllarda ozon ile ilgili yapılan çalışmaların mesafe kat etmesi sonucunda ozon gazı, gıda endüstrisinin ilgisini çekmektedir. Yine bu çalışmada da daha önceden tespiti yapılmış ürüne göre kurulacak ozon gazı ilaveli sistem, depoya veya taşıma aracına monte edilecektir.

Oksijen elementi, canlı yaşamının kaynağı ve dünyada en çok bulunan elementlerdendir. Canlıların yaşamını sağlarken canlıların aldığı besinlerin yakılmasını sağlamaktadır. Oksitlenme olarak ifade edilen bu yakma sonucunda teknolojiye de farklı amaçlarla kullanılmaktadır. Bunlardan birincisi, oksijenin oksitleme gücünü kullanarak bazı kimyasalların bağını bozmaktadır. İkincisi ise aktif oksijen sayesinde mikroorganizmaların

hücrelerini parçalamaktır. Ozon gazı oksijen molekülünün üç atomlu yapısıdır. Doğal olarak oksijenin yapabildiği her özellik ozon gazında da vardır. Gıda teknolojisi, ozonun hücreleri parçalama özelliğinden faydalanarak mikroorganizma, küf, mantar ve bakterileri yok etmektedir.

Ozon gazı doğada, doğal yolla sadece yıldırımlardan sonra meydana gelmektedir. Ozon yapı olarak kısa sürede tekrar oksijene dönüşen bir gazdır. Bu yüzden mevcut teknolojiler ile depolanamamaktadır. Gıda teknolojisinde bunu üretecek cihazlara ihtiyaç vardır. Yapılan çalışmalar ile ozon gazını yapay olarak üreten ozon jeneratörleri geliştirilmiştir. Ozon gazı üretimi ile ilgili yapılan çalışmalarda (Prabaharan, Nayar, Selva Kumar, ve Rao., 2000; Murai ve Tahara, 2005; Park, Moon, Lee ve Shin, 2006; Jodpimai, Boonduang and Limsuwan, 2015), ozon için gereken oksijen havadan veya oksijen tüplerinden sağlanmaktadır. Hava kalitesinin kötü ve yetersiz olduğu durumlarda (havadaki oksijen oranı %21) havadaki oksijenden ozon gazı üretimi sağlıklı ve kısıtlı olmaktadır. Ayrıca oksijen tüplerinin depolanması, korunma ve kullanım zorlukları gibi dezavantajları söz konusudur. Oksijen tüplerinin kullanımında güvenliğin çok iyi sağlanması gerekmektedir.

Bu tez çalışmasında, hem kötü hava koşullarının meydana getirdiği dezavantajlar hem de oksijen tüplerinin dezavantajlarını ortadan kaldıracak şekilde ozon gazı üretimi tasarlanmıştır. Çalışma, kapalı bir ortamda iletkenliği artırılmış saf suyun PEMYP(Polimer Elektrolitik Membran Yakıt Pili) desteğiyle ayrıştırılarak oksijen gazı elde etme prensibine dayanmaktadır. Elde edilen oksijen (suyun oksijen oranı %99), ozon jeneratöründen geçirilerek ozon gazı üretilip depolama alanına gönderilmektedir.

Çalışmada, gıda ürünlerinin raf ömrünü uzatacak örnek bir prototip deponun hazırlanması amaçlanmıştır. Deponun kontrolü geliştirilecek elektronik sistemlerle otomatik kontrol yapılacak şekilde tasarlanmıştır. Ayrıca depolama koşulunu daha da iyi yapabilmek için, sıcaklık ve nem kontrolü de sağlanmıştır. Sıcaklık ve nem sensörleri vasıtasıyla veriler alınmaktadır. Kontrol ünitesinde verilerin işlenmesine göre sistem kontrol edilmektedir. Depo için gereken optimum depolama koşulları sağlandıktan sonra alana ozon gazı gönderilerek, alanda bulunan mikroorganizmaların yok edilmesi sağlanmıştır. Ayrıca sabit depolardan ayrı olarak, mobil taşıma yapan frigorifik veya gemi gibi araçlara da sistemin uygulanabilecek şekilde tasarım yapılmıştır. Bu sayede ürün taşımacılığında önemli yeri olan hareketli araçlarda ürün ömrünün uzatılması sağlanmıştır.

Bu tezde, yakıt pilinden oksijen gazı elde edilmektedir. Elde edilen oksijen gazı ozon gazına dönüşmektedir. Ozon gazının kullanıldığı tüm endüstriyel alanlarında, sistemin bir parçası olan PEM yakıt pil destekli ozon gazı kullanımı yapılabilecektir. Örneğin, uygun şartlar altında elde edilen ozon, suya aktarılarak suyun temizlenmesi veya ozonlu suyun meyve ve sebze sterilizasyonu uygulamalarını sayabiliriz.

Çalışmanın, Türk Patent Enstitüsüne PATENT programı çerçevesinde “Güneş Enerjili PEM(Polimer Elektrolit Membran) Destekli Ozon Jeneratör Sistemi” başlıklı 2016 / 01504 numarası ile başvurusu yapılmıştır. Başvuru “Şekli İnceleme” aşamasını tamamlayıp “Patent Araştırma” sürecinde değerlendirilmektedir.

2. OZON GAZI TEKNOLOJİSİ

Ozon gazı, ilk olarak 1840 yılında Alman Kimyager Schonbein tarafından keşfedilmiştir. Ozon kelime olarak, yunanca “koku” anlamına gelmektedir. Ozon gazı, oksijen molekülüne bir atom daha eklenerek kararsız yapılı üç atomlu “Aktif Oksijen” olarak kullanılmaktadır (Iglesias, 2002). Ozon gazının kararsız bir gaz özelliğine sahip olmasından dolayı belirli bir süreden sonra kendiliğinden oksijen molekülüne dönüşmektedir (Bocci, Borrelli, Travagli ve Zanardi, 2009; Iglesias, 2002).

Ozon gazı teknolojisinde, ilk olarak 1900’lü yıllarının başlarında kullanılmaya başlanmıştır. Bu kullanım şekli suyun dezenfeksiyonu metodu olarak karşımıza çıkmaktadır. İlerleyen zamanlarda ozon gazının sterilizasyon özelliğinin keşfedilmesi ve çeşitlenmesiyle beraber birçok alanda ozon gazı uygulamaya konulmuştur. Ozon gazının, klor ve diğer dezenfektanlardan daha güçlü bir etkiye sahip olması ve gıdaların bulunduğu ortamdaki mikroorganizmaları inaktive etmesinden dolayı gıda sektöründe etkin bir şekilde kullanılmıştır. 1997 yılında Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi(FDA), ozonu güvenli ajanlar (GRAS) statüsüne almıştır. 2001 yılından itibaren de “gıdalarla doğrudan temasında sakınca olmadığı” yönündeki kararlar gıda endüstrisinde kullanılmaya başlamıştır. İlk etapta şişe sularının dezenfeksiyonu için kullanılan ozon daha sonra gıda sanayinde gıdaların korunmasında kullanılmaya başlanmıştır (Çatal ve İbanoğlu, 2010).

Ozon gazının dezenfektan özelliği sayesinde endüstri alanlarında gün geçtikçe kullanım alanları artmaktadır. İçme suyunun arıtılması ile başlanan süreçte, atıkların temizlenmesi, hava kalitesinin iyileştirilmesi, gıdaların muhafazası, sağlık, tekstil, tarım, hayvancılık gibi birçok alanda hızlı bir aşama kaydetmektedir.

2.1. Ozonun Genel Özellikleri

Ozon gazı, doğada doğal şekilde oluşurken yapay olarak da oluşabilen üç atomlu bir gaz şeklindedir. En önemli özelliği dezenfektan olarak karşımıza çıkmaktadır. Gıdalarda gaz ve sıvı formda kullanılırken (Rice, 2001; Marquenie ve diğerleri, 2002; Rodgers, Cash, Siddiq ve Ryser, 2004) katı formda kullanılmamaktadır.

Ozon, gaz halindeki rengi mavi iken sıvı halde ise mavi-siyah renktedir (Çatal ve İbanoğlu, 2010). Basınç ve sıcaklık altında kararsız olan ozon gazının, sudaki çözünürlüğü zayıftır. Ozon gazı, keskin bir kokuya sahip olmakla birlikte çözündükten sonra geriye herhangi bir kalıntı bırakmaz. Ayrıca ozon gazı, çözündükten sonra mikroorganizmaları hızlı bir şekilde parçalayarak yok edebilmektedir (Mahapatra, Muthukumarappan, ve Julson, 2005). Çizelge 2.1’de ozonun fiziksel özellikleri görülmektedir.

Çizelge 2.1. Ozonun fiziksel özellikleri (Iglesias, 2002)

Fiziksel Özellik	Değeri
Moleküler Ağırlık	48
Kaynama Noktası	-111,9
Erime Noktası	-192,7
Kritik Sıcaklık	-12,1
Kritik Basınç	5,53
Yoğunluğu(Gaz Olarak)	2,144
Yüzey Gerilimi	$3,84 \cdot 10^{-2}$
Isı Kapasitesi(Sıvı Olarak)	1884
Isı Kapasitesi(Gaz Olarak)	818
Buharlaştırma Enerjisi	15,2

Ozonun oksidasyon gücü oldukça yüksektir ve bilinen en kuvvetli dezenfektanlardan biridir. Ozon dezenfektasyonunda, mikropların hücre zarı parçalanmaktadır. Hücre zarı parçalanan mikrop, yok olmaktadır. Sonuç olarak, ozonun bu gücü, mikrop ve mikroorganizmaların dezenfeksiyonunda etkin rol almaktadır (Kim, Yousef ve Dave, 1999; Alparslan, Baygar, ve Yıldız, 2012).

2.2. Ozon Ana Nitelikleri

Ozon gazının temel özelliklerini maddeler halinde şu şekilde sıralayabiliriz (Alparslan ve diğerleri, 2012):

- Gıda endüstrisinde bilinen en güçlü oksidandır.
- Çevreye zarar vermeyen bir gaz özelliğine sahiptir.
- Dezenfektan etkisi klordan yaklaşık %52 daha fazladır.
- Herhangi bir tepkime için kimyasal maddeye ihtiyacı yoktur.
- Küf, mantar, bakteri ve sporları anında elimine etmektedir.
- Airborne Bacteria (havadan üreyebilen) denilen bakterilerin oluşmasını engeller.
- Mikroorganizmaların oluşmasını engellediği gibi onları okside etmektedir.
- Kendiliğinden oksijen atomuna dönüştüğü için ardında kalıntı bırakmamaktadır.
- Depolanmadığı için kullanıldığı yerde üretimi yapılmaktadır.
- Böcek popülasyonunu azaltmaktadır.
- Kimyasal maddelerden kalan atıkları okside etme özelliğine sahiptir.

2.3. Ozonun Eşik Seviyeleri

Ozon gazının konsantrasyonu, “ppm” (Parts per million-milyonda bir) olarak hava ve su için ifade edilir. Ozon konsantrasyonu, hava durumuna, mevsimlere ve coğrafi koşullara göre değişiklik arz etmektedir. Dünya üzerindeki ozon gazının yaklaşık olarak %90’ı stratosfer tabakası, %10 ise yere yakın olan troposfer tabakasında bulunmaktadır. Dolayısıyla yeryüzünde bulunan ozon gazı miktarı, yükseklerle çıkıldıkça artış göstermektedir (Balaban, 2011; Kuşçu ve Pazır, 2004, Korkmaz ve Küçükolbaşı, 2013).

Ozon gazı konsantrasyonu için geçerli olan eşik seviyeleri şu şekilde verilmiştir;

- 0.003–0.015 ppm: Kokuyu hissetme seviyesi.
- 0.005– 0.010 ppm: Orman havası.
- 0.020 ppm: Havadaki bakterileri %90 oranında yok olma seviyesi.
- 0.050 ppm: Sürekli solumaya maruz kalmada FDA emniyet seviyesi.
- 0.10 ppm: Sınırlı süre soluma(8 saat/gün) FDA emniyet seviyesi.
- 0.12 ppm: Şehir havası için EPA eşik seviyesi.
- 1.00 ppm: İnsan tolerans seviyesi (Öksürük, boğaz kuruluğu, göz yanması vb.) (Kuşçu ve Pazır, 2004).

2.4. Ozonun Diğer Dezenfektanlarla Karşılaştırılması

Ozon gazı kalıntı bırakmayan, havadaki oksijen miktarından ya da oksijen tüplerinden elde edilip, en etkin mikrop öldürücü ve koku giderici olarak bilinen tek doğal dezenfektandır. Çizelge 2.2’ de görüleceği üzere, ozon gazının diğer dezenfektanlara göre çok daha güçlü oluşu, bulunduğu ortamda bulunan mikroorganizmaları inaktive etmesi, kullanım kolaylığı, tat ve kokuyu yok etmesi, kimyasal kalıntı bırakmaması gibi avantajlarından dolayı gıda endüstrisinin yanında diğer alanlarda da kullanımı giderek artmaktadır.

Çizelge 2.2. Dezenfektanların oksitlenme güçleri (Iglesias, 2002)

Dezenfektan	Oksitlenme Gücü(V)
Flor	3,03
Hidroksil Radikali	2,80
Atomik Oksijen	2,42
Ozon	2,07
Hidrojen Peroksit	1,77
Permanganat	1,67
Hypobromous Asit	1,59
Klor Dioksit	1,50
Hypochlorous Asit	1,49
Hypoiodus Asit	1,45
Klor Gazı	1,36
Brom	1,09
İyot	0,54

2.5. Ozonun Yok Ettiği Kokular

Ozon gazının yok ettiği kokulardan bazılarını şu şekilde sıralayabiliriz (Alparslan ve diğerleri, 2012; Perincek, 2006):

- Hastane ve medikal kokuları,
- Yangın kokuları,
- Kömür kokuları,
- Sigara ve küf kokuları,
- Et, tavuk ve balık kokuları,
- Yemek, yağ, soğan ve sarımsak kokuları,
- Su kokusu ve arıtma tesisi kokuları,
- Halı ve boya kokuları,
- Alkol ve benzin kokuları,
- Hayvan, çöplük, lağım ve leş kokularıdır.

2.6. Ozonun Canlılar Üzerindeki Etkisi

Ozon gazı, çok çabuk reaksiyona girip hızla tükenerek oksijene dönüştüğü için depolanma imkânına sahip değildir. Ozon gazı, sınırlı bir ömre sahiptir. Reaksiyona gireceği hiçbir kimyasal madde olmayıp tamamen steril bir ortama sahip olduğu halde kendiliğinden bozularak oksijene dönüşür. Dolayısıyla kullanılacağı yerde üretilmelidir (Mahapatra ve diğerleri, 2005; Balaban, 2011). Kendiliğinden bozularak oksijene dönüşmesi ve yok olması “Yarı Ömür” adı verilmektedir. Yarı ömür, ozon konsantrasyonunun yarıya düşmesi için geçen süre olarak ifade edilir (Balaban, 2011). Bu süre, havanın sıcaklığına göre değişkenlik gösterir. Sıcaklık ile ozon gazının konsantrasyonu ters orantılıdır. Yüksek sıcaklıkta ozonun bozulması artmakta olup ozon konsantrasyonu düşük seviyede kalmaktadır. Düşük sıcaklıkta ozonun bozulması az olduğundan ozon konsantrasyonu artmaktadır (Kuşçu ve Pazır, 2004; Öztürk ve Eren, 2010).

İnsanlar ve hayvanların bulunduğu ortamda, insan sağlığına etki edecek seviyenin üzerinde ozon gazı uygulaması yapılmamalıdır. Çünkü bu seviyenin aşılması durumunda, geniz, göz, burun ve akciğer gibi dokularda tahriş meydana gelmektedir. Amerikan Hijyen Kongresinde, çalışma alanlarında 0,1 ppm miktarındaki ozon seviyesine 8 saat süreyle maruz kalmasının hiçbir yan etkisinin olmadığını tespit edilmiştir (XU, 1999; Khadre, Yousef ve Kim, 2001). Ozon gazının bitkiler üzerinde zararlı bir etkisinin olduğu görülmemiştir.

2.7. Ozonun Kullanma Alanları

Ozon gazı, ilk zamanlarda Hollanda'da içme suyunun arıtılmasında kullanılmıştır. Hollanda'yı Avrupa Devletleri ve Amerika Birleşik Devletleri takip ederek ozon gazını kullanmaya başlamıştır. Gün geçtikçe ozonun kullanım alanları çeşitlenerek geniş bir alanı kapsamıştır. İçme sularının ve atık sularının temizlenmesi, yüzme havuzlarının temizliği, gıda ürünlerinin üretimi, işlenmesi ve depolanması, tarım, hayvancılık, sağlık, tekstil gibi alanlarda kullanılmaktadır (Öztürk ve Eren, 2010).

Ozon gazı, atık sulardaki sağlıksız ve zehirli kimyasalları yok ederken, insan sağlığı için koruma görevini gerçekleştirmektedir. Suyun temizliğinde, suyun şeffaflaşmasını sağlamada, ağır metaller ile sudaki amonyak ve nitrik kimyasalları uzaklaştırmaktadır. Suyun ve havanın kalitesini arttırmada görev alan ozon gazı, sentetik ve organik bileşikler yok etme işlevini yerine getirmektedir (Öztürk ve Eren, 2010).

2.7.1. Atık su dezenfeksiyonunda ozon uygulamaları

Ozonun en geniş çapta kullanıldığı sahalardan biri, kimyasal ve biyolojik işlem görmüş atık ve atık suların dezenfeksiyonudur. Özellikle işletmelerdeki kimyasal atıklar, insan sağlığını ve çevre hayatını tehdit edici boyutlara ulaştırmaktadır. Ozon gazı, zehirli kimyasalları dezenfekte ederken, canlıların yaşadığı yerlerde akan atık sularının temizlenmesinde önemli rol oynar (Perincek, 2006).

2.7.2. Su dezenfeksiyonunda ozon uygulamaları

Ozonun su arıtma tesislerinde ilk kullanımı 1906 yılında iken FDA, işlenmiş şişe sularında ozon kullanımına 1982 yılında izin vermiştir. Ozon sudaki organik ve inorganik mikroorganizmaları etkisiz hale getirirken, demir, manganez ve nitritler gibi inorganik maddeleri de çözünmez hale getirerek uygun bir yolla bu maddelerin uzaklaştırılmasını sağlamaktadır. Ozon gazı işlemine tabi tutulan sularda, istenmeyen renk, koku ve bulanıklığın giderilmesinde oldukça etkili olduğu görülmüştür (Kuşçu ve Pazır, 2004).

2.7.3. Koku gidermede ozon uygulamaları

Havada ve su içerisinde oluşan kötü kokuların kaynağı sentetik veya organik bileşiklerin ozonla giderilmesi konusunda başarılı sonuçlar ortaya koymaktadır.

Koku gidermede ozon gazının çok geniş uygulama alanları bulunmaktadır. Evler, oteller, yemek fabrikaları, deri fabrikaları, çiftlikler, benzin istasyonları, ilaç fabrikaları ve soğuk hava depolarında oldukça iyi sonuçlar ortaya koymaktadır (Perincek, 2006).

2.7.4. Sağlık alanında ozon uygulamaları

Sağlıkta ozon tedavisi, belirli bir miktarda ozon/oksijen karışımının vücut boşluklarına ya da dolaşım sistemine uygulanmasıdır. Uygulanan ozon tedavi yöntemleri, organizmanın antioksidan savunma sistemini desteklerken, dokulara oksijenin daha kolay ulaşmasını sağlama durumudur (Kutlubay, Engin, Serdaroğlu ve Tüzün, 2010; Korkmaz ve Küçükkolbaşı, 2013).

Ozon tedavisi, diyabetik ülser hastalıklarında, virüslere bağlı hastalıklar, kalp yetmezliğinde, damar hasarına bağlı hastalıklar, solunum sistemi hastalıklarında, kanser tedavisinde kemoterapi ve radyoterapinin etkinliğini artırmada, Alzheimer, Parkinson, migren tedavilerinde ve oral mukoza hastalıklarının tedavilerinde kullanılmaktadır (Kutlubay ve diğerleri, 2010).

2.7.5. Çiçekçilikte ozon uygulamaları

Çiçeklerin görünümlerini kaybetmemeleri ve ömürlerinin kısa zamanda sona ermemesi için ürünlerin belirli bir soğuk hava koşullarında tutulması veya depolanması gerekmektedir. Çünkü sıcaklık ve nem koşullarının kötü olduğu durumlarda çiçeklerin ömrü çok kısa olup ölmektedirler. Bu sebeple çiçeklerin üzerinde veya etrafında oluşacak zararlı madde ve organizmaların dezenfekte edilmesinde, ömürlerinin uzatılmasında ve görünümünün bozulmamasını sağlamada ozonun etkisi oldukça yüksektir (Perincek, 2006).

2.7.6. Gıda endüstrisinde ozon uygulamaları

Ozon gazı, ilk olarak içme sularının temizlenme çalışmalarından (Von Gunten, 2003a, 2003b; Chand, Bremner, Namkung, Collier ve Gogate, 2007) sonra atık su sterilizasyonunda (Orta de Valasquez, Rojas-Valencia ve Reales-Pineda, 2006; Beltran, Garcia-Araya, Rivas, Alvarez ve Rodriguez, 2000) kullanılmıştır. İlerleyen yıllarda ozonun birçok alanda kullanılmasıyla birlikte gıda endüstrisi de ozon kullanımından faydalanmaya başlamıştır. Gıda endüstrisi, ozonun GRAS sınıfına alındıktan sonra gıda çalışmalarına hız vermiştir. Zeytin ve zeytinyağında (Canizares, Lobato, Paz, Rodrigo and Saez, 2007; Heng, Yeung, Djafer ve Schrotter, 2007; Monteagudo, Carmona ve Duran, 2005), şarap üretiminde (Beltran, Garcia-Araya ve Alvarez, 2001; Benitez, Real, Acero, Garcia ve Sanchez, 2003), ekmek ve hamurun kalitesinin artırılmasında, tahıllarda (Demir, A Elgün ve M.S. Elgün, 2011) dezenfektan olarak sıvı ve gaz şeklinde kullanmışlardır. Gıda endüstrileri, ozonun çok fonksiyonlu özelliği sayesinde geleceğin en önemli dezenfektanlardan biri olacağı kanaatinde dirler (Guzel-Seydim, Greene ve Seydim, 2004).

Yapılan araştırmalarda, ozonla hazırlanmış suyun kullanıldığı ortamda yeşilbiberlerde (Ketteringham, Gausseres, S.J. James ve C. James, 2006) az miktarda, lahana (Fisher ve diğerleri, 2000), sitrus (Karaca, 2010), marul, çilek, elma ve kavunda (Beltran, Selma, Marin ve Gil, 2005) çok fazla miktarda mikrobiyel azalmalar belirlenmiştir. Sebze ve meyve üzerinde yapılan araştırma uygulamalarında, önemli derecede Escherichia Coli (Achen ve Yousef, 2001; Klingman ve Christy, 2000), küf ve maya (Palou, Smilanick, Crisosto ve Mansour, 2001; Palou, Crisosto, Smilanick, Adaskaveg ve Zoffoli, 2002; Ogawa, Feliciano ve Manji, 1990; Perez, Sanz, Rios, R. Olias ve J. M. Olias, 1999; Nadas, Olmo ve Garcia, 2003) azalmaları görülmüştür (Kim, Yousef ve Chism, 1998; Kim ve Yousef, 2000; Koseki, Yoshida, Isobe ve Itoh, 2001; N. Singh, R.K. Singh, Bhunia ve Stroshine, 2002; Garcia, Mount ve Davidson, 2003; İnan, Pala ve Doymaz, 2007, Zhang, Lu, Yu ve Gao, 2005).

2.7.7. Et endüstrisinde ozon uygulamaları

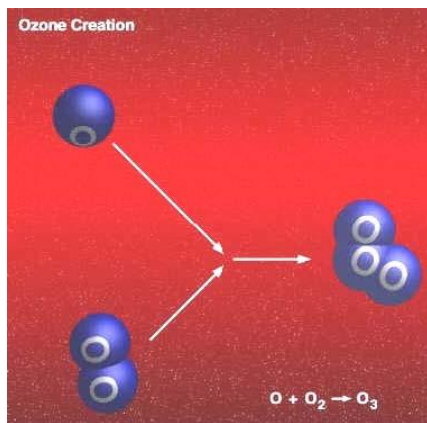
Son yıllarda hayvan kesimlerinin yapıldığı yerler ve hayvan kesim aletlerinin sterilize edilmesinde, hayvan karkaslarının temizlenmesinde, et ve et ürünlerinin ambalajlanması ve depolanması aşamalarında ozon gazı kullanılmaktadır (Stivarius, Pohlman, Mc Elyea, ve

Apple, 2002). Bunun yanında tavuk etlerinin muhafazası, kuluçka makinaları, folluklar, tavuk karkasları ve karkas soğutmada test edilmişlerdir. Testler sonucunda bakteri popülasyonunda ve küflerde azalmalar meydana gelmiştir. Ozon ve klor ile yapılan çalışmalarda, ozonun klordan 125 kat daha hızlı E. Coli'yi öldürdüğü sonucu ortaya çıkmıştır (Pelletier, 2008).

2.8. Ozon Oluşumu

Güneş etrafında bulunan gezegenlere yüksek enerjili UV (ultraviyole) ışınları gönderir. Dünyamıza gelen bu ışınlar havada bulunan oksijen moleküllerini (O_2) parçalamaktadır. Parçalanmış oksijen molekülleri serbest haldeki oksijen atomlarına (O^2) dönüşür. Serbest hale gelen oksijen atomları ortama gelen UV ışınlarına maruz kalarak parçalanmayan oksijen molekülleri ile birleşerek ozonu (O_3) oluştururlar (Şekil 2.1). Yüksek enerjili ultraviyole radyasyonu ozonun hem oluşumunda hem de parçalanmasında etkin rol almaktadır (Perincek, 2006; Öztürk ve Eren, 2010).

İnsan kaynaklı olmayıp doğal yollarla, yıldırımın oluştuğu yüksek voltajlı elektrik boşalımı ile ozon gazı meydana gelmektedir. Yıldırımdan ya da sağanak yağışlardan sonra meydana gelen temiz ve taze koku, havada oluşan ozon gazının kokusudur (Perincek, 2006; Öztürk ve Eren, 2010).



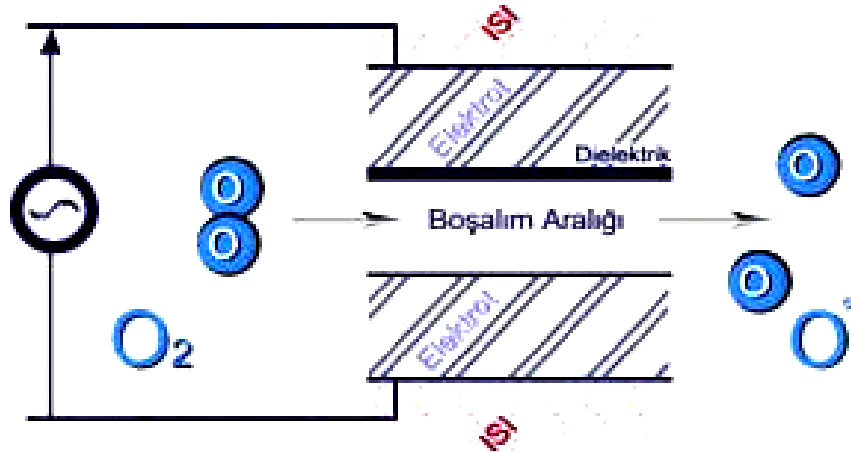
Şekil 2.1. Ozon Oluşumu (Perincek, 2006)

2.8.1. Ozon gazı üretim yöntemleri

Doğal olmayan yolla (teknolojik yöntem) ozon üretmek için genellikle iki metot kullanılır. Birincisi 185 nm’de Ultraviyole (UV) kullanımı, ikincisi ise Corona Discharge yöntemidir (Strickland ve Perkins, 1995).

Ultraviyole (UV) yöntemiyle ozon oluşturulmasında, 185 nm ışık üreten bir lambanın etrafında hava geçişi esnasında UV etkisiyle oksijen molekülleri parçalanarak atomlarına ayrılır. Ayrılan atomlar kararsız olduklarından dolayı diğer oksijen molekülleri ile birleşerek ozonu oluştururlar (Öztürk ve Eren, 2010).

Korona deşarjı (Corona Discharge) yöntemi ise Şekil 2.2’ de görüleceği üzere, korona ile ifade edilen elektrik deşarj olayıdır. Elektrik alanı yeterince güçlü olduğunda iletkenin etrafındaki akışkanın iyonizasyonu ile gerçekleşir. Bunu sağlayan kısım dielektrik kısımdır. Elektrik yükü dielektrik yüzeyine dağılarak koronayı oluşturur. İyonizasyonu sonucu iyonlar, yüksek potansiyele sahip bölgelerden düşük potansiyele sahip bölgelere taşınmaktadır (Perincek, 2006; Alparslan ve diğerleri, 2012).



Şekil 2.2. Korona deşarjı (Corona Discharge) (Perincek, 2006).

2.8.2. Ozon için oksijen üretimi

Yüksek konsantrasyon ve miktarda ozon üretebilmek için yüksek bir elektrik alana, bu elektrik alanından yüksek oranda oksijen geçirilerek üretim gerçekleştirilir. Yüksek

enerjiden dolayı bazı oksijen molekülleri parçalanıp diğer oksijen molekülleri ile birleşerek ozonu oluşturur. Ozon depolanamadığı için olduğu yerde üretilmesi gerekir. Bu amaçla ozon jeneratörleri tasarlanmıştır. Ozon jeneratörlerinden oksijen geçişini sağlamak için çeşitli yöntemler kullanılmıştır. Bunlar: (Alparslan ve diğerleri 2012)

1. Kuru Hava
2. PSA Oksijeni
3. Sıvılaştırılmış Saf Oksijen(LOX)

Kuru hava

Havadaki oksijen oranı yaklaşık olarak %21' dir. Ozon üretimi için gereken oksijen moleküllerinin havadan karşılanması şekli kuru hava olarak adlandırılmaktadır. Hava, ozon jeneratörüne gönderilmeden önce filtrelenerek istenmeyen partiküller filtrede tutulur. Filtrede tutulan parçacıklar atmosfere tekrar iade edilirken, filtreden geçen hava kurutularak jeneratöre gönderilir. Böylece ozon jeneratörü için gereken oksijen elde edilmiştir (Balaban, 2011).

PSA oksijeni

PSA oksijeni, azotu alınmış kuru hava olarak ifade edilir. Basıncı hava sağlayıcısından çıkan hava filtrelerden geçirilir. Filtrelerden geçen hava, kurutuculara gönderilir. Kurutuculardan geçirilen basınçlı, temiz ve kuru hava, depolama tankında depolanır. Sonraki aşamada oksijen jeneratörüne gelen kuru ve temiz hava ayrıştırılarak oksijen depolama tankına gönderilir. Oksijen tankında kalan gazlar dış ortama aktarılarak oksijen elde edilmiş olur (Balaban, 2011).

Sıvılaştırılmış saf oksijen(LOX)

Saf oksijen üretici kuruluşlar tarafından ozon sisteminin bulunduğu yere uygun hacimde LOX (sıvı oksijen) tankı kurulur. LOX tankındaki sıvı oksijen, evaporatör yardımıyla gaz haline dönüştürülerek ozon jeneratörleri beslenir. Düşük kapasiteler için küçük oksijen tüpleri de kullanılabilir. Bu tüplerde gaz formunda sıkıştırılmış saf oksijen bulunmaktadır (Balaban, 2011).

2.8.3. Polimer Elektrolitik Membran Yakıt Pili (PEMYP)

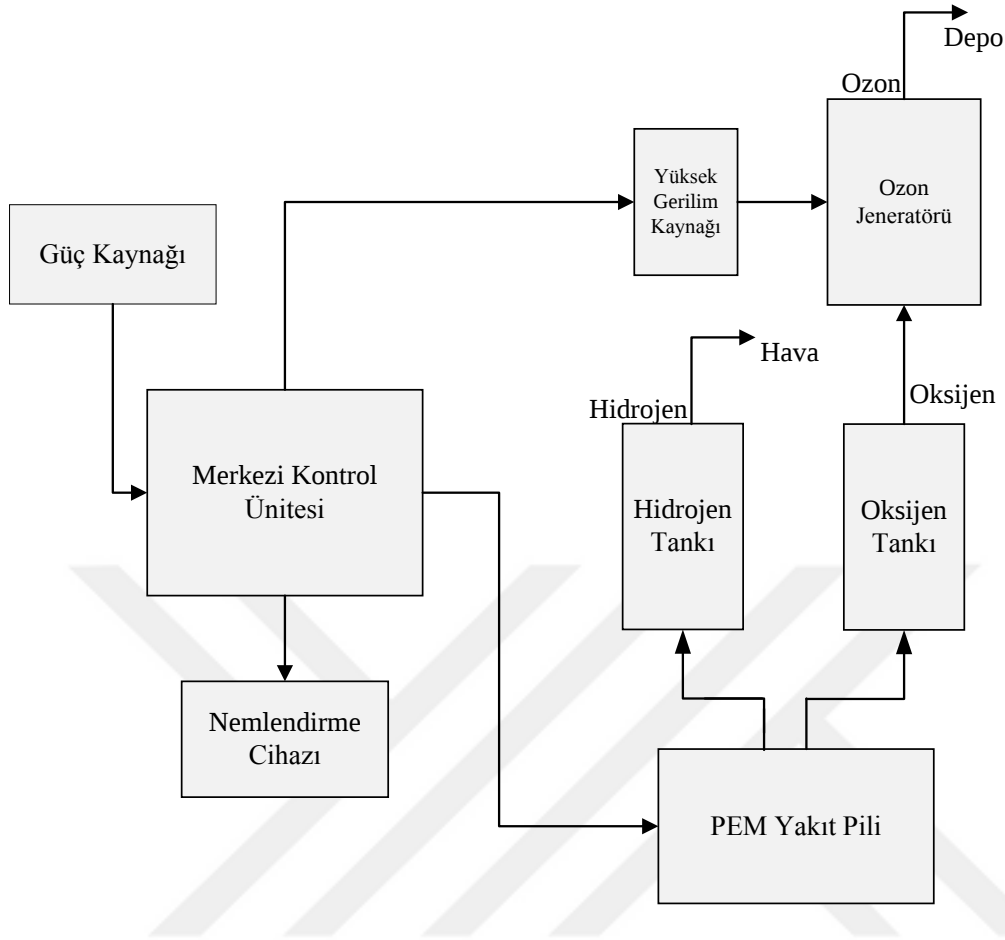
Geçtiğimiz yüzyılda, insan nüfusunun artışı ve gelişen teknolojiyle birlikte enerji tüketiminde hızlı bir artış söz konusudur. Ayrıca küresel ısınma problemi gibi çevresel etkilerin ciddi boyutlara ulaşması ve fosil yakıt kaynaklı enerji kaynaklarının sınırlılığı, günümüzde birçok endişe ve sorunların oluşmasına neden olmuştur. Bu sorunları ortadan kaldırmak için küresel tedbir ve planlamalar yapmak gerekmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları bu sorunlara çözüm olarak ortaya çıkmaktadır. Hidrojen enerjisi, yenilenebilir enerji kaynaklarının en önemlilerinden bir tanesidir. Hidrojenin yakıt olarak kullanıldığı yakıt pilleri de bu enerjinin en önemli kullanım alanlarından (Ural, Gümüş ve Gençoğlu, 2007).

Yakıt pilleri, kimyasal enerjiyi elektrik enerjisine çeviren yüksek verimli elektrokimyasal aygıtlardır (Mann ve diğerleri, 2000). Bu sebeple, dünyada yakıt pillerinin popülaritesi artarak devam etmektedir (Bender, Wilson ve Zawodzinski, 2003). Yakıt pili sistemi, diğer enerji sistemlerine göre daha yüksek verimliliğe sahiptir. Bu verimlilik, %40-60 civarında elektriksel verimliliğe, %80 oranında toplam verimlilik seviyelerine çıkabilmektedir (Baschuk ve Li, 2000). Yakıt piller arasında PEM yakıt pillerinin, düşük çalışma sıcaklığı, yüksek güç yoğunluğu ve hızlı çalışma gibi avantajları vardır. Bunun yanında gürültü probleminin olmaması PEM yakıt pilinin cazibesini arttırmaktadır (Berning, Lu ve Djilali, 2002).

3. OZON JENERATÖRÜ TASARIMI VE BİLEŞENLERİ

Bu tezde, geliştirilen ozon jeneratörünü kullanarak ozonlama koşullarının optimizasyonu, doğal ve güvenilir gıda ürününün üretim aşamasından tüketim aşamasına kadar geçen süreçte kalitesinin korunması, raf ömrünün uzatılması için gereken ozon gazının üretilip uygulama alanına aktarılması amaçlanmıştır. Çünkü gıda ürününün yılın tüm zamanlarında temini, tazeliği ve sağlıklı kalması önemli bir sorundur. Özellikle tarım ürünlerinin hasattan sonra, taşınması ve depolanmasında önemli kayıplar söz konusu olmaktadır. Bu sorunu minimize edebilmek için taşıma ve depolamada ozonlama sistemi uygulamaları gerçekleştirilmektedir.

Ozonlama sisteminde, öncelikle uygun depolama koşullarının sağlanması gerekir. Bu koşullar, ürünün özelliklerine bağlı olarak depolama alanının sıcaklık ve nem değerine göre belirlenmektedir. Çalışmamızda, gıda ürünleri için gereken depolama koşulları sağlanarak, depolama alanına ozon gazı enjekte edilmektedir. Böylece ürünlerin uygun depolama şartları sağlanarak, ozon gazıyla birlikte ürünlere etki edebilecek dış kaynaklı tüm mikroorganizmalar yok edilmektedir. Çalışmada, tüm devre elemanları ve kontrollerin elektronik yöntemlerle sağlandığı örnek bir prototip depo sistemi tasarlanmıştır. Tasarımı yapılan depolama sistemi Şekil 3.1’ de görülmektedir. Sistem, soğuk hava deposu, ozon jeneratörü, nemlendirme birimi, PEM yakıt pili ve merkezi kontrol ünitesinden oluşmaktadır. Kontrolü sağlanacak sistem tasarımı, deponun hemen yanına bir deney düzeneğinin üzerine montajlanmıştır. Mobil deney düzeneği istenilen yere kolayca taşınabilecek şekilde dizayn edilmiştir. Depo olarak kullanılacak cihaz mini bir buzdolabıdır. Tüm sistem deney düzeneğine bağlı olup sistem için gereken enerji şebekeden(AC 220V/50Hz) karşılanmaktadır.



Şekil 3.1. PEM yakıt pili destekli ozonlama sistemi

3.1. PEM Yakıt Pili Tasarımı

Soluduğumuz havanın bileşimi, yaklaşık olarak %78 oranında azot gazı, %21 oranında oksijen gazı ve geriye kalan %1 oranında ise diğer gaz moleküllerinden meydana gelmektedir. Dolayısıyla havadaki oksijen oranının, ozon gazına dönüşme oranı ortamda bulunduğu miktar ile orantılıdır. Bu durumu göz önüne aldığımızda, havanın kurutulup havada bulunan azot moleküllerinin tutularak oksijen moleküllerinin ozon gazına dönüşümü, ortamdaki oksijen oranı kadar olacaktır. Diğer bir açıdan suyu ele alırsak, kendisini oluşturan atomlara ayrıştırılırsa daha büyük oranda oksijen atomu elde edilmiş olacaktır. Çünkü su, hidrojen ve oksijen atomlarının birleşiminden meydana gelmektedir. Bu birleşme Eş. 3.1’de görülmektedir.



Buna göre suda bulunan oksijenin ozona dönüşme oranı yaklaşık olarak %99 civarındadır. Dolayısıyla suyun ayrıştırılmasıyla elde edilen oksijen oranı havadan elde edilen oksijen oranının yaklaşık 4-5 katı kadardır. Bu tez uygulamasında yakıt pili yardımıyla suyun içindeki oksijenin ayrıştırılması sağlanmıştır. Ayrıştırılan yüksek orandaki oksijen sonra ozon gazına dönüştürülmüştür. Oksijen harici olarak oluşan gazlardan hidrojen atmosfere verilirken oksijen gazı ise ozon jeneratörü yardımıyla ozona dönüşmektedir. İstenirse hidrojen gazı da ayrı bir yerde depolanıp başka bir amaçla kullanılabilecektir.

Havayı oluşturan gazlar(oksijen, azot) ve diğer hava partikülleri ozon jeneratörüne ulaşmadan önce çeşitli filtrelerden geçirilmektedirler. Bu filtrelerin amacı, oksijen dışındaki tüm gaz ve hava parçacıklarının filtrelerde tutulup atmosfere tekrar iade edilmesidir. Yapılan uygulamalarda her ne kadar kaliteli filtreleme gerçekleştirilse de oksijen dışındaki gaz ve hava partikülleri ozon odasına geçmektedir. Düşük enerjili ozon molekülleri kararsız halde olduğundan havadaki azot gazının ve nemin oksitlenmesine sebep olmaktadır. Bu oksitlenme sonucunda, istenmeyen bileşimli gazlar oluşmaktadır. Tasarımını yaptığımız tezde, saf su kullanılarak yakıt pili destekli sistemde elde edilen oksijen kapalı bir ortamda gerçekleştiği ve hava ile temas etmediği için başka gazlarla tepkimeye girmemektedir. Dolayısıyla havadan kaynaklanabilecek problemler çalışmamızda meydana gelmemektedir. Ayrıca gıda taşımacılığı yapan yük gemileri, frigorifik araçlar ve tren vagonları gibi araçların dünyanın birçok yerine seyahati esnasında hava kalitesinin değişkenlik gösterdiği durumlarda, ozon jeneratörlerinden geçen gazlar çok daha büyük problemlere sebep olmaktadır. Bu problemlere çözüm olarak, sudan elde edilecek ozonlama sisteminin verimi havadan elde edilecek sistemden daha sağlıklı ve kaliteli olacaktır.

Tüm ozonlama sistemlerinde olduğu gibi gıda ürününün raf ömrünü uzatma çalışmalarında, ozon gazı için gereken oksijen gazını elde etme yöntemlerinden biri de oksijen tüplerinde bulunan oksijen gazının kullanılması yöntemidir. Oksijen gazının, yakıcı bir gaz özelliğinde olmasından dolayı depo edilmesi durumunda son derece özenli, güvenli ve etkili bir depolama yapılması gerekmektedir. Tüpte bekletilen oksijen gazı, ozon oluşumu esnasında aktif olarak kullanılırken, diğer zamanlarında ise pasif olarak bekletilmektedir. Bu durumu güvenlik sorunlarını ortaya çıkarmaktadır. Dolayısıyla tüpün güvenli bir şekilde depo edilmesi gerekmektedir. Bu çalışma, oksijen tüplerinin kullanımı ve depolanmasında meydana gelen güvenlik sorunlarını en asgari seviyeye indirmektedir.

Çünkü suyun, yakıt hücresi, oksijen tüpü ve hidrojen tankında bekletilmesinde hiçbir güvenlik ve patlama tehlikesi bulunmamaktadır. Ozonlama yapılacağı durumda sistem aktif olarak çalışır ve ortaya çıkan tepkime ve olaylarda hiçbir patlama durumu söz konusu olmaz. Hidrojen tankında bulunan hidrojen gazı açık uçtan atmosfere aktarılmaktadır. Oluşan oksijen gazı ise sıkıştırılmadan ozon odasına gönderilerek ozon gazını meydana getirmektedir. Pasif durumda ise yakıt hücresi çalışmadığı için oksijen ve hidrojen gazları oluşmamakta ve patlama riski gibi güvenlik sorunları meydana gelmemektedir.

Tez çalışmasında, oksijen üretimi için saf su kullanılmaktadır. Bunun sebebi, suyun içinde birçok organik ve inorganik madde ve minerallerin bulunmasıdır. Özellikle suda bulunan klor maddesi yakıt pilinin içerisinde tortu oluşturarak zamanla suyun ayrışmasını etkileyerek hidrojen ve oksijen gazlarının oluşum verimini azaltmaktadır. Aynı şekilde suyun içinde istenmeyen mineraller de ayrışma esnasında ve sonrasında verimi düşüren etkenler arasında yer almaktadır. Bu sebeplerden dolayı saf suyun kullanımı şebeke suyundan daha verimli olmaktadır. Saf suyun iletkenlik seviyesi çok düşük olduğundan dolayı suyun iletkenliğinin artırılması gerekmektedir. Bu aşamada saf suyun iletkenliğini arttırmak için Sodyum Klorür (NaCl) kullanılmıştır. Sodyum klorür kimyasal madde katkılı çözelti su ile yapılan uygulamalarda çok büyük sorunlar meydana gelmiştir. Resim 3.1’ de görüleceği üzere yakıt pilinin çıkış uçlarında, oksijen ve hidrojen tanklarına giden borularda siyah karartılar olduğu görülmüştür. Yakıt pilinden çıkan su ve nemli gazın rengi oldukça karadır. Çünkü sodyum klorür madde eklenen sulu çözeltiliye elektrik verildiğinde, suyun ayrışmasıyla beraber yakıt pilinin içinde bulunan siyah plastik zar zarar görmektedir. Uygulamalar 1 lt su için 10 g, 20 g, 30 g, 40 g, 50 g ve son olarak 100 g’ lık sodyum klorür eklenerek çözelti oluşturularak yapılmıştır. Her çözelti sonucunda karartılar oluşurken, özellikle 1 lt su için 50 g ve 100 g’ lık kimyasal madde eklenerek oluşturulan çözeltilerde çok hızlı bir şekilde gaz ve sıvı karışımı siyah karartı ve parçacıklar ortaya çıkmıştır. Bu uygulamalarda, yakıt piline uygulanan elektrik enerjisinin akım değeri hızla artarak maksimum değer olan 15-16 Amper seviyelerine kadar çıkmaktadır. Yakıt pilinin akım değeri 6,5 - 7 A civarında olduğu durumlarda bile suyun içinde siyah karartılar (parçacıklar) ortaya çıkmaktadır. Yakıt pilinin bu durum karşısında zarar görmeye başlaması neticesinde sodyum klorür katkılı hazırlanan tüm çalışmalara son verilmiştir. Böylece yakıt piline zarar vermeyecek yeni bir katkı maddeli su çözeltisi hazırlanarak uygulamalar tamamlanmıştır.



a)



b)



c)



d)

Resim 3.1. Sodyum klorür (NaCl) katkılı çözelti uygulamaları



e)



f)



h)



i)

Resim 3.1. (devam) Sodyum klorür (NaCl) katkılı çözelti uygulamaları

Çalışmada sodyum klorür ile hazırlanan sulu çözelti uygulamaları sonlandırıldıktan sonra Potasyum Hidroksit(KOH) kimyasal maddesi katılarak hazırlanan sulu çözelti uygulamaları yapılmıştır. Yapılan uygulamalarda 1 lt su için 20 g, 30 g, 40 g ve 50 g lık potasyum hidroksit kimyasal madde eklenerek iletkenliği artırılmış sulu çözeltiler

oluşturulmuştur. Uygulamalar sonucunda Resim 3.2' de görüleceği üzere karartılar sona ermiştir.



a)



b)

Resim 3.2. Potasyum Hidroksit(KOH) katkılı çözelti uygulamaları

PEM yakıt pili sistemi Resim 3.3' te görülmektedir. PEM yakıt pili, dikdörtgen şeklinde olup eni 53 mm, boyu 142 mm, yüksekliği ise 190 mm'dir. Üst üste paketlenen 11 adet 1 mm kalınlık ve 120*160 mm ebadında çelik sacın arasına 2 mm kalınlığında Neopran conta malzemesi konarak üretilmiştir. Çelik saclara 12 V DC gerilim uygulamak için birbirinden izolasyonu sağlanmış şekilde iki adet uç çıkarılmıştır. Bu uçlara gerilim uygulayarak suyun ayrıştırılması gerçekleştirilmektedir.



Resim 3.3. PEM(polimer elektrolitik membran) yakıt pili sistemi

Yakıt pilinden dışarı doğru 1 adet giriş, 2 adet çıkış olmak üzere 3 adet uç çıkarılmıştır. Bu uçlarda 8mm' lik esnek, şeffaf plastik hortumlar vasıtasıyla su ve gaz alışverişi gerçekleşmektedir. Merkezi kontrol birimi tarafından yakıt piline enerji verilmesi durumunda, hidrojen ve oksijen tanklarından yakıt piline su gelirken, yakıt pilinden de tanklara suyla karışık hidrojen ve oksijen gaz akışı sağlanmaktadır. Tanklarda bulunan oksijen ve hidrojen gazları tankın üst kısmına çıkarken, su ise tankın alt kısmında kalmaktadır. Tankların alt kısmındaki su, altta bulunan uçtan yakıt piline tekrar akmaktadır. Bu sirkülasyon sonucunda su sürekli kullanılmaktadır. Böylece sisteme ilave edilecek ek bir depo yapılmasına gerek kalmadığı gibi ek maliyetin oluşması da engellenmiştir. Bu kullanım şekli frigorifik tarzı taşıma araçlarında önemli bir kazanım olarak ortaya çıkmaktadır. Çünkü mobil araçlarda ek olarak su deposu bulundurulması, deponun araca entegre edilmesi gibi zorunlulukları ortadan kaldırdığı gibi oluşabilecek ek maliyetlerin de önüne geçmektedir.

PEM yakıt pili sisteminde su tekrar tekrar kullanılmaktadır. Yakıt pilinde su ayrışmaya başladıktan sonra suyun renginde sararmalar oluşmaktadır. Normal suyun sararması saf suyun sararmasından daha hızlı ve daha çabuk meydana gelmektedir. Kimyasal madde eklenerek kullanılan su, yakıt pilinin içinde ayrışıp hidrojen ve oksijen tanklarına ulaştıktan sonra çeşitli kimyasal tepkime ve renk değişimlerine uğramaktadırlar. Bu değişimler pH, iletkenlik, bulanıklık ve renk değişimi olarak karşımıza çıkmaktadır.

Çalışmada, potasyum hidroksit katılarak hazırlanmış sulu çözeltiler neticesinde yakıt pili ile uygulamalar gerçekleştirilmiştir. Uygulamadan önce ve uygulamadan sonra olmak üzere her değer için iki adet su numunesi alınmıştır. Bu numuneler su arıtma tesisindeki laboratuvarlarda akreditasyon sertifikasına sahip test cihazlarına tabi tutulmuştur. Test cihazlarından alınan teknik değerler:

- İletkenlik: SM 2510-B Elektrometrik Metot,
- Bulanıklık: SM 2130-B Nefelometrik Metot,
- Renk: Spektrofotometrik Metot,
- pH: SM 4500-H⁺ B Elektrometrik Metot yöntemine göre çalışmaktadır.

Saf suyun çözelti oluşturulmadan önceki değeri 011,00 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ' dir. Uygulamalardan alınan test değerleri Çizelge 3.1' de görülmektedir.

Çizelge 3.1. İletkenliği arttırılmış saf suyun uygulama sonuçları

Değer	20g Önce	20g Sonra	30g Önce	30g Sonra	40g Önce	40g Sonra	50g Önce	50g Sonra
pH	13,17	13,27	13,44	13,47	13,57	13,6	13,68	13,72
İletkenlik	65,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$	66,3 $\mu\text{S}/\text{cm}$	106,4 $\mu\text{S}/\text{cm}$	108,6 $\mu\text{S}/\text{cm}$	138,4 $\mu\text{S}/\text{cm}$	138,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$	170,6 $\mu\text{S}/\text{cm}$	175,7 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Bulanıklık	1,64 NTU	22,1 NTU	1,3 NTU	16,3 NTU	1,8 NTU	9,1 NTU	1,02 NTU	3,7 NTU
Renk	5 Pt-Co	180 Pt-Co	15 Pt-Co	184 Pt-Co	15 Pt-Co	97 Pt-Co	8 Pt-Co	56 Pt-Co

3.2. Hidrojen ve Oksijen Tankları

Resim 3.4' te hidrojen tankı gösterilmiştir. Hidrojen tankı dikdörtgenler şeklinde şeffaf plastik malzemeden üretilmiştir. Tankın içinde bulunan suyun niteliğini ve seviyesini görmek için şeffaf malzemeden yapılmıştır. Tankın boyutları ise yaklaşık eni 60 mm, boyu 105 mm, yüksekliği 180 mm kadardır.

Yakıt pilinin hemen üzerinde deney sehпасına montajlanmış şekilde aynı seviyede bir adet hidrojen tankı ve bir adet oksijen cam silindirden meydana gelmektedir. Hem hidrojen

tankının hem de oksijen tankının alt kısmında yakıt piline suyun akmasını sağlayan uç, üstte ise iki adet uç bulunmaktadır. Hidrojen tankının uçlarından birincisine yakıt pilinden su ile karışık hidrojen gazı gelmektedir. Tankın belirli bir seviyesine kadar kimyasal madde ile iletkenliği artırılmış su, geri kalan bölümde ise hidrojen gazı bulunmaktadır. Böylece yakıt pilinden gelen nemli gazın sulu kısmı aşağı inip suya karışırken gaz kısmı ise yukarıda kalmaktadır. Suyun devridaimi sağlanarak tekrar tekrar kullanılmaktadır. Üst kısımda biriken hidrojen gazı ise üçüncü uç tarafından atmosfere bırakılmaktadır.



Resim 3.4. Hidrojen tankı

Resim 3.5’ te oksijen tankı gösterilmiştir. Oksijen tankı silindir şeklinde şeffaf cam malzemeden üretilmiştir. Tankın içinde bulunan suyun niteliğini ve seviyesini görmek için şeffaf cam malzemeden yapılmıştır. Oksijen tankının çapı 40 mm, yüksekliği ise 190 mm dir.

Oksijen tankındaki durum, hidrojen tankındaki duruma benzemektedir. Üst bölümde bulunan birinci ucun görevi, yakıt pilinden ayrılan nemli ve sulu oksijen gazının tanka ulaşmasını sağlamaktır. Böylece tankın içinde belirli bir seviyeye kadar su bulunurken diğer bölümde ise oksijen gazı bulunur. Oksijen tankının son ucunun görevi, ozon jeneratörüne oksijen sağlamaktır. Ozon jeneratörü, oksijen tankının hemen üzerine monte edilmiştir. Böylece ozon jeneratörünün ihtiyacı olan oksijen gazı elde edilmiştir. Yakıt pili ile oksijen tankı, hidrojen tankı arasında sadece su ve gaz akışını sağlayan plastik hortum

bağlantıları vardır. Bunun dışında herhangi bir elektriksel veya mekaniksel bağlantı mevcut değildir.



Resim 3.5.Oksijen tankı

3.3. Soğuk Hava Deposu

Bu tezde uygulama alanı olarak seçilen depo VESTEL marka BC-130 model mini buzdolabı olup teknik özellikleri Çizelge 3.2’ de görülmektedir. Buzdolabının ihtiyacı olan enerji ve kontrolü merkezi kontrol ünitesinden karşılanmaktadır. Böylece kontrol bölümünden yapılan program dâhilinde istenen sıcaklık değerine göre buzdolabı çalışmaktadır.

Çizelge 3.2. Soğuk hava deposunun teknik değerleri

MODEL	BC-130
NET HACİM	130 Lt
SOĞUTUCU HACMİ	116 Lt
DONDURUCU HACMİ	14 Lt
VOLTAJ DEĞERİ	220-240V
FERKANS DEĞERİ	50Hz

Çizelge 3.2. (devam) Soğuk hava deposunun teknik değerleri

GİRİŞ GÜCÜ	95W
İKLİM SINIFI	T
AKIM DEĞERİ	0.7A
SOĞUTUCU GAZ	R600a
GAZ MİKTARI	25g
POLİÜRETAN	C ₅ H ₁₀
NET AĞIRLIK	35kg
ÜRÜN ÖLÇÜLERİ	85*56*55

3.4. Nemlendirme Ünitesi

Bu tezde uygulama alanının ihtiyacı olan nemi sisteme uygulayacak cihaz ROSSMAX marka nemlendirme cihazıdır. Nemlendirme cihazının teknik özellikleri Çizelge 3.3’ te görülmektedir. Cihazın ihtiyacı olan enerji(AC 220V/50Hz) ve kontrol merkezi kontrol biriminden karşılanmaktadır. Böylece kontrol bölümünden yapılan program dâhilinde istenen nem değerine göre nemlendirme cihazı çalışmaktadır. Nem cihazından soğutma dolabına 17 mm çapında plastik şeffaf hortum vasıtasıyla nem gönderilmektedir.

Çizelge 3.3. Nem cihazının teknik değerleri

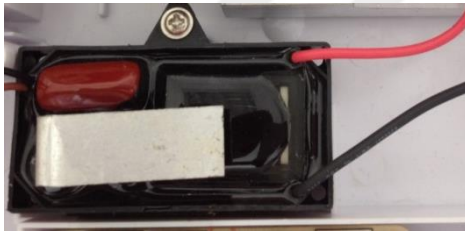
GÜÇ	AC 230V/50Hz
GÜÇ SARFIYATI	180VA
SES DÜZEYİ	≤60
KOMPRESÖR BASINÇ ALANI	29 – 43 Psi
İŞLETİM BASINÇ ALANI	10 – 16 Psi
HAZNE ISIALANI	-25 °C – 70 °C
HAZNE NEM ORANI	10–95 %
BOYUTLAR (U x G x Y)	275mm x 192mm x 100 mm

Çizelge 3.3.(devam) Nem cihazının teknik değerleri

AĞIRLIK	1764 g
MEDİKASYON KAPASİTESİ	5 ml

3.5. Yüksek Gerilim Güç Kaynağı

Ozon jeneratörünün ozon odasında; oksijen gazının, ozon gazına dönüşümü gerçekleşmektedir. Bu dönüşümün gerçekleşmesi için ozon odasının yüksek gerilime ihtiyacı vardır. Yüksek gerilimi sağlayacak kaynak Resim 3.6' da görülmektedir. Transformatörün primer sargısına 220 V / 50 Hz Alternatif Akım(AC) uygulanırken sekonder sargısından 5 KV alternatif gerilim değeri elde edilmektedir. Yüksek gerilim güç kaynağının ihtiyaç duyduğu gerilim ve kontrol merkezi kontrol birimi tarafından sağlanmaktadır. Böylece kontrol biriminden yapılan programlama dâhilinde ozon jeneratörü çalıştırılıp durdurulmaktadır.



Resim 3.6. Yüksek gerilim güç kaynağı

3.6. Ozon Odası

Tezde oksijen gazının ozon gazına dönüştürülen kısım olan ozon odası Resim 3.7' de görülmektedir. Oksijen tankından oksijen miktarına göre dönüşüm gerçekleşir. Cihaz deşarj tüp olarak yüksek gerilim altında çalışmaktadır. Ozon jeneratörü silindir şeklinde üretilmekte olup elektrik atlama ve kısa devrelere karşı dış ortamdan izole edilmiştir. Yüksek gerilimin uygulanacağı silindirik elektrotlar özel maddeden üretilmiştir. Silindirik tüpün çapı 17 mm yüksekliği ise 30 mm' dir. Yüksek gerilim uygulanmasında deşarj tüpünün ısınma problemine karşı cihaz alüminyum aparatın üzerine monte edilmiştir. Hava akışının artırılması ve cihazın soğutulması için cihazın alüminyum aparatı kanallar şeklinde yapılmıştır.



Resim 3.7. Ozon odası

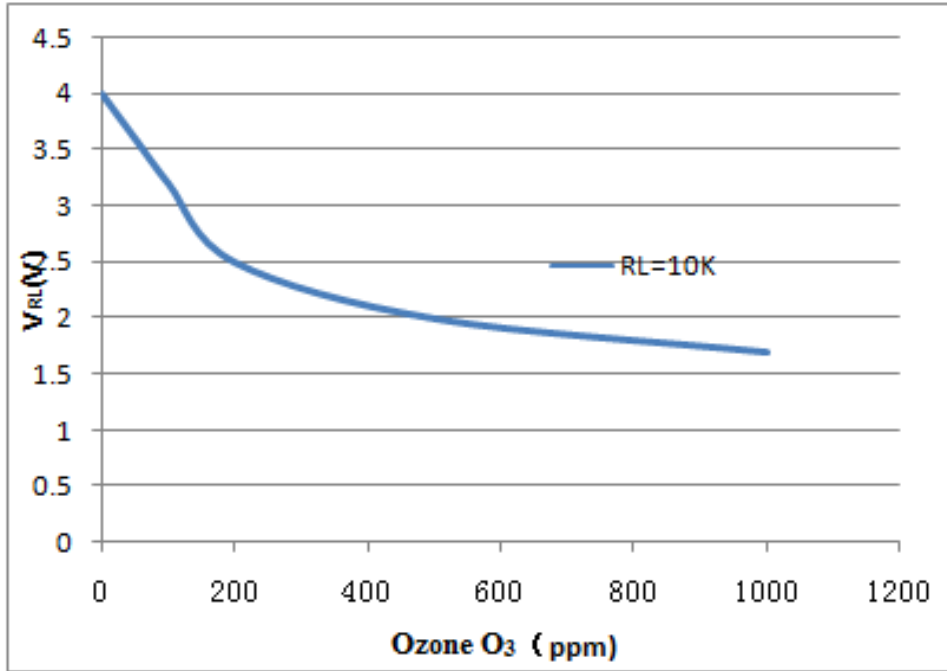
3.7. Ozon Sensörü

Çalışmada kullanılan Winsen firmasının MQ-131 model ozon sensörü Resim 3.8’ de görülmektedir. Çalışma prensibi olarak, ozonlu hava direnci ile temiz hava direncinin oranına göre ölçüm yapmaktadır.



Resim 3.8. Ozon gaz sensörü

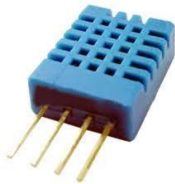
Ozon gazının çalışma grafiği Şekil 3.2’ de görülmektedir. Ozon ölçümleri bu grafik baz alınarak yapılmıştır. Sensörün analog ucundan alınan bilgi doğrultusunda ölçümler gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.2. Ozon sensörünün gerilim - ozon miktarı grafiği

3.8. Sıcaklık ve Nem Sensörü

Tezde kullanılan DHT11 model sıcaklık ve nem sensörü dijital çıkış sinyali veren bir algılayıcıdır. 8 bit işlemciye sahip olan algılayıcının özelliği hızlı tepki vermesidir. Çalışma sıcaklığı 0 °C – 50 °C arasında olup 2 °C' lik hata payına sahiptir. Çalışma nem aralığı %20 - %90 arasında olup %5 hata payı ile ölçüm yapmaktadır. Resim 3.9' da DHT21 sensörünün görünümü görülmektedir.



Resim 3.9 DHT21 sıcaklık ve nem sensörü

3.9. Güç Kaynağı

Bu çalışmada kullanılan tüm cihaz ve makinelerin enerji ihtiyacını karşılayan kaynaktır. Kaynağın girişine şebekeden 220 V / 50 Hz' lik alternatif akım uygulanırken kaynağın çıkışından hem alternatif akım hem de doğru akım elektrik enerjisi elde edilmektedir.

Şebekeden alınan alternatif akım enerjisi güç kaynağı tarafından çeşitlenip düzeltilerek merkezi kontrol birimine iletilmektedir. Merkezi kontrol birimine 12 V DC ve 220 V AC elektrik enerjisi gelmektedir. Böylece tüm cihazların istediği gerilim değeri elde edilmektedir. Çalışmada INTAW firmasına ait S-201-12 model güç kaynağı kullanılmıştır(Resim 3.10).



Resim 3.10. Güç kaynağı

3.10. Merkezi Kontrol Ünitesi

Tasarlanan merkezi kontrol ünitesi iki bölümden oluşmaktadır. Birinci bölüm kontrol devre tasarımından oluşurken, ikinci bölüm ise cihazlara enerji sağlayan besleme devresinden meydana gelmektedir. Her iki bölüm için ayrı ayrı devre kartları tasarlanmıştır.



Resim 3.11. Merkezi kontrol biriminin ön yüzeyi

Resim 3.11’ de merkezi kontrol biriminin ön yüzeyinde görüleceği üzere üst kısımda LCD ekran, sağ altta ayarlama butonları ve sol altta ise LED göstergeler bulunmaktadır. LCD ekranından sistemin, çalışması, çalışma süresi, gıda modelinin seçimi, depolama kriterleri gibi sistemin özelliklerinin anlık durumunun görünmesi sağlamaktadır. Led göstergeler, hangi cihazın aktif veya pasif olduğunu gösterirken en altta bulunan kırmızı led ise ozon seviyesinin belirlenen seviyeyi aşması durumunda sinyal vermektedir. Böylece ozon sensöründen gelen sinyalin ayarlanan ozon seviyesinin üzerine çıkması durumunda, merkezi kontrol birimi tarafından ozon jeneratörünün devre dışı bırakıldığı ve ozon gazının kesildiği ifade edilmektedir.

PEM yakıt pili destekli ozon jeneratörü tasarımı, tüm sistem merkezi kontrol birimi(ünitesi) tarafından kontrol edilmektedir. Merkezi kontrol birimi, sistemdeki tüm cihazların kontrolünü ve enerjisini program dâhilinde kontrol etmektedir. Kontrol birimi, depodaki sıcaklık, nem ve ozon gazını programda yazılı ürüne göre kontrol eder. Bu kontrolü sağlarken, nem değerinin değişimine göre nem cihazını çalıştırıp durdururken, sıcaklık durumuna göre de deponun soğutma sistemini çalıştırıp durdurur. Bunun yanında önceden zamanlaması ayarlanmış olan ozon miktarını istenen seviyeye çıkarmak için ozon jeneratörü ile yakıt pilini beraber çalıştırıp durdurur. Çünkü ozon gazı için gereken oksijeni yakıt pili karşılamaktadır. Dolayısıyla yakıt pili çalıştığı sürece ozon jeneratörü de çalışacaktır.

Çalışmada, toplam 10 adet ürün seçimi için programlama yapılmıştır. Programlamada ürünlerin sıcaklık, nem ve ozonlama parametrelerinin teknik değerleri Çizelge 3.4’ te verilmektedir. Bunlardan 9 tanesi gıda ürünü seçilirken bir tanesi bu ürünlerin dışındadır. Son seçenek ise programda yer almayan ürünlerden herhangi birini seçebilmek adına ürün değerlerini manuel olarak “Diğer” seçeneğidir. Şayet program numaralandırmada ilk 9 seçenekten herhangi biri seçilirse, sistem, kendi içinde merkezi kontrol ünitesindeki programlama kartına direktif vererek sadece seçilen ürünün koşullarını sağlayarak çalışmaya başlar. Seçilecek ürün, program numarasında belirtilen ürünlerden değilse, manuel olarak “diğer” seçeneği seçildikten sonra sırayla parametreler ekranda görülerek seçim yapılacaktır. Seçimden sonra onaylama tuşuyla birlikte istenen değerler doğrultusunda sistem çalışmaktadır. Manuel girilebilecek değerler, ozonlama süresi için 1 - 60 dk, bekleme süresi için 0 – 24 saat, sıcaklık için 0 – 30 °C ve bağıl nem oranı için ise yüzde olarak 0 - 100 arasında programlanmıştır.

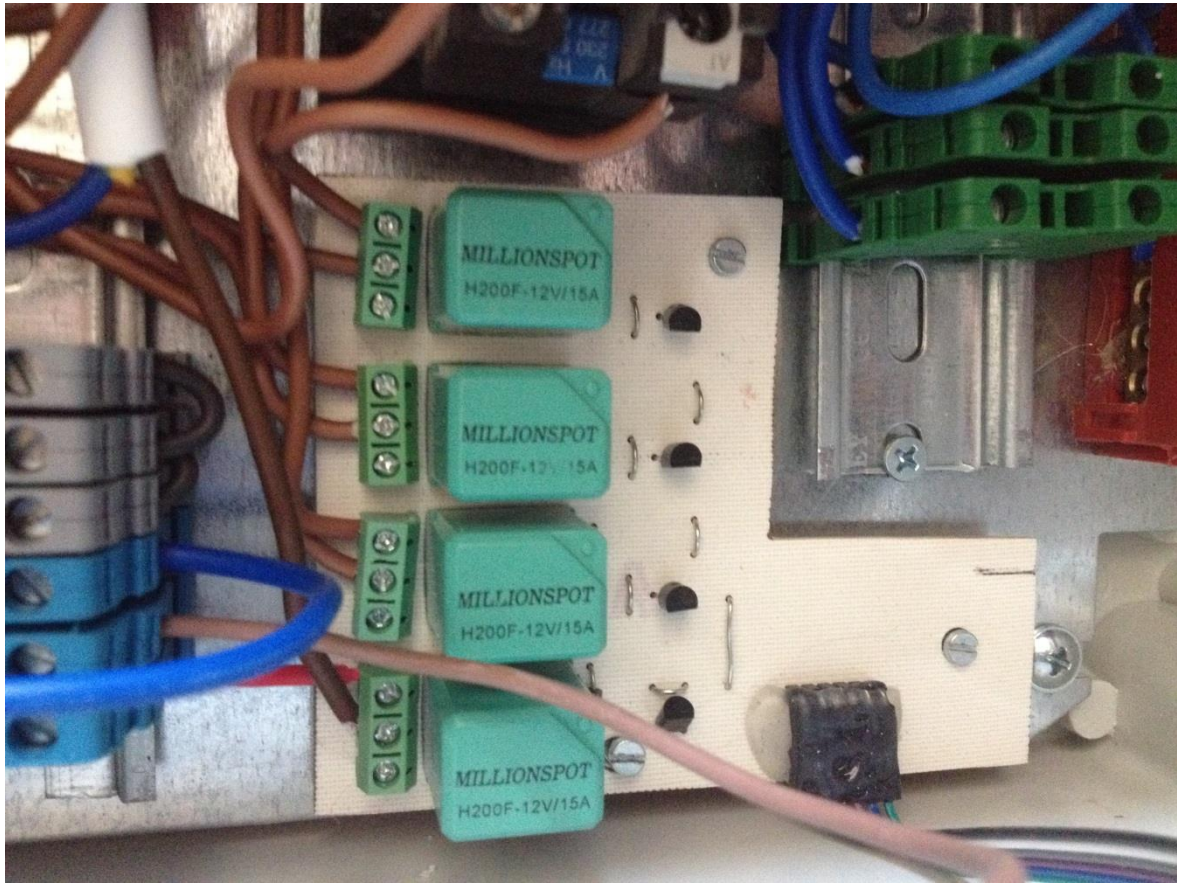
Çizelge 3.4. Programlanan ürünlerin teknik parametreleri

Prog. No	Ürün	Ozonlama (dk)	Bekleme (saat)	Sıcaklık °C	Nem %
1	Biber	30	24	9	90
2	Çilek	30	24	2	90
3	Domates	30	24	10	85
4	Kavun	30	24	5	85
5	Limon	30	24	10	85
6	Muz	30	24	13	85
7	Nar	30	24	6	90
8	Portakal	30	24	6	85
9	Salatalık	30	24	10	90
10	Diğer	1-30	24	2-30	1-100

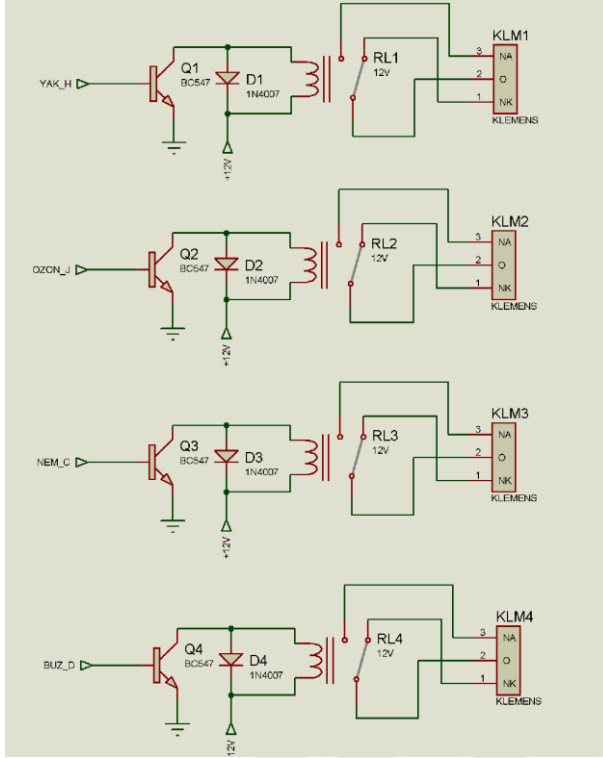
Sistem tasarımına göre merkezi kontrol birimi güç kaynağından enerjisini almaktadır. Güç kaynağından merkezi kontrol birimine gelen elektrik enerjisi, merkezi kontrol birimi tarafından cihazlara dağıtılmaktadır. Bu dağıtımın sağlanabilmesi amacıyla besleme kartı tasarımı yapılmıştır. Besleme kart tasarımında her cihaza ait birer röle olmak üzere dört adet röle ve bir adet kontaktör kullanılmıştır. Devrede kullanılan kontaktör, SIEMENS marka 3TF41 kodlu kontaktör modelidir. Uygulama deposu olarak seçilen buzdolabının devreye alınma esnasında çektiği yüksek akımdan korumak amacıyla kontaktör kullanılmıştır.

Güç kaynağının çıkışından hem 12 V DC hem de 220 V AC gerilimleri alınabilmektedir. Bu durum, çalışmada kullanılan tüm cihazların ihtiyaç duyduğu gerilim değerlerini karşılamaktadır. Dolayısıyla devreye ek herhangi bir dönüştürücüye gerek kalmamıştır. Besleme kartındaki rölelerden biri ozon jeneratörünün kontrolünde, biri yakıt pilinin kontrolünde, biri nem cihazının kontrolünde ve sonuncusu da buzdolabı kontrolünde kullanılmaktadır. Röleler MILLIONSPOT firmasının H200F Model 12 V / 15 A DC akım

taşıma kapasiteli rölelerdir. Resim 3.12’ de rölelerin besleme devresindeki görünüşleri ve klemenslere bağlantıları görülmektedir. Ozon jeneratörü, buzdolabı ve nem cihazının ihtiyacı olan 220 V AC, yakıt pilinin ihtiyacı olan 12 V DC röleler vasıtasıyla sağlanırken kontrolleri ise merkezi kontrol birimi tarafından yapılmaktadır. Devre elemanlarının bağlantıları, montajı ve devre takibi gibi sorunları azaltmak ve kolay kurulumu sağlamak için klemensler kullanılmıştır. Şekil 3.3’ te ise besleme kart devresi görülmektedir. Sistemde kullanılan dört adet cihazın kontrolünü sağlayan röleler ve bunlara bağlı diyot, transistör ve bağlantı elemanlarının devre çizimindeki şekilleri görülmektedir.

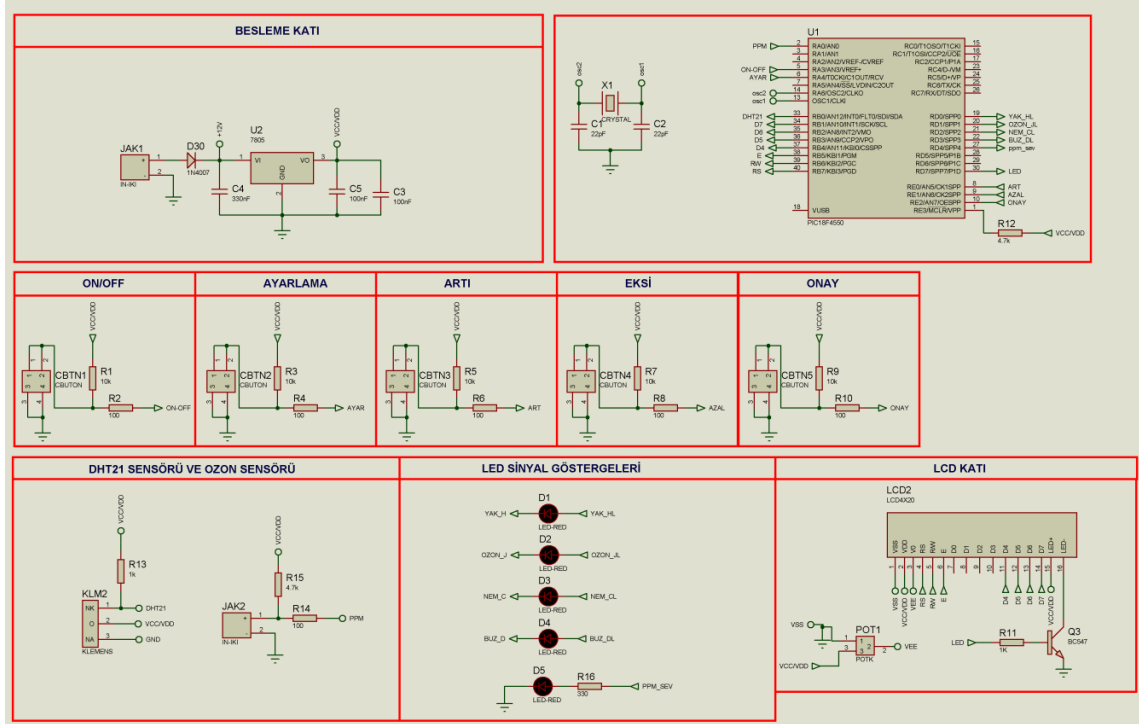


Resim 3.12. Rölelerin besleme devresindeki görünüşleri



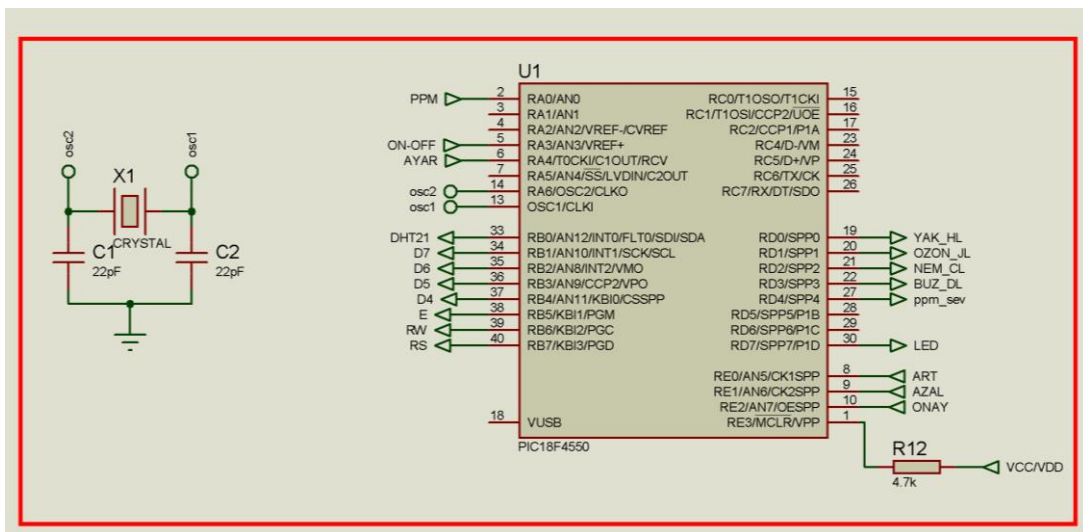
Şekil 3.3. Besleme kart devresi

Tasarımın iyi görünebilmesi için merkezi kontrol devresi şekil 3.4’ te görüleceği üzere tek parça halinde verilmiştir. Tasarımda bağlantıların birbirine karışmasını engellemek için her cihazın kontrolü yan yana görünecek şekilde dizayn edilmiştir. Böylece tasarımda devre elemanlarının takibi ve kontrolü daha kolay yapılırken, bağlantıların birbiri üzerine geçişleri de engellenmiştir.

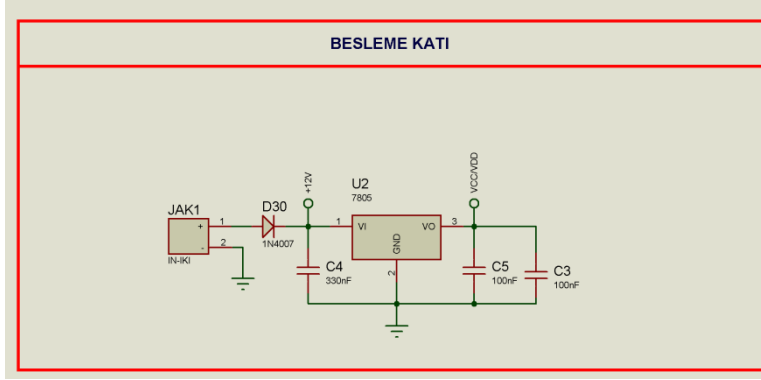


Şekil 3.4. Merkezi kontrol devresi

Merkezi kontrol ünitesinin kart kontrolünün sağlandığı mikro denetleyici devresi şekil 3.5’ te görülmektedir. Devrede kullanılan mikro denetleyici PIC18F4550 elemanıdır. Denetleyicinin hangi portlarının kullanıldığı şekil üzerinde görülmektedir. Mikro denetleyicinin çalışması için gereken 5 V DC enerji 7805 regülatörü tarafından sağlanmıştır. Denetleyicinin besleme katı şekil 3.6’ da görülmektedir.

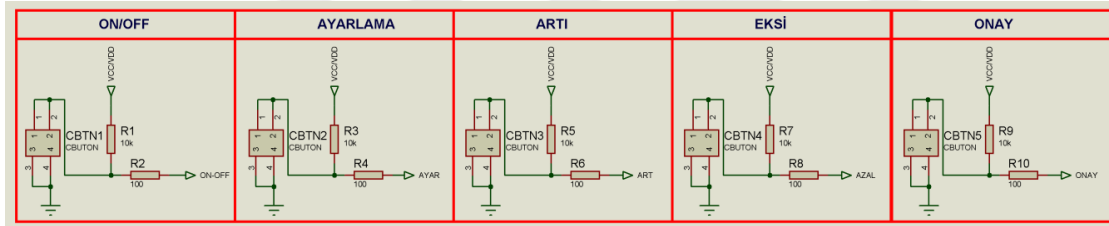


Şekil 3.5. Mikro denetleyici devresi



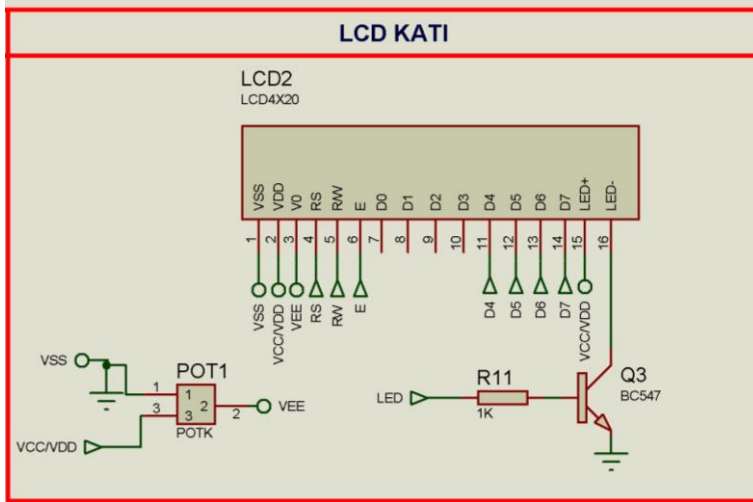
Şekil 3.6. Mikro denetleyici besleme katı

Merkezi kontrol ünitesinde sistemin çalışması, durdurulması, sistem parametrelerinin seçimi gibi ayarlamaları gerçekleştirmek için ayarlama butonları bulunmaktadır. Sistemin tüm işlemlerini gerçekleştiren elemanlar ayarlama butonlarıdır. Bunlar 5 adet olup devresi merkezi kontrol ünitesinin ön kapağına monte edilmiştir. Şekil 3.7’ de merkezi kontrol ünitesinde bulunan ayarlama butonlarının devresi görülmektedir.

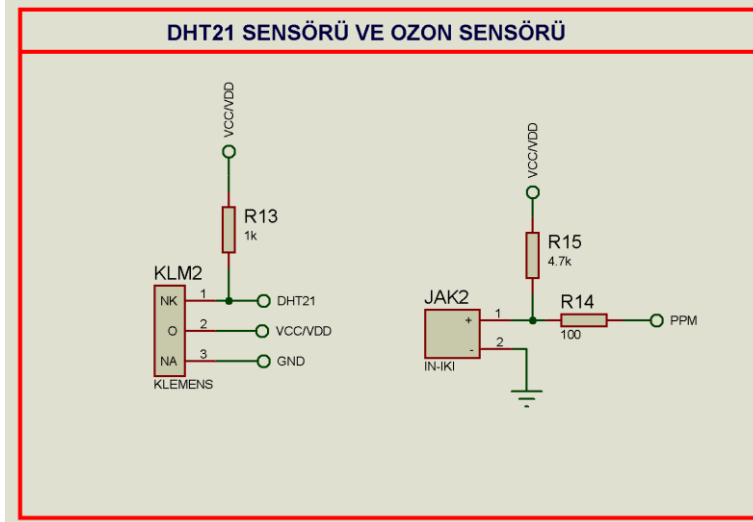


Şekil 3.7. Merkezi kontrol ünitesi ayarlama butonları devresi

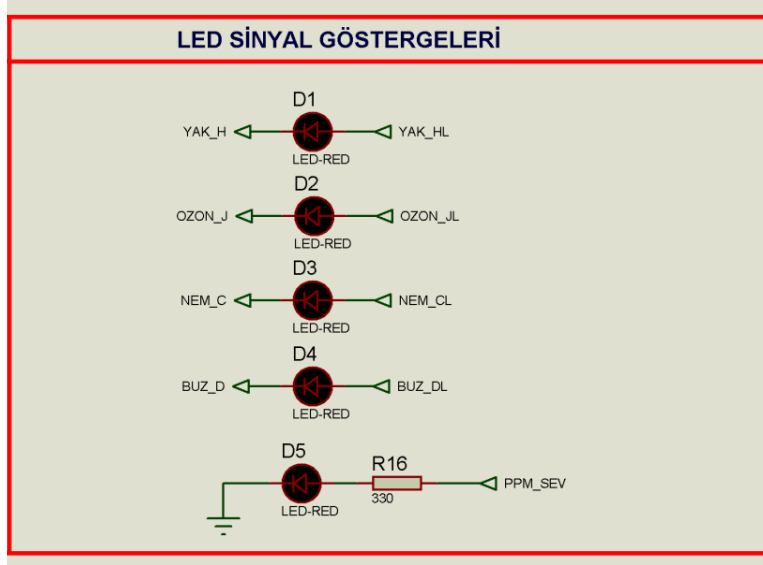
Şekil 3.8’ de LCD katının devresi görülmektedir. Tüm sistemin çalışmasını ekranda görmeyi sağlamaktadır. Devre elamanlarının çalışıp çalışmadığını, parametre seçimini, parametre değerleri ve ölçümlerini anlık görmemizi sağlamaktadır. Şekil 3.9’ da DHT21 sıcaklık-nem sensörü ve ozon sensörü devresi görülmektedir.



Şekil 3.8. LCD katı devresi



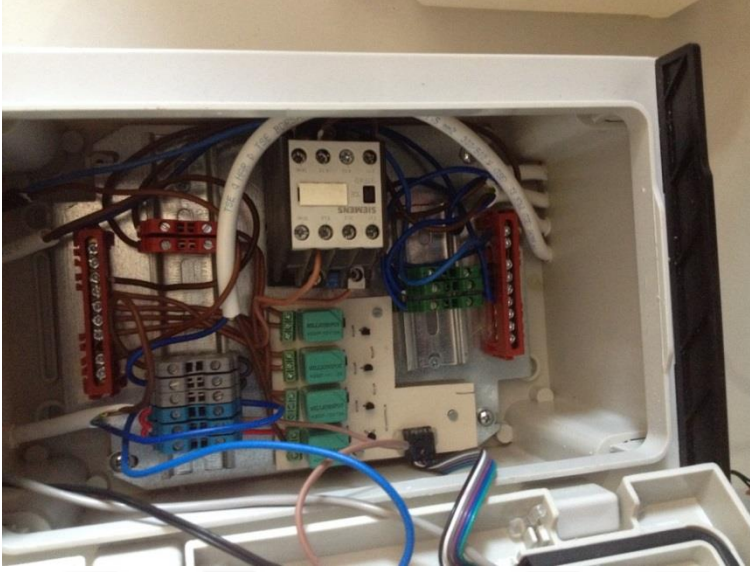
Şekil 3.9. DHT21 Sıcaklık-nem sensörü ve ozon sensörü devresi



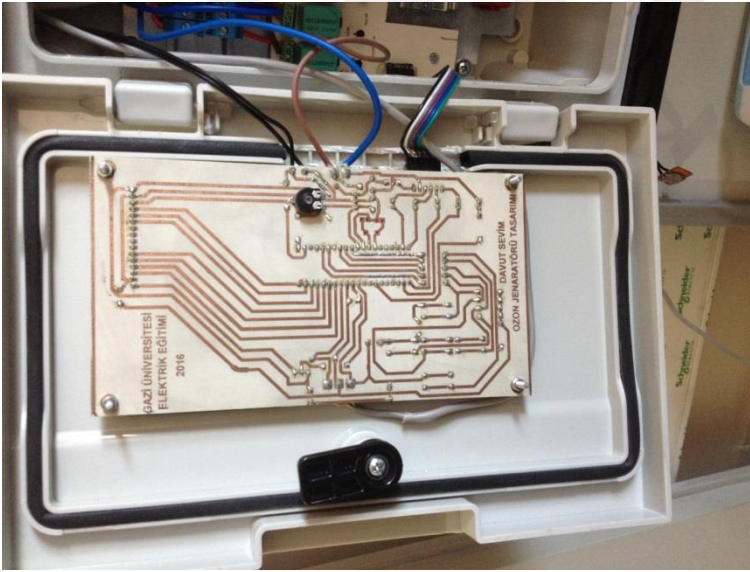
Şekil 3.10. LED sinyal gösterge devresi

Şekil 3.10’ da LED sinyal gösterge devresi görülmektedir. D1(yakıt hücresi), D2(ozon jeneratörü), D3(nem cihazı), D4(buzdolabı) ledleri ile gösterilen elemanların her biri programda belirtilen cihazların çalıştırılmasında kullanılmaktadır. D5 ile belirtilen led ise komut ile çalışmakta olup bilgi amaçlı kullanılmaktadır. Programlayıcıda tasarlandığı üzere, ozon seviyesinin(PPM değeri) istenen değerin üzerine çıkması durumunda ozon jeneratörünün ve yakıt pilinin kapanması sağlanmakta ve durum led ışığının yanmasıyla görsel olarak bildirilmektedir. Buradaki led sinyali sadece uyarı amaçlı kullanılmaktadır.

Tasarımı tamamlanan merkezi kontrol biriminin röle besleme devresi Resim 3.13’ te, merkezi kontrol biriminin arka yüzü Resim 3.14’ te görülmektedir.



Resim 3.13. Merkezi kontrol biriminin röle besleme devresi



Resim 3.14. Merkezi kontrol biriminin arka yüzü



4. UYGULAMA VE SONUÇLARI

Bu tez çalışmasında, gıda ürünlerinin raf ömrünü uzatmak için tüm kontrolün mikro denetleyici tarafından yapıldığı bir prototip uygulama alanı oluşturulmuştur. Buna göre, depolama alanının teknik parametreleri programda yazılarak bilgiler sensörler vasıtasıyla merkezi kontrol birimi tarafından değerlendirilerek çıkış ünitelerine aktarılmaktadır. Böylece tüm cihazların kontrolü sağlanmaktadır. Sistemde, DHT21 model sensör vasıtasıyla nem ve sıcaklık kontrolü, ozon sensörü vasıtasıyla da ozon jeneratörü ve yakıt pili kontrol edilmektedir.

Uygulama esnasında ve sonrasında elde edilen ölçümler manuel olarak kaydedilmiştir. Ozon jeneratörünün üretebileceği ozon gazının miktarına göre sistem kurulumu gerçekleştirilmiştir. Uygulamalar, yakıt piline ilave edilen saf suyun KOH ekli çözelti miktarına göre yapılmıştır. Yakıt pili için 1 lt suya 20 g, 30 g, 40 g ve 50 g'lık kimyasal katılıp sulu çözeltiler hazırlanmıştır. Yapılan her uygulama için ozonlama süresi(dakika), bekleme süresi(dakika), sıcaklık($^{\circ}\text{C}$), bağıl nem değeri(%), PEM yakıt piline uygulanan akım, gerilim ve güç değerleri ile ozon miktarları(ppm) ölçülmüştür.

1 lt saf suya, 20g KOH eklenerek hazırlanan PEM yakıt pilli sistemin test sonuçları ve elde edilen veriler Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2' de verilmiştir. Çizelge 4.1' de programda yazılan 9 ürünün ozonlama süresi, bekleme süresi, sıcaklık, bağıl nem değeri, PEM yakıt piline uygulanan akım, gerilim ve güç değerleri görülmektedir. Çizelge 4.2' de ise manuel değer seçeneği olan “diğer” isimli programın uygulama sonuçları görülmektedir. Sonuçlar elde edilirken, bekleme süresi 60 dk, sıcaklık 10°C , nem değeri %75 olarak seçilip uygulamaya konmuştur. Sıcaklık derecesi 25°C , nem oranı %40 değişken değerler aralığında çalıştırılmıştır. Şekil 4.1' de yakıt pilinin akım, gerilim ve güç grafiği, Şekil 4.2' de ise kalkınma akımı ve nominal akımın karşılaştırmasını veren grafik görülmektedir.

Çizelge 4.1. 20g KOH ekli PEM yakıt pil sisteminin ozonlama parametreleri

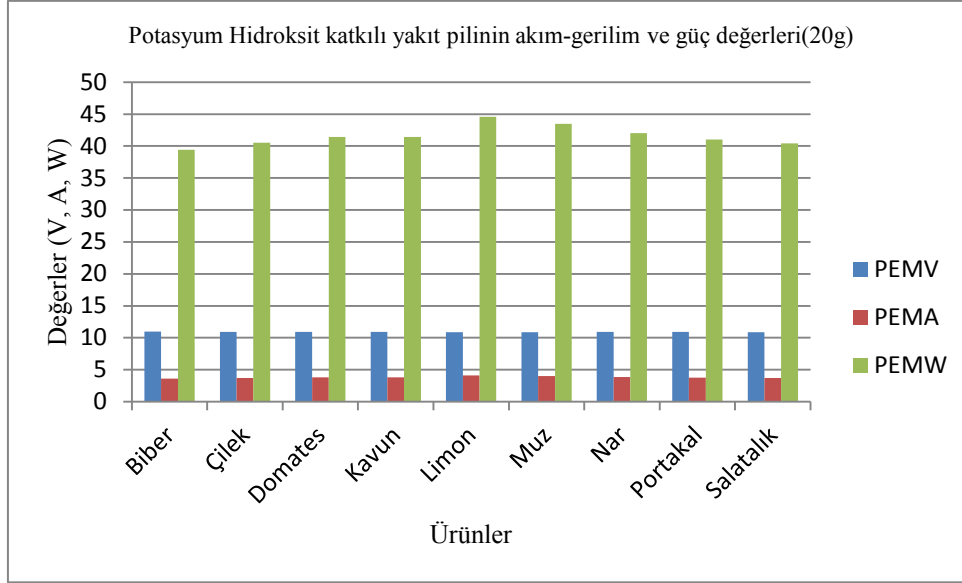
Ürün	İsim	Ozon Süre(dk)	Bekleme Süre(dk)	Sıcaklık ©	Nem (%)	Yakıt Pili Gerilim	Kalk. Akımı	Nom. Akım	Yakıt Pili Güç
1	Biber	30	60	9	90	10,96	3,7	3,6	39,4
2	Çilek	30	60	2	90	10,9	3,78	3,7	40,5
3	Domates	30	60	10	85	10,91	3,9	3,8	41,4
4	Kavun	30	60	5	85	10,92	3,94	3,8	41,4
5	Limon	30	60	10	85	10,88	4,28	4,1	44,6
6	Muz	30	60	13	85	10,88	4,1	4	43,5
7	Nar	30	60	6	90	10,91	4,03	3,85	42,0
8	Portakal	30	60	6	85	10,9	3,87	3,77	41,0
9	Salatalık	30	60	10	90	10,88	3,84	3,72	40,4
10	Diğer								

Çizelge 4.2. 20g KOH ekli PEM yakıt pil sisteminin ozonlama parametreleri (Manuel)

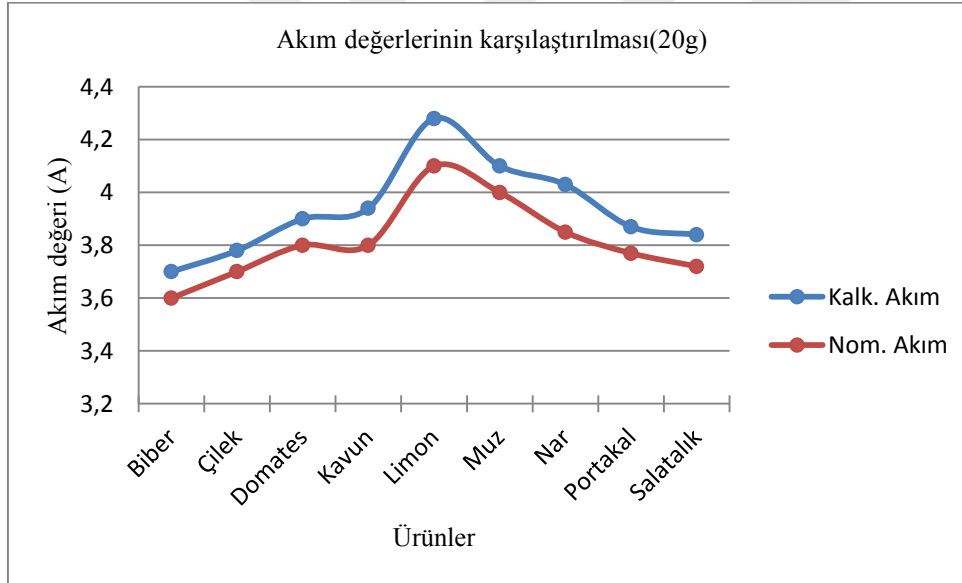
Ürün	Ozon Süre(dk)	Yakıt Pili Gerilim	Kal. Akımı	Nom. Akım	Yakıt Pili Güç
10	1	10,9	3,85	3,85	41,9
10	2	10,93	4	3,68	40,2
10	3	10,92	4	3,56	38,8
10	4	10,92	4	3,6	39,3
10	5	10,92	4	3,6	39,3
10	6	10,93	3,97	3,62	39,5
10	7	10,92	4,3	3,63	39,6
10	8	10,92	4,5	3,65	39,8
10	9	10,89	4,1	3,82	41,5

Çizelge 4.2. (devam) 20g KOH ekli PEM yakıt pil sisteminin ozonlama parametreleri
(Manuel)

10	10	10,92	4,1	3,82	41,7
10	11	10,9	4,1	3,78	41,2
10	12	10,89	4,15	3,79	41,2
10	13	10,89	4,15	3,77	41,0
10	14	10,89	4,17	3,74	40,7
10	15	10,92	4,17	3,76	41,0
10	16	10,91	4,24	3,78	41,2
10	17	10,89	4,27	3,8	41,3
10	18	10,89	4,3	3,82	41,5
10	19	10,91	4,32	3,86	42,1
10	20	10,89	4,31	3,89	42,3
10	21	10,93	4,28	3,88	42,4
10	22	10,92	4,3	3,93	42,9
10	23	10,89	4,3	3,94	42,9
10	24	10,89	4,29	3,91	42,5
10	25	10,93	4,32	3,97	43,3
10	26	10,91	4,34	3,95	43,0
10	27	10,92	4,33	4,03	44,0
10	28	10,92	4,37	4	43,6
10	29	10,93	4,32	4,04	44,1
10	30	10,93	4,32	4,1	44,8



Şekil 4.1. 20g KOH ekli PEM yakıt pil sisteminin akım-gerilim ve güç değerleri



Şekil 4.2. 20g KOH ekli PEM yakıt pilinin akım değerlerinin karşılaştırılması

1 lt saf suya, 30g KOH eklenerek hazırlanan PEM yakıt pilli sistemin test sonuçları ve elde edilen veriler Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.4’ te verilmiştir. Çizelge 4.3’ te programda yazılan 9 tane ürünün ozonlama süresi, bekleme süresi, sıcaklık, bağıl nem değeri, PEM yakıt piline uygulanan akım, gerilim ve güç değerleri görülmektedir. Çizelge 4.4’ te ise manuel değer seçeneği olan “diğer” isimli programın uygulama sonuçları görülmektedir. Sonuçlar elde edilirken, bekleme süresi 60 dk, sıcaklık 10 °C, nem değeri %75 olarak seçilip uygulamaya konmuştur. Sıcaklık derecesi 25 °C, nem %40 değişken değerler aralığında

çalıştırılmıştır. Şekil 4.3' te yakıt pilinin akım, gerilim ve güç grafiği, Şekil 4.4' te ise kalkınma akımı ve nominal akımın karşılaştırmasını veren grafik görülmektedir.

Çizelge 4.3. 30g KOH ekli PEM yakıt pil sisteminin ozonlama parametreleri

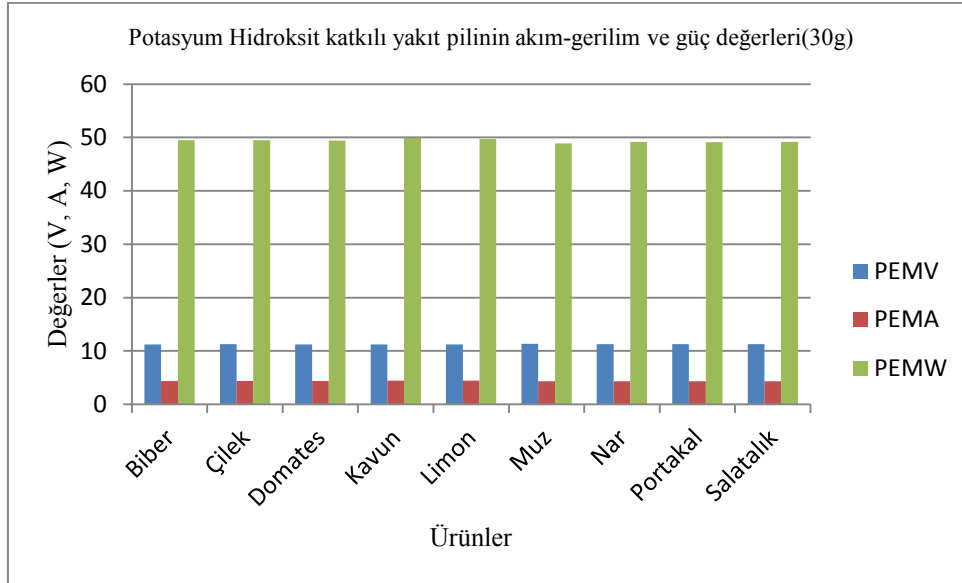
Ürün	İsim	Ozon Süre(dk)	Bekleme Süre(dk)	Sıcaklık °C	Nem (%)	Yakıt Pili Gerilim	Kalk. Akımı	Nom. Akım	Yakıt Pili Güç
1	Biber	30	60	9	90	11,25	5,2	4,4	49,5
2	Çilek	30	60	2	90	11,27	5,14	4,4	49,5
3	Domates	30	60	10	85	11,23	5,02	4,4	49,4
4	Kavun	30	60	5	85	11,23	5,2	4,45	49,9
5	Limon	30	60	10	85	11,22	5,21	4,43	49,7
6	Muz	30	60	13	85	11,35	5,14	4,31	48,9
7	Nar	30	60	6	90	11,29	5,18	4,36	49,2
8	Portakal	30	60	6	85	11,3	5,2	4,35	49,1
9	Salatalık	30	60	10	90	11,29	5,21	4,36	49,2
10	Diğer								

Çizelge 4.4. 30g KOH ekli PEM yakıt pil sisteminin ozonlama parametreleri (Manuel)

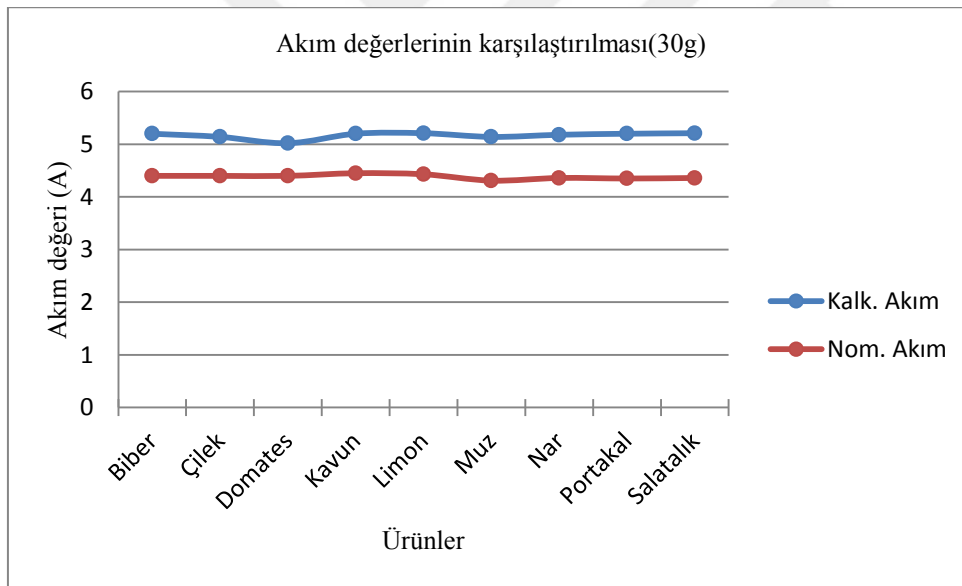
Ürün	Ozon Süre(dk)	Yakıt Pili Gerilim	Kal. Akımı	Nom. Akım	Yakıt Pili Güç
10	1	11,21	5,4	4,96	55,6
10	2	11,21	5,44	4,97	55,7
10	3	11,21	5,56	4,94	55,3
10	4	11,21	5,8	4,95	55,4
10	5	11,21	5,8	4,9	54,9
10	6	11,19	5,5	4,85	54,2

Çizelge 4.4. (devam) 30g KOH ekli PEM yakıt pil sisteminin ozonlama parametreleri
(Manuel)

10	7	11,23	5,5	4,85	54,4
10	8	11,25	5,52	4,86	54,6
10	9	11,26	5,34	4,78	53,8
10	10	11,28	5,18	4,75	53,5
10	11	11,18	5,45	4,79	53,5
10	12	11,22	5,5	4,79	53,7
10	13	11,23	5,45	4,8	53,9
10	14	11,2	5,47	4,8	53,7
10	15	11,2	5,48	4,81	53,8
10	16	11,2	5,45	4,8	53,7
10	17	11,22	5,47	4,79	53,7
10	18	11,25	5,45	4,8	54,0
10	19	11,24	5,49	4,78	53,7
10	20	11,18	5,4	4,79	53,5
10	21	11,19	5,42	4,8	53,7
10	22	11,2	5,42	4,82	53,9
10	23	11,22	5,45	4,8	53,8
10	24	11,2	5,47	4,79	53,6
10	25	11,18	5,5	4,8	53,6
10	26	11,2	5,49	4,82	53,9
10	27	11,22	5,48	4,82	54,0
10	28	11,18	5,47	4,82	53,8
10	29	11,2	5,5	4,8	53,7
10	30	11,23	5,48	4,8	53,9



Şekil 4.3. 30g KOH ekli PEM yakıt pil sisteminin akım-gerilim ve güç değerleri



Şekil 4.4. 30g KOH ekli PEM yakıt pilinin akım değerlerinin karşılaştırılması

1 lt saf suya, 40g KOH eklenerek hazırlanan PEM yakıt pilli sistemin test sonuçları ve elde edilen veriler Çizelge 4.5 ve Çizelge 4.6’ da verilmiştir. Çizelge 4.5’ te programda yazılan 9 ürünün ozonlama süresi, bekleme süresi, sıcaklık, bağıl nem değeri, PEM yakıt piline uygulanan akım, gerilim ve güç değerleri görülmektedir. Çizelge 4.6’ da ise manuel değer seçeneği olan “diğer” isimli programın uygulama sonuçları görülmektedir. Sonuçlar elde edilirken, bekleme süresi 60 dk, sıcaklık 10 °C, nem değeri %75 olarak seçilip uygulamaya konmuştur. Sıcaklık derecesi 25 °C, nem oranı %40 değişken değerler aralığında

çalıştırılmıştır. Şekil 4.5’ te yakıt pilinin akım, gerilim ve güç grafiği, Şekil 4.6’ da ise kalkınma akımı ve nominal akımın karşılaştırmasını veren grafik görülmektedir.

Çizelge 4.5. 40g KOH ekli PEM yakıt pil sisteminin ozonlama parametreleri

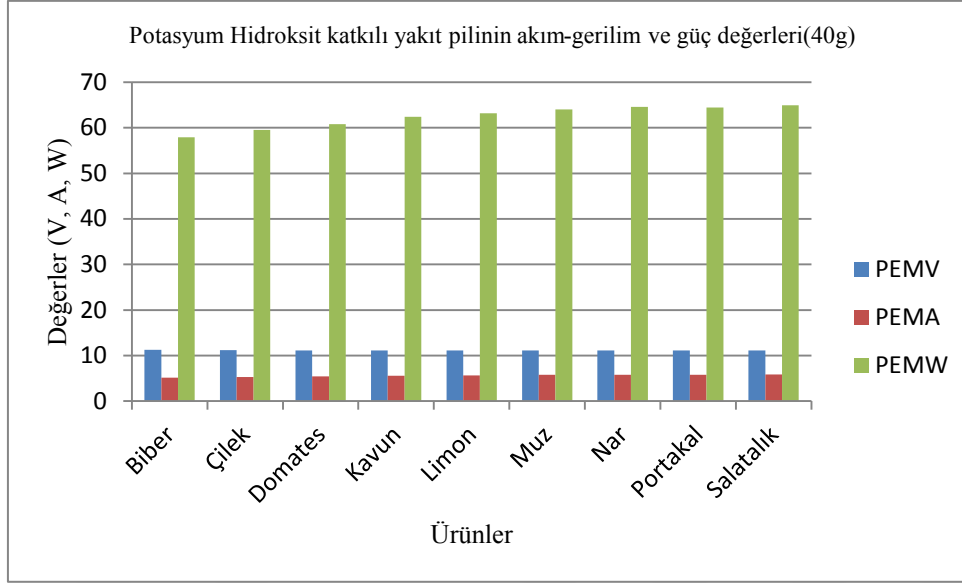
Ürün	İsim	Ozon Süre(dk)	Bekleme Süre(dk)	Sıcaklık °C	Nem (%)	Yakıt Pili Gerilim	Kalk. Akımı	Nom. Akım	Yakıt Pili Güç
1	Biber	30	60	9	90	11,29	6,01	5,13	57,9
2	Çilek	30	60	2	90	11,22	6,2	5,31	59,5
3	Domates	30	60	10	85	11,15	6,27	5,46	60,8
4	Kavun	30	60	5	85	11,15	6,61	5,6	62,4
5	Limon	30	60	10	85	11,13	6,47	5,68	63,2
6	Muz	30	60	13	85	11,12	6,57	5,76	64,0
7	Nar	30	60	6	90	11,13	7,15	5,81	64,6
8	Portakal	30	60	6	85	11,12	6,62	5,8	64,4
9	Salatalık	30	60	10	90	11,1	6,75	5,85	64,9
10	Diğer								

Çizelge 4.6. 40g KOH ekli PEM yakıt pil sisteminin ozonlama parametreleri (Manuel)

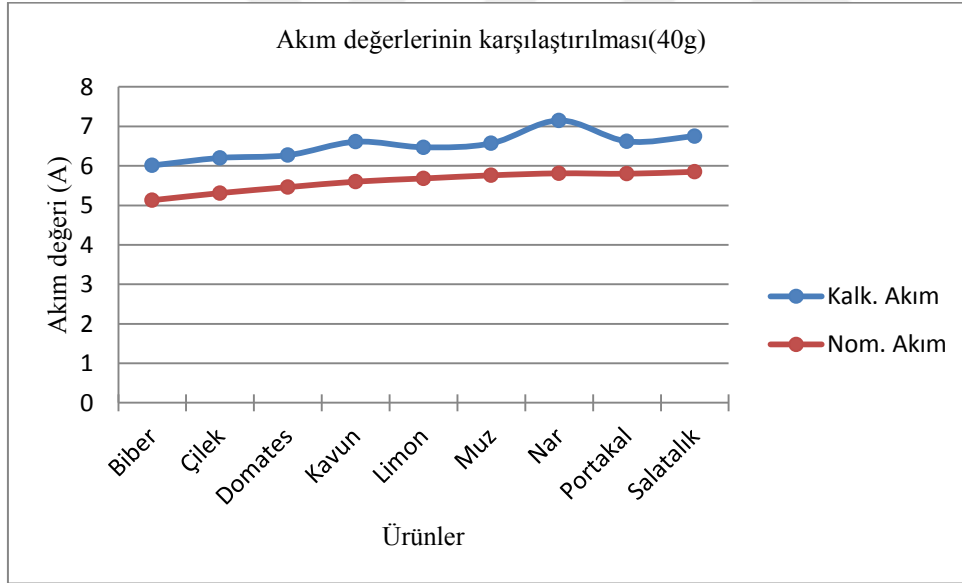
Ürün	Ozon Süre(dk)	Yakıt Pili Gerilim	Kal. Akımı	Nom. Akım	Yakıt Pili Güç
10	1	11,21	6,39	5,5	61,6
10	2	11,23	6,24	5,59	62,7
10	3	11,23	6,09	5,46	61,3
10	4	11,23	6,22	5,53	62,1
10	5	11,23	6,25	5,6	62,8
10	6	11,22	6,29	5,61	62,9
10	7	11,21	6,3	5,65	63,3

Çizelge 4.6. (devam) 40g KOH ekli PEM yakıt pil sisteminin ozonlama parametreleri
(Manuel)

10	8	11,22	6,33	5,6	62,8
10	9	11,23	6,4	5,57	62,5
10	10	11,22	6,24	5,55	62,2
10	11	11,21	6,35	5,55	62,2
10	12	11,21	5,98	5,5	61,6
10	13	11,22	6,29	5,5	61,7
10	14	11,21	6,24	5,48	61,4
10	15	11,2	6,1	5,43	60,8
10	16	11,19	6,11	5,45	60,9
10	17	11,19	6,08	5,45	60,9
10	18	11,19	6,07	5,49	61,4
10	19	11,18	6,09	5,47	61,1
10	20	11,18	6,09	5,46	61,0
10	21	11,19	6,07	5,49	61,4
10	22	11,18	6,1	5,47	61,1
10	23	11,18	6,11	5,48	61,2
10	24	11,19	6,13	5,47	61,2
10	25	11,18	6,12	5,48	61,2
10	26	11,19	6,1	5,55	62,1
10	27	11,18	6,25	5,53	61,8
10	28	11,18	6,24	5,54	61,9
10	29	11,19	6,22	5,55	62,1
10	30	11,18	6,27	5,58	62,3



Şekil 4.5. 40g KOH ekli PEM yakıt pil sisteminin akım-gerilim ve güç değerleri



Şekil 4.6. 40g KOH ekli PEM yakıt pilinin akım değerlerinin karşılaştırılması

1 lt saf suya, 50g KOH eklenerek hazırlanan PEM yakıt pilli sistemin test sonuçları ve elde edilen veriler Çizelge 4.7 ve Çizelge 4.8’ de verilmiştir. Çizelge 4.7’ de programda yazılan 9 ürünün ozonlama süresi, bekleme süresi, sıcaklık, bağıl nem değeri, PEM yakıt piline uygulanan akım, gerilim ve güç değerleri görülmektedir. Çizelge 4.8’ de ise manuel değer seçeneği olan “diğer” isimli programın uygulama sonuçları görülmektedir. Sonuçlar elde edilirken, bekleme süresi 60 dk, sıcaklık 10 °C, nem değeri %75 olarak seçilip uygulamaya konmuştur. Sıcaklık derecesi 25 °C, nem oranı %40 değişken değerler aralığında

çalıştırılmıştır. Şekil 4.7’ de yakıt pilinin akım, gerilim ve güç grafiği, Şekil 4.8’ de ise kalkınma akımı ve nominal akımın karşılaştırmasını veren grafik görülmektedir.

Çizelge 4.7. 50g KOH ekli PEM yakıt pil sisteminin ozonlama parametreleri

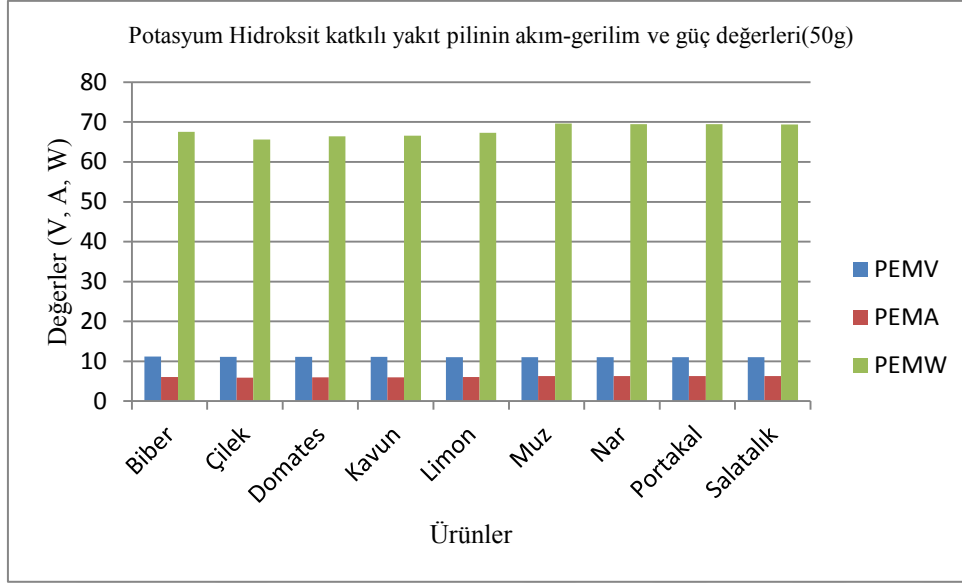
Ürün	İsim	Ozon Süre(dk)	Bekleme Süre(dk)	Sıcaklık °C	Nem (%)	Yakıt Pili Gerilim	Kalk. Akımı	Nom. Akım	Yakıt Pili Güç
1	Biber	30	60	9	90	11,2	6,84	6,03	67,5
2	Çilek	30	60	2	90	11,13	6,59	5,9	65,6
3	Domates	30	60	10	85	11,11	6,78	5,98	66,4
4	Kavun	30	60	5	85	11,09	6,74	6,01	66,6
5	Limon	30	60	10	85	11,07	6,72	6,08	67,3
6	Muz	30	60	13	85	11,05	7,32	6,3	69,6
7	Nar	30	60	6	90	11,07	7,16	6,28	69,5
8	Portakal	30	60	6	85	11,04	7,1	6,3	69,5
9	Salatalık	30	60	10	90	11,02	7,07	6,3	69,4
10	Diğer								

Çizelge 4.8. 50g KOH ekli PEM yakıt pil sisteminin ozonlama parametreleri (Manuel)

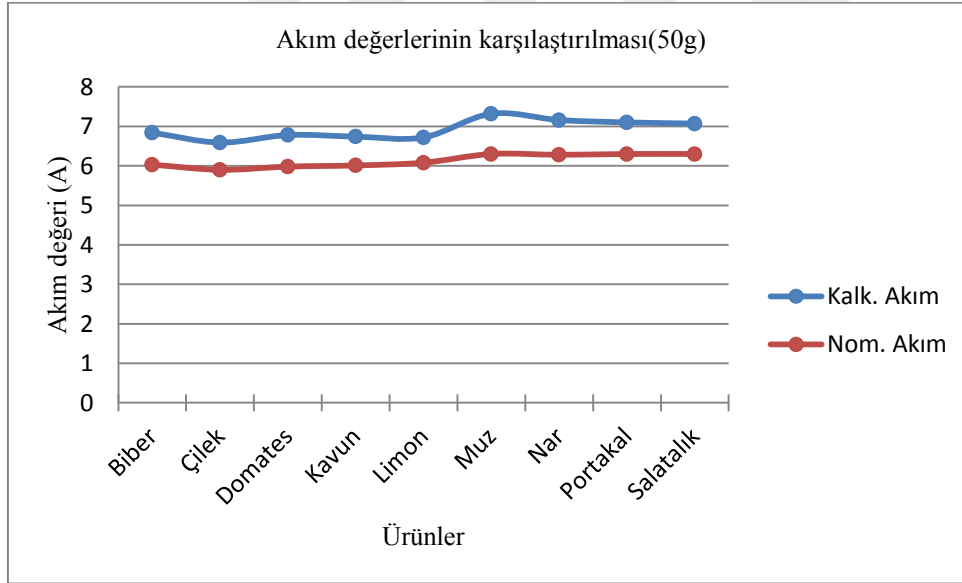
Ürün	Ozon Süre(dk)	Yakıt Pili Gerilim	Kal. Akımı	Nom. Akım	Yakıt Pili Güç
10	1	10,94	7,2	6,5	71,1
10	2	10,96	7,19	6,43	70,4
10	3	10,98	7,15	6,45	70,8
10	4	10,98	7,18	6,45	70,8
10	5	11	7,17	6,41	70,5
10	6	11	7,21	6,3	69,3
10	7	11	7,57	6,38	70,1

Çizelge 4.8. (devam) 50g KOH ekli PEM yakıt pil sisteminin ozonlama parametreleri
(Manuel)

10	8	10,99	7,32	6,43	70,6
10	9	11	7,29	6,45	70,9
10	10	11	7,28	6,4	70,4
10	11	10,99	7,22	6,38	70,1
10	12	11	7,29	6,36	69,9
10	13	11	7,28	6,35	69,8
10	14	11	7,3	6,35	69,8
10	15	11	7,37	6,36	69,9
10	16	11	7,4	6,33	69,6
10	17	11	7,43	6,35	69,8
10	18	10,98	7,24	6,4	70,2
10	19	10,99	7,27	6,42	70,5
10	20	10,99	7,33	6,37	70,0
10	21	10,99	7,32	6,35	69,7
10	22	11	7,4	6,39	70,2
10	23	11	7,35	6,37	70,0
10	24	11	7,39	6,39	70,2
10	25	11	7,33	6,4	70,4
10	26	11	7,4	6,42	70,6
10	27	11	7,33	6,35	69,8
10	28	11	7,3	6,32	69,5
10	29	11	7,25	6,35	69,8
10	30	11	7,29	6,4	70,4



Şekil 4.7. 50g KOH ekli PEM yakıt pil sisteminin akım-gerilim ve güç değerleri



Şekil 4.8. 50g KOH ekli PEM yakıt pilinin akım değerlerinin karşılaştırılması

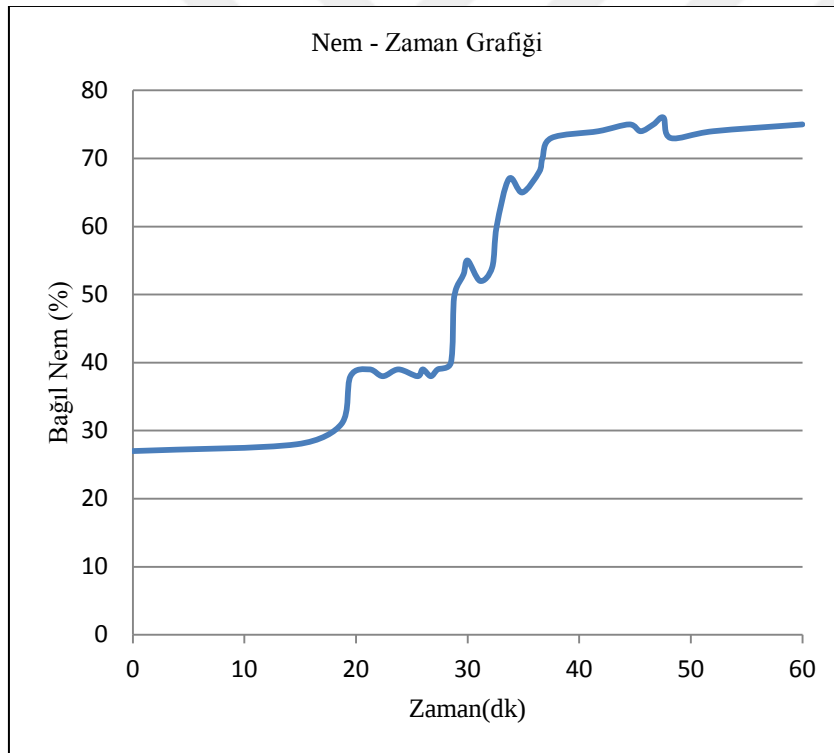
Çalışmada, depoya uygulanan nemlendirme işlemi sonucunda elde edilen nem değerinin test sonuçları(Çizelge 4.9 ve Çizelge 4.10) görülmektedir. Çizelge 4.9’ da 0 – 30 dk arası, Çizelge 4.10’ da ise 30 - 60 dk zaman aralığı ölçü alınmıştır. Şekil 4.9 merkezi kontrol ünitesinde elde edilen nemin zamana göre değişimini veren grafiği gösterilmiştir. Nem cihazı sürekli çalışması durumunda bir saatte yaklaşık olarak 30 ml suyu buharlaştırmaktadır.

Çizelge 4.9. 0 - 30 dk arası nem-zaman değerleri

Nem Değeri(%)	27	28	31	38	39	38	39	38	39	38	39	40	49	51	53	55
Zaman(dk)	0	15	19	20	21	22	24	26	26	27	27	29	29	29	30	30

Çizelge 4.10. 30 - 60 dk arası nem-zaman değerleri

Nem Değeri(%)	52	54	60	67	65	68	70	73	74	75	74	75	76	73	74	75
Zaman(dk)	31	32	33	34	35	36	37	38	42	45	46	47	48	48	52	60

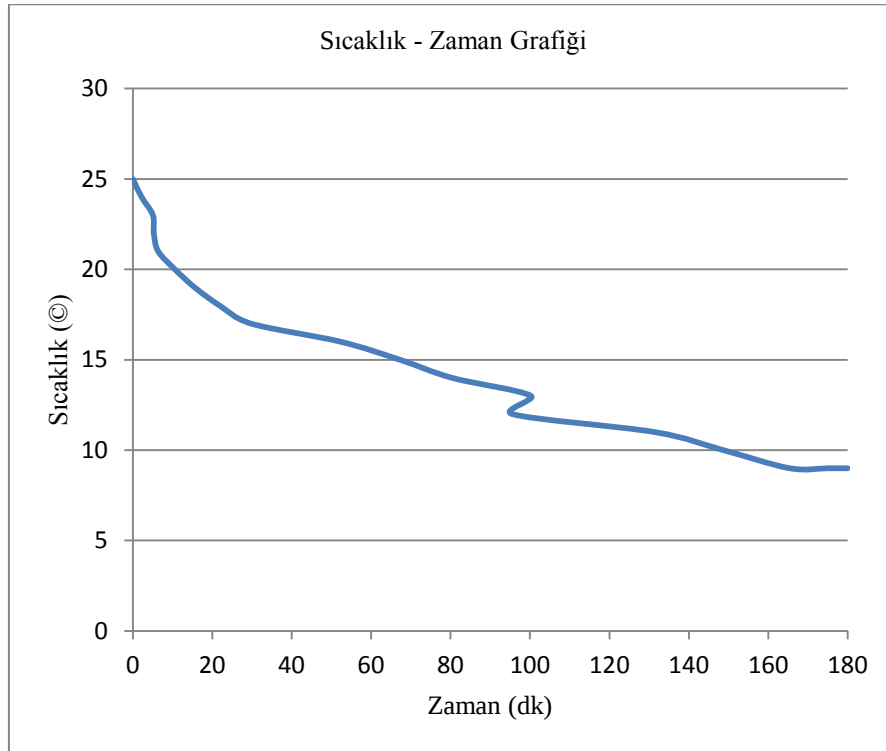


Şekil 4.9. Bağıl nem oranının zamana göre değişimi

Çalışmada, deponun soğutulması işleminde sıcaklığın zamana göre değişimini veren test sonuçları Çizelge 4.11’ de görülmektedir. Uygulama için seçilen zaman aralığı 0 – 180 dk arasındır. Merkezi kontrol ünitesinde elde edilen sıcaklık değerlerinin zamana göre değişimini veren grafik Şekil 4.10’ da gösterilmiştir

Çizelge 4.11. Sıcaklık - zaman değerleri

Zaman(dk)	0	2,2	5,1	5,3	6,4	11	16	22	30	52	67	80	100	96	131	149	165	180
Sıcaklık(°C)	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	9



Şekil 4.10. Sıcaklığın zamana göre değişimi

Yakıt pilinden gönderilen oksijen gazının, ozon gazına dönüşümü; ozon jeneratöründe gerçekleşmektedir. Çalışmada, 1 lt saf suya, 40g ve 50g KOH eklenerek hazırlanan sulu çözeltinin oluşturduğu oksijen, ozon jeneratöründe meydana gelen ozon gazının test sonuçları ele alınmıştır. 20g ve 30g' lık çözeltilerde elde edilen değerler düşük olduğu için çalışmaya eklenmemiştir.

Çizelge 4.12' de 0 - 15 dk arası, Çizelge 4.13' te 16 - 25 dk arası ve Çizelge 4.14' te 25,1 - 30 dk arası 50g KOH çözeltili sistemin ozon miktarının zamana göre değişim değerleri verilmiştir. Elde edilen değerlerin meydana getirdiği grafik Şekil 4.11 görülmektedir.

Çizelge 4.12. 0 - 15 dk arası ozon - zaman değerleri(50g)

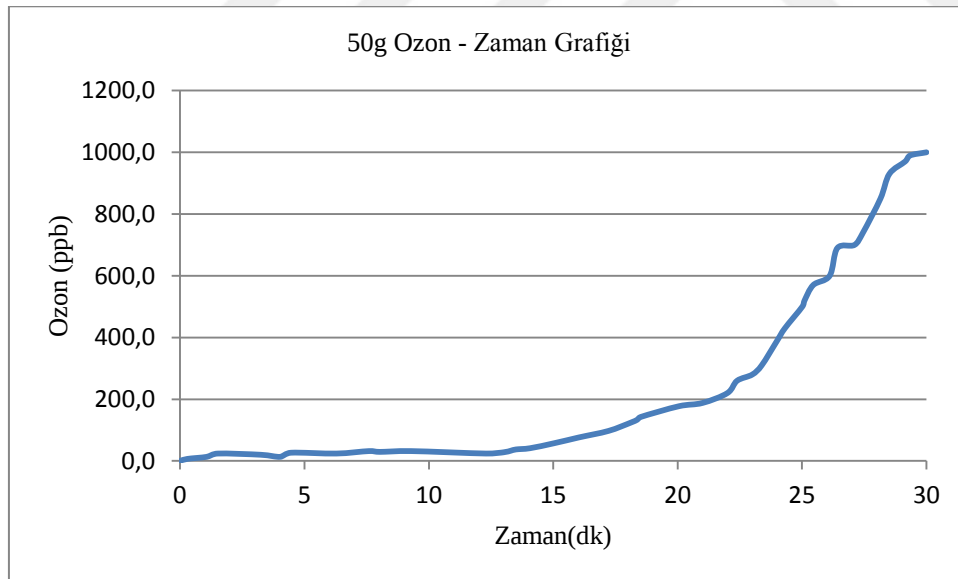
Ozon	0	6,7	13,3	24	20	13,3	26,7	24	32	29,3	32	24	28	33,3	37,3	41,3	57,3
Zaman	0	0,29	1,07	1,52	3,25	4,02	4,46	6,28	7,59	8,03	9,28	12,3	13	13,3	13,5	14,1	15

Çizelge 4.13. 16 - 25 dk arası ozon - zaman değerleri(50g)

Ozon	76	97,3	124	133	143	177	188	220	260	280	310	390	430	500
Zaman	16	17,2	18,1	18,4	18,5	20,1	21	22	22,4	23	23,4	24	24,3	25

Çizelge 4.14. 25,1 - 30 dk arası ozon - zaman değerleri(50g)

Ozon	520	570	600	690	700	740	850	930	970	990	1000
Zaman	25,1	25,5	26,1	26,4	27,1	27,5	28,2	28,5	29,1	29,4	30



Şekil 4.11. Ozon – Zaman grafiği(50g)

Çizelge 4.15' te 0 - 8 dk arası, Çizelge 4.16' da 10,1 – 18,5 dk arası ve Çizelge 4.17' de 19,5 - 30 dk arası 40g KOH çözeltisi sistemin ozon miktarının zamana göre değişim değerleri verilmiştir. Elde edilen değerlerin meydana getirdiği grafik Şekil 4.12' de görülmektedir.

Çizelge 4.15. 0 - 8 dk arası ozon - zaman değerleri(40g)

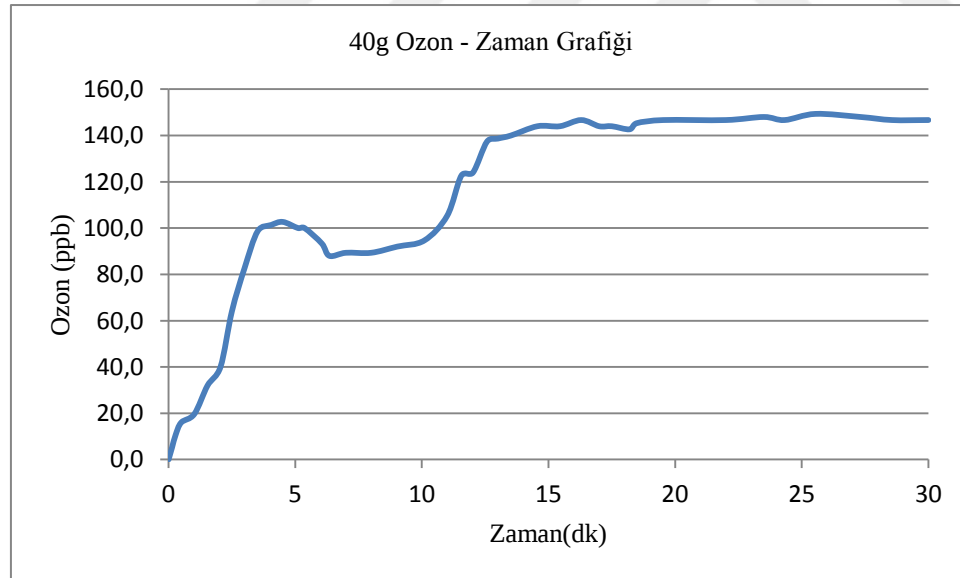
Zaman	0	0,14	0,28	0,5	1,02	1,54	2,05	2,5	3	3,52	4,05	4,51	5,11	5,37	6,05	6,35	7	8
Değer	0	5,3	10,7	16	19,7	32	40	64	82,7	98,7	101,3	102,7	100	100	93,3	88	89,3	89,3

Çizelge 4.16. 10,1 – 18,5 dk arası ozon - zaman değerleri(40g)

Zaman	10,1	11	11,6	12	12,6	13	13,5	14,6	15,5	16,3	17	17,5	18,2	18,5
Değer	94,7	105,3	122,7	124,0	137,3	138,7	140,0	144,0	144,0	146,7	144,0	144,0	142,7	145,3

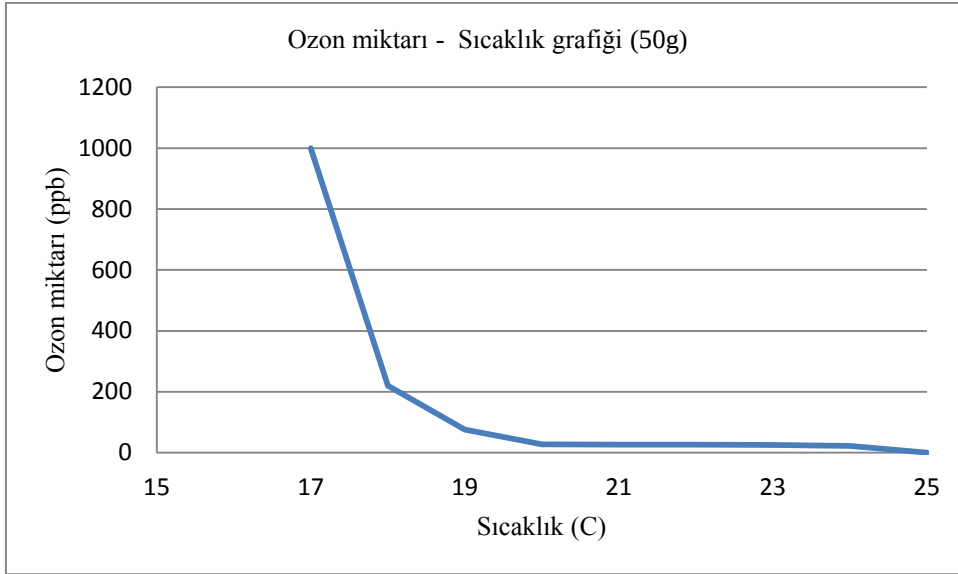
Çizelge 4.17. 19,5 – 30 dk arası ozon - zaman değerleri(40g)

Zaman	19,5	22	23,5	24,3	25,5	27,3	28,6	30
Değer	146,7	146,7	148,0	146,7	149,3	148,0	146,7	146,7

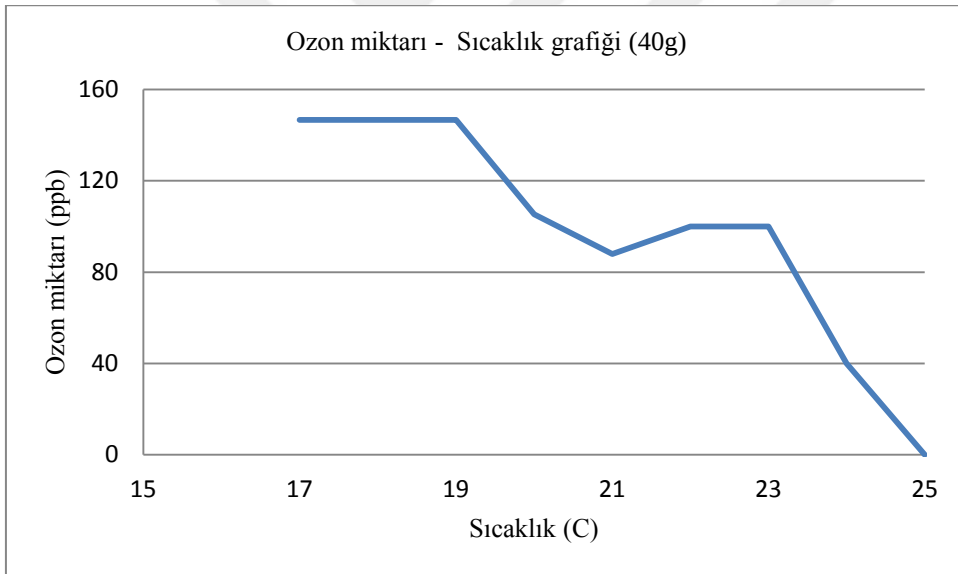


Şekil 4.12. Ozon – Zaman grafiği(40g)

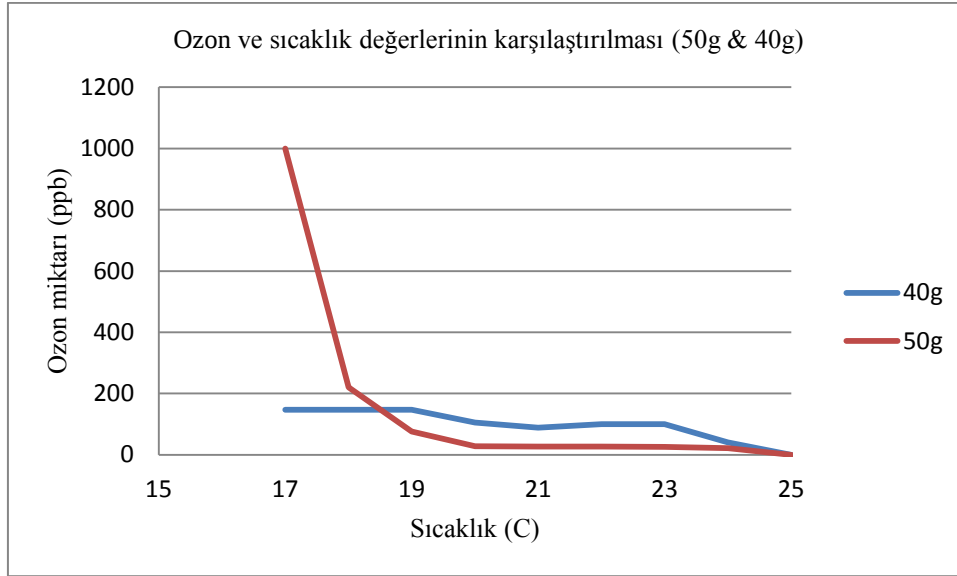
Bu tezde, ozon gazının sıcaklık ile ilişkisini ifade etmek için merkezi kontrol ünitesinde programlanan, program değerleri seçilerek test sonuçları ele alınmıştır. Şekil 4.13 50g KOH ekli sistemin ozon – sıcaklık grafiğini, Şekil 4.14 40g KOH ekli sistemin ozon – sıcaklık grafiğini, Şekil 4.15 ise her iki sistemin karşılaştırmasını vermektedir.



Şekil 4.13. Ozon – Sıcaklık grafiği(50g)

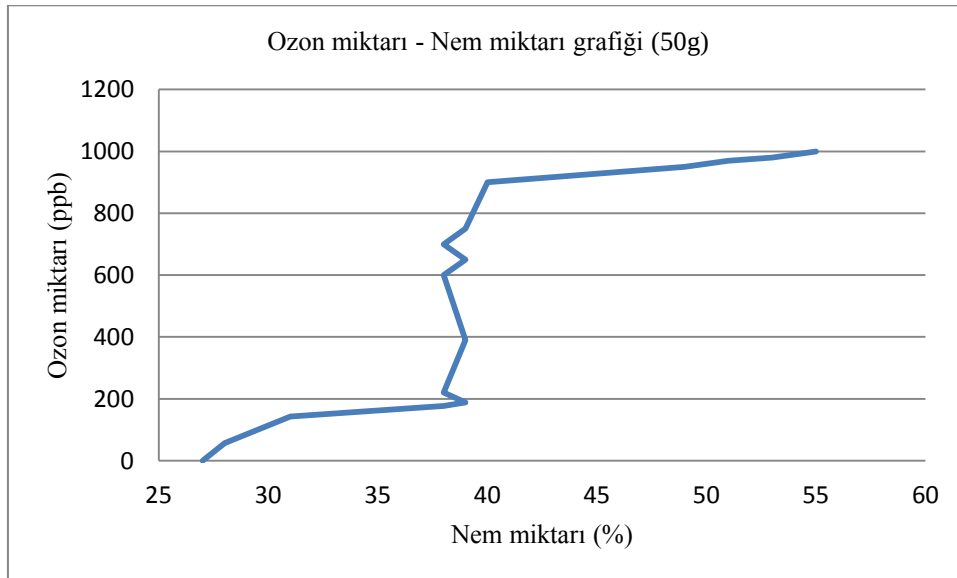


Şekil 4.14. Ozon – Sıcaklık grafiği(40g)

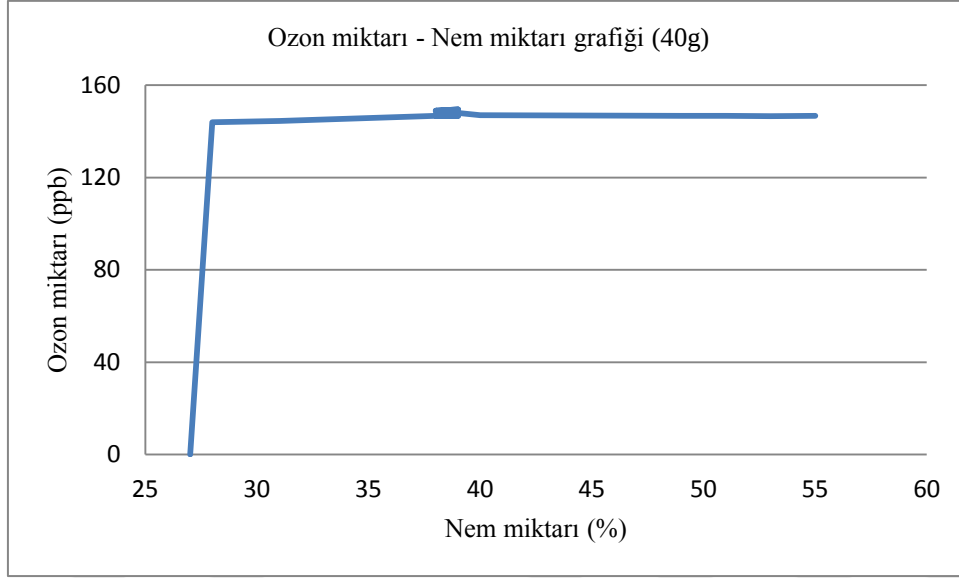


Şekil 4.15. Ozon – Sıcaklık değerlerinin karşılaştırılması(50g & 40g)

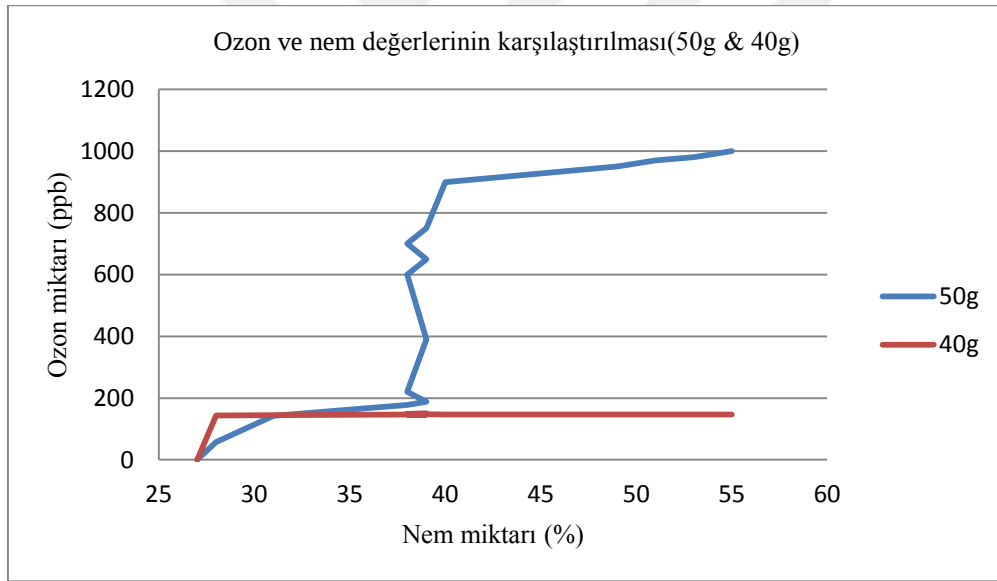
Bu tezde, ozon gazının bağıl nem ile ilişkisini ifade etmek için merkezi kontrol ünitesinde programlanan, program değerleri seçilerek test sonuçları ele alınmıştır. Şekil 4.16 50g KOH ekli sistemin ozon – nem grafiğini, Şekil 4.17 40g KOH ekli sistemin ozon – nem grafiğini, Şekil 4.18 ise her iki sistemin karşılaştırmasını vermektedir.



Şekil 4.16. Ozon – Nem grafiği(50g)

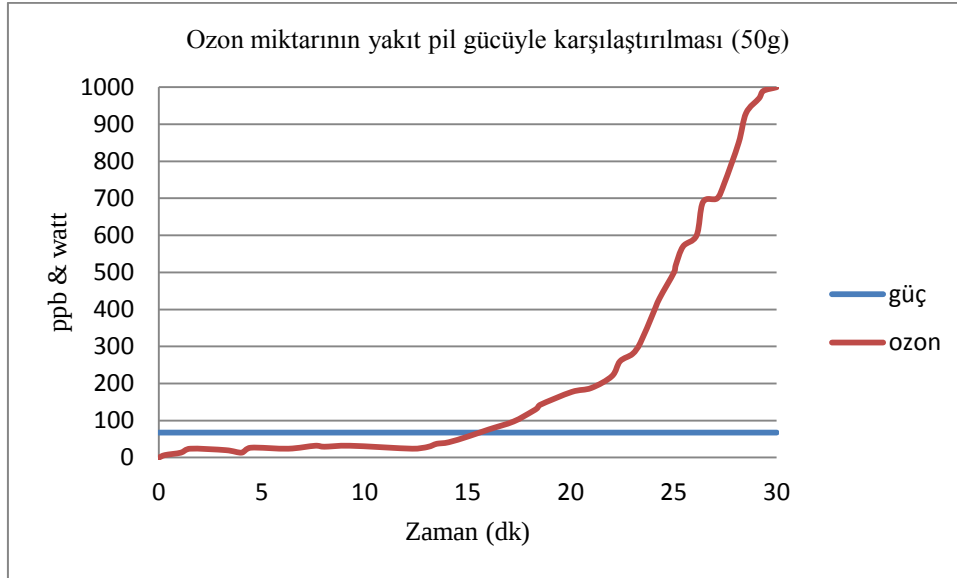


Şekil 4.17. Ozon – Nem grafiği(40g)

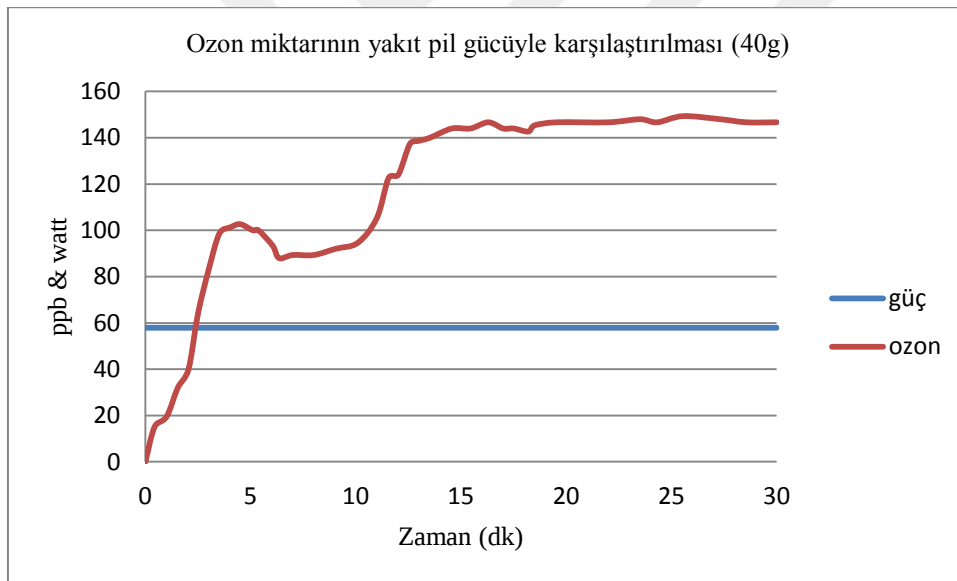


Şekil 4.18. Ozon – Nem değerlerinin karşılaştırılması(50g & 40g)

Bu tezde, ozon gazının PEM yakıt pili gücüyle ilişkisini ifade etmek için merkezi kontrol ünitesinde programlanan “biber” programının değerleri seçilerek test sonuçları ele alınmıştır. Şekil 4.19; 50g KOH ekli sistemin ozon – yakıt pil gücü grafiğini, Şekil 4.20; 40g KOH ekli sistemin ozon – yakıt pil gücü grafiğini göstermektedir



Şekil 4.19. Ozon – yakıt pil gücü grafiği(50g)



Şekil 4.20. Ozon – yakıt pil gücü grafiği(40g)

Çalışmada, 50g KOH kimyasal eklenerek hazırlanan PEM yakıt pili destekli ozonlama sisteminde örnek bir uygulama gerçekleştirilmiştir. Uygulama için muz kullanılmıştır. Aynı özelliklere sahip 2 adet muzun biri ozonlamaya tabi tutulurken diğerine ozon gazı uygulanmamıştır. Aynı şart ve zamana bağlı olarak uygulamaya konan ürünlerde elde edilen görüntüler Resim 4.24 ve Resim 4.25’ te görülmektedir. Resim 4.24’ te ozonlanmayan muzda 10 gün sonunda meydana gelen görüntü, Resim 4.25’ te ise çalışmadaki sistemle ozonlanan muzun 10 gün sonundaki görüntüleri görülmektedir.



Resim 4.1. 10 gün boyunca ozonlanmayan muzun görünümü



Resim 4.2. 10 gün boyunca ozonlanan muzun görünümü

4.1. Ozonlama Sistemi Uygulama Sonuçları

Yapılan uygulamalarda mikro denetleyiciye yazılan program dâhilinde sistemin düzgün ve düzenli çalışıp çalışmadığı kontrol edilmiştir. Merkezi kontrol birimine yazılan programlar denenerek uygulamalar gerçekleştirilmiştir. Sistem parametrelerine ait bazı değerler LCD ekranda okunurken diğer değerler multimetrelerle manuel şekilde kaydedilerek analizler yapılmıştır. 5. Bölümde hazırlanan grafikler, mikro denetleyicide yazılmış dokuz programdan elde edilen veriler ışığında ortaya konmuştur. Manuel seçenekli verilerin hazırlandığı grafikler yer kapladığı için ekler bölümüne aktarılmıştır.

Çalışmadaki en önemli etken yakıt pilinin sisteme uygunluğudur. Çünkü yakıt pilinden elde edilecek oksijen gazı ozon jeneratöründe ozon gazına dönüşmektedir. Oksijen gazının az olması durumunda ozon gazının oluşumu düşük seviyede kalacaktır. Oksijen gazının yüksek değerlerde olması durumunda ise ozon gazı oluşumu istenen seviyede olmamakla birlikte depolama alanına yüksek seviyede oksijen gazı geçecektir. Depoda oksijen gazı

seviyesi yüksek olursa gıda ürününün solunumu hızlanarak raf ömrü kısalmaktadır. Bu durum gıda endüstrisinde istenmeyen bir durumdur.

Tasarımı yapılan yakıt pilinin en verimli çalışma değerleri 12 V ve 6 - 6,5 A civarlarıdır. Yakıt piline uygulanan akım ve gerilim değerleri düşük ise suyun ayrışma işlemi düşük olup ozon gazı üretimi de düşük seviyelerde kalacaktır. Uygulanan akım ve gerilim değerleri belirtilen seviyelerin üzerine çıkması durumunda yakıt pilinin içinde bulunan membranlar zarar görüp cihaz kullanılamaz hale gelecektir. Yapılan ilk uygulamalarda yakıt piline sodyum klorür ekli sulu çözelti konmuştur. Yakıt pili 6,5 – 7 A seviyelerine kadar olağan şekilde çalışırken yaklaşık olarak 7 A' dan sonra karartılar oluşmaya başlamıştır.

Sonraki çalışmalarda potasyum hidroksit ekli çözeltiler hazırlanarak uygulamalar gerçekleştirilmiştir. 1 lt suya 20 g KOH ekli çözeltide gerilim değerleri normal değerlerde olup 10,9 V civarlarındadır. Akım değerleri düşük seviyede olup 3,8 A civarlarında kalmıştır. Yakıt pilinin güç değerleri 40 Watt civarlarında seyretmektedir. Yakıt pilinin kalkınma akımı ile nominal akım arasında fark olup bu değer yaklaşık %10 civarlarındadır. 20 g lık çözeltinin akım değerlerinin düşük olmasından dolayı hidrojen ve oksijen gazlarının oluşma seviyeleri düşük olmaktadır. Böylece ozon gazı oluşumu da düşük seviyelerde kalmaktadır. Bu sebeple 20 g KOH eklenerek hazırlanan çözelti karışımının ozon değerleri düşük olduğu için çalışmaya eklenmemiştir.

1 lt suya 30 g KOH ekli çözeltide gerilim değerleri normal değerlerde olup 11,20 V civarlarındadır. Akım değerleri düşük seviyede olup 4,8 A civarlarında kalmıştır. Yakıt pilinin güç değerleri 53,7 Watt civarlarında seyretmektedir. Yakıt pilinin kalkınma akımı ile nominal akım arasında fark olup bu değer yaklaşık %15 civarlarındadır. 30 g lık çözeltinin akım değerlerinin düşük olmasından dolayı hidrojen ve oksijen gazlarının oluşma seviyeleri düşük olmaktadır. Böylece ozon gazı oluşumu da düşük seviyelerde kalmaktadır. Bu sebeple 30 g KOH eklenerek hazırlanan çözelti karışımının ozon değerleri düşük olduğu için çalışmaya eklenmemiştir.

1 lt suya 40 g KOH ekli çözeltide gerilim değerleri normal değerlerde olup 11,17 V civarlarındadır. Akım değerleri nominal değerlere yakın olup 5,5 A civarlarındadır. Yakıt pilinin güç değerleri 62 Watt civarlarında seyretmektedir. Yakıt pilinin kalkınma akımı ile

nominal akım arasında fark olup bu değer yaklaşık %10 civarlarındadır. 40 g lık çözeltinin akım değerlerinin nominal değerlere yakın olmasından dolayı hidrojen ve oksijen gazlarının oluşma seviyeleri nispeten nominal değerlere yakın olmaktadır. Oluşan ozon gazı miktarı 150 ppb seviyelerindedir. Bu sebeple 40 g KOH eklenerek hazırlanan çözelti karışımının ozon değerleri çalışmaya eklenerek diğer karışımlarla karşılaştırmalar yapılmıştır.

1 lt suya 50 g KOH ekli çözeltide gerilim değerleri normal değerlerde olup 11 V civarlarındadır. Akım değerleri nominal değerlerde olup 6,35 A civarlarındadır. Yakıt pilinin güç değerleri 70 Watt civarlarında seyretmektedir. Yakıt pilinin kalkınma akımı ile nominal akım arasında fark olup bu değer yaklaşık %15 civarlarındadır. 50 g lık çözeltinin akım değerlerinin nominal değerlerde olmasından dolayı hidrojen ve oksijen gazlarının oluşma seviyeleri nominal değerlerde olmaktadır. Oluşan ozon gazı miktarları istenen değerlerde olup 1000 ppb (1 ppm) civarlarındadır. Uygulamalar arasında en başarılı sonuç veren çalışma 50 g KOH ekli çözeltidir.

Sıcaklık – zaman grafiğinde soğutma işlemi ilk etapta uzun zaman aralığında meydana gelmektedir. Sistem yaklaşık olarak 2,5 saat sonunda istenen sıcaklık seviyesine ulaşmaktadır. Fakat soğutulan depo istenen sıcaklığa ulaştıktan sonra, sıcaklık farkı 2 °C'yi aştığı anda mikro denetleyici tarafından depoyu kontrol eden röle uyarılarak soğutma işlemi başlamaktadır. Böylece sıcaklık seviyesi çok yükselmeden soğutma işlemi tekrar başlamaktadır. Aynı durum bağıl nem için de geçerlidir. Yapılan uygulama sonucunda nem değerinin istenen seviyeye ulaşması 60 dakika sonucunda gerçekleşmiştir. Sistem, nemi kontrol ederken %5 seviyede tolerans değeriyle çalışmaktadır. İstenen nem değerinin %5 tolerans seviyesinin altına düşmesi durumunda sistem, nem cihazını devreye almaktadır. Nem seviyesi %5' in üzerine çıktığında ise sistem, nem cihazının enerjisini keserek cihazı devreden çıkarmaktadır.

Gıda ürünlerinin taşınması, dondurularak veya soğutularak gerçekleştirilmektedir. Taşıma işlemi hem yurt içine hem yurt dışına hava, deniz ve karayoluyla yapılmaktadır. Bu işlemde ürünün güvenilirliği oldukça önem arz etmektedir. Sistemin ihtiyaç duyduğu oksijen havadan karşılandığında kötü hava koşullarında temiz ve sağlıklı oksijen elde edilememektedir. Bu sorunları minimize etmek için tasarlanan sistemi frigorifik araç kasasına adapte etmek gerekir. Çalışmada, 130 lt' lik bir deponun 1 ppm seviyesinde ozon

gazı oluşturmak için gereken güç 70 watt civarlarındadır. Yakıt pilinin çalışması için gereken enerji küçük olduğundan ihtiyaç duyulan g araç motorundan veya alternatif enerji kaynaklarından karşılanabilmektedir. G ihtiyaının karşılanmasında, yakıt pilinden atmosfere gönderilen hidrojen enerjisinden faydalanıldığı gibi araç kasasının üzerine kurulacak güneş panelleri ile çok rahat bir şekilde karşılanabilecektir.

Tasarımı yapılan sistem basit, kolay, kullanışlı ve sistemlere entegrasyonu gayet rahat bir şekilde yapılabilmektedir. Set halinde hazırlanan sistem, depo veya araç kasasının yanına, önüne ve üzerine rahatça konabilecek şekilde tasarlanmıştır. Kontrol paneli kasanın yanına kurulabildiği gibi taşıt sürücüsünün bulunduğu yere kurulabilmektedir. Ayrıca tasarımı kullanmak oldukça kolaydır. Kontrol panelinden depolanan ürün ismini seçip programı çalıştırmak yeterli olacaktır. İlave teknik personele ve teknik bilgiye ihtiyaç duyulmamaktadır.

Bu tez çalışması, gıdanın raf ömrünü uzatma çalışmasında kullanıldığı gibi ozon gazı ihtiyaı hissedilen tüm alanlarda kullanılabılme olanağı sunmaktadır. Sistem kapalı çevrim şeklinde çalıştığı için birçok uygulama noktasında çalışma olanağı sağlamaktadır. Hava kalitesinin iyileştirilmesi, suyun dezenfektasyonu, sağlık ve tekstil gibi alanlarda kullanıma uygundur.

Bu tez çalışmasında, uygulanan PEM yakıt pili destekli ozonlama sistemi uygulanabilirlik açısından dezavantajı maliyetinin yüksek olmasıdır. Maliyetin yüksek olmasının nedenlerden birincisi, ozonlama sistemlerinin yurt dışı menşeli olmasıdır. Yurt içinde, ozonlama sistemlerinin üretimi yapılmadığı için yurt dışına bağımlı bir şekilde çalışmalara devam edilmektedir. Maliyeti yükselten etkenlerden biri de ozon odası tasarımıdır. Büyük çaplı sistemlerde ozon odasının yüksek kalite ve özellikte olması gerekmektedir. Bu amaçla ozon odasında kullanılacak malzemenin yüksek gerilime(kV seviyesinde) karşı dayanıklı malzemeden yapılması gerekir. Mevcut çalışmalarda kullanılan malzeme türü, ebadı, şekli ve kalitesi maliyet yönünden oldukça yüksek değerler almaktadır. Malzeme ve metalürji teknolojisi çalışmalarındaki gelişimlere paralel olarak ozon odalarının tasarımında kullanılan malzeme kalitesi istenen seviyelere ulaşılırsa, sistem maliyetinde önemli oranda düşüş meydana gelecektir.



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Artan nüfus sayısı ile üretim ve yaşam yerleşimlerinin birbirinden uzak olması nedeniyle gıda ürünlerinin soğutularak veya dondurularak saklanması ve/veya uzun mesafelerde güvenilir bir şekilde taşınması (soğuk zincir) insan varlığının devamlılığı için çok önemli bir sorundur. Bu çalışmada ozonun dezenfektan etkisi ve ardında kalıntı bırakmaması özelliğinden yararlanılarak gıdaların taze kalmasını sağlamak ve raf ömrünü uzatmak için mikro denetleyici tabanlı bir kontrol sistemi tasarlanmıştır. Sistem, seçilecek gıda ürününe göre deponun sıcaklık, nem ve ozon miktarını kontrol edecek şekilde dizayn edilmiştir.

Ozon gazı için gereken oksijen PEM (Polimer Elektrolitik Membran) yakıt pili tarafından suyun oksijen ve hidrojene ayrıştırılmasından elde edilmiştir. Ayrışan oksijen gazı ozon jeneratöründen geçirilerek ozon gazı olarak depoya gönderilmiştir. Geliştirilen sistemin performansını gözlemlemek amacıyla hasat sonrası temin edilen tarımsal ürünler kullanılarak testler yapılmıştır. Yapılan testlerde ozon gazının oluşumunda en verimli sonucu veren uygulama, 1 lt saf suya 50 g potasyum hidroksit eklenerek hazırlanan çözelti olmuştur. Uygulamada 130 lt büyüklüğündeki bir deponun ozonlanması için gereken güç miktarı 70 watt olduğu ölçülmüştür. İhtiyaç duyulan bu enerji küçük ve uygulanabilir seviyelerdedir.

Yakıt pilinin desteğiyle üretilen ozon gazı için gereken suyun temin kolaylığı ve düşük enerji ihtiyacı geliştirilen sistemin önde gelen avantajlarındandır. Geliştirilen sistemin bu özellikleri nedeniyle sabit depolarda veya frigorifik araç tarzı mobil araçlarda rahatlıkla kullanılabilecek bir yapıdadır. Ayrıca geliştiren sistemce üretilen ancak atıl olarak atmosfere bırakılan hidrojen gazının depolanarak farklı amaçlarla kullanılması olasılığı da mevcuttur.

Yapılan çalışmada elde edilen veriler ve geliştirilen patent sisteminin ticari olarak kullanılmasının önünü açacağı gibi ülkemizin tarımsal üretim kapasitesini artırma olasılığı da vardır. Geliştirilen sistem, aynı zamanda deniz aşırı / uzun mesafeli yolculuklarda ihtiyaç duyulan taze gıda sorunu çözebilecek başarılı bir alternatiftir.



KAYNAKLAR

- Achen, M. and Yousef, A. E. (2001). Efficacy of ozone against *Escherichia coli* 0157:H7 on apples. ***Journal of Food Science***, 66(9), 1380-1384.
- Alparslan, Y., Baygar, T., ve Yıldız, D. (2012). Su ürünleri işleme tesislerinde ozon ve önemi. ***Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi***, 7(3), 24-31.
- Balaban, İ. (2011). *Alternatif tarım girdisi ozonun soğanda (Allium cepa) bitki-toprak-su karakteristiklerine etkilerinin belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, **Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Tekirdağ, 4-5.
- Baschuk, J. J. and Li, X. (2000). Modelling of polymer electrolyte membrane fuel cells with variable degrees of water flooding. ***Journal of Power Sources***, 86(1-2), 181-196.
- Beltran, D., Selma, M. V., Marin A., and Gil, M. I. (2005). Ozonated water extends the shelf life of fresh-cut lettuce. ***Journal of Agricultural and Food Chemistry***, 53(14), 5654-5663.
- Beltran, F. J., Garcia-Araya, J. F., and Alvarez, P. M. (2001). pH sequential ozonation of domestic and wine-distillery wastewaters. ***Water Research***, 35(4), 929-936.
- Beltran, F. J., Garcia-Araya, J. F., Rivas, J., Alvarez, P. M., and Rodriguez, E. (2000). Ozone remediation of some phenol compounds present in food processing wastewater. ***Journal of Environmental Science and Health, Part A-Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering***, 35(5), 681-699.
- Bender, G., Wilson, M. S. and Zawodzinski, T. A. (2003). Further refinements in the segmented cell approach to diagnosing performance in polymer electrolyte fuel cells. ***Journal of Power Sources***, 123(2), 163-171.
- Benitez, F. J., Real, F. J., Acero, J. L., Garcia, J., and Sanchez, M. (2003). Kinetics of the ozonation and aerobic biodegradation of wine vinasses in discontinuous and continuous processes. ***Journal of Hazardous Materials B***, 101(2), 203-218.
- Berning, T., Lu, D. M. and Djilali, N. (2002). Three-dimensional computational analysis of transport phenomena in a PEM fuel cell. ***Journal of Power Sources***, 106(1-2), 284-294.
- Bocci, V., Borrelli, E., Travagli, V and Zanardi, I. (2009). The ozone paradox: Ozone is a strong oxidant as well as a medical drug. ***Medicinal Research Reviews***, 29(4), 646-682.
- Canizares, P., Lobato, J., Paz, R., Rodrigo M. A., and Saez, C. (2007). Advanced oxidation processes for the treatment of olive-oil mills wastewater. ***Chemosphere***, 67(4), 832-838.
- Çatal, H. ve İbanoğlu, Ş. (2010). Gıdaların ozonlanması. ***Gıda Teknolojileri Elektronik***

Dergisi, 5(3), 47-55.

- Chand, R, Bremner, D.H., Namkung, K. C., Collier, P. J., and Gogate, P. R. (2007). Water disinfection using the novel approach of ozone and a liquid whistle reactor. **Biochemical Engineering Journal**, 35(3), 357-364.
- Demir, M. K., Elgün, A.ve Elgün, M. S. (2011). Farklı tip unlara ozon uygulamasının un, hamur ve ekmek kalitesi üzerine etkisi. **Gıda**, 36(4), 209-216.
- Fisher, C. W., Lee, D., Dodge, B. A., Hamman, K. M., Robbins, J. B., and Martin, S. E. (2000). Influence of catalase and superoxide dismutase on ozone inactivation of *Listeria Monocytogenes*. **Applied and Environmental Microbiology**, 66(4), 1405-1409.
- Garcia, A., Mount, J. R. and Davidson, P. M. (2003). Ozone and chlorine treatment of minimally processed lettuce. **Journal of Food Science**, 68(9), 2747-2751.
- Guzel-Seydim, Z.B., Greene, A.K., and Seydim, A.C. (2004). Use of ozone in the food industry, **LWT – Food Science and Technology**, 37(4), 453-460.
- Heng, S., Yeung, K. L., Djafer, M., and Schrotter, J. C. (2007). A novel membrane reactor for ozone water treatment. **Journal of Membrane Science**, 289(1-2), 67-75.
- Iglesias, S.C. (2002). *Degradation and biodegradability enhancement of nitrobenzene and 2,4-dichlorophenol by means of advanced oxidation processes based on ozone*. PhD Thesis, **Universitat De Barcelona**, 20-39.
- İnan, F., Pala, M. ve Doymaz, I. (2007). Use of ozone in detoxification of aflatoxin B₁ in red pepper. **Journal of Stored Products Research**, 43(4), 425-429.
- Jodpimai, S., Boonduang, S., and Limsuwan, P. (2015). Dielectric barrier discharge ozone generator using aluminum granules electrodes. **Journal of Electrostatics**, 74, 108-114.
- Karaca, H. (2010). Use of ozone in the Citrus Industry. **Ozone-Science & Engineering**, 32(2), 122-129.
- Ketteringham, L., Gausseres, R., James, S. J., and James, C. (2006). Application of aqueous ozone for treating pre-cut green peppers (*Capsicum annuum* L.). **Journal Food Engineering**, 76(1), 104-111.
- Khadre, M. A., Yousef, A. E., and Kim, J. G.(2001). Microbiological aspects of ozone application in food: A review. **Journal of Food Science**, 66(9), 1242-1252.
- Kim, J. G. and Yousef, A. E. (2000). Inactivation kinetics of foodborne spoilage and pathogenic bacteria by ozone. **Journal Food Science**, 65(3), 521-528.
- Kim, J. G., Yousef A. E. and Chism, G. W. (1998). Use of ozone to inactivate microorganisms on lettuce. **Journal of Food Safety**, 19(1), 17-34.

- Kim, J. G., Yousef, A. E., and Dave, S. (1999). Application of ozone for enhancing the microbiological safety and quality of foods: A review. *Journal of Food Protection*, 62(9), 1071-1087.
- Klingman, M. H. ve Christy, A. D. (2000). Development of a continuous system for sanitizing whole apples with aqueous ozone. *Transactions of the ASAE*, 43(6), 1989-1996.
- Korkmaz, H. ve Küçükolbaşı, H. (2013). Diş hekimliğinde ozon uygulamaları. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 7, 125-134.
- Koseki, S., Yoshida, K., Isobe, S. and Itoh, K. (2001). Decontamination of lettuce using acidic electrolyzed water. *Journal of Food Protection*, 64(5), 652-658.
- Kuşçu, A., ve Pazır, F. (2004). Gıda endüstrisinde ozon uygulamaları, *Gıda*, 29(2), 123-129.
- Kutlubay, Z., Engin, B., Serdaroglu, S., ve Tüzün, Y. (2010). Dermatolojide ozon tedavisi. *Dermatoz*, 1(4), 209-216.
- Mahapatra, A. K., Muthukumarappan, K., and Julson, J. L. (2005). Applications of ozone, bacteriocins and irradiation in food processing: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 45(6), 447-461.
- Mann, R. F., Amphlett, J. C., Hooper, M. A. I., Jensen, H. M., Peppley, B. A. and Roberge, P. R. (2000). Development and application of a generalised steady-state electrochemical model for a PEM fuel cell. *Journal of Power Sources*, 86(1-2), 173-180.
- Marquenie, D., Lammertyn, J., Geeraerd, A. H., Soontjens, C., Van Impe, J. F., Nicolai, B. M., and Michiels, C. W. (2002). Inactivation of conidia of *Botrytis cinerea* and *monilia fructigena* using UV-C and heat treatment. *International Journal of Food Microbiology*, 74(1-2), 27-35.
- Monteagudo, J. M., Carmona, M, and Duran, A. (2005). Photo-Fenton-assisted ozonation of p-Coumaric acid in aqueous solution. *Chemosphere*, 60(8), 1103-1110.
- Murai, A., and Tahara, N. (2005, June). *Development of ozone generating method derived from ozone composing mechanism on surface of electrodes using dielectric discharge*. **International Symposium on Electrical Insulating**, Japan.
- Nadas, A., Olmo, M. and Garcia, J. M. (2003). Growth of *Botrytis cinerea* and strawberry quality in ozone-enriched atmospheres. *Journal of Food Science*, 68(5), 1798-1802.
- Ogawa, J.M., Feliciano, A. J. and Manji, B. T. (1990). Evaluation of ozone as a disinfectant in postharvest dump tank treatments for tomato. *Phytopathology Abstracts*.
- Orta de Valasquez, M, T., Rojas-Valencia, M. N. and Reales-Pineda, A. C. (2006). Evaluation of phytotoxic elements, trace elements and nutrients in a standardized

- crop plant, irrigated with raw wastewater treated by APT and ozone. **Water Science and Technology**, 54(11-12), 165-173.
- Öztürk, D. ve Eren, H. A. (2010). Tekstil terbiyesinde ozon kullanımı. **Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi**, 15(2), 37-51.
- Palou, L., Crisosto, C. H., Smilanick, J. L., Adaskaveg J. E. and Zoffoli, J. P. (2002). Effect of continuous 0.3 ppm ozone exposure on decay development and physiological responses of peaches and table grapes in cold storage. **Postharvest Biology and Technology**, 24(1), 39-48.
- Palou, L., Smilanick, J. L., Crisosto, C. H. and Mansour, M. (2001). Effect of gaseous ozone exposure on the development of green and blue molds on cold stored citrus fruit. **Plant Disease**, 85(6), 632-638.
- Park, S. L., Moon, J. D., Lee, S. H. and Shin, S. Y. (2006). Effective ozone generation utilizing a meshed-plate electrode in a dielectric-barrier discharge type ozone generator. **Journal of Electrostatics**, 64 (5), 275-282.
- Pelletier, N. (2008). Environmental performance in the US broiler poultry sector: Life cycle energy use and greenhouse gas, ozone depleting, acidifying and eutrophying emissions. **Agricultural Systems**, 98(2), 67-73.
- Perez, A. G., Sanz, C., Rios, J. J., Olias, R. and Olias, J. M. (1999). Effects of ozone treatment on postharvest strawberry quality. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 47(4), 1652-1656.
- Perincek, S. D. (2006). *Ozon, UV, Ultrason teknolojileri ve kombinasyonlarının ön terbiye işlemlerinde uygulanabilirliğinin araştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, **Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İzmir, 3-36.
- Prabaharan, M., Nayar, R. C., Selva Kumar, N., and Rao, J. V. (2000). A Study on the advanced oxidation of a cotton fabric by ozone. **Journal of the Society of Dyers and Colourists**, 116(3), 83-86.
- Rice, R. G. (2001). Century 21 – pregnant with ozone. **Ozone Science Engineering**, 24(1), 1-15
- Rodgers, S. L., Cash, J. N., Siddiq, M., and Ryser, E. T., (2004). A comparison of different chemical sanitizers for inactivating Escherichia coli O157:H7 and Listeria Monocytogenes in solution and on apples, lettuce, strawberries and cantaloupe. **Journal of Food Protection**, 67(4), 721-731.
- Singh, N., Singh, R.K., Bhunia, A. K. and Stroshine, R. L. (2002). Efficacy of chlorine dioxide, ozone and thyme essential oil or a sequential washing in killing Escherichia coli 0157:H7 on lettuce and baby carrots. **LWT – Food Science and Technology**, 35(8), 720-729.
- Stivarius, M. R., Pohlman, F. W., Mc Elyea, K.S. and Apple, J. K. (2002). Microbial, instrumental color and sensory color and odor characteristics of ground beef

- produced from beef trimmings treated with ozone or chlorine dioxide. **Meat Science**, 60(3), 299-305.
- Strickland, A. F. and Perkins, W. S. (1995). Decolorization of continuous dyeing wastewater by ozonation. **Textile Chemist and Colorist**, 27(5), 11-15.
- Ural, Z., Gümüş, B. ve Gençoğlu, M. T. (2007). *Bir PEM yakıt pili sisteminin MATLAB ile modellenmesi. IV. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu*, Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği Elektrik Mühendisleri Odası.
- Von Gunten, U. (2003a). Ozonation of drinking water: Part I. Oxidation kinetics and product formation. **Water Research**, 37(7), 1443-1467.
- Von Gunten, U. (2003b). Ozonation of drinking water: Part II. Disinfection and by-product formation in presence of bromide, iodide or chlorine. **Water Research**, 37(7), 1469-1487.
- Xu, L. (1999). Use of ozone to improve the safety of fresh fruits and vegetables. **Food Technology**, 53(10), 58-63.
- Zhang, L., Lu, Z., Yu, Z. and Gao, X. (2005). Preservation of fresh-cut celery by treatment of ozonated water. **Food Control**, 16(3), 279-283.





EK-1. Patent

T.C.
TÜRK PATENT ENSTİTÜSÜ
Patent Dairesi Başkanlığı

Sayı : 39616753- 2016/01504 / **E.2016-OE-226915**
Konu : Şekli Eksiklik Giderme

17.05.2016

DAVUT SEVİM - ERCAN NURCAN YILMAZ
Gültpe Mah. Bilkent Sitesi C Blok No:25, Batman MERKEZ BATMAN

İlgi: 04/02/2016 tarihli patent başvurumuz.

İlgide kayıtlı başvurumuzla ilgili olarak gönderilen 10.05.2016 tarihli dilekçemiz ekindeki evrakın incelenmesinde; 551 sayılı Patent Haklarının Korunması Hakkında Kanun Hükmünde Kararnamenin Uygulama Şekli Gösterir Yönetmeliğin 26 ncı maddesi hükmü uyarınca şekli eksikliklerin giderildiği tespit edilmiştir.

Bu nedenle, anılan Kanun Hükmünde Kararnamenin 56 ncı maddesi hükmü ve anılan Yönetmeliğin 28 inci maddesi hükmü uyarınca başvuru tarihinden veya rüçhan talep edilmişse rüçhan tarihinden itibaren 15 ay içinde araştırmanın talep edilmesi ve taleple birlikte veya talep tarihinden itibaren 3 ay içinde araştırma ücretinin ödenmesi gerekmektedir.

Aksi takdirde, 551 sayılı Patent Haklarının Korunması Hakkında Kanun Hükmünde Kararnamenin 56 ncı maddesi hükmü uyarınca başvuru geri alınmış sayılacaktır.

Saygılarımla.

Ayben Işlay ÖZDOĞAN
Enstitü Başkanı a.
Patent Uzman Yardımcısı

NOTLAR

1- Başvurumuzun TÜBİTAK-TPE işbirliğinde yürütülen 1602 nolu teşvik sisteminden yararlanabilmesi için söz konusu başvuruya ait Araştırma talebinin TPE'nin Çevrimiçi Evrak Sistemi (ÇES) (<https://online.turkpatent.gov.tr/ÇES/>) üzerinden yapılması gerekmektedir.

2- Buluş konusu, Enstitümüzün araştırma yaptığı konular arasında bulunduğundan başvurumuza ait araştırma raporu Enstitümüzce düzenlenecektir. Araştırma talebinin süresi içinde Enstitümüze yapılması ve Enstitümüz internet sitesinde (<http://www.tpe.gov.tr/TurkPatentEnstitusu/Info/InformationDetailYm112>) ilan edilen "TPE Bünyesinde Araştırma Raporu Hazırlanması Ücreti"nin ödenmesi gerekmektedir.

3- Başvuru tarihinden itibaren bir yıl içerisinde rüçhan hakkından yararlanarak başka ülkelerde ya da başvuru sistemlerinde (PCT vb. uluslararası ya da EPC vb. bölgesel başvurular) patent başvurusu yapılabilirsiniz.

4- Patent başvurularının yıllık ücretleri her yıl vadesinde (başvuru tarihine tekbül eden ay ve günde) peşinen ödenmelidir. Belirtilen vadede ödenmeyen yıllık ücretler, ek bir ücretin ilavesi ile vadeyi takip eden 6 ay içinde ödenebilir. Yıllık ücretlerin bu süre içinde de ödenmemesi halinde başvurular geçersiz sayılır.

5- Türk Patent Enstitüsü'nün sunduğu hizmetlere ilişkin ücretlerde, ödemenin yapıldığı tarih itibarıyla yürürlükte olan Ücret Tebliğinin dikkate alınması gerekmektedir.

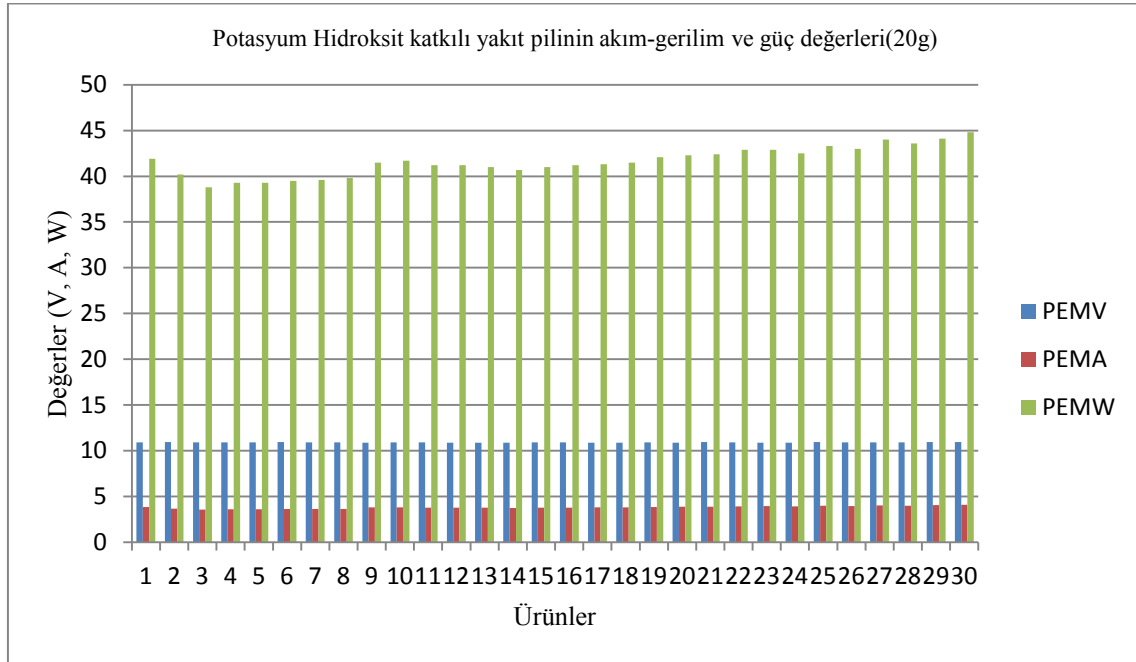
Evrak bilgisi: <http://www.tpe.gov.tr/adresinden> "İlgil11A69495" DYS No ve Evrak tarihinden erişebilirsiniz.

"e-imzalıdır"

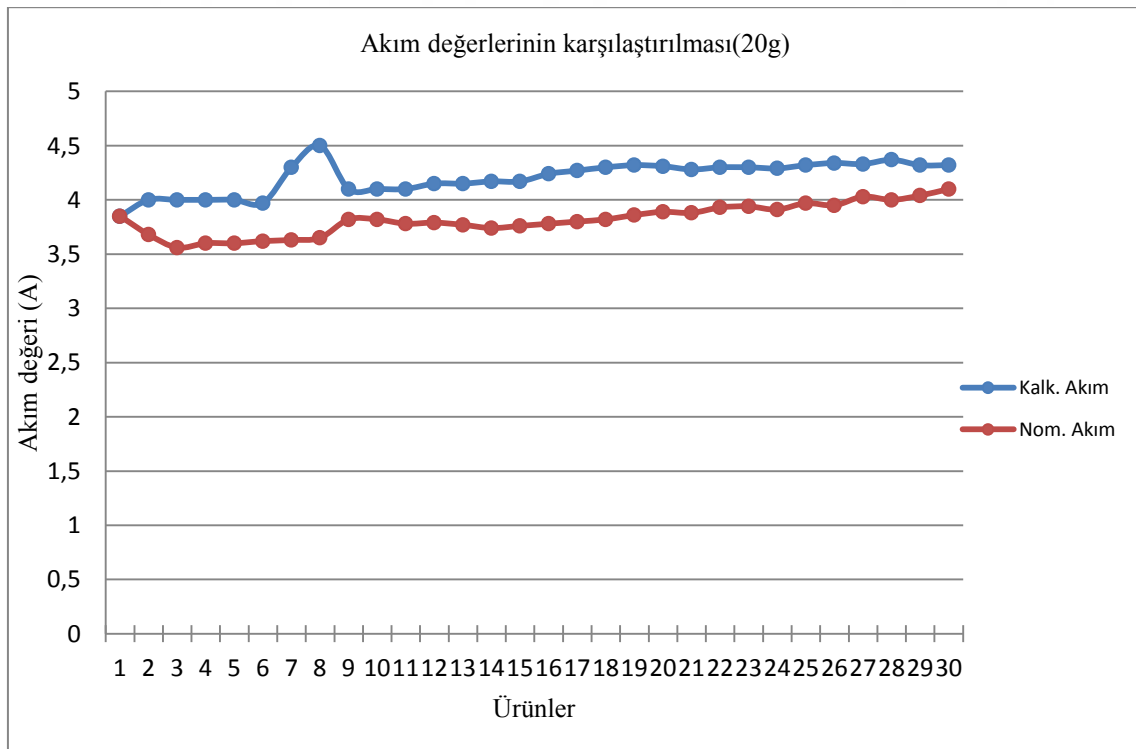
Cevaplar: İlgili yazıma çıktıyı daires, tebli ve sayıma tam olarak yollanması rica olunur.

Hipodrom Caddesi No: 115 Yenimahalle 06330 ANKARA - Telefon: (0 312) 303 10 00 Fax: (0 312) 303 11 30
e-posta: iletisim@tpe.gov.tr - Elektronik Ağ: www.tpe.gov.tr

EK-2. PEM yakıt pilinin uygulama sonuçları(Manuel)

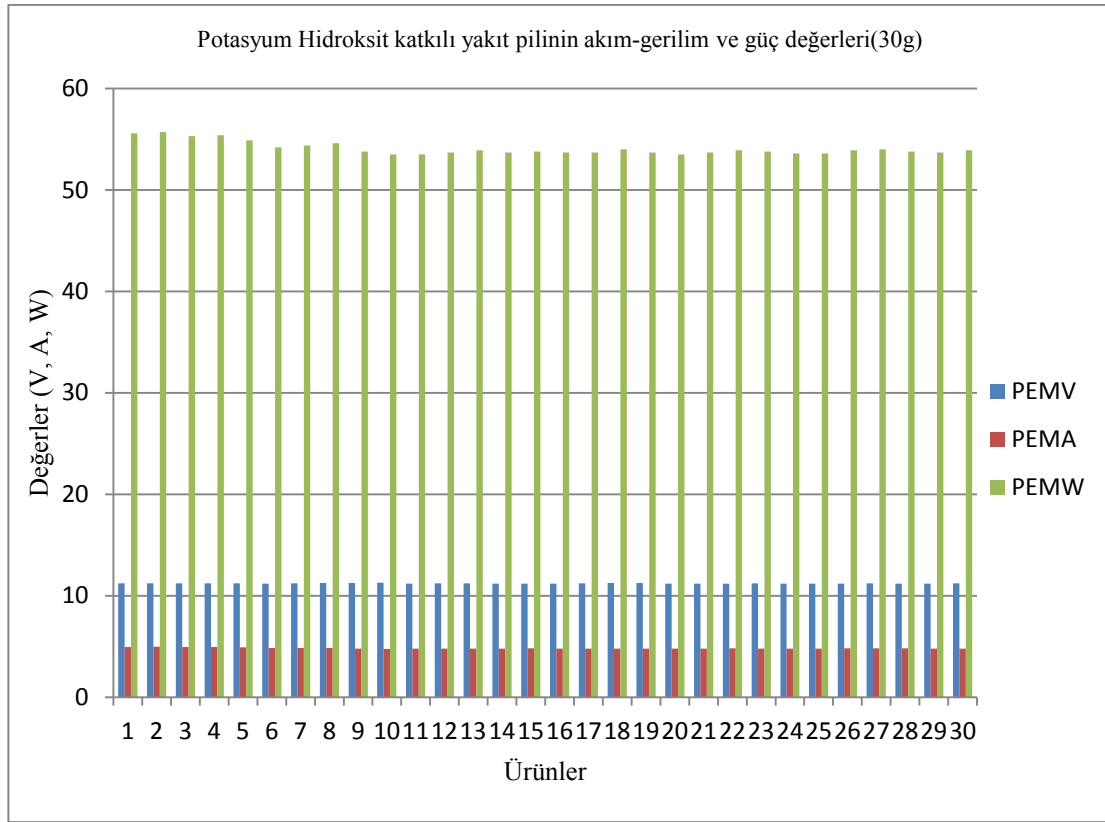


Şekil 2.1. 20g KOH ekli PEM yakıt pil sisteminin akım-gerilim ve güç değerleri(Manuel)

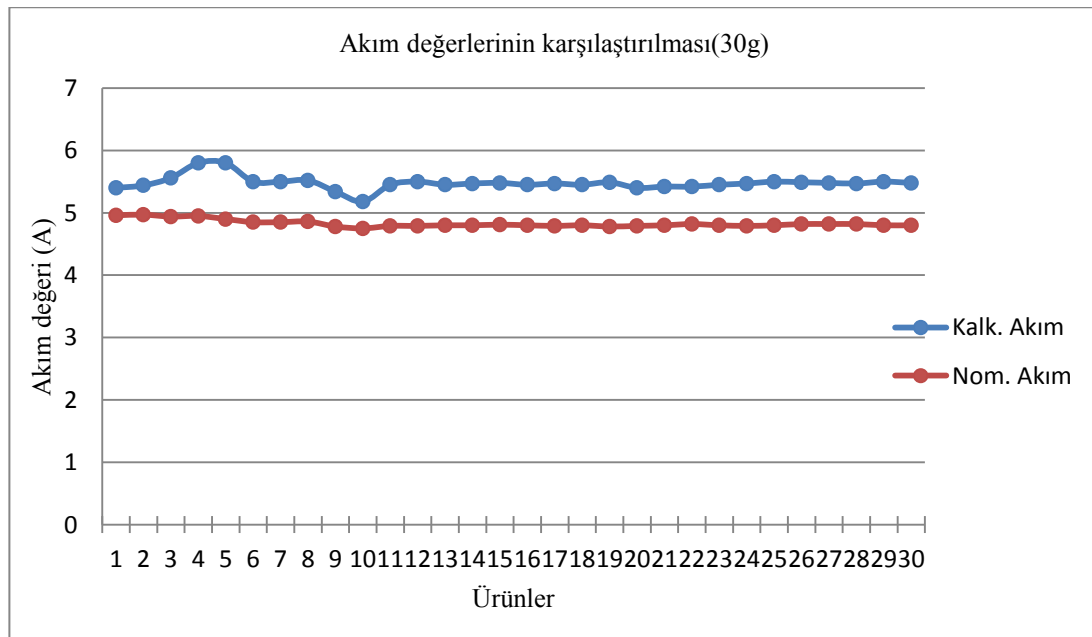


Şekil 2.2. 20g KOH ekli PEM yakıt pilinin akım değerlerinin karşılaştırılması(Manuel)

EK-2. (Devam) PEM yakıt pilinin uygulama sonuçları(Manuel)

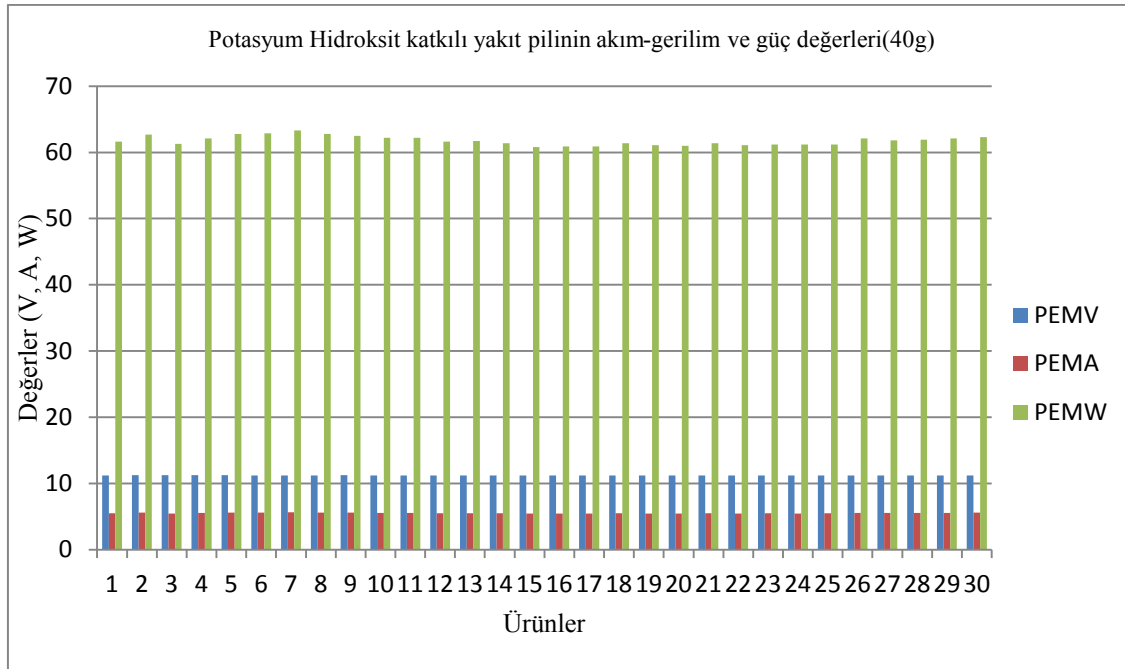


Şekil 2.3. 30g KOH ekli PEM yakıt pil sisteminin akım-gerilim ve güç değerleri(Manuel)

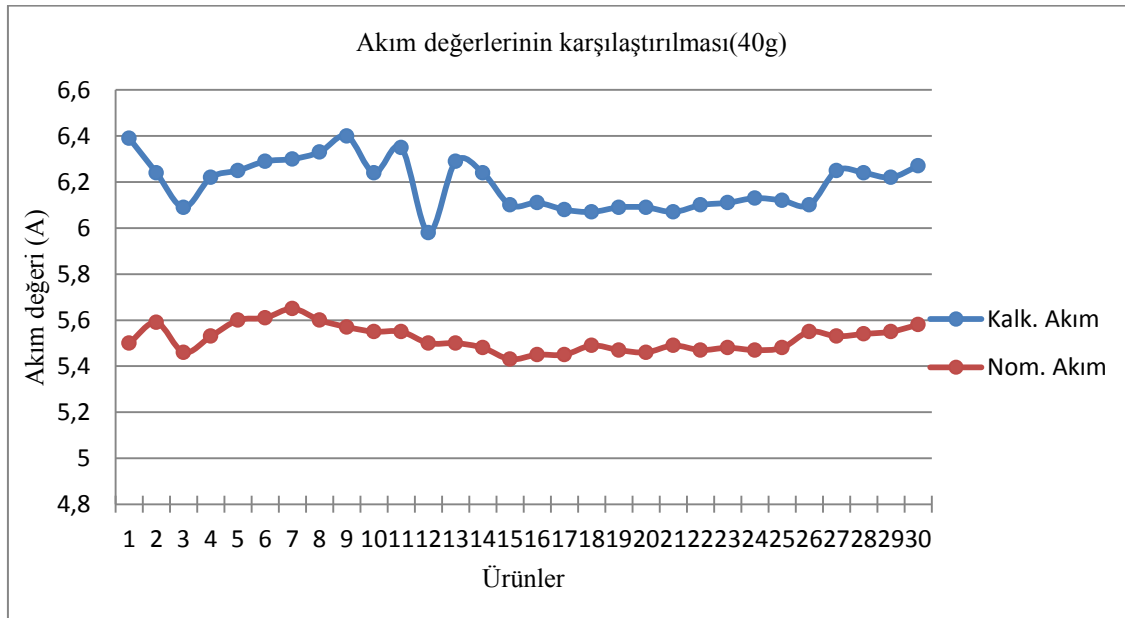


Şekil 2.4. 30g KOH ekli PEM yakıt pilinin akım değerlerinin karşılaştırılması(Manuel)

EK-2. (Devam) PEM yakıt pilinin uygulama sonuçları(Manuel)

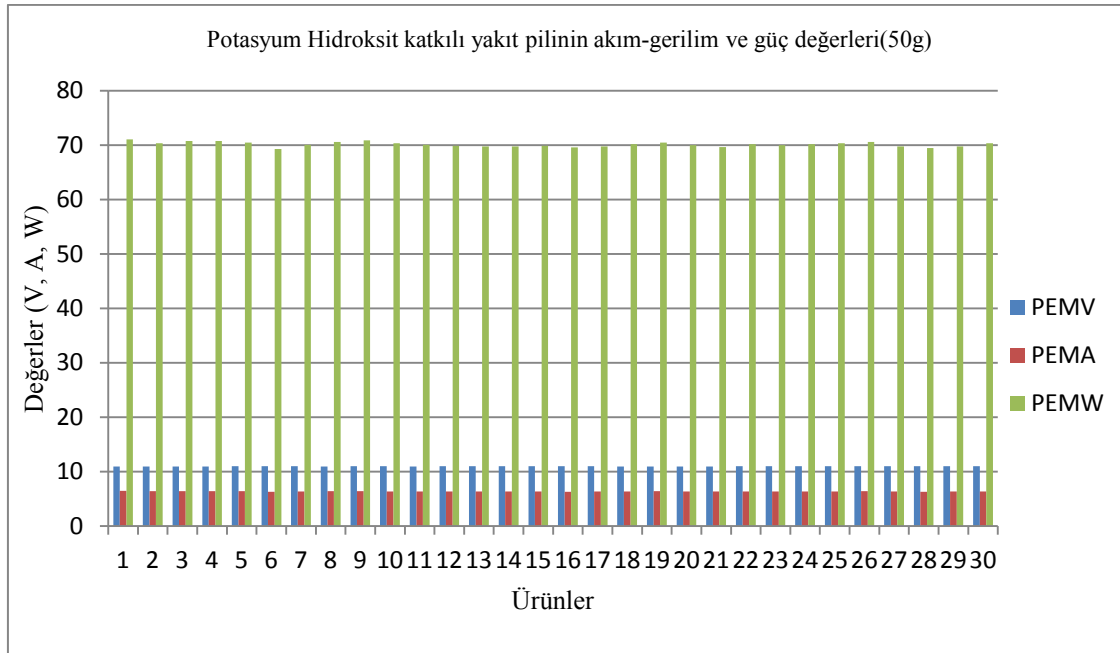


Şekil 2.5. 40g KOH ekli PEM yakıt pil sisteminin akım-gerilim ve güç değerleri(Manuel)

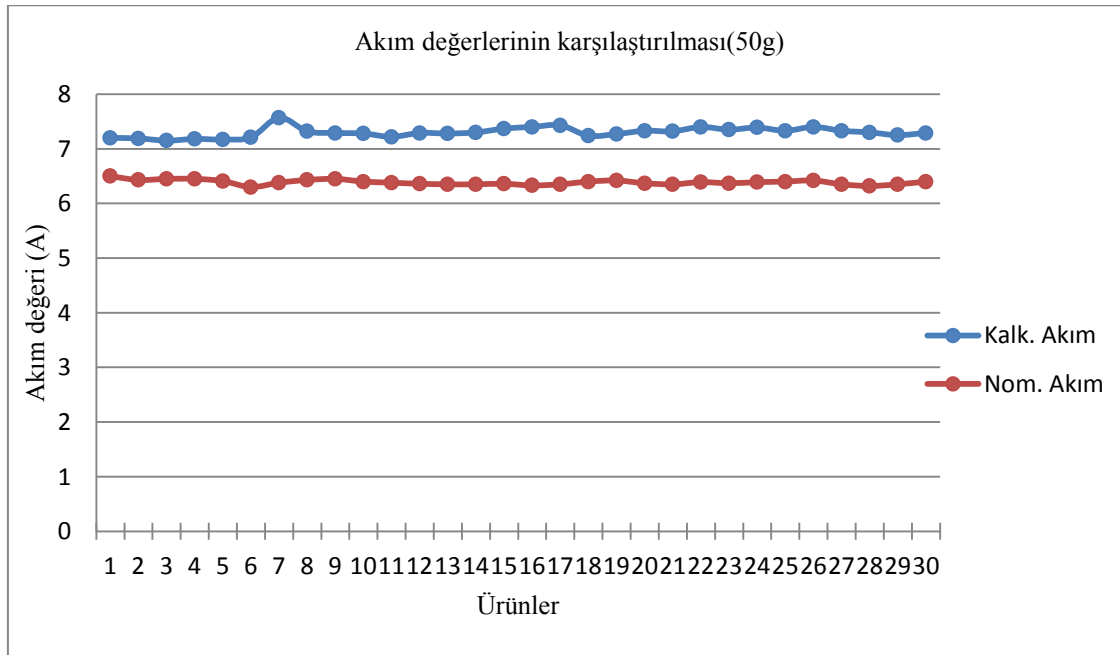


Şekil 2.6. 40g KOH ekli PEM yakıt pilinin akım değerlerinin karşılaştırılması(Manuel)

EK-2. (Devam) PEM yakıt pilinin uygulama sonuçları(Manuel)



Şekil 2.7. 50g KOH ekli PEM yakıt pil sisteminin akım-gerilim ve güç değerleri(Manuel)



Şekil 2.8. 50g KOH ekli PEM yakıt pilinin akım değerlerinin karşılaştırılması(Manuel)

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : SEVİM, Davut
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 22.12.1977, Batman
Medeni hali : Evli
Telefon : 0 (488) 217 36 57
Faks : 0 (488) 217 36 01
e-mail : davut.sevim@batman.edu.tr



Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	Fırat Üniversitesi /Elektrik	2009
Lisans	Marmara Üniv. /Elektrik	2001
Lise	Batman Fatih Lisesi	1995

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2010– devam ediyor	Batman Üniversitesi	Öğretim Görevlisi

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar



GAZİ GELECEKTİR..